



Mecânico de Manutenção Aeronáutica

GRUPO MOTOPROPULSOR

Edição Revisada
23 de Outubro de 2002

INSTITUTO DE AVIAÇÃO CIVIL
DIVISÃO DE INSTRUÇÃO PROFISSIONAL

PREFÁCIO

Edição revisada

Este volume, Grupo Motopropulsor, foi revisado, tendo sido feitas correções em todos os capítulos, bem como algumas alterações consideradas necessárias.

Este volume, Grupo Motopropulsor, é uma tradução do AC 65-12A do FAA (*Airframe & Powerplant Mechanics-Powerplant Handbook*) e tem por finalidade padronizar a instrução em todos os cursos de formação de mecânicos de manutenção aeronáutica.

Este volume contém as matérias necessárias ao desenvolvimento da instrução referente a especialidade Grupo Motopropulsor (GMP), tendo como complemento obrigatório, o conteúdo do volume Matérias Básicas.

Os assuntos técnicos estão aqui apresentados sob um ponto de vista generalizado e, de maneira nenhuma, devem substituir as informações e regulamentos oficiais fornecidos pelos fabricantes das aeronaves e autoridades aeronáuticas.

Contribuíram para a tradução do AC 65-12A, as companhias aéreas Varig, Vasp, Tam, Lider e os componentes civis e militares da TE-1. A revisão gramatical da Primeira Edição foi efetuada por Helena Aquino de Araujo e a revisão técnica por Jorge Nunes das Neves.

O DAC obteve autorização da editora (FAA) para traduzir o conteúdo desse volume (AC 65-15A Célula de Aeronaves) e sua distribuição mediante indenização do valor material, sendo proibida a reprodução total ou parcial do mesmo sem a autorização do DAC (TE-1).

É de nosso interesse receber críticas e sugestões às deficiências encontradas para as devidas alterações em uma próxima revisão.

O prefácio original, traduzido, está reproduzido nas páginas seguintes.

A correspondência relativa a esse manual deverá ser endereçada ao
Instituto de Aviação Civil – DIP
Avenida Almirante Silvio de Noronha, 369, Edifício anexo, CEP 20021-010 Rio de Janeiro - RJ – Brasil, ou enviada ao e-mail: dacg302@uninet.com.br

PREFÁCIO DO MANUAL AC 65-12A

Esta circular consultiva é impressa para pessoas que se preparam para obter um certificado de mecânico de Grupo Motopropulsor. Propõe-se apresentar informação básica sobre princípios, fundamentos e procedimentos técnicos nas áreas relacionadas a grupos motopropulsores. Designa-se a servir como guia para estudantes matriculados em um curso formal de instrução bem como aqueles que estudam por conta própria.

Este volume é devotado a uma explanação das unidades que perfazem cada um dos sistemas que unem combustível, ar e ignição em um motor de combustão de aviação e também contém informação sobre as características de construção de motores, sistemas de lubrificação, sistemas de escapamento, sistemas de refrigeração, remoção e substituição de cilindros, verificações de compressão e ajustes de válvulas.

Pelo fato de existirem muitos tipos diferentes de motores de aeronaves em uso atualmente, pode-se esperar pequenas diferenças em componentes similares. Para evitar repetição desnecessária, a prática do uso de unidades e sistemas representativos é adotada ao longo da circular consultiva. Assunto sujeito a análise ao longo do texto é abordado de um ponto de vista geral e seu uso deve ser suplementado por consultas aos manuais dos fabricantes e outros impressos se maior detalhe for desejado.

Essa circular consultiva não pretende substituir ou suplantar regulamentos oficiais ou instruções do fabricante de motores, os quais devem ser consultados como fonte autorizada final.

Agradecemos aos fabricantes de motores, hélices e acessórios de grupos motopropulsores pela cooperação ao colocarem a disposição informações para inclusão nesse manual.

Este manual contém material para o qual direitos autorais foram emitidos. Material “COPYRIGHT” é usado com permissão especial da “United Aircraft Corporation”, “Pratt and Whitney Aircraft Division” e não pode ser extraído ou reproduzido sem permissão do proprietário do direito autoral.

Os avanços na tecnologia aeronáutica pedem que essa circular consultiva seja periodicamente atualizada. Ela foi atualizada, erros foram corrigidos, novo material foi acrescentado e alguns dados foram reagrupados para aumentar a utilidade do manual.

Apreciaríamos, entretanto, que possíveis erros sejam levados ao nosso conhecimento bem como sugestões para melhorar sua utilidade. Seus comentários e sugestões serão retidos em nossos arquivo até que a próxima revisão seja completada.

O endereço para correspondência referente a esse manual é o seguinte:

U.S. Department of Transportation

Federal Aviation Administration

Flight Standards National Field Office

P.O. Box 25082, Oklahoma City, Oklahoma 731

Os manuais que formam a série com o AC 65-12A são o AC65-9A e AC 65-15A.

CONTEÚDO

PREFÁCIO	III
CONTEÚDO	VII
CAPITULO 1 TEORIA E CONSTRUÇÃO DE MOTORES DE AERONAVES	

Introdução	1-1
Comparação dos motores de aeronaves	1-2
Tipos de motores alternativos	1-4
Eixos de manivelas	1-11
Bielas	1-12
Pistões	1-14
Anéis de segmento	1-15
Cilindros	1-16
Numeração dos cilindros	1-18
Ordem de fogo	1-19
Válvulas	1-19
Mecanismo de operação da válvula	1-21
Engrenagens de redução da hélice	1-26
Eixo da hélice	1-28
Motores alternativos - Princípios de funcionamento	1-28
Ciclos de operação	1-29
Ciclos de quatro tempos	1-29
Potência e eficiência dos motores alternativos	1-31
Rendimentos	1-38
Construção do motor a turbina	1-41
Entrada de ar	1-42
Seção de acessórios	1-43
Seção do compressor	1-45
Tipos de compressor	1-45
Seção de combustão	1-50
Seção da turbina	1-55
Seção de escapamento	1-59
Subconjuntos maiores	1-62
Motor turboélice	1-63
Motores a turbina	1-64
Motores turbofan	1-64
Princípios de operação do motor a turbina	1-65
Empuxo	1-66
Desempenho do motor de turbina a gás	1-67

CAPITULO 2 SISTEMAS DE ADMISSÃO E DE ESCAPAMENTO

Sistema de admissão dos motores convencionais (alternativos)	2-1
Formação de gelo no sistema de admissão	2-3
Inspeção e manutenção do sistema de admissão	2-4
Turboalimentadores acionados internamente	2-6
Superalimentadores acionados externamente	2-11
Sistema de turbo-superalimentador para grandes motores convencionais	2-11
Turboalimentadores	2-13
Sistema turboalimentador, reforçado, ao nível do mar	2-15
Sistemas compostos com turbo para motores convencionais	2-18

Sistemas de admissão do motor turbojato.....	2-19
Entradas de ar do compressor em motores turboélice	2-23
Sistemas de escapamento de motores convencionais	2-24
Práticas de manutenção do sistema de escapamento do motor convencional	2-27
Dutos de escapamento do motor a turbina.....	2-30
Sistema de escapamento de turboélice.....	2-32
Reversores de empuxo	2-32
Supressores de ruído do motor.....	2-33
Dissipador de “vortex” da entrada de ar do motor.....	2-36

CAPÍTULO 3 SISTEMAS DE COMBUSTÍVEL DO MOTOR E MEDIÇÃO DO COMBUSTÍVEL

Introdução	3-1
Sistema básico de combustível	3-2
Dispositivos de medição de combustível para motores alternativos	3-3
Princípios da carburação	3-6
Sistemas do carburador	3-8
Tipos de carburador	3-9
Congelamento do carburador	3-10
Carburadores tipo bóia	3-11
Carburadores de injeção de pressão	3-16
Carburadores série PS “Stromberg”	3-27
Sistemas de injeção direta de combustível.....	3-29
Manutenção de carburadores	3-34
Manutenção e inspeção do sistema de combustível.....	3-38
Sistema de combustível para motores a turbina - Requisitos gerais	3-40
Controle de combustível dos jatos	3-41
Coordenador.....	3-45
Controlador de combustível	3-45
Controle sensível de velocidade	3-46
Válvula dreno da linha de combustível principal (Drip)	3-47
Operação do sistema	3-47
Controle hidromecânico de combustível	3-48
Descrição do controle de combustível	3-50
Sistema de programação de combustível.....	3-53
Sistema de rearme com injeção de água	3-57
Manutenção do controle do combustível dos jatos	3-58
Componentes do sistema de combustível do motor	3-59
Unidade indicadora de quantidade de combustível	3-64
Injeção de água	3-65

CAPÍTULO 4 SISTEMAS DE IGNIÇÃO E ELÉTRICO DO MOTOR

Introdução	4-1
Sistemas de ignição do motor alternativo	4-1
Sistema de ignição por bateria	4-1
Princípios de operação do sistema de ignição por magneto	4-1
Unidades auxiliares de ignição	4-14
Velas de ignição	4-20
Manutenção e inspeção do sistema de ignição de motores alternativos	4-21
Dispositivos de regulação do magneto de ignição.....	4-22
Checando a sincronização interna do magneto.....	4-26

Sincronizando o magneto de alta tensão com o motor	4-28
Manutenção e inspeção da vela	4-39
Analizador de motores	4-54
Sistemas de ignição em motores a turbina.....	4-56
Inspeção e manutenção do sistema de ignição de motores a turbina.....	4-60
Remoção, manutenção e instalação dos componentes do sistema de ignição	4-60
Sistemas elétricos do motor	4-61
Amarração e ligação dos chicotes.....	4-71
Corte de fios e cabos.....	4-73
Desencapamento de fios e cabos	4-73
Emendas de emergência.....	4-77
Conexão de terminais a blocos terminais	4-78
Ligação à massa.....	4-78
Conectores	4-80
Conduite.....	4-82
Instalação de equipamento elétrico.....	4-83

CAPÍTULO 5 SISTEMAS DE PARTIDA DOS MOTORES

Introdução	5-1
Sistemas de partida de motores convencionais.....	5-1
Sistema de partida usando motor de partida de inércia combinado.....	5-3
Sistema de partida elétrico, de engrazamento direto, para grandes motores convencionais.....	5-4
Sistema de partida elétrico, de engrazamento direto, para pequenas aeronaves	5-6
Partidas dos motores de turbina a gás.....	5-8
Sistema de partida arranque-gerador	5-10
Motor de partida de turbina a ar.....	5-14
Motor de partida pneumático / cartucho para motor a turbina	5-19
Motor de partida a combustão de mistura combustível / ar.....	5-21

CAPÍTULO 6 SISTEMAS DE LUBRIFICAÇÃO E REFRIGERAÇÃO

Introdução	6-1
Requisitos e características dos lubrificantes para motores a explosão (convencionais)..	6-1
Sistema de lubrificação de motores a explosão (convencionais).....	6-3
Lubrificação interna dos motores a explosão (convencionais).....	6-10
Práticas de manutenção em sistemas de lubrificação	6-11
Exigências para os lubrificantes de motores a reação	6-17
Sistema de lubrificação dos motores a reação	6-17
Sistema típico de lubrificação por cárter seco	6-24
Sistema de refrigeração do motor	6-29
Manutenção do sistema de refrigeração de motores convencionais.....	6-31
Inspeção das aletas de refrigeração do motor	6-33
Refrigeração de motores a turbina.....	6-36

CAPÍTULO 7 HÉLICES

Introdução	7-1
Princípios básicos das hélices.....	7-1
Operação da hélice.....	7-3
Tipos de hélices	7-5
Classificação das hélices.....	7-7
Hélices usadas em aeronaves leves.....	7-7

Hélices de velocidade constante	7-10
Embandeiramento	7-13
Desembandeiramento	7-13
Hélices Hartzell Compacta	7-14
Hélice hidromática Hamilton Standard	7-15
Governadores hidráulicos	7-21
Sincronização das hélices	7-22
Sistema de controle do gelo na hélice	7-23
Inspeção e manutenção da hélice	7-25
Vibração da hélice	7-26
Centralização das pás	7-26
Checando e ajustando os ângulos das pás	7-26
Balanceamento da hélice	7-28
Serviços nas hélices	7-29
Turbohélice	7-30
Bainha das pás	7-35

CAPÍTULO 8 REMOÇÃO E INSTALAÇÃO DE MOTOR

Introdução	8-1
Razões para remoção de motores alternativos	8-1
Partículas metálicas no óleo	8-2
Preparação dos motores alternativos para instalação	8-3
Método QECA de montagem de motores radiais	8-3
Inspeção e substituição das unidades e sistemas externos ao motor	8-7
Preparação do motor para remoção	8-8
Removendo o motor	8-12
Ligando e ajustando o motor para a instalação	8-13
Preparação do motor para teste no solo e em vôo	8-16
Inspeção da hélice	8-18
Verificações e ajustes após o motor ter sido girado e operado	8-18
Remoção e instalação de um motor de cilindros opostos	8-18
Instalação do motor	8-19
Remoção e instalação de motores a reação	8-21
Instalação de motores turbojato	8-22
Alinhamentos, inspeções e ajustagens	8-23
Remoção e instalação de um motor turbohélice	8-25
Remoção e instalação de um motor de helicóptero	8-26
Alinhamento e ajuste de um QECA de helicóptero	8-27
Berço dos motores	8-28
Preservação e estocagem de motores	8-30
Tratamento de prevenção de corrosão	8-31
Embalagens para transporte de motores	8-33
Inspeção em motores estocados	8-34
Preservação e preparação para utilização de um motor a turbina	8-35

CAPÍTULO 9 SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA FOGO NO MOTOR

Introdução	9-1
Sistema de proteção de fogo de motores convencionais	9-1

Zonas de fogo.....	9-5
Agentes de extinção de fogo.....	9-5
Sistemas de proteção de fogo de motores a turbina.....	9-9
Sistema típico de proteção de fogo de multimotores.....	9-10
Procedimentos de manutenção dos sistemas de detecção de fogo.....	9-14
Práticas de manutenção do sistema extintor de fogo.....	9-16
Sistema de proteção contra fogo de aeronave turbojato (<i>Saberliner</i>).....	9-17

CAPÍTULO 10 OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DO MOTOR

Introdução	10-1
Revisão dos motores alternativos (convencionais).....	10-1
Revisão maior	10-1
Recondicionamento do conjunto do cilindro	10-6
Inspeção do eixo de manivelas	10-18
Bielas	10-18
Banco de testes para motores alternativos	10-19
Equipamento móvel de teste de motor convencional	10-20
Operação do motor convencional	10-27
Princípios básicos de operação do motor.....	10-35
Fatores que afetam a operação do motor	10-39
Superposição das fases da operação de um motor	10-47
Pesquisa de panes em motores.....	10-48
Manutenção do cilindro	10-53
Testes de compressão no cilindro	10-55
Remoção do cilindro.....	10-59
Instalação do cilindro.....	10-60
Válvula e mecanismo da válvula	10-62
Teste de cilindro frio.....	10-68
Manutenção de motores a turbina.....	10-70
Seção de combustão.....	10-73
Inspeção e reparo do disco da turbina.....	10-77
Classificações comerciais	10-81
Instrumentação de motores	10-82
Operação do motor a reação	10-85
Operação no solo	10-85
Desligamento do motor.....	10-87
Pesquisando panes em motores a reação	10-88
Operação de turboélice	10-90
Procedimento para pesquisa de panes para motores turboélice.....	10-90
Unidade de testes de calibração de jatos (JETCAL)	10-92
Pesquisa de panes no sistema do tacômetro da aeronave	10-96
Programa de análise do óleo do motor com espectrômetro	10-98

CAPÍTULO 1

TEORIA E CONSTRUÇÃO DE MOTORES DE AERONAVES

INTRODUÇÃO

Para que uma aeronave permaneça em voo e com velocidade constante, deve existir um empuxo igual e em direção oposta ao arrasto aerodinâmico dessa aeronave. Esse empuxo ou força propulsora é fornecida por um motor térmico adequado.

Todos os motores térmicos têm em comum a capacidade de converter energia calorífica em energia mecânica, por meio do fluxo de uma massa de fluido através desse motor. Em todos os casos, a energia calorífica é liberada em uma posição (um ponto) do ciclo onde a

pressão é alta em relação à pressão atmosférica.

Esses motores são usualmente divididos em grupos ou tipos dependendo de:

- (1) do fluido de trabalho utilizado no ciclo do motor;
- (2) dos meios pelos quais a energia mecânica é transformada em força de propulsão; e
- (3) do método de compressão do fluido de trabalho do motor.

Os tipos de motores estão ilustrados nas figura 1-1.

TIPO DE MOTOR	PRINCIPAL MÉTODO DE COMPRESSÃO	FLUÍDO DE TRABALHO DO MOTOR	FLUÍDO DE TRABALHO DE PROPULSÃO
TURBO JATO	COMPRESSOR À TURBINA	MISTURA AR/COMBUSTÍVEL	O MESMO DO TRABALHO DO MOTOR
TURBOÉLICE	COMPRESSOR À TURBINA	MISTURA AR/COMBUSTÍVEL	AR AMBIENTE
ESTATO-REATOR	AR DE IMPACTO DEVIDO À ALTA VELOCIDADE DE VÔO	MISTURA AR/COMBUSTÍVEL	O MESMO DO TRABALHO DO MOTOR
PULSO-JATO	COMPRESSÃO DEVIDO À COMBUSTÃO	MISTURA AR/COMBUSTÍVEL	O MESMO DO TRABALHO DO MOTOR
ALTERNATIVO	AÇÃO ALTERNADA DOS PISTÕES	MISTURA AR/COMBUSTÍVEL	AR AMBIENTE
FOGUETE	COMPRESSÃO DEVIDO À COMBUSTÃO	MISTURA OXIDADOR/COMBUSTÍVEL	O MESMO DO TRABALHO DO MOTOR

Figura 1-1 Tipos de motores.

A força de propulsão é obtida através do deslocamento de um fluido de trabalho (não necessariamente o mesmo fluido utilizado dentro do motor) na direção oposta àquela na qual a aeronave é propelida.

Isso é uma aplicação da terceira lei de Newton. O ar é o principal fluido utilizado para propulsão em todos os tipos de motores exceto foguetes, nos quais apenas sub-produtos da combustão são acelerados e deslocados.

As hélices de uma aeronave equipada com motores turboélices aceleram uma grande massa de ar através de uma pequena mudança de velocidade. O fluido (ar) utilizado para a força de propulsão, é em diferente quantidade daquela utilizada no motor para produzir energia mecânica.

Turbojatos, estatojatos e pulsojatos aceleram uma menor quantidade de ar através de uma maior mudança de velocidade. Eles utilizam

para a força de propulsão, o mesmo fluido de trabalho utilizado dentro dos motores.

Um foguete transporta seu próprio oxidante ao invés de utilizar ar ambiente para combustão. Ele descarrega os sub-produtos gasosos de combustão através do bocal de escape, a uma velocidade extremamente alta.

Além disso, os motores são caracterizados por comprimir o fluido de trabalho antes da adição de calor, os métodos são caracterizados por comprimir o fluido de trabalho antes da adição de calor.

São estes os métodos básicos de compressão:

- (1) compressor à turbina (motor à turbina).
- (2) descolamento positivo, compressor tipo pistão (motor alternativo).
- (3) ar de impacto devido à velocidade de voo (estatoreator).

(4) aumento da pressão devido à combustão (pulsojato e foguete).

Uma descrição específica dos principais tipos de motores utilizados na aviação comercial é dada adiante, nesse capítulo.

COMPARAÇÃO DOS MOTORES DE AERONAVES

Além das diferenças nos métodos empregados pelos diversos tipos de motores para produzir empuxo, existem diferenças em sua adequabilidade para diferentes tipos de aeronaves. A discussão seguinte assinala algumas das importantes características que determinam sua adequabilidade.

Exigências gerais

Todos os motores devem obedecer as exigências gerais de eficiência, economia e confiabilidade. Além de econômico quanto ao consumo de combustível, um motor deve ser econômico quanto ao custo de sua obtenção original e quanto ao custo de manutenção, e tem que atender às exigências rigorosas da razão de eficiência e baixo peso de unidade por potência.

O motor deve ser capaz de prover alta potência de saída sem sacrifício da confiabilidade, e deve ter durabilidade para operar por longos períodos entre revisões. É necessário que o motor seja tão compacto quanto possível, apesar do fácil acesso para manutenção.

É requerido que ele seja tão livre de vibrações quanto possível, e que possa cobrir um largo alcance de potência de saída a várias velocidades e altitudes.

Essas exigências ditam o uso dos sistemas de ignição que irão entregar o impulso elétrico para as velas ou ignitores no tempo exato, em qualquer condição de tempo, mesmo adversa. Dispositivos medidores são necessários para entregar combustível na proporção correta para o ar ingerido pelo motor, independente da altitude ou condições de tempo nas quais o motor está sendo operado.

O motor precisa de um tipo de sistema de óleo, que seja fornecido sob pressão adequada para todas as peças móveis, quando ele estiver em funcionamento. Ele deve, também, ter um sistema para amortecer as vibrações, quando estiver operando.

Potência e Peso

O rendimento útil de todo motor de aeronave é o empuxo, a força que impele a aeronave. Sendo a potência do motor alternativo medida em BHP (cavalo força ao freio), e a potência do motor de turbina a gás medida em libras de empuxo, não pode ser feita uma comparação direta.

Contudo, uma vez que a combinação motor alternativo/hélice recebe o empuxo da hélice, a comparação pode ser feita convertendo o cavalo força, desenvolvido pelo motor alternativo, para empuxo.

Se desejado, o empuxo de um motor de turbina a gás pode ser convertido em THP (cavalo força de empuxo). Porém, é necessário considerar a velocidade da aeronave. Essa conversão pode ser feita através da fórmula:

$$_{THP} = \frac{\text{Empuxo} \times \text{Velocidade (MPH)}}{375 \text{ lbs} - \text{MPH}}$$

O valor 375 libras-milha por hora é tirado da fórmula básica de cavalo-força abaixo.

1hp = 33.000 lb. pé por minuto

33.000 x 60 = 1.980.000 LBb. pé por hora.

$$\frac{1.980.000}{5.280} = 375 \text{ Libras - milhas por hora}$$

Um cavalo-força é igual a 33.000 lb pé por minuto ou 375 libras-milha por hora. Sob condições estáticas, o valor do empuxo é equivalente a aproximadamente 2,6 libras por hora.

Se uma turbina a gás está produzindo 4.000 libras de empuxo, e a aeronave na qual o motor está instalado está voando a 500 m.p.h., o THP será:

$$\frac{4000 \times 500}{375} = 5.333,33 \text{ thp.}$$

É necessário calcular o cavalo-força para cada velocidade de uma aeronave, uma vez que o cavalo-força varia com a velocidade. Portanto, não é prático tentar comparar o rendimento de motor à turbina na base de cavalo força.

O motor de aeronave opera a uma percentagem relativamente alta de sua potência máxima durante sua vida em serviço. Durante uma decolagem, o motor está sempre em potência máxima. Ele pode manter essa potência por um

período, até o limite estabelecido pelo fabricante.

Raramente um motor é mantido à potência máxima por mais de 2 minutos, e usualmente nem atinge esse tempo. Poucos segundos após a decolagem, a potência é reduzida para aquela utilizada durante a subida, e que pode ser mantida por longos períodos. Após a aeronave atingir a altitude de cruzeiro, a potência do(s) motor(es) é reduzida para a potência de cruzeiro, a qual pode ser mantida, enquanto durar o voo.

Se o peso de um motor por B.H.P. (chamado peso específico do motor) diminui, a carga útil que uma aeronave pode transportar, e a performance da aeronave, obviamente aumentam. Cada libra a mais no peso do motor de uma aeronave reduz o seu desempenho. Enormes ganhos, reduzindo o peso de motores de aeronaves através de melhoria de projetos e metalurgia, têm resultado em motores alternativos, produzindo, atualmente, 1hp por cada libra de peso.

Economia de combustível

O parâmetro básico para descrever a economia de combustível de motores aeronáuticos é, geralmente, o consumo específico. O consumo específico de combustível para turbojatos e estatojatos é o fluxo de combustível (Lbs.h) dividido pelo empuxo (Lbs); e para motores alternativos o fluxo de combustível (Lbs.h) dividido pelo B.H.P. São denominados: "consumo específico por unidade de empuxo" e "consumo específico por B.H.P.", respectivamente.

O consumo específico equivalente é utilizado para motores turboélices, e é o fluxo em libras por hora dividido pela equivalente potência no eixo. Comparações podem ser feitas entre os diversos motores com relação à base de consumo específico.

À baixa velocidade, os motores alternativos e turboélices têm melhor economia que os motores turbojatos.

Contudo, à alta velocidade, devido a perdas na eficiência da hélice, a eficiência dos motores alternativos ou turboélices torna-se menor que a dos turbojatos.

A figura 1-2 mostra uma comparação dos consumos específicos de empuxo médio de três tipos de motores à potência homologada, ao nível do mar.

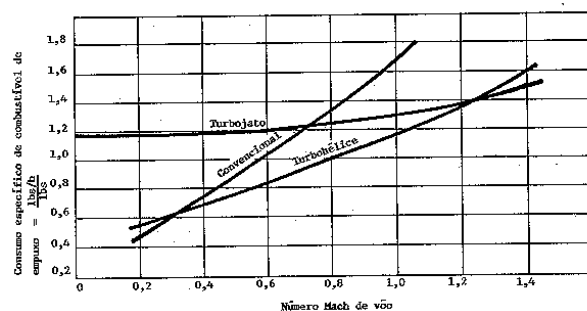


Figura 1-2 Comparação do consumo específico de três tipos de motores, à potência homologada, ao nível do mar.

Durabilidade e Confiabilidade

Durabilidade e confiabilidade são geralmente considerados fatores idênticos, uma vez que é difícil mencionar um sem incluir o outro. Um motor de aeronave é confiável quando pode manter seu desempenho dentro de uma classificação específica, em variações amplas de atitudes de voo, sob condições atmosféricas extremas. Padrões de confiabilidade de motores devem satisfazer as exigências da autoridade aeronáutica, do seu fabricante e do fabricante do seu produto através do projeto, pesquisa e teste. Um rígido controle de fabricação e de procedimentos de montagem é mantido, e cada motor é testado antes de sair da fábrica.

Durabilidade é o tempo de vida do motor, enquanto mantém a confiabilidade desejada. O fato de um motor ter completado com sucesso seu ensaio de carga estática, indica que ele pode ser operado de forma normal por um longo período, antes de requerer uma revisão geral. Contudo, intervalos definidos de tempo entre revisão geral, não é especificado ou implicado na classificação do motor.

O TBO (intervalo entre revisões), varia com as condições de operação do motor, tais como temperaturas, duração do tempo em que o motor é operado em alta potência e manutenção recebida.

Confiabilidade e durabilidade são, dessa forma, criadas no motor por seu fabricante, porém a confiabilidade continuada desse motor é determinada pela manutenção, revisão geral e pessoal operador. Manutenção e métodos de revisão, cuidadosas inspeções periódicas e de pré-voo e estrita observância dos limites de operação estabelecidos pelo fabricante, tornarão a falha do motor uma rara ocorrência.

Flexibilidade de operação

Flexibilidade de operação é a capacidade de um motor funcionar suavemente, e apresentar o desempenho desejado a cada regime de operação, desde a marcha lenta até a potência máxima. O motor de aeronave tem que funcionar eficientemente sob todas as variações nas condições atmosféricas encontradas nas operações correntes.

Compactação

Para que hajam linhas de fluxo apropriadas e balanceamento da aeronave, a forma e o tamanho do motor tem que ser tão compactos quanto possível. Em aeronaves monomotoras, a forma e o tamanho do motor também afetam a visibilidade do piloto, tornando o motor pequeno melhor, desse ponto de vista, além de reduzir o arrasto criado pela área frontal maior.

Limitações de peso, são rigorosamente relacionadas com a compactação necessária. Quanto mais alongado e "espalhado" for o motor, mais difícil se torna manter o peso específico dentro dos limites permissíveis.

Seleção do motor

O peso e o consumo específico foram discutidos em parágrafos anteriores, porém, devido à necessidade de determinados projetos, a seleção final de um motor pode ser baseada em outros fatores além daqueles, os quais, podem ser discutidos do ponto de vista analítico. Por essa razão, uma discussão geral sobre a seleção do motor é aqui incluída.

Para aeronaves cujas velocidades de cruzeiro não excederão 250m.p.h., o motor alternativo é a escolha usual. Quando é requerida economia em alcance de baixa velocidade, o motor alternativo convencional é escolhido devido à sua excelente eficiência. Quando é requerido um desempenho em grandes altitudes, o motor alternativo com turbo-compressor pode ser escolhido devido à capacidade de manter a potência homologada para grandes altitudes (acima de 30.000 pés).

Para alcançar velocidades de cruzeiros de 180 até 350 m.p.h., o motor turboélice apresenta melhor desempenho que o apresentado por outros tipos de motores. Eles desenvolvem mais potência por libra de peso que os motores alter-

nativos, permitindo assim, maior carga de combustível ou carga paga para motores de uma dada potência.

O rendimento total máximo de um motor turboélice, é menor que aquele de um motor alternativo à baixa velocidade. Motores turboélice operam de forma mais econômica a grandes altitudes, porém eles têm um teto de serviço ligeiramente inferior ao dos motores alternativos com turbo-compressor.

A economia de operação dos motores turboélices, em termos de toneladas de carga-milha por libra de combustível, será usualmente menor que a dos motores alternativos, porque as aeronaves de carga são geralmente projetadas para baixa velocidade de operação. Por outro lado, o custo de operação de um turboélice pode se aproximar daquele de um motor alternativo devido à utilização de combustível mais barato.

Aeronaves que pretendam operar entre altas velocidades sub-sônicas e Mach 2.0 são equipadas com motores turbojatos. A exemplo dos turboélices, os turbojatos operam mais eficientemente em grandes altitudes. Em altas velocidades, a economia de combustível de aeronave, impulsionada através de motor turbojato em termos de milhas por libra de combustível, é inferior àquela atingida em baixas velocidades com motores alternativos.

Contudo, em operação os motores alternativos são mais complexos que outros motores. A operação correta de motores alternativos requer quase que o dobro da instrumentação requerida pelos turbojatos ou turboélice, além de requer diversos controles adicionais.

Uma troca no ajuste de potência na instalação de alguns motores alternativos pode requerer o ajuste de cinco controles, enquanto a mudança na potência em um turbojato requer apenas a alteração no conjunto de manetes. Além disso, existe um grande número de temperaturas e pressões críticas a ser observado na instalação dos motores alternativos que na instalação dos turbojatos ou turboélices.

TIPOS DE MOTORES ALTERNATIVOS

Muitos tipos de motores alternativos já foram projetados. Contudo, fabricantes têm desenvolvido alguns projetos que são geralmente mais utilizados que outros e são, portanto, reconhecidos como convencionais. Motores alternativos podem ser classificados de acordo com a

montagem dos cilindros com relação ao eixo de manivelas (em linha, em V, radial e opostos) ou de acordo com método de refrigeração (a líquido ou a ar). Realmente, todos os motores são refrigerados através da transferência do excesso de calor para o ar ao seu redor.

Nos motores refrigerados a ar, essa transferência de calor é feita diretamente dos cilindros para o ar. Nos motores refrigerados a líquido, o calor é transferido dos cilindros para o refrigerante, o qual é então enviado através de tubulações e resfriado dentro do radiador, instalado no fluxo de ar. O radiador deve ser suficientemente grande para resfriar o líquido com eficiência. O calor é transferido para o ar mais devagar que para o líquido, portanto, é necessário prover finas aletas metálicas nos cilindros, para uma efetiva troca de calor. A maior parte dos motores aeronáuticos é refrigerada a ar.

Motores em linha

Um motor em linha tem geralmente um número par de cilindros, muito embora alguns motores de 3 cilindros já tenham sido construídos. Esses motores podem ser refrigerados a água ou a ar e têm somente um eixo de manivelas, o qual está localizado abaixo ou acima dos cilindros. Se um motor for projetado para operar com os cilindros abaixo do eixo de manivelas, será denominado motor invertido.

O motor em linha tem uma pequena área frontal, e é melhor adaptado ao fluxo de ar. Quando montado com os cilindros na posição invertida, ele oferece a vantagem adicional de um trem de pouso menor e maior visibilidade para o piloto. Os motores em linha têm maior razão peso-cavalo-força que muitos outros motores. Com o aumento no tamanho do motor, o tipo refrigerado a ar, em linha, oferece desvantagem adicional quanto à refrigeração adequada; portanto, esse tipo de motor é, em larga escala, restrito aos de pequenas e médias potências utilizadas em pequenas aeronaves.

Motores opostos ou tipo “O”

Os motores opostos, mostrados na figura 1-3, têm duas carreiras de cilindros diretamente opostos, com eixo de manivelas no centro. Os pistões das duas carreiras de cilindros são conectados ao eixo de manivelas. Embora o motor possa ser refrigerado a líquido ou a ar a versão

refrigerada a ar é utilizada predominantemente em aviação. Ele pode ser montado com os cilindros na posição horizontal ou vertical. Os motores opostos têm uma baixa razão peso-cavalo-força, e sua estreita silhueta o torna ideal para instalação horizontal em asas de aeronaves. Outra vantagem é sua relativamente baixa vibração.

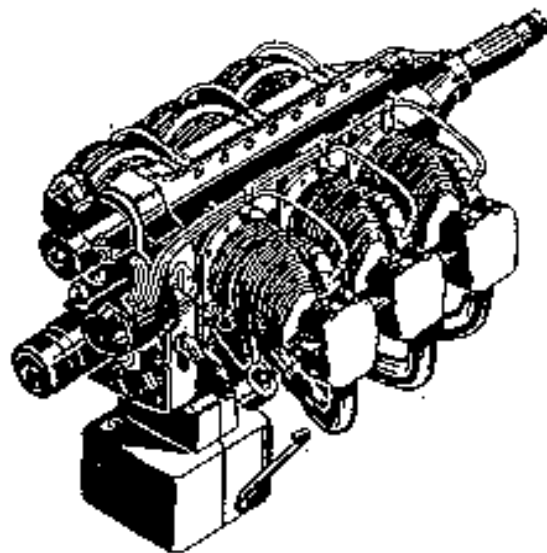


Figura 1-3 Motor de cilindros opostos.

Motores em “V”

Nos motores em “V” os cilindros são montados em duas carreiras em linha, geralmente a 60°. A maioria dos motores tem 12 cilindros, os quais são refrigerados a líquido ou a ar. Os motores são designados por um “V” seguido de um traço, e pelo “deslocamento” do pistão em polegadas cúbicas, por exemplo, V-1710.

Motores radiais

Os motores radiais consistem de uma carreira ou carreiras de cilindros dispostos ao redor de um cárter central (figura 1-4). Esse tipo de motor demonstrou ser muito rijo e digno de confiança.

O número de cilindros que compõem uma carreira pode ser três, cinco, sete ou nove.

Alguns motores radiais têm duas carreiras de sete ou nove cilindros dispostos ao redor do cárter. Um tipo tem quatro carreiras de cilindros com sete cilindros em cada.

A potência produzida pelos diferentes tamanhos de motores radiais varia de 100 a 3800 cavalos-força.

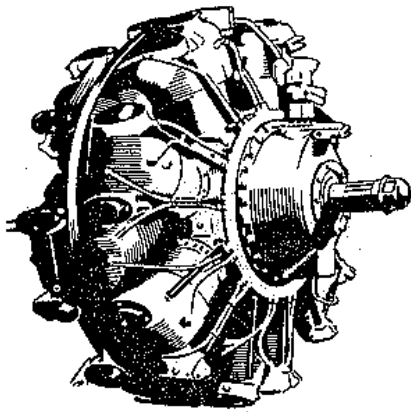


Figura 1-4 Motor radial.

Projeto e construção de Motores alternativos

As peças básicas de um motor são o cárter, os cilindros, os pistões, as bielas, o mecanismo de comando de válvulas e o eixo de manivelas. Na cabeça de cada cilindro estão as válvulas e as velas. Uma das válvulas dá passagem para o sistema de admissão; a outra dá passagem para o sistema de escapamento. Dentro de cada cilindro está um pistão móvel conectado ao eixo de manivelas por uma biela. A figura 1-5 ilustra as partes básicas de um motor alternativo.

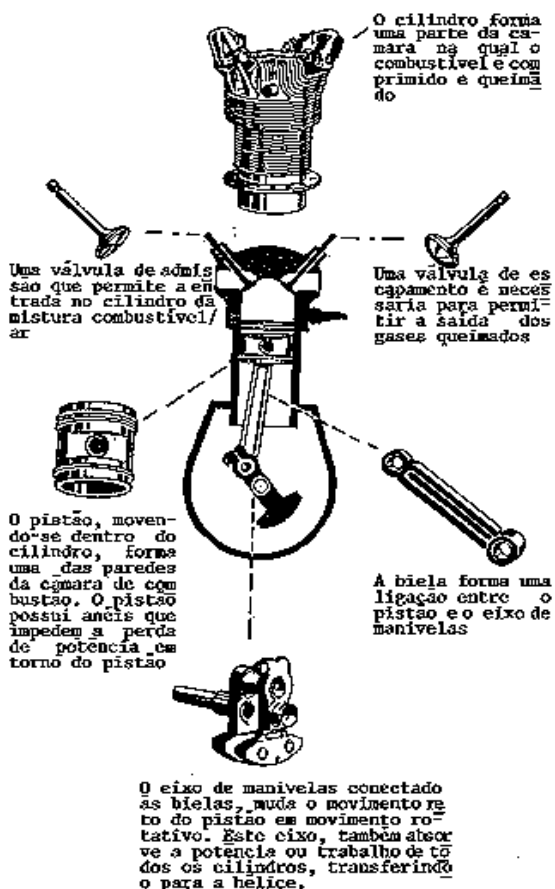


Figura 1-5 Partes básicas de um motor alternativo.

Seções do cárter

A base de um motor é o seu cárter. Ele contém os rolamentos nos quais o eixo de manivelas se apoia. Além de auto sustentar-se o cárter deve prover um recipiente para o óleo de lubrificação, e tem que apoiar diversos mecanismos externos e internos do motor. Ele também provê apoio para fixação dos conjuntos de cilindros e para fixação do motor à aeronave. O cárter deve ser suficientemente rígido e forte para evitar desalinhamento do eixo de manivelas e de seus rolamentos. Ligas de alumínio, fundidas ou forjadas, são geralmente usadas na construção de cárter devido à sua leveza e resistência. Cárters de aço forjado são utilizados em alguns motores de alta potência.

O cárter está sujeito a muitas variações de vibração e de outras forças. Considerando que os cilindros são presos ao cárter, enormes forças de expansão tendem a arrancar os cilindros do cárter.

As forças de inércia e centrífuga desbalanceadas do eixo de manivelas, agindo no rolamento principal, expõem o cárter a momentos de flexão, os quais trocam continuamente de direção e de intensidade. O cárter precisa ter suficiente rigidez para resistir a esses momentos de flexão sem deflexões de oposição. Se o motor for equipado com engrenagem de redução de hélices, a parte frontal estará sujeita a forças adicionais.

Além das forças de empuxo desenvolvidas pelas hélices sob condições de alta potência, existem severas forças centrífugas e giroscópicas aplicadas ao cárter devido às súbitas trocas de direção de vôo, tais como aquelas que ocorrem durante as manobras das aeronaves. Forças giroscópicas são, particularmente severas quando uma hélice muito pesada é instalada.

Motores radiais

O motor mostrado na figura 1-6 é um motor radial de nove cilindros, em uma carreira de construção relativamente simples, possuindo a parte frontal interiça e o cárter em duas seções. Os motores com duas carreiras de cilindros são de construção ligeiramente mais complexa que os de uma só carreira. Por exemplo o cárter do motor Wright R-3350 é composto de uma seção frontal, quatro seções principais (principal dianteira, central dianteira, central traseira e princi-

pal traseira), alojamento do prato de resaltos e tuchos traseiros, alojamentos frontal e traseiro do compressor e tampa traseira do alojamento do compressor.

Os motores Pratt and Whitney de tamanho equivalente, incorporam as mesmas seções básicas, muito embora a construção e a nomenclatura tenham diferenças consideráveis.

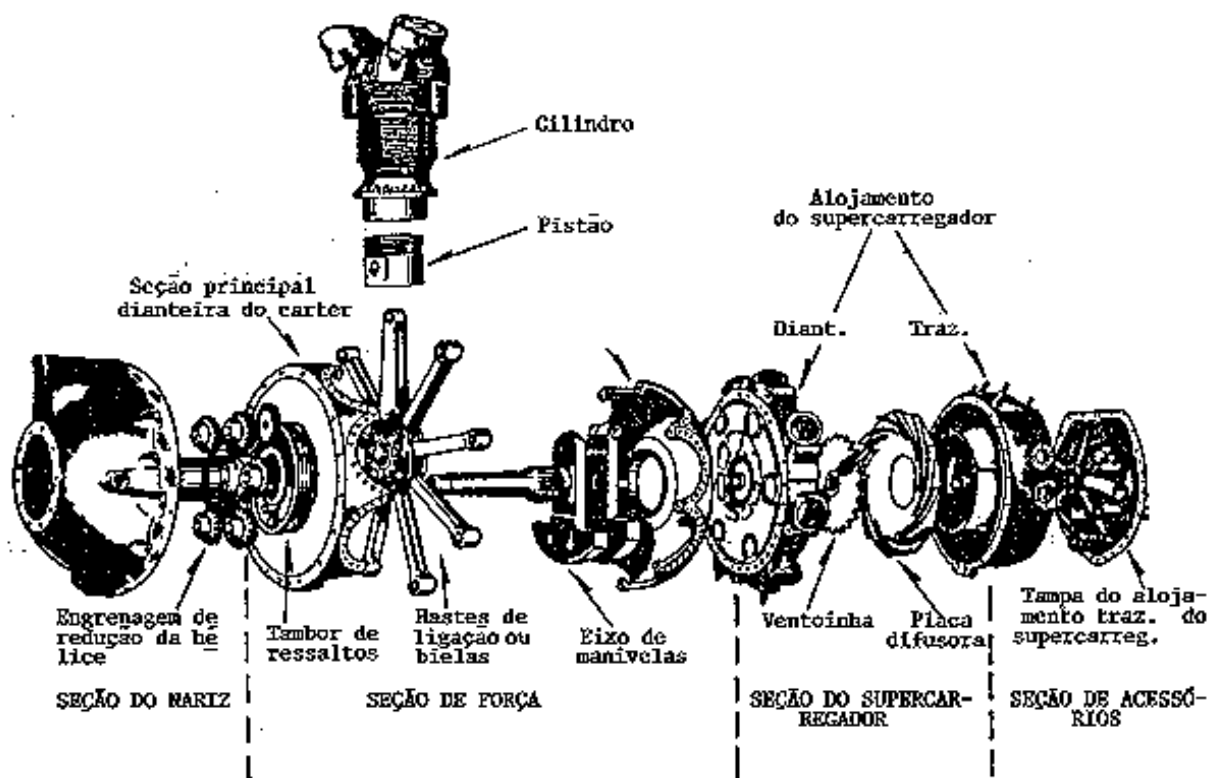


Figura 1-6 Seções do motor.

Seção do nariz

As formas da seção do nariz variam consideravelmente. Em geral, elas são cônicas ou arredondadas, de forma a manter o metal sob tensão ou compressão, ao invés de esforços cisalhantes.

Uma seção de nariz cônica, é utilizada frequentemente em motores de baixa potência de acionamento direto, porque não é requerido espaço extra para alojar as engrenagens de redução da hélice. É, geralmente fundido em liga de alumínio ou magnésio, uma vez que a baixa potência desenvolvida e a utilização de hélice leve não requerem seção forjada, que é de custo mais elevado.

A seção do nariz nos motores que desenvolvem de 1.000 a 2.500 h é geralmente arredondada e, algumas vezes, contém nervuras para mantê-la o mais rígido possível.

A liga de alumínio é o material amplamente utilizado devido à sua adaptação aos processos de forjamento, e suas características de absorver vibrações.

O projeto e construção da seção do nariz constituem um importante fator, pois ela está sujeita a uma ampla variação de forças de vibração. Por exemplo, se o mecanismo de válvulas estiver localizado na frente dos cilindros, a vibração e as forças que ocorrem nos tuchos e conjunto guia são aplicadas próximo à parte flangeada do cárter.

As forças criadas pelas engrenagens de redução da hélice são aplicadas ao cárter como um todo. Cuidadas inspeções quanto à vibração são conduzidas durante os testes experimentais dos motores projetados mais recentemente, para observarmos que essas condições não irão tornar-se danosa durante toda a faixa de operação do motor.

A montagem do governador da hélice é variável. Em alguns motores, ele se localiza na seção traseira, muito embora isso complique sua instalação - especialmente se a hélice for operada ou controlada por pressão de óleo, devido à distância entre o governador e a hélice. Onde são utilizadas hélices operadas hidraulicamente, é prático instalar o governador na seção do na-

riz, o mais próximo possível da hélice, para reduzir o comprimento das passagens de óleo. O governador é então acionado ou através de dentes de engrenagem da periferia desse mecanismo ou por algum outro meio adequado.

Uma vez que a seção do nariz transmite forças muito variáveis para a seção principal ou seção de potência, ela deve ser fixada de maneira conveniente, para que possa transmitir as cargas com eficiência. Ela deve também fazer um contato adequado para proporcionar uma condução de calor rápida e uniforme, e, também, uma boa vedação, para evitar vazamento de óleo. Isso geralmente é conseguido através de juntas e parafusos.

Em alguns dos grandes motores, uma pequena câmara está localizada no fundo da seção do nariz para a coleta de óleo. Essa seção é chamada de cárter inferior ou coletor de óleo.

Seção de potência

Nos motores equipados com biela mestra bipartida e eixo de manivelas tipo maciço, a seção do cárter principal ou de potência pode ser maciça, geralmente de liga de alumínio. A parte frontal dessa seção é aberta quando o prato do diafragma, no qual o rolamento principal dianteiro é montado, for removido. Os pivôs podem ser removidos através dessa abertura por meio de um sacador disponível. A biela mestra é então removida, desmontando-se o terminal bipartido e tirando a haste através do furo do cilindro da biela mestra. Existe também, um motor equipado com essa montagem de eixo de manivelas e biela mestra que utiliza um cárter bipartido, cujas partes são unidas através de parafusos.

A seção principal bipartida (liga de alumínio ou magnésio) pode ser ligeiramente mais cara, porém permite melhor controle de qualidade da fundição ou forjamento. Essa seção geralmente é necessária, quando a biela mestra maciça e o eixo de manivelas do tipo bipartido são utilizados.

Essa parte do motor é comumente denominada seção de potência, porque é nela que o movimento alternativo do pistão é convertido em movimento rotativo do eixo de manivelas.

Devido às enormes cargas e forças do conjunto do eixo de manivelas, e da tendência dos cilindros de separarem o cárter, especialmente em condições extremas, quando ocorre a ex-

plosão do motor; a seção do cárter principal deve ser muito bem projetada e construída.

É aconselhável forjar essa seção em liga de alumínio, para obter uniformidade na densidade do metal e máxima resistência.

Os grandes motores utilizam uma seção principal em liga de aço forjado, a qual é ligeiramente mais pesada, porém apresenta resistência muito maior. O projeto de seções forjadas é, geralmente, de tal forma, que ambas as metades podem ser fabricadas no mesmo molde, de forma a diminuir o custo de fabricação. Nenhuma variação deverá ocorrer durante a operação de fabricação. As duas metades são unidas na linha central dos cilindros e presas por meio dos parafusos adequados e de alta resistência.

As superfícies usinadas, sobre as quais os cilindros são montados, são chamadas base dos cilindros. Elas dispõem dos meios de fixação dos cilindros ao cárter. A prática geral quanto à forma de fixar o flange do cilindro à base, consiste em montar prisoneiros em furos roscados no cárter.

Nos motores equipados com seção principal de aço, parafusos de cobertura estão sendo utilizados porque as roscas podem ser abertas em material mais resistente, que não sofra dilatação ou extensão, durante a instalação e remoção continua de corpos roscados. A parte interna das bases dos cilindros é algumas vezes chanfrada para permitir a instalação de um anel de vedação em volta da saia do cilindro, o qual provê selagem eficiente entre o cilindro e o cárter, evitando vazamento de óleo.

Tendo em vista que o óleo é arremessado no cárter, especialmente nos motores em linha invertida e radiais, as saias dos cilindros se estendem a uma distância considerável dentro da seção do cárter, para reduzir o fluxo de óleo no interior dos cilindros invertidos. O conjunto pistão e anel, naturalmente, deve ser montado de forma tal que o óleo expelido por eles irá salpicar diretamente sobre os próprios pistões e anéis. Como mencionado anteriormente, a seção do nariz é presa a um lado da unidade da seção principal, e a seção difusora é presa ao outro lado.

Seção difusora

A seção do difusor ou do compressor é geralmente fundida em liga de alumínio, muito

embora, em alguns casos, a liga de magnésio mais leve seja utilizada.

Essa seção dispõe de flange em sua periferia para ligar o conjunto do motor a sua estrutura ou berço, destinados a ligar o motor à fuselagem das aeronaves monomotoras, ou à nacele da estrutura da asa nas aeronaves multimotoras. Os flanges podem ser de construção integral ou separável, como no caso dos berços flexíveis ou dinâmicos. O conjunto do berço suporta todo o motor, incluindo a hélice e, dessa forma, é projetado para prover ampla resistência quanto a rápidas manobras ou outras cargas.

Devido a dilatação e contração dos cilindros, as tubulações de admissão, as quais transportam a mistura da câmara difusora através da passagem da válvula de admissão, são montadas para prover uma junta flexível e que deve ser à prova de vazamento.

A pressão atmosférica sobre o lado externo do invólucro de um motor sem compressor, será maior que a pressão interna, especialmente, quando o motor estiver operando em marcha lenta. Se o motor for equipado com um compressor e operado em potência máxima, a pressão será consideravelmente maior interna que externamente ao invólucro.

Se a conexão da junta flexível tiver um pequeno vazamento, o motor pode girar em marcha lenta alta devido à mistura pobre. Se o vazamento for maior, não se conseguirá marcha lenta.

Com a manete toda aberta, um pequeno vazamento, provavelmente, não seria perceptível na operação do motor, mas a mistura ar/combustível poderia causar detonação ou danos nas válvulas e nas sedes das válvulas.

Em alguns motores radiais, as tubulações de admissão têm comprimento considerável; em alguns motores em linha, essas tubulações estão em ângulos retos com relação aos cilindros. Nesses casos, a flexibilidade das tubulações de admissão ou de suas montagens, elimina a necessidade da junta flexível.

Em qualquer caso, o sistema de indução deverá ser montado, de forma que não haja vazamento de ar nem altere a razão ar/combustível desejada.

Seção de acessórios

A seção de acessórios (traseira) é geralmente fabricada através do processo de fundi-

ção, e o material pode ser liga de alumínio ou magnésio ambos bastante utilizados.

Em alguns motores, essa seção é fundida em peça única, e provida de meios para fixação de acessórios, tais como magnetos, carburadores, bombas de combustível, óleo e vácuo, motores de partida, geradores, etc., nos diversos locais requeridos, de forma a facilitar o acesso. Outras adaptações consistem na fundição de liga de alumínio e uma cobertura fundida em magnésio, separadamente, na qual os montantes de fixação dos acessórios são montados.

A prática nos recentes projetos tem padronizado a montagem dos adaptadores para os diversos acessórios, de forma que eles sejam intercambiáveis entre os diversos tipos de motores. Por exemplo, a grande demanda de corrente elétrica nas grandes aeronaves e, o torque de partida mais elevado, requerido nos motores mais potentes tem resultado no aumento do tamanho dos motores de partida e geradores. Isso significa que um maior número de parafusos de fixação será necessário e, em alguns casos, a seção traseira reforçada.

Os eixos de acionamento de acessórios são montados em buchas de bronze, localizadas nas seções difusora e traseira. Esses eixos se prolongam pela seção traseira e são ligados a engrenagens, das quais se tira potência, ou a arranjos de acionamento que são ligados aos adaptadores de acessórios. Dessa forma, diversas razões de engrenagens podem ser montadas para dar a velocidade adequada para o magneto, bomba e outros acessórios, para se obter a sincronização correta ou o funcionamento adequado. Em alguns casos há uma duplicação dos acionadores, tais como o acionador do tacômetro, para conectar instrumentos instalados em locais separados.

A seção de acessórios prevê local de fixação para o carburador, bombas de injeção de combustível, bomba de combustível acionada pelo motor, gerador do tacômetro, gerador de sincronismo para o analisador do motor, filtro de óleo e válvula de alívio de pressão de óleo.

Trens de engrenagens dos acessórios

Trens de engrenagens, com engrenagens de dentes retos ou de dentes chanfrados, são usados em diferentes tipos de motores para acionar componentes e acessórios. As engrenagens de dentes retos são utilizadas geralmente

para acionar os acessórios com cargas mais pesadas, aqueles que requerem jogo ou folga mínima no trem de engrenagens. As engrenagens de dentes chanfrados permitem posição angular de eixos principais curtos para os diversos suportes de acessórios.

Praticamente, todos os motores de alta potência são equipados com compressor. De 75 a 125HP pode ser requerido acionar o compressor. As forças de aceleração e desaceleração impostas ao trem de engrenagens do compressor, durante os avanços e recuos da manete, produz um dispositivo antichoque para aliviar as cargas excessivas. A prática corrente nos grandes motores radiais é usar a engrenagem principal de acionamento de acessórios, a qual é adaptada com diversas molas entre a borda da engrenagem e o eixo de acionamento. Esse dispositivo, chamado de engrenagem acionadora de acessórios, carregada por mola, permite absorção de forças elevadas, prevenindo os trens de engrenagens dos acessórios contra danos.

Quando um motor está equipado com um compressor de duas velocidades, a embreagem operada à pressão de óleo age como um dispositivo, absorvendo choques para proteger o trem de engrenagens do compressor.

Nos motores em linha e nos opostos de baixa potência, os trens de engrenagens são geralmente de montagem simples. Muitos desses motores utilizam acoplamentos de mola ou de borracha sintética, para proteger os trens de engrenagem do magneto e do gerador contra cargas excessivas.

Tipos em linha e opostos

Os cárteres utilizados nos motores com montagem de cilindros opostos ou em linha, variam de forma para os diferentes tipos de motores, porém, em geral, eles são aproximadamente cilíndricos. Um ou mais lados são facetados para servir de base, onde cilindros são presos por meio de parafusos ou de prisoneiros.

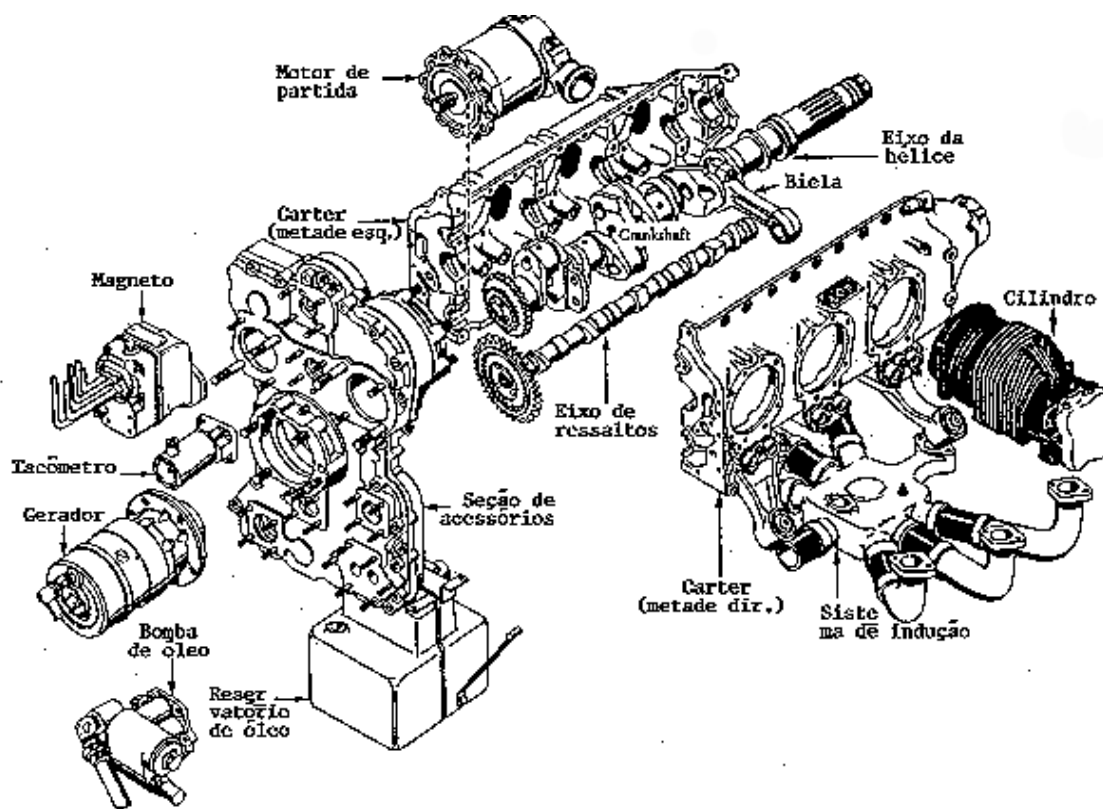


Figura 1-7 Vista explodida de um típico motor de cilindros opostos e seus componentes.

Essas superfícies trabalhadas de forma precisa são frequentemente referidas como base do cilindro.

O eixo de manivelas é montado em uma posição paralela ao eixo longitudinal do cárter e,

é geralmente, suportado por meio de um rolamento principal entre cada curso. O rolamento principal do eixo de manivelas deve ser rigidamente apoiado no cárter. Isso geralmente é conseguido por meio de nervuras transversais no

cárter, uma para cada rolamento principal. As nervuras formam uma parte integral da estrutura e, além de suportar os rolamentos principais, aumenta a resistência do invólucro como um todo.

O cárter está dividido em duas seções em um plano longitudinal. Essa divisão pode ser no plano do eixo de manivelas, de forma que metade do rolamento principal (e algumas vezes rolamentos do eixo de ressalto) está montada numa seção do invólucro e a outra metade, na seção oposta (ver figura 1-7).

Um outro método consiste em dividir o invólucro, de maneira que os rolamentos principais sejam presos apenas a uma seção do invólucro, sobre a qual os cilindros estão presos, proporcionando dessa forma condições de remover a seção do cárter para inspeção sem alterar o ajuste do rolamento.

EIXOS DE MANIVELAS

O eixo de manivelas é a espinha dorsal dos motores alternativos. Ele está sujeito à maioria das forças desenvolvidas pelo motor. Seu objetivo principal, é transformar o movimento alternativo do pistão e da biela em movimento rotativo, para acionamento da hélice. O eixo de manivelas, como o próprio nome sugere, é um eixo composto de uma ou mais manivelas localizadas em pontos específicos ao longo do seu comprimento. As manivelas são feitas forjando-se protuberâncias em um eixo antes dele ser trabalhado. Tendo em vista que os eixos de manivelas tem que ser muito resistentes, eles são geralmente forjados em ligas muito resistentes, tais como aço cromo-níquel-molibdênio. O eixo de manivelas pode ser construído em uma ou em múltiplas peças. A figura 1-8 mostra dois tipos representativos de eixos de manivelas compactos, utilizados em motores de aeronaves. A construção de quatro manivelas pode ser utilizada, ou nos motores de quatro cilindros opostos, ou nos de quatro cilindros em linha.

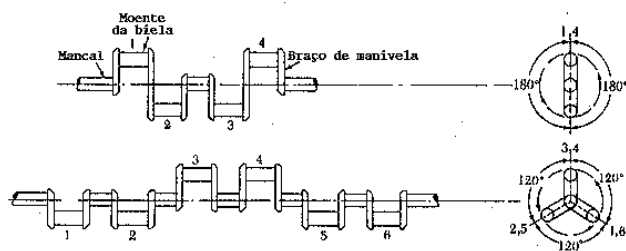


Figura 1-8 Eixos de manivela do tipo sólido.

Os eixos de seis manivelas são utilizados nos motores em linha de seis cilindros, motores em V de doze cilindros e opostos de seis cilindros.

Os eixos de manivelas dos motores radiais podem ser de manivela única; duas ou quatro manivelas, dependendo do motor, que pode ser do tipo de uma, duas ou quatro fileiras de cilindros.

A figura 1-9 mostra um eixo de manivelas de motor radial de uma manivela.

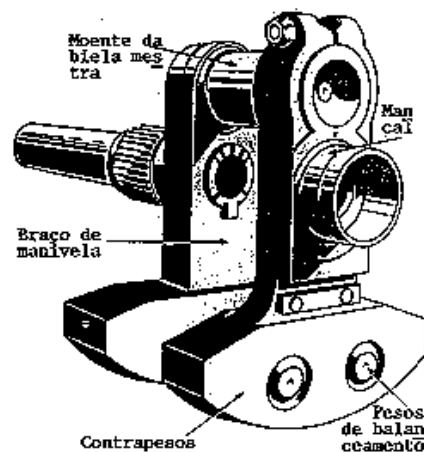


Figura 1-9 Eixo de manivelas de um motor radial de uma série de cilindros.

Independente do número de manivelas que ele tenha, cada eixo tem três partes principais: munhão, pino da manivela (moente) e braço da manivela. Muito embora não façam parte do eixo de manivelas, contrapesos e amortecedores são geralmente ligados a ele para reduzir as vibrações do motor.

O munhão é suportado por um rolamento principal que gira dentro dele. Ele serve como centro de rotação do eixo de manivelas e tem sua superfície endurecida para reduzir o desgaste. O moente é a seção à qual a biela está conectada. Ele está fora do centro do munhão principal e é comumente chamado de manivela.

Dois braços da face e um moente constituem uma manivela. Quando uma força é aplicada ao moente em qualquer direção, que não seja paralela ou perpendicular, e passando pela linha de centro do eixo de manivelas, irá acusar a rotação do eixo de manivelas. A superfície externa é endurecida por nitruração para aumentar sua resistência ao desgaste, e prover a superfície de contato do rolamento.

O moente é geralmente ôco. Isso reduz o peso total do eixo de manivelas e proporciona a

passagem para transferência do óleo de lubrificação. O moente ôco também serve como uma câmara para coleta de borra, depósitos de carbono e outras matérias estranhas. A força centrífuga arremessa essas substâncias para fora da câmara, impedindo que elas alcancem a superfície do rolamento da biela. Em alguns motores a passagem é feita na cabeça da manivela, para permitir que o óleo do interior do eixo de manivelas salpique as paredes dos cilindros. O braço da manivela conecta o moente ao munhão principal. Em alguns projetos, a cabeça se estende além do munhão e leva um contrapeso para balancear o eixo de manivelas, o braço da manivela deve ser de construção robusta para obter a rigidez entre o moente e o munhão.

Em todos os casos, o tipo de eixo de manivelas e o número de moentes deve corresponder à montagem do cilindro do motor. A posição das manivelas no eixo, em relação a outras manivelas do mesmo eixo, é expressa em graus.

O eixo de manivelas mais simples é exatamente o de manivela única ou de 360°. Esse tipo é usado em motores radiais de uma só carreira de cilindros. Pode ser construído em uma ou duas peças. Dois rolamentos principais (um em cada extremidade) são requeridos quando esse tipo de eixo de manivelas é usado.

O eixo de dupla manivela ou 180° é utilizado nos motores radiais de dupla manivela. No motor radial uma manivela é requerida para cada carreira de cilindros.

Balanceamento do eixo de manivelas

Vibração excessiva em um motor, resulta não apenas em falha por fadiga da estrutura metálica, mas também causa rápido desgaste das partes móveis.

Em alguns exemplos, a vibração excessiva é causada pelo desbalanceamento do eixo de manivelas. Eixos de manivelas são balanceados estática e dinamicamente.

Um eixo de manivelas está estaticamente balanceado quando o peso de todo o conjunto de moentes, braço da manivela e contrapesos, está balanceado em volta do eixo de rotação.

Durante o teste de balanceamento estático do eixo de manivelas, ele é colocado sobre dois cutelos. Se o eixo tender a girar através de qualquer posição durante o teste, estará fora de ba-

lanceamento estático. Um eixo de manivelas está dinamicamente balanceado, quando todas as forças criadas pela sua rotação e impulsões estão balanceadas entre si, de maneira que pouca ou nenhuma vibração é produzida quando o motor está funcionando.

Para reduzir ao mínimo a vibração durante o funcionamento do motor, amortecedores dinâmicos são incorporados ao eixo de manivelas.

Um amortecedor dinâmico é simplesmente um pêndulo, o qual é bem preso ao eixo de manivelas, de forma que ele fique livre para se mover num pequeno arco. Ele está incorporado ao conjunto de contrapesos.

Alguns eixos de manivelas incorporam dois ou mais desses conjuntos, cada um ligado a um diferente braço da manivela.

A distância em que o pêndulo se move, e sua frequência de vibração, correspondem à frequência dos impulsos de potência do motor.

Quando ocorre a frequência de vibração do eixo de manivelas, o pêndulo oscila fora de tempo, reduzindo, dessa forma, a vibração ao mínimo.

Amortecedores dinâmicos

A construção do amortecedor dinâmico utilizado em um motor, consiste de um contrapeso de aço com ranhuras, conectado ao braço da manivela.

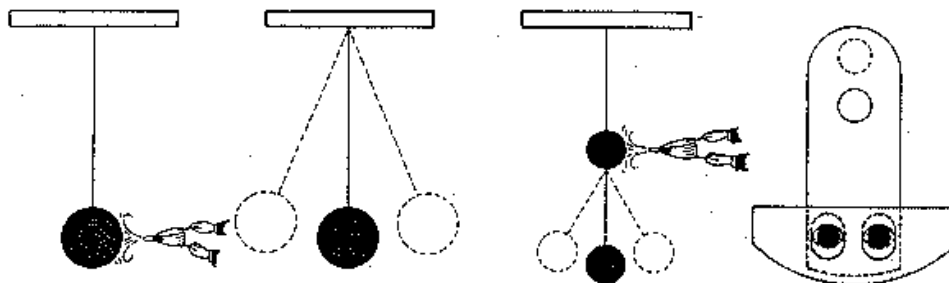
Dois pinos de aço em forma de carretel se prolongam pela ranhura, e passam através dos tubos superdimensionados nos contrapesos e braço da manivela.

A diferença nos diâmetros entre os pinos e os furos provoca um efeito de pêndulo. Uma analogia do funcionamento de um amortecedor dinâmico é mostrado na figura 1-10.

BIELAS

As bielas são elos que transmitem forças entre o pistão e o eixo de manivelas.

Elas devem ser suficientemente fortes para permanecerem rígidas sob cargas, e ainda serem leves o bastante para reduzir as forças de inércia, as quais são produzidas quando a haste e pistão param, invertem a direção e começam novo movimento ao fim de cada curso.



Se em um pêndulo for dada uma série de impulsos a uma velocidade correspondente à sua frequência natural para simular uma força de impulso em um motor, ele começará a balançar, ou vibrar, para trás e para diante dos impulsos. Um outro pêndulo, suspenso no primeiro, absorverá os impulsos, mantendo o primeiro estacionado. O amortecimento dinâmico é um pequeno pêndulo pendurado no eixo de manivelas e modulado para a frequência da força dos impulsos, para absorver a vibração da mesma maneira.

Figura 1-10 Princípios de um amortecedor dinâmico.

Existem três tipos de bielas. (1) Tipo plana (2) Tipo forquilha e pá; (3) Biela mestra e articulada. (ver figura 1-11.)

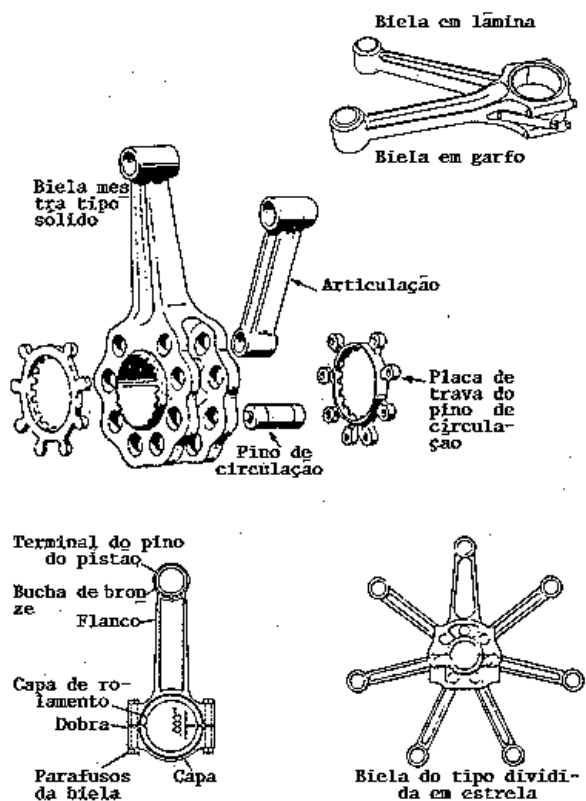


Figura 1-11 Conjunto de bielas.

Conjunto de biela mestra e articulada

O conjunto de biela mestra e articulada é comumente usado em motores radiais. Em um motor radial, o pistão do cilindro número um em cada carreira, é conectado ao eixo de manivelas por meio da biela mestra. Todos os outros pistões da fileira são conectados à biela mestra por meio de uma biela articulada.

Em um motor de 18 cilindros, o qual tem duas carreiras, existem duas bielas mestras e 16 bielas articuladas. As articuladas são fabricadas

em liga aço forjado, com seção reta na forma de I ou H. Buchas de bronze são prensadas nos olhais em cada extremidade da biela articulada, para alojar os rolamentos do pino de articulação da biela e do pino do êmbolo.

A biela mestra serve como articulação de ligação entre o pino do pistão e o moente. O terminal do pino da manivela, contém o rolamento do moente ou biela mestra. Flanges em torno do terminal, possibilitam a ligação das bielas articuladas. Estas são ligadas à biela mestra através de pinos de articulação, os quais são prensados em furos nos flanges da biela mestra durante a montagem. Um mancal plano, geralmente chamado de bucha do pino do pistão está instalado no terminal do pistão da biela mestra para receber o pino do pistão.

Quando um eixo de manivelas dos tipos fenda canelada ou fenda em braçadeira é empregado, é utilizada uma biela mestra do tipo inteiriça. As bielas mestra e articulada são montadas, e então, instaladas no moente da biela; as seções do eixo de manivelas são portanto, unidas. Em motores que usam o eixo de manivelas do tipo inteiriço, o terminal da biela mestra é em fenda, como o mancal. A parte principal da biela mestra está instalada sobre o moente; então o mancal é colocado no lugar e preso à biela mestra.

Os centros dos pinos de articulação não coincidem com o centro do moente da biela. Então, enquanto o moente descreve um círculo verdadeiro para cada rotação do eixo de manivelas, os centros dos pinos de articulação descrevem um caminho elíptico (ver figura 1-12). Os caminhos elípticos são simétricos em relação a uma linha central do cilindro da biela mestra. Pode ser notado que os diâmetros maiores das elipses não são os mesmos. Assim, as bielas articuladas terão variação de ângulo em relação ao centro do braço de manivela.

Devido à variação de ângulo das bielas articuladas, e ao movimento elíptico dos pinos de articulação; os pistões não se movem em cursos iguais em cada cilindro, para em dado número de graus do movimento do braço de manivelas. Essa variação na posição do pistão entre cilindros pode ter efeito considerável sobre a operação do motor.

Para minimizar o efeito desses fatores sobre a válvula e o tempo de ignição, os furos do pino de articulação no flange da biela mestra não são equidistantes do centro do moente da biela, compensando dessa forma uma extensão do efeito do ângulo da biela articulada.

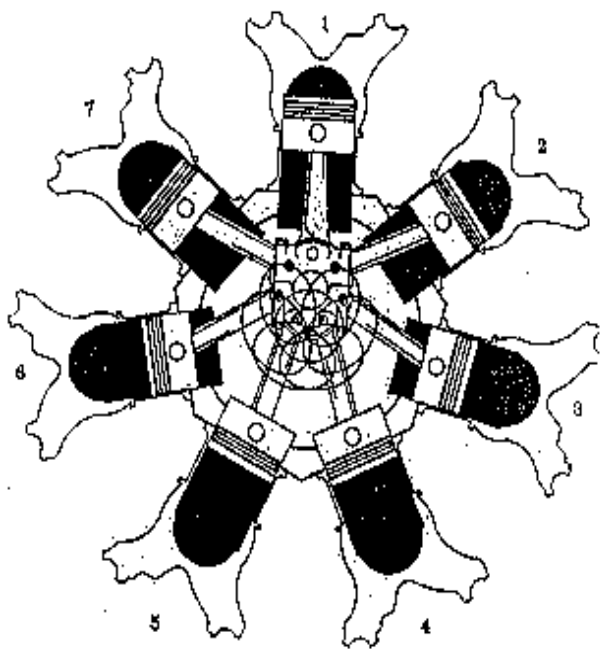


Figura 1-12 Percurso elíptico dos pinos de circulação num conjunto de bielas.

Outro método de minimizar os efeitos adversos sobre a operação do motor, é utilizar um magneto compensado. Nesse magneto, o came interruptor (brecker cam) tem um número de ressaltos igual ao número de cilindros do motor. Para compensar a variação na posição do pistão, devido ao ângulo da biela articulada, os ressaltos do came interruptor são estabelecidos com espaçamentos desiguais.

Isso permite que os contatos interruptores abram quando o pistão estiver na posição correta de queima. Esse assunto será discutido mais tarde no capítulo 4, tempo de ignição.

Pinos de articulação

Os pinos de articulação são de construção

sólida, exceto quanto às passagens de óleo usadas nos pinos, através das quais são lubrificadas as buchas. Esses pinos podem ser instalados por pressão nos furos dos flanges da biela mestra, de forma a evitar que eles girem.

Pinos de articulação podem também ser instalados com um encaixe frouxo, de forma que eles possam girar nos furos dos flanges das bielas mestras e, também, nas buchas das hastes articuladas. Esses são chamados de “pinos de articulação flutuantes”.

Em cada tipo de instalação, uma chapa em cada lado retém o pino de articulação, evitando seu movimento lateral.

Biela plana

As bielas são usadas nos motores opostos e em linha. A extremidade ligada ao moente é encaixada com um mancal com capa ou em fenda. Os mancais com capa são presos através de parafusos.

Para manter o balanceamento e a folga apropriados, as bielas devem sempre ser reinstaladas no mesmo cilindro e na mesma posição relativa.

Biela tipo forquilha e pá

A biela tipo forquilha e pá, é um conjunto usado inicialmente nos motores tipo em V. A biela bifurcada é dividida no terminal do pivô para prover espaço para a fixação da lâmina entre os pinos. Um mancal simples bi-partido é usado na extremidade do braço de manivela.

PISTÕES

O pistão de um motor alternativo é uma parte do cilindro que se move para baixo e para cima dentro desse cilindro de aço. O pistão age como uma parede móvel dentro da câmara de combustão.

Conforme o pistão se move para baixo no cilindro, ele aspira a mistura ar/combustível.

Na medida em que ele se move para cima, comprime a carga, ocorre a ignição e os gases em expansão forçam o pistão para baixo. Essa força é transmitida para o eixo de manivelas através da biela.

No golpe de retorno, o pistão força os gases de escapamento para fora do cilindro.

Fabricação do pistão

A maioria dos pistões de motores de aeronaves são usinados de forjamentos de liga de alumínio.

Ranhuras são usinadas em suas faces externas para receberem os anéis do pistão e, aletas de refrigeração, estão instaladas em sua parte interna para grandes transferências de calor para o óleo do motor.

Os pistões podem ser do tipo sapata ou êmbolo; ambos são mostrados na figura 1-13.

Os pistões do tipo sapata não são utilizados nos motores modernos de alta potência, porque eles não proporcionam adequada resistência ao desgaste. A face superior do pistão, ou cabeça, pode ser plana, convexa ou côncava.

Rebaixos podem ser usinados na cabeça do pistão, afim de evitar interferência com as válvulas.

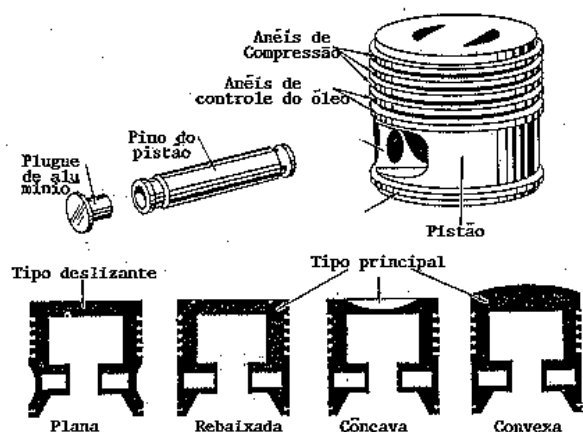


Figura 1-13 Conjunto de pistão e tipos de pistão.

Seis ranhuras podem ser usinadas em volta do pistão para acomodar os anéis de compressão e de óleo. (ver figura 1-13.) Os anéis de compressão estão instalados nas três ranhuras superiores; os anéis de controle de óleo estão instalados imediatamente acima do pino do pistão.

O pistão é geralmente furado nas ranhuras dos anéis de controle de óleo, para permitir que o óleo excedente raspado das paredes do cilindro, pelos anéis de controle de óleo retorne para o cárter.

Um anel raspador de óleo está instalado na base da parede do pistão ou saia, para evitar o consumo excessivo de óleo. As partes da parede do pistão que estão entre cada par de ranhura são chamados de anel plano.

Além de agir como um guia para a cabeça do pistão, a saia incorpora o orifício para passagem do pino do pistão. Os orifícios são construídos, de forma a permitir que as pesadas cargas sobre a cabeça do pistão sejam transferidas para o pino do pistão.

Pino do pistão

O pino do pistão une o pistão à biela. É usinado na forma de tubo, de aço-níquel, forjado, cementado e retificado. O pino do pistão é, algumas vezes, chamado de pino de punho, devido à similaridade entre os movimentos relativos do pistão e da biela com os do braço humano. O pino do pistão usado nos motores de aeronaves modernas são do tipo completamente flutuante, assim chamados porque o pino está livre para girar nos mancais, tanto do pistão quanto da biela.

O pino do pistão tem que ser contido para evitar riscos nas paredes do cilindro. Nos motores primitivos, molas helicoidais eram instaladas nas ranhuras dos pinos do pistão em cada extremidade. A prática corrente, é instalar um bujão de alumínio relativamente macio, nas extremidades dos pinos, para proporcionar uma boa superfície de mancal em contato com as paredes dos cilindros.

ANÉIS DE SEGMENTO

Os anéis de segmento evitam o vazamento de gases sob pressão e, reduzem ao mínimo, a infiltração de óleo na câmara de combustão. Os anéis se ajustam às ranhuras do pistão, mas se expandem para fazer pressão sobre as paredes dos cilindros. Quando lubrificadas adequadamente, os anéis constituem um selo efetivo de gases.

Fabricação dos anéis de segmento

A maioria dos anéis de segmento são fabricados com ferro fundido de altos teores. Após a fabricação, eles são retificados para o corte transversal desejado. Eles são então seccionados, de forma que possam deslizar sobre a face externa do pistão e nas ranhuras, as quais são usinadas nas paredes dos pistões. Uma vez que seu propósito é vedar a folga entre o pistão e a parede do cilindro, eles têm que se ajustar na

parede do cilindro, o suficiente para torná-lo hermeticamente fechado. Eles devem exercer pressões iguais em todos os pontos das paredes dos cilindros, e um fechamento hermético contra os lados das ranhuras dos anéis.

Ferro fundido cinzento é frequentemente mais usado na fabricação de anéis de segmento. Contudo, muitos outros materiais têm sido tentados. Em alguns motores, são usados anéis de aço macio cromado na ranhura superior de compressão, porque esses anéis resistem melhor às altas temperaturas presentes nesse ponto.

Anéis de compressão

A finalidade dos anéis de compressão é evitar o escapamento de gases através do pistão, durante a operação do motor. Eles são colocados nas ranhuras, imediatamente abaixo da cabeça do pistão.

O número de anéis de compressão, utilizados em cada pistão, é determinado pelo tipo de motor e de seu projeto, embora a maioria dos motores de aeronaves usem dois anéis de compressão, além de um ou mais anéis de controle de óleo.

A seção transversal dos anéis é retangular ou em forma de cunha com uma face cônica. A face cônica apresenta uma estreita borda de mancão para a parede do cilindro, que ajuda a reduzir a fricção e proporcionar melhor selagem.

Anéis de controle de óleo

Os anéis de controle de óleo são colocados nas ranhuras, imediatamente abaixo dos anéis de compressão, e acima das cavidades dos pinos do pistão. Pode haver um ou mais anéis de controle de óleo por pistão. Dois anéis podem ser instalados na mesma ranhura ou em ranhuras separadas.

Os anéis de controle de óleo regulam a espessura do filme de óleo sobre a parede do cilindro. Se entrar muito óleo na câmara de combustão, ele será queimado e deixará uma fina camada de carbono sobre as paredes da câmara de combustão, na cabeça do pistão, velas e cabeça das válvulas.

Esse carbono pode causar o emperramento das válvulas ou dos anéis, se ele penetrar nas ranhuras dos anéis ou nas guias das válvulas. Além disso, o carbono pode causar falha das

velas, bem como detonação, pré-ignição ou excessivo consumo de óleo.

Para permitir que o óleo excedente retorne ao cárter, são usinados furos nas ranhuras dos anéis, ou nas regiões próximas dessas ranhuras.

Anel raspador de óleo

O anel raspador de óleo, geralmente tem uma face chanfrada, e está instalado em uma ranhura no fundo da saia do pistão. O anel está instalado com a face raspadora para fora da cabeça do pistão ou na posição reversa, dependendo da posição do cilindro e da série do motor. Na posição reversa o anel raspador retém o óleo em excesso acima dele, no golpe ascendente do pistão, e esse óleo, é retornado para o cárter através dos anéis de controle de óleo, no golpe descendente.

CILINDROS

A parte do motor na qual a potência é desenvolvida, é chamada de cilindro. O cilindro provê a câmara de combustão onde ocorrem a queima e a expansão dos gases, e aloja o pistão e a biela.

Existem quatro fatores principais que precisam ser considerados no projeto e construção do conjunto de um cilindro. São eles:

- (1) o cilindro tem que ser suficientemente forte para resistir às pressões internas, desenvolvidas durante a operação do motor.
- (2) tem que ser construído de um metal leve para diminuir o peso do motor.
- (3) tem que possuir boas propriedades de condução de calor, para um eficiente resfriamento.
- (4) tem que ser comparativamente fácil e barato quanto à fabricação, inspeção e manutenção.

A cabeça é produzida unitariamente para cada cilindro nos motores refrigerados a ar, ou é fundida "em bloco" (todas as cabeças em um bloco) para motores refrigerados a líquido. A cabeça de cilindro de um motor refrigerado a ar é geralmente feita de liga de alumínio, porque

essa liga constitui um bom condutor de calor, e seu baixo peso reduz o peso total do motor.

Cabeças de cilindro são forjadas ou fundidas sob pressão para maior resistência. A forma interna da cabeça de um cilindro pode ser plana, semi-esférica ou na forma de telhado.

O tipo semi-esférico tem sido satisfatório porque é mais forte, e ajuda numa expulsão mais rápida e mais completa dos gases de escape.

Os cilindros usados nos motores refrigerados a ar são do tipo válvula sobre a cabeça, mostrado na figura 1-14. Cada cilindro é um conjunto de duas partes principais: (1) a cabeça do cilindro, e (2) o corpo do cilindro. Na montagem, a cabeça do cilindro é expandida através de aquecimento, e então roscada no corpo do cilindro que foi resfriado. Então, quando a cabeça esfria e se contrai e o corpo é aquecido e se expande, resulta em uma junta hermeticamente fechada.

Enquanto a maioria dos cilindros usados são construídos dessa maneira, alguns são construídos em peça única, em liga de alumínio, fundidos em areia. A cavidade do pistão de um cilindro fundido em areia é presa a uma camisa de aço, a qual se estende por toda a seção do corpo do cilindro e se projeta abaixo do flange. Essa camisa é facilmente removida, e outra nova, pode ser instalada em seu lugar.

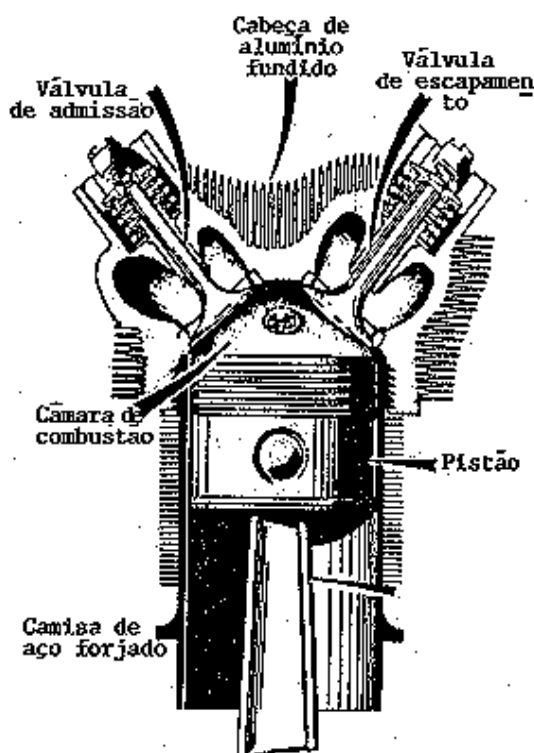


Figura 1-14 Vista em corte de um conjunto de cilindro.

Cabeças de cilindro

A finalidade da cabeça do cilindro é prover um lugar para a combustão da mistura ar/combustível, e dar ao cilindro maior condutividade de calor para uma adequada refrigeração.

A mistura ar/combustível é inflamada pela centelha na câmara de combustão e, dá início à queima, quando o pistão passa através do ponto morto superior, no tempo de compressão.

A carga inflamada é rapidamente expandida a essa altura, e a pressão é aumentada, de forma que, assim que o pistão passar através do ponto morto superior, ele seja impelido para baixo no tempo de potência.

As passagens das válvulas de admissão e escape estão localizadas na cabeça do cilindro, junto com as velas e mecanismos das válvulas.

Após a fundição, as buchas das velas, guias de válvulas, buchas dos balancins e sede das válvulas, são instaladas na cabeça do cilindro. As aberturas para as velas podem conter buchas de bronze ou aço, que são contraídas e atarrachadas nessas aberturas.

Muitos motores correntemente fabricados utilizam velas com roscas postiças ("heli-coil") de aço inoxidável.

Guias de válvulas de bronze ou aço, são geralmente contraídos ou roscados em aberturas usinadas na cabeça do cilindro, para prover guias para as hastes das válvulas.

As guias estão geralmente localizadas a um determinado ângulo, com a linha de centro do cilindro. As sedes das válvulas são anéis circulares de metal endurecido, o qual protege o metal, relativamente macio, da cabeça do cilindro, da ação de martelamento das válvulas e dos gases de escape.

As cabeças de cilindro dos motores refrigerados a ar estão sujeitas a temperaturas extremas. É portanto, necessário prover adequadas áreas com aletas de refrigeração, e utilizar metais que conduzam calor rapidamente. As cabeças de cilindro de motores refrigerados a ar são geralmente fundidas ou forjadas isoladamente. Liga de alumínio é utilizada em sua fabricação, por diversas razões.

Essa liga se adapta bem à fundição e à usinagem de aletas fundas e com pouco espaçamento, e, é mais resistente que a maioria dos metais ao ataque corrosivo do chumbo tetraetílico presente na gasolina.

As grandes melhorias na refrigeração a ar têm resultado da redução da espessura das aletas e do aumento de suas profundidades. Com isso, a área das aletas tem sido aumentada de aproximadamente 1200 para mais de 7500 polegadas quadradas por cilindro, nos motores modernos. Aletas de refrigeração são afiladas de 0,090" na base para 0,060" nas pontas.

Devido à diferença de temperatura entre as diversas seções da cabeça do cilindro, é necessário prover maior área de aletas em umas seções que em outras. A região da válvula de escape é a parte mais quente da superfície interna; por isso, maior área de aletas deve prover a face externa do cilindro, nessa seção.

Corpo do cilindro

Em geral, o corpo do cilindro no qual o pistão trabalha, tem que ser fabricado de um material de alta resistência, geralmente aço. Ele tem que ser o mais leve possível, além de possuir as características apropriadas para operação em altas temperaturas. Ele tem que ser fabricado com bom material de qualidade e possuir alta resistência à tensão.

O corpo do cilindro é fabricado de liga de alumínio forjado, com a face interna endurecida para resistir ao desgaste provocado pelo pistão e pelos anéis, os quais deslizam apoiados nele.

Esse endurecimento é, geralmente feito, expondo-se o aço à amônia ou ao cianureto, enquanto ele estiver muito quente.

O aço absorve nitrogênio, o qual forma ferro nitrurado sobre a superfície exposta. Como resultado desse processo, o metal passa a ser chamado de nitretado.

Em alguns exemplos, o corpo tem roscas na superfície externa de uma extremidade, para que ele possa ter a cabeça rosqueada. Alguns corpos de cilindro, refrigerados a ar, possuem aletas de alumínio substituíveis, enquanto outros têm aletas usinadas, como parte integrante desse corpo.

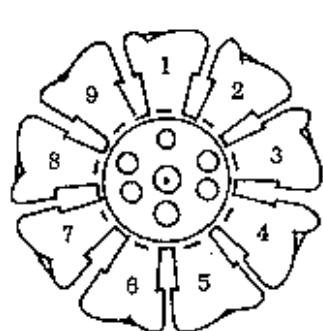
NUMERAÇÃO DOS CILINDROS

Ocasionalmente, é necessário referir-se ao lado esquerdo ou direito de um motor, ou a um particular cilindro. Dessa forma faz-se necessário conhecer as direções do motor, e como os cilindros são numerados. A ponta do eixo da hélice do motor é sempre a parte dianteira e a extremidade dos acessórios é a parte traseira, independentemente de como o motor tenha sido instalado na aeronave. Quando nos referimos ao lado direito ou esquerdo de um motor, é porque olhamos da seção traseira ou de acessórios. Visto dessa posição, a rotação do eixo de manivelas é referido como horário ou anti-horário.

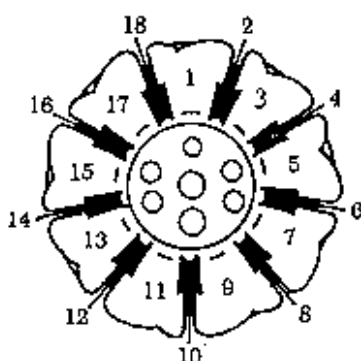
Cilindros de motores radiais são numerados no sentido horário quando vistos da seção de acessórios. Os cilindros dos motores em linha ou em V são conhecidos como séries direita e esquerda, quando vistas da parte dos acessórios.

A numeração dos cilindros de um motor é mostrada na figura 1-15.

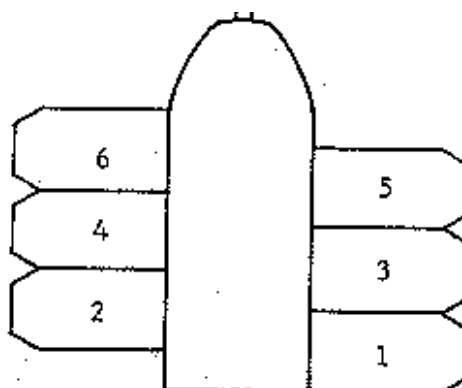
A numeração dos cilindros de motores opostos mostrado, começa com o direito traseiro como número 1 e o esquerdo traseiro como número 2. O situado adiante do número 1 é o número 3; o adiante do número 2 é o número 4, e assim por diante.



Radial de série simples



Radial de série dupla



Cilindros opostos

Figura 1-15 Numeração dos cilindros dos motores.

A numeração dos cilindros de motores opostos não segue um padrão. Alguns fabricantes numeram seus cilindros a partir da traseira, e outros, da parte dianteira do motor. Recorremos sempre ao manual apropriado do motor, para determinar o sistema de numeração correto utilizado pelo fabricante.

Os cilindros de motores radiais com uma só carreira de cilindros, são numerados no sentido horário, quando vistos da parte traseira. O cilindro número 1 é o da parte superior do motor. Em motores com duas carreiras de cilindros, é utilizado o mesmo sistema, onde o número 1 é o cilindro da parte superior do motor, na fileira traseira. Desta forma, todos os cilindros ímpares estão na fileira traseira e todos os cilindros pares, na dianteira.

ORDEM DE FOGO

A ordem de fogo de um motor, é a sequência na qual o tempo motor ocorre nos diferentes cilindros. A ordem de fogo é projetada para proporcionar o balanceamento, e para eliminar a vibração ao máximo possível.

Nos motores radiais, a ordem de fogo tem que seguir um padrão especial, uma vez que os impulsos provocados pela explosão têm que seguir o movimento do braço de manivelas durante sua rotação.

Nos motores em linha, as ordens de fogo podem variar fazendo existir diferentes arranjos de ordem de fogo, de forma que a força das explosões nos cilindros seja igualmente distribuída ao longo do eixo de manivelas.

Os motores em linha de seis cilindros, geralmente têm a ordem de fogo 1-5-3-6-2-4. A ordem de fogo dos motores opostos, pode geralmente, ser listada em pares de cilindros, conforme cada par queime de um lado e do outro do rolamento principal. A ordem de fogo dos motores opostos de 6 cilindros é 1-4-5-2-3-6. A ordem de fogo de um modelo oposto de 4 cilindros é 1-4-2-3, porém em outro modelo é 1-3-2-4.

Motores radiais de fileira única

Nos motores radiais de uma só fileira de cilindros, primeiramente todos os cilindros ímpares queimam em sucessão numérica, depois

queimam em sucessão numérica, os cilindros pares.

Nos motores radiais de 5 cilindros, por exemplo, a ordem de fogo é 1-3-5-2-4, e nos motores radiais de 7 cilindros é 1-3-5-7-2-4-6. A ordem de fogo em um motor radial de 9 cilindros é 1-3-5-7-9-2-4-6-8.

Motores radiais de duas carreiras de cilindros

Nos motores radiais de duas carreiras de cilindros, a ordem de fogo é de certa forma complicada. A ordem de fogo é arranjada com o impulso de fogo ocorrendo no cilindro de uma carreira, e então, no cilindro da outra carreira. Dessa forma, a queima de dois cilindros da mesma carreira nunca ocorre de forma sucessiva.

Um método fácil de calcular a ordem de fogo de um motor radial de duas fileiras, 14 cilindros, é começar com qualquer número de 1 a 14, e adicionar 9 ou subtrair 5 (esses são chamados de números de ordem de fogo), quaisquer que sejam, darão uma ordem de fogo entre 1 e 14, inclusive. Por exemplo, começando com 8, não pode ser adicionado 9, uma vez que a resposta seria maior que 14; dessa forma, subtraímos 5 de 8 para obtermos 3; adicionamos 9 ao 3 para obtermos 12; subtraímos 5 de 12 e obtemos 7; subtraímos 5 de 7 para obtermos 2, e assim por diante.

Os números da ordem de fogo de um motor radial de 18 cilindros e duas fileiras são 11 e 7; isto é, começando com qualquer número entre 1 e 18 adicionamos 11 ou subtraímos 7. Por exemplo, começando com 1, adicionamos 11 para obtermos 12; 11 não pode ser adicionado ao 12, porque o total ultrapassaria 18, então, subtraímos 7 para obtermos 5, adicionamos 11 ao 5 para obtermos 16; subtraímos 7 do 16 para se obter 9, subtraímos 7 do 9 para se obter 2; adicionamos 11 para se obter 13; e continuamos o processo para os 18 cilindros.

VÁLVULAS

A mistura ar/combustível entra nos cilindros através das passagens das válvulas de admissão, e os gases queimados são expelidos através das passagens das válvulas de escape.

A cabeça de cada válvula abre e fecha essas passagens nos cilindros. As válvulas utilizadas em motores de aeronaves são do tipo gatilho convencional. As denominações dos tipos de válvulas são também em função de sua forma e, são ainda, chamadas de cogumelo ou tulipa, devido a sua semelhança com a forma dessas plantas.

A figura 1-16 ilustra os diversos tipos e formas dessas válvulas.

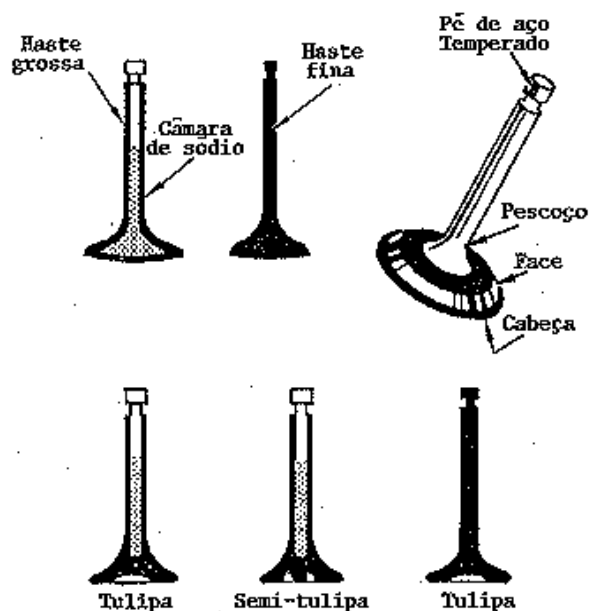


Figura 1-16 Tipos de válvulas.

Construção das válvulas

As válvulas nos cilindros do motor de uma aeronave estão sujeitas a altas temperaturas, corrosão e tensão de operação; com isso, a liga metálica nas válvulas têm que resistir a todos esses fatores.

Devido ao fato das válvulas de admissão trabalharem em temperaturas mais baixas que as temperaturas das válvulas de escapamento, elas podem ser fabricadas de aço cromo-níquel. As válvulas de escapamento são geralmente fabricadas de nicromo, silcromo ou aço cobalto-cromo.

A cabeça das válvulas tem uma face retificada, a qual forma um selo contra a sede na cabeça do cilindro, quando a válvula está fechada. A face da válvula é geralmente retificada para um ângulo de 30° ou 45°. Em alguns motores a face da válvula de admissão é retificada para um ângulo de 30° e a face da válvula de escapamento, retificada para um ângulo de 45°.

As faces das válvulas são frequentemente mais duráveis por meio da aplicação de um material denominado estelita, cerca de 1/16" dessa liga é soldada à face da válvula, e retificada para o ângulo correto. A estelita é resistente à corrosão por altas temperaturas e, também resiste ao choque e desgaste, associados à operação da válvula. Alguns fabricantes de válvulas usam um revestimento de nicromo. O nicromo é utilizado com a mesma finalidade da estelita.

A haste da válvula tem sua superfície endurecida para resistir ao desgaste causado pelo seu deslocamento através da guia de válvula. O pesçoço é a parte que forma a junção entre a cabeça e a haste. A extremidade da válvula é endurecida para resistir ao martelamento do balancim, quando ele abre a válvula. Uma ranhura usinada na haste, próximo à extremidade, recebe o anel freno dela. Esse mecanismo forma uma trava para prender a arruela da mola de retenção no lugar.

Algumas válvulas de admissão e de escapamento são ocas e, parcialmente, cheias com sódio metálico. Esse material é utilizado porque é um excelente condutor de calor. O sódio irá fundir a aproximadamente 110°C, e o movimento alternativo da válvula faz circular o sódio líquido, facilitando a retirada de calor da cabeça da válvula para a haste, onde é dissipado através da guia da cabeça do cilindro e das aletas de refrigeração. Então, a temperatura de operação da válvula pode ser reduzida tanto a 167°C como a 230°C.

Sob nenhuma circunstância deve uma válvula cheia de sódio ser cortada, ou sujeita a tratamento, o qual possa causar ruptura. A exposição do sódio, dessas válvulas ao ar exterior, irá resultar em fogo ou explosão com possíveis ferimentos no pessoal.

As válvulas de admissão comumente mais utilizadas, têm haste sólida, e as cabeças são na forma plana ou de tulipa. Válvulas de admissão, para motores de baixa potência, são geralmente de cabeça plana.

Em alguns motores, a válvula de admissão pode ser do tipo tulipa, e ter uma haste menor que a haste da válvula de escapamento, ou pode ser similar à da válvula de escapamento, mas ter hastes e cabeça sólidas. Muito embora essas válvulas sejam similares, elas não são intercambiáveis, uma vez que as suas faces são construídas de materiais diferentes. A válvula de admissão

tem, geralmente, um serrilhado na extremidade para identificá-la.

MECANISMO DE OPERAÇÃO DA VÁLVULA

Para que um motor alternativo funcione de forma apropriada, cada válvula deve abrir no tempo certo, permanecer aberta pelo espaço de tempo requerido e fechar no tempo requerido.

As válvulas de admissão são abertas antes do êmbolo ou pistão atingir o ponto morto superior, e as válvulas de escapamento permanecem abertas após o ponto morto superior.

Em um instante particular, contudo, ambas as válvulas são abertas ao mesmo tempo (fim do escapamento e início da admissão).

Esse claro da válvula permite melhor eficiência volumétrica e mais baixas temperaturas de operação de cilindros mais baixas. Esse sincronismo das válvulas é controlado pelo seu mecanismo de operação.

O curso da válvula (distância que a válvula é desalojada de sua sede), e a duração (tempo que a válvula permanece aberta) são determinados pela forma do ressalto de came.

Ressaltos típicos estão ilustrados na figura 1-17. A parte do ressalto que pouco a pouco dá início ao mecanismo de operação da válvula é chamada rampa ou degrau.

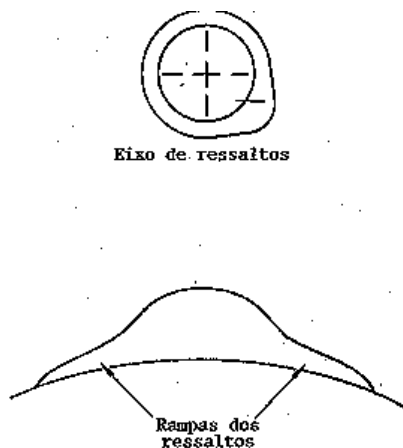


Figura 1-17 Tipos de ressaltos.

A rampa é usinada em cada lado do ressalto, para facilitar o contato do balancim com a extremidade da válvula, reduzindo, dessa forma, a carga de choque que de outra forma ocorreria.

O mecanismo de operação da válvula consiste de um anel ou eixo, equipado com ressalto-

tos, os quais trabalham contra um rolete do tucho (ver figura 1-18 e 1-19).

O tucho, aciona uma haste impulsora que, por sua vez, atua no balancim que abre a válvula.

As molas, que deslizam sobre as hastes das válvulas e, que são mantidas no lugar pela arruela de retenção da mola e pela ranhura da haste, fecham cada válvula e, empurram o mecanismo da válvula na direção oposta, quando o rolete do tucho rola ao longo da baixa seção do anel de ressalto.

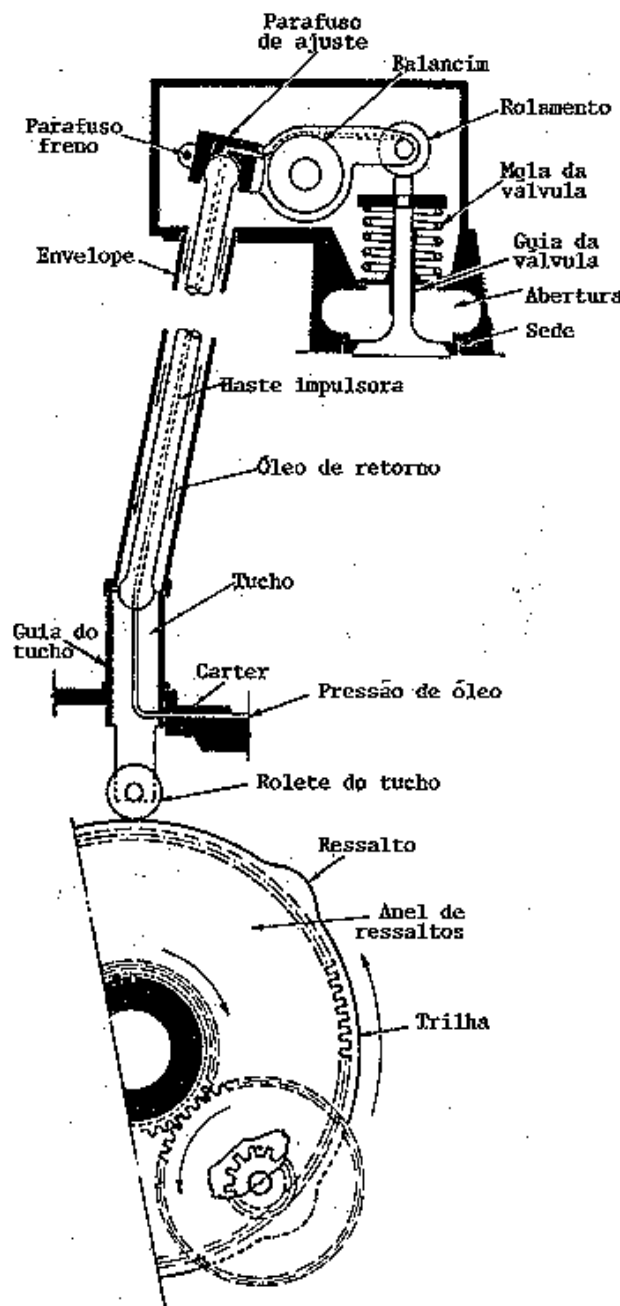


Figura 1-18 Mecanismo de operação das válvulas (motor radial)

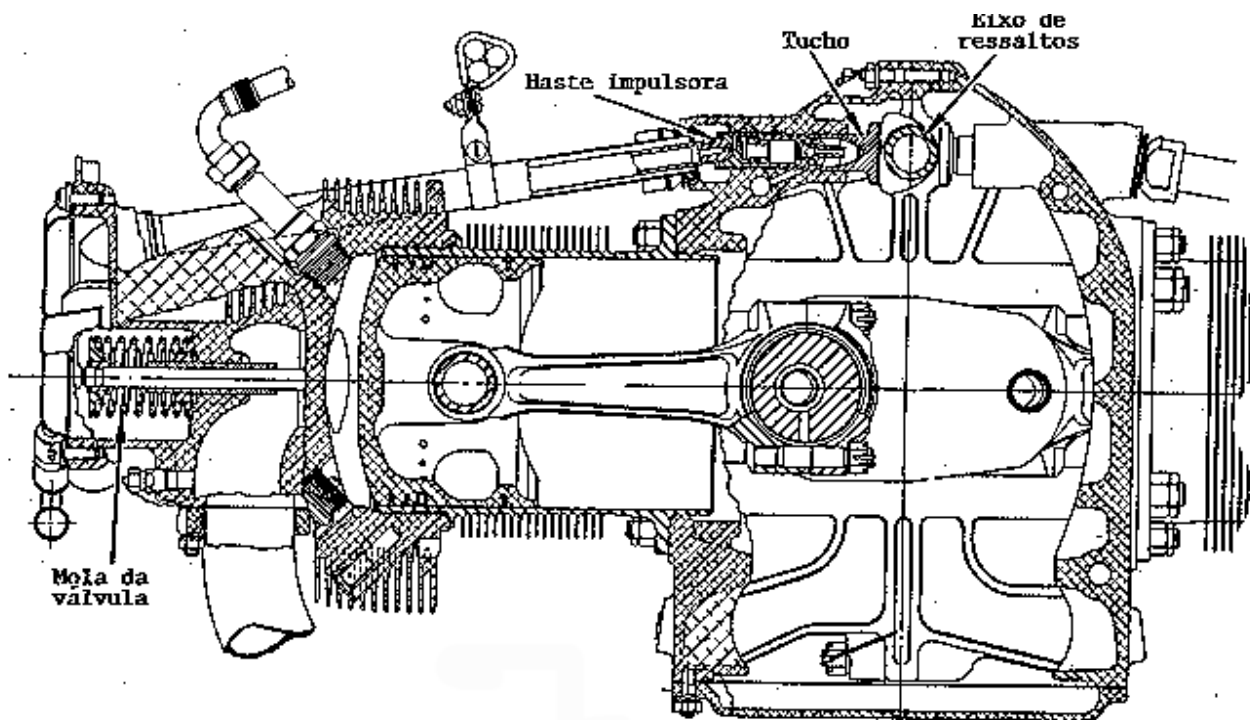


Figura 1-19 Mecanismo de operação das válvulas (motor de cilindros opostos).

Anel de ressaltos

O mecanismo da válvula de um motor radial é operado por meio de um ou dois anéis de ressaltos` dependendo do número de carreiras de cilindros.

Em um motor radial, com uma só carreira de cilindros, é utilizado um anel com dupla curva motriz (ou trilha). Uma, aciona a válvula de admissão; a outra, aciona a de escapamento.

O anel de ressaltos é uma peça circular de aço, com uma série de ressaltos ou lóbulos na superfície externa.

A superfície desses lóbulos e o espaço entre eles (sobre o qual o rolete do tucho desliza) é conhecido como curva motriz.

À medida que o anel de ressaltos gira, os lóbulos provocam o levantamento do impulsor na sua guia, transmitindo dessa forma a força, através da vareta e do balancim, para abrir a válvula.

No motor radial de carreira simples, o anel de ressaltos é geralmente localizado entre a engrenagem de redução da hélice e a extremidade frontal da seção de potência.

No motor radial de duas carreiras de cilindros, um segundo anel de ressaltos, destinado à operação das válvulas da carreira traseira, é ins-

talado entre a extremidade traseira da seção de potência e a seção do compressor.

O anel de ressaltos é montado concentricamente com o eixo de manivelas, e por ele é acionado a uma razão de velocidade reduzida, através do conjunto de engrenagens acionadoras intermediárias do anel.

O anel de ressaltos tem dois conjuntos de lóbulos paralelos espaçados na periferia, sendo, um conjunto para as válvulas de admissão e outro para as de escapamento.

Os anéis de ressaltos utilizados podem ter quatro ou cinco lóbulos sobre as trilhas de ambas as válvulas.

O tempo de operação das válvulas, é determinado pelo espaçamento desses lóbulos e pela velocidade e direção, na qual os anéis de ressaltos são acionados em relação à velocidade e direção do eixo de manivelas.

Os métodos de acionamento dos came variam com as diferentes marcas de motores. O anel de ressaltos pode ser projetado com dentes interna ou externamente.

Se as engrenagens de redução engrenam-se com a parte externa do anel, ele irá girar na direção de rotação do eixo de manivelas. Se o disco for acionado pelo lado interno, o anel de ressaltos irá girar na direção oposta a do eixo de manivelas. Esse método está ilustrado na figura

1-18. Um estudo da figura 1-20 mostrará que um anel de quatro lóbulos pode ser usado tanto nos motores de sete quanto nos de nove cilindros. Nos motores de sete cilindros, irão girar na mesma direção do eixo de manivelas e, nos de nove cilindros, na direção oposta.

Nos motores de nove cilindros, o espaçamento entre cilindros é de 40° e a ordem de fogo é 1-3-5-7-9-2-4-6-8. Isso significa que há um

espaço de 80° entre os impulsos de ignição. O espaçamento nos quatro lóbulos do anel de ressaltos é de 90°, que é maior que o espaçamento entre impulsos.

Dessa forma, para se obter a relação adequada entre a operação das válvulas e a ordem de fogo, é necessário acionar o anel em oposição à rotação do eixo de manivelas.

5 cilindros		7 cilindros		9 cilindros		Direção da rotação com relação ao eixo de manivelas
Nº de ressaltos	Velocidade	Nº de ressaltos	Velocidade	Nº de ressaltos	Velocidade	
3	1/6	4	1/8	5	1/10	A mesma
2	1/4	3	1/6	4	1/8	Oposta

Figura 1-20 Tabela do anel de ressaltos de um motor radial.

Utilizando o anel de ressaltos de quatro lóbulos nos motores de sete cilindros o espaçamento entre a ignição dos cilindros será maior que o espaçamento dos lóbulos do anel. Com isso, será necessário que o anel tenha rotação na mesma direção que a do eixo de manivelas.

A fórmula que algumas vezes é utilizada no cômputo da velocidade do anel é: velocidade do anel de ressaltos = $\frac{1}{2} \div$ pelo número de lóbulos em cada curva motriz.

"Metade" ($\frac{1}{2}$) é a velocidade na qual o anel funcionaria se fosse equipado com apenas um lóbulo para cada válvula.

É dividida pelo número de lóbulos, o que determinará o quanto a velocidade terá que ser reduzida.

Em um motor radial de duas carreiras, com 14 cilindros, e que possuem sete cilindros em cada carreira, o mecanismo das válvula pode consistir de dois conjuntos separados, um para cada carreira.

Poderia ser considerado como dois motores de sete cilindros atrelados, tendo os impulsos de ignição espaçados ou com folga apropriada. Por exemplo, num motor de duas carreiras, dois anéis de ressaltos de quatro lóbulos podem ser utilizados.

Os anéis são acionados, por engrenagens ligadas ao eixo de manivelas por meio dos dentes de engrenagens, na periferia do anel de ressaltos.

Eixo de ressaltos

O mecanismo de um motor de cilindros opostos é acionado pelo eixo de ressaltos (ou eixo de comando de válvulas). O eixo de ressaltos é acionado por uma engrenagem que se une a outra presa ao eixo de manivelas (ver figura 1-21).

O eixo de ressaltos sempre gira com metade da velocidade do eixo de manivelas. À medida em que o eixo de ressaltos gira, os lóbulos provocam o levantamento do tucho em sua guia, transmitindo a força através de hastes impulsoras e balancim, para abrir a válvula.

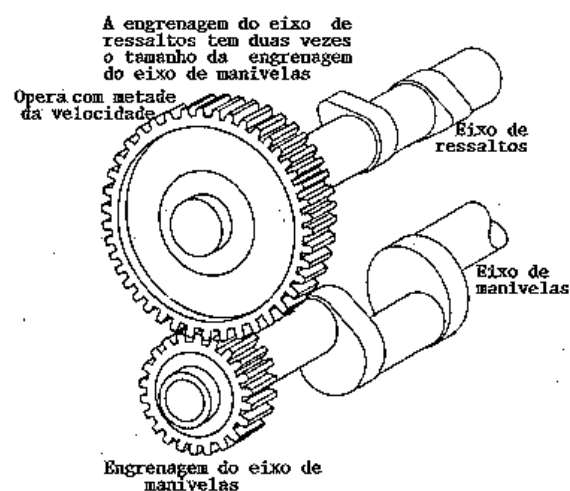


Figura 1-21 Mecanismo de acionamento do eixo de ressaltos de um motor de cilindros opostos.

Conjunto de tuchos

O conjunto de tuchos consiste em:

- (1) Um tucho cilíndrico, o qual desliza para dentro e para fora em uma guia, em uma das seções do cárter em volta do anel de ressaltos.
- (2) Um seguidor de ressaltos ou rolete de tucho, o qual segue o contorno do anel de ressaltos.
- (3) Um soquete de bola de tucho, ou soquete de haste impulsora.
- (4) Uma mola de tucho.

A função do conjunto de tuchos, é converter o movimento de rotação do lóbulo do anel de ressaltos em movimento alternativo, e transmitir esse movimento para a haste impulsora, e ba-

lancim, e então para a extremidade da válvula, abrindo esta no tempo apropriado.

O propósito da mola do tucho, é ocupar a folga entre o balancim e a extremidade da válvula, para reduzir o impacto quando a válvula for aberta. É feito um furo no tucho, para permitir que o óleo do motor flua através das cavidades das hastes impulsoras, para lubrificar o conjunto de balancins.

Tuchos hidráulicos

Alguns motores de aeronaves incorporam tuchos hidráulicos, os quais, automaticamente, mantêm a folga das válvulas a zero, eliminando a necessidade de qualquer ajuste no mecanismo de claro de válvulas. Um tucho hidráulico típico (zero-folga no curso da válvula) é mostrado na figura 1-22.

Quando a válvula é fechada, a face do corpo do tucho está sobre o círculo base ou costas do came, conforme mostrado na figura 1-22.

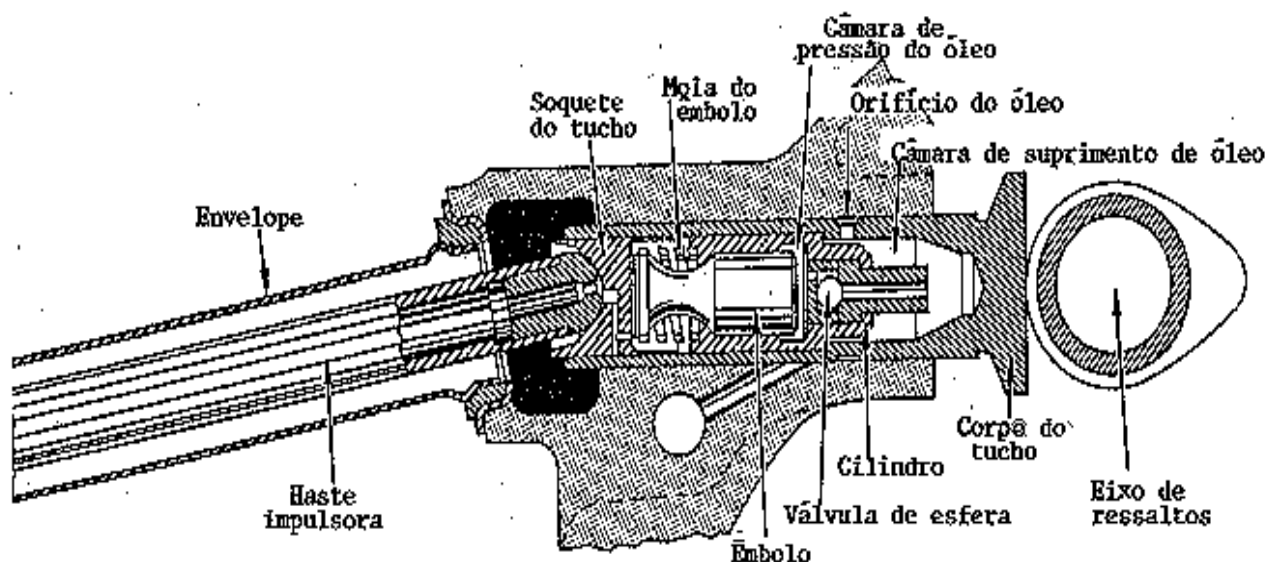


Figura 1-22 Tucho hidráulico.

A mola do êmbolo ergue o êmbolo hidráulico, de forma que sua extremidade externa contacta o soquete da haste impulsora, exercendo uma leve pressão sobre ele, eliminando assim, qualquer folga na articulação da válvula. Na medida em que o êmbolo se move para fora, a esfera da válvula sai de sua sede.

Óleo da câmara de fornecimento, que está diretamente ligado ao sistema de lubrificação do motor, entra e enche a câmara de pressão. Conforme o eixo gira, o ressaltos empurra o corpo do tucho e o cilindro levantador hidráulico para

fora. Esse ato, força o assentamento da esfera da válvula em sua sede; assim, o óleo retido na câmara de pressão age como uma almofada.

Durante os intervalos em que a válvula do motor está fora de sua sede, um vazamento predeterminado ocorre entre o êmbolo e o corpo do cilindro, o que compensa qualquer expansão ou contração no conjunto da válvula. Imediatamente, após a válvula fechar, a quantidade de óleo requerida para encher a câmara de pressão flui da câmara de fornecimento, preparando novo ciclo de operação.

Haste impulsora

As hastes impulsoras de forma tubular transmitem a força de levantamento do tuchos para o balancim.

Uma esfera de aço endurecido é pressionada sobre ou para dentro de cada extremidade do tubo. Uma esfera encaixa-se no balancim. Em alguns exemplos, as esferas estão nos tuchos e balancins e os soquetes estão na haste impulsora. A forma tubular é empregada devido à sua leveza e resistência. Ela permite que o óleo sob pressão de lubrificação do motor passe através da haste oca e extremidades esféricas, com furo para lubrificar os terminais esféricos, rolamento do balancim e guia da haste de válvula. A haste impulsora está revestida por um envelope, que se estende do cárter à cabeça do cilindro.

Balancins

Os balancins transmitem a força de acionamento do ressaltos para as válvulas. Os conjuntos de balancins são suportados por mancais lisos, de roletes ou de esferas, ou uma combinação deles, os quais servem como um eixo (pivô). Geralmente, uma extremidade do braço encosta na haste impulsora e, a outra, encosta na haste da válvula.

Algumas vezes, a extremidade do balancim possui uma ranhura para acomodar um rolete de aço. A extremidade oposta é construída ou com grampo bi-partido roscado e parafuso trava, ou furo rosqueado.

O braço pode ter um parafuso para ajustar a folga entre o balancim e a ponta da haste da válvula. O parafuso é ajustado à folga especificada, para garantir a abertura completa da válvula.

Molas das válvulas

Cada válvula é fechada por meio de duas ou três molas helicoidais. Se apenas uma mola fosse utilizada, haveria vibração ou oscilação em determinadas velocidades. Para eliminar essa dificuldade, duas ou mais molas (uma dentro da outra) são instaladas em cada válvula. Cada mola irá vibrar em diferentes velocidades do motor, resultando num rápido amortecimento das vibrações e oscilações durante o funcionamento.

Duas ou mais molas também reduzem o perigo de enfraquecimento e possível falha por fratura, devido ao aquecimento e fadiga do material.

As molas são mantidas no lugar por meio de travas bipartidas, instaladas no rebaixo do batente superior da mola da válvula ou arruela, e engraza num entalhe usinado na haste da válvula. As funções das molas são fechar as válvulas e prendê-las seguramente em suas sedes.

Levantador hidráulico de válvulas (tuchos hidráulicos)

Levantadores hidráulicos de válvulas, são normalmente ajustados durante a revisão geral. Eles são montados a seco (sem lubrificação), as folgas são verificadas e os ajustes são geralmente feitos por meio de hastes impulsoras de diferentes comprimentos. São estabelecidas as folgas mínima e máxima. Qualquer medida entre esses extremos é aceitável, porém, o ideal é que esta seja aproximadamente a média entre os extremos. Levantadores hidráulicos de válvulas requerem menos manutenção, são melhor lubrificados, e de operação mais silenciosa que os do tipo ajustados por meio de parafuso.

Mancais

Um mancal é qualquer superfície que suporta, ou é suportada, por outra superfície. Um bom mancal deve ser composto de material que seja suficientemente forte para resistir às pressões impostas a eles, e deve permitir que a outra superfície se movimente com um mínimo de atrito e desgaste.

As peças têm que ser montadas dentro de pequenas tolerâncias, para proporcionar um funcionamento eficiente e silencioso, e ainda, permitir liberdade de movimento.

Para se conseguir essa condição e, ao mesmo tempo reduzir o atrito entre as peças móveis, de forma que a perda de potência não seja excessiva, são utilizados mancais de diversos tipos.

Os mancais são requeridos para suportar cargas radiais, cargas de empuxo ou uma combinação das duas.

Existem dois meios, pelos quais as superfícies dos mancais se movem, uma em relação a outra.

Um é pelo movimento de deslizamento de um metal contra o outro e, o segundo, é pelo rolamento de uma superfície sobre outra. Os três diferentes tipos de mancais, em uso geral, são lisos, de rolete e de esfera (ver figura 1-23).

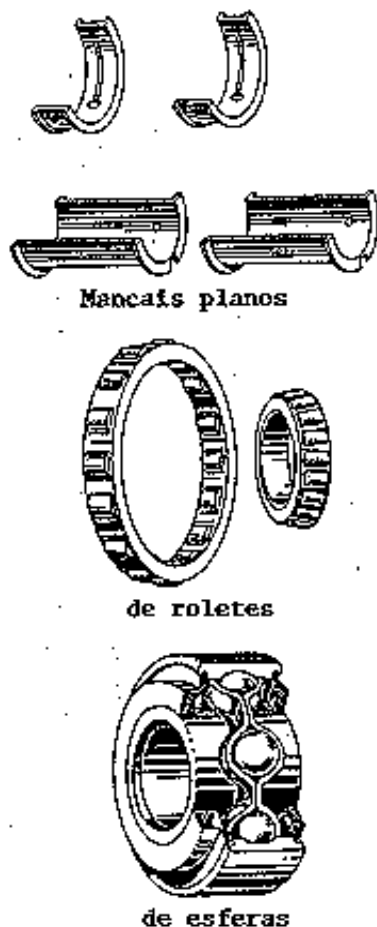


Figura 1-23 Rolamentos.

Mancais lisos

Os mancais lisos são utilizados geralmente nos eixos de manivelas, anéis de ressalto, eixo de comando de ressaltos, bielas e eixo de acionamento de acessórios. Tais mancais estão, geralmente, sujeitos apenas a cargas radiais, embora alguns tenham sido projetados para absorver cargas de empuxo.

Os mancais planos são, de modo geral, fabricados de metais não-ferrosos (sem ferro), tais como prata, bronze, alumínio, e diversas ligas de cobre, estanho ou chumbo.

Os rolamentos da biela mestra ou pino de biela, em alguns motores, são finos invólucros de aço, protegidos com prata sobre as superfícies interna e externa; com chumbo-estanho protegendo a prata apenas na superfície interna.

Mancais menores, como aqueles utilizados

para apoiar os diversos eixos na seção de acessórios, são denominados buchas.

Buchas "porous oilite" são amplamente usadas nesse exemplo. Elas são impregnadas com óleo, de tal forma que o calor proveniente da fabricação, traz o óleo para a superfície do mancal durante a operação do motor.

Mancais de esferas

Um mancal de esferas consiste em canais ranhurados interno e externamente, um ou mais conjuntos de esferas, e, nos mancais projetados para serem desmontáveis, um retentor. Eles são utilizados nos eixos de ventoinha dos compressores e balancins de alguns motores. Mancais de esferas especiais (*deep-grove*) são usados em motores de aeronaves, para transmitir o empuxo da hélice para a seção do nariz do motor.

Mancais de roletes

Mancais de roletes são fabricados de muitos tipos e formas, porém os dois tipos geralmente usados nos motores de aeronaves são os roletes retos e de roletes cônicos.

Mancais de roletes retos são utilizados onde esse mancal está sujeito apenas a cargas radiais. Eles são utilizados como mancais principais dos eixos de manivelas, nos motores de aeronaves de alta potência e, também em situações onde as cargas radiais são elevadas.

Nos mancais de roletes cônicos, conforme o próprio nome sugere, as superfícies interna e externa têm a forma de cone. Esses mancais resistem tanto às cargas de empuxo, quanto às radiais.

ENGRENAGENS DE REDUÇÃO DA HÉLICE

A potência elevada entregue por um motor de alta potência, resulta da alta rotação do eixo de manivelas.

É, portanto, necessário prover engrenagens de redução para limitar a velocidade de rotação da hélice, para um valor no qual uma operação eficiente seja obtida.

Sempre que a velocidade das pontas das pás se aproxima da velocidade do som, a eficiência da hélice diminui rapidamente. A prática geral tem sido prover engrenagens de redução para hélices de motores, cujas velocidades são

acima de 2.200 RPM, porque a eficiência da hélice diminui rapidamente acima dessa velocidade.

Uma vez que as engrenagens de redução têm que resistir a tensões extremamente altas, elas são usinadas em aço forjado. Existem em uso, muitos tipos de sistemas de redução. Os três tipos (figura 1-24) comumente mais utilizados são:

- (1) Planetário de dentes retos;
- (2) Planetário de dentes chanfrados; e
- (3) Pinhão cilíndrico.

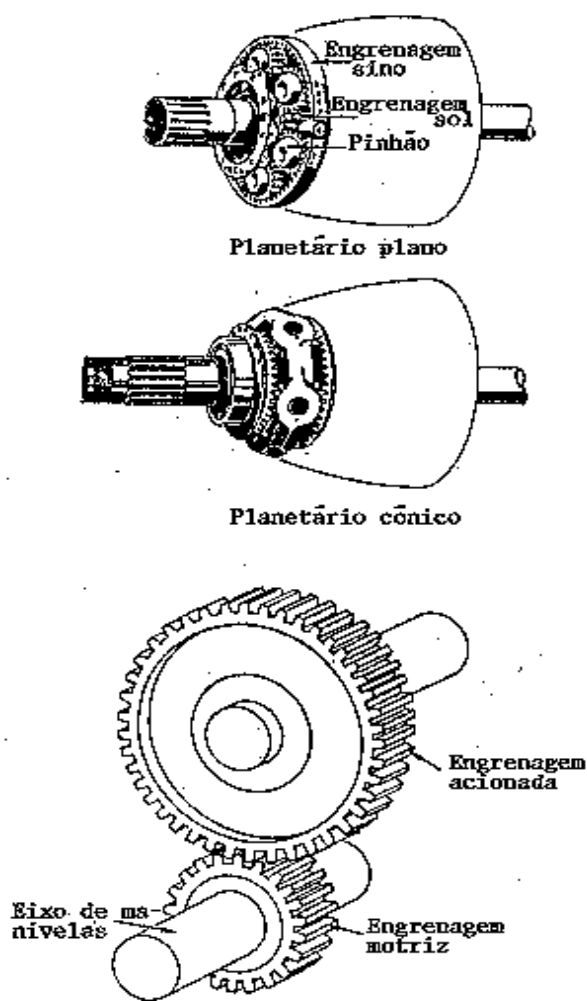


Figura 1- 24 Engrenagens de redução.

Os sistemas de engrenagens de redução do tipo planetário são usados com motores radiais e opostos; e os de dentes retos e pinhão cilíndrico são usados com os motores do tipo em linha e em "V".

Dois desses tipos, o planetário de dentes retos e o planetário de dentes chanfrados, são aqui discutidos.

Os sistemas de engrenagens do tipo planetário de dentes retos consistem de uma grande engrenagem acionadora ou engrenagem sol, presa por chaveta (e algumas vezes por estrias) ao eixo de manivelas, uma grande engrenagem estacionária chamada engrenagem sino, e um conjunto de pequenas engrenagens planetárias de dentes retos, montadas sobre um anel de suporte.

O anel é preso ao eixo da hélice, e as engrenagens planetárias unidas tanto à engrenagem sol quanto à sino estacionária ou anel. A engrenagem estacionária é presa ou estriada na carcaça da seção central. Quando o motor está em operação, a engrenagem sol gira. Estando as engrenagens combinadas com o anel, elas também têm que girar. Uma vez que, também estão engrazadas com a engrenagem estacionária, elas irão caminhar ou rolar em torno da mesma, à medida em que ela gira; e o anel no qual estão montadas irá girar o eixo da hélice na mesma direção do eixo de manivelas, mas a uma velocidade reduzida.

Em alguns motores, a engrenagem sino é montada no eixo da hélice, e a engrenagem do pinhão planetário é ali fixada. A engrenagem sol é encaixada por estrias ao eixo de manivelas e, dessa forma, age como uma engrenagem acionadora. Nessa montagem, a hélice move-se a uma velocidade reduzida, porém em direção contrária a do eixo de manivelas.

No sistema de engrenagens de redução do tipo planetário de dentes chanfrados, a engrenagem acionadora é usinada com dentes externos chanfrados e presa ao eixo de manivelas.

Um conjunto de engrenagens de pinhão cônico conjugado, é montado na caixa ligada ao eixo da hélice.

As engrenagens pinhão, são acionadas pela engrenagem acionadora, e, giram em torno da engrenagem estacionária, a qual é presa por parafusos ou por estrias à carcaça da seção frontal. O empuxo das engrenagens tipo pinhão cônico é absorvido pelo empuxo de um mancal de esferas de projeto especial.

As engrenagens acionadora e fixa são, geralmente, suportadas por mancais de esferas apropriados para trabalhos pesados. Esse tipo de conjunto de redução planetário é mais compacto que o outro descrito e, pode, por isso, ser utilizado onde uma menor engrenagem redutora de hélice é desejada.

EIXO DA HÉLICE

Os eixos de hélices podem ser de três tipos principais: cônico, estriado ou flangeado. Eixos cônicos são identificados pelos números de conicidade. Os eixos estriados e flangeados são identificados pelos números SAE.

O eixo de hélice, da maioria dos motores de baixa potência de saída, é forjado como parte do eixo de manivelas.

Ele é cônico e provido de uma fenda serrihada, de forma a permitir que o cubo da hélice seja fixado ao eixo. O rasgo da chaveta e indicador de posição ("key index") da hélice está relacionado ao ponto morto superior do cilindro número 1. A ponta do eixo da hélice é rosqueada para receber a porca de retenção da hélice. Eixos de hélice cônicos são comuns tanto em motores mais antigos, quanto em motores em linha.

O eixo de uma hélice de motor com alta potência de saída, geralmente é estriado. Ele é rosqueado em uma extremidade, para fixar a porca do cubo da hélice.

O mancal de empuxo, o qual absorve o empuxo da hélice, está localizado em torno do eixo e transmite o empuxo para a carcaça da seção do nariz.

O eixo é rosqueado para receber a porca de retenção do mancal de empuxo. Na parte sobressalente à carcaça (entre as duas partes rosçadas), estão localizadas as estrias para receber o cubo da hélice. O eixo é geralmente usinado de uma liga de aço forjado por todo o seu comprimento.

O eixo da hélice pode ser conectado por meio de engrenagens redutoras ao eixo de manivelas do motor, porém nos pequenos motores o eixo da hélice é simplesmente uma extensão do eixo de manivelas.

Para girar o eixo da hélice, o eixo de manivelas também tem que girar. Eixos de hélices flangeados são usados em motores alternativos de média ou baixa potência, em motores turbojato. Uma extremidade do eixo é flangeada, com furos para receber os parafusos do montante da hélice.

O conjunto pode ser um curto eixo, com roscas internas para receber a válvula distribuidora, a ser usada com uma hélice controlável. O eixo flangeado é normal na maioria dos motores alternativos aprovados.

MOTORES ALTERNATIVOS - PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO

Um estudo dessa seção ajudará no entendimento dos princípios básicos de operação dos motores alternativos. Os princípios que governam o relacionamento entre a pressão, volume e temperatura dos gases são os princípios básicos da operação do motor.

Um motor de combustão interna, é um dispositivo para conversão de energia térmica em energia mecânica. A gasolina é vaporizada e misturada com ar, forçada para dentro do cilindro, comprimida por meio de um êmbolo, e então inflamada através de uma centelha. A conversão da energia calorífica, resultante em energia mecânica e, daí em trabalho, é levada a termo dentro do cilindro.

A figura 1-25 ilustra os vários componentes necessários para executar essa conversão e também apresenta os principais termos utilizados para indicar a operação do motor.

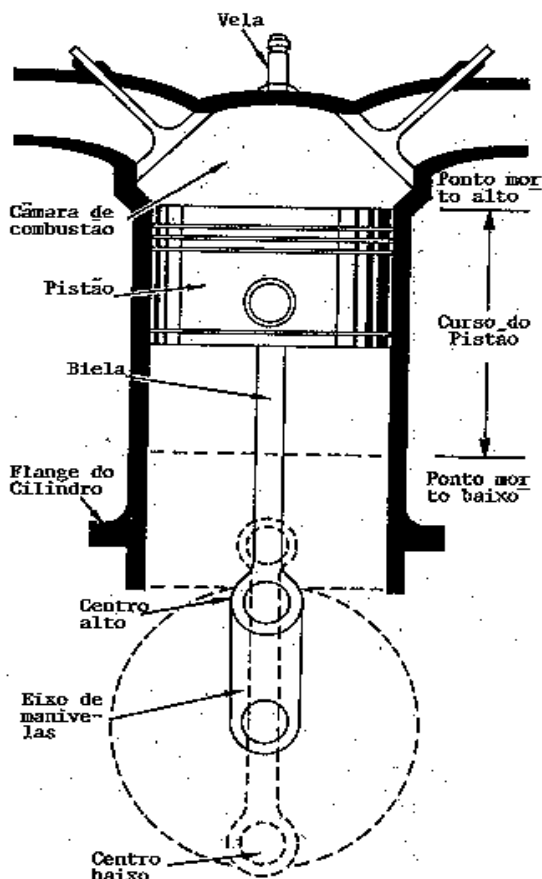


Figura 1-25 Componentes e terminologia de operação do motor.

O ciclo de operação de um motor alternativo de combustão interna, inclui a série de even-

tos requerida para introduzir, comprimir, inflamar, queimar e expandir a carga ar/combustível dentro do cilindro, e para recuperar ou descarregar os sub-produtos do processo de combustão.

Quando a mistura comprimida é inflamada, os gases resultantes da combustão se expandem muito rapidamente, e forçam o movimento do êmbolo, afastando-se da cabeça do cilindro. Esse movimento do êmbolo para baixo, agindo sobre o eixo de manivelas através da biela, é convertido em movimento circular ou rotativo do eixo de manivelas.

Uma válvula no topo ou cabeça do cilindro se abre para permitir o escapamento dos gases queimados, e o movimento do eixo de manivelas e da hélice força o êmbolo a retornar para cima, no cilindro, onde estará pronto para novo evento no ciclo. Então, abre-se outra válvula na cabeça do cilindro para deixar entrar uma nova carga da mistura ar/combustível.

A válvula que permite a saída dos gases queimados é chamada de válvula de escapamento, e a válvula pela qual entra a carga de mistura ar/combustível é denominada válvula de admissão. Essas válvulas são abertas e fechadas mecanicamente nos tempos apropriados, por meio do mecanismo de operação das válvulas.

Chamamos de diâmetro de um cilindro, seu diâmetro interno. O curso é a distância que o êmbolo se move de uma extremidade à outra do cilindro, especificamente do p.m.s. (ponto morto superior) ao p.m.i. (ponto morto inferior), ou vice-versa (ver figura 1-25).

CICLOS DE OPERAÇÃO

Existem dois ciclos de operação de uso geral:

- (1) ciclo de dois tempos; e
- (2) ciclo de quatro tempos.

Os motores de dois tempos, há muito desaparecidos do cenário da aviação, não será aqui discutido. Como o próprio nome sugere, os motores de dois tempos requerem apenas um movimento para cima e um para baixo, para que o êmbolo complete a série de eventos requeridos dentro do cilindro.

Dessa forma, o motor completa o ciclo de operação com uma rotação do eixo de manivelas.

A maioria dos motores alternativos de aeronaves opera com o ciclo de quatro tempos, às vezes chamado de ciclo Otto. O nome do seu descobridor, um físico alemão. Os motores de quatro tempos apresentam muitas vantagens quanto ao seu uso em aeronaves. Uma das vantagens é que ele presta-se prontamente para alta performance através de supercompressor.

Nesse tipo de motor, são requeridos quatro tempos para completar a série de eventos ou ciclos de operação de cada cilindro, como mostrado na figura 1-26. São requeridas duas voltas completas do eixo de manivelas (720°) para os quatro tempos; então, cada cilindro em um motor desse tipo, queima uma vez a cada duas voltas do eixo de manivelas.

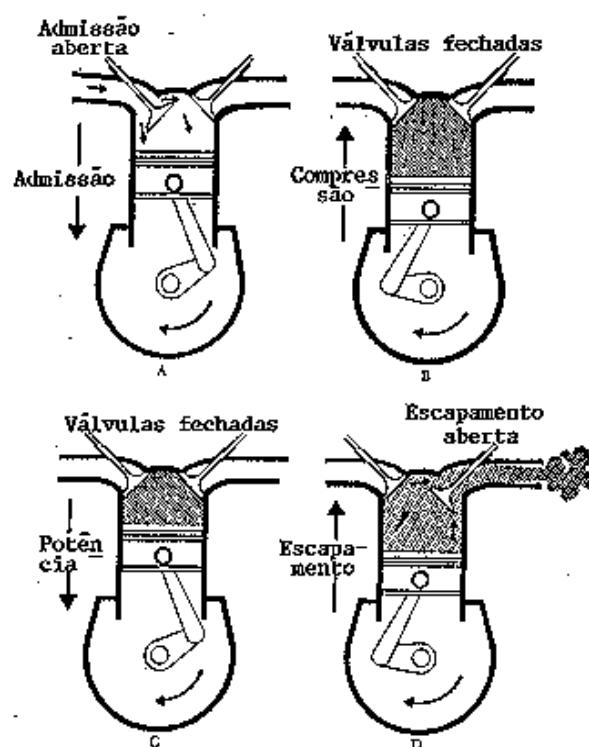


Figura 1-26 Ciclo de quatro tempos.

CICLO DE QUATRO TEMPOS

Na discussão seguinte à operação dos motores com ciclo de quatro tempos, deve ser percebido que, a relação entre a distribuição de ignição e a abertura das válvulas, varia consideravelmente entre diferentes motores.

Muitos fatores influenciam a distribuição de um motor específico, e o mais importante é que as recomendações do fabricante a esse respeito sejam seguidas na manutenção e revisão

geral. A distribuição de ignição e a abertura das válvulas são sempre especificadas em graus, com relação ao eixo de manivelas.

Nos parágrafos seguintes, o tempo de cada evento será especificado em termos de graus em relação ao eixo de manivelas, no tempo em que o evento ocorre.

Deve ser lembrado que é requerido um certo intervalo de movimento do eixo de manivelas para abrir completamente a válvula; dessa forma, o tempo especificado representa o início da abertura, ao invés da posição completamente aberta.

Tempo de admissão

Durante o tempo de admissão, o êmbolo é puxado para baixo no cilindro, através da rotação do eixo de manivelas. Isso reduz a pressão no interior do cilindro e provoca um fluxo de ar na pressão atmosférica através do carburador, que mede a quantidade correta de combustível.

A mistura ar/combustível passa através das tubulações de admissão, e da válvula de admissão para os cilindros.

A quantidade ou a carga da mistura ar/combustível depende da abertura da manete de aceleração.

A válvula de admissão é aberta muito antes do êmbolo atingir o ponto morto superior no tempo de escapamento, de modo a provocar a entrada de maior quantidade de carga ar/combustível no cilindro, aumentando dessa forma sua potência.

A distância antes do ponto morto superior em que a válvula pode ser aberta, está, contudo limitada por vários fatores; tal como a possibilidade de que os gases quentes remanescentes do ciclo anterior, retornem pela tubulação de admissão e sistema de indução.

Em todos os motores de aeronaves de alta potência, as válvulas de admissão e escapamento estão fora de suas sedes no ponto morto superior, no início do tempo de admissão.

Conforme mencionado acima, a válvula de admissão abre antes do ponto morto superior no tempo de escapamento (avanço de válvula).

Esse tempo é denominado claro de válvula, e é projetado para ajudar na refrigeração do cilindro, internamente, por meio da circulação da mistura ar/combustível que está fria na admissão, para aumentar a quantidade de mistura

introduzida no cilindro e para ajudar na expulsão dos sub-produtos da combustão.

A válvula de admissão é regulada para fechar entre 50° e 75° após o ponto morto inferior no tempo de compressão, dependendo da especificação do motor, para permitir que a impulsão dos gases de admissão carregue o cilindro mais completamente. Devido ao volume do cilindro acima do êmbolo, comparativamente grande, quando o êmbolo está próximo ao ponto morto inferior, o ligeiro curso do êmbolo para cima durante esse tempo não tem grande efeito sobre o fluxo de gases sendo admitidos. Esse retardo pode ser estendido, porque os gases podem ser forçados de volta através da válvula de admissão, e anular o propósito do retardo no fechamento.

Tempo de compressão

Após a válvula de admissão estar fechada, a continuação do movimento do êmbolo para cima comprime a mistura ar/combustível, para obter as características de queima e expansão desejadas.

A carga é queimada por meio de uma centelha elétrica, quando o êmbolo se aproxima do ponto morto superior. O tempo de ignição varia de 20° a 35° antes do ponto morto superior, dependendo do que seja requerido pelo motor específico, para assegurar completa combustão da carga, no tempo em que o êmbolo tiver passado ligeiramente do ponto morto superior.

Muitos fatores afetam a distribuição de ignição. O fabricante do motor gasta tempo considerável em pesquisa e teste para determinar o melhor ajustamento.

Todos os motores incorporam dispositivos para ajuste da distribuição de ignição, e, é mais importante que os sistema de ignição seja regulado de acordo com as recomendações do fabricante do motor.

Tempo de potência

Quando o êmbolo se move para o ponto morto superior, no fim do tempo de compressão, e começa a descer no tempo de potência, ele é forçado para baixo pela rápida expansão dos gases, queimando na cabeça do cilindro com uma força que pode ser maior que 15 toneladas, à potência máxima de saída do motor.

POTÊNCIA E EFICIÊNCIA DOS MOTORES ALTERNATIVOS

A temperatura de saída desses gases pode estar entre 1650°C e 2200°C. Na medida em que o êmbolo é forçado para baixo, durante o tempo de potência, através da pressão que os gases queimados exercem sobre ele, o movimento da biela para baixo é transformado em movimento de rotação pelo eixo de manivelas. Então, o movimento de rotação é transmitido ao eixo da hélice para acioná-la.

Conforme os gases queimados são expandidos, a temperatura cai para limites seguros, antes de fluírem pelo escapamento.

O tempo de abertura da válvula de escapamento é determinado, entre outras considerações, pela conveniência de utilizar as forças de expansão o máximo possível, e de esvaziar o cilindro o mais completo e rapidamente possível.

A válvula é aberta antes do ponto morto inferior no tempo de potência (em alguns motores, de 50° a 75° antes do ponto morto inferior), enquanto ainda existe alguma pressão no cilindro.

Esse tempo é utilizado de forma que a pressão possa forçar a saída dos gases através do escapamento, o mais imediato possível.

Esse processo livra o cilindro das sobras de calor, após a expansão desejada ter sido obtida, e evita superaquecimento do cilindro e do êmbolo.

Uma drenagem completa é muito importante, uma vez que qualquer produto de exaustão remanescente no cilindro, irá diluir a carga ar/combustível, sendo admitida no início do ciclo seguinte.

Tempo de escapamento

Conforme o êmbolo passa no ponto morto inferior no fim do tempo de potência, e sobe no tempo de escapamento, ele começa a empurrar os gases queimados.

A velocidade dos gases de escapamento deixando o cilindro, cria uma baixa pressão no seu interior.

Essa pressão baixa ou reduzida acelera o fluxo da mistura ar/combustível para o cilindro, quando a válvula de admissão começar a abrir.

A abertura da válvula de admissão é regulada para ocorrer entre 8° e 55° antes do ponto morto superior, no tempo de escapamento em muitos motores.

Todos os motores são homologados de acordo com sua capacidade para produzir trabalho e potência.

Esta seção apresenta uma explanação sobre trabalho e potência, e sobre como eles são calculados. Também são discutidas as diversas competências que governam a saída de um motor alternativo.

Trabalho

Os físicos definem trabalho da seguinte forma: "Trabalho é força multiplicada por distância. O trabalho realizado por uma força agindo sobre um corpo, é igual ao produto dessa força pela distância através da qual ela age."

$$\text{trabalho (w)} = \text{força (f)} \times \text{distância (d)}$$

O trabalho é medido em diversos sistemas, a unidade mais comum é chamada libra-pé. Se a massa de uma libra for erguida de um pé, uma lb.pé de trabalho foi produzido.

Quanto maior a massa e maior a distância, maior será o trabalho realizado.

Cavalo-vapor (HP)

A unidade comum de potência mecânica é o hp (ou HP).

Há muito tempo no século 18, James Watt, o inventor do motor a vapor, descobriu que um cavalo inglês poderia trabalhar à razão de 550 lb.pé por segundo ou 33.000 lb.pé por minuto, por um espaço razoável de tempo. A partir dessas observações veio o hp, o qual é a unidade padrão de potência no sistema inglês de medida. Para calcular a capacidade de um motor em hp, divide-se a potência desenvolvida em lb.pé por minuto por 33.000, ou a potência em lb.pé por segundo por 550.

$$HP = \frac{\text{lb. pé} / \text{min}}{33.000} \text{ ou } \frac{\text{lb. pé} / \text{seg}}{550}$$

Conforme mostrado acima, trabalho é o produto de uma força por uma distância; e potência é o trabalho por unidade de tempo.

Consequentemente, se um peso de 33000 lb. for levantado verticalmente na altura de um pé, em um minuto, a potência despendida é 33000 lb.pé por minuto ou exatamente um hp.

O trabalho não é realizado apenas quando a força é aplicada para levantamento. A força pode ser aplicada em qualquer direção. Se um peso de 100 lb. for arrastado no solo, uma força estará sendo aplicada para desenvolver trabalho, embora a direção do movimento resultante seja aproximadamente horizontal, o valor dessa força dependerá da aspereza do piso.

Se o peso for ligado a uma mola com escala graduada em lbs., e então arrastado, puxando-se o punho da escala, o valor da força requerida pode ser medido. Suponhamos que a força requerida seja 90 lb. e que o peso de 100 lbs. seja arrastado 660 pés em dois minutos. O valor do trabalho realizado em dois minutos será 59.400 lb. pé, ou 29700 lb.pé por minuto; o hp. despendido nesse caso será 29700 dividido por 33000 ou 0,9 hp.

Deslocamento do êmbolo

Quando outros fatores permanecem iguais, quanto maior o deslocamento, maior será a potência máxima que o motor desenvolverá.

Quando um êmbolo se move do ponto morto inferior para o ponto morto superior, ele desloca um volume específico. O volume deslocado é conhecido como cilindrada, e é expresso em polegadas cúbicas para a maioria dos motores de fabricação americana, e centímetros cúbicos para os outros.

O volume deslocado pelo pistão de um cilindro (ou cilindrada) pode ser obtido multiplicando a área da seção reta de um cilindro pela distância total que o êmbolo se desloca em um tempo do motor. Para motores multicilindros, esse produto é multiplicado pelo número de cilindros, para se obter o volume total ou cilindrada do motor.

Uma vez que o volume (v) de um cilindro é igual a área (A) da base multiplicada pela altura (H), é expresso matematicamente como:

$$V = A \times H.$$

Para nossos propósitos, a área da base é a área da seção reta do cilindro ou da face superior do êmbolo.

Área de um círculo

Para se encontrar a área de um círculo é necessário, usar um número denominado Pi (π). Esse número representa a razão entre a circunferência e o diâmetro de qualquer círculo.

O valor de π (Pi) não é exato, uma vez que ele representa uma dízima, porém com quatro casas decimais, seu valor é 3,1416, aproximação suficiente para a maioria dos cálculos.

A área de círculo, como de um retângulo ou de um triângulo, tem que ser expressa em unidades quadradas.

A distância equivalente à metade do diâmetro do círculo é denominada raio. A área de um círculo é obtida multiplicando-se π pelo raio elevado ao quadrado. A fórmula é expressa por:

$$A = \pi R^2$$

Onde A é a área do círculo, π é a constante dada, e R é o raio do círculo, o qual é igual à metade do diâmetro ou:

$$R = \frac{D}{2}$$

Exemplo:

Encontrar o volume deslocado pelo êmbolo ou cilindrada de um motor PWA, 14 cilindros, tendo cada cilindro 5,5 polegadas de diâmetro e um curso de 5,5 polegadas. As fórmulas requeridas são:

$$R = \frac{D}{2}$$

$$A = \pi R^2$$

$$V = A \times H$$

$$V_{TOT} = V \times N \text{ (NÚMERO DE CILINDROS)}$$

Substituindo os valores nessas fórmulas, e completando os cálculos.

$$R = \frac{D}{2} \quad R = \frac{5,5}{2} = 2,75$$

$$A = \pi R^2 \quad A = 3,1416 \cdot (2,75 \times 2,75)$$

$$A = 3,1416 \times 7,5625 = 23,7584 \text{ pol}^2.$$

$$V = A \times H \quad V = 23,7584 \times 5,5 \quad V = 130,6712$$

$$V_{TOT} = V \times N \quad V_{TOT} = 130,6712 \times 14$$

$$V_{TOT} = 1829,3968$$

Arredondando para o inteiro imediatamente superior, o volume total é igual a 1830 pol³.

Outro método de calcular esse volume é utilizar o diâmetro do êmbolo, ao invés do raio na fórmula para a área da base.

$$A = \frac{1}{4}\pi D^2$$

$$\text{Substituindo } A = \frac{1}{4} \times 3,1416 \times 5,5 \times 5,5$$

$$A = 0,7854 \times 30,25 \quad A = 23,758 \text{ pol}^2.$$

A partir desse ponto, os cálculos são idênticos ao exemplo precedente.

Taxa de compressão

Todo motor de combustão interna tem que comprimir a mistura ar/combustível, para receber uma quantidade razoável de trabalho em cada tempo de potência. A carga ar/combustível em um cilindro pode ser comparada com uma mola helicoidal, em que, quanto mais é com-

primida, mais trabalho é potencialmente capaz de realizar.

A razão de compressão de um motor (ver figura 1-27), é uma comparação do volume de um cilindro quando o êmbolo está no ponto morto inferior, e o volume quando ele está no ponto morto superior.

Essa comparação é expressa como uma razão, daí a expressão "razão de compressão". Taxa de compressão é um fator de controle na máxima potência desenvolvida por um motor, mas ela está limitada pela quantidade dos combustíveis atuais, pelas elevadas velocidades dos motores e pressões de admissão requeridos para decolagem.

Por exemplo, se existem 140 pol³ de volume em um cilindro quando o êmbolo está no ponto morto inferior, e 20 pol³ quando o êmbolo está no ponto morto superior, a razão de compressão é 140 para 20.

Se essa razão é expressa na forma de fração, será escrita como 140/20 ou 7 para 1, geralmente representada por 7:1.

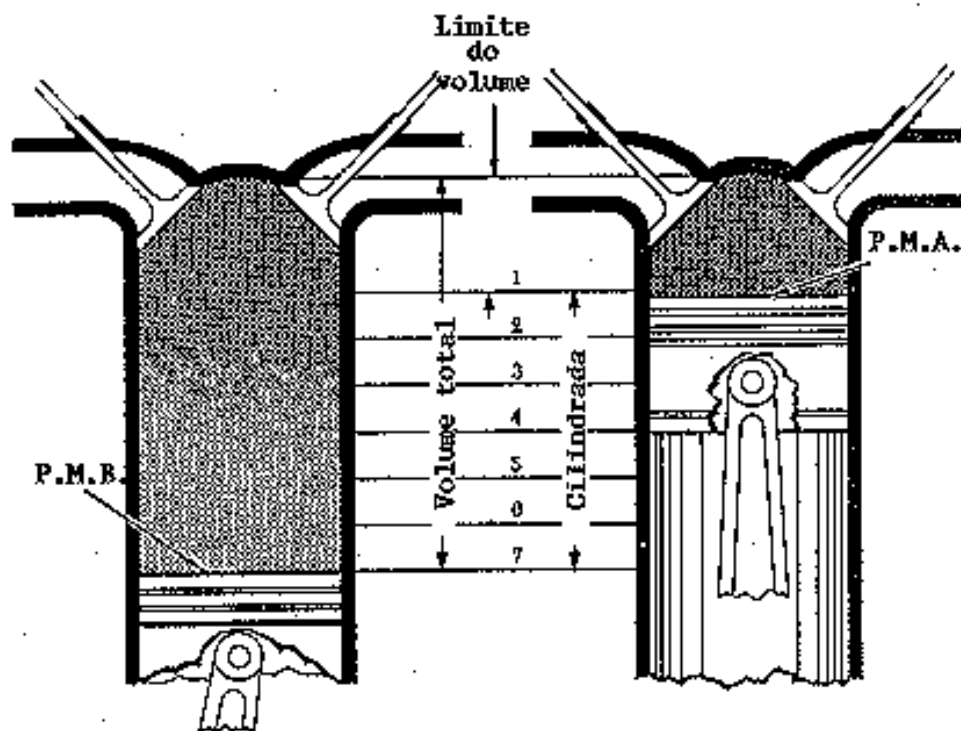


Figura 1-27 Razão de compressão.

Para compreender inteiramente as limitações localizadas na razão de compressão, deve-se entender a pressão de admissão e seus efeitos.

Pressão de admissão é a pressão média absoluta da carga de ar ou ar/combustível na entrada, e é medida em polegadas de mercúrio.

A pressão de admissão depende da velocidade do motor (posição da manete) e do compressor. O compressor interno acionado por motor (ventoinha), e o compressor externo acionado pelos gases de escape (turbo), são geralmente compressores do tipo centrífugo.

A operação desses compressores aumenta o peso da carga que entra no cilindro. Quando um ou ambos são usados com um motor de aeronave, a pressão de admissão pode ser consideravelmente mais elevada que a pressão atmosférica.

A vantagem dessa condição, é que uma quantidade maior de carga é forçada em um dado volume de cilindro, resultando em uma potência maior.

A taxa de compressão e a pressão de admissão determinam a pressão no cilindro naquela parte do ciclo de operação em que ambas as válvulas estão fechadas. A pressão da carga, antes da compressão, é determinada pela pressão de admissão, enquanto a pressão em alta compressão (no momento da ignição) é determinada pela pressão de admissão vezes a razão de compressão.

Por exemplo, se um motor operou com pressão de admissão de 30"Hg, com uma razão de compressão de 7:1, a pressão no instante anterior à ignição foi de aproximadamente 210"Hg. Contudo, em uma pressão de admissão de 60"Hg, a pressão seria 420"Hg.

Sem entrar em detalhes, foi mostrado que o tempo de compressão aumenta o efeito da variação de pressão de admissão e, o aumento de ambos, afeta a pressão da carga de combustível, exatamente no momento que antecede a ignição. Se a pressão nesse instante se tornar muito alta, ocorrerá ignição prematura ou detonação, produzindo superaquecimento.

Uma das razões para utilização de motores com elevadas razões de compressão é obter uma maior economia de combustível, ou seja, converter mais energia térmica em trabalho útil do que é obtido em motores com baixa taxa de compressão; uma vez que, mais calor da carga sendo convertido em trabalho útil, menos calor é absorvido pelas paredes do cilindro. Esse fato proporciona uma operação do motor com temperaturas mais baixas, o que por consequência aumenta a eficiência térmica.

Aqui, mais uma vez, um acordo é necessário entre a demanda para uma economia de combustível, e a demanda para uma potência máxima, sem detonação.

Alguns fabricantes de motores de alta compressão eliminam detonação a altas pressões de admissão, injetando um fluido antidetonante na mistura ar/combustível. O fluido age primeiramente como um refrigerante, de forma que

mais potência pode ser liberada pelo motor por curtos períodos, tais como na decolagem e durante emergências, quando a potência é crítica. Essa alta potência deve ser usada apenas por curtos períodos.

Potência indicada

A potência indicada, produzida por um motor, é a potência calculada da pressão efetiva média e de outros fatores, os quais afetam a potência de saída de um motor.

Potência indicada é a potência desenvolvida na câmara de combustão sem referência às perdas por atrito no interior do motor.

Essa potência é calculada como função da pressão real do cilindro, observada durante a operação do motor. Para facilitar o cálculo da potência indicada, um dispositivo mecânico, ligado ao cilindro, risca a pressão real existente no cilindro durante um ciclo completo de operação. Essa variação de pressão pode ser representada pelo tipo gráfico mostrado na figura 1-28.

Observamos que a pressão do cilindro aumenta no tempo de compressão, alcança o pico após o ponto morto superior, e então diminui à medida que o êmbolo se desloca para baixo, no tempo de potência.

Uma vez que a pressão do cilindro varia durante o ciclo de operação, uma pressão média é registrada, linha AB, essa pressão média, se aplicada durante o tempo de potência, invariavelmente produzirá a mesma quantidade de trabalho que a pressão variável produziria nesse mesmo período. Essa pressão média é conhecida como pressão efetiva média, e está incluída no cálculo da potência indicada com outras especificações do motor.

Se as características e a pressão efetiva média indicada de um motor são conhecidas, é possível calcular a razão de potência indicada.

A potência indicada para um motor de quatro tempos pode ser calculada pela fórmula seguinte, na qual os símbolos ou letras que constituem o numerador são colocados de maneira a formar a palavra "PLANK", com a finalidade de ajudar na memorização da referida fórmula:

$$POTENCIA = \frac{PLANK}{33000}$$

ONDE:

P = pressão efetiva média indicada (em PSI)
 L = Comprimento do curso (em PÉS ou fração)
 A = Área da cabeça do pistão ou sa seção reta do cilindro (em sq. in.)

N = Número de tempos de potência por minuto:

$$\frac{\text{RPM}}{2}$$

K = Número de cilindros

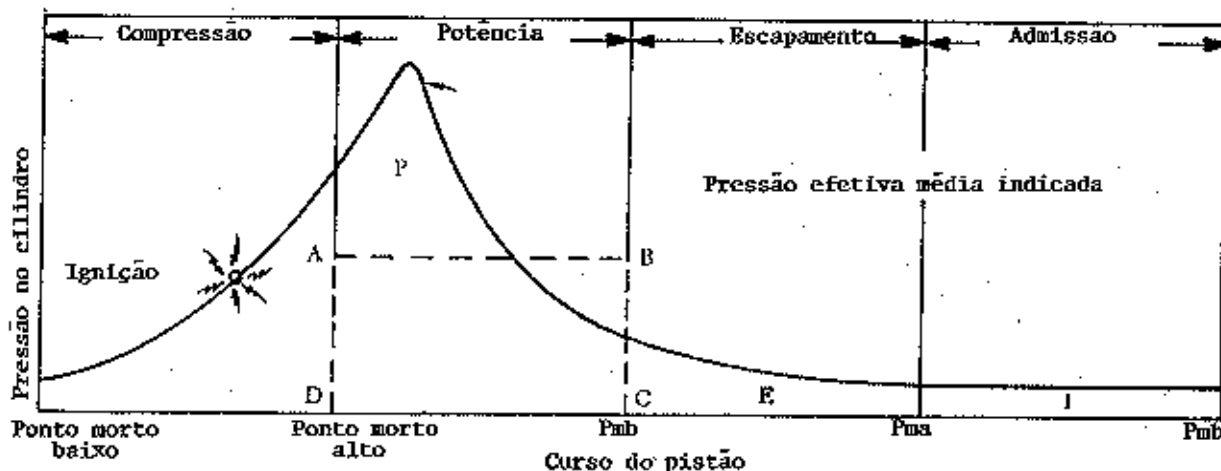


Figura 1-28 Pressão do cilindro durante o ciclo de potência.

Na fórmula acima, a área do êmbolo multiplicada pela pressão efetiva média indicada, dá a força que atua sobre o pistão em polegadas. Essa força, multiplicada pelo comprimento do curso, em pés, dá o trabalho desenvolvido em um tempo de potência, o qual multiplicado pelo número de tempos de potência por minuto, fornece o número de lb.pé por minuto, de trabalho produzido por um cilindro.

Multiplicando-se esse resultado pelo número de cilindros do motor, encontramos a quantidade de trabalho desenvolvido em lb.pé pelo motor.

Uma vez que HP é definido como o trabalho produzido à razão de 33.000 lb.pé por minuto, o número total de lb.pé de trabalho desenvolvido pelo motor é dividido por 33.000 para se encontrar a potência indicada.

EXEMPLO

DADOS:

Pressão efetiva média indicada (P) = 165 PSI
 CURSO (L) = 6" ou 0,5 PÉ
 Diâmetro interno do cilindro (A) = 5,5"
 RPM = 3.000
 Número de cilindros (K) = 12

HP INDICADA = $\frac{\text{PLANK}}{33000 \text{ LB PE / MIM}}$ Encontre a HP indicada.

A é calculado usando-se a equação:

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$A = \frac{1}{4} \times 3,1416 \times 5,5 \times 5,5 = 23,76 \text{ POL}^2$$

N é calculado multiplicando-se a RPM por
 $N = \frac{x 3.000}{2} = 1.500 \text{ RPM}$

Agora, substituindo na fórmula:

HP INDICADA =

$$\frac{165 \times 0,5 \times 23,7 \times 1500 \times 12}{33.000 \text{ LB. PE / MIM}} = 1069,20$$

Potência ao freio

O cálculo da potência indicada, discutido no parágrafo precedente, é a potência teórica de um motor sem atrito.

A potência total pedida para vencer o atrito, tem que ser subtraída da potência indicada, para chegar à potência real entregue à hélice.

A potência entregue para a hélice para trabalho útil é conhecida como B.H.P. (potência ao freio).

A diferença entre potência indicada e potência ao freio é conhecida como potência de atrito, a qual é a potência requerida para vencer as perdas mecânicas, tais como a ação de bombeamento e atrito dos êmbolos e de todas as partes móveis.

Na prática, a medição do BHP de um motor envolve a medição de variáveis, conhecidas como torque ou momento de torção.

Torque é o produto de uma força pela distância dessa força, ao eixo sobre o qual ela atua, ou:

$$\text{TORQUE} = \text{FORÇA} \times \text{DISTÂNCIA (A } 90^\circ \text{ DA FORÇA)}$$

Torque é uma medida de carga, expressa em libra-polegada (lb.pol.) ou libra-pé, e não deverá ser confundida com trabalho, que é expresso em polegada-libra (pol.lb) ou pé-libra (pé.lb).

Existe uma quantidade de dispositivos para medição de torque, da qual o freio de Prony, o dinamômetro e o torquímetro são exemplos.

O freio de Prony é um desses dispositivos típicos (figura 1-29), o qual mede a potência de saída disponível de um motor na bancada de teste.

Ele consiste essencialmente em um anel articulado ou freio, o qual pode ser preso a um tambor estriado preso ao eixo da hélice.

O anel e o tambor formam um freio de atrito, o qual pode ser ajustado por meio de uma roda.

Um braço de alavanca de comprimento conhecido, é rigidamente ligado ao anel estriado ou constitui parte do mesmo, e termina num ponto onde se apóia num conjunto de balança.

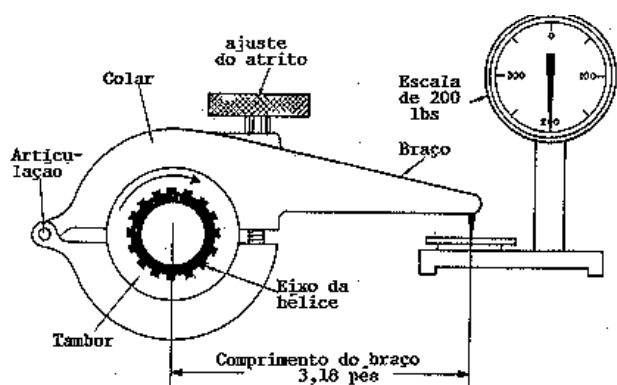


Figura 1-29 Típico freio de *Prony*.

Na medida em que o eixo gira, tende a girar também o anel estriado, sendo impedido pelo braço de alavanca que se apóia na balança. A escala da balança mostra a leitura da força necessária para impedir o movimento do braço.

O produto resultante será o torque exercido pela rotação do eixo.

Exemplo: Se uma balança registra 200 lb, e o comprimento do braço for 3,18 pés; o torque exercido pelo eixo será:

$$200 \text{ lb} \times 3,18 \text{ pés} = 636 \text{ lbs.pé}$$

Uma vez conhecido o torque, o trabalho produzido por rotação do eixo da hélice pode ser registrado sem dificuldade por meio da equação:

$$\text{Trabalho por rotação} = 2 \pi \times \text{Torque.}$$

Se o trabalho por rotação for multiplicado pela RPM, o resultado será trabalhado por minuto ou potência.

Se o trabalho for expresso em lb.pé por minuto, esse valor será dividido por 33.000; o resultado será a potência ao freio do eixo. Em outras palavras:

$$\text{Potência} = \text{Trabalho por rotação} \times \text{RPM}$$

$$\text{E BHP}$$

$$= \frac{\text{Trabalho por rotação} \times \text{RPM}}{33.000}$$

$$\frac{\text{Comprimento do braço (pé)} \times \text{RPM}}{33.000}$$

$$\text{ou BHP} = 2\pi \times \text{força indicada na balança(LBS)}$$

Exemplo:

Dados:

Força na balança = 200 lbs

Comprimento do braço = 3,18 pés

RPM = 3.000

$\pi = 3,1416$

Encontro BHP

Substituindo na equação

$$\text{BHP} = \frac{6,2832 \times 200 \times 3,18 \times 3,000}{33.000} = 363,2$$

$$\text{BHP} = 363$$

Enquanto o atrito entre o anel freio e o tambor do eixo da hélice for suficiente para im-

por uma carga aplicável ao motor, porém insuficiente para provocar sua parada, não será necessário conhecer o valor do atrito entre o anel e o tambor para calcular o BHP.

Se não houvesse carga imposta, não haveria torque a ser medido e o motor sofreria um "disparo".

Se a carga imposta for tão grande que cause o estol do motor, pode haver considerável torque a ser medido, mas não haverá RPM. Nesse caso é impossível medir o BHP do motor.

Contudo, se existir um atrito razoável entre o tambor-freio e o anel, e a carga for aumentada, a tendência do eixo da hélice de conduzir o anel e o braço aumenta, impondo dessa forma, maior força à balança.

Enquanto o aumento de torque for proporcional à diminuição de RPM, a potência liberada no eixo permanece inalterada. Isso pode ser visto da equação na qual 2π e 33.000 são constantes e torque e RPM são variáveis.

Se a alteração na RPM for inversamente proporcional à alteração no torque, seu produto irá permanecer inalterado. Dessa forma, o BHP permanecerá, também, inalterado.

Isso é importante porque mostra que a potência é função tanto do torque quanto da RPM, e pode ser alterada, alternando-se o torque, a RPM ou ambos.

Potência de atrito

Potência de atrito é a potência indicada menos a potência de freio. É a potência usada por um motor para vencer o atrito entre as partes móveis, aspirar combustível, expulsar os gases de escapamento, acionar bombas de óleo e combustível, e similares.

Nos motores aeronáuticos modernos, essa potência perdida por atrito é elevada, podendo atingir de 10% a 15% da potência indicada.

Pressões efetivas médias de freio e de atrito

A P.E.M.I. (pressão efetiva média indicada), discutida anteriormente, é a pressão média produzida na câmara de combustão durante o ciclo de operação, e é uma expressão teórica de potência sem fricção, conhecida como potência indicada. Além de desprezar completamente a potência perdida por atrito, a potência indicada não informa quanta potência real é entregue ao eixo da hélice para produzir trabalho útil. Con-

tudo, está relacionada com a pressão real, a qual ocorre no cilindro e pode ser usada como uma medida dessas pressões.

Para registrar a perda por atrito e a potência líquida de saída, a potência indicada de um cilindro pode ser conceituada como duas potências separadas, cada uma produzindo um efeito diferente. A primeira vence o atrito interno, e a potência assim consumida é conhecida como potência de atrito. A segunda, conhecida como potência de freio, produz trabalho útil para o eixo da hélice. Logicamente, por conseguinte, a porção de P.E.M.I. que produz potência de freio, é denominada P.E.M.F. (pressão efetiva média de atrito). Isso está ilustrado na figura 1-30. A P.E.M.I., é uma expressão útil da potência total de saída do cilindro, mas não é a quantidade física real. Da mesma forma, P.E.M.A. e P.E.M.F. são teóricas, mas expressões úteis das perdas por atrito e potência líquida de saída.

Embora P.E.M.F. e P.E.M.A. não existam de fato, no cilindro elas provêm meios convencionais de se representar os limites de pressão ou taxas de desempenho do motor, por toda sua faixa de operação. Isto é verdade, desde que haja um relacionamento entre P.E.M.I., P.E.M.F. e P.E.M.A.

Uma das limitações básicas da operação do motor é a pressão desenvolvida no cilindro, durante a combustão. Na discussão de razão de compressão e pressão efetiva média indicada, foi observado que, dentro de certos limites, o aumento de pressão resulta em aumento de potência. Foi notado também, que se a pressão no cilindro não for controlada dentro de limites estreitos, perigosas cargas internas serão impostas, podendo resultar em falha do motor. É, portanto, necessário ter meios de determinarmos essas pressões no cilindro, como medida de proteção, e para uma aplicação eficiente da potência.

Se o BHP for conhecido o P.E.M.F. pode ser calculado por meio da seguinte equação:

$$P.E.M.F. = \frac{BHP \times 33000}{LANK}$$

Exemplo: Calcule P.E.M.F

Dado:

BHP	= 1000
Curso	= 6"
Diametro interno do cilindro	= 5,5"
RPM	= 3.000
número de cilindros	= 12

Calcule o comprimento do curso (em pés):

$$L = 0,5$$

Calcule a área do cilindro

$$A = \frac{1}{4}\pi D^2 = 0,7854 \times 5,5 \times 5,5 = 23,76 \text{ pol}^2$$

Calcule o número de tempos de potência por minuto:

$$N = \frac{1}{2} \times \text{RPM} = \frac{1}{2} \times 3.000 = 1.500$$

Substituindo na equação:

$$PEMF = \frac{1000 \times 33000}{0,5 \times 23,76 \times 1500 \times 12} = 154,33 \text{ ibl / pol}^2$$

Se uma hélice pudesse ser projetada para ser 100% eficiente, o empuxo e a potência freio seriam os mesmos. Contudo, a eficiência da hélice varia com a velocidade do motor, atitude, altitude, temperatura e velocidade do ar; portanto, a razão da potência de empuxo e a potência ao freio entregue para o eixo da hélice nunca serão iguais.

Por exemplo, se um motor desenvolve 1.000 BHP e é usado com uma hélice com eficiência de 85%, a potência de empuxo dessa combinação motor-hélice é 85% de 1.000 ou 850 HP de empuxo.

Dos quatro tipos de potência discutidos, é a potência de empuxo que determina o desempenho do conjunto motor-hélice.

RENDIMENTOS

Rendimento térmico

Qualquer estudo de potência em motores envolve considerações de calor como fonte de potência. O calor produzido pela queima da gasolina nos cilindros causa uma rápida expansão dos gases nesses cilindros, e eles por sua vez, movimentam os êmbolos e criam energia mecânica.

Há muito tempo sabemos que trabalho mecânico pode ser convertido em calor e que uma dada quantidade de calor contém a energia equivalente a uma certa quantidade de trabalho mecânico.

Calor e trabalho são teoricamente intercambiáveis, e mantendo uma relação fixa entre um e outro.

Calor pode ser então medido em unidades de trabalho (Lb.pé por exemplo), bem como em unidades de calor. O BTU (Unidade inglesa de medição de calor) é a quantidade de calor requerida para aumentar a temperatura de uma Lb de água de 1°F. Isso é equivalente a 778 Lb.pé de trabalho mecânico.

Uma libra de combustível derivado de petróleo, quando queimado com uma quantidade de ar suficiente para consumí-lo completamente, libera 20.000 BTU, o equivalente a 15.560.000 Lb.pé de trabalho mecânico.

Esses valores expressam a energia calorífica do combustível em unidades de calor e trabalho, respectivamente.

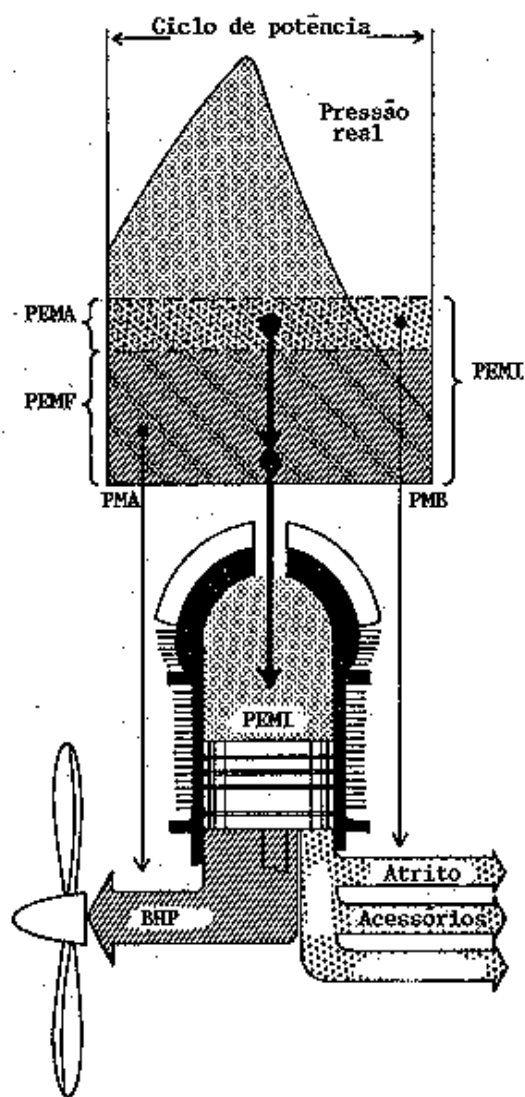


Figura 1-30 Pressões e potências.

Potência de empuxo

Potência de empuxo pode ser considerada como resultado do trabalho conjunto do motor e da hélice.

A razão de trabalho útil produzido por um motor, em relação à energia calorífica do combustível que ele utiliza, expresso em unidades de trabalho e calor é chamado de rendimento térmico.

Se dois motores similares utilizam quantidades iguais de combustível, obviamente o motor que converter em trabalho a maior parte da energia do combustível (maior rendimento térmico) irá liberar maior quantidade de potência. Além disso, o motor que tiver maior rendimento térmico terá menos calor residual disponível para as válvulas, cilindros, êmbolos e sistema de refrigeração do motor.

Um alto rendimento térmico também significa um baixo consumo específico de combustível e, dessa forma, menos combustível para um voo de uma determinada distância a uma determinada potência. Assim, a importância prática de um alto rendimento térmico, é que ele constitui uma das mais desejáveis características no desempenho de um motor aeronáutico.

Do calor total produzido, 25% a 30% é utilizado na potência de saída, 15% a 20% é perdido em refrigeração (calor irradiado das aletas da cabeça do cilindro); 5% a 10% é perdido para vencer o atrito no movimento de peças; e 40% a 45% é perdido através do escapamento.

Qualquer coisa que aumente o conteúdo térmico que produz trabalho mecânico no êmbolo, o qual reduz o atrito e perdas na aspiração, ou que reduzem a quantidade de combustível que não é queimada, ou perda de calor para as peças do motor, aumentam o rendimento térmico.

A porção do calor total de combustão, que é transformada em trabalho mecânico, depende em grande parte da razão de compressão.

Razão de compressão é a razão entre o volume deslocado pelo pistão e o volume da câmara de combustão. Se os outros parâmetros permanecem iguais, quanto maior a razão de compressão, maior será a proporção entre energia calorífica de combustão transformada em trabalho útil no eixo de manivelas.

Por outro lado, aumentando-se a razão de compressão, aumenta-se a temperatura da cabeça do cilindro. Esse é um fator limitante, já que as temperaturas, extremamente altas, criadas por elevadas taxas de compressão, causam rápida deterioração do material do cilindro e detonação do combustível.

O termo, rendimento de um motor, pode ser baseado em BHP ou IHP, e é representado pela fórmula:

Rendimento térmico indicado=

$$= \frac{IHP \times 33.000}{\text{Peso comb.queimado/ min} \times \text{valor do calor} \times 778}$$

A fórmula para obtenção da eficiência térmica ao freio, é a mesma mostrada acima, substituindo-se o IHP pelo valor do BHP.

Exemplo:

Um motor fornece 85 BHP por um período de 1 hora e, durante esse tempo, consome 50 libras de combustível. Considerando-se que o combustível tem um conteúdo de calor de 18.800 BTU por libra, calcular o rendimento térmico do motor.

Rendimento térmico ao freio:

$$\frac{85 \times 33.000}{833 \times 18.800 \times 778} = \frac{2.805.000}{12.184.569} = 0,23.$$

Rendimento térmico ao freio = 0,23 ou 23%.

O rendimento térmico dos motores alternativos situa-se em aproximadamente 34%, isto é, eles transformam apenas cerca de 34% do calor produzido pelo combustível queimado em energia mecânica. O calor restante é perdido através dos gases de escapamento, refrigeração do sistema e atrito interno do motor. A distribuição térmica em um motor alternativo é ilustrado na.

Rendimento mecânico

Rendimento mecânico, é a taxa que mostra o quanto da potência desenvolvida pelos gases expandidos no cilindro são realmente entregues na saída do eixo. É uma comparação entre BHP e IHP. Pode ser expresso pela fórmula:

$$\text{rendimento mecânico} = \frac{BHP}{IHP}$$

Potência ao freio, é a potência útil entregue ao eixo da hélice; potência indicada, é a potência total desenvolvida nos cilindros. A diferença entre as duas é a potência de atrito, potência perdida para vencer o atrito. O fator de maior efeito no rendimento mecânico é o atrito dentro do motor. O atrito, entre as peças móveis de um

motor, permanece praticamente constante em toda faixa de velocidade do motor. Portanto, o rendimento mecânico de um motor será maior quando ele estiver funcionando à RPM, na qual

a máxima BHP for desenvolvida. O rendimento mecânico de um motor aeronáutico alternativo médio aproxima-se de 90%.

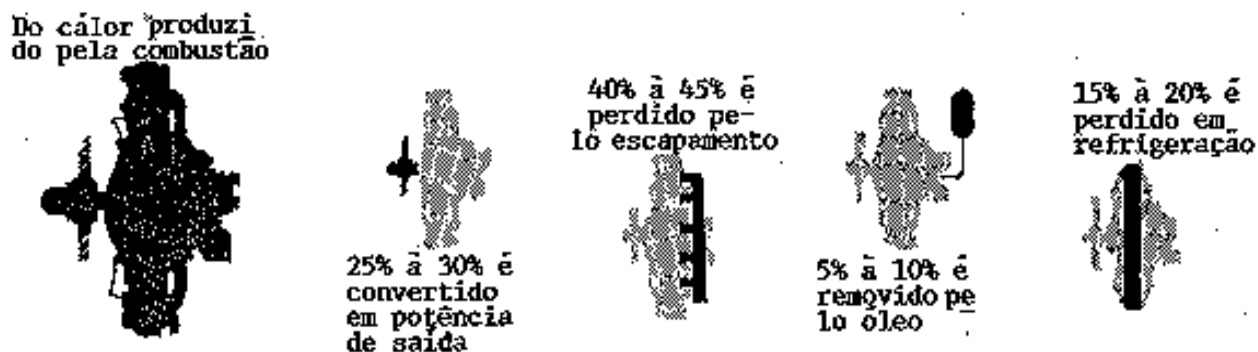


Figura 1-31 Distribuição térmica em um motor.

Rendimento volumétrico

Rendimento volumétrico, outro rendimento do motor, é uma taxa expressa em termos de porcentagem. É uma comparação entre volume da carga ar/combustível (corrigida pela temperatura e pressão) introduzida nos cilindros e o deslocamento total do êmbolo do motor. Diversos fatores provocam a saída de um rendimento volumétrico de 100%.

Os êmbolos de motores, sem supercompressor, deslocam o mesmo volume cada vez que são deslocados no cilindro, do ponto morto superior ao ponto morto inferior.

A quantidade de carga que preenche esse volume, no tempo de admissão, depende da pressão existente e da temperatura do ar exterior. Dessa forma, para calcular o rendimento volumétrico de um motor, é necessário estabelecer padrões para a pressão atmosférica e para a temperatura.

O padrão americano para atmosfera foi estabelecido em 1958, e fornece a pressão necessária e o valor de temperatura para se calcular rendimento volumétrico.

A temperatura padrão ao nível do mar é 15°C. A essa temperatura, a pressão de uma atmosfera é 14.69 lb/pol² e essa pressão suporta uma coluna de mercúrio de 29,92 pol. de altura.

Essas condições de padrão ao nível do mar, determinam uma densidade padrão, e se o motor aspira um volume de carga dessa densidade exatamente igual ao deslocamento do êmbolo, é dito que ele está operando a 100% de rendimento volumétrico.

Um motor aspirando um volume inferior a esse, tem rendimento volumétrico inferior a 100%. Um motor equipado com um compressor interno ou externo de alta velocidade, pode ter um rendimento volumétrico maior que 100%. A equação para rendimento volumétrico é:

$$\text{rendimento volumétrico} = \frac{\text{vol. da carga corrigida quanto à temp./pressão}}{\text{deslocamento do êmbolo}}$$

Muitos fatores diminuem o rendimento volumétrico, alguns deles são:

- (1) operação com o motor reduzido.
- (2) tubulações de admissão compridas e de pequeno diâmetro.
- (3) curvas acentuadas no sistema de indução.
- (4) temperatura do ar do carburador muito elevada.
- (5) temperatura da cabeça do cilindro muito elevada.
- (6) descarga incompleta.
- (7) tempo de abertura de válvulas inadequado.

Rendimento propulsivo

Uma hélice é utilizada com um motor para prover empuxo. O motor fornece BHP através da rotação do eixo, e a hélice absorve a BHP e a converte em potência de empuxo. Nessa conversão, alguma potência é perdida.

Uma vez que o rendimento de qualquer máquina é a razão entre a potência útil de saída e a de entrada; o rendimento propulsivo (nesse

caso, rendimento da hélice) é a razão entre a potência de empuxo e a potência ao freio. Na média, a potência de empuxo constitui aproximadamente 80% da potência ao freio. Os outros 20% são perdidos em atrito e escorregamento.

O controle dos ângulos das pás da hélice, é o melhor método de obtermos o máximo de rendimento propulsivo para todas as condições encontradas em vôo.

Durante a decolagem, quando a aeronave está se deslocando em baixa velocidade e, quando são requeridos potência e empuxo máximos, um baixo ângulo de pá da hélice produzirá o máximo de empuxo.

Para vôos em alta velocidade ou picada, o ângulo da pá é aumentado para se obter o máximo de empuxo e rendimento. A hélice de velocidade constante é utilizada para fornecer o empuxo requerido, a um rendimento máximo, para todas as condições de vôo.

CONSTRUÇÃO DO MOTOR A TURBINA

Em um motor alternativo, a admissão, a compressão, a combustão e o escapamento ocorrem na mesma câmara de combustão; conseqüentemente, cada uma dessas funções tem ocupação exclusiva da câmara, durante sua respectiva parte no ciclo de combustão.

Uma vantagem significativa do motor de turbina a gás, contudo, é que existem seções separadas para cada função, e todas as funções ocorrem simultaneamente sem interrupção.

Um motor de turbina a gás típico consiste em:

- (1) uma entrada de ar
- (2) seção do compressor
- (3) seção de combustão
- (4) seção de turbina
- (5) seção de escapamento
- (6) seção de acessórios
- (7) sistemas necessários para partida, lubrificação, suprimento de combustível e fins auxiliares, tais como degelo, refrigeração e pressurização.

Os principais componentes de todos os motores de turbina a gás são basicamente os mesmos; contudo, a nomenclatura das peças componentes de diversos motores de uso corrente, varia ligeiramente devido à diferença na terminologia de cada fabricante. Essas diferenças estão refletidas nos manuais de manutenção aplicáveis.

O fator que mais influencia as características de construção de um motor de turbina a gás é o tipo do compressor (de fluxo axial ou centrífugo) para o qual o motor é projetado. Adiante neste capítulo, será dada uma descrição detalhada de compressores, mas para o momento vejamos as figuras 1-32 e 1-33.

Observe o efeito físico que os dois tipos de compressores têm sobre as características de construção do motor. É obvio que existe uma diferença nos seus comprimentos e diâmetros.

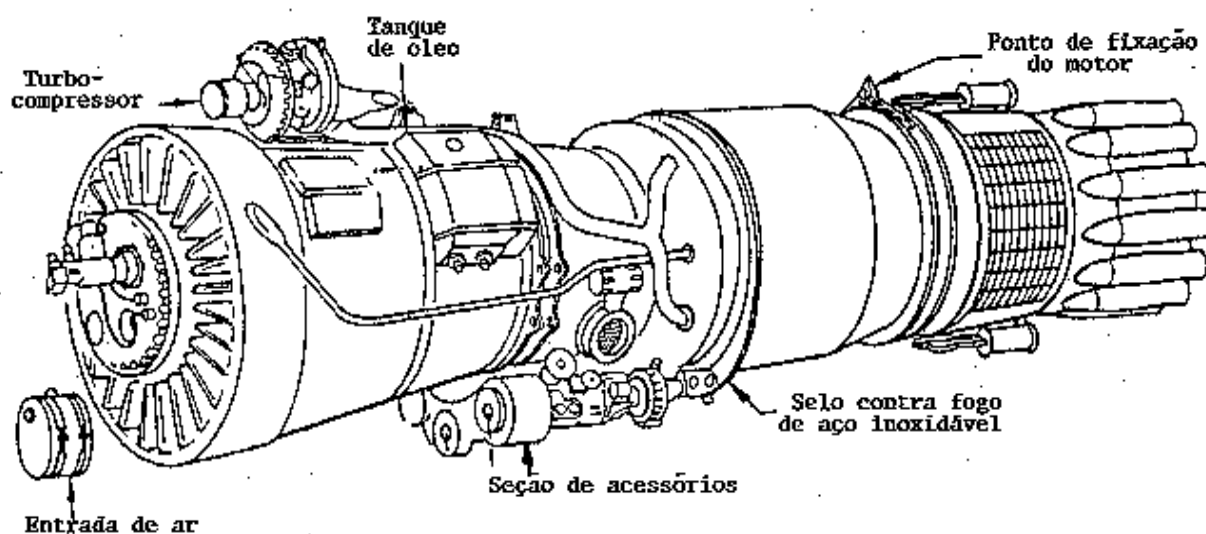


Figura 1-32 Motor de fluxo axial.

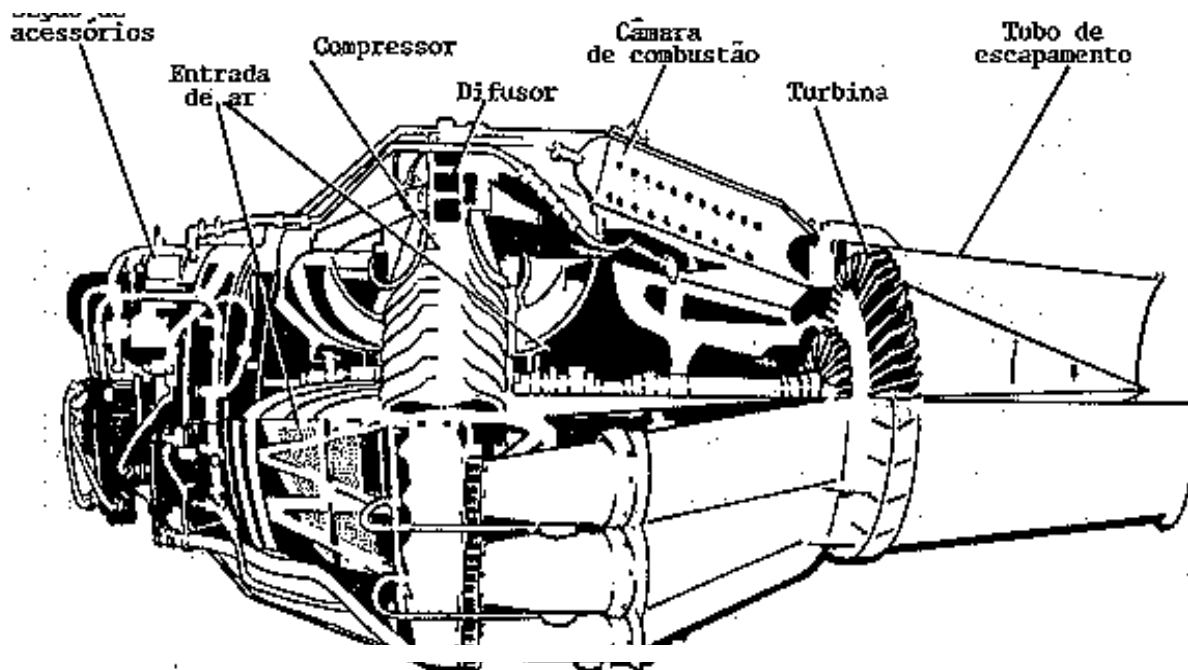


Figura 1-33 Motor de fluxo centrífugo.

Observamos que no motor de fluxo axial, o duto da entrada de ar é um dos principais componentes do motor; por outro lado, no motor de fluxo centrífugo, o ar, após passar pela entrada, é dirigido para as aletas indutoras do compressor através de passagens circunferenciais, localizadas à frente e atrás do impelidor.

As passagens são protegidas com tela, para evitar a entrada de objetos estranhos que poderiam causar sérios danos em componentes metálicos, quando permitida a sua entrada no compressor.

Os acessórios dos dois tipos de motores estão localizados em pontos diferentes. Isso é necessário devido à construção do motor.

A parte dianteira do motor de fluxo axial é utilizada como entrada de ar; conseqüentemente, os acessórios deverão estar localizados em outra parte.

Além das características já mencionadas, existem poucas dissimilaridades visuais entre os demais componentes principais dos dois motores.

Entrada de ar

A entrada de ar é projetada de forma a dirigir o ar para o compressor com um mínimo de perda de energia, resultante do arrasto aerodinâmico ou pressão de impacto; ou seja, o fluxo de ar no compressor deve estar livre de turbu-

lência para alcançar o máximo de eficiência de operação.

Um projeto adequado contribui materialmente para o desempenho da aeronave, aumentando a taxa de pressão de descarga do compressor em relação à pressão de entrada do duto.

A quantidade de ar que entra no motor depende de três fatores:

- (1) velocidade do compressor (rpm)
- (2) velocidade da aeronave
- (3) densidade do ar ambiente

As entradas de ar podem ser classificadas como:

- (1) entradas de ar localizadas no nariz da fuselagem ou nacele do motor.
- (2) entradas de ar localizadas ao longo dos bordos de ataque das asas, geralmente na raiz, para as instalações de monomotores.
- (3) entradas de ar anulares, circundando, no todo ou em parte, a fuselagem ou nacele do motor.
- (4) entradas de ar de aspiração, as quais se projetam além da superfície imediata da fuselagem ou nacele.

- (5) Entradas de ar embutidas, as quais são rebaixadas do lado da fuselagem ou nacele.

Existem dois tipos básicos de entrada de ar em uso: a entrada simples e a entrada dividida. Geralmente é mais vantajoso utilizar um motor com entrada simples com fluxo axial, para se obter a máxima pressão de impacto, através do fluxo direto. Ela é utilizada quase que exclusivamente sobre as asas ou instalações internas, onde as entradas desobstruídas ajudam prontamente a dirigir o fluxo para um duto direto, curto e simples.

Uma entrada dividida oferece maior oportunidade de difusão do ar; e uma entrada na câmara plena, com a velocidade suficientemente baixa, requerida para utilizar com eficiência um compressor de entrada dupla.

A câmara plena é um lugar de acúmulo de ar de impacto, geralmente associado com a instalação da fuselagem.

É também vantajoso quando a instalação do equipamento ou localização do piloto torna o uso de um duto direto ou simples impraticável. Na maioria dos casos, a entrada dividida permite o uso de dutos muito curtos, com menor queda de pressão resultante, devido ao atrito com a superfície.

Seção de acessórios

A seção de acessórios de um motor turbojato tem diversas funções. A função principal é prover espaço para instalação dos acessórios necessários à operação e controle do motor. Geralmente, também são incluídos acessórios concernentes à aeronave, tais como geradores elétricos e bombas de fluidos.

As funções secundárias incluem a utilização como reservatório e/ou coletor de óleo e alojamento de engrenagens, acionadoras de acessórios e engrenagens de redução.

A montagem e acionamento dos acessórios têm sido sempre um dos grandes problemas nos motores de turbina a gás. Acessórios acionados são geralmente montados em apoios comuns, acima ou adjacentes à seção do compressor, dependendo de ser um motor de fluxo centrífugo ou axial. As figuras 1-34 e 1-35 ilustram a montagem dos acessórios de um motor de fluxo centrífugo e de um motor de fluxo axial, respectivamente.

Os componentes da seção de acessórios de todos os motores de fluxo centrífugo e axial têm essencialmente o mesmo propósito, mesmo quando eles diferem muito em detalhes de fabricação e nomenclatura.

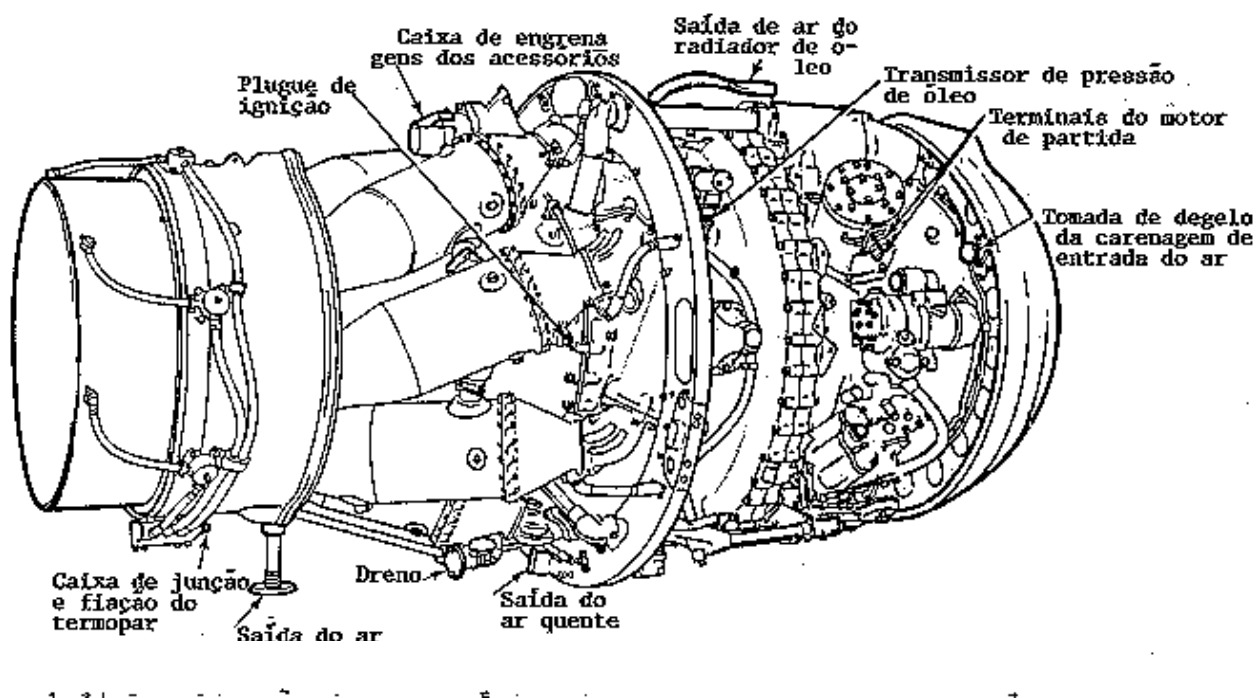


Figura 1-34 Localização dos acessórios de um motor de fluxo centrífugo.

Os elementos básicos de uma seção de acessórios de um motor de fluxo centrífugo são:

- (1) caixa de acessórios, a qual tem usinados, adaptadores para os acessórios acionados pelo motor; e
- (2) o trem de engrenagens, o qual está alojado no interior da caixa de acessórios.
- (3)

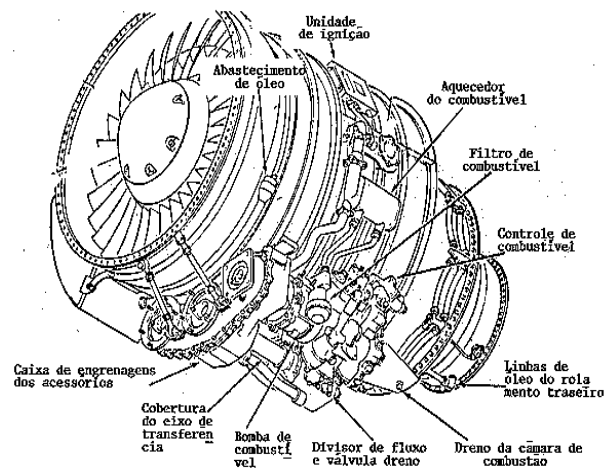


Figura 1-35 Seção de acessórios de um motor de fluxo axial.

A caixa de acessórios pode ser projetada para servir como um reservatório de óleo. Se for utilizado um tanque de óleo, um depósito coletor de óleo, geralmente abaixo do suporte do rolamento dianteiro, para drenagem e recuperação do óleo, é utilizado para lubrificar rolamentos e engrenagens de acionamento.

A caixa de acessórios é também provida de tubulações adequadas ou passagens na própria carcaça, para borrifar óleo de lubrificação sobre o trem de engrenagens e mancais de apoio.

O trem de engrenagens é acionado pelo rotor do motor por meio do acoplamento da engrenagem do eixo acionador de acessórios, o qual é preso por estrias a um eixo de engrenagens e conjunto do rotor do cubo do compressor.

As engrenagens de redução, na caixa de engrenagens provêm velocidade adequada para cada acessório ou componente do motor.

Devido ao fato da RPM de operação do rotor ser muito alta, a razão das engrenagens de redução de acessórios é relativamente alta.

Os acessórios acionados, são suportados por mancais de esferas, montados nos furos do adaptador da caixa de acessórios.

Os componentes de uma seção de acessórios de um motor de fluxo axial são uma caixa de engrenagens de acessórios e um conjunto de potência de decolagem, alojando os eixos de acionamento necessários e engrenagens de redução. A figura 1-36 mostra a localização da caixa de engrenagens de acessórios.

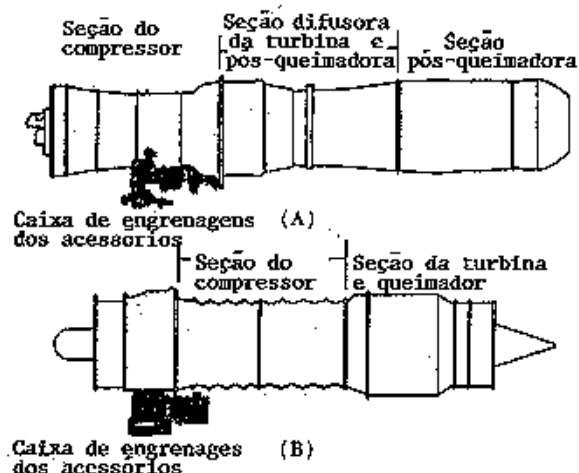


Figura 1-36 A-Caixa de engrenagens dos acessórios por baixo do compressor; e B - Caixa de engrenagens dos acessórios por baixo do suporte do rolamento dianteiro.

Muito embora o estreito relacionamento entre a caixa de engrenagens de acessórios e a de potência de decolagem necessitem estar localizadas, uma próxima à outra, dois fatores afetam a localização das caixas de engrenagens. Esses fatores são o diâmetro do motor e a instalação do motor.

Os projetista estão continuamente empenhando-se em reduzir o diâmetro do motor para melhorar sua linha de fluxo, aumentando dessa forma o desempenho da aeronave através da redução do arrasto. Também a instalação em uma particular aeronave, pode ditar a localização ou remontagem da caixa de engrenagens de acessórios.

A caixa de engrenagens de acessórios tem basicamente a mesma função da seção de acessórios de um motor de fluxo centrífugo. Ela tem o usual adaptador usinado para os acessórios do motor, e aloja e suporta o trem de engrenagens acionadoras dos acessórios.

Também são incluídas tubulações adequadas e passagens na própria carcaça, para lubrificação dos trens de engrenagens e seus mancais de apoio.

Os acessórios, usualmente instalados em um motor, são o controle de combustível com seus dispositivos de governo, a(s) bomba(s) de alta pressão de combustível; bombas de pressão e de retorno de óleo, bomba auxiliar de combustível e, algumas vezes, bomba de combustível de partida e diversos acessórios do motor, incluindo motor de partida, gerador e tacômetro.

Embora esses acessórios sejam na maioria peças essenciais, uma combinação particular dos acessórios acionados pelo motor depende do uso para o qual o motor foi projetado.

Os acessórios acima mencionados (exceto os motores de partida) são do tipo acionado pelo motor. Também associados com os sistemas do motor estão os acessórios não acionados mecanicamente tais como excitadores de ignição, filtros de óleo e combustível, unidades barométricas, válvulas de drenagem, válvulas de sangria do compressor e válvulas de alívio.

Seção do compressor

A seção do compressor de um motor de turbina a gás tem muitas funções. A principal delas é suprir ar em quantidade suficiente às necessidades dos queimadores de combustão. Especialmente para cumprir sua finalidade, o compressor tem que aumentar a pressão da massa de ar recebida do duto de entrada, e então descarregá-la para os queimadores em quantidade e pressão requeridas.

Uma função secundária do compressor é suprir ar de sangria para as diversas finalidades no motor e na aeronave.

O ar de sangria é tomado em qualquer um dos diversos estágios do compressor. A localização exata das tomadas de sangria depende naturalmente da pressão ou temperatura, requerida para um propósito particular. As tomadas são pequenas aberturas na carcaça do compressor, adjacente ao particular estágio do qual o ar será extraído; assim, níveis variados de pressão e calor estão disponíveis, simplesmente sangrando no estágio apropriado.

O ar é frequentemente extraído do último estágio ou estágio de pressão mais elevado, uma vez que nesse ponto, a pressão e temperatura do ar estão no máximo.

Algumas vezes, pode ser necessário resfriar esse ar de alta pressão. Se ele for utilizado para pressurização da cabine ou outros propósitos onde o calor excessivo seria desconfortável

ou danoso, será enviado através de uma unidade de refrigeração.

O ar sangrado do motor é utilizado numa ampla variedade de situações, incluindo o acionamento dos acessórios mencionados anteriormente. Algumas das aplicações correntes do ar extraído são:

- (1) pressurização, aquecimento e refrigeração da cabine.
- (2) equipamentos de degelo e anti-gelo
- (3) partida pneumática de motores
- (4) unidade de acionamento auxiliar (APU)
- (5) sistema servo de reforço
- (6) potência para acionamento de instrumentos.

A localização da seção do compressor, depende do tipo deste último. As figuras 1-32 e 1-33, ilustram como a montagem dos componentes do motor variam com o tipo de compressor. No motor de fluxo centrífugo, o compressor está localizado entre a seção de acessórios e a seção de combustão; no motor de fluxo axial o compressor está localizado entre o duto de entrada de ar e a seção de combustão.

Tipos de compressor

Os dois tipos principais de compressores, sendo utilizados correntemente em motores turbojatos de aeronaves, são de fluxo centrífugo e axial.

O tipo de compressor é um meio de classificação do motor.

Os termos "fluxo centrífugo" e "fluxo axial" têm sido muito usados para descrever o motor e o compressor. Contudo, eles são aplicáveis para o fluxo de ar através do compressor.

Nos motores de fluxo centrífugo, o compressor alcança seu propósito, captando a massa de ar de entrada e acelerando-a de dentro para fora através de ação centrífuga.

No motor de fluxo axial, o ar é comprimido enquanto continua em sua direção original de fluxo, evitando dessa forma perda de energia causada pela rotação.

Da entrada para a saída, o ar flui por um caminho axial, e é comprimido a uma razão aproximada de 1,25:1 por estágio. Os compo-

nentes de cada um desses tipos de compressores têm suas funções individuais na compressão do ar para a sua combustão.

Compressores de fluxo centrífugo

O compressor centrífugo consiste basicamente de um impulsor (rotor), um difusor (estator) e um coletor compressor, ilustrado na figura 1-37. Os dois principais elementos funcionais são o impulsor e o difusor. Embora o difusor seja uma unidade, separada e instalada, interiormente presa por parafusos ao coletor; o conjunto (difusor e coletor) é freqüentemente chamado de difusor. Para classificação durante a familiarização com o compressor, as unidades são tratadas individualmente.

O impulsor é geralmente fabricado em liga de alumínio forjado, tratado termicamente, usinado e polido para restrição mínima ao fluxo e turbulência. Em alguns tipos, o impulsor é fabricado com um único forjamento. Esse tipo de impulsor é mostrado na figura 1-37(A). Em outros tipos de aletas curvas de indução curvas são partes separadas, como ilustrado na figura 1-38.

O impulsor, cuja função é captar e acelerar o ar de dentro para fora para o difusor pode ser de dois tipos: entrada simples ou dupla.

Ambas são similares em construção, ao impulsor do compressor do motor alternativo, sendo o tipo de entrada dupla similar a dois impulsores costa com costa.

Contudo, devido à quantidade de ar muito maior, requerida nos motores turbojato, os impulsores são maiores que os impulsores dos supercompressores.

A principal diferença entre os dois tipos de impulsores são o tamanho e a montagem do duto. O tipo de entrada dupla tem um diâmetro menor, mas funciona geralmente em velocidades de rotação mais elevadas, para assegurar um fluxo de ar suficiente.

O impulsor de entrada dupla permite um duto conveniente direto para o olhal do impulsor (palhetas do indutor), oposto aos dutos mais complicados, necessários para alcançar a parte traseira do tipo de entrada dupla.

Embora ligeiramente mais eficiente na recepção de ar, o impulsor do tipo entrada simples precisa ter um grande diâmetro para fornecer a mesma quantidade de ar que o tipo entrada dupla fornece; isso, naturalmente, aumenta o diâmetro total do motor.

Incluída no duto para motores com compressor de entrada dupla está uma câmara plena. Essa câmara é necessária nos compressores de entrada dupla porque o ar deve ser admitido no motor a ângulos quase retos, em relação ao eixo do motor. Portanto, o ar deve, a fim de proporcionar um fluxo positivo, circundar o compressor do motor a uma pressão positiva antes de entrar nessa unidade.

Incluídas em algumas instalações, como peça essencial da câmara plena, estão as entradas de ar auxiliares (*blow-in doors*). Essas entradas auxiliares admitem ar para o compartimento do motor durante a operação no solo, quando o ar requerido para o motor excede o fluxo que passa através dos dutos de entrada.

As entradas são mantidas fechadas por ação de mola, quando o motor não está operando.

Durante a operação, no entanto, as entradas abrem automaticamente sempre que a pressão no compartimento do motor cai abaixo da pressão atmosférica.

Durante a decolagem e em vôo, a pressão do ar de impacto no compartimento do motor auxilia a mola a manter a entrada fechada.

O impelidor é uma câmara anular provida de uma quantidade de aletas formando uma série de passagens divergentes no coletor. As aletas difusoras dirigem o fluxo para reter a máxima quantidade de energia imprimida pelo impulsor.

Elas também distribuem o ar para o coletor a uma velocidade e pressão satisfatórias para uso nas câmaras de combustão.

Vejamos a figura 1-37(A) e observamos a seta indicando o caminho seguido pelo fluxo de ar através do difusor, e então através do coletor.

O coletor do compressor, mostrado na figura 1-37(A) desvia o fluxo de ar do difusor, o qual é parte integral do coletor nas câmaras de combustão.

O coletor tem uma saída para cada câmara, afim de que o ar seja igualmente dividido. Um cotovelo de saída do compressor está preso por parafusos à janela de saída. Essas saídas de ar são construídas na forma de dutos e são conhecidas por uma variedade de nomes, tais como dutos de saída de ar, cotovelos de saída ou dutos de entrada da câmara de combustão.

Indiferente à terminologia utilizada, esses dutos de saída cumprem uma parte muito importante do processo de difusão; isto é, eles mudam

a direção radial do fluxo de ar para uma direção axial, onde o processo de difusão é completado após a volta.

Para ajudar os cotovelos a cumprirem sua função de maneira eficiente, defletores em cascata são algumas vezes presos dentro deles. Essas aletas ou defletores reduzem as perdas de pressão de ar, apresentando uma suave superfície torneada. Ver figura 1-37(B).

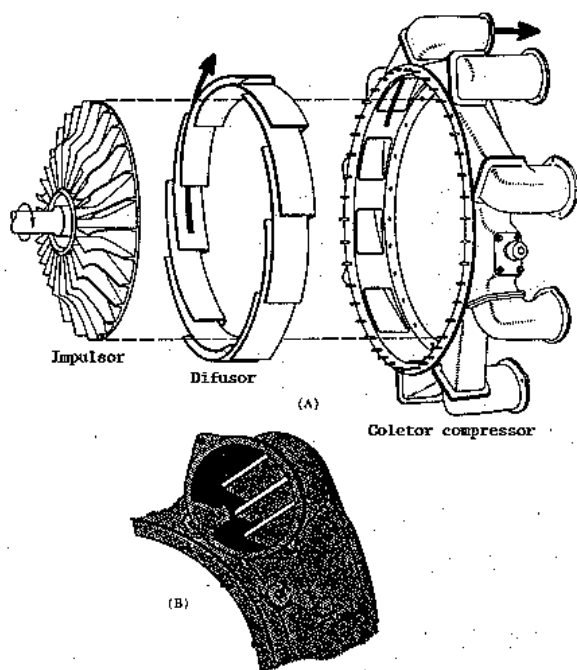


Figura 1-37 A- Componentes de um compressor centrífugo; e B- Saídas de ar do cotovelo, com aletas curvas para reduzir as perdas da pressão do ar.

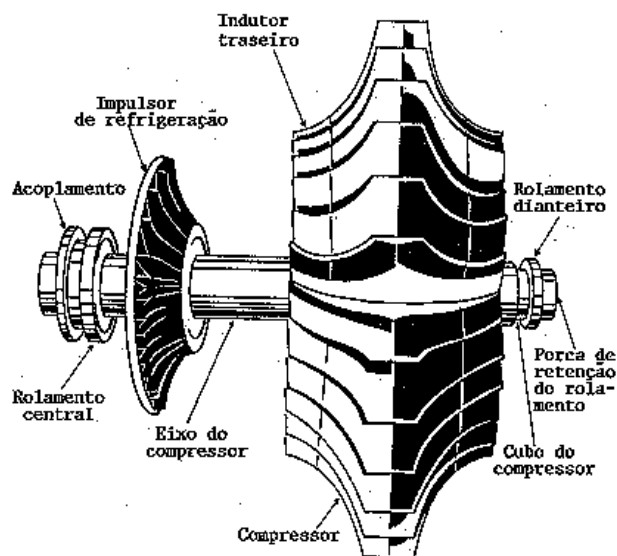


Figura 1-38 Compressor de duas entradas com palhetas indutoras como peças separadas.

Compressor de fluxo axial

O compressor de fluxo axial tem dois elementos principais: o rotor e o estator. O rotor tem lâminas fixas a um eixo. Essas lâminas impõem o ar para trás da mesma forma que uma hélice, devido ao seus ângulos e perfil de aerofólio. O rotor, girando a alta velocidade, toma o ar na entrada do compressor e o impele através de uma série de estágios. A ação do rotor aumenta a compressão do ar em cada estágio, e o acelera para trás através dos diversos estágios.

Com essa velocidade aumentada, a energia é transferida do compressor para o ar na forma de energia dinâmica.

As lâminas estatoras atuam como difusores em cada estágio, convertendo parcialmente alta velocidade em pressão. Cada par consecutivo de rotor e lâminas estatoras constitui um estágio de pressão. O número de fileiras de lâminas (estágios) é determinado pela quantidade de ar e aumento de pressão total requeridos. Quanto maior o número de estágios, mais alta será a taxa de compressão.

Muitos motores utilizam de 10 a 16 estágios.

O estator tem fileiras de lâminas ou aletas em forma de cauda de andorinha, em anéis bipartidos, os quais são, por sua vez, presos interiormente a uma camisa envolvente. As lâminas estatoras projetam-se radialmente pelo eixo do motor e se unem em cada lado de cada estágio do rotor.

A carcaça do compressor, na qual as lâminas estatoras são fixas, é dividida horizontalmente em metades. Tanto a metade superior quanto a inferior podem ser removidas para inspeção e manutenção do rotor e das aletas estatoras.

A função das lâminas é duplicada. Elas são projetadas para receber ar do duto de entrada ou de cada estágio precedente do compressor, e distribuí-lo para o estágio seguinte ou para os queimadores, à pressão e velocidade trabalháveis.

Elas também controlam a direção do ar para cada estágio do rotor, para obterem a máxima eficiência possível das palhetas do compressor. São mostrados na figura 1-39 os elementos do rotor e do estator de um compressor típico de fluxo axial. As palhetas do rotor são geralmente precedidas por um conjunto de lâminas guias de entrada. As lâminas guias direcionam o fluxo de

ar para as palhetas do primeiro estágio do rotor a ângulos apropriados e imprimem um movimento em forma de redemoinho ao ar que entra no compressor. Esse pré-redemoinho na direção de rotação do motor melhora as características aerodinâmicas do compressor, reduzindo o arrasto nas palhetas do primeiro estágio do rotor. As lâminas-guia são lâminas de aço curvas, geralmente soldadas a proteções de aço, interna e externamente. As lâminas-guia podem ser precedidas de uma tela de proteção na entrada de ar. Essa tela reduz a possibilidade de entrada acidental de corpos estranhos, tais como pedras, sujeiras, panos e outros restos, em geral no compressor.

A carcaça do compressor de fluxo axial não apenas suporta as lâminas estatoras e provê a parede externa do caminho axial que o ar segue, mas também provê os meios para extração de ar do compressor para os diversos propósitos.

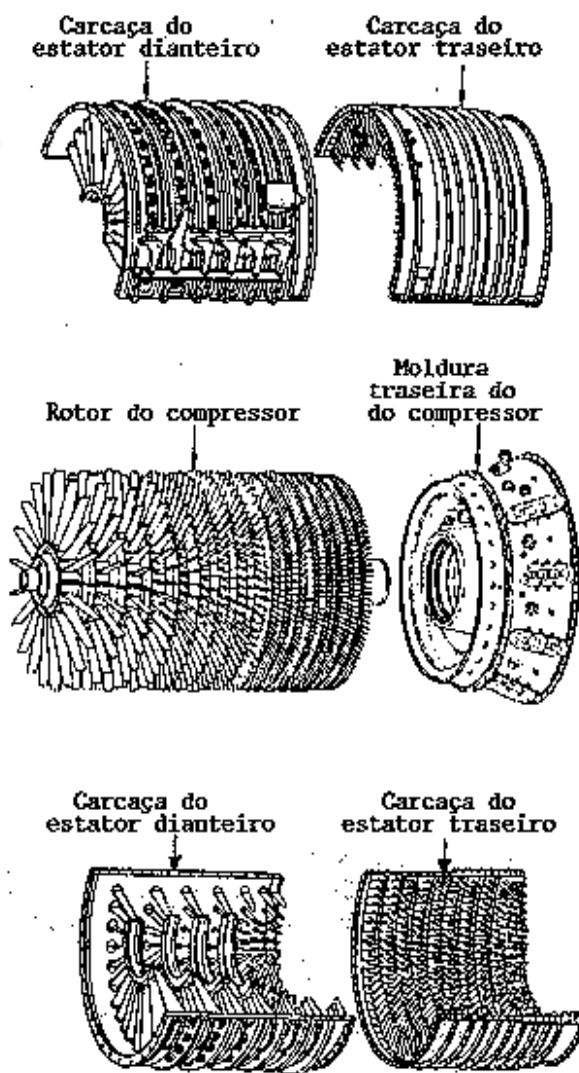


Figura 1-39 Rotor estator componentes de um compressor de fluxo axial.

As lâminas estatoras são geralmente fabricadas de aço, resistente à corrosão e à erosão. Frequentemente elas são protegidas por uma cinta de material apropriado para simplificar o problema de fixação. As lâminas são soldadas nos reforços, e a cinta externa é presa à parede interna do compressor por meio de parafusos de retenção.

As palhetas do rotor são fabricadas geralmente em aço inoxidável. Os métodos para fixação das palhetas nas bordas dos discos do rotor variam com os diferentes projetos, mas elas são geralmente fixas aos discos por raiz tipo bulbo ou por raiz tipo pinheiro. (ver figura. 1-40). As palhetas são então fixas por meio de parafusos, martelamento, arames de freio, pinos ou chavetas.

As pontas das palhetas do compressor são de espessura reduzida por "cutouts" chamadas de contorno de palhetas. Esses contornos evitam sérios danos às palhetas ou à carcaça, no caso das palhetas encostarem na carcaça. Essa condição pode ocorrer se as palhetas do rotor tornarem-se excessivamente folgadas, ou se o suporte do motor for reduzido por uma deficiência do mancal. Mesmo se o contorno das palhetas reduzir tais possibilidades, ocasionalmente uma palheta pode quebrar sob fadiga por fricção e causar danos consideráveis às palhetas do compressor e ao conjunto de lâminas estatoras.

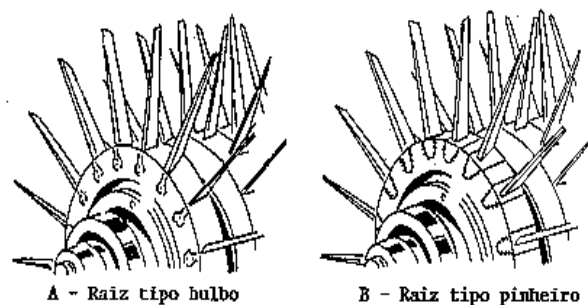


Figura 1-40 Métodos comuns de retenção das lâminas do rotor do compressor.

As palhetas variam de comprimento da entrada para a saída do escapamento porque o espaço de trabalho anular (do tambor para a carcaça) é reduzido progressivamente para trás pela diminuição do diâmetro da carcaça (ver figura 1-41). Antes de concluir a matéria de familiarização do rotor, é bom mencionar que ele pode ser de construção tipo tambor ou tipo disco.

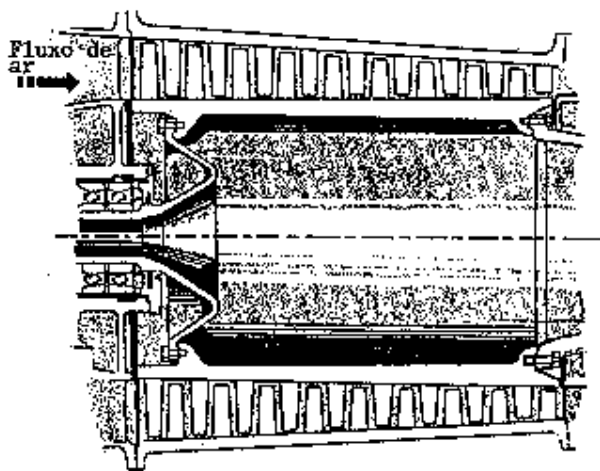


Figura 1-41 Rotor do compressor do tipo tambor.

O rotor do tipo tambor consiste de anéis flangeados para fixar um contra o outro, em que o conjunto pode então ser preso através de parafusos. Esse tipo de construção é satisfatório para compressores de baixa velocidade onde as tensões centrífugas são baixas.

O rotor tipo disco consiste de uma série de discos usinados de alumínio forjado, encaixados por contração em um eixo de aço, com palhetas do tipo cauda de andorinha, nas bordas dos discos. Outro método de construção do rotor é usinar os discos e o eixo de um forjamento de alumínio, e então aparafusar eixos curtos de aço nas partes dianteira e traseira do conjunto para prover superfícies suportes de mancais e estrias para fixação do eixo da turbina.

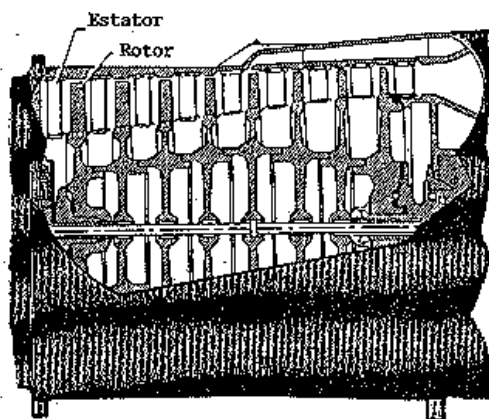


Figura 1-42 Rotor do compressor do tipo disco.

Os rotores tipo disco são usados quase que exclusivamente em todos os motores de alta velocidade atuais, e são do tipo a que se refere esse texto. Os rotores tipo tambor e tipo disco

são ilustrados nas figuras 1-41 e 1-42, respectivamente.

A focalização do compressor de fluxo axial até este ponto, tratou apenas do rotor tipo simples, convencional.

Realmente existem duas configurações do compressor axial correntemente em uso, o rotor simples e o rotor duplo, às vezes chamado de compressor tipo carretel - sólido e carretel bipartido, respectivamente.

Uma versão do compressor carretel-sólido usa aletas guias de entrada variável. Também, as primeiras fileiras de aletas estatoras são variáveis. Esta é a montagem do motor General Electric CJ805. Ele incorpora um compressor de 17 estágios e os ângulos e as aletas guias de entrada e os primeiros seis estágios das aletas estatoras são variáveis. Durante a operação o ar entra pela parte frontal do motor, e é direcionado para o compressor num ângulo apropriado pelas guias de entrada e aletas estatoras variáveis. O ar é comprimido e forçado para a seção de combustão. Um bico injetor, o qual se estende em cada câmara atomiza o combustível para a combustão.

Essas variáveis são controladas em relação direta com a potência requerida a ser produzida pelo motor, em função do posicionamento da manete de potência.

Uma versão do compressor tipo carretel bipartido é encontrada no motor *Pratt and Whitney* JT3C. Ele incorpora dois compressores, com suas respectivas turbinas e eixos conjugados, os quais formam dois sistemas de rotores fisicamente independentes.

Como previamente mencionado, os motores de fluxo centrífugo e axial dominam o campo das turbinas a gás. Existem, contudo, diversas configurações possíveis desses tipos de motor, algumas das quais têm sido verificadas experimentalmente, enquanto outras estão ainda em projeto ou estágio de desenvolvimento em laboratório.

Analisando os compressores de motores de fluxo centrífugo e axial em seu atual estágio de desenvolvimento, o de fluxo axial parece ter vantagens definidas. O advento do compressor axial do tipo carretel bipartido tornou essas vantagens bem mais positivas, oferecendo maior flexibilidade de partida e melhorando a performance em grandes altitudes.

As vantagens e desvantagens desses dois tipos de compressores estão incluídas na lista

seguinte. Lembre-se que embora cada tipo de compressor tenha méritos e limitações, o desempenho em potencial é a chave para desenvolvimento e utilização ulteriores.

As vantagens do compressor de fluxo centrífugo são:

- (1) alta pressão a cada estágio.
- (2) boa eficiência sobre largo alcance de velocidade rotacional.
- (3) simplicidade de fabricação, além do baixo custo.
- (4) Baixo peso.
- (5) necessidade de baixa potência de partida.

As desvantagens dos compressores de fluxo centrífugo são:

- (1) extensa área frontal para o fluxo obtido.
- (2) não são práticos para mais de dois estágios, devido às perdas nas curvas entre estágios.

As vantagens do compressor de fluxo axial são:

- (1) alto rendimento máximo.
- (2) pequena área frontal para um dado fluxo de ar.
- (3) fluxo direto, permitindo alta eficiência de impacto.
- (4) elevação da pressão, através do aumento do número de estágios com perdas desprezíveis.

As desvantagens do compressor de fluxo axial são:

- (1) são eficientes apenas numa estrita faixa de rotação.
- (2) difícil fabricação e alto custo.
- (3) relativamente pesado.
- (4) requer alta potência para partida (isso tem sido parcialmente superado pelos compressores divididos).

Seção de combustão

A seção de combustão encerra o processo de combustão, o qual eleva a temperatura do ar que passa através do motor. Esse processo libera a energia contida na mistura ar/combustível. A maior parte dessa energia é requerida na turbina para acionar o compressor. A energia remanescente cria uma reação ou propulsão e desembo-

ca na traseira do motor na forma de jato em alta velocidade.

A função principal da seção de combustão é, naturalmente, queimar a mistura ar/combustível, adicionando dessa forma energia calorífica ao ar. Para fazer essa queima de forma eficiente a câmara de combustão deve:

- (1) prover os meios para a mistura apropriada do ar e do combustível para assegurar boa combustão.
- (2) queimar essa mistura de forma eficiente.
- (3) resfriar os produtos da combustão para uma temperatura na qual as palhetas da turbina possam resistir sob condições de operação.
- (4) distribuir os gases quentes para a seção da turbina.

A posição da seção de combustão é entre o compressor e as seções da turbina. As câmaras de combustão são sempre montadas coaxialmente com o compressor e com a turbina, independente do tipo, uma vez que as câmaras devem estar numa posição de fluxo direto para funcionar eficientemente.

Todas as câmaras de combustão contêm os mesmos elementos básicos:

- (1) carcaça;
- (2) camisa interna perfurada;
- (3) sistema de injeção de combustível;
- (4) alguns dispositivos para a ignição inicial;
- (5) um sistema de drenagem para drenar o combustível não queimado, após o corte do motor.

Existem três tipos básicos de câmara de combustão, sendo as variações dentro desses tipos, apenas particularidades. Esses tipos são:

- (1) câmara múltipla ou caneca
- (2) anular ou tipo cesta
- (3) caneca anular, ou canelar

A câmara de combustão tipo caneca é típica dos modelos usados, tanto nos motores de fluxo centrífugo quanto nos de fluxo axial. É particularmente adequada para motores de compressor centrífugo (uma vez que o ar que deixa o compressor já está dividido em porções iguais, quando deixa as lâminas difusoras). Ela é então um simples espaço para conduzir o ar dos difusores nas respectivas câmaras de combustão,

montadas radialmente em volta do eixo do motor. No passado, o número de câmaras, de duas passaram a dezesseis.

Nos tempos atuais esse número é bastante variado. A figura 1-43 ilustra a montagem para a

câmara de combustão tipo caneca. Nos motores de construção americana essas câmaras são numeradas no sentido horário, com a câmara número um fazendo o topo do motor, visto por trás.

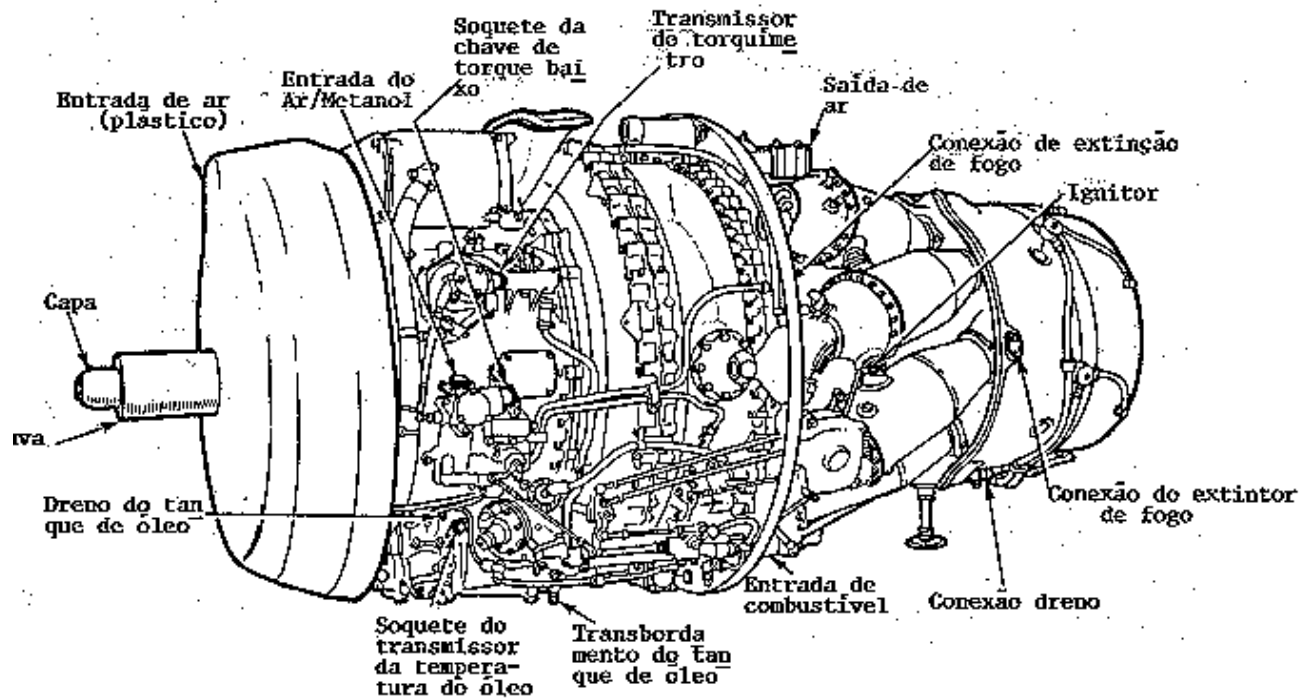


Figura 1-43 Arranjo das câmaras de combustão do tipo caneca.

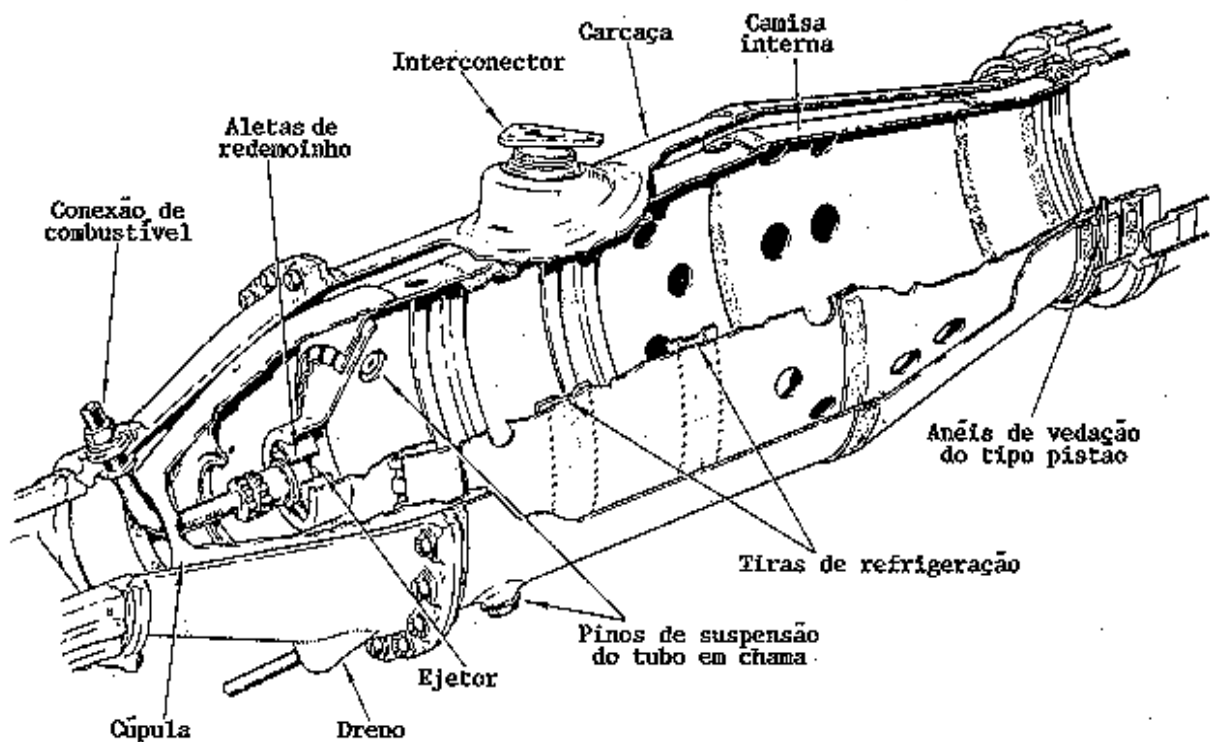


Figura 1-44 Câmara de combustão do tipo caneca.

Cada câmara de combustão tipo caneca consiste de uma carcaça externa, dentro da qual existe uma camisa de aço inoxidável perfurada (resistente a altas temperaturas) ou camisa interna. (ver figura 1-44). A carcaça externa está dividida para facilitar a substituição da camisa. A seção maior ou o corpo da câmara, encaixa a camisa na extremidade de saída, e a tampa da câmara menor encaixa na extremidade frontal ou entrada da camisa.

Os tubos interconectores (propagadores de chama) são peças necessárias das câmaras de combustão tipo caneca.

Uma vez que cada caneca é um queimador separado, operando independentemente de outras canecas, deve haver um meio de espalhar a combustão durante a operação inicial de partida. Isso é conseguido interconectando todas as câmaras, de forma que a chama seja iniciada pelos ignitores em duas das câmaras inferiores, passando através dos tubos e inflamando a mistura de combustível na câmara adjacente.

A ação é continuada até que todas as câmaras estejam queimando.

Os tubos de chama variam em detalhes de construção de um motor para outro, embora os componentes básicos sejam quase idênticos.

Os tubos interconectores são mostrados na figura 1-45. Devemos ter em mente que as câmaras não apenas devem estar interconectadas por um tubo externo (nesse caso uma virola), mas deve haver também um tubo ligeiramente maior, dentro do tubo externo, para interconectar, as camisas das câmaras onde a chama está localizada.

Os tubos externos ou invólucros em volta dos tubos de interconexão da chama, não apenas proporcionam um fluxo de ar entre às câmaras, mas também cumprem uma função isoladora em volta dos tubos de chama.

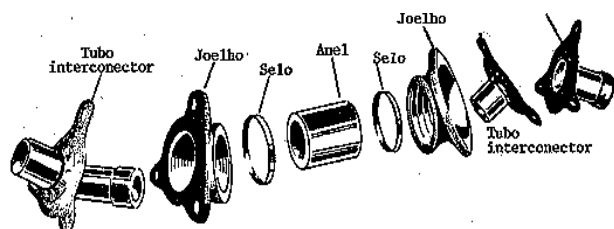


Figura 1-45 Tubos interconectores de chama para câmaras do tipo caneca.

Os ignitores anteriormente mencionados são geralmente dois; e estão localizados em duas câmaras de combustão tipo caneca.

Outro requisito muito importante na construção das câmaras de combustão é prover meios para drenagem do combustível não queimado. Essa drenagem evita a deposição de goma nas tubulações de combustível, bicos injetores e câmaras de combustão.

Esses depósitos são causados pelo resíduo deixado quando o combustível evapora. Provavelmente mais importante é o perigo de explosão (pós chama), se houver acúmulo de combustível após o corte do motor. Se o combustível não for drenado, existe uma grande possibilidade de, na tentativa da partida seguinte, o excesso de combustível na câmara se inflame e a temperatura do tubo de escapamento ultrapasse os limites seguros de operação. As camisas dos combustores tipo caneca (figura 1-44) têm perfurações de tamanhos e formas variados, tendo cada furo um propósito e efeito específicos sobre a propagação da chama dentro da camisa.

O ar que entra na câmara de combustão é dividido entre os próprios furos, venezianas e fendas em duas correntes principais: ar primário e ar secundário.

O ar primário ou de combustão é dirigido dentro da camisa na extremidade frontal, onde se mistura com o combustível e é queimado. O ar secundário ou ar de refrigeração passa entre a carcaça externa e a camisa e se junta aos gases de combustão através dos furos maiores em direção à parte traseira da camisa, resfriando os gases de combustão de cerca de 192°C para aproximadamente 815°C.

Para ajudar na atomização do combustível, são construídos furos em volta dos injetores, na cúpula ou extremidade de entrada da camisa do combustor tipo caneca.

As camisas dispõem também de venezianas ao longo do comprimento do eixo axial para direcionar uma camada de ar de refrigeração ao longo de suas paredes internas.

Essas camadas de ar tendem a controlar a forma da chama mantendo-a centrada na camisa, evitando dessa forma a queima das paredes da camisa.

A figura 1-46 ilustra o fluxo de ar através das venezianas na câmara de combustão anular dupla.

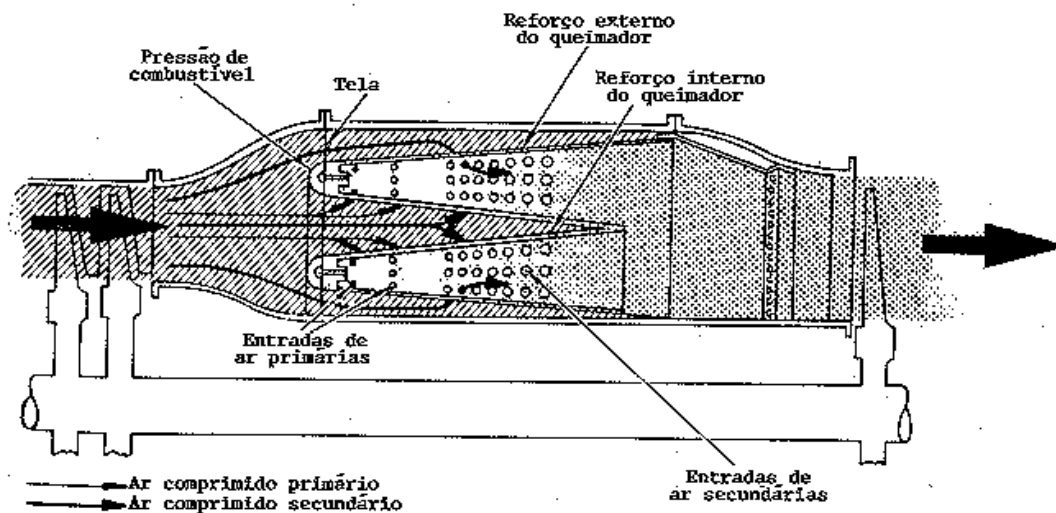


Figura 1-46 Componentes e fluxo de ar de uma câmara anular dupla.

Algumas provisões são feitas na carcaça da câmara de combustão ou no Joelho de saída de ar do compressor, para instalação dos atomizadores de combustível. Os atomizadores distribuem o combustível na camisa numa forma finamente atomizada de borrifio. Quanto mais fino o borrifio, mais rápido e eficiente é o processo de queima.

Dois tipos de atomizadores de combustível correntemente usados em diversos tipos de câmaras de combustão são os atomizadores simples e os atomizadores duplos. As características de construção desses atomizadores estão cobertas em maiores detalhes no Capítulo 3 "Combustível do motor e sistemas de medição de combustível".

A câmara de combustível anular consiste basicamente de um alojamento e uma camisa, assim como a do tipo caneca. A camisa consiste de um anel de contenção circular interior que se estende em volta da parte externa na carcaça do eixo da turbina. A câmara pode ser construída de uma ou mais cestas; isto é, se duas ou mais câmaras forem usadas, elas serão colocadas uma externamente à outra, no mesmo plano radial, por isso, câmara anular dupla. A câmara anular dupla está ilustrada na figura 1-47.

As velas de ignição das câmaras de combustão anulares são do mesmo tipo básico utilizado na câmara tipo caneca, embora os detalhes de construção possam variar. Existem geralmente duas velas instaladas em dois orifícios providos em cada carcaça de câmara. As velas devem ser suficientemente compridas para projetarem-se da carcaça para a coroa circular da câmara de combustão anular dupla.

A câmara de combustão tipo caneca anular é um desenvolvimento Pratt and Whitney para uso em seus motores turbo jato de fluxo axial JT3. Uma vez que esse motor utiliza o compressor carretel bipartido, ele requer uma câmara de combustão capaz de reunir as severas exigências de máxima resistência e comprimento limitado, com elevado rendimento global. Essas exigências são necessárias devido às altas pressões e velocidades do ar presentes nesse tipo de compressor, juntamente com as limitações de comprimento do eixo, explicadas nos dois parágrafos seguintes.

O compressor bipartido requer dois eixos concêntricos ligando os estágios da turbina aos seus respectivos compressores. O compressor frontal ligado aos estágios traseiros da turbina requer o eixo mais comprido.

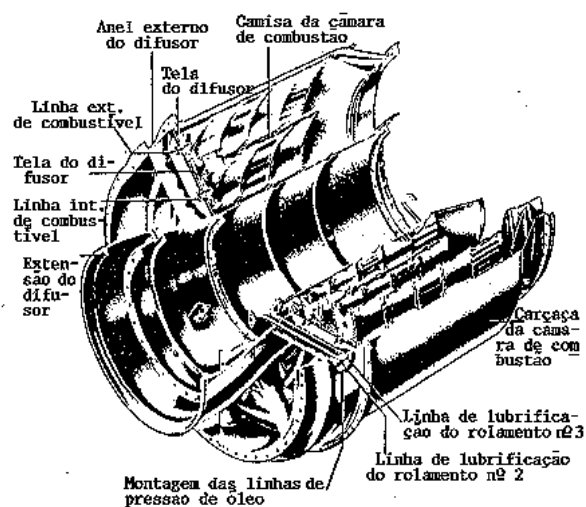


Figura 1-47 Câmara de combustão anular dupla.

Estando esse eixo interno ao outro, uma limitação de diâmetro lhe é imposta, pois a distância entre o compressor frontal e a turbina traseira deve ser limitada se os comprimentos críticos do eixo tiverem que ser evitados.

Uma vez que o compressor e a turbina não são susceptíveis a encurtamentos apreciáveis, a necessária limitação de comprimento do eixo deve ser absorvida pelo desenvolvimento de um novo tipo de queimador. Os projetistas tinham que desenvolver um projeto, que daria a performance desejada numa distância relativa muito menor do que tinha sido previamente designada para esse propósito.

As câmaras de combustão tipo caneca anular são montadas radialmente em volta do eixo do motor, sendo o eixo nesse caso a carcaça do eixo do rotor. A figura 1-48 mostra as vantagens dessa montagem.

As câmaras de combustão estão enclausuradas em um anel de contenção removível de aço, o qual cobre toda a seção do queimador. Essa característica torna os queimadores prontamente disponíveis para qualquer manutenção requerida.

Os queimadores estão interligados por tubos de chama saliente, os quais facilitam o processo de partida do motor (como mencionado anteriormente na familiarização da câmara de combustão tipo caneca). Esses tubos de chama funcionam de forma idêntica aos anteriores discutidos, porém eles diferem em detalhes de fabricação.

A figura 1-48 também mostra que cada câmara de combustão contém uma camisa central perfurada em forma de bala. O tamanho e forma dos furos são projetados para admitir a quantidade correta de ar à velocidade apropriada e no ângulo requerido.

O fundo das câmaras de combustão dispõe de dois orifícios para instalação das velas. Nota-se também, na figura 1-48, como as câmaras de combustão são sustentadas na extremidade posterior por braçadeiras de dutos, as quais prendem esses dutos ao conjunto de atomizadores da turbina.

Voltando a figura 1-48, notamos como a face anterior de cada câmara apresenta seis aberturas alinhadas com seis atomizadores de combustível dos grupos correspondentes. Esses atomizadores são do tipo orifício duplo, reque-rendo o uso de um divisor de fluxo (válvula de

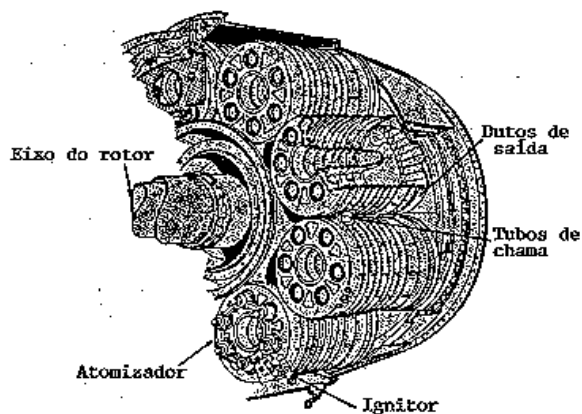


Figura 1-48 Montagem e componentes da câmara de combustão tipo caneca anular.

pressurização), conforme mencionado na discussão sobre a câmara de combustão do tipo caneca. Ao redor de cada atomizador estão aletas de turbilhonamento para imprimir um redemoinho ao combustível pulverizado, o que resulta em melhor atomização desse combustível, melhor queima e maior eficiência.

As aletas de turbilhonamento desempenham duas importantes funções imperativas para a propagação adequada da chama:

- (1) alta velocidade de chama: melhor mistura de ar e combustível, assegurando queima espontânea.
- (2) baixa velocidade do ar, axialmente: o turbilhonamento evita que a chama se propague muito rápido.

As aletas de turbilhonamento ajudam em muito a propagação da chama, uma vez que é desejado um alto grau de turbulência na combustão precoce e nos estágios de refrigeração. A mistura mecânica é também estabelecida para outros fins, tais como colocação de uma tela bruta na saída do difusor, como no caso da maioria dos motores de fluxo axial.

As câmaras de combustão caneca anular também devem ter as válvulas dreno requeridas, localizadas em dois ou mais dos fundos das câmaras, assegurando a drenagem apropriada e a eliminação do combustível residual para a partida seguinte.

O fluxo de ar, através dos orifícios e vanezianas das câmaras caneca anular, é quase idêntico ao fluxo através dos outros tipos de

queimadores. Um sistema especial de deflectores é utilizado para provocar uma turbulência no fluxo de ar. A figura 1-49 mostra o fluxo de ar de combustão, ar de refrigeração do metal e ar diluente ou gás de refrigeração. Prestamos particular atenção para a direção do fluxo de ar indicado pelas setas.



Figura 1-49 Fluxo de ar através de uma câmara anular.

SEÇÃO DA TURBINA

A turbina transforma uma quantidade de energia cinética dos gases de escapamento em energia mecânica, para acionar o compressor e acessórios. Essa é a única finalidade da turbina e, essa função, absorve aproximadamente 60 a 80% da energia total da pressão dos gases de escapamento. A quantidade exata de energia absorvida na turbina é determinada pela carga que é impelida por ela, isto é, do tamanho e do tipo do compressor, da quantidade de acessórios e pela hélice e suas engrenagens de redução, se o motor for turboélice.

A seção da turbina de um motor turbojato está localizada na parte traseira ou à jusante da seção da câmara de combustão. Especificamente, ela está na saída da câmara de combustão.

O conjunto da turbina consiste de dois elementos básicos: o estator e o rotor, como a unidade do compressor. Esses dois elementos são mostrados nas figura 1-50 e 1-51, respectivamente.

O estator é conhecido por uma variedade de nomes, como: aletas guias dos bocais da turbina e aletas guias da turbina. As aletas guias dos bocais da turbina estão localizados após a câmara de combustão, e imediatamente à frente da roda da turbina.

A função das aletas guias da turbina é dupla. Primeiro, depois que a câmara de combustão introduz a energia calorífica na massa de

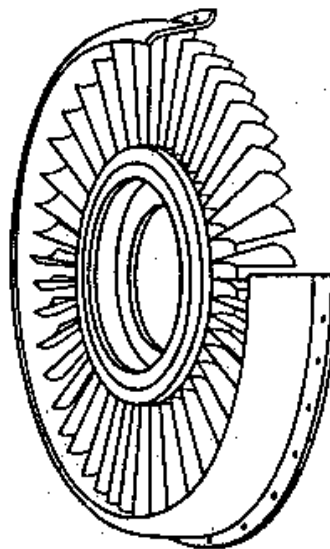


Figura 1-50 Elemento estator do conjunto da turbina.

ar e o distribui igualmente para os bocais ejetores da turbina, o trabalho dos bocais ejetores é preparar o fluxo da massa de ar para acionamento do rotor da turbina. As aletas estacionárias ou aletas guias da turbina, são contornadas e colocadas num ângulo tal que formam uma quantidade de pequenos bocais ejetores descarregando o gás a velocidades extremamente elevadas; assim, os bocais ejetores convertem uma porção variável de calor e energia sob forma de pressão para energia sob forma de velocidade, a qual pode então ser convertida em energia mecânica através das palhetas do rotor.

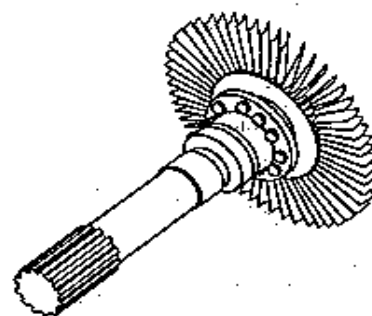
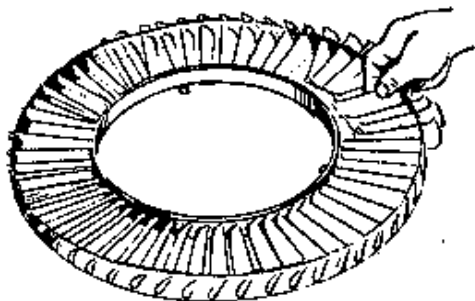


Figura 1-51 Elemento rotor do conjunto da turbina.

A segunda finalidade dos bocais ejetores da turbina é defletir os gases para um ângulo específico na direção de rotação da roda da turbina. Uma vez que o fluxo de gás dos bocais ejetores tem que penetrar no curso das aletas da turbina enquanto ela ainda está girando, é essencial dirigir o gás na direção de rotação da turbina.

O conjunto de bocais ejtores da turbina consiste de um anel de contenção interno e outro externo, entre os quais são fixadas as aletas.

O número de aletas empregadas varia com os diferentes tipos e tamanhos dos motores. A figura 1-52 ilustra ejtores de turbina típicos com aletas livres e soldadas.



A - Aletas ejtoras da turbina do tipo livres.



B - Aletas ejtoras da turbina do tipo soldadas

Figura 1-52 Conjuntos típicos de aletas ejtoras da turbina.

As lâminas ou aletas dos ejtores da turbina podem ser montadas entre os anéis de contenção interno e externo numa variedade de formas. Embora os elementos reais possam variar levemente em sua configuração e características de construção, existe uma característica peculiar para todos os bocais ejtores de turbina; isto é, as aletas têm que ser construídas para permitir a expansão térmica.

Por outro lado, pode haver severas distorções ou empenamento dos componentes de metal devido às rápidas mudanças de temperatura.

A expansão térmica dos bocais da turbina é consumada por diversos métodos. Um método necessita que as aletas sejam montadas livremente nos anéis de contenção interno e externo. (ver figura 1-52 A).

Cada aleta assenta em uma fenda contornada nos anéis de contenção, as quais estão em conformidade com a forma de aerofólio das aletas. Essas fendas são ligeiramente maiores que as aletas para proporcionar uma folga. Para

proteção adicional, os anéis de contenção estão envolvidos por um anel protetor interno e um externo, os quais dão um aumento de resistência e rigidez. Esses anéis de proteção também facilitam a remoção de cada aleta; de outra forma, elas se soltariam na medida em que os anéis de contenção fossem removidos.

Outro método de construção para permitir a expansão térmica é fixar as aletas nos anéis de contenção interno e externo; contudo nesse método, as aletas são soldadas ou rebitadas na posição (ver figura 1-52 B). Alguns recursos devem ser providos para permitir a expansão; por tanto ou anel de contenção interno ou o externo é partido em segmentos. Esses cortes, dividindo os segmentos, irão permitir expansão suficiente para evitar esforço e empenamento das aletas.

O rotor da seção da turbina consiste essencialmente de um eixo e uma roda. (ver figura 1-51).

A roda da turbina é uma unidade balanceada dinamicamente, consistindo de lâminas presas a um disco rotativo. O disco, por sua vez, está preso ao eixo principal de transmissão de potência do motor. O jato de gases, deixando as aletas dos bocais da turbina agem sobre as lâminas da roda da turbina, causando à rotação do conjunto uma taxa de velocidade bastante elevada. A elevada velocidade de rotação impõe severas cargas centrífugas sobre a roda da turbina e, ao mesmo tempo, as elevadas temperaturas resultam em uma diminuição da resistência do material. Consequentemente, a rotação e a temperatura devem ser controladas para manter a operação da turbina dentro dos limites de segurança.

Referimo-nos ao disco da turbina, como se ela estivesse sem as palhetas. Quando as aletas da turbina são instaladas, então o disco torna-se a roda desta. O disco atua como um componente de ancoragem para as lâminas. Uma vez que o disco é aparafusado ou soldado ao eixo, as lâminas podem transmitir ao rotor a energia extraída dos gases de escapeamento.

A extremidade do disco é exposta aos gases quentes, que passam através das lâminas, e absorve quantidade de calor considerável desses gases. Além disso, a extremidade também absorve calor das lâminas da turbina por condução. Portanto, as temperaturas das extremidades dos discos são normalmente altas e bem acima das temperaturas das partes mais

internas do disco. Como resultado desses gradientes de temperatura, tensões térmicas são adicionadas às tensões de rotação.

Existem diversas maneiras de aliviar, ao menos parcialmente, as tensões acima mencionadas. Uma delas é sangrar o ar de refrigeração atrás da face do disco.

Outro método de aliviar a tensão térmica do disco é a casual instalação das aletas. Uma série de ranhuras ou entalhes, de acordo com o projeto da raiz da lâmina, são abertos na extremidade do disco. Essas ranhuras prendem as aletas da turbina ao disco, e, ao mesmo tempo, provê um espaço através dos entalhes para a expansão térmica dos discos. Existe folga suficiente entre a raiz das aletas e os entalhes para permitir o movimento das aletas quando o disco está frio. Durante a operação do motor, a expansão do disco diminui a folga. Isso faz com que a raiz da aleta fique justa na borda do disco.

O eixo da turbina, ilustrado na figura 1-51, é geralmente fabricado de liga de aço. A liga deve ser capaz de absorver os altos torques que são exercidos, quando é dada partida num compressor de fluxo axial. Os métodos de fixar o eixo ao disco da turbina são variáveis. Em um método, o eixo é soldado ao disco, o qual tem uma parte mais grossa ou protuberância existente para a fixação. Um outro método é através de parafusos, esse requer que o eixo tenha um cubo o que coincida com a superfície usinada na face do disco. Os parafusos são então inseridos através de orifícios no cubo do eixo, e fixados em orifícios com rosca interna nos discos. Dos dois métodos, o último é o mais comum.

O eixo da turbina deve ter alguns meios para ligação ao cubo do rotor do compressor. Isso é geralmente feito por um rasgo de chaveta na parte dianteira do eixo. A chaveta encaixa no entalhe entre o compressor e o eixo da turbina. Se não for utilizado esse método, a extremidade estriada do eixo da turbina pode ser presa ao encaixe ranhurado no cubo do rotor do compressor. Esse arranjo estriado é utilizado quase exclusivamente nos motores de compressor centrífugo, enquanto os motores de compressor axial podem usar qualquer um dos métodos descritos. Existem diversos meios de fixar palhetas, alguns similares à fixação das aletas do compressor.

O método mais satisfatório usado é o formato pinheiro, mostrado na figura 1-53.

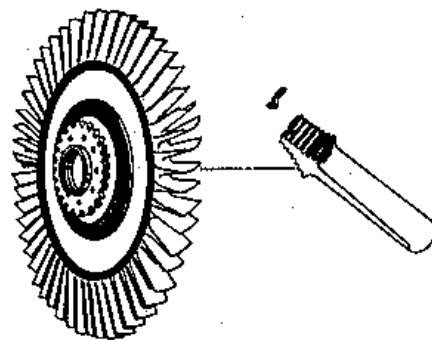


Figura 1-53 Palheta da turbina com formato de pinheiro e o método de freno para retenção.

As palhetas são presas às suas respectivas ranhuras por uma variedade de métodos; alguns dos mais comuns são martelagem, soldagem, frenagem e rebitagem. A figura 1-54 mostra uma roda de turbina típica, usando rebitagem para retenção das palhetas.

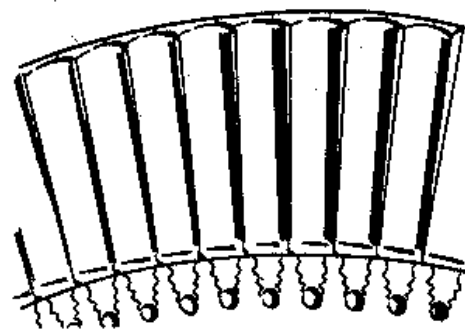


Figura 1-54 Método de rebitagem para retenção da palheta da turbina.

O método de martelagem para retenção das palhetas é utilizado frequentemente em várias formas. Uma das mais comuns aplicações da martelagem requer que se faça um pequeno entalhe na raiz da palheta tipo pinheiro, antes da sua instalação.

Após a aleta ter sido inserida no disco, o entalhe é preenchido pelo metal do disco, o qual "flui" por um sinal de punção feito no disco, adjacente ao entalhe. A ferramenta empregada para esse serviço é idêntica a um punção de centro.

Outro método de retenção de palheta é construir sua raiz, de forma que a aleta contenha todos os elementos necessários à sua retenção. Esse método, ilustrado na figura 1-55,

mostra que a raiz da aleta tem um batente em sua extremidade, de forma que a aleta possa ser inserida e removida apenas em uma direção, enquanto a extremidade oposta é uma espiga. Essa espiga é dobrada para fixar a aleta no disco.

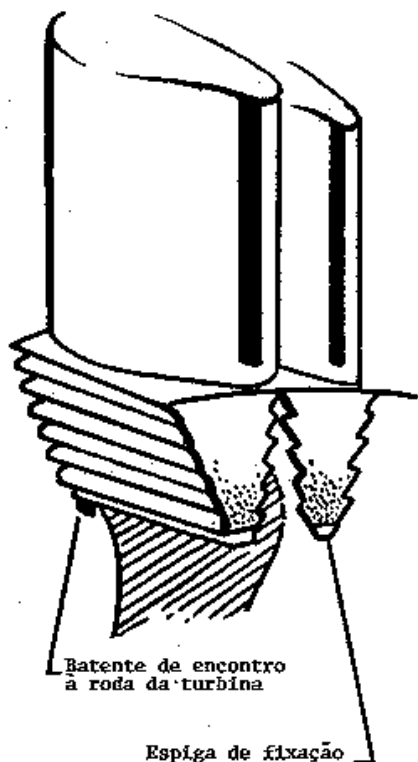


Figura 1-55 Método de batente espiga para retenção das palhetas da turbina.

As palhetas da turbina podem ser forjadas ou fundidas, dependendo da composição da liga. A maioria das aletas são fundidas com precisão e usinadas para a forma desejada.

A maioria das palhetas são abertas no seu perímetro externo; contudo, um segundo tipo denominado turbina reforçada é algumas vezes utilizado. As palhetas de turbinas reforçadas, de fato formam uma cinta no perímetro externo da roda da turbina. Isso mediante a eficiência e características de vibração, e permite menor peso dos estágios; por outro lado, limita a velocidade da turbina e requer mais lâminas (ver figura 1-56). Na fabricação do rotor da turbina, ocasionalmente é necessário a utilização de turbinas de mais de um estágio. Uma roda de turbina simples frequentemente não é capaz de absorver potência suficiente dos gases de escape para acionar os componentes que dependem da turbina para obter a potência de rotação, e assim, fazem-se necessários estágios de turbina adicionais.

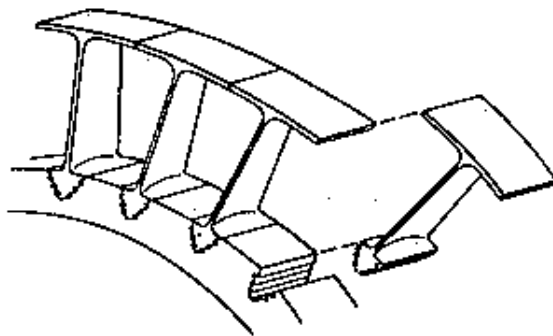


Figura 1-56 Palhetas de turbina do tipo reforçadas.

Um estágio de turbina consiste de uma fileira de aletas estacionárias, seguida de uma fileira de lâminas rotativas. Em alguns modelos de motores turboélice, tanto quanto cinco estágios de turbina, têm sido utilizados com sucesso. Deve ser lembrado que independentemente do número de rodas necessárias para o acionamento dos componentes do motor, existe sempre um bocal ejetor da turbina precedendo cada roda.

Conforme descrito na discussão sobre estágios da turbina, o uso ocasional de mais de uma roda de turbina justifica-se nos casos de pesadas cargas rotacionais. Deve ser assinalado que as mesmas cargas que necessitam turbinas de múltiplos estágios, frequentemente fazem com que se torne vantajosa a incorporação de compressores com múltiplos rotores.

Nas turbinas de rotor com estágio simples (figura 1-57), a potência é desenvolvida por um rotor, e todas as peças acionadas pelo motor são acionadas por essa roda simples. Essa montagem é usada em motores onde predomina a necessidade de baixo peso e compacticidade.

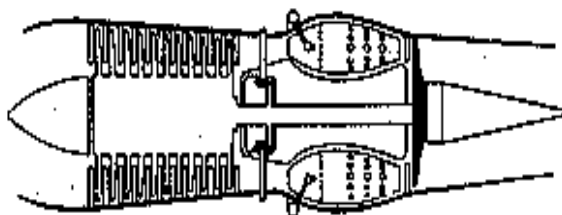


Figura 1-57 Rotor da turbina de estágio simples.

Na turbina com múltiplos rotores a potência é desenvolvida por dois ou mais. É possível cada rotor de turbina acionar uma peça separada do motor. Por exemplo, uma turbina de rotor triplo pode ser montada de forma que a primeira turbina acione a metade traseira do com-

pressor e acessórios, a segunda turbina acione a metade frontal do compressor e a terceira turbina forneça potência para uma hélice. (ver a figura 1-58).

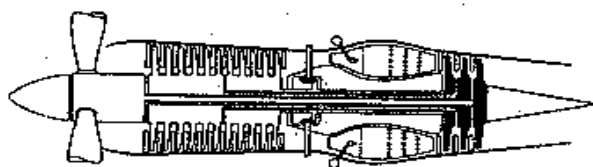


Figura 1-58 Rotor da turbina de múltiplo estágio. (Triplo).

A montagem do rotor para uma turbina com rotor duplo, como os requeridos para um compressor carretel bipartido, é similar à montagem da figura 1-58. A diferença é que onde é usada a terceira turbina para uma hélice, na figura 1-58, seria unida com a segunda turbina para formar uma turbina de dois estágios para acionamento do compressor dianteiro. Essa montagem é mostrada na figura 1-59.

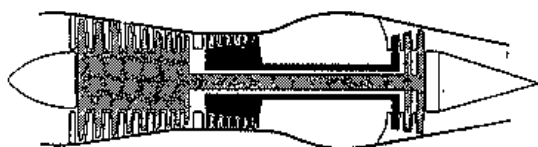


Figura 1-59 Turbina de duplo rotor para compressor carretel bipartido.

O elemento restante a ser discutido, concernente à familiarização com a turbina é a carcaça da turbina ou invólucro. Esta encerra a roda da turbina e o conjunto de aletas orientadoras e ao mesmo tempo apoia direta ou indiretamente os elementos estatores da seção da turbina.

A carcaça sempre dispõe de flanges nas partes dianteira e traseira para fixação, por parafusos ao invólucro da câmara de combustão e ao conjunto do cone de escapamento, respectivamente. Uma carcaça de turbina está ilustrada na figura 1-60.

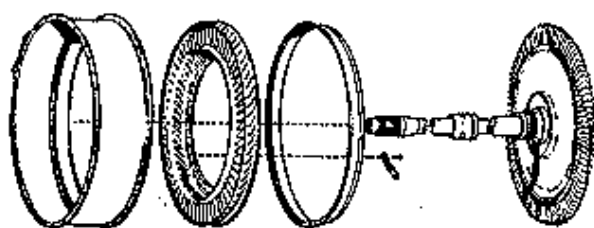


Figura 1-60 Conjunto de carcaça de turbina.

SEÇÃO DE ESCAPAMENTO

A seção de escapamento de um motor turbo jato é constituída de diversos componentes, cada um tendo suas funções individuais. Embora os componentes tenham propósitos individuais, eles também têm uma função comum: eles têm que dirigir o fluxo de gases quentes para trás, de maneira a evitar turbulência e ao mesmo tempo conceder uma alta velocidade final ou de saída para os gases.

Na execução de cada função, cada componente afeta o fluxo de gases de diferentes formas, como descrito nos parágrafos seguintes.

A seção de escapamento está localizada atrás da seção da turbina, e termina quando os gases são ejetados na parte traseira, na forma de um jato de alta velocidade. Já incluídos como componentes da seção de escapamento, o cone, o tubo de saída (se requerido), bocal ou jato de escape.

Cada componente é discutido individualmente.

O cone de escapamento coleta os gases descarregados da palheta da turbina e, gradualmente, converte esses gases num jato sólido. Durante esse processo, a velocidade dos gases é ligeiramente diminuída, e sua pressão aumentada. Isso se deve à passagem divergente entre o duto externo e o cone interno, ou seja, a área anular entre as duas unidades aumenta para trás.

O conjunto do cone de escapamento consiste de um revestimento externo ou duto, um cone interno, três ou quatro longarinas radiais ocas ou aletas, e a quantidade necessária de tirantes para ajudar as longarinas a suportar o cone interno do duto.

O revestimento externo, ou duto, é geralmente fabricado de aço inoxidável, e é preso ao flange traseiro da carcaça da turbina. Esse elemento coleta os gases de escape e distribui esses gases, ou diretamente, ou via tubo de saída, para o bocal de descarga, dependendo naturalmente de ser ou não requerido o tubo de saída. Em alguns tipos de instalação de motores não é requerido o tubo de saída.

Por exemplo, quando o motor é instalado em nacele, é requerido apenas um tubo de saída curto, caso em que o duto de escapamento e o bocal de descarga serão suficientes.

O duto deve ser construído de forma a incluir características, como um predeterminado número de saliências dos pares térmicos do tubo de escape, e deve haver também orifícios para inserir os tirantes de sustentação. Em alguns casos, não são utilizados tirantes para sustentação do cone interno. Se for o caso, as longarinas ocas proporcionam a base de sustentação do cone interno, sendo soldadas por pontos, posicionadas para a superfície interna do duto e cone interno, respectivamente. (ver figura 1-61).

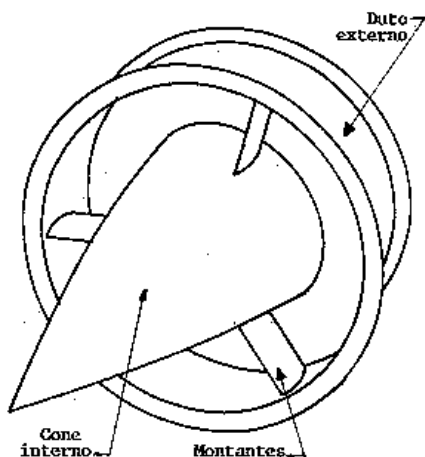


Figura 1-61 Coletor de escape com suporte soldados.

As longarinas radiais têm uma função duplicada. Elas não apenas fixam o cone interno ao duto de escape, como também desempenham a importante missão de alinhamento dos gases de escape, que, de outra forma, deixariam a turbina a um ângulo de aproximadamente 45°.

O cone interno de localização central é fixado junto à face traseira do disco da turbina, evitando a turbulência dos gases quando eles deixam a roda da turbina. O cone é suportado por longarinas radiais. Em algumas configurações um pequeno orifício está localizado na extremidade de saída do cone. Esse orifício permite que o ar de refrigeração circule da traseira do cone, onde a pressão de ar na roda da turbina é relativamente alta, para o interior do cone, e consequentemente, contra a face da roda da turbina. O fluxo de ar é positivo, já que a pressão de ar na roda da turbina é relativamente baixa devido sua rotação, garantindo, assim, a circulação do ar. Os gases utilizados para refrigeração da roda da turbina retornam ao trajeto de escoamento principal, passando

através da folga entre o disco da turbina e o cone interno.

O conjunto do cone de escape completa o motor básico. Os componentes restantes (bocal de descarga e bocal ejetor) são geralmente considerados componentes da fuselagem. O bocal de descarga é utilizado primeiramente para fazer com que os gases escapem da fuselagem. A utilização do bocal de escape impõe uma penalidade à eficiência de operação do motor, na forma de perdas de calor e atrito. Essas perdas materialmente afetam a velocidade final dos gases de escape e consequentemente, o empuxo.

O bocal de escape termina em um bocal ejetor que está à frente da extremidade da fuselagem. A maioria das instalações utiliza um escape dirigido simples, em oposição às saídas de escape duplas, para obter as vantagens de baixo peso, simplicidade e perdas mínimas no duto (ver a figura 1-62).

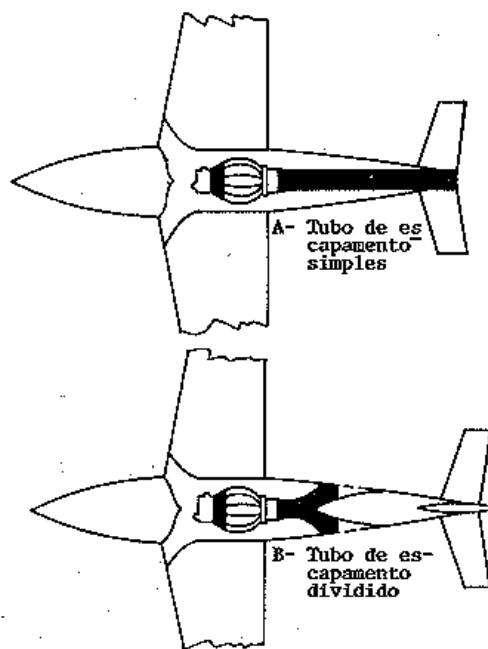


Figura 1-62 Tipos de tubos de escape.

O bocal de descarga é geralmente fabricado com características semiflexíveis. Mais uma vez, a necessidade dessas características depende do seu comprimento.

Nos bocais de escape extremamente compridos, uma montagem de foles é incorporada à sua construção, permitindo movimentos tanto na instalação quanto na manutenção, além da expansão térmica. Isso elimina as tensões e deformações que, de outra forma, estariam presentes.

A irradiação de calor do cone e bocal de escapamento pode danificar os componentes da estrutura em volta dessa unidade. Por essa razão, alguns processos de isolamento devem ser idealizados. Existem diversos métodos disponíveis para proteção da estrutura da fuselagem, sendo os dois mais comuns, a manta de isolamento e as proteções de isolamento.

As mantas de isolamento, ilustradas nas figura 1-63 e 1-64, consistem de diversas camadas de lâminas de alumínio, cada uma separada por uma camada de lã de vidro ou algum outro material adequado. Embora essas mantas protejam a fuselagem da irradiação de calor, elas são utilizadas, inicialmente, para reduzir perdas de calor do sistema de escapamento. A redução de perdas de calor melhora o desempenho do motor. Uma manta de isolamento típica, e as temperaturas na seção de escapamento, são mostradas na figura 1-64. Essa manta contém fibra de vidro como material de baixa condutância e lâminas de alumínio como blindagem de irradiação. A manta deve ser convenientemente coberta para evitar que seja impregnada com óleo.

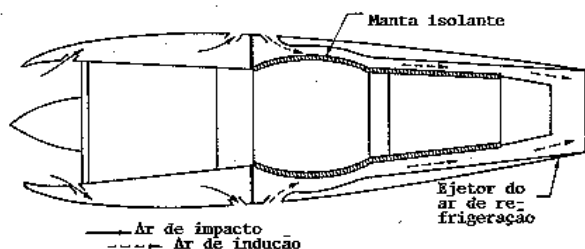


Figura 1-63 Sistema de escapamento com manta isolante.

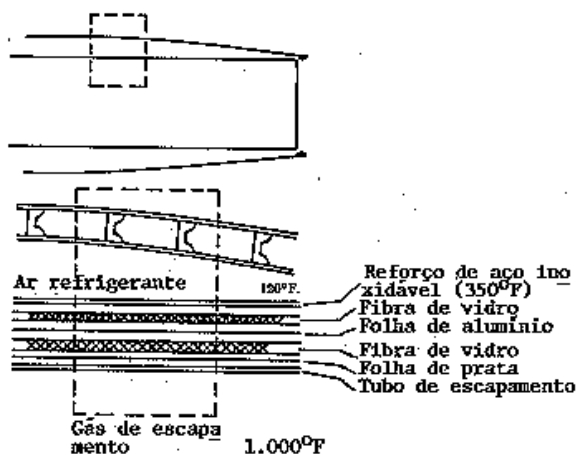


Figura 1-64 Manta isolante com as temperaturas encontradas nas diferentes localizações.

A proteção do calor consiste de um invólucro de aço inoxidável contornando todo o sistema de escapamento (ver figura 1-65).

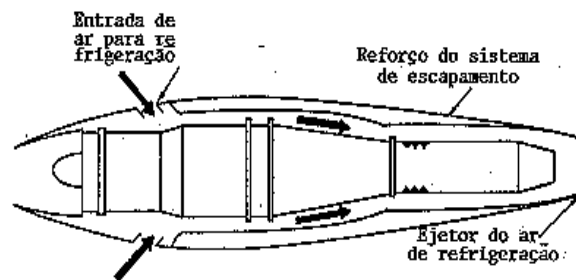


Figura 1-65 Reforço do sistema de escapamento.

O escapamento imprime aos gases um importante reforço final da velocidade. O injetor, como o turbo de saída, não está incluído como parte do motor básico, mas sim como componente da fuselagem.

Ele, também, está preso à parte traseira do tubo de saída como requerido, ou ao flange traseiro do duto de escapamento, se o tubo de saída não for necessário.

Existem dois tipos de projetos de bocal ejetor: convergente, para velocidades subsônicas dos gases; e convergente-divergente, para velocidades supersônicas dos gases. Tudo é discutido com maiores detalhes no capítulo 2 "Sistemas de indução e escapamento".

A abertura do ejetor pode ser de área fixa ou de área variável. O de área fixa é o mais simples dos dois. Uma vez que não existem peças móveis, nenhum ajuste nas áreas dos ejetores deve ser feito mecanicamente.

Ajustes na área dos ejetores são algumas vezes necessários, porque o tamanho do orifício de saída afeta diretamente a temperatura de operação do motor. Quando necessário, um ejetor de área fixa pode ser ajustado de diversas formas.

Um método de mudar essa área, é a utilização de compensadores, os quais são instalados dentro do ejetor e presos por parafusos.

Os compensadores são de tamanhos e curvaturas variáveis.

Os diferentes tamanhos de compensadores permitem a variação na área do ejetor, variando os incrementos.

Assim, através da experiência, um mecânico pode fazer o motor funcionar à máxima velocidade com uma combinação de compensadores, verificar a temperatura e substituir

outra combinação para completar uma temperatura deficiente ou corrigir uma temperatura em excesso.

SUBCONJUNTOS MAIORES

Os conjuntos incluídos na discussão que se segue são parte integral, ou uma combinação dos componentes, os quais contêm as seções principais do motor turbojato.

Difusor

O difusor é a seção divergente do motor. Tem a importante função de trocar a alta velocidade do ar de descarga do compressor para pressão estática. Isso prepara o ar para entrar nos queimadores à baixa velocidade, de forma que irá queimar sem que apague.

Adaptadores de ar

Os adaptadores de ar do compressor centrífugo estão ilustrados na figura 1-37 juntamente com o difusor. O propósito dos dutos de saída de ar é distribuir o ar do difusor para as câmaras de combustão individuais, tipo caneca. Em alguns casos, os injetores de combustível ou plugs de ignição também estão montados no duto de escape.

Rotor do motor

O rotor do motor é uma combinação dos rotores do compressor e da turbina em um eixo comum, o eixo comum liga os eixos da turbina e do compressor por um método conveniente. O rotor está apoiado por mancais, os quais estão apoiados em convenientes caixas de mancais

Mancais principais

Os mancais principais têm a função crítica de suportar o rotor principal.

O número necessário de mancais para suportar o motor adequadamente, e para a maioria das peças, será decidido pelo comprimento e peso do rotor.

O comprimento e peso são afetados diretamente pelo tipo de compressor usado no motor. Naturalmente, um compressor axial bi-

partido irá requerer maior apoio que um compressor centrífugo.

Provavelmente o número mínimo de mancais requeridos seria três, enquanto alguns dos modelos mais modernos de compressor axial bi-partido requerem seis ou mais.

Os rotores de turbina a gás são geralmente suportados, ou por mancais de esferas, ou de roletes. Mancais hidrodinâmicos ou tipo deslizante estão recebendo alguma atenção quanto ao uso em turbinas, onde a velocidade de operação do rotor aproxima-se de 45.000RPM e onde são previstas excessivas cargas nos mancais durante o vôo (ver figura 1-66). Em geral, os mancais antifricção de esferas ou roletes são preferidos, uma vez que eles:

- (1) oferecem pouca resistência à rotação;
- (2) facilitam a precisão de alinhamento dos elementos rotativos;
- (3) são relativamente baratos;
- (4) são facilmente substituídos;
- (5) resistem as sobrecargas momentâneas;
- (6) são de fácil refrigeração, lubrificação e manutenção;
- (7) acomodam tanto cargas radiais quanto axiais;
- (8) são relativamente resistentes a temperaturas elevadas.

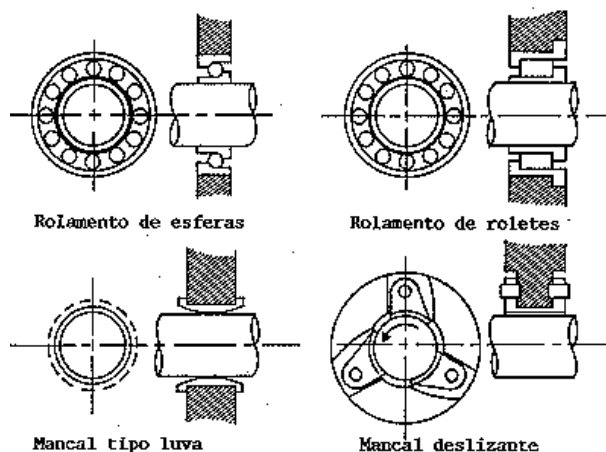


Figura 1-66 Tipos de mancais principais usados para suportar o rotor de turbina a gás.

Suas principais desvantagens são a vulnerabilidade a materiais estranhos e a tendência a falhas sem aviso antecipado.

Geralmente os mancais de esferas são posicionados no eixo do compressor ou no da

turbina, de forma que possam absorver quaisquer cargas (trações) axiais ou radiais. Devido os mancais de roletes apresentarem uma superfície trabalhante maior, eles são melhor equipados para suportar cargas radiais que cargas de tração. Portanto, eles são utilizados primariamente para esse propósito.

Um conjunto típico de mancais de esferas ou de roletes inclui um alojamento de sustentação, o qual deve ser fortemente construído e apoiado, de forma a suportar as cargas radial e axial do veloz movimento do rotor.

O alojamento do mancal geralmente contém selos para evitar vazamentos de óleo, do seu caminho ou fluxo normal. Ele também distribui o óleo para os mancais para sua lubrificação, geralmente através de pulverizadores.

O selo de óleo pode ser o labirinto ou do tipo fio helicoidal. Esses selos também podem ser pressurizados para minimizar o vazamento de óleo ao longo do eixo. O selo labirinto é geralmente pressurizado, porém o selo helicoidal depende apenas do rosqueamento reverso para impedir o vazamento. Esses dois tipos de selos são similares, diferindo apenas no tamanho do fio, e no fato de que o selo labirinto é pressurizado.

Outro tipo de selo de óleo utilizado em alguns dos motores mais recentes é o selo de carbono. Esses selos são geralmente carregados por mola e são similares quanto ao material e aplicação às escovas de carvão utilizadas em motores elétricos. Os selos de carbono apoiam-se numa face provida para criar uma cavidade selada para o mancal; com isso, evitando o vazamento de óleo ao longo do eixo no fluxo de ar do compressor ou seção da turbina.



Figura 1-67 Selo de carbono para óleo.

O mancal é geralmente provido de uma face de assentamento usinada no eixo apropriado. Ele é, geralmente, travado na posição por uma arruela de aço ou outro dispositivo de trava adequado.

O eixo do rotor também provê um revestimento ajustado para o selo de óleo no alojamento do mancal.

Esses revestimentos usinados são chamados estrias e se encaixam no selo de óleo, embora sem tocá-lo realmente. Se ocorrer roçamento, resultará em desgaste e vazamento.

MOTOR TURBOÉLICE

O motor turboélice é a combinação de uma turbina a gás e uma hélice. Motores turboélice são basicamente similares aos turbojatos, já que ambos têm um compressor, câmara de combustão, turbina e um pulverizador, todos operando da mesma forma em ambos os motores.

Contudo, a diferença é que a turbina no motor turboélice geralmente tem mais estágios que a do motor turbojato. Além disso, para operar o compressor e acessórios, a turbina turbopropulsora transmite potência aumentada para a frente através de um eixo e um trem de engrenagem para acionar a hélice. A força maior é gerada pelos gases de escape passando através dos estágios adicionais da turbina.

Fazemos referência a figura 1-58, a qual mostra uma turbina multirotor com eixos coaxiais para acionamento independente do compressor e da hélice.

Embora existam três turbinas utilizadas nessa ilustração, nada mais que cinco estágios de turbina têm sido usados para acionar os dois elementos rotores, hélice e os acessórios.

Os gases de escape também contribuem para a potência entregue pelo motor através da reação, embora a quantidade de energia disponível para o empuxo seja consideravelmente reduzida.

Uma vez que os componentes básicos de um turbojato ou turboélice diferem apenas ligeiramente quanto às características de projeto, seria simples aplicar os conhecimentos obtidos do turbojato ao turboélice.

O motor turboélice típico pode ser separado em conjuntos, como se segue:

- (1) o conjunto da seção de potência, o qual contém os componentes maiores usuais dos motores de turbina a gás (compressor, câmara de combustão, turbina e seção de escapamento).
- (2) o conjunto da caixa de engrenagens ou engrenagens de redução, o qual contém aquelas seções peculiares à configuração do turboélice.

- (3) o conjunto do torquímetro, o qual transmite o torque do motor para a caixa de engrenagens da seção de redução.
 - (4) o conjunto acionador de acessórios.
- Esses conjuntos estão ilustrados na figura 1-68.

O motor turboélice pode ser usado com diferentes configurações. .

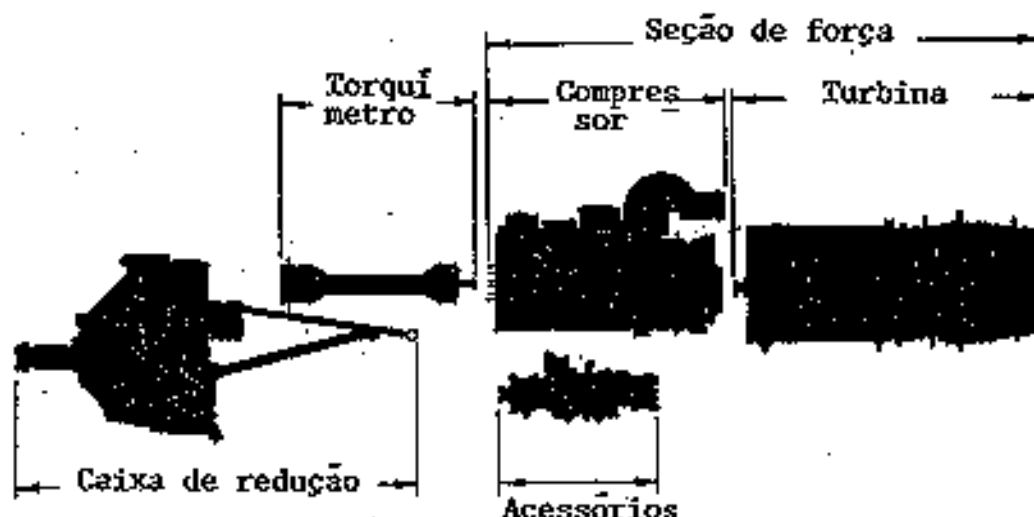


Figura 1-68 Conjuntos de componentes principais de um motor turboélice.

Ele é frequentemente utilizado em aeronaves de transporte, mas pode ser adaptado para utilização em aeronaves monomotoras

MOTORES A TURBINA

Um motor de turbina a gás, que entrega potência através de um eixo para acionar alguma coisa além da hélice é chamado de motor à turbina. Motores à turbina são similares aos motores turboélices.

A potência de decolagem pode ser acoplada diretamente à turbina do motor, ou o eixo pode se acionado por uma turbina livre, localizada no fluxo de escapamento.

A turbina livre gira de forma independente. Esse princípio é utilizado extensivamente na produção corrente de motores à turbina. O motor à turbina é muito utilizado em helicópteros.

MOTORES TURBOFAN

O motor turbofan (fig. 1-69) é, a princípio, o mesmo que o turboélice, exceto que a hélice é substituída por uma ventoinha axial do duto. A ventoinha pode ser parte das palhetas do primei-

ro estágio do compressor ou pode ser montada como um conjunto separado de palhetas. As palhetas podem ser montadas à frente do compressor ou atrás da roda da turbina.

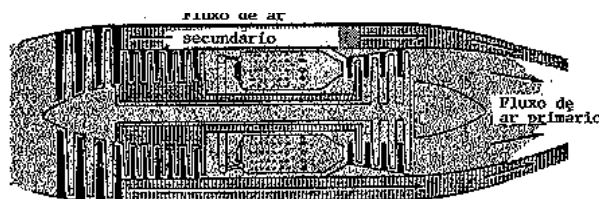


Figura 1-69 Motor turbofan com ventoinha à frente.

O princípio geral do motor turbofan é converter o máximo de energia do combustível em pressão. Com o máximo de energia convertida em pressão, um maior produto pressão vezes área pode ser obtido. Um das grandes vantagens é que o turbofan produz esse empuxo adicional sem aumento do fluxo de combustível. O resultado final é economia de combustível com consequente aumento no alcance.

Devido ao fato da energia do combustível ser transformada em pressão no motor turbofan, outro estágio deve ser acionado na turbina (para prover a potência para adicionamento na vento-

inha), e assim, aumentar a expansão através da turbina. Isso significa que haverá menos energia perdida e menos pressão atrás da turbina. Também os pulverizadores devem ter maior área. O resultado final é que o motor principal não desenvolve tanto empuxo quanto o motor turbojato direto. A ventoinha então compensa a diminuição no empuxo do motor principal. Dependendo do projeto da ventoinha, ela produzirá algo em torno de 50% de empuxo total dos motores turbofan.

Em um motor de 18.000 libras de empuxo, cerca de 9000 libras serão desenvolvidas pela ventoinha, e as 9000 libras remanescentes pelo motor principal. O mesmo motor turbojato básico sem uma ventoinha desenvolverá cerca de 12.000 libras de empuxo.

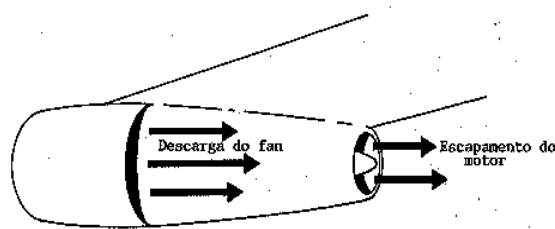


Figura 1-70 Instalação de motor turbofan com ventoinha à frente.

Dois diferentes projetos de conduto são utilizados com motores turbofan. O ar que deixa a ventoinha pode ser conduzido por cima da borda (figura 1-70) ou externamente à carcaça do motor básico para ser descarregado através dos pulverizadores. O ar da ventoinha é misturado com os gases de escape antes de ser descarregado ou vai diretamente para a atmosfera, sem que antes seja misturado.

O turbofan, algumas vezes chamado de jatofan está se tornando o motor de turbina a gás mais usado. O turbofan é um compromisso entre a operação eficiente, uma alta capacidade de empuxo de um turboélice e a alta velocidade e capacidade de grande altitude de um turbojato.

PRINCÍPIOS DE OPERAÇÃO DO MOTOR A TURBINA

O princípio usado por um motor turbojato quando ele provê força para mover um avião, baseia-se na segunda lei de Newton. Essa lei mostra que uma força é requerida para acelerar uma massa; portanto, se um motor acelerar uma massa de ar, ele aplicará uma força à aeronave.

Os motores a hélice e turbojatos têm uma relação muito próxima. A hélice gera empuxo dando uma aceleração relativamente pequena a uma grande quantidade de ar. O motor turbojato alcança o empuxo, imprimindo maior aceleração a uma menor quantidade de ar.

A massa de ar é acelerada dentro do motor pelo uso de um ciclo de fluxo contínuo. O ar ambiente entra pelos difusores onde é sujeito a trocas de temperatura, pressão e velocidade; causado pelo efeito do impacto. O compressor então, aumenta a pressão e a temperatura do ar, mecanicamente.

O ar continua à pressão constante para a seção dos queimadores, onde a sua temperatura é aumentada pela queima do combustível. A energia é tomada dos gases quentes pela expansão através de uma turbina que aciona um compressor, e, expandindo-se através de um tubo, projetado para descarregar os gases de escape à alta velocidade para produzir empuxo.

O jato de alta velocidade de um motor turbojato pode ser considerado uma bobina contínua, imprimindo força contra a aeronave na qual está instalado, dessa forma produzindo empuxo. A fórmula para empuxo pode ser derivada da segunda lei de Newton, a qual estabelece que a força é proporcional ao produto da massa pela aceleração. Essa lei é expressa na fórmula:

$$F = M \times A$$

Onde:

F = força em Newtons

M = massa em quilograma

A = aceleração em metro por segundo ao quadro

Na fórmula acima, "massa" é similar a "peso", porém é realmente uma quantidade diferente.

Massa se refere a uma quantidade de matéria, enquanto peso se refere à atração da gravidade sobre aquela quantidade de matéria. Ao nível do mar, sob condições padrão, um quilo de massa terá o peso de um quilo.

Para calcular a aceleração de uma dada massa, a constante gravitacional é usada como unidade de comparação. A força da gravidade é $9,8 \text{ m/s}^2$. Isso significa que um objeto de um quilo, em queda livre, terá uma razão de aceleração de 9,8 metros por segundo, a cada segundo que a gravidade agir sobre ela.

Uma vez que a massa do objeto é de um quilo, o qual é também a força real imprimida a

ela pela gravidade, podemos assumir que a força de um Newton irá acelerar um objeto de um quilograma à razão de 9,8 metros por segundo ao quadrado.

Também uma força de 10 Newtons irá acelerar uma massa de 10 quilogramas à razão de 9,8 metros por segundo quadrado. Isso, considerando que não existe atrito ou outra resistência a ser vencida. Está agora evidente que a razão de uma força (em Newtons) está para a massa (em quilograma) como a aceleração em metros por segundo ao quadrado está para 9,8. Usando “m” para representar a massa em quilograma, a fórmula pode ser expressa assim:

$$\frac{F}{M} = \frac{A}{g}$$

ou,

$$F = \frac{M \cdot A}{g}$$

onde:

F = força

M = massa

A = aceleração

g = gravidade

Em qualquer fórmula envolvendo trabalho, o fator tempo tem que ser considerado. É conveniente ter sempre fatores em unidades equivalentes, ou seja, segundo, minuto ou hora. No cálculo de empuxo, o termo "quilograma de ar por segundo" é conveniente, uma vez que o fator tempo é o mesmo que o tempo na força de gravidade, isto é, segundo.

EMPUXO

Utilizando a fórmula já mencionada, calculamos a força necessária para acelerar a massa de 50 quilogramas e 100 metros por segundo ao quadrado, como segue:

$$F = \frac{50 \text{ KG} \times 100 \text{ M} / \text{S}^2}{9,8}$$

$$F = \frac{50 \times 100}{9,8}$$

$$F = 510 \text{ N.}$$

Isso ilustra que, se a velocidade de 50 quilogramas de massa por segundo for aumentada de 100 Newtons por segundo ao quadrado o empuxo resultante será de 510 N.

Uma vez que o motor turbojato acelera uma massa de ar, a fórmula seguinte pode ser usada para determinar o empuxo:

$$F = \frac{Ms (V_2 - V_1)}{g}$$

O

nde:

F = força em Newtons

Ms = fluxo de massa em quilograma por segundo

V₁ = velocidade de entrada

V₂ = velocidade do jato (escapamento)

V₂ - V₁ = troca de velocidade; diferença entre velocidade de entrada e velocidade do jato de ar.

g = aceleração da gravidade ou 9,8 m/s²

Como exemplo, usar a fórmula para troca de velocidade de 100 quilogramas de fluxo de massa de ar por segundo de 600 m/s para 800 m/s; a fórmula pode ser aplicada assim:

$$F = \frac{100 (800 - 600)}{9,8}$$

$$F = 2040 \text{ N}$$

Como mostrado pela fórmula, se o fluxo de massa de ar por segundo e a diferença de velocidade do ar da admissão para o escapamento são conhecidos, é fácil calcular a força necessária para produzir a mudança de velocidade. Dessa forma, o empuxo do motor tem que ser igual à força requerida para acelerar a massa de ar através do motor. Então, usando o símbolo "E" para empuxo, a fórmula fica:

$$E = \frac{Ms (V_2 - V_1)}{g}$$

É fácil ver nessa fórmula que o empuxo de um motor de turbina a gás pode ser aumentado de duas formas: primeiro, aumentando o fluxo da massa de ar através do motor e, segundo, aumentando a velocidade do jato de ar.

Se a velocidade do motor turbojato permanecer constante com respeito à aeronave o empuxo diminuirá se a velocidade da aeronave

aumentar, porque o valor de V_1 aumentará. Isso não apresenta um problema sério, contudo, conforme a velocidade da aeronave aumenta, maior quantidade de ar entra no motor e a velocidade do jato aumenta. O empuxo líquido resultante é quase constante com a velocidade do ar aumentada.

Ciclo de Brayton, é o nome dado ao ciclo termodinâmico de um motor de turbina a gás destinado a produzir empuxo. Isso é um ciclo de eventos, o volume variável e a pressão constante, e é comumente chamado de ciclo a pressão constante. Um termo mais recente é ciclo de combustão contínua.

Os quatro eventos contínuos e constantes são admissão, compressão, expansão (inclui potência) e escapamento. Esses ciclos serão discutidos à medida em que eles se referem a motores de turbina a gás.

No ciclo de admissão, o ar entra à pressão ambiente e a um volume constante. Ele deixa a admissão a uma pressão aumentada e com volume diminuído. Na seção de compressão, o ar é recebido da admissão a uma pressão aumentada ligeiramente acima da pressão ambiente, e com uma pequena diminuição de volume. O ar entra no compressor onde é comprimido, ele deixa o compressor com um grande aumento de pressão e redução de volume. Isso é causado pela ação mecânica do compressor. O passo seguinte, a expansão, acontece na câmara de combustão pela queima do combustível, o qual expande o ar pelo calor. A pressão permanece relativamente constante, porém ocorre um aumento notável do volume. Os gases em expansão se movem para trás através do conjunto da turbina e, são convertidos pela turbina, de energia dinâmica para energia mecânica.

A seção de escapamento, a qual é um duto convergente, converte o volume em expansão e a pressão reduzida dos gases para uma alta velocidade final.

A força criada dentro do motor para manter esse ciclo contínuo tem uma reação igual e oposta (empuxo) para movimentar a aeronave para frente.

O princípio de Bernoulli (sempre que um fluxo de um fluido qualquer tiver sua velocidade aumentada em um dado ponto, a pressão desse fluxo nesse ponto é menor que no resto do fluxo) é aplicado ao motor a jato através dos projetos de seus dutos de ar. Os dois tipos de dutos são convergente e divergente.

O duto convergente aumenta a velocidade e diminui a pressão. O duto divergente diminui a velocidade e aumenta a pressão. O princípio de convergência é geralmente utilizado para o tubo e bocal de descarga. O princípio de divergência é utilizado no compressor, onde a velocidade do ar é diminuída e o ar pressurizado.

DESEMPENHO DO MOTOR DE TURBINA A GÁS

A eficiência térmica é o fator principal no desempenho de uma turbina a gás. É a razão entre o trabalho líquido produzido pelo motor e a energia química suprida na forma de combustível.

Os três fatores mais importantes que afetam a eficiência térmica são: a temperatura da entrada da turbina, a razão de compressão; e as eficiências componentes do compressor e da turbina.

Outros fatores que afetam a eficiência térmica são a temperatura da entrada do compressor e eficiência dos queimadores.

A figura 1-71 mostra o efeito que a alteração da razão de compressão tem sobre a eficiência térmica, quando a temperatura na entrada do compressor e a eficiência no componente do compressor e na turbina permanecem constantes.

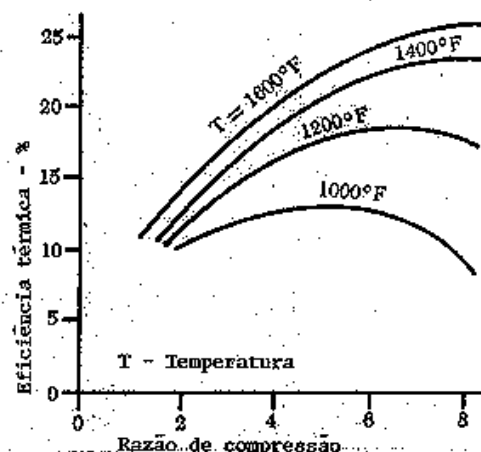


Figura 1-71 O efeito da razão de compressão na eficiência térmica.

O efeito, que a eficiência dos componentes do compressor e da turbina, têm sobre a eficiência térmica quando as temperaturas das entradas da turbina e do compressor permanecem constantes, é mostrada na figura 1-72. Em operação

real a temperatura do tubo de escapamento do motor, à turbina varia diretamente com a temperatura da entrada da turbina a uma razão de compressão constante.

R.P.M. é uma medida direta de razão de compressão; portanto, a RPM constante a eficiência térmica máxima, pode ser obtida mantendo a temperatura do tubo de escapamento o mais alto possível. Uma vez que a vida do motor é altamente reduzida a uma elevada temperatura de entrada da turbina, o operador não deve exceder as temperaturas de tubo de escapamento especificados para operação contínua. A figura 1-73 ilustra o efeito da temperatura da entrada da turbina sobre a vida das palhetas da turbina.

Na discussão anterior foi assumido que a condição do ar na entrada para o compressor permanece constante. Uma vez que o motor turbojato é uma aplicação prática de um motor a turbina. Torna-se necessário analisar o efeito da variação das condições de entrada sobre a potência produzida. As três principais variáveis que afetam as condições de entrada são a velocidade da aeronave, a altitude da aeronave e a temperatura ambiente. Para simplificar a análise, a combinação dessas três variáveis pode ser representada por uma simples variável, denominada "densidade de estagnação".

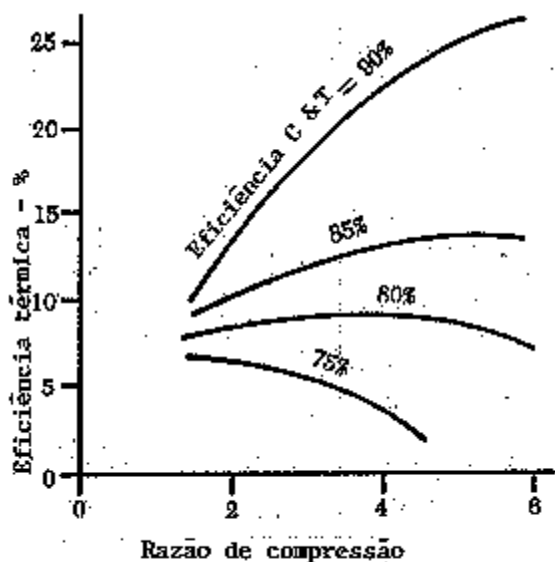


Figura 1-72 Eficiência do compressor e turbina (C & T) "versus" eficiência térmica.

A potência produzida por um motor a turbina é proporcional à densidade de estagnação na entrada.

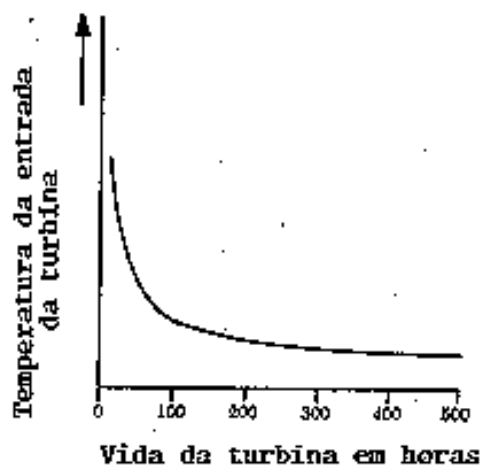


Figura 1-73 Efeitos da TIT na vida da turbina.

As três ilustrações a seguir mostram como se altera a densidade através da variação de altitude, velocidade da aeronave e temperatura do ar exterior, afetando o nível de potência do motor.

A figura 1-74 mostra que o empuxo melhora rapidamente com a redução da temperatura do ar exterior à altitude, RPM e velocidade da aeronave constantes. Esse aumento ocorre, em parte, porque a energia requerida por quilograma de fluxo de ar para acionar o compressor, varia diretamente com a temperatura, deixando, dessa forma, mais energia para desenvolver empuxo. Além disso, o empuxo liberado irá aumentar, uma vez que o ar em temperaturas reduzidas tem uma densidade aumentada. O aumento na densidade causa o aumento do fluxo de massa através do motor.

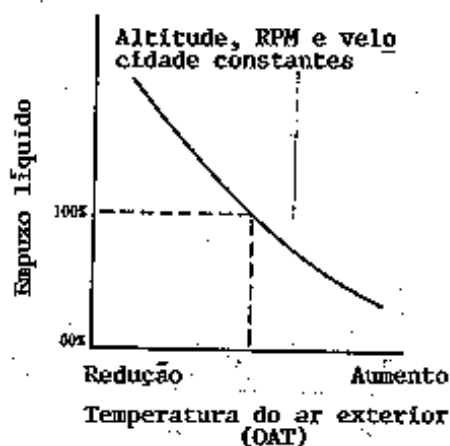


Figura 1-74 Efeitos da O.A.T. na saída do empuxo.

O efeito da altitude sobre o empuxo, como mostrado na figura 1-75, pode também ser discutido como um efeito de densidade e tempera-

tura. Nesse caso, um aumento de altitude causa uma redução da pressão e da temperatura.

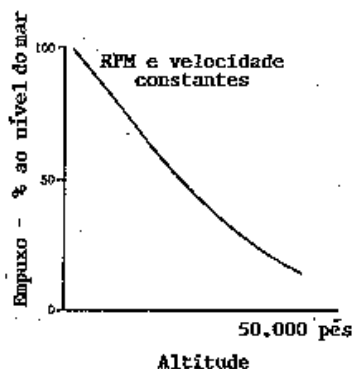


Figura 1-75 Efeitos da altitude na saída do empuxo.

Uma vez que o gradiente de temperatura é menor que o gradiente de pressão, conforme se aumenta a altitude a densidade é reduzida. Embora a temperatura reduzida aumente o empuxo, o efeito da redução de densidade compensa o efeito das temperaturas mais baixas. O resultado líquido do aumento da altitude é uma redução do empuxo liberado.

O efeito da velocidade da aeronave sobre o empuxo de um motor turbojato é mostrado na figura 1-76. Para explicar o efeito da velocidade da aeronave, é necessário primeiro entender o efeito da velocidade da aeronave sobre os fatores que se combinam para produzir o empuxo liberado. Esses fatores são, o empuxo específico e fluxo de ar do motor.

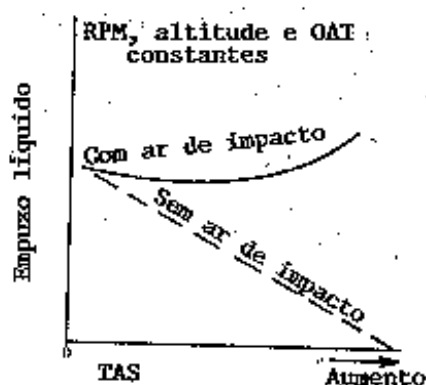


Figura 1-76 Efeitos da velocidade no empuxo líquido.

Empuxo específico são os quilogramas de empuxo liberado, desenvolvido por quilograma de fluxo de ar por segundo. Ele é o restante do empuxo específico bruto, menos a resistência aerodinâmica específica. Na medida em que a velocidade da aeronave aumenta, a resistência aerodinâmica aumenta rapidamente. A veloci-

dade dos gases de escapamento permanece relativamente constante; desse modo, o efeito do aumento na velocidade da aeronave resulta na redução do empuxo específico, como mostrado na figura 1-76. À baixa velocidade, a redução do empuxo específico é mais rápida que o aumento do fluxo de ar, causando uma redução do empuxo líquido. À alta velocidade, na medida em que a velocidade do ar aumenta, o aumento do fluxo de ar é mais rápido que a redução do empuxo específico e causa o aumento do empuxo líquido até que a velocidade sônica seja alcançada. O efeito da combinação do empuxo líquido é ilustrado na figura 1-77.

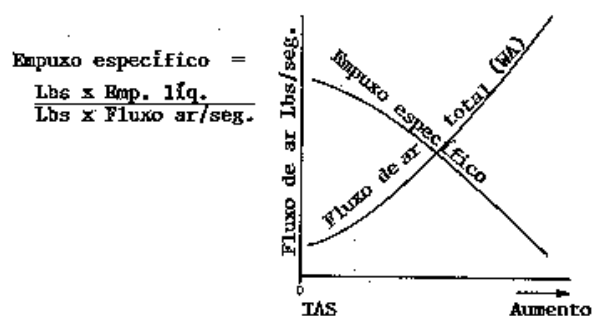


Figura 1-77 Efeitos da velocidade no empuxo específico e fluxo de ar total do motor.

Recuperação de impacto

Um aumento na pressão na entrada do motor, acima da pressão atmosférica, como resultado da velocidade da aeronave, é denominado impacto. Uma vez que qualquer efeito do impacto causará um aumento na pressão de entrada do compressor, além da pressão atmosférica, a pressão resultante causará um aumento na massa de fluxo de ar e, na velocidade, ambos tendendo a aumentar o empuxo.

Embora o efeito do impacto aumente o empuxo do motor, o empuxo produzido diminui para uma dada posição das manetes, à medida que a aeronave ganha velocidade. Portanto, duas tendências opostas ocorrem quando a velocidade de uma aeronave é aumentada. O que realmente acontece é o resultado líquido desses dois efeitos diferentes.

Um empuxo liberado do motor, temporariamente diminui, à medida em que a velocidade da aeronave aumenta a partir da estática, porém, rapidamente com a aproximação da alta velocidade, o empuxo liberado começa a aumentar outra vez.

SISTEMAS DE ADMISSÃO E DE ESCAPAMENTO

SISTEMA DE ADMISSÃO DOS MOTORES CONVENCIONAIS (ALTERNATIVOS)

O sistema de admissão de um motor convencional de aeronave consiste em: um carburador; uma tomada de ar (ou duto que conduz o ar ao carburador); e uma tubulação de admissão. Essas unidades formam um longo canal curvo, que conduz o ar e a mistura ar/combustível aos cilindros.

Esses 3 componentes, que compõem um sistema de admissão típico, são geralmente suplementados por um sistema indicador e por uma unidade de controle de temperatura, apresentados na forma de uma válvula de ar alternativa e de uma fonte de aquecimento do carburador. Adicionalmente pode haver um sistema para compressão da mistura ar/combustível.

Muitos motores instalados em aeronaves leves não usam qualquer tipo de compressor ou superalimentador, porém os sistemas de admissão para motores convencionais podem ter uma classificação genérica de motores superalimentados, ou não.

Sistemas de admissão de motores não superalimentados

O motor não superalimentado é comumente utilizado em aeronaves leves. O sistema de admissão desses motores pode ser equipado com um carburador ou com sistema de injeção de combustível.

Se for usado um carburador, esse poderá ser do tipo bóia ou do tipo pressão. Utilizando a injeção de combustível, esta normalmente será de fluxo constante (por gravidade) ou de alimentação por pressão (pulsed system).

A Figura 2-1 mostra o diagrama de um sistema de admissão em um motor não superalimentado, equipado com um carburador.

Nesse sistema de admissão, o ar frio para o carburador é admitido pelo bordo de ataque da carenagem do nariz, abaixo do cone da hélice, e é conduzido através de um filtro de ar até os dutos de alimentação do carburador. Há no carburador uma válvula, que permite buscar o ar de uma fonte de aquecimento, impedindo a formação de gelo.

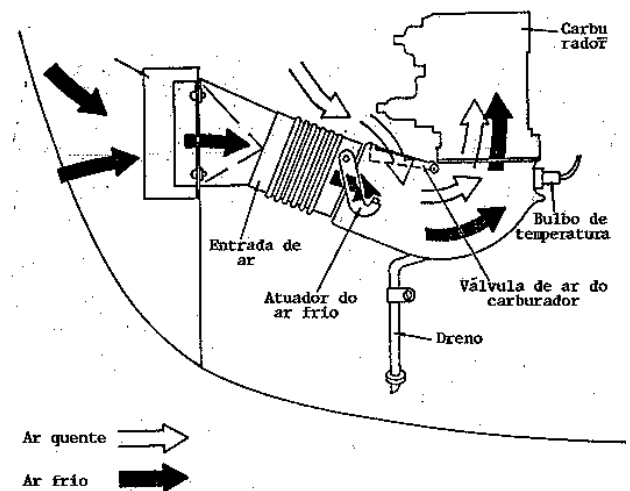


Figura 2-1 Sistemas de admissão, não superalimentado, usando um carburador.

A válvula de ar frio admite o ar pela tomada externa para a operação normal, e é controlada da cabine de comando. A válvula de ar quente admite o ar do compartimento do motor para a operação em condições, onde há formação de gelo e carga de mola para a posição “fechada”.

Quando a porta do ar frio é fechada, a seção do motor abre uma válvula de ar quente, que tem carga de mola. Caso haja retorno de chama, enquanto a válvula de ar quente estiver aberta, a tensão da mola fecha a válvula para impedir que as chamas saiam do compartimento do motor.

O filtro de ar do carburador está instalado na tomada de ar em frente ao duto; sua finalidade é impedir que a poeira, ou outros materiais estranhos entrem no motor através do carburador. O filtro de ar consiste em uma armação de liga de alumínio e numa tela de trama bem fechada, para proporcionar o máximo de área de filtragem do fluxo de ar.

Os dutos de ar do carburador consistem em dois dutos, um que é fixo e rebatido à carenagem do nariz; e outro, flexível entre o fixo e a válvula de ar do carburador.

Os dutos de ar do carburador permitem a passagem de ar externo, ou seja, de ar frio para dentro do carburador.

O ar entra no sistema através de uma tomada de ar de impacto. A abertura dessa to-

mada de ar está localizada na corrente de ar pressurizada pela hélice; de modo a forçá-lo para dentro do sistema de admissão, dando-lhe um efeito de ar de impacto.

O ar passa através dos dutos para o carburador; este mede o combustível em proporção ao ar admitido; e mistura o ar com a quantidade correta de combustível. Da cabine de vôo pode-se controlar o carburador na regulação do fluxo de ar.

O sistema de indicação de temperatura de ar mostra a temperatura do ar medida na entrada do carburador. Se o sensor (bulbo) estiver ao lado do motor e próximo ao carburador, o sistema medirá a temperatura da mistura ar/combustível.

Unidades adicionais do sistema de admissão

As unidades do sistema de admissão típico, como o anteriormente descrito, atendem às necessidades do motor no que se refere à sua capacidade de produzir força.

Existem duas unidades adicionais que não acrescentam nada que auxilie o motor a fazer o seu trabalho, mas que são vitais para que haja uma operação eficiente: uma unidade é o pré-aquecedor; e a outra é o degelo com fluido.

A formação de gelo no sistema de admissão pode ser impedida ou eliminada pelo aumento da temperatura do ar que passa através do sistema. Isso é conseguido, utilizando-se de um pré-aquecedor localizado no início da linha, próximo à entrada do sistema de admissão e à frente, portanto, das perigosas zonas de formação de gelo.

O calor é usualmente obtido através da abertura de uma válvula de controle, que permite ao ar quente circular no compartimento do motor, atingindo o sistema de admissão.

Quando há perigo de formação de gelo no sistema de admissão, deve-se mover o dispositivo de controle na cabine de vôo para a posição “hot”, até que seja obtida uma temperatura de ar no carburador, capaz de proporcionar a proteção necessária.

Obstrução da borboleta por gelo, – ou qualquer formação de gelo que restrinja a passagem do fluxo de ar, ou reduza a pressão nos dutos – pode ser removida pelo uso de calor em todo carburador.

Se o calor obtido no compartimento do motor for suficiente e a sua aplicação for rápida,

o gelo será eliminado em questão de poucos minutos. Caso a temperatura no compartimento do motor não seja alta o suficiente para combater o gelo, a capacidade de pré-aquecimento pode ser aumentada fechando-se os flapes de capota e elevando a potência do motor. Isto, entretanto, pode mostrar-se ineficiente se a formação de gelo tiver progredido demais, quando, então, a perda de potência tornará impossível gerar calor suficiente para a remoção do gelo.

O uso inadequado do aquecimento do carburador pode ser tão perigoso quanto uma grande formação de gelo no sistema de admissão. O aumento da temperatura do ar faz com que este se expanda e perca a densidade. Esta ação faz com que se reduza o peso da carga entregue ao cilindro, levando a uma sensível perda de potência devido à eficiência volumétrica diminuída. Além disso, a alta temperatura do ar de entrada pode causar detonação e falha do motor, especialmente durante a decolagem e em operação com alta potência. Portanto, durante todas as fases de operação do motor, a temperatura do carburador deve ser capaz de proporcionar o máximo de proteção contra a formação de gelo e detonação.

Quando não há perigo de formação de gelo, o controle de calor é normalmente mantido na posição “cold”. Será melhor deixar o controle nessa posição, se houver partículas de neve seca ou de gelo no ar. O uso do calor poderá derreter o gelo, e a umidade resultante poderá concentrar-se e congelar nas paredes do sistema de admissão.

Para impedir que haja danos às válvulas do aquecedor no caso de retorno de chama, os aquecedores do carburador não deverão ser utilizados durante a partida do motor.

Do mesmo modo, durante a operação no solo deve-se utilizar o calor do carburador apenas na quantidade suficiente que permita uma operação suave do motor. O medidor de temperatura do ar de entrada do carburador deve ser monitorado, para que se tenha certeza de que não foi excedido o valor máximo especificado pelo fabricante do motor.

Em algumas aeronaves, o sistema básico de degelo é suplementado por um sistema de degelo fluido. Esse sistema auxiliar consiste em um tanque, uma bomba, bicos de vaporização adequados instalados no sistema de admissão e de uma unidade de controle na cabine de vôo. Tal estrutura destina-se a eliminar o gelo, sem-

pre que o calor do compartimento do motor não for alto o suficiente para prevenir sua remoção.

O uso de álcool como agente descongelante tende a enriquecer a mistura de combustível, – e em regime de alta potência esse leve enriquecimento é desejável; por outro lado, em regime de baixa potência, o uso do álcool poderá superenriquecer a mistura. Por esta razão, a aplicação de álcool deverá ser feita com muito cuidado.

FORMAÇÃO DE GELO NO SISTEMA DE ADMISSÃO

Uma breve explicação à respeito da formação e dos pontos onde ocorre a formação de gelo no sistema de admissão tem utilidade para o mecânico (figura 2-2); muito embora, normalmente ele não esteja concentrado em operações que ocorram quando a aeronave está em voo.

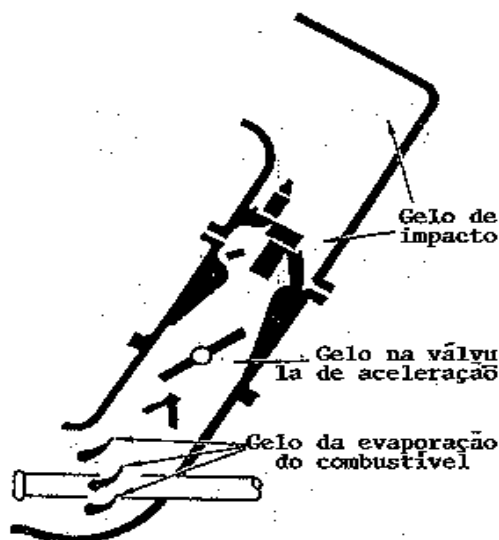


Figura 2-2 Tipos de gelo no sistema de admissão.

O mecânico deve saber alguma coisa sobre a formação de gelo no sistema de admissão, principalmente, por causa do seu reflexo no desempenho do motor.

Mesmo quando a inspeção mostra que tudo está funcionando corretamente, o gelo no sistema de admissão pode levar um motor a falhar e perder potência no ar, ainda que o motor trabalhe perfeitamente no solo. Muitos problemas com motores, comumente atribuídos a outros motivos são, na verdade, causados pela formação de gelo no sistema de admissão.

A formação de gelo no sistema de admissão é um problema operacional perigoso, porque é capaz de cortar o fluxo da carga de ar/combustível ou variar a razão de proporção entre ar e combustível.

O gelo pode se formar no sistema de admissão enquanto a aeronave está voando em nuvens, neblina, chuva, granizo, neve ou até mesmo em céu claro em que o ar tenha uma alta taxa de umidade.

A formação de gelo no sistema de admissão é geralmente classificada em três tipos: gelo de impacto; gelo da evaporação de combustível; e gelo na válvula de aceleração.

Para que se entenda porque a operação com potência reduzida leva à formação de gelo, é preciso que se examine a área de produção de forças durante a operação.

Quando a borboleta é colocada em uma posição parcialmente fechada causa, na verdade, uma limitação da quantidade de ar disponível para o motor. O ângulo de planeio, que permite que uma hélice de passo fixo gire em catavento, faz com que o motor consuma maior quantidade de ar que o seu normal, agravando, desta forma, a falta de ar atrás da borboleta.

Sob tais circunstâncias, a borboleta parcialmente fechada imprime ao ar, que passa por ela uma velocidade muito maior que a normalmente verificada naquele ponto, produzindo assim, uma área de pressão extremamente baixa. A área de baixa pressão diminui a temperatura do ar em torno das válvulas de aceleração, pela mesma lei física que eleva a temperatura do ar quando este é comprimido.

Se a temperatura do ar cair abaixo do ponto de congelamento e houver presença de umidade, o gelo se formará nas pás da borboleta e nas unidades próximas, do mesmo modo que o gelo de impacto se forma em unidades expostas a temperaturas abaixo do ponto de congelamento.

O gelo na borboleta de aceleração pode ser minimizado em motores equipados com hélices de passo variável, por meio do uso de uma pressão efetiva média ao freio (*BMEP-brake mean effective pressure*) maior que a normal, aplicada à baixa potência.

A BMEP alta reduz a tendência de formação de gelo, porque uma grande abertura da borboleta, com uma baixa rpm do motor, remove parcialmente a obstrução que reduz a tempe-

ratura, oferecida pela operação com potência reduzida.

Filtragem no sistema de admissão

Enquanto a poeira é meramente um incômodo para a maioria das pessoas, para o motor de uma aeronave torna-se uma fonte de sérios problemas. A poeira consiste em partículas de material sólido e abrasivo, que pode ser carregado para dentro dos cilindros do motor pelo mesmo ar que é succionado. Pode formar-se acúmulo de poeira também nos elementos medidores de combustível do carburador, alterando a proporção adequada entre o fluxo de ar/combustível, em todos os regimes de potência.

A poeira pode atuar nas paredes do cilindro, desgastando as superfícies e os anéis do pistão. Com isso, acaba por contaminar o óleo que é passado pelo motor, provocando o desgaste dos rolamentos e engrenagens. Em casos extremos, a poeira pode bloquear uma passagem de óleo, causando danos por falta de lubrificação (*starvation*).

Uma quantidade de poeira já foi encontrada em vôo, e sendo o suficiente para prejudicar a visibilidade do piloto. Em algumas partes do mundo a poeira pode ser carregada para altitudes extremamente elevadas. Uma operação continuada sob tais condições, sem contar com a proteção para o motor, resultará em um desgaste excessivo, ocasionando um grande consumo de óleo.

Quando for necessária a operação em atmosfera onde tiver poeira, o motor pode ser protegido por uma tomada de ar alternativa para o sistema de admissão, a qual inclui um filtro para poeira.

Esse tipo de filtro de ar consiste normalmente em um elemento filtrante, de uma porta e de um atuador, operados eletricamente. No momento em que o sistema de filtragem está em funcionamento, o ar é conduzido ao motor através de um painel com aletas que não está voltado diretamente para a corrente de ar. Por causa da localização da entrada de ar, uma quantidade considerável de poeira é removida na medida em que o ar é forçado a mudar o seu curso, entrando no duto.

Uma vez que as partículas de poeira são sólidas, têm a tendência de continuar a trajetória em linha reta. As partículas de poeira, que por

ventura são levadas para dentro das aletas são facilmente removidas pelo filtro.

Em vôo, estando os filtros em funcionamento, há que se considerar todas as possíveis condições em que possa ocorrer a formação de gelo, seja pelo seu acúmulo em superfícies, ou por congelamento do filtro, que venha a ser encharcado por água de chuva.

Algumas instalações apresentam o filtro equipado com uma porta movida por carga de mola, que automaticamente passa à posição aberta quando o filtro fica excessivamente bloqueado. Isto impede que o fluxo de ar seja interrompido quando ocorrer o bloqueio do filtro por formação de gelo ou acúmulo de sujeira. Outros sistemas utilizam uma proteção contra gelo instalada na entrada do ar filtrado.

Essa proteção contra gelo consiste em uma tela grossa, áspera, localizada a uma pequena distância do ar filtrado. Nessa posição, a tela do filtro fica instalada diretamente na trajetória do ar que está sendo aspirado, forçando-o a passar através, ou em torno da tela.

Quando se forma gelo na tela, o ar, que perdeu suas partículas pesadas de umidade, passará contornando a tela congelada, entrando no filtro. A eficiência de qualquer sistema de filtro depende de sua manutenção e serviços adequados. A remoção e limpeza periódica do filtro são essenciais para que se proporcione ao motor uma proteção satisfatória.

INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE ADMISSÃO

Durante todas as inspeções periódicas de rotina do motor, o sistema de admissão deve ser checado para constatar a existência ou não de rachaduras e vazamentos. Deve ser verificada a segurança da instalação de suportes em todas as unidades do sistema.

O sistema deve ser mantido limpo, uma vez que fibras de tecidos ou pedaços de papel podem vir a restringir o fluxo de ar, se entrarem nas tomadas de ar ou dutos.

Parafusos e porcas frouxos podem também causar sérios danos se passarem para dentro do motor.

Em sistemas equipados com filtro de ar do carburador, deve haver uma inspeção regular do filtro.

Se estiver sujo, ou sem a película de óleo

adequada, o filtro deve ser removido e limpo; depois de seco, ele é geralmente imerso em uma mistura de óleo e composto antiferrugem.

O fluido em excesso é então drenado antes de proceder a reinstalação do filtro.

Pesquisa de panes no sistema de admissão

O quadro seguinte fornece uma orientação geral referente às panes mais comuns no sistema de admissão-

CAUSA PROVÁVEL	PROCEDIMENTO DE PESQUISA	CORREÇÃO
1. Falha na partida do motor		
(a) Sistema de admissão obstruído. (b) Vazamento de ar.	(a) Inspeccionar a tomada e dutos de ar. (b) Inspeccionar o suporte do carburador e dutos de entrada de ar.	(a) Remover as obstruções. (b) Fixar/apertar o carburador, e reparar ou substituir o duto de entrada de ar.
2. Mal funcionamento do motor		
(a) Dutos de ar soltos. (b) Vazamento nos dutos coletores de ar. (c) Válvulas do motor prendendo. (d) Hastes de comando das válvula tortas ou desgastadas.	(a) Inspeccionar a tomada de ar e dutos do ar. (b) Inspeccionar o suporte do carburador e dutos de entrada do ar. (c) Remover a tampa dos balancins o eixo de manivelas, e checar a ação da válvula. (d) Inspeccionar as hastes.	(a) Remover as obstruções. (b) Fixar/apertar o carburador, e reparar ou substituir o duto de entrada de ar. (c) Lubrificar e solte as válvulas que estejam presas. (d) Substituir as hastes gastas ou danificadas.
3. Baixa potência		
(a) Bloqueio no duto coletor de ar. (b) Porta quebrada, na válvula de ar para o carburador. (c) Filtro de ar sujo.	(a) Examinar o duto coletor. (b) Inspeccionar a válvula de ar. (c) Inspeccionar o filtro de ar.	(a) Remover obstruções. (b) Substituir a válvula de ar. (c) Limpar o filtro.
4. Motor com marcha lenta irregular		
(a) Vedação da tomada de ar reduzida. (b) Tubo de tomada de ar perfurado. (c) Folga no suporte do carburador.	(a) Verificar se há desgaste ou deslocamento do vedador. (b) Inspeccionar os tubos de tomada de ar. (c) Inspeccionar os parafusos de fixação.	(a) Substituir a vedação. (b) Substituir os tubos de tomada de ar defeituosos. (c) Apertar os parafusos de fixação.

Sistemas de admissão superalimentados

As superalimentações utilizadas no sistema de admissão dos motores convencionais são normalmente classificadas em superalimen

tação externa ou interna (motores turboalimentados).

Os superalimentadores internos comprimem a mistura ar/combustível, após esta ter deixado o carburador; já nos motores turboali-

mentados o ar é comprimido, antes de ser misturado ao combustível dosado pelo carburador.

Cada aumento na pressão do ar ou na pressão da mistura ar/combustível em um sistema de admissão significa um estágio.

Os superalimentadores podem ser classificados Como sendo de estágio único, de dois estágios, ou de múltiplos estágios, dependendo do número de vezes em que ocorrer compressão. Os super-alimentadores também podem operar em diferentes velocidades. Dessa forma, podem também ser denominados superalimentadores de velocidade única, de duas velocidades, ou de velocidade variável.

A combinação dos métodos de classificação produz a nomenclatura, normalmente empregada para que se descreva os sistemas de superalimentação.

Assim, a partir de um sistema de velocidade única, que opera a uma razão fixa de velocidade, é possível progredir para um sistema de estágio único com duas velocidades engatadas selecionadas mecanicamente, ou de um superalimentador de estágio único com engate de velocidade hidráulico.

Muito embora os sistemas de dupla velocidade ou os de velocidade múltipla permitam uma variação da pressão de saída, o sistema ainda permanece classificado como de estágio único de compressão, se este apresentar apenas um estágio de turbina, uma vez que isto implica num aumento ou decréscimo de compressão obtido por vez.

TURBOALIMENTADORES ACIONADOS INTERNAMENTE

Os turboalimentadores são quase que, exclusivamente, utilizados por motores aspirados de alta potência. Excetuando-se a construção e a disposição dos vários tipos de superalimentadores, os sistemas de admissão com turboalimentadores são quase idênticos.

O motivo para esta similaridade está no fato de todos os motores de aeronaves modernas requererem o mesmo controle de temperatura do ar, para que possam produzir uma boa combustão nos cilindros do motor.

Por exemplo, a temperatura da carga de ar deve estar suficientemente aquecida para assegurar uma completa vaporização do combustível, e assim sua distribuição uniforme; contudo não deve estar tão quente que venha a reduzir a

eficiência volumétrica ou causar detonação do combustível.

Na presença desses requisitos, todos os sistemas de admissão que utilizem turboalimentadores devem incluir dispositivos sensores de temperatura e pressão; e as unidades necessárias para aquecer ou resfriar o ar.

Sistemas turboalimentados de estágio único

O sistema de admissão simples, mostrado na Figura 2-3, é utilizado para explicar a localização das unidades e a passagem do ar e da mistura ar/combustível. O ar entra no sistema através da tomada de ar de impacto. A abertura dessa tomada de ar está localizada para que o ar seja forçado a entrar no sistema de admissão, produzindo um efeito de ar de impacto.

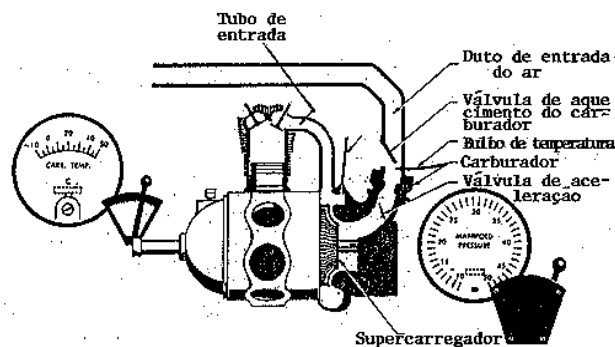


Figura 2-3 Sistemas simples de admissão.

O ar passa através de dutos para o carburador, que mede o combustível em proporção ao ar, misturando-o com uma quantidade correta de combustível. O carburador pode ser controlado da cabine de comando, para que regule o fluxo de ar. Desta forma, pode ser controlada a potência de saída produzida pelo motor.

O medidor de pressão da admissão avalia a pressão da mistura ar/combustível antes que esta entre nos cilindros, passando uma indicação do desempenho que pode ser esperado do motor.

O indicador da temperatura do ar do motor mede tanto a temperatura de ar de entrada quanto a temperatura da mistura de ar/combustível.

Tanto a indicação da temperatura do ar de entrada quanto a da mistura servem como parâmetro, para que a temperatura da carga de ar admitido seja mantida dentro dos limites de segurança.

Se na entrada do carburador, a temperatura do ar admitido estiver a 100°F, ocorrerá uma queda de temperatura de aproximadamente 50°F devido à vaporização parcial do combustível que sai pelo pulverizador do carburador. Quando acontece a vaporização parcial, a temperatura do ar cai devido à absorção do calor pelo combustível vaporizado.

A vaporização final acontece no momento em que a mistura ar/combustível entra nos cilindros, onde encontra uma temperatura mais alta.

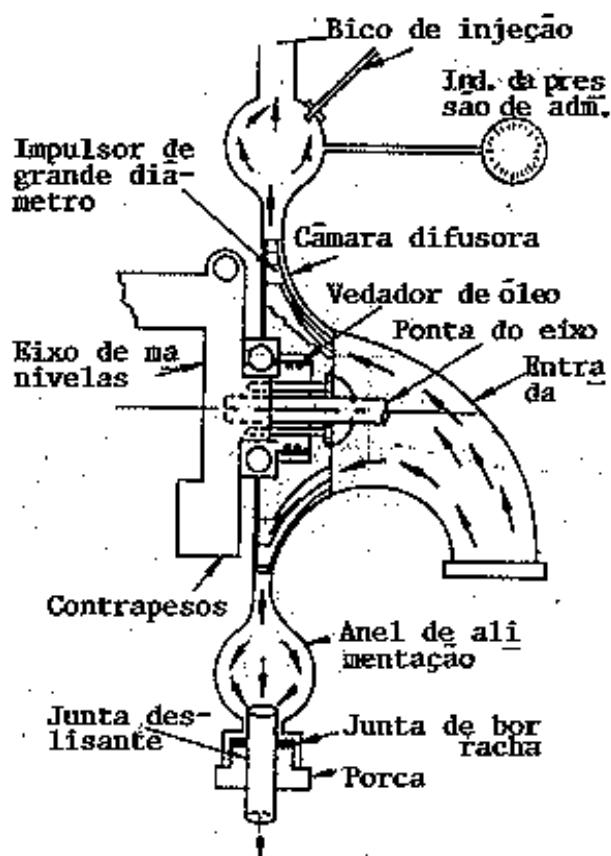


Figura 2-4 Impulsor de distribuição usando um motor radial.

O combustível, agora pulverizado na corrente de ar que flui dentro do sistema de admissão, está em forma globular (gotículas).

O problema a ser resolvido, então, é o de separar e distribuir uniformemente o combustível remanescente, em forma globular, aos vários cilindros.

Em motores equipados com um grande número de cilindros, a distribuição uniforme da mistura torna-se um problema ainda maior, especialmente em altas velocidades do motor, quando deve haver um aproveitamento total da grande capacidade de ar.

Um método de melhorar a distribuição de combustível é mostrado na Figura 2-4. Trata-se de um dispositivo conhecido por impulsor de admissão.

O impulsor é acoplado diretamente à haste posterior do eixo de manivelas, preso por parafusos ou pinos.

Uma vez instalado na ponta do eixo de manivelas, e operando a mesma velocidade do eixo, o impulsor não tem o papel de materialmente aumentar a pressão da mistura que flui aos cilindros, porém o combustível remanescente, ainda em forma globular, será dividido em partículas menores ao chocar-se com o impulsor, passando a entrar em contato com uma maior porção do ar admitido.

Isso, conseqüentemente, criará uma mistura mais homogênea com uma melhor distribuição aos vários cilindros, especialmente quando houver aceleração do motor, ou em situações em que prevalecerem as baixas temperaturas.

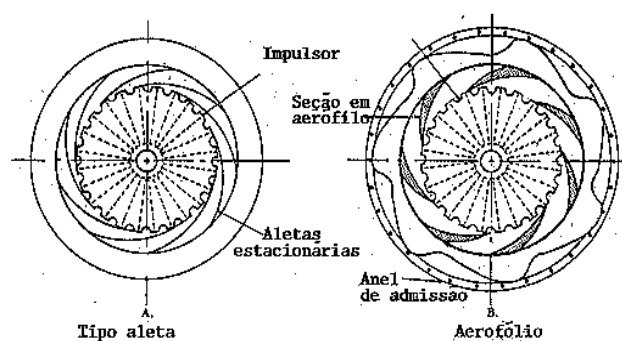


Figura 2-5 Difusor superalimentado (tipos seção aleta e aerofólio).

Quando houver necessidade de uma pressão maior na mistura ar/combustível, que se encontra no sistema de admissão, para que os cilindros fiquem melhor carregados, o difusor (ou *blower section*) contará com um impulsor de alta velocidade.

Diferente do impulsor de distribuição, que é conectado diretamente ao eixo de manivelas, o superalimentador (ou *blower impeller*) é acionado por um conjunto de acionamento que se origina no eixo de manivelas.

O difusor tipo Venturi apresenta superfícies lisas, às vezes com seções onde existem maiores ou menores restrições (afunilamento) que produzem o formato geral de um tubo de Venturi, entre as extremidades do impulsor e a seção anular da tubulação.

Esse tipo de difusor tem sido mais amplamente utilizado em motores de média potência, ou nos superalimentados; ou ainda naqueles que tenham que trabalhar com menores volumes de misturas e, onde a turbulência da mistura entre as extremidades e a câmara da tubulação, não seja crítica.

Em motores de grande volume, variando de 450 hp para mais, nos quais o volume da mistura tenha que ser trabalhado em velocidades mais altas e a turbulência é o fator mais importante, são mais utilizados os difusores do tipo aleta ou aerofólio.

A secção de aletas ou de aerofólio torna o fluxo de ar mais reto dentro da câmara difusora, para que se imprima aos gases um fluxo mais eficiente.

As tubulações de admissão em modelos de motores mais antigos, estendiam-se em linha reta desde o anel de alimentação até o ponto de entrada no cilindro.

Em projetos mais recentes, os tubos de admissão estendem-se do anel em uma tangente, apresentando uma curvatura enquanto segue em direção ao ponto de entrada do cilindro, a qual também recebeu um formato aerodinâmico, tornando mais eficiente o fluxo de gases que entram. Isto reduz a turbulência ao mínimo.

Este tem sido um dos métodos importantes de conseguir aumento da capacidade de admissão de ar ou de volume de ar, que um determinado tipo de motor possa requerer. Os aumentos na eficiência do superalimentador têm sido um dos principais fatores que contribuem para o aumento da potência produzida pelos motores modernos.

A razão de torque do conjunto de engrenagens do impulsor varia aproximadamente 6:1 até 12:1.

A velocidade do impulsor instalado em um motor, tendo 10:1 de razão de torque do conjunto e engrenagens e operando a 2.600 rpm, seria de 26.000 rpm.

Isto requer que a unidade impulsora seja uma peça cuidadosamente desenhada e construída, com alto grau de tolerância de forjamento e geralmente feita de liga de alumínio.

Por causa do alto grau de torque dos conjuntos de acionamento, criam-se forças de aceleração e desaceleração consideráveis quando a velocidade do motor é aumentada ou diminuída rapidamente; exigindo que o impulsor seja chavetado em seu eixo.

Além disso, é preciso que entre o eixo de manivelas e o impulsor seja incorporado ao conjunto de acionamento algum dispositivo anti-choque ou com carga de mola.

Geralmente existe uma vedação de óleo (selo) em torno do eixo do impulsor, logo à frente da unidade impulsora. As funções da vedação do selo nessa unidade são as de minimizar a passagem de óleo lubrificante e de vapores, que possam vir da caixa do eixo de manivelas para dentro da câmara difusora quando o motor estiver em marcha lenta; e, também, de minimizar o vazamento da mistura ar/combustível quando a pressão exercida sobre a mistura for maior em regime de potência total (de acelerador aberto).

O espaçamento entre a seção do difusor e o impulsor será obtido pela variação do comprimento do selo de óleo, ou da espessura dos espaçadores, comumente chamados de calços. É preciso que haja pouco espaçamento para que seja dada a maior compressão possível à mistura como também para eliminar, tanto quanto for possível, o vazamento em torno das superfícies dianteira e posterior do impulsor.

Os conjuntos de eixo intermediário de acionamento podem ser montados sobre uma cabeça esférica antiatrito; ou sobre rolamentos ou buchas de atrito.

O eixo do impulsor e a engrenagem são geralmente forjados integralmente em aço de alto grau de tolerância. A extremidade do eixo, que se liga ao impulsor, é chavetada para proporcionar uma superfície de acionamento maior o possível.

O eixo intermediário, as engrenagens grandes e pequenas também formam uma única peça. Ambas as unidades são mantidas com limites dinâmicos ou equilíbrio de funcionamento bastante próximos, devido as altas velocidades e esforços envolvidos.

Sistemas superalimentadores de estágio único e duas velocidades

Alguns motores de aeronave são equipados com superalimentadores, acionados internamente, que são sistemas de estágio único e duas velocidades. Em tais sistemas, o impulsor pode ser acionado em duas velocidades diferentes por meio de embreagens.

Esta unidade é equipada com um dispositivo que permite acionar o impulsor diretamente do eixo de manivelas a uma razão de tor-

que de 10:1, ação esta que é realizada ao mover-se o controle correspondente na cabine de vôo, desta forma aplicando pressão de óleo através da embreagem de alta velocidade, travando com isso todo o conjunto de embreagens intermediárias.

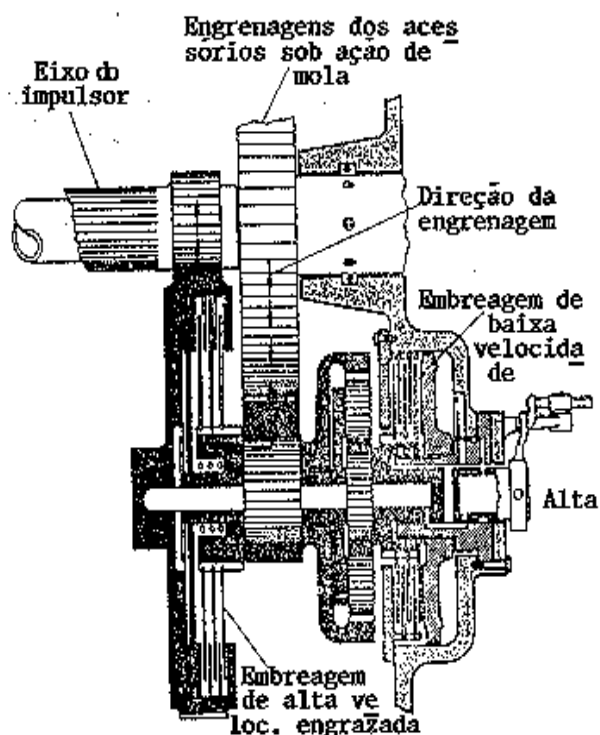


Figura 2-6 Diagrama de superalimentador de duas velocidades, em alta razão.

Tal operação é conhecida pelo nome de “high blower”, sendo empregada acima de uma altitude especificada, entre 7.000 e 12.000 pés.

Abaixo desses níveis, o controle é posicionado para liberar a pressão da embreagem de alta velocidade e aplicá-la à de baixa velocidade.

Isto trava o pinhão sol da engrenagem planetária pequena.

O impulsor é, então, acionado pelo conjunto de eixo e de aranha, onde os pinhões planetários giram por ação de uma grande alavanca em cotovelo. Neste caso, o impulsor é acionado a uma razão de 7:1 relativa a velocidade do eixo de manivela (ver figura 2-7).

Essa condição é chamada “low blower”, e é utilizada durante a decolagem e em todas as altitudes, abaixo daquelas em que se obtenha maior eficiência com “high blower”.

Combustível de maior graduação deve ser usado para suportar as pressões adicionais e, em alguns casos, temperaturas mais altas são criadas na câmara de combustão em consequên-

cia da alimentação de combustível mais completa sendo entregue ao cilindro.

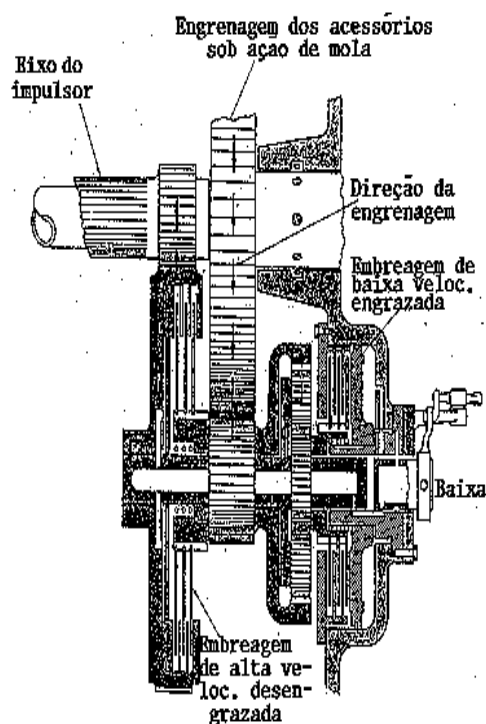


Figura 2-7 Diagrama de superalimentador, de duas velocidades, em baixa.

O acréscimo dessa unidade também complica a operação do grupo motopropulsor, porque este passa a requerer mais atenção e acrescenta mais variáveis que devem ser controladas. Um outro exemplo de sistema superalimentador de dois estágios e duas velocidades é mostrado na figura 2-8, onde as seções da ventoinha e da intermediária posterior estão abertas para mostrar sua construção interna.

Nesse exemplo, a carcaça da ventoinha serve de suporte para o motor na aeronave; sua circunferência externa apresenta oito peças de apoio para os suportes de montagem do motor.

Uma camisa no centro da carcaça acomoda os anéis de vedação de óleo, que se encontram no suporte frontal de anéis do eixo do impulsor. A carcaça da ventoinha abriga o impulsor que é acionado por embreagens à razão de 7,15 ou 8,47 vezes a velocidade do eixo de manivelas. Um canal anular em torno da carcaça leva a mistura de ar e combustível do impulsor aos 14 pontos de saída da carcaça.

Conectado a cada uma dessas saídas, encontra-se um tubo de admissão, através do qual a mistura ar/combustível prossegue em direção à válvula de admissão do respectivo cilindro.

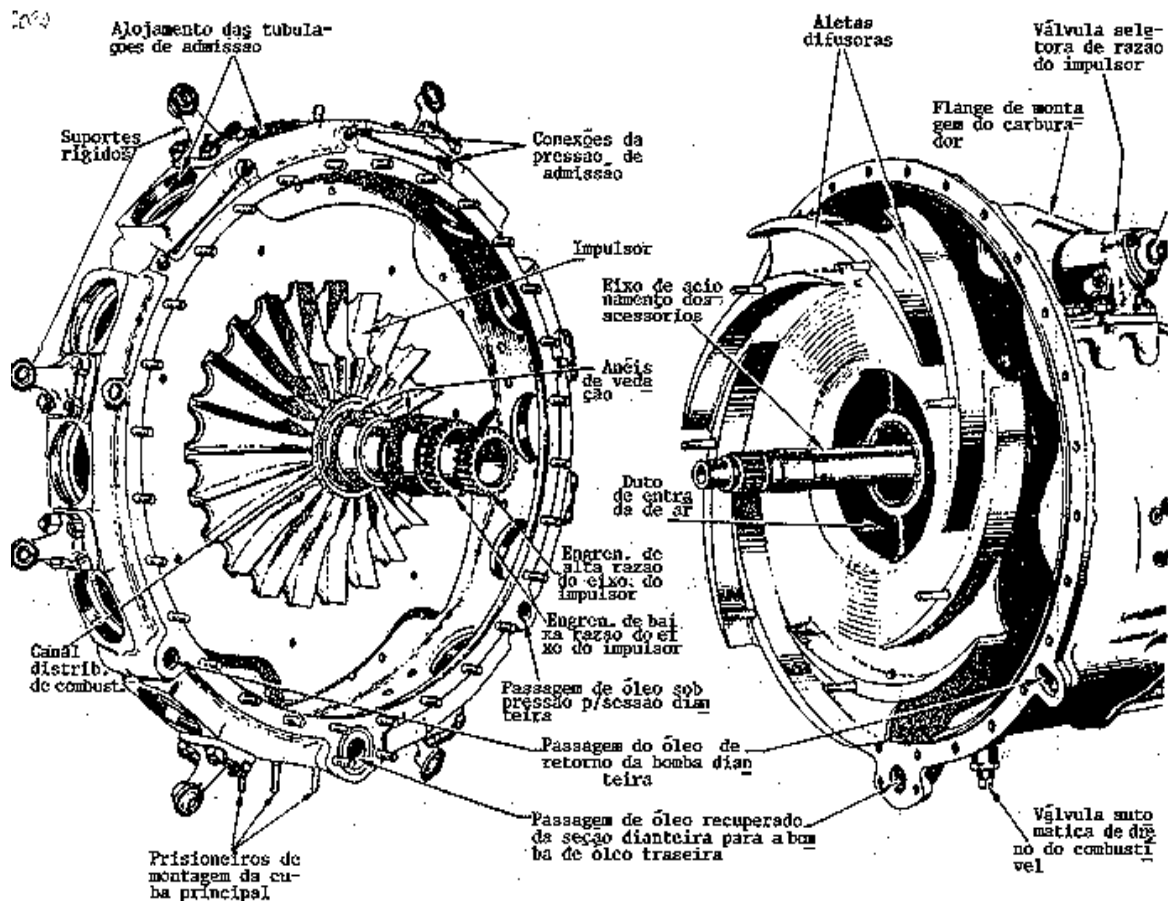


Figura 2-8 Compressor e seções intermediárias e traseira.

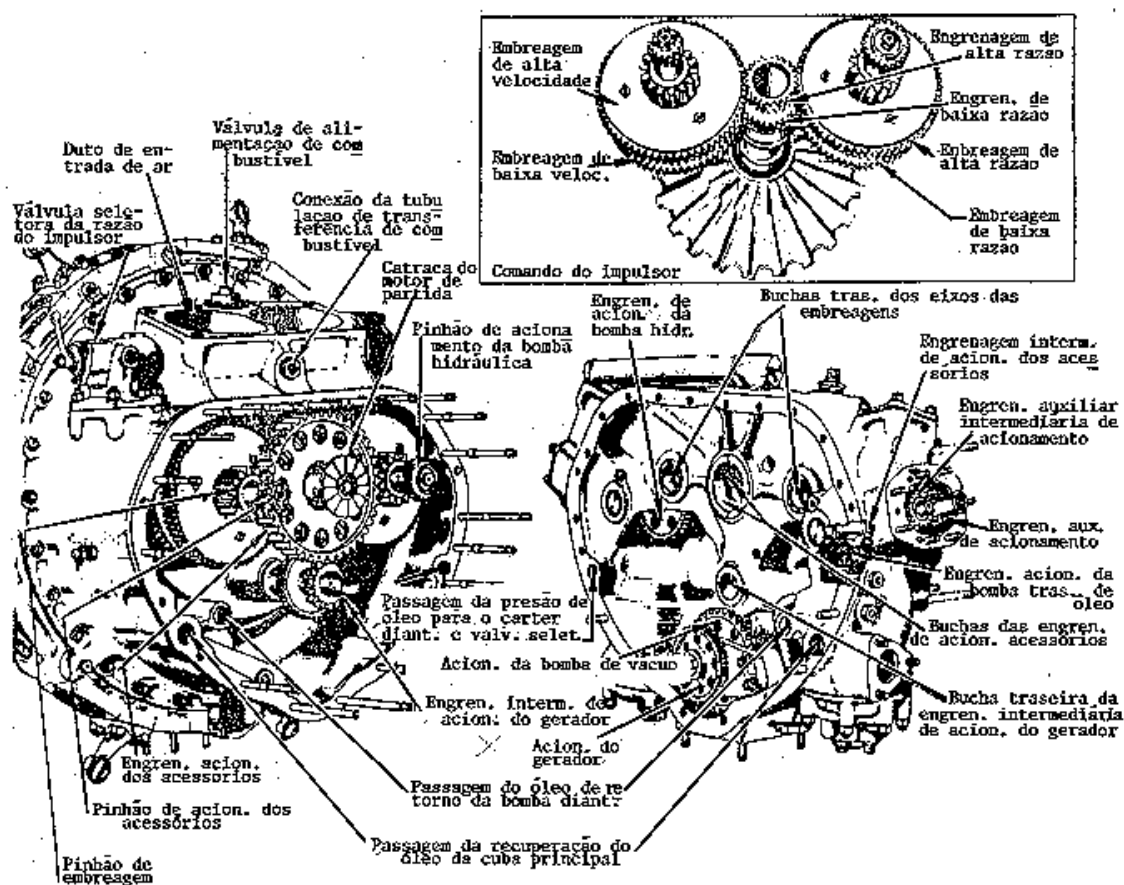


Figura 2-9 Seções traseira e intermediária traseira do carter

Carcaça intermediária traseira

A carcaça intermediária traseira abriga o conjunto de engrenagens de acionamento do impulsor, e oferece suporte a um difusor de aletas (ver figura 2-9). A válvula seletora de velocidade do impulsor fica instalada em um apoio na porção superior esquerda da carcaça. Do flange de montagem do carburador, no topo da carcaça, desce um duto largo que leva o ar admitido ao impulsor.

A tubulação de transferência de combustível do carburador está ligada a uma passagem na carcaça, atrás do flange de montagem do carburador.

Essa passagem leva à válvula de alimentação de combustível, esta entrega combustível ao injetor, o qual mistura esse combustível com o ar admitido.

O conjunto de invólucro e diafragma da válvula de alimentação de combustível fica instalado no lado dianteiro do flange do carburador. Uma bomba de aceleração é fixada a um apoio no lado direito da carcaça.

No ponto mais baixo do duto de ar do carburador, passagens usinadas descem até a válvula de dreno automático de combustível na parte inferior da carcaça, a qual drena qualquer quantidade de combustível que possa se acumular enquanto é dada a partida no motor.

A carcaça intermediária traseira guarda também as engrenagens de dupla velocidade e a válvula seletora de velocidade do impulsor. Tanto a embreagem de alta velocidade (8,47:1) como a de baixa (7,15:1) são montadas em cada um dos dois eixos, uma em cada lado do eixo impulsor.

Esses eixos são apoiados em suas pontas dianteiras por buchas, que estão na porção posterior da carcaça.

Os eixos são movidos pelas engrenagens de acionamento dos acessórios por meio de pinhões chavetados.

Os cones são chavetados aos eixos da embreagem e, quando engrazados, acionam as engrenagens da embreagem, as quais, por sua vez, movem as engrenagens dentadas sobre o eixo do impulsor.

A válvula seletora direciona óleo sob pressão para as câmaras de óleo, localizadas entre os cones e as engrenagens, tanto das duas embreagens de baixa como das duas de alta velocidade.

A pressão do óleo faz com que os cones engrazem os segmentos que, por sua vez, engrazam as engrenagens de qualquer dos pares de embreagens que tenham sido selecionadas para acionar o impulsor. O óleo, drenado das duplas de embreagens desengrazadas, é forçado a ir para trás através da válvula seletora, sendo descarregado na carcaça intermediária posterior.

Para que melhor se efetue a limpeza de sedimentos acumulados nas embreagens, há o equipamento com uma engrenagem transportadora; sendo que esta apresenta um dente a mais que a engrenagem de embreagem.

Um orifício de escoamento na própria engrenagem transportadora alinha-se, momentaneamente, com cada um dos orifícios de escoamento na engrenagem da embreagem correspondente. O óleo sob pressão dentro da embreagem engrazada é expulso, carregando consigo os sedimentos acumulados.

SUPERALIMENTADORES ACIONADOS EXTERNAMENTE

Os superalimentadores acionados externamente destinam-se a entregar ar comprimido à entrada do carburador ou da unidade de controle de ar/combustível de uma aeronave. Esses superalimentadores retiram sua força da energia dos gases de escapamento do motor, direcionados contra algum tipo de turbina. Por este motivo, são comumente chamados turbossuperalimentadores.

SISTEMA DE TURBOSUPERALIMENTADOR PARA GRANDES MOTORES CONVENCIONAIS

Em aeronaves que voam a grandes altitudes, o superalimentador interno é suplementado por um turbosuperalimentador externo, acionado por uma porção dos gases de escapamento do motor da aeronave.

Esse tipo de superalimentador é montado à frente do carburador, conforme mostra a figura 2-10, para que possa pressurizar o ar na entrada do carburador.

Se a pressão do ar, que está entrando no carburador, é mantida a uma densidade próxima a do nível do mar durante a subida da

aeronave para altitude, não haverá nenhuma perda de potência como ocorre em aeronaves não equipadas com turbos. Entretanto, esse tipo de superalimentador impõe certas condições ao sistema de admissão, as quais não são necessárias em outras instalações de superalimentadores.

Na medida em que o ar se desloca através do turbo, sofre um aumento de temperatura causado pela compressão.

Se a massa de ar quente não for adequadamente resfriada antes de atingir o superalimentador interno, o segundo estágio de superalimentação produzirá na massa de ar uma temperatura final excessivamente elevada. O ar, nos sistemas de admissão equipados com turbos, é feito por um resfriador intermediário (figura 2-10), assim chamado porque resfria a massa de ar entre os estágios de compressão, ao invés de fazê-lo somente após o último estágio.

O ar quente flui através dos tubos desse resfriador intermediário, de um modo semelhante ao fluxo da água dentro do radiador de um automóvel.

Uma massa de ar fria externa, separada da massa de ar quente, é coletada e conduzida ao resfriador intermediário para que flua sobre os tubos, resfriando-os.

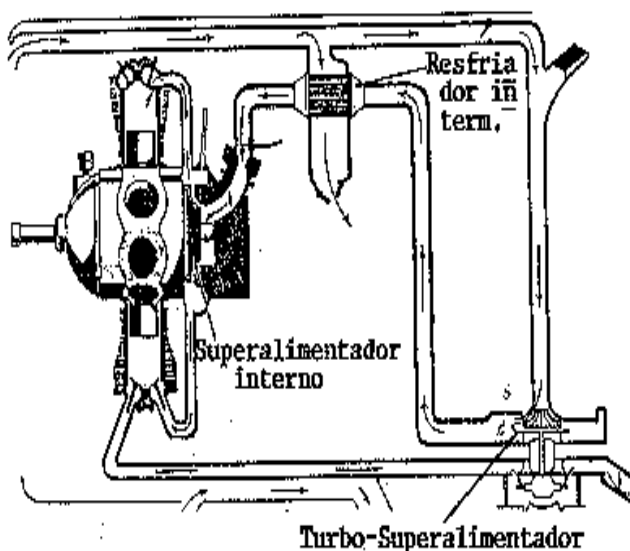


Figura 2-10 Sistemas de admissão com turbo-superalimentador.

Na medida em que a massa de ar de admissão flui através dos tubos, seu calor é removido até atingir um grau de resfriamento, que

possa ser tolerado pelo motor sem que ocorra detonação do combustível.

O controle sobre a massa de ar de resfriamento é exercido pelas comportas do resfriador intermediário, que regulam a quantidade de ar que passa sobre, e em torno dos tubos cheios de ar quente.

Um turbosuperalimentador típico é composto de três partes principais:

- (1) O conjunto do compressor;
- (2) O conjunto de turbina de gás;
- (3) A carcaça da bomba e dos rolamentos.

Essas seções são mostradas na figura 2-11. Além dos conjuntos principais, há uma placa defletora entre a caixa do compressor e a turbina dos gases de escapamento, a qual direciona o ar de resfriamento para a carcaça da bomba e dos rolamentos, protegendo o compressor do calor irradiado pela turbina.

Em instalações onde não há quantidade suficiente do ar de resfriamento, o defletor é substituído por uma carenagem que recebe seu ar diretamente do sistema de admissão.

O conjunto de compressão ("A" da figura 2-11) é formado por um impulsor, um difusor e uma carcaça.

Para o sistema de admissão, o ar entra através de uma abertura circular situada no centro da carcaça do compressor, onde ele é coletado pelas pás do impulsor, e onde adquire velocidade à medida que se desloca para frente em direção do difusor.

As aletas do difusor direcionam o fluxo de ar, quando este deixa o impulsor e, também, converte a alta velocidade do ar em alta pressão.

A força motriz do impulsor vem da conexão do impulsor com o eixo da roda da turbina dos gases de escapamento. A esse conjunto completo chama-se rotor.

O rotor gira sobre um rolamento de esfera no lado posterior da bomba e num rolamento de roletes, no final da turbina. Esse rolamento suporta a carga radial (centrífuga) do rotor, e os rolamentos de esfera apóiam o rotor da seção do impulsor e suportam toda a carga de empuxo (axial) e parte da carga radial.

O conjunto de turbina dos gases de escapamento ("B" da figura 2-11) consiste em uma roda de turbina, uma caixa de pulverizadores, uma válvula borboleta de desvio e tampa de refrigeração. A roda da turbina, acionada por gases de escapamento, move o impulsor. A caixa de pulverizadores coleta e direciona os gases de escapamento para a roda da turbina; e a válvula borboleta de desvio regula a quantidade de gases de escapamento que são direcionados à turbina pela caixa de pulverizadores.

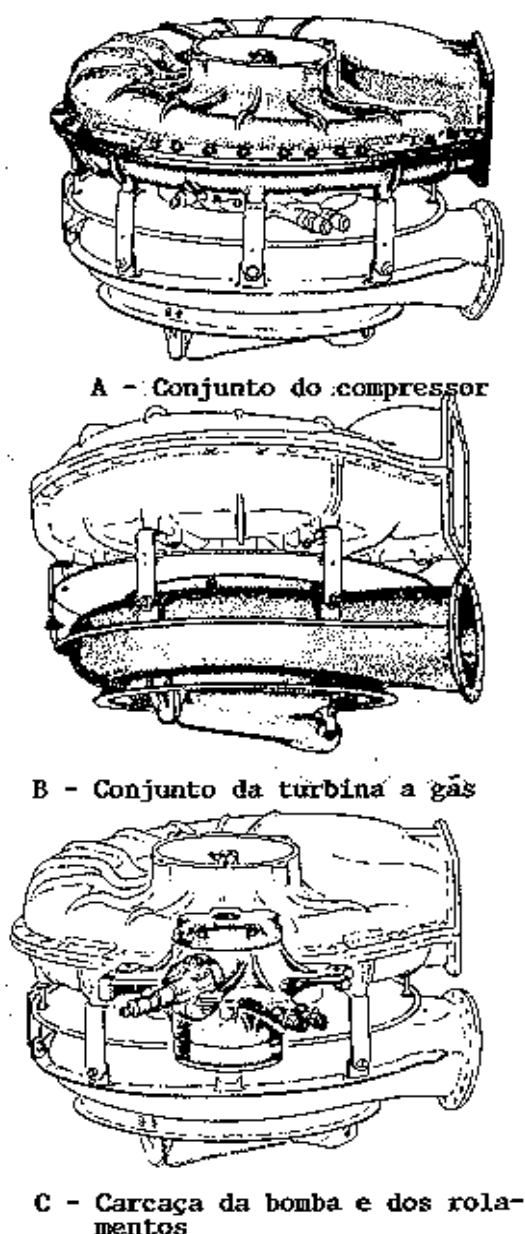


Figura 2-11 Seções principais de um típico turbosuperalimentador.

A tampa de refrigeração controla o fluxo de ar para o resfriamento da turbina.

A válvula borboleta (figura 2-12) controla o volume dos gases de escapamento, que são

direcionados à turbina e, desta forma, regulam a velocidade do rotor (turbina e impulsor).

Se a válvula borboleta estiver totalmente fechada, toda a massa de gases de escapamento será "empurrada para trás" e forçada a passar através da caixa de pulverizadores e roda da turbina. Se essa válvula estiver parcialmente fechada, uma quantidade correspondente de gases de escapamento será direcionada à turbina.

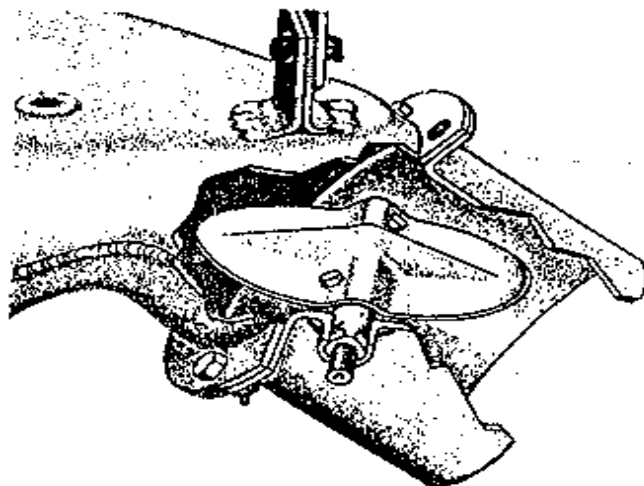


Figura 2-12 Conjunto válvula de desvio.

Os pulverizadores da caixa permitem que os gases se expandam e atinjam uma alta velocidade antes de entrarem em contato com a roda da turbina.

Então direcionados, os gases de escapamento chocam-se contra as cubas, que estão dispostas radialmente em torno da borda externa da turbina, fazendo com que o rotor (turbina e impulsor) gire.

Os gases são, então, expulsos para a atmosfera através de espaços entre as cubas.

Quando a válvula borboleta encontra-se totalmente aberta, quase todo o gás de escapamento passa para a atmosfera através do duto localizado no cone de cauda.

TURBOALIMENTADORES

Em aeronaves leves, um número crescente de motores está sendo equipado com sistemas de superalimentação, acionados externamente.

Esses superalimentadores recebem sua força da energia dos gases de escapamento e

são, geralmente, denominados sistemas “turboalimentadores” ao invés de “turbosuperalimentadores”. Em muitos motores de aeronaves pequenas, o sistema turboalimentador é projetado para operação apenas acima de uma determinada altitude, por exemplo, a 5.000 pés, se a força máxima disponível, sem o auxílio do superalimentador, for alcançada abaixo daquela altitude.

A localização dos sistemas de admissão e escapamento de ar, de um sistema turboalimentador típico, destinado a uma aeronave pequena é mostrada na figura 2-13.

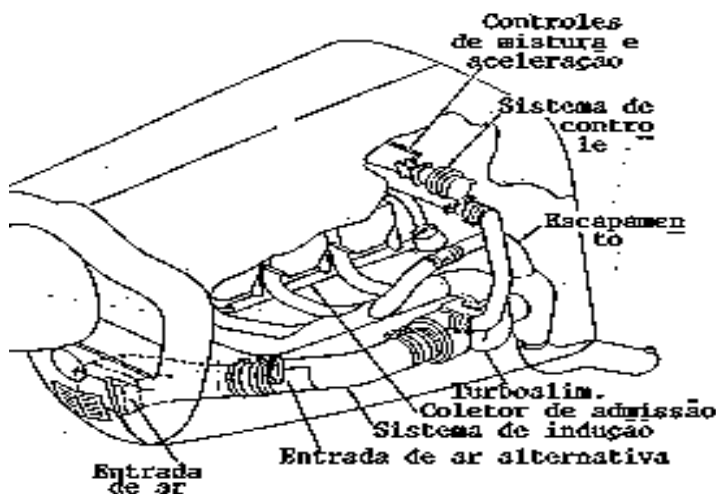


Figura 2-13 Sistemas de admissão e escapamento de um motor com turboalimentador.

Sistema de admissão de ar

O sistema de admissão de ar mostrado na Figura 2-14 consiste em uma tomada de ar de impacto filtrado, localizada na lateral da nacele.

Uma porta de tomada de ar alternativa, localizada dentro da nacele, permite que a seção do compressor automaticamente admita ar por via alternativa (ar aquecido do compartimento do motor) caso haja obstrução do filtro de admissão.

A porta de ar alternativa pode ser operada manualmente na eventualidade de haver obstrução do filtro. Um turboalimentador acionado pelos gases de escapamento, montado separadamente, é incluído em cada sistema de admissão de ar.

O turboalimentador está automaticamente sob um controlador de pressão, para que seja mantida a pressão no duto, na marca aproximada de 34,5 in. Hg ao nível do mar em uma altitude crítica (tipicamente 16.000 pés),

independentemente da temperatura. O turboalimentador é completamente automático, não requerendo do piloto qualquer ação até atingir a altitude crítica.

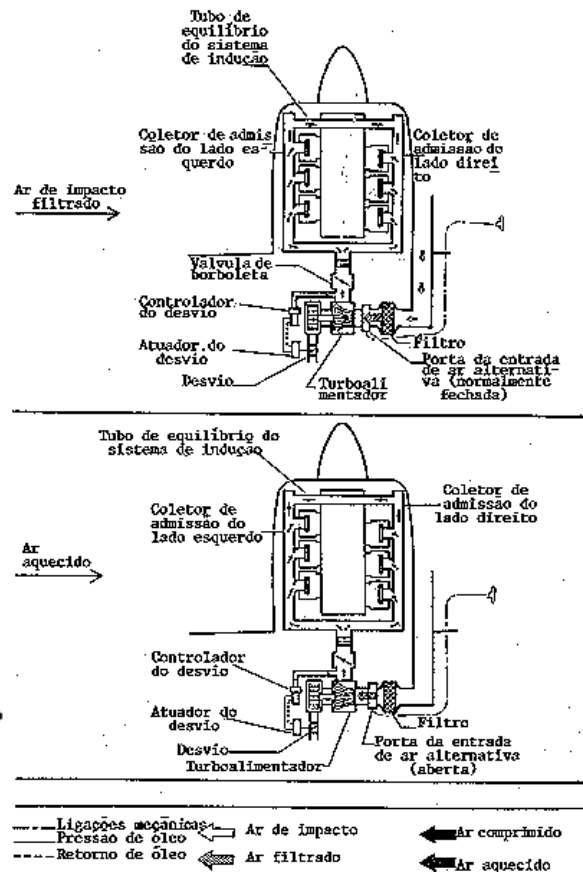


Figura 2-14 Esquema do sistema de admissão de ar.

Controladores e atuador da válvula de desvio

O atuador da válvula de desvio e os controladores utilizam óleo do motor como sua fonte de força (ver diagrama do sistema turboalimentador na figura 2-15). O turboalimentador é controlado pela válvula de aceleração e o respectivo atuador; e também por um controlador de pressão absoluta e de razão de mudança.

Um controlador de razão de pressão controla o atuador da válvula de desvio acima da altitude crítica de 16.000 pés. A válvula “Waste-gate” desvia os gases de escapamento do motor em torno da entrada da turbina de turboalimentação.

O atuador da válvula de desvio, que é fisicamente conectado à válvula por meios mecânicos, controla a posição da válvula borboleta de desvio.

O controlador de razão absoluta e o controlador de razão de mudança têm dupla função:

(1) O controlador de pressão absoluta controla a pressão máxima de descarga do compressor ($34 \pm 0,5$ in. Hg na altitude crítica, aproximadamente 16.000 pés); e

(2) O controlador de razão de mudança controla a taxa em que deve ser aumentada a pressão de descarga do compressor do turboalimentador

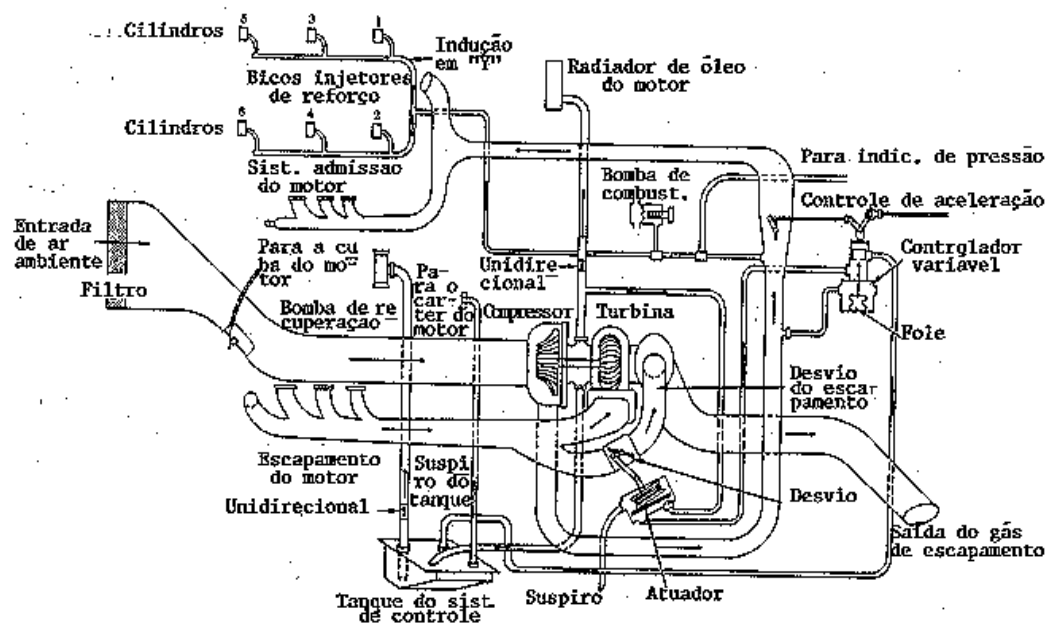


Figura 2-15 Esquema de um típico sistema turboalimentador.

SISTEMA TURBOALIMENTADOR REFORÇADO AO NÍVEL DO MAR

Alguns sistemas turboalimentadores são projetados para operar desde o nível do mar até

sua altitude crítica. Esses motores, reforçados ao nível do mar, podem desenvolver mais potência que um motor sem turboalimentação.

A figura 2-16 é um esquema do sistema turboalimentador.

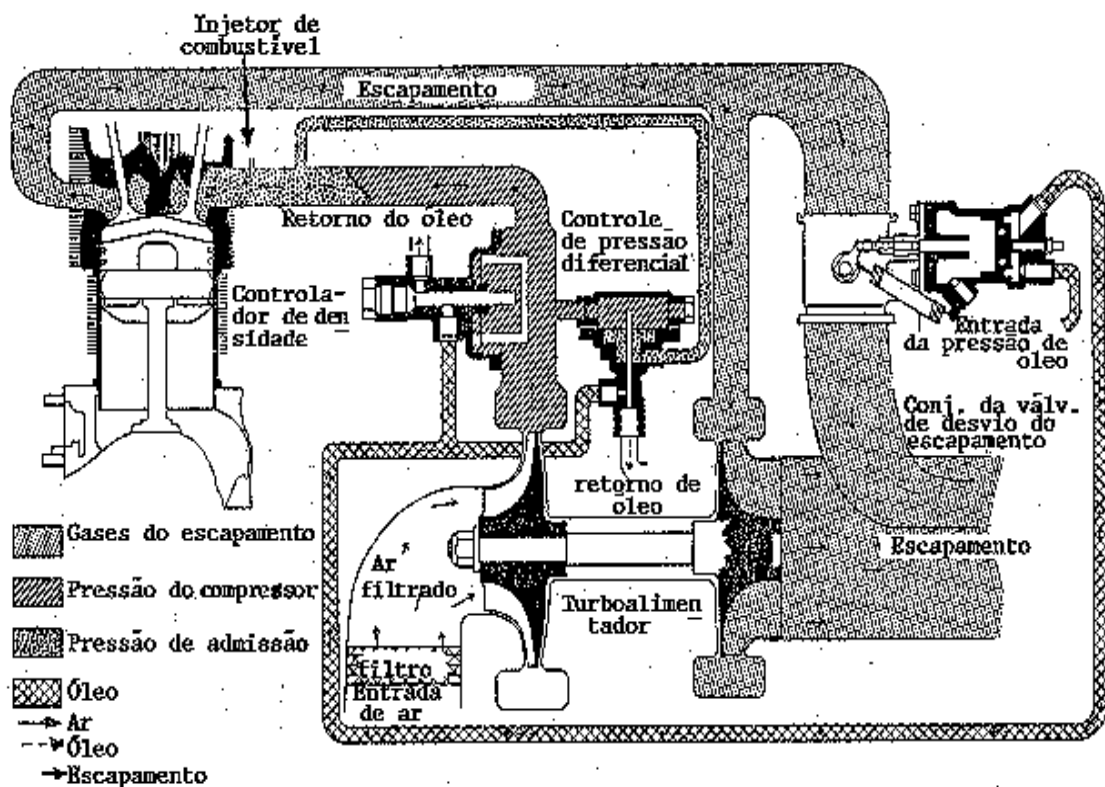


Figura 2-16 Controles do turboalimentador e sistema de desvio do escapamento.

Esse sistema é automaticamente regulado por três componentes: o conjunto de válvula de desvio de escapamento, o controlador de densidade e o controlador de pressão diferencial. Nota-se que alguns sistemas turboalimentadores não são equipados com tais recursos de controle automático; pois são semelhantes, em projeto e operação, ao sistema mostrado na figura 2-16, exceto pelo fato de terem a potência de saída do turboalimentador controlada manualmente. Uma potência de saída constante pode ser mantida regulando-se a posição da válvula de desvio do escapamento (waste gate), ou ainda na posição “totalmente aberta” ou “fechada” (Figura 2-16). Quando a válvula de desvio do escapamento está totalmente aberta, toda a massa de gases de escapamento é direcionada para se dissipar na atmosfera, não havendo ar sobre pressão para a entrada de ar do motor.

Do modo oposto, quando a válvula do escapamento está totalmente fechada, um volume máximo de gases de escapamento flui para a turbina do turboalimentador, proporcionando com isso uma superalimentação máxima.

Entre as duas posições extremas da válvula de escapamento, uma potência de saída constante pode ser conseguida abaixo da altitude máxima de operação projetada para o motor.

Existe uma altitude crítica para todo e qualquer ajuste de potência feito abaixo do teto máximo operacional, e, se a aeronave for levada a uma altitude superior à máxima operacional sem que tenha sido feita a correspondente modificação no ajuste de potência, a válvula de escapamento irá automaticamente para a posição “totalmente fechada”, em um esforço de manter uma potência de saída constante.

Deste modo, a mesma válvula de escapamento estará quase totalmente aberta operando ao nível do mar, e continuará a mover-se para a posição “fechada” à medida que a aeronave subir, de modo a manter no duto o ajuste de pressão pré-selecionado. Quando a válvula de escapamento está totalmente fechada (deixando apenas uma pequena abertura para evitar aderência), a pressão na tubulação começará a cair caso a aeronave continue a subir. Se não for possível selecionar um ajuste de potência mais alto, a altitude crítica do turboalimentador terá sido atingida. Além dessa altitude, a potência de saída continuará a decrescer.

A posição da válvula de escapamento, que determina a potência de saída, é controlada pela pressão do óleo. A pressão de óleo do motor atua sobre um pistão, mecanicamente conectado ao conjunto de válvulas de escapamento.

Quando a pressão do óleo é aumentada no pistão, a válvula de escapamento é movida para a posição “fechada” e a potência de saída do motor aumenta. Ao contrário, quando a pressão do óleo diminui, a válvula de escapamento move-se para a posição “aberta” e a potência de saída do motor diminui.

A posição do pistão, conectada à válvula de escapamento, depende da sangria do óleo que controla a pressão do óleo do motor, aplicada sobre o topo do pistão.

O óleo é devolvido ao cárter do motor através de dois dispositivos de controle: o controlador de densidade e o controlador de pressão diferencial. Esses dois controladores, atuando independentemente, determinam quando o óleo deve ser sangrado e retornado ao cárter do motor, e assim estabelece a pressão do óleo sobre o pistão.

O controlador de densidade é destinado a limitar a pressão na tubulação, abaixo da altitude crítica do turboalimentador, e regula a sangria de óleo somente na posição “manete a plena”.

Os foles sensores de pressão e temperatura do controlador de densidade reagem às mudanças de pressão e temperatura, entre a entrada do injetor de combustível e o compressor do turboalimentador.

Os foles, cheios com nitrogênio seco, mantêm uma densidade constante, permitindo que a pressão aumente à medida que há um aumento de temperatura.

O movimento dos foles reposiciona a válvula de sangria, causando uma alteração na quantidade de óleo sangrado, o que modifica a pressão do óleo sobre o topo do pistão da válvula de aceleração. Ver a figura 2-16.

O controlador de pressão diferencial funciona durante todos os posicionamentos da válvula de aceleração que sejam diferentes da posição “totalmente aberta”, a qual é regulada pelo controlador de densidade. Um lado do diafragma no controlador de pressão diferencial sente a pressão do ar no fluxo anterior (*upstream*) à aceleração; o outro lado toma uma

amostragem de pressão no lado da válvula de potência próximo ao cilindro (Figura 2-16).

Na posição da manete “totalmente aberta”, quando o controlador de densidade regula a posição da válvula de aceleração, a pressão sobre o diafragma do controlador de pressão diferencial está em seu mínimo, e a mola do controlador mantém a válvula de sangria fechada.

Na posição “potência parcial” o diferencial de ar é aumentado, abrindo assim a válvula de sangria para levar óleo ao cárter do motor e reposicionar o pistão da válvula de aceleração.

Desse modo, ambos os controladores operam independentemente, para controlar a operação do turboalimentador em todas as posições de potência. Sem a função de ultrapassagem do controlador de pressão diferencial durante a operação de potência parcial, o controlador de densidade poderia posicionar a válvula de aceleração em potência máxima.

O controlador de pressão diferencial reduz a pressão na entrada do injetor e, continuamente, reposiciona a válvula durante todos os regimes de operação do motor.

O controlador de pressão diferencial reduz a condição de instabilidade conhecida por “contra reação” durante a operação de potência parcial.

“Contra-reação” é uma indicação de mudança de potência desregulada, que resulta em uma flutuação contínua de pressão na tubulação.

Essa condição pode ser ilustrada, considerando-se a operação de um sistema quando a válvula de aceleração encontra-se totalmente fechada. Durante esse período, o controlador de pressão diferencial não está modulando a posição da válvula de aceleração.

Qualquer alteração mínima de potência, causada por uma mudança de temperatura ou flutuação de rpm será aumentada, e resultará em uma modificação na pressão da tubulação, uma vez que uma pequena alteração fará com que se altere a quantidade dos gases de escape fluindo para a turbina. Qualquer alteração no fluxo de gases de escape fluindo para a

turbina, ocasionará uma modificação na potência de saída, o que será refletido pelas indicações de pressão na tubulação.

A “contra-reação” é, desta forma, um ciclo indesejável de eventos de turboalimentação que leva a pressão da tubulação a flutuar na tentativa de alcançar um estado de equilíbrio.

Às vezes o fenômeno “contra-reação” é confundido com uma condição conhecida por (“overboost”), mas a “contra-reação” não é uma condição que comprometa a vida do motor.

Uma condição de “sobrecarga” é aquela em que a pressão da tubulação excede aos limites prescritos para um determinado motor e pode, por este motivo, causar sérios danos.

Assim, o controlador de pressão diferencial é necessário para que haja um funcionamento suave do turboalimentador de controle automático, uma vez que reduz a “contra-reação” pela redução do tempo requerido para trazer o sistema ao equilíbrio.

Um motor turboalimentado apresenta muito mais sensibilidade ao comando de potência do que um motor convencional. Um movimento rápido da manete de potência pode causar uma certa variação de pressão no duto em um motor turboalimentado. Essa condição, menos grave que a “contra-reação”, é conhecida por sobrecarga.

Mesmo não sendo uma condição de perigo, ela pode ser um motivo de preocupação para o piloto, ou operador, que selecione um determinado ajuste de pressão no duto, verificando, poucos segundos depois, que essa pressão oscilou e necessita de novo ajuste.

Uma vez que os controles automáticos não possam responder com rapidez suficiente às mudanças bruscas nos ajustes de potência, de modo a eliminar a inércia das mudanças de velocidade do turboalimentador, a sobrecarga deve ser eliminada pelo operador.

Isto pode ser conseguido ao se modificar lentamente os ajustes de potência, sempre dando ao sistema alguns segundos para alcançar um equilíbrio.

PANE	CAUSA PROVÁVEL	REPARO
Aeronave não atinge a altitude crítica.	• Roda da turbina ou compressor danificado. • Vazamento no sistema de escapamento. • Rolamentos defeituosos no turboalimentador. • Comporta de escapamento não fecha totalmente. • Mal funcionamento do controlador.	• Substituir o turboalimentador. • Fazer o reparo dos vazamentos. • Substituir o turboalimentador. • Ver “comporta de escapamento” na coluna PANE. • Ver “controlador diferencial” na coluna PANE.
Vibrações do motor.	• Vibração de pressão na tubulação. • Mal funcionamento da comporta de escapamento. • Mal funcionamento do controlador.	• Verificar se o motor está operando na faixa adequada. • Ver “comporta de escapamento” na coluna PANE. • Ver “controlador diferencial” na coluna PANE.
Comporta de escapamento não fecha totalmente.	• Rolamentos da válvula de desvio da comporta estão emperrados. • Orifício de entrada de óleo bloqueado. • Mal funcionamento do controlador. • Articulação da comporta de escapamento está quebrada.	• Substituir a válvula de desvio. • Limpar o orifício. • Ver “controlador” na coluna PANE. • Substituir a articulação; e ajustar a comporta de escapamento para abrir e fechar adequadamente.
Comporta de escapamento não abre.	• Saída de óleo obstruída. • Articulação da comporta de escapamento quebrada. • Mal funcionamento do controlador.	• Limpar e reconectar a linha de retorno de óleo. • Substituir a articulação; e ajustar a abertura e fechamento da comporta. • Ver “controlador” na coluna PANE.
Mal funcionamento do controlador diferencial.	• Vazamento na vedação. • Diafragma danificado. • Válvula do controlador emperrada.	• Substituir o controlador. • Substituir o controlador. • Substituir o controlador.
Mal funcionamento do controlador de densidade.	• Vazamento na vedação. • Foles danificados. • Válvula emperrada.	• Substituir o controlador. • Substituir o controlador. • Substituir o controlador.

TABELA 1. Pesquisa de Panes em Sistema Turboalimentador

Esse procedimento aplica-se aos motores turboalimentados, independentemente do seu grau de sensibilidade aos ajustes de potência.

A tabela 1 inclui as panes mais comuns do sistema turboalimentador, acompanhadas de uma descrição de causas e reparos.

Esses procedimentos de pesquisa de panes são apenas apresentados como um guia, não devendo, portanto, serem substituídos pelas instruções e procedimentos de pesquisa de panes aplicáveis, fornecidas pelo fabricante.

SISTEMAS COMPOSTOS COM TURBO PARA MOTORES CONVENCIONAIS

O motor composto com turbo consiste em um motor convencional, no qual turbinas movimentadas por gases de escapamento encontram-se acopladas ao eixo de manivela.

Esse sistema de obtenção de força adicional é, às vezes, denominado sistema de recuperação de força da turbina (PRT-power recovery turbine)

Não é um sistema de superalimentação, e não está conectado de qualquer maneira ao sistema de admissão de ar da aeronave. O sistema PRT permite que o motor recupere força/potência utilizando os gases de escapamento que, de outra forma, estariam sendo direcionados para a atmosfera.

Dependendo do tipo de motor, a quantidade de HP recuperada varia com a quantidade de potência aplicada. Tratando-se de motores convencionais grandes, é uma situação típica do sistema apresentar uma recuperação de 130 HP de cada uma das três turbinas.

A figura 2-17 mostra uma turbina de recuperação de potência conectada por engrenagens ao eixo de manivela do motor.

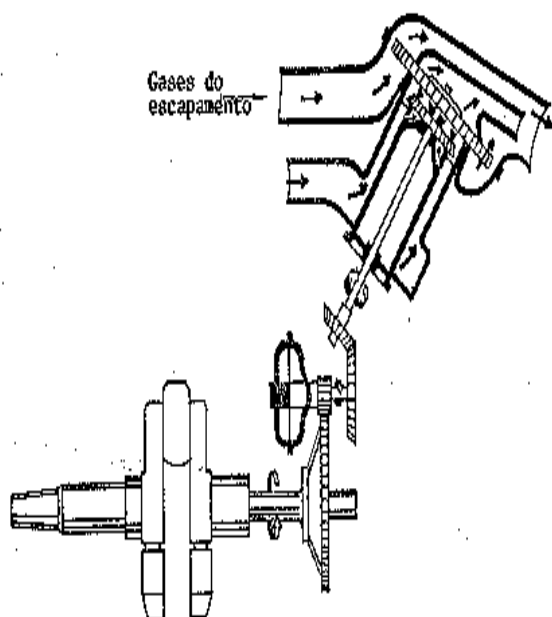


Figura 2-17 Transmissão da força da turbina para o eixo de manivelas

Tipicamente, existem três turbinas de recuperação de potência em cada motor, dispostas a intervalos de 120°. Elas são numeradas em sentido horário, vistas no sentido de trás do motor para frente. A turbina nº 1 está localizada na posição 3 horas, e a turbina nº 3 fica na posição 11 horas.

A posição da turbina, em relação ao sistema de escapamento dos vários cilindros em um motor de 18 cilindros, é mostrada no esquema da figura 2-18.

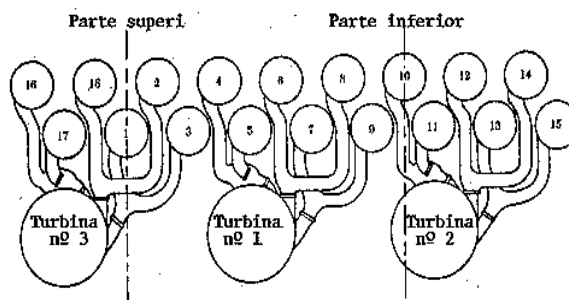


Figura 2-18 Diagrama esquemático de um sistema PRT.

O coletor de gases de escapamento direciona os gases na roda da turbina. O eixo da turbina transmite a força para o eixo de manivela do motor, através das engrenagens e de seu acoplamento.

O acoplamento impede que a vibração de torção seja passada ao eixo de manivelas.

Devido ao seu elevado peso e custo, a serem considerados, os sistemas de turbinas de recuperação de potência são utilizados exclusivamente em motores convencionais grandes.

SISTEMAS DE ADMISSÃO DO MOTOR TURBOJATO

Embora não se possa estabelecer um paralelo direto, o duto de admissão de ar de um motor a turbina, de algum modo, assemelha-se ao sistema de admissão de ar dos motores convencionais.

A admissão de um motor convencional e o duto de admissão de um motor a turbina proporcionam um suprimento de ar de alta energia, relativamente livre de distorção, e na quantidade requerida para o compressor. Um fluxo de ar contínuo e uniforme é necessário para evitar o estol do compressor e excessivas temperaturas internas do motor na turbina. A alta energia permite que o motor produza uma quantidade maior de empuxo. Normalmente, o duto de admissão de ar é considerado como uma parte integrante da estrutura do avião, e não uma parte do motor. No entanto, esse duto é tão importante para o desempenho do motor, que precisa ser levado em conta qualquer discussão sobre o motor como um todo.

Um motor a turbina consome 10 vezes mais ar por hora que o motor convencional de

tamanho equivalente. A passagem de entrada de ar é correspondentemente maior.

Além do mais, é mais crítica que uma tomada de ar de motor aspirado, no que se refere ao desempenho do motor e da aeronave, especialmente em altas velocidades.

Deficiências do duto resultam do aumento de perdas sucessivas, através de outros componentes do motor.

O duto de admissão de ar apresenta duas funções: uma para o próprio motor e outra para a aeronave.

Em primeiro lugar, deve ser capaz de admitir o máximo possível de pressão da corrente de ar livre, e conduzir essa pressão à frente do motor com um mínimo de perda de pressão ou de diferencial. Isto é conhecido como recuperação de ar de impacto, ou ainda, como “recuperação total de pressão”.

Em segundo lugar, o duto deve conduzir o ar uniformemente à entrada do compressor, com o mínimo possível de turbulência e variação de pressão. No que se refere à aeronave, o duto deve reduzir ao mínimo o seu efeito de arrasto.

Uma queda ou diferencial de pressão é causado pela fricção do ar ao longo das laterais do duto e pelas curvas no sistema.

O fluxo suave depende do nível de turbulência ser mantido a um mínimo quando o ar entra no duto.

O duto deve apresentar uma secção suficientemente reta que possibilite em seu interior um fluxo de ar uniforme.

A escolha da configuração de entrada do duto é determinada pela localização do motor na aeronave, e ainda, a velocidade do ar, altitude e atitude em que a aeronave é projetada para operar. Há dois tipos básicos de duto de admissão: o duto de entrada única e o de entrada dividida.

Qualquer que seja o tipo do duto, é essencial que a sua construção seja feita com muito cuidado; da mesma forma em que o reparo da entrada do duto requer bastante atenção e habilidade, pois é surpreendente como pequenas quantidades de distorção do fluxo de ar podem resultar em uma considerável perda de eficiência do motor, ou podem ainda resultar em por um estol do compressor aparentemente inexplicável.

Pontas de rebites que não estejam perfeitamente faceadas, ou um trabalho mal realizado

na chapa de metal, podem comprometer totalmente o que, de outro modo, seria uma instalação de duto aceitável.

Duto de entrada única

O duto de entrada única é o mais simples e eficiente, devido a sua entrada ficar localizada diretamente à frente do motor e da aeronave, que podendo captar um fluxo de ar livre de turbulência.

A figura 2-19 ilustra a posição do duto de entrada única em um avião monomotor turbobojato. Além disso, o duto pode ser construído em configuração reta ou apresentando apenas algumas discretas curvaturas. Na instalação feita em avião monomotor, em que o motor é montado na fuselagem, o duto é necessariamente longo. Se por um lado, pode haver uma pequena queda de pressão ocasionada pelo comprimento do duto, essa condição é superada pelas características que, por outro lado, permitem que haja no duto um fluxo de ar uniforme.

Em instalações de multimotores, é necessário que o duto seja curto, reto ou com um mínimo de curvatura. Embora o duto mais curto e sem curvaturas permita um mínimo de queda de pressão, o motor passa a ficar sujeito a sofrer os efeitos de turbulência na entrada da admissão de ar, particularmente em condições de baixa velocidade do ar ou acentuados ângulos de ataque.

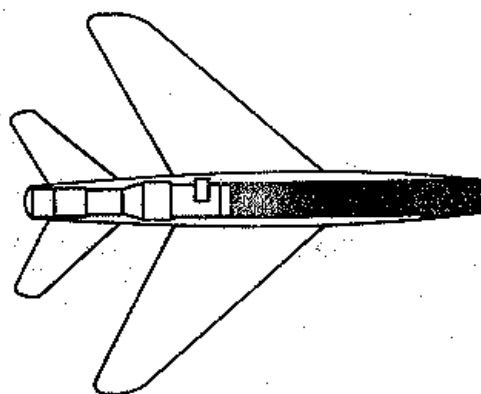


Figura 2-19 Aeronave com duto de entrada única.

Duto de entrada dividida

As exigências dos aviões monomotores de alta velocidade, nos quais o piloto senta-se na parte baixa da fuselagem e próximo ao nariz, são dificuldades impostas para a utilização do duto de entrada única.

Pode ser necessária, então, alguma forma de duto de admissão com entrada dividida, com tomadas de ar nos dois lados da fuselagem.

Esse duto dividido pode apresentar suas entradas nas raízes das asas, ou uma em cada lado da fuselagem, conforme mostra a Figura 2-20. Qualquer desses tipos de duto oferece mais problemas ao projetista da aeronave do que os dutos de entrada única; por causa da dificuldade em se conseguir uma área de admissão de ar suficiente, que não venha a ser proibida devido à quantidade de arrasto que possa produzir. Internamente, o problema é o mesmo encontrado pelo duto de entrada simples, ou seja: o de construir um duto que tenha um comprimento razoável e, ao mesmo tempo, com o mínimo possível de curvaturas.

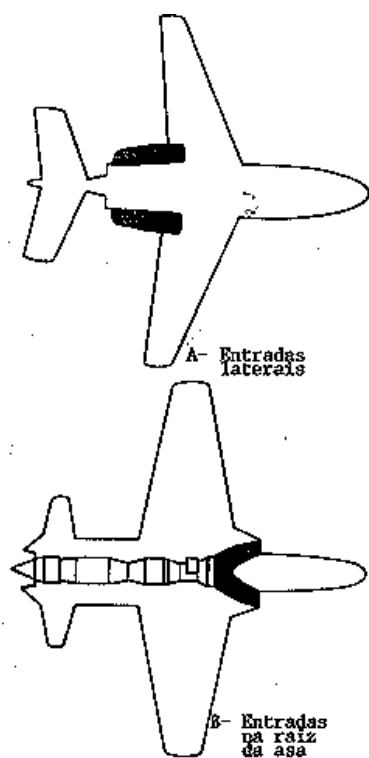


Figura 2-20 Dois tipos de dutos de entrada dividida.

A localização da entrada de ar na raiz da asa de uma aeronave, em que a asa esteja bastante deslocada para trás, oferece um problema de projeto porque, embora curto, o duto deve apresentar uma curvatura considerável que possa entregar adequada demanda de ar para o compressor.

Geralmente são utilizadas tomadas de ar nas laterais da fuselagem. Essas tomadas são

localizadas tão à frente quanto for possível, para permitir que haja uma curvatura gradativa em direção à entrada do compressor, trazendo as características do fluxo de ar para condições próximas daquelas encontradas no duto de entrada simples.

Uma série de pequenas hastes são, às vezes, colocadas na entrada de ar lateral para ajudar no direcionamento do fluxo de ar admitido, que deve continuar em linha reta para evitar turbulência.

Duto de geometria variável

A função principal de um duto de admissão é fornecer a quantidade de ar adequada para o motor. Em um motor turbojato típico, a exigência de um fluxo de ar máximo são tais que o número "Mach" do fluxo de ar, diretamente acima da frente do motor fica em torno de 0,5 ou pouco menos.

Portanto, sob praticamente todas as condições de voo exceto decolagem e pouso, a velocidade do fluxo de ar deve sofrer uma redução, antes que o mesmo ar esteja pronto para entrar no compressor. Para se conseguir isso, os dutos de admissão são projetados para funcionar como difusores e, assim, diminuir a velocidade do ar e aumentar a sua pressão estática.

Para as aeronaves multimotoras subsônicas, um duto de admissão normal tem o seu tamanho aumentado em direção à sua extremidade posterior, conforme ilustra a figura 2-21.

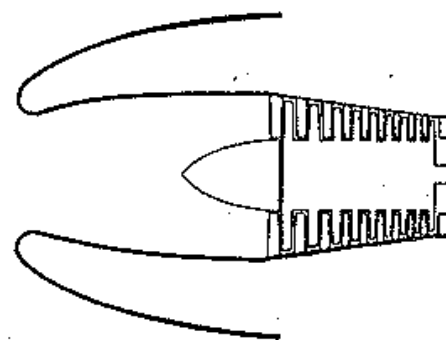


Figura 2-21 Entrada de ar subsônica divergente.

Um difusor supersônico tem sua área progressivamente diminuída no sentido da continuação do fluxo de ar. Desta forma, um duto de admissão supersônico seguirá a configuração geral até que a velocidade do ar admitido seja reduzida para Mach 1.0. A partir daí, a seção posterior do duto começará a ter sua área au-

mentada, uma vez que esta parte deva funcionar como um difusor subsônico. (Ver a figura 2-22).

Para aeronaves de velocidade muito alta, a área interna da configuração do duto será modificada por dispositivos mecânicos, dependendo do aumento ou diminuição de velocidade da aeronave. Um duto desse tipo é geralmente conhecido por duto de admissão de geometria variável.

Dois métodos são utilizados para a difusão do ar e diminuição da velocidade de seu fluxo em vôos supersônicos. Um método possível é o de variar, a área ou geometria do duto de admissão, pelo uso de restritores móveis dentro do duto. Existe ainda um outro sistema que funciona como um tipo de combinação de desvio variável de fluxo de ar que extrai do duto e à frente do motor, parte do ar admitido. Em alguns casos utiliza-se a combinação de ambos os sistemas.

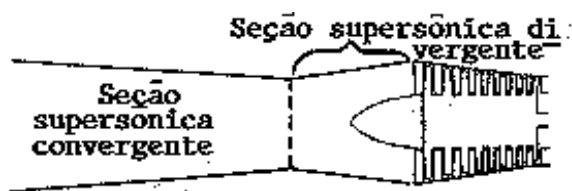


Figura 2-22 Entrada de ar supersônica.

O outro método é a utilização de uma onda de choque na corrente de ar. Uma onda de choque é uma área estreita de descontinuidade em um fluxo de ar ou gás, durante a qual a velocidade, a pressão, densidade e temperatura do ar ou gás são submetidas a uma modificação brusca.

Ondas de choque mais fortes produzem maiores alterações nas propriedades do ar ou do gás.

Uma onda de choque é deliberadamente colocada no fluxo supersônico do ar que está entrando no duto, por meio de algum tipo de restrição ou pequena obstrução que, automaticamente, projeta-se dentro do duto em vôos com um número "Mach" alto.

A onda de choque resulta na difusão do fluxo de ar, o qual, por sua vez, tem a sua velocidade reduzida.

Em pelo menos uma instalação de aeronave é utilizada a combinação dos dois métodos, o de choque e de geometria variável, para se conseguir a difusão do fluxo de ar. O mesmo dispositivo que modifica a área do duto também

estabelece a onda de choque que, em seguida, irá reduzir a velocidade do ar que está sendo admitido para dentro do duto. A modificação na área do duto e a magnitude do choque são variadas automaticamente com a velocidade do ar na aeronave.

Com a entrada de geometria variável, o zumbido que às vezes ocorre na tomada de ar durante vôos com número Mach elevado, pode ser evitado alterando-se a o valor da variação da área de entrada, que será afetada durante a operação do sistema de geometria variável.

O zumbido resulta da instabilidade do ar que ocorre quando a onda de choque é alternadamente engolida e regurgitada na tomada de ar. Em condições severas, esse fenômeno pode causar violentas flutuações de pressão da tomada de ar, que pode resultar em danos a sua estrutura ou, possivelmente, ao próprio motor.

Um duto de geometria variável adequado irá eliminar o zumbido pelo aumento da estabilidade do fluxo de ar dentro do duto de admissão.

Entrada do compressor tipo boca de sino

Embora não se trate de um duto, no sentido real da palavra, a entrada tipo boca de sino é geralmente instalada em um motor que está sendo calibrado em bancada de teste, de modo a levar o ar externo estático às aletas guias do bocal do compressor.

Esse tipo de entrada de ar é facilmente instalado e removido, sendo projetado com o único objetivo de obter uma eficiência aerodinâmica bastante alta.

Essencialmente, esta entrada de ar é um funil em forma de sino com bordas cuidadosamente arredondadas que praticamente não oferecem resistência ao ar. (Ver figura 2-23).

A perda no duto é tão insignificante que é considerada zero. O motor pode, portanto, ser colocado em funcionamento sem as complicações resultantes das perdas comuns a um duto instalado na aeronave.

Os dados de desempenho do motor, tais como potência nominal e consumo específico de combustível (a uma determinada potência) são obtidos pelo uso de uma entrada de compressor tipo boca de sino.

Geralmente, as entradas de ar são fixadas com telas protetoras. Nesse caso, a eficiência perdida à medida que o ar atravessa a tela

deve ser levada em conta quando é necessária uma verificação precisa de dados do motor.

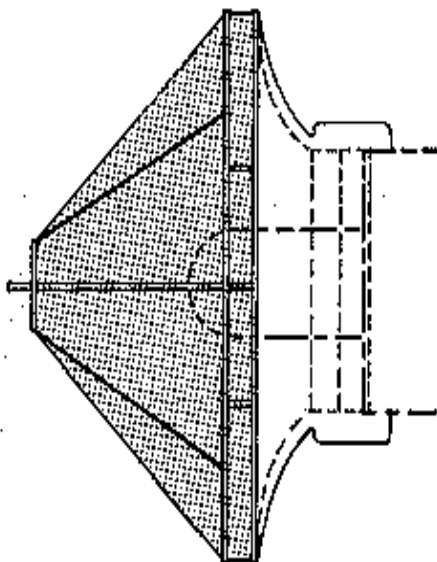


Figura 2-23 Entrada do compressor do tipo boca de sino.

ENTRADAS DE AR DO COMPRESSOR EM MOTORES TURBOÉLICE

A admissão de ar em um motor turboélice é mais problemática que em um motor turbojato, porque o eixo de acionamento da hélice, o cubo e a carenagem (cone) de proteção do cubo têm que ser levados em conta, além dos outros fatores de projeto que comumente fazem parte deste dispositivo.

Uma configuração de cone protetor do tubo e duto de admissão de ar (figura 2-24A) é geralmente considerada como o melhor projeto para um motor turboélice, no que se refere ao fluxo de ar e características aerodinâmicas.

Entretanto, o duto que tem um cone é mais pesado e oferece mais dificuldades para a manutenção e controle antigelo do que o cone convencional de fluxo aerodinâmico, frequentemente utilizado.

A proteção do cubo da hélice com formato cônico, que é uma versão modificada do cone aerodinâmico é, às vezes, utilizado. Em qualquer dos casos, a disposição do *spinner* e do duto de admissão de ar é semelhante àquela ilustrada na figura 2-24B. Quando a seção do nariz de um motor turboélice é deslocada do eixo principal do motor, pode ser utilizada uma configuração semelhante à apresentada na figura 2-24C.

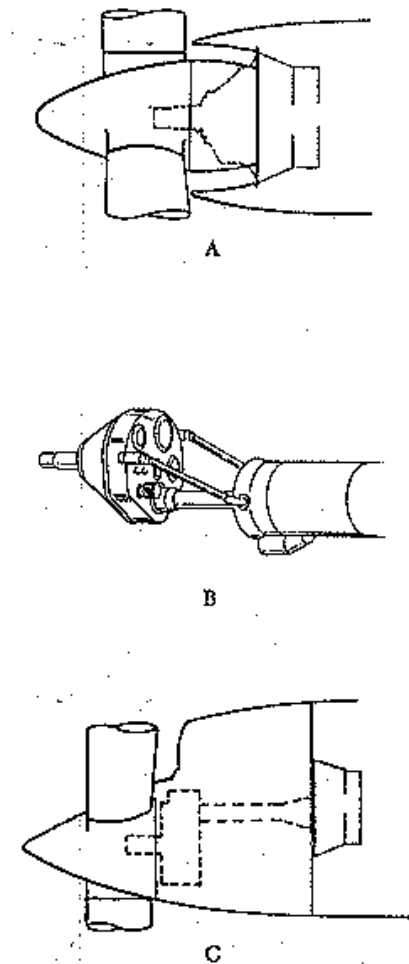


Figura 2-24 Entradas do compressor de turboélices.

Telas de entrada do compressor

É bastante conhecido o apetite que uma turbina de gás tem por parafusos, pequenos pinos, rebites, pequenas ferramentas de mão, pedaços de pano e coisas do gênero.

Para impedir que tais objetos sejam ingeridos pelo motor, coloca-se uma tela de entrada do compressor para proteger a área (diâmetro) de entrada de ar do motor.

As vantagens e desvantagens de uma tela desse tipo variam. Se o motor estiver muito susceptível a sofrer avarias internas, como seria o caso, por exemplo, de um motor que tenha um compressor axial com palhetas de alumínio, uma tela no duto de admissão de ar chega a ser quase uma necessidade.

As telas, no entanto, contribuem para que haja uma apreciável perda de pressão no duto de admissão, e ficam muito sujeitas à formação de gelo.

Panes que surgem devido à fadiga também são um problema. Uma tela defeituosa pode causar mais danos do que se não houvesse nenhuma instalada.

Existem casos, em que as telas no duto de admissão de ar são retráteis, podendo ser retiradas do fluxo de ar após a decolagem, ou sempre que prevaleçam condições de formação de gelo. Essas telas ficam sujeitas a apresentarem falhas mecânicas, e acrescentam a instalação como um todo, tanto peso quanto volume.

Em motores grandes que apresentam palhetas do compressor de titânio ou de aço, ou seja, peças que não se danificam facilmente, as desvantagens da tela do compressor superam as vantagens e, por esse motivo não são, em geral, utilizadas.

Seções do “fan” dos motores “turbofan”

Embora alguns motores “turbofan” apresentem a sua seção do fan ou palhetas, integral com a turbina e posterior à câmara de combustão, outras versões são comumente construídas com o fan na extremidade dianteira do compressor.

Em motores que têm compressor duplo, o fan é integral, com o compressor de baixa pressão e de baixa velocidade, o que permite que o carretel gire no topo da palheta para se obter melhor eficiência.

O fan dianteiro permite a utilização de um duto de admissão de ar convencional, resultando em baixa razão de perda do ar admitido e, também, reduz os danos ao motor por ingestão de objetos estranhos.

A maior parte de qualquer material que venha a ser sugado, será arremessada radialmente para fora, e passará através da descarga do fan ao invés de continuar a trajetória através da parte principal do motor.

O fan consiste em um ou mais estágios de palhetas rotativas e aletas estacionárias, todas bem maiores que os estágios dianteiros do compressor ao qual estão ligados.

O ar acelerado pelas pontas das palhetas do fan, forma uma corrente de ar secundária, que é conduzida de volta para a atmosfera, sem passar através da seção principal do motor. O ar que passa através do centro do fan forma o fluxo de ar primário que passa através do motor. (Ver figura 2-25).



Figura 2-25 Fluxo de ar através de um motor de “fan” dianteiro.

O ar de escape do fan, que é conduzido para a atmosfera, pode ser descarregado de dois modos:

1. Para a atmosfera através de dutos curtos, logo atrás do fan, conforme mostra a figura 2-26, e no diagrama da configuração de duto bifurcado.
2. Conduzido até a parte posterior do motor, onde é então expulso para a atmosfera, próximo ao duto de escape de cauda do motor.

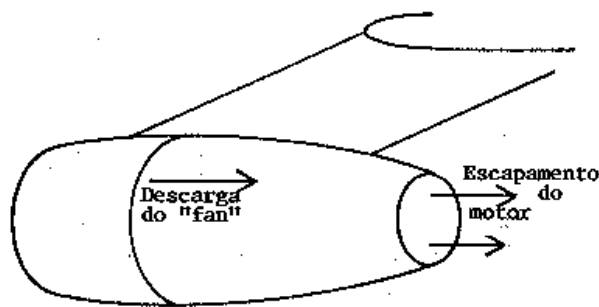


Figura 2-26 Instalação típica de um motor turbofan de “fan” dianteiro.

SISTEMAS DE ESCAPAMENTO DE MOTORES CONVENCIONAIS

O sistema de escape dos motores convencionais é fundamentalmente um sistema de limpeza, que coleta e envia para a atmosfera gases de alta temperatura e nocivos.

Sua exigência básica impõe que os gases sejam entregues à atmosfera em completa segurança para a estrutura da aeronave e, também, dos seus ocupantes.

O sistema de escape pode desempenhar várias funções úteis, sendo a primeira

proporcionar proteção contra a ação potencialmente destrutiva dos gases de escapamento. Os sistemas de escapamento modernos, embora comparativamente leves, resistem adequadamente a altas temperaturas, corrosão e vibração; de forma a proporcionar uma operação livre de problemas e por períodos longos com um mínimo de manutenção.

Existem dois tipos básicos de sistemas de escapamento em uso nos motores de aeronaves: o sistema aberto e o sistema coletor. O sistema aberto é geralmente utilizado em motores não superalimentados, onde o nível de ruído não é alto demais.

O sistema coletor é utilizado na maioria dos grandes motores não superalimentados e em instalações em que esse sistema poderia melhorar o fluxo aerodinâmico da nacele, ou ainda oferecer uma manutenção mais fácil na área da nacele.

Nos motores turboalimentados, os gases de escapamento devem ser coletados para acionar a turbina do compressor do superalimentador.

Esses sistemas apresentam tubos de comunicação individuais para os gases de escapamento que são descarregados em um único coletor anular, que por sua vez tem apenas uma única saída.

Dessa saída, os gases de escapamento quentes são conduzidos por um duto até a caixa do turboalimentador para acionar a turbina.

Embora o sistema coletor eleve a pressão de retorno do sistema de escapamento, o ganho em potência decorrente do turboalimentador supera em muito a perda de potência, resultante do aumento da pressão de retorno.

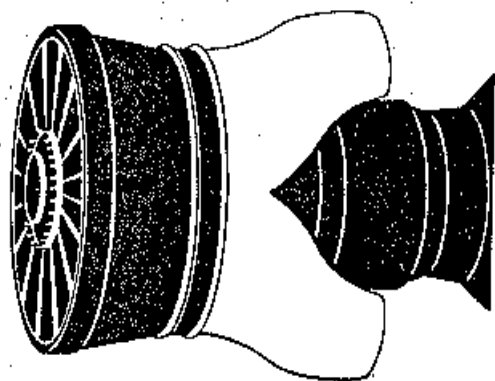


Figura 2-27 Configuração de um duto bifurcado.

O sistema aberto é relativamente simples, e a sua remoção e instalação consistem essencialmente em remover e instalar os parafusos e garras de fixação.

Na figura 2-28 é mostrada, em corte vertical, a localização dos componentes do sistema de escapamento de um motor de cilindros opostos instalado horizontalmente.

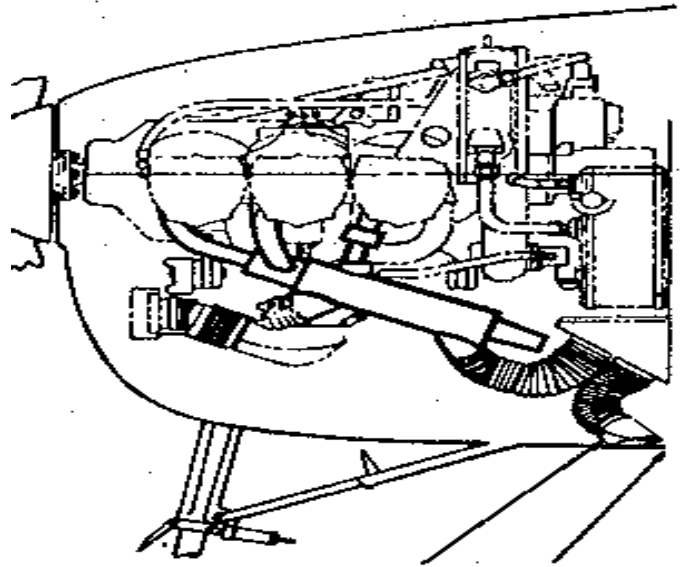


Figura 2-28 Sistema de escapamento de um motor de cilindros horizontalmente opostos.

O sistema de escapamento nesta instalação consiste em um tubo partindo de cada cilindro, de um tubo coletor dos gases de escapamento em cada lado do motor, um conjunto ejetor de gases de escapamento avançado para trás, e abaixo de cada lado da parede de fogo.

Os tubos são conectados aos cilindros por porcas de trava resistentes a altas temperaturas, e presas ao coletor de escapamento por anéis de fixação.

Uma proteção para a cabine, contra o calor dos gases de escapamento, está instalada em torno de cada tubo coletor. Ver a figura 2-29.

Os tubos coletores terminam nas aberturas do ejetor dos gases de escapamento, na parede de fogo, e têm sua abertura regulada para aos gases tenham uma velocidade apropriada, tal que induza um fluxo de ar através dos ejetores de escapamento.

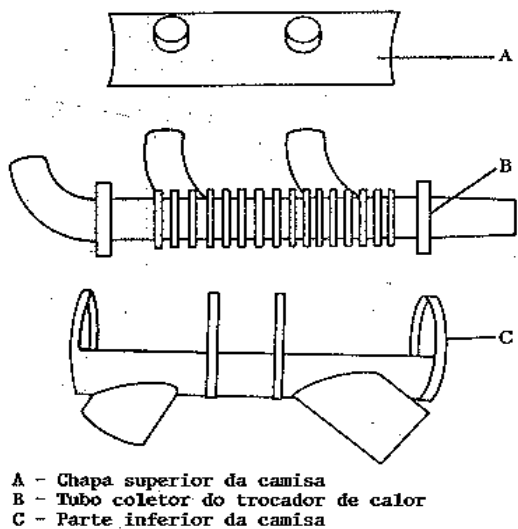


Figura 2-29 Vista explodida do conjunto de reforço do aquecedor pelo escapamento.

Os ejetores de escapamento consistem em um conjunto de garganta e duto (*throat and duct*) que utilizam a ação bombeadora dos gases de escapamento, para induzir um fluxo de ar de resfriamento através de todas as partes do compartimento do motor.

Sistema de coletor anular de escapamento de motores radiais

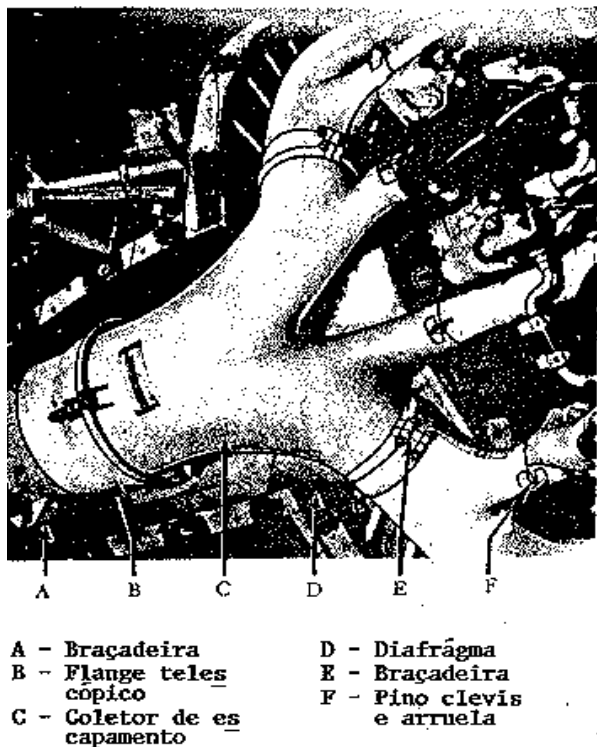


Figura 2-30 Anel coletor de escapamento instalado.

A figura 2-30 mostra o anel coletor de escapamento instalado em um motor radial de 14 cilindros. Esse anel é um conjunto de peças feitas de aço resistente à corrosão e manufaturado em sete seções, cada peça coleta o escapamento de dois cilindros.

As seções são graduadas por tamanho (figura 2-31). As pequenas ficam no lado interno e as maiores ficam no lado externo, na ponta onde o duto de cauda é conectado com o anel coletor.

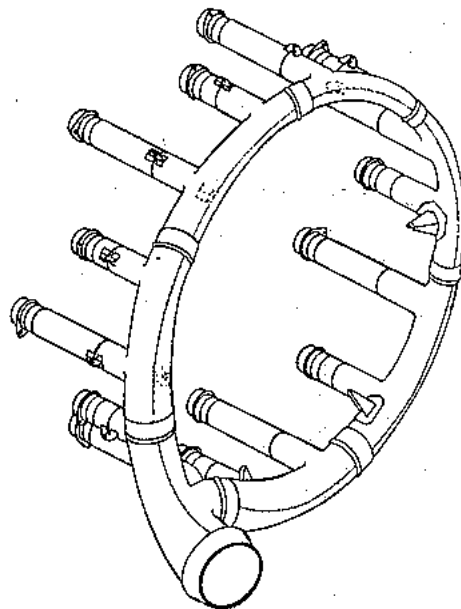


Figura 2-31 Anel coletor de escapamento.

Cada seção do anel coletor é presa por parafusos a uma garra (*bracket*) na seção do compressor do motor, e é parcialmente apoiada por uma luva de conexão entre as saídas do anel coletor e as saídas de escapamento do motor.

O duto de cauda de escapamento é ligado ao anel coletor por uma junção de expansão telescópica que apresenta folga suficiente para se efetuar a remoção dos segmentos desse anel, sem que o duto de cauda tenha que ser removido. O duto de cauda de escapamento é um conjunto de peças soldadas feitas de aço resistente à corrosão, que consiste em duto de cauda e, em algumas aeronaves, um trocador de calor tipo mufa.

Conjunto de tubulação de escapamento e intensificador

Alguns motores radiais são equipados com uma combinação de tubulação de escapa-

mento e intensificador. Em um motor de 18 cilindros típicos, são utilizados dois conjuntos de escapamento e dois conjuntos de intensificadores.

Cada conjunto de tubulação coleta os gases de escapamento de nove cilindros, e descarrega esses gases na ponta dianteira do conjunto intensificador.

Os quatro tubos de cada conjunto de tubulação são conjuntos idênticos entre si, cada um recebendo gases de escapamento de dois cilindros (ver figura 2-32). A ordem de queima dos dois cilindros, que mandam gases de escapamento para cada tubo, é a mais separada possível. Os cilindros da linha dianteira ficam conectados aos tubos por extensões.

Esse tipo de tubulação de escapamento é manufaturado com aço resistente à corrosão, e apresenta apenas um acabamento simples de jato de areia ou de revestimento de cerâmica.

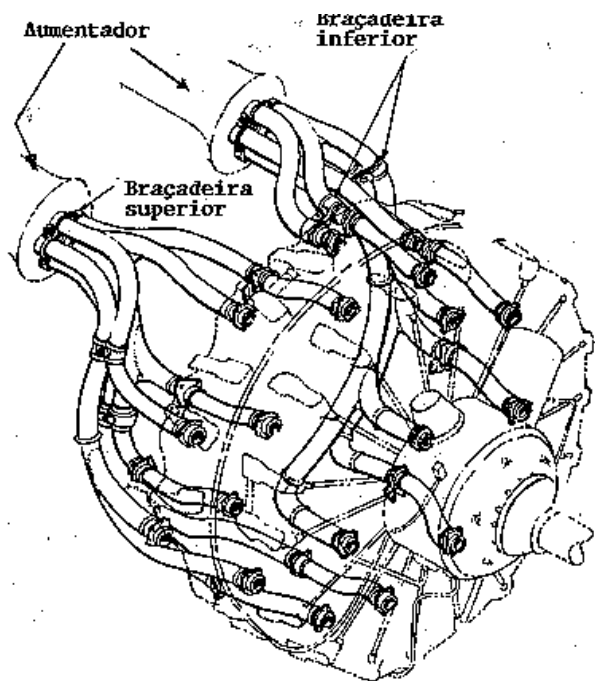


Figura 2-32 Instalação de um sistema de escapamento.

Os gases de escapamento são direcionados para dentro das bocas de sino dos intensificadores.

Os intensificadores são projetados para produzir um efeito de tubo de Venturi para formar um fluxo de ar aumentado sobre o motor, intensificando seu resfriamento. A aleta do intensificador fica localizada em cada duto de

cauda. Quando a mesma está totalmente fechada, a secção transversal do duto de cauda fica reduzida em aproximadamente 45%.

As aletas do intensificador são operadas por um atuador elétrico, e indicadores adjacentes às chaves da aleta do intensificador, localizados na cabine de comando, mostram as suas posições.

As aletas podem ser movidas para a posição “fechada” com o intuito de diminuir a velocidade do fluxo através do intensificador, e com isso aumentar a temperatura do motor.

PRÁTICAS DE MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE ESCAPAMENTO DO MOTOR CONVENCIONAL

Qualquer pane no sistema de escapamento deve ser encarada como um problema sério. Dependendo da localização e do tipo de pane, uma falha no sistema de escapamento pode resultar em envenenamento da tripulação e passageiros, por ingestão de monóxido de carbono, perda parcial ou completa da potência do motor, ou ainda fogo na aeronave.

As panes do sistema de escapamento geralmente atingem um índice máximo de ocorrência quando a aeronave atinge a marca de 100 a 200 horas de operação. Mais de 50% de todas as panes de sistema de escapamento ocorrem dentro das 400 horas.

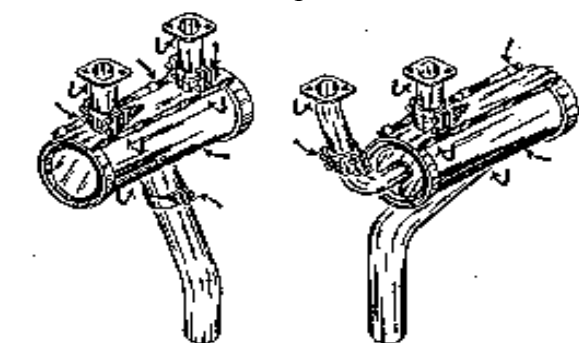
Inspeção do sistema de escapamento

Enquanto o tipo e a localização dos componentes do sistema de escapamento variam bastante, conforme o tipo da aeronave, as exigências de inspeção para a maioria dos sistemas de escapamento de motores convencionais mantêm-se bastante semelhantes. Os parágrafos a seguir incluem uma apreciação dos itens de inspeção mais comuns para os sistemas de escapamento, e os procedimentos para todos os motores convencionais. A figura 2-33 mostra as áreas de inspeção primária de três tipos de sistemas de escapamento.

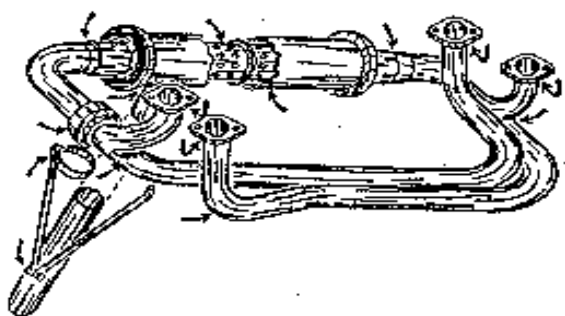
Antes de se falar sobre a remoção e instalação dos sistemas de escapamento básicos, é preciso salientarmos uma precaução que deve ser tomada ao fazer a manutenção de qualquer sistema de escapamento que venha a ser mencionado.

Nunca devem ser utilizadas no sistema de escapamento, ferramentas galvanizadas ou com revestimento de zinco, e as peças do sistema de escapamento nunca devem ser marcadas com lápis grafite (por causa do chumbo).

As marcas de chumbo, zinco ou galvanizadas podem ser absorvidas pelo metal do sistema de escapamento quando aquecido, criando com isso uma alteração distinta em sua estrutura molecular. Essa alteração amolece o metal na área em que foi feita a marca, causando rachaduras; e finalmente uma pane.



A - Sistema com separação



B - Sistema do tipo cruzado



C - Sistema com aumentador (intensificador)

Figura 2-33 Áreas de inspeção primária.

Depois que um sistema de escapamento completo tiver sido instalado, a abertura de admissão de ar ou duto, as linhas de dreno de combustível, os flapes de refrigeração e todas as peças da carenagem do motor devem ser instaladas e fixadas. Depois que é realizada a inspeção de segurança desses itens, o motor é posto

em funcionamento para permitir que os gases de escapamento sejam aquecidos até as marcas de temperaturas operacionais normais. O motor é desligado e sua carenagem removida para expor o sistema de escapamento.

Cada conexão fixada e de saída de escapamento deve ser inspecionada para se averiguar se há vazamento de gases.

Um vazamento desse tipo é indicado por linhas de cor cinza ou pretas, de fuligem, verificados na tubulação, na área do vazamento. Um vazamento de escapamento é geralmente resultante do alinhamento incorreto no encaixe das duas peças do sistema. Quando se identifica uma conexão de escape com vazamento, as garras de fixação devem ser afrouxadas e as unidades com vazamento devem ser reposicionadas para que haja um encaixe justo e correto.

Após serem reposicionadas, as porcas do sistema devem ser apertadas novamente, o bastante para eliminar qualquer folga sem exceder o torque especificado. Se o ajuste feito pelo torque especificado não chega a eliminar as folgas, deve-se substituir tanto os parafusos quanto as porcas, pois esses devem provavelmente ter sofrido alongamento. Após terem seu ajuste feito pelo torque especificado, todas as porcas devem ser frenadas.

Uma vez removida a carenagem do motor, podem ser feitas todas as operações de limpeza necessárias. Algumas unidades de escape são fabricadas recebendo apenas um jato de areia para o acabamento, outras poderão ter revestimento cerâmico. Os tubos com revestimento cerâmico devem ser limpos apenas com um desengordurante, e nunca devem ser limpos com jato de areia ou produtos alcalinos.

Durante a inspeção do sistema de escapamento, deve ser dada uma atenção especial a todas as superfícies externas para averiguar se há rachaduras, mossas ou partes faltando. O mesmo cuidado se aplica para soldas, garras de fixação, suportes, alças de fixação de suportes, braçadeiras, juntas, flanges, vedações e peças flexíveis.

Cada curva deve ser examinada, assim como as áreas adjacentes às soldas; e qualquer área que apresente moessa ou áreas mais baixas no sistema devem ser inspecionadas, para se verificar se algum ponto está sendo desgastado ou perfurado, devido à corrosão interna pelos produtos resultantes da combustão ou por acúmulo de umidade.

Um furador de gelo ou outro instrumento pontiagudo similar pode ser útil na inspeção dessas áreas.

Caso haja necessidade, o sistema deve ser desmontado para a inspeção dos difusores e defletores internos.

Se um componente do sistema de escapamento estiver em local inacessível para uma inspeção visual completa, ou escondido por partes não removíveis, ele deve ser removido e checado para a detecção de possíveis vazamentos.

Geralmente, a melhor forma de executar essa tarefa é bloquear as aberturas dos componentes, em seguida aplicar uma pressão interna adequada (aproximadamente 2 psi) e submergí-la em água.

Os vazamentos provocarão bolhas que poderão ser prontamente identificadas.

Os procedimentos requeridos para uma inspeção de instalação são também observados durante a maioria das inspeções regulares.

A inspeção diária consiste em checar o sistema de escapamento geralmente exposto, para verificar se existem rachaduras, escamação, vazamento excessivo e peças de fixação frouxas.

Pane de silenciador e de trocador de calor

Aproximadamente, metade de todas as panes de silenciador e de trocador de calor podem ser identificadas por rachaduras ou rupturas nas superfícies do trocador de calor, que é utilizado como fonte de calor para a cabine e para o carburador.

As panes na superfície do trocador de calor (geralmente na parede externa) permitem que os gases de escapamento saiam diretamente de dentro do sistema de aquecimento da cabine. Essas panes, na maioria dos casos, são causadas por rachaduras provenientes de fadiga por vibração ou temperatura nas áreas de concentração de esforço.

A pane nos pontos de solda, que ligam os pinos de transferência de calor, pode resultar em vazamento dos gases de escapamento.

Além do perigo oferecido pelo monóxido de carbono, a pane nas superfícies do trocador de calor pode permitir que os gases de escapamento sejam levados para dentro do sistema de admissão do motor, provocando um superaquecimento e perda de potência.

Panes no “Stack” e na tubulação de escapamento

As panes da tubulação de escapamento são geralmente resultantes de fadiga nos pontos que receberam solda ou fixação, como por exemplo conexões, flange, “stack” para tubulação, no duto de alimentação cruzada ou no silenciador.

Embora essas panes apresentem em primeiro lugar o perigo de fogo, apresentam também os problemas com monóxido de carbono.

Os gases de escapamento podem entrar na cabine através de vedações defeituosas ou inadequadas em aberturas na parede de fogo, de dispositivos na estrutura da asa, portas e aberturas na raiz da asa.

Panes no silenciador interno

As panes internas (defletores, difusores, etc.) podem causar perda de potência do motor parcial ou completa, uma vez que restringem o fluxo dos gases de escapamento. Ao contrário de outras panes, a erosão e carburação devidas às condições térmicas extremas, são as causas principais das panes internas.

Retorno de chama do motor e combustível não queimado, dentro do sistema de escapamento, são provavelmente fatores que contribuem para essas panes.

Além disso, áreas particularmente quentes como resultantes de um fluxo de gases de escapamento não uniforme, podem vir a causar queima, abaulamento ou ruptura da parede externa do silenciador.

Sistemas de escapamento com turboalimentador

Quando há um sistema turboalimentador (ou um turbosuperalimentador) o sistema de escapamento do motor opera sob uma condição de pressão e temperatura grandemente aumentada. Portanto, devem ser tomadas precauções extras no cuidado e manutenção do sistema de escapamento.

Durante a operação em altitude com alta pressão, o sistema de escapamento é mantido ao nível do mar ou próximo a esses valores. Devido à pressão diferencial, quaisquer vazamentos no sistema permitirão que os gases de escapamento saiam com a intensidade de um maçarico,

podendo causar severos danos às estruturas adjacentes.

Uma causa comum de mal funcionamento desse tipo são os depósitos de coque (acúmulo de carbono) na unidade da comporta de escapamento, provocando um funcionamento errado do sistema.

Um acúmulo de depósito excessivo pode fazer com que a válvula da comporta de escapamento fique presa na posição “fechada”, causando uma condição de sobrepressão (*overboost*).

O acúmulo de depósito de coque no próprio turbo pode causar uma perda gradativa de potência em vôo; e uma leitura de baixa pressão antes da decolagem. A experiência tem mostrado que a remoção dos depósitos de carbono, feita periodicamente, é necessária para que o máximo de eficiência seja mantido. Limpa-se, repara-se, usina-se e ajustam-se os componentes e controles do sistema, sempre de acordo com as indicações de procedimentos aplicáveis feitas pelo fabricante.

Sistema com intensificador de escapamento

Os sistemas de escapamento equipados com tubos intensificadores deveriam ser inspecionados periodicamente a intervalos regulares para manter seu perfeito alinhamento, segurança da instalação e de suas condições gerais. Mesmo onde os tubos intensificadores não contêm superfícies trocadoras de calor, a inspeção deve ser feita para detecção de rachaduras, assim como em todo o sistema de escapamento. Rachaduras em tubos intensificadores podem apresentar uma condição de fogo ou de perigo, devido ao monóxido de carbono que pode entrar nas áreas da nacele, asa e cabine.

Reparos no sistema de escapamento

É recomendação geral que partes do sistema de escapamento que vierem a receber reparos tais como suportes, silenciadores, cone de cauda, etc., sejam substituídos por peças novas ou recondiçionadas. No sistema de escapamento, os reparos por solda são complicados pela dificuldade de se identificar com precisão o metal base, para que possam ser selecionados os materiais de reparo mais adequados. Alterações na composição e na estrutura de granulação do metal básico original vem a dificultar o reparo.

Entretanto, quando os reparos com solda são necessários, deve-se tomar o cuidado de manter os contornos originais; o alinhamento do sistema de escapamento não deve ser deformado ou afetado. Marcas de reparo ou gotas de solda que se projetem internamente não são aceitáveis, uma vez que podem se constituir em pontos de acúmulo de calor e, também, restringir o fluxo dos gases de escapamento.

Durante o reparo ou substituição de componentes do sistema de escapamento, sempre devem ser utilizadas as peças de fixação e ferramentas adequadas. Porcas de aço ou de baixa temperatura, e que se fecham por si mesmas (de auto-aperto), não devem ser substituídas por porcas de trava utilizadas pelo fabricante, feitas de latas e especiais para altas temperaturas.

Nunca se deve reutilizar vedações velhas. Quando torna-se necessário desmontar o sistema de escapamento, as vedações usadas devem ser substituídas por novas, e do mesmo tipo, fornecidas pelo fabricante.

DUTOS DE ESCAPAMENTO DO MOTOR A TURBINA

O termo “duto de escapamento” aplica-se a tubulação de escapamento do motor, ou duto do cone de cauda, o qual conecta a saída da turbina ao bocal de jato de escapamento de um motor que não apresenta pós-combustor. Embora o pós-combustor possa também ser considerado como um tipo de duto de escapamento, a pós-combustão em si é um outro assunto a ser posteriormente discutido neste capítulo.

Se os gases de escapamento de um motor pudessem ser descarregados diretamente ao ar externo, em uma direção axial exata em relação à saída da turbina, o duto de escapamento poderia não ser necessário. Isso, contudo, não é o que ocorre na prática; uma quantidade total de empuxo maior pode ser obtida do motor, desde que os gases sejam descarregados da aeronave a uma velocidade maior que a permissível na saída da turbina. Por este motivo é acrescentado um duto de escapamento que tanto coleta como direciona o fluxo de gás em linha reta, à medida que esse deixa a turbina, aumentando, desta forma, a velocidade dos gases antes que sejam descarregados no bocal de escapamento, localizado na parte posterior do duto. O aumento de velocidade dos gases aumenta também sua

energia e, conseqüentemente, o empuxo resultante.

Um duto de escapamento do motor é geralmente chamado de duto do cone de cauda do motor, embora o duto seja, na verdade, essencialmente uma tubulação simples, cônica ou cilíndrica, feita de aço inoxidável. Seu conjunto inclui um cone de cauda do motor e estruturas dentro do cone. O cone de cauda e sua estrutura reforçam o duto, proporcionam um direcionamento axial ao fluxo dos gases de escapamento, dando também a esse mesmo fluxo mais uniformidade.

Imediatamente após a saída da turbina, e usualmente logo à frente do flange, onde o duto de escape é conectado, encontram-se os sensores de pressão de descarga da turbina. Uma ou mais sondas são inseridas no duto de escapamento para que possam fornecer uma amostragem adequada da pressão dos gases de escapamento.

Em motores grandes não se mede a temperatura interna na entrada da turbina (por dificuldades práticas que isso apresenta), e, portanto, o motor costuma receber instrumentos sensores que meçam a temperatura dos gases de escapamento na saída da turbina.

Bocal de escapamento convergente convencional

Dá-se o nome de bocal de escapamento (Figura 2-34) a abertura posterior do duto de escapamento da turbina de um motor. O bocal atua como um orifício cujo diâmetro determina densidade e velocidade dos gases de escapamento quando esses deixam o motor.

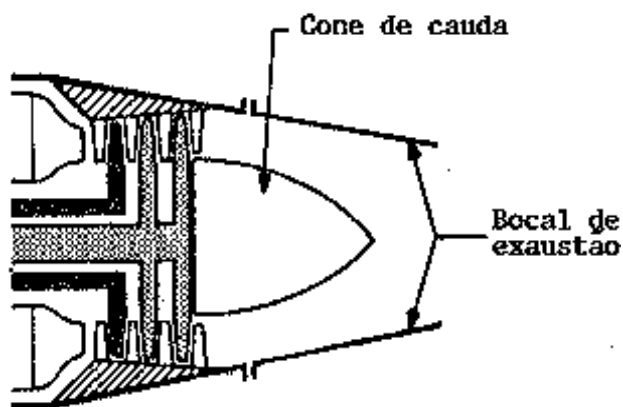


Figura 2-34 Áreas de escapamento convergente convencional.

Na maioria dos motores sem pós-queimador, a área do bocal de escapamento é bastante crítica. O ajuste nessa área modifica tanto o desempenho do motor como a temperatura dos gases de escapamento. Em alguns motores, o ajuste para que se obtenha a correta temperatura dos gases de escapamento é realizado com a alteração da área do bocal de escapamento.

Quando isso for necessário, pequenos compensadores que podem ser envergados, conforme o caso requeira, são colocados na abertura do bocal de escapamento; ou ainda, podem ser fixadas em torno do perímetro do bocal, pequenas peças chamadas "mice" que modificam sua área.

Bocal de escapamento convergente/divergente

Sempre que a razão de pressão do motor for bastante alta para produzir velocidades de gases de escapamento, que possam exceder a Mach 1 no bocal de escapamento do motor, mais empuxo pode ser ganho com o uso de um bocal do tipo convergente/divergente (Figura 2-35). A vantagem desse bocal é maior com os números Mach altos por causa de uma razão de pressão mais alta resultante ao passar pelo bocal de escapamento.

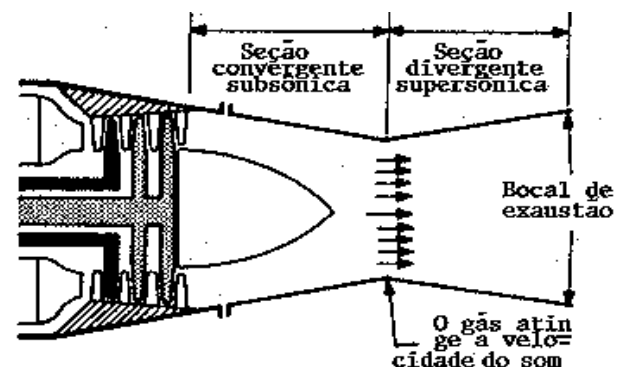


Figura 2-35 Duto de escapamento convergente - divergente.

Para garantir que o peso ou volume constante de gás fluirá por um determinado ponto após a velocidade sônica ter sido atingida, a porção posterior do duto de escapamento supersônico é aumentada para acomodar o peso ou volume adicionais de um gás que fluirá a

razões supersônicas. Se isto não for feito, o bocal não operará eficientemente. Esta seção do duto de escapamento é conhecida como divergente.

Quando se utiliza um duto divergente em combinação com um duto de escapamento convencional, o conjunto é então chamado duto de escapamento convergente/divergente ou bocal “C-D”; em que a seção convergente é destinada a trabalhar o fluxo de gases, enquanto, esse se mantém subsônico, e entrega os gases à garganta do bocal no ponto em que atingem velocidade sônica.

A seção divergente trabalha os gases, aumentando-lhes mais a velocidade, no ponto em que deixam a garganta e tornam-se supersônicos.

SISTEMA DE ESCAPAMENTO DE TURBOÉLICE

Em um sistema de escapamento turboélice típico, os gases de escapamento são direcionados da seção da turbina do motor para a atmosfera, através de um conjunto do duto do cone de cauda.

Em uma instalação típica, o conjunto do cone de cauda é montado na nacele e fixado em sua extremidade dianteira, à parede de fogo. A seção dianteira do cone de cauda tem a forma afunilada; e circunda, sem, entretanto ter contato com a seção de escapamento da turbina.

Essa configuração forma um espaço anular que serve como ejetor de ar para a massa de ar que envolve a seção quente do motor. Assim que os gases de escapamento em alta velocidade entram no duto de cauda, é produzido um efeito de baixa pressão que faz com que o ar em torno da seção quente do motor flua através do espaço anular para dentro do duto de cauda.

Um duto de cauda deste tipo é geralmente fabricado em duas seções (ver Figura 2-36); tanto a dianteira de forma afunilada quanto a traseira são feitas de aço resistente à corrosão, e uma braçadeira resistente a altas temperaturas e à corrosão mantém as duas partes unidas em uma junção a prova de gás.

O flange de montagem soldado à extremidade dianteira da seção do duto de cauda encaixa-se ao lado da parede de fogo, que está mais próxima do motor, e é fixada a esta por parafusos.

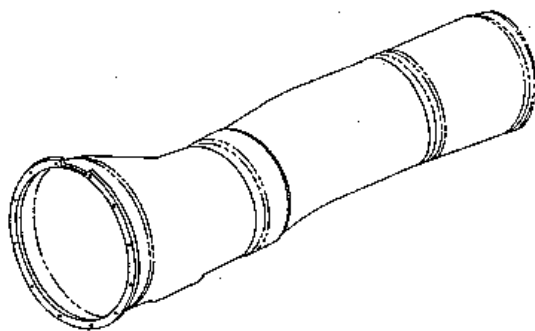


Figura 2-36 Tubos de escapamento de turboélice, de duas seções.

Uma seção integral de foles permite a expansão entre a parede de fogo e dois dispositivos fixos com rolamentos, os quais podem ser ajustados para deslocar o duto de cauda em um plano vertical.

A seção posterior do duto de cauda é presa a estrutura da aeronave por dois braços de suporte, um em cada lado. Os braços de suporte são fixados à superfície superior da asa, de tal modo, que seja permitido o movimento à frente e para trás, compensando a expansão.

O conjunto do duto de cauda é envolto em uma manta isolante, que visa proteger a área circundante do alto calor produzido pelos gases de escapamento. Algumas mantas podem ser feitas de aço inoxidável laminado em seu exterior e de fibra de vidro no interior.

REVERSORES DE EMPUXO

O difícil problema de parar a aeronave após o pouso aumenta muito com as velocidades do ar e pesos brutos cada vez maiores, fato comum entre as aeronaves modernas, que têm suas áreas de asa aumentadas assim como suas velocidades de pouso. Em muitos casos, não se pode mais confiar inteiramente apenas na freagem das rodas como recurso para reduzir a velocidade da aeronave dentro de uma distância razoável, imediatamente após o toque. A hélice de passo reverso conseguiu resolver a questão para os motores convencionais e para as aeronaves impulsadas por motores turboélice. As aeronaves comerciais turbojato, entretanto, precisam contar com a reversão do empuxo produzido pelos motores.

Um reversor de empuxo do motor (ver figura 2-37) não apenas proporciona uma força de frenagem de velocidade no solo, mas tam-

bém quando for aplicável, é um recurso desejável para uso em vôo antecedendo ao pouso. Algumas formas de reduzir a velocidade do ar e aumentar a razão de descida, tal como um freio, são quase uma necessidade para as aeronaves turbojato que então utilizam o freio aerodinâmico ou um reversor de empuxo que possa ser operado enquanto o avião está no ar.

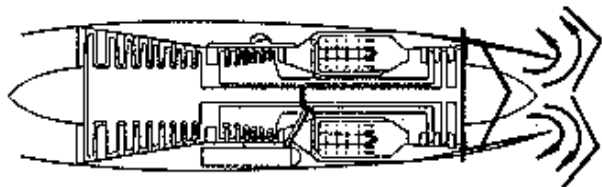


Figura 2-37 Operação do reversor de empuxo.

Muitas variedades de reversor de empuxo já foram propostas, e um grande número delas já foi testado, alcançando um considerável grau de sucesso. O tipo mais eficiente de reversor de empuxo pode ser classificado em duas categorias: do tipo de bloqueio mecânico e bloqueio aerodinâmico. O bloqueio mecânico é realizado pela colocação de uma obstrução removível no fluxo dos gases de escapamento, geralmente bem afastado da parte posterior do bocal. Os gases de escapamento do motor são bloqueados e desviados a um ângulo conveniente voltado para a direção reversa por meio de um cone invertido.

No reversor de empuxo do tipo de bloqueio aerodinâmico, finos aerofólios ou obstruções são colocados no fluxo do gás, tanto ao longo do comprimento do duto de escapamento, como imediatamente atrás do bocal.

Em uma adaptação de reversor aerodinâmico, aletas dentro do duto criam um turbilhonamento dos gases para que sigam em movimento centrífugo, em uma sequência de aletas rotativas. Pelo menos um modelo de aeronave, dentre as de tipo turbojato em uso comercial atualmente, faz uso de uma combinação de reversores do tipo de bloqueio mecânico e aerodinâmico.

Um reversor de empuxo não deve afetar a operação do motor, esteja ele sendo utilizado, ou não. Deve ser capaz de suportar altas temperaturas, ser mecanicamente forte e ter um peso relativamente leve, confiável e “à prova de falhas”. Não estando em uso, não deve se tornar um acréscimo apreciável à área frontal do mo-

tor, e deve estar continuando a linha aerodinâmica da nacele.

Para satisfazer um mínimo dos requisitos de frenagem após o pouso, um reversor de empuxo deve ser capaz de produzir uma potência de reverso de pelo menos 50% da força à frente total que o motor tem capacidade de proporcionar.

O reversor de bloqueio mecânico tipo concha (Figura 2-38) satisfaz adequadamente a maioria destes requisitos e, em um formato ou outro, tem sido adotado para uso em motores sem pósqueimador.

Em posições da manete de potência abaixo de marcha lenta, o reversor operará para formar uma barreira de desvio na passagem dos gases de escapamento, o que, por sua vez, anula e reverte a potência à frente produzida pelo motor. As posições da manete de potência abaixo de marcha lenta podem fazer com que o motor acelere em quantidades controláveis até atingir rpm total, de tal modo que a força de reversão parcial ou total pode ser utilizada conforme a necessidade.

Quando o reversor não está em uso, a concha se retrai ficando guardada em encaixe perfeito em torno do duto de escapamento do motor, geralmente formando a seção posterior da nacele. A maioria dos reversores de empuxo em uso atualmente, está combinada com um silenciador de escapamento do motor.

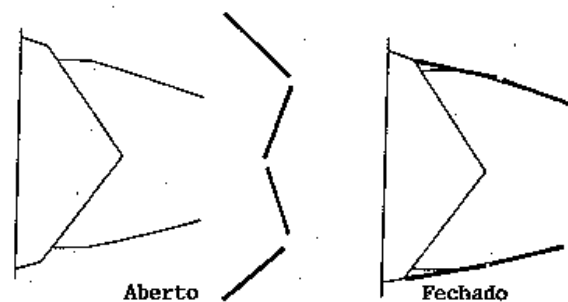


Figura 2-38 Bloqueio de ruído do escapamento de um turbojato.

SUPRESSORES DE RUÍDO DO MOTOR

Uma aeronave, impulsionada por grandes motores turbojato, requer algum tipo de dispositivo silenciador de ruído para os gases de escapamento do motor, quando está operando em aeroportos localizados em/ou próximos a áreas densamente povoadas.

Dois tipos de supressores de ruído são utilizados, sendo um deles dispositivo portátil, separado da aeronave, destinado ao uso no solo para as atividades de manutenção: fica posicionado na parte posterior do motor sempre que para este houver previsão de uma operação prolongada.

O outro tipo de supressor de ruído é uma peça integral ao motor, fazendo parte de sua instalação ou do duto de escape do motor. Apenas esta última modalidade de supressor, que primariamente suprime o ruído do motor durante a decolagem, subida, aproximação e pouso, é que será discutida aqui.

É geralmente aceito, que a quantidade de som a ser atenuada e requerida para uma aeronave turbojato, será a necessária para conseguir moderar o ruído do motor para um nível que não perturbe mais que aquele produzido por uma combinação de motor convencional, que esteja operando em condições similares.

Embora a quantidade de redução de ruído necessária geralmente esteja em torno de 12 decibéis, a forma pela qual o ruído de uma aeronave turbojato possa ser reduzido para um nível mais aceitável como o do avião com motor convencional, não é uma coisa simples de se determinar.

A hélice, que é a maior fonte de ruído na aeronave de motor convencional, tem um padrão de ruído que se eleva drasticamente para o seu ponto máximo assim que o seu plano passa por um indivíduo no solo.

A aeronave turbojato produz uma elevação de ruído distinta, drástica, que atinge o seu ponto máximo depois que a aeronave tiver passado pelo indivíduo no solo, e estiver em relação a esta pessoa, a um ângulo de aproximadamente 45°.

O ruído então persiste a um nível alto durante um período de tempo considerável, se comparado com aquele produzido pela aeronave de motor convencional e hélice. (ver figura 2-39).

Há três fontes de ruído envolvidas na operação de um motor de turbina a gás. A entrada de ar do motor e a vibração dos montantes de fixação são fontes de algum ruído, mas o ruído gerado deste modo não se compara em magnitude com aquele produzido pelo escapamento do motor, conforme está ilustrado na figura 2-40.

O ruído produzido pelo escapamento do motor é causado pelo alto grau de turbulência, de um fluxo de jato de alta velocidade, através de uma atmosfera relativamente silenciosa.

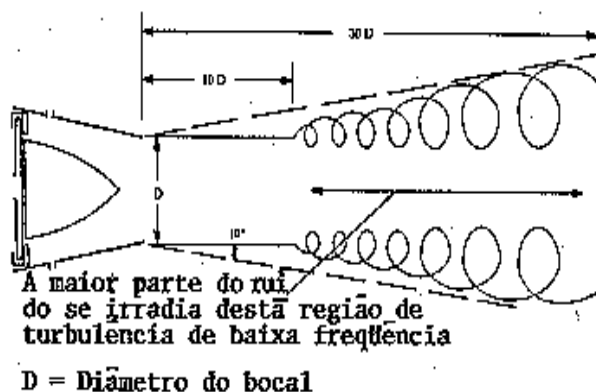


Figura 2-40 Padrão de ruído do escapamento de um turbojato.

Por uma distância equivalente a algumas vezes o diâmetro do bocal, e em direção ao sentido do fluxo atrás do motor, a velocidade do fluxo de jato é alta e quase não há mistura desse com a atmosfera.

Nesta região, a turbulência dentro do fluxo de jato em alta velocidade constitui-se de granulação muito fina e produz um ruído de frequência relativamente alta.

Ainda no sentido do fluxo, porém a uma distância maior do motor, à medida que a velocidade do fluxo de jato diminui, esse fluxo mistura-se à atmosfera, dando início a uma turbulência de tipo mais grosseiro.

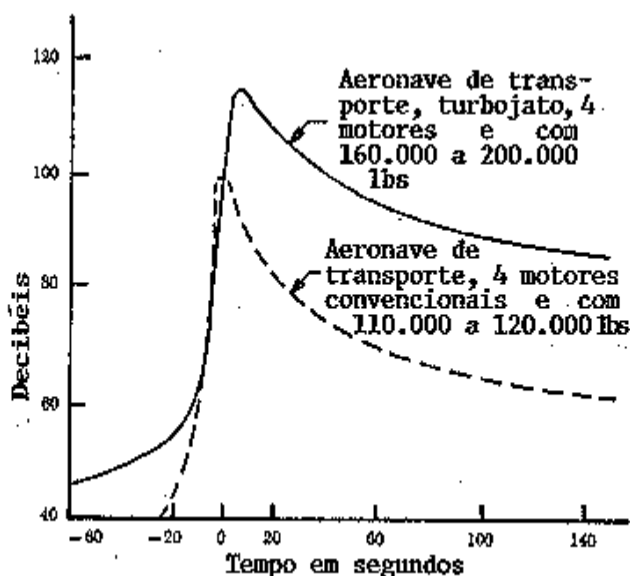


Figura 2-39 Níveis de ruído.

Comparado com o ruído verificado em outras porções do fluxo de jato, o ruído nessa fase apresenta uma frequência muito mais baixa.

À medida que a energia do fluxo de jato é finalmente dissipada em grandes espirais de turbulência, uma porção maior da energia é convertida em ruído. O ruído gerado na disposição dos gases de escape está a uma frequência próxima do ponto mais baixo da faixa audível.

Quanto mais baixa for a frequência do ruído, maior será a distância que ele percorrerá. Isto significa que os ruídos de baixa frequência alcançarão um indivíduo no solo em um volume maior que o dos ruídos de alta frequência, sendo por isso alvo de maiores objeções.

O ruído de alta frequência é enfraquecido mais rapidamente que o de baixa frequência, pela distância e interferência dos edifícios, terreno e distúrbios atmosféricos.

Uma buzina de nevoeiro, por exemplo, com o seu timbre grave, de baixa frequência, pode ser ouvida a uma distância muito maior que a estridente alta frequência de um apito, muito embora ambos possam ter o mesmo volume (decibéis) em suas fontes.

Os níveis de ruído variam com a potência do motor e são proporcionais à quantidade de trabalho feito pelo motor com o ar que passa através dele.

Um motor que tenha um fluxo de ar relativamente baixo mas com alto empuxo, devido à descarga da turbina (gases de escapamento) com alta temperatura, alta pressão e/ou um pós-queimador, irá produzir um fluxo de gás de alta velocidade e, conseqüentemente, altos níveis de ruído.

Um motor maior, trabalhando mais ar, será mais silencioso à mesma potência. Assim, o nível de ruído pode ser consideravelmente reduzido pela operação do motor a baixos ajustes de potência, e os motores grandes operando em potência parcial serão menos ruidosos que os motores operando em regime de potência total.

Comparado a um turbojato, a versão turbopan do mesmo motor será mais silenciosa durante a decolagem.

O nível de ruído produzido por um motor tipo “fan” é menor, principalmente porque as velocidades dos gases de escapamento, ejetados no duto de cauda do motor, são menores que aquelas constatadas em um turbojato de mesmo tamanho.

Os motores turbopan requerem uma turbina maior que proporcione força adicional para acionar o “fan”.

A turbina grande, que costuma apresentar um estágio adicional reduz a velocidade do gás e, com isso, reduz o ruído produzido, porque o ruído do gás de escapamento é proporcional à sua velocidade.

Vista separadamente, o escapamento do fan ocorre em velocidade relativamente baixa e, portanto, não cria um problema de ruído.

Por causa das características do ruído de baixa frequência que o faz deixar um rastro de alto volume, uma redução de ruído eficiente para uma aeronave turbojato precisa ser conseguida pela reavaliação do padrão de ruído, ou pela modificação da frequência do ruído emitido pelo bocal do jato.

Os supressores de ruído em uso atualmente podem ser tanto do tipo de perímetro corrugado, mostrado na figura 2-41; ou do tipo multitubular, mostrado na figura 2-42.

Ambos os tipos de supressores dividem o fluxo principal e único de gases de escapamento em um número de fluxos de jato menores. Isso aumenta o perímetro total da área do bocal de escapamento e, ao mesmo tempo, reduz o tamanho dos redemoinhos criados quando os gases são dissipados na atmosfera.

Embora a energia de ruído total permaneça inalterada, a frequência é consideravelmente elevada.

O tamanho dos redemoinhos assume uma escala menor com o tamanho do fluxo de escapamento.

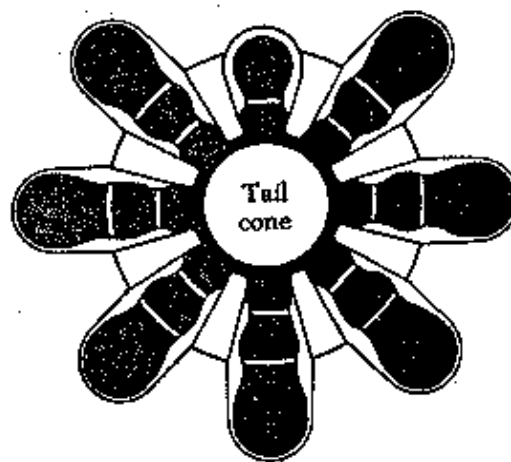


Figura 2-41 Vista traseira de um supressor de ruído de perímetro corrugado.

Isto traz dois efeitos: primeiramente, a mudança na frequência pode colocar uma parte do ruído acima da faixa de audibilidade do ouvido humano e, em segundo lugar, altas frequências dentro da faixa audível, mais perturbadoras, são altamente atenuadas pela absorção atmosférica.

Dessa forma, a perda em intensidade é maior e o nível de ruído torna-se menor a uma dada distância da aeronave.

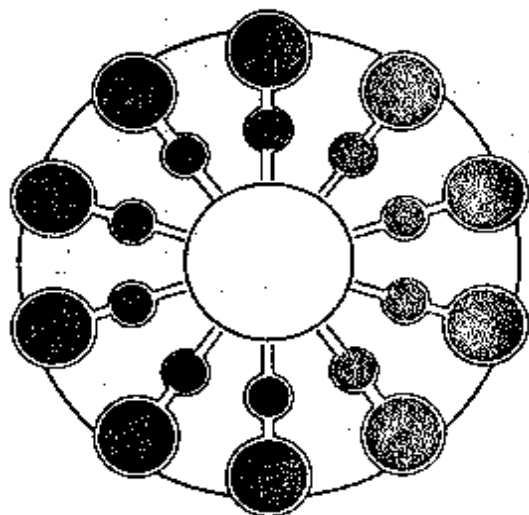


Figura 2-42 Vista traseira de um supressor de ruído multitubo.

DISSIPADOR DE “VORTEX” DA ENTRADA DE AR DO MOTOR

Quando os motores turbojatos estão operando no solo, é possível que por vezes forme um redemoinho (vortex) entre a entrada de ar do motor e o solo.

Esse “vortex” pode causar uma grande força de sucção capaz de levantar do chão pequenos objetos, e conduzi-los a entrada do motor. A ingestão de tais objetos estranhos pode causar danos ao motor.

Para minimizar o perigo de ingestão de objetos estranhos que possam ser encontrados na pista, alguns motores turbojato são equipados com um dissipador de “vortex” na entrada de ar do motor.

Esse dissipador é um pequeno fluxo de jato direcionado para baixo a partir do bordo de ataque inferior da carenagem do bocal do motor

em direção ao solo, de modo que possa destruir a base do vortex, ou redemoinho.

A figura 2-43 ilustra a direção e a dimensão geral do jato de ar dissipador de “vortex”.

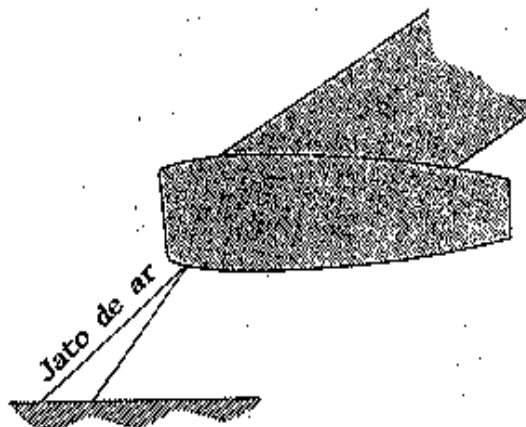


Figura 2-43 Jato de ar destruidor do “vortex” da entrada do motor.

A figura 2-44 é um diagrama que mostra a localização do ponto de saída do jato de ar e a válvula de controle.

Para o jato de ar que eliminará a formação de redemoinhos, é usado ar sangrado do motor. Esse jato de ar é controlado por uma válvula localizada na carenagem do bocal do motor.

A válvula de controle é geralmente uma válvula de duas posições, sendo aberta pela chave de segurança do trem de pouso.

A válvula se fecha quando a aeronave deixa a pista e o peso da aeronave é removido do trem de pouso.

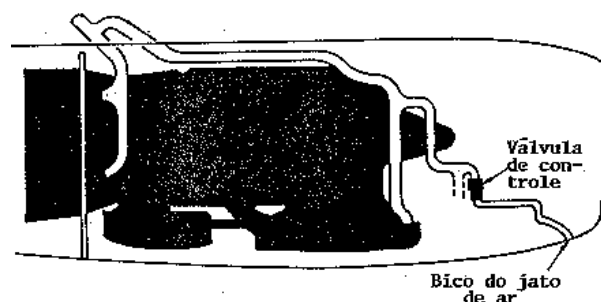


Figura 2-44 Localização dos componentes de destruição do “vortex”.

SISTEMAS DE COMBUSTÍVEL DO MOTOR E MEDIÇÃO DO COMBUSTÍVEL

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento nas aeronaves tem aumentado as exigências no sistema de combustível, aumentando a instalação, o ajuste e os problemas de manutenção.

O sistema deve suprir combustível para o carburador ou, então, outro dispositivo de dosagem em todas as condições de solo ou vôo; ele deve funcionar apropriadamente nas constantes trocas de altitudes e em qualquer clima; deve, também, ser livre de vapor que resultam das trocas das condições climáticas no solo ou no ar.

Em pequenas aeronaves, um sistema simples de alimentação por gravidade é instalado, consistindo de um tanque para suprir o combustível ao motor.

Em aeronaves "multimotoras", sistemas complexos são necessários para que o combustível possa ser bombeado, de modo que qualquer tanque possa alimentar qualquer motor.

Previsões para transferência de combustível, de um tanque para outro, também deve ser incluído na aeronave de grande porte.

Bolha de vapor (*vapor lock*)

Normalmente, o combustível permanece no estado líquido até ser descarregado no fluxo de ar, e então, instantaneamente, troca para vapor.

Sob certas condições, o combustível pode vaporizar nas linhas, bombas ou outras unidades. As "bolhas de vapor", formadas pela vaporização prematura, restringe o fluxo de combustível através das unidades que são projetadas para operar com líquidos ao invés de gases.

O resultado da interrupção total ou parcial do fluxo de combustível é chamado de "bolha de vapor" (*vapor lock*).

As três causas gerais da formação do "bolha de vapor" são: redução da pressão, alta temperatura e excessiva turbulência do combustível.

Em grandes altitudes, a pressão do combustível no tanque é baixa. Isto diminui o ponto de ebulição do combustível e causa a

formação de bolhas de vapor. Este vapor, preso ao combustível líquido, pode causar bolha de vapor no sistema.

A transferência de calor do motor tende a causar ebulição do combustível nas linhas e na bomba. Tal tendência aumenta se o combustível no tanque estiver quente.

Altas temperaturas de combustível frequentemente combinam com baixa pressão para aumentar a formação de vapor. Isto é mais provável de ocorrer durante uma subida rápida em um dia quente.

Quando a aeronave sobe, a temperatura externa cai, mas a temperatura do combustível não cai rapidamente. Se o combustível estiver quente durante a decolagem, ele retém este aquecimento, e entra em ebulição mais facilmente em grandes altitudes.

As principais causas da turbulência do combustível, são: o deslocamento dentro dos tanques, a ação mecânica da bomba acionada pelo motor, e subidas em curvas acentuadas nas linhas de combustível.

A agitação do combustível no tanque tende a misturá-lo com ar. Quando esta mistura passa através das linhas, o ar preso se separa do combustível, formando bolsas de vapor em muitos pontos, onde existem trocas repentinas na direção ou elevações acentuadas.

A turbulência na bomba de combustível muitas vezes combina com a baixa pressão na entrada da bomba, para formar uma bolha de vapor neste ponto.

A bolha de vapor pode ser perigosa o suficiente para bloquear o fluxo de combustível, e parar o motor. Pequena quantidade de vapor, na entrada da linha, restringe o fluxo para a bomba acionada pelo motor, reduzindo a pressão de saída.

Para reduzir a possibilidade da bolha de vapor, as linhas de combustível são mantidas afastadas das fontes de calor; as curvas e subidas acentuadas, também, são evitadas. Em adição, a volatilidade do combustível é controlada na fabricação para que ele não vaporize muito rapidamente.

O maior aperfeiçoamento na redução da bolha de vapor é a incorporação de bombas de

reforço ("Booster Pumps") no sistema de combustível. Essas bombas mantêm o combustível nas linhas para a bomba acionada pelo motor sob pressão. Esta pequena pressão no combustível reduz a formação de vapor e ajuda a mover a bolha de vapor para fora do sistema.

A bomba de reforço também libera o vapor do combustível, quando este passa por ela. O vapor move-se para cima através do combustível no tanque, e sai através dos tubos de ventilação.

Para prevenir as pequenas quantidades de vapor que permanecem no combustível, prejudicando sua medição, eliminadores de vapor são instalados em alguns sistemas, antes do dispositivo de medição, ou são instalados dentro das unidades.

SISTEMA BÁSICO DE COMBUSTIVEL

As partes básicas do sistema de combustível incluem tanques, bombas de reforço, linhas, válvulas seletoras, filtros, bombas acionadas por motor e indicadores de pressão.

A revisão do capítulo 4, no Livro de Matérias Básicas, deverá fornecer algumas informações referentes a estes componentes. Informações adicionais serão apresentadas no decorrer deste capítulo.

Geralmente são vários tanques em conjunto com um sistema simples para armazenar o volume de combustível necessário. A localização desses tanques depende do projeto do sistema de combustível e do projeto estrutural da aeronave.

De cada tanque, uma linha conduz para a válvula seletora. Essa válvula está na cabine de comando para selecionar o tanque, do qual o combustível deverá ser liberado para o motor.

A bomba de reforço força o combustível através da válvula seletora para o filtro da linha principal. A unidade filtrante, localizada na parte mais baixa do sistema, remove água e sujeira do combustível. Durante a partida, a bomba de reforço força o combustível através de uma válvula de desvio (BYPASS) na bomba, acionada pelo motor para o sistema de medição. Uma vez que a bomba acionada pelo motor alcance velocidade suficiente, fecha-se a válvula de desvio, e libera-se o combustível para o sistema de medição com pressão normal.

O sistema de combustível da aeronave começa com o tanque, e termina com o sistema

de combustível do motor, que, usualmente, inclui uma bomba acionada pelo motor e um sistema de medição de combustível.

Nas aeronaves acionadas por motor alternativo, o sistema de calibração do combustível consiste de um dispositivo de controle do ar e do combustível, desde o ponto onde o combustível entra na primeira unidade de controle, até ele ser injetado na seção de sobrecarga, ou no tubo de entrada, ou cilindro. Por exemplo: o sistema de medição de combustível do motor Continental IO-470L consiste numa unidade de controle combustível / ar, bomba injetora, válvula da linha principal de combustível, e injetores de descarga de combustível.

No motor PRATT AND WHITNEY R-1830-94, o sistema de medição de combustível consiste de carburador, válvula de alimentação de combustível e uma bomba de aceleração do carburador.

No último caso, a válvula de alimentação de combustível e a bomba de aceleração são montadas no motor, e são componentes fornecidos pelo fabricante.

O sistema de medição de combustível, nos motores alternativos atuais, medem o combustível em uma pré-determinada razão para o fluxo de ar.

O fluxo de ar para o motor é controlado através do carburador ou unidade de controle, combustível/ar.

O sistema de medição de combustível dos motores com turbina a gás, consiste num jato de combustível controlado, e pode ser aprimorado através da inclusão de injetores de combustível.

Em alguns motores turboélice, uma válvula de controle de dados de temperatura (válvula T.D.) faz parte do sistema de combustível do motor.

A razão de liberação de combustível é função do fluxo da massa de ar, temperatura de entrada do compressor, pressão de descarga do compressor, RPM e pressão na câmara de combustão.

O sistema de medição de combustível deve operar satisfatoriamente para assegurar a eficiente operação do motor, medida pela potência de saída, temperatura de operação do motor, e autonomia da aeronave.

Devido a variações em projetos nos diferentes sistemas de medição de combustível, o desempenho esperado de qualquer parte do e-

quipamento, assim como as dificuldades que possam causar, podem ser várias.

DISPOSITIVOS DE MEDIÇÃO DE COMBUSTÍVEL PARA MOTORES ALTERNATIVOS.

Esta seção explica os sistemas que liberam a mistura correta de combustível e ar para as câmaras de combustão do motor.

Na discussão de cada sistema, o propósito geral e os princípios operacionais são acentuados, com ênfase particular nos princípios básicos de operação. Não serão dados detalhes operacionais e instruções de manutenção para tipos específicos e fabricação de equipamentos.

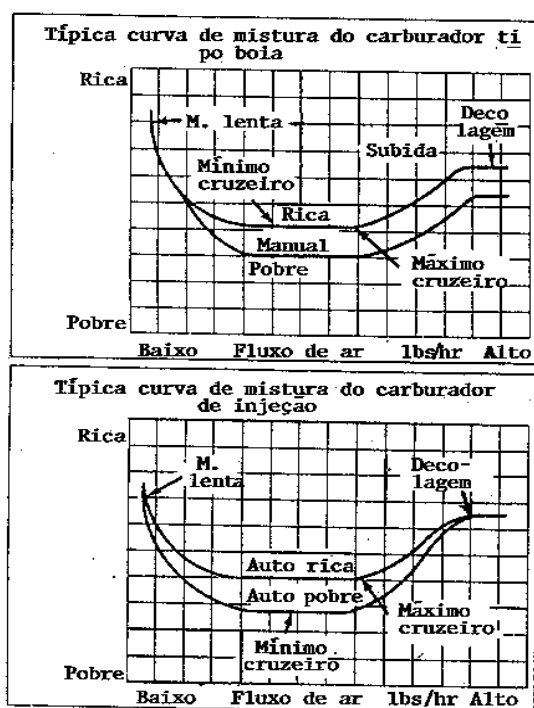


Figura 3-1 Curvas de mistura combustível / ar.

Para informação necessária e específica à inspeção ou manutenção de uma instalação ou unidades em particular, consulta-se as instruções do fabricante.

O requisito básico de um sistema de medição de combustível é o mesmo, indiferentemente do tipo de sistema usado ou do modelo do motor, no qual o equipamento é instalado.

Ele precisa medir o combustível proporcionalmente ao ar, para estabelecer a razão própria da mistura combustível/ar para o motor em qualquer velocidade e altitude, na qual o motor deverá operar.

Nas curvas da Figura 3-1 (mistura combustível/ar), nota-se que os melhores requisitos de potência e economia de mistura ar/combustível, para todos os motores alternativos, são aproximadamente os mesmos.

Um segundo requisito do sistema de medição de combustível é para atomizar e distribuir o combustível do carburador na massa de ar, de maneira que a carga de ar que vai para todos os cilindros assegure quantidades similares de combustível, de modo que a mistura combustível/ar chegue a cada cilindro na mesma proporção.

Os carburadores tendem a manter a mistura mais rica em maiores altitudes do que ao nível do solo, por causa do decréscimo da densidade do fluxo de ar através do venturi do carburador para um dado volume de ar por hora para o motor.

Portanto, é necessário que no controle da mistura seja providenciada uma mistura pobre para compensar este natural enriquecimento.

Alguns motores usam carburadores com controle de mistura operado manualmente. Outras aeronaves empregam carburadores que, automaticamente, empobrecem a mistura do carburador, para em maiores altitudes manter a mistura combustível/ar adequada.

Os requisitos para uma mistura rica ao motor de uma aeronave são estabelecidos pela curva de tração de funcionamento, para determinar a mistura combustível/ar, obtendo o máximo de tração utilizável.

Esta curva (figura 3-2) está dividida em intervalos de 100 RPM, da marcha lenta para a velocidade de decolagem.

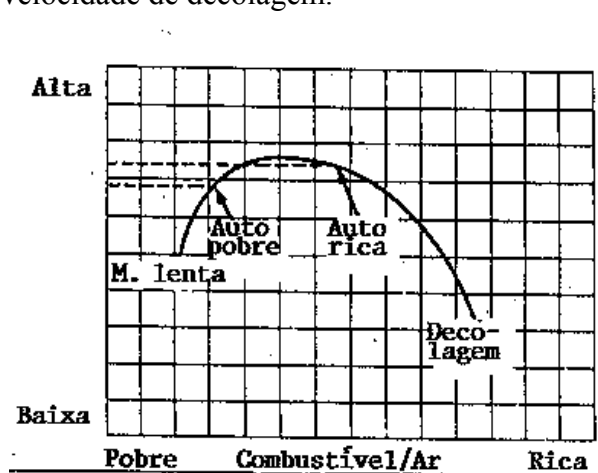


Figura 3-2 Curva de potência por mistura de combustível / ar

No limite de tração, o motor deverá operar com a mistura mais pobre, como indicado nas curvas.

Contudo, nas misturas pobres, a temperatura na cabeça do cilindro poderá exceder a temperatura máxima permitida, e a detonação poderá ocorrer.

A melhor economia ajustada é estabelecida pelo funcionamento das séries de curvas através do limite de cruzeiro, como mostrado no gráfico 3-3. O ponto inferior (auto-lean) na curva mostra a mistura ar/combustível, onde o mínimo de combustível por cavalo-potência (horsepower) é usado. Neste limite, (período) o motor deverá operar normalmente com misturas levemente pobres, e deverá, obviamente, operar com misturas mais ricas do que no ponto inferior de mistura.

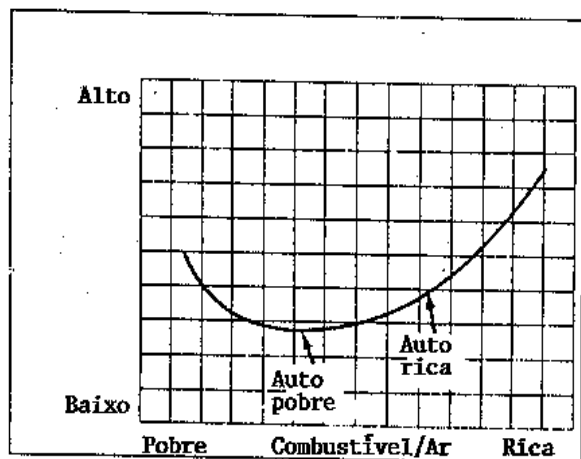


Figura 3-3 Curva de consumo específico de combustível

Se a mistura usada for mais pobre do que a especificada para o motor em uso, o cilindro com a mistura mais pobre estará sujeito ao retorno de chama, porque a razão de queima muito lenta da mistura pobre resulta na queima contínua no cilindro, quando a próxima admissão começar.

Misturas combustível/ar

Gasolina e outros líquidos combustíveis não devem queimar totalmente antes de serem misturados com ar. Se a mistura tem a queima adequada no cilindro do motor, a razão de ar para combustível deve ser mantida no limite certo.

Este estado (condição) deve ser muito exato para que o combustível queime com o oxigênio no ar. Setenta e oito por cento (78%) do volume do ar é nitrogênio, o qual é inerte e não participa do processo de combustão; e 21% é oxigênio. O aquecimento é gerado pela queima da mistura de gasolina e oxigênio.

Nitrogênio e gases produzidos pela combustão absorvem esta energia calorífica, transformando-a em força pela expansão. A proporção de combustível e ar pelo peso é de extrema importância para o desempenho (performance) do motor. As características de uma dada mistura podem ser medidas em termos de velocidade da chama e temperatura da combustão.

A composição da mistura combustível/ar é descrita como razão de mistura. Por exemplo, a mistura com a razão 12 para 1 (12:1) é composta de 12 libras de ar e 01 libra de combustível. A razão é expressa em peso porque o volume de ar varia muito com a temperatura e a pressão.

A razão de mistura também pode ser expressa como decimal. Assim, a razão combustível/ar de 12:1 e a razão combustível/ar de 0,083 descreve a mesma razão de mistura. As misturas ar e gasolina, rica de 8:1 e pobre de 16:1, deverão queimar em um cilindro do motor. O motor desenvolve a força máxima, com a mistura de aproximadamente 12 partes de ar e 1 parte de gasolina.

Do ponto de vista químico, a mistura perfeita de combustível e ar para a combustão deve ser de 0,067lb de combustível para 1 libra de ar (razão de mistura de 15:1).

Os cientistas chamam esta combinação química de mistura estequiométrica. Com essa mistura (entregue no tempo suficiente e em turbulência), todo o combustível e todo o oxigênio do ar devem ser completamente usados no processo de combustão. A mistura "estequiométrica" produz altas temperaturas de combustão, porque a proporção de calor disponível na massa de carga (combustível e ar) é muito grande. Contudo, a mistura é raramente usada, pois não resulta em maior economia nem em maior potência para o fluxo de ar ou pressão de admissão. Se mais combustível for adicionado para a mesma quantidade de carga de ar, do que a quantidade dada como mistura quimicamente perfeita, variações de força e temperatura deverão ocorrer.

A temperatura do gás da combustão deverá ser reduzida quando a mistura for enriquecida; e a força será aumentada até que a razão combustível/ar seja de aproximadamente de 0,0725. Da razão combustível/ar de 0,0725 até a razão combustível/ar 0,080, a força permanecerá essencialmente constante, embora continue a queda da temperatura da combustão.

Misturas com razões combustível/ar de 0,0725 até razões combustível/ar de 0,080 são chamadas misturas de melhor potência, desde que seu uso resulte na maior força para um dado fluxo de ar ou pressão no tubo de admissão. Nesta variação da razão combustível/ar, não existe o aumento no calor total disponibilizado, mas o peso de nitrogênio e produtos da combustão são aumentados através do vapor formado com o excesso de combustível; desse modo, o trabalho da massa de carga é aumentado.

Em adição, o combustível a mais na carga (acima da mistura estequiométrica) é aumentado a velocidade do processo de combustão, através da providência do fator tempo favorável a conversão da energia do combustível em força.

O enriquecimento da razão combustível/ar acima de 0,080 resulta na perda de força devido a redução da temperatura, como o efeito de refrigeração alcançado pelo excesso de combustível é o fator favorável para o aumento da massa. A temperatura reduzida, e a menor razão de queima, é dirigida para um aumento da perda de eficiência da combustão.

Se, com fluxo de ar constante, a mistura for empobrecida abaixo de 0,067 da razão combustível/ar, força e temperatura deverão diminuir juntas. Nesta ocasião, a perda de força não é uma perda, mas uma vantagem. O propósito do empobrecimento é para economizar combustível.

O objetivo é para obter a força necessária com o menor fluxo de combustível, e permitir que o consumo de ar seja auto controlado. A medição do uso econômico do combustível é chamado SFC (Consumo Específico de Combustível), o qual é lbs de combustível por hora HP (PPH-HP). Portanto, $SFC = \text{lbs combustível/Hr/HP}$. Através do uso desta razão, o de combustível nos motores nos vários ajustes de força podem ser comparados.

Quando o empobrecimento for abaixo de 0,067 da razão combustível/ar com um fluxo de ar constante, nivelado através da diminuição da

força, o custo do combustível para manter cada cavalo-força (Horse-power) por hora (SFC) também é ao mesmo tempo reduzido. Embora a carga da mistura seja convenientemente enfraquecida, esta perda de potência ocorre para uma razão menor do que a redução do fluxo de combustível. Esta tendência favorável continua, até que uma potência de mistura conhecida como a melhor economia, seja alcançada. Esta razão combustível/ar, o HP necessário, é desenvolvido com o menor fluxo de combustível, ou, por um aumento do fluxo de combustível que produz mais força.

A razão combustível/ar varia com a RPM e outras condições, mas para tração de cruzeiro na maioria dos motores autênticos, isto é o suficiente para definir este limite de operação da razão combustível/ar, sendo de 0,060 até 0,065 com retardo de ignição, e razão combustível/ar de 0,055 até 0,061 com avanço de ignição. Estas razões, combustível/ar, são mais comumente usadas em aviões onde há empobrecimento manual.

Abaixo da melhor mistura econômica para a tração, potência e temperatura continuam caindo com fluxo de ar constante, enquanto o SFC aumenta.

Quando a razão combustível/ar é reduzida, a combustão se torna mais fria e lenta, deste modo, a potência para uma certa pressão no duto torna-se baixa e antieconômica.

O efeito da redução de temperatura das misturas ricas ou pobres resultam do excesso de combustível ou ar, acima daquele necessário para a combustão. A refrigeração interna do cilindro é obtida pelo combustível não usado quando razões de combustível/ar acima de 0,067 são usadas.

A mesma função é verificada pelo excesso de ar, quando razões combustível/ar abaixo de 0,067 são usadas.

Variando a mistura de combustível/ar, produz-se variações nas condições operacionais do motor afetando potência, temperatura e necessidades de ignição. A razão de combustível/ar para a melhor potência é desejada quando a maior potência de um dado fluxo de ar é requerido. A mistura mais econômica resulta da obtenção da potência de saída, obtida com o fluxo mínimo de combustível. A razão combustível/ar considerada de maior eficiência operacional varia com a velocidade do motor e da potência de saída.

No gráfico que mostra a variação da razão combustível/ar (figura 3-1), nota-se que a mistura é rica nas operações de marcha lenta, na operação de alta velocidade, e pobre na faixa de cruzeiro. Na marcha lenta, algum ar ou gás de descarga é retido no interior do cilindro, através da tomada de descarga durante a abertura da válvula.

A mistura que entra no cilindro através do porte de admissão deve ser suficientemente rica para compensar este gás ou ar adicional. Na potência de cruzeiro, as misturas pobres economizam combustível e aumentam a autonomia do avião.

Um motor funcionando perto da potência máxima necessita de uma mistura rica para prevenir super aquecimento e detonação. Desde que o motor seja operado em potência máxima apenas por curtos períodos, o alto consumo de combustível não é importante. Se o motor é operado com mistura muito pobre, e ajustes são feitos para aumentar o volume de combustível, a potência de saída do motor no início aumenta rapidamente, até que, gradualmente, a força máxima é alcançada. Com o aumento adicional no volume de combustível, a potência de saída cai gradualmente conforme a mistura é enriquecida.

Existem instruções específicas concernentes a razões de mistura para cada tipo de motor sobre várias condições de operação. A não observação destas instruções poderá resultar em baixa performance e frequentes danos para o motor. Misturas excessivamente ricas resultam em perda de potência e desperdício de combustível.

Com o motor operando perto da descarga máxima, misturas muito pobres causaram perda de potência e, sob certas condições, sério aquecimento. Quando o motor é operado com mistura pobre, o indicador de temperatura da cabeça de cilindro deve ser mantido dentro da temperatura padrão.

Se a mistura é excessivamente pobre, poderá ocorrer retorno de chama, através do sistema de indução ou parada completa. O retorno de chama é resultado da queima lenta de uma mistura pobre. Se ainda estiver ocorrendo a queima, quando a válvula de admissão for aberta, será dada ignição a nova mistura, e a chama migrará através da mistura de combustível para o sistema de indução.

PRINCÍPIOS DA CARBURAÇÃO

Princípios do Venturi

Os carburadores têm que medir o fluxo de ar através do sistema de indução, esta medição é usada para regular a massa de combustível descarregada dentro da massa de ar. A unidade medidora de ar é o Venturi, que faz uso de uma lei básica da física:

"Quando a velocidade de um gás ou líquido aumenta, a pressão diminui."

Como mostrado no diagrama de um Venturi simples (figura 3-4), isto é uma "via de passagem" ou tubo, no qual existe uma passagem estreita chamada de garganta. Como a velocidade do ar é alta para passar através da passagem estreita, a pressão cai: nota-se que a pressão na garganta é menor do que em qualquer outra parte do Venturi.

A queda dessa pressão é proporcional a velocidade, e é usada para medida do fluxo de ar. O princípio básico de operação da maioria dos carburadores depende da pressão diferencial entre a entrada e a garganta do Venturi.

Aplicação do princípio de venturi no carburador

O carburador está montado no motor para que o ar, que vai para os cilindros, passe através do tubo, que é a parte do carburador que contém o Venturi. O tamanho e a forma do Venturi depende das necessidades do motor para o qual o carburador é projetado. Um carburador para um motor de alta tração deve ter um Venturi GRANDE ou vários PEQUENOS.

O ar pode ter fluxos altos ou baixos no Venturi, dependendo do projeto do motor e do carburador. Aquele em que o ar passa para baixo são conhecidos como carburador de corrente descendente, e aquele que o ar passa para cima é chamado carburador de corrente ascendente.

O ar pode ser dirigido através de um tubo de borracha pela colocação de um terminal na boca, e exercendo a ação de sucção. Na verdade, a pressão no interior do tubo é menor, e a pressão atmosférica empurra o ar pela abertura da extremidade.

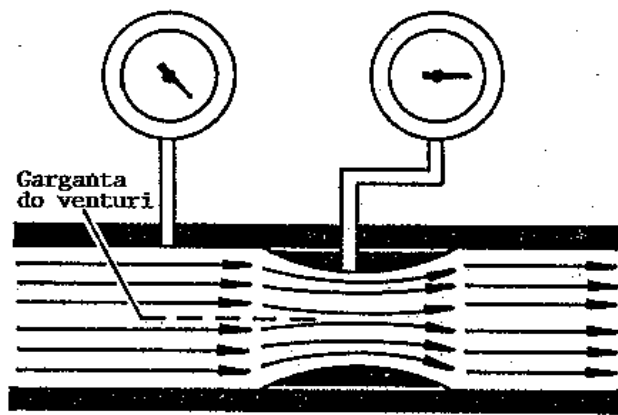


Figura 3-4 Venturi simples.

O fluxo de ar que passa através do sistema de indução ocorre da mesma maneira. Quando o pistão move o eixo de atuação no sentido da admissão, a pressão no cilindro é reduzida.

O ar é lançado através do carburador e é admitido na tubulação principal para o cilindro, devido a maior pressão na entrada do carburador. Mesmo um motor supercarregado com alta pressão no duto principal, será mantida baixa pressão.

A pressão atmosférica na entrada de ar, empurra-o através do carburador para a entrada supercarregada.

A válvula aceleradora está localizada entre o Venturi e o motor.

Ligações mecânicas conectam esta válvula com a manete de aceleração na cabine de comando.

Através dos meios de aceleração, o fluxo de ar para os cilindros é regulado e controla a potência de saída do motor. (Esta é a válvula de aceleração no carburador de seu automóvel que abre quando você "pisa no pedal do acelerador".)

Na verdade, quanto mais ar é admitido para o motor, o carburador automaticamente supre a gasolina adicional, suficiente para manter a correta razão combustível/ar. A válvula aceleradora faz uma pequena obstrução na passagem do ar quando está em paralelo com o fluxo. Esta é a posição totalmente aberta. A ação aceleradora é ilustrada na figura 3-5.

Nota-se que a restrição no fluxo de ar é maior quanto mais fechada estiver a válvula.

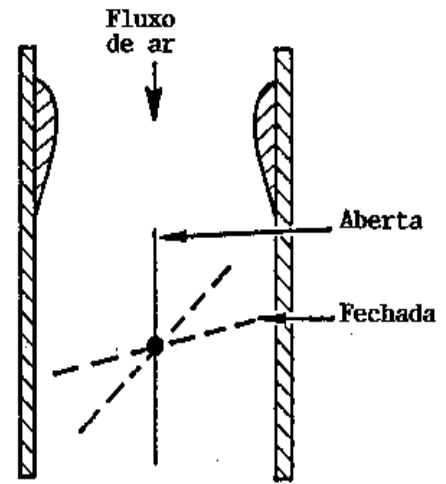


Figura 3-5 Ação aceleradora.

Medição e descarga de combustível

Na ilustração é mostrada a descarga do combustível na corrente de ar (figura 3-6), localizada na entrada através da qual o combustível entra no carburador, vindo da bomba mecanicamente acionada (acionada

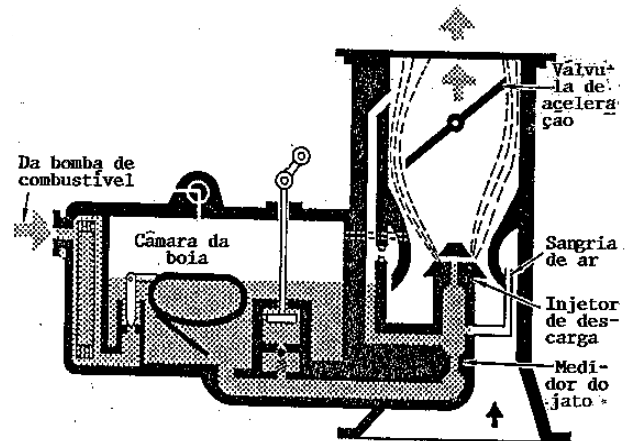


Figura 3-6 Descarga de combustível

A válvula de agulha operada por bóia regula o fluxo através da entrada, e esta via mantém o nível correto na câmara de combustível. Este nível deve ficar ligeiramente abaixo da saída do injetor de descarga, para prevenir transbordamento quando o motor não estiver funcionando.

O injetor de descarga é localizado na garganta do Venturi, no ponto onde ocorre a maior queda de pressão quando o ar passa através do carburador para os cilindros do motor. Portanto, são duas pressões diferentes atuando no combustível no carburador - a baixa pressão

no injetor de descarga e a alta pressão (atmosférica) na câmara de flutuação.

A alta pressão na câmara de flutuação força o combustível através do injetor de descarga para a massa de ar. Se o acelerador (válvula de aceleração) é totalmente aberto para aumentar o fluxo de ar para o motor, haverá uma grande queda de pressão na garganta do Venturi. Por causa da alta pressão diferencial, a descarga de combustível é aumentada em proporção ao aumento do fluxo de ar. Se o acelerador é movido no sentido da posição "FECHADA", o fluxo de ar e o fluxo de combustível diminuem.

O combustível deve passar através do jato medido (figura 3-6) para chegar ao injetor de descarga. O tamanho deste jato determina a razão da descarga de combustível para cada pressão diferencial. Se o jato é substituído por um maior, o fluxo de combustível aumentará, resultando em uma mistura rica. Se um jato menor é fornecido, isto deverá diminuir o fluxo de combustível e empobrecer a mistura.

SISTEMAS DO CARBURADOR

Para proporcionar ao motor operação sobre várias cargas e diferentes velocidades, cada carburador possui seis (6) sistemas:

- 1 - Medidor principal;
- 2 - Marcha lenta;
- 3 - Acelerador;
- 4 - Controle de mistura;
- 5 - Corte de lenta;
- 6 - Potência de enriquecimento ou economizador.

Cada um desses sistemas possui uma função definida, podendo atuar sozinho com um ou mais de um dos outros.

O sistema de medição principal fornece combustível para o motor em todas as velocidades acima de marcha- lenta.

O combustível descarregado por este sistema é determinado pela queda de pressão na garganta do Venturi.

Um sistema em separado é necessário para a marcha lenta, porque o sistema principal de medição não é confiável nas velocidades muito baixas do motor. Nas baixas velocidades o acelerador está perto de fechado. Como resultado, a velocidade do ar através de Venturi é

baixa e deverá ocorrer uma pequena queda na pressão.

Consequentemente, o diferencial de pressão não é suficiente para operar o sistema principal de medição, e nenhum combustível é descarregado para o sistema. Por este motivo, a maioria dos carburadores possui um sistema de marcha lenta para suprir combustível nas baixas velocidades do motor.

O sistema de aceleração supre o motor com combustível extra durante o aumento na potência do motor. Quando o acelerador é aberto para obter mais tração do motor, o fluxo de ar através do carburador aumenta. O sistema principal de medição neste momento aumenta a descarga de combustível.

Durante a aceleração rápida, o aumento do fluxo de ar é rápido num tempo curto, não sendo suficiente para aumentar a descarga de combustível na razão correta de mistura com o novo fluxo de ar. Através do suprimento extra de combustível durante este período, o sistema de aceleração previne o empobrecimento da mistura e permite uma aceleração uniforme.

O sistema de controle de mistura determina a razão de combustível para o ar na mistura. Através de meios de controle na cabine de comando, o mecânico, piloto ou mecânico de vôo podem selecionar a razão de mistura ajustando para as condições operacionais. Em adição a estes controles manuais, muitos carburadores possuem controles automáticos de mistura para que a razão combustível/ar, uma vez selecionada, não troque com as variações na densidade do ar. Isto é necessário, porque o avião sobe e a pressão atmosférica diminui, correspondendo a diminuição no peso do ar que passa através do sistema de indução.

O volume, contudo, permanece constante, o carburador tende a manter a mesma massa de combustível para este ar rarefeito, como para o ar mais denso ao nível do mar. Deste modo, a tendência natural desta mistura é tornar-se rica quando o avião ganhar altitude. O controle automático de mistura previne isto através da redução da razão da descarga de combustível, para compensar esta diminuição da densidade do ar.

O carburador possui um sistema de corte de lenta para que o combustível possa ser cortado na parada do motor. Este sistema, incorporado ao controle manual de mistura, corta a descarga do combustível do carburador completa-

mente, quando a manete de controle de mistura é colocada na posição " IDLE CUT OFF ".

Em alguma discussão do sistema de corte de lenta, esta questão usualmente vem a tona. Porque o motor de um avião é parado através do corte de combustível e não pelo sistema de ignição? Para responder esta questão, é necessário que se examine o resultado de ambos os métodos. Se a ignição é desligada com o carburador mantendo o suprimento de combustível, a nova mistura combustível/ar continua a passar através do sistema de indução para os cilindros, e com isto o motor demora a parar. Se o motor estiver excessivamente quente, esta mistura de combustível pode continuar queimando através de pontos quentes nas câmaras de combustão, e o motor pode manter-se funcionando ou funcionando irregularmente. Novamente, a mistura pode passar para fora do cilindro sem ser queimada, mas ser inflamada no tubo quente de escape.

Frequentemente, contudo, o motor poderá ter uma parada aparentemente normal, mas ter mistura de combustível nas passagens de indução, nos cilindros e nos sistemas de descarga. Esta é uma condição insegura, desde que o motor possa se manter funcionando irregularmente após ter parado, causando sérios danos para alguém perto da hélice.

Quando o motor é cortado por meio do sistema de corte de lenta, as velas de ignição continuam a centelhar na mistura ar/combustível até que a descarga de combustível do carburador cesse. Isto apenas deverá evitar que o motor pare com mistura de combustível nos cilindros.

Alguns fabricantes de motor sugerem que pouco antes das hélices pararem de girar, o acelerador seja totalmente aberto para que os pistões possam bombear ar fresco através do sistema de indução, dos cilindros, e do sistema da descarga. Após o motor estar completamente parado, a chave de ignição é retornada para a posição "OFF".

O sistema de enriquecimento de potência automaticamente aumenta o volume de combustível da mistura durante a operação com alta potência. Desta maneira, é possível fazer a variação da razão combustível/ar necessária para as diferentes condições operacionais. Nas velocidades de cruzeiro, misturas pobres são desejáveis por razões econômicas, enquanto em alta potência a mistura deve ser rica para obter o

máximo de força e ajudar a refrigeração do motor.

O sistema de enriquecimento automático causa a troca necessária na razão combustível/ar. Essencialmente, isto é uma válvula que é fechada para as velocidades de cruzeiro, e aberta para suprir combustível a mais para a mistura nas operações com alta potência.

Através deste aumento do fluxo de combustível nas altas trações, o sistema de enriquecimento é atualmente um meio de economizar combustível. Sem este sistema, seria necessário operar o motor com mistura rica durante toda a variação de potência. A mistura deve ser tão rica quanto necessário na velocidade de cruzeiro, para assegurar uma operação segura na tração máxima.

O sistema de enriquecimento de potência é chamado de "economizador" ou um "compensador de potência".

Apesar dos vários sistemas, que devem ser discutidos separadamente, o carburador funciona como uma unidade. O fato de um sistema estar em operação não necessariamente previne o funcionamento de outro.

Ao mesmo tempo que o sistema principal de medição descarrega combustível em proporção para o fluxo de ar, o sistema de controle de mistura determina se a mistura resultante deverá ser RICA ou POBRE.

Se o acelerador for bruscamente aberto, os sistemas de aceleração e enriquecimento de potência atuam para adicionar combustível ao que está sendo descarregado, através do sistema principal de medição.

TIPOS DE CARBURADOR

Na discussão dos princípios básicos do carburador, o combustível era mostrado armazenado na cuba de bóia, e descarregado pelo injetor localizado na garganta do Venturi. Com adição de alguns poucos detalhes para torná-lo mais viável, isto torna o sistema principal de medição em um carburador tipo BÓIA.

Este tipo de carburador, completo com sistemas de marcha lenta, acelerador, controle de mistura, corte de marcha lenta, e sistemas de enriquecimento, é provavelmente o mais comum de todos os tipos de carburador.

Contudo, o carburador tipo bóia possui várias desvantagens. Em primeiro lugar, é só

imaginar o efeito que a operação brusca tem sobre a ação da bóia. Em segundo lugar, o fato que este combustível deve ser descarregado em baixa pressão, conduzindo uma vaporização incompleta, e dificultando a descarga de combustível em alguns tipos de sistemas sobrecarregados. A principal desvantagem do carburador de bóia, contudo, é sua tendência a congelamento.

Desde que o carburador de bóia deva descarregar combustível no ponto de baixa pressão, o injetor de descarga deve estar localizado na garganta do Venturi e a válvula aceleradora deve estar no motor ao lado do injetor de descarga. Isto quer dizer que a queda de temperatura, devido a vaporização do combustível, tem lugar dentro do Venturi. Como resultado, o gelo forma-se rapidamente no Venturi e na válvula aceleradora.

O carburador tipo pressão, descarrega o combustível na massa de ar a uma pressão bem acima da atmosférica. Isto resulta na melhor vaporização, e permite a descarga do combustível na massa de ar do motor ao lado da válvula aceleradora.

Com o injetor de descarga localizado neste ponto, a queda da temperatura devido a vaporização do combustível se dá após o ar ter passado a válvula aceleradora neste ponto, onde o aquecimento do motor tende a compensar o problema. Portanto, o perigo do combustível vaporizado congelar está praticamente eliminado.

Os efeitos da rápida atuação e do ar irregular nos carburadores tipo pressão são negligenciáveis, desde que as câmaras permaneçam preenchidas (cheias) sobre todas as condições operacionais.

CONGELAMENTO DO CARBURADOR

Existem três (03) classificações gerais de congelamento de carburador que são comuns para todas as aeronaves:

- (1) gelo na evaporação do combustível
- (2) gelo na borboleta do acelerador
- (3) gelo de impacto

Gelo na evaporação do combustível, ou gelo na refrigeração é formado por causa da diminuição na temperatura de ar, resultante da evaporação do combustível após ele ser introdu-

zido na massa de ar. Isto frequentemente ocorre naqueles sistemas onde o combustível é injetado na corrente de ar do acelerador do carburador, como no caso dos carburadores tipo bóia.

Motores que empregam "SPINNER" ou impelidor de injeção de combustível estão livres deste tipo de gelo, exceto aqueles que possuem aletas de curva (para trocar a direção do fluxo) na entrada para o impelidor. Neste tipo, o gelo pode ser depositado nas aletas de curva. Gelo de refrigeração pode ser formado em temperaturas de ar acima de 100°F em torno da maior variação nas condições de umidade da atmosfera, igual a umidade relativa favorável abaixo de 100%. Geralmente, o gelo da evaporação do combustível tenderá a acumular-se no injetor de distribuição do combustível, nas aletas de curva, e em qualquer protuberância no carburador. Este tipo de gelo pode baixar a pressão do duto principal, interferir com o fluxo de combustível, e afetar a distribuição da mistura.

O gelo na borboleta do acelerador é formado no lado traseiro, usualmente quando a borboleta está parcialmente na posição "FECHADA". A precipitação de ar através e ao redor da válvula de borboleta causa baixa pressão no lado traseiro. Isto determina uma pressão diferencial, com a qual temos o efeito de refrigeração na carga combustível / ar. Umidade congelada nesta área de baixa pressão é coletada como gelo.

O gelo da borboleta tende a acumular-se na passagem restrita. A ocorrência de uma pequena quantidade de gelo pode causar uma redução no fluxo de ar e no duto principal de pressão. Um acúmulo grande de gelo pode causar trancamento dos aceleradores e uma condição de ficarem inoperantes. Gelo nos aceleradores raramente ocorrem em temperaturas acima de 38°F.

O gelo de impacto é formado através da presença de água na atmosfera em forma de neve, chuva ou líquido de refrigeração, que é condensado nas superfícies que chegam a temperaturas abaixo de 30°F. Devido aos efeitos de inércia, o gelo de impacto se forma perto da superfície que troca a direção do fluxo de ar. Este tipo de gelo pode formar-se na curva interna, no filtro do carburador e nos elementos de medição. O mais perigoso gelo de impacto é aquele que se forma no filtro do carburador e causa um rápido estrangulamento do fluxo de ar e da potência. Em geral, o perigo do gelo de im-

pacto existe apenas quando ele se forma-se nos bordos de ataque da estrutura do avião.

Sob certas condições, o gelo pode entrar no carburador em estado comparativamente seco, não aderindo ao filtro ou paredes; por isso, não afetando o fluxo de ar do motor ou a pressão do duto principal.

Este gelo pode entrar no carburador e, gradualmente, obstruir passagens, e afetando suas características de medição.

CARBURADORES TIPO BÓIA

Um carburador tipo bóia consiste essencialmente de uma passagem principal de ar, através da qual o motor extrai seu suprimento de ar, um mecanismo para controle de quantidade de combustível descarregado em relação ao fluxo de ar, e um modo de regulação da quantidade da mistura combustível / ar liberado para os cilindros do motor.

As partes essenciais do carburador tipo bóia estão ilustrados na figura 3-7. Estas partes são:

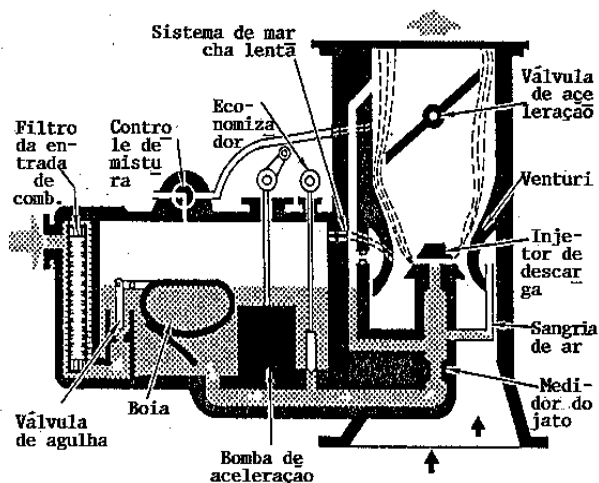


Figura 3-7 Carburador tipo bóia.

- (1) O mecanismo da bóia e sua câmara.
- (2) O sistema principal de medição.
- (3) O sistema de marcha lenta.
- (4) O sistema de controle de mistura.
- (5) O sistema de aceleração.
- (6) O sistema economizador.

Mecanismo da bóia

A câmara de flutuação está colocada entre o suprimento de combustível e o sistema de medição do carburador. A câmara de flutuação fornece um nível de combustível aproximadamente constante para o injetor principal de descarga.

Este nível é usualmente em torno de 1/8 de polegada abaixo dos orifícios no injetor principal de descarga.

O nível de combustível deve ser mantido ligeiramente abaixo dos orifícios de saída do injetor de descarga, para manter a correta quantidade de fluxo de combustível, e para prevenir vazamento de combustível pelo injetor quando o motor estiver parado.

O nível do combustível na câmara de flutuação é mantido aproximadamente constante, por meio de uma válvula de agulha operada pela bóia e uma sede.

A sede da agulha é usualmente feita em bronze.

A válvula de agulha é construída de aço duro, ou pode ter uma seção de borracha sintética, a qual serve de sede. Com a câmara de flutuação sem combustível, a bóia cai para a parte inferior da câmara e mantém a válvula de agulha totalmente aberta.

Quando o combustível é admitido da linha de suprimento, a bóia se eleva, fechando a válvula quando o combustível chega ao nível pré-determinado.

Quando o motor está funcionando e o combustível está sendo arrastado para fora da câmara de flutuação, a válvula assume uma posição intermediária até que a abertura da válvula seja suficiente para suprir a quantidade de combustível suficiente e manter o nível constante.

Com o combustível no nível correto, a razão de descarga é controlada corretamente pela velocidade do ar, através do carburador e da pressão atmosférica, na parte superior do combustível na câmara de flutuação.

A ventilação, ou pequena abertura, na parte superior da câmara de flutuação, libera o ar para entrar ou sair da câmara quando o nível de combustível se eleva ou cai.

Esta passagem de ventilação é aberta para a tomada de ar do motor; deste modo, a pressão do ar na câmara é sempre a mesma da existente no ar de admissão.

Sistema principal de medição

O sistema principal de medição fornece combustível para o motor em todas as velocidades acima da marcha-lenta, e consiste de:

- (1) Venturi
- (2) Jato principal de medição
- (3) Injetor principal de descarga
- (4) Passagem direcional para o sistema de marcha lenta
- (5) Válvula de aceleração (borboleta)

Visto que a válvula aceleradora controla a massa do fluxo de ar através do Venturi do carburador, ela pode ser considerada a maior unidade no sistema principal de medição, assim como nos outros sistemas do carburador.

Um típico sistema principal de medição é ilustrado na figura 3-8.

O Venturi executa 3 funções:

- (1) Dosa a mistura combustível / ar
- (2) Diminui a pressão no injetor de descarga
- (3) Limita o fluxo de ar em tração máxima

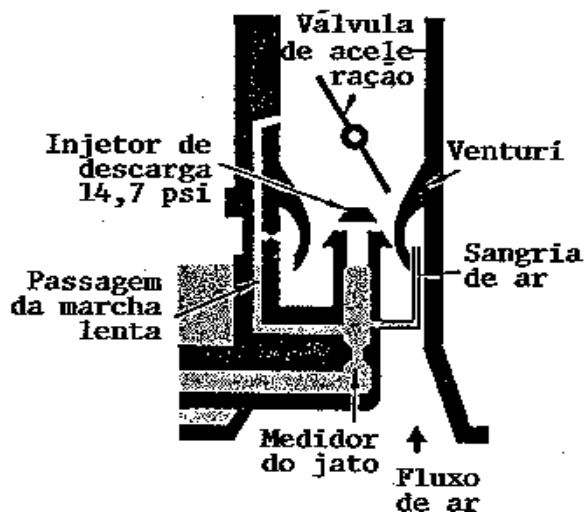


Figura 3-8 Sistema principal de medição.

O injetor de descarga de combustível está localizado na garganta do carburador, de modo que sua abertura fique na passagem de combustível, entre a câmara de flutuação e o injetor de descarga, para limitar o fluxo de combustível quando a válvula aceleradora estiver totalmente aberta. Quando o eixo de manivelas é girado com o acelerador do carburador aberto, a baixa pressão criada no duto principal de en-

trada atua no ar que passa através da garganta do carburador. Devido a esta diferença na pressão entre a atmosfera e o duto principal de admissão, o ar deverá fluir da entrada de ar através da garganta do carburador para o duto principal de admissão. O volume do fluxo de ar depende do grau de abertura do acelerador.

Quando o ar flui através do Venturi, sua velocidade **aumenta**. Esta velocidade cria uma área de **baixa** pressão na garganta do Venturi. O injetor de descarga de combustível é exposto para esta baixa pressão.

Visto que a câmara de flutuação é ventilada para a pressão atmosférica, uma pressão baixa ao redor do injetor de descarga é criada. Esta diferença de pressão, ou força de medição, é que causa o fluxo de combustível do injetor de descarga.

O combustível sai do injetor como uma fina névoa (atomizado), e minúsculas partículas de combustível da névoa rapidamente se vaporizam no ar.

A força de medição na maioria dos carburadores é aumentada quando a abertura do acelerador é aumentada. Uma queda de pressão de pelo menos 0,5 pol de Hg é necessária para elevar o combustível no injetor de descarga, até o nível onde ele será descarregado na massa de ar.

Nas baixas velocidades do motor, quando a força de medição é consideravelmente reduzida, o combustível liberado para o injetor de descarga deve diminuir se uma sangria de ar (jato de medição de ar) não estiver incorporada ao carburador.

A redução do fluxo de combustível em relação ao fluxo de ar é devido a dois fatores:

- (1) O combustível tende a aderir às paredes do injetor de descarga, e ocorrem precipitações de grandes gotas ao invés da névoa fina, e
- (2) Uma parte da força de medição é necessária, para elevar o nível de combustível do nível da câmara de flutuação, para a saída do injetor de descarga.

O princípio básico de sangria de ar pode ser explicado através de diagramas simples, como mostrado na figura 3-9. Em cada caso, o mesmo grau de sucção é aplicado no tubo vertical colocado no recipiente do líquido. A sucção aplicada na parte superior do tubo é suficiente

para manter o líquido a uma distância em torno de 1 polegada, acima da superfície.

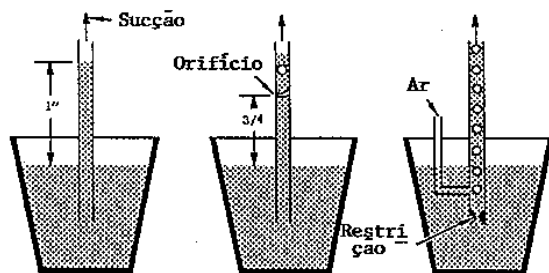


Figura 3-9 Princípio da sangria de ar.

Se um pequeno furo é feito no lado do tubo, acima da superfície do líquido, como na opção "B", e a sucção é aplicada, bolhas de ar deverão entrar no tubo; e o líquido deverá ser arrastado para cima, em uma série contínua de pequenas bolhas ou gotas. Portanto, sangria de ar entra no tubo e reduz parcialmente a força, tendendo a retardar o fluxo de líquido através do tubo. Contudo, uma abertura grande no fundo do tubo efetivamente previne que algum volume de sucção seja exercido no orifício de sangria de ar ou ventilação.

Similarmente, o orifício de sangria de ar, que está muito grande em proporção a medida do tubo, deve reduzir a sucção disponível para levantar o líquido. Se o sistema é modificado através da colocação de um furo calibrado no fundo do tubo, e o ar é tomado abaixo do nível do combustível através de um tubo de sangria de ar, há uma divisão entre o ar e o líquido no tubo, como mostrado na opção "C".

No carburador, uma pequena sangria de ar é introduzida no injetor de combustível, ligeiramente abaixo do nível. O terminal da abertura do ar de sangria está no espaço atrás da parede do venturi, onde o ar é relativamente sem movimento.

A baixa pressão na ponta do injetor não apenas arrasta o combustível da câmara de flutuação, mas também arrasta o ar de trás do venturi.

O ar sangrado para o sistema principal de medição de combustível, diminui a densidade deste, e destrói a tensão da superfície. Isto resulta em melhor vaporização e controle da descarga de combustível, especialmente nas baixas velocidades do motor.

O acelerador, ou válvula borboleta, está localizado na parte inferior do tubo de Venturi. Isto proporciona um meio de controle da veloci-

dade do motor, ou potência de força, pela regulação do fluxo de ar para o motor.

A válvula é um disco que pode girar num eixo, de modo a abrir ou fechar a passagem de ar do carburador. Quando mais de uma válvula aceleradora (borboleta) é necessária, elas podem ser colocadas no mesmo eixo de aceleração ou em eixos separados. No último caso, é necessário testar a uniformidade de abertura ou sincronização.

Sistema de marcha lenta

Com a borboleta do carburador fechada nas velocidades de marcha lenta, a velocidade de ar através do venturi é tão baixa que não pode arrastar o combustível suficiente do injetor principal; este fato pode parar a atomização do combustível completamente. Contudo, a baixa pressão (sucção do pistão) existe no motor ao lado da borboleta.

Para permitir que o motor opere em marcha lenta, uma passagem de combustível é incorporada para a descarga de combustível de uma abertura na área de baixa pressão, próximo da borda da borboleta do carburador. Esta abertura é chamada jato de marcha lenta. Com a borboleta aberta o suficiente, de modo que o injetor principal de descarga esteja operando, o combustível não sai do sistema de marcha lenta. Tão logo a borboleta é fechada, o suficiente para parar a atomização do injetor principal de descarga, o combustível flui do sistema de marcha lenta.

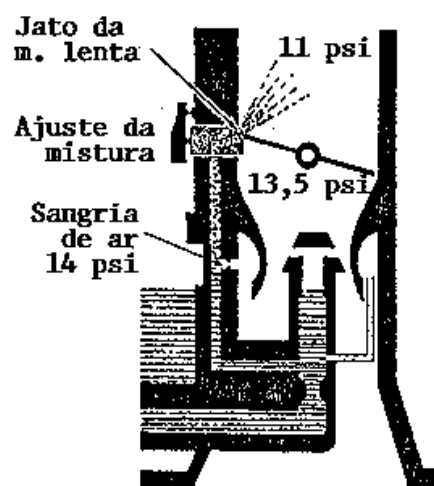


Figura 3-10 Sistema de marcha lenta.

Uma sangria de ar separada, conhecida como ar de sangria de marcha lenta, é incluída como parte do sistema de marcha lenta. O

funcionamento é o mesmo que o da sangria de marcha-pincipal. Um mecanismo de ajuste de mistura de lenta é também incorporado. Um sistema típico de marcha-enta é ilustrado na Figura 3-10.

Sstema de controle de mistura

Quando a altitude aumenta, o ar fica menos denso. Em uma altitude de 18.000 pés, o ar possui apenas a metade da densidade que tinha ao nível do mar. O pé cúbico de espaço contém apenas a metade do mesmo ar a 18.000 pés do que ao nível do mar. Um cilindro de motor cheio de ar a 18.000 pés contém apenas a metade do oxigênio, se comparado ao cilindro cheio de ar ao nível do mar.

A área de baixa pressão criada pelo venturi é mais dependente da velocidade do que da densidade do ar. A ação do venturi arrasta o mesmo volume de combustível através do injetor de descarga, em baixas ou em altas altitudes. Por este motivo, a mistura é enriquecida quando a altitude aumenta. Isto pode ser superado manualmente, ou com um controle automático de mistura.

Nos carburadores tipo bóia existem dois (2) tipos de mecanismos controlados manualmente da cabine, são em geral usados para controlar as misturas combustível/ar: o tipo agulha e o tipo sucção traseira. Os dois (2) tipos são ilustrados na figura 3-11 e 3-12.

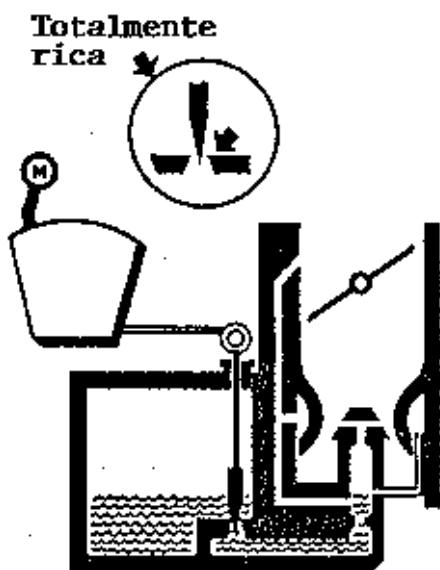


Figura 3-11 Sistema de controle de mistura tipo agulha.

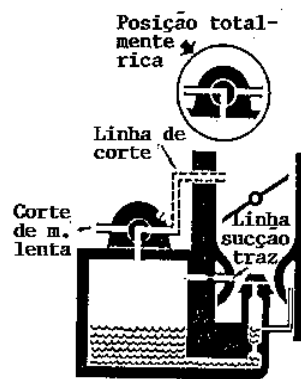


Figura 3-12 Sistema de controle tipo sucção traseira.

Com o sistema tipo agulha, o controle manual é fornecido através de uma válvula de agulha na base da câmara de flutuação (figura 3-11). Esse sistema pode ser aumentado ou diminuído através de um controle de ajuste na cabine de comando. Movendo o controle para "RICH", abre-se a válvula de agulha totalmente, o que permite que o fluxo de combustível seja irrestrito para o injetor. Movendo o controle para "LEAN", fecha-se uma parte da válvula, e restringe-se o fluxo de combustível para o injetor.

O sistema tipo sucção traseira é o mais usado. Nesse sistema (figura 3-12) um certo volume de baixa pressão do venturi atua acima do combustível na câmara de flutuação, até que isto se oponha a baixa pressão existente no injetor principal de descarga. Uma linha atmosférica, incorporando uma válvula ajustável, abre a entrada para a câmara da bóia.

Quando a válvula está completamente fechada, a pressão do combustível na câmara de flutuação e no injetor de descarga são quase equalizados; e o fluxo de combustível é reduzido para o máximo de mistura pobre. Com a válvula totalmente aberta, a pressão do combustível na câmara de flutuação é maior; e a mistura de combustível é enriquecida.

O controle da mistura é feito ajustando-se a válvula entre estes dois extremos. O quadrante na cabine de comando é usualmente marcado "LEAN", perto do batente traseiro; e "RICH", no batente dianteiro. A posição extrema traseira é marcada com "IDLE CUT OFF" e é usada quando o motor é cortado.

Nos carburadores tipo bóia, equipados com controle de mistura tipo agulha, ao colocar o controle de mistura na posição de "CORTE DE LENTA", a válvula de agulha acomoda-se

na sua sede, cortando o fluxo de combustível completamente.

Nos carburadores equipados com controle de mistura tipo sucção traseira, uma linha exclusiva de "CORTE DE LENTA", que conduz para um extremo de baixa pressão no lado do motor da válvula aceleradora, está incorporada. (ver a linha pontilhada na figura 3-12).

O controle da mistura é ligado a essa linha quando é colocado na posição "IDLE CUTOFF", abrindo outra passagem que comanda o pistão de sucção. Quando o controle da mistura é colocado em outras posições, faz com que a válvula abra a passagem, conduzindo para a atmosfera.

Ao parar o motor com tal sistema, fecha-se a válvula aceleradora, e coloca-se a chave da mistura na posição "IDLE CUTOFF". O acelerador (borboleta) é mantido fechado até que o motor tenha parado de girar, voltando a abrir o acelerador completamente.

Sistema de aceleração

Quando a válvula aceleradora é aberta rapidamente, um grande volume de ar precipita-se através da passagem de ar do carburador. Contudo, a quantidade de combustível que está misturada com o ar é menor que a quantidade normal; devido a razão de resposta lenta do sistema principal de medição. Como resultado, depois da rápida abertura do acelerador, a mistura combustível/ar empobrece momentaneamente.

Para vencer esta tendência, o carburador é equipado com uma pequena bomba de combustível, chamada bomba de aceleração. Um tipo comum de sistema de aceleração, usado no carburador de bóia, é ilustrado na figura 3-13.

Esse sistema consiste de uma bomba de pistão simples, operado através de haste pelo controle do acelerador, e uma linha abrindo no sistema principal de medição ou na garganta perto do venturi.

Quando o acelerador é fechado, o pistão se move para baixo, e o combustível enche o cilindro.

Se o pistão é empurrado para frente, lentamente, ele vaza através de uma passagem para a câmara de flutuação; mas se for empurrado rapidamente, irá emitir uma carga de combustível, e enriquecer a mistura no Venturi.

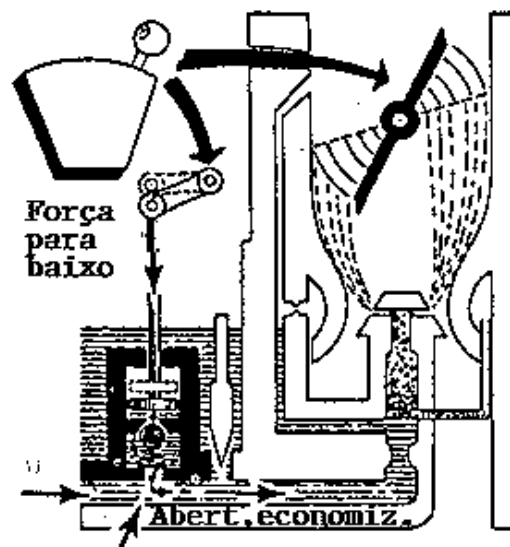


Figura 3-13 Sistema de aceleração.

Sistema economizador

Para um motor desenvolver o máximo de potência, com o acelerador totalmente aberto, a mistura de combustível deve ser mais rica do que a do Cruzeiro. O combustível adicional é usado para refrigerar o motor e prevenir detonação.

Um economizador é, essencialmente, uma válvula que é fechada para se colocar abaixo de 60 a 70% da razão de potência. Esse sistema, assim como o sistema de aceleração, é operado pelo controle de aceleração.

Um sistema economizador típico é mostrado na figura 3-14, consiste de uma válvula de agulha que começa na abertura, quando a válvula aceleradora chega a um determinado ponto perto da posição de abertura máxima.

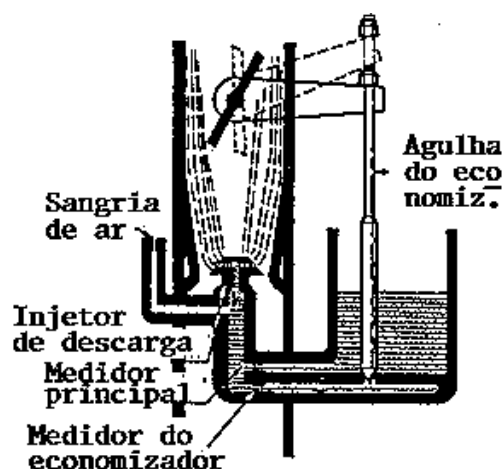


Figura 3-14 Sistema economizador tipo válvula de agulha.

Como o acelerador continua a abrir, a válvula de agulha abrirá, e um combustível adicional fluirá através dela. Esse combustível adicional suplementa o fluxo do jato principal de medição diretamente para o injetor principal de descarga.

Um sistema economizador, operado por pressão, é mostrado na figura 3-15. Este tipo possui uma cápsula selada localizada no compartimento interno. O compartimento é ventilado para o duto principal de pressão do motor. Quando a pressão do duto chega a um certo valor, a cápsula é comprimida e abre a válvula na passagem de combustível no carburador, suplementando a quantidade normal de combustível que é descarregada através do injetor principal.

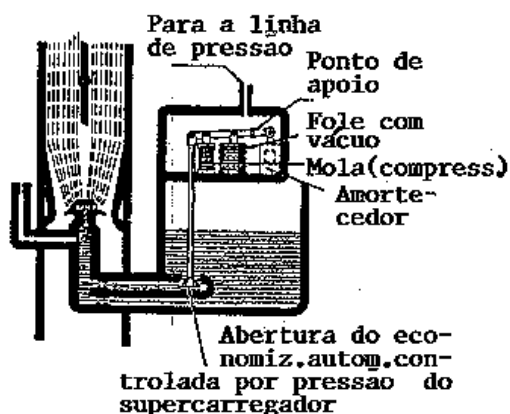


Figura 3-15 Sistema economizador operado por pressão.

Outro tipo de economizador é o sistema de sucção traseira mostrado na figura 3-16. A economia de combustível em Cruzeiro é proporcionada pela redução da pressão efetiva de atuação no nível de combustível, no compartimento da bôia. Com a válvula aceleradora na posição de Cruzeiro, a sucção é aplicada na câmara de flutuação através de um orifício economizador, e através do jato e do canal economizador tipo sucção traseira.

A sucção, assim aplicada na câmara de flutuação, opõe-se a sucção do injetor aplicada pelo venturi. O fluxo de combustível é reduzido, desse modo empobrecendo a mistura para a economia em Cruzeiro.

Outro tipo de sistema de controle de mistura usa uma válvula medidora, que é livre para girar em uma luva de medição estacionária.

O combustível entra nos sistemas principal e de lenta, através de um rasgo feito na luva de mistura (*mixture sleeve*).

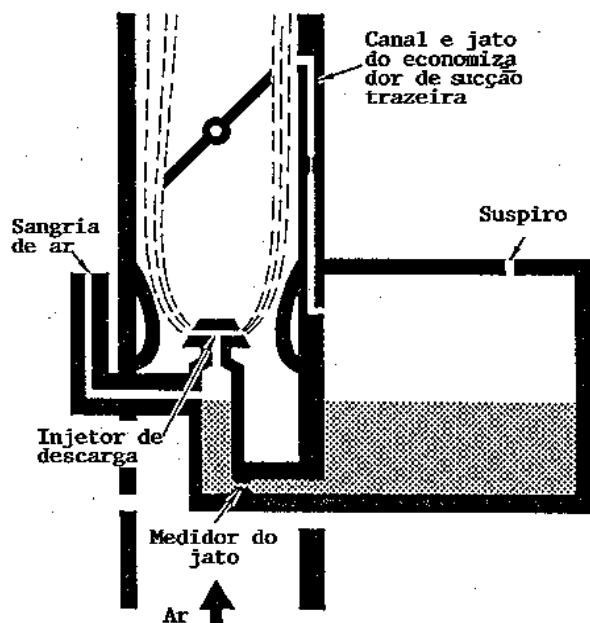


Figura 3-16 Sistema economizador do tipo sucção traseira.

O combustível medido é acompanhado por um posicionamento relativo entre um dos cantos do rasgo na cavidade da válvula medidora, e um dos cantos do rasgo na luva de medição. Movendo o controle de mistura, para reduzir o tamanho do rasgo, obtém-se uma mistura pobre para compensação de altitude.

CARBURADORES DE INJEÇÃO DE PRESSÃO

Os carburadores de injeção de pressão são distintamente diferentes dos carburadores tipo bôia, sendo assim, eles não têm incorporada uma ventilação na câmara de flutuação ou pickup de sucção do injetor de descarga, localizado no tubo de venturi. Em lugar disso, um sistema de pressurização de combustível é fornecido, e fechado da bomba combustível do motor para o injetor de descarga.

O venturi serve apenas para criar uma pressão diferencial, a fim de controlar a quantidade de combustível para o jato, medido em proporção ao fluxo de ar para o motor.

Carburador de injeção típico

O carburador de injeção é um mecanismo hidromecânico, empregando um sistema de alimentação fechada, da bomba de combustível para o injetor de descarga. Esse carburador mede o combustível através do jato, de

acordo com a massa de fluxo de ar, e através do corpo da aceleradora, descarregando sob pressão positiva.

A ilustração na figura 3-17 representa um carburador do tipo pressão simplificado. Para ser melhor entendido são mostradas apenas as partes básicas.

Nota-se que as duas pequenas passagens, uma conduzindo a entrada de ar do carburador para o lado esquerdo do diafragma flexível; e a outra, da garganta do venturi para o lado direito do diafragma.

Quando o ar passa através do carburador para o motor, a pressão na direita do diafragma é liberada por causa da queda da pressão na garganta do venturi. Como resultado, o diafragma move-se para a direita, abrindo a válvula de combustível.

A pressão da bomba acionada pelo motor força o combustível através da abertura da válvula para o injetor de descarga, onde será pulverizado na massa de ar. A distância da abertura da válvula de combustível é determinada pela diferença entre as duas pressões atuantes no diafragma. Essa diferença de pressão é proporcional ao fluxo de ar através do carburador. Portanto, o volume de fluxo de ar determina a razão do combustível de descarga.

O carburador tipo injeção de pressão é composto das seguintes unidades:

- (1) Corpo do acelerador .
- (2) Controle automático de mistura.
- (3) Unidade Reguladora.
- (4) Unidade de controle de combustível; algumas são equipadas com um adaptador.

Corpo do acelerador

O corpo do acelerador contém as válvulas de borboleta, o venturi principal, venturi de apoio e tubos de impacto. Todo o ar que entra nos cilindros deve fluir através do corpo do acelerador; por isso, este é o controle de ar e o meio de medição. O fluxo de ar é medido pelo volume e peso, assim como a quantidade própria de combustível, que pode ser adicionada para manter a demanda do motor em todas as condições.

Como o ar flui através do venturi, sua velocidade é aumentada, e sua pressão é diminuída (princípio de BERNOULLI).

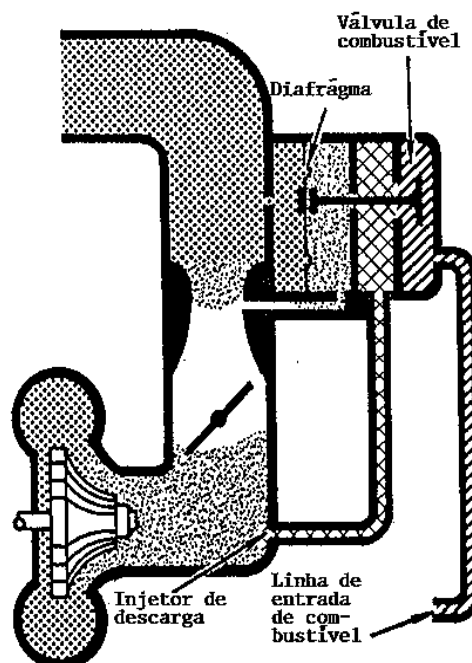


Figura 3-17 Carburador tipo pressão.

Essa baixa pressão é ventilada para o lado de baixa pressão do diafragma de ar (câmara "B", figura 3-18), no conjunto regulador. Os tubos de impacto do carburador sentem a pressão do ar de entrada e o direcionam para o controle automático de mistura, que mede a densidade do ar.

Do controle automático de mistura, o ar é direcionado para o lado de alta pressão do diafragma (câmara "A"). A pressão diferencial das duas câmaras, que atuam sobre o diafragma de ar, é conhecida como a força de medição do ar que abre a válvula "POPPET" de combustível.

O corpo do acelerador controla o fluxo de ar com as válvulas aceleradoras; estas podem ser de tipo retangular ou em forma de disco, dependendo do projeto do carburador.

As válvulas são montadas em um eixo, que é conectado por haste na válvula de lenta, e no controle de aceleração na cabine de comando. O acelerador possui um batente de curso para a válvula aceleradora e um ajuste que regula a velocidade de marcha lenta do motor.

Unidade reguladora

O regulador (figura 3-18) é uma unidade controlada por diafragma, e dividido em cinco câmaras, contendo dois diafragmas reguladores e o conjunto da válvula "POPPET".

A câmara "A" tem pressão regulada da entrada de ar. A câmara "B" é o reforço de pressão do venturi. A câmara "C" contém combustível medido com pressão controlada pelo injetor de descarga, ou pela válvula de alimentação de combustível.

A câmara "D" contém combustível não medido com pressão controlada pela abertura da válvula "POPPET". A câmara "E" tem a pressão da bomba de combustível, controlada pela válvula de alívio de pressão da bomba de combustível. O conjunto da válvula "POPPET" é conectado por uma haste aos dois diafragmas principais de controle.

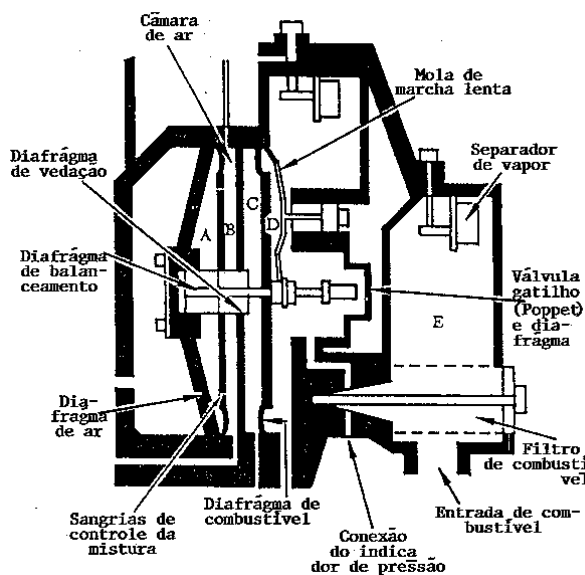


Figura 3-18 Unidade reguladora.

O filtro de combustível do carburador, localizado na entrada da câmara "E", é uma fina malha filtrante, através da qual todo o combustível deve passar quando entra na câmara "D". O filtro deve ser removido e limpo nos intervalos previstos.

O propósito da unidade reguladora é ajustar a pressão do combustível para o lado de entrada dos jatos, medidos na unidade de controle.

Essa pressão é automaticamente regulada de acordo com a massa do fluxo de ar para o motor.

Tomando-se como referência a figura 3-18, assume-se que para ser dado o fluxo de ar em libras/hora através do corpo do acelerador e venturi, a pressão negativa de $1/4$ P.S.I. é estabelecida na câmara "B".

Isto tende a mover o conjunto do diafragma e a válvula "POPPET" na direção de abertura da

válvula "POPPET", permitindo que mais combustível entre na câmara "D".

A pressão na câmara "C" é mantida constante em 5 P.S.I. (10 P.S.I. na mesma instalação) pelo injetor de descarga, ou pela válvula impelidora de alimentação de combustível. Por esse motivo, o conjunto do diafragma e a válvula "POPPET" deverão se mover na direção da abertura, até que a pressão na câmara "D" chegue a $5 \frac{1}{4}$ P.S.I. Sob essas pressões, há uma condição balanceada do conjunto de diafragma com uma queda de pressão de $1/4$ P.S.I., ao redor dos jatos na unidade de controle de combustível (AUTO-RICO ou AUTO-POBRE).

Unidade de controle de combustível

A unidade de controle de combustível (figura 3-19) é fixada no conjunto do regulador, e contém todos os jatos e válvulas de medição. As válvulas de lenta e de enriquecimento de força, junto com as lâminas de controle de mistura, selecionam as combinações de jatos para as várias ajustagens, sendo, AUTO-RICO, AUTO-POBRE e CORTE DE LENTA.

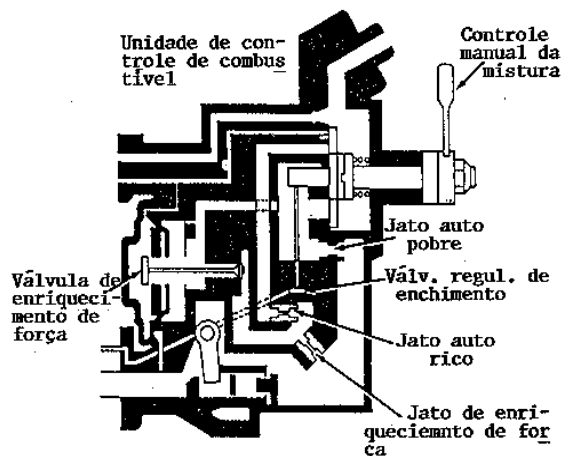


Figura 3-19 Unidade de controle de combustível.

Se o injetor de pressão (pressão de câmara "C") elevar-se para $5 \frac{1}{2}$ P.S.I., o conjunto do diafragma de balanceamento deverá ser elevado, e o conjunto de diafragma deverá se mover para abrir a válvula "POPPET", restabelecendo a pressão necessária de $5 \frac{3}{4}$ P.S.I. na câmara "D".

Desse modo, a pressão diferencial de $1/4$ P.S.I. entre a câmara "C" e a câmara "D" é reestabelecida, e a pressão cai ao redor dos jatos de medição, e deverá permanecer a mesma.

Se a pressão de entrada do combustível é aumentada ou diminuída, o fluxo de combustível dentro da câmara "D" tenderá a aumentar ou diminuir com a troca de pressão, fazendo com que ocorra o mesmo com a câmara "D". Isto elevará a condição de equilíbrio previamente estabelecida, e a válvula "POPPET" e o conjunto do diafragma, responderão através do movimento para aumentar ou diminuir o fluxo para reestabelecer a pressão diferencial de 1/4 P.S.I..

Quando as lâminas de controle de mistura são movidas de AUTO-POBRE para AUTO-RICO, ou vice-versa, selecionam os diferentes ajustes dos jatos, que podem cortar uma ou duas entradas ou saídas do sistema, ocasionando a mudança do fluxo de combustível. Contudo, quando a posição da mistura é alterada, o diafragma e o conjunto da válvula "POPPET" serão reposicionados para manter a pressão diferencial, estabelecida de 1/4 P.S.I. entre as câmaras "C" e "D", mantendo a diferencial estabelecida através dos jatos.

Sob baixos ajustes de potência (baixos fluxos de ar), a diferença de pressão criada pelo venturi reforçador não é suficiente para acomodar uma regulagem consistente de combustível. Por isso, uma mola de lenta, mostrada na figura 3-18, é incorporada ao regulador.

Assim que a válvula "POPPET" move-se em direção à posição fechada, ela contacta a mola de lenta. A mola mantém a válvula "POPPET" fechada e fora do seu assentamento, o bastante para fornecer mais combustível necessário para a lenta. Esta mistura potencialmente super-rica é regulada pela válvula de lenta.

Na velocidade lenta, a válvula de lenta restringe o fluxo de combustível para a quantidade apropriada. Nas altas velocidades, esta é retirada da passagem de combustível e não possui efeito de medição.

Sistemas de eliminação de vapor (VAPOR VENT) são instalados nestes carburadores para eliminar o vapor de combustível, criado pela bomba, aquecido no compartimento do motor, e a queda de pressão através da válvula "POPPET".

O "VAPOR VENT" é localizado na entrada do combustível (Câmara "E"), ou em alguns modelos de carburadores em ambas as câmaras "D" e "E".

O sistema de "VAPOR VENT" opera da seguinte maneira: quando o ar entra na câmara

em que o "VAPOR VENT" é instalado, ele se eleva para a parte superior da câmara, deslocando o combustível e baixando seu nível.

Quando o nível de combustível chega a uma determinada posição, a bóia (que flutua no combustível) puxa a válvula do "VAPOR VENT" para a posição fechada sobre sua sede, permitindo que o vapor na câmara escape através do assentamento da ventilação de vapor, da linha de conexão, e retornando para o tanque de combustível.

Se a válvula de "VAPOR VENT" tranca na posição fechada, ou a linha de ventilação do "VAPOR VENT" para o tanque de combustível for obstruída, a ação de diminuição de vapor cessará. Isto fará com que o vapor aumente dentro do carburador e, por extensão, passe através dos jatos medidores com o combustível.

Com o tamanho dado ao jato medidor do carburador, a medição do vapor deverá reduzir a quantidade do combustível medido. Isto deverá causar a saída de uma mistura combustível/ar pobre, usualmente intermitente.

Se a válvula de "VAPOR VENT" trancar em aberta, ou a bóia da "VAPOR VENT", alinhar com o combustível e afundar, um fluxo contínuo de combustível e vapor ocorrerá através da linha de ventilação. Isto é importante para detectar esta condição, com o fluxo de combustível do carburador suprindo o tanque que pode causar o transbordamento com o resultado do aumento de consumo de combustível.

Para se testar o sistema de ventilação, desconecta-se a linha do "VAPOR VENT" onde é fixada no carburador, ligando a bomba reforçadora de combustível (BOOSTER PUMP), ao mesmo tempo que se observa a conexão da "VAPOR VENT" no carburador. Move-se o controle de mistura do carburador para "AUTO-RICH"; então retorna-se para corte de lenta (IDLE CUT OFF).

Quando a bomba de combustível (FUEL BOOSTER PUMP) é ligada, deverá ocorrer uma ejeção inicial de combustível e ar, seguidos pelo corte com não mais do que um constante gotejamento da conexão de ventilação. Nas instalações onde a sangria é fixada na câmara "D", é conectada para a "VAPOR VENT" na entrada de combustível por uma curta linha externa, e logo haverá uma ejeção inicial de combustível e ar, seguidos por um contínuo e pequeno jato de combustível. Se não houver fluxo, a válvula

estará trancada em “fechado”; se houver fluxo constante, estará trancada em “aberto”.

O propósito da unidade de controle de combustível é medir e controlar o fluxo de combustível para o injetor de descarga. A unidade básica consiste de três (03) jatos e quatro (04) válvulas dispostas em série, paralelo, e série-paralelo (Veja a figura 3-19).

Esses jatos e válvulas recebem combustível sob pressão da unidade reguladora, e então, o combustível que vai para o injetor de descarga é medido. A válvula de controle manual de mistura controla o fluxo de combustível. Pelo uso do tamanho próprio dos jatos, e regulando a pressão diferencial através dos jatos, a quantidade correta de combustível é liberada para o injetor de descarga, dando a razão combustível/ar desejada nas várias ajustagens de potência. Deve ser lembrado que a pressão de entrada para os jatos está sob a unidade reguladora e a pressão de saída é controlada pelo injetor de descarga.

Os jatos são, na unidade básica de controle de combustível, auto-rico e auto-pobre, e jato de enriquecimento de potência. O fluxo básico de combustível é o necessário para fazer funcionar o motor com mistura pobre, e é medido pelo jato auto-pobre.

O jato auto-rico adiciona o combustível suficiente no fluxo básico para obter o enriquecimento lento da mistura, então, teremos a melhor mistura para a tração quando o controle manual de mistura é colocado na posição "AUTO-RICH".

As quatro válvulas da unidade básica de controle de combustível são:

- (1) Válvula de agulha de lenta
- (2) Válvula de enriquecimento de potência
- (3) Válvula reguladora de enchimento
- (4) Controle manual de mistura

As funções destas válvulas são:

- (1) A válvula de agulha de lenta mede o combustível na variação de lenta apenas. Ela é uma válvula agulha redonda e perfilada, ou uma válvula cilíndrica, colocada em série com todos os outros meios de medição da unidade básica de controle. A válvula de agulha de lenta é conectada por haste ao eixo de aceleração, para que seja restrito o

fluxo de combustível nas regulagens de baixa potência (variação de lenta).

- (2) O controle manual de mistura é uma válvula tipo disco rotativo, consistindo de um disco redondo estacionário com “ports” condutores do jato auto-pobre e jato auto-rico, e dois pequenos orifícios de ventilação. Outra parte rotativa, parecida com uma folha de trevo, é soldada no disco estacionário através de uma mola de tensão, e gira ao redor dos portes neste disco, através da manete de controle manual de mistura. Todos os portes e ventilações são fechados na posição de "IDLE CUT OFF". Na posição "AUTO LEAN", os portes do jato auto-pobre e dois orifícios de ventilação estão abertos. O porte do jato auto-rico permanece fechado nesta posição. Na posição "AUTO-RICH", todos os portes estão abertos. As posições do disco da válvula são mostradas na figura 3-20. As três (03) posições da manete do controle manual de mistura tornam isto possível para selecionar a mistura pobre ou a mistura rica, ou para parar o fluxo de combustível inteiramente. A posição "IDLE CUT OFF" é usada para dar partida ou parar o motor. Durante a partida, o combustível é suprido através do "PRIMER".
- (3) A válvula reguladora de abastecimento é uma pequena válvula tipo "POPPET", localizada na passagem de combustível que alimenta a câmara "C" da unidade reguladora, com pressão de combustível medida. Em corte de lenta (IDLE CUT OFF), a parte lisa da rampa de subida do ressalto, com a haste da válvula e a mola, fecham a válvula. Isto proporciona um meio de cortar (SHUTTING OFF) o fluxo de combustível para a câmara "C" e, desse modo, proporcionando um corte de lenta (IDLE CUT OFF) positivo.
- (4) A válvula de enriquecimento de potência é outra válvula tipo "POPPET". Ela está em paralelo com os jatos de AUTO-POBRE e AUTO-RICO, mas está em série com o jato de enriquecimento de potência. Esta válvula inicia a abertura no começo de variação da tração. Ela é aberta pela pressão de combustível não medida, sobrepondo a pressão

de combustível medida e a tensão da mola. A válvula de enriquecimento de potência continua

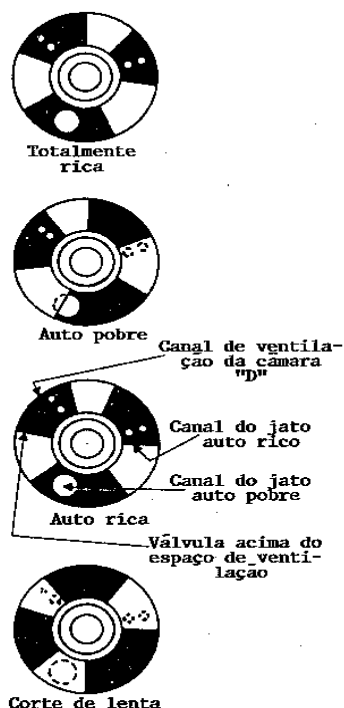


Figura 3-20 Posição dos discos da válvula de controle de mistura manual.

totalmente aberta e, durante toda a variação de potência, até que o fluxo combinado através da válvula e o jato AUTO-RICO exceda aquele jato de enriquecimento de força. Neste ponto, o jato de enriquecimento de força supera o jato medido, e mede o combustível através da saída da variação de força.

- (5) Carburadores equipados, com injeção de água são modificados pela adição de uma válvula e um jato de derivação. A válvula e o jato de derivação estão em série um com o outro, e em paralelo com o jato de enriquecimento de potência.

O carburador controla o fluxo de combustível através da variação de dois fatores básicos.

A unidade de controle de combustível, atuando como uma válvula redutora de pressão, determina a pressão medida em resposta para a força de medição.

A unidade reguladora, com efeito, varia o tamanho do orifício, através do qual faz a medição da força de pressão do combustível.

Esta é uma lei básica de hidráulica, onde o montante de fluido que passa através de um orifício varia de acordo com o seu tamanho; e a pressão cai através dele. Os mecanismos internos automáticos e o controle de mistura atuam juntos para determinar o tamanho efetivo da passagem do medidor, através da qual o combustível passa. Os mecanismos internos, jatos fixos, e válvula de enriquecimento de potência variável, não estão sujeitos ao controle externo direto.

Controle automático de mistura (AMC)

Consiste de um conjunto de cápsulas, agulha calibrada e uma sede. O propósito do controle automático de mistura é compensar as trocas na densidade do ar, devido as trocas na temperatura e altitude.

O controle automático de mistura contém uma cápsula metálica, selada em 28" de Hg, de pressão absoluta, que responde as trocas na pressão e temperatura. Na ilustração (Figura 3-21), nota-se que o controle automático de mistura está localizado na entrada de ar do carburador. Como a densidade do ar muda, a expansão e contração da cápsula move a agulha na linha da atmosfera.

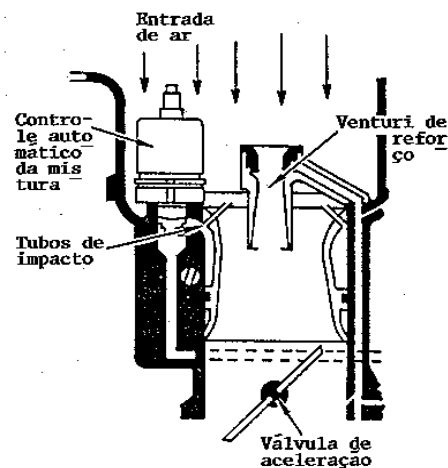


Figura 3-21 A unidade automática de mistura.

Ao nível do mar, a cápsula é contraída, e a agulha não está obstruindo a passagem atmosférica. Quando a aeronave sobe e a pressão atmosférica diminui, a cápsula se expande, inserindo a agulha, distanciando na passagem atmosférica e restringindo o fluxo de ar para a câmara "A" da unidade reguladora (Figura 3-18).

Ao mesmo tempo, o ar vaza lentamente da câmara "A" para a câmara "B", através de uma pequena sangria (muitas vezes referido como sangria de sucção traseira, ou sangria de controle de mistura).

A razão com que o ar vaza através desta sangria é em torno da mesma em grandes altitudes, assim como ao nível do mar. Portanto, a agulha restringe o fluxo de ar para a câmara "A", a pressão do lado esquerdo do diafragma de ar diminui; como resultado, a válvula POPPET move-se em direção a sua sede, reduzindo o fluxo de combustível para compensar a diminuição da densidade do ar.

O controle automático de mistura pode ser removido e limpo, verificando que o selo de chumbo no ponto de ajuste não tenha problema.

Unidade adaptadora

O propósito do adaptador está no carburador. Esta unidade também pode conter o injetor de descarga e a bomba de aceleração (veja a figura 3-22).

Nos motores que usam válvulas de alimentação de combustível, o injetor de descarga é eliminado desde que a válvula de alimentação sirva para o mesmo propósito, e seja construída dentro do motor.

Onde a válvula de descarga de injeção do "SPINNER" é usada no lugar do injetor de descarga, a bomba de aceleração é normalmente instalada no lado do corpo do acelerador, e o adaptador nada mais é do que o espaçador, não possuindo partes móveis.

O injetor de descarga é uma válvula carregada por mola (SPRING-LOADED) que mantém a pressão no combustível medido. Antes do combustível poder passar através do injetor de descarga, uma pressão suficiente deve ser aplicada contra o diafragma para sobrepujar a tensão da mola, que está do lado do ar do diafragma.

O diafragma quando levanta, arrasta a válvula que está fixada a seu corpo, e o combustível é pulverizado para fora do injetor. A segurança para o injetor é o difusor que é projetado para permitir a distribuição e atomização do combustível dentro da massa de ar.

Existem três tipos de difusores usados na montagem do adaptador do injetor de descarga - Tipo "RAKE", "BAR" e "BOW TIE".

Dois outros difusores instalados em alguns motores são acionadores de anel (SLINGER RING) usados com a válvula de alimentação de combustível, e o anel SPINNER usado com a válvula de descarga de injeção tipo SPINNER.

A bomba de aceleração é usada para compensar o atraso inerente do fluxo de combustível durante a aceleração rápida do motor.

Sistemas de carburador de injeção de pressão

O carburador tipo pressão, semelhante ao carburador tipo bóia, contém um sistema principal de medição, um de lenta, um sistema acelerador, um de controle de mistura (tanto MANUAL como AUTOMÁTICO), um sistema de corte de lenta, e um sistema de enriquecimento de força. Uma representação esquemática de um carburador tipo injeção-pressão, série PD, é ilustrado na Figura 3-22.

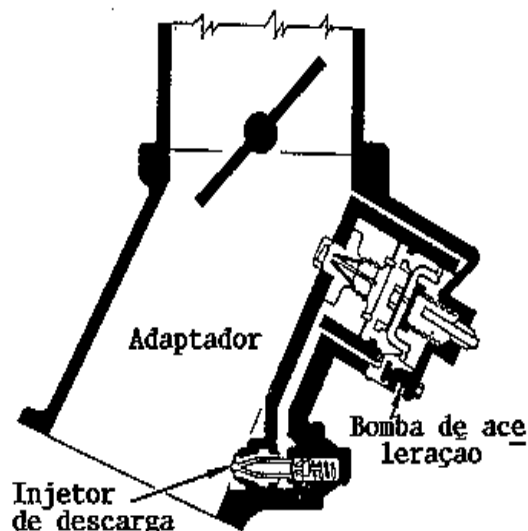


Figura 3-22 Adaptador.

Sistema principal de medição

Talvez a mais conhecida característica do sistema principal de medição é a de venturi duplo (DOUBLE VENTURI). Na figura 3-23, nota-se que a abertura inferior do venturi aumentador é perto da garganta do principal. Portanto causa uma aceleração no fluxo de ar através do venturi reforçador e, conseqüentemente, uma queda ainda maior de pressão na sua garganta. Como resultado, uma grande diferencial de pressão e uma grande força de medição de ar são obtidas.

Para fazer uso dessa força de medição, a garganta do venturi reforçador e a entrada para o venturi principal são conectadas para as câmaras de ar do carburador.

Há duas destas câmaras de ar, "A" e "B". Câmaras "C" e "D" são câmaras de combustível. As passagens da câmara "B" para a garganta do venturi reforçador (BOOST VENTURI) pode ser facilmente percorrida. A outra passagem é menos direta. Isto conduz da câmara "B" para o espaço atrás do venturi principal. Os tubos de impacto ventilam esse espaço para a pressão na entrada de ar do carburador. Em alguns sistemas de indução, a pressão na entrada de ar do carburador é levemente acima da atmosférica por causa do efeito de compressão (RAM EFFECT). Se houver um turbo ou outro super carregador na cabeça do carburador, a entrada de pressão é consideravelmente maior que a atmosférica, sob certas condições operacionais.

Em todos os sistemas, a queda da pressão na garganta do venturi reforçador é proporcional ao fluxo de ar. Isto causa uma redução na posição da câmara "B". Desse modo, a pressão nas duas câmaras de ar são diferentes, pressão de impacto na câmara "A" e sucção do venturi reforçador na câmara "B".

Essa diferença de pressão é uma medida do fluxo do ar.

O diafragma da câmara de ar move-se em direção da baixa pressão (para a direita), abrindo a válvula POPPET (válvula a pistão). Isto permite que o combustível, enviado para a entrada do carburador sob pressão da bomba acionada pelo motor entre na câmara "D".

Este combustível passa através da unidade de controle para o injetor de descarga, onde ele força a válvula para fechar-se sobre sua sede, pulverizando na massa de "ar". A pressão na linha de descarga do combustível é determinada pelo ajuste do injetor.

A pressão na qual a bomba acionada pelo motor libera o combustível para o carburador varia com os diferentes modelos, —embora ela esteja sempre bem acima da regulação da descarga do injetor.

A câmara "C" é abastecida de combustível com a mesma pressão que a da linha de descarga. A função da câmara "C" é permitir que o combustível seja descarregado sob pressão, e compensar as variações de pressão na linha de descarga.

O injetor de descarga atua como uma válvula de alívio para manter a pressão relativamente constante, indiferente do volume de combustível que seja descarregado. A pressão deste combustível medido atua no lado esquerdo do diafragma.

O combustível admitido para a câmara "D" através da válvula "POPPET" (válvula de pistão) exerce pressão contra o lado oposto do diafragma.

A pressão do combustível não medido na câmara "D" varia com a posição da válvula "POPPET" (pistão), e com a razão de descarga do combustível. Durante a operação do motor, ela é maior do que na câmara "C". Portanto, existem duas forças atuando na válvula "POPPET":

- (1) Uma força no diafragma de ar (diferença de pressão entre as câmaras "A" e "B") tendendo a abrir a válvula; e
- (2) A força no diafragma de combustível (diferença de pressão entre as câmaras "D" e "C") tendendo fechar a válvula. A válvula "POPPET" move-se na direção da posição aberta até que a pressão do combustível na câmara "D" seja bastante alta para fazer a força de balanceamento, que é alcançada quando a descarga de combustível e o fluxo de ar estão na proporção correta.

Para prevenir que o ar no combustível perturbe a medição do carburador, existe um separador de vapor na entrada do combustível.

Uma pequena bóia e uma válvula de agulha são posicionadas no separador de vapor na câmara.

Quando não temos vapor na câmara, a bóia é levantada e mantém a válvula de agulha fechada.

Quando há um acúmulo de vapor, o nível de combustível na câmara cai, abaixando a bóia até que a válvula de agulha abra.

Os vapores, então, escapam através da linha de ventilação para um dos tanques de combustível.

Esta ação não é apenas um processo de abertura e fechamento, é também um processo onde a válvula de agulha toma uma posição intermediária, permitindo que o vapor escape tão rapidamente quanto acumula.

Sistema de marcha lenta

No carburador tipo pressão, o combustível segue o mesmo caminho em marcha lenta, como é feito quando o sistema principal de me-

dição está em operação. Por causa da baixa velocidade do ar através do venturi, contudo, a pressão diferencial no diafragma de ar não é suficiente para regular o fluxo de combustível.

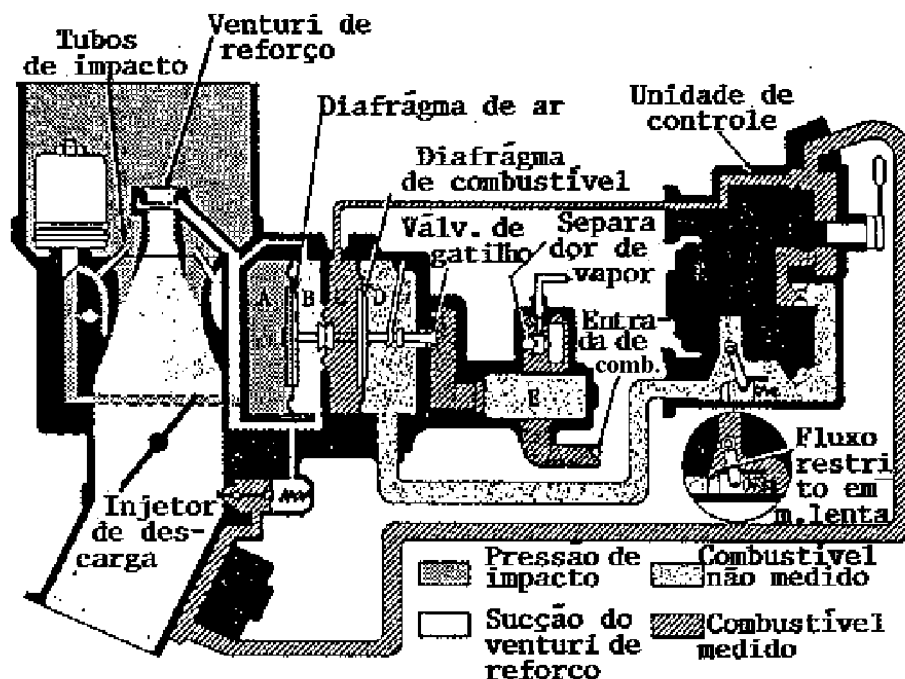


Figura 3-23 Representação esquemática de um carburador de injeção de pressão, série PD.

Em vez disso, a mola de lenta na câmara "D" segura a válvula pistão (POPPET) fechada sobre a sede, para admitir combustível da entrada do carburador durante as operações em velocidades lentas. O encarte na figura 3-23 mostra como a válvula de lenta mede o combustível da câmara "D" para o injetor de descarga. A válvula é conectada para a haste aceleradora, da mesma maneira que ela regula o fluxo de combustível durante os primeiros poucos graus de abertura do acelerador.

Nas altas velocidades, a válvula é retirada da passagem de combustível e não temos o efeito de medição.

Sistema de aceleração

A bomba de aceleração é inteiramente automática em operação. Na ilustração da figura 3-24, nota-se que a passagem de vácuo conecta a câmara da bomba de vácuo com a passagem de ar do lado da válvula aceleradora do motor.

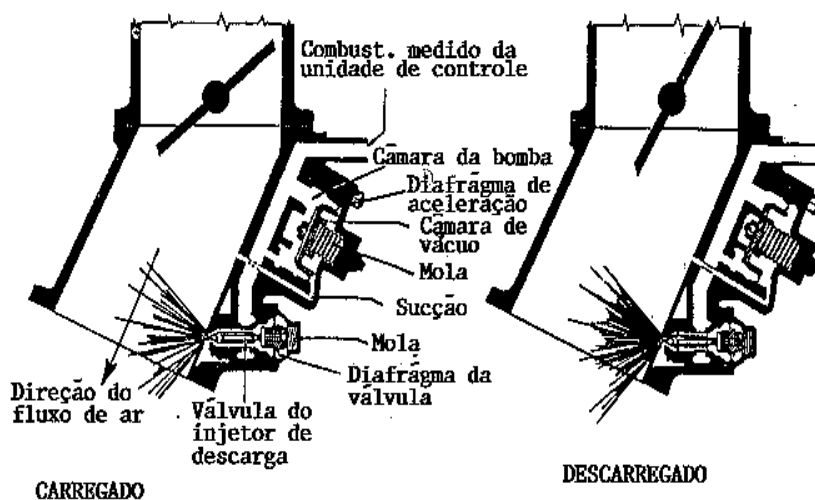


Figura 3-24 Bomba de aceleração de simples diafragma.

A pressão de ar no lado do motor da válvula de aceleração varia com a posição do acelerador. Quando o acelerador está perto de fechar e, restringindo o fluxo de ar para o motor, a pressão é baixa devido a sucção do pistão. No desenho esquerdo, o acelerador está perto da posição fechada, e, como resultado, a baixa pressão na câmara de vácuo causará ao diafragma mover-se para a direita. Isto comprime a mola e armazena o combustível do lado esquerdo do diafragma.

Quando o acelerador é aberto, a pressão no lado do motor da válvula aceleradora aumenta. Como resultado, a baixa pressão na câmara de vácuo é perdida, e a mola move o diafragma para a esquerda, descarregando o combustível armazenado durante o ajuste de baixa do acelerador. Esse combustível é adicionado para que o sistema principal de medição compense o súbito aumento no fluxo de ar e forneça uma aceleração uniforme.

Sistema de controle de mistura

O sistema de controle de mistura contém unidades operadas automaticamente e manualmente.

O controle automático de mistura varia a pressão do ar na câmara "A" para compensar as mudanças na densidade do ar. O controle manual de mistura fornece para seleção a razão combustível/ar adequada para as condições operacionais do motor.

O controle automático de mistura contém cápsulas metálicas seladas, que respondem as mudanças na pressão e temperaturas. Quando a densidade do ar muda, a expansão e contração da cápsula move a agulha na linha da atmosfera.

Ao nível do mar, a cápsula se contrai e a agulha é retirada da passagem atmosférica. Ver a figura 3-25 na condição ao nível do mar. Quando o avião sobe e a pressão atmosférica diminui, a cápsula expande, inserindo a válvula agulha na passagem atmosférica, restringindo o fluxo de ar para a câmara "A". Ao mesmo tempo, o ar vaza lentamente da câmara "A" para a câmara "B" através de uma pequena sangria.

Portanto, quando a agulha restringe o fluxo do ar, para dentro da câmara "A", a pressão no lado esquerdo do diafragma de ar diminui, e como resultado, a válvula "POPET" (Pistão) move-se de sua sede, reduzindo o fluxo

de combustível para compensar o decréscimo na densidade do ar.

Na ilustração do controle manual de mistura, figura 3-23, nota-se que o combustível entra na unidade de controle da câmara "D", passa através deste, e sai para o injetor de descarga. O caminho do combustível através da unidade de controle é determinado pela válvula tipo folha de trevo. O disco móvel desta válvula é girado da cabine de comando através da manete de controle de mistura, que é ligada a manete no carburador.

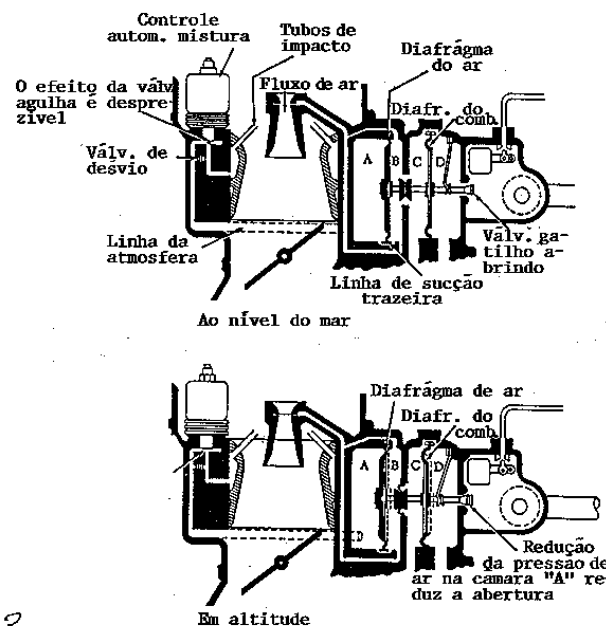


Figura 3-25 Sistema de controle automático da mistura.

A posição que o disco móvel assume quando o controle na cabine de comando é ajustado para auto-pobre é mostrada na figura 3-26. Nota-se a grande abertura no disco fixo que é parcialmente descoberto. Isto permite que o combustível liberado para a unidade de controle da câmara "D" passe através do jato medido auto-pobre, o canal auto-pobre, e a abertura no disco fixo para dentro da linha de descarga.

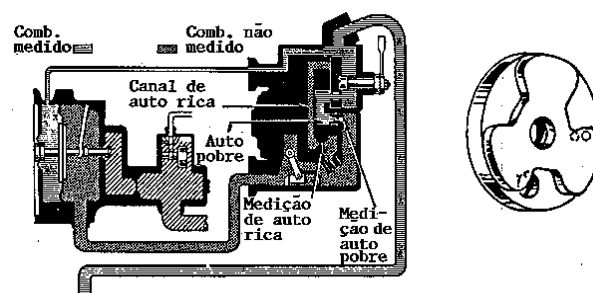


Figura 3-26 Controle manual da mistura em auto pobre.

A razão do fluxo depende do tamanho do jato e da pressão do combustível da câmara "D". A válvula tipo folha de trevo não faz o efeito de medição desde que a abertura no disco fixo seja maior do que o jato de medição.

Na figura 3-27 nota-se que, no ajuste de "AUTO-RICH", o disco móvel não cobre duas aberturas adicionais no disco fixo. O combustível, então, flui para dentro da linha de descarga através de ambos os jatos, automático pobre e automático rico. Portanto, para cada pressão, o fluxo de combustível aumenta e enriquece a mistura fornecida para o motor.

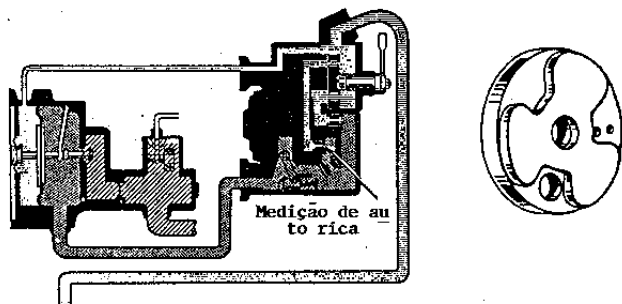


Figura 3-27 Controle manual de mistura ajuste "auto-rich".

Em todos os ajustes de misturas, a posição do disco móvel determina quais jatos deverão medir o combustível. A descarga de combustível depende do tamanho e número de jatos, através do qual o combustível pode passar, e na pressão do combustível que é determinada pela queda de pressão no venturi do carburador.

Nos ajustes de "AUTO-LEAN" e "AUTO-RICH" do controle manual de mistura, o controle automático varia a pressão de combustível com as trocas na densidade do ar. Portanto, durante a operação "AUTO-LEAN" e "AUTO-RICH", a razão de descarga do combustível depende de três (03) fatores: (1) o volume do fluxo de ar através do venturi, (2) a densidade do ar, e (3) do ajuste do controle manual de mistura.

Sistema de corte de marcha lenta

Ao parar o motor, a manete de controle manual de mistura na cabine de comando deve ser colocada em corte de lenta (IDLE CUT OFF). Isto gira a válvula tipo folha de trevo para a posição correspondente. Como mostrado na figura 3-28, o disco móvel cobre todas as aberturas, cortando completamente a descarga de combustível.

Figura 3-28 Corte de lenta no controle de mistura manual.

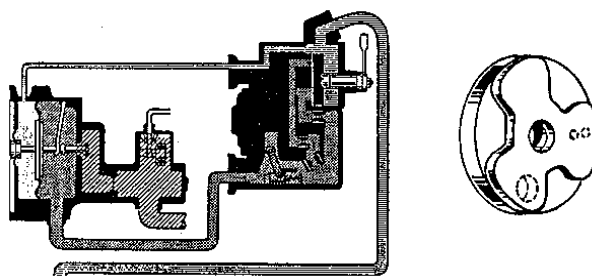


Figura 3-28 Corte de lenta no controle de mistura manual.

Sistema de enriquecimento de potência

O sistema de enriquecimento de potência está ilustrado na figura 3-29.

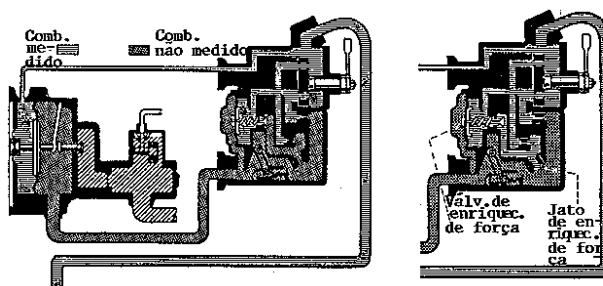


Figura 3-29 Sistema de enriquecimento de potência.

Nota-se que a válvula de enriquecimento de potência é operada por diafragma. A câmara da esquerda do diafragma é conectada à câmara "D". A passagem conecta a câmara da direita com o canal de empobrecimento automático. Portanto, a pressão do combustível medido (a pressão no injetor de descarga e na câmara "C"), atua no lado direito do diafragma.

Nas baixas velocidades do motor, a pressão do combustível medido mais a força da mola segura a válvula em sua sede. Como a válvula "POPPET" (Pistão) abre mais nas altas velocidades do motor, a pressão na câmara "D" aumenta. Quando esta pressão, atuando no lado esquerdo do diafragma, é alta o suficiente para vencer as forças combinadas da mola e da pressão do combustível medido, a válvula de enriquecimento de potência abre. Nota-se, então, o aumento do fluxo de combustível no injetor de descarga, para fornecer uma mistura rica à operação em alta potência de saída.

CARBURADORES SÉRIES PS "STROMBERG"

O carburador série "PS" é de baixa pressão, cuba simples, carburador tipo injeção.

O carburador consiste, basicamente, de uma seção de ar, seção de combustível e o injetor de descarga; todos montados juntos para formar um completo sistema de medição de combustível. Este carburador é similar ao tipo pressão-injeção; por esse motivo, os princípios operacionais são os mesmos.

Neste tipo de carburador (Figura 3-30) a medição é executada na base da massa do fluxo de ar. O ar fluindo através do venturi principal cria uma sucção na garganta do venturi que é transmitida para a câmara "B", na parte principal reguladora do carburador, e para o lado de ventilação do diafragma do injetor de descarga.

A pressão de ar que chega é transmitida para a câmara "A" da parte de regulagem do carburador e para a descarga de sangria principal no jato de descarga principal de combustível.

O injetor de descarga consiste em um diafragma carregado por mola (*SPRING-LOADED*), conectado a válvula injetora de descarga, que controla o fluxo do combustível injetado no jato de descarga principal.

Aqui, ele é misturado com ar para executar a distribuição e a atomização da massa de ar que entra no motor.

Nos carburadores série PS, como nos carburadores de pressão-injeção, a mola do regulador tem uma tensão fixa, que tenderá a manter a válvula "POPET" (Pistão) aberta durante as velocidades de lenta, ou até a pressão da câmara "D" equalizar aproximadamente 4 P.S.I.

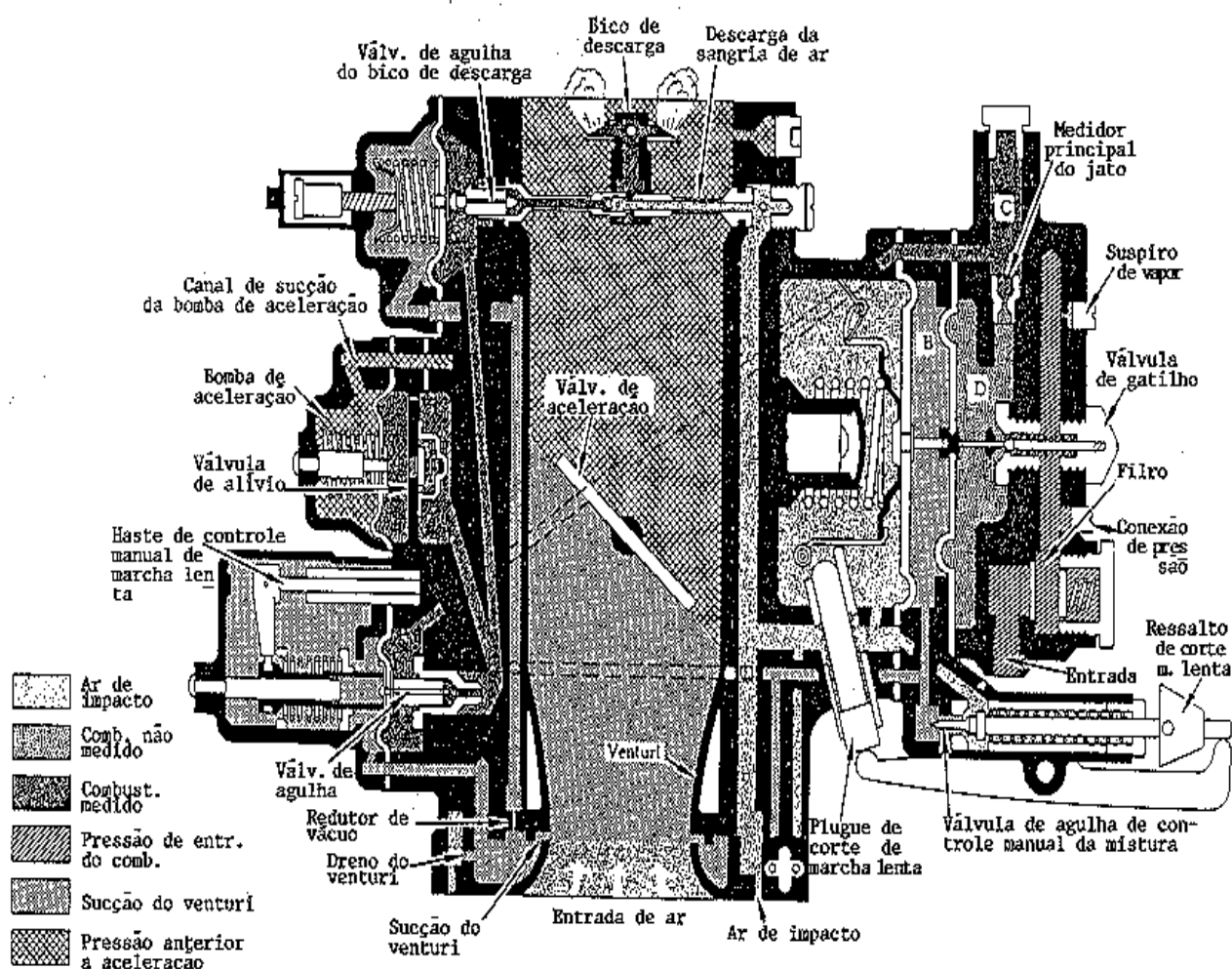


Figura 3-30 Diagrama esquemático de um carburador da série PS.

A mola do injetor de descarga possui um ajuste variável que, quando ajustado para manter 4 P.S.I., resultará na condição de balanceamento de pressão de 4 P.S.I. na câmara "C" do conjunto do injetor de descarga, e 4 P.S.I. na câmara "D". Isto produz uma queda zero através dos jatos principais com fluxo zero de combustível.

No fluxo de ar obtido, se a sucção criada pelo venturi é equivalente a um quarto de libra (1/4 POUND), este decréscimo de pressão é transmitido para a câmara "B" e para o lado de ventilação do injetor de descarga.

Desde que a área do diafragma de ar entre as câmaras "A" e "B" sejam duas vezes a grandeza que existe entre as câmaras "B" e "D"; e a redução de 1/4 de libra de pressão na câmara "B" deva mover o conjunto do diafragma para a direita, abrindo a válvula "POPPET". Entretanto, a redução de pressão no lado da ventilação do conjunto injetor de descarga causará a redução da pressão total de 4 LBS para 3 3/4 LBS.

A maior pressão do combustível medido (4 1/4 LBS) resulta num diferencial através da cabeça de medição de um quarto de libra (por um quarto de libra de pressão diferencial criado pelo venturi).

A mesma razão da queda de pressão através do jato para a sucção do venturi aplicar-se-á durante toda sua extensão. Qualquer aumento ou diminuição na pressão de entrada de combustível tenderá a perturbar o balanceamento nas várias câmaras, da maneira já descrita.

Quando isto ocorre, o conjunto do diafragma no regulador principal de combustível reposiciona-se para reestabelecer o balanceamento.

O controle de mistura, se operado manual ou automaticamente, compensa o enriquecimento em altitudes através da sangria de pressão do ar de impacto dentro da câmara "B", desse modo, aumentando a pressão (diminuindo a sucção) na câmara "B".

O aumento da pressão na câmara "B" tende a mover o diafragma e a válvula "POPPET" em direção da posição fechada, desse modo, restringindo o fluxo de combustível para corresponder proporcionalmente a diminuição da densidade do ar na altitude.

A válvula de lenta e o jato economizador podem ser combinados em um conjunto. A unidade é controlada manualmente pelo movimento do conjunto da válvula.

Nas posições de baixo fluxo de ar, a seção delgada da válvula converte-se no jato predominante do sistema, controlando o fluxo de combustível para o regime de lenta.

Como a válvula se move para a posição de Cruzeiro, uma seção reta na válvula estabelece um orifício fixo, cujo efeito controla a mistura de Cruzeiro.

Quando a válvula é colocada totalmente aberta (*FULL-OPEN*) pela válvula aceleradora, o jato é puxado completamente para fora da sede, e o tamanho da sede torna-se o controlador do jato. Este jato é calibrado para misturas de potência (*TAKE OFF POWER*) e decolagem.

Uma válvula de enriquecimento de potência controlada por fluxo de ar pode também ser usada com este carburador. Isto consiste de uma mola tensionada, e uma válvula de medição operada por diafragma. Referência a figura 3-31 para uma vista esquemática de uma válvula de enriquecimento de potência tipo fluxo de ar.

Um lado do diafragma está exposto a pressão do combustível não medido e, o outro lado, para a sucção do venturi mais a tensão da mola.

Quando a pressão diferencial ao redor do diafragma estabelece uma grande força suficiente para comprimir a mola, a válvula deverá abrir e suprir um volume adicional de combustível para o circuito, medido em adição ao combustível suprido pelo jato principal de medição.

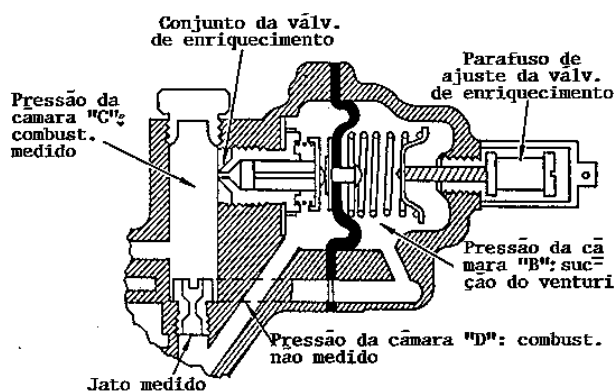


Figura 3-31 Válvula de enriquecimento de potência tipo fluxo de ar.

Bomba de aceleração

A bomba de aceleração é um conjunto de diafragma carregado por mola (*SPRING-LOADED*), localizado no canal de medição do combustível com o lado oposto do diafragma

ventilado para o lado do motor da válvula aceleradora.

Com este arranjo, a abertura da válvula aceleradora resulta na rápida diminuição da sucção. Esta diminuição permite que a mola estenda e mova o diafragma da bomba de aceleração. A ação do diafragma e da mola desloca o combustível na bomba de aceleração, forçando-o para fora do injetor de descarga.

O vapor é eliminado da parte superior do combustível principal na câmara "D" através de um furo de sangria, então, através de uma linha de ventilação retorna para o tanque principal de combustível do avião.

Controle manual de mistura

O controle manual de mistura fornece um meio de correção do enriquecimento em altitude. Ele consiste de uma válvula de agulha e a sede, que formam uma sangria ajustável entre a câmara "A" e a câmara "B". A válvula pode ser ajustada para fechar a sangria da sucção do venturi, mantendo a correta razão combustível/ar quando o avião ganha altitude.

Quando a manete de controle de mistura é movida para a posição "*IDLE CUT OFF*", um ressalto (CAM) na haste atua o "braço embalador" (ROCKER ARM), que move o pistão interno de corte de lenta contra a manete livre na câmara "A". A manete comprime a mola do diafragma do regulador para aliviar toda a tensão do diafragma entre as câmaras "A" e "B". Isto permite que a pressão de combustível mais a força da mola da válvula "POPPET" force para fechar a válvula "POPPET", parando o fluxo de combustível. Colocando a manete de controle de mistura em corte de lenta "*IDLE CUT OFF*", também posiciona a válvula de controle de mistura para fechado ("*OFF*") em sua sede, e permite medir a sucção com a sangria do carburador fechada (BLEED OFF).

SISTEMAS DE INJEÇÃO DIRETA DE COMBUSTÍVEL

O sistema de injeção direta de combustível possui muitas vantagens sobre o sistema convencional de carburador. Há menos perigo de formação de gelo, desde que a queda na temperatura devido a vaporização do combustível tenha lugar no/ou perto do cilindro.

A aceleração é também melhorada por causa da ação positiva do sistema de injeção. Em adição, a injeção direta de combustível melhora a distribuição de combustível, reduzindo o superaquecimento dos cilindros, frequentemente causado pela variação na mistura devido a distribuição desigual.

O sistema de injeção de combustível também proporciona uma melhor economia de combustível do que um sistema em que a mistura, para a maioria dos cilindros, deva ser mais rica do que a necessária para aquele cilindro com mistura mais pobre, que operará mais apropriadamente.

Os sistemas de injeção de combustível variam em seus detalhes de construção, disposição e operação. Os sistemas de injeção de combustível BENDIX e CONTINENTAL serão discutidos nesta seção. Eles serão descritos para prover o entendimento dos princípios operacionais envolvidos. Para detalhes específicos de algum sistema, consulta-se as instruções do fabricante para o equipamento envolvido.

Sistema de injeção de combustível "Bendix"

O sistema de injeção de combustível série "BENDIX RSA" consiste de um injetor, divisor de fluxo e injetor de descarga de combustível. É um sistema de fluxo contínuo que mede o consumo do ar do motor, e usa força do fluxo de ar para controlar o fluxo de combustível para o motor.

Injetor de combustível

O conjunto do injetor de combustível consiste de: (1) uma seção de fluxo de ar; (2) uma seção reguladora; e (3) uma seção medidora de combustível. Alguns injetores de combustível são equipados com uma unidade de controle automática de mistura.

Seção de fluxo de ar

O consumo do fluxo de ar do motor é medido pela sensibilidade da pressão de impacto e pressão na garganta do venturi no corpo do acelerador. Essas pressões são ventiladas para os dois lados do diafragma de ar.

O movimento da válvula aceleradora causa a mudança no consumo de ar do motor,

resultando na troca da velocidade do ar no venturi.

Quando o fluxo de ar através do motor aumenta, a pressão na esquerda do diafragma é reduzida (Figura 3-32) devido a queda de pressão na garganta do venturi. Como resultado, o diafragma move-se para a esquerda, abrindo a válvula de esfera. Esta pressão diferencial é referida como força de medição de ar.

Seção reguladora

A seção reguladora consiste de um diafragma de combustível que se opõe a força de medição de ar.

A pressão de entrada do combustível é aplicada em um dos lados do diafragma de combustível; e a pressão medida do combustível é aplicada no outro lado. A pressão diferencial em torno do diafragma de combustível é chamada de força de medição do combustível.

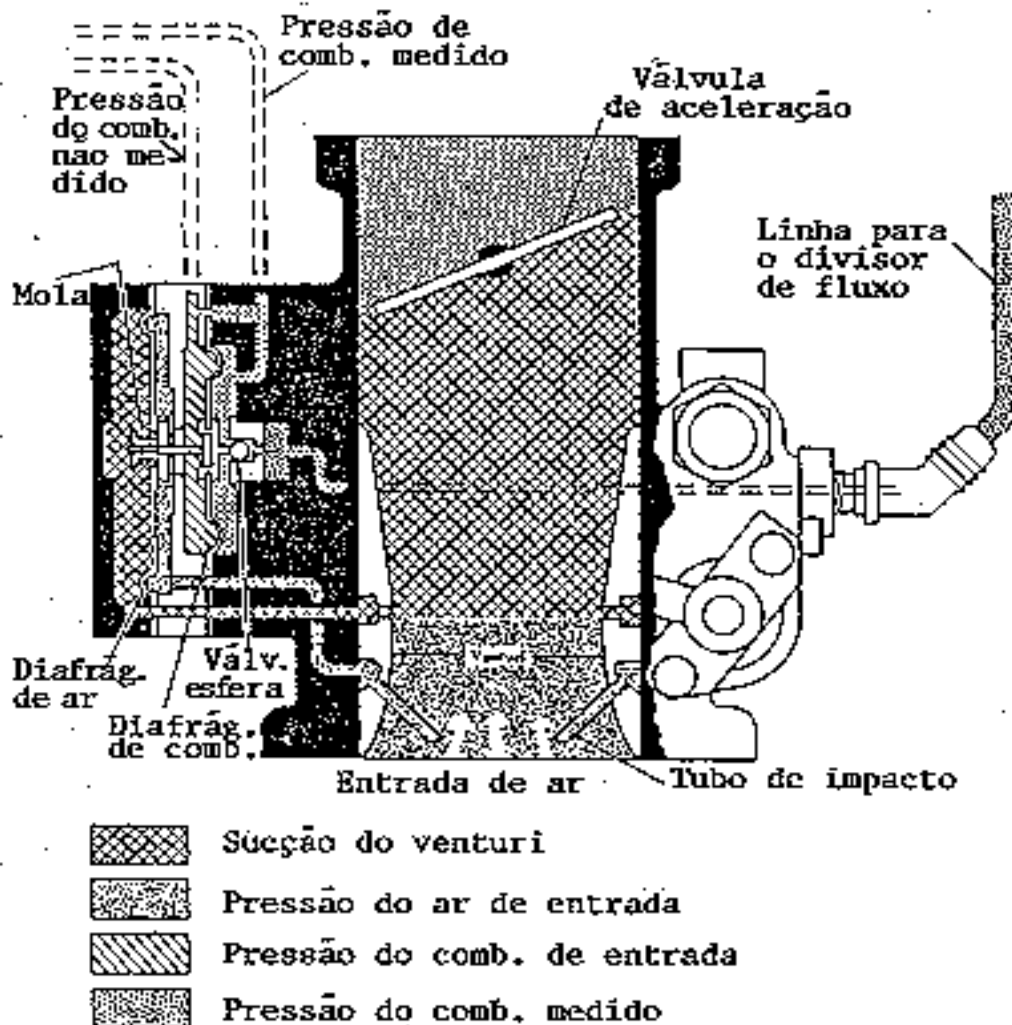


Figura 3-32 Seção de fluxo de ar do injetor de combustível.

A distância de abertura da válvula de esfera é determinada pela diferença entre a pressão atuante nos diafragmas. Essa diferença na pressão é proporcional para o fluxo de ar através do injetor. Portanto, o volume do fluxo de ar determina a razão do fluxo de combustível.

Sob baixos ajustes de potência, a diferença na pressão criada pelo venturi é insuficiente para acomodar uma regulação consistente do combustível. Uma determinada mola de retenção de marcha lenta (CONSTANT-HEAD

IDLE SPRING) é incorporada para manter uma pressão diferencial constante de combustível. Isto permite um fluxo final adequado no regime de lenta.

Seção de medição de combustível

A seção de medição de combustível, mostrada na figura 3-33, é fixada na seção de medição de ar, contendo um filtro de entrada de combustível, uma válvula de controle manual de

mistura, uma válvula de lenta e o jato principal medidor.

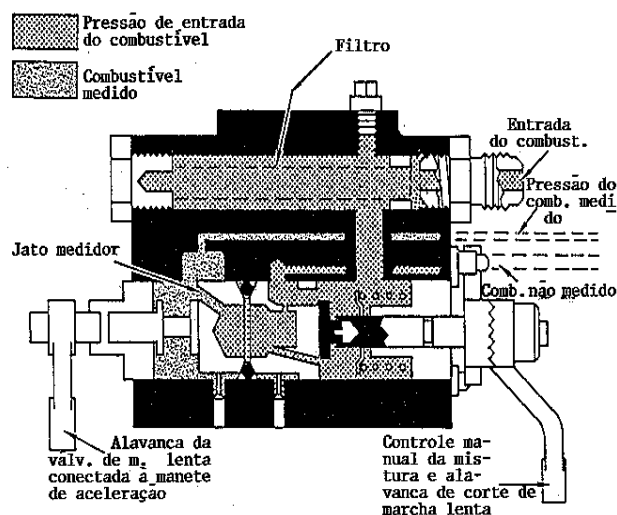


Figura 3-33 Seção de medição de combustível do injetor.

Em alguns modelos de injetores, o jato de enriquecimento de força está também localizado nesta seção. O propósito da seção de medição de combustível é medir e controlar o fluxo de combustível para o divisor de fluxo.

Divisor de fluxo

O combustível medido é liberado da unidade de controle para o divisor de fluxo pressurizado. Essa unidade mantém o combustível medido sob pressão, divide-o para os vários cilindros em todas as velocidades do motor, e corta (desliga) as linhas individuais dos injetores quando o controle é colocado em corte de lenta (IDLE CUT OFF).

Com referência ao diagrama esquemático na figura 3-34, a pressão do combustível medido entra no divisor de fluxo através do canal que permite ao combustível passar no diâmetro interno da agulha do divisor de fluxo.

Na velocidade lenta, a pressão do combustível do regulador deve aumentar para superar a força da mola aplicada ao diafragma e ao conjunto da válvula. Isto move a válvula para cima até o combustível poder passar através do "anular" da válvula para o injetor de combustível. Desde que o regulador meça e libere uma quantidade fixa de combustível para o divisor de fluxo, a válvula deverá abrir apenas o necessário para passar a quantidade aos injetores. Em lenta, a abertura requerida é muito pequena; portanto,

o combustível para os cilindros individuais são divididos em lenta pelo divisor de fluxo.

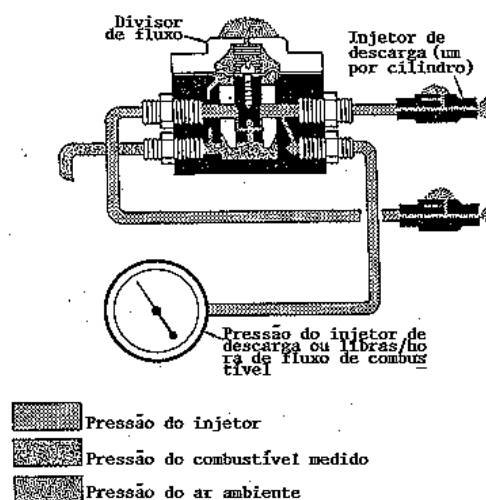


Figura 3-34 Divisor de fluxo.

Como o fluxo de combustível através do regulador é aumentado acima dos requisitos de lenta, a pressão é aumentada nas linhas dos injetores. Essa pressão abre totalmente a válvula divisora de fluxo, e a distribuição de combustível para o motor torna-se função dos injetores de descarga.

O manômetro de pressão, calibrado em libras-por-hora de fluxo de combustível pode ser usado como medidor de fluxo de combustível, com o sistema de injeção do "BENDIX RSA". Esse manômetro é conectado ao divisor de fluxo, sentindo a pressão sendo aplicada no injetor de descarga. Essa pressão é diretamente proporcional ao fluxo de combustível, e indica a potência de saída do motor e o consumo de combustível.

Injetores de descarga de combustível

Os injetores de descarga de combustível (figura 3-34) são de configuração sangria de ar. Há um (01) injetor para cada cilindro, localizado na cabeça do cilindro. O injetor de saída é direcionado para o porte de admissão. Cada injetor incorpora um jato calibrado.

O tamanho do jato é determinado pela pressão de entrada do combustível disponível e pelo fluxo máximo de combustível requerido pelo motor. O combustível é descarregado para dentro de um ambiente nas câmaras de pressão de ar dentro do conjunto injetor. Antes de entrar na válvula individual de admissão da câmara, o combustível é misturado com ar para ajudar na atomização do combustível.

Sistema de injeção de combustível Continental

O sistema de injeção de combustível Continental injeta combustível diretamente no porte da válvula de admissão na cabeça de cada cilindro.

O sistema consiste de uma bomba injetora de combustível, uma unidade de controle, um duto e um injetor de descarga de combustível; ele é do tipo fluxo contínuo, que controla o fluxo de combustível para se igualar ao fluxo de ar do motor.

O sistema fluxo contínuo permite o uso de uma bomba tipo palheta rotativa, que não necessita de sincronização (regulagem) com o motor.

Bomba de injeção de combustível

A bomba de combustível é de deslocamento positivo, tipo palheta rotativa, com um eixo fusível para conexão com o sistema de acionamento de acessórios do motor. É adicionada uma válvula de alívio tipo diafragma, carregada por mola (*SPRING-LOADED*). A câmara da válvula de alívio tipo diafragma é ventilada para a pressão atmosférica. A vista seccional de uma bomba de injeção de combustível é mostrada na figura 3-35.

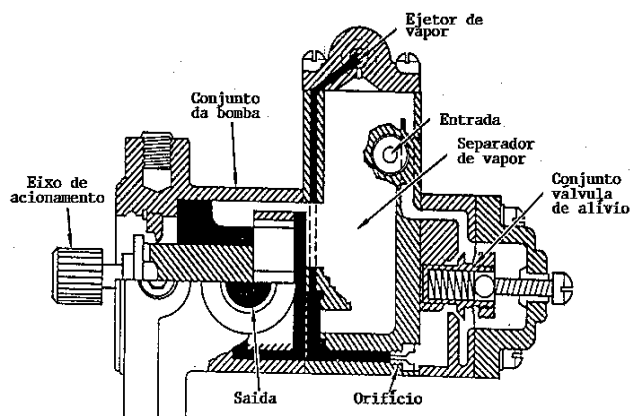


Figura 3-35 Bomba de injeção de combustível.

O combustível entra na roda em espiral do separador de vapor. Aqui o vapor é separado pelo movimento espiral até que, apenas o combustível líquido, seja liberado para a bomba.

O vapor é puxado para a parte superior do centro da roda espiral por uma pequena pressão do jato de combustível, e direcionado para a

linha de retorno de vapor. Esta linha carrega o vapor de volta para o tanque de combustível.

Ignorando o efeito da altitude ou condições do ar ambiente, o uso da descarga positiva, na bomba acionada pelo motor, significa que trocas na velocidade do motor afetam o fluxo total da bomba proporcionalmente.

Desde que a bomba tenha maior capacidade do que a necessária para o motor, a circulação interna é necessária. Pelo arranjo de um orifício calibrado e uma válvula de alívio no caminho (curso), a pressão liberada pela bomba é também mantida na proporção de velocidade do motor. Estas provisões asseguram uma pressão adequada, e liberam combustível para todas as velocidades operacionais do motor.

Uma válvula unidirecional (*CHECK VALVE*) é usada para que a pressão da bomba "*BOOST*", para o sistema possa derivar (*BYPASS*) a bomba acionada pelo motor para a partida.

Esta característica também suprime a formação de vapor sobre altas temperaturas ambientes do combustível. Além disso, permite o uso de uma bomba auxiliar como fonte de pressão de combustível no caso de eventual falha da bomba acionada pelo motor.

Unidade de controle combustível/ar

A função do conjunto de controle de combustível/ar é controlar o ar de admissão do motor, e ajustar a pressão de combustível medido para a adequada razão combustível/ar. Esta unidade está montada no duto de entrada; e, sua válvula borboleta, posicionada através do controle de aceleração no avião, controla o fluxo de ar para o motor (Veja a figura 3-36).

O conjunto desta unidade é fundido em alumínio que contém o eixo e um conjunto de válvula borboleta. O tamanho do furo de fundição é projetado para o tamanho do motor, e não é usado venturi ou outra restrição.

Conjunto de controle de combustível

O corpo do controle de combustível é feito em bronze para melhor ação de rolamento com as válvulas de aço inoxidável.

Sua furação central contém uma válvula medidora em uma extremidade e uma válvula de controle de mistura na outra extremidade. Cada

válvula rotativa de aço inoxidável inclui uma ranhura que forma a câmara de combustível.

O combustível entra na unidade de controle através de um filtro e passa para a válvula medidora (Figura 3-37).

A válvula rotativa possui uma aresta de forma excêntrica na parte externa do terminal da face. A posição do excêntrico no porte de liberação do combustível controla o combustível, que é passado para a válvula do duto principal e para os injetores.

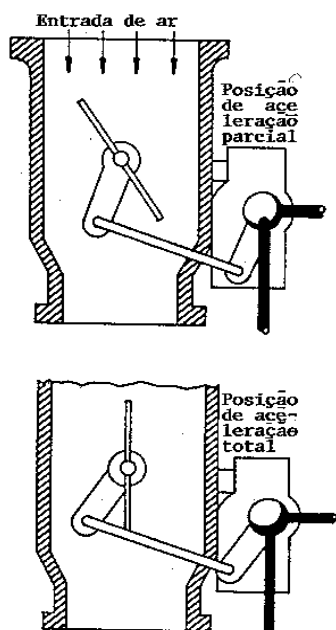


Figura 3-36 Unidade de controle combustível / ar.

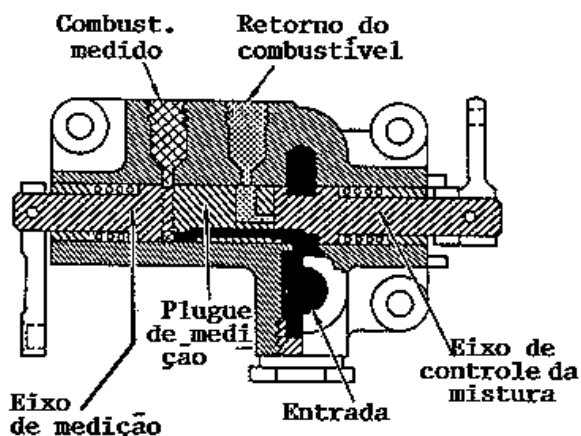


Figura 3-37 Conjunto de controle de combustível.

O porte de retorno de combustível é conectado à passagem de retorno do centro do plugue medidor. O alinhamento da válvula de

controle de mistura com esta passagem determina o montante do combustível, que será retornado para a bomba. Através da conexão da válvula medidora com o ar de aceleração, o fluxo próprio de combustível é proporcional ao fluxo de ar para a correta razão combustível/ar.

O controle de nível é montado no eixo da válvula de controle de mistura, e conectado ao controle de mistura na cabine de comando.

Válvula do duto principal de combustível

A válvula do duto principal de combustível (Figura 3-38) contém uma entrada de combustível, uma câmara diafragma e portes de saída para as linhas dos injetores individuais.

Um diafragma carregado por mola opera a válvula no orifício central do corpo. A pressão de combustível fornece a força para mover o diafragma.

Quando a válvula é abaixada contra a sede sobreposta no corpo, as linhas de combustível para os cilindros são fechadas.

A válvula é furada para a passagem do combustível da câmara do diafragma para sua base, e uma válvula de esfera é instalada dentro da válvula. Toda a entrada de combustível deve passar através de uma fina tela instalada na câmara do diafragma.

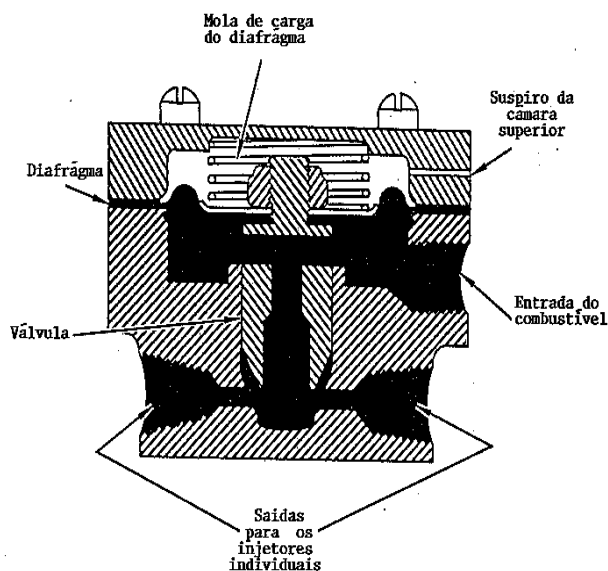


Figura 3-38 Conjunto da válvula do duto principal de combustível.

Da válvula de controle de injeção, o combustível é liberado para a válvula do duto

principal, que fornece o ponto central para a divisão do fluxo de combustível para os cilindros individuais.

Na válvula do duto principal, um diafragma levanta ou abaixa a válvula de imersão para abrir ou fechar, simultaneamente, os portes de suprimento de combustível para cada cilindro.

Injetores de descarga de combustível

Os injetores de descarga de combustível estão localizados na cabeça do cilindro, com sua saída direcionada para o porte de entrada. O corpo do injetor, ilustrado na figura 3-39, contém um orifício central de passagem com um corpo rebaixado em cada extremidade.

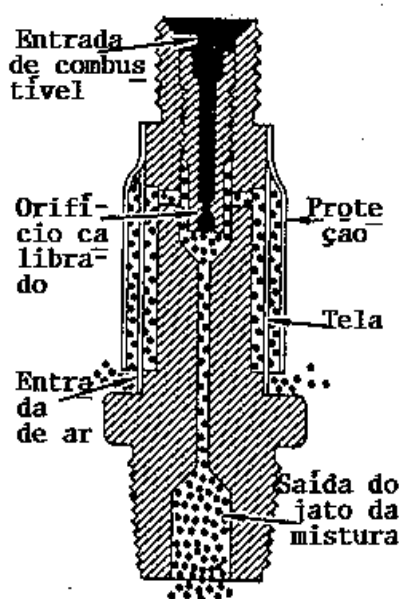


Figura 3-39 Injetor de descarga de combustível.

A extremidade inferior é usada como câmara para a mistura do combustível/ar antes da atomização chegar ao injetor. O corpo superior contém um orifício removível para calibragem dos injetores.

Os injetores são calibrados em várias faixas e, todos os injetores fornecidos para um motor, têm o mesmo ajuste e são identificados por uma letra estampada no sextavado do corpo do injetor.

Furos radiais de passagem conectam a parte superior alargada com a saída do corpo do injetor. Esses furos entram no corpo rebaixado acima do orifício e puxam o ar através de uma tela cilíndrica, fixada ao redor do corpo do injetor.

Uma proteção é fixada por pressão no corpo do injetor, e se estende ao redor da maior parte da tela do filtro, mantendo aberto próxima ao topo. Isto proporciona tanto proteções mecânicas como trocas repentinas na direção do fluxo do ar e, assim, mantém a sujeira e o material estranho fora do injetor.

MANUTENÇÃO DE CARBURADORES

Os procedimentos de remoção poderão variar, tanto com os tipos de carburador, quanto com o tipo de motor que está sendo usado. Geralmente estes procedimentos deverão ser muito parecidos, independente do tipo de carburadores. Algumas precauções gerais são discutidas abaixo.

Antes de se remover o carburador, é preciso que a válvula de corte de combustível (ou seletora) esteja fechada. Desconecta-se as hastes de controle do acelerador misturando-as, e frenando a válvula aceleradora na posição fechada.

Desconecta-se a linha de entrada de combustível e todo o retorno de vapor, indicador de pressão e linhas de partida (PRIMER LINES).

A figura 3-40 ilustra os pontos de instalação das conexões em um carburador típico. Se o mesmo carburador é para ser reinstalado, não se altere o ajuste dos controles de aceleração e mistura. Remove-se a entrada e o adaptador da entrada do ar, assim como os filtros de ar e juntas do carburador.

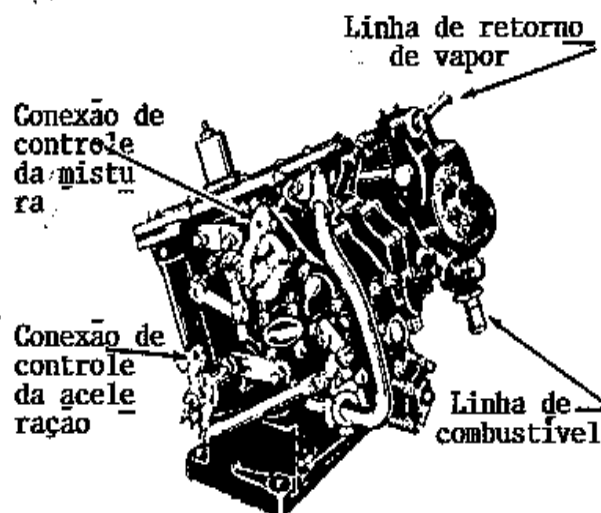


Figura 3-40 Pontos de conexão na instalação do carburador.

As porcas e arruelas que seguram (fixam) o carburador ao motor são removidas. Quando se remove uma parte do carburador, é preciso ter a certeza de que nada caiu dentro do motor.

Remove-se o carburador, imediatamente, instala-se uma cobertura de proteção no flange de montagem do carburador para prevenir que pequenas partes ou material estranho caia dentro do motor.

Quando houver perigo de material estranho entrar nas linhas de combustível durante a instalação ou remoção do carburador, elas são cobertas com fitas.

Instalação do carburador

Verifica-se no carburador a frenagem apropriada antes da instalação no motor. Todos os tampões de transporte devem ser removidos das aberturas do carburador.

Remove-se a cobertura protetora do flange de montagem do carburador no motor, colocando a junta no flange de montagem na posição. Em alguns motores, passagens de sangria são incorporadas na espera de montagem. A junta deve ser instalada, tal que o furo de sangria, esteja alinhado com a passagem no flange de montagem.

Inspeciona-se as passagens de indução quanto a presença de qualquer corpo estranho antes da instalação do carburador.

Tão logo o carburador seja colocado na posição no motor, fecha-se e frena-se as válvulas aceleradoras na posição, até que o restante da instalação esteja completo.

Onde for praticável, o filtro do compartimento do carburador é colocado em posição para ajudar a eliminar a possibilidade de objetos estranhos entrarem no sistema de indução.

A respeito da instalação de carburador, que usa diafragmas para controlar o fluxo de combustível, conecta-se as linhas de combustível, abastecendo o carburador com combustível. Para isto, liga-se a bomba de combustível (*BOOSTER*), e move-se o controle de mistura para a posição de *"IDLE CUT OFF"*.

O fluxo é contínuo, até que o combustível que flua da válvula dreno do *"SUPERCHARGER"* esteja livre de óleo. O que indica que o óleo preservativo foi eliminado do carburador.

O fluxo de combustível é desligado, a entrada e saída de ventilação do vapor são fechados, e o carburador abastecido para aguardar no mínimo 8 horas. Isto é necessário para manter os diafragmas encharcados, e devolver-lhes a flexibilidade para o grau que devem ter, quando a unidade for originalmente calibrada.

Aperta-se os parafusos de montagem do carburador com valores especificados na tabela de limite de torque conforme o manual de manutenção. Qualquer outras porcas ou parafusos que possam haver na instalação do carburador, são apertadas e frenadas antes de conectar as manetes de controle de aceleração e mistura. Após o carburador ter sido fixado no motor, verifica-se as manetes de controle de mistura e aceleração na unidade quanto a liberdade de movimento, antes de conectar os cabos ou hastes de controle.

Verifica-se as linhas de ventilação de vapor do carburador para o tanque de combustível do avião quanto a restrição por bloqueio através da linha.

Regulagem dos controles do carburador

Conecta-se e ajusta-se o carburador ou os controles de aceleração e equipamento de medição de combustível quanto ao total movimento do acelerador, que é obtido com o correspondente movimento total do controle na cabine de comando. Em adição, verifica-se e ajusta-se as hastes de controle do acelerador para que o *"BATENTE-MOLA"* (*SPRING-BACK*) no quadrante do acelerador no avião seja igual em ambas posições: *"FULL OPEN"* e *"FULL CLOSED"*. Qualquer excesso, diminuindo ou aumentando as hastes de controle ou cabos, devem ser corrigidos.

Quando da instalação de carburadores ou equipamento de medição de combustível, ajusta-se o mecanismo de controle de mistura para prover um montante igual de *"BATENTE-MOLA"* (*SPRINGBACK*). Em ambos os terminais do quadrante de controle *"RICH"* e *"LEAN"*, na cabine de comando, quando o controle de mistura no carburador ou equipamento de medição de combustível é movido através do limite máximo.

Onde controles de mistura com batente forem usados, regula-se o mecanismo de controle para que a posição determinada no quadrante

de controle no avião deva coincidir com as posições correspondentes no carburador ou equipamento de medição de combustível.

Em todas os casos verifica-se os controles adequados de posicionamento em ambas as posições "*ADVANCE*" e "*RETARD*". As folgas ou perdas nas hastes de controle ou cabos são corrigidas. Todos os controles devem estar ajustados apropriadamente para eliminar a possibilidade de perdas por vibração durante a operação.

Ajuste das misturas de marcha lenta

Excessivamente ricas ou pobres as misturas de lenta resultam em combustão incompleta no cilindro do motor, com resultante formação de depósitos de carvão nas velas de ignição, e subsequente falha nas velas. Em adição, as excessivas misturas de lenta, ricas ou pobres, são necessárias para o táxi de velocidades de marcha lenta alta (*HIGH IDLE*), como resultante de altas velocidades de táxi, e excessivo uso dos freios. Cada motor deve ter a mistura de lenta no carburador ajustada para a instalação do motor em particular, para se obter melhor operação.

Motores que são adequadamente ajustados não terão problemas com operação de válvula, compressão de cilindro e ignição; o que concerne a mistura de lenta do carburador, manterá a lenta na RPM, descrita por indefinidos períodos sem aumento de carga, superaquecimento, ou falha de vela.

Se o motor não responder ao ajuste para a mistura de lenta com o resultado de características estáveis, de lenta previsíveis não descritas, indica que alguma outra fase de operação do motor não está correta. Em tais casos, determina-se a causa da dificuldade, corrigindo-a.

Em todas as instalações do avião, onde manômetros de pressão do duto principal são usados, haverá um fornecimento consistente da indicação de troca de força em velocidade de lenta, maior que o tacômetro. Por este motivo, o manômetro de pressão do duto principal é utilizado quando se ajusta a mistura combustível/ar de lenta. A mistura de lenta e velocidade, em todos os tipos de motores alternativos, são verificadas e ajustadas.

Os ajustes de mistura de lenta são feitos com a temperatura na cabeça do cilindro em valores normais (em torno de 150° a 170° C) e

nunca com temperaturas que se aproximam da máxima permitida.

O ajuste da mistura de lenta é feito na válvula de controle de combustível de lenta. Isto não deve ser confundido com o ajuste do batente de velocidade de lenta. A importância do ajuste da mistura de lenta não pode ser supertensionado.

A operação ótima do motor em baixas velocidades pode ser obtida apenas quando a mistura combustível/ar apropriada é liberada para cada cilindro do motor. Misturas de lenta, excessivamente ricas, e a resultante combustão incompleta são responsáveis por mais falhas nas velas que qualquer outra causa simples. Misturas de lenta excessivamente pobre resultam em falhas de aceleração. Para maior ajuda, os efeitos do ajuste da mistura combustível/ar no motor melhoram a operação em limite de cruzeiro.

Em um motor que possui carburador convencional, a mistura de lenta é verificada através do empobrecimento manual da mistura com o controle de mistura na cabine de comando. Move-se o controle de mistura do carburador lenta e suavemente em direção e posição de "*IDLE CUT OFF*" ao mesmo tempo, observando o manômetro de pressão do duto principal para determinar se a pressão deste diminui antes de aumentar assim que o motor pare de funcionar. A mistura ótima é obtida quando a pressão do duto principal diminui imediatamente, precedida pelo aumento de pressão no duto principal quando o motor para de funcionar.

O montante do decréscimo deverá variar com a construção e modelo do motor e instalação. Como regra geral, o montante de pressão no duto principal deverá diminuir aproximadamente 1/4" (um quarto de polegada).

Nas instalações que não usam um manômetro no duto principal de pressão, será necessário observar o tacômetro para uma indicação de troca de RPM.

Com mais instalações, a mistura de lenta deverá ser ajustada para prover uma razão de RPM antes para diminuir, quando cortar o motor.

Este aumento de RPM deverá variar de 10 a 50 RPM, dependendo da instalação.

Seguindo o momentâneo aumento da RPM, a velocidade do motor deverá começar a cair. Imediatamente, o controle de mistura para trás ("*AUTO RICO*"), é movido para prevenir que o motor corte completamente.

Nos motores com injeção de combustível direta, a troca de mistura durante o empobrecimento manual com o controle de mistura é usualmente tão rápido que é impossível notar qualquer aumento momentâneo na RPM, ou diminuição da pressão no duto principal. Por este motivo, nesses motores, a mistura de lenta é ajustada ligeiramente mais pobre que a melhor tração, sendo verificada através do enriquecimento da mistura com o "PRIMER".

Para a verificação da mistura de lenta na instalação da injeção de combustível, primeiro ajusta-se o acelerador para obter a velocidade de lenta apropriada. Então, momentaneamente comprime-se a chave do "PRIMER" enquanto observa-se o tacômetro e o manômetro de pressão do duto principal. Se a mistura de lenta está correta, o combustível adicionado através do "PRIMER" deverá causar um momentâneo aumento na velocidade do motor, e uma momentânea queda na pressão do duto principal. Se o aumento na velocidade do motor, ou a diminuição da pressão no duto, exceder os limites especificados para uma instalação em particular, a mistura de lenta é muito pobre (muito pobre em relação a melhor potência). Se a RPM cair totalmente quando a mistura é enriquecida com o "PRIMER", a mistura de lenta está muito rica.

Antes de se verificar a mistura de lenta em qualquer motor, ele é aquecido até que a temperatura do óleo e da cabeça do cilindro esteja na temperatura normal.

O controle da hélice é mantido para um aumento de RPM, ajustando através do processo completo de aquecimento do motor, verificando a mistura, e fazendo o ajuste de lenta. O controle de mistura, em "AUTO-RICH" é mantido exceto pelo empobrecimento manual, requerido na verificação da mistura de lenta nos carburadores que equipam os motores.

Quando usando o "PRIMER" para verificação da mistura de lenta nos motores com injeção de combustível, simplesmente aperta-se o botão de "PRIMER"; por outro lado, um adicional muito grande de combustível deverá ser introduzido, e uma indicação satisfatória deverá ser obtida através da mistura de lenta quando ajustada para muito pobre.

Se a verificação da mistura de lenta revelar que está muito pobre ou muito rica, o fluxo de combustível de lenta é aumentado ou diminuído, como necessário.

A mistura de lenta continua sendo verificada e ajustada, até que as verificações terminem propriamente. Durante este processo, é necessário mover o batente de velocidade de lenta completamente para fora de seu curso, e manter a velocidade do motor na RPM desejada através dos meios de aceleração. Isto deverá eliminar a necessidade de frequentes reajustes do batente de lenta, assim como a mistura de lenta para melhorar e aumentar a sensibilidade da velocidade. Depois de cada ajuste, o motor é liberado para um rápido funcionamento em alta RPM. Isto evita falha das velas que, certamente, por outro lado, será causada pela mistura de lenta incorreta.

Depois do ajuste da mistura de lenta, verifica-se várias vezes para determinar definitivamente que a mistura está correta e permanece constante nas repetidas trocas de alta tração

retornando para a lenta. Qualquer inconsistência de lenta no motor, antes de disponibilizar o avião para serviço, é corrigida.

Nos carburadores tipo injeção STROMBERG, e nas unidades de controle principal de injeção direta de combustível, a haste de controle de lenta, localizada entre a haste da válvula e a manete de controle de lenta no eixo do acelerador, incorpora uma bucha colocada em cada extremidade (Veja figura 3-41).

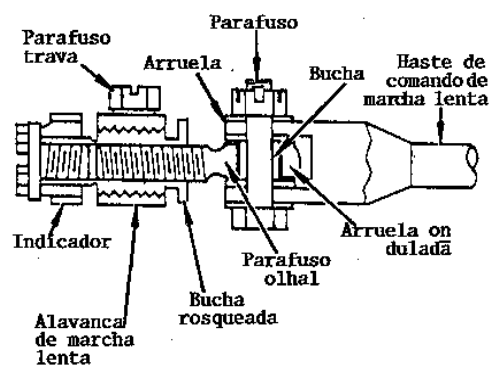


Figura 3-41 Mecanismo de ajuste da mistura em marcha lenta, dos carburadores de injeção Stromberg.

O parafuso deve estar apertado, e ter as arruelas onduladas e conjuntos de buchas. Em adição, ele não deve ter folga entre a haste e a manete. Se houver alguma folga no terminal da haste, misturas erradas poderão ocorrer.

Se a suficiente variação de mistura não pode ser obtida pelo ajuste normal de mistura de lenta na injeção do carburador STROMBERG, desconecta-se a haste do terminal da válvula de

lenta pela remoção do parafuso e arruela auto frenante.

Então, para maior alteração na mistura, gira-se para fora ou para dentro (para fora para enriquecer, para dentro para empobrecer). Uma volta no parafuso equivale a 13 Nós, ou "CLICKS", no ajuste de lenta normal.

Ajuste de velocidade de marcha lenta

Depois de ajustar a mistura de lenta, o batente de "IDLE" é recomposto para a RPM de lenta, especificada no manual de manutenção do avião.

O motor deve estar aquecido e verificado quanto a um mau funcionamento do sistema de ignição.

Após terminado qualquer procedimento de ajuste no carburador, coloca-se para funcionar o motor, com aproximadamente metade da razão normal de velocidade para liberar o motor.

Alguns carburadores são equipados com parafusos excêntricos para ajuste da RPM de lenta; outros usam um parafuso carregado por mola para limitar o fechamento da válvula aceleradora.

Em ambos os casos, o ajuste do parafuso é necessário para aumentar ou diminuir a RPM, com o acelerador retardado contra o batente.

Abre-se o acelerador para liberar o motor; fecha-se o acelerador e mantém-se a RPM para estabilizar. Esta operação é repetida até que a velocidade de lenta seja obtida.

MANUTENÇÃO E INSPEÇÃO DO SISTEMA DE COMBUSTÍVEL

A inspeção da instalação do sistema de combustível consiste basicamente de um exame do sistema em conformidade das necessidades do projeto, junto com testes funcionais para provar a correta operação.

Desde que existam consideráveis variações nos sistemas de combustível usados nos diferentes aviões, não procuraremos fazer uma descrição de nenhum sistema em detalhes. É importante que as instruções do fabricante para o avião sejam seguidas quando forem realizadas as funções de inspeção e manutenção.

Sistema completo

O sistema é inspecionado quanto ao uso, danos ou vazamentos. Todas as unidades devem estar seguramente fixadas e frenadas.

Os tampões de drenos ou válvulas do sistema de combustível devem ser abertos e verificados quanto a presença de sedimentos ou água.

O filtro e o alojamento (SUMP) devem ser também verificados quanto a sedimentos, água ou limo. Os filtros ou telas, incluindo aqueles que provêm dos medidores de fluxo e bombas auxiliares, devem estar limpos e livres de corrosão.

Os controles devem ser verificados quanto a liberdade de movimento, segurança de bloqueio e liberdade de danos devido a aquecimentos. As ventilações de combustível devem ser verificadas quanto ao correto posicionamento e liberdade quanto a obstrução; de outra maneira, o fluxo de combustível ou a pressão de combustível pode ser afetado.

Os drenos do gargalo de abastecimento devem ser verificados quanto a liberdade de obstrução.

Se as bombas "BOOSTER" estão instaladas, o sistema deve ser verificado quanto a vazamentos através da operação das bombas. Durante esta verificação, o medidor de amperagem ou medidor de carga deve ser lido, e a leitura de todas as bombas, onde aplicável, deve ser aproximadamente a mesma.

Tanques de combustível

Todos os painéis aplicáveis no revestimento, ou estrutura do avião, devem ser removidos; e os tanques devem ser inspecionados quanto a corrosão nas superfícies externas, quanto a segurança de fixação e o ajuste correto nos fixadores e cordas de fixação. Verifica-se os suportes e conexões quanto a vazamentos ou falhas.

Alguns Tanques de combustível fabricados de liga leve são equipados com cartuchos inibidores, para reduzir os efeitos da corrosão combinados e conduzidos através do combustível e da água.

Onde aplicável, o cartucho deve ser inspecionado e renovado em determinados períodos.

Linhas e fixadores

As linhas devem estar devidamente fixadas, e as porcas e braçadeiras seguramente apertadas. Para se apertar braçadeiras de mangueira com o torque apropriado, usa-se torcômetro.

Se esta ferramenta não está disponível, aperta-se a braçadeira com uma ferramenta manual. (Ref. Livro Matérias Básicas, Capítulo 5). Se a braçadeira não vedar com o torque específico, ela é substituída. Depois da instalação da nova mangueira, as braçadeiras são verificadas e apertadas, se necessário.

Quando a verificação diária pára de ceder, inspeciona-se as braçadeiras em intervalos menos frequentes.

A mangueira é substituída se a capa tiver sido separada, se ela apresentar excessiva dilatação, ou se estiver enrijecida.

Permanentes impressões da braçadeira e rachaduras no tubo, ou na cobertura de amazenamento, indicam excessiva dilatação. As mangueiras que entraram em colapso são substituídas, como resultado do desalinhamento de suportes ou linhas.

Algumas mangueiras tendem a alargar-se nas extremidades além das braçadeiras. Isto não é uma condição insatisfatória a não ser que haja vazamento.

Bolhas podem se formar na cobertura externa de borracha sintética da mangueira. Essas bolhas não afetam necessariamente o seu uso. Quando a bolha é descoberta, ela é furada logo após ser removida do avião. Se o fluido (óleo, combustível ou hidráulico) emergir do furo da bolha, condena-se a mangueira. Se apenas ar emergir, é feito um teste de pressão.

Se não ocorrer vazamento de fluido, a mangueira pode ser considerada como utilizável. Furos na cobertura externa podem permitir a entrada de elementos corrosivos, como água, que poderá atacar a fiação de cobertura e, finalmente, resultar em sua falha. Por esta razão, furação na cobertura externa da mangueira, que a expõe para os elementos, devem ser evitados.

A superfície externa da mangueira pode desenvolver pequenas rachaduras, usualmente pequenas e curtas, que são causadas pela ação do tempo na superfície. O conjunto da mangueira pode ser considerado como utilizável, desde que estas rachaduras não penetrem para a primeira lona.

Válvula seletora

Gira-se as válvulas seletoras, e verifica-se quanto a operação livre, excessiva trepidação e corretos pontos de indicação. Se a trepidação é excessiva, verifica-se o mecanismo de operação quanto as junções gastas, falta de pinos e orelhas de acionamento quebrados. Qualquer parte defeituosa é substituída.

Os sistemas de cabos de controle são inspecionados quanto a desgastes, roldanas danificadas, ou rolamentos de roldanas gastos.

Bombas

Durante uma inspeção de bombas ("BOOSTER") auxiliares, verifica-se as seguintes condições: (1) operação apropriada; (2) vazamentos e condição das conexões elétricas e de combustível; e (3) desgaste das escovas.

As linhas de dreno devem estar livres de obstruções, dobradas ou com restrições. É preciso que a bomba seja acionada pelo motor quanto a vazamentos e segurança dos montantes. Verifica-se, também, as linhas de ventilação e dreno quanto a obstruções.

Filtros das linhas principais

Drena-se a água e sedimentos do filtro da linha principal a cada inspeção de pré-vôo. A tela é removida e limpa em períodos especificados no Manual de Manutenção do Avião. Partículas de borracha são frequentemente avisos prematuros de deterioração de mangueira. Verifica-se quanto a vazamentos e danos nas gaxetas.

Indicadores de quantidade de combustível

Se o indicador visual (*SIGHT GAGE*) é usado, o vidro tem que ficar claro e sem vazamentos nas conexões. As linhas de condução quanto a vazamentos e segurança nas fixações devem permanecer.

Os indicadores mecânicos são verificados quanto a liberdade de movimento do braço da bóia, e a apropriada sincronização do ponteiro com a posição.

Nos indicadores elétricos, ou eletrônicos, o indicador e as unidades do tanque precisam ficar montados, e suas conexões elétricas apertadas.

Indicador de pressão de combustível

Verifica-se o ponteiro para tolerância zero e excessiva oscilação; a cobertura de vidro, quanto a perda das marcações de limitações; e as linhas e conexões quanto a vazamentos. Não deve haver obstrução na ventilação.

Sinal de aviso de pressão

Inspeciona-se a instalação quanto a segurança de montagem e condição das conexões de ar, combustível e elétrica.

Verifica-se a lâmpada através da pressão da chave de teste; a operação que liga a chave da bateria; e o aumento de pressão com a bomba "BOOSTER", observando a pressão que deverá apagar a luz. Se necessário, ajusta-se o mecanismo de contato.

Sistema de injeção de água para motores convencionais

São poucos os que ainda estão sendo usados, mas o sistema de injeção de água disponibiliza mais tração, que será obtida do motor em potência de decolagem. O carburador (operando em ajustes de alta tração) libera mais combustível do que o motor realmente precisa.

O empobrecimento da mistura deverá produzir mais força; contudo, o combustível adicional é necessário para prevenir superaquecimento e detonação.

Com a injeção de um fluido anti detonante, a mistura pode ser mais empobrecida do que aquela que produz a máxima tração, e a vaporização da mistura água/álcool, que provê a refrigeração formada pelo suprimento em excesso de combustível. (Figura 3-42).

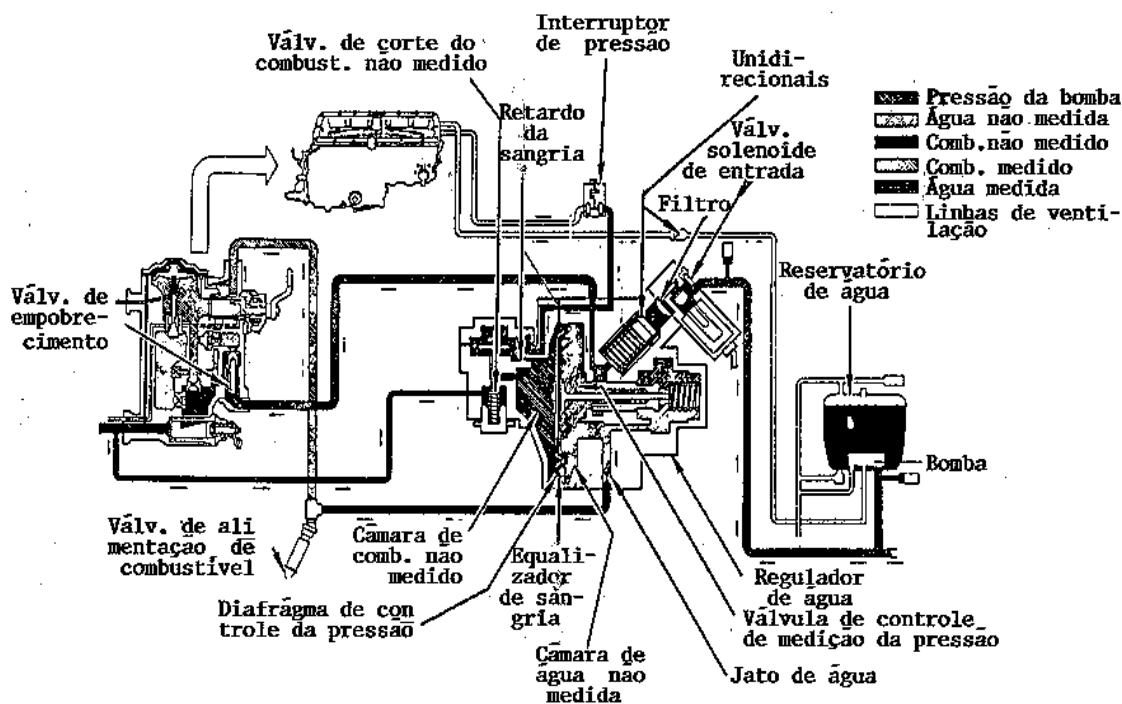


Figura 3-42 Diafragma esquemático de um típico sistema ADI.

Operando nesta melhor mistura para tração, o motor desenvolve mais força, nivelado através da pressão do duto principal e ajuste de RPM sem variação. Em adição a isto, a pressão do duto principal pode ser aumentada para o ponto que poderá causar detonação sem injeção da mistura água/álcool.

Desse modo, o aumento da tração com a injeção anti detonante é duplamente vantajosa: o motor pode ser operado na mistura de melhor

potência, e a pressão máxima do duto principal pode ser aumentada.

SISTEMA DE COMBUSTÍVEL PARA MOTORES A TURBINA - REQUISITOS GERAIS

O sistema de combustível é um dos aspectos mais complexos do motor de turbina a gás. A variedade dos métodos usados para aten-

der as mais variadas necessidades do motor a turbina, fazem com que a carburação do motor convencional se torne simples na comparação.

É possível aumentar ou diminuir a potência, para ser obtida a tração requerida a qualquer condição operacional. Nos aviões equipados com turbina, este controle é provido pela variação do fluxo de combustível para as câmaras de combustão. Contudo, aviões turboélice podem usar hélices de passo variável; deste modo, a seleção de tração é alcançada através de duas variáveis controláveis, o fluxo de combustível e o ângulo da pá da hélice.

A quantidade de combustível fornecida deve ser ajustada automaticamente para corrigir as trocas na pressão ou temperatura ambiente. Se a quantidade de combustível se tornar excessiva em relação a massa do fluxo de ar através do motor, a limitação de temperatura das palhetas da turbina pode ser excedida, ou poderá produzir a queda de pressão do compressor (*compressor stall*), e, uma condição de corte do motor por mistura rica, referida como "*Rich Blowout*".

Essa condição ocorre quando o volume de oxigênio no ar de suprimento não é suficiente para manter a combustão, e quando a mistura é resfriada abaixo da temperatura de combustão através do excesso de combustível. No outro extremo, o corte por mistura pobre, "*Lean die-out*", ocorre se a quantidade de combustível é reduzida proporcionalmente abaixo da quantidade de ar.

O sistema deve liberar combustível para a câmara de combustão, não apenas na quantidade certa, mas também na condição certa, para satisfazer a combustão. Os injetores de combustível formam parte do sistema de combustível, e atomizam ou queimam o combustível que deverá ser eficiente. O sistema deve, também, suprir combustível para que o motor possa ser facilmente colocado em funcionamento no solo e no ar.

Estes são os meios que deverão injetar o combustível dentro das câmaras de combustão, em condições para queimar, quando o motor estiver sendo operado lentamente pela sistema de partida. Essa combustão deve ser sustentada até que o motor seja acelerado para sua velocidade normal.

Outra condição crítica que o sistema de combustível deve responder ocorre durante uma aceleração rápida. Quando o motor é acelerado,

energia deve ser fornecida para a turbina acima do que é necessário para manter a RPM constante. Contudo, se o fluxo de combustível aumentar muito rapidamente, uma mistura super rica poderá ser produzida, com a possibilidade de uma "*RICH BLOWOUT*". Motores Turbojato, Turbofan e Turboélice são equipados com uma unidade de controle de combustível que satisfaz automaticamente as necessidades do motor.

Através de necessidades básicas aplicáveis, geralmente para todos os motores de turbina a gás, o meio com o qual os controles individuais de combustível necessitam não podem ser convenientemente generalizados.

Cada fabricante de unidade de controle de combustível tem sua própria peculiaridade de reunir as demandas para o motor.

CONTROLE DE COMBUSTÍVEL DOS JATOS

Os controles de combustível podem ser divididos em dois grupos básicos: (1) Hidromecânico; e (2) Eletrônico.

O controle de combustível eletrônico é uma combinação dos dois grupos básicos. A maioria dos controles de combustível em uso são do tipo completamente hidromecânico.

Indiferentemente do tipo, todos os controles de combustível executam essencialmente as mesmas funções, apenas alguns sensores a mais nos motores variam dos outros.

O controle de combustível sente a posição da manete de potência, RPM do motor, cada uma das pressões de entrada do compressor ou temperatura, e pressão de queima ou pressão de descarga do compressor. Essas variações afetam o volume de tração que o motor poderá produzir pela demanda do fluxo de combustível.

Controle hidromecânico

Os controles dos jatos de combustível são dispositivos complexos. Os tipos hidromecânicos são compostos por governadores de velocidade, sistema de servos, válvulas piloto e luvas, sinal de retorno ou meios de verificação, e sistemas de medição. Em adição, os controles eletrônicos de combustível incorporam amplificadores, termopares, relés, sistemas servo-elétricos, chaves e solenóides.

Cada controle de combustível deve ser estudado para poder ser entendido. Um sistema de controle eletrônico de combustível e um outro típico de controle de combustível hidromecânico serão discutidos. Para informações específicas necessárias para inspeção ou manutenção de instalações particulares, ou da unidade, consulte as instruções do fabricante, devem ser consultadas.

Controle eletrônico

Os principais componentes do sistema "Temperature datum" do Turboélice (ALLISON 501-D13) são as válvulas T.D., o coordenador, controle de combustível, *SPEED SENSITIVE CONTROL*, válvula DRENO do duto de combustível, e o *ELETRONIC TEMPERATURE DATUM CONTROL*.

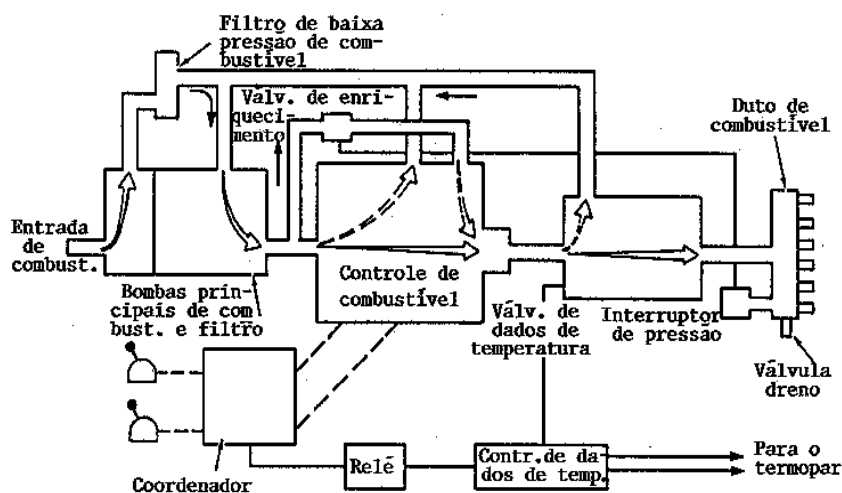


Figura 3-43 Esquema do sistema de combustível do motor allison 501-d13.

"Temperature datum valve"

A válvula de controle de dados de temperatura (figura 3-44) ou válvula T.D. (*Temperature Datum Valve*) é o meio de ajuste fino no fluxo do sistema de combustível do motor, entre o controle principal e o duto de combustível.

A *DATUM VALVE*, opera em conjunto com o controle eletrônico associado da válvula T.D., ajusta o combustível fornecido do controle principal para manter a temperatura pré-selecionada na entrada da turbina.

A válvula consiste de um venturi, uma válvula reguladora, uma válvula medidora com um conjunto de luvas e uma válvula pressurizadora. A válvula T.D. apresenta um parafuso de batente variável, atuado através de uma válvula solenóide e de um pistão de acionamento. Isto limita a quantidade total de fluxo de combustível do motor que pode ser reduzido.

A válvula reguladora mantém uma pressão ao redor do orifício da válvula medidora, proporcional a quantidade montante de combustível que está sendo suprido para a válvula T.D.

A válvula medidora é posicionada por suas luvas e orifícios através do motor da válvula

la T.D., em resposta aos sinais do controle eletrônico associado. A rotação do motor é aplicada através de uma engrenagem de redução para o pino de acionamento da válvula medidora; esta determina a percentagem de combustível que deve ser ajustado (*TRIMMED*) do suprimento de combustível do motor e do derivado para as bombas.

A válvula pressurizadora está localizada imediatamente acima da saída de combustível da válvula T.D., ela é carregada por mola para manter uma pressão residual no sistema de combustível. O lado de baixa pressão da válvula pressurizadora é ventilada através de uma saída de sangria, para derivar a pressão da saída da bomba "*BOOSTER*".

A sangria de saída minimiza os efeitos da variação de pressão do combustível na operação da válvula pressurizadora. O parafuso de batente variável permite a redução no fluxo de combustível nominal para o motor. O batente é posicionado através do pistão de acionamento. A válvula solenóide de duas posições direciona o fluido sob pressão para o pistão de acionamento, para estabelecer uma tomada de posição do parafuso batente.

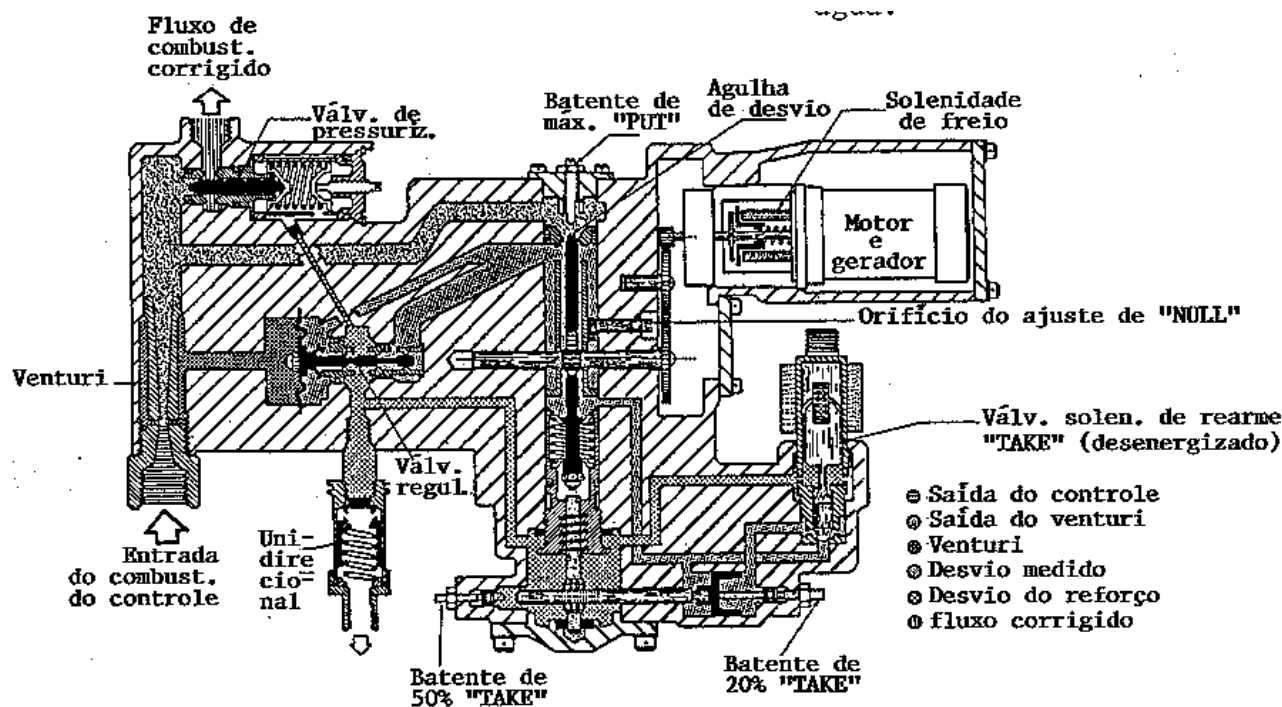


Figura 3-44 diagrama esquemático da válvula T.D.

Venturi e válvula reguladora

Combustível medido sob pressão, do controle principal, ao sair entra na válvula T.D. através de um venturi. A pressão de combustível na garganta do venturi é uma amostra para prover um sinal de pressão, inversamente proporcional, para o volume de combustível que entra na válvula T.D.

O combustível sob pressão na garganta do venturi é aplicado para um lado do diafragma da válvula reguladora, para prover uma força de posicionamento da válvula, inversamente proporcional ao fluxo de combustível através da entrada do venturi.

O combustível da saída do venturi é canalizado diretamente para a válvula pressurizada na saída da T.D. A válvula medidora faz o ajuste fino do combustível em excesso do fluxo de combustível do motor, e direciona este combustível em excesso para a válvula reguladora. O combustível sob pressão na saída do venturi flui para a válvula medidora e, através do orifício dessa válvula, para a válvula reguladora. Este combustível é derivado através da abertura da válvula para a saída de derivação da entrada da bomba do motor. Simultaneamente, a pressão medida derivada é reduzida até que chegue a equalizar a pressão da garganta do venturi no lado oposto do diafragma.

Quando a pressão medida derivada equa-

liza a pressão na garganta do venturi do lado oposto do diafragma da válvula reguladora, um orifício regulado deriva o excesso de combustível do motor que é estabelecido pela válvula reguladora. Simultaneamente, a queda de pressão apropriada pela regulagem fina do suprimento de combustível na garganta do venturi é conseguido em torno do orifício da válvula medidora. Nesta condição balanceada, a elevação de pressão da entrada da garganta do venturi para a saída do venturi equaliza a queda de pressão em torno do orifício da válvula medidora.

Quando a válvula medidora está na posição "NULL", aproximadamente vinte por cento (20%) do total do combustível medido e suprido pela válvula T.D., é retornado para as bombas do motor.

Válvula medidora (*metering valve*)

A válvula medidora é reposicionada em seu orifício da posição "NULL" para variar a percentagem de combustível ajustado do venturi de combustível na válvula T.D., desse modo ajustando o montante de combustível liberado para as câmaras do motor.

A válvula medidora é acionada em ambas as direções para "PUT ou TAKE" da posição "NULL", de acordo com a necessidade de temperatura do motor.

A válvula medidora posiciona sinais que são enviados para o controle eletrônico associado que sente as temperaturas no motor.

Quando a válvula medidora é acionada na direção de seu orifício, move-se na direção de "PUT" para reduzir o fluxo de retorno. Isto faz com que o fluxo de combustível para as câmaras do motor seja aumentado acima de cem por cento (100%), nominal de alimentação, quando a válvula medidora está na posição "NULL".

Simultaneamente, a pressão de retorno é reduzida, permitindo que a pressão na garganta do venturi seja também reduzida pela abertura da válvula, através da qual o combustível é derivado para as bombas do motor.

O orifício da válvula medidora fechando pode continuar até que os contatos da válvula atinjam o batente máximo de "PUT". O batente máximo de "PUT" é ajustado durante a calibração da válvula T.D.

Quando a válvula medidora é acionada para fora do seu orifício de assentamento, ela se move na direção de "TAKE" para aumentar o fluxo da garganta do venturi para o retorno, causando uma redução do fluxo de combustível para as câmaras do motor, abaixo daquele normalmente fornecido quando a válvula medidora está na posição "NULL".

Concomitantemente, a pressão de retorno é aumentada para mover o diafragma da válvula reguladora contra a pressão na garganta do venturi, desse modo, aumentando a abertura da válvula reguladora através da qual o combustível é retornado para as bombas do motor. A abertura do orifício da válvula medidora pode continuar até que a válvula medidora faça batente, no variável "TAKE STOP".

O batente variável "TAKE STOP" permite ser acionado através da válvula T.D. O fluxo de combustível para o motor pode ser reduzido permitindo a proteção de temperatura máxima do motor durante a partida.

Quando a velocidade do motor atinge e excede um valor pré-selecionado, a válvula solenóide da válvula T.D. é desenergizada. A ação da válvula solenóide reposiciona o batente variável de "TAKE".

O fluxo de combustível pode então ser reduzido o suficiente para diminuir qualquer condição de super aquecimento durante a operação do motor.

Operação do motor

A válvula medidora é posicionada em seus orifícios através de um motor bifásico com a válvula T.D. A voltagem de operação do motor é fornecida pela operação do controle eletrônico em combinação com a válvula T.D. A fase da voltagem suprida para o motor determina a direção da rotação do motor e o subsequente movimento da válvula medidora. A fase de voltagem, em curso, é determinada pelo tipo de correção de temperatura requerida, isto é, o fluxo de combustível do motor precisa ser aumentado para aumentar a temperatura, ou precisa ser reduzido para abaixar a temperatura.

A RPM do motor é transmitida através de engrenagens de redução para a engrenagem de acionamento da válvula medidora em uma das extremidades do eixo. A extremidade oposta do eixo-pino é soldada a um tubo que carrega o pino de acionamento da válvula medidora. Este tipo de construção de "EIXO-PINO" provê um eixo de torção, que reduz o choque mecânico no trem de engrenagens de redução e no motor, se a válvula medidora é acionada contra algum batente.

Operação do motor gerador

O motor da válvula T.D. possui um gerador acoplado no eixo do motor. Enquanto o motor está acionando a válvula medidora para trocar a posição da válvula, este gerador acoplado produz voltagem A.C., proporcional a velocidade do motor.

A voltagem A.C. é o retorno para o controle eletrônico associado. A fase desta voltagem A.C. é determinada pela direção da rotação do motor/gerador.

A magnitude da voltagem A.C. é proporcional a velocidade de rotação. Desse modo, o retorno da voltagem provê um sinal de troca de razão, enviando ao controle eletrônico a razão que a válvula medidora é movimentada.

Com o controle eletrônico, esta voltagem amortece, ou reduz, o sinal de erro de temperatura, que inicia a rotação do motor. A razão de redução do sinal de erro é proporcional a razão em que o motor gerador está girando. A redução do sinal de erro causa a correspondente redução da variação de fase da voltagem suprida para o motor da válvula T.D.

O sinal desviado de erro lança a ação para obter a estabilidade da válvula T.D., pela redução da força de inércia, sem perda do torque sob condições de perda de sustentação. Deste modo, a temperatura de entrada da turbina aproxima-se do valor correto, a voltagem para o motor é reduzida e o motor estola. Quando o motor estola, a válvula medidora deverá ser devidamente reposicionada para prover a temperatura correta do fluxo de combustível.

.Freio do motor

Um freio operado por solenóide está incorporado no eixo de saída do motor, entre o motor e a caixa de engrenagem redutora. O freio é desacoplado quando o solenóide é energizado, e acoplado quando o solenóide é desenergizado. A voltagem de operação do freio é controlada pelo motor do avião e circuito de controle eletrônico. Quando o solenóide do freio é desenergizado e o freio acoplado, a pressão de mola segura a sapata do freio contra o disco, no eixo de transmissão de força através do freio.

Esta ação previne que o motor nivele a rotação através do ajuste do variador de fase suprida para o motor. Quando o solenóide é energizado e o freio liberado, a armadura do freio, no qual a sapata é localizada, é levantada contra a força de mola no alojamento do solenóide. Isto libera a força do eixo de transmissão, permitindo que a rotação do motor seja aplicada para a caixa de engrenagem de redução.

COORDENADOR

O coordenador está fixado na face traseira do controlador de combustível, e possui alojamentos do eixo da manete de tração, discriminador mecânico, eixo de corte manual de combustível, chaves e ressaltos atuadores, potenciômetro seletor de temperatura, potenciômetro acionador de engrenagens e fiação elétrica necessária.

A unidade coordena a hélice, o controle eletrônico de "*Temperature Datum*" e o controle de combustível; ela recebe sinais através da haste da manete de tração e da manete de emergência na cabine de comando, e transmite estes sinais para o controlador de combustível e o regulador da hélice através de um sistema de manetes e hastes.

O potenciômetro no coordenador é acionado do eixo da manete de força através de um conjunto de engrenagens.

Acima de certa posição nominal do coordenador, o potenciômetro esquematiza a temperatura de entrada da turbina através do envio de sinal elétrico, da temperatura desejada para o controle da T.D.

A chave no coordenador é atuada através de um ressalto no eixo da manete de tração, para transferir a função de controle de T.D. do limitador de temperatura para o controlador de temperatura, em certa posição nominal do coordenador.

CONTROLADOR DE COMBUSTÍVEL

O controlador de combustível está montado no alojamento de acionamento de acessórios, e ligado mecanicamente ao coordenador. O controle de combustível é projetado para executar as seguintes funções:

- (1) Prover os meios para variação do fluxo de combustível para permitir a seleção de força que é coordenada entre o ângulo das pás da hélice e a RPM do motor.
- (2) Regular a razão do combustível medido durante a aceleração para prevenir excesso de TIT.
- (3) Controlar a razão do combustível medido durante a desaceleração do motor para prevenir o seu apagamento (*FLAME OUT*).
- (4) Controlar o motor e a velocidade de RPM da hélice para o limite de operação do governador da hélice. Isto inclui tração "REVERSA", baixa RPM de operação no solo, lenta de vôo e alta RPM e lenta de solo.
- (5) Prover meio de proteção do motor durante condições de disparo, através de redução do fluxo de combustível e TIT.
- (6) Prover o esquema do início do fluxo de combustível que, em conjunto com válvula T.D. previne super aquecimento e "surge" no compressor.

- (7) Compensar as mudanças na densidade do ar, causadas pelas variações de temperatura e pressão na entrada de ar do compressor.
- (8) Prover os meios de corte de fluxo de combustível, elétrica e manualmente.

O controle de combustível sente a pressão de entrada do compressor, temperatura da entrada do compressor e RPM do motor. Usando esses três fatores e o ajuste da manete de tração, o controle de combustível mede o volume apropriado de combustível através do limite de operação do motor.

Sistemas compensadores de pressão e temperatura são projetados para manter constante a temperatura da entrada da turbina (TIT), quando as condições de entrada do compressor variarem.

O controle de combustível é projetado para enriquecer a mistura, depois que as necessidades nominais do motor são acomodadas a válvula T.D., que deriva parte do controle de saída quando estiver na posição "NULL". Este excesso de fluxo para a válvula T.D. lhe dá a capacidade de adicionar tão melhor quanto subtrair o combustível, para manter a temperatura pré-fixada pelo potenciômetro do coordenador e o controle da válvula T.D. O controle inclui uma válvula de corte para interromper o fluxo de combustível ao motor.

A válvula de corte, que pode ser manual ou eletricamente controlada, é atuada através de uma ligação mecânica e um atuador elétrico. O corte mecânico está combinado com a entrada da ligação de controle de emergência. Mas, ambos, devem estar na posição "OPEN" para permitir o fluxo de combustível.

Durante a partida do motor, a válvula operada permanece fechada até que o motor chegue a velocidade onde atua o controle de sensibilidade de velocidade (*SPEED SENSITIVE CONTROL*) para abrir a válvula moto operada, permitindo o fluxo de combustível para o motor.

CONTROLE SENSITIVO DE VELOCIDADE

O controle de sensibilidade de velocidade (figura 3-45) é montado na base do tacômetro na caixa de acessórios. Ele contém três chaves (SW) que são atuadas a certas velocidades através de contrapesos centrífugos.

Durante a partida, uma chave (SW) aciona o combustível e a ignição, colocando em paralelo os elementos da bomba de combustível, energizando o sistema de enriquecimento de combustível (PRIMER) da partida quando está atuado, e fechando a válvula dreno.

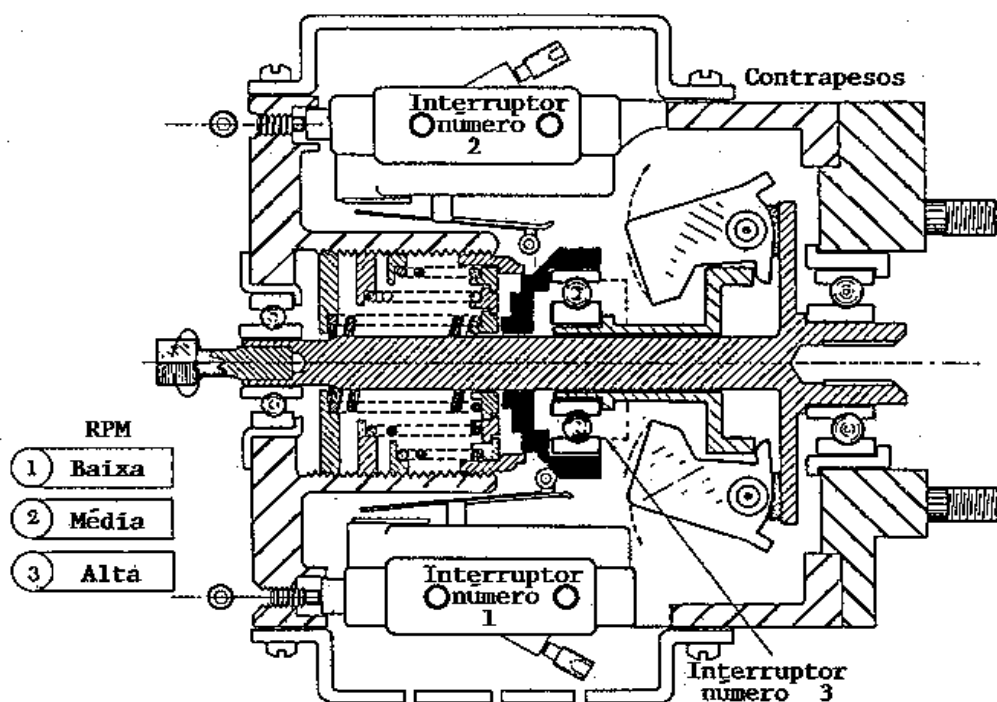


Figura3-45 Controle sensitivo de velocidade.

VÁLVULA DRENO DA LINHA PRINCIPAL DE COMBUSTÍVEL (*DRIP*)

O combustível de saída da válvula T.D. é conectado para o duto principal de combustível. O duto principal consiste de seções de mangueiras flexíveis, blindadas com malhas de aço, que conectam a parte inferior do motor para a válvula dreno.

Essas seções conectam diretamente para os injetores de combustível. Uma válvula dreno operada por solenóide, e carregada por mola, é localizada na parte inferior no duto principal de combustível. Isso é projetado para drenar o duto principal quando a pressão de combustível cair abaixo de certo volume, enquanto o motor estiver parado para prevenir que o combustível fique gotejando dentro das câmaras.

Durante o ciclo de partida, a válvula é fechada através da energização do solenóide, que é mantida fechada pela pressão do combustível, vindo do duto principal quando o motor está funcionando.

OPERAÇÃO DO SISTEMA

O sistema de controle da T.D. é essencialmente um sistema servo. Deste modo, a operação do sistema é baseada em algum erro, ou variação para determinar as condições de temperatura do motor. O controle eletrônico da T.D. sente qualquer erro de temperatura, e envia um sinal de correção para o servo-motor bifásico na válvula T.D. associada.

A referência para que as temperaturas do motor sejam comparadas é estabelecida pelo controle eletrônico. Essa referência é equivalente a milivoltagem para o gerador do termocouple do motor para uma temperatura determinada.

Qualquer variação entre a referência do gerador de milivoltagem do termocouple causa um sinal de correção de erro, —para ser mandado para o servo-motor da válvula T.D.

Três diferentes referências nas condições de temperatura são usadas durante a operação do sistema T.D.

Essas condições são limites normais, limite de partida, e controle. O valor de temperatura de referência de controle é projetado em função do ângulo da manete de tração.

A temperatura de referência do limite normal é disponível em todas as condições de

operação do motor. O que se torna segurança máxima da temperatura de operação do motor.

Durante a limitação de operação, a temperatura do motor é resguardada de exceder este valor através do sistema de controle da válvula T.D.

A temperatura de limite normal é efetuada através de todo o curso de variação da manete de tração, abaixo do ângulo em que ocorre uma super posição de comando de operação, e sempre que a chave de controle na cabine do avião é movida para a posição "*LOCKED*", como durante o pouso do avião.

A temperatura limitadora de partida é efetiva apenas durante a partida do motor e da operação acima da velocidade pré-selecionada. O valor da temperatura do limite de partida é menor do que o limite normal de temperatura.

O limite de temperatura de partida protege o motor de temperaturas transitórias excessivas durante a partida do motor.

A temperatura de referência é projetada de acordo com o ângulo da manete de tração, controlando a variação de operação do motor. O valor da temperatura de referência é projetado de acordo com a necessidade de tração do motor.

Tanto a temperatura limite como a temperatura controlada de operação são selecionadas pelo motor e chaves no avião. As chaves do motor incluem: a chave de sensibilidade de velocidade; e dois interruptores atuados pela manete de tração no coordenador do motor. A chave do avião atuada pelo piloto é a chave de controle do sistema T.D.

As chaves do motor selecionam o valor limite de temperatura, "*NORMAL* ou *PARTIDA*" e troca o sistema de controle T.D. de operação limite para operação controle.

A chave seletora de sensibilidade de velocidade seleciona a referência desejável para limitação de partida (*START LIMITING*) durante a partida inicial do motor.

O controle eletrônico permanece na condição de limitador de partida, até que a chave de velocidade abra. Quando a chave de velocidade abrir, o controle eletrônico é comandado para a operação de limitação normal de temperatura.

As chaves (SW) atuadas pela manete de tração estabelecem o ângulo destas, que vão sobrepujar o limite de temperatura para ocorrer o controle da temperatura de operação.

Nos ângulos da manete de tração menores que o ponto de ultrapassagem, (*CROSS OVER*) essas chaves mantêm o controle de T.D. no limite operacional. Depois que o ângulo de ultrapassagem é atingido e ultrapassado, elas realinham o Quando a chave de controle de T.D. está na posição "*LOCKED*", é comandada de partida para o limite normal de operação.

Quando a chave está colocada na posição "*AUTOMATIC*" outra condição ocorre. O sistema de controle da T.D. é trocado da operação de controle para limite sempre que a chave de controle da T.D. é movida para a posição "*LOCKED*".

CONTROLE HIDROMECAÂNICO DE COMBUSTÍVEL

O JFC (*Jet Fuel Control*) projeta a quantidade de fluxo de combustível necessária para o motor Turbojato.

Isto provê combustível para as câmaras de combustão em pressão e volume necessários, –para manter o desempenho do motor programado pela posição da manete de tração. Ao mesmo tempo, limita o fluxo de combustível para manter as condições operacionais.

O JFC 12-11 é um controlador de combustível totalmente mecânico para o motor Turbojato *PRATT AND WHITNEY*. O diagrama esquemático de operação é mostrado. O propósito do JFC é medir combustível para o motor, para controlar a RPM, prevenir superaquecimento e excesso de combustível, ou parada do motor por falta de combustível.

Isto é conseguido pelo suprimento de sinais da RPM do motor (N2) e pressão de queima (PB). O controle, então, projeta fluxo de combustível (Wf) em Libras/Hora, para manter o motor funcionando no ajuste desejado através da manete de potência, e dentro dos limites operacionais do motor.

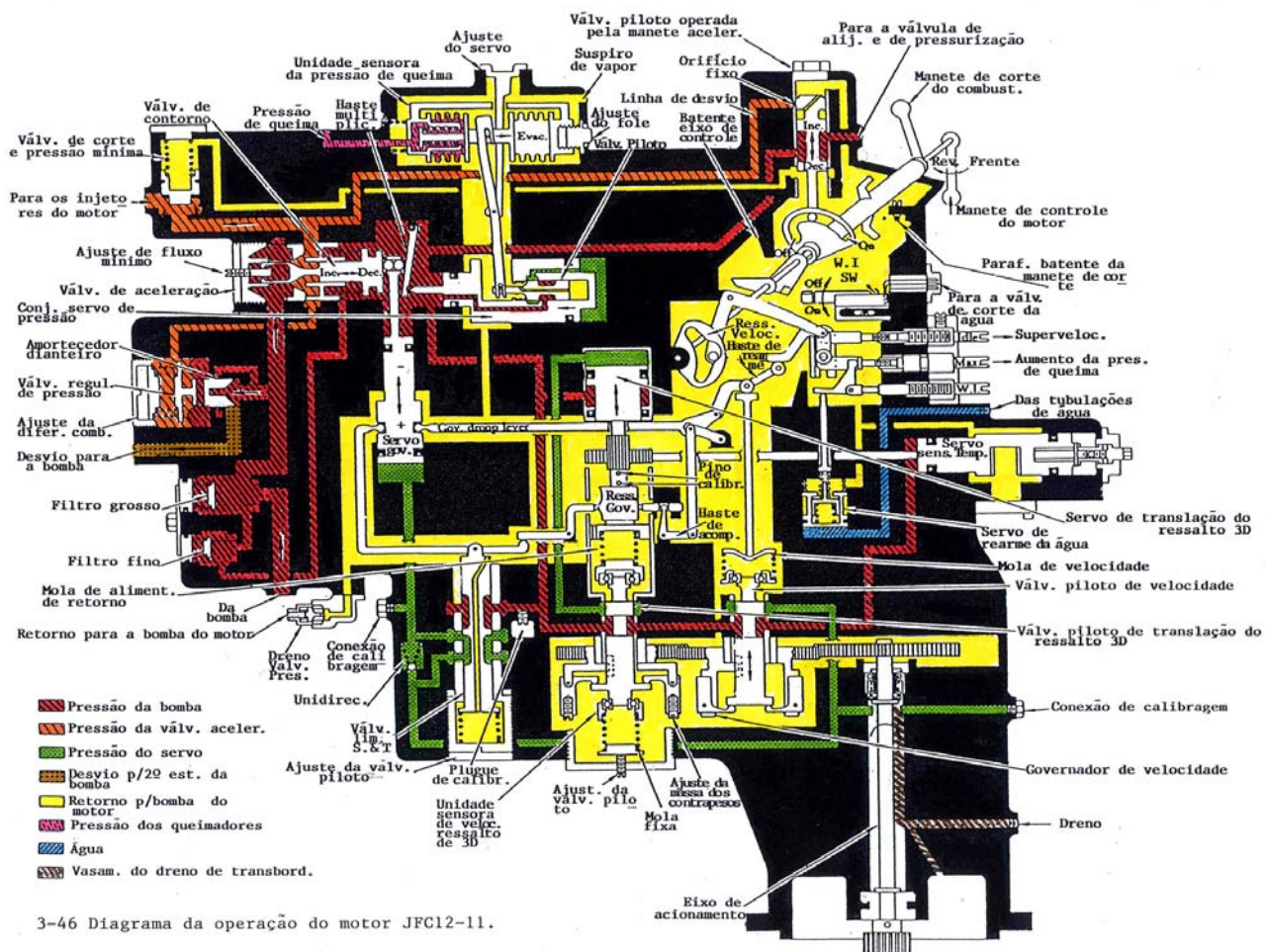


Figura 3-46 Diagrama da operação do controlador de combustível JFC12-11.

Por qualquer condição constante de operação do motor (massa do fluxo de ar através do motor constante), um volume definido de

A diminuição para o fluxo de combustível ocorre ao longo do declínio da curva, que é uma característica governada de fabricação dentro do controle de combustível para um melhor controle de RPM, sem aumento de pressão.



manete de tração é movida para frente. O fluxo de combustível aumenta rapidamente no início e, então, mais gradualmente, de acordo com o programa de aceleração que deverá resguardar

as condições de alta pressão e super aquecimento do motor.

Pouco antes do máximo ser atingido, o fluxo de combustível começa a decrescer ao longo da linha de declínio para que o nível de RPM não chegue ao máximo sem afogar.

Para a desaceleração da potência, o fluxo de combustível cai rapidamente para o programa mínimo, e retorna para lenta.

Embora a razão do fluxo mínimo de combustível seja mostrado através de linha reta na Figura 3-47, o fluxo de combustível varia com a pressão de queima e, deste modo, é mais alta na RPM de máxima do que na RPM de lenta.

DESCRIÇÃO DO CONTROLE DE COMBUSTÍVEL

Operação do sistema de medição

O combustível é fornecido para a entrada da unidade de controle, vindo dos tanques do avião através de uma série de bombas de reforço.

O combustível é passado através de telas e filtros no sistema de combustível do avião, antes de ir diretamente para o controle de combustível.

O combustível entra no porte de entrada da unidade de controle, e passa através de uma tela filtro de 200 MICRONS (figura 3-48).

Se o filtro se obstruir, permitirá que o combustível não filtrado o derive, devido a tensão de mola, e a válvula será levantada de sua sede se a pressão diferencial em torno da tela for maior de 25 a 30 PSID. Algum combustível que passar através do filtro comum é filtrado diretamente.

Todo o combustível de alta pressão usado nas válvulas e servos do controle de combustível passa através do filtro fino. Esse filtro é uma tela de 35 MICRONS e é também carregado por mola. Se ocorrer um entupimento, o combustível não filtrado deverá derivar do filtro quando a pressão diferencial for de 10 a 17 PSID.

Válvula reguladora de pressão

O diafragma da válvula reguladora de pressão, mostrado na figura 3-48, é exposta em um lado para a pressão de saída da bomba e, no

outro lado, para o efeito combinado da pressão da descarga da válvula aceleradora e a força da mola pré-regulada, para manter a queda de pressão desejada em torno da válvula aceleradora.

A força da mola é ajustada para permitir a compensação para uso de vários combustíveis.

Com uma queda de pressão constante em torno da válvula aceleradora, o fluxo através dela deverá ser proporcional a área de seu orifício.

Qualquer excesso de combustível acima do requerido, para manter a pressão diferencial ajustada, é derivado de volta para a seção entre estágios da bomba de suprimento. O orifício de alijamento na passagem para a válvula reguladora de pressão minimiza vibração da válvula.

Válvula aceleradora

A válvula aceleradora, figura 3-48, é a válvula medidora principal. E consiste em uma mola tensionada e uma válvula de contorno cilíndrico, que se move com um flape em um orifício.

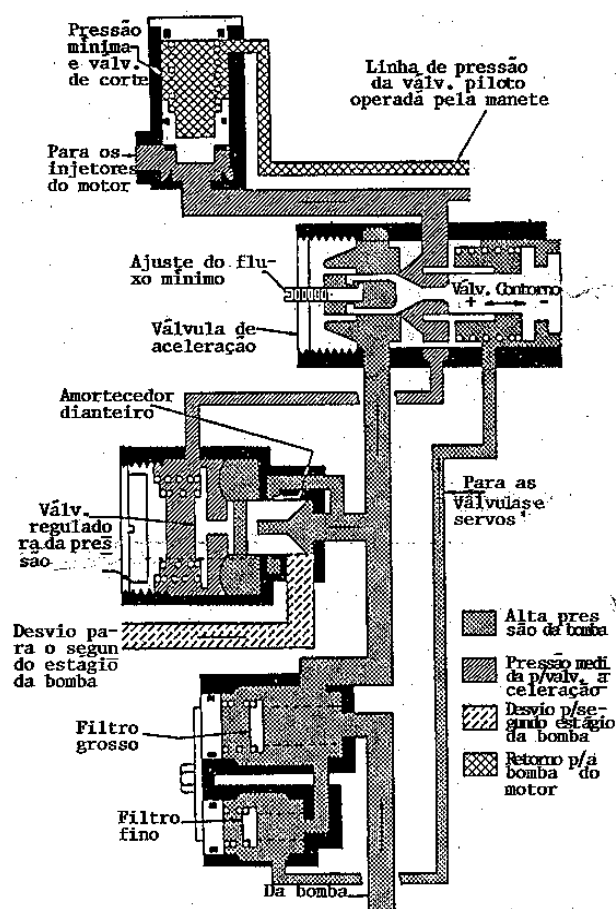


Figura 3-48 Sistema de medição.

Essa válvula controla o fluxo principal de combustível, que vem da bomba do motor para os injetores de combustível.

Assim, uma pressão diferencial constante é mantida em torno da válvula aceleradora através da válvula reguladora de pressão.

Cada posição da válvula representa um definido fluxo de combustível, indiferentemente da pressão de descarga da válvula aceleradora. Um fluxo mínimo positivo de ajuste é feito na válvula aceleradora. A válvula é carregada por mola para a sua posição de fluxo mínimo, mas nunca fecha completamente.

A mola da válvula aceleradora a move na direção para diminuir o fluxo, e a ação combinada da pressão do servo do compressor e do servo do governador move a válvula na direção para aumentar o fluxo.

A saída da válvula aceleradora direciona o combustível medido para a pressão mínima e a válvula de corte.

O combustível medido também atua do lado da mola da válvula reguladora de pressão, e é liberado para a válvula piloto, onde ele pode derivar para o dreno, quando a manete de corte de combustível é colocada na posição "OFF".

Válvula de pressão mínima e de corte

A válvula de corte e pressão mínima é uma válvula tipo "lançadeira", atuada para cima em um lado pela pressão de descarga da válvula aceleradora; e do outro pela combinação da força da mola, tanto pela alta pressão de combustível durante o corte, como pela pressão do dreno do corpo do J.F.C. durante a operação normal.

A mola também mantém a válvula fechada após o corte do motor. Durante a operação normal, quando o lado da válvula é jogado para cima pela pressão do dreno do corpo, se a pressão de descarga da válvula aceleradora cair abaixo de um valor pré-regulado, ela deverá se mover na direção da posição "CLOSED", restringindo o fluxo do controle de combustível, até que a pressão de descarga da válvula aceleradora aumente novamente para o valor pré-ajustado. Isto assegura que pressão suficiente seja mantida disponível para operação dos servos e válvulas.

O fluxo de combustível medido vem da válvula de corte e pressão mínima para a saída do controle de combustível, e então para a válvula

de dreno do duto principal e dos dutos do motor.

Válvula piloto e operação da válvula aceleradora

O sinal de pressão que atua a válvula de corte e pressão mínima origina-se da válvula piloto e operação da aceleradoras (Figura 3-49). Em adição a este sinal de pressão, a válvula piloto e a operação da válvula aceleradora fazem duas outras funções. O porte desta válvula determina a sequência destas funções. Essa válvula piloto é posicionada através de um ressalto, montado no eixo rotativo da manete de corte na cabine.

Em operação ou na posição "ON", a válvula piloto direciona a alta pressão de combustível para a válvula de pressurização e "DUMP" do motor, onde ela trabalha contra a mola para manter a válvula "DUMP" fechada. Como anteriormente mencionado, o lado da mola da válvula, de corte de pressão mínima, é exposto para a cavidade do dreno do corpo, mantendo o fluxo de baixa pressão da válvula aceleradora para forçar a abertura. A terceira função da válvula piloto, e a operação da válvula aceleradora, é para bloquear a linha de derivação do ar de impacto.

Quando a manete de corte de combustível é movida para a posição "OFF", a válvula piloto é reposicionada pelo ressalto. Primeiro, a linha de derivação de ar de impacto é aberta. A válvula piloto, operada pela válvula aceleradora, também direciona a alta pressão de combustível para o lado da mola da válvula de corte e pressão mínima; assegurando o fechamento da válvula.

A válvula mantém a linha de pressão para a válvula "DUMP" e pressurizadora do motor, para drenar para dentro da cavidade do corpo, permitindo que a mola abra a válvula; e qualquer combustível no duto principal do motor seja drenado.

Durante o corte do motor em vôo, o ar de impacto do motor, e a bomba de combustível, continuam a operar. Desde que o fluxo externo do controle de combustível seja cortado, a saída da bomba deve ser aliviada. Isto não pode ser feito pela válvula de alívio da bomba (1000 PSI) ou pelo controle de combustível. Para evitar as condições de alta carga na bomba e alta temperatura que acompanham a operação da válvula

de alívio, a função de derivação é feita com o controle de combustível em pressão mínima.

A linha de derivação de ar de impacto traz pressão de combustível medido (pela válvula aceleradora) para um porte no alojamento da válvula piloto e de aceleração. Se a válvula piloto é posicionada para cortar o fluxo de combustível para o motor, a pressão do combustível medido é sangrada através da linha de derivação e do alojamento da válvula piloto, para a baixa pressão da cavidade do corpo.

A diminuição da pressão do combustível medido também reduz a força do lado da mola do diafragma regulador de pressão. Isto mantém a válvula reguladora totalmente aberta, derivando a saída da bomba.

Se um corte do motor é feito durante a condição de alta pressão (posição de manete em máxima tração), um orifício na linha de derivação de ar de impacto é colocado, para que a pressão na cavidade do corpo não possa aumentar para valores que possam danificar o controle de combustível.

Operação do sistema de computação

Através do posicionamento da válvula principal de medição, o sistema de computação seleciona um fluxo de combustível para cada condição operacional do motor. Esse fluxo de

combustível é estabelecido através da válvula cilíndrica.

A figura 3-50 é uma representação esquemática do sistema de computação. As unidades que compõem esse sistema e sua operação são descritas nos parágrafos seguintes.

Conjunto servo de pressão de queima

Os conjuntos de controle do servo de pressão de queima controlam a posição do servo.

A posição do servo de pressão do compressor provê a entrada para a multiaplicação das ligações que atuam sobre a válvula aceleradora. O conjunto queimador consiste em duas cápsulas, uma que é ventilada para a pressão da câmara e outra que é evacuada.

As duas cápsulas estão instaladas, diametralmente opostas, em uma estrutura rígida, com seus terminais móveis conectados em uma haste comum.

Se a pressão de queima aumenta durante a operação, a cápsula esquerda se distende. Esse movimento é transmitido através da manete, conectada para a haste da cápsula, movendo a válvula piloto no servo de pressão do compressor.

O movimento da válvula piloto direciona alta pressão de combustível para a câmara servo do governador.

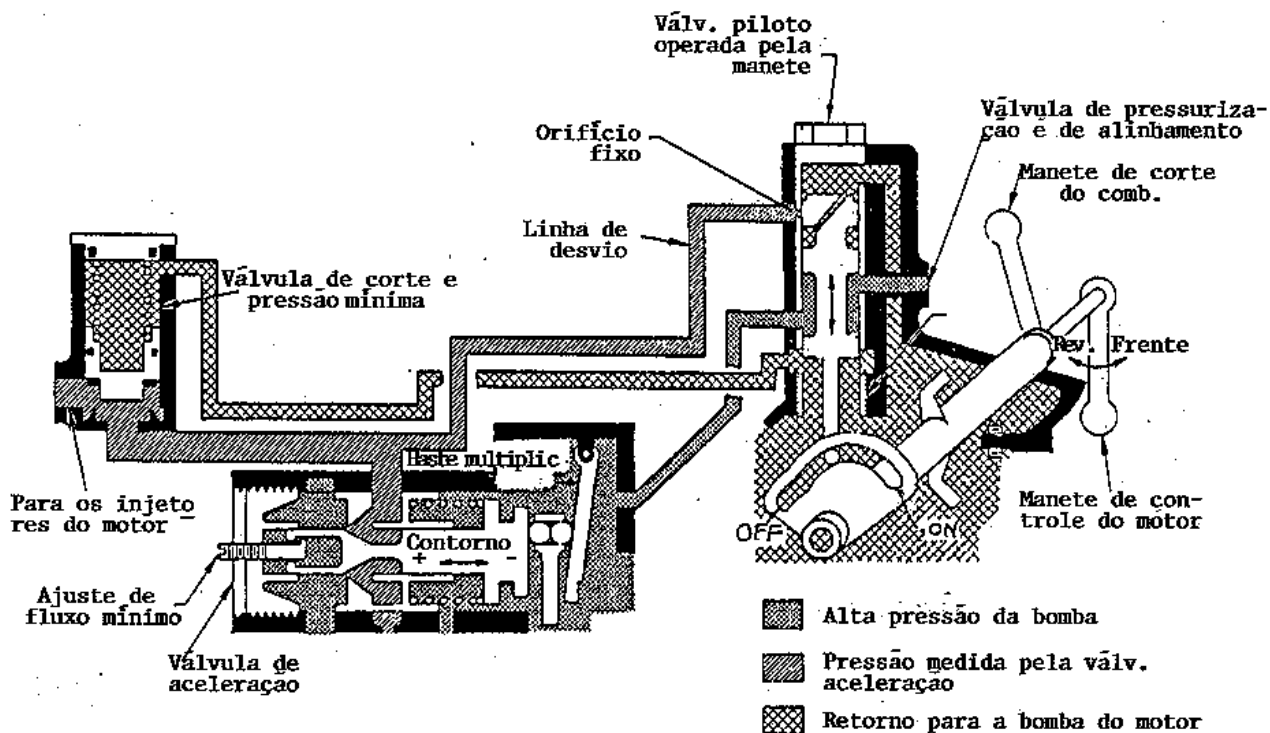


Figura 3-49 Válvula piloto atuada pela aceleração.

A seção transversal da válvula servo do governador é maior que o terminal da câmara servo que está na extremidade oposta, o qual é atuado para cima pela alta pressão de combustível. Por este motivo, o aumento de pressão na câmara causa o movimento na válvula servo do governador, deste modo trocando a entrada da ligação da multiaplicação da válvula aceleradora.

Assumindo que o servo do governador é estacionário, um aumento na pressão de queima deverá causar um aumento no fluxo de combustível. Quando o servo de pressão do compressor se move, a passagem de combustível aberta pelo movimento da válvula piloto é gradualmente fechada, até que o servo, seguido pelo acompanhamento da válvula piloto, assuma nova posição de equilíbrio. Se a pressão de queima diminui, a cápsula contrai, movendo a válvula piloto para que a câmara servo do governador seja drenada para a pressão do corpo. A alta pressão de combustível atuando no terminal da área menor do servo da válvula do governador, movimenta-o, portanto, há uma mudança na entrada para a ligação de multiaplicação da válvula aceleradora. Assumindo que o servo do governador é estacionário, a diminuição da pressão de queima causa uma diminuição no fluxo de combustível. A pressão da válvula servo do compressor se move para uma nova posição de equilíbrio, e isto é acompanhado novamente pela válvula piloto.

Servo do governador

O servo do governador controla o fluxo de combustível com a função de ajustar a velocidade do motor, levando em consideração do CIT (Compressor Inlet Temperature) e as limitações operacionais do motor.

O servo do governador (Figura 3-50) atua sobre a válvula aceleradora através da ligação de multiaplicação, em conjunto com o servo de pressão do compressor.

Para uma discussão da operação do servo do governador, deverá ser assumido que a válvula servo de pressão do compressor é estacionária. O governador servo é uma válvula "lançadeira", que atua com alta pressão de combustível em uma pequena área da extremidade do servo de pressão da válvula piloto do governador de velocidade atuando na outra extremidade.

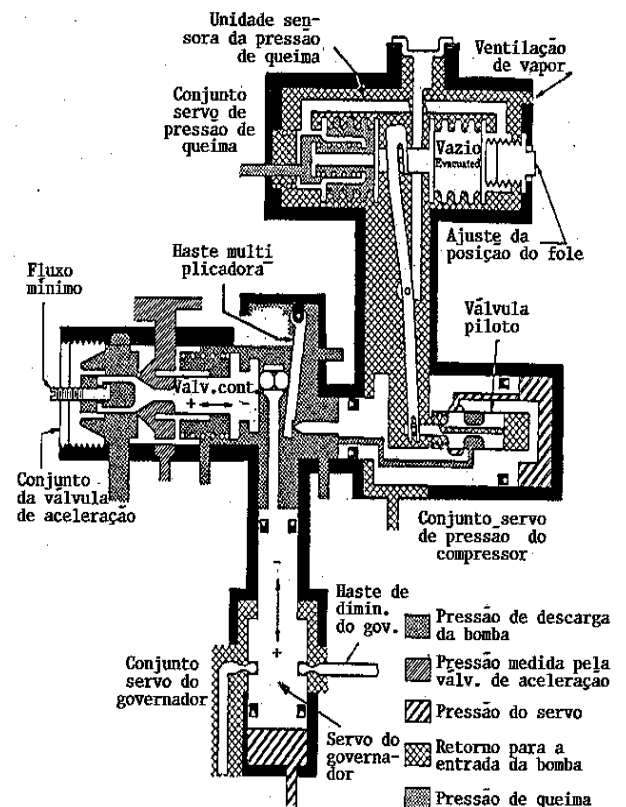


Figura 3-50 Sistema de computação.

Se, devido a mudança da pressão do servo, a força exercida através desta pressão na extremidade da área maior do governador servo é maior que aquela exercida pela alta pressão na extremidade oposta, o servo do governador move-se e, através da ligação de multiaplicação, mantém a válvula aceleradora para o curso em direção a diminuição de fluxo. Inversamente, se a força exercida pela pressão do servo é menor do que a exercida pela alta pressão, o governador servo se move e aciona a válvula aceleradora na direção de aumentar o fluxo. O fluxo de combustível do servo para o servo do governador é controlado por

- (1) governador de velocidade; e
- (2) pela válvula piloto limitadora de temperatura e "SURGE".

SISTEMA DE PROGRAMAÇÃO DE COMBUSTÍVEL

Regulagem do governador de velocidade

A regulagem do governador de velocidade (Figura 3-51) controla a posição do servo do governador, — ele é um governador tipo curva permanente centrífugo, acionado pelo rotor de alta velocidade do motor (N2), através de um

trem de engrenagens. Quando a velocidade do motor aumenta, os contrapesos centrífugos tendem a se mover para fora, levantando a válvula piloto de seu ajuste de velocidade. Inversamen-

te, quando a velocidade do motor diminui, os contrapesos centrífugos se movem para dentro e a válvula piloto é abaixada.

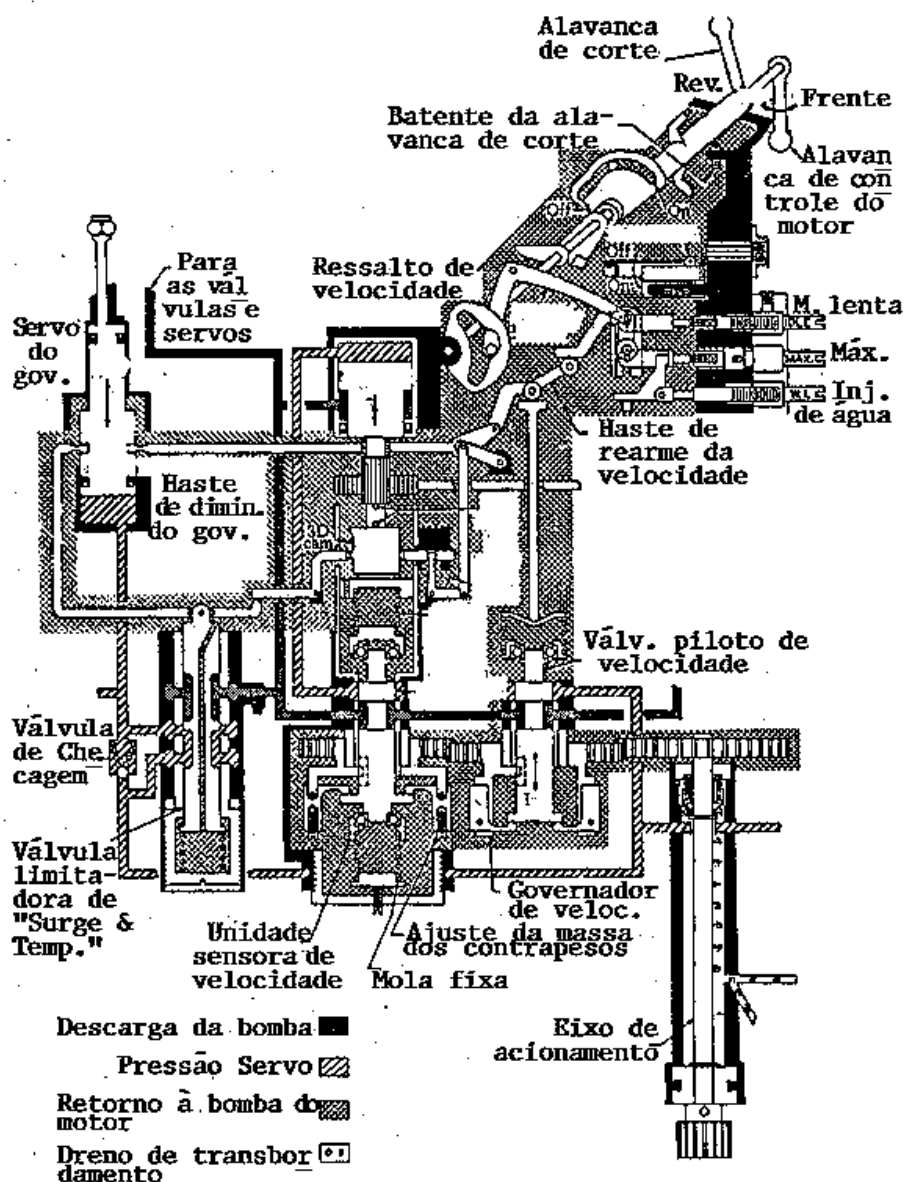


Figura 3-51 Sistema de programação.

A manete de tração na cabine de comando posiciona os ressaltos de ajuste de velocidade na unidade de controle de combustível, para manipular o sistema de manetes e, desse modo, controlar a compressão da mola de velocidade. Esta, exerce força na válvula piloto de regulação de velocidade.

A condição de "ON SPEED" indica que a força da mola de velocidade e a força dos contrapesos centrífugos estão iguais.

Quando a RPM excede àquela que a manete de tração ajustou, os contrapesos centrífugos do governador de velocidade se movem para fora, levantando a válvula piloto. Isto mede

o combustível de alta pressão para o servo do governador, através da válvula "OVERRIDE CHECK".

O servo se move para cima, causando a diminuição da razão combustível/ar. Como a posição do governador servo é alterada, a manete se move em torno do ponto de pivotamento. O movimento da manete altera a compressão da mola de velocidade, que força a válvula piloto, enquanto o "centrífugo" de RPM força o balançamento dos contrapesos, resultando na condição de equilíbrio "ON SPEED".

Inversamente, se a RPM do compressor de "ALTA" é mais baixa do que a demanda re-

guladora da manete de tração, os contrapesos se movem para dentro, permitindo a pressão do servo do governador drenar para a pressão de reforço. Isto permite que a alta pressão de combustível no terminal oposto do servo desloque-o para baixo, aumentando a razão combustível/ar.

O reposicionamento da manete altera a força da mola de velocidade.

Os contrapesos e a força da mola de velocidade irão novamente equilibrar para a condição "ON SPEED".

As condições operacionais não são constantes. Portanto, a posição da curva de equilíbrio pode mudar. (Esta curva é ilustrada na figura 3-47).

As características de declínio da regulação de velocidade do governador são utilizadas para prover novas regulagens - "ON SPEED". Por exemplo, a densidade do ar pode pressionar o compressor do motor, causando um decréscimo de velocidade. E, neste caso, a força dos contrapesos é menor do que a força da mola de velocidade, e a válvula piloto se move para baixo, aumentando o fluxo de combustível. Isto corrige a queda na RPM.

A manete diminui a força da mola de velocidade na válvula piloto. A manete ajusta levemente para baixo a RPM final, quando o sistema vai para "ON SPEED" para uma nova condição de equilíbrio.

As condições operacionais podem causar um aumento de velocidade no motor.

O fluxo de combustível é diminuído para esta condição, mas a manete reajusta o governador de velocidade para a condição "ON SPEED", e aumenta, ligeiramente, a RPM.

As características de declínio de curva indiretamente controlam a temperatura máxima da turbina através da limitação da RPM desta.

Partida

Durante a partida, um volume apropriado de combustível deve ser suprido, para assegurar que ela seja rápida e, durante algum tempo, mantenha as temperaturas na entrada da turbina dentro dos limites especificados.

Quando o motor parte, a manete de corte de combustível não é movida até aproximadamente 12 a 16% da RPM que é indicada no tacômetro. Nesta velocidade, a manete de corte é movida para a posição "ON". A velocidade de ignição está agora sendo obtida, mas o giro do

motor deve continuar até que o motor possa acelerar além da velocidade de auto sustentação.

Quando a manete de corte está sendo avançada para a posição "ON", os procedimentos de aceleração devem ser os seguintes: (1) a manete de tração deve ser levada para o aumento máximo do fluxo de combustível; e (2) o resalto de ajuste posiciona a haste de velocidade até que a mola do ajuste do governador seja comprimida além da força necessária, para contrabalançar a força centrífuga dos contrapesos.

Na partida, os contrapesos estão girando tão lentamente que a força da mola de velocidade é maior que a força dos contrapesos, e o ajuste de velocidade da válvula piloto é movido para baixo. Isto expõe a linha de pressão do governador servo para o dreno do corpo; e a alta pressão na extremidade oposta do servo do governador aciona o servo para baixo, aumentando o fluxo de combustível. Essa ação é representada pelos pontos 1 e 2 na figura 3-47.

Válvula de limite de temperatura e "surge"

A válvula limitadora (figura 3-51) sobrepuja a ação do governador de velocidade durante as rápidas acelerações, para assegurar que o "SURGE" e os limites operacionais de temperatura do motor não sejam excedidos.

A posição da válvula piloto limitadora é controlada através de uma haste. A haste é atuada pela posição do servo do governador, pela RPM do motor e pela temperatura de entrada do compressor.

Durante o estado de operação constante, uma passagem através da válvula limitadora está aberta entre o governador de velocidade e o governador servo, mantendo um fluxo de combustível com o qual o governador servo poderá ser controlado pelo governador de velocidade. Durante as rápidas acelerações, a válvula piloto limitadora é movida para restringir ou bloquear esta passagem.

A pressão é, deste modo, medida em torno do piso da válvula piloto limitadora, que deverá mover o servo do governador para controlar o fluxo de combustível numa razão máxima segura.

Quando o motor atingir a RPM ajustada, o governador de velocidade deverá dirigir o combustível de alta pressão para o servo do governador, para diminuir o fluxo de combustível.

Desde que a passagem através da válvula piloto limitadora possa ser bloqueada, uma válvula unidirecional é mantida para que o combustível em alta pressão possa ser derivado da passagem bloqueada, chegando ao governador servo, e diminuindo o fluxo de combustível para evitar um excesso de velocidade. Quando o servo do governador se move para diminuir o fluxo de combustível, a válvula piloto limitadora retornará à posição operacional de "STEADY STATE".

Ressalto tridimensional e unidade de translação

Os ressalto tridimensionais operam através de hastes para prover uma limitação de velocidade de "SURGE" para a válvula "SURGE", limitação de temperatura e uma entrada de força para a mola do governador de velocidade.

O ressalto 3D são realmente dois ressalto em um eixo comum.

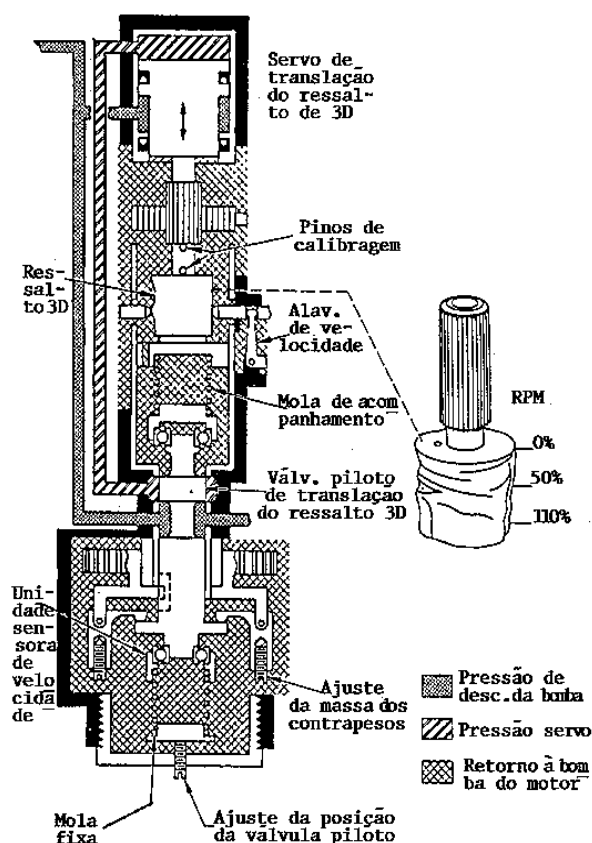


Figura 3-52 Unidade de translação e ressalto 3d.

Dois ressalto cilíndricos (CAMS) foram mecanizados em sua superfície. Uma superfície

cilíndrica inclinada posiciona a válvula "surge" e a limitadora de temperatura.

A outra superfície do ressalto não é usado no controle de combustível JFC-12-11. O ressalto 3D e a unidade de translação são mostradas na figura 3-52.

A RPM do motor é sentida pelos contrapesos centrífugos, e aciona a unidade sensível de velocidade através do motor por um trem de engrenagens.

A válvula piloto é balanceada entre uma mola fixa e as forças dos contrapesos.

Os contrapesos não movem o ressalto 3D diretamente, ele é posicionado através de outro ressalto 3D do servo de translação, conectado ao primeiro ressalto.

O servo do ressalto possui uma alta pressão de combustível (7 a 50 PSI), atuando em sua menor área durante todo tempo.

A área maior do servo do ressalto 3D, tanto é atuado para cima pela alta pressão do combustível da bomba do motor, ou é ventilado para o dreno do corpo de controle de combustível.

Quando a velocidade do motor aumenta, os contrapesos se movem para fora. A força dos contrapesos, mais a mola de retorno, movem a válvula piloto para baixo, comprimindo a mola fixa. A válvula piloto abre o porte da área maior do servo do ressalto 3D.

Quando a pressão do servo na câmara é direcionada para o dreno da cavidade do corpo, a alta pressão de combustível atua na área menor, levantando o ressalto do pistão do servo e o ressalto superior.

Como o ressalto se translada (move-se verticalmente), a força na mola de retorno é diminuída. Isto aumenta a força em cadeia, em oposição a força dos contrapesos. O resultado é que a própria válvula piloto retorna para a posição neutra, e o servo do ressalto pára de mover-se.

Quando a velocidade do motor é reduzida, a força fixa da mola força os contrapesos para dentro, permitindo que se desloque a válvula piloto para cima. Isto dirige a alta pressão de combustível para a câmara do servo do ressalto.

O servo e o ressalto se movem para baixo. Como o ressalto se movimenta, o aumento da força da mola de retorno traz para neutro a válvula piloto.

Proteção do motor contra disparo (*over-speed*)

Se o sinal de RPM para o controle de combustível é rompido, o ajuste de velocidade do governador deverá reagir através das condições existentes de baixa velocidade do motor. A mola de velocidade força a válvula piloto para baixo, e alija a pressão do servo do governador; este último solicita mais combustível, que tende a causar disparo do motor.

O ressalto 3D desloca a válvula piloto, que também é posicionada pelo sinal de RPM. Com o sinal de RPM interrompido, a mola fixa empurra a válvula piloto para cima.

Alta pressão de combustível é dirigida através da válvula piloto, e força o ressalto servo e o 3-D para baixo, na posição 0% de RPM. O ressalto circular de 0% de RPM provê um conhecido fluxo constante de combustível. Esta ação previne o programa de excesso de combustível, protegendo o motor contra disparo, se o acionamento do controle de combustível falhar.

Aceleração do motor

O programa de aceleração é mostrado nos pontos 4,5,6,7,8 e 9 na figura 3-47.

O posicionamento do servo do governador é similar àquele do programa de partida. Em "lenta", o motor é operado na extremidade esquerda da curva de equilíbrio do ponto quatro (4). Para iniciar a aceleração, a manete de tração na cabine de comando é movida na direção "TAKE OFF", causando um imediato salto no fluxo de combustível.

Quando a manete de tração é movida, o ressalto de ajuste aumenta a carga na mola de velocidade. Esse aumento causa um outro aumento de velocidade na válvula piloto do governador para mover-se para baixo, permitindo a pressão certa para dreno, da extremidade de área maior do servo do governador. A alta pressão na extremidade oposta força o servo do governador para baixo, aumentando a razão combustível/ar.

Esta ação é representada entre os pontos quatro e cinco (4 e 5).

O programa de combustível, durante a aceleração dos pontos cinco e oito (5 e 8), é similar para a operação discutida sobre a partida com a manete de potência ajustada em "lenta". Após o ponto oito (8), as características de de-

clínio do governador reduzem a razão combustível/ar, quando a velocidade do compressor aumenta até que a operação de equilíbrio é alcançada no ponto nove (9).

Desaceleração do motor

Quando a desaceleração é desejada, a manete de potência na cabine de comando é retardada, reduzindo a compressão na mola de velocidade.

A válvula piloto de velocidade do governador se move para cima (da força centrífuga); e alta pressão de combustível é dirigida para o lado de baixo do servo do governador através da válvula "unidirecional". O governador servo é movido para cima à razão mínima, representado pelo ponto dez (10) na figura 3-47. O fluxo de combustível do ponto dez/onze (10/11) é determinado pela posição do servo de pressão do compressor.

A pressão de queima programa o fluxo de combustível como se o motor perdesse RPM, continuando até que a própria válvula aceleradora se encaminhe contra o batente de fluxo mínimo, onde ela pode fechar sem problema.

Esses são os pontos onze e doze na curva (11 e 12). O limite de fluxo mínimo representa a condição mínima de auto sustentação do motor. A razão combustível/ar mínima é projetada para evitar o apagamento por pouco combustível nas áreas.

SISTEMA DE REARME COM INJEÇÃO DE ÁGUA

Em dias quentes, a tração é reduzida por causa da diminuição na densidade do ar. Isto pode ser compensado através da injeção de água na entrada do compressor ou no alojamento do difusor; baixando a temperatura e aumentando a densidade do ar.

Um contator (Micro Switch) no controle de combustível é atuado pelo eixo de controle, quando a manete de tração é movida para posição de tração máxima.

A injeção de água reajusta a velocidade do servo (figura 3-53), recalibrando a velocidade ajustada para valores mais altos durante a injeção de água.

Sem este ajustamento, o controle de combustível iria diminuir a RPM para que ne-

nhum adicional de tração fosse realizado durante a injeção.

de controle de combustível é atuada. Quando a água é disponível, uma porção é direcionada para o reajuste de velocidade do servo.

MANUTENÇÃO DO CONTROLE DO COMBUSTÍVEL DOS JATOS

O reparo do controle do jato de combustível é muito limitado. Os reparos permitidos na pista são de substituição do controle e ajustes após serviços. Esses ajustes são limitados para a RPM de lenta e ajustes de velocidade máxima, comumente chamada "*TRIMMING*" do motor. Ambos os ajustes são feitos no limite normal de operação.

Durante o "*Trimming*" do motor, o controle de combustível é verificado quanto a RPM de lenta, máxima, aceleração e desaceleração. Os procedimentos usados para verificar o controle de combustível variam, dependendo do avião e da instalação do motor.

O motor é "ajustado" de acordo com os procedimentos do manual de manutenção, ou revisão, para cada motor em particular. Em geral, o procedimento consiste na obtenção da temperatura do ar ambiente e da pressão barométrica na pista (não ao nível do mar). Deve-se obter a temperatura real, lida e comparada, do ar que deverá entrar no motor. Usando essas leituras, a pressão de descarga da turbina desejada, e lida, é computada de cartas publicadas no manual de manutenção.

O motor é operado em tração máxima (ou no controle de combustível no batente de "*TRIM*") por um período suficiente de tempo, para assegurar-se que está completamente estabilizado.

Cinco minutos é o período usualmente recomendado para a estabilização. Uma verificação deve ser feita para se assegurar de que as válvulas de sangria de ar do compressor estão totalmente fechadas, e que todos os acessórios acionados por sangria de ar (como a curva "*TRIM*") não estão sendo corrigidos.

Quando o motor estiver estabilizado, uma comparação é feita, a pressão de descarga da turbina (ou EPR) é computada para determinar o volume aproximado de calibragem necessária.

Se uma calibragem é necessária, o controle de combustível do motor é então ajustado

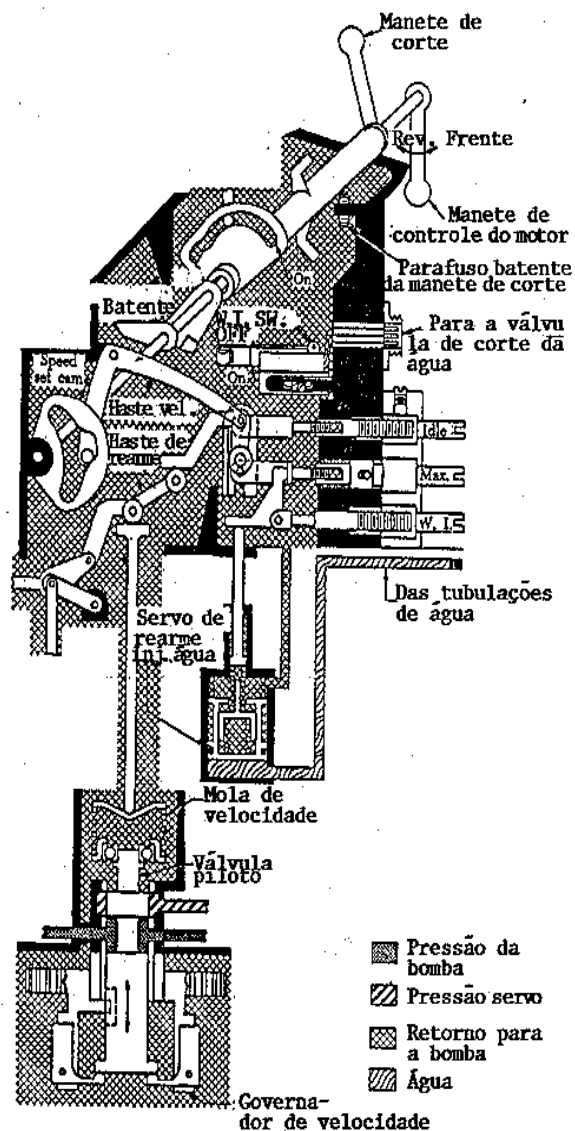


Figura 3-53 Sistema de rearme com injeção de água.

O servo é uma válvula "*SHUTTLE*" que é atuada para cima pela pressão de água durante a injeção de água.

O movimento do servo desloca uma manete na operação da haste de ressalto para a mola de velocidade no governador, aumentando a força da mola e a calibragem.

Devido a resultante RPM ser maior enquanto a água está fluindo, o aumento da tração durante a injeção da água é assegurado.

Se o sistema de injeção de água não é armado na cabine de comando, ou, se não houver disponibilidade de água, nada acontece quando a chave de injeção de água na unidade

para obter a pressão de descarga da turbina de-sejada, ou "EPR", no manômetro. Imediatamente, seguindo o ajuste do controle de combustível, a leitura do tacômetro é observada e gravada. O fluxo de combustível e as leituras de temperatura dos gases de descargas também devem ser medidos.

Nos motores Pratt and Whitney, que usam compressor duplo, é observado a leitura do tacômetro de N2, em seguida corrigido pela velocidade parcial por meios da curva de temperatura/RPM.

A observação da leitura do tacômetro é dividida pela velocidade percentual do "TRIM" obtida da curva. O resultado é um novo ajuste de velocidade em percentagem do motor, corrigido para a temperatura do dia STANDARD (59F ou 15°C). A nova velocidade de ajuste na RPM pode ser calculada, quando a RPM lida no tacômetro for 100%.

Esse valor pode ser obtido no manual do motor apropriado. Se todos estes procedimentos tiverem sido concluídos satisfatoriamente, o motor foi calibrado.

O ajuste fino do motor deve sempre ser conduzido sob condições precisas e controladas, com o avião virado para o vento. O controle preciso é necessário para assegurar a manutenção de nível mínimo de tração sobre a qual o desempenho do avião é baseado.

Em adição, o controle preciso do ajuste fino do motor contribui para melhorar em termos, como o máximo tempo entre revisões e o tempo mínimo fora de operação, devido as necessidades de manutenção do motor. Motores jamais devem ser ajustados se existirem condições de gelo.

COMPONENTES DO SISTEMA DE COMBUSTÍVEL DO MOTOR

Bombas principais de combustível (acionadas pelo motor)

As bombas principais de combustível liberam um suprimento contínuo, a uma pressão apropriada em todo o tempo durante a operação do motor do avião.

As bombas de combustível, acionadas pelo motor, devem ser capazes de liberar o máximo de fluxo necessário em alta pressão, para

obter um jato satisfatório no injetor, assim como apurada regulagem de combustível.

As bombas de combustível para motores turbojato são geralmente do tipo engrenagem e de descarga, positiva ou pistão.

O termo descarga positiva (Positive Displacement) significa que a engrenagem, ou o pistão, deverão suprir uma quantidade fixa de combustível para o motor a cada revolução das engrenagens da bomba ou cada golpe do pistão.

Essas bombas de combustível podem ser divididas em duas categorias distintas de sistema: descarga constante; e descarga variável. O seu uso depende da regulagem do fluxo de combustível para o controle.

Isto tanto pode ser uma válvula de alívio de pressão (unidade barométrica) para uma descarga constante das bombas (tipo engrenagem) como um método para regular a saída do combustível nas bombas de descarga variável (tipo pistão).

Bomba de descarga constante

As bombas tipo engrenagem possuem aproximadamente a mesma característica nas linhas de fluxo, onde houver necessidade de flutuação de combustível em condições de vôo ou ar ambiente.

Portanto, a bomba de capacidade adequada a todas as condições operacionais dos motores deverá ter excesso de capacidade acima do limite de operação.

Esta é a característica que requer o uso de uma válvula de alívio de pressão para descarregar o excesso de combustível. Uma típica bomba tipo engrenagens, de descarga constante, é ilustrada na figura 3-54. O impelidor, que é acionado a uma maior velocidade que os elementos de alta pressão, aumentam a pressão do combustível de 15 a 45 PSI, dependendo do aumento da velocidade do motor. O combustível é descarregado do elemento da bomba (impelidor) para a engrenagem dos elementos de alta pressão.

Cada um desses elementos descarrega combustível através de uma válvula unidirecional para um porte de descarga comum. Os elementos de alta pressão liberam aproximadamente 51 "galões" por minuto a uma pressão de descarga de 850 PSIG.

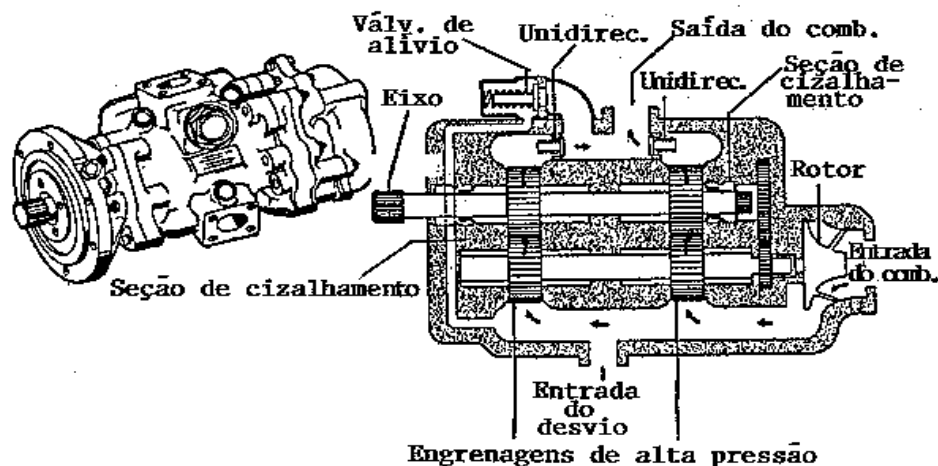


Figura 3-54 Bomba de combustível acionada pelo motor.

Seções de lâminas são incorporadas no sistema de acionamento de cada elemento. Deste modo, se um elemento falhar o outro continua a operar. A válvula unidirecional previne a circulação através do elemento inoperante. Um elemento pode suprir combustível suficiente para manter velocidades moderadas do avião.

Uma válvula de alívio é incorporada no porte de descarga da bomba. Essa válvula abre com aproximadamente "900 PSI", e é capaz de derivar o total do fluxo as "960 PSI". Isto permite que o excesso de combustível necessário para a operação do motor seja recirculado. A derivação do combustível é dirigida para o lado de entrada dos dois elementos de alta pressão.

Bomba de descarga variável

O sistema da bomba de descarga variável difere do sistema de descarga constante. A descarga da bomba é trocada para manter a variação necessária no fluxo de combustível; isto é, a quantidade de combustível descarregada da bomba pode ser feita para variar em qualquer velocidade.

Com uma bomba de fluxo variável, a aplicação da unidade de controle de combustível pode, automática e precisamente, regular a pressão da bomba e liberar para o motor.

Onde as bombas de descarga variáveis são instaladas, duas bombas similares são necessárias, conectadas em paralelo. Cada uma pode transmitir a pressão, se a outra em paralelo falhar durante as operações normais. Neste tempo, uma bomba pode ser insuficiente para manter a força necessária.

A duplicação das bombas aumenta a segurança em operação, especialmente durante as decolagens e pousos.

Na descarga positiva, a bomba tipo impacto variável incorpora um rotor, um pistão, um governador de velocidade máxima, e o mecanismo da válvula de alívio.

Aquecedor de combustível

O sistema de combustível de motores de turbina a gás são muito suscetíveis a formação de gelo nos filtros de combustível.

Quando o combustível nos tanques do avião resfriarem a 32°F, ou abaixo, a água residual do combustível tende a congelar quando está em contato com a tela do filtro.

O aquecedor de combustível (*Fuel Heater*) opera como um trocador de calor. O aquecedor pode usar ar sangrado ou óleo de lubrificação do motor como fonte de aquecimento.

Este tipo de formação é chamado um trocador "ar para líquido", e o último tipo é conhecido como trocador de "líquido para líquido".

A função do aquecedor é proteger o sistema de combustível do motor da formação de gelo. Contudo, estando o gelo formado, o aquecedor pode também ser usado para descongelar a tela do filtro de combustível.

Em algumas instalações, o filtro de combustível é equipado com uma chave de alarme de queda de pressão, que ilumina uma luz de aviso no painel de instrumentos da cabine de comando. Se o gelo começar a se formar na superfície do filtro, a pressão através dele deverá lentamente cair.

Quando a pressão chegar a um valor pré-determinado, a luz de aviso acenderá. Os sistemas de degelo de combustível são projetados para serem usados intermitentemente. O controle do sistema pode ser manual, através de uma chave na cabine de comando, usando um ele-

mento sensível termostático no aquecedor de combustível, para abrir ou fechar o ar ou a válvula de corte do óleo. O aquecedor de combustível que tem operação automática é ilustrado na figura 3-55.

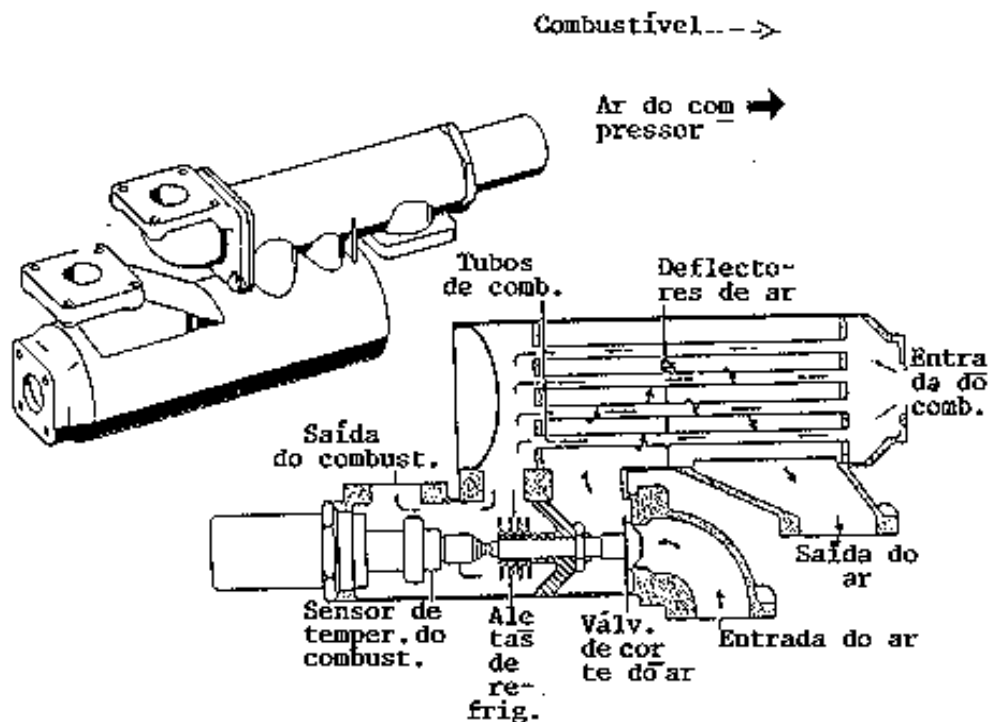


Figura 3-55 Aquecedor de combustível.

Filtros de combustível

Um filtro de baixa pressão é instalado entre o suprimento dos tanques e o sistema de combustível do motor, para proteger a bomba de combustível acionada pelo motor e vários outros mecanismos de controle. Um filtro adicional de alta pressão é instalado entre a bomba e o controle de combustível, para proteger o controle de contaminações.

Os três tipos mais comuns de filtros em uso são: o micro filtro, filtro de tela tipo colméia, e o filtro tipo malha peneira. O uso individual de cada um desses filtros é ditado pela necessidade do tratamento de filtração em cada lugar.

O micro filtro (Figura 3-56) tem a maior ação de filtração de qualquer tipo de filtro até o presente momento e, como o nome diz, a razão é em "MICRONS" (um micron é a milésima parte de um milímetro). A porosidade do material de celulose, frequentemente usado na construção dos cartuchos filtros, é capaz de remover material estranho medindo de 10 a 25 MICRONS. As pequenas passagens tornam este

tipo de filtro de fácil obstrução; por este motivo, uma válvula de derivação (Bypass) é necessária como fator de segurança.

O papel do microfiltro é fazer um trabalho completo de remoção de material estranho, especialmente necessário entre o tanque de combustível e o motor.

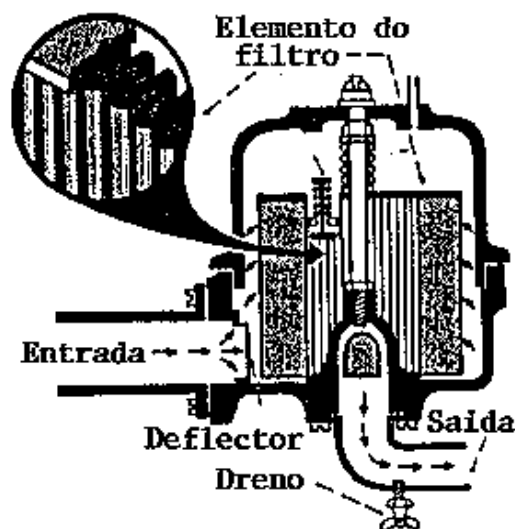


Figura 3-56 Filtro de combustível do avião.

O material de celulose (Papel) também absorve água, prevenindo que esta passe através das bombas. Se a água conseguir passar através do filtro, que acontecerá quando o filtro começar a ser saturado com água, ela pode, e causará, rápido dano ao elemento de trabalho da bomba e da unidade de controle (desde que estes elementos dependam somente do combustível para sua lubrificação).

Para reduzir os danos produzidos pela água nas bombas e unidades de controle, periodicamente é imperativa a verificação e substituição dos elementos do filtro. Se, diariamente o combustível dos alojamentos dos tanques e dos filtros de baixa pressão for drenado muitos problemas com filtros serão eliminados. Não se pode deixar de prevenir a manutenção indevida das bombas e unidades de controle de combustível.

A maior grandeza (capacidade filtrante), usada nos filtros, é a malha 200 e a de 35 MICRONS. Elas são usadas nas bombas e controle de combustível; e, entre a bomba e o controle de combustível, onde a remoção de partículas de tamanho micrométricas for necessária. Esses filtros, usualmente feitos de uma fina malha de fio de aço, são uma série de camadas.

O filtro tipo colméia (Figura 3-57) possui um elemento substituível, que é feito em discos de camada de tela de bronze, latão, aço ou material similar. Esse tipo de filtro é capaz de remoção de partículas tamanho micrométricas, e também possui resistência para alta pressão. O filtro tipo tela de malha é o mais comum, usado em motores de combustão interna para todos os tipos de combustível e de óleo.

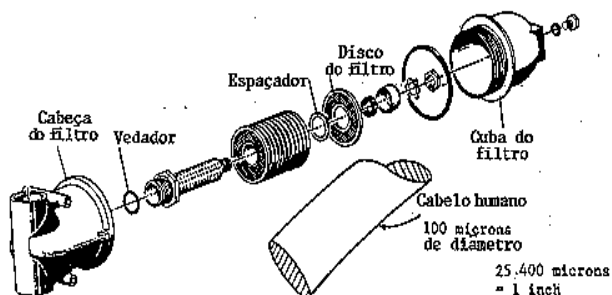


Figura 3-57 Filtro colméia.

Hoje em dia, motores turbojato estão usando esse filtro em unidades onde a ação filtrante não é muito crítica, assim como em linhas

de combustível antes dos filtros das bombas de alta pressão.

O tamanho da malha deste tipo de filtro varia de acordo com o propósito para o qual este será usado.

Injetores de combustível e duto principal de combustível

Embora os injetores de combustível sejam uma parte integral do sistema, seu projeto é rigorosamente ligado ao tipo de câmara de combustão, na qual eles serão instalados.

Os injetores levam combustível à área de combustão em alta atomização, para que a queima seja completada igualmente, no menor tempo e espaço possível.

É muito importante que o combustível seja igualmente distribuído e melhor centrado na área da chama com os queimadores. Isto é para excluir a formação de qualquer ponto quente nas câmaras de combustão, e para prevenir e expansão da chama através da câmara.

Os tipos de injetores de combustível variam consideravelmente entre os motores, embora a maior parte do combustível seja injetado na área de combustão sob pressão, através de pequenos orifícios nos injetores. Os dois tipos de injetores de combustível geralmente usados são das configurações simples e a dupla.

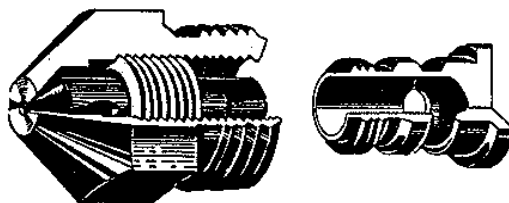


Figura 3-58 Injetor simples.

O injetor duplo usualmente requer um duto duplo e uma válvula pressurizadora ou divisora de fluxo, para dividir os fluxos primário e principal, mas o injetor simples requer apenas um duto simples para liberação adequada de combustível.

Os injetores de combustível podem ser construídos para serem instalados de várias maneiras. Os dois métodos usados frequentemente são: (1) montagem externa, onde a espera de montagem é providenciada para fixação dos injetores no alojamento ou no cotovelo de entrada de ar com o injetor próximo ao domo; ou

(2) montagem interna na linha do domo, no qual a cobertura do alojamento da câmara deve ser removida para a substituição ou manutenção do injetor.

Injetor de combustível simples

O injetor de combustível simples foi o primeiro tipo de injetor usado em motores turbojato, e foi substituído em muitas instalações pelo injetor duplo, que proporcionava melhor atomização nas partidas e em velocidades lentas.

O injetor simples (figura 3-58) está sendo usado para uma determinada condição, ele consiste de um bico injetor, um inseridor, e um filtro feito de uma fina malha de tela e um suporte.

Injetor duplo de combustível

O injetor duplo de combustível é o injetor mais usado em motores de turbina a gás. Como mencionado anteriormente, seu uso requer uma divisora de fluxo, mas ao mesmo tempo ele oferece uma atomização desejável, para a combustão ao redor de uma larga faixa de pressões de operação. Um injetor deste tipo é ilustrado na figura 3-59.

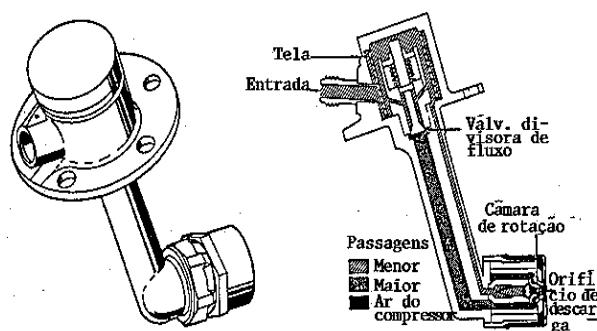


Figura 3-59 Injetor de combustível duplo.

Divisor de fluxo

Um divisor de fluxo em cada injetor cria um suprimento de combustível primário e secundário, os quais são descarregados separadamente, e os bicos e atomizadores concêntricos, desse modo, proporcionando uma atomização no ângulo adequado para todos os fluxos de combustível.

O combustível chega na entrada do injetor e passa através da tela.

A passagem furada no injetor mantém a direção do combustível através da segunda tela dentro da câmara primária.

Os portes de entrada para a câmara são furados para causar uma mudança brusca na direção do combustível ao entrar na câmara, conferindo um movimento rotativo para o combustível.

O movimento rotativo do combustível estabelece o ângulo e ajuda a atomização do combustível para melhor combustão. O combustível da câmara é descarregado através do bico primário do atomizador para dentro da câmara de combustão.

Princípio de operação

Quando a pressão do combustível atingir aproximadamente 90 PSIG, ela abre o divisor de fluxo, e o combustível é direcionado para dentro da segunda passagem furada na haste. O combustível da passagem secundária é direcionado para dentro da câmara.

O combustível rotativo da câmara secundária é descarregado, através do bico injetor secundário, para dentro da câmara de combustão. A figura 3-60 ilustra um atomizador de um típico injetor duplo.

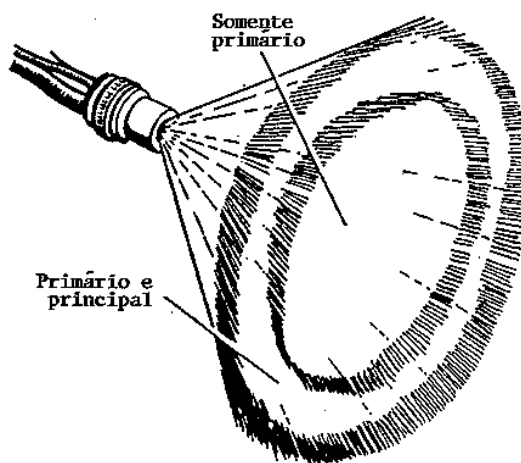


Figura 3-60 Jato do injetor duplo.

Uma pequena quantidade de ar é jogada para fora da massa de ar principal pela estrutura ao redor do bico injetor, para refrigerar. Em adição, o fluxo de ar de refrigeração ajuda a combustão pelo retardamento da acumulação dos depósitos de carvão na face do injetor, e, por providenciar, algum ar para a combustão, o qual ajuda a conter o fogo no centro da câmara.

Válvula pressurizadora e de drenagem

A válvula pressurizadora de combustível é usualmente necessária em motores que possuem injetores de combustível duplo, para dividir o fluxo para dentro dos dutos primário e principal.

Nos fluxos de combustível, necessários para a partida e marcha lenta de vôo, todo o combustível passa através da linha primária. Quando há o aumento do fluxo de combustível, a válvula começa a abrir para a linha principal, até que o fluxo máximo da linha esteja passando aproximadamente 90% de combustível.

As válvulas de pressurização de combustível deverão, usualmente, apanhar o combustível na parte fronteira do duto principal, dando um corte positivo.

Este corte previne que o combustível fique gotejando no duto principal e, através das injetoras de combustível, eliminando o maior grau de pós-queima e carbonização dos injetores de combustível.

A carbonização ocorre porque as temperaturas na câmara de combustão se tornam mais baixas, e o combustível não é completamente queimado.

Um típico exemplo deste arranjo na válvula pressurizadora e "DUMP" é usado no motor "PRATT and WHITNEY J.T3". Esta válvula executa duas funções maiores, como indicado através de seu nome: (1) durante a operação do motor ela divide o fluxo de combustível medido em duas porções, primário e secundário, como requerido para a atomização nos injetores de combustível; (2) no corte do motor provê um sistema de drenagem que conecta o duto principal de combustível para um dreno no exterior.

Um divisor de fluxo executa, essencialmente, a mesma função que a válvula pressurizadora. Isto não é raro para unidades que executam funções idênticas para terem diferente nomenclatura entre motores.

Válvulas dreno

As válvulas dreno são unidades usadas para drenagem de combustível de vários componentes do motor, onde o combustível acumulado é mais propenso a apresentar problemas na operação.

É um problema, com risco de fogo, a possibilidade de acumulação na câmara de

combustão; outro problema é o depósito de borra depois da evaporação, em alguns lugares como: duto principal e injetores de combustível.

Em alguns instantes, o duto principal de combustível é drenado através de uma unidade individual, conhecida como válvula "DRIP" ou "DUMP". Este tipo de válvula pode operar através da pressão diferencial, ou também pode ser operada por solenóide.

A válvula dreno da câmara de combustão drena todo combustível que se acumula na câmara após cada parada do motor; ou drena combustível que foi sendo acumulado durante uma falsa partida. Se a câmara de combustão é tipo caneca, o combustível será drenado pela gravidade através dos tubos de chama ou tubos interconectores, até serem colhidos da parte inferior da câmara, onde são fixados com linhas para a válvula dreno.

Se a câmara de combustão é do tipo anular, o combustível deverá simplesmente drenar através dos orifícios de ar na câmara, e acumular no reservatório na parte inferior do alojamento, que está conectado para a linha dreno.

Depois que o combustível acumula na linha, a válvula dreno o mantém para ser drenado, —quando a pressão dentro do duto principal ou nos queimadores houver sido reduzida para perto da pressão atmosférica.

É imperativo que esta válvula seja mantida trabalhando em boas condições, para drenar o combustível acumulado em cada parada do motor.

De outro modo, uma partida quente, durante a próxima tentativa, ou uma pós-queima, depois do corte, é possível que ocorra.

UNIDADE INDICADORA DE QUANTIDADE DE COMBUSTÍVEL

As unidades de quantidade de combustível variam de uma instalação para outra. Um contador ou indicador de combustível, montado no painel de instrumento, é eletricamente conectado a um medidor de fluxo instalado na linha de combustível do motor.

O contador de combustível, ou totalizador, é similar em aparência a um odômetro de automóvel. Quando o avião é abastecido, o contador é manualmente ajustado para o número total de libras de combustível em todos os tanques.

Quando o combustível passa através do elemento medidor do indicador de fluxo, ele envia impulsos elétricos para o contador de combustível. Esses impulsos atuam o mecanismo do contador de combustível, a fim de que o número de libras, que passa para o motor, seja subtraído da leitura original.

Desse modo, o contador mostra continuamente a quantidade total de combustível, em libras, remanescente no avião. Contudo, existem certas condições que poderão fazer com que a indicação do contador de combustível não seja confiável.

Qualquer jateamento de combustível é indicado no contador, e considerado disponível para o uso. Qualquer combustível que vaze do tanque, assim como o montante da linha de combustível do medidor de fluxo, não são contados.

INJEÇÃO DE ÁGUA

A sensibilidade dos motores a turbina para com a temperatura de entrada do compressor, resulta em uma apreciável perda de tração disponível, ou força no alojamento do motor a jato, em um dia quente.

Em alguns momentos, é necessário o aumento da tração de saída. A injeção de água é um meio de aumentar a tração do motor. Isto reduz as temperaturas da seção quente, e o fluxo de combustível pode ser aumentado, obtendo-se grande tração por este meio.

O aumento de tração é particularmente desejável na decolagem, quando um motor de avião é solicitado para a maior resposta de força. Por isso, o sistema de injeção de água é projetado para funcionar apenas em alta tração do motor. O efeito sobre a tração do motor depende do tipo de refrigerante usado, a proporção dos ingredientes, e a quantidade do fluxo do refrigerante.

Para uma refrigeração efetiva, um líquido com uma alta temperatura de vaporização é necessário. A água é o refrigerante mais desejado. O álcool é adicionado ocasionalmente em variadas proporções, para baixar o ponto de congelamento do refrigerante ou para eliminar a necessidade de um enriquecimento, separado da mistura de combustível, que pode ser necessário se apenas água pura for usada.

Quando o álcool é adicionado, algum pequeno volume adicional de tração pode ser pro-

duzido com sua queima. Contudo, a eficiência da combustão do álcool é normalmente baixa.

O valor de aquecimento do álcool metílico ou etílico é apenas em torno da metade do querosene ou gasolina.

A maior parte do fluxo da mistura álcool/ar não passará pela zona de combustão, onde as temperaturas são bastante altas para suportar eficientemente a combustão da fraca mistura álcool/ar. Poucos motores usam injeção de água atualmente.

Operação do sistema de injeção de água

Um típico sistema duplo de injeção de água é ilustrado na figura 3-61.

O sistema duplo significa, atualmente, dois sistemas independentes. Um sistema injeta água na seção de entrada do compressor do motor; e a potência é grandemente aumentada através do efeito do aumento da massa do fluxo de ar.

O outro sistema injeta água dentro do alojamento do difusor do motor. Este sistema aumenta consideravelmente a tração através do princípio de refrigeração, que permite altos fluxos de combustível.

O sistema de injeção de água é projetado para operação dupla, em temperaturas ambientes acima de 5°C (40°F).

Em temperaturas acima de 5°C, a injeção na entrada do compressor não deve ser usada por causa do perigo da entrada de gelo que poderá ocorrer.

A água do sistema do tanque do avião é dirigida para as duas válvulas de corte, que governam o fluxo para os dois controles de injeção de água.

As válvulas de corte são armadas através da atuação de uma chave na cabine de comando. A(s) válvula(s) seletora(s) abrem ou fecham no momento que um sinal elétrico da chave do controle de injeção de água for recebido.

Com a manete de tração avançada para a posição de decolagem, a chave de controle de injeção de água supre um sinal "OPEN" para a(s) válvula(s) de corte selecionadas. Inversamente, quando a manete de tração é retardada abaixo do ponto de acionar a água, a chave supre um sinal "CLOSE" para a(s) válvula(s) de corte. Da válvula de corte aberta flui a água para os controles de injeção.

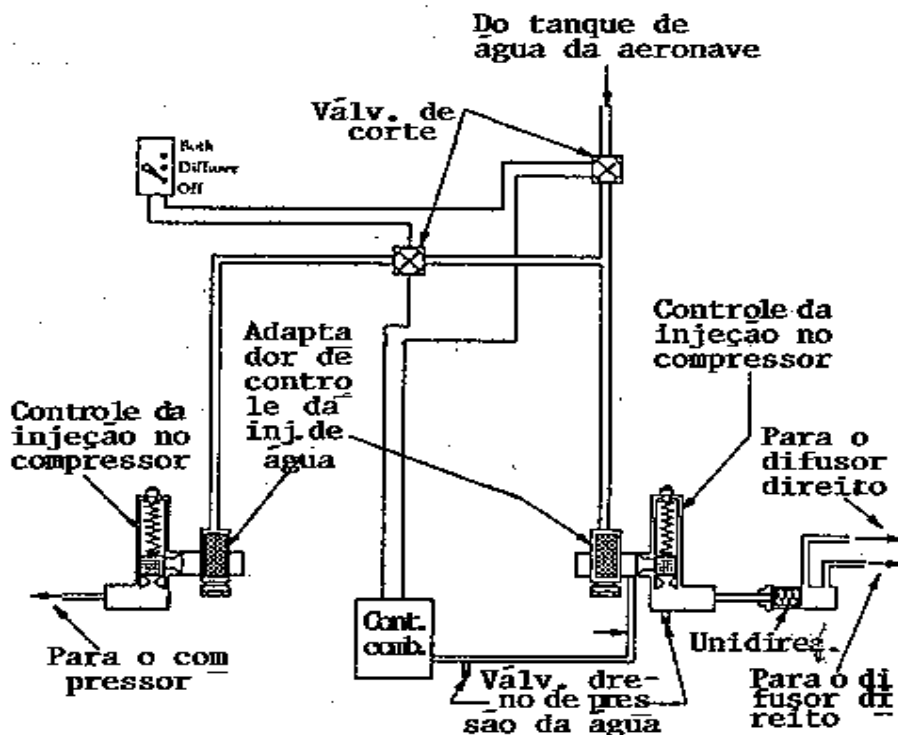


Figura 3-61 Sistema típico de injeção de água

Desde que o sistema de injeção de água seja usado apenas quando a tração estiver ajustada para o máximo, ou perto do máximo, os controles não fazem variação nem medem o fluxo de água. Em lugar disto, eles mantêm uma pressão constante de saída através de um orifício fixo, deste modo mantendo o fluxo de água constante para o motor. A água do controle de injeção da entrada do compressor é direcionada para um duto principal, e atomizada diretamente dentro do compressor neste ponto.

Do controle do alojamento do difusor a água passa através de uma válvula unidirecional

e, é então, direcionada para um duto principal divisor, do qual é atomizada dentro do alojamento do divisor.

Quando o sistema de injeção de água não está em uso, a válvula unidirecional também não estará, prevenindo que o ar com alta temperatura de descarga do compressor retorne pela tubulação do sistema de injeção de água.

Válvulas dreno, localizadas abaixo das válvulas de corte de água, drenam as linhas de água do motor quando o sistema de injeção é desligado; desse modo, evitando que a água congele nestas linhas.

SISTEMAS DE IGNIÇÃO E ELÉTRICO DO MOTOR

INTRODUÇÃO

Os requisitos básicos para o sistema de ignição de motores de combustão interna são sempre os mesmos, independente do tipo de motor envolvido ou do feitiço dos componentes do sistema.

Esse sistema deve liberar uma centelha de alta energia para cada cilindro do motor na sequência de ignição, com um número de graus de avanço predeterminado em relação ao ponto morto alto do pistão.

A voltagem de alimentação do sistema deve ser suficiente para garantir a ocorrência do centelhamento entre os eletrodos da vela, sob todas as condições de operação.

O sistema de ignição dos motores a reação é operado apenas durante o ciclo de partida do motor, sendo, portanto, menos complexo e estando sujeito a um menor número de problemas em comparação com os sistemas de ignição dos motores convencionais.

SISTEMA DE IGNIÇÃO DO MOTOR ALTERNATIVO

O sistema de ignição pode ser dividido em duas classes: ignição por bateria ou ignição por magneto. O sistema é também classificado como: simples ou de ignição dupla.

O sistema simples consiste em um magneto e fiação associada. Esse sistema foi usado em muitos motores pequenos de baixa rotação; atualmente é mantido em uso em pequenos motores de cilindro opostos de aeronaves.

SISTEMA DE IGNIÇÃO POR BATERIA

Poucas aeronaves ainda utilizam o sistema de ignição por bateria, onde o suprimento de energia elétrica provém de uma bateria ou de um gerador, ao invés do magneto.

Esse sistema é similar ao utilizado na maioria dos automóveis. Um excêntrico, acionado pelo motor, comanda a abertura de um contato elétrico diversas vezes para interromper o fluxo de corrente da bobina primária de um transformador. O resultado do colapso do campo magnético induz uma alta voltagem na bobi-

na secundária, a qual é direcionada por um distribuidor para o cilindro apropriado. A figura 4-1 mostra o esquema simplificado deste sistema.

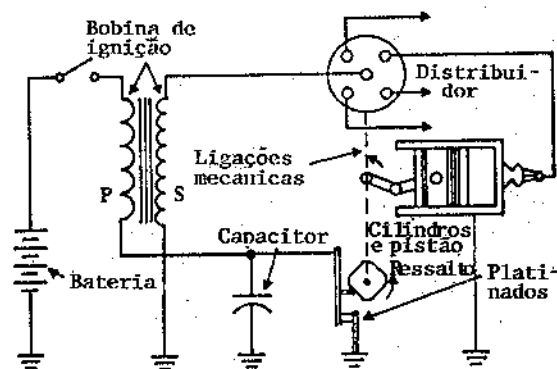


Figura 4-1 Sistema de ignição por bateria.

PRINCÍPIOS DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE IGNIÇÃO POR MAGNETO

O magneto, um tipo especial de gerador de corrente alternada acionado pelo motor, usa um ímã permanente como fonte de energia. Ele desenvolve alta voltagem, forçando uma centelha que salta entre os eletrodos da vela em cada cilindro. Sua operação está sincronizada com o motor, de maneira que a centelha ocorra somente quando o pistão estiver no curso apropriado em um específico número de graus do eixo de manivelas, antes do ponto morto alto.

O sistema de ignição por magneto nos aviões pode ser classificado como: sistema por magneto de baixa ou de alta tensão.

O de baixa tensão (que será comentado posteriormente) gera uma baixa voltagem que é distribuída para uma bobina de transformador, próximo de cada vela, eliminando assim alguns problemas inerentes ao sistema de alta tensão.

O sistema por magneto de alta tensão é o mais antigo dos dois e, desprezando algumas desvantagens, ainda é o mais largamente usado na aviação.

Sistema por magneto de alta tensão

O sistema por magneto de alta tensão pode ser dividido, para efeito de discussão, em três circuitos distintos; são eles: o circuito magnético, o circuito elétrico primário e o circuito elétrico secundário.

O circuito magnético consiste em um ímã permanente rotativo de múltiplos pólos, um núcleo de ferro doce, e sapatas polares.

O ímã é acionado pelo motor, e gira na folga entre as sapatas polares, para fornecer linhas magnéticas de força (fluxo), necessárias para produzir uma voltagem elétrica. Os pólos do ímã estão arranados com polaridades alternadas, de modo que o fluxo magnético consiga, saindo do pólo norte, passar através do núcleo de ferro doce, retornando ao pólo sul.

Quando o ímã está na posição mostrada em "A", da figura 4-2, o número de linhas de força através do núcleo da bobina é máximo, porque os dois pólos, magneticamente opostos, estão perfeitamente alinhados com os pólos da ferradura.

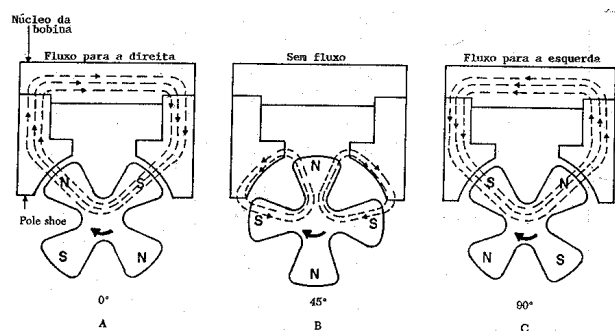


Figura 4-2 Fluxo magnético nas três posições do ímã rotativo.

Essa posição do ímã rotativo é chamada de "capacidade plena". Ela produz o número máximo de linhas de força magnética no sentido horário através do circuito magnético, partindo da esquerda para a direita do núcleo.

Conforme o ímã vai saindo da posição de capacidade plena, a quantidade de fluxo através do núcleo vai diminuindo. Isso ocorre devido os pólos do ímã serem afastados das sapatas polares, permitindo que apenas parte das linhas de fluxo passem através do núcleo.

Quanto mais o ímã se afasta da posição de capacidade plena, mais e mais linhas são curto-circuitadas através das extremidades das sapatas. Finalmente, na posição neutra (45° da posição de capacidade plena), todas as linhas estarão curto-circuitadas, e não haverá fluxo através do núcleo da bobina ("B" da figura 4-2).

Conforme o ímã gira de 0° para 45°, o número de linhas de fluxo através do núcleo da bobina diminui, da mesma maneira como ocorre

o colapso gradual do fluxo do campo magnético de um eletroímã comum.

A posição neutra é aquela onde um dos ímãs permanentes encontra-se entre as sapatas polares. Como o ímã gira no sentido horário, as linhas de fluxo que haviam sido curto-circuitadas nas extremidades da ferradura começam a fluir novamente através do núcleo da bobina. Entretanto, desta vez, as linhas fluem no sentido contrário, conforme é mostrado em "C" da figura 4-2.

A inversão do fluxo se deve ao fato de que o ímã, saindo da posição neutra, deixa o pólo norte em frente à sapata direita em vez da esquerda. (Ilustrado em "A" da figura 4-2)

Quando o ímã é girado novamente num total de 90°, mais uma vez a posição de capacidade plena é atingida, conseqüentemente o fluxo máximo é obtido, mas em sentido contrário. A progressão de 90° do ímã é ilustrada graficamente na figura 4-3, onde a curva mostra como a densidade do fluxo magnético do núcleo da bobina (sem a bobina primária em torno do núcleo) muda ao passo que o ímã gira.

A figura 4-3 mostra que, conforme o ímã se afasta da posição de capacidade plena (0°), o fluxo vai diminuindo até atingir zero, exatamente na posição neutra (45°). Agora, à medida que o ímã se afasta da posição neutra, o fluxo aumenta, porém em sentido contrário, como indicado pela curva abaixo da linha horizontal.

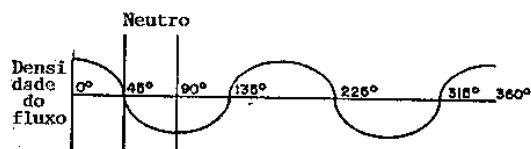


Figura 4-3 Mudança na densidade do fluxo durante a rotação do ímã.

Em 90°, mais uma vez o fluxo máximo é atingido. Desta forma, para cada volta completa (360°) do ímã de quatro pólos, existirá quatro posições de fluxo máximo, quatro posições de fluxo zero, e quatro posições de fluxo reverso.

Uma discussão do circuito magnético demonstra como o núcleo da bobina é afetado pela rotação do ímã permanente, ficando sujeito a uma elevação ou redução do campo magnético e a uma mudança na polaridade, a cada progressão radial de 90° do ímã.

Uma bobina que faz parte integrante do circuito elétrico primário do sistema de ignição por magneto de alta tensão, quando é enrolada em torno do núcleo de ferro doce, também é afetada pela variação do campo magnético.

O circuito elétrico primário (figura 4-4) consiste em um par de contatos chamados de platinado (visto receberem um banho de platina, melhorando a condução elétrica e evitando a corrosão dos mesmos), um condensador e uma bobina de fios eletricamente isolados.

A bobina é constituída de várias espiras de fio grosso em cobre, com uma de suas extremidades aterrada no próprio núcleo, e a outra conectada ao contato platinado que não se encontra aterrado (ver figura 4-4).

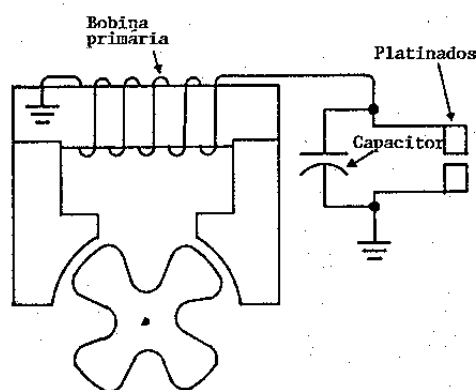


Figura 4-4 Circuito elétrico primário de um magneto de alta tensão.

O circuito primário é fechado somente quando os dois contatos se juntam. A terceira unidade no circuito, que é o condensador, está conectado em paralelo com o par de contatos. O condensador evita o arco voltaico entre os contatos quando o circuito está aberto, e acelera o colapso do campo magnético sobre a bobina primária.

O platinado será comandado próximo da posição de capacidade plena. Quando os contatos se tocam, o circuito elétrico primário está fechado e a rotação do ímã induz um fluxo de corrente na bobina.

Essa corrente, por sua vez, gera um campo magnético, que possui a tendência de se opor a qualquer mudança no fluxo gerado pelo circuito de ímãs permanentes.

Enquanto a corrente induzida estiver circulando no circuito primário (bobina), ela se opõe a qualquer redução do fluxo magnético no núcleo. Isso está de acordo com a Lei de Lenz, que afirma: "Uma corrente induzida, sempre que fluindo em uma determinada direção, faz com

que o magnetismo (gerado por esta corrente) se oponha a qualquer alteração a ele induzido."

Para rever a Lei de Lenz, consulta-se o capítulo 8 de Matérias Básicas. Desta maneira, a corrente que passa pelo circuito primário mantém o fluxo magnético com um elevado valor e na mesma direção, até que o ímã em rotação tenha tempo de passar pela posição neutra para um ponto poucos graus à frente. Essa posição é chamada de folga "E" (onde "E" corresponde a eficiência e "folga" ao vão entre as sapatas polares).

Com o rotor de ímãs em posição de folga "E" e a bobina primária mantendo o campo magnético do circuito em polaridade oposta, uma brusca mudança na direção do fluxo pode ser obtida pela abertura dos contatos.

A abertura dos contatos interrompe a circulação de corrente no circuito primário, e permite que o rotor de ímãs inverta rapidamente o sentido do fluxo magnético na bobina. Essa súbita reversão produz uma brusca mudança no sentido do fluxo no núcleo, que é sentida por uma segunda bobina chamada de secundária (exposta magneticamente, mas eletricamente isolada do núcleo), na qual será induzido um pulso de corrente de alta voltagem, pulso este necessário para provocar o centelhamento entre os eletrodos da vela.

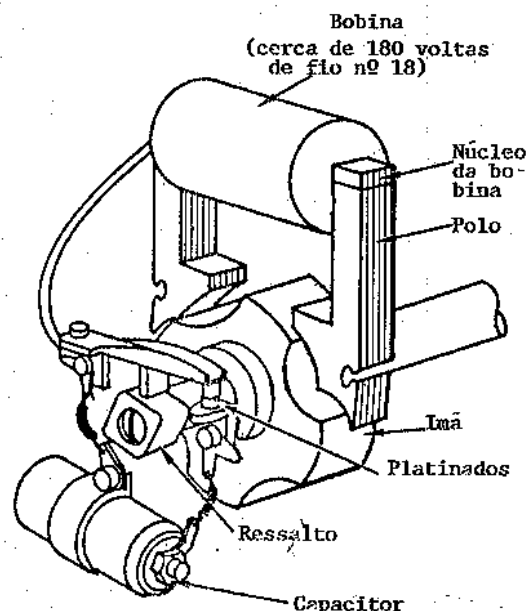


Figura 4-5 Componentes do circuito com magneto de alta tensão.

Como o rotor está em movimento, na próxima vez em que estiver próximo de atingir a posição de capacidade plena, os contatos da

bobina primária se fecharão novamente e o ciclo será repetido para provocar o centelhamento dos eletrodos da vela do pistão seguinte na sequência de explosão.

A sequência de eventos pode, agora, ser revista em maiores detalhes para explicar como a situação de indução magnética ocorre.

Com o platinado, o excêntrico (came) e o condensador conectados no circuito, como mostrado na figura 4-5, a ação cíclica é representada pela curva gráfica quando o rotor gira.

No topo "A" da figura 4-6, é mostrada a curva original do fluxo estático. Abaixo da curva é indicado o momento de abertura e fechamento do platinado.

Nota-se que essa abertura e fechamento são sincronizados pelo excêntrico.

Os contatos se tocam no momento em que a maior quantidade de fluxo estiver passando através do núcleo, e separam-se após a posição neutra.

Uma vez que existem quatro ressaltos no excêntrico, os contatos irão fechar e abrir quatro vezes, na mesma relação das quatro posições neutras do rotor magnético. Também, os inter-

valos de tempo entre os momentos de abertura e fechamento são aproximadamente os mesmos.

Partindo da posição de máximo fluxo (demarcada como 0° e que se encontra no topo da figura 4-6), a sequência de eventos é descrita nos próximos parágrafos. Quando o rotor de ímãs é acionado em direção ao neutro, a quantidade de fluxo através do núcleo começa a diminuir (D da figura 4-6). Esta mudança do fluxo induz uma corrente na bobina primária (C da figura 4-6) que, por sua vez, induz um campo magnético em torno da própria bobina por onde circula. Esse campo magnético se opõe a qualquer alteração de seu fluxo.

Quando o rotor estiver em neutro nenhuma corrente circula pela bobina primária, conseqüentemente, o fluxo no núcleo cai a zero e começa a aumentar em direção oposta, conforme o ímã se afasta do neutro (a curva do fluxo estático é mostrada pela linha tracejada em "D" da figura 4-6).

No entanto, a ação eletromagnética da corrente primária evita que o fluxo se altere, e mantém o campo temporariamente inalterado (linha do fluxo resultante em "D" da figura 4-6).

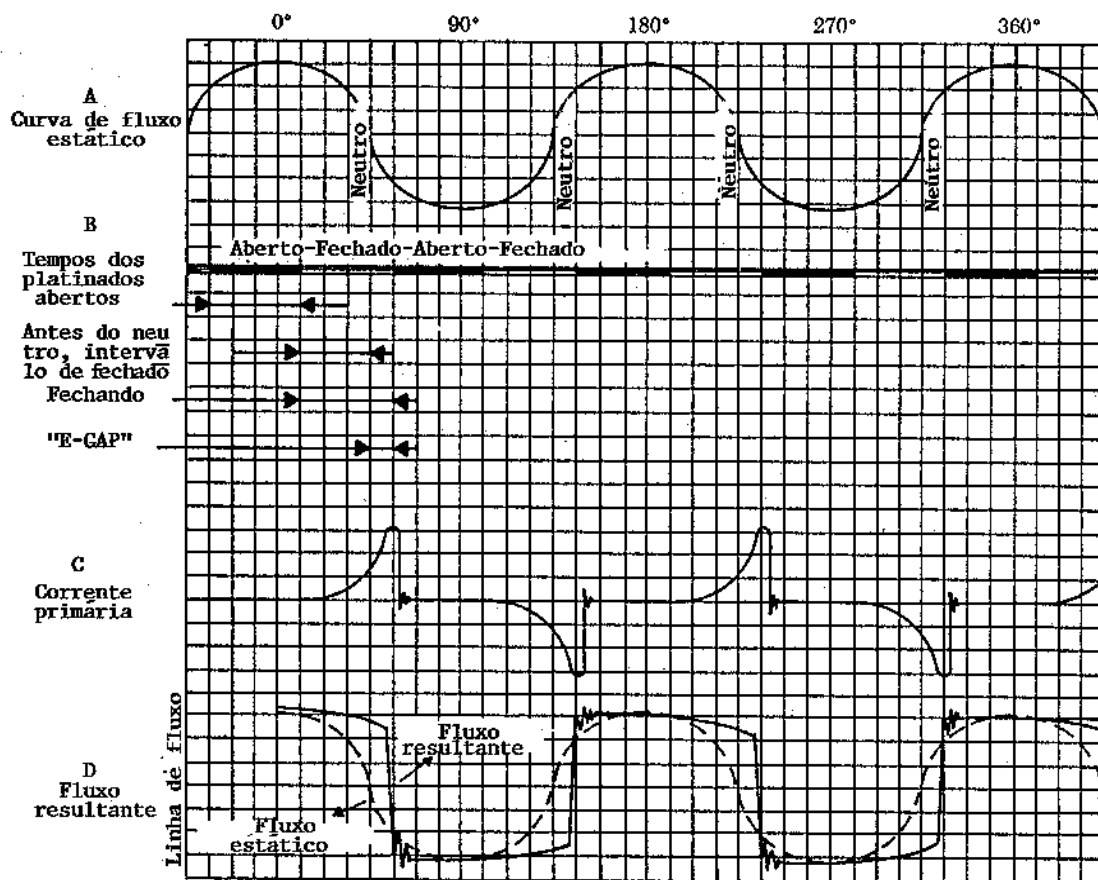


Figura 4-6 Curvas do fluxo magnético.

Como resultado desse processo, observa-se que ocorre um elevado colapso no circuito magnético, durante o tempo que o rotor de ímãs leva até atingir a posição na qual os contatos estavam próximos de abrir.

Os platinados, quando abertos, funcionam com o condensador para interromper o fluxo de corrente na bobina primária, causando uma mudança extremamente rápida no fluxo. A alta tensão na bobina secundária é descarregada através dos eletrodos da vela, para inflamar a mistura ar/combustível no cilindro do motor.

Cada centelha consiste em um pico de descarga, após o qual uma série de pequenas oscilações ocorrem. Isso continua até que a tensão se torne muito baixa para manter a descarga.

A corrente flui na bobina secundária, durante o tempo levado para descarregá-la completamente. A energia no circuito magnético é completamente dissipada, durante o tempo que os contatos se encontram fechados para a geração da centelha seguinte.

Conjunto de contatos platinados

Esse conjunto, usado em sistemas de ignição por magneto de alta tensão, abre e fecha automaticamente o circuito primário no devido tempo, em relação à posição do pistão no cilindro, no qual está ocorrendo o centelhamento.

A interrupção do fluxo da corrente primária é conseguida através de um par de contatos platinados, feito de uma liga resistente à corrosão e ao calor.

A maioria dos platinados utilizados em sistemas de ignição de aeronaves são do tipo desarticulados, no qual um dos contatos é móvel e o outro fixo (ver figura 4-7). O contato móvel, suportado por uma lâmina, está isolado da carcaça do magneto e conectado a bobina primária (figura 4-7).

O contato fixo está aterrado a carcaça para fechar o circuito primário quando os contatos se tocam; e o came rotativo está ajustado de maneira que os contatos se afastem no devido tempo.

Ainda fazendo parte deste conjunto, encontraremos o seguidor do came, suportado pela mesma lâmina, a qual o manterá com uma certa tensão contra o came rotativo. O seguidor do came composto de um aglomerado em mica (ou material similar) se encontra apoiado no came rotativo e afasta o contato móvel do contato fixo

toda vez que o ressalto o empurra para cima. Um feltro com óleo, instalado sob a lâmina, lubrifica e evita a corrosão do came.

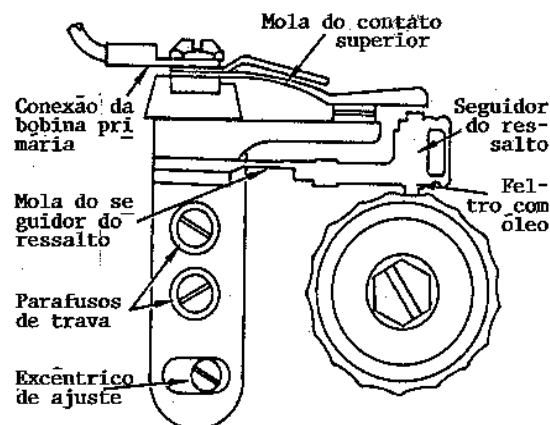


Figura 4-7 Platinado do tipo desarticulado e ressalto.

Um tipo simples de platinado pode ser encontrado em alguns motores de baixa potência. Esse tipo, chamado de articulado, possui uma dobradiça ou um pivô suportando uma alavanca, onde na extremidade oposta se encontra um dos platinados. O outro platinado está preso a uma lâmina estacionária.

Uma bucha de fricção, normalmente feita de materiais fibrosos, está instalada próximo ao centro da alavanca. Quando o motor aciona o came, os ressaltos exercem pressão contra a bucha, causando o movimento da alavanca no sentido de aproximar as extremidades pivotadas, conseqüentemente afastando os contatos platinados e abrindo o circuito.

O came rotativo pode ser acionado diretamente pelo eixo do rotor do magneto, ou através de uma caixa de engrenagens. A maioria dos motores radiais usa um came compensado, que já é desenhado para operar com um motor específico, possuindo um ressalto para cada cilindro em que ocorre a centelha. Os ressaltos são usados em intervalos desiguais para compensar as variações do ponto morto superior de cada posição. Um came compensado de 14 ressaltos, junto com os outros não compensados de 02, 04 e 08 ressaltos são mostrados na figura 4-8.

O espaço desigual entre os ressaltos do came compensado, embora proporcione a mesma posição relativa do pistão para que a ignição ocorra, causa uma pequena variação da folga "E" do rotor de ímãs e, desta forma, uma pequena variação no impulso de alta tensão gerado pelo magneto.

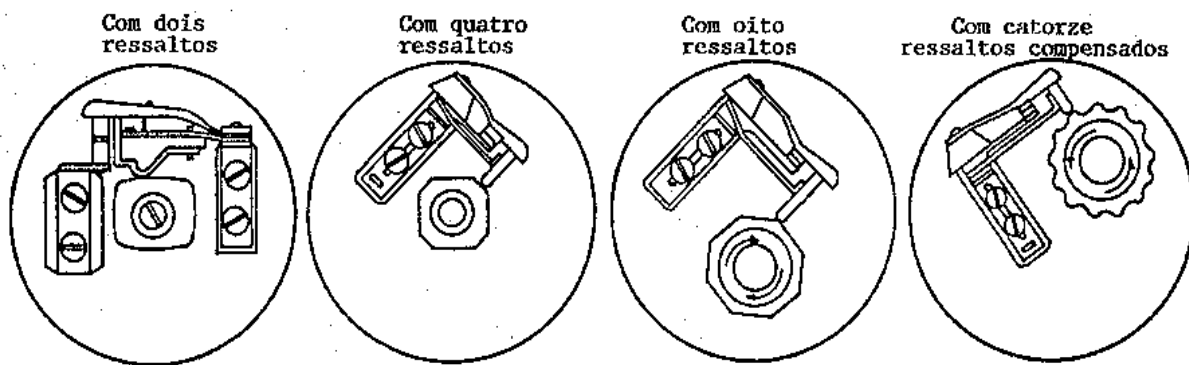


Figura 4-8 Platinados típicos.

Uma vez que o espaço entre os ressaltos é feito sob medida para cada cilindro de um motor em particular, os cames compensados são marcados para mostrar a série do motor e a localização da biela mestra ou bielas, o ressalto usado para regulagem do magneto, a direção de rotação do came, e a especificação da folga “E” do rotor em graus além de neutro. Em adição a estas marcas, o came recebe um corte, o qual, quando alinhado com o risco de marcação na carcaça do magneto, coloca o rotor na posição de folga “E” para ajuste do cilindro.

Uma vez que os contatos devem iniciar sua abertura quando o rotor se encontra na posição folga “E”, o corte no came alinhado com a marca na carcaça proporciona um rápido e fácil método de estabelecer a exata posição de folga “E”, para verificação e ajuste do platinado.

Conjunto de bobina

O conjunto das bobinas do magneto consiste em um núcleo em ferro doce, em torno do qual encontraremos as bobinas primária e secundária, sendo que a secundária se encontra enrolada sobre a primária.

A bobina secundária é feita de um enrolamento contendo aproximadamente 13.000 voltas de fio fino e isolado, com um terminal eletricamente aterrado a bobina primária ou ao núcleo, e o outro terminal conectado ao rotor do distribuidor. Ambas as bobinas são revestidas com um material não-condutivo como baquelita, borracha rígida, ou cambraia envernizada. Por fim, o conjunto é fixado nas sapatas polares por parafusos e braçadeiras.

Quando o circuito primário está fechado, a corrente que flui através da bobina primária produz linhas de força magnética que atraves-

sam o enrolamento secundário, induzindo uma força eletromotriz.

Quando o circuito primário é aberto, o campo magnético sobre o enrolamento primário entra em colapso, levando o enrolamento secundário a ser atravessado pelas linhas de força. A potência da tensão induzida no enrolamento secundário, quando todos os outros fatores permanecem constantes, é determinada pelo número de espiras do enrolamento. Uma vez que a maioria dos magnetos de alta tensão possui milhares de voltas na bobina secundária, uma voltagem muito alta, geralmente superior a 20.000 volts é gerada no circuito secundário para vencer o vão livre entre os eletrodos da vela.

Distribuidor

A alta tensão induzida na bobina secundária é enviada ao distribuidor, o qual consiste em duas partes. A parte rotativa é chamada de rotor do distribuidor e a estacionária, de bloco do distribuidor.

A parte rotativa, que pode ter o formato de um disco, tambor, ou lingueta, é confeccionada em material não-condutor com um condutor embutido. A parte estacionária consiste de um bloco também feito de um material não-condutor, que possui terminais e receptáculos para terminais, no qual a fiação para o distribuidor é conectada. Em alguns sistemas, o conjunto distribuidor é parte integrante do magneto, mas em outros, estão remotamente localizados e separadamente acionados.

No momento em que o rotor de ímãs encontra-se na posição de folga “E” para o cilindro N° 1 e o platinado aberto, o rotor do distribuidor alinha-se com o eletrodo N° 1 no bloco distribuidor.

A tensão secundária induzida no momento que o platinado abre, passa pelo rotor, onde ocorre o arco num pequeno vão de ar para o eletrodo N° 1 do bloco.

Já que o distribuidor gira com metade da velocidade do eixo de manivelas em todos os motores de quatro tempos, o bloco terá tantos eletrodos quantos cilindros existirem, ou tantos eletrodos como cilindros servidos pelo magneto.

Os eletrodos estão localizados circunferencialmente em torno do bloco distribuidor, de tal maneira que, conforme o motor gira, um circuito é completado para um diferente cilindro e uma vela, cada vez que ocorre o alinhamento entre a lingueta do rotor e um eletrodo no bloco distribuidor.

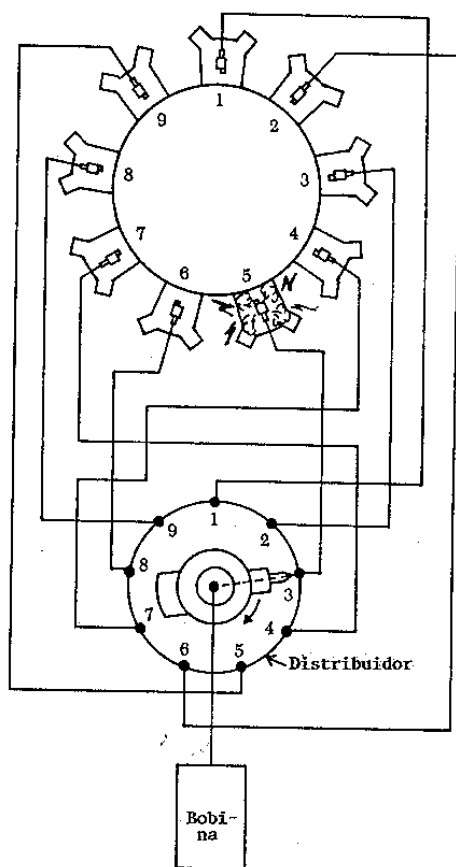


Figura 4-9 Relação entre os números dos terminais do distribuidor e os números dos cilindros.

Os eletrodos do bloco distribuidor são numerados na sequência de rotação do rotor (figura 4-9). Os números do distribuidor representam mais propriamente a ordem de centelha do magneto do que o número do cilindro do motor.

O eletrodo do distribuidor marcado com "1" é conectado à vela N° 1 no cilindro N° 1; o

eletrodo marcado com "2" para o segundo cilindro a ser explodido; o eletrodo marcado com "3" para o terceiro cilindro a ser explodido, e assim por diante.

Na figura 4-9, a lingueta do rotor do distribuidor está alinhada com o eletrodo marcado "3", o qual explode o cilindro N° 5 de um motor radial de 9 cilindros.

Uma vez que a sequência de explosão de um motor radial de 9 cilindros é 1-3-5-7-9-2-4-6-8, o terceiro eletrodo na ordem de centelhamento do magneto servirá o cilindro N° 5.

Nas instalações onde o magneto e o rotor do distribuidor são combinados em um único conjunto, a lingueta do distribuidor será ajustada na revisão ou na fabricação.

Nos motores onde o distribuidor está separado do magneto, o distribuidor assim como o magneto, devem ser manualmente ajustados para o cilindro na apropriada distribuição de alta tensão.

Ventilação do magneto e distribuidor

Uma vez que o magneto e o conjunto distribuidor são submetidos a rápidas mudanças de temperatura, os problemas de condensação e umidade são levados em consideração no projeto dessas unidades.

A umidade, em qualquer situação, é um bom condutor de eletricidade e, se absorvida pelos materiais não-condutores do magneto, como o bloco distribuidor, lingueta, e carcaças das bobinas, pode criar uma fuga na condução elétrica.

A corrente de alta tensão que normalmente flui pelos vãos de ar do distribuidor pode passar por uma superfície isoladora molhada para a massa, ou pode ser má orientada para alguma vela que não deveria ser ativada. Esta condição é chamada de "flashover" e, normalmente, resulta em explosão de cilindro fora de sequência. Por esta razão, bobinas, condensadores, distribuidores e rotores são encerados de forma a reter a umidade em gotas isoladas, e não formando um circuito completo que permita o "flashover" (arco).

Esse arco pode carbonizar os contatos, os quais tomam a aparência de uma fina linha de lápis na unidade onde ocorreu o arco. A trilha de carbono é o resultado das partículas de poeira queimadas pela centelha que contém hidrocarbono.

A água no material hidrocarbonado é evaporada durante o arco, deixando o carbono formar uma passagem condutora de corrente. E mesmo quando a umidade não se faz presente, a centelha continua a seguir a trilha para a massa.

Os magnetos não podem ser hermeticamente fechados para evitar a entrada de umidade, pois estão sujeitos a mudanças de pressão e temperatura em altitude.

Entretanto, drenos adequados e apropriada ventilação, reduzem a tendência ao arco e à carbonização.

Boa circulação de ar no magneto também garante que os gases produzidos pelo arco normal, através dos vãos do distribuidor, sejam eliminados para o exterior.

Em algumas instalações, a pressurização de várias partes do sistema de ignição é essencial para manter uma elevada pressão absoluta e eliminar o arco.

Independentemente do método de ventilação empregado, os respiros ou válvulas devem ser mantidos livres de obstrução.

Além disso, a circulação de ar através dos componentes do sistema de ignição deve estar livre do óleo, uma vez que, mesmo em pequena quantidade nas unidades, resulta em formação de arco e carbonização nas mesmas.

Cabos de ignição

Os cabos de ignição possuem um fio isolado para cada cilindro que o magneto supre no motor. Uma extremidade de cada fio é conectada ao bloco distribuidor, e a outra é conectada à vela apropriada. O cabo de ignição tem um duplo propósito: ele suporta os fios e os protege de danos devido ao aquecimento do motor, vibração ou chuva e também serve como um condutor para campos magnéticos desviados, que circundam os fios enquanto estão carregados momentaneamente com corrente de alta-voltagem.

Através da condução destas linhas de força magnética à massa, os cabos de ignição eliminam a interferência elétrica com o rádio e outro equipamento sensível.

Quando o rádio e outro equipamento elétrico são protegidos desta maneira, diz-se que a fiação do cabo de ignição está protegida por blindagem. Sem essa blindagem, a rádio-comunicação se tornaria virtualmente impossível.

Um tipo comum de cabo de ignição é um tubo, com várias ligações para fixar em volta do cárter do motor com extensões flexíveis terminando em cada ignitor. Um típico cabo de ignição de alta tensão é mostrado na figura 4-10.

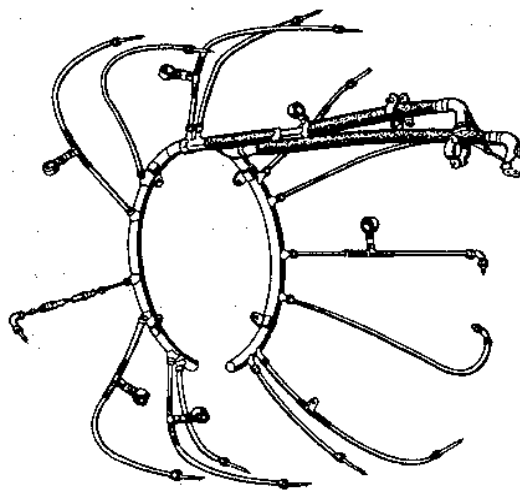


Figura 4-10 Cablagem de ignição de alta tensão.

Outro tipo é conhecido como tipo vedado ou enxertado. Um cabo desse tipo tem os fios de ignição colocados em uma tubulação anular, de maneira que cada extremidade do fio termine na saída da tubulação. Este conjunto é então enchido com uma gelatina isoladora que elimina atrito e condensação da umidade.

Cabos de ignitores separados são fixados às saídas da tubulação. Desta maneira, é possível recondicionar a extremidade do cabo do ignitor, evitando, assim, a substituição da cablagem completa entre o ignitor e o distribuidor.

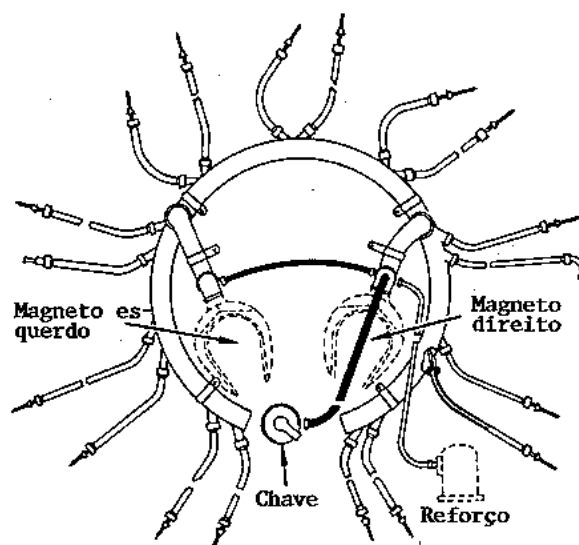


Figura 4-11 Cabos de ignição de motores de 9 cilindros com acessórios montados.

Em instalações onde os magnetos são montados na seção de acessórios do motor, dois conduítes flexíveis e longos, cada um contendo metade dos fios de ignição, levam da extremidade oposta até o ponto onde são conectados ao magneto (veja figura 4-11). Neste tipo de cablagem, os fios de ignição são contínuos desde o bloco do distribuidor até a vela. Se houver algum problema, o cabo inteiro deve ser substituído.

Interruptores de ignição

Todas as unidades do sistema de ignição de um avião são controladas por um interruptor localizado na cabine de comando.

O tipo de interruptor utilizado varia com o número de motores instalados no avião e o tipo de magneto utilizado. Todos os interruptores, entretanto, ligam e desligam o sistema da mesma maneira.

O interruptor de ignição se diferencia em pelo menos um aspecto de todos os outros tipos de interruptores, no fato de que, quando o interruptor é posicionado para "OFF", um circuito é fechado através dele para a massa. Em outros interruptores elétricos, a posição "OFF", normalmente abre o circuito.

O interruptor de ignição tem um terminal conectado ao circuito elétrico primário, entre a bobina e os platinados. O outro terminal do interruptor é conectado à massa do avião (estrutura).

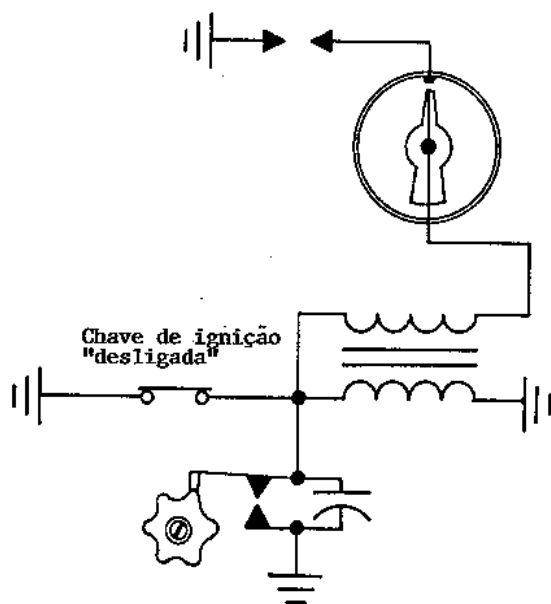


Figura 4-12 Chave típica de ignição na posição desligada.

Como mostra a figura 4-12, as duas maneiras de completar o circuito primário são: (1) através do platinado fechado para a massa; ou (2) através do interruptor de ignição fechado para a massa.

Na figura 4-12, pode ser visto que a corrente primária não fica interrompida quando os contatos se abrem, desde que haja um caminho mais curto para a massa através do interruptor fechado (off).

Uma vez que a corrente primária não está interrompida quando os pontos de contato abrem (figura 4-12), não poderá haver repentino colapso do campo magnético da bobina primária, e nenhuma alta voltagem induzida na bobina secundária para a queima da vela.

À medida que o magneto gira, passando pela posição folga "E", ocorre uma queda gradual do campo magnético primário. Mas essa queda ocorre tão lentamente, que a tensão induzida é muito baixa para que ocorra centelha na vela. Portanto, quando o interruptor está na posição "OFF" (fechado), os pontos de contato estão completamente curto-circuitados, como se tivessem sido removidos do circuito e o magneto fica inoperante.

Quando o interruptor de ignição é colocado na posição "ON" (aberto), como mostrado na figura 4-13, o interruptor de corrente primária e o rápido colapso do campo magnético da bobina primária são novamente controlados pela abertura do platinado. Quando o interruptor está na posição "ON", o mesmo não tem absolutamente efeito algum no circuito primário.

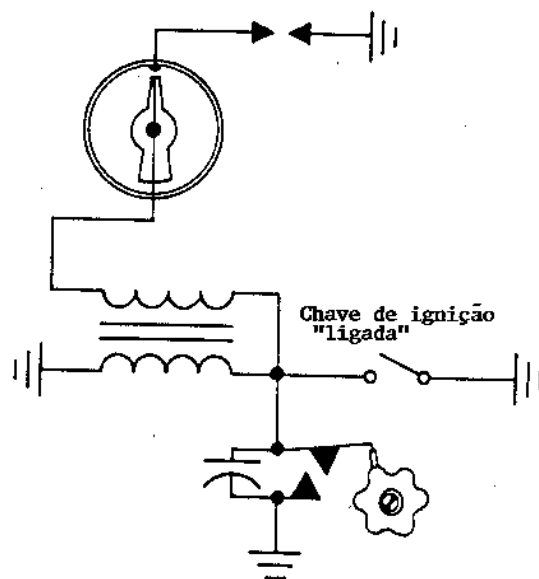


Figura 4-13 Chave típica de ignição na posição ligada.

Muitos sistemas de ignição de aviões monomotores empregam um sistema de duplo-magneto, no qual o magneto direito fornece a centelha elétrica para as velas dianteiras em cada cilindro, e o esquerdo supre as velas traseiras. Um interruptor é utilizado para controlar ambos os magnetos. Um exemplo deste tipo é mostrado na figura 4-14.

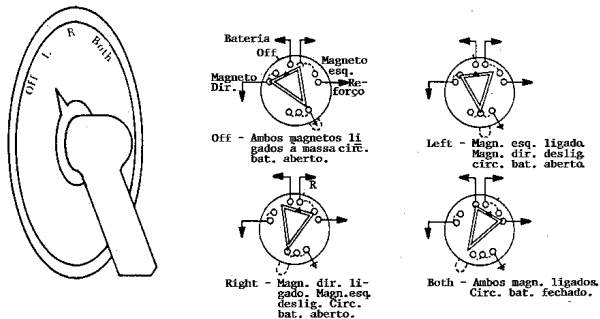


Figura 4-14 Posição da seletora para uma chave de ignição que controla dois (2) magnetos.

Este interruptor possui 4 posições: "desligado", "esquerdo", "direito" e "ambos". Na posição "desligado", ambos os magnetos estão aterrados, portanto, ficam inoperantes.

Quando a chave central esta desligada ("OFF") todos os magnetos dos motores (1 e 2) estão inoperantes (ligados a massa) e o circuito da bateria aberto.

Quando a chave central esta ligada ("on") o circuito da bateria esta ligado e a ignição esta controlada pelas

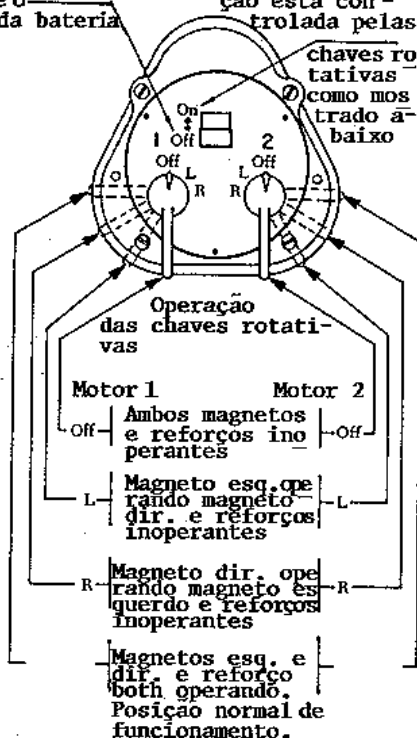


Figura 4-15 Chave de magneto para um avião bimotor.

Quando o interruptor é colocado na posição "esquerda", somente o magneto esquerdo funciona; na posição "direita", somente o direito funciona, e na posição "ambos", os dois magnetos funcionam.

As posições "direita" e "esquerda" são usadas para testar sistemas de ignição dupla, permitindo o desligamento de um sistema de cada vez.

A figura 4-14 também se refere ao circuito do sistema de ignição por bateria, que será discutido como unidade auxiliar de ignição na próxima seção.

Muitos interruptores de bimotores fornecem ao operador controle independente de cada magneto em um motor, pela rotação dos interruptores em cada lado do interruptor de ignição.

Em adição, um interruptor "master" de alavanca é geralmente incorporado para dar massa a todos os magnetos primários. Então, em uma emergência, toda ignição para ambos os motores (quatro magnetos primários) pode ser cortada pelo movimento desse interruptor (figura 4-15).

Magnetos com sistema simples e duplo de alta tensão

Magnetos em sistema de alta tensão, usados em motores radiais, são do tipo simples ou duplos.

O projeto do magneto simples incorpora o distribuidor no alojamento com o conjunto de contatos, ímã rotativo e bobina. O magneto duplo incorpora dois magnetos em um alojamento. Um ímã rotativo e um "came" são comuns para dois jogos de platinados e bobinas.

Duas unidades do distribuidor são montadas no motor, separadas do magneto.

Sistemas de montagem do magneto

Os magnetos do tipo simples podem ser projetados para montagem em base ou flange.

Os de tipo duplo são todos montados em flange.

Os magnetos montados em base são presos em um suporte no motor.

Magnetos montados em flanges são presos ao motor por um flange, em redor da extremidade acionadora do eixo rotativo do magneto. Fendas alongadas no flange de montagem permitem ajuste através de um alcance limitado,

que auxilia na regulagem do magneto para o motor.

Sistema de magneto de baixa tensão

O sistema de ignição de alta tensão foi usado por mais de meio século.

Muitas melhorias no projeto têm sido feitas, mas certamente problemas fundamentais permanecem e outros se intensificaram, como:

- 1) O aumento do número de cilindros por motor.
- 2) A exigência de que todas as aeronaves equipadas com rádio tenham seus cabos de ignição blindados.
- 3) A tendência favorável a todas as condições de intemperies.
- 4) O aumento de operações em elevadas altitudes.

Sistemas de baixa tensão foram desenvolvidos para resolverem esses problemas.

Eletronicamente, o sistema de baixa tensão é diferente do sistema de alta tensão.

No primeiro, a tensão é gerada no magneto e flui para o enrolamento primário de uma bobina do transformador, localizado próximo da vela. Lá, a tensão é aumentada pela ação do transformador e conduzida para a vela pelos cabos muito curtos de alta tensão.

A figura 4-16 é um esquema simplificado de um sistema típico de baixa tensão.

O sistema de baixa tensão elimina centelha tanto no distribuidor como na cablagem, pois o vão dentro do distribuidor foi eliminado pelo uso de um outro distribuidor tipo escova, e a alta tensão está presente somente em cabos curtos entre o transformador e a vela.

Apesar de uma certa quantidade de fuga elétrica ser característica de todos os sistemas de ignição, ela se manifesta mais em instalações de rádio-blindagem, pois o conduíte metálico está aterrado e envolve os cabos de ignição em toda a sua extensão.

Em sistemas de baixa tensão, essa fuga é reduzida consideravelmente, porque a corrente através da maior parte do sistema é transmitida em um potencial de baixa tensão. Apesar dos cabos entre as bobinas do transformador e as velas serem curtos, eles são condutores de alta tensão, estando sujeitos às mesmas falhas que ocorrem em sistemas de alta tensão.

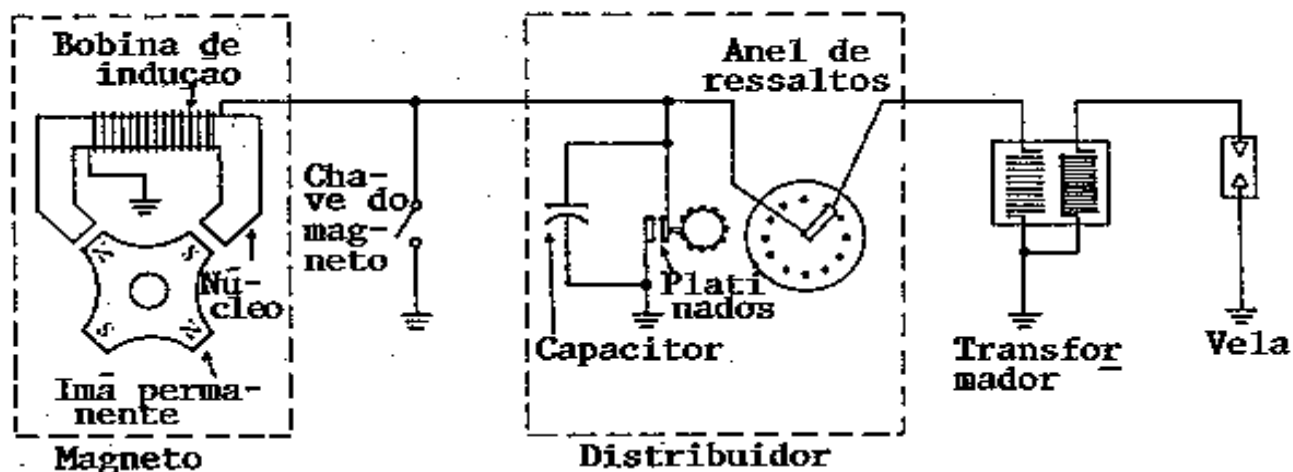


Figura 4-16 Esquema simplificado do sistema de ignição de baixa tensão.

-Operação do sistema de ignição de baixa tensão

O circuito magnético de um típico sistema de magneto de baixa tensão consiste em um ímã permanente rotativo, sapatas e o núcleo da bobina (figura 4-17). O ímã cilíndrico é consti-

tuído com 7 peças de uma polaridade, decaladas com 7 peças de polaridade oposta.

Quando o ímã é inserido no circuito magnético da figura 4-17, com 3 dos pólos norte do ímã perfeitamente alinhados com as sapatas, o fluxo magnético estático máximo é produzido da direita para esquerda no núcleo da bobina.

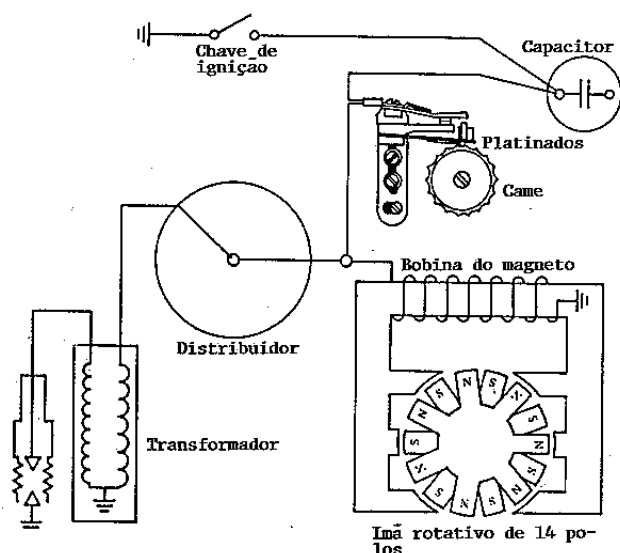


Figura 4-17 Sistema de baixa tensão usando ímã rotativo de 14 pólos.

Quando o ímã é girado no sentido horário até que os pólos adjacentes se alinhem com as sapatas, o fluxo magnético no núcleo da bobina terá diminuído de um máximo para zero em uma direção, e então aumentado para um

máximo na direção oposta. Isso constitui um fluxo reverso.

Catorze desses fluxos reversos ocorrem durante cada rotação do ímã, ou sete, para cada rotação do eixo de manivela do motor.

A produção de tensão na bobina do magneto de baixa tensão ocorre da mesma maneira como no circuito magnético primário de um magneto de alta tensão.

Distribuidor do sistema de baixa tensão

Cada pulso de corrente produzido pelo magneto de baixa tensão é direcionado para várias bobinas de transformador na adequada ordem de fogo, através do distribuidor do tipo escova (figura 4-18). O conjunto do distribuidor consiste em uma peça giratória, chamada de escova do distribuidor, e uma peça estacionária, chamada de bloco do distribuidor.

O rotor (figura 4-18A) tem duas partes separadas das escovas do distribuidor, que percorrem nos 3 trilhos concêntricos do bloco do distribuidor (figura 4-18B).

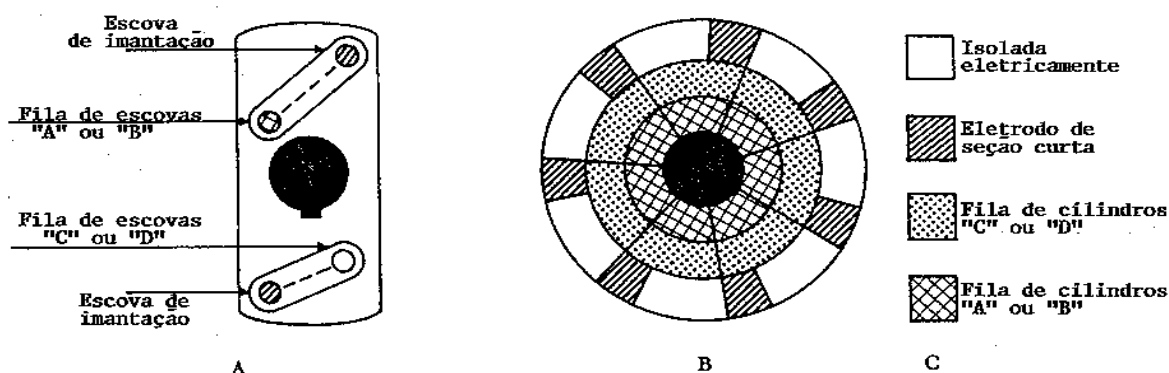


Figura 4-18 Distribuidor do tipo escova para um sistema de magneto de baixa tensão.

Esses trilhos são divididos em sete segmentos, cada qual isolado eletricamente um do outro.

O trilho externo consiste em uma série de seções de eletrodos alternados, longos e curtos. Essas sete longas seções de eletrodos do trilho externo são eletricamente isoladas, e servem somente para prover uma contínua passagem próxima às escovas do distribuidor.

A corrente de baixa tensão do magneto entra no distribuidor através de um fio, conectado em uma das curtas seções de eletrodo do trilho externo.

Uma vez que todas as curtas seções de eletrodos, apesar de separadas pelas seções iso-

ladas eletricamente, estão conectadas juntas internamente, cada uma tem a tensão da bobina do magneto impressa sobre ela.

O rotor do distribuidor possui escovas de imantação (figura 4-18A), uma em cada extremidade do rotor. A escova de imantação inferior é eletricamente conectada à fileira de escova "D" ou "C", que percorre os trilhos intermediários do bloco do distribuidor (figura 4-18A, B e C).

Quando o platinado abre, a corrente da bobina do magneto está disponível no eletrodo de seção curta do trilho externo (figura 4-19). Nesse instante, somente uma das escovas de imantação do rotor do distribuidor está num

eletrodo de seção curta; a outra escova de imantação está numa seção, que é isolada eletricamente do mesmo trilho.

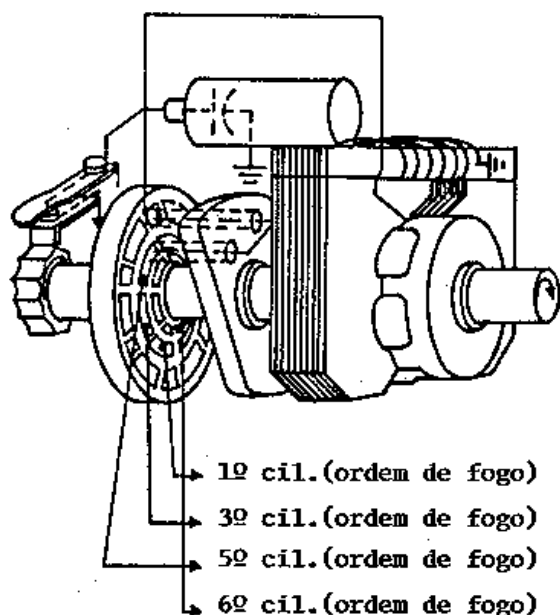


Figura 4-19 Operação do distribuidor do tipo escova.

A escova no eletrodo de seção curta capta a corrente da bobina do magneto, direcionando-a para uma seção do trilho intermediário. Se o magneto for o de N° 1 (R-1 ou L-1), o trilho intermediário servirá os sete cilindros na fila "D"; se for o N° 2 (R-2 ou L-2), esse trilho servirá os sete cilindros da fila "C" (figura 4-18).

Similarmente, o lado interno do trilho serve os sete cilindros da fila "B" – se ele for um magneto N° 1; ou os sete cilindros da fila "A" – se ele é um magneto N° 2. Desde que cada seção de eletrodo do lado interno e intermediário dos trilhos sejam conectados a uma bobina transformadora separada, a escova do distribuidor rotativo determina qual bobina do transformador recebe o pico de corrente auto-induzida.

Em operação, cada magneto servirá primeiro a um cilindro de uma fileira, e em seguida um cilindro na outra. Por exemplo, na figura 4-19, o transformador do 5° cilindro, na ordem de fogo, está recebendo o pico de corrente auto-induzida. O transformador seguinte ao receber um pico de corrente na ordem de centelhamento do magneto será o sexto cilindro, o qual é servido por uma seção de eletrodo nos trilhos internos.

A sexta bobina do transformador na ordem de centelhamento do magneto, é energizada à medida que a escova de imantação para o lado interno do trilho se move no sentido horário de uma seção isolada eletricamente, e no próximo eletrodo de seção curta. A corrente é captada do lado externo do trilho, e direcionada para a seção do eletrodo do trilho interno, que alimentará o transformador para o sexto cilindro na ordem de centelhamento.

Enquanto a bobina do transformador do sexto cilindro está recebendo seu pico de corrente, a escova de imantação para o trilho intermediário está numa seção isolada do lado externo, e não interfere com o fluxo do pico de corrente auto-induzido. Como a escova do distribuidor continua no sentido horário, a escova de imantação para o lado interno do trilho se movimenta para uma seção isolada eletricamente. Ao mesmo tempo, a escova de imantação para o trilho intermediário se movimenta para um eletrodo de seção curta, e entrega o pico de corrente ao transformador, servindo o sétimo cilindro na ordem de centelhamento. A corrente de baixa auto-induzida deixa o distribuidor através das cablagens para o transformador. Os fios são conectados no tubo circular de ignição por um "plug".

Para este sistema de magneto existem 60 cabos dentro do tubo circular de ignição. Quatro cabos (um para cada um dos quatro magnetos) correm do interruptor de ignição ao terminal no "plug", conectado aos do interruptor de ignição.

Os outros 56 cabos conectam as seções do eletrodo do distribuidor, do lado interno e intermediário do trilho de quatro magnetos, às bobinas primárias dos transformadores das velas. A corrente da bobina secundária do transformador é conduzida a vela por um curto cabo de alta tensão blindado.

Os magnetos de baixa tensão são desligados e ligados da mesma maneira que os sistemas de alta tensão são controlados, isto é, por um interruptor conectado ao fio-massa do circuito da bobina do magneto.

Quando o interruptor é fechado (posição desligada), uma passagem de baixa resistência direcionada para a massa é alcançada para a bobina do magneto, se os platinados estiverem abertos ou fechados.

Como o interruptor de ignição fechado provê um caminho de baixa resistência para a massa, a corrente na bobina do magneto não é

direcionada para a bobina primária do transformador. Ao contrário, a corrente é curto-circuitada pelo caminho do interruptor de ignição fechado.

UNIDADES AUXILIARES DE IGNIÇÃO

Durante a partida do motor, a saída de cada magneto, de alta ou baixa tensão, é baixa porque a velocidade de partida do motor também o é. Isto é aceitável quando os fatores que determinam a quantidade de tensão induzida em um circuito são considerados.

Para aumentar o valor de uma tensão induzida, a força do campo magnético deve ser aumentada pelo uso de um ímã mais poderoso, pelo aumento do número de voltas na bobina, ou aumentando a razão de movimento relativo entre o ímã e o condutor.

Uma vez que a força de rotação do ímã, e o número de voltas na bobina, são fatores constantes em ambos os sistemas de ignição por magneto de alta ou baixa tensão, a tensão produzida depende da velocidade com que o ímã gira. Durante a partida do motor, o ímã é girado a aproximadamente 80 RPM.

Uma vez que o valor da tensão induzida é muito baixo, uma centelha não pode saltar a fenda no ignitor.

Então, para facilitar a partida do motor, um dispositivo auxiliar é conectado ao magneto para suprir a alta tensão de ignição.

Ordenadamente, essas unidades auxiliares de ignição são energizadas pela bateria, e conectadas ao magneto direito, ou distribuidor. Os sistemas de partida dos motores alternativos, normalmente, incluem um dos seguintes tipos de sistemas auxiliares: dínamo, vibrador de indução (algumas vezes chamado vibrador de partida), acoplamento de impulso, e vibrador de sistemas de partida.

Dínamo

O conjunto dínamo (figura 4-20) consiste em duas bobinas enroladas em torno de um núcleo de ferro doce, um jogo de contatos, e um condensador.

O enrolamento primário possui um de seus terminais aterrado por meio de uma tira interna, e outro terminal conectado ao contato móvel.

O contato fixo é provido de um terminal, onde é aplicada a tensão da bateria quando a chave do magneto é colocada na posição "start", ou automaticamente quando o motor de arranque é engatado.

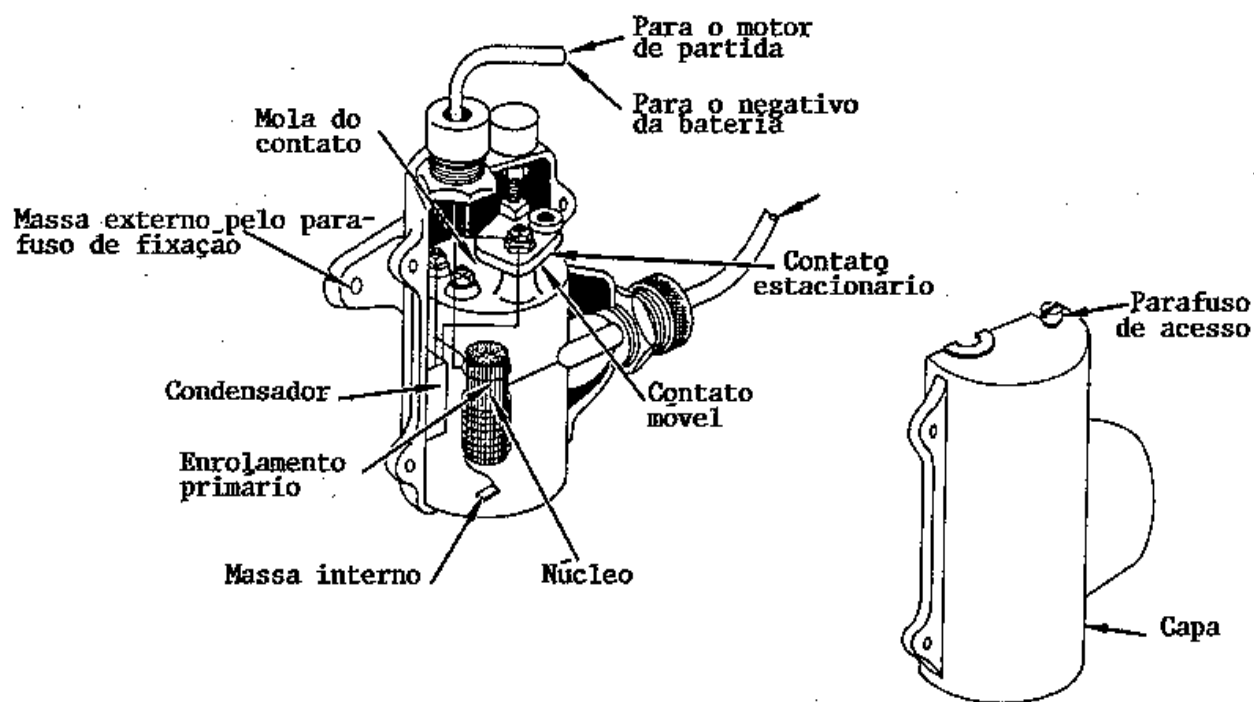


Figura 4-20 Dínamo.

A bobina secundária, a qual contém inúmeras vezes mais quantidade de voltas que a primária, possui também um de seus terminais aterrado por meio de uma tira interna, porém o outro está conectado com um terminal de alta tensão. O terminal de alta tensão está conectado para um eletrodo no distribuidor por meio de um cabo de ignição.

Uma vez que o terminal regular do distribuidor está aterrado através das bobinas primária ou secundária de um magneto de alta tensão, a alta tensão fornecida pelo dínamo deve ser distribuída por um circuito separado no rotor do distribuidor. Isso é obtido pelo uso de dois eletrodos em um único rotor.

O eletrodo principal, ou lingueta, descarrega a tensão do magneto e o eletrodo auxiliar distribui somente a descarga do dínamo. O eletrodo auxiliar está constantemente localizado como se fosse a cauda do eletrodo principal, dessa forma retardando a centelha durante o período de partida.

A figura 4-21 ilustra, de forma esquemática, os componentes do dínamo mostrado na figura 4-20. Em operação, a tensão da bateria é aplicada para o terminal positivo (+) do dínamo através da chave de partida. Isto causa um fluxo de corrente através dos contatos fechados (figura 4-21) para a bobina primária e a massa.

Esta corrente, fluindo através da bobina primária, produz um campo magnético sobre a bobina, magnetizando o seu núcleo.

Quando o núcleo se encontra magnetizado, ele atrai o contato móvel, o qual se encontra normalmente mantido contra o contato fixo por mola.

Quando o contato móvel é atraído pelo núcleo de ferro, o circuito primário é aberto, levando ao colapso o campo magnético da bobina e, conseqüentemente, o do núcleo.

Já que o núcleo atua como um eletroímã somente quando flui corrente pela bobina primária, ele perde seu magnetismo no momento em que ocorre a abertura dos contatos. Isso permite que a mola torne a fechar os contatos e, novamente, complete o circuito da bobina primária que por sua vez, remagnetiza o núcleo, atraindo o contato móvel, o qual novamente abre o circuito da bobina primária. Essa ação faz com que o contato móvel vibre rapidamente, enquanto for mantida a chave de partida na posição fechado ("on").

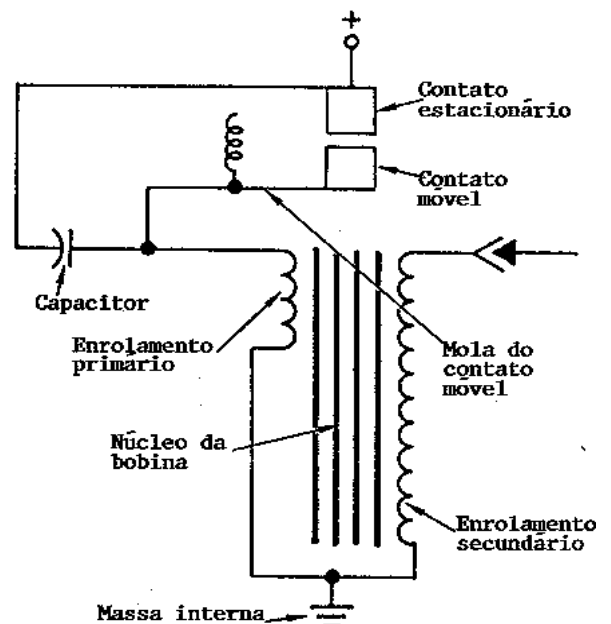


Figura 4-21 Esquema do dínamo.

O resultado desta ação é uma contínua expansão e retração (colapso) do campo magnético, transmitindo para a bobina secundária do dínamo. Como a bobina secundária possui muito mais espiras que a primária, a tensão induzida resultante dessas linhas de força sobre a bobina secundária é altíssima, o suficiente para o sistema de ignição do motor.

O condensador (figura 4-21), o qual está conectado através dos contatos, tem uma importante função no circuito.

Como o fluxo de corrente na bobina primária é interrompido pela abertura dos contatos, a alta tensão auto-induzida, que acompanha cada colapso do campo magnético, é absorvida pelo condensador.

Sem o condensador, ocorreria um arco através dos contatos a cada colapso do campo magnético. Isso poderia queimar e provocar covas nos contatos, reduzindo brutalmente a tensão de saída do dínamo.

Vibrador de indução

O vibrador de indução (ou vibrador de partida) mostrado na figura 4-22, consiste em um vibrador operado eletricamente, um condensador e um relé.

Essas unidades estão montadas em uma base, e estão envolvidas por uma carcaça metálica.

ordem. A rápida sucessão de voltagens distintas induzidas na bobina secundária produz uma "chuva" de centelhas, através dos pólos da vela de ignição selecionada.

A sucessão de voltagens distintas é distribuída através da saída de um distribuidor principal para várias velas de ignição, porque os pontos de contato do interruptor armam no mesmo instante em que o magneto está gerando a sua voltagem. O sistema de ignição que utiliza um vibrador por indução não possui provimentos para retardo de centelha; portanto, ele não possui um eletrodo guia auxiliar no distribuidor.

Quando se dá a partida num motor equipado com um vibrador indutivo, o interruptor de ignição pode ser mantido desligado até que o motor de partida tenha girado a hélice pelo menos uma volta.

Então, enquanto a hélice é mantida girando, o interruptor de ignição pode ser ligado. Se essa precaução não for observada, um impacto contrário no motor será o provável resultado da ignição antes da correta RPM de partida. Depois que a hélice tiver completado pelo menos uma volta, produzirá um momento suficiente para evitar o impacto contrário.

Tão logo o motor inicia o disparo e o interruptor de partida é liberado; e o circuito elétrico da bateria para o vibrador indutivo é aberto.

Quando a corrente da bateria é cortada do vibrador indutivo, os contatos do relé se abrem e interrompem a conexão entre o vibrador de indução e o magneto.

Essa conexão deve ser interrompida para evitar que o magneto fique fora do aterramento do relé da bobina.

Se os contatos do relé do vibrador indutivo não abrirem quando a corrente da bateria for cortada, a corrente primária do magneto não poderá ser interrompida quando os contatos abrirem; ao invés disso, a corrente primária pode fluir através do relé e dos contatos do vibrador indutivo, e então para o terra através da bobina do relé.

Nesse caso, o magneto estaria inoperante como se o interruptor de ignição estivesse em "OFF".

Acoplamento de impulso

Motores que possuem um pequeno número de cilindros, algumas vezes são equipados

com um acoplamento de impulso. Essa é uma unidade que, durante a produção da centelha, pega um dos magnetos ligados ao motor numa breve aceleração e produz uma centelha quente para a partida.

Esse dispositivo consiste em pequenos contrapesos e um conjunto de molas, localizados na carcaça que fixa o magneto ao eixo de acessórios.

O magneto é flexivelmente conectado através do acoplamento de impulso por meio de molas que, durante a baixa velocidade do magneto, é temporariamente mantido enquanto o eixo de acessórios é girado até que o pistão chegue aproximadamente ao ponto morto alto. Nesse ponto, o magneto é liberado e a mola retorna a posição original, resultando em um rápido retorno na rotação do magneto. Sendo equivalente à alta rotação do magneto, produzindo uma faísca quente.

Depois que o motor der a partida e o magneto alcançar uma velocidade suficiente para produzir corrente, os contrapesos no acoplamento voam devido a força centrífuga e bloqueiam os dois membros de acoplamento juntos. Isso torna a unidade sólida, retornando o magneto para a condição de sincronia relativa ao motor.

A presença do acoplamento de impulso pode ser identificada por meio de um curto estalo, quando o eixo de manivelas é girado até que a velocidade dos cilindros se estabilize após o ponto morto alto em cada cilindro.

O uso do acoplamento de impulso produz forças de impacto no magneto, partes acionadas do motor e várias partes das unidades acopladas.

Muitas vezes os contrapesos ficam magnetizados e não engatam os pinos batentes; e o óleo congelado durante o tempo frio produz o mesmo resultado.

Outra desvantagem do acoplamento de impulso é que esse pode produzir somente uma centelha por cada ciclo de movimento do cilindro.

Essa é uma desvantagem, especialmente durante condições adversas de partida.

Vibrador interruptor de retardo de alta tensão

O magneto interruptor de retardo e o sistema vibrador de partida são usados como

parte do sistema de alta tensão na maioria das aeronaves pequenas. Projetado para sistemas de ignição de quatro ou seis cilindros, o magneto interruptor de retardo elimina a necessidade de um acoplamento de impulso em pequenas aeronaves. Esse sistema usa um interruptor adicional para obter o retardo da centelha para a partida.

O vibrador de partida é também adaptado para muitos sistemas de ignição de helicóptero.

O esquema do diagrama de um sistema de ignição, usando o magneto interruptor de retardo e o conceito de vibrador de partida, é mostrado na figura 4-23.

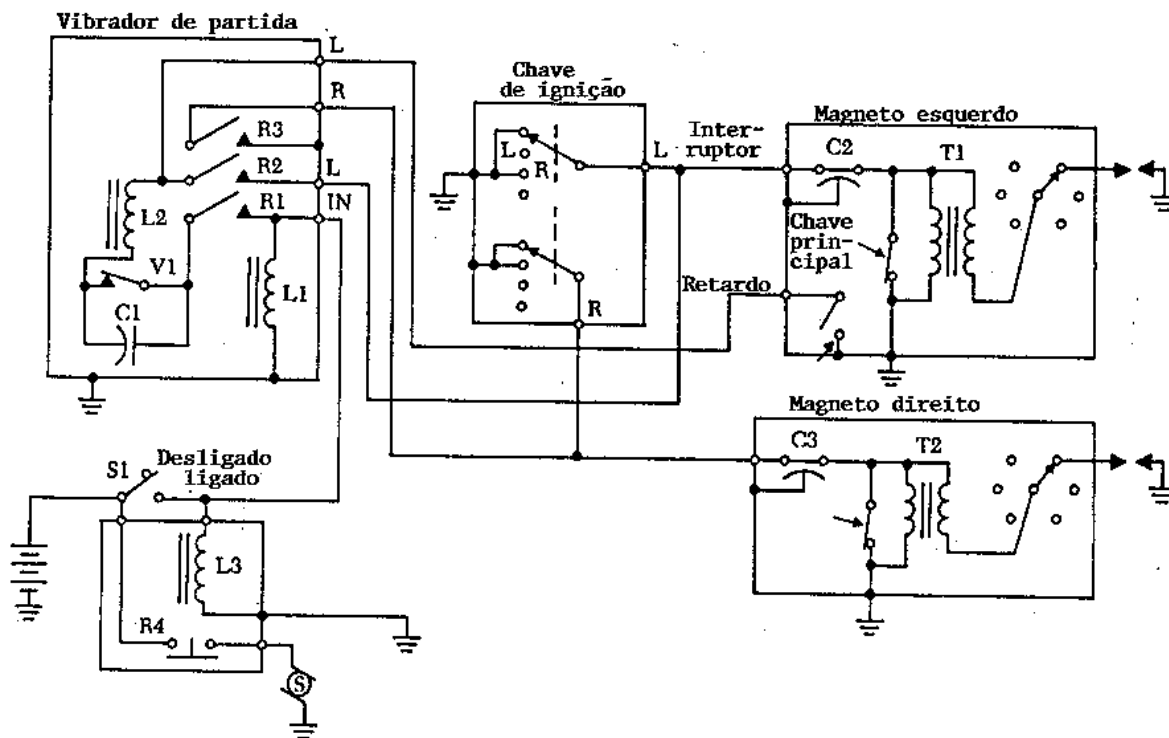


Figura 4-23 Circuito vibrador de partida e magneto interruptor de retardo de alta tensão.

Com o seletor do magneto na posição "ambos" (figura 4-23), e o interruptor de partida S1 ligado, o solenóide de partida L3 e a bobina L1 são energizados, fechando os contatos R4, R1, R2 e R3 do relé.

R3 liga o magneto direito ao aterramento, mantendo esse inoperante durante a operação de partida. A Corrente elétrica flui da bateria através de R1, pontos V1 do vibrador, bobina L2, através de ambos os pontos do interruptor de retardo, e através de R2 e o contato principal do interruptor do magneto esquerdo para a massa.

A bobina L2 energizada abre os contatos V1 do vibrador, interrompendo o fluxo de corrente através de L2. O campo magnético de L2 interrompe bruscamente, e os contatos V1 do vibrador fecham novamente. Uma vez mais, corrente flui através de L2, e novamente os contatos V1 do vibrador abrem. Este processo é repetido continuamente, e o fluxo de corrente interrompido da bateria flui para o aterramento,

através dos contatos do interruptor principal e de retardo do magneto esquerdo.

Desde que o relé R4 é fechado, o motor de partida é energizado e o eixo do motor começa a girar. Quando o motor atinge sua posição normal de ignição, os contatos do interruptor principal do magneto esquerdo abrem.

A interrupção momentânea de corrente do vibrador pode manter um caminho para o aterramento através dos contatos do interruptor de retardo, que não abrem até que a posição de retardo do motor seja atingida. Nesse ponto do movimento do eixo de partida, os contatos de retardo abrem. Uma vez que os contatos do interruptor principal são mantidos abertos, a bobina primária do magneto não fica em curto prolongado, e a corrente produz um campo magnético através de T1.

Cada vez que os contatos V1 do vibrador abrem, o fluxo de corrente é interrompido. O campo interrompido através de T1 corta através da bobina secundária do magneto, e induz uma

interrupção de energia de alta tensão, usada para produzir centelha na vela de ignição.

Desde que os contatos V1 são abertos e fechados rápida e continuamente, uma chuva de centelhas é fornecida aos cilindros quando os contatos dos interruptores principal e de retardo são abertos.

Depois que o motor inicia a aceleração, o interruptor de partida manual é liberado, causando a desenergização de L1 e L3. Isso faz com que o vibrador e os circuitos de retardo fiquem inoperantes, e também abra os contatos do relé R3, o que remove a massa do magneto direito.

Ambos os magnetos agora disparam no avanço (funcionando normalmente) da posição do pistão.

Vibrador interruptor de retardo de baixa tensão

O sistema, projetado para aeronaves pequenas de quatro e seis cilindros, elimina as desvantagens dos sistemas de ignição de acoplamento de impulso e de alta tensão. Um sistema típico, mostrado na figura 4-24, consiste em magneto interruptor de retardo, um magneto interruptor simples, um vibrador de partida, bobinas de transformador e um interruptor de partida e ignição.

Para operar o sistema mostrado na figura 4-24, coloca-se o interruptor de partida S3 na posição ligado. Isso energiza o solenoide L3 e a bobina L1, fechando os contatos R1, R2, R3 e R4 do relé.

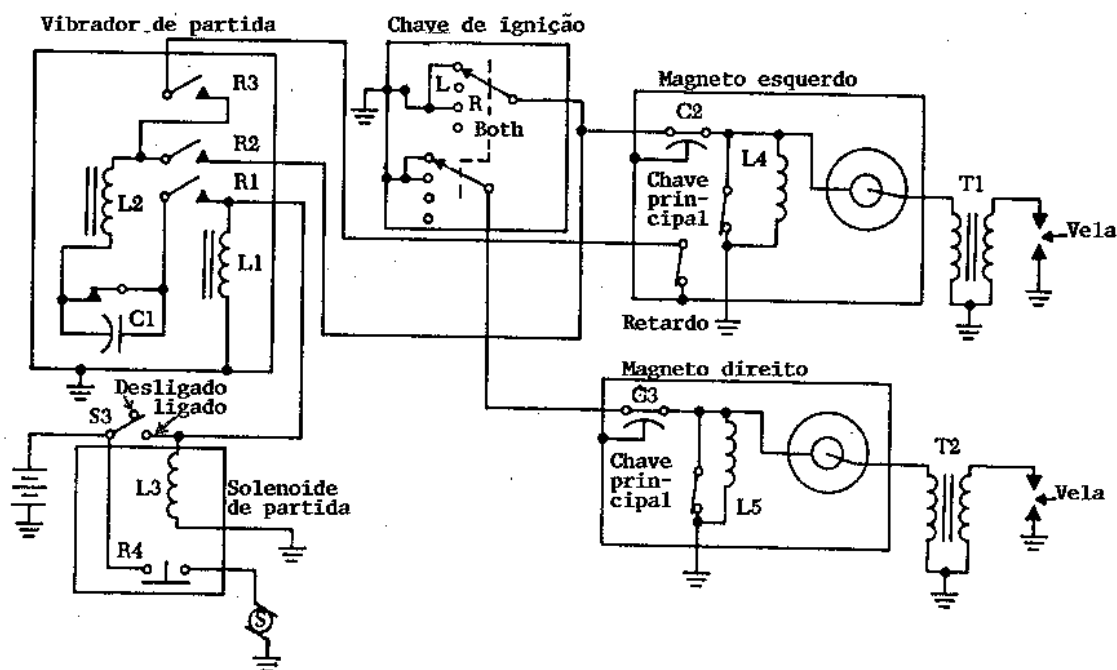


Figura 4-24 Magneto de retardo de baixa tensão e circuito vibrador de partida.

Com o seletor do magneto na posição "L" (esquerdo), uma corrente flui através de R1, dos contatos L2 e R2 do vibrador, e através dos contatos do interruptor principal para o aterramento.

A corrente também flui através de R3 e contatos do interruptor de retardo para a massa. Correntes através de L2 produzem um campo magnético, os quais abrem os contatos do vibrador e quando a corrente pára de fluir através de L2, os contatos novamente se fecham. Estas ondas de fluxo de corrente, através de ambos os contatos dos interruptores de retardo e principal vão para a massa.

Desde que o interruptor de partida seja fechado, o eixo do motor começa a girar. Quando o giro atinge o avanço normal da posição de ignição, os contatos principais do interruptor do magneto abrem; entretanto, a corrente mantém o fluxo para a massa através dos contatos fechados do interruptor de retardo.

Como o motor continua girando, a posição de retardo de ignição é atingida e os contatos do interruptor de retardo são abertos. Desde que os contatos do interruptor principal sejam mantidos abertos, a corrente vai fluir para a massa através da bobina L4, produzindo um campo magnético ao seu redor.

Como o motor continua girando, os contatos do interruptor vibrador abrem, interrompendo bruscamente o campo magnético L4 através do T1 primário, induzindo uma alta voltagem no secundário do T1 para detonar a vela de ignição.

Quando o motor “pega”, o interruptor de partida é liberado, desenergizando L1 e L3. Isso abre os contatos do circuito do vibrador e do interruptor de retardo. O interruptor de ignição é então girado para “ambos”, permitindo que o magneto direito opere ao mesmo tempo que o magneto esquerdo.

VELAS DE IGNIÇÃO

A finalidade da vela em um sistema de ignição é conduzir um curto impulso de corrente de alta voltagem, através de um espaço dentro da câmara de combustão.

Dentro da câmara de combustão existe um espaço por onde o impulso pode produzir uma centelha elétrica para inflamar a carga de ar/combustível.

Embora as velas de ignição de aeronaves sejam de simples construção e operação, elas estão direta ou indiretamente relacionadas com a maioria das grandes falhas nos motores de aeronaves. Mesmo assim, as velas permitem uma grande operação sem problemas, considerando as condições adversas em que operam.

Em cada cilindro de um motor operando a 2.100 RPM, aproximadamente 17 separadas e distintas pontes de centelhas de alta voltagem saltam em uma vela de ignição simples, por segundo. Isso aparece para os nossos olhos como um disparo contínuo, saltando dos eletrodos das velas de ignição à temperatura acima de 3000 °F.

Ao mesmo tempo, a vela suporta uma alta pressão de gás como 2000 p.s.i., e uma alta pressão elétrica da ordem de 15.000 volts.

Os três principais componentes de uma vela de ignição (figura 4-25) são os eletrodos, isolante e cobertura externa. A cobertura externa que possui rosca para fixação ao cilindro, é normalmente feita de aço especial resistente à corrosão devido aos gases do motor, garantindo a fixação.

A falta de tolerância da rosca de fixação e do vedador evita vazamento da pressão de gás de escapamento através da vela. A pressão que vier a escapar através dessa é retida pelo veda-

dor interno, entre o metal externo da cobertura e o isolador, e entre o isolador e o conjunto do eletrodo central.

O isolador provê uma proteção em torno do eletrodo. Em adição à isolamento elétrica, o isolador de cerâmica também transfere calor da ponta da cerâmica para o cilindro.

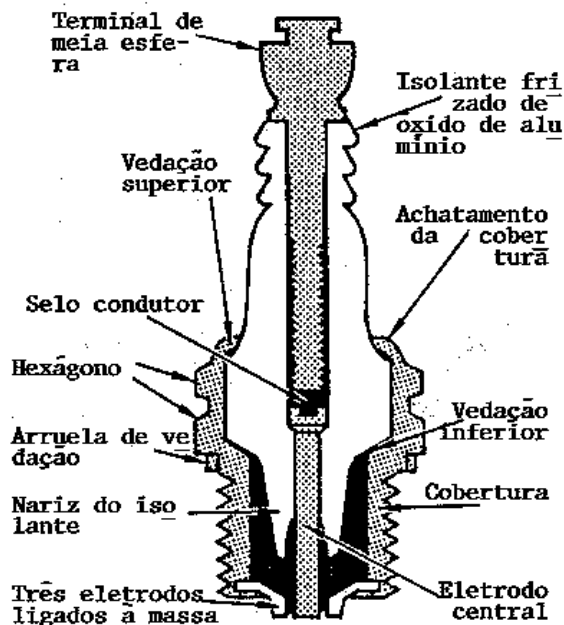


Figura 4-25 Uma vela típica.

Os tipos de velas de ignição usados em diferentes motores variam em relação ao calor, faixa, tamanho da rosca ou outras características de instalação – requeridas por diferentes motores.

A faixa de calor de uma vela de ignição é medida pela sua capacidade de transferir calor para a cabeça do cilindro. A vela deve operar quente, permitindo queimar depósitos que podem causar sujeira, entretanto, a uma temperatura que evite a condição de pré-ignição.

O comprimento do nariz central é o principal fator para estabelecer a faixa de calor da vela. Velas “quentes” possuem um grande nariz isolador, que cria um longo caminho de transferência de calor, enquanto que as velas “frias” possuem um isolador relativamente pequeno, para permitir uma rápida transferência de calor para a cabeça do cilindro (figura 4-26).

Se um motor fosse operado somente em uma velocidade, o desenho das velas de ignição poderiam ser bastante simplificado. Devido ao fato do voo demandar diferentes situações de carga do motor, as velas de ignição precisam ser projetadas para operar tão quentes quanto possí-

vel, e em baixas velocidades e poucas cargas, e tão frias quanto possível em cruzeiro e potência de decolagem.

A opção pela vela de ignição que deve ser utilizada em um motor de aviação é determinada pelo fabricante do motor após testes completos.

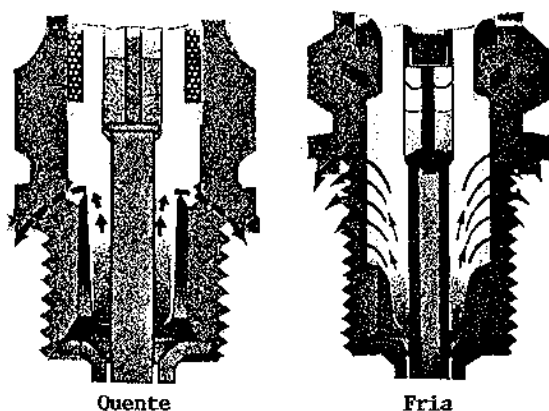


Figura 4-26 Velas quentes e frias.

Quando um motor é certificado para utilizar uma vela de ignição quente ou fria, a vela utilizada é determinada pela forma como o motor vai ser operado.

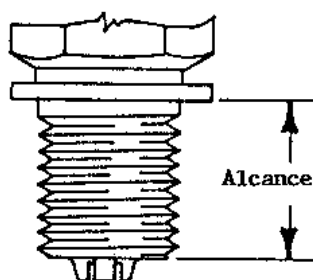


Figura 4-27 Alcance da vela.

Uma vela com alcance apropriado (figura 4-27) irá determinar o quanto a extremidade do eletrodo penetrará no cilindro, em uma posição ideal para ativar a ignição. O alcance da vela de ignição é a quantidade de rosca inserida na bucha, no cilindro. Gripamento da vela e/ou combustão incorreta no cilindro, são causas prováveis de velas com alcances errados em uso.

MANUTENÇÃO E INSPEÇÃO DO SISTEMA DE IGNIÇÃO DE MOTORES ALTERNATIVOS

Um sistema de ignição de uma aeronave é o resultado de um cuidadoso projeto e de esmerados testes.

Há todas as possibilidades de um sistema de ignição estar bom, dependendo do serviço e da manutenção adequada. Entretanto, dificuldades podem ocorrer, afetando a performance de um sistema de ignição.

A mais comum dessas dificuldades de manutenção, junto com o método mais genérico de inspeção de ignição, será discutido nesta seção.

Quebra do material isolante, surgimento e aumento de pontos de rachaduras e curto-circuito, ou quebra de conectores elétricos, não são incomuns. Esses defeitos devem ser encontrados e corrigidos.

Menos comuns são as irregularidades que envolvem erros humanos.

Por exemplo, o tempo de ignição requer um ajuste preciso e cuidadoso, para que quatro condições sejam seguidas no mesmo instante:

- 1) O pistão do cilindro número 1 deverá estar em uma posição descrevendo um número de graus, antes do ponto morto alto no tempo de compressão.
- 2) O rotor do magneto deve estar na posição da folga "E".
- 3) Os contatos do platinado devem estar abertos pelo ressalto do came número 1.
- 4) A haste do distribuidor deve estar alinhada com o eletrodo servindo o cilindro número 1.

Se uma dessas condições estiver fora de sincronização, com qualquer outra, diz-se que o sistema de ignição está "fora de tempo".

Quando a ignição de um cilindro ocorre antes do eixo de acionamento atingir o ponto ideal, isso é classificado como "avançado". Se a ignição ocorre muito cedo, o pistão surge no cilindro em oposição a força total da combustão. Essa condição resulta em perda de potência do motor, superaquecimento, e possibilidade de detonação e pré-ignição.

Se a ignição ocorre em um tempo após a posição ótima do eixo de manivela ser atingida, o tempo de ignição é chamado de "atrasado". Se isso ocorrer muito tarde, não haverá tempo suficiente para queima da carga de ar/combustível, e ocorrerá uma combustão incompleta.

Como resultado, o motor perde potência e aumenta a abertura necessária ao acelerador, para manter a carga da hélice.

As irregularidades mais comuns são a-

quelas causadas por formação de umidade em diferentes partes do sistema de ignição. Umidade pode entrar nas unidades do sistema de ignição através de fendas ou coberturas soltas, ou pode ser resultado de condensação.

"Respingos", uma situação que acontece durante um reajuste do sistema, devido a baixa ou alta pressão atmosférica, pode acontecer quando o ar está carregado de umidade. Normalmente o calor do motor é suficiente para evaporar a umidade, mas ocasionalmente esta se condensa com o motor frio. O resultado é um considerável acúmulo de umidade, que pode causar a perda da resistência elétrica do material isolante.

Uma pequena quantidade de contaminação, por umidade, pode causar redução na saída do magneto por curto-circuito, para a massa, da parte de corrente de alta voltagem destinada à vela de ignição. Se este acúmulo de umidade for considerável, a saída do magneto pode ser dissipada para o aterramento. O acúmulo de umidade durante o vôo é extremamente raro, devido a alta temperatura de operação do sistema que é suficiente para evitar a condensação, portanto, as dificuldades por essas causas podem ocorrer mais provavelmente durante a operação no solo.

As velas de ignição de aeronaves podem ser injustamente apontadas como causas de falhas no funcionamento. Elas podem ser apontadas como defeituosas quando, na realidade, o defeito está ocorrendo em outro sistema. Falha no funcionamento do carburador, sujeira no distribuidor, válvula travada, vazamento no sistema primário, ou sujeira na marcha lenta, e ajuste de mistura podem apresentar os mesmos sintomas de falha no sistema de ignição.

Infelizmente, muitas dessas condições podem ser temporariamente resolvidas com a substituição de uma vela de ignição, mas o problema voltará a ocorrer em um curto espaço de tempo porque sua causa real não foi eliminada. Um total desconhecimento dos vários sistemas do motor, após cuidadosa inspeção e bons métodos de manutenção, podem reduzir substancialmente muitos erros.

DISPOSITIVOS DE REGULAGEM DO MAGNETO DE IGNIÇÃO

Quando muitas oportunidades para errar a regulagem do sistema de ignição para o motor são consideradas, a ênfase para o correto uso

dos dispositivos que seguem é facilmente justificada.

Erros podem facilmente ocorrer no posicionamento do pistão na sincronização com o cilindro; ele pode ser colocado em um grau errado do eixo de manivela ou em um correto grau do eixo, mas em um tempo errado. Quando posicionado o rotor do magneto, um desacerto pode ser causado pela não remoção da folga entre as engrenagens de acionamento.

O conjunto dos platinados estando ou não corretamente sincronizado, não pode ser aberto na folga "E".

Qualquer outro erro pode alterar a regulagem final da vela de ignição. Devido às grandes possibilidades de erros, dispositivos temporizadores estão sendo desenvolvidos para tornar mais consistente os métodos de temporização.

Marcas de referências para a regulagem no próprio motor

Muitos motores alternativos possuem marcas de referências no próprio motor. Em um motor que não tem engrenagem de redução de hélice, a marca poderá ser normalmente encontrada no flange da hélice (figura 4-28).

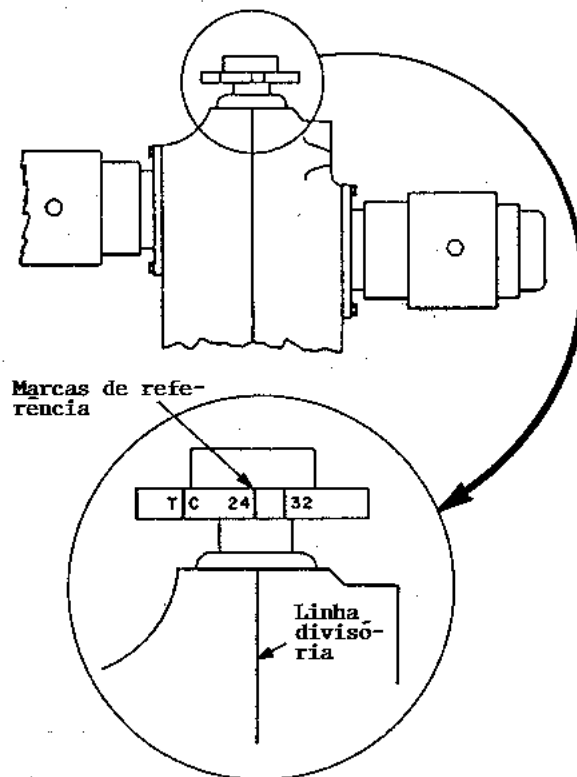


Figura 4-28 Marcas do tempo no flange da hélice.

A marca de ponto central (TC), estampada no bordo, irá alinhar-se com o eixo longitudinal abaixo do eixo de manivelas, quando o pistão número 1 estiver no ponto morto alto. Outras marcas no flange indicam grau antes do ponto morto alto.

Em alguns motores existem marcas de graus na caixa de redução das hélices. Para esses motores é necessário remover um plugue na caixa de engrenagens de redução, para que se possa ver as marcas do tempo do motor. Em outros motores, as marcas de temporização estão na flange do eixo de manivelas, e podem ser vistos removendo a conexão à frente do eixo.

Em qualquer caso, as instruções do fabricante do motor irão indicar a localização dessas referências no motor.

Utilizando as marcas (figura 4-29) para posicionar o eixo de manivelas, o ponteiro estacionário, ou a marca na seção dianteira, deve estar alinhado no eixo da hélice, no flange do eixo ou na caixa de engrenagens.

Verifica-se se um ângulo poderá resultar em um erro de posicionamento do eixo de manivelas.

Embora muitos motores tenham marcas de referências de tempos, eles ainda deixam a desejar.

O principal inconveniente é o fator folga. A folga em um sistema de engrenagens irá variar entre as instalações e, muitas vezes, entre duas verificações distintas da mesma peça do equipamento.

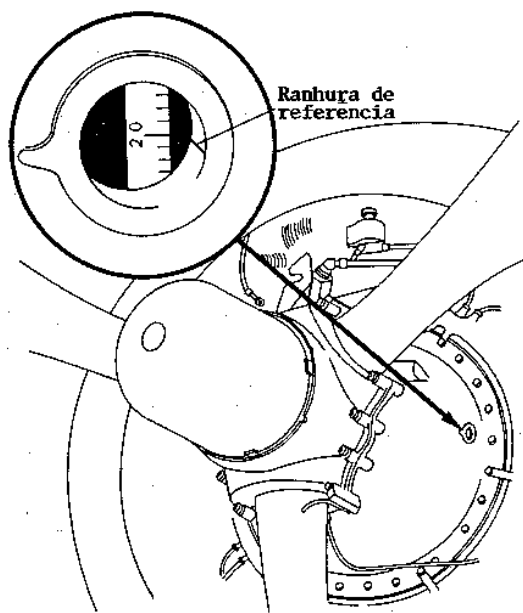


Figura 4-29 Marca do tempo típico na caixa de redução da hélice.

Isso acontece porque não existe como impor uma carga à caixa de engrenagens, em direção oposta à rotação do eixo de manivelas. Outro aspecto desfavorável na utilização de marcas na caixa de redução é um pequeno erro que surge quando verifica-se de baixo essa marca de referência, para ajustá-la dentro da carcaça da caixa de redução.

Devido ao fato de haver folga entre as duas marcas de referência, cada mecânico deve ter seus olhos no mesmo plano, se não, cada homem irá selecionar uma posição diferente do eixo de manivelas para o ajuste da ignição.

Disco de sincronização

O disco de sincronismo é um dispositivo de posicionamento do eixo de manivelas mais preciso do que as marcas de referência. Esse dispositivo consiste em um disco e um ponteiro mecânico, montado em um acessório acionado pelo motor. Esse ponteiro, que é montado em um eixo acionador de acessório, indica o número de graus do movimento do eixo de manivelas sobre o disco.

O disco é marcado em graus relativos ao eixo de manivelas. Pela simples aplicação do torque no acionador de acessórios em uma direção oposta à rotação normal, a folga na caixa de engrenagens pode ser removida, e o eixo de manivelas pode ser levado para a posição, e obter um ajuste preciso de tempo após tempo.

Nem todos os discos são marcados no mesmo número de graus. Por exemplo, o disco destinado para uso em um tipo de motor é montado no eixo de acionamento da bomba de combustível. Desde que a bomba seja acionada com a mesma velocidade do eixo de manivelas, o ponteiro irá descrever um circuito completo quando o eixo de manivelas completar uma volta.

Portanto, o disco pode ter incrementos de um em um grau até completar 360°. Entretanto, o disco utilizado em um outro motor pode ser montado sobre o magneto, que é acionado com a metade da velocidade do eixo de manivelas.

Com essa relação, o eixo move um grau, enquanto o ponteiro indicador move apenas meio grau. Por essa razão, o disco está marcado com 720 espaços de 1/2 grau. Cada 1/2 grau indicado corresponde a um grau completo no eixo de manivela.

A figura 4-30 mostra um disco de sincronia. As marcas variam de acordo com as especificações do motor. A escala nesse exemplo é fixada nos parafusos de fixação da placa de torque e o ponteiro no eixo de acionamento da hélice.

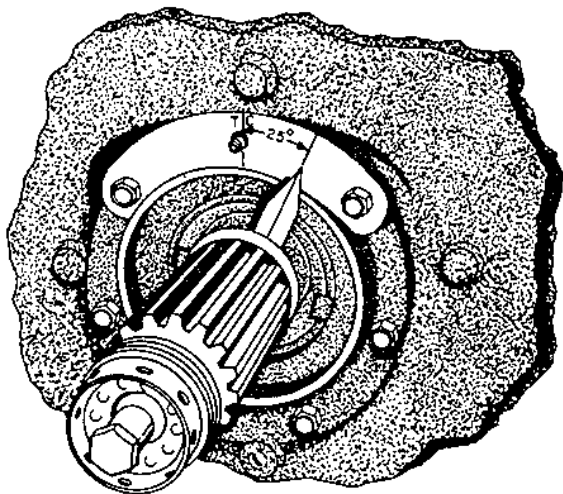


Figura 4-30 Uma placa de sincronia e ponteiro.

Indicador de posição do pistão

Precisamos obter a indicação de posição do pistão para sincronizar a ignição, válvulas ou injeção de combustível. Essa referência é chamada de ponto morto alto. Esta posição do pistão não pode ser confundida com a posição do pistão chamada ponto alto.

Um pistão no ponto alto tem pouco valor para o ponto de ajuste padrão, porque corresponde a uma variação de 1 a 5° da posição do eixo de manivelas. Isso é ilustrado na figura 4-31, que foi exagerado para dar ênfase a zona em que o pistão "não desloca".

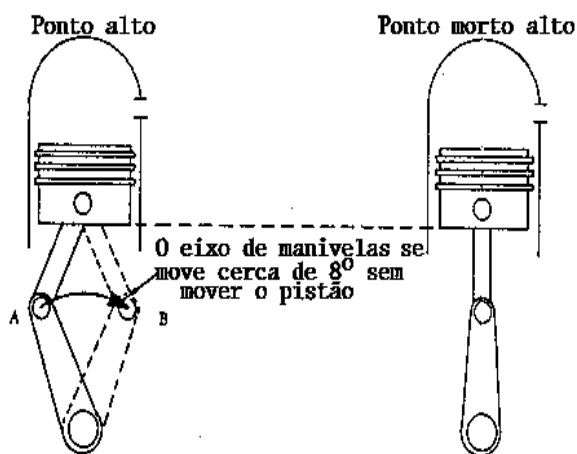


Figura 4-31 Ilustração da diferença entre o ponto alto e o ponto morto alto.

Nota-se que o pistão não se move, enquanto que, o eixo de manivela descreve um pequeno arco da posição "A" para a posição "B". Esta zona que "não desloca" o pistão ocorre entre o tempo em que o eixo de manivelas termina de leva-lo para cima através da biela, e posiciona a biela para puxar o pistão para baixo.

O ponto morto alto é a posição do pistão e do eixo de manivelas, a qual todas as outras localizações do pistão e eixo de manivela são referenciadas.

Quando um pistão está na posição de ponto morto alto, ele está na distância máxima do centro do eixo de manivelas, e também no centro da zona que "não desloca". Nessa posição, o pistão está localizado de modo que pode ser traçada uma linha de centro do eixo de manivelas, biela e pino do pistão, como mostrado na figura 4-31. Com esse alinhamento, uma força aplicada no pistão não pode mover o eixo de manivelas.

Talvez uma haste ou um lápis tenham sido os primeiros indicadores de posição do pistão. Uma extremidade dessa simples ferramenta pode ser inserida em um ângulo através do orifício da vela de ignição do cilindro de sincronia, até atingir o outro bordo do pistão, como mostrado na figura 4-32.

Nesse ponto, este mecanismo deve ser marcado com a unha do polegar em relação à face do orifício da vela de ignição. Com essa marca mantida na haste, pode-se retirar a haste e fazer um chanfro de uma polegada acima da marca.

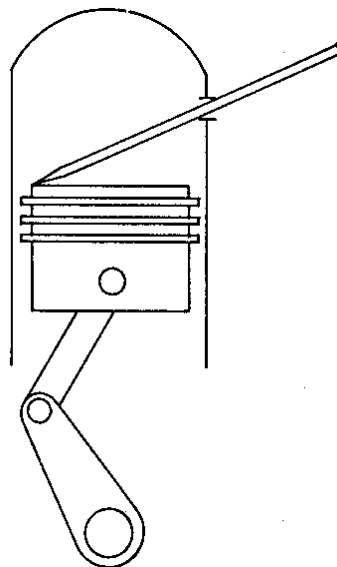


Figura 4-32 Um simples indicador de posição do pistão.

Esse chanfro provê um ponto de referência que, algumas vezes, estará antes do ponto morto alto.

Um procedimento incorreto não poderá encontrar a mesma posição do pistão em cada tempo.

Todas as indicações de posição do pistão em uso utilizam o orifício da vela de ignição, que sempre encontra o cilindro em um plano exato, e a haste de indicação toca a mesma parte da cabeça do pistão.

Um dos vários indicadores de posição do pistão usados hoje é um indicador mostrador de tempo (figura 4-33).

Isso serve para o propósito de indicar a posição do pistão em um número limitado de graus, como o disco de sincronia.

Esse dispositivo consiste em duas partes: a carcaça do corpo e a face. A carcaça é essencialmente um adaptador com um parafuso, que atravessa o orifício da vela de ignição e suporta a face.

A face é montada no adaptador e contém uma mola de carga que compensa o braço do indicador, um ponteiro deslizante, uma escala substituível calibrada em graus, um indicador luminoso, e a borda que distende-se acima da face para formar uma dobradiça para compensar o braço do indicador.

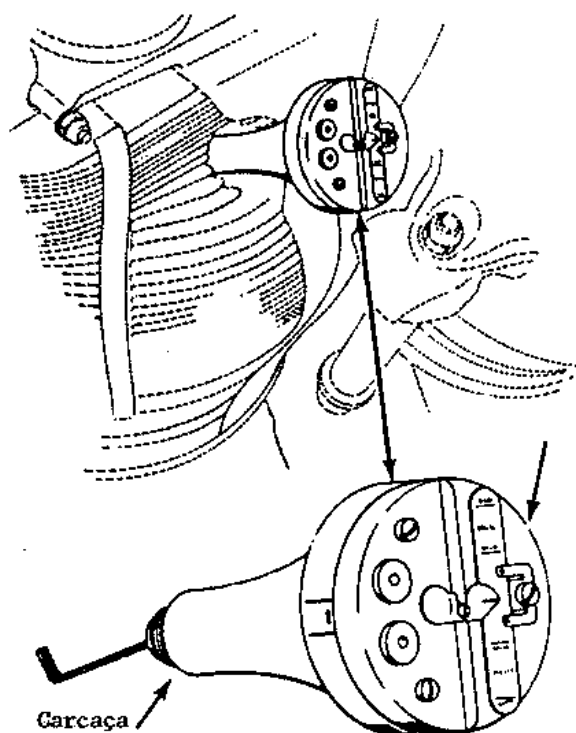


Figura 4-33 Indicador de posição do pistão.

A extensão final do braço compensado dentro do cilindro, através do orifício da vela de ignição é atuado pelo movimento do pistão. A outra extremidade da extensão do braço passa através da fenda na face, e atua o ponteiro deslizante sobre a escala.

Esse indicador acoplado tem uma variedade de diferentes braços e escalas graduadas. Tanto os braços, como as escalas, são compensados para os diferentes motores que utilizam essas marcas. A compensação é necessária porque há variação entre golpes dos pistões e localização dos orifícios das velas em diferentes cilindros. Os braços são compensados pela variação de suas formas e comprimentos, e a escala é compensada pelo espaçamento das marcas em graus.

Desse modo, uma combinação particular de uma escala e braço indicarão a posição verdadeira do pistão, se for usada corretamente.

Para garantir uma maior precisão com o "Indicador", uma pequena luz, alimentada por uma pequena bateria, é montada na face. Quando o braço compensado toca o ponteiro móvel, um circuito elétrico é completado e a luz acende. Essa luz permite maior precisão, porque o ponteiro deslizante pode ser posicionado para marcar um determinado grau sobre a escala, e o eixo de manivelas pode ser girado lentamente pelo eixo da hélice até que a luz acenda.

O eixo da hélice deve ser movimentado lenta e cuidadosamente, para que o braço não movimente o ponteiro além do grau ajustado após a luz acender.

Existem dois outros tipos comuns de indicadores de posição de pistão em uso, e ambos utilizam o mesmo princípio de posicionamento do pistão. Um possui a escala e pontos de referência. O outro é simplesmente uma luz que acende quando o pistão toca o braço atuador, e apaga quando o pistão se move para baixo do braço.

Luzes de sincronia

A luz de sincronia é utilizada para ajudar a determinar o instante exato em que os contatos do magneto se abrem. Eles são encontrados em dois tipos gerais e de uso comum. Ambos possuem duas luzes e três fios de conexão externa, embora possuam circuitos internos completamente diferentes, suas funções são as mesmas.

Um tipo de luz e seu circuito interno são mostrados na figura 4-34.

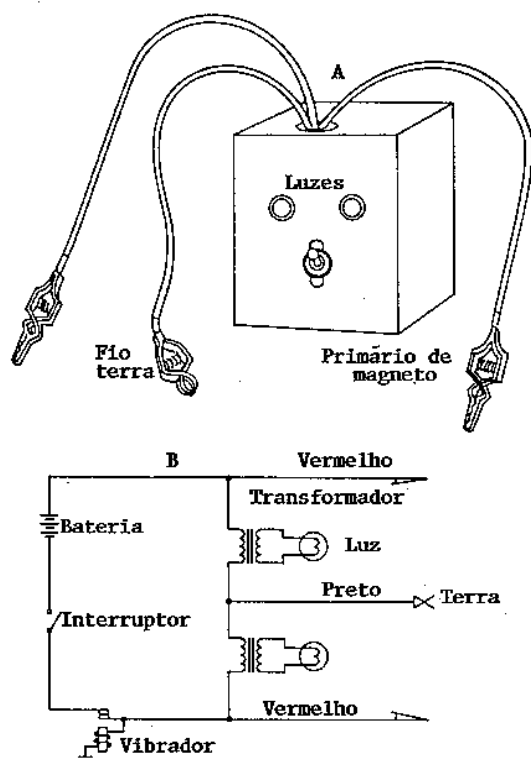


Figura 4-34 Diagrama elétrico de luz e luz de sincronia.

Três fios conectores saem do topo da caixa de luzes ("A" na figura 4-34). Também possui duas luzes na face dianteira da unidade e um interruptor para ligar e desligar a unidade.

No diagrama de fios ("B" na figura 4-34) percebe-se que a unidade contém uma bateria, uma bobina do vibrador e dois transformadores. Para utilizar a luz de sincronia, o fio central, marcado "terra" é conectado à carcaça do magneto a ser testado. As outras pernas são conectadas aos fios do primário do conjunto de platinados dos magnetos.

Com as pernas conectadas dessa maneira, pode ser facilmente determinado se os contatos estão abertos ou fechados pelo comando do interruptor, observando as duas luzes.

Se os contatos estiverem fechados, a maior parte da corrente fluirá através dos contatos do interruptor, e não através dos transformadores, então as luzes não acendem.

Se os contatos estiverem abertos, a corrente irá fluir através do transformador e as luzes irão acender. Alguns modelos operam de maneira inversa, ou seja, a luz se apaga quando os contatos abrem.

Cada uma das duas luzes é operada separadamente por contatos do interruptor, no qual estão conectadas. Isso torna possível observar o tempo ou o ponto de referência para ajustar rotor do magneto para no ponto onde os contatos abrem.

Muitos destes sincronizadores utilizam bateria seca que são substituídas após longo tempo de uso.

A atenção para a utilização é com relação a bateria fraca, que pode causar resultados errôneos de leitura, devido ao baixo fluxo de corrente no circuito.

CHECANDO A SINCRONIZAÇÃO INTERNA DO MAGNETO

Ao substituir um magneto ou prepará-lo para a instalação, a primeira preocupação é com a sincronização interna.

Para cada modelo de magneto, o fabricante determina com quantos graus da posição neutra um polo do rotor pode ser mantido para obter a melhor centelha na vela, no instante em que os contatos do platinado se abrem.

Esse deslocamento angular da posição neutra, conhecido como ângulo de folga "E", varia com os diferentes modelos de magnetos. Em um modelo, o "passo" é verificar o came do platinado para checar a sincronia interna do magneto.

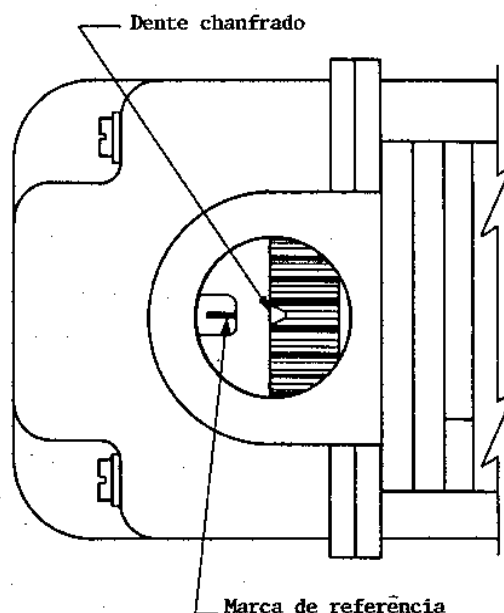


Figura 4-35 Marcas de sincronismo que indicam posição nº 1 de centelhas do magneto.

Quando uma régua é colocada nesse passo e coincide com as marcas na borda da carcaça, o rotor do magneto está na posição de folga “E” e os contatos do platinado devem estar começando sua abertura.

Outro método para checar a folga “E” é alinhando a marca de sincronismo com um dente chanfrado (figura 4-35).

Os contatos devem estar começando a abertura quando essa marca estiver alinhada.

Em um terceiro método, a folga “E” estará correta quando o pino de sincronia estiver posicionado, e os pontos vermelhos visíveis através de um furo de ventilação, no lado da carcaça do magneto, estiverem alinhados (figura 4-36).

Os pontos de contato deverão estar começando a abertura, quando o rotor se encontrar na posição descrita.

O ajuste de sincronismo do magneto envolve o posicionamento do rotor na posição da folga “E”, e o ajuste dos contatos do platinado para abrirem quando as marcas de sincronia, destinadas a esse propósito, estiverem perfeitamente alinhadas.

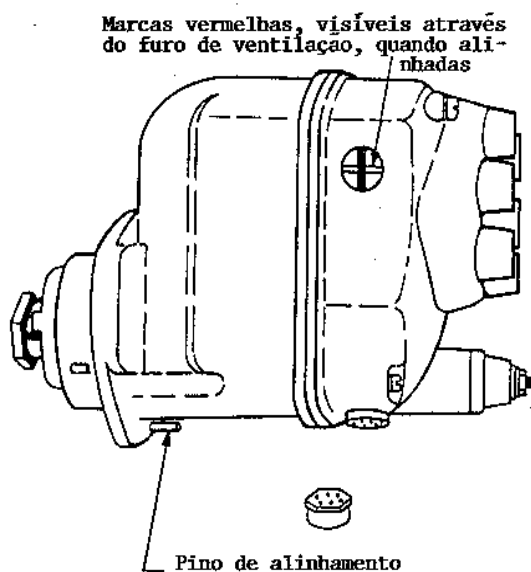


Figura 4-36 Checando a folga do magneto.

Sincronia do magneto de alta tensão em bancada

No assunto a seguir os procedimentos para sincronismo de um magneto de motor radial de duas carreiras de cilindros é citado somente para exemplo. Consulte as instruções do fabricante em qualquer caso, antes de alinhar a referência do magneto.

Para alinhar o magneto em bancada, certas ferramentas são necessárias. Normalmente usa-se a luz de sincronia, uma ferramenta para segurar o magneto, uma chave de fenda comum para soltar alguns parafusos do conjunto e uma régua para verificar a folga “E”.

Os contatos do platinado são protegidos por uma cobertura. A remoção dessa cobertura como mostrado na figura 4-37, expõe o ressalto e os contatos do platinado.

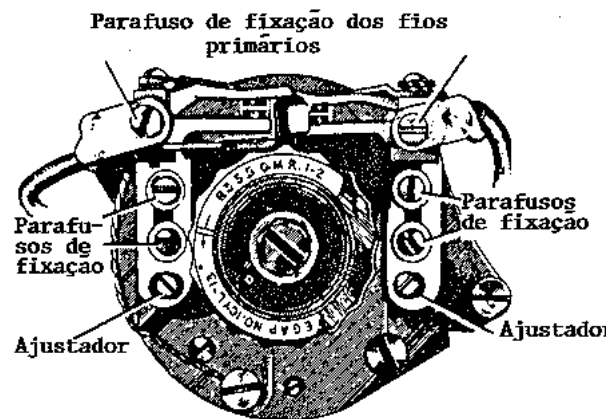


Figura 4-37 Contatos do platinado e ressalto compensado.

Para iniciar o ajuste de sincronização do magneto, conecta-se os dois fios vermelhos do sincronizador de luzes nos parafusos primários do magneto. E o fio preto restante liga-se na carcaça do magneto para fazer o aterramento.

Com a maioria dos magnetos desse tipo, uma ferramenta especial é usada para receber o encaixe do eixo de acionamento do magneto. Essa ferramenta mantém o magneto com os contatos para a posição perpendicular, e mantém o rotor do magneto estacionário durante o processo de alinhamento.

O movimento do rotor pode ser simulado, girando o magneto em torno do rotor. Para alguns tipos de magnetos a ferramenta que segura o rotor contém uma braçadeira para travá-lo na carcaça do magneto, estabelecendo a relação entre os dois.

Com o magneto instalado na ferramenta fixadora, e o sincronizador de luzes instalado, o posicionamento das marcas de alinhamento do rotor do magneto e o alinhamento do magneto pode ser perfeitamente localizado. Trava-se a ferramenta nessa posição.

Com o rotor posicionado e travado, ambos os parafusos inferiores (figura 4-37) podem ser afrouxados. Então, aperta-se estes dois parafusos até que haja algum arrasto (fricção), per-

mitindo movimentar a base nos parafusos de ajuste.

Liga-se o sincronizador de luzes e move-se os parafusos de ajuste para trás e para frente até que as luzes de sincronia para ajuste dos pontos iniciem a acender. Trava-se este ajuste nos pontos de contato, apertando os dois parafusos sem alterar o ajuste.

A trava do rotor do magneto deve ser solta e o ajuste pode ser verificado com a régua e o sincronizador de luzes, para determinar que os pontos estejam abertos exatamente na folga “E”. Isso é conseguido colocando e mantendo-se a régua no ressalto do rotor, e girando a carcaça do magneto em torno do eixo do rotor suportado pelo dispositivo de fixação.

Primeiro, gira-se a carcaça do magneto na direção indicada pela seta no ressalto do rotor até que a luz se apague. Indicando dessa forma que os contatos estão completamente fechados, então, o magneto é rodado na direção oposta. Isso fará com que o rotor do magneto volte para a posição de folga “E” na direção normal de rotação. Se o ajuste estiver correto, o ressalto do rotor do magneto se alinhará com a posição de folga “E”, que será indicado pela régua, no exato momento em que a luz acende para mostrar que os contatos estão abertos. A sincronia interna pelo ajuste dos contatos do platinado estará concluída.

Existem diversas maneiras para ajustar e manter o ajuste dos contatos abertos na posição de folga “E”. Talvez o método mais fácil já seja utilizado, ajustando os pontos do interruptor com uma verificação de contato.

Utilizando a indicação de luzes através dos pontos, com uma correta referência da folga, o segundo ajuste pode ser sincronizado para abrir exatamente no mesmo tempo.

Quando os dois parafusos de fixação no segundo ponto de ajuste (figura 4-37) são liberados, para permitir que os parafusos de ajuste movam as partes dos pontos de aterramento, os contatos podem ser ajustados até que a luz acenda exatamente ao mesmo tempo que o primeiro ajuste.

Então os parafusos de trava podem ser apertados sem alterar o posicionamento do interruptor antes de rodar a carcaça do magneto para ver se ambas as luzes acendem simultaneamente. O magneto agora está pronto para ser instalado no motor e isso requer sincronia desse com o motor.

SINCRONIZANDO O MAGNETO DE ALTA TENSÃO COM O MOTOR

Quando se substitui magnetos em motores de aeronaves, dois fatores são considerados: A sincronia interna do magneto, incluindo o ajuste do ponto de contato, que deve ser correto para obter o máximo potencial de voltagem dos magnetos; e a posição do eixo de manivelas em relação a centelha.

Uma folga dos contatos do platinado nunca pode ser comparada com outra, desde que não se conheça o outro ajuste dos contatos, que abre com um determinado número de graus antes do ponto morto alto na posição sincronismo de tempo do motor.

O magneto deve ser sincronizado primeiro ajustando o próprio sincronismo interno e, então, checando e ajustando os contatos de ignição para abrir nesta posição.

Se a marca de sincronia de referência para o alinhamento do magneto, alinhar quando a sincronia do pistão estiver um número descrito de graus adiante do ponto morto alto verdadeiro e, ambos os ajustes dos platinados, direito e esquerdo abrirem nesse instante e permanecerem abertos por um número de graus prescritos, a sincronia interna do magneto estará correta, a sincronia apropriada magneto-motor existe e todas as fases do magneto operam sincronizadas.

No caso dos platinados não serem ajustados quando da sincronia interna do magneto, como descrito pelas marcas de referência de ajuste interno, o magneto estará fora da posição prescrita em relação ao pistão.

Para que haja sincronia do magneto com o motor no exemplo seguinte, uma luz de sincronismo é usada.

A luz de sincronismo é projetada de tal forma que uma das duas estará acesa quando os contatos se abrirem.

A sincronia de luzes incorpora duas lâmpadas; portanto, quando conectamos o sincronizador de luzes ao magneto, os fios devem ser ligados de tal forma que a luz no lado direito da caixa represente os platinados do lado direito do magneto, e a luz do lado esquerdo do teste represente os platinados do lado esquerdo.

A conexão apropriada dos fios pode ser estabelecida pelo acendimento da luz de sincronia, tocando um dos fios vermelhos com o fio preto.

Se a luz direita apagar, o fio vermelho utilizado deve ser conectado na carcaça do magneto, ou no motor, para completar o aterramento.

Quando se utiliza a luz de sincronia para verificar um magneto em um sistema completo de ignição instalado na aeronave, o interruptor principal de ignição da aeronave deve ser ligado e o seletor de ignição colocado em "ambos" (both).

Do contrário, as luzes não irão indicar a abertura dos platinados.

Com o interruptor de ignição ligado e o sincronizador de luzes conectado, o magneto ficará inoperante; portanto, não haverá centelha quando a hélice for girada.

Após se concluir que o sincronismo interno do magneto está correto, gira-se o eixo de manivelas do motor até que o pistão do cilindro número 1 atinja a posição de faiscamento no tempo de compressão. Esta posição pode ser determinada por referência do manual de serviços do fabricante. Localiza-se essa posição utilizando um indicador do pistão.

Para se estabelecer o posicionamento do eixo de manivelas, com o indicador de posição do pistão, alguns itens são seguidos:

- 1) Remover a vela de ignição mais acessível do cilindro número 1.
- 2) Instalar o braço de contato e a escala calibrada corretos para o motor específico (consultar as instruções específicas do fabricante para serem utilizados corretamente).
- 3) Puxar a hélice na direção de rotação, até que o pistão número 1 venha para cima na fase de compressão. Isso pode ser determinado mantendo o polegar sobre o orifício da vela de ignição, enquanto a compressão o empurre para fora.
- 4) Separar o conjunto indicador de posição do pistão, e atarrachar a carcaça no orifício da vela de ignição. Inserir o conjunto indicador dentro do corpo com a extremidade do gancho para cima ou para baixo, como indicado na escala.
- 5) Empurrar o ponteiro deslizante para cima na fenda até atingir a extremidade da mesma, e pare no braço indicador (figura 4-38).

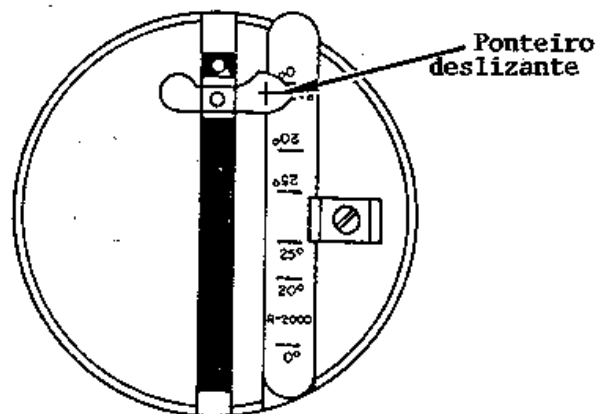


Figura 4-38 Posicionando o ponteiro de Indicação.

- 6) Puxar a hélice lentamente na direção de rotação, até que o braço de indicação mova o ponteiro deslizante na distância máxima e o braço indicador inicie o movimento para trás, subindo na fenda (figura 4-39).
- 7) Mover a escala calibrada para que a marca do zero se alinhe com a marca descrita no ponteiro deslizante.

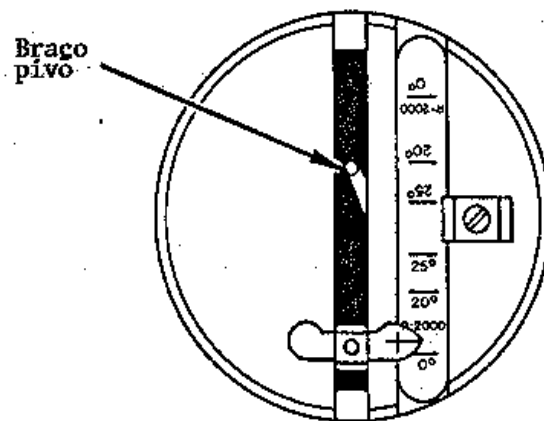


Figura 4-39 Posição máxima do ponteiro indicador.

- 8) Mover o ponteiro deslizante para trás, até o topo da fenda, ou até encostar no braço de indicação.
- 9) Girar a hélice na direção oposta, para que o braço do indicador possa retornar ao topo da fenda.
- 10) Verificar novamente a marca do zero na escala calibrada contra a marca de referência no ponteiro indicador (figura 4-40).

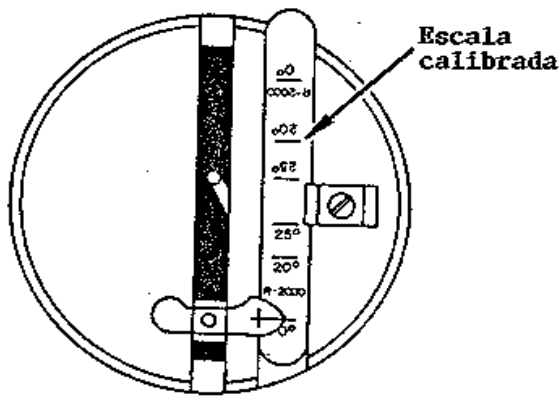


Figura 4-40 Rechecando a marca zero contra a marca de referência no ponteiro indicador.

- 11) Novamente mover o ponteiro deslizante para a parte superior da fenda, ou até encostar no braço indicador.
- 12) Puxar a hélice na direção de rotação. O braço indicador moverá o ponteiro deslizante, que indicará a posição do eixo de manivelas em relação ao ponto morto alto na escala calibrada (figura 4-41).
- 13) Ajustar a quantidade de graus do eixo de manivelas do motor para o correto ponto morto (tempo de ignição) como descrito nas instruções do fabricante.

Enquanto se mantém o ressalto de centelhamento na posição para o cilindro número 1, como indicado pelo alinhamento da marca de referência do magneto, instala-se o magneto na engrenagem de acionamento no motor.

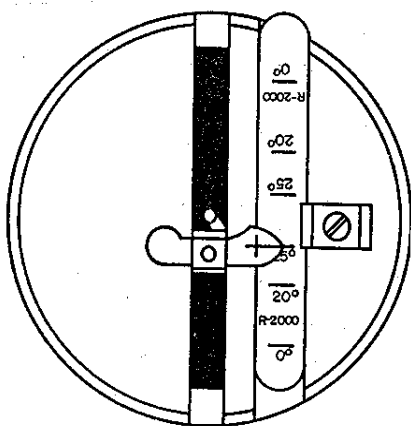


Figura 4-41 Movendo o eixo de manivelas para a posição de centelhamento do pistão.

A luz de sincronização é conectada ao magneto e aos platinados com o interruptor das luzes ligado e o conjunto do magneto é girado, primeiro na direção de rotação, e então na direção oposta.

Utiliza-se esse procedimento para verificar que as luzes apagam, e acendem quando o ressalto para o cilindro número 1, normalmente marcado por um ponto, levanta os platinados do magneto, enquanto este é girado.

Se a fenda no flange de montagem do magneto não permitir movimento suficiente para efetuar a abertura dos platinados para o cilindro número 1, move-se o magneto para fora da posição, afastando-o o suficiente para permitir que seu eixo gire um ressalto para à frente ou para trás. Então, instale o magneto novamente nessa posição, e repita a verificação anterior para os pontos abertos.

Depois que o magneto estiver acoplado no encaixe do motor (permitindo a abertura e o fechamento com pequenas viradas), instala-se suas porcas de fixação. Quando elas forem apertadas não deverá haver movimento no conjunto do magneto em relação ao flange.

Enquanto se mantém destravadas as engrenagens do magneto e do acoplamento de acionamento, leves batidas são dadas no magneto, para avançar ou retardar a unidade até que as marcas de sincronia se alinhem (figura 4-42). Isso o leva a sincronia interna prescrita na quantidade de graus antes do ponto morto alto. O ajuste se completa quando as porcas são apertadas.

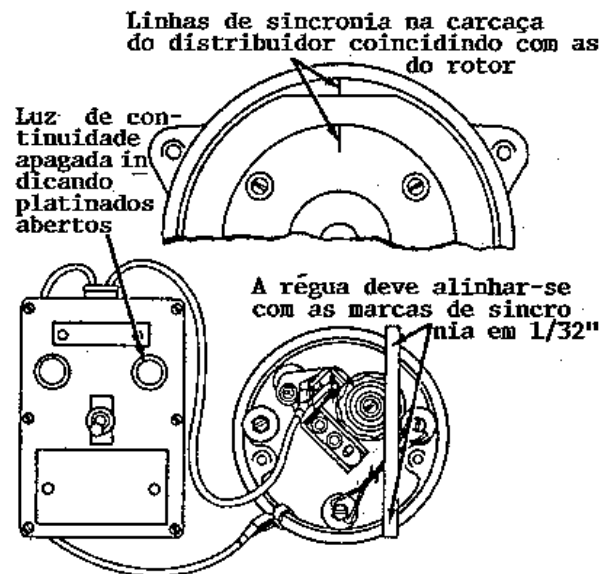


Figura 4-42 Posição da régua para checar a folga "E" ("E-GAP").

Então, a hélice é movida para a direção oposta da rotação, de uma pá, e empurrada lentamente na direção de rotação até o eixo de manivelas, para novamente confirmar o número de graus à frente do ponto morto alto (o propósito desta checagem é eliminar a possibilidade de erros entre a trava da engrenagem de acionamento do motor e as engrenagens do magneto).

Se a marca de sincronia não estiver alinhada, solta-se as porcas e ajusta-se o magneto até a régua se alinhar com a marca de sincronia, quando a hélice é puxada para um determinado número de graus.

A luz de sincronia é reconectada. Move-se a hélice uma pá na direção oposta à de rotação, e então, enquanto se observa a luz de sincronia, move-se a hélice na direção de rotação até que o número prescrito de graus à frente do ponto morto alto seja atingido.

As luzes de ambos os pontos de ajuste devem acender com meio grau de movimento do eixo de manivelas.

Após os pontos estarem ajustados como necessário, verifica-se os parafusos e a trava dos pontos de ajuste estão firmes. Sempre se verifica a abertura dos contatos após apertar os parafusos de fixação.

Regulagem do magneto usando o dispositivo de catraca

Por causa do projeto da cablagem de ignição em alguns motores, não é possível girar o magneto no seu montante e conseguir pequenas alterações para sua regulagem. Provisões para se conseguir regulagem do magneto instalado são proporcionadas por um arranjo de catracas, na extremidade do seu eixo de acionamento (figura 4-43).

Quando a porca do eixo de acionamento for desrosqueada, aproximadamente 1/8", a ação de fixação do mecanismo de catraca é eliminada, e o acoplamento acionador é mantido contra as catracas somente por uma mola. Nessa posição, o acoplamento pode ser girado, produzindo um efeito de "estalos" entre as catracas que são mantidas pelas molas.

Uma típica catraca de regulagem possui 24 dentes em um dos lados e 23 no outro. Girando o acoplamento acionador um "estalo" ou dente no sentido horário, move 15° na mesma direção; no sentido anti-horário, o mesmo se movimentará 15,65°.

Portanto, alternando o movimento do acoplamento acionador, um "estalo" ou dente, teremos um ganho de 0,65° no sentido anti-horário.

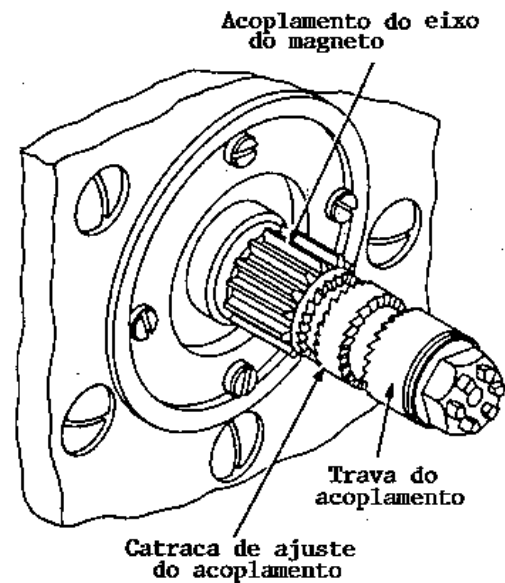


Figura 4-43 Dispositivo de catraca do magneto.

Para regular esse tipo de magneto, ferramentas especiais são geralmente determinadas pelas instruções do fabricante. Por outro lado, as instruções seguem geralmente àquelas discutidas anteriormente, a exceção está nos ajustes finos, que são feitos pela catraca de acoplamento acionadora do magneto.

Ajuste de magneto de montagem fixa sem ferramentas especiais

Alguns tipos de magnetos de alta tensão podem ser ajustados ao motor sem ferramentas especiais, usando o seguinte procedimento:

- 1) Instalar o equipamento apropriado para estabelecer a posição do eixo de manivelas.
- 2) Posicionar o eixo de manivelas para o número de graus de avanço predeterminado do ponto morto alto para centelhar, como especificado na instrução aplicável do fabricante.
- 3) Remover a tampa do magneto, e colocar uma régua ou escala longitudinalmente ao came de ressalto (figura 4-44/A). Alinhar a régua com a marca de ajuste na borda da peça fundida.

4) Enquanto o ressalto é mantido na posição de centelhamento, colocar o magneto em posição do motor, permitindo que o ressalto se movimente o necessário para que o eixo de acionamento com a chaveta do magneto deslize dentro do acionador do motor.

5) Manter o came na direção oposta de rotação, a fim de remover a folga entre o magneto e o trem da caixa de engrenagens. Então, enquanto é mantida sem folga, a caixa de engrenagens, colocar a régua transversalmente no ressalto do came do magneto e fazer uma marca com lápis no alojamento (figura 4-44/B).

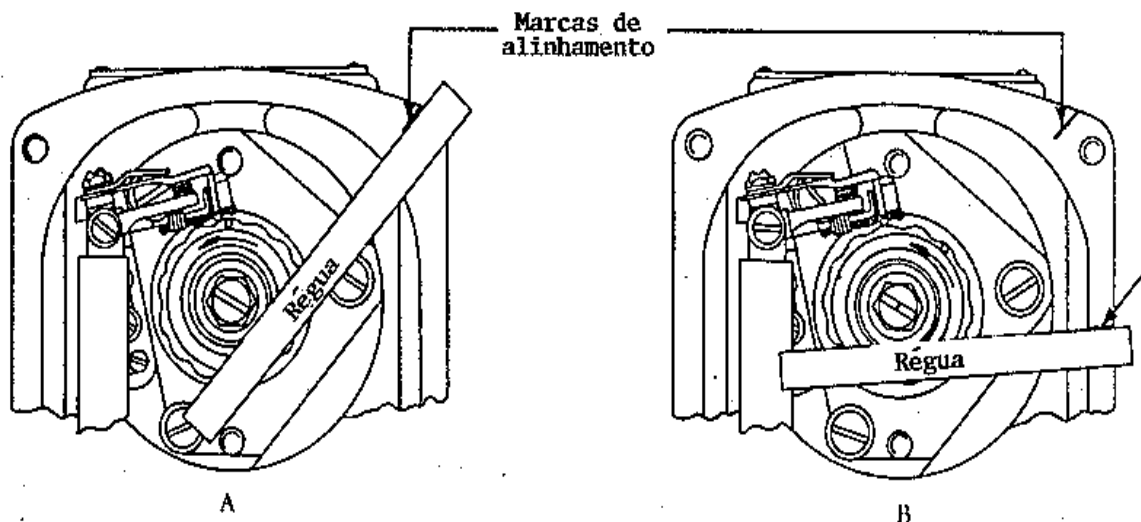


Figura 4-44 Régua de alinhamento.

6) Remover o magneto do motor e, usando uma régua no ressalto, alinhá-lo no alojamento. Enquanto o ressalto é mantido nessa posição, aplicar força no acionador do magneto na direção de rotação, para remover a folga das engrenagens. Com a folga removida e o ressalto no came alinhado com a marca a lápis, fazer uma marca na chaveta do eixo de acionamento e outra correspondente na carcaça (figura 4-45/A).

7) Girar o ressalto do magneto para a posição de centelhamento nº 1, onde a régua alinha com a marca de ajuste (figura 4-44/A). O resulta-

do é um alinhamento do acoplamento acionador similar àquela mostrada na vista B da figura 4-45.

8) Enquanto se mantém o ressalto na posição correta de ajuste, catracar o acoplamento acionador até que o dente marcado da chaveta se alinhe com a marca, que foi feita a lápis, na carcaça (figura 4-45/A).

9) Apertar a porca do eixo acionador do magneto, e travá-la com contrapino. Instalar o magneto enquanto o came está na posição de centelhamento nº 1.

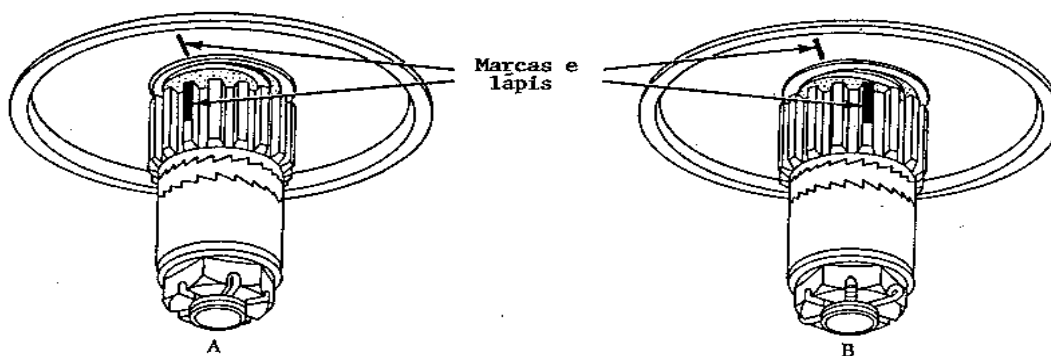


Figura 4-45 Marcação da chaveta do eixo.

- 10) Após o magneto estar instalado, e antes de apertar as porcas de fixação, verificar novamente o alinhamento do ressalto do came com a marca de ajuste. Quando se faz esse "check", geralmente gira-se o ressalto na direção oposta de rotação, para remover a folga do magneto e da caixa de engrenagens do motor.
- 11) Mover a hélice, vagarosamente, uma pá na direção oposta de rotação, até que o eixo de manivelas esteja nos designados números de graus de avanço do ponto morto alto (posição de faiscamento). Verificar novamente o alinhamento da régua com a marca de referência. Se o alinhamento correto não foi obtido, remover o magneto e substituir o mecanismo catracado no eixo acionador, como necessário.
- 12) Aterrar o fio preto da luz de sincronismo do motor, conectando um dos fios vermelhos ao platinado. Girar a hélice na direção oposta a de rotação. Com a luz de ajuste ligada, mover a hélice vagarosamente na direção de rotação até que o platinado abra para o cilindro nº 1. Se o platinado não abrir dentro de mais ou menos meio grau do curso do eixo de manivelas, da posição especificada nas instruções do fabricante, repete-se o procedimento de ajuste.

Ajuste da palheta de contato do distribuidor no sistema de alta tensão

As palhetas do distribuidor são partes básicas para os magnetos esquerdo e direito, na maioria dos modelos de motores.

Quando os distribuidores são separados, um ajuste fino é conseguido através da regulação apropriada de palhetas.

As palhetas, em alguns motores, são ajustadas pela mudança do flange acionador do distribuidor e pela seleção apropriada do furo de fixação. Em qualquer motor que incorpore distribuidores separados, a palheta deve estar alinhada com o eletrodo para o cilindro nº 1, quando o eixo de manivelas estiver no número determinado de graus de avanço do ponto morto alto para o magneto centelhar.

Nos motores, o ajuste apropriado da palheta é obtido, primeiramente, estabelecendo a

correta posição do ponto morto alto. Então, o eixo de manivelas é colocado no número pré-determinado de graus de avanço desta mesma posição. Finalmente, a palheta é ajustada para se alinhar com o eletrodo nº 1, quando todas as folgas forem eliminadas entre as engrenagens acionadoras.

Uma vez que há vários tipos diferentes de distribuidores com sistema de alta tensão, as instruções aplicáveis do fabricante devem sempre ser consultadas, antes de ajustar o distribuidor para o motor. Um resumo dos procedimentos usados no ajuste de um determinado tipo de distribuidor está incluído como exemplo.

Para se ajustar o distribuidor ao motor, solta-se o alojamento, removendo-se alguns cabos das velas presos ao distribuidor. O alojamento é solto pela remoção do anel fixador da base, então, o alojamento é empurrado, expondo a palheta no distribuidor.

O passo seguinte no procedimento de ajuste do distribuidor é remover a palheta para expor a porca que fixa o acoplamento acionador. Solta-se a porca e instala-se a ferramenta de ajuste apropriada. Gira-se a unidade de acoplamento contra a linha normal com a linha traçada na superfície divisória. A porca de acoplamento é presa nesta posição após todas as folgas terem sido eliminadas das engrenagens acionadoras do distribuidor. A ferramenta de ajuste pode, agora, ser removida e a palheta instalada.

Agora, o conjunto de alojamento do distribuidor pode ser colocado na posição da base. Prende-se todos os anéis de fixação no distribuidor, instalando os cabos de vela que foram removidos.

O distribuidor deve ser protegido como necessário.

Procedimento de ajuste do sistema de magneto de baixa tensão

No ajuste do magneto para o motor, um número de diferentes indicadores pode ser usado para localizar a posição do ponto morto alto do pistão. No exemplo, a luz indicadora (figura 4-46) será usada com um disco fixado ao flange do arranque na caixa de acessórios.

Para se usar a luz indicadora a fim de encontrar o ponto morto alto, gira-se a hélice na direção normal de rotação até que o êmbolo de compressão seja visto e, então, a luz indicadora é instalada no orifício da vela.

Gira-se a hélice na direção normal de rotação até que a luz acenda, o que indica que o pistão moveu a haste do indicador. No momento em que a luz acender, pare e anote a leitura do grau do disco de ajuste.

A hélice é movida na direção normal de rotação até que a luz se apague. Neste momento, anote a leitura dos graus que aparecem no disco de ajuste.

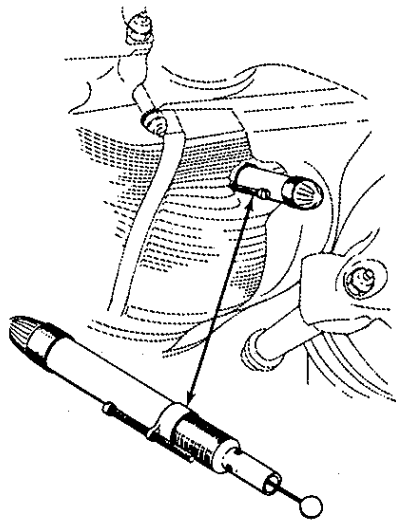


Figura 4-46 Lâmpada indicadora do ponto morto alto.

Anote o número de graus do percurso, entre o acender e apagar da luz. A metade do curso entre luz acesa e luz apagada indica o ponto morto alto.

Antes da instalação de qualquer parte do sistema de ignição, a unidade que está sendo instalada já deve ter sido verificada e inspecionada, quanto a correta operação. Examina-se todos os parafusos externos quanto ao torque correto, observando se os freios foram confeccionados nos devidos lugares. Usa-se uma nova junta no flange de montagem.

Após se localizar o ponto morto alto, retorna-se a hélice aproximadamente 3/4 de volta em direção oposta a de rotação. Então, gira-se a hélice até que o pistão esteja na posição normal de faiscamento.

O eixo acionador do magneto deve estar apertado, e o contrapino instalado. Remova a presilha de mola do êmbolo de ajuste, a qual o mantém na posição "para fora". Existem quatro entalhes no eixo do magneto; o êmbolo se encaixa nesses entalhes durante a operação de ajuste, para manter o eixo do magneto na correta posição de folga "E". Empurre o êmbolo (girando o eixo de acionamento do magneto) até ficar encaixado em um desses entalhes; então, posicione o magneto no flange de montagem do

motor (figura 4-47), mantendo o êmbolo na posição, sem que ele deslize.

Se a chaveta no membro acionador não encaixar quando o magneto estiver devidamente posicionado no flange de montagem, move-se o magneto para fora do flange, girando o seu eixo

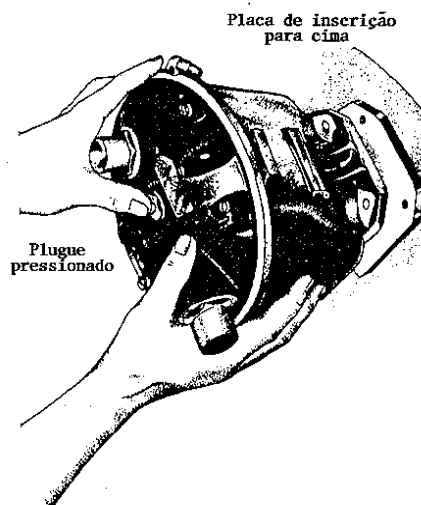


Figura 4-47 Instalação de um magneto. em 90°, para que as partes inferiores do êmbolo se encaixem na próxima fenda no eixo de magneto.

O magneto é colocado de volta no flange de montagem, as chavetas e as fendas encaixadas. Se não, repete-se este procedimento até que as chavetas se encaixem, e o magneto esteja posicionado no flange de fixação. Após a correta posição ter sido encontrada, mantém-se o magneto nela, apertando as porcas do prisioneiro para fixá-lo ao flange do motor.

Para determinar que o magneto esteja montado na posição de folga "E", gira-se a hélice lentamente, quando estiver próximo da posição normal de faiscamento para o cilindro nº 1, o êmbolo é comprimido, devendo encaixar no entalhe, assim que a posição for alcançada.

Instalação do distribuidor do sistema de baixa tensão

O distribuidor em um sistema de baixa tensão, como aquele discutido anteriormente, é instalado como unidade separada. Ele é uma montagem em flange, com fendas alongadas usadas para ajuste.

Antes da instalação do distribuidor, verifica-se a designação da haste "master" na placa de identificação do distribuidor em relação à placa dos dados do motor para ver se o distribu-

idor possui o platinado correto, correspondendo com a localização da haste "master" no motor.

Deixa-se o pistão no número especificado de graus antes do ponto morto alto usado para ajuste do magneto. Para impedir que partículas estranhas entrem na unidade, a tampa protetora não é removida até o momento exato da instalação do distribuidor. Nesta hora, remove-se o anel de fixação e, também, a tampa de proteção do distribuidor.

O eixo de acionamento é girado até que a linha marcada com "1" na palheta esteja alinhada com a linha marcada "time-open" no prato coletor, como mostrado na figura 4-48.

Mantém-se o distribuidor na posição, instalando-o no flange de montagem, a fim de que os prisioneiros fiquem alinhados no centro das fendas alongadas desse flange, como mostrado na figura 4-48.

Se os prisioneiros não estiverem alinhados na parte intermediária nas fendas do flange, remove-se o distribuidor e desloca-se a engrenagem acionadora um dente na chaveta. Então, reinstala-se o magneto para que a palheta seja mantida alinhada com a posição "1". Quando a posição correta for encontrada na engrenagem acionadora, tira-se o distribuidor do flange de montagem, aperta-se a porca, e instala-se um novo contrapino na porca-castelo.

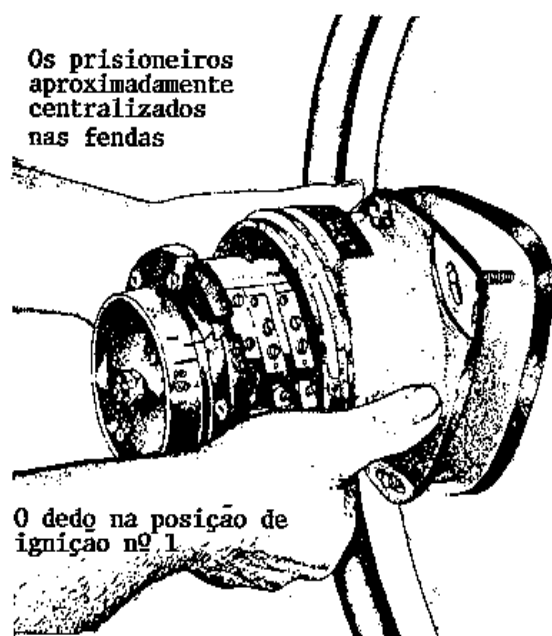


Figura 4-48 Instalação do distribuidor.

O fio vermelho da luz de ajuste é conectado no lado isolado do platinado principal "Nº

1", e o fio preto no alojamento (figura 4-49). Gira-se o distribuidor no sentido horário no seu flange de montagem até que a luz acenda, indicando que os contatos estão começando a abrir. Aperta-se a porca de fixação com o distribuidor nesta posição; instala-se o outro distribuidor do motor, usando o mesmo procedimento.

Após estarem ambos os distribuidores instalados, sua operação deve ser sincronizada.

O fio vermelho da luz de ajuste é conectado em cada platinado principal e o fio preto na massa. Retorna-se a hélice pelo menos um quarto de volta, e depois gire-a lentamente na direção normal de rotação até a posição de faiscamento nº 1, – para ver se ambos os platinados principais abrem ao mesmo tempo. Se ambas as luzes de ajuste acenderem simultaneamente, significa que os distribuidores estão sincronizados. Se elas não acenderem ao mesmo tempo, os distribuidores devem ser resincronizados.

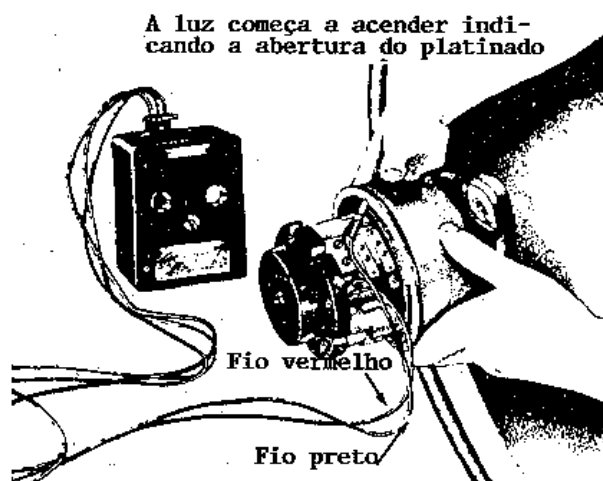


Figura 4-49 Ajustando o distribuidor de baixa tensão do motor.

Para isto, basta girar o segundo distribuidor lentamente no flange de montagem até que ambos os pares de contatos (um em cada distribuidor) abram no mesmo instante (que deve ser também no mesmo instante em que o cilindro nº 1 atinge o ponto de faiscamento).

As cabeças do distribuidor são substituída e os anéis de fixação presos. O sistema de ignição está agora pronto para um teste operacional.

Efetando um teste no sistema de ignição

Existem, normalmente, três testes de ignição efetuados na aeronave durante a verificação operacional do motor.

O primeiro é efetuado durante o aquecimento, o segundo, pela pressão barométrica do campo e o terceiro, antes do corte do motor.

O primeiro teste de ignição é feito durante o aquecimento por recomendação do fabricante. Realmente, ele é uma combinação do teste do sistema e do interruptor de ignição, e é usado para verificar o sistema quanto ao correto funcionamento antes que outros testes sejam realizados.

O segundo teste é efetuado como no teste do sistema de ignição, e é usado para verificar individualmente os magnetos, as cablagens e as velas. O terceiro é efetuado como o teste do interruptor de ignição, e é usado para testar o interruptor quanto ao devido aterramento para a segurança no solo.

O teste do sistema de ignição é normalmente efetuado com o teste de potência, e é, algumas vezes, referido como barométrico do campo, porque nos motores de grande porte ele é efetuado a uma pressão no distribuidor igual à pressão barométrica do campo. O teste de potência é também efetuado nessa mesma pressão (o de ignição não deverá ser confundido com o teste de alta potência). A exata R.P.M. e a pressão no distribuidor, para fazer esse teste, pode ser encontrada nas instruções do fabricante.

A pressão barométrica usada como referência será a leitura obtida do manômetro da tubulação para o motor envolvido, antes da partida e após o corte.

Após atingida a R.P.M. do motor especificado para o teste do sistema de ignição, aguarda-se a estabilização da mesma.

Coloca-se o interruptor da ignição na posição "right", notando se a R.P.M. cai no tacômetro. O interruptor é retornado para a posição "both"; permanecendo nela por alguns segundos até que a R.P.M. se estabilize novamente.

Coloca-se o interruptor para a posição "left" e, novamente, nota-se se a R.P.M. cai. Em seguida retorna-se o interruptor de ignição para "both".

Efetuando este teste, basta bater levemente na borda do tacômetro, para garantir que o ponteiro indicador se mova livremente. Um ponteiro paralisado pode ocultar mau funcionamento da ignição.

Existe uma tendência desse teste ser efetuado rapidamente, o que resulta em erros de indicações.

A operação de ignição simples por mais de um minuto não é considerada excessiva, mas esse intervalo de tempo, geralmente, não deve ser excedido.

A quantidade total da queda de R.P.M., que ocorre, imediatamente, é anotada e, também, a quantidade que ocorre lentamente para cada seleção do interruptor.

A análise na queda de R.P.M. fornece informações úteis. Esse teste do sistema de ignição é normalmente efetuado no início da virada do motor, porque se a queda da R.P.M. não estiver dentro dos limites, ele pode afetar todos os outros testes posteriores.

Verificação da chave seletora de ignição

A verificação da chave seletora de ignição é normalmente realizada em 700 R.P.M.

Nos motores em que a marcha lenta está acima deste valor, a mínima R.P.M. possível é selecionada.

Quando a velocidade para efetuar esse teste é obtida, momentaneamente gira-se a chave de ignição para a posição "off".

A ignição do motor deve ser perdida completamente.

Após uma queda entre 200 a 300 R.P.M. ser observada, retorna-se a chave para a posição "both" o mais rápido possível.

Isso é feito rapidamente, para eliminar a possibilidade de pós-explosão, e um retorno de chama quando a chave for retornada para a posição "both".

Se a chave não for retornada rapidamente, a rotação do motor cairá a ponto dele parar. Nesse caso, a chave seletora fica na posição "off", e o controle de mistura é colocado na posição "idle-cut-off", para evitar sobrecarga nos cilindros, e a emissão de combustível não queimado pela descarga do motor.

Quando o motor estiver completamente parado, deve ficar desligado por um curto período antes de ser acionado novamente.

O teste da chave seletora é efetuado para observar se todos os cabos massa do magneto se encontram eletricamente aterrados.

Se o motor não cessar a explosão com a chave na posição "off", indica que o cabo massa do magneto, mais comumente referido como cabo "P", está aberto, e o problema deve ser corrigido.

Substituição dos cabos de ignição

Quando um cabo defeituoso é descoberto pelo teste na cablagem de ignição, é preciso saber se são apenas os cabos, ou o bloco distribuidor que está com o defeito. Se o problema se encontra em apenas um cabo, a fuga elétrica pode estar no cotovelo da vela ou em outra parte.

Remove-se o cotovelo, puxando uma parte do cabo para fora do conduíte, e repete-se o teste de cablagem no cabo. Se parar de ocorrer a fuga, corta-se o pedaço defeituoso, instalando o cotovelo, o selo integral, e o "cigarette" (figura 4-50).

Se o cabo estiver muito curto, dificultando o reparo descrito ou se a fuga elétrica for internamente na cablagem, substitui-se o cabo defeituoso.

Se a cablagem não for do tipo reparável, a mesma deve ser substituída integralmente. Os procedimentos para substituir os cabos de ignição são os seguintes:

- 1) Desmontar o magneto ou o distribuidor de maneira que o bloco distribuidor fique acessível.
- 2) Soltar o parafuso correspondente ao fio a ser substituído no bloco distribuidor e removê-lo.
- 3) Desencapar as extremidades do fio defeituoso que vem do bloco distribuidor e do fio substituto, aproximadamente 1 polegada. Unir e soldar as extremidades.
- 4) Remover o cotovelo do terminal do cabo ignitor defeituoso, puxar o cabo velho e empurrar o novo na cablagem. Enquanto se puxa os cabos através da cablagem, é importante empurrar o cabo substituto por dentro do conduíte, pela extremidade junto ao terminal distribuidor, para reduzir a força requerida a retirar o cabo completamente.
- 5) Quando o cabo substituto estiver completamente introduzido no conduíte, o cabo de ignição é forçado para dentro do conduíte, de maneira a proporcionar um comprimento extra para futuros reparos, que poderão ser necessários devido ao roçamento com o cotovelo.

- 6) Desencapar aproximadamente 3/8 de polegada do terminal do bloco distribuidor.

Dobrar os terminais do fio para trás, e preparar os terminais do cabo para instalação no bloco distribuidor, como mostrado na figura 4-50. Introduzir o cabo no distribuidor, e apertar os parafusos.

- 7) Desencapar aproximadamente 1/4" do cabo na extremidade junto à vela, e instalar o cotovelo, o selo integral e o "cigarette", como ilustrado na figura 4-50.
- 8) Instalar um marcador no terminal do cabo no distribuidor, para identificar o número do cilindro.

Se um novo marcador não estiver disponível, usar o marcador removido do cabo usado.

Substituição da cablagem

Substitui-se uma cablagem reparável de ignição completa somente quando a blindagem do conduíte estiver danificada, ou quando o número de cabos danificados tornar mais prático a substituição da cablagem do que a dos fios individualmente

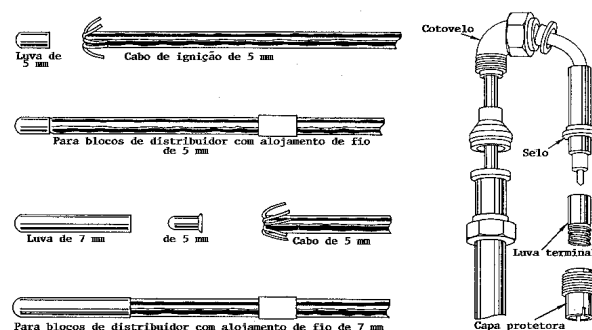


Figura 4-50 Procedimentos para substituição dos terminais do cabo de ignição.

Substitui-se uma cablagem blindada somente quando ocorre indicação de fuga na porção blindada. Antes de se substituir qualquer cablagem para corrigir um mau funcionamento no motor, efetua-se um teste completo. Os procedimentos típicos para se instalar uma cablagem de ignição são:

- 1) Instalar a cablagem no motor. Apertar e frenar as porcas e os parafusos, instalando e apertando os suportes individuais dos cabos, de acordo com as instruções. A cabla-

gem está, então, pronta para a conexão do cabo individual com o bloco distribuidor. Um colar é preso em cada cabo no terminal junto ao distribuidor para identificação do cilindro. Contudo, cada cabo deve ser verificado individualmente quanto a continuidade, ou através da luz de ajuste antes de conectá-lo.

- 2) Verificar quanto a continuidade, aterrando o cabo ao cilindro e testando o terminal junto ao bloco distribuidor, para confirmar que o aterramento está de acordo com o colar de identificação.
- 3) Após verificar todos os cabos quanto a correta identificação, cortá-los com o comprimento apropriado para a instalação no bloco distribuidor. Entretanto, antes de cortar os cabos, introduzi-los, o quanto possível, no conduíte, proporcionando uma extensão extra de cabo. Esta reserva poderá ser útil mais tarde, no caso do roçamento do cabo com o cotovelo tornar necessário o seccionamento da extremidade para reparos. Após cortar cada cabo no comprimento adequado, descapá-lo aproximadamente 3/8", e prepará-lo para a inserção no bloco distribuidor. Antes de instalar o cabo, retirar o parafuso do bloco para permitir a introdução do cabo no furo sem forçar. Após introduzido, apertar o parafuso. Conectar os cabos na ordem de fogo, isto é, o primeiro cilindro explode na posição nº 1 no bloco, o segundo na ordem de fogo para a posição nº 2, etc. As conexões do bloco distribuidor com o cilindro para vários motores são mostradas na tabela da figura 4-51.

Após conectar cada cabo, verifica-se a continuidade entre o mesmo e o eletrodo do bloco distribuidor, com uma luz de continuidade ou uma luz de regulagem. Para efetuar este teste, aterra-se o cabo de ignição (para o motor) no terminal da vela, assim como um dos cabos de teste e encosta-se o outro no eletrodo do bloco distribuidor correspondente.

Se a luz não indicar que o circuito está completo, é sinal de que o parafuso não está fazendo contato com o cabo de ignição, ou o mesmo está conectado em local incorreto no

bloco. Qualquer falha de conexão deve ser corrigida antes de se instalar o bloco distribuidor.

Número no bloco distribuidor	Radial de 18 cilindros	Radial de 14 cilindros	Radial de 9 cilindros	Radial de 7 cilindros	Em linha 6 cil. opostos	Em linha 4 cil. opostos
1	1	1	1	1	1	1
2	12	10	3	3	4	3
3	5	5	5	5	5	2
4	16	14	7	7	2	4
5	9	9	9	2	3	
6	2	4	2	4	6	
7	13	13	4	6		
8	6	8	6			
9	17	3	8			
10	10	12				
11	3	7				
12	14	2				
13	7	11				
14	18	6				
15	11					
16	4					
17	15					
18	8					

Figura 4-51 Tabela para cabos conectores do bloco distribuidor de vários motores.

Teste do sistema de bobina de alta tensão de ignição

Para se verificar o enrolamento da bobina de alta tensão quanto a correta operação, remove-se o cabo de alta tensão do mesmo.

Uma das extremidades do cabo de teste da ignição de 7mm de comprimento é instalada no enrolamento da bobina de alta tensão, mantendo o outro terminal com 3/8" com uma massa apropriada.

Um ajudante deve verificar se o controle manual de mistura está na posição "idle-cut-off", se a válvula de corte e a bomba de combustível daquele motor estão desligados, e se o interruptor da bateria está ligado.

Se o motor estiver equipado com um arranque combinado, ou de inércia, o ajudante deve fechar o interruptor de malha ou de engate. Não se deve energizar o arranque antes de engatá-lo. Se o motor estiver equipado com um arranque de acionamento direto, a hélice deverá estar livre e o interruptor de partida fechado.

Quando o interruptor de engate, malha ou partida (dependendo do sistema de partida do motor) estiver fechado, deve ocorrer o centelhamento contínuo através do terminal do cabo de teste.

Estas centelhas devem ser abundantes, além de saltarem rapidamente com um luminoso arco azul para serem consideradas satisfatórias. Se a bobina de alta tensão estiver operando satisfatoriamente, é preciso avisar o ajudante que ele deve soltar o interruptor de partida. Então, remove-se o cabo de teste e reinstala-se o cabo de alta tensão da bobina.

Para se testar o vibrador de indução, o controle manual de mistura deve estar em "idle-cut-off", a válvula de corte de combustível fechada, a bomba de combustível desligada, e o interruptor da bateria ligado.

Uma vez que o vibrador de indução emite um característico "buzz" se o interruptor de ignição for ligado ou desligado, deixa-se o interruptor desligado durante o teste.

Se o motor estiver equipado com um arranque combinado ou de inércia, o teste é realizado pelo fechamento do interruptor de malha ou de engate. Se o motor está equipado com um arranque de acionamento direto, verifique se a hélice está livre, e acione o interruptor de partida, fechado.

Um ajudante, situado próximo ao vibrador, deve ouvir o som característico produzido. Se isso ocorrer quando o arranque for engatado ou acionado, indica que o vibrador está operando corretamente.

MANUTENÇÃO E INSPEÇÃO DA VELA

A operação da vela pode freqüentemente ser a maior responsável por um mau funcionamento do motor, devido ao acúmulo de chumbo, grafite, ou carbono, e à erosão do vão entre os eletrodos da vela.

Muitas dessas falhas, que geralmente acompanham uma operação normal da vela, podem ser minimizadas através de boas práticas de manutenção e operação.

Carbonização das velas

A carbonização (figura 4-52) proveniente do combustível é associada com misturas que são muito ricas para queimar ou misturas que são pobres e causam uma queima intermitente.

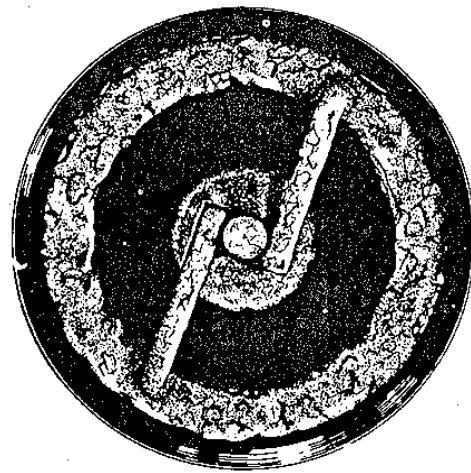


Figura 4-52 Vela carbonizada.

Cada vez que uma vela não centelha, o combustível não queimado e o óleo se acumulam nos eletrodos e na borda dessa vela. Essas dificuldades estão quase invariavelmente associadas com o ajuste incorreto da marcha lenta, um vazamento da injeção (primer), ou um mau funcionamento do carburador, — que provoca o enriquecimento da mistura no tempo de marcha lenta.

Uma mistura combustível/ar muito rica é detectada pelo aparecimento de fuligem ou fumaça preta na descarga, e pelo aumento de R.P.M. quando a mistura combustível/ar é empobrecida para "best power".

A fuligem que se forma é o resultado do excessivo enriquecimento da mistura em marcha lenta que se acumula dentro da câmara de combustão devido ao baixo calor do motor e a baixa turbulência da câmara.

Em altas velocidades e regimes de potência do motor, a fuligem é facilmente eliminada, e não se condensa na câmara de combustão.

Mesmo que a mistura em marcha lenta esteja correta, existe a tendência do óleo ser puxado para dentro do cilindro pelos anéis do pistão, guias de válvula e anéis retentores de óleo do eixo acionador. Em baixas rotações, o óleo se combina com a fuligem no cilindro para formar um sólido, que é capaz de curto circuitar os eletrodos da vela.

As velas, quando molhadas ou cobertas com óleo lubrificante, geralmente estão eletricamente isoladas na partida do motor.

Em alguns casos essas velas podem se tornar limpas e operarem adequadamente após um curto período de operação do motor.

O óleo de motor que foi utilizado durante qualquer duração de tempo manterá em suspensão pequenas partículas de carbono, as quais são capazes de conduzir corrente elétrica. Deste modo, não ocorrerá o arco no vão desta vela entre os eletrodos quando a mesma estiver encharcada.

Em vez disso, o impulso de alta tensão fluirá através do óleo de um eletrodo para o outro sem centelhar, como se fosse colocado um fio condutor entre os dois eletrodos. A combustão no cilindro afetado não ocorrerá, até que a r.p.m. se torne elevada, aumentando o fluxo de ar que expelirá o excesso de óleo.

Então, durante a partida intermitente, a combustão auxilia na emissão do óleo remanescente.

Em poucos segundos o motor está operando livre, com emissão de fumaça branca da evaporação e da queima de óleo pela descarga.

Depósito de chumbo nas velas

O depósito de chumbo nas velas de aviação é uma condição provável em qualquer motor que use combustível com chumbo.

O chumbo é adicionado ao combustível de aviação para melhorar suas qualidades anti-detonantes. Contudo, ele tem o efeito indesejável de formação de óxido durante a combustão. Esse óxido de chumbo forma um sólido com vários graus de dureza e consistência.

Depósitos de chumbo nas superfícies da câmara de combustão são bons condutores elétricos em elevadas temperaturas e causam falhas na detonação. Em baixas temperaturas os mesmos depósitos podem se tornar bons isoladores.

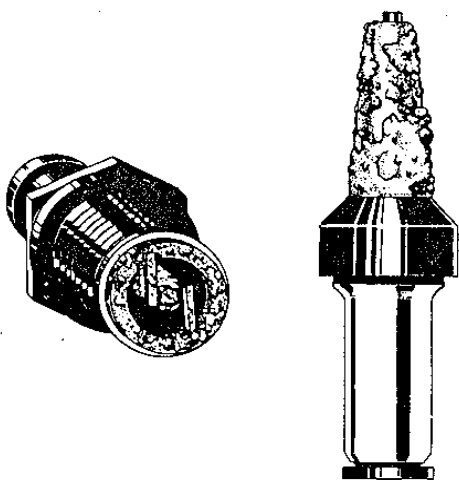


Figura 4-53 Velas com depósito de chumbo.

Em qualquer dos casos, formações de chumbo nas velas das aeronaves, impedem sua operação normal, como mostrado na figura 4-53. Para minimizar a formação de depósitos de chumbo, dibromido de etileno é adicionado ao combustível como agente limpante (que combina com o chumbo durante a combustão).

Incrustações de chumbo podem ocorrer em qualquer regime de potência, mas provavelmente o mais propício para a formação de chumbo é o de cruzeiro com mistura pobre. Nesse regime, a temperatura na cabeça do cilindro é relativamente baixa, e há um excesso de oxigênio em relação ao necessário para consumir todo combustível da mistura ar/combustível.

O oxigênio, quando aquecido, é muito ativo e agressivo; e quando todo o combustível é consumido, parte do excesso de oxigênio combina com parte de chumbo e parte do agente limpante para formar oxigênio composto de chumbo ou bromo, ou de ambos. Alguns desses compostos de chumbo indesejáveis solidificam e formam camadas, que aderem nas paredes do cilindro e nas velas, que estão relativamente frias.

Apesar da carbonização ocorrer em qualquer regimes de potência, a experiência indica que a formação do chumbo é geralmente confinada a uma específica faixa de temperatura de combustão, e que as temperaturas, maiores ou menores que aquelas da faixa especificada, minimizam a tendência de formação de chumbo.

Se a incrustação for detectada antes das velas estarem completamente obstruídas, o chumbo pode normalmente ser eliminado ou reduzido por um aumento ou decréscimo brusco na temperatura de combustão. Isto impõe um choque térmico nas partes do cilindro, causando sua expansão ou contração.

Havendo um grau diferente de expansão entre depósitos e partes de metal onde eles se formam, os depósitos descascam ou soltam, e então são liberados da câmara de combustão pela exaustão, ou são queimados no processo de combustão.

Diversos métodos de produção de choque térmico para partes do cilindro são usados. O método usado, naturalmente, depende do equipamento e acessório instalado no motor.

Um aumento brusco na temperatura de combustão pode ser obtido em todos os motores, operando-os em potência máxima por aproximadamente 1 minuto.

Quando usado esse método para eliminação, o controle de hélice deve ser colocado em passo mínimo (alta r.p.m.) e a manete avançada vagarosamente para obter a rotação de decolagem e pressão de admissão. Um vagaroso movimento da manete de controle evita retorno de chama nos cilindros afetados durante a aplicação de potência.

Outra forma de produção de choque térmico é o uso de misturas ar/combustível excessivamente ricas. Essa forma refrigera repentinamente a câmara de combustão por causa do combustível em excesso que não contribui para a combustão; ao contrário, ele absorve calor da área de combustão.

Alguns carburadores usam controle de mistura manual de 2 posições, que dosa uma mistura pobre em cruzeiro econômico e uma mais rica para todas as potências acima de cruzeiro.

Nenhum controle manual nesse tipo de configuração é capaz de produzir uma mistura excessivamente rica. Mesmo quando o motor é operado em mistura rica automática as potências onde um regime de mistura mais pobre poderia ser completamente satisfatório, ela não é rica o suficiente.

Conseqüentemente, para obter uma mistura mais rica que o carburador é capaz de dosar, um sistema de injeção é usado para suplementar o fluxo de combustível normal. Enriquecimento da mistura e choque térmico podem ser alcançados pelo sistema de injeção em todas as velocidades do motor, mas esta eficiência na remoção de chumbo diminui à medida que o combustível dosado, através dos canais normais, aumenta. A razão para isto é que toda injeção elétrica envia um fluxo constante a todas as velocidades e potências dos motores em um mesmo período de tempo.

Portanto, comparativamente, a injeção enriquecerá as misturas pobres às baixas velocidades, mais que ela enriqueceria para altas velocidades.

Independente da potência em que a injeção ocorra, ela deverá ser usada continuamente com 2 minutos de intervalo. Se a operação normal do motor não for restabelecida após um intervalo de 2 minutos, deve ser necessário repetir o processo diversas vezes.

Alguns sistemas de injeção injetam somente nos cilindros acima da linha central horizontal do motor; no caso, somente aqueles ci-

lindros que recebem a carga de injeção podem ser limpos.

Em motores equipados com injeção de água, a temperatura pode ser bruscamente diminuída pela operação manual desse sistema.

A injeção de água é normalmente reservada para operações de altas potências; mas quando ela é usada somente para limpeza, o sistema é mais eficaz quando ativado no limite de cruzeiro, sendo ele acompanhado por uma momentânea perda de potência.

Essa perda pode ser traçada pelos seguintes fatores: primeiramente, o jato de empobrecimento não é medido no regime de cruzeiro. Por essa razão, quando a válvula de empobrecimento é fechada pelo sistema de injeção de água, não existe decréscimo no fluxo de combustível do carburador.

O segundo fator é que, quando o regulador de água primeiro começa a dosar, ele dosa o combustível que retornou para dentro da linha de transferência de água durante a operação normal seca. Esse combustível, acrescido de um outro fluxo de combustível proveniente do carburador, produz uma mistura extremamente rica, que, temporariamente, encharca o motor.

Tão logo esse combustível seja consumido pelo motor, a potência se normaliza, mas para um valor menor do que foi obtido antes da injeção de água. Quando a injeção é usada para baixas temperaturas de combustão, ela é limitada a um curto intervalo (aproximadamente 1 minuto), mesmo se diversos intervalos forem necessários para livrarem os cilindros dos depósitos de chumbo.

Alguns sistemas de injeção de água são considerados automáticos; isto porque o operador não tem nenhum controle da potência na qual o sistema interromperá o processo. Esses sistemas iniciam injeção de água automaticamente a uma pressão pré-determinada, se a bomba de água tiver sido ligada.

Quando eles são usados para eliminação de chumbo, o benefício total da injeção de água não pode ser obtido por causa das altas potências selecionadas, onde o sistema automático começa a operar, mais calor é gerado pelo motor, a proporção ar/combustível é empobrecida e a temperatura de combustão não pode ser diminuída o suficiente.

Independentemente de como o chumbo é removido das partes do cilindro, se é através de operação de alta potência, pelo uso da injeção,

ou pelo uso do sistema de injeção de água, a ação corretiva deve ser iniciada antes que as velas estejam completamente danificadas.

Formação de grafite nas velas

Como resultado do descuido e da excessiva aplicação de uma camada de lubrificante nas rosca das velas, o lubrificante fluirá sobre os eletrodos, causando um curto-circuito. Isso ocorre porque o grafite é um bom condutor elétrico. A eliminação das dificuldades causadas pelo grafite depende dos mecânicos de aviação.

Devemos tomar cuidado quando aplicarmos o lubrificante, assegurando que dedos sujos, farrapos ou fios não entrem em contato com os eletrodos ou parte do sistema de ignição, exceto na rosca das velas. Praticamente, nenhum sucesso tem sido experimentado na tentativa de queimar ou expelir a camada de lubrificante da rosca.

Folga por erosão das velas

A erosão dos eletrodos acontece em todas as velas de aeronaves quando a faísca salta entre os eletrodos (veja figura 4-54).

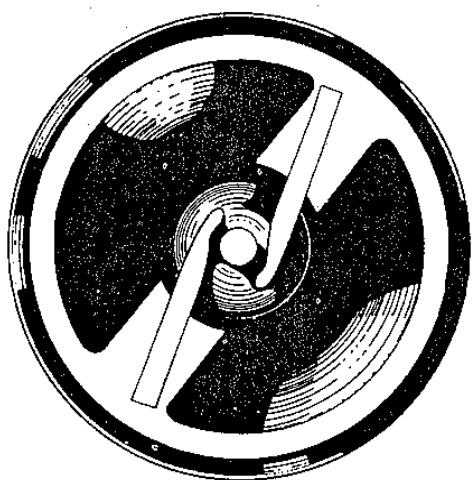


Figura 4-54 Folga da vela causada pela erosão.

A faísca carrega consigo uma porção do eletrodo, parte do qual é depositada no outro eletrodo, já o remanescente é soprado na câmara de combustão.

Como a folga é alargada pela erosão, a resistência que a faísca deve superar para saltá-la também aumenta. Isso significa que o magneto deve produzir uma voltagem mais elevada para superar aquela resistência.

Devido a grande voltagem no sistema de ignição existe uma grande tendência para descarga da vela em algum ponto de isolamento. Desde que a resistência de uma folga também aumente, quando a pressão nos cilindros do motor aumentar, um duplo perigo existe na decolagem, e durante uma aceleração súbita com alargamento das folgas das velas; a quebra de um isolamento provoca uma faísca prematura e sobras de carbono resultam em falha das velas.

Fabricantes das velas têm parcialmente sobrepujado o problema de folgas de erosão, usando um resistor selado hermeticamente no eletrodo central de algumas velas.

Essa resistência adicionada ao circuito de alta tensão reduz o pico de corrente no instante da ignição. O fluxo de corrente reduzida ajuda na prevenção da desintegração metálica nos eletrodos. Também, devido a razão de alta erosão do aço, ou algumas ligas conhecidas, os fabricantes de velas estão usando tungstênio ou uma liga de níquel para as tomadas dos eletrodos e galvanização de platina para fios finos de tomadas de eletrodo.

Remoção de velas

As velas devem ser removidas para inspeção ou serviço em intervalos recomendados pelo fabricante.

Uma vez que a razão de falhas de erosão varia com diferentes condições de operação, modelos de motores e tipo de velas, uma provável falha de velas, causando mau funcionamento do motor, pode ocorrer antes que o intervalo de serviço regular seja alcançado. Normalmente, nestes casos, somente as velas que falharam são substituídas.

Cuidadoso manuseio dos cabos usados e substituídos durante a instalação e remoção de velas em um motor não pode ser enfatizado, uma vez que velas podem ser facilmente danificadas.

Para prevenir danos, elas deverão sempre ser individualmente manuseadas e as novas e recondicionadas, deverão ser armazenadas em caixas de papelão separadas.

Um método comum de armazenamento é ilustrado na figura 4-55.

Isto é, uma bandeja furada que previne as tomadas contra choques de umas com as outras, que danificam os frágeis isoladores e rosca.

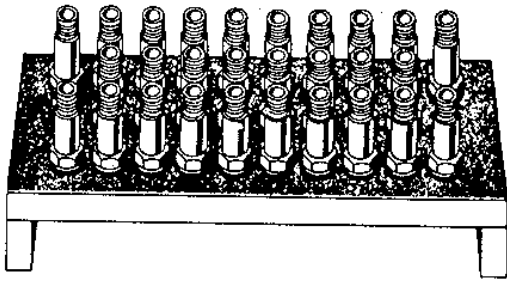


Figura 4-55 Tabuleiro de velas.

Se uma vela cair no chão ou em outra superfície, ela não deverá ser instalada no motor, uma vez que impactos usualmente causam pequenas e invisíveis rachaduras nos isoladores. As velas deverão ser testadas sob condições de pressão antes do uso.

Antes dela ser removida, a cablagem de ignição deve ser desconectada. Usando uma chave especial para o acoplamento tipo cotovelo, remove-se da vela a porca do mesmo. Toma-se cuidado ao puxar o fio dos cabos, alinhando-o com a linha de centro do corpo da tomada.

Se uma carga lateral é aplicada, como mostrado na figura 4-56, danos ao corpo isolador e ao terminal de cerâmica podem ocorrer. Se o cabo não puder ser removido facilmente desta maneira, o colar de neoprene deve ser colocado no corpo blindado. Quebra-se o colar de neoprene pela torção do mesmo, como se estivesse desenroscando uma porca de parafuso.

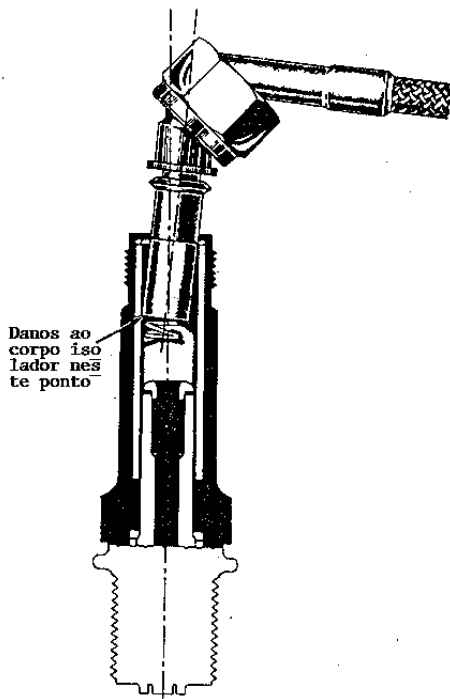


Figura 4-56 Técnica inadequada para remoção do cabo de vela.

Após o cabo ter sido desconectado, seleciona-se a ferramenta apropriada para remoção das velas. Aplica-se uma pressão com uma das mãos no cabo da ferramenta, mantendo a soquete em alinhamento com a outra mão. Falha nesse alinhamento da ferramenta, como mostrado na figura 4-57, causará um levantamento na ferramenta para um lado, e danificará a vela.

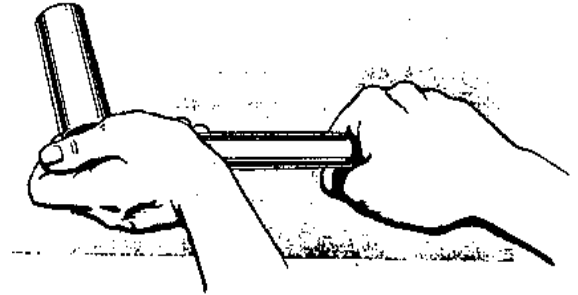


Figura 4-57 Técnica apropriada para remoção.

No curso de operação do motor, carbono e outros produtos de combustão serão depositados através dos ignitores e cilindros, e algum carbono pode penetrar nas extremidades inferiores da rosca. Como resultado, um alto torque é geralmente requerido para soltar a vela. Este fator impõe uma carga de divisão na seção do revestimento do plug, e, se a carga for grande o suficiente, a vela poderá se partir, fazendo com que a seção do revestimento fique com um orifício.

Inspeção e manutenção antes da instalação

Antes de instalar uma vela nova ou recondicionadas no cilindro, limpe a rosca cuidadosamente.

Buchas de velas de latão ou aço inoxidável são usualmente limpas com uma escova. Antes de se inserir a bucha de limpeza no orifício do ignitor, as ranhuras da escova (canais entre as superfícies roscadas) são enchidas com graxa limpa para prevenir o carbono ou outro material removido pela escova caia dentro do cilindro.

Alinha-se a escova com as extremidades da bucha com um sinal qualquer, e inicia-se a escovação com a mão até que não haja possibilidade dela atravessar a bucha. Para iniciar a escovação em algumas instalações, onde os orifícios dos ignitores estão localizados mais profundamente do que se pode direcionar pelo aperto com a mão, deve-se usar uma extensão curta.

Quando se rosqueia a escova no embuchamento, as extremidades dessa devem encontrar o fundo rosqueado do embuchamento. Isto removerá depósitos de carbono proveniente das roscas das buchas sem remoção de metal, a menos que o passo das roscas tenha sido contraído.

Se durante o processo de limpeza das roscas, o embuchamento for encontrado solto no cilindro, ou ainda com elas cruzadas ou, por outro lado, seriamente danificadas, troca-se o cilindro.

Roscas de velas do tipo postiças (Heli-Coil) são limpas com escova de fio arredondado, preferencialmente tendo o diâmetro ligeiramente mais largo que o diâmetro do orifício do ignitor.

Uma escova mais larga que o orifício pode causar remoção de material proveniente da rosca helicoidal ou da cabeça do cilindro. Também, a mesma não deverá desintegrar-se com o uso, permitindo a queda dos fios das cerdas para dentro do cilindro.

Limpa-se a rosca postiça girando-se cuidadosamente o fio da escova com uma ferramenta adequada.

Ao usar a escova, nenhum material deve ser removido da superfície da junta da vela, pois, caso contrário, causará uma mudança no limite de aquecimento, vazamento de combustão, e eventual dano ao cilindro.

Nunca se limpa a rosca helicoidal com um macho, pois esse poderá causar danos permanentes.

Se uma rosca helicoidal de inserção estiver danificada como resultado de uma operação normal ou enquanto estiver sendo limpa, ela deve ser trocada de acordo com as instruções aplicáveis do fabricante. Usando um pano e solvente para limpeza, na superfície da junta da vela do cilindro, elimina-se a possibilidade de sujeira ou graxa depositada acidentalmente nos eletrodos da vela durante a instalação.

Antes de instalar velas novas ou reconhecidas, elas devem ser inspecionadas para cada uma das seguintes condições:

- 1) Ter certeza de que a vela é do tipo certo, como indicado pelas instruções de aplicação do fabricante.
- 2) Verificar quanto a evidência de composto preventivo da ferrugem no exterior da vela, do isolante e no lado interno da carcaça.

Acumulações de composto preventivo da ferrugem são removidos lavando-se a vela com uma escova e solvente para limpeza. Ela deve, então, ser seca com um sopro de ar seco.

- 3) Verificar ambas as extremidades da vela quanto a entalhes ou rachaduras, assim como alguma indicação de rachadura no isolante.
- 4) Inspeccionar o lado interno da carcaça quanto a rachaduras no isolante e o contato central do eletrodo quanto à corrosão e materiais estranhos, os quais podem causar empobrecimento no contato elétrico.
- 5) Inspeccionar a junta da vela. Uma junta que tenha sido excessivamente comprimida, vincada, ou distorcida, não deve ser usada. Quando a junta do termocouple for aplicada, não devem ser usadas juntas adicionais.

A folga dos eletrodos da vela deve ser checada com um calibre de folga redondo, como mostrado na figura 4-58. Um calibre tipo "chato" dará uma indicação incorreta de folga, porque os eletrodos massa acompanham o formato circular do eletrodo central. Quando se usa o calibre, ele é inserido em cada folga paralela à linha central do eletrodo. Se o mesmo estiver ligeiramente inclinado, a indicação estará incorreta. Não se instala uma vela que não tenha a folga especificada.

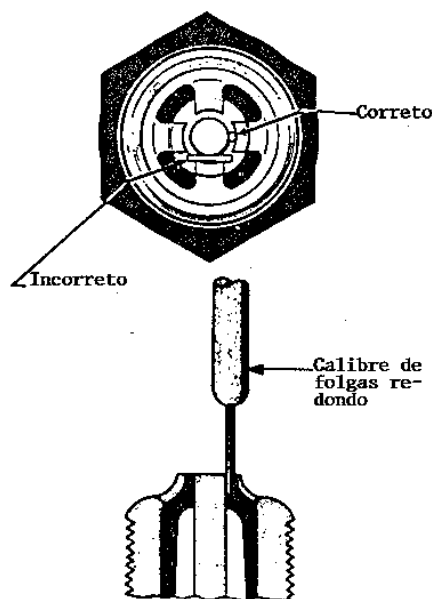


Figura 4-58 Uso de um calibre de folga.

Instalação da vela

Antes de se instalar a vela, as primeiras duas ou três roscas do final do eletrodo são cobertas cuidadosamente com um composto à base de grafite. Antes da aplicação, agita-se o composto para assegurar perfeita mistura.

Quando se aplica o composto nas roscas, ele não deve se alojar entre os eletrodos externos e o central, ou na ponta da vela, onde ele possa escorrer para a massa ou eletrodo central durante a instalação. Esta precaução é necessária porque o grafite no composto é um excelente condutor elétrico, e poderia causar uma fuga de corrente.

Para se instalar uma vela, basta enroscá-la sem usar nenhum tipo de ferramenta até que ela assente na junta.

Se a vela puder ser enroscada com facilidade, usando os dedos, isto é uma boa indicação de roscas limpas. Nesse caso, somente será necessário um pequeno aperto para comprimir a junta, que irá formar um selo vedante. Se, por outro lado, um alto torque for necessário para sua instalação, isso indica que pode haver sujeira ou dano na rosca. O uso de torque excessivo pode comprimir a junta, e distorcê-la.

A dilatação da carcaça da vela ocorrerá enquanto continuar um torque excessivo para rosquear sua extremidade inferior no cilindro, após a parte superior ter sido parada pela junta.

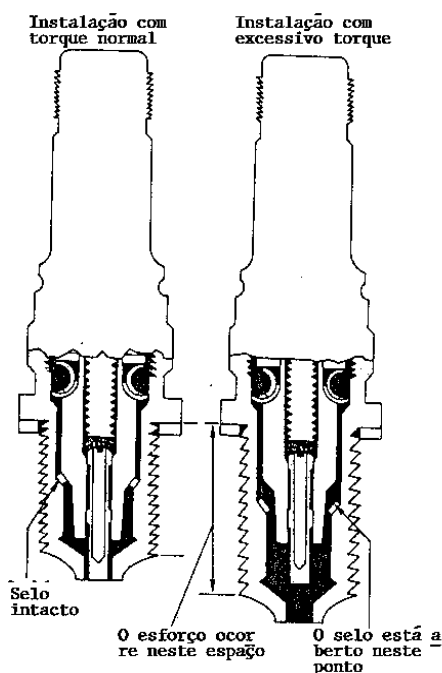


Figura 4-59 Efeitos de um torque excessivo na instalação de uma vela.

Instalação do cabo de vela

Antes da instalação do cabo de vela, esfrega-se a bucha terminal (algumas vezes chamada de cigarrete) e o selo integral com um pano embebido com acetona, MEK, ou um solvente apropriado. Após a limpeza do cabo de vela, o mesmo deve ser inspecionado quanto a rachaduras e riscos. Se a bucha terminal estiver danificada ou fortemente manchada, deve ser substituída.

A aplicação de uma camada leve de um material isolante na superfície externa da bucha terminal, e o preenchimento do espaço ocupado pela mola de contato, são muitas vezes recomendados. Esses materiais isolantes, através da ocupação do espaço na área de contato elétrico da carcaça, evitam que a umidade entre na área de contato causando um curto-circuito na vela. Alguns fabricantes recomendam o uso desses compostos isolantes somente quando a umidade no sistema venha a causar problema, enquanto outros desaconselham totalmente o uso desses materiais.

Após a inspeção do cabo de ignição, ele é colocado dentro da carcaça do plugue. Então, aperta-se a porca de acoplamento do ignitor com a ferramenta apropriada.

Muitas instruções de fabricantes especificam o uso de uma ferramenta projetada para evitar o torque excessivo. Após a porca estar apertada, deve ser evitado um teste de aperto, torcendo o conjunto.

Após todas as velas terem sido instaladas e torquedadas e os cabos instalados corretamente, aciona-se o motor para efetuar uma verificação completa do sistema de ignição.

Inspeção do platinado

A inspeção do magneto consiste essencialmente em uma inspeção periódica do platinado e dielétrico.

Após o magneto ter sido inspecionado quanto à segurança de montagem, remove-se sua tampa, ou a tampa do platinado, e verifica-se o came quanto à lubrificação apropriada.

Sob condições normais, existe uma quantidade suficiente de óleo no feltro de encosto do came acionador para mantê-lo lubrificado entre os períodos de revisão.

Entretanto, durante inspeção de rotina, o feltro de encosto no came acionador deve ser

examinado para assegurar que o óleo contido seja suficiente para lubrificação.

Esse teste é feito pressionando-se a unha do polegar contra o feltro de encosto.

Se ficar retido óleo na unha, o feltro contém óleo suficiente para lubrificação do came.

Se aparecer óleo na unha, a quantidade está adequada.

Se não existir evidência de óleo na unha, aplica-se um pouco de óleo de motor embaixo e acima do conjunto, como mostra a figura 4-60.



Figura 4-60 Lubrificação do came seguidor.

Após a aplicação, aguarda-se pelo menos 15 minutos para que o feltro absorva o óleo. Depois desse tempo, o excesso de óleo deve ser removido com um pano limpo. Durante esta operação, ou a qualquer hora em que a tampa esteja fora, é preciso extremo cuidado para manter o compartimento livre de óleo, graxa ou solventes de limpeza do motor, uma vez que eles têm uma adesividade que retém poeira e fuligem, o que prejudicaria um bom desempenho do platinado.

Após o feltro de encosto ter sido inspecionado, abastecido e encontrado satisfatoriamente, inspeciona-se visualmente o platinado quanto a qualquer condição que possa interferir na correta operação do magneto. Se a inspeção revelar uma substância oleosa ou pastosa nas laterais dos contatos, basta esfregá-lo com um pano em um tubo flexível, embebido em acetona ou outro solvente apropriado. Formando um gancho na extremidade do limpador, ganha-se acesso à parte traseira dos contatos.

Para limpar as superfícies de contato, o platinado deve ser forçado para abrir o suficiente para admitir um pequeno esfregão. Se a abertura dos pontos forem feitas com o propósito de limpeza ou teste das superfícies de contato, quanto às suas condições, aplica-se sempre a força de abertura na extremidade externa da mola principal, e nunca se abre os contatos mais que 1/16" (0,0625 pol.). Se os contatos forem

abertos mais que o recomendado, a mola principal (a mola pressiona o contato móvel) provavelmente assumirá uma outra tensão. Consequentemente, os contatos perderão parte da tensão de fechamento; então eles saltarão, evitando indução normal do magneto.

Um esfregão pode ser feito enrolando uma tira de linho ou um pequeno pedaço de pano livre de fiapos sobre uma das superfícies de abertura, e embebendo o esfregão em um solvente apropriado. Então, passa-se cuidadosamente o esfregão nas superfícies de contato separadas. Durante toda esta operação, gotas de solvente não devem cair nas partes lubrificadas como o came e o feltro de encosto.

Para se inspecionar as superfícies de contato do platinado, é preciso conhecer o aspecto dos contatos, qual condição de superfície é considerada com desgaste permissível, e quando é necessário sua substituição. A provável causa de uma superfície anormal pode ser determinada pela aparência dos contatos.

A superfície de contato normal (figura 4-61) tem aparência áspera e de cor cinza opaca sobre a área onde o contato elétrico é feito. Isso indica que os pontos de contato se acamaram, estão alinhados um com o outro, e estão proporcionando o melhor contato possível.

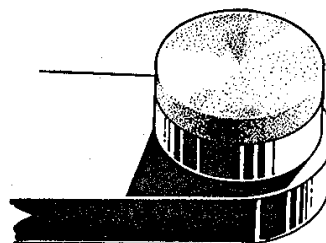


Figura 4-61 Superfície normal de contato.

Esta não é a única condição aceitável. Irregularidades pequenas, sem fendas profundas ou picos elevados, como mostrado na figura 4-62, são consideradas desgastes normais, e não são motivo para serem desbastadas ou substituídas.

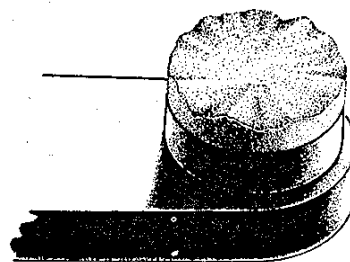


Figura 4-62 Platinado com irregularidade.

Entretanto, quando tiver ressaltos na superfície, como ilustrado na figura 4-63, eles devem ser desbastados ou substituídos. Infelizmente, quando picos se formam em um contato, a junção terá fenda ou orifícios.

Essa fenda é mais problemática que o pico, pois ela penetra na camada de platina da superfície. Isso, algumas vezes, dificulta o julgamento para saber se uma superfície de contato

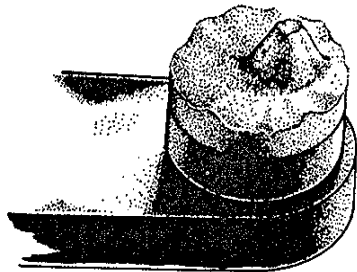


Figura 4-63 Platinado com "picos" bem definidos.

está com uma fenda o suficientemente funda para requerer desbaste, porque, na análise final, isso depende do quanto de platina foi retirado da superfície.

O risco surge da possibilidade da camada de platina já estar fina como resultado de um longo tempo de uso e prévios desbastes.

Nas revisões, em oficina, um instrumento é usado para medir a espessura remanescente do contato, e não existe nenhuma dificuldade em determinar sua condição.

Mas na manutenção de linha, esse instrumento geralmente não está disponível. Portanto, se o pico é muito alto ou a fenda é muito profunda, não se desbasta esses contatos, em vez disso, eles são removidos e substituídos por uma unidade nova ou recondicionada.

Uma comparação entre as figuras 4-62 e 4-63 ajudará a desenhar a linha entre as "menores irregularidades" e os "picos bem definidos".

Alguns exemplos de condições de superfícies de contatos são ilustrados na figura 4-64. O item "A" ilustra um exemplo de erosão ou desgaste chamado "frosting".

Essa condição é resultante de um condensador com circuito aberto; e é facilmente reconhecida pela superfície cristalina e áspera e o aparecimento de uma fuligem preta nas laterais dos pontos.

A falta da ação efetiva do condensador resulta em um arco de intenso calor, que se forma cada vez que os contatos abrem.

Isto, junto com o oxigênio no ar, rapidamente oxida e desgasta a superfície de platina dos pontos, deixando, então, a superfície com a aparência áspera, cristalina ou de fuligem.

Durante a operação normal é comum o aparecimento de uma fuligem granulada fina ou prateada, que não deverá ser confundida com a grossa, e os pontos de fuligem causados pela falha do condensador.

Os itens "B" e "C" da figura 4-64 ilustram pontos com fendas prejudiciais. Esses pontos são identificados claramente pelas bordas dos contatos (no estágio inicial) e pequenas fendas, ou cavidades, no centro dos contatos ou próximo deles, com uma aparência esfumada. Em estágios mais avançados, a fenda pode se desenvolver na largura, profundidade e eventualmente, o conjunto da superfície de contato tomará a aparência de queimado, escuro e amassado.

Pontos fendados, como regra geral, são causados por poeira e impurezas nas superfícies de contato. Se os pontos estiverem excessivamente fendados, um conjunto novo ou recondicionado deve ser instalado.

O item "D" da figura 4-64 ilustra um ponto em forma de "coroa", e pode ser rapidamente identificado pelo centro côncavo e a borda convexa na superfície de contato. Essa condição é resultante de um desbaste inadequado, como pode ser o caso de uma tentativa de desbaste, bem com o platinado instalado no magneto.

Em adição a uma superfície desigual e irregular, as partículas minúsculas de material estranho e metálico, que permanecem entre os pontos após a operação de desbaste, se fundem e causam uma queima irregular da superfície interna dos contatos.

Essa queima difere do congelamento, uma vez que um arco menor produz menos calor e menos oxidação. Nesse caso, a razão de queima é mais gradual.

Pontos coroados, desde que ainda estejam em condições podem ser limpos e retomados para serviço. Se tiver sido formado um excessivo coroamento, o platinado deve ser removido e substituído por um conjunto novo ou recondicionado.

O item "E" da figura 4-64 ilustra um ponto formado que pode ser reconhecido pela quantidade de metal que foi transferida de um ponto para outro.

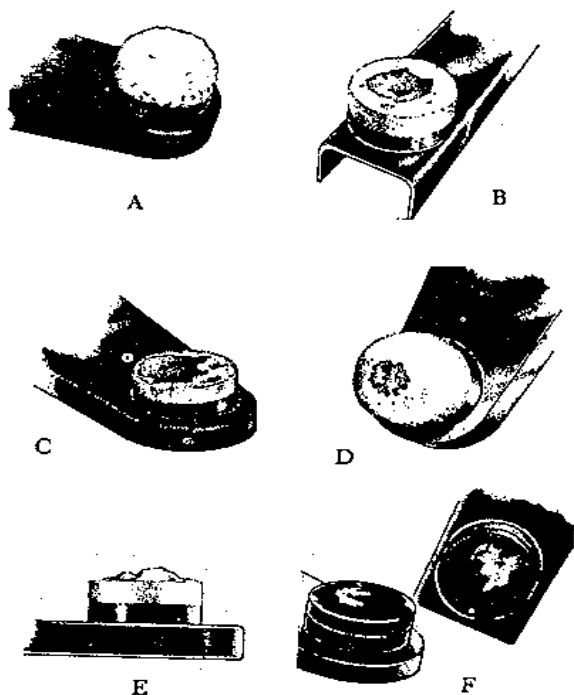


Figura 4-64 Exemplos de condições de superfícies de contato.

"Formações", tais como outras condições mencionadas, resultam primariamente da transferência do material de contato por meio de arcos separam. Mas, diferente dos outros, não há queimadura ou oxidação no processo por causa da proximidade entre a depressão de um ponto e a formação de outro.

Esta condição pode resultar de tensão de mola excessiva nos pontos do platinado, que retarda a abertura dos contatos ou causa uma lenta ruptura. Isto também pode ser causado por um condensador primário muito usado e precário, ou por uma conexão frouxa na bobina primária. Se uma formação excessiva tiver ocorrido, um conjunto de platinado novo ou recondiçionado deve ser instalado.

O item "F" da figura 4-64 ilustra pontos oleosos, os quais podem ser reconhecidos por sua aparência manchada e pela falta de qualquer das irregularidades acima mencionadas. Essa condição pode ser resultante do excesso de lubrificação do came ou de vapores de óleo, os quais podem ser provenientes de dentro ou de fora do magneto.

Um motor expelindo fumaça, por exemplo, poderia produzir vapores de óleo. Esses vapores então entram no magneto através de sua ventilação e passam entre e em torno dos contatos do platinado. Estes vapores condutivos produzem queimaduras nas superfícies dos contatos.

Os vapores também aderem às superfícies do conjunto do platinado, e formam um depósito de fuligem. Pontos oleosos podem ser corrigidos através de um procedimento de limpeza. Entretanto, a remoção das manchas de fumaça podem revelar uma necessidade de desbaste dos pontos. Se preciso, desbasta-se os pontos, ou instala-se um conjunto de platinado novo ou recondiçionado.

Recondicionamento (retífica) dos contatos do platinado

Genericamente falando, a desmontagem e a retificação dos contatos do platinado não deveriam ser uma rotina regular da manutenção do magneto.

Com a execução de uma manutenção cara e desnecessária, muitos conjuntos de contatos atingem um estado de refugo prematuramente, talvez com dois terços ou três quartos do material das superfícies de contato de platina gastos pelas repetidas operações de retífica.

Na maioria dos casos, os contatos do platinado permanecerão em condições satisfatórias entre os períodos de revisão apenas com inspeção de rotina, limpeza e lubrificação.

Se os contatos do platinado tiverem marcas profundas, elevações ou superfícies queimadas, devem ser retificados, ou substituídos, de acordo com as práticas de manutenção recomendadas pelo fabricante.

Se a retífica for aprovada, um conjunto especial de retífica de pontos de contatos estará normalmente disponível. O conjunto inclui: um bloco de retificação; adaptadores para segurar os contatos durante a operação de retífica; uma lima especial para remover picos e elevações e uma lixa muito fina para ser usada no final da operação, para remover qualquer rebarba deixada pela lima.

Por ocasião da retífica de um conjunto de contatos que tenham marcas e elevações, não se deve tentar remover os sulcos completamente. Lima-se somente o material o suficiente para tornar plana a superfície em torno de tais irregularidades. Isto deixará usualmente uma grande área de contato em torno do orifício (figura 4-65) e o conjunto terá desempenho idêntico ao de um novo conjunto de pontos. É óbvio que se o sulco for profundo, um pouco da camada de platina será removida, se houver uma tentativa de remoção de todo o sulco..

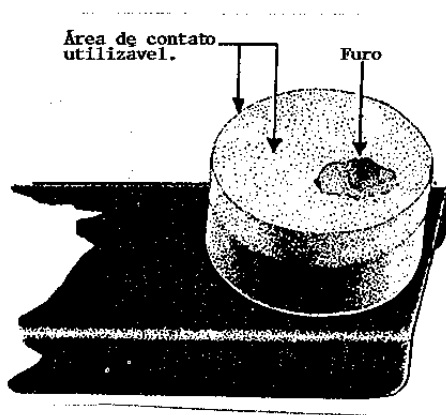


Figura 4-65 Platinado “furado” após retífica.

Na retificação do lado elevado do conjunto de contatos, os picos devem ser limados e removidos.

A superfície dos contatos deve estar perfeitamente plana para promover a maior área possível contra o outro contato, o qual terá agora uma área levemente diminuída devido as marcas remanescentes.

Em complemento à operação de retificação não é necessário obter um acabamento espelhado na área de contato. Apenas algumas passadas são requeridas para remover qualquer rebarba deixadas pela lima (Fig.4-66).

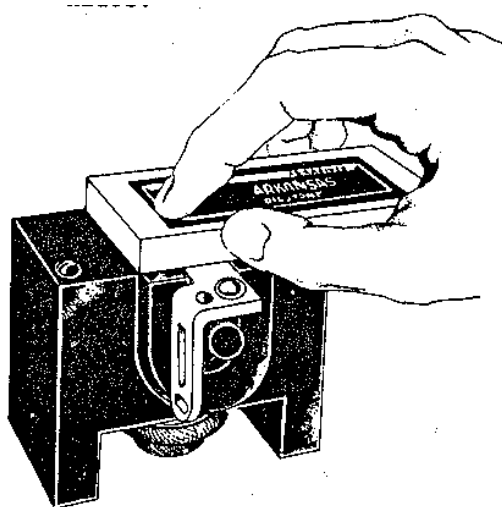


Figura 4-66 Utilização da pedra de retífica dos contatos dos platinados.

O objetivo primário é ter uma superfície de contato plana para promover uma área de contato satisfatória quando montado.

Uma área de contato total para duas superfícies recondiçionadas é difícil de ser obtida, pois isso requer um perfeito acabamento das superfícies. Esta dificuldade é um tanto comprometida por uma aproximação, que permite

cerca de dois terços do total da área de contato (figura 4-67).

A superfície de contato real pode ser checada mantendo-se o conjunto montado em frente de uma luz e observando o quanto de luz pode ser vista entre as superfícies de contato.

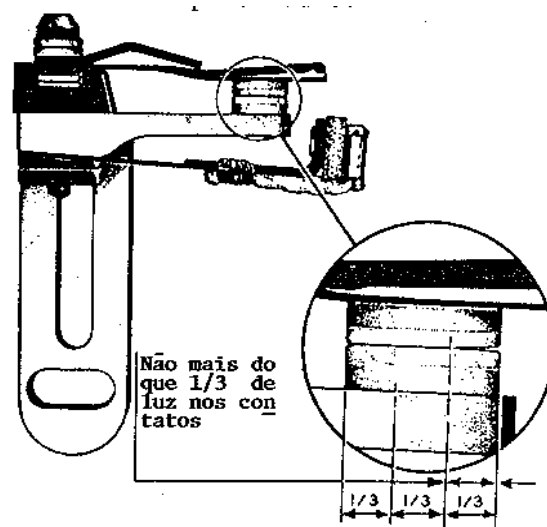


Figura 4-67 Verificação da área de contato dos platinados.

Se os pontos de contato tiverem sido removidos por alguma razão, os pontos substituídos ou recondiçionados devem ser instalados e precisamente regulados para abrir quando o magneto girar e se movimentar dentro da posição de folga “E” para o cilindro número 1.

Inspeção dielétrica

Outra fase de inspeção do magneto é a inspeção dielétrica. Essa inspeção é uma checagem visual quanto a rachaduras e limpeza.

Se ela revelar que a carcaça da bobina, os condensadores, o rotor distribuidor ou blocos estão oleosos, sujos ou tenham qualquer sinal de carbono em evidência, tais unidades necessitarão de limpeza e, possivelmente, um polimento para restabelecer suas qualidades dielétricas.

Limpa-se todos os condensadores acessíveis e as carcaças de bobina que contenham condensadores, esfregando-os com um tecido sem fiapo embebido com acetona.

Muitas peças desse tipo possuem uma camada protetora. Essa camada não é afetada pela acetona, mas pode ser danificada pela fragmentação ou pelo uso de outros fluidos de limpeza.

Nunca se usa solventes de limpeza inadequados, ou métodos impróprios de limpeza.

Também, quando na limpeza de condensadores ou peças que contenham condensadores, elas não são mergulhadas em qualquer tipo de solução, porque essa pode penetrar no condensador e provocar um curto.

Carcaças de bobinas, blocos distribuidores, rotores distribuidores e outras partes dielétricas do sistema de ignição são tratadas com uma camada de cera quando novos e nas revisões gerais. O polimento dos dielétricos ajuda na sua resistência à absorção de umidade, carbono e depósitos de ácido. Quando essas peças encontram-se sujas ou oleosas, uma parte da proteção original é perdida, o que pode resultar em resistência de carbono.

Se qualquer sinal de carbono ou depósito de ácido estiver presente na superfície do dielétrico, coloca-se a peça mergulhada em solvente de limpeza apropriado, friccionando fortemente com uma escova de cerdas firmes.

Quando os sinais de carbono ou depósitos de ácido tiverem sido removidos, usa-se um pano seco para remover todo o solvente. Então, cobre-se a peça com uma camada de cera especial. Após o tratamento com cera, remove-se o excesso, e reinstala-se a peça no magneto.

Manutenção dos cabos de ignição

Embora os cabos de ignição sejam simples, eles são a ligação vital entre o magneto e a vela de ignição. Devido ao fato deles serem montados no motor, e expostos à atmosfera, eles são vulneráveis ao calor, umidade e aos efeitos das mudanças de altitude. Esses fatores, somados ao desgaste do isolamento e a erosão, trabalham contra uma operação eficiente do motor. O isolamento pode ser avariado dentro da cablagem e permitir uma fuga de alta voltagem, ao invés de fluir para a vela de ignição.

Circuitos abertos podem ser resultantes de fios partidos ou conexões fracas. Um fio descoberto pode estar em contato com a blindagem, ou dois fios podem estar em curto.

Qualquer defeito sério evitará que a alta tensão atinja a vela de ignição, a qual está conectado o cabo. Como resultado, essa vela não funcionará. Quando somente uma vela de ignição estiver funcionando no cilindro, a mistura não será consumida tão rapidamente quanto poderia ser se ambas as velas de ignição estivessem funcionando. Este fator faz com que o pico da pressão de combustão ocorra atrasado.

Se esse pico ocorrer mais tarde que o normal, resultará em perda de potência no cilindro.

Entretanto, a perda de potência para um cilindro simples torna-se um fato menor quando o efeito de um tempo longo de queima é considerado. Um longo tempo de queima superaquece o cilindro afetado, causando detonação, possível pré-ignição e, talvez, uma danificação permanente.

O fio isolado que transporta o impulso elétrico é um tipo especial de cabo projetado, para prevenir excessivas perdas de energia elétrica. Esse fio é conhecido como cabo de ignição de alta tensão, sendo confeccionado em três diâmetros.

Os diâmetros externos dos cabos em uso corrente são de 5, 7 ou 9 mm. A razão para diferentes diâmetros de cabos é que a quantidade e o tipo de isolamento em torno do fio determina a perda elétrica durante a transmissão de alta voltagem.

Uma vez que o núcleo condutor transporta apenas baixas correntes, esse condutor é de menor diâmetro.

O cabo de 9 mm tem uma aplicação limitada, porque é de projeto antigo e tem uma camada relativamente grossa de isolamento.

Para muitas partes, os motores de hoje usam cabos de 7mm, mas há poucos sistemas que são projetados para usar cabos de 5 mm. O uso crescente de cabos de menor tamanho é largamente utilizado devido as melhorias no material de isolamento, o qual permite um revestimento mais superficial. O adaptador de conexões tem sido projetado para as pontas de cabos mais finos, podendo assim ser usado em armadura (cablagem) trançada; onde o distribuidor foi originalmente projetado para cabos mais grossos.

Um tipo de construção de cabo utiliza um núcleo consistindo em 19 fios finos de cobre, cobertos por um revestimento de borracha. Isso é coberto por uma fita entrelaçada e uma camada na parte externa (A da figura 4-68). Um novo tipo de construção (B da figura 4-68) tem um núcleo de 7 fios de aço inox coberto com um revestimento de borracha. Além disso é usada uma trança de reforço e uma camada de neopreme para completar o conjunto. Esse tipo de construção é superior aos tipos mais antigos, principalmente porque o neopreme melhorou a resistência ao calor, ao óleo e à erosão.

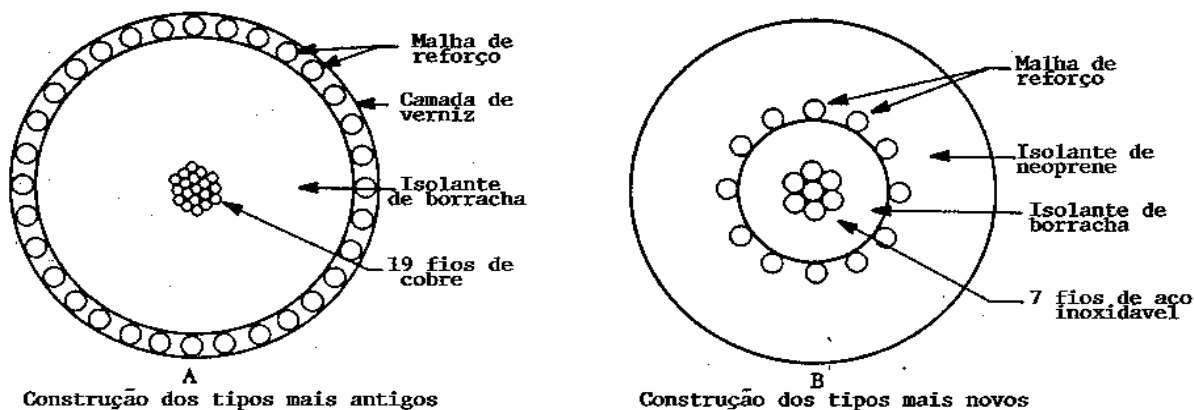


Figura 4-68 Vista em corte de um típico cabo de ignição de alta tensão.

Falhas das cablagens de ignição de alta tensão

Talvez, a mais comum e mais difícil falha de sistemas de ignição de alta tensão a ser detectada, seja o vazamento de alta voltagem. Isto é uma fuga do condutor através do isolamento para a massa do distribuidor blindado. Uma pequena fuga de corrente existe até em cabos de ignição novos, durante a operação normal.

Vários fatores se combinam para produzir primeiro uma alta razão de perda e, então, a completa interrupção.

Desses fatores, umidade em qualquer forma é provavelmente o pior. Sob alta voltagem, um arco se forma e queima a trilha através do isolador onde existe a umidade. Se houver gasolina, óleo ou graxa presente, irá interromper o circuito e formar carbono.

A trilha queimada é chamada de marca de carbono, já que realmente é uma trilha de partículas de carbono.

Com alguns tipos de isolamento, pode ser possível remover a trilha de carbono e restabelecer o isolador para sua condição total de uso. Isto é conseguido com a porcelana, cerâmica e alguns plásticos, pois esses materiais não são hidrocarbonos, e qualquer trilha de carbono formada nos mesmos é resultado de sujeira, podendo ser limpo.

Diferenças na localização e quantidade de perda produzirão diferentes indicações de mau funcionamento durante a operação do motor.

As indicações são geralmente falta de centelha ou centelha cruzada. A indicação pode ser intermitente, mudando com a pressão do duto ou com condições climáticas.

Um aumento na pressão do duto aumenta a pressão de compressão e a resistência do ar através da folga da vela de ignição. Um aumento na resistência da folga de ar (na vela de ignição) opõe à descarga da centelha, e produz uma tendência ao disparo desta num dado ponto fraco do isolamento. Um ponto fraco na cablagem pode ser agravado pela coleta de umidade no distribuidor da cablagem.

Com a presença de umidade, a operação contínua do motor causará falhas intermitentes e tornará permanentes as trilhas de carbono. Desta maneira, a primeira indicação de cablagem de ignição sem condições de serviço pode ser a falta de centelha para o motor, causada pela perda parcial da voltagem de ignição.

A figura 4-69 mostra uma seção em corte de uma cablagem, e demonstra 4 falhas que podem ocorrer.

A falha (A) mostra um curto de um cabo condutor para outro. Essa falha usualmente causa falta de centelha, visto que a vela está curto-circuitada no cilindro, onde a pressão no mesmo é baixa.

A falha (B) mostra um cabo com uma parte do isolamento desgastado. Embora o isolamento não esteja completamente rompido, existe uma perda de força maior que a normal, e a vela de ignição, que está conectada a este cabo, pode ser perdida durante a decolagem, quando a pressão do distribuidor de admissão é muito elevada.

A falha (C) é o resultado da condensação coletada no ponto mais baixo do distribuidor de ignição.

Essa condensação pode evaporar completamente durante a operação do motor, mas a trilha de carbono, que é formada pelo centelha-mento inicial, permanece para permitir um cen-

telhamento contínuo toda vez que existir uma alta pressão do distribuidor.

A falha (D) pode ser causada por um alto fluxo de ar no isolamento ou pelo resultado de um ponto fraco na isolação, o qual é agravado pela presença de umidade.

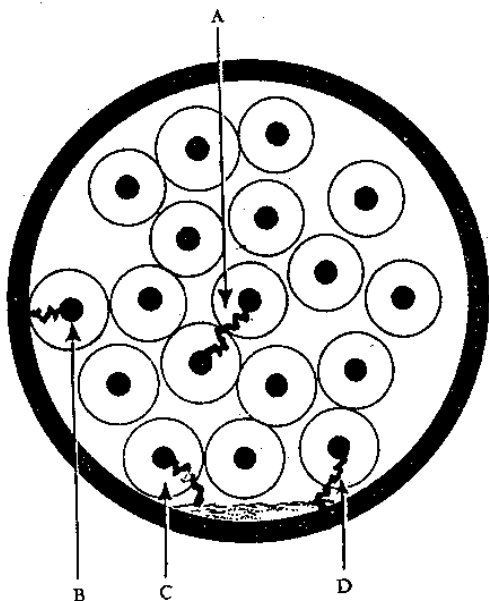


Figura 4-69 Seção reta de uma cablagem.

Entretanto, visto que a trilha de carbono é um contato direto com a childragem de metal, provavelmente resultará no centelhamento sob todas as condições de operação.

Teste de cablagem

O teste elétrico das cablagens de ignição checa a condição do isolamento em torno de cada cabo da cablagem. O princípio desse teste envolve a aplicação de uma voltagem definida para cada cabo e, então, a medida muito sensível da quantidade de corrente de fuga entre o cabo e o distribuidor da cablagem aterrado.

Esta leitura, quando comparada com especificações conhecidas, torna-se um guia para análise das condições de serviço do cabo. Como mencionado anteriormente, há uma deterioração gradual do material de isolamento flexível.

Quando novo, o material terá uma baixa razão de condutividade, tão baixa de fato, que sob uma voltagem de alguns milhares de volts de pressão elétrica, a fuga de corrente será de apenas alguns milésimos de ampère. O envelhecimento natural causará uma mudança na resistência do material de isolamento, permitindo um aumento da corrente de fuga.

Teste de cablagem de ignição de alta voltagem

Muitos tipos diferentes de dispositivos de testes são usados para determinar o estado de uma cablagem de ignição de alta tensão. Um tipo comum de teste, ilustrado na figura 4-70, é capaz de aplicar uma corrente contínua em qualquer tensão, de 0 até 15.000 volts, com uma entrada de 110 volts, 60 Hz.

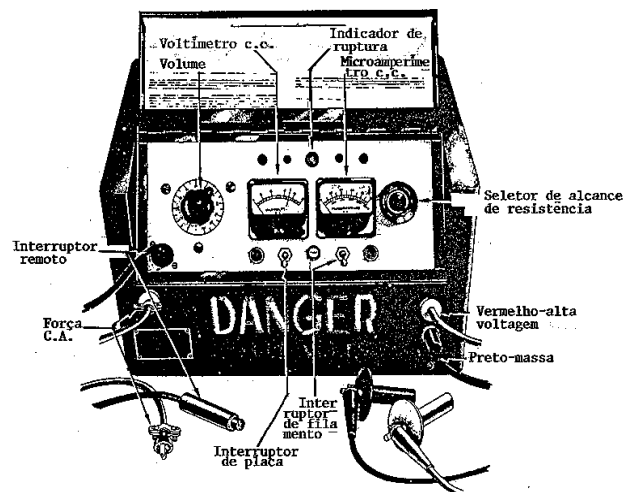


Figura 4-70 Teste de cablagem de ignição de alta tensão.

A fuga de corrente entre o cabo de ignição e o tubo de distribuição é medida em duas escalas de um microamperímetro, graduadas para leituras de 0 a 1000 microampères.

Desde que 1000 μ a seja igual a 1 ma (miliampère), a escala de 0 a 1000 é chamada "escala de miliampère", e a outra "escala de microampère".

Leituras podem ser obtidas em qualquer escala através do uso da chave de ajuste de alta ou baixa resistência, localizada à direita do amperímetro.

Resistores limitadores de corrente são usados em ambas as escalas para evitar danos aos circuitos de teste, através de aplicação acidental de tensões excessivas.

A tensão aplicada ao cabo testado é indicada em um voltímetro calibrado para ler de 0 a 15000 volts. Um botão de controle à esquerda do voltímetro permite um ajuste de voltagem para a tensão recomendada. Em adição ao amperímetro e voltímetro, uma luz neon indica centelhamento que pode ser tão rápido a ponto de causar significativa deflexão da agulha do microamperímetro.

Os botões de controle para o teste (figura 4-70) incluem um interruptor de filamento, interruptor de placa e interruptor remoto. O interruptor de filamento completa um circuito entre a entrada do circuito C.A. e o elemento do filamento da válvula retificadora. O fluxo de corrente pelo filamento o aquece e prepara a válvula para operação. A função da válvula, entretanto, não estará completa até que a placa da mesma esteja energizada.

A tensão da placa do retificador depende de dois interruptores: o da chave de controle de placa e do botão remoto. A chave de controle de placa arma ou prepara o circuito da mesma para operar. Com as chaves da placa e do filamento ligadas, pressionando-se o botão remoto, a válvula estará em operação e, soltando-o, verifica-se a tensão dos cabos de ignição se os cabos de testes estiverem conectados.

O botão remoto de calcar deve ser ligado a um soquete no canto inferior esquerdo do painel de instrumentos.

Esta configuração permite uma operação de teste a distâncias de até 5 pés. Os parágrafos seguintes ilustram o uso desse tipo de unidade de teste. Estas instruções são apresentadas somente como um guia geral. Consulta-se as instruções aplicáveis do manual do fabricante antes de efetuar um teste da cablagem de ignição.

A cablagem não necessita ser removida do motor para o teste. Se o mesmo for efetuado com a cablagem no motor, todos os cabos de vela devem ser desconectados das mesmas, visto que a tensão aplicada durante o teste é alta o suficiente para provocar o centelhamento entre os eletrodos.

Após cada cabo ser desconectado, o seu terminal, exceto o que vai ser testado, deve estar encostado contra o cilindro, de modo a garantir o seu perfeito aterramento. A razão do aterramento de todos os cabos de vela durante o teste é a necessidade de se verificar e detectar excessiva fuga ou ruptura, resultante de um curto-circuito entre dois cabos de ignição.

Se os cabos estiverem sem massa durante o teste, o curto-circuito não poderá ser detectado, devido a todos os cabos se encontrarem como um circuito aberto e somente à fuga, através do isolamento para a massa do conduto da cablagem, poderá ser indicada. Entretanto, quando todos os cabos estão aterrados, exceto o que receberá o teste de tensão, é formado um

circuito completo através dos cabos curto-circuitados e qualquer fuga ou sobrecorrente para a massa é indicada pelo microamperímetro ou pelo acendimento da luz néon do indicador de ruptura.

Quando todos os cabos de vela estiverem desconectados das mesmas e aterrados ao motor, prepara-se o equipamento para teste da cablagem. Inicia-se pela conexão do cabo de aterramento na parte traseira do equipamento a algum objeto bem aterrado. Conecta-se o cabo vermelho de alta tensão (figura 4-70) para o terminal de alta tensão do equipamento. Conecta-se a outra extremidade desse cabo para a cablagem de ignição a ser testada.

Prende-se uma das extremidades do cabo massa (preto) no receptáculo de aterramento na parte da frente do equipamento de teste e a outra extremidade ao motor ou qualquer outro ponto comum de massa. Fixa-se o cabo do botão remoto no painel de teste de ignição. Todas as chaves devem estar desligadas, e o botão de controle de alta tensão em zero; então conecta-se o cabo de alimentação para uma fonte de 110 volts, 60 Hz de C.A. Liga-se a chave de controle do filamento, aguardando pelo menos 10 segundos para que o filamento da válvula se aqueça. Após este intervalo, liga-se a chave da placa. Com as chaves da placa e do filamento ligados, ajusta-se a tensão que será aplicada para cada cabo de ignição durante o teste.

O ajuste é efetuado pressionando-se o botão remoto e girando-se o botão de controle de alta tensão no sentido horário, até que o voltímetro registre 10.000 volts. Assim que a tensão recomendada for atingida, solta-se o botão e automaticamente o suprimento de alta tensão é interrompido.

Uma vez que a tensão seja ajustada para o valor recomendado, não será mais necessário o ajuste da mesma durante o teste. O passo final é o posicionamento do selector de alcance de resistência para "high", de maneira que qualquer fuga de corrente poderá facilmente ser detectada no microamperímetro.

Esse teste é normalmente iniciado pelo cilindro nº 1. Visto que todos os cabos de vela já se encontram aterrados e o cabo vermelho de alta tensão está conectado ao cabo do cilindro nº 1, testa-se esse cabo simplesmente pressionando o botão remoto e observando o microamperímetro. Após obter a indicação, solta-se o botão, remove-se o cabo de teste de alta tensão, ater-

rando o cabo seguinte a ser testado, e procedendo da mesma maneira na ordem numérica dos cilindros.

É importante que cada cabo, bom ou ruim, seja novamente aterrado antes de se testar o seguinte. Conforme o teste progride em torno do motor, anota-se somente aqueles cabos pelo número que deram uma indicação de fuga excessiva (mais que 50 μ a) ou de ruptura indicada pelo acendimento da lâmpada.

Na conclusão do teste, pelo menos dois cabos em qualquer cablagem provavelmente apresentam falhas. Isto pode ser explicado pela referência da figura 4-71, e notando-se a posição do rotor do distribuidor. Quando a tensão de teste é aplicada para o cabo inferior da ilustração, um centelhamento pode ocorrer através do pequeno vão do distribuidor e pela bobina primária do magneto ou da chave de ignição para a massa.

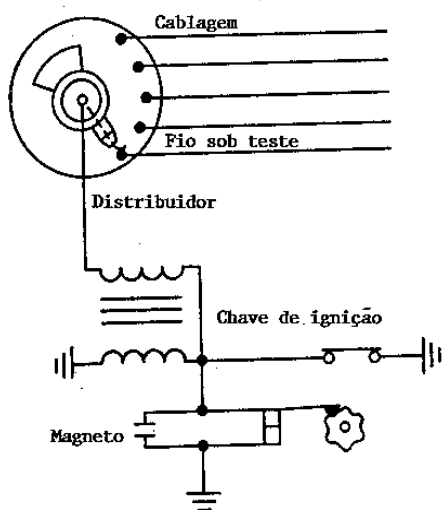


Figura 4-71 Ruptura não atribuída à falha do isolamento.

Esta aparente falha será mostrada em ambos os cabos da vela de ignição, dianteira e traseira, para um cilindro em particular. Para se determinar se existe realmente uma interrupção nesses cabos, gira-se a hélice de um quarto a meia volta, repetindo neles o teste. Isto afastará o rotor do distribuidor do terminal de cabo testado, dando uma indicação precisa de suas condições.

A hélice não deve ser girada imediatamente após a localização de um cabo aparentemente em mau estado, pois o rotor do distribuidor pode parar em posição oposta à de outro cabo que não tenha sido testado, sendo necessário girar a hélice novamente.

Sempre que a maioria deles apresentar fuga excessiva, a falha pode ser por sujeira ou tratamento inadequado dos contatos do distribuidor. Se esse for o caso, limpa-se os contatos do distribuidor com os procedimentos descritos no manual do fabricante.

Teste de isolamento de corrente contínua

Existem vários testes pequenos, leves e portáteis, que podem operar com alimentação de 115 volts, 60 Hz C.A., ou 28 v C.C. da fonte de alimentação da aeronave.

Esses testes usam essencialmente os mesmos medidores e interruptores que os testes de cabos de ignição de alta tensão já discutidos. Além disso, as indicações de fuga e interrupção são praticamente as mesmas. Esse tipo de teste é um instrumento geralmente portátil.

ANALISADOR DE MOTORES

O analisador de motores é uma adaptação do osciloscópio. É um instrumento portátil ou permanentemente instalado, cuja função é detectar, localizar e identificar anomalias na operação de motores, como as que são causadas por falha do sistema de ignição, detonação, válvulas, mistura pobre, etc.

A necessidade de meios de detecção e localização de problemas operacionais mais eficazes se tornou evidente com a introdução de maiores e mais complexos motores de aeronaves.

A maioria dos problemas operacionais de aeronaves são devidos à falha no sistema de ignição, e normalmente se manifestam em baixas altitudes, ou durante a operação no solo. Entretanto, muitos problemas de motores, principalmente aqueles relacionados ao sistema de ignição, ocorrem em elevadas altitudes de voo.

Já que as condições de elevadas altitudes não podem ser simuladas no solo, é desejável uma unidade que, a qualquer momento, possa indicar uma anormalidade na operação dos motores.

Analisadores de motores são classificados em 2 tipos: um produz somente evidência da condição do sistema de ignição; o outro revela vibrações anormais durante a operação, como as causadas pela explosão, válvulas, ou mistura pobre de combustível, como também o mau funcionamento na ignição.

Os analisadores são projetados para serem usados como portáteis, ou permanentemente instalados na aeronave. A maioria dos modelos comuns contém o controle de voltagem de ignição e seletoras que permitem o uso de capacitores de indução, conjunto de retardo ou gerador de 3 fases para sincronização.

Os pesos do portátil e do instalado na aeronave variam com a forma de instalação envolvida.

Em uma aeronave típica de 2 motores equipada com sistema de ignição de baixa tensão, a instalação portátil pesa aproximadamente 22 Lbs (incluindo fios, conectores e equipamento). A instalação a bordo pesa aproximadamente 45,5 Lbs.

Uma instalação a bordo é aquela em que a unidade analisadora de ignição e seus associados estão permanentemente instalados na aeronave. Nenhum fixador de cabos é usado, neste caso.

Uma instalação portátil é aquela na qual o equipamento associado é permanentemente instalado no avião, porém, o analisador é elimi-

nado. Neste caso, um fixador de cabos é utilizado.

Mais tarde, o analisador é levado de avião para avião para fazer testes de ignição, ou vai nele para fazer testes de ignição em altitudes.

O analisador instalado a bordo tem uma grande vantagem, — está sempre com o avião. Fazer tal instalação envolve custos adicionais do analisador.

Obviamente isto requer que se tenha pessoal a bordo capaz de operar o instrumento em vôo, permitindo que esse pessoal teste o sistema de ignição antes do pouso, e, assim, torne possível resolver prontamente as dificuldades após o pouso.

O diagrama na figura 4-72 ilustra uma instalação do analisador de ignição a bordo em um avião típico. A figura mostra que um conjunto de retardo e filtro é requerido pelo motor. Somente uma caixa relé/resistor é requerida por avião. Uma exceção à regra são os aviões que têm certos tipos de instalação de ignição de alta tensão. Essas instalações requerem uma caixa relé/resistor por motor.

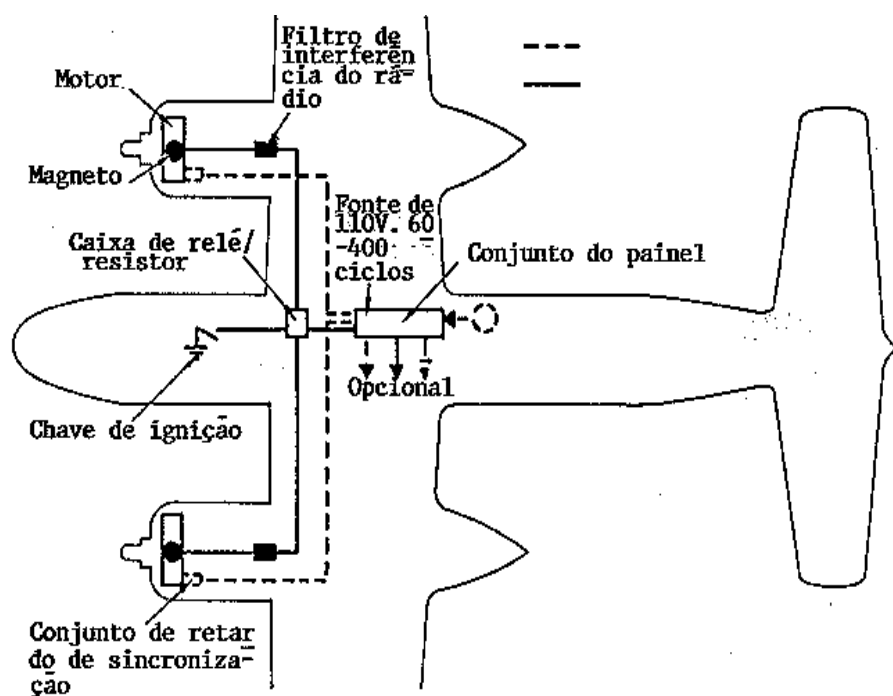


Figura 4-72 Instalação do analisador em bimotores.

O conjunto de retardo de sincronização "dispara" o circuito de varredura horizontal do tubo de raios catódicos. Ele opera à metade da velocidade do eixo de manivelas do motor e é temporizado de 3° a 4° antes da explosão do cilindro nº 1.

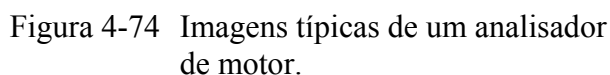
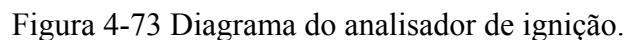
O filtro de interferência do rádio é montado na parede de fogo e no circuito primário de ignição.

O número de unidades por filtro depende do número de fios massa em cada circuito primário de ignição.

O conjunto do painel contém um motor e um interruptor seletor de condição, um relé individual de operação por interruptores para cada

Um diagrama de bloco de um analisador de ignição está mostrado na figura 4-73. Sinais podem ser tracejados através de três tipos possíveis de dispositivos sensores, os quais serão apresentados na face do tubo de raios catódicos.

A figura 4-74 ilustra seis imagens típicas de um analisador de motores. Apesar de ser requerido treinamento adicional para que se possa interpretar com exatidão o significado de cada sinal, a configuração dos sinais na figura 4-74 mostra que todo mau funcionamento é apresentado através de figuras distintas e reconhecíveis.



Como os sistemas de ignição de motores à turbinas são operados por um curto período durante o ciclo de partida do motor, eles são, via de regra, menos passíveis de problemas em relação aos sistemas de ignição em motores convencionais.

4-56

um sistema de ignição tipo eletrônico, o qual é uma variação do sistema tipo capacitivo simplificado.

Sistema de ignição de motores turbojato

O motor turbojato típico é equipado com um sistema de ignição do tipo capacitivo (descarga capacitiva), consistindo em duas unidades idênticas e independentes de ignição, operando a partir de uma fonte elétrica de corrente contínua de baixa tensão comum, que é a bateria de bordo da aeronave.

Os sistemas de ignição dos motores turbojato podem ser rapidamente operados em condições atmosféricas ideais, mas uma vez que frequentemente eles operam em condições de grandes altitudes e baixas temperaturas, é imperativo que o sistema seja capaz de fornecer centelhas de alta intensidade de calor.

Com isso, uma alta tensão é fornecida ao terminal da vela de ignição, fornecendo ao sistema um alto grau de confiabilidade em condições variáveis de altitude, pressão atmosférica, temperatura, vaporização de combustível e tensão de entrada.

Um sistema de ignição típico inclui duas unidades excitadoras, dois transformadores, dois cabos de ignição intermediários e dois cabos de ignição de alta tensão.

Com isso, como um fator de segurança, o sistema de ignição é realmente um sistema duplo, projetado para ativar duas velas de ignição. A figura 4-75 apresenta parte de um sistema típico de ignição.

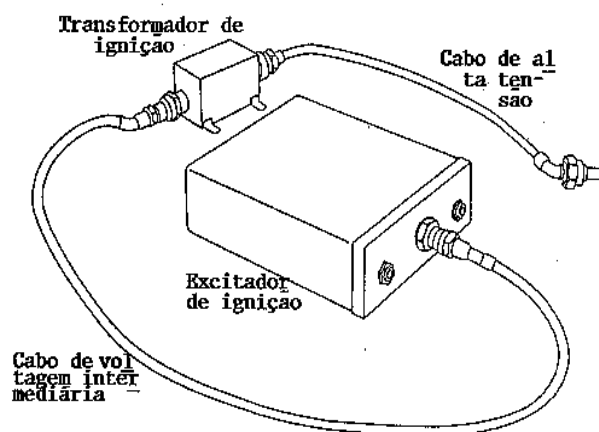


Figura 4-75 Parte de um sistema típico de ignição.

A figura 4-76 apresenta um diagrama esquemático de um sistema de ignição do tipo capacitor utilizado em motores turbojato.

Uma tensão de entrada de 24 vcc é fornecida ao conector da unidade excitadora.

Esta alimentação inicialmente passa através de um filtro de energizar a unidade excitadora, tal filtro tem a função de evitar que sinais de ruído sejam induzidos no sistema elétrico da aeronave.

A baixa tensão de entrada opera um motor C.C., o qual aciona um sistema excêntrico singelo e um sistema excêntrico múltiplo. Ao mesmo tempo, a tensão de entrada é fornecida a um conjunto interruptor, que é acionado pelo sistema excêntrico múltiplo.

No conjunto de interruptores, uma corrente que é rapidamente interrompida, é enviada a um autotransformador.

Quando o interruptor é fechado, o fluxo de corrente através da bobina primária do transformador gera um campo magnético.

Quando o interruptor abre, o fluxo de corrente cessa e a queda do campo induz uma tensão no secundário do transformador.

Essa tensão causa um pulso de corrente que flui para o capacitor de carga através do retificador que limita o fluxo em uma única direção.

Com pulsos repetitivos no capacitor de carga, este carrega-se com uma carga máxima aproximada de 4 joules (1 joule por segundo equivale a 1 watt).

O capacitor de carga é conectado a vela de ignição através de um transformador de disparo e de um contactor, normalmente abertos.

Quando a carga do capacitor é elevada, o contactor é fechado pela ação mecânica do sistema excêntrico singelo.

Uma parte da carga flui através do primário do transformador de disparo, e o capacitor é conectado em série com esses. Esta corrente induz uma alta tensão no secundário do transformador, o qual ioniza a vela de ignição.

Quando a vela se torna condutiva, o capacitor de carga descarrega o restante de sua energia acumulada juntamente com a carga do capacitor, que está em série com o primário do transformador de disparo.

A razão de centelhamento na vela de ignição terá uma variação que será proporcional à tensão da fonte de alimentação C.C., a qual afeta a rotação do motor.

Uma vez que ambos os sistemas excêntricos são atuados pelo mesmo eixo, o capacitor de carga acumulará sempre a sua energia com o mesmo número de pulsos antes do ciclo de des-

carga. A aplicação do transformador de disparo de alta freqüência, com um secundário de baixa reatância, mantém o tempo de disparo em um valor mínimo.

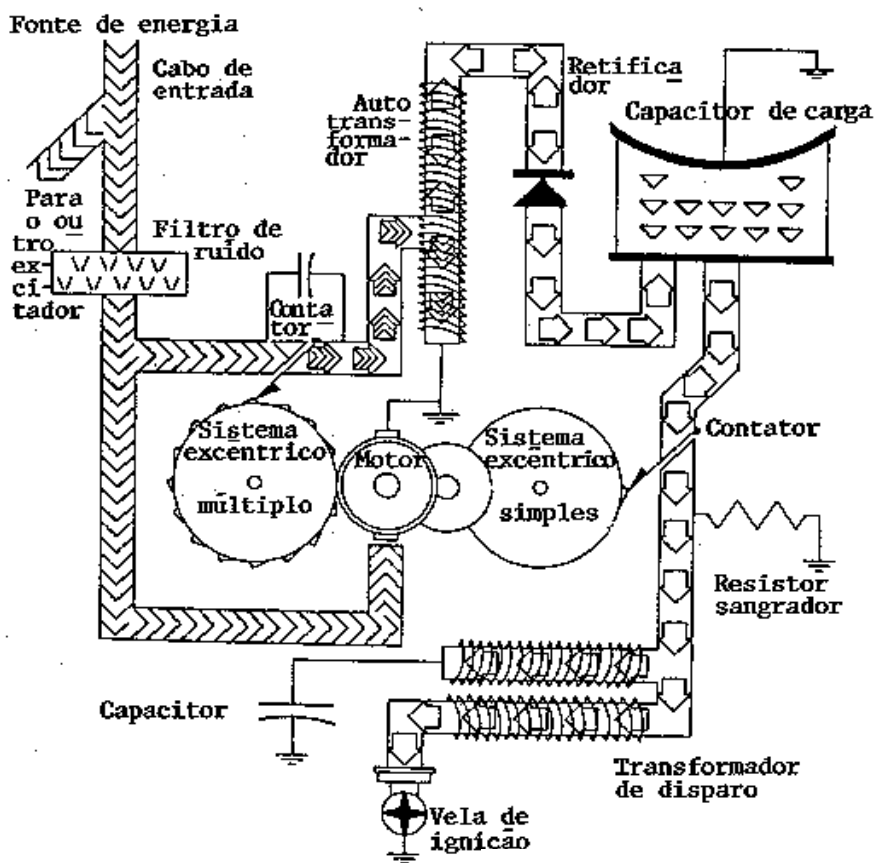


Figura 4-76 Esquema de um sistema de ignição do tipo capacitor.

Esta concentração de máxima energia em um mínimo de tempo fornece uma ótima centelha para o propósito de ignição, capaz de eliminar a carbonização e vaporizar os glóbulos de combustível.

Toda a alta tensão nos circuitos de disparo é completamente isolada dos circuitos primários. O excitador é completamente selado, protegendo com isto todos os componentes de condições adversas de operação, eliminando a possibilidade de perda de centelha em altitudes devido à mudança de pressão. Isto também assegura uma blindagem que evita a fuga de tensão de alta freqüência, a qual interfere na recepção de rádio da aeronave.

Sistema eletrônico de ignição

Este sistema tipo capacitivo modificado fornece ignição para os motores turboélice e turbojato. Como os outros sistemas de ignição, este é requerido apenas durante o ciclo de parti-

da do motor. Uma vez iniciada a combustão, a chama é contínua. A figura 4-77 mostra os componentes de um sistema eletrônico de ignição típico.

O sistema consiste em uma unidade dinamotora/reguladora/filtro, um excitador, dois transformadores de alta tensão, dois cabos de alta tensão e duas velas de ignição. Além desses componentes são também usados cabos de interconexão, terminais, chaves de controle e o equipamento necessário para sua operação na aeronave.

O dinamotor é utilizado para elevar a corrente contínua que é extraída da bateria de bordo ou da fonte externa, para a tensão de operação do excitador.

Essa tensão é utilizada para carregar dois capacitores, os quais armazenam a energia que será utilizada durante a ignição.

Nesse sistema, a energia requerida para ativar a vela de ignição na câmara de combustão não é armazenada em uma bobina de indução,

como acontece nos sistemas convencionais de ignição.

No sistema eletrônico, a energia é armazenada em capacitores. Cada circuito de descarga inclui dois capacitores, ambos localizados na unidade excitadora. A tensão através desses capacitores é elevada por meio de transformadores.

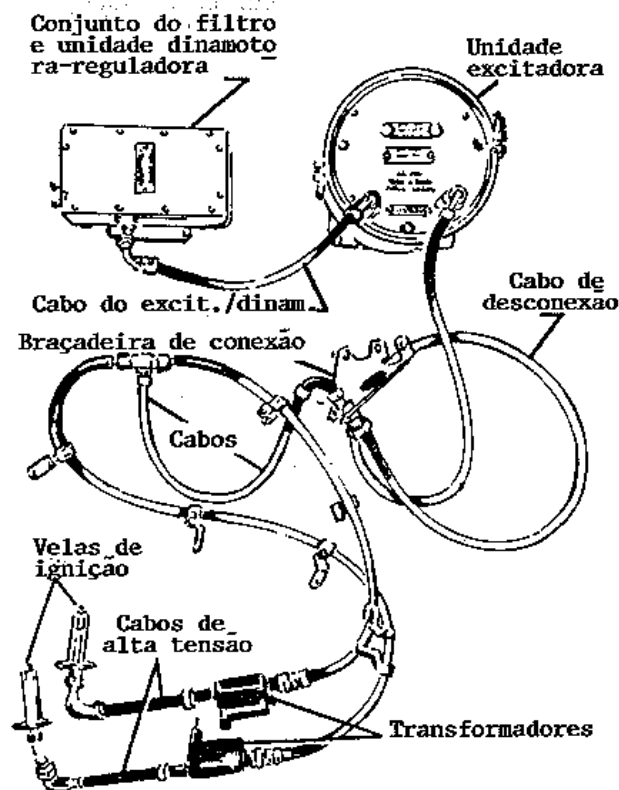


Figura 4-77 Sistema de ignição eletrônico.

No instante de ativação da vela de ignição, a resistência do eletrodo é reduzida o suficiente para permitir que o capacitor maior descarregue sua energia através do eletrodo.

A descarga do segundo capacitor é de baixa tensão, porém com alta energia.

O resultado é uma centelha de alta intensidade de calor, capaz não somente de causar a ignição de misturas anormais de combustível, mas também de eliminar quaisquer depósitos de material estranho nos eletrodos da vela.

O excitador é uma unidade dupla, e esse produz centelhas em cada uma das duas velas de ignição.

Uma série contínua de centelhas é produzida até que o motor acenda. A corrente da bateria é então interrompida, e as velas de ignição não mais emitem centelha enquanto o motor estiver operando.

Velas de ignição de turbina

A vela de um sistema de ignição de turbina é consideravelmente diferente daquelas utilizadas nos sistemas de ignição dos motores convencionais. O seu eletrodo deve ser capaz de resistir a uma corrente de muito maior energia, em relação ao eletrodo de velas para motores convencionais.

Essa corrente de alta energia pode rapidamente causar a erosão do eletrodo, mas os pequenos períodos de operação minimizam a manutenção da vela. O espaço do eletrodo de uma vela de ignição típica é muito maior do que aquela das velas de centelha, uma vez que as pressões de operação são muito menores, e as centelhas podem ser mais facilmente conseguidas do que nas velas comuns.

Finalmente, a sujeira nos eletrodos, tão comum nas velas de motores convencionais, é minimizada pelo calor das velas de alta intensidade.

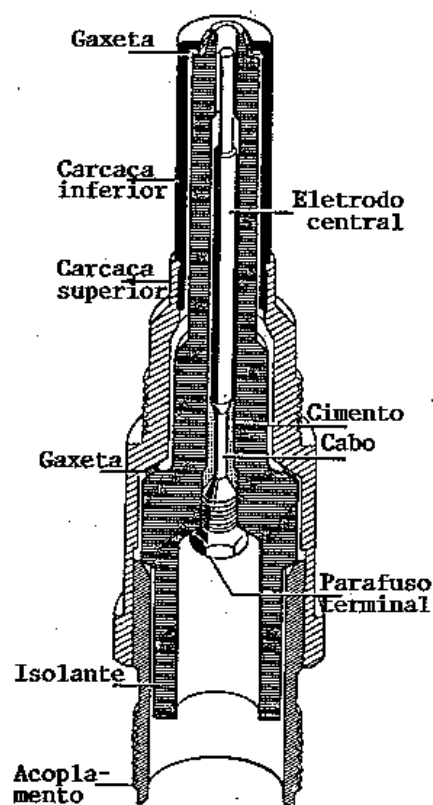


Figura 4-78 Vela de ignição do tipo angular.

A figura 4-78 mostra uma ilustração em corte de uma vela de ignição típica com espaçamento anular do eletrodo, por vezes conhecida como de "longo alcance", em função de projetar-se na câmara de combustão, produzindo uma centelha mais efetiva.

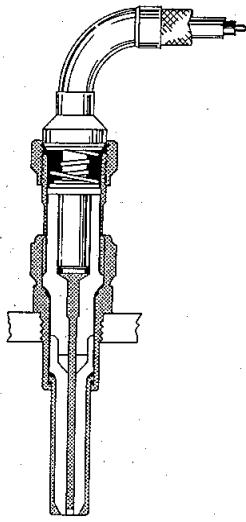


Figura 4-79 Vela de ignição do tipo confinado.

Outro tipo de vela de ignição, a vela confinada (figura 4-79), é usada em alguns tipos de turbinas. Essa opera em condições de temperaturas muito mais frias e é por esta razão, que não se projetam diretamente na câmara de combustão.

Isto é possível porque a centelha não permanece muito próxima da vela, mas produz um arco além da face da câmara de combustão.

INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE IGNIÇÃO DE MOTORES A TURBINA

A manutenção de um sistema típico de ignição de turbinas consiste primariamente em inspeção, teste, pesquisa de problemas, remoção e instalação.

Inspeção

A inspeção de um sistema de ignição normalmente inclui o seguinte:

Inspeção / cheque	Reparo
Fixação dos componentes, parafusos e braçadeiras	Reaperto e fixação como requerido
Curtos e arcos de alta tensão	Substituição dos componentes em falha e fiação.
Conexões soltas	Fixação e aperto como requerido

REMOÇÃO, MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO DOS COMPONENTES DO SISTEMA DE IGNIÇÃO

As instruções seguintes constituem em procedimentos típicos sugeridos pela maioria dos fabricantes de turbinas. Essas instruções são aplicáveis aos componentes do sistema de ignição do motor (ilustrado na figura 4-77).

As instruções fornecidas pelo fabricante devem sempre ser consultadas antes de se executar manutenção em qualquer sistema de ignição.

Cabos do sistema de ignição

- 1) Remover as braçadeiras que fixam os cabos de ignição ao motor.
- 2) Remover os frenos e soltar os conectores elétricos da unidade excitadora (caixa de ignição).
- 3) Remover freio e desconectar o cabo da vela de ignição.
- 4) Descarregar qualquer carga elétrica armazenada no sistema através da massa, e remover os cabos do motor.
- 5) Limpar os cabos com solvente seco aprovado.
- 6) Inspeccionar os conectores quanto as roscas danificadas, corrosão, isoladores quebrados e pinos do conector amassados ou quebrados.
- 7) Inspeccionar os cabos quanto as áreas queimadas ou gastas, cortes, desgaste e deterioração de modo geral.

- 8) Executar o teste de continuidade dos cabos.

- 9) Reinstalar os cabos, obedecendo o procedimento inverso ao da remoção.

Velas de Ignição

- 1) Desconectar os cabos de ignição das velas.
- 2) Remover as velas de seus suportes.
- 3) Inspeccionar a superfície do eletrodo da vela.

- 4) Inspecionar a haste da vela quanto ao desgaste.
- 5) Substituir velas de ignição cuja superfície esteja granulada, lascada, ou danificada de forma generalizada.
- 6) Substituir velas sujas ou carbonizadas.
- 7) Instalar as velas de ignição nos suportes.
- 8) Verificar a distância adequada entre a câmara de combustão e a vela de ignição.
- 9) Apertar as velas de ignição de acordo com o torque especificado pelo fabricante.
- 10) Frenar as velas de ignição.

SISTEMAS ELÉTRICOS DO MOTOR

O desempenho satisfatório de qualquer avião moderno depende em grande parte da confiabilidade contínua nos sistemas e subsistemas elétricos. A instalação ou manutenção incorreta ou descuidada da fiação pode ser fonte de perigo imediato e potencial.

O funcionamento adequado e contínuo dos sistemas elétricos depende do conhecimento e da técnica do mecânico que os instala, inspeciona e mantém os fios e cabos do sistema elétrico.

Os procedimentos e as práticas apresentadas neste manual são recomendações gerais e não pretendem substituir as instruções e práticas aprovadas pelo fabricante.

Para efeito desse manual, um fio é apresentado como um condutor simples e rígido, ou como um condutor retorcido, ambos revestidos com um material isolante. A figura 4-80 ilustra estas duas definições de um fio.

- 1) Dois ou mais condutores isolados separadamente e no mesmo invólucro (cabo multi-condutor).
- 2) Dois ou mais condutores isolados separadamente e torcidos juntos (par torcido).
- 3) Um ou mais condutores isolados, revestidos com uma blindagem trançada metálica (cabo blindado).

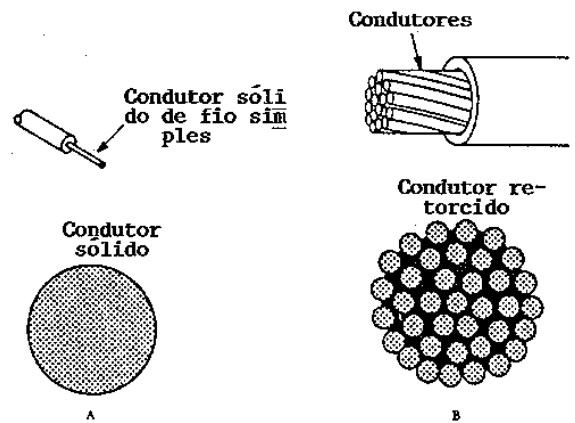


Figura 4-80 Dois tipos de fio de avião.

O termo cabo, como é usado nas instalações elétricas do avião inclui:

- 4) Um condutor central simples, isolado com um condutor externo de revestimento metálico (cabo de radiofrequência). A concentricidade do condutor central e do condutor externo é cuidadosamente controlada durante a fabricação para assegurar que eles sejam coaxiais (cabo coaxial).

Bitola de fio

O fio é fabricado em bitola de acordo com o modelo padrão especificado pelo AWG (American Wire Gage).

Como apresentado na figura 4-81, os diâmetros dos fios tornam-se menores à medida em que os números do calibre tornam-se maiores.

A maior bitola do fio mostrado na figura 4-81 é o número 0000, e a menor é o número 40. As bitolas maiores e menores são fabricadas, mas não são comumente usadas.

Um calibre de fio é apresentado na figura 4-82. Esse tipo de calibre medirá os fios variando em bitola do 0 até o número 36. O fio a ser medido é colocado na fenda menor que só medirá o que estiver desencapado.

O número do calibre, correspondente à fenda, indica a bitola do fio. A fenda possui lados paralelos e não deve ser confundida com a abertura semicircular na sua extremidade. A abertura simplesmente permite o movimento livre do fio em direção e através da fenda.

Os números do calibre são úteis na comparação da bitola dos fios, mas nem todos os tipos de fio ou cabo podem ser medidos precisamente com um calibre.

Bitola	Secção em corte			Ohms / 1.000 pés	
	Diâmetro	Mils Circular	Pol ²	25°C (77°F)	65°C (149°F)
0000	460.0	212,000.0	0.166	0.0500	0.0577
000	410.0	168,000.0	.132	.0630	.0727
00	365.0	133,000.0	.105	.0795	.0917
0	325.0	106,000.0	.0829	.100	.116
1	289.0	83,700.0	.0657	.126	.146
2	258.0	66,400.0	.0521	.159	.184
3	229.0	52,600.0	.0413	.201	.232
4	204.0	41,700.0	.0328	.253	.292
5	182.0	33,100.0	.0260	.319	.369
6	162.0	26,300.0	.0206	.403	.465
7	144.0	20,800.0	.0164	.508	.586
8	128.0	16,500.0	.0130	.641	.739
9	114.0	13,100.0	.0103	.808	.932
10	102.0	10,400.0	.00815	1.02	1.18
11	91.0	8,230.0	.00647	1.28	1.48
12	81.0	6,530.0	.00513	1.62	1.87
13	72.0	5,180.0	.00407	2.04	2.36
14	64.0	4,110.0	.00323	2.58	2.97
15	57.0	3,260.0	.00256	3.25	3.75
16	51.0	2,580.0	.00203	4.09	4.73
17	45.0	2,050.0	.00161	5.16	5.96
18	40.0	1,620.0	.00128	6.51	7.51
19	36.0	1,290.0	.00101	8.21	9.48
20	32.0	1,020.0	.000802	10.4	11.9
21	28.5	810.0	.000636	13.1	15.1
22	25.3	642.0	.000505	16.5	19.0
23	22.6	509.0	.000400	20.8	24.0
24	20.1	404.0	.000317	26.2	30.2
25	17.9	320.0	.000252	33.0	38.1
26	15.9	254.0	.000200	41.6	48.0
27	14.2	202.0	.000158	52.5	60.6
28	12.6	160.0	.000128	66.2	76.4
29	11.3	127.0	.0000995	83.4	96.3
30	10.0	101.0	.0000789	105.0	121.0
31	8.9	79.7	.0000626	133.0	153.0
32	8.0	63.2	.0000496	167.0	193.0
33	7.1	50.1	.0000394	211.0	243.0
34	6.3	39.8	.0000312	266.0	307.0
35	5.6	31.5	.0000248	335.0	387.0
36	5.0	25.0	.0000196	423.0	488.0
37	4.5	19.8	.0000156	533.0	616.0
38	4.0	15.7	.0000123	673.0	776.0
39	3.5	12.5	.0000098	848.0	979.0
40	3.1	9.9	.0000078	1,070.0	1,230.0

Figura 4-81 Bitola de fio americano, padrão sólido, de cobre.

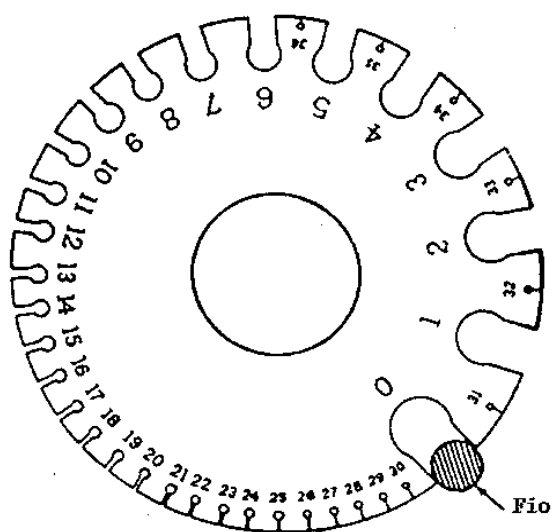


Figura 4-82 Calibre para fio.

Os fios maiores são geralmente trançados para aumentar sua flexibilidade. Em tais casos, a área total pode ser determinada multiplicando-se a área de um fio trançado (geralmente computado em milipolegadas circulares quando o diâmetro ou número da bitola é conhecido) pelo número de fios no cabo trançado.

Fatores que afetam a seleção da bitola do fio

Diversos fatores devem ser considerados na seleção da bitola do fio para transmissão e distribuição de força elétrica.

O primeiro fator é a perda da energia permitida (perda I^2R) na linha. Essa perda representa a energia elétrica transformada em calor.

O uso de condutores maiores reduzirá a resistência e, portanto, a perda de I^2R . Entretanto, os condutores maiores, em princípio, são mais caros do que os menores; eles são mais pesados e necessitam de suportes mais substanciais.

Um segundo fator é a queda de voltagem permitida (queda IR) na linha. Se a fonte manter uma voltagem constante na entrada para as linhas, qualquer variação na carga da mesma provocará uma variação na corrente e, conseqüentemente, uma variação da queda IR .

Uma variação extensa da queda IR provoca uma regulação deficiente de voltagem na carga. A solução óbvia é reduzir a corrente ou a resistência. Uma redução na corrente de carga diminui a potência de saída da energia que está sendo transmitida, enquanto que uma redução na resistência da linha aumenta o tamanho e o peso dos condutores necessários.

Geralmente é alcançado um ponto de equilíbrio, por meio do qual a variação de voltagem na carga permanece dentro dos limites toleráveis, e o peso dos condutores na linha não é excessivo.

Um terceiro fator é a capacidade do condutor de corrente. Quando a corrente passa através do condutor há produção de calor. A temperatura do fio aumenta até que o calor irradiado, ou dissipado, seja igual ao calor gerado pela passagem de corrente através da linha. Se o condutor for isolado, o calor gerado nele não será logo removido, como seria se esse não fosse isolado. Dessa forma, para proteger o isolante de calor excessivo, a corrente através do condutor deve ser mantida abaixo de um certo valor.

Quando os condutores elétricos se acham instalados em locais onde a temperatura ambiente é relativamente alta, o calor gerado pelas fontes externas constituem uma parte apreciável do aquecimento total do condutor.

Deve ser feita uma compensação pela influência do aquecimento externo sobre a cor-

rente permitida no condutor, e cada caso possui suas próprias limitações específicas. A temperatura máxima de operação permitida nos condutores isolados varia com o tipo de isolante que está sendo utilizado.

Existem tabelas que relacionam os valores de segurança de corrente para as várias bitolas e tipos de condutores, revestidos com diversos tipos de isolantes. A figura 4-83 mostra a capacidade dos condutores simples de cobre em conduzir corrente, em ampères, numa temperatura ambiente abaixo de 30°C. Este exemplo fornece medidas somente para uma relação limitada de bitolas de fios.

Fatores que influenciam a seleção do material condutor

Embora a prata seja o melhor condutor, seu custo limita seu uso a circuitos especiais, onde é necessário um material com alta condutibilidade. Os dois condutores mais comumente usados são o cobre e o alumínio. Cada um possui características próprias que tornam seu uso vantajoso sob certas circunstâncias, porém, possuem também suas desvantagens. O cobre possui maior condutibilidade que o alumínio. Ele é mais dútil (pode ser estirado), possui relativamente alta resistência à tração e pode ser facilmente soldado. É mais caro e pesado do que o alumínio.

Bitola	Borracha ou plástico	Plástico, asbestos ou Varcam	Asbestos impregnado	Asbestos	Queima lenta ou a prova do tempo
0000	300	385			
000	260	330	475	510	370
00	225	285	410	430	320
0	195	245	355	370	275
1	165	210	305	325	235
2	140	180	265	280	205
3	120	155	225	240	175
4	105	135	195	210	150
6	80	100	170	180	130
8	55	70	125	135	100
10	40	55	90	100	70
12	25	40	70	75	55
14	20	30	50	55	40
			40	45	30

Figura 4-83 Capacidade dos fios no transporte de corrente.

Embora o alumínio possua apenas cerca de 60% da condutibilidade do cobre, é usado extensivamente.

Sua leveza torna possível vãos extensos e seu diâmetro, relativamente grande para uma dada condutibilidade, reduz a corona (a descarga de eletricidade do fio quando ele possui um alto potencial). A descarga é maior quando é

usado um fio de diâmetro menor ao invés de um de diâmetro maior.

CARACTERÍSTICAS	COBRE	ALUMÍNIO
Resistência a tensão	55.000	25.000
Resistência a tensão para a mesma condutividade (Ib)	55.000	40.000
Peso para a mesma condutividade (Ib)	100	48
Secção para a mesma condutividade (C.M)	100	160
Resistência específica (Ω/mil ft.)	10,6	17

Tabela 2 - Características do cobre e do alumínio

Algumas barras de ligação são feitas de alumínio ao invés de cobre, onde existe uma superfície de radiação maior para a mesma condutância. As características do cobre e do alumínio são comparadas na tabela 2.

Queda de voltagem nos fios e nos cabos de um avião

É recomendado que a queda de voltagem nos cabos principais da fonte de força de geração do avião, ou da bateria para a barra, não exceda 2% da voltagem regulada quando o gerador estiver conduzindo uma corrente nominal, ou a bateria estiver sendo descarregada na razão de 5 minutos.

A tabela 3 mostra a queda de voltagem máxima recomendada em circuitos em carga entre a barra e o equipamento de utilização.

QUEDA DE VOLTAREM PERMISSÍVEL		
VOLTAGEM NOMINAL DO SISTEMA	OPERAÇÃO CONTINUA	OPERAÇÃO INTINERANTE
14	0,5	1
28	1	-----
115	4	8
200	7	14

Tabela 3 - Queda de voltagem máxima recomendada nos circuitos de carga.

A resistência do circuito de retorno de corrente à massa, através da estrutura do avião, é sempre considerada desprezível.

Entretanto, isto se baseia na suposição de que tenham sido proporcionadas adequadas ligações a estrutura ou circuito especial de retorno da corrente elétrica à massa, e que sejam capazes de conduzir a corrente elétrica necessária com uma queda mínima de voltagem.

Uma medida de resistência de 0,005 ohm de um ponto massa do gerador ou da bateria até o terminal massa de qualquer componente elétrico é considerada satisfatória.

Outro método satisfatório de determinar a resistência do circuito é o de verificar a queda de voltagem através do circuito.

Se essa queda não exceder os limites estabelecidos pelo fabricante do componente ou do avião, o valor da resistência para o circuito será considerado satisfatório.

Quando se usar o método de queda de voltagem para verificar um circuito, a voltagem de entrada deverá ser mantida num valor constante.

Instruções para usar o gráfico de fios elétricos

O gráfico da figura 4-84 aplica-se a condutores de cobre conduzindo corrente contínua. As curvas 1, 2 e 3 são traçadas para mostrar a máxima amperagem nominal para o condutor, especificado sob as condições apresentadas.

Para selecionar a bitola correta do condutor, dois requisitos principais devem ser obedecidos: 1) A bitola do fio deve ser suficiente para evitar queda de voltagem excessiva, enquanto estiver conduzindo a corrente devida na

distância necessária; 2) A bitola deve ser suficiente para evitar superaquecimento do cabo durante o transporte da corrente devida.

Os gráficos das figuras 4-84 e 4-85 podem simplificar essas determinações.

Para usar esses gráficos a fim de selecionar a bitola apropriada do condutor, deve-se conhecer o seguinte:

- 1 - O comprimento do condutor em pés.
- 2 - A quantidade de ampères da corrente a ser conduzida.
- 3 - O valor da queda de voltagem permitida.
- 4 - Se a corrente a ser conduzida é intermitente ou contínua e, se contínua, se o condutor é simples ao ar livre, em conduíte ou em chicote.

Suponha-se que seja desejado instalar um condutor a 50 pés da barra do avião para um equipamento num sistema de 28 volts. Para essa distância, uma queda de 1 volt é permitida para operação contínua.

Consultando-se o gráfico da figura 4-84, pode-se determinar o número máximo de pés que um condutor pode ter conduzindo uma corrente específica com uma queda de 1 volt. Nesse exemplo, é escolhido o número 50.

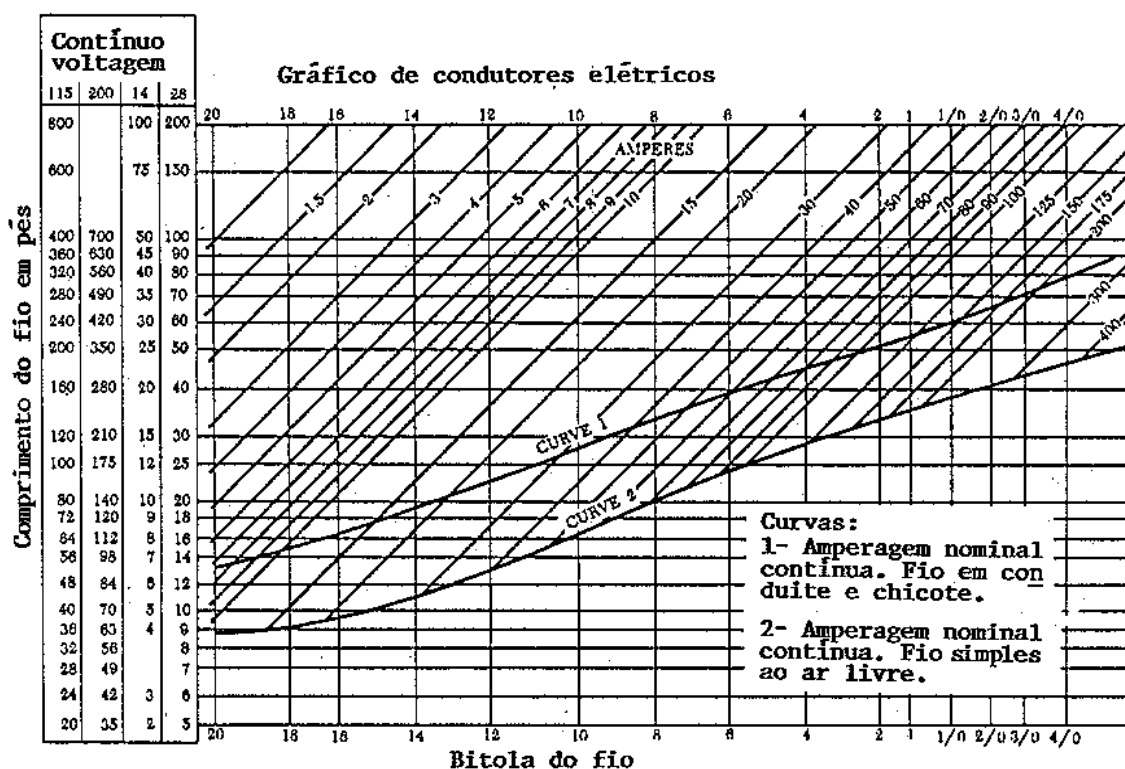


Figura 4-84 Gráfico de condutor fluxo contínuo (aplicável aos condutores de cobre).

Suponha-se que a corrente requerida pelo equipamento seja de 20 ampères. A linha que indica o valor de 20 ampères deve ser selecionada pelas linhas diagonais. Segue-se essa diagonal para baixo até que ela intercepte a linha horizontal de nº 50.

Deste ponto, basta ir direto para baixo do gráfico, para verificar que um condutor entre as bitolas 8 e 10 é necessário para evitar uma queda maior do que 1 volt.

Sendo o valor indicado entre dois números, o de maior bitola, o de nº 8, deve ser selecionado. Esse é o condutor de menor bitola que pode ser usado para evitar uma queda de voltagem excessiva.

Para determinar a bitola do condutor suficiente para evitar superaquecimento, despreza-se ambos os números ao longo do lado esquerdo do gráfico e das linhas horizontais.

Suponha-se que o condutor seja um fio simples exposto ao ar livre que conduz corrente contínua. Localiza-se um ponto no alto do gráfico na diagonal numerada de 20 ampères.

Segue-se esta linha até interceptar a diagonal marcada "curva 2". Agora é só descer desse ponto diretamente até o fundo do gráfico. Esse ponto está entre os números 16 e 18.

A bitola maior de nº 16 deve ser a selecionada. Este é o condutor de menor bitola acei-

tável para conduzir uma corrente de 20 ampères num fio simples ao ar livre, sem superaquecimento.

Se a instalação se aplicar ao equipamento tendo apenas uma necessidade intermitente (máximo de 2 minutos) de energia, o gráfico da figura 4-84 será usado da mesma maneira.

Isolamento do condutor

As duas propriedades fundamentais dos materiais isolantes (por exemplo, borracha, vidro, amianto ou plástico) são: resistência do isolamento e força dielétrica. Estas são propriedades inteiramente diferentes e distintas.

A resistência do isolamento é a resistência à passagem de corrente, através e ao longo da superfície dos materiais isolantes.

A resistência do isolamento pode ser medida com um megôhmetro sem danificar o isolamento, de modo que a informação obtida sirva como guia para determinar as condições gerais do isolamento.

Entretanto, a informação obtida desta maneira não será um retrato fiel da condição do isolamento.

Isolamento limpo e seco, contendo fendas ou defeitos, pode mostrar um alto valor de resistência, mas não seria adequado para uso.

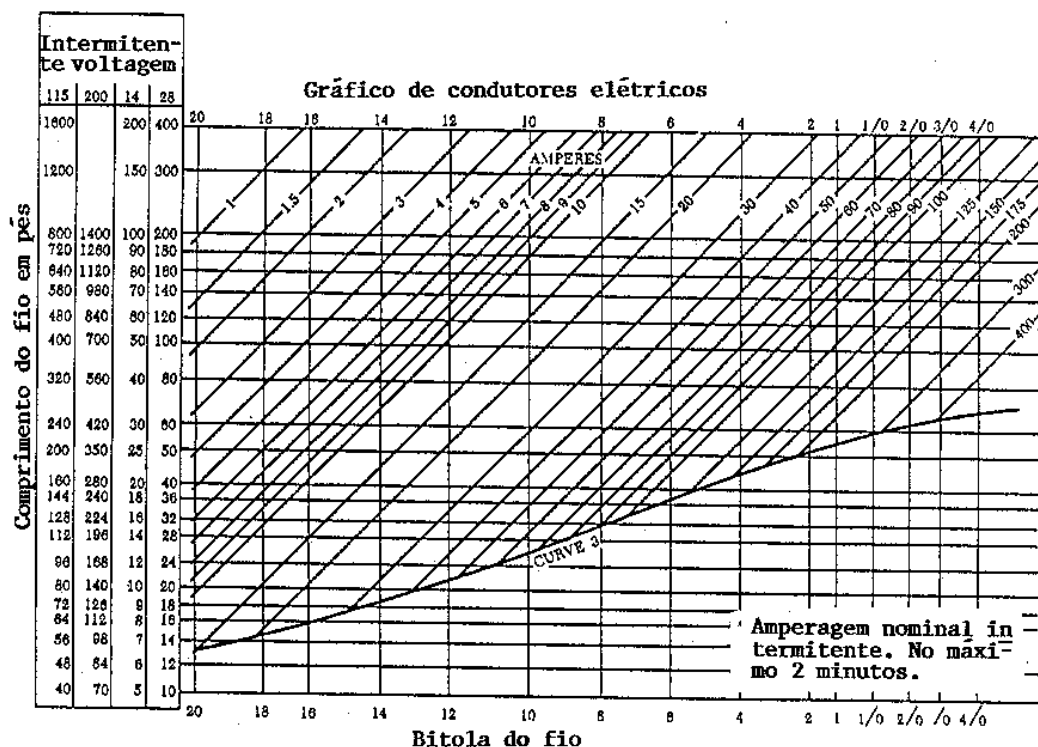


Figura 4-85 Gráfico de condutor fluxo intermitente.

Resistência dielétrica é a propriedade que o isolante possui de suportar a diferença de potencial, e é geralmente expressa em termos de voltagem na qual o isolamento não funciona devido à tensão eletrostática.

A resistência dielétrica máxima pode ser medida aumentando-se a voltagem de uma amostra de teste, até que o isolamento seja rompido.

Devido ao custo do isolamento e seu efeito de endurecimento junto a grande variedade de condições físicas e elétricas, sob as quais os condutores são operados, somente o isolamento mínimo necessário é aplicado para qualquer tipo específico de cabo destinado a desempenhar uma determinada tarefa.

O tipo de material de isolamento do condutor varia com o tipo de instalação. Tais tipos de isolantes como a borracha, seda e papel não são mais usados extensivamente em sistemas de avião. Os mais comuns hoje em dia são o vinil, algodão, náilon, teflon e amianto mineral.

Identificação de fios e cabos

A fiação e os cabos do sistema elétrico de avião podem ser estampados com uma combinação de letras e números para identificar o fio, o circuito a que ele pertence, o número da bitola e, também, outra informação necessária para relacionar o fio ou cabo com um diagrama elétrico. Essas marcas são denominadas código de identificação.

Não há nenhum procedimento padronizado para estampar e identificar a fiação; cada fabricante normalmente desenvolve seu próprio código de identificação. Um sistema de identificação (figura 4-86) mostra o espaçamento usual na marcação de um fio. O número 22 no código refere-se ao sistema no qual o fio se acha instalado, isto é, o sistema de VHF. O conjunto de números seguinte indica que 013 é o do fio e o 18, sua bitola.

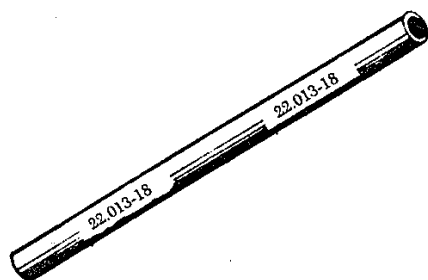


Figura 4-86 Código de identificação de fios.

Alguns componentes do sistema, especialmente os plugues e as tomadas, são identificados por uma letra ou grupo de letras e números, adicionados ao número básico. Essas letras e números podem indicar a localização do componente no sistema.

Os cabos interconectados são também marcados em alguns sistemas para indicar a localização, a terminação correta e a utilização.

Em qualquer sistema a marca deve ser legível e a cor da estampagem deve contrastar com a cor do isolante do fio. Por exemplo, a estampagem preta deve ser usada com um fundo de cor clara, e a branca com um fundo de cor escura.

Os fios são geralmente estampados com intervalos de até 15 polegadas de extensão, e dentro de 3 polegadas de cada junção ou ponto terminal. A figura 4-87 mostra a identificação de fios numa barra de ligação de terminais.

Cabos coaxiais e fios nas barras de ligação de terminais e caixas de junção são geralmente identificados pela estampagem de uma luva nos fios.

Para fiação de um modo geral, é geralmente usada uma luva flexível de vinil, que pode ser clara ou branca opaca. Para aplicações em alta temperatura, é recomendada a luva de borracha de silicone ou de fibra de vidro de silicone. Se a resistência a fluidos hidráulicos sintéticos ou solventes for necessária, a luva de náilon clara ou branca opaca pode ser usada.

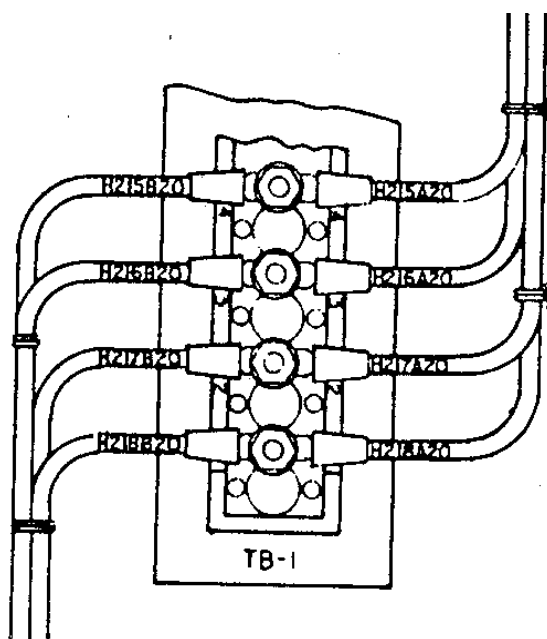


Figura 4-87 Identificação de fios numa barra de terminais.

Embora o método preferido seja estampar a marca de identificação diretamente sobre o fio ou sobre a luva, outros métodos são frequentemente empregados. A figura 4-88 mostra dois métodos alternativos: um utiliza uma luva estampada amarrada no lugar; o outro utiliza uma fita de pressão.

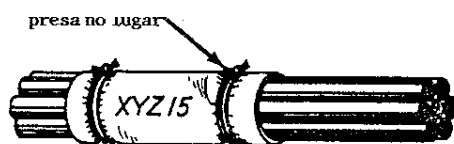


Figura 4-88 Métodos alternativos para identificar chicotes.

Instalação de fiação elétrica

Os seguintes procedimentos recomendados para a instalação da fiação elétrica nos aviões são típicos daqueles usados na maioria dos casos. Para propósito desta descrição, as seguintes definições são aplicáveis:

- 1) Fiação descoberta - qualquer fio, grupo de fios ou chicote não envolvido por conduíte.
- 2) Grupo de fios - dois ou mais fios indo para o mesmo local amarrados juntos para manter a identidade do grupo.
- 3) Chicote - dois ou mais grupos de fios amarrados juntos, porque eles estão indo na mesma direção para um ponto onde a amarração está localizada.
- 4) Fiação protegida eletricamente - fios que incluem (no circuito) proteção contra sobrecarga, tais como fusíveis, disjuntores ou outros dispositivos de limitação.
- 5) Fiação sem proteção elétrica - fios (geralmente dos geradores até os pontos de distribuição da barra principal) que não possuem proteção, tais como fusíveis, disjuntores ou outros dispositivos limitadores de corrente.

Grupos de fios e chicotes

Deve-se evitar a formação de chicote ou grupos com certos fios, tais como fiação de força elétrica desprotegida e fiação para duplicação de equipamento vital.

Os chicotes geralmente devem ser limitados em 75 fios, ou 2 polegadas de diâmetro, onde possível.

Quando diversos fios estiverem agrupados em caixas de junção, barras de terminais, painéis, etc., a identidade do grupo de fios no chicote (figura 4-89) pode ser mantida.



Figura 4-89 Amarrações de grupo de fios e chicotes.

Fios trançados

Quando especificados em desenhos de engenharia, ou quando realizados como uma prática local, os fios paralelos devem, às vezes, ser trançados. Os exemplos que se seguem são os mais comuns:

- 1) Fiação nas vizinhanças de bússola magnética ou da válvula de fluxo.
- 2) Fiação de distribuição trifásica.
- 3) Outros fios (geralmente na fiação para o sistema rádio) como especificado nos desenhos de engenharia.

Trançar os fios de modo que eles se acomodem entre si, formando aproximadamente o número de voltas por pés como mostrado na tabela 4.

Verificar sempre se o isolamento dos fios foi danificado depois de trançados. Se o isolamento estiver rompido ou com desgaste, substitua-se o fio.

BITOLA DE FIO										
	#22	#20	#18	#16	#14	#12	#10	#8	#6	#4
2FIOS	10	10	9	8	7 1/2	7	6 1/2	6	5	4
3FIOS	10	10	8 1/2	7	6 1/2	6	5 1/2	5	4	3

Tabela 4 - número recomendado de voltas por pé.

Emendas nos chicotes

As emendas em grupos de fios ou chicotes devem ser localizadas, de modo que elas possam ser inspecionadas facilmente. As mesmas devem ser afastadas umas das outras (figura 4-90), de modo que o chicote não se torne excessivamente grosso. Todas as emendas não isoladas devem ser revestidas com plástico e presas firmemente nas duas extremidades.



Figura 4-90 Emendas de cabos em um chicote.

Chicotes frouxos

Os fios simples, ou chicotes, não devem ser instalados com frouxidão excessiva.

A frouxidão entre os suportes não deve, normalmente, exceder uma deflexão máxima de $\frac{1}{2}$ polegada com pressão manual (figura 4-91).

Entretanto, esta pode ser excedida se o chicote for fino e as braçadeiras estiverem muito separadas.

A frouxidão nunca deverá ser tão grande que o chicote possa roçar contra qualquer superfície. Uma quantidade suficiente de frouxidão deve ser permitida próximo a cada extremidade de um chicote para:

- 1) Permitir fácil manutenção.
- 2) Permitir a substituição dos terminais.
- 3) Evitar a fadiga mecânica nos fios, junções dos fios e suportes.
- 4) Permitir livre movimento do equipamento montado contra choque e vibração.
- 5) Permitir a remoção do equipamento para fins de manutenção.

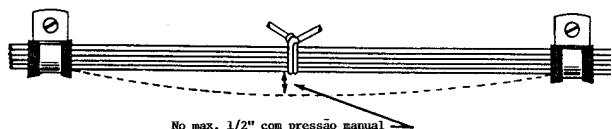


Figura 4-91 Frouxidão do chicote entre os suportes.

Raio de curvatura

As curvaturas nos grupos de fios ou chicotes não devem ser inferiores a 10 vezes do diâmetro externo do grupo.

Entretanto, nas barras de terminais, onde o fio está adequadamente suportado em cada extremidade da curvatura, o diâmetro externo do grupo de fios ou do chicote igual a 3 vezes o diâmetro externo é normalmente aceitável.

Existem, é claro, exceções a estas orientações. É o caso de certos tipos de cabo, como por exemplo, o cabo coaxial que nunca pode ser curvado num raio inferior a 10 vezes do diâmetro externo.

Instalação e encaminhamento

Toda fiação deve ser instalada de modo a ficar firme e com boa aparência. Sempre que possível, os fios e os chicotes devem correr paralelos ou em ângulos retos com as nervuras ou longarinas da área envolvida.

Como exceção desta regra temos o cabo coaxial, que deve ser orientado em linha reta tanto quanto possível.

A fiação deve ser fixada adequadamente em toda sua extensão. Um número suficiente de suportes deve ser instalado para evitar vibração indevida dos trechos sem sustentações. Todos os fios e grupos de fios devem ser direcionados e instalados contra:

- 1) Fricção ou roçamento.
- 2) Alta temperatura.
- 3) Ser usado como alças ou como suporte de pertences pessoais e equipamento.
- 4) Danos pela movimentação de pessoal no interior do avião.
- 4) Danos por armazenamento ou movimentação da carga.
- 6) Danos por vapores, borrifos ou salpicos de ácido da bateria.
- 7) Danos por solventes ou fluidos.

Proteção contra fricção

Os fios e os grupos de fios devem ser protegidos contra fricção ou roçamento nos locais onde o contato com superfícies pontiagudas ou outros fios possam danificar o isolamento.

Os danos ao isolamento podem provocar curto-circuito, mau funcionamento ou operação indevida do equipamento.

Braçadeiras devem ser usadas para sustentar os chicotes em cada orifício através de um anteparo (figura 4-92).

Se os fios se aproximarem mais de $\frac{1}{4}$ de polegada da borda do orifício, usa-se um ilhós adequado (figura 4-93).

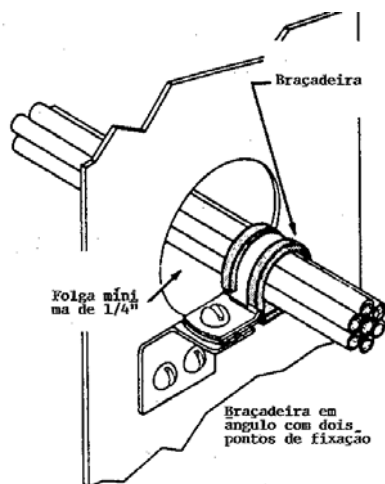


Figura 4-92 Braçadeira de cabo no orifício do anteparo.

Às vezes é necessário cortar o ilhós de náilon ou borracha para facilitar a instalação. Nestas circunstâncias, depois de colocado, o ilhós pode ser mantido no lugar com cola de uso geral. O corte da emenda dele deverá estar na parte superior do orifício, e feito num ângulo de 45° com o eixo do orifício do chicote.

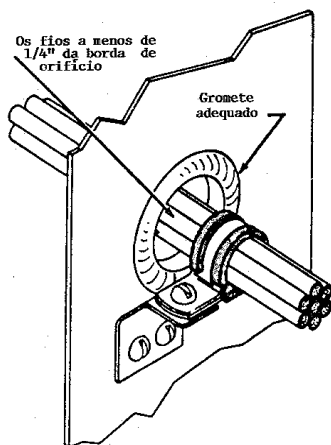


Figura 4-93 Braçadeira de cabo e gromete no orifício de passagem.

Proteção contra alta temperatura

Para evitar deterioração do isolamento, os fios devem ser mantidos afastados de equipamentos de alta temperatura, tais como resistores, tubos de descarga ou dutos de aquecimento. A distância de separação é normalmente especificada pelos desenhos de engenharia.

Alguns fios devem invariavelmente passar através de áreas quentes. Esses fios devem ser isolados com material resistente a altas temperaturas, tal como amianto, fibra de vidro ou teflon. Proteção adicional é também frequentemente necessária sob a forma de conduítes. Um fio com isolamento de baixa temperatura não deve ser usado para substituir um fio com isolamento de alta temperatura.

Muitos cabos coaxiais possuem isolamento de plástico mole tal como polietileno, o qual está especialmente sujeito a deformações e deterioração a temperaturas elevadas. Todas as áreas sujeitas a temperaturas elevadas devem ser evitadas ao se instalar esses tipos de cabos.

Proteção adicional contra fricção deve ser fornecida aos fios de amianto envolvidos por um conduíte. Pode ser usado um conduíte com revestimento de borracha de alta temperatura; ou os fios de amianto podem ser envolvidos, individualmente, em tubos plásticos de alta temperatura antes de serem instalados no conduíte.

Proteção contra solventes e fluidos

Os fios não devem ser instalados em áreas onde fiquem sujeitos a estragos por fluidos, ou a menos de 4 polegadas da parte mais baixa da fuselagem do avião, com exceção daqueles que devem atingir aquela área.

Se houver possibilidade do fio ser molhado com fluidos, deverá ser usada uma tubulação plástica para protegê-lo. Essa tubulação deve estender-se através da área em ambos os sentidos, e deve ser amarrada em cada extremidade. Se o fio possuir um ponto baixo entre as extremidades da tubulação, um orifício de dreno de $\frac{1}{8}$ de polegada deverá ser feito) nessa área (figura 4-94).

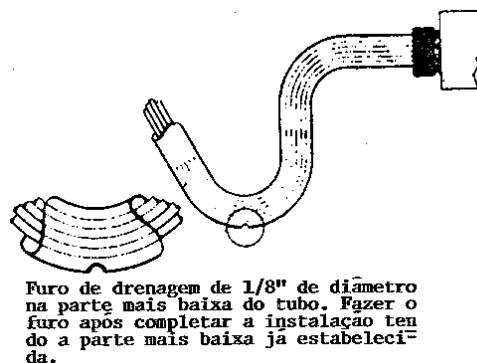


Figura 4-94 Orifício de dreno no ponto baixo da tubulação.

Esse orifício deve ser perfurado na tubulação após completar-se a instalação e o ponto baixo, estabelecido pelo uso do perfurador para cortar um meio círculo.

Toma-se cuidado para não danificar qualquer um dos fios no interior da tubulação quando se usa o perfurador.

O fio nunca deve passar por baixo da bateria do avião.

Todos os fios nas proximidades da bateria devem ser inspecionados freqüentemente, e os fios descoloridos pelos gases prejudiciais da bateria devem ser substituídos.

Proteção dos fios na área do alojamento das rodas

Os fios localizados nos alojamentos das rodas estão sujeitos a diversos problemas adicionais em serviço, tais como: exposição a fluidos, apertos e acentuada flexibilidade.

Todos os chicotes devem ser protegidos por luvas de tubulação flexível, presas firmemente em cada extremidade, e não deve existir nenhum movimento relativo nos pontos onde a tubulação flexível estiver presa.

Esses fios e a tubulação isolante devem ser inspecionados cuidadosamente a intervalos freqüentes e, tanto os fios quanto a tubulação, devem ser substituídos ao primeiro sinal de desgaste.

Não deve haver nenhum esforço nas fixações quando as partes estiverem completamente estendidas, mas a frouxidão não deverá ser excessiva.

Precauções na instalação

Quando a fiação tiver que ser instalada paralelamente a linhas de fluidos combustíveis ou de oxigênio em curtas distâncias, a separação deverá ser mantida tanto maior quanto possível.

Os fios devem estar nivelados com ou acima das tubulações.

As braçadeiras devem ser espaçadas de modo que, se um fio for quebrado em uma braçadeira, ele não entrará em contato com a linha. Onde não for possível uma separação de 6 polegadas, o chicote e a tubulação podem ser fixados na mesma estrutura para impedir qualquer movimento relativo.

Se a separação for menor do que 2 polegadas, porém maior do que $\frac{1}{2}$ polegada, uma

luva de polietileno pode ser usada sobre o chicote para proporcionar maior proteção. Além disso, duas braçadeiras de cabo, costas com costas (figura 4-95), podem ser usadas somente para manter uma separação rígida, e não para suportar o chicote.

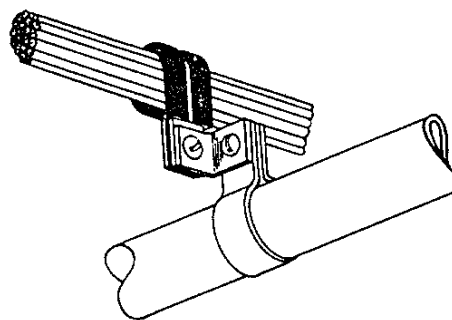


Figura 4-95 Separação entre a fiação e a tubulação.

Nenhum fio pode ser direcionado de modo que fique localizado mais próximo do que $\frac{1}{2}$ polegada de uma tubulação. Nem mesmo um fio ou um chicote pode ser sustentado por tubulação que conduza fluidos inflamáveis ou oxigênio.

A fiação deve ser instalada para manter uma folga mínima de pelo menos 3 polegadas dos cabos de controle. Se isso não puder ser observado, guardas mecânicas deverão ser instaladas para evitar o contato entre a fiação e os cabos de controle.

Instalação das braçadeiras de cabos

As braçadeiras de cabo devem ser instaladas considerando-se o ângulo adequado (figura 4-96).

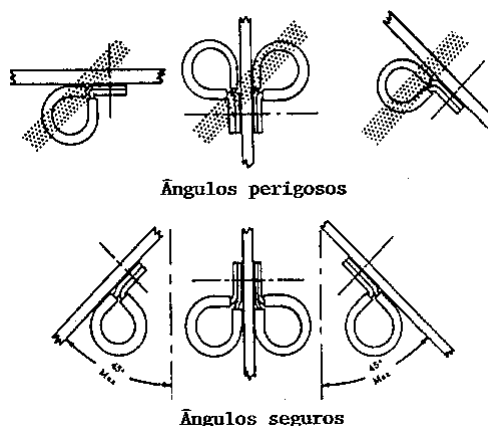


Figura 4-96 Ângulos de montagem adequados para braçadeiras de cabo.

O parafuso de montagem deve estar acima do chicote. É também conveniente que a parte traseira da braçadeira de cabo se apoie contra um membro estrutural, onde e quando for prático.

A figura 4-97 mostra algumas ferragens típicas de montagens usadas na instalação das braçadeiras de cabo.

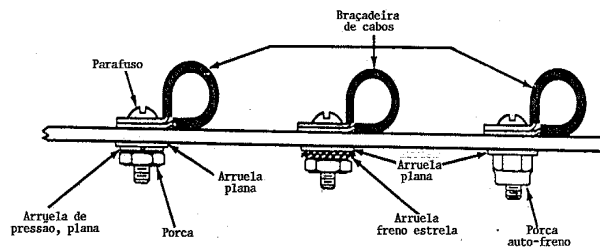


Figura 4-97 Ferragens típicas de montagem para braçadeiras de cabo.

É preciso atenção para que os fios não fiquem comprimidos nas braçadeiras de cabo. Onde possível, instala-se os cabos diretamente aos membros estruturais (figura 4-98).

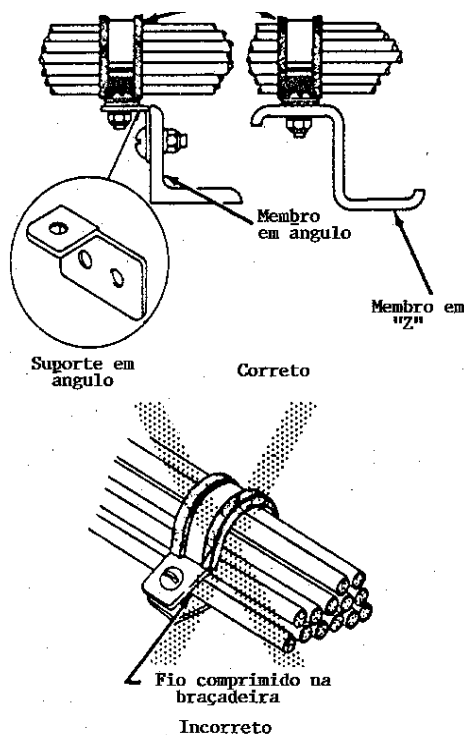


Figura 4-98 Montagem da braçadeira de cabo na estrutura.

As braçadeiras podem ser usadas com proteção de borracha, para prender os chicotes às estruturas tubulares (figura 4-99).

Essas braçadeiras devem se adaptar firmemente, mas não devem ser deformadas quando fixadas no lugar.

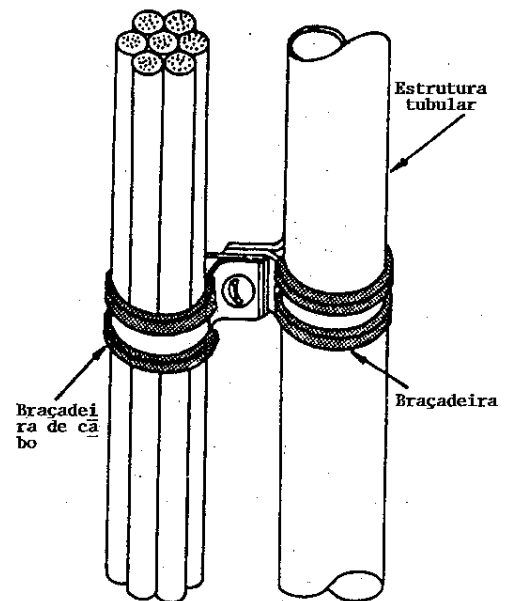


Figura 4-99 Instalação da braçadeira de cabo na estrutura tubular.

AMARRAÇÃO E LAÇAGEM DOS CHICOTES

Os grupos de fios e chicotes são amarrados, ou laçados, com cordão para tornar mais fácil a instalação, manutenção e inspeção. Esta seção descreve e ilustra os procedimentos recomendados para amarrar e laçar os fios com nós, que se manterão firmemente sob todas as condições. A finalidade dessa apresentação definimos os seguintes termos:

- 1) Laçagem é prender junto um grupo de fios ou um chicote através de pedaços individuais de cordão, amarrados em volta daqueles em intervalos regulares.
- 2) Amarração é prender junto um grupo de fios ou um chicote por um pedaço contínuo de cordão, formando laços em intervalos regulares em volta daqueles.
- 3) Um grupo de fios é constituído de dois ou mais fios amarrados ou laçados juntos para identificar um sistema individual.
- 4) Um chicote é constituído de dois ou mais grupos de fios amarrados ou laçados juntos para facilitar a manutenção.

O material usado para laçar ou amarrar é um cordão de náilon ou de algodão. O cordão de náilon é resistente à umidade e fungos, mas o cordão de algodão deve ser encerado antes de ser usado, para que adquira as características necessárias de proteção.

Amarração com cordão inteiriço

A figura 4-100 mostra o processo gradual de amarração do chicote com um cordão inteiriço.

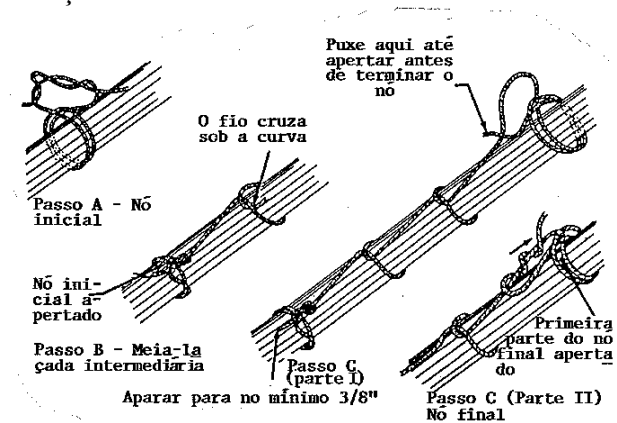


Figura 4-100 Amarração com cordão inteiriço.

A amarração é iniciada na extremidade espessa do grupo de fios ou chicote com nó, denominado "nó de porco" com um laço extra. A amarração é então continuada com meias laçadas em intervalos regulares ao longo do chicote e a cada ponto onde um fio ou um grupo de fios se ramificam.

As meias laçadas devem ser espaçadas, de modo que o chicote apresente bom aspecto e segurança.

A amarração termina com um "nó de porco" e um laço extra. Após apertar o nó, as extremidades livres do cordão devem ser aparadas em aproximadamente 3/8 de polegada.

Amarração com cordão duplo

A figura 4-101 ilustra o processo de amarração com cordão duplo.

A amarração é iniciada na extremidade mais espessa do chicote com um nó tipo "laçada" ("A" da figura 4-101).

Em intervalos regulares ao longo do chicote, e em cada ponto onde um fio se ramifica, a amarração continua usando meias-laçadas, com ambos os cordões firmemente juntos.

As meias-voltas devem ser espaçadas de modo que o chicote apresente bom aspecto e segurança.

A amarração termina com um nó de meia-volta, continuando um dos cordões no sentido horário e o outro no sentido anti-horário, e amarra-se as extremidades com um nó quadrado. As extremidades livres dos cordões de amarração devem ser aparadas em aproximadamente 3/8 de polegada.

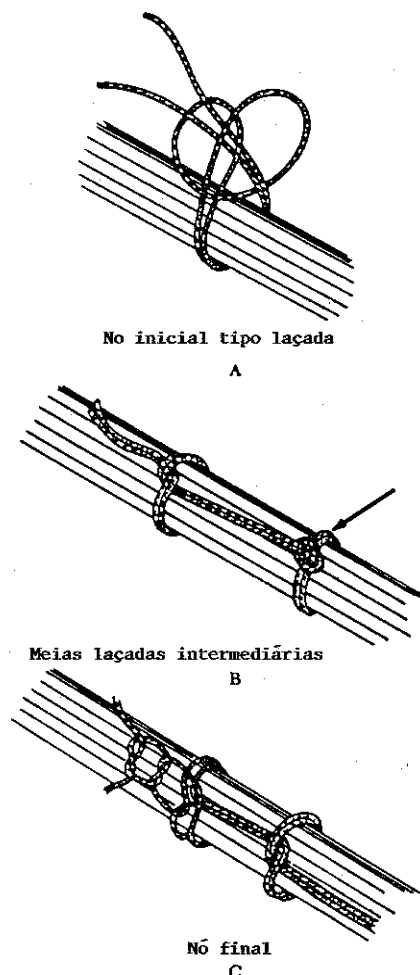


Figura 4-101 Amarração com cordão duplo.

Amarração de ramificações

A figura 4-102 ilustra um procedimento recomendado para amarrar um grupo de fios que ramifica do chicote principal.

A amarração do grupo de fios começa com um nó localizado no chicote logo após o ponto de ramificação.

Ela é continuada ao longo do grupo de fios ramificados, usando meias-voltas regularmente espaçadas.

Se for usado o cordão duplo, ambos os cordões devem ser mantidos apertados juntos.

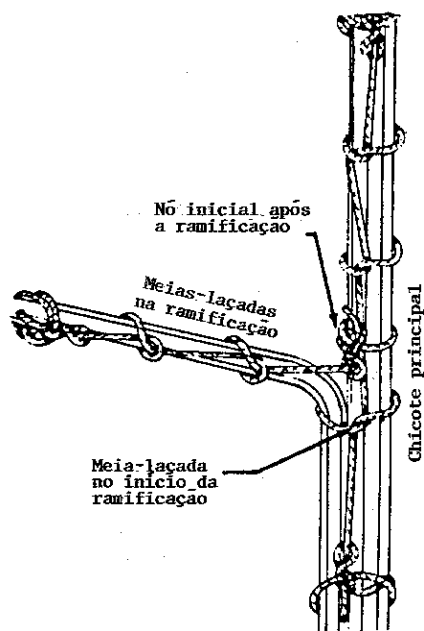


Figura 4-102 Amarração de uma ramificação.

As meias-voltas devem ser espaçadas para amarrar o grupo de fios com bom aspecto e segurança. A amarração é terminada com o nó final regular usado na amarração de cordão inteiro ou duplo. As extremidades livres do cordão devem ser aparadas corretamente.

Enlaçe

Todos os grupos de fios ou chicotes devem ser enlaçados onde os suportes estiverem com mais de 12 polegadas de distância. As laçadas são feitas usando-se cordão de algodão encerado, cordão de nylon ou de fibra de vidro.

Alguns fabricantes permitem o uso de uma fita de vinil, sensível à pressão e própria para equipamentos elétricos. Quando for possível, a fita deverá ser enrolada três voltas em torno do chicote, e o final deve ser selado para evitar que a fita desenrole.

A figura 4-103 ilustra um procedimento recomendado para laçar um chicote. O laço é iniciado passando-se o cordão em volta do chicote fazendo um "nó de porco".

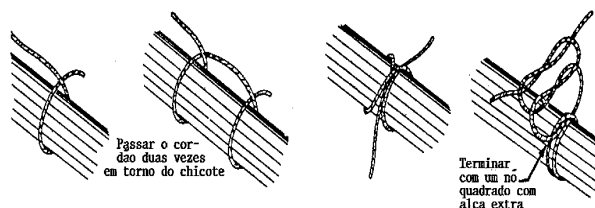


Figura 4-103 Laçando um chicote.

Depois de um nó quadrado com uma alça extra é amarrado, e as extremidades livres do cordão são aparadas.

Laços temporários são, às vezes, usados para formar e instalar grupos de fios e chicotes. O cordão colorido é normalmente usado para fazer laços temporários, visto que eles serão retirados assim que a instalação estiver completa.

Sejam laçados ou amarrados, os chicotes devem estar seguros para evitar deslizamento, mas não tão fortemente que o cordão chegue a cortar ou deformar o isolamento. Isto se aplica especialmente ao cabo coaxial, que possui um isolamento dielétrico mole entre o condutor interno e o externo.

A parte de um chicote localizada no interior de um conduíte não é amarrada ou laçada, mas os grupos de fios ou chicotes dentro de partes fechadas, tais como caixas de junção, devem ser apenas laçados.

CORTE DE FIOS E CABOS

Para tornar mais fácil a instalação, manutenção e o conserto, os cabos e fios instalados num avião são interrompidos em locais específicos por junções, tais como conectores, blocos terminais ou barras. Antes de serem instalados nestas junções, os fios e cabos devem ser cortados no comprimento adequado.

Todos os fios e cabos devem ser cortados na extensão especificada nos desenhos ou nos diagramas elétricos.

+.O corte deve ser feito cuidadosamente e, o fio ou o cabo, não devem ser deformados. Se necessário, um fio de bitola grande deve ser retocado depois do corte.

Bons cortes podem ser feitos somente se as lâminas das ferramentas estiverem afiadas e sem dentes.

Uma lâmina cega (sem corte) deformará e deslocará as extremidades do fio.

DESENCAPAMENTO DE FIOS E CABOS

Praticamente todos os fios e cabos utilizados como condutores elétricos possuem algum tipo de isolamento.

Antes que o fio possa ser instalado nos conectores, terminais, emendas, etc., o isolamento deve ser desencapado nas extremidades de conexão para expor o fio nu.

O fio de cobre pode ser desencapado de várias maneiras, dependendo da bitola e do isolamento.

A tabela 5 apresenta alguns tipos de ferramentas desencapadoras recomendadas para várias bitolas de fios e tipos de isolamento.

DESCASCADOR	BITOLA	ISOLANTE
Térmico	#26---#4	TODOS MENOS AMIANTO
Elétrico	#26---#4	TODOS
Debaricata	#20---#6	TODOS
Manual	#26---#8	TODOS
Tipo faca	#2---#0000	TODOS

Tabela 5 - Desencapadores de fio de cobre.

O fio de alumínio deve ser desencapado muito cuidadosamente, usando cuidado extremo, visto que as pernas quebrar-se-ão facilmente após terem sido apertadas.

As seguintes precauções são recomendadas quando é desencapado qualquer tipo de fio:

- 1) Ao se usar qualquer tipo de desencapador, segure o fio de modo que fique perpendicular às lâminas de corte.
- 2) Ajustar as ferramentas desencapadoras automáticas cuidadosamente. Seguir as instruções do fabricante para evitar incisões, cortes ou, de algum modo, danificar as pernas dos fios. Isto é muito importante para os fios de alumínio e para os fios de cobre de bitola menor do que a nº 10. Examinar os fios desencapados quanto a avarias. Cortar e desencapar novamente (se a extensão for suficiente), ou rejeitar e substituir qualquer fio tendo mais do que o número permitido de incisões ou pernas quebradas, como mencionado na lista de instruções do fabricante.
- 3) Ter a certeza de que o isolamento possui um corte definido sem bordas esgarçadas ou ásperas. Aparar se necessário.
- 4) Ter a certeza de que todo o isolamento foi retirado da área desencapada. Alguns tipos de fio são fornecidos com uma camada transparente de isolante entre o condutor e o isolamento primário. Se este estiver presente, retirá-lo.
- 5) Ao fazer uso de alicates desencapadores para retirar extensões de isolamento maiores do

que $\frac{3}{4}$ de polegada, é mais fácil executá-lo em duas ou mais operações.

- 6) Retorcer as pernas de cobre manualmente ou com um alicate, se necessário, para restaurar a camada natural e a rigidez das pernas.

A figura 4-104 mostra um alicate desencapador de fio. Esta ferramenta é usada geralmente para desencapar a maior parte dos tipos de fio.

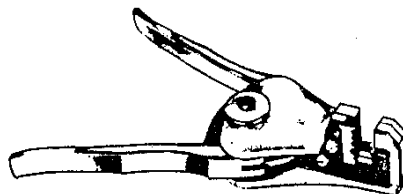


Figura 4-104 Desencapador manual de fios.

Os itens seguintes descrevem os procedimentos para desencapar o fio com um alicate (ver a figura 4-105).

- 1) Colocar o fio no meio exato da fenda cortante correspondente à bitola do fio a ser desencapado. Cada fenda está marcada com a bitola do fio.

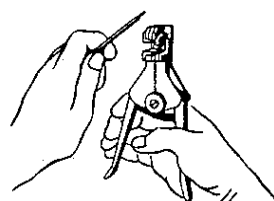


Figura 4-105 Desencapando o fio com o desencapador manual.

- 2) Apertar os punhos tanto quanto possível.
- 3) Soltar os punhos, permitindo que o prendedor do fio retorne à posição aberta.
- 4) Retirar o fio desencapado.

Terminais e emendas sem solda

A emenda do cabo elétrico deve ser mantida num mínimo, e totalmente evitada em locais sujeitos às vibrações externas.

Os fios individuais num grupo de fios ou em um chicote podem ser geralmente emendados, desde que toda a emenda seja localizada de modo que ela possa ser inspecionada periodicamente.

As emendas devem ser espaçadas para que o grupo de fios não se torne excessivamente grosso. Diversos tipos de conectores de emenda são utilizados para a emenda de fios individuais.

Os conectores de emenda auto-isolante geralmente são os mais preferidos; entretanto, um conector de emenda não isolado pode ser usado se a emenda for revestida com luva plástica presa nas duas extremidades.

As emendas de solda podem ser usadas, mas elas são geralmente inseguras e não recomendáveis.

Os fios elétricos possuem um acabamento com alça de terminal sem solda para permitir uma conexão fácil e eficiente, e para a desconexão dos blocos terminais, barras de ligação, ou outro equipamento elétrico.

As emendas sem solda ligam os fios elétricos para formar um circuito contínuo permanente.

As alças de terminal sem solda e as emendas são feitas de cobre ou alumínio, e são pré-isoladas ou não isoladas, dependendo da aplicação desejada.

As alças de terminal são geralmente encontradas em três tipos, para serem usadas em condições e locais diferentes. Essas alças são do tipo bandeirola, reta e em ângulo reto. Os terminais são estampados com os fios por meio de alicates de estampagem manual ou máquinas de estampagem.

A explicação seguinte descreve os métodos recomendados para acabamentos de fios de cobre ou alumínio, utilizando terminais sem solda. Ela ainda descreve o método de emenda dos fios de cobre usando emendas sem solda.

Terminais de fio de cobre

Os fios de cobre possuem um acabamento com terminais de cobre reto pré-isolados sem solda. O isolamento é parte do terminal e se estende ao longo do seu cilindro, de modo que revestirá uma parte do isolamento do fio, tornando desnecessário o uso de uma luva isolante (figura 4-106).

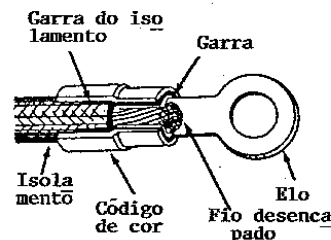


Figura 4-106 Terminal pré-isolado.

Além disso, os terminais pré-isolados possuem uma garra (uma luva de reforço metálico) embaixo do isolamento, para reforço de aperto extra sobre o isolamento do fio.

Os terminais pré-isolados adaptam-se a mais de uma bitola de fio, o isolamento geralmente possui um código colorido cuja finalidade é identificar as bitolas dos fios, cujos acabamentos podem ser executados com cada terminal.

Ferramentas de estampagem

Existem ferramentas portáteis, manuais e elétricas, bem como máquinas elétricas de bancada, para estampagem dos terminais. Essas ferramentas prendem o cilindro do terminal ao condutor e, simultaneamente, prendem a garra isolante ao isolamento do fio.

Todas as ferramentas de estampagem manual possuem uma catraca auto-frenante, que evita a abertura da ferramenta até que a estampagem esteja pronta. Algumas ferramentas de estampagem manual são equipadas com um jogo de diversas estampas para adaptar os tamanhos diferentes de terminais.

Outras são usadas com um tamanho único de terminal.

Todos os tipos de ferramentas de estampagem manual são verificadas pelos calibradores para ajuste adequado nas mandíbulas de aperto.

A figura 4-107 mostra um terminal introduzido numa ferramenta manual.

Os itens abaixo descrevem como proceder durante a estampagem:

- 1) Desencapar o fio na extensão adequada;
- 2) Enfiar o terminal, começando pela alça, nas mandíbulas de aperto da ferramenta, até que a alça do terminal encoste no batente da ferramenta;
- 3) Instalar o fio desencapado no cilindro do terminal até que o isolamento do fio encoste na extremidade do cilindro;
- 4) Apertar os punhos da ferramenta até que a catraca seja liberada;
- 5) Retirar o conjunto completo, e examiná-lo quanto à estampagem adequada.

Alguns tipos de terminais não-isolados anteriormente são isolados após a instalação num fio, por meio de tubos flexíveis transparentes denominados luvas.

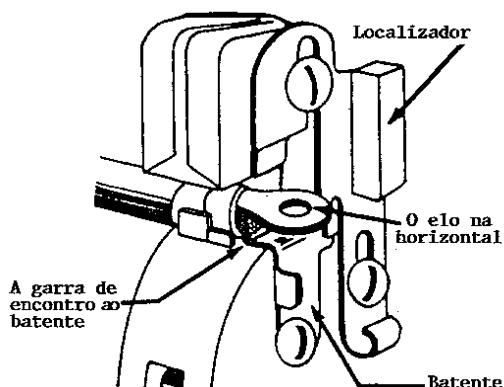


Figura 4-107 Inserindo o terminal na ferramenta manual.

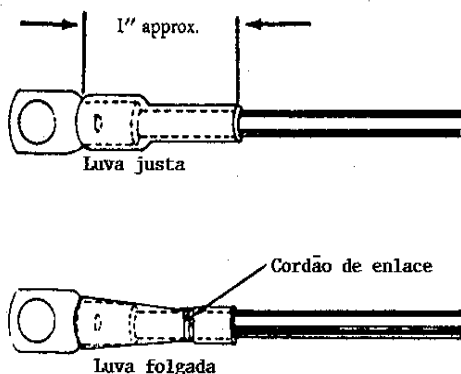


Figura 4-108 Luva isolante.

A luva proporciona proteção elétrica e mecânica à conexão.

Quando o tamanho da luva usada for o ideal para que ela se ajuste firmemente sobre o cilindro do terminal, a luva não precisa de aperto; caso contrário, ela deve ser laçada com um cordão, como ilustrado na figura 4-108.

Terminais de alumínio

O uso do fio de alumínio nos sistemas de aeronaves está aumentando devido à vantagem de seu peso sobre o do cobre.

Entretanto, a dobradura freqüente do alumínio provoca fadiga do metal tornando-o quebradiço. Isso resulta em falha ou rompimento das pernas dos fios mais rápido do que num caso semelhante com fio de cobre.

O alumínio também forma uma película de óxido altamente resistente assim que exposto ao ar. Para compensar estas desvantagens, é importante que sejam usados os mais confiáveis procedimentos de instalação.

Somente as alças de terminal de alumínio são usadas para acabamento dos fios. Elas são geralmente encontradas em 3 (três) tipos: (1) Retos; (2) Ângulo Reto; e (3) Bandeira. Todos os terminais de alumínio possuem um furo de inspeção (figura 4-108) onde se verifica a profundidade da inserção do fio. O cilindro do terminal de alumínio contém um composto de pó de petrolato de zinco.

Esse composto retira a camada muito fina do óxido de alumínio através do processo de abrasão, durante a operação de estampagem.

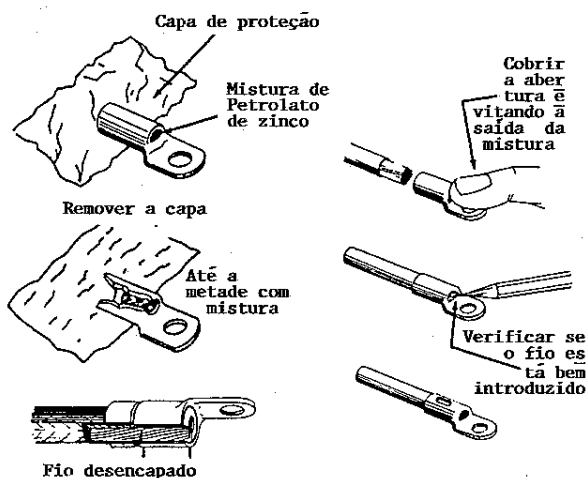


Figura 4-109 Introdução de fio de alumínio em terminal de alumínio.

O composto também diminuirá, mais tarde, a oxidação pela eliminação da umidade do ar. O composto é retido na parte interna do cilindro do terminal por um plástico ou um selante de alumínio na sua extremidade.

Emenda de fios de cobre usando emendas pré-isoladas

As emendas de cobre permanente pré-isoladas unem fios pequenos de bitola 22 até 10. Cada tamanho de emenda pode ser usado para mais de uma bitola de fio. As emendas são isoladas com plástico branco; elas também são usadas para reduzir as bitolas dos fios (figura 4-110).

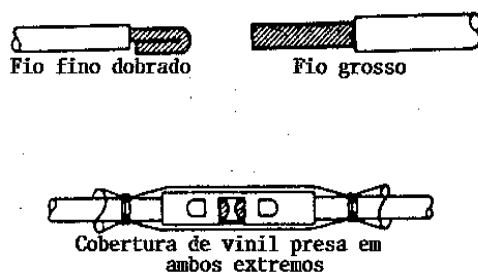


Figura 4-110 Redução da bitola do fio com uma emenda permanente.

As ferramentas de estampagem são usadas para realizar esse tipo de emenda. Os procedimentos de estampagem são semelhantes aos usados para os terminais, excetuando-se que o aperto deve ser feito duas vezes, uma para cada extremidade da emenda.

EMENDAS DE EMERGÊNCIA

Os fios quebrados podem ser consertados através de emendas de estampagem, usando um terminal do qual a alça foi cortada, ou soldando as pernas quebradas, e aplicando o composto condutor antioxidante.

Esses consertos são aplicáveis ao fio de cobre; já o fio de alumínio danificado não deve ser emendado temporariamente.

As emendas são usadas somente em caso de emergência temporária, e devem ser substituídas, logo que seja possível, fazer consertos permanentes.

Visto que alguns fabricantes proíbem a emenda, as instruções fornecidas por eles devem ser consultadas permanentemente.

Emenda com solda e composto condutor/anti-oxidante

Quando não houver disponibilidade de nenhuma emenda permanente ou nenhum terminal, um fio quebrado pode ser emendado da seguinte maneira (figura 4-111):

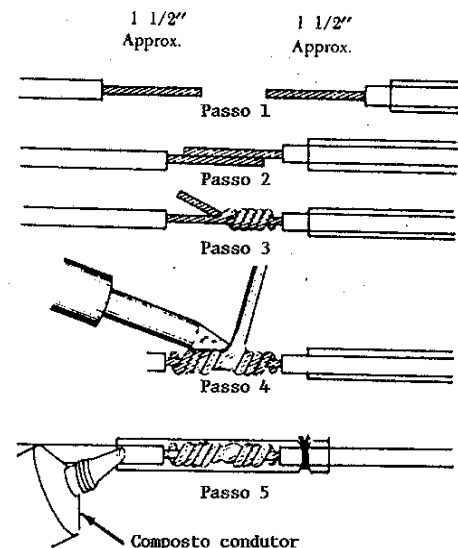


Figura 4-111 Soldando um fio quebrado.

- 1) Instalar um pedaço de luva plástica com 3 polegadas de comprimento e de diâmetro apropriado para adaptar-se frouxamente sobre o isolamento, num dos lados do fio quebrado.
- 2) Descapar aproximadamente 1 ½ polegada de cada extremidade do fio quebrado.
- 3) Colocar as extremidades desencapadas lado a lado, e enrolar um fio ao redor do outro com aproximadamente quatro voltas.
- 4) Enrolar a extremidade livre do segundo fio ao redor do primeiro com aproximadamente 4 voltas. As voltas de fio são soldadas juntas, usando uma solda de 60/40 estanho chumbo com núcleo de resina.
- 5) Quando a solda estiver fria, puxar a luva sobre os fios soldados e amarrá-la numa das extremidades. Se o composto condutor antioxidante estiver disponível, encher a luva com esse material, e amarrar firmemente a outra extremidade.
- 6) Permitir que o composto permaneça sem ser tocado durante 4 horas. A cura completa e as características elétricas são atingidas em 24 horas.

CONEXÃO DE TERMINAIS A BLOCOS TERMINAIS

Os terminais devem ser instalados sobre os blocos terminais, de modo que eles sejam presos contra o movimento no sentido de afrouxamento (figura 4-112).

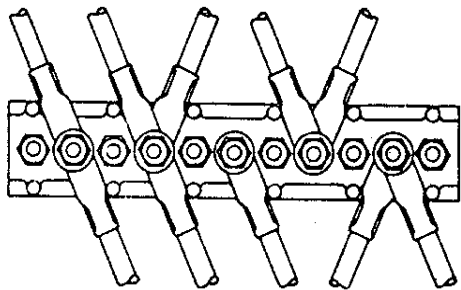


Figura 4-112 Conexão de terminais a bloco de terminais.

Os blocos terminais são geralmente equipados com estojos retidos por uma arruela lisa, uma arruela-freno e uma porca. Ao conectar os terminais, a prática recomendada é colocar a alça dos terminais de cobre diretamente sobre a porca, seguida por uma arruela lisa e uma porca autofrenante, ou uma arruela lisa, arruela-freno de aço e uma porca comum.

Os terminais de alumínio devem ser instalados sobre arruelas lisas com banho de latão, seguida por outra arruela igual, uma arruela-freno de aço e uma porca comum ou autofrenante.

A arruela lisa deve possuir um diâmetro igual a largura da alça do terminal de alumínio. As instruções fornecidas pelo fabricante concernentes às dimensões dessas arruelas devem ser consultadas.

Não se instala nenhuma arruela entre os dois terminais de alumínio, ou entre dois terminais de cobre.

Além disso, não se instala uma arruela-freno junto a um terminal de alumínio.

Para unir um terminal de cobre a um terminal de alumínio, coloca-se uma arruela lisa com banho de latão sobre a porca que mantém o estojo no lugar; e depois o terminal de alumínio, seguido por uma arruela lisa com banho de latão, um terminal de cobre, uma arruela lisa, uma arruela-freno de aço e uma porca comum ou auto-frenante.

Como regra geral, usa-se uma chave dinamométrica para apertar as porcas, a fim de assegurar pressão de contato suficiente.

As instruções do fabricante fornecem torques de instalação para todos os tipos de terminais.

LIGAÇÃO À MASSA

Ligação à massa é a ligação elétrica de um objeto condutor com a estrutura primária completando o caminho de retorno da corrente. As estruturas primárias são a fuselagem e as asas do avião, comumente denominadas como massa ou terra. A ligação à massa é encontrada nos sistemas elétricos do avião, para:

- 1) Proteger o avião e o pessoal contra descarga de raio.
- 2) Proporcionar caminhos de retorno da corrente.
- 3) Evitar o desenvolvimento de potenciais de radio-freqüência.
- 4) Proteger o pessoal contra choques.
- 5) Proporcionar estabilidade de transmissão e recepção do rádio.
- 6) Evitar a acumulação de carga estática.

Procedimentos gerais para ligação à massa

Os procedimentos gerais e as precauções seguintes são recomendadas quando forem feitas ligações à massa:

- 1) Ligar as partes à massa através da estrutura primária do avião, e onde for mais adequado.
- 2) Fazer as conexões de massa de modo que nenhuma parte da estrutura do avião seja enfraquecida.
- 3) Ligar as partes à massa individualmente, se possível.
- 4) Instalar as ligações à massa sobre superfícies lisas e limpas.
- 5) Instalar as ligações à massa, de modo que a vibração, expansão ou contração, ou o movimento relativo em operação normal não quebre ou afrouxe a conexão.

- 6) Instalar as conexões à massa em áreas protegidas sempre que for possível

As ligações à massa devem ser mantidas tão próximas quanto possível; ela não deve interferir na operação dos elementos móveis do avião tais como superfícies de controle.

O movimento normal destes elementos não deve resultar em avaria na ligação à massa.

A ação eletrolítica pode corroer rapidamente uma ligação à estrutura se não forem observadas as precauções adequadas.

As ligações de liga de alumínio são recomendadas para a maioria dos casos; entretanto, as de cobre podem ser usadas para unir as partes feitas de aço inoxidável, aço com banho de cádmio, cobre latão ou bronze.

Onde o contato entre metais diferentes não possa ser evitado, a escolha da ligação e das ferragens deve ser tal que a corrosão seja reduzida, e a parte que mais provavelmente sofrerá corrosão seja a ligação ou a ferragem associada. As partes A e B da figura 4-113 mostram algumas combinações para fazer as conexões de ligação à estrutura.

Em locais onde o acabamento é removido, uma camada protetora deve ser aplicada à conexão completa, para evitar corrosão.

O uso de solda para fixar as conexões deve ser evitado.

Os membros tubulares devem ser ligados por meio de braçadeiras às quais a conexão está fixada.

A escolha correta do material de braçadeira diminui a probabilidade de corrosão. Quando as ligações à estrutura conduzirem uma corrente de retorno de intensidade substancial, a capacidade de corrente da conexão deve ser adequada, e deverá ser determinado que seja produzida uma queda de voltagem insignificante.

As ligações à massa são geralmente feitas em superfícies planas, furadas por meio de parafusos onde existe fácil acesso para instalação. Outros tipos gerais de conexões aparafusadas são as seguintes:

- A. Conexão de junção de cobre à estrutura tubular;
- B. Fixação do conduíte à estrutura;
- C. Conexão de junção de alumínio à estrutura tubular.

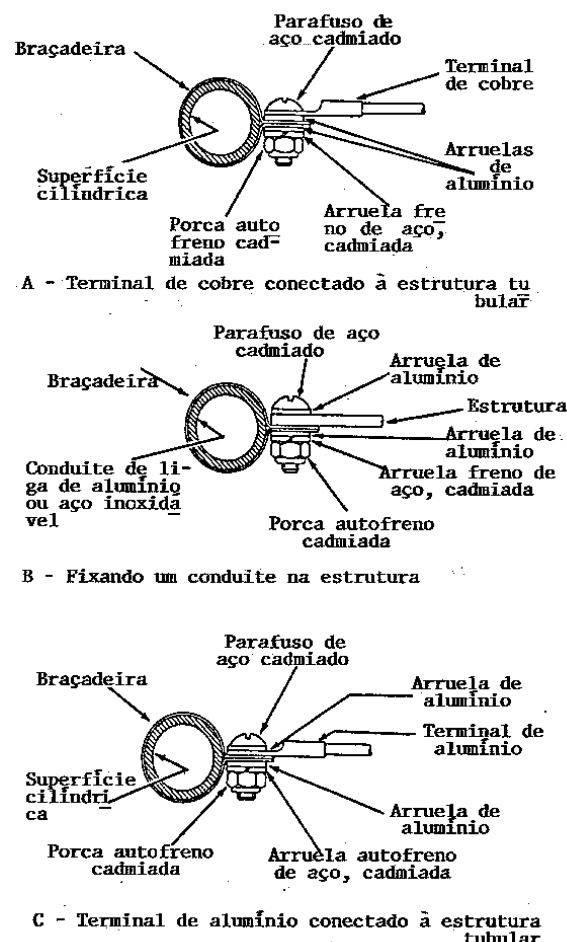


Figura 4-113 Combinações de ferragens para fazer conexões à estrutura.

- 1) Na confecção de uma conexão estojo (figura 4-114), um parafuso é preso firmemente à estrutura, tornando-se assim um estojo. As ligações à massa podem ser retiradas ou acrescentadas à espiga, sem retirar o estojo da estrutura.

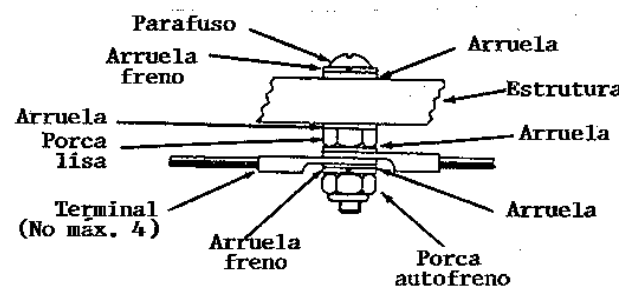
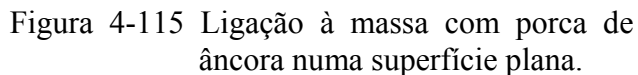


Figura 4-114 Ligação à massa com estojo numa superfície plana

- 2) As porcas de âncora são usadas onde o acesso às porcas para conserto é difícil. Elas são rebitadas ou soldadas numa área limpa da estrutura (figura 4-115).



As ligações à massa podem ser feitas com às ligas de alumínio, magnésio ou de estrutura tubular de aço resistente à corrosão, conforme apresentado na figura 4-116, que mostra o arranjo das ferragens para conexão com terminal de alumínio.

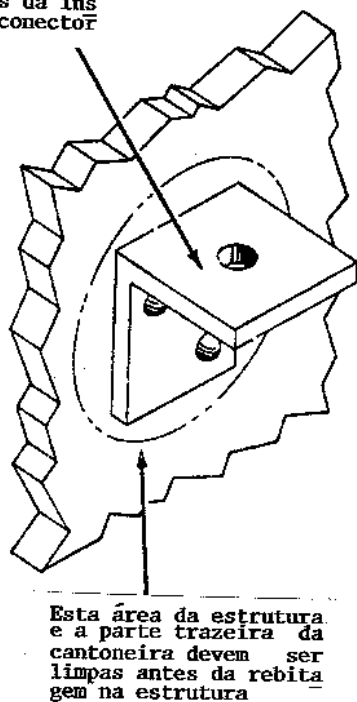
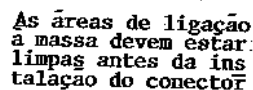


Figura 4-116 Ligação à massa numa superfície cilíndrica.

Se a conexão for feita por terminal de alumínio ou de cobre, uma arruela de material adequado deverá ser instalada entre os metais diferentes, de modo que qualquer corrosão que ocorre na arruela, poderá ser descartada.

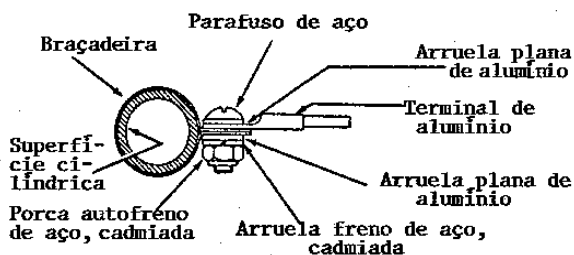


Figura 4-117 Ligação à massa numa superfície cilíndrica.

O material e o acabamento da ferragem devem ser selecionados a partir do material da estrutura, onde a fixação é feita, e no material da ligação e do terminal especificado para ligação à massa.

Pode ser usado qualquer tipo de parafuso do tamanho adequado para o terminal da conexão especificada. Quando se consertar, ou substituir, as ligações de massa existentes, deverá ser mantido o mesmo tipo de ferragem usado na conexão original.

CONECTORES

Os conectores (plugues e receptáculos) facilitam a manutenção quando for necessária uma desconexão freqüente. Visto que o cabo está soldado aos pinos inseridos no conector, as ligações devem ser instaladas individualmente, e o chicote firmemente suportado para evitar danos devido a vibração.

No passado, os conectores foram particularmente vulneráveis à corrosão devido a condensação dentro do invólucro. Conectores especiais, com características à prova d'água, têm sido desenvolvidos para que possam substituir plugues que não são à prova d'água nas áreas onde a umidade constitui um problema.

Um conector do mesmo tipo e modelo deve ser usado quando substituir um outro.

Os conectores suscetíveis à corrosão podem ser tratados com uma gelatina à prova d'água quimicamente inerte.

Quando se substitui os conjuntos de conectores, o tampão do tipo soquete deve ser usado na metade que está "viva" ou "quente" depois da desconexão do conector, para evitar uma ligação à massa.

Tipos de conectores

Os conectores são identificados pelos números da classe AN, e são divididos em classes com variações do fabricante para cada classe. As variações do fabricante são diferentes em aparência e em método para seguir uma especificação.

Alguns conectores mais comumente usados são mostrados na figura 4-118.

Existem cinco classes básicas de conectores AN usados na maioria das aeronaves. Cada classe de conector diferencia-se ligeiramente da outra em sua característica de construção.

As classes A, B, C e D são feitas de alumínio e a classe K é feita de aço.

1 - Classe A - Conector sólido, de invólucro traseiro inteiriço com finalidade geral.

2 - Classe B - O invólucro traseiro do conector separa-se em duas partes longitudinalmente. Usado principalmente onde for importante o pronto acesso aos conectores soldados. O revestimento traseiro é mantido junto por um anel roscado ou por parafusos.

3 - Classe C - Um conector pressurizado com pinos inseridos não removíveis. Semelhante ao conector classe "A" na aparência, mas a disposição do selante interno é, às vezes, diferente. Ele é usado nos anteparos do equipamento pressurizado.

4 - Classe D - Conector resistente à vibração e a umidade, que possui um ilhós selante de borracha no invólucro traseiro. Os fios são passados através dos orifícios apertados de borracha selante no ilhós, e, dessa forma, selados contra a umidade.

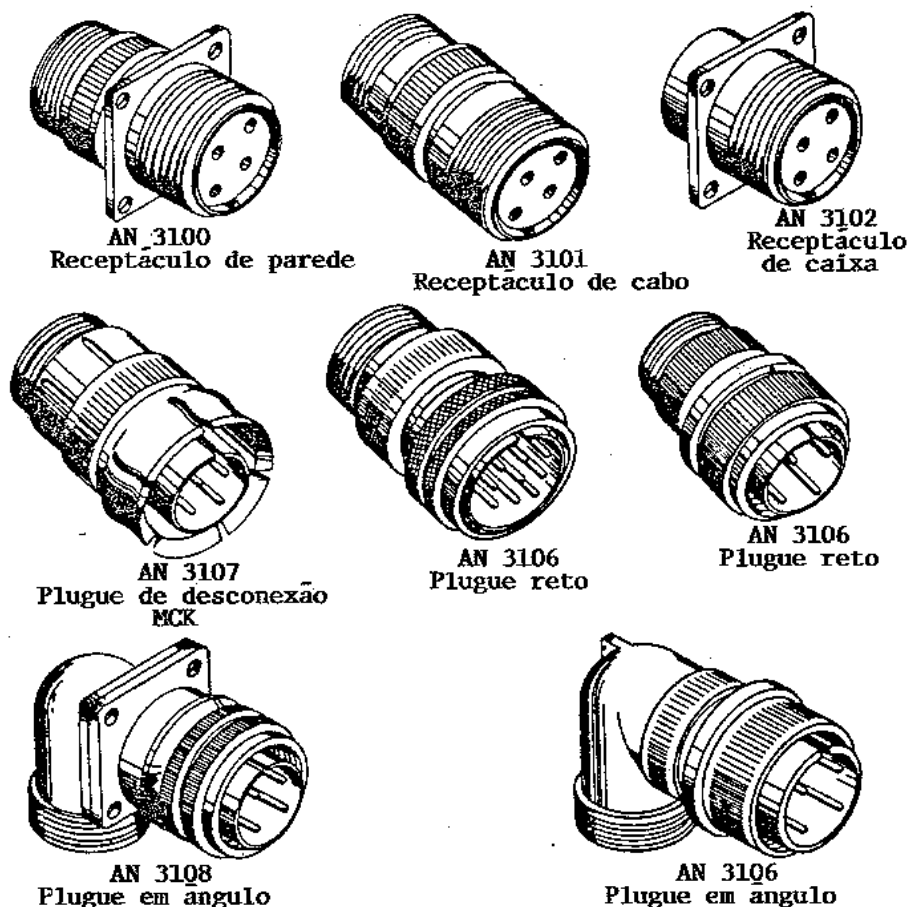


Figura 4-118 Conectores AN.

5 - Classe K - Um conector à prova de fogo, usado em áreas onde é vital que a corrente elétrica não seja interrompida, mesmo quando o conector estiver exposto a uma chama aberta contínua.

Os fios são estampados aos pinos ou contatos do soquete, e os invólucros são feitos de aço. Essa classe de conector é geralmente maior do que as outras.

Identificação de conectores

As letras e os números do código são marcados no anel de acoplamento ou no invólucro, para identificar o conector.

O código (figura 4-119) proporciona toda informação necessária para se obter uma substituição correta da peça defeituosa ou avariada.

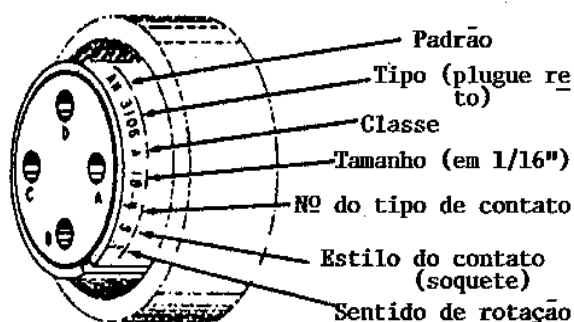


Figura 4-119 Codificação do conector AN.

Muitos conectores com finalidades especiais têm sido construídos para o uso em aeronaves. Esses incluem conectores de invólucro subminiatura e retangulares, e conectores com invólucro de corpo pequeno ou de construção de invólucro bipartido.

Instalação de conectores

Os procedimentos seguintes descrevem um método recomendado de instalação dos conectores com os receptáculos.

- 1) Localizar a posição adequada do plugue em relação ao receptáculo, alinhando a chaveta de uma peça com a ranhura da outra peça.
- 2) Colocar o plugue no receptáculo com uma leve pressão para frente, e encaixar as roscas do anel de acoplamento e do receptáculo.

- 3) Alternadamente, empurrar o plugue para dentro, e apertar o anel de acoplamento até que o plugue esteja completamente assentado.
- 4) Se o espaço ao redor do conector for muito pequeno para segurá-lo firmemente, usar alicates de conectores para apertar os anéis de acoplamento 1/16 até 1/8 de uma volta além do aperto manual.
- 5) Nunca usar força para unir os conectores aos receptáculos. Não usar martelo para introduzir um plugue em seu receptáculo, e nunca usar uma chave de torque ou alicate para frear os anéis de acoplamento.

Um plugue é geralmente desmontado de um receptáculo da seguinte maneira:

- 1) Usar alicates de conectores para afrouxar os anéis de acoplamento, que estejam apertados demais para serem afrouxados manualmente.
- 2) Alternadamente, puxar o plugue, e desapertar o anel de acoplamento, até que o plugue esteja solto.
- 3) Proteger os plugues e os receptáculos desconectados com tampões ou sacos plásticos, para evitar a entrada de materiais estranhos que possam acarretar falhas.
- 4) Não usar força excessiva, e não puxar os fios instalados.

CONDUÍTE

O conduíte é usado nas instalações da aeronave para a proteção mecânica dos fios e dos chicotes. Ele é encontrado em materiais metálicos e não metálicos, nas formas rígida e flexível.

Quando é selecionado o diâmetro do conduíte para a aplicação em um chicote, para facilitar a manutenção, no caso de uma possível expansão futura, é comum especificar o diâmetro interno do conduíte em torno de 25% maior do que o diâmetro máximo do chicote. O diâmetro nominal de um conduíte metálico rígido é o diâmetro externo.

Portanto, para se obter o diâmetro interno, basta subtrair duas vezes a espessura da parede do tubo.

Do ponto de vista da abrasão, o condutor é vulnerável nas extremidades do conduíte. Adaptações apropriadas são afixadas às extremidades do conduíte, de maneira que uma superfície lisa entre em contato com o condutor. Quando as conexões não forem usadas, a extremidade do conduíte deve ser flangeada para evitar estragos no isolamento do fio. O conduíte é sustentado por braçadeiras ao longo de seu percurso.

Muitos dos problemas comuns de instalação de conduíte podem ser evitados, prestando-se atenção aos seguintes detalhes:

- 1) Não instalar o conduíte onde ele possa ser usado como apoio das mãos ou dos pés.
- 2) Instalar orifícios dreno nos pontos mais baixos ao longo do conduíte. As rebarbas devem ser cuidadosamente retiradas desse orifícios.
- 3) Apoiar o conduíte para evitar atrito na estrutura, e ainda evitar esforço nas adaptações em suas extremidades.

As partes danificadas do conduíte devem ser consertadas para evitar danos aos fios ou aos chicotes. O raio de curvatura mínimo permitido para um conduíte rígido deve ser o descrito nas instruções do fabricante. As curvaturas torcidas ou enrugadas num conduíte rígido não são aceitáveis.

O conduíte de alumínio flexível é encontrado comumente em dois tipos: conduíte flexível desencapado; e revestido com borracha. O conduíte de latão flexível é normalmente usado no lugar do conduíte de alumínio flexível, onde for necessário minimizar a interferência no rádio.

O conduíte flexível pode ser usado onde for impossível usar o conduíte rígido, como em áreas que possuam movimento entre as extremidades do conduíte, ou onde forem necessárias curvaturas complexas. A fita adesiva transparente é recomendada quando se corta a tubulação flexível com uma serra para minimizar a desfiadura da trança.

INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTO ELÉTRICO

Esta parte fornece os procedimentos gerais e medidas de segurança para instalação de

componentes e equipamentos elétricos comumente usados.

Os limites de carga elétrica, meios aceitáveis de controle das cargas elétricas e dispositivos de proteção do circuito, são assuntos com os quais os mecânicos devem se familiarizar para instalar e manter adequadamente os sistemas elétricos do avião.

Limites de carga elétrica

Ao se instalar equipamento elétrico adicional que consuma energia elétrica numa aeronave, a carga elétrica total deverá ser controlada, ou remanejada, dentro dos limites dos componentes afetados no sistema de alimentação da aeronave.

Antes que qualquer carga elétrica de aeronave seja aumentada, os fios, cabos e dispositivos de proteção de circuito (fusíveis ou disjuntores) associados deverão ser verificados para determinar se a nova carga elétrica (carga elétrica anterior mais a carga acrescentada) não excede os limites estabelecidos dos fios existentes, cabos ou dispositivos de proteção.

Os valores de saída do gerador ou do alternador, determinados pelo fabricante, devem ser comparados às cargas elétricas que podem ser impostas ao gerador ou alternador afetado pelo equipamento instalado.

Quando a comparação mostra que a carga elétrica total provável conectada pode exceder os limites de carga de saída dos geradores ou dos alternadores, deverá haver uma redução para que não ocorra sobrecarga.

Quando uma bateria fizer parte do sistema de força elétrica, essa deve ser continuamente carregada em voo, exceto quando pequenas cargas intermitentes estiverem ligadas, tais como um transmissor de rádio, um motor de trem de pouso ou outros aparelhos semelhantes, que possam solicitar cargas da bateria em curtos intervalos de tempo.

Controle ou monitoramento da carga elétrica

É recomendável a instalação de placares para informar a tripulação quanto às combinações de cargas elétricas que podem ser conectadas com segurança ao sistema de geração da aeronave.

Nas instalações onde o amperímetro se encontra no cabo da bateria, e o sistema regulador limita a corrente máxima que o gerador ou o

alternador pode distribuir, um voltímetro pode ser instalado na barra do sistema. Enquanto o amperímetro não indicar "descarga" (exceto para pequenas cargas intermitentes, tais como as que operam trens de pouso e flapes), e o voltímetro permanecer indicando "voltagem do sistema", o gerador ou alternador não estarão sobrecarregados.

Nas instalações onde o amperímetro se encontra no cabo do gerador ou do alternador, e o regulador do sistema não limita a corrente máxima que o gerador ou o alternador pode fornecer, o amperímetro pode ser marcado em vermelho em 100% da capacidade do gerador ou do alternador.

Se nunca for permitido à leitura do amperímetro exceder a linha vermelha, exceto para pequenas cargas intermitentes, o gerador ou o alternador não serão sobrecarregados.

Quando dois ou mais geradores funcionam em paralelo, e a carga total do sistema pode exceder a capacidade de saída de um gerador, deverão ser providenciados meios para corrigir rapidamente as sobrecargas súbitas que possam ser causadas por falha do gerador ou do motor. Poderá ser empregado um sistema de redução rápida de carga, ou um procedimento especificado onde a carga total possa ser reduzida a um valor que esteja dentro da capacidade do gerador em operação.

As cargas elétricas devem ser conectadas aos inversores, alternadores ou fontes de força elétrica semelhantes, de maneira que os limites de capacidade da fonte de força não sejam excedidos, a menos que algum tipo de monitoramento efetivo seja fornecido para manter a carga dentro de limites prescritos.

Dispositivos de proteção de circuitos

Os condutores devem ser protegidos com disjuntores ou fusíveis localizados, tão próximos quanto possível, da barra da fonte de força elétrica. Geralmente, o fabricante do equipamento elétrico especifica o fusível ou disjuntor a ser usado ao instalar o equipamento.

O disjuntor ou fusível deve abrir o circuito antes do condutor emitir fumaça. Para obter isto, a característica corrente/tempo do dispositivo de proteção deve cair abaixo da do condutor associado. As características do protetor do circuito devem ser igualadas para obter a utilização máxima do equipamento conectado.

A figura 4-120 mostra um exemplo da tabela usada na seleção do disjuntor e do fusível de proteção para condutores de cobre. Essa tabela limitada é aplicável a um conjunto específico de temperaturas ambientes e bitolas dos fios dos chicotes, e é apresentada somente como um exemplo típico. É importante consultar tais tabelas antes de selecionar um condutor para uma finalidade específica. Por exemplo, um fio único ao ar livre pode ser protegido pelo disjuntor de valor imediatamente superior aquele mostrado na tabela.

Fio de cobre AN	Amperagem Do disjuntor	Amperagem Do fusível
22	5	5
20	7,5	5
18	10	10
16	15	10
14	20	15
12	30	20
10	40	30
8	50	50
6	80	70
4	100	70
2	125	100
1		150
0		150

Figura 4-120 Tabela do fio e protetor do circuito.

Todos os disjuntores rearmáveis devem abrir o circuito no qual eles estão instalados, independentemente da posição do controle de operação quando ocorrer sobrecarga ou falha do circuito. Tais disjuntores são chamados de "desarme-livre".

Os disjuntores de "rearme automático" ligam-se automaticamente, como o próprio nome sugere. Eles não devem ser usados como dispositivos de proteção nos circuitos da aeronave.

Interruptores

Um interruptor especificamente projetado deve ser usado em todos os circuitos onde um mau funcionamento de um interruptor seria perigoso.

Tais interruptores são de construção robusta, e possuem capacidade de contato suficiente para interromper, fechar e conduzir continuamente a carga da corrente conectada. O do tipo de ação de mola é geralmente preferido

para se obter abertura e fechamento rápidos sem considerar a velocidade de operação da alavanca, o que, conseqüentemente, diminui o centelhamento dos contatos.

O valor da corrente nominal do interruptor convencional do avião está geralmente estampado no seu alojamento. Esse valor representa o valor da corrente de trabalho com os contatos fechados. Os interruptores devem ter reduzida a capacidade nominal de corrente para os seguintes tipos de circuitos:

- 1) Circuitos de Alta-Intensidade Inicial - Os circuitos que possuem lâmpadas incandescentes podem puxar uma corrente inicial que seja 15 vezes maior do que a corrente de trabalho. A queima ou fusão do contato pode ocorrer quando o interruptor for fechado.
- 2) Circuitos Indutivos - A energia magnética armazenada nas bobinas dos solenóides ou relés é liberada, e aparece sob forma de arco quando o interruptor de controle for aberto.
- 3) Motores - Os motores de corrente contínua puxarão diversas vezes sua corrente nominal de trabalho durante a partida, e a energia magnética, armazenada no seu rotor e nas bobinas de campo será liberada quando o interruptor de controle for aberto.

A tabela da figura 4-121 é similar às encontradas para seleção do valor nominal

apropriado do interruptor, quando a corrente da carga de trabalho for conhecida.

Essa seleção é, essencialmente, uma redução da capacidade normal de carga para se obter uma razoável vida útil e eficiência do interruptor.

Os erros prejudiciais na operação do interruptor podem ser evitados por uma instalação consistente e lógica.

Os interruptores de duas posições, "liga-desliga", devem ser instalados de modo que a posição "liga" seja alcançada movimentando-se a alavanca para cima ou para frente.

Quando o interruptor controlar partes móveis do avião, tais como trem de pouso ou flapes, a alavanca deve se mover no mesmo sentido que o desejado.

A operação acidental de um interruptor pode ser evitada instalando-se uma guarda adequada sobre o mesmo.

Relés

Os relés são usados como interruptores, onde se possa obter redução de peso, ou simplificação dos controles elétricos.

Um relé é um interruptor operado eletricamente, e está, portanto, sujeito a falhas sob condições de baixa voltagem no sistema.

A apresentação anterior sobre os interruptores é geralmente aplicável para os valores de contato dos relés

VOLTAGEM NOMINAL DO SISTEMA	TIPO DE CARGA	FATOR DE REDUÇÃO DA CAPACIDADE
24 V.C.C.	Lâmpada	8
24 V.C.C.	Indutiva (Relé /Solenóide)	4
24 V.C.C.	Resistiva (Aquecedor)	2
24 V.C.C.	Motor	3
12 V.C.C.	Lâmpada	5
12 V.C.C.	Indutiva (Relé / Solenóide)	2
12 V.C.C.	Resistiva (Aquecedor)	1
12 V.C.C.	Motor	2

Figura 4-121 Fatores de redução da carga dos interruptores.

SISTEMAS DE PARTIDA DOS MOTORES

INTRODUÇÃO

A maioria dos motores de aeronaves é acionada por um dispositivo chamado motor de partida (starter), ou arranque. O arranque é um mecanismo capaz de desenvolver uma grande quantidade de energia mecânica que pode ser aplicada a um motor, causando sua rotação.

Nos estágios anteriores de desenvolvimento de aeronaves, os motores de baixa potência eram acionados pela rotação da hélice através de rotação manual. Algumas dificuldades foram frequentemente experimentadas na partida, quando as temperaturas do óleo estavam próximas ao ponto de congelamento.

Em adição, os sistemas de magnetos forneciam uma centelha fraca na partida, e em velocidades muito baixas de acionamento.

Isto foi muitas vezes compensado providenciando-se uma centelha quente, usando dispositivos de ignição como bobina de reforço, vibrador de indução ou acoplamento de impulso.

Algumas aeronaves de baixa potência, que usam acionamento manual da hélice para a partida, ainda estão sendo operadas. Para instruções gerais sobre a partida desse tipo de aeronave, consulta-se o Capítulo 11 do volume 1 de Matérias Básicas.

SISTEMAS DE PARTIDA DE MOTORES CONVENCIONAIS

Desde o início do desenvolvimento de motores convencionais ou alternativos de aeronaves (do sistema de partida mais antigo até o presente), os inúmeros sistemas foram desenvolvidos. Os mais comuns são:

- (1) Cartucho. (Não usado comumente).
- (2) Manual de Inércia. (Não usado comumente).
- (3) Elétrico de Inércia. (Não usado comumente).
- (4) Inércia Combinado. (Não usado comumente).
- (5) Elétrico de Engrazamento Direto.

A maioria dos arranques de motores convencionais é do tipo elétrico de engrazamento direto.

Alguns dos poucos modelos mais antigos de aeronaves estão ainda equipados com um dos tipos de acionadores de inércia, sendo em ocasiões muito raras, um exemplo de arranque de acionamento manual, inércia manual ou de cartucho podem ser encontrados. Então, somente uma breve descrição desses sistemas de partida estarão incluídos nesta seção.

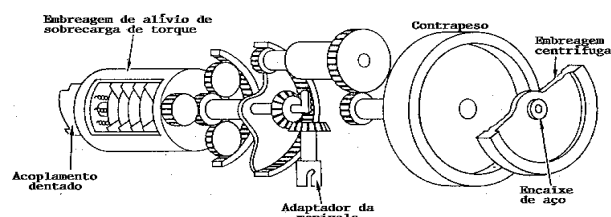


Figura 5-1 Motor de partida de inércia, combinado manual e elétrico.

Motores de partida de inércia

Existem três tipos gerais:

- (1) Manual de inércia;
- (2) Elétrico de inércia;
- (3) De inércia, combinado manual e elétrico.

A operação de todos os tipos de arranques de inércia, depende da energia cinética armazenada em um volante de rotação rápida em condições de giro. (Energia cinética é a força processada por um corpo pela eficiência do seu estado de movimento, que pode ser movido ao longo de uma linha ou pela ação de rotação).

No arranque de inércia, a potência é armazenada vagarosamente durante o processo de energização pelo giro manual ou elétrico, utilizando-se um pequeno motor.

O volante e as engrenagens móveis de um arranque de inércia, combinado manual e elétrico, são mostrados na figura 5-1. O circuito elétrico para um arranque de inércia elétrica é mostrado na figura 5-2.

Durante a energização do motor de partida, todas as partes internas se movem, incluindo o volante, formando um conjunto em movimento.

Assim que o arranque tiver sido completamente energizado, ele é acoplado ao eixo de manivelas do motor por um cabo, acionado manualmente,

ou por um solenóide de acoplamento que é eletricamente energizado.

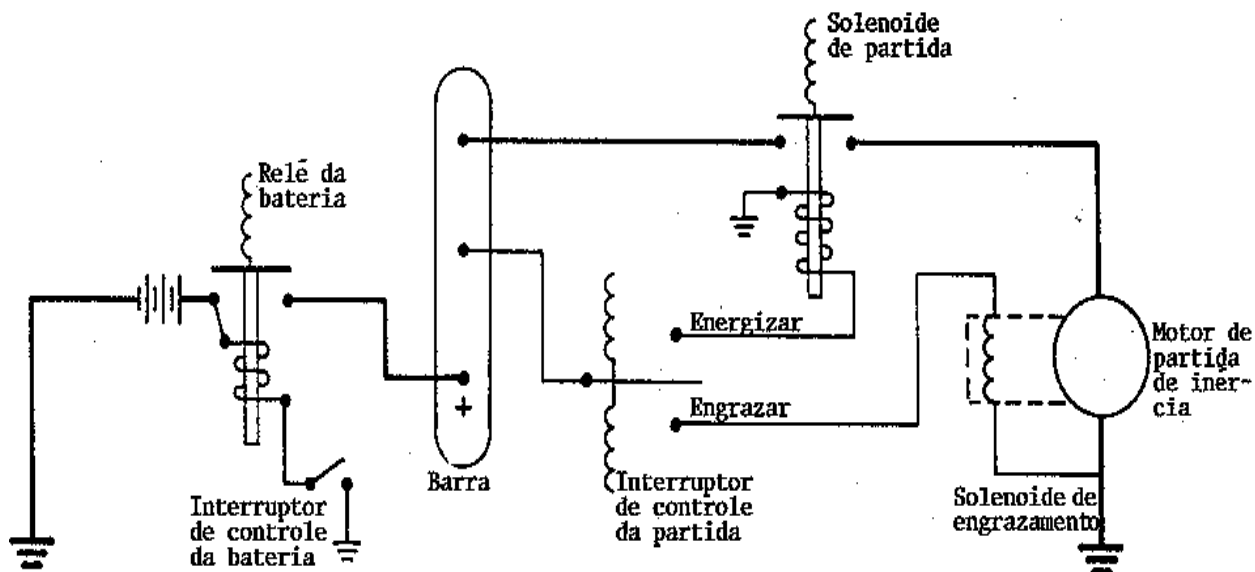


Figura 5-2 Circuito de partida.

Quando o arranque é acoplado ou engrazado, a energia do volante é transferida para o motor através de um conjunto de engrenagens de redução e embreagens de liberação de sobrecarga de torque. (ver figura 5-3)

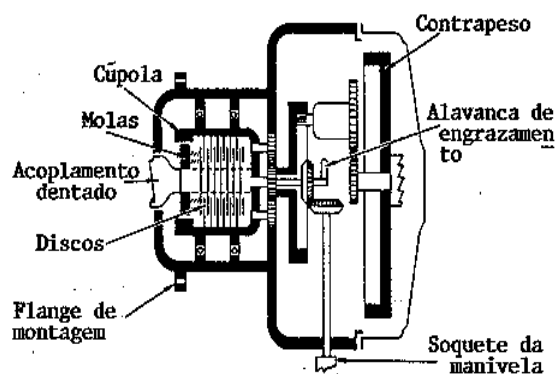


Figura 5-3 Embreagem de alívio da sobrecarga de torque.

Motor de partida elétrico de engrazamento direto

O sistema de partida largamente utilizado em todos os tipos de motores alternativos, é o arranque elétrico de acionamento direto.

Esse tipo de arranque provê acionamento instantâneo e contínuo quando energizado, consistindo, basicamente, em um motor elétrico, engrenagens de redução e um mecanismo de acoplamento e desacoplamento, que são operados através de uma embreagem ajustável de alívio de sobrecarga de torque.

Um circuito típico para um arranque elétrico de acionamento direto é mostrado na figura 5-4.

O motor é acionado diretamente quando o solenóide do arranque é fechado.

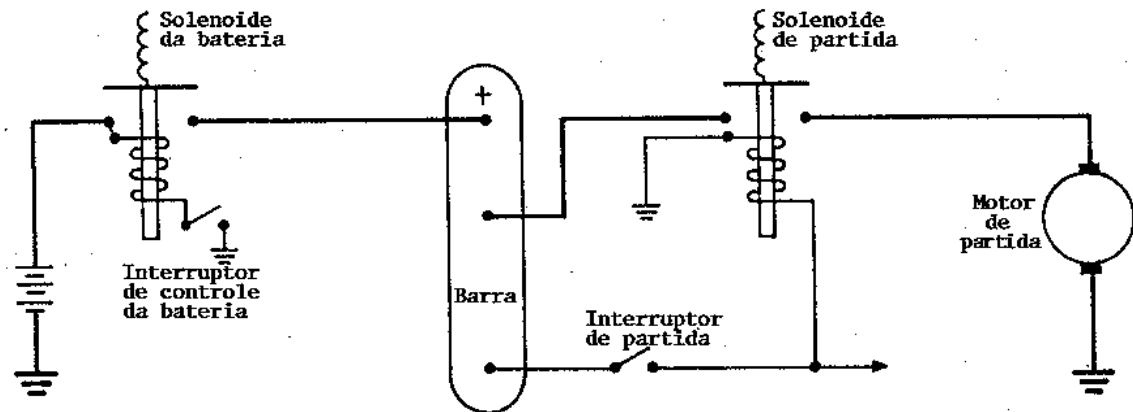
Desde que não haja nenhum volante sendo usado, não há armazenamento preliminar de energia, como no caso de um arranque de inércia.

Conforme mostrado na figura 5-4, os cabos condutores principais do arranque para a bateria, são para os serviços pesados, para conduzir o fluxo que pode ser tão alto como 350 ampères, dependendo do torque requerido na partida.

O uso de solenóides e cablagens grossas com chaves de controle remoto, reduzem, acima de tudo, o peso do cabo e a queda total de voltagem no circuito.

Um motor de arranque típico é um motor de 12 ou 24 volts, enrolamento em série, que desenvolve elevado torque na partida.

plando-a à castanha de acionamento do motor da aeronave, antes que a castanha do arranque comece a girar. Assim que o motor da aeronave alcança uma velocidade pré-determinada, o motor de arranque desacopla automaticamente.



arranque de inércia combinado, uma bobina de reforço, uma chave de polo simples, duplo acionamento na cabine, cablagens e solenóides com forme necessário.

O arranque de inércia combinado é mostrado na figura 5-6.

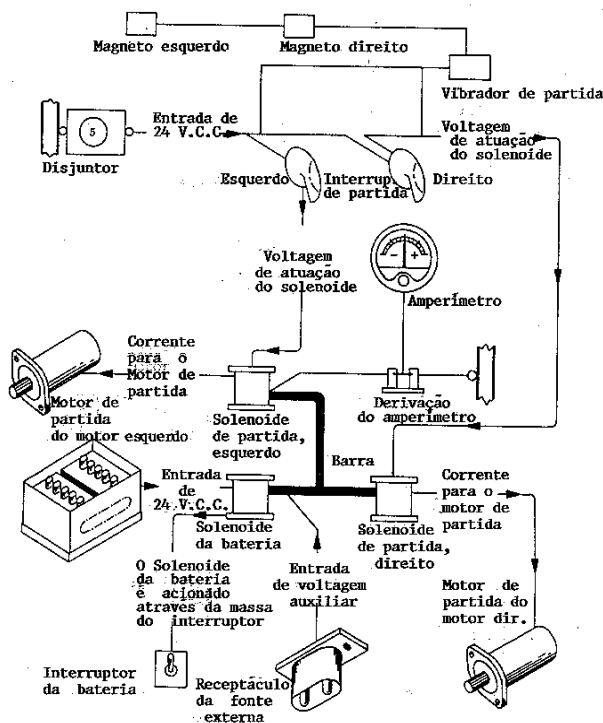


Diagrama de um mecanismo de engrenagem com os seguintes componentes rotulados:

- Acoplamento denta do
- Flange de montagem
- Capa das escovas
- Motor
- Base
- Conexão do cabo flexível
- Punho e cabo de engrenamento manual
- Mola do cabo de engren.
- Conexão elétrica
- Alavanca de engren.
- Solenoide de engren.

SISTEMA DE PARTIDA USANDO MOTOR DE INÉRCIA COMBINADO

Controles externos de partida manual, incorporando uma manivela para acionamento do arranque e cabo de controle para a partida, são providos para a partida do motor, manualmente (figura 5-7).

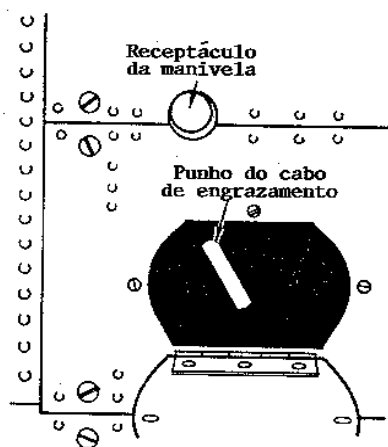


Figura 5-7 Controles de partida.

Duas chaves de partida estão localizadas no painel elétrico da cabine. Colocando a chave na posição “up” opera-se o arranque. A mesma chave, colocada na posição “down” opera o solenóide de acoplamento de arranque e a bobina ativadora de ignição. A posição “off” da chave está entre as outras duas posições.

A bobina de reforço operada pela bateria, montada em um alojamento blindado, está instalada no suporte de cada motor. Conduítes flexíveis protegem os condutores da bobina para os magnetos de cada motor.

SISTEMA DE PARTIDA ELÉTRICO DE ENGRAZAMENTO DIRETO PARA GRANDES MOTORES CONVENCIONAIS

Para um sistema de partida típico para motor alternativo de alta potência, o arranque elétrico de acionamento direto consiste em dois componentes básicos: um conjunto motor e uma seção de engrenagens.

A seção de engrenagens é aparafusada no terminal do eixo de acionamento do motor para formar uma unidade completa.

O motor consiste de um induzido e um conjunto pinhão, o conjunto do sino traseiro e o conjunto do alojamento do motor. O alojamento do motor também age como cabeçote magnético para o campo da estrutura.

O motor de arranque é irreversível, interpolado em série. Sua velocidade varia diretamente com a voltagem aplicada, e inversamente com a carga.

A seção de engrenagens do motor de arranque, mostrada na figura 5-8, consiste de um alojamento com flange de montagem, engrenagem planetária de redução, um conjunto de

engrenagem sol e integral, uma embreagem limitadora de torque, e um conjunto de castanha e cone.

Quando o circuito do motor é fechado, o torque desenvolvido no motor do arranque é transmitido para a castanha através do trem de engrenagem de redução e embreagem. O trem de engrenagem do arranque converte a alta velocidade e baixo torque do motor em baixa velocidade e alto torque.

Na seção de engrenagem, o pinhão do motor acopla a engrenagem na árvore de transmissão intermediária (consultar a figura 5-8). O pinhão da árvore intermediária acopla a engrenagem interna, esta fica sendo uma parte integral do conjunto da engrenagem sol, e é rigidamente fixada ao eixo da engrenagem. A engrenagem sol aciona três engrenagens planetas, que são parte do conjunto planetário.

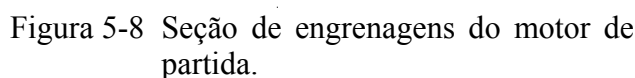
Os eixos individuais das engrenagens planetas são suportados por um braço de apoio do planetário, uma parte semelhante a um cilindro mostrado na figura 5-8. O braço de apoio transmite o torque das engrenagens planetas para a castanha do arranque como segue:

- (1) A porção cilíndrica do braço de apoio é estriada longitudinalmente ao redor da superfície interna.
- (2) As ranhuras são cortadas sobre a superfície exterior da parte cilíndrica da castanha do arranque.
- (3) A castanha desliza para frente e para trás, dentro do braço de apoio, para acoplar e desacoplar com o motor.

As três engrenagens planetárias também acoplam os dentes internos circundantes nos seis discos de embreagem (figura 5-8). Esses discos são intercalados com os de bronze, que são estriados externamente, evitando-os de girar.

A pressão correta é mantida sobre o pacote de embreagens por um conjunto de mola de retenção da embreagem.

Uma porca de passeio cilíndrica dentro da castanha do arranque estende e retrai a castanha. Estrias espirais da castanha de acoplamento ao redor da parede interna da porca casam com as estrias similares, cotadas sobre a extensão do eixo da engrenagem sol (figura 5-8).



O passeio da porca continua a mover-se lentamente além do limite do curso da castanha; sendo o suficiente para aliviar a pressão da mola sobre as superfícies da embreagem cônica heli-

Quando o torque imposto pelo motor excede o conjunto de embreagens, os os discos de embreagem interna giram contra as embreagens de fricção, permitindo que as engrenagens

planetas girem enquanto o braço de apoio da planetária e a castanha permanecem parados.

Quando o motor da aeronave sobe para a velocidade na qual o arranque está tentando acioná-lo, o torque cai para um valor menor que o assentado para as embreagens.

Os discos de embreagem da engrenagem interna permanecem parados, e a castanha gira a uma velocidade na qual o motor está tentando acioná-los.

As chaves de controle do arranque são mostradas esquematicamente na figura 5-9.

A chave seletora do motor deve ser posicionada, e ambas as chaves do arranque e de segurança (ligadas em série) devem ser fechadas antes da energização do arranque.

A corrente é suprida para o circuito de controle do arranque através de um interruptor, estampado "Starter, Primer e Induction Vibrator" (figura 5-9). Quando a chave seletora está posicionada para a partida do motor, fechando as chaves do arranque e de segurança, ela energiza o relé do arranque localizado na caixa de junção da parede de fogo.

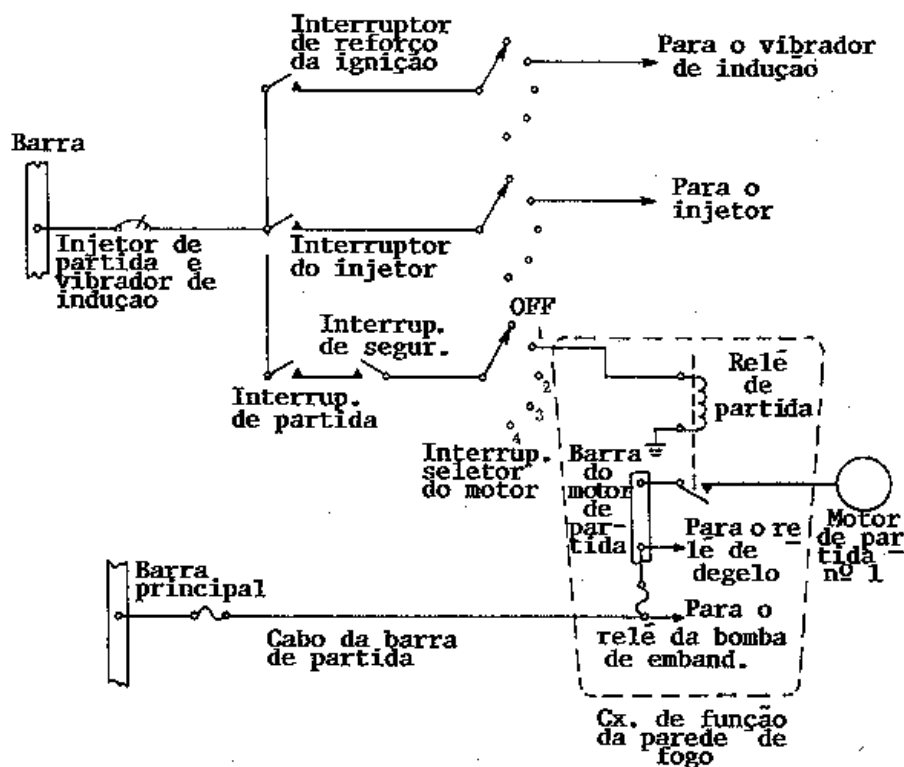


Figura 5-9 Circuito de controle de partida.

Energizando o relé do arranque, completa-se o circuito de potência para o motor de partida. A corrente necessária para essa carga pesada está sendo tomada diretamente do barramento principal através dos cabos do arranque.

Após a energização do arranque por um minuto, deverá ser permitido pelo menos um minuto para resfriamento. Após um segundo, ou subsequente período de acionamento de 1 minuto, deveria resfriar por 5 minutos.

SISTEMA DE PARTIDA ELÉTRICO DE ENGRAZAMENTO DIRETO PARA PEQUENAS AERONAVES

A maioria das pequenas aeronaves de motor alternativo emprega sistema de partida

elétrico de acionamento direto. Alguns desses sistemas são automaticamente acoplados aos sistemas de partida, enquanto outros o são manualmente.

Os sistemas de partida acoplados automaticamente, empregam um motor de arranque elétrico montado sobre um adaptador do motor. Um solenóide de partida é ativado, ou por um botão de empurrar, ou por uma chave de ignição no painel de instrumento.

Quando o solenóide é ativado, seus contatos fecham, e a energia elétrica energiza o motor de partida.

A rotação inicial do motor elétrico acopla o motor de partida através de uma embreagem no adaptador, que incorpora engrenagens espirais (sem fim) de redução.

Os sistemas de partida acoplados manualmente em pequenas aeronaves empregam um pinhão de acionamento da embreagem para transmitir potência de um motor de partida elétrico para uma engrenagem de acionamento de partida da árvore de manivelas. (Ver fig. 5-10). Um botão ou punho no painel de instrumento está conectado por um controle flexível a uma alavanca sobre o motor de partida. Esta alavanca eleva o pinhão de acionamento do motor de partida para a posição acoplada, e fecha os contatos da chave do motor de partida quando o botão do motor de partida ou o punho é empurrado. A alavanca do motor de partida está presa na mola que retorna a alavanca e o controle flexível para a posição OFF. Quando o motor dá a partida, a ação da embreagem protege o pinhão de acionamento do motor de partida até que a alavanca de mudança possa estar livre para desacoplar o pinhão.

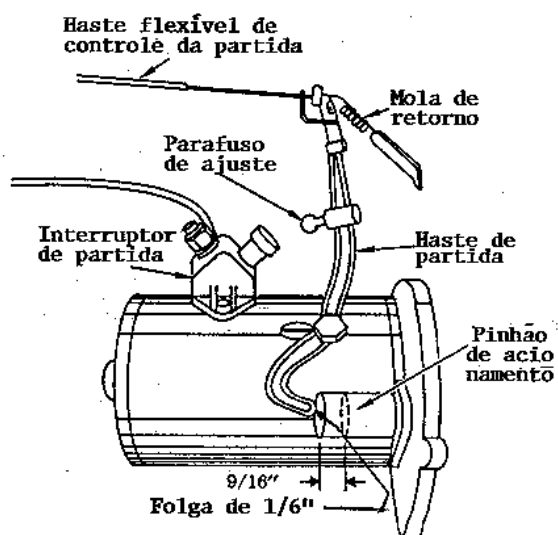


Figura 5-10 Hastes de controle do motor de partida e ajustes.

Conforme mostrado na figura 5-10, para uma unidade típica, há um comprimento específico de curso para engrenagem pinhão do motor de partida.

É importante que a alavanca do motor de partida mova a engrenagem pinhão a uma distância apropriada, antes que o estojo da alavanca ajustável faça contato com a chave do arranque.

Práticas de manutenção do sistema de partida

A maioria das práticas de manutenção do sistema de partida incluem substituição das molas e das escovas, limpeza de acúmulos dos comutadores e torneamento das partes queimadas ou arredondamento dos comutadores do motor de partida.

Como regra, as escovas do motor de partida devem ser substituídas quando desgastadas aproximadamente na metade do seus comprimentos originais.

A tensão da mola da escova deve ser o suficiente para que elas tenham um bom e firme contato com o comutador. Os guias das escovas devem ser inquebráveis, e os parafusos do terminal bem apertados.

Sujeira ou espelhamento dos comutadores do motor de partida podem ser limpos segurando uma tira de lixa “00”, ou uma pedra de assentamento da escova contra o comutador enquanto ele é girado.

A lixa ou a pedra devem ser movidas para frente e para trás para evitar desgaste da ranhura.

Lixa de esmeril ou “carborundum” nunca devem ser usadas para este propósito, por causa de sua possível ação de curto circuito.

Rugosidade, fora de arredondamento, ou condições de “alta mica”, são razões para tornear o comutador.

No caso de condição de “alta mica”, ela deve ser cortada assim que a operação de torneamento esteja cumprida.

Consulta-se, o Manual de Matérias Básicas (Volume 1), para uma revisão de comutadores de “alta mica” nos motores

PROBLEMAS	ISOLANDO O PROBLEMA	AÇÃO CORRETIVA
ARRANQUE NÃO OPERA:		
Defeito da chave principal ou do circuito.	Verificar o circuito.	Reparar o circuito.
Defeito na chave do arranque ou no circuito.	Verificar a continuidade da chave e do circuito.	Substituir a chave ou os fios.
A alavanca do arranque não atua a chave.	Verificar o ajuste da alavanca do arranque.	Ajustar a alavanca de acordo com as instruções do fabri-

		cante.
Arranque defeituoso.	Verificar os itens anteriores, se não houver outra causa, o defeito é do arranque.	Remover e reparar ou substituir o arranque.
<i>O ARRANQUE GIRA MAS NÃO ENGRAZA NO MOTOR</i>		
Alavanca do arranque ajustada para ativar a chave sem engrazar o pinhão na engrenagem.	Verificar a ajustagem da alavanca do arranque.	Ajustar a alavanca de acordo com as instruções do fabricante.
Defeito na embreagem ou na engrenagem de acionamento.	Remover o arranque e testar a embreagem e a engrenagem.	Substituir a parte defeituosa.
Engrenagem pinhão ou de acionamento com defeito.	Remover e testar o pinhão e a engrenagem de acionamento.	Substituir a parte defeituosa.
<i>ARRANQUE SEM FORÇA PARA GIRAR</i>		
Bateria fraca.	Testar a bateria.	Recarregar a bateria ou substituí-la.
Contatos do relé ou da chave queimados ou sujos.	Testar os contatos.	Substituir por unidades perfeitas.
Arranque defeituoso.	Verificar as escovas e a tensão das suas molas e fixação.	Reparar ou substituir o arranque.
Comutadores sujos ou gastos.	Limpar e verificar visualmente.	Tornear o comutador.
<i>ARRANQUE EXCESSIVAMENTE BARULHENTO:</i>		
Pinhão gasto	Remover e examinar o pinhão.	Substituir o acionamento do arranque.
Engrenagens gastas ou com dentes quebrados.	Remover o arranque e girar o seu motor com a mão para examinar o eixo das engrenagens.	Substituir as partes danificadas.

Tabela 6 - Procedimentos para pesquisa de problemas no sistema de partida de pequenas aeronaves.

Pesquisa de panes nos sistemas de partida em pequenas aeronaves.

Os procedimentos de pesquisa de panes listados na tabela 6 são típicos daqueles usados para isolar mal funcionamento em sistemas de partida de pequenas aeronaves.

PARTIDAS DOS MOTORES DE TURBINA A GÁS

Motores de turbina a gás são acionados pela rotação do compressor. Nos motores com dois estágios axiais do compressor, apenas o compressor de alta pressão é girado pelo motor de partida. Para acionar um motor de turbina a gás, é necessário acelerar o compressor provendo ar suficiente para suportar a combustão nos

queimadores. Uma vez que o combustível tenha sido introduzido, e o motor tenha partido, o motor de partida deve continuar acionando o motor para chegar a uma velocidade acima da velocidade de auto aceleração. O torque suprido pelo motor de partida deve estar acima do que é requerido, a fim de superar a inércia do compressor e as cargas de fricção do motor.

Os tipos básicos de motores de partida, que foram desenvolvidos para uso nos motores de turbina a gás, são motores elétricos C.C., turbina de ar e combustão. Um sistema de partida de impacto é algumas vezes usado em motores pequenos. Uma partida desse tipo consiste de jatos de ar comprimido, dirigidos para dentro do compressor ou da carcaça da turbina, de modo que a rajada do jato de ar seja direcionada para dentro do compressor ou das palhetas do rotor da turbina, causando sua rotação.

O gráfico na figura 5-11 ilustra uma sequência típica de partida para um motor de turbina a gás, a despeito do tipo de motor empregado.

Tão logo o arranque tenha acelerado o compressor suficientemente para estabelecer o fluxo de ar através do motor, a ignição é ligada, e depois o combustível. A sequência exata do procedimento de partida é importante, desde que haja fluxo de ar suficiente através do motor para suportar a combustão, antes que a mistura ar/combustível seja inflamada.

A baixas velocidades do eixo do motor, a razão do fluxo de combustível não é suficiente para possibilitar a aceleração do motor e, por essa razão, o motor de partida continua a girar até que a velocidade de auto aceleração tenha sido conseguida. Se a assistência do motor de partida for cortada abaixo da velocidade de auto aceleração, o motor falha para acelerar até a velocidade de marcha lenta, ou pode ainda ser desacelerado, porque não pode produzir energia suficiente para sustentar a rotação ou para acelerar durante a fase inicial do ciclo de partida.

O motor de partida não deve continuar a auxiliar o motor, consideravelmente acima da velocidade de auto aceleração, para evitar um retardo no ciclo de partida, que poderia resultar em uma partida quente ou falsa, ou uma combinação de ambas.

Em pontos apropriados na sequência, o motor de partida, e geralmente a ignição, serão desligados automaticamente.

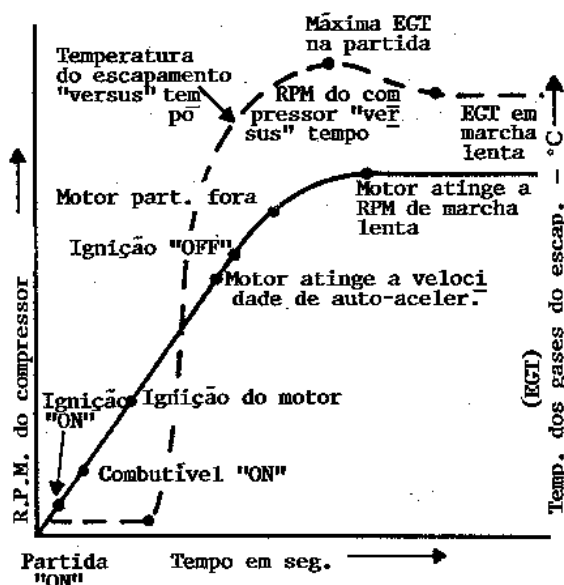


Figura 5-11 Típica sequência de partida de motor a turbina.

Sistemas elétricos de partida

Os sistemas elétricos de partida são de dois tipos, em geral:

- (1) Sistemas elétricos de acionamento direto; e
- (2) sistemas de arranque e gerador.

Os sistemas elétricos de partida de acionamento direto são similares aqueles usados nos motores alternativos.

O sistema de motor de partida e gerador são similares aos sistemas elétricos de acionamento direto.

Eletricamente, os dois sistemas podem ser idênticos, mas o motor de partida-gerador é permanentemente acoplado com o eixo do motor através de necessárias engrenagens de acionamento, enquanto o motor de partida de acionamento direto deve empregar alguns meios de desacoplamento do eixo após o acionamento do motor da aeronave.

Motores de partida de acionamento direto nos motores de turbina a gás

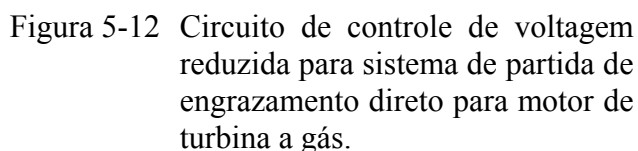
Em alguns arranques de acionamento direto, usados nos motores de turbina a gás, nenhuma embreagem de alívio de sobrecarga ou mecanismo de engrenagem de redução são usados. Isto acontece por causa dos requerimentos de baixo torque e de alta velocidade para a partida dos motores de turbina a gás. Um mecanismo de redução de voltagem é utilizado, principalmente nos sistemas de partida para evitar danos no conjunto de acoplamento.

A figura 5-12 mostra o circuito de controle de redução de voltagem. O mecanismo é montado em alojamento à prova de explosão, que contém 5 relés e uma resistência de 0,042 ohm. Quando a chave da bateria é fechada, a mola do relé de retardo é energizada. O aterramento do circuito para a mola deste relé é completada através do motor de partida.

Quando a chave do motor de partida é movida para a posição partida, um circuito é completado para a mola do relé de aceleração. O fechamento dos contatos do relé completam um circuito da barra através dos contatos fechados, o resistor de 0,042 ohm, da bobina do relé em série, e finalmente através do motor de partida para o aterramento. Desde que o resistor de 0,042 ohm cause uma queda na voltagem, a baixa voltagem é aplicada ao motor de partida, evitando danos de torque elevado. O relé de

O fechamento do relé de retardo completa um circuito para a bobina do relé do motor (fig. 5-12). Com o relé do motor energizado, um circuito completo existe através desse relé e a bobina do relé em série para o motor de partida, desviando o resistor de 0,042 ohm.

A chave do motor de partida pode então estar liberada para retornar para sua posição normal “off”, porque o circuito do motor de partida está completo através do relé de parada, e o relé em série contacta a mola do relé do motor. Conforme o motor de partida aumenta a rotação, uma força eletromotiva contrária se desenvolve o suficiente para permitir ao relé em série abrir-se e interromper o circuito para o relé do motor. Entretanto, o período de partida é controlado automaticamente pela velocidade do motor do arranque.



Muitos dos aviões de turbina a gás são equipados com sistemas de arranque-gerador. Esses sistemas de partida usam uma combina-

Figura 5-13 Típico “Arranque-gerador”.

As unidades arranque-gerador são desejáveis por um ponto de vista econômico, uma vez que executa as funções de ambos, arranque e gerador.

Adicionalmente, o peso total dos componentes do sistema de partida é reduzido, e poucas peças de reposição são requeridas.

O circuito interno de um arranque-gerador mostrado na figura 5-14 tem 4 enrolamentos de campo. (1) Campos em série (campo “C”); (2) Uma derivação do campo; (3) Um campo de compensação; e (4) Um enrolamento de interpolação ou comunicação. Durante a partida, os enrolamentos em série (“C”), de compensação e comunicação, são usados.

A unidade é similar ao arranque de acionamento direto, uma vez que todos os enrolamentos usados durante a partida estão em série com a fonte.

Enquanto agindo como arranque, a unidade não faz uso prático da sua derivação de campo. Uma fonte de 24 volts e 15500 ampères é geralmente requerida para a partida.

Conforme a chave da bateria e de partida são ligadas, três relés fecham. Eles são o relé do motor, o da ignição e o de corte da bateria. O relé do motor fecha o circuito da fonte de potência para o motor de arranque; o relé de ignição fecha o circuito da unidade de ignição; e o de corte da bateria, desconecta a bateria. A abertura do circuito da bateria é necessária devido ao pesado dreno de energia motor de arranque danificaria a bateria.

O fechamento do relé do motor permite que uma corrente muito alta flua para o motor. Desde que essa corrente flua através da bobina do relé de baixa corrente, ele fecha.

O fechamento do relé de baixa corrente completa um circuito da barra positiva para a bobina do relé do motor de partida, bobina do relé de ignição e bobina do relé de corte da bateria.

A chave de partida está liberada para retornar a sua posição normal “desligada”, e todas as unidades continuam a operar.

Conforme a velocidade do motor se desenvolve, o dreno de corrente começa a diminuir, e ao atingir menos de 200 ampères o relé de baixa corrente abre. Isto abre o circuito da barra positiva para as bobinas dos relés do motor, ignição e corte da bateria. A desenergização das bobinas dos relés faz parar a operação de partida.

Depois que os procedimentos descritos estiverem completos, o motor está operando eficientemente, e a ignição auto sustentada. Se o motor falhar para atingir a velocidade suficiente, interrompendo a operação de partida, a chave de parada pode ser usada para abrir o circuito da barra positiva para os contatos principais do relé de baixa corrente.

Numa instalação típica de aeronave, um arranque-gerador é montado na caixa de acessórios do motor.

Durante a partida, a unidade do arranque-gerador funciona como um motor de partida C.C. até que o motor tenha chegado a uma velocidade pré-determinada de auto-sustentação. Aviões equipados com duas baterias de 24 volts podem suprir a carga elétrica requerida pela operação das baterias em configuração.

A descrição seguinte do procedimento de partida usado num avião turbojato de 4 motores, equipado com uma unidade de arranque-gerador, é típico da maioria dos sistemas de partida de arranque-gerador.

A potência de partida, que só pode ser aplicada a um arranque-gerador por vez, está conectada a um terminal de seleção do arranque-gerador através de um relé de partida correspondente. A partida do motor é controlada por um painel.

Um painel de partida típico (figura 5-16) contém as seguintes chaves: chave seletora do motor, seletora de potência, de partida em vôo e uma chave de partida. A chave seletora do motor mostrada na figura 5-16 tem cinco posições (“1”, “2”, “3”, “4” e “OFF”), e é girada para a posição correspondente ao motor a ser acionado. A chave seletora de energia é usada para selecionar o circuito elétrico aplicável da fonte de externa (unidade auxiliar de energia ou bateria) que está sendo usada. A chave de partida em vôo, quando colocada na posição “NORMAL”, arma o circuito de partida no solo.

Quando colocada na posição “AIR-START”, os ignitores podem ser energizados independentemente da chave de ignição da manete. A chave de partida, quando na posição “START”, completa o circuito para o arranque-gerador do motor selecionado para a partida, e causa a rotação do motor. O painel de partida do motor, mostrado também, inclui uma chave de bateria.

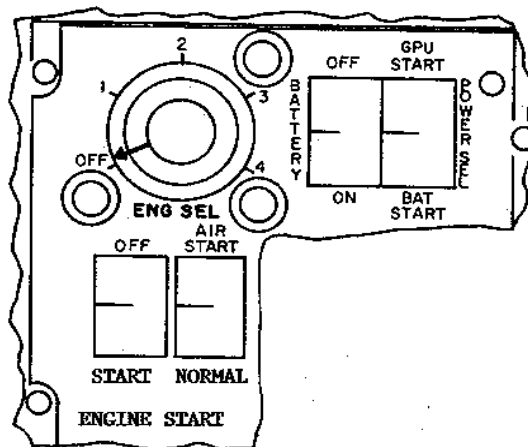


Figura 5-16 Painel de partida do motor.

Quando um motor de partida é selecionado com a chave seletora, e a chave de partida é mantida na posição “START”, o relé de partida correspondente ao motor selecionado é energizado, e conecta aquele arranque-gerador do motor à barra de partida. Quando a chave de partida é colocada na posição “START”, um relé de travamento de partida é também energizado.

zado. Uma vez energizado, o relé provê seu próprio circuito de atuação e permanece energizado, provendo circuitos fechados para as funções de partida.

Durante a partida no solo, o relé de alívio temporário de sobrevoltagem para cada arranque-gerador selecionado, é energizado através de circuitos de controle de partida. Quando o relé está energizado, a proteção de sobrevoltagem para o arranque-gerador selecionado é suspensa. Um caminho alternativo do regulador de voltagem para o arranque-gerador selecionado é também provido para remover controle e resistência indesejáveis do campo de derivação de partida.

Em algumas aeronaves, uma chave de bateria está instalada no compartimento do receptáculo da fonte externa. Quando a porta é fechada, ativando a chave, os circuitos de controle de partida no solo funcionam somente para partida com a bateria. Quando a porta é aberta, somente partidas com a fonte externa podem ser

efetuadas. Um relé em série para a bateria é também uma unidade necessária no sistema de partida. Quando energizado, o relé da bateria conecta duas baterias de 24 volts em série para o barramento de partida, provendo uma voltagem inicial de 48 volts. A grande queda de voltagem, que ocorre na entrega da corrente necessária para a partida, reduz a voltagem em aproximadamente 20 volts. A voltagem aumenta gradualmente, à medida em que a corrente de partida diminui com a aceleração do motor e a voltagem no barramento do arranque.

Eventualmente se aproxima do seu máximo original de 48 volts. Algumas aeronaves multimotoras equipadas com arranque-geradores incluem um relé de partida em paralelo no seu sistema de partida.

Logo que os dois primeiros motores de uma aeronave de 04 motores tenha girado, o fluxo de corrente para partida dos dois últimos motores passa através de um relé de partida em paralelo.

Problemas	Isolando o problema	Ação corretiva
<i>O MOTOR DA AERONAVE NÃO GIRA DURANTE A TENTATIVA DE PARTIDA:</i>		
Baixo suprimento de voltagem para o arranque.	Verificar a voltagem da bateria ou da fonte externa.	Ajustar a voltagem da fonte externa ou das baterias.
Chave de força defeituosa.	Verificar a continuidade do interruptor.	Substituir a chave.
Interruptor do quadrante da manete.	Verificar a continuidade do interruptor.	Substituir o interruptor.
Relé de travamento (lockout) energizado.	Verificar a posição da chave de controle do gerador.	Colocar a chave na posição "OFF".
Relé em série da bateria está defeituoso.	Com o circuito de partida energizado, verificar se através da bobina do relé em série da bateria, acusa 48 V. C.C.	Substituir o relé se não houver voltagem.
O relé de partida está defeituoso.	Com o circuito de partida energizado, verificar se através da bobina do relé de partida, cruzam 48 V. C.C.	Substituir o relé se não houver voltagem.
Defeito no motor de arranque.	Com o circuito de partida energizado, verificar se a voltagem adequada chega ao arranque.	Se houver voltagem, substituir o arranque.
Defeito no relé de travamento ligado (lock-in).	Com o circuito de partida energizado, verificar se através da bobina do relé cruzam 28 V. C.C.	Substituir o relé se não houver voltagem.
Eixo de acionamento do arranque de um componente da	Ouvir o som do arranque durante a tentativa de partida.	Substituir o motor da aeronave.

caixa de engrenagens está cisalhado.	Se o arranque gira e o motor da aeronave não, o eixo está cisalhado	
<i>O MOTOR DA AERONAVE DÁ PARTIDA, MAS NÃO ACELERA PARA A MARCHA LENTA</i>		
Arranque com voltagem insuficiente.	Testar a voltagem terminal do arranque.	Utilizar uma fonte externa de maior potência, ou aumentar a carga da bateria.
<i>O MOTOR DA AERONAVE FALHA NA PARTIDA QUANDO A MANETE É COLOCADA EM MARCHA LENTA (IDLE):</i>		
Sistema de ignição com defeito.	Ligar o sistema e ouvir se os acendedores estão operando.	Limpar ou substituir os acendedores, ou substituir os excitadores ou a fiação para os acendedores..

Tabela 7 - Procedimentos para pesquisa de problemas no sistema de partida Arranque-gerador.

Quando se parte os dois primeiros motores, o requerimento de potência, necessário para a partida, conecta as duas bateria em série. Assim que os geradores de dois ou mais motores estejam provendo energia, a energia combinada das duas baterias em série não é mais necessária. Quando o relé de partida em paralelo é energizado, o circuito da bateria é trocado de série para paralelo.

Para dar a partida num motor com as baterias do avião, a chave de partida é colocada na posição “START” (Figura 5-16). Isto completa um circuito através de um disjuntor, da chave de ignição da manete e da chave seletora do motor, para energizar o relé de travamento na posição ligada (*lock-in*). A energia, então, tem um caminho da chave do arranque através da posição “BAT START” da chave seletora de energia, para energizar o relé de baterias em série, pois ele conecta as baterias do avião em série com a barra de partida

Energizando o relé do arranque do motor Nº 1, direciona-se energia da barra de partida para o arranque-gerador Nº 1, que então gira o motor.

Ao mesmo tempo em que as baterias são conectadas para a barra de partida, a energia é direcionada para a barra apropriada pela chave de ignição da manete. O sistema de ignição é conectado para a barra de partida através de um relé de sobrevoltagem, que não se torna energizado até que o motor comece a acelerar e a voltagem da barra de partida chegue acerca de 30 volts. Conforme o motor é girado pelo arranque, a aproximadamente 10% de r.p.m., a manete é avançada para a posição “IDLE” (Marcha Len-

ta). Esta ação atua sobre a chave de ignição da manete, energizando o relé do ignitor. Quando o relé do ignitor é fechado, a energia é provida para excitar os ignitores e inflamar o motor.

Quando o motor chega entre 25 a 30% de r.p.m., a chave de partida é liberada para a posição “OFF”.

Isto remove os circuitos de ignição e partida do ciclo de partida do motor, que então acelera sob sua própria potência.

Pesquisa de panes do sistema de partida arranque-gerador

Os procedimentos listados na tabela 7 são típicos daqueles usados para reparo de mal funcionamento no sistema de partida arranque-gerador, similar ao sistema descrito nesta seção. Esses procedimentos são apresentados como um guia.. As instruções apropriadas dos fabricantes e as diretivas aprovadas de manutenção de vem sempre ser consultadas para a aeronave envolvida.

MOTOR DE PARTIDA DE TURBINA A AR

Os arranques de turbina a ar são projetados para proverem alto torque na partida de uma fonte pequena e de peso leve. O arranque de turbina a ar típico pesa de um quarto a metade de um arranque elétrico, capaz de dar partida no mesmo motor. Ele é capaz de desenvolver duas vezes o torque de um arranque elétrico. O arranque de turbina a ar típico consiste em uma turbina de fluxo axial, que gira um acoplamento

de acionamento através de um trem de engrenagens de redução e um mecanismo de embreagens de partida. O ar, para operar um arranque de turbina a ar, é suprido tanto de um compressor operado no solo ou ar sangrado de outro motor. Garrafas auxiliares de ar comprimido estão disponíveis em algumas aeronaves para operar o arranque de turbina a ar.

A figura 5-17 é uma vista em corte de um arranque de turbina a ar. O arranque é operado pela introdução de pressão e volume suficientes de ar na entrada do arranque. O ar passa por dentro do alojamento da turbina do arranque, onde é direcionado contra as lâminas do rotor pelas aletas do bocal, ocasionando a rotação do rotor da turbina. Conforme o rotor gira, ele aciona o trem de engrenagens de redução e o arranjo de embreagens, que inclui o pinhão do rotor, engrenagens planetárias e de suporte, conjunto de embreagens de escora, conjunto do eixo de saída e acoplamento de acionamento.

O conjunto de embreagens de escora acopla automaticamente assim que o rotor começa a girar, mas desacopla logo que o conjunto de acionamento gira mais rapidamente que o lado do rotor. Quando o arranque alcança esta velocidade, a ação da embreagem de escora permite que o trem de engrenagem gire livre até parar. O conjunto do eixo de saída e o acoplamento de acionamento continuam a girar enquanto o motor estiver girando.

Um atuador da chave do rotor, montado no cubo do rotor da turbina, está programado

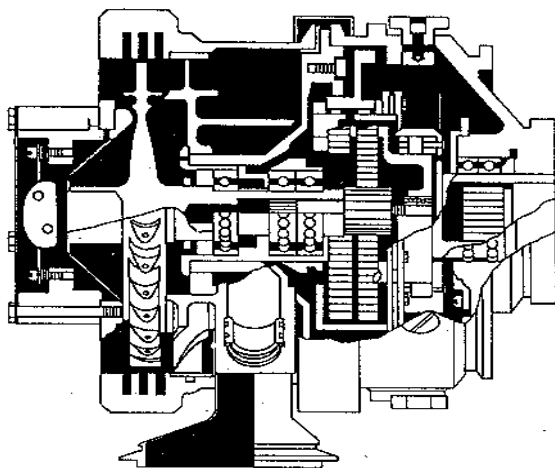


Figura 5-17 Corte de um motor de partida à turbina de ar.

para abrir a chave quando o arranque alcançar a velocidade desta. A abertura da chave da turbina interrompe o sinal elétrico para a válvula reguladora de pressão. Isto fecha a válvula e corta o suprimento de ar para o arranque.

O alojamento da turbina contém o rotor da turbina, o atuador da chave do rotor e os componentes dos bocais que direcionam o ar de entrada contra as palhetas do rotor. O alojamento da turbina incorpora um anel de contenção do rotor da turbina, projetado para dissipar a energia dos fragmentos das palhetas e, direcionar suas descargas a baixas energias para os dutos de escape, no caso de falha do rotor devido a excessiva velocidade da turbina.

O alojamento da turbina contém as engrenagens de redução, componentes da embreagem e o acoplamento de acionamento. O alojamento da transmissão também possui um reservatório de óleo lubrificante.

O óleo é acrescentado ao cárter do alojamento da transmissão através de um bocal na parte superior do arranque. Esse bocal é fechado por uma tampa ventilada, contendo uma válvula de esfera que permite que o cárter seja ventilado para a atmosfera durante o vôo normal, e evita perda de óleo durante o vôo invertido.

O alojamento também incorpora dois orifícios de verificação do nível de óleo. Uma tampa magnética na abertura do dreno da transmissão atrai qualquer partícula ferrosa que possa estar no óleo.

O alojamento da engrenagem anel, que é interno, contém o conjunto do rotor. O alojamento da chave contém a chave da turbina e o conjunto de ferragens.

Para facilitar a instalação e remoção do arranque, um adaptador de montagem está aparafusado na bloco de montagem do motor.

Braçadeiras de desengate rápido juntam o arranque ao adaptador de montagem e ao duto de entrada.

Então, o arranque é facilmente removido para manutenção ou revisão, desconectando a linha elétrica, afrouxando-se as braçadeiras e, cuidadosamente, removendo o acoplamento de acionamento do arranque do motor conforme este seja retirado máxima disponível do arranque for alcançada.

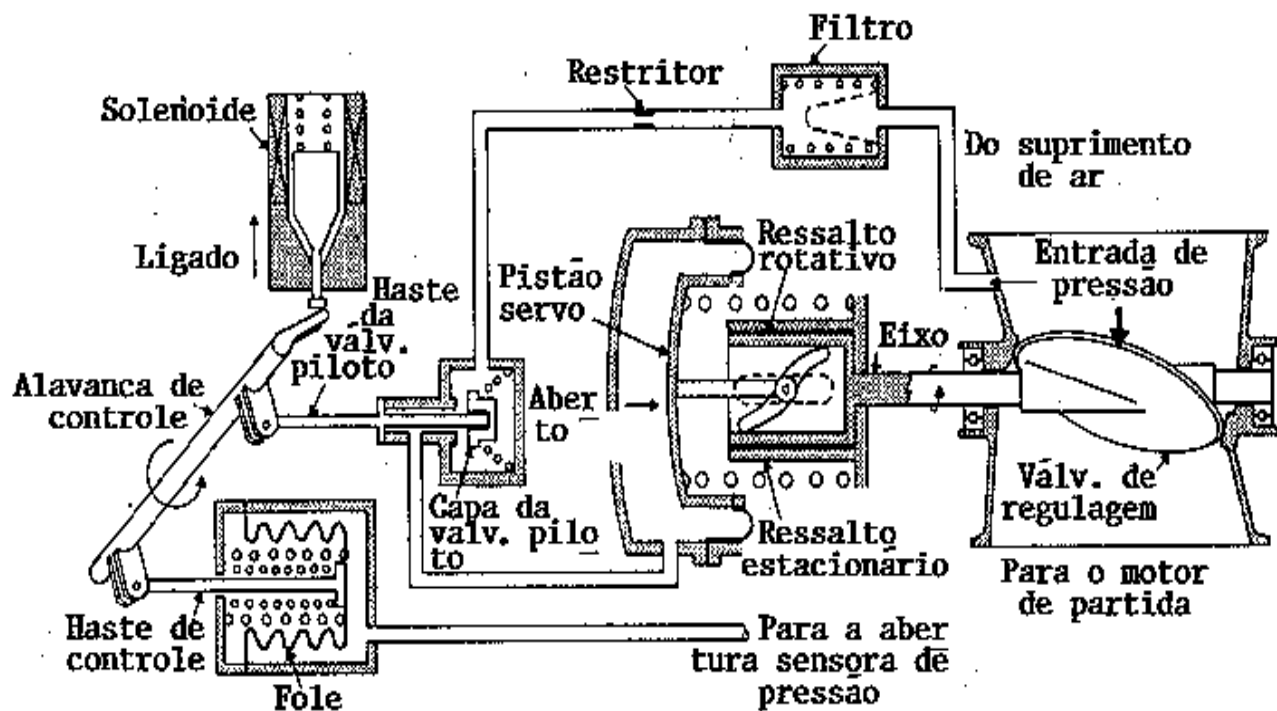


Figura 5-18 Válvula de corte e de regulação da pressão na posição “aberta”.

O arranque de turbina a ar, mostrado na figura 5-17, é utilizado para acionar grandes motores de turbina a gás. O arranque é montado no bloco do motor, e seu eixo de acionamento é conectado por hastes mecânicas ao compressor do motor. Ar vindo de uma fonte disponível, como uma unidade operada no solo ou compressor de ar, é utilizado para operar o arranque.

O ar é direcionado através de uma combinação de pressão regulada e válvula de corte no duto de entrada do arranque.

Essa válvula regula a pressão do ar de operação do arranque, e corta o suprimento de ar quando a velocidade O conjunto da válvula reguladora consiste de um corpo de válvula, contendo uma válvula tipo borboleta (figura 5-18).

O eixo da válvula borboleta é conectado através de um arranjo de cames para o pistão de um servo. Quando o pistão é atuado, seu movimento sobre o came causa a rotação da válvula borboleta.

A inclinação do ressaltro foi projetada para prover pequenos passeios iniciais e elevados torques, quando o arranque é atuado. A inclinação do ressaltro também provê ação mais estável pelo aumento do tempo de abertura da válvula.

O conjunto de controle está montado sobre o alojamento da válvula, e consiste de um

alojamento de controle onde o solenóide é usado para parar a ação do controle da haste na posição “OFF” (Figura 5-18).

A haste de controle é ligada a uma válvula piloto, que mede a pressão para o pistão servo, e aos foles conectados por uma linha de ar à entrada sensível de pressão no arranque.

Ligando-se a chave do arranque, energiza-se o solenóide da válvula. O solenóide retrai e permite que o controle de acionamento gire para a posição “OPEN”. O controle de acionamento é girado pela mola da haste de controle, movendo-a contra o terminal dos foles. Como a válvula reguladora está fechada, e a pressão a jusante é desprezível, os foles podem ser estendidos totalmente pelas molas.

Conforme o controle de acionamento gira para a posição aberta, a haste da válvula piloto abre, permitindo ar a montante, que é suprido para a válvula piloto através de um filtro e uma restrição no alojamento, para fluir para o interior da câmara do pistão servo.

O lado de dreno da válvula piloto, que sangra a câmara do servo para a atmosfera, é agora fechado pela haste da válvula piloto, e o pistão servo move-se para dentro (Figura 5-18). Esse movimento linear do pistão do servo é transformado em movimento de rotação do eixo da válvula pela rotação do came, abrindo então a válvula reguladora.

Conforme a válvula abre, a pressão ajustada aumenta. Essa pressão é sangrada de volta para os foles através da linha sensível, comprimindo-os. Esta ação move a haste de controle, girando o controle de acionamento e movendo a haste da válvula piloto gradualmente na direção da câmara do servo, para escapar para a atmosfera (Figura 5-18).

Quando a pressão a jusante (regulada) alcança um valor pré-determinado, a quantidade de ar fluindo no interior do servo através da restrição, equaliza a quantidade de ar sendo sangrada para a atmosfera, através do servo e do sistema que está em estado de equilíbrio.

Quando a válvula está aberta, o ar regulado passando através da entrada do alojamento do arranque, colide com a turbina causando a rotação.

Conforme a turbina gira, o trem de engrenagem é ativado e a engrenagem da embreagem interna que é rosqueada a um parafuso helicoidal, move-se para frente conforme este gira e seus dentes acoplam aqueles da engrenagem da embreagem externa, para acionar o eixo de saída do arranque. A embreagem é do tipo “overrunning” para facilitar o acoplamento positivo e minimizar trepidações. Quando a velocidade de partida é alcançada, um jogo de contrapesos em uma chave de corte centrífuga atua um pistão, que corta o circuito de aterramento do solenóide. Quando o circuito de aterramento é que-

brado e, o solenóide é desenergizado, a válvula piloto é forçada a voltar para a posição “OFF”, abrindo a câmara do servo para a atmosfera (ver figura 5-19). Esta ação permite que a mola do atuador mova a válvula reguladora para a posição “CLOSED”. Para manter um vazamento mínimo na posição “OFF”, a válvula piloto incorpora uma cobertura interna, que sela a pressão a montante para o servo e a passagem de ar sangrado para a câmara do servo.

Quando o ar para o arranque é cortado, a engrenagem da embreagem externa acionada pelo motor, começará a girar mais rápido do que a engrenagem da embreagem interna, e a engrenagem da embreagem interna, atuada pela mola de retorno, desacoplará a engrenagem da embreagem externa, permitindo ao rotor girar livre até parar. O eixo da embreagem externa continuará a girar com o motor.

Guia de pesquisa de panes do arranque de turbina a ar

Os procedimentos de pesquisa de panes listados na tabela 8 são aplicáveis aos sistemas de partida à turbina a ar, equipados com uma combinação de válvula reguladora de pressão e válvula de corte.

Estes procedimentos devem ser usados como guia, não tendo a intenção de substituir as instruções do fabricante.

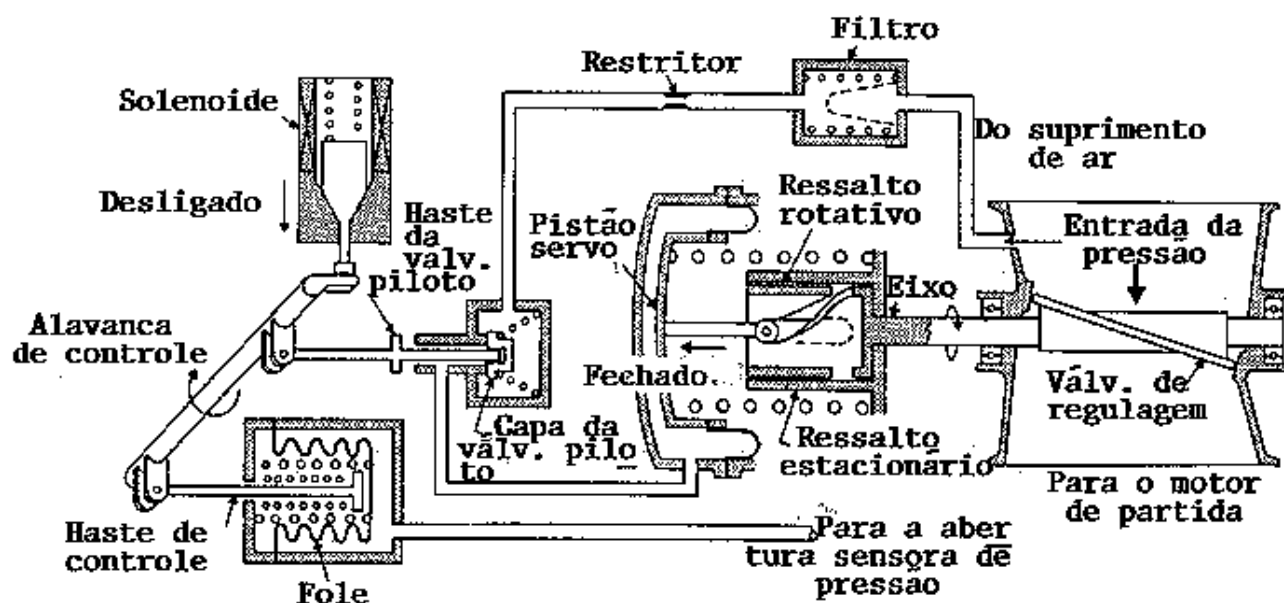


Figura 5-19 Válvula de corte e de regulagem da pressão na posição “fechada”.

PROBLEMA	CAUSA PROVÁVEL	AÇÃO CORRETIVA
Arranque não gira	Sem suprimento de ar.	Verificar o suprimento de ar.
	Circuito elétrico aberto na chave de corte.	Verificar a continuidade da chave. Se não houver, remover o arranque e ajustar ou trocar a chave.
	Acoplamento do arranque cislado.	Remover o arranque e substituir o acoplamento.
	Defeito interno do arranque.	Remover e substituir o arranque.
Arranque não acelera para a velocidade normal de corte.	Pouco suprimento de ar.	Verificar a pressão da fonte de ar.
	Chave de corte do arranque desregulada.	Ajustar o rotor atuador da chave.
	Válvula regulada para pressão muito baixa.	Substituir a válvula.
	Defeito interno do arranque.	Remover e substituir o arranque.
Vazamento externo de óleo	Nível de óleo muito alto.	Drenar o óleo e reabastecer como previsto.
	Conexões de ventilação do filtro de óleo, ou do plugue magnético, frouxas.	Apertar o plugue magnético para o torque previsto. Apertar e frenar as conexões de ventilação e do filtro de óleo.
O arranque gira, sem acionar o motor da aeronave.	Conjunto de união com braçadeiras frouxas.	Apertar a braçadeira para o torque adequado.
	Acoplamento do arranque cislado.	Remover o arranque e substituir o acoplamento. Se persistir a quebra do acoplamento em um período relativamente curto, substituir o arranque.
A admissão do arranque não se alinha com o duto de suprimento.	Instalação imprópria do arranque no motor, ou adaptação inadequada para o arranque.	Verificar a instalação e/ou adequação de acordo com as instruções de instalação do fabricante e a posição da adaptação específica da aeronave.
Partículas metálicas no plugue do dreno magnético	Partículas diminutas como pó indicam desgaste normal.	Nenhuma ação é necessária.
	Partículas mais grossas do que pó como lascas, limalhas etc., indicando problemas internos.	Remover e substituir o arranque.
Aletas orientadoras quebradas.	Grandes partículas estranhas no suprimento de ar.	Remover e substituir o arranque, e verificar o filtro do suprimento de ar.
Vazamento de óleo do conjunto de ventilação.	Instalação inadequada do arranque.	Verificar o alinhamento das conexões de óleo, e fazer as correções de acordo com as instruções do fabricante.
Vazamento de óleo no conjunto de acionamento.	Vazamento no conjunto de vedação traseiro.	Remover e substituir o arranque.

Tabela 8 - Procedimento para pesquisa de problemas no sistema de partida dos motores de partida (arranque) de turbina a ar.

Arranques de cartucho de motores à turbina

O arranque de cartucho de motores à turbina, algumas vezes chamados de sólido propelente, é usado em alguns grandes motores à turbina. Ele é similar em operação ao arranque de turbina a ar, mas deve ser construído para suportar altas temperaturas, resultantes da queima da carga do propelente sólido para suprir a energia para a partida. Proteção é também provida contra as pressões de torque excessivas e sobrevelocidade da turbina de partida.

Desde que os arranques de cartucho são similares em operação aos arranques à turbina, alguns fabricantes fazem um arranque de motor à turbina que pode ser operado usando-se gás gerado por um cartucho, ar comprimido de uma carreta de suprimento em terra, ou ar sangrado do motor.

Um arranque típico de cartucho/pneumático é descrito em detalhes na próxima seção.

MOTOR DE PARTIDA PNEUMÁTICO/CARTUCHO PARA MOTOR A TURBINA

Um arranque típico pneumático/cartucho de motores a turbina é mostrado na figura 5-20. Este tipo de arranque pode ser operado como um simples arranque de turbina a ar, de um suprimento de ar operado no solo ou de uma fonte de ar sangrado do motor. Ele pode também ser operado como um arranque de cartucho.

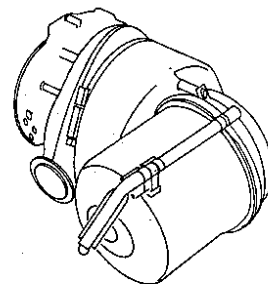


Figura 5-20 Motor de partida pneumático/cartucho.

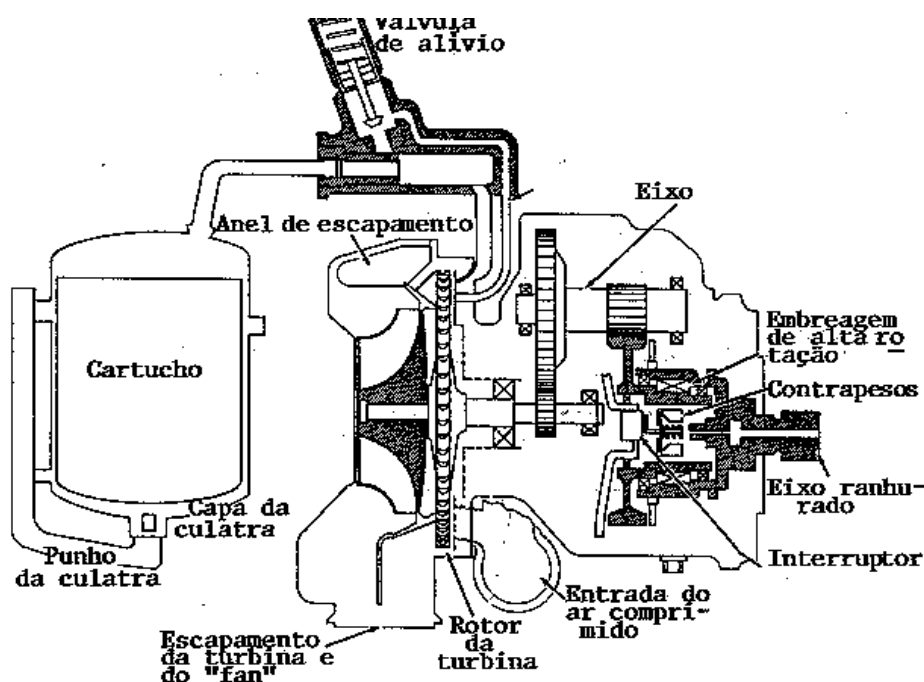


Figura 5-21 Esquema de motor de partida pneumática/cartucho.

Os principais componentes do arranque de cartucho estão ilustrados no diagrama esquemático da figura 5-21.

A referência deste diagrama facilitará o entendimento da discussão seguinte. Para efetuar uma partida deste tipo, um cartucho é primeiro colocado na tampa traseira (culatra). A parte traseira é então fechada sobre a câmara por

meio de um punho e girado uma fração de volta para acoplar as orelhas entre as duas seções traseiras.

Esta rotação permite que a seção inferior do punho da culatra caia dentro de uma soquete e complete o circuito de ignição do cartucho. Até que o circuito de ignição esteja completado, é impossível ao cartucho inflamar-

se. O cartucho é inflamado pela aplicação de voltagem ao conector do terminal do punho da culatra. Este energiza o contato de isolamento de ignição na entrada da tampa da culatra, que toca um ponto sobre o próprio cartucho. O cir-

cuito é completado para a massa por um grampo, uma parte do cartucho que faz contato com a parede interna da tampa da culatra. Um esquema do sistema elétrico de partida cartucho/pneumático é mostrado na figura 5-22.

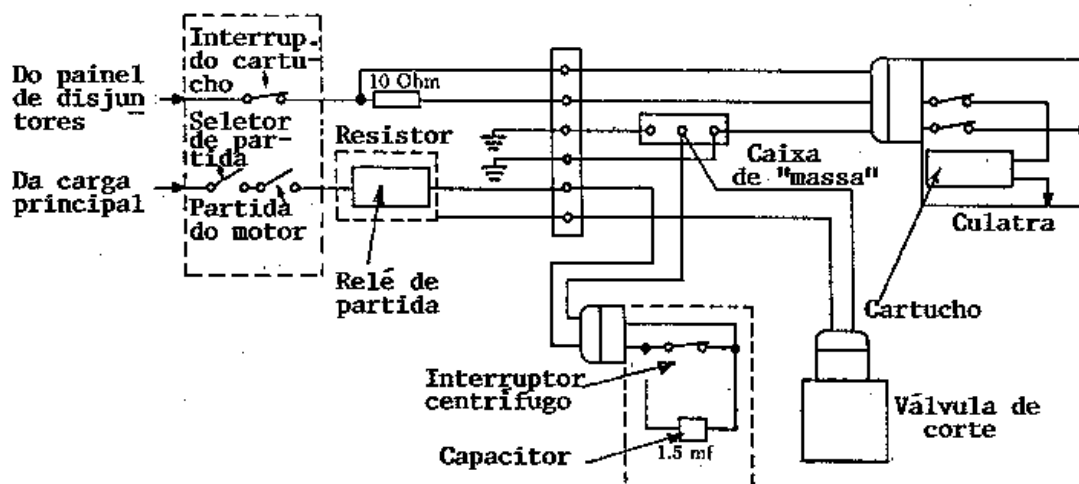


Figura 5-22 Esquema elétrico do motor de partida pneumático/cartucho.

Na ignição, o cartucho começa a gerar gás. O gás é forçado para fora da culatra para aquecer os bocais de gás que são direcionados rumo ao êmbolo no rotor da turbina, e a rotação é produzida.

Gás emergindo do lado oposto da roda da turbina entra no anel e no duto de exaustão, onde é coletado e enviado para fora do arranque via coletor de descarga. Antes de chegar ao bocal, o gás passa por um condutor de saída para a válvula de alívio.

Essa válvula direciona gás quente para a turbina, fazendo um caminho alternativo ao bocal de gás, conforme a pressão aumenta acima da pressão pré-determinada. Então, a pressão de gás dentro do circuito de gás quente é mantido num ótimo nível.

O arranque cartucho/pneumático também pode ser operado por um compressor de ar de uma fonte no solo, ou por uma sangria de ar do motor conduzido por um duto da aeronave para a entrada de ar do compressor.

O ar passa pelo interior do anel de um bocal, e é direcionado contra o êmbolo do rotor da turbina pelas palhetas colocadas ao redor do anel. A rotação é então produzida essencialmente da mesma maneira, como a partida a cartucho. Ar comprimido, deixando o rotor da turbina coletado no mesmo anel de descarga, é dire-

cionado para o exterior através do coletor de descarga.

Se a partida for efetuada pelo cartucho ou ar comprimido, alguma força oposta é requerida para manter a velocidade da turbina entre os limites de segurança. Essa força de oposição é fornecida por uma ventoinha de freio aerodinâmico.

A ventoinha é conectada diretamente ao eixo da turbina. Ele é suprido com ar da nacele da aeronave e sua saída é descarregada para fora por um anel de exaustão concêntrico, localizado dentro do anel de descarga da turbina. Gás aquecido ou ar comprimido da descarga e, a saída da ventoinha de freio aerodinâmico, são mantidos separados pelo coletor de escapamento para o exterior.

O eixo da engrenagem é parte da redução de dois estágios, que reduz a velocidade máxima da turbina de aproximadamente 60.000 r.p.m. para uma saída de aproximadamente 4.000 r.p.m. A engrenagem maior gira o conjunto do eixo de saída através de uma embreagem.

A embreagem está situada na área de saída entre o eixo da engrenagem, sobre o qual a engrenagem de acionamento está localizada, e o conjunto do eixo de saída. A embreagem é do tipo uma via; seu propósito é evitar que o motor seja acionado pelo arranque após ele operar sob

sua própria potência. A natureza da embreagem é que esta possa levar o torque somente em uma direção. Então o membro de acionamento pode operar através da embreagem, para entregar o torque total para o motor, pois o membro acionado não pode se tornar o acionador, ainda que voltando na mesma direção. Qualquer tendência para fazê-lo desacoplará a embreagem.

Quando o motor tiver partido e o arranque completado o seu ciclo, somente o conjunto do eixo de saída e a parte externa (acionamento) da embreagem estarão girando. As outras partes do arranque estarão em descanso.

No caso de mal funcionamento ou travamento da embreagem de saída, o motor pode, sem outro dispositivo de segurança, acionar o arranque a uma velocidade acima da projetada “disparo de r.p.m.” do rotor da turbina. Para que isto seja evitado, o arranque é projetado com um desacoplamento para o conjunto do eixo de saída.

Esse conjunto consiste de duas molas pré-carregadas, seções ranhuradas presas juntas por um parafuso de tensão. Uma série de dentes da cremalheira engrenam as seções. Se a falha interna causa ou manifesta um torque excessivo no eixo, os dentes da cremalheira tenderão a separar as duas seções do eixo.

A força de separação é suficiente para cisalhar o parafuso de tensão e desacoplar o arranque completamente. Ambos, parafuso de tensão e eixo, cisalham e desacoplam o arranque, se o torque brusco exceder os limites projetados para seção de cisalhamento do eixo.

Durante partidas pneumáticas, um relé corta o ar comprimido quando a saída tiver chegado a uma velocidade pré-determinada. Isto é cumprido por um sensor de velocidade do motor, que monitora a r.p.m. no bloco de montagem do arranque. O sensor é atuado por um par de contrapesos. Nas velocidades abaixo da de corte do motor, a haste de um atuador pressiona contra uma chave.

Conforme o arranque se aproxima da velocidade de corte, uma força centrífuga criada pela rotação do eixo de saída, causa ao par de contrapesos a compressão da mola, levantando a haste do atuador e abrindo a chave.

A velocidade de corte pode ser regulada pelo ajuste do parafuso que controla a pressão sobre a mola.

O motor de partida (arranque) é lubrificado por um sistema de salpique.

Os distribuidores de óleo, presos na pista de saída da embreagem, retiram o óleo da cuba e o distribuem através do interior do arranque, quando as ranhuras giram.

Uma pequena cuba, constituída na carcaça e acoplada a um tubo de óleo, transporta o óleo para a embreagem de ultrapassagem e outras áreas difíceis de serem atingidas. Como a parte em que os distribuidores de óleo estão fixados está constantemente em rotação, sempre que o arranque tiver completado o seu ciclo, a lubrificação continua enquanto o motor da aeronave estiver em operação.

A cuba de óleo contém um plugue magnético para coletar a contaminação do óleo.

MOTOR DE PARTIDA À COMBUSTÃO DE MISTURA COMBUSTÍVEL/AR

Esse tipo de arranque é usado para partidas, tanto em motores turbojato como turboélice, usando a energia da combustão comum do motor à reação e ar comprimido.

O arranque consiste de uma unidade de força girando a turbina e sistemas auxiliares de combustível, ar e ignição.

A operação deste tipo de arranque é, na maioria das instalações, totalmente automática; a atuação de uma simples chave faz com que o arranque funcione e acelere o motor desde o repouso até a velocidade de corte do arranque.

O arranque a combustão (figura 5-23) é um motor a turbina de gás, que libera a sua potência através de um sistema de engrenagens de redução de alta razão.

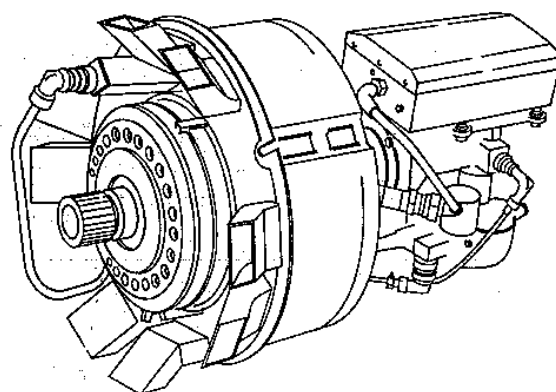


Figura 5-23 Motor de partida a combustão de combustível/ar.

O ar comprimido é normalmente estocado em um cilindro a prova de estilhaçamento, próximo a turbina de combustão a gás.

Esse arranque foi desenvolvido inicialmente para aeronaves de transporte para vôos curtos. Quando ele está instalado, permite partidas rápidas em terminais onde não existe equipamento de solo para partida.

O uso de cilindros de ar comprimido, para girar diretamente um arranque à turbina con-

vencional, está atualmente substituindo os de combustão de misturas combustível/ar.

Normalmente são fornecidos meios de recarga dos cilindros através de uma unidade auxiliar de solo. Este tipo de sistema permite várias partidas com apenas uma garrafa de ar comprimido.

SISTEMAS DE LUBRIFICAÇÃO E REFRIGERAÇÃO

INTRODUÇÃO

O primeiro propósito da lubrificação é reduzir a fricção entre as partes móveis.

Devido o fato dos lubrificantes líquidos (Óleos) poderem circular prontamente, eles são usados, universalmente, em motores aeronáuticos.

O calor excessivo é sempre indesejável, tanto no motor convencional como no motor a reação. Se não houver um meio de controlar o calor, ou eliminá-lo, um grande dano ou falha completa do motor poderá ocorrer.

Em Teoria, a lubrificação fluida é baseada na ação da separação de superfícies, de tal forma que o contato “metal com metal” não ocorra.

Enquanto uma película de óleo permanecer contínua, a fricção metálica é substituída por uma fricção interna no fluido lubrificante. Sob condições ideais, fricção e desgaste são mantidos em um nível mínimo.

Em adição à redução de atrito, a película de óleo age como um colchão entre as peças metálicas.

Este efeito de amortecimento é particularmente importante para peças como bielas e eixos de manivelas, – as quais estão sujeitas a cargas de choque. Como o óleo circula através do motor, ele absorve o calor das peças.

Pistões e paredes dos cilindros em motores a explosão (convencionais) são especialmente dependentes do óleo para resfriamento.

O óleo ajuda na formação de um selo entre o pistão e a parede do cilindro, para prevenir vazamentos dos gases da câmara de combustão; além de reduzir o desgaste abrasivo, recolhendo partículas estranhas e levando-as até o filtro, onde são retidas.

REQUISITOS E CARACTERÍSTICAS DOS LUBRIFICANTES PARA MOTORES A EXPLOSÃO (CONVENCIONAIS)

Existem diversas propriedades que um óleo adequado para motores deve possuir, porém a viscosidade é o mais importante para a operação do motor.

A resistência de um óleo para fluir é conhecida como viscosidade. Um óleo que flui vagorosamente é viscoso ou tem alta viscosidade; se flui livremente, este possui baixa viscosidade. Infelizmente, a viscosidade do óleo é afetada pela temperatura.

Não é incomum para alguns tipos de óleo se tornarem sólidos em climas frios. Isso aumenta o arrasto e faz com que a circulação seja quase impossível.

Outros óleos podem se tornar tão “finos” a alta temperatura, que a película de óleo se rompe, resultando em rápido desgaste das partes móveis.

O óleo selecionado para lubrificação de motores aeronáuticos deve ser “fino” o suficiente para circular livremente, e encorpado o bastante para prover uma película de óleo nas temperaturas de operação do motor.

Desde que os lubrificantes variem suas propriedades, e nenhum óleo é satisfatório para todo tipo de motor e condições de operação, é de extrema importância que somente o óleo de grau recomendado seja usado.

Diversos fatores devem ser considerados na determinação do grau do óleo a ser utilizado em um motor. A carga de operação, as rotações e as temperaturas de trabalho são as mais importantes.

As condições de operação, a serem atingidas em vários tipos de motores, determinarão o grau do óleo lubrificante a ser usado.

O óleo usado em motores a explosão (convencionais) tem uma viscosidade relativamente alta, porque:

1. O motor possui grandes folgas no funcionamento, devido a partes móveis de tamanho relativamente grande, diferentes materiais usados e diferentes taxas de expansão térmica desses materiais.
2. Está sujeito a altas temperaturas de operação.
3. Está sujeito a altas pressões nos rolamentos.

As seguintes características dos óleos lubrificantes servem para medir o grau e adequabilidade:

1. **Ponto de vapor e ponto de chama** - São determinados a partir de testes em laboratórios, que mostram a temperatura em que o óleo começa a desprender vapor; e a temperatura em que há suficiente vapor para alimentar uma chama. Esses pontos são estabelecidos para óleos dos motores para determinar se eles suportarão as altas temperaturas.
2. **Ponto de névoa e ponto de fluidez** - Também ajudam a indicar a adequabilidade. O ponto de névoa de um óleo é a temperatura na qual o seu conteúdo parafínico, normalmente mantido em solução, começa a solidificar e separar em microcristais, dando ao óleo uma aparência nebulosa ou enfumaçada. O ponto de fluidez de um óleo é a temperatura mais baixa, em que este fluirá ou poderá ser derramado.
3. **Peso específico** - É a proporção do peso de uma substância pelo peso, de igual volume de água destilada a uma temperatura determinada. Como exemplo, a água pesa aproximadamente 8 libras por galão; um óleo de peso específico 0.9 pesará 7,2 libras por galão.

Geralmente os óleos comerciais de aviação são classificados numericamente como 80,100,140, etc., os quais são uma aproximação das suas viscosidades medidas por um instrumento de teste chamado Viscosímetro Universal de Saybolt. Nesse instrumento um tubo retém uma quantidade específica do óleo a ser testado.

O óleo é colocado na temperatura exata por um banho aquecido em torno do tubo.

O tempo em segundos, requerido para que exatamente 60 cm³ de óleo fluam através de

um acurado orifício calibrado, é anotado como a medida da viscosidade do óleo.

Se os valores de *Saybolt* obtidos fossem usados para designar a viscosidade do óleo, provavelmente existiriam centenas de tipos de óleo.

Para simplificar a seleção de óleos, eles freqüentemente são classificados sob um sistema SAE (*Society of Automotive Engineers*), o qual divide os óleos em sete grupos (SAE 10 a 70), de acordo com a viscosidade a 130°F ou 210°F.

As classificações SAE são puramente arbitrárias, e não possuem relacionamento direto com o de *Saybolt* ou outra classificação.

A letra “W” ocasionalmente é incluída no número SAE, dando uma designação tal como SAE 20W. Essa letra “W” indica que o óleo, por ter atingido os requerimentos de viscosidade nas temperaturas de teste especificadas, é um óleo satisfatório para o uso no inverno (*Winter*) em climas frios.

Embora a escala SAE tenha eliminado alguma confusão nas designações dos óleos lubrificantes, não se deve assumir que essa especificação cubra todos os requisitos de viscosidade importante.

Um número SAE indica somente a viscosidade (grau) ou viscosidade relativa; isso não indica qualidade ou outra característica essencial.

É bem sabido que existem bons óleos, e óleos inferiores, que possuem a mesma viscosidade a dadas temperaturas e, desta forma, estão sujeitos à classificação no mesmo grau.

– As letras “SAE” em uma lata de óleo não são um endosso, ou recomendação de um óleo, pela “*Society of Automotive Engineers*”.

Número da Aviação Comercial	Número SAE Comercial	Número da Especificação Militar
65	30	1065
80	40	1080
100	50	1100
120	60	1120
140	70	

Figura 6-1 - Designação de graus para óleos de aviação

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO DE MOTORES A EXPLOSÃO (CONVENCIONAIS)

Sistemas do tipo cárter seco.

Muitos motores à explosão (convencionais), de aeronaves, possuem sistemas de lubrificação do tipo cárter seco sob pressão.

O suprimento de óleo nesse tipo de sistema é mantido em um tanque.

Uma bomba de pressão circula o óleo através do motor; enquanto que as de sucção o retornam ao tanque.

A necessidade de um tanque de suprimento separado é evidente quando se considera as complicações que resultariam em uma larga quantidade de óleo, sendo mantida no cárter do motor. Em aeronaves multimotoras, cada motor é suprido com óleo pelo seu completo e independente sistema.

Embora o arranjo do sistema de óleo em diferentes aeronaves varie grandemente; e as unidades das quais esses sistemas são compostos diferem em detalhes de construção, as funções de todos esses sistemas são as mesmas. Um estudo irá esclarecer a operação, em geral, assim como os requerimentos de manutenção de outros sistemas.

Os principais componentes em um sistema do tipo cárter seco em um motor à explosão incluem um tanque de suprimento de óleo, uma bomba de óleo do motor, um radiador de óleo, uma válvula de controle de óleo, um atuador para controle de ar para o radiador de óleo, uma válvula de corte na parede de fogo, tubulação necessária e indicadores de quantidade, pressão e temperatura.

A maioria desses componentes é mostrada na figura 6-2.

Tanques de óleo

Os tanques de óleo são geralmente construídos de liga de alumínio.

O tanque de óleo usualmente é colocado próximo ao motor, e alto o bastante, acima da bomba de óleo, para lhe garantir alimentação por gravidade.

A capacidade do tanque de óleo varia com os diferentes tipos de aeronaves, mas geralmente é suficiente para assegurar um adequado suprimento de óleo pelo total de combustível fornecido.

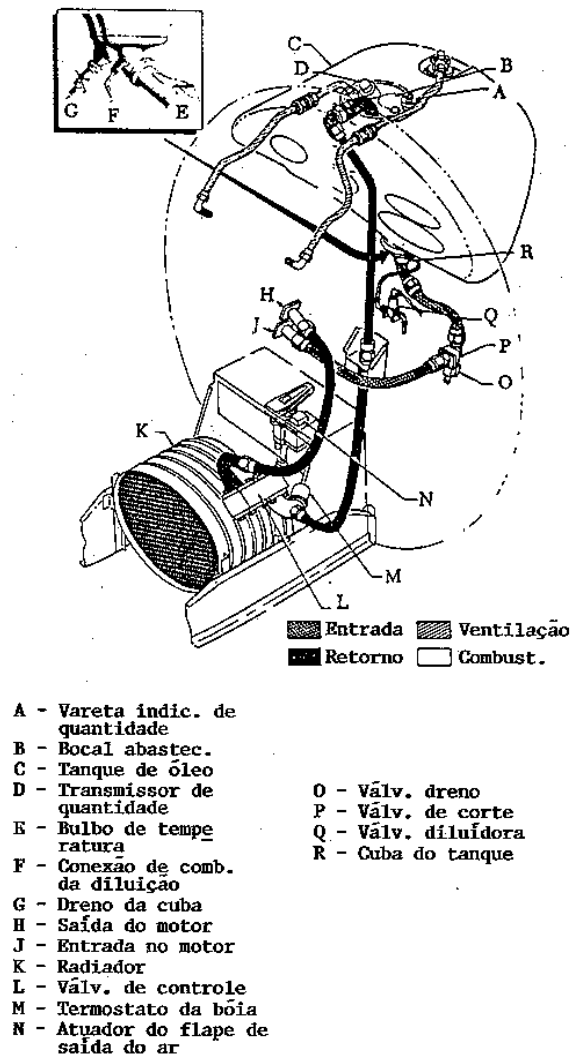


Figura 6-2 Sistema típico de lubrificação.

O tubo do bocal de abastecimento é posicionado para prover espaço suficiente à expansão do óleo e à espuma formada. A tampa de abastecimento, ou carenagem, é marcada com a palavra "Oil" e a capacidade do tanque. Um dreno na área do bocal elimina qualquer sobrefluxo causado durante a operação de abastecimento.

Linhas de ventilação do tanque de óleo são instaladas para garantir uma ventilação apropriada no tanque, em todas as atitudes de vôo. Essas linhas usualmente são conectadas ao cárter do motor para prevenir a perda de óleo através da ventilação. Isso indiretamente ventila o tanque para a atmosfera através do suspiro do cárter.

Alguns tanques de óleo possuem um "tubo interno" (Figura 6-3), ou turbilhonador acelerador de temperatura, que se estende desde a conexão de retorno de óleo no topo do tanque até a conexão de saída no coletor na base do tanque.

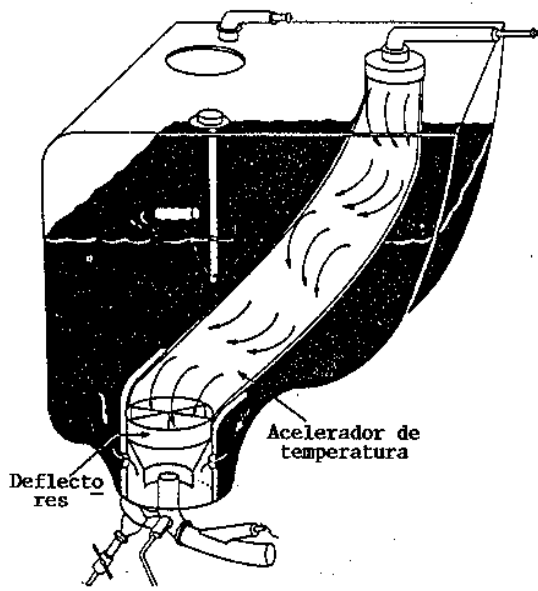


Figura 6-3 Tanque de óleo com turbilhonador.

Em alguns sistemas, o “tubo interno” é aberto para o suprimento principal de óleo na extremidade inferior; outro sistema tem válvulas do tipo “flapper” que separam o suprimento principal de óleo do óleo que está no tubo acelerador de temperatura.

A abertura na parte de baixo do tubo acelerador em um tipo, e as aberturas das válvulas tipo “flapper” no outro tipo, permitem que o óleo do tanque principal entre no tubo e reponha o óleo consumido pelo motor. Toda vez que o “tanque funil” incorpora as aberturas do tipo “flapper”, as válvulas são operadas por diferencial de pressão de óleo.

Devido o óleo que está circulando estar separado daqueles que envolvem o tubo no tanque, menos óleo é circulado; acelerando o aquecimento deste quando o motor é acionado. O tubo acelerador de temperatura também faz de maneira prática a diluição do óleo, porque somente uma pequena quantidade terá de ser diluído. Quando é necessário diluir o óleo, gasolina é adicionada em algum ponto da linha de entrada no motor, onde é misturada com o óleo em circulação.

A linha de retorno na parte superior do tanque é posicionada para descarregar o óleo de retorno próximo a parede do tubo interno, em um movimento circular. Esse método reduz consideravelmente a espumação.

Deflectores na parte de baixo do tanque anulam a ação de movimento circular, para prevenir a sucção de ar na linha de alimentação das bombas de pressão de óleo. No caso de hélices controladas por pressão de óleo, a principal saída do tanque pode ser em forma de um tubo ver-

tical, pois assim haverá sempre uma reserva de óleo para o embandeiramento da hélice em caso de falha do motor.

Um coletor de óleo do tanque, fixado na superfície inferior do tanque, age como um captador de sedimentos e condensação (figura 6-2). A água e os resíduos podem ser drenados manualmente, abrindo a válvula de dreno na parte inferior do coletor.

Muitos sistemas de óleo de aeronaves são equipados com medidores de quantidade tipo vareta, freqüentemente chamados medidor baioneta. Alguns sistemas também têm um sistema de indicação de quantidade de óleo, que mostra a quantidade de lubrificante durante o voo.

Um tipo de sistema consiste essencialmente de um braço e uma bóia, que verificam o nível de óleo, e atuam um transmissor elétrico no topo do tanque. O transmissor é conectado a um indicador de painel, o qual indica a quantidade de óleo em galões.

Bomba de óleo

O óleo que entra no motor é pressurizado, filtrado e regulado por componentes dentro do motor. Esses componentes serão discutidos durante a exposição do sistema externo, para prover um conceito do sistema de óleo completo.

Assim que o óleo entra no motor (figura 6-4), ele é pressurizado por uma bomba de descarga positiva, consistindo de duas engrenagens combinadas que giram dentro de uma caixa. A folga entre os dentes e a caixa é pequena. A entrada da bomba é localizada na esquerda; e a conexão de descarga é conectada na linha de pressão do sistema do motor. Uma engrenagem é ligada a um eixo acionador que se estende da caixa da bomba até um eixo de acionamento de acessórios do motor.

Retentores são usados para prevenir vazamento em torno do eixo de acionamento. Como a engrenagem inferior é girada no sentido anti-horário, a engrenagem acionada gira no sentido horário.

Assim que o óleo entra na câmara da engrenagem, ele é colhido pelos dentes da engrenagem, aprisionado entre eles e os lados da câmara, é levado pelo lado externo e descarregado na saída de pressão pela tela de passagem de óleo.

O óleo sob pressão flui para o filtro, onde quaisquer partículas sólidas suspensas são separadas dele, prevenindo possíveis danos às partes móveis do motor. O óleo sob pressão, então, abre a válvula unidirecional do filtro montada na parte superior. Essa válvula é fechada por uma leve pressão de mola, de 1 a 3 libras, quando o motor não está operando para prevenir e alimentar o motor de óleo por gravidade, e este se assenta nos cilindros inferiores de motores radiais.

Se ao óleo fosse permitido cair nos cilindros inferiores, ele iria gradualmente passando pelos anéis do pistão, e enchendo a câmara de combustão, contribuindo para uma possível trava hidráulica.

A válvula de desvio (*By-Pass*), localizada entre a saída de pressão da bomba de óleo e o filtro, permite que o óleo não filtrado suplante o filtro e entre no motor, no caso do filtro de óleo estar obstruído, ou durante uma partida com o motor muito frio.

A pressão de mola na válvula de desvio permite sua abertura antes que a pressão de óleo danifique o filtro; em caso de óleo frio, ele encontra uma via de baixa resistência em torno do filtro. Isso significa que óleo sujo em um motor é melhor que não ter nenhuma lubrificação presente.

Filtros de óleo

Os filtros de óleo usados em motores de aeronaves são usualmente um destes três tipos: tela, cunho ou labirinto de ar.

Um filtro tipo tela (figura 6-4) com sua construção em parede dupla, provê uma grande área de filtragem em uma unidade bem compacta.

Assim que o óleo passa através da tela de malha fina, materiais estranhos são removidos e assentados na base da carcaça. Em intervalos regulares, a tampa é retirada; e a tela e a carcaça são limpas com solvente.

O filtro de óleo do tipo “cuno” tem um cartucho feito de discos e espaçadores. Uma lâmina limpadora é posicionada entre cada par de discos; as lâminas limpadoras são estacionárias, mas os discos giram quando o eixo é acionado.

O óleo vindo da bomba entra na caixa que envolve o cartucho, passando através dos espaços entre os discos e o cartucho com folga mínima, atravessando o centro da cavidade e indo para o motor.

Quaisquer partículas estranhas no óleo são depositadas na superfície mais externa do cartucho.

Quando o cartucho é girado, as lâminas limpadoras retiram materiais estranhos dos discos. O cartucho de um filtro “cuno” operado manualmente é girado por uma manete externa. Filtros “cuno” automáticos têm um motor hidráulico montado dentro do cabeçote do filtro. Esse motor, operado pela pressão do óleo, gira o cartucho sempre que o motor está funcionando. Há uma porca de giro manual no filtro “cuno” automático para girar o cartucho durante as inspeções.

O filtro de labirinto de ar contém uma série de telas circulares de malha fina montadas em um eixo.

O óleo vindo da bomba entra na caixa, circunda as telas e então passa através delas e do eixo antes de entrar no motor.

Os depósitos de carbono, que são coletados nas telas, acabam por melhorar a sua eficiência de filtragem.

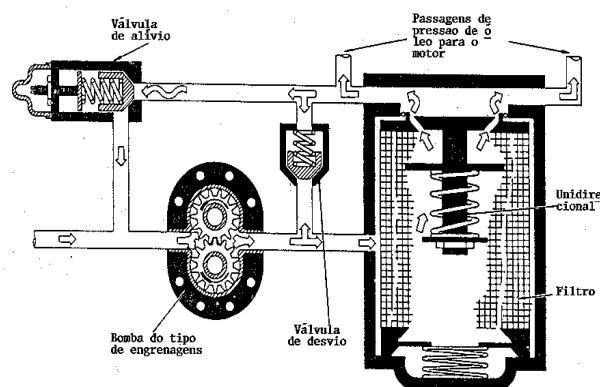


Figura 6-4 Bomba de óleo do motor e unidades associadas.

Válvula de alívio de pressão de óleo

Uma válvula de alívio de pressão de óleo (figura 6-4), limita a pressão de óleo a um valor pré-determinado, dependendo da instalação.

A pressão de óleo deve ser suficientemente alta, para assegurar lubrificação adequada do motor e de seus acessórios a altas rotações e potências.

Por outro lado, a pressão não pode ser tão alta, pois ocorreriam vazamentos e danos ao sistema de óleo.

A pressão de óleo é ajustada, removendo uma tampa de proteção, afrouxando a porca cônica e apertando o parafuso de ajuste.

Na maioria dos motores de aeronaves, girando o parafuso no sentido horário, aumenta-se a tensão na mola que segura a válvula de alívio em sua sede, aumentando, assim, a pressão de óleo. Girando-se o parafuso no sentido anti-horário, reduz-se a tensão da mola, abaixando a pressão.

O procedimento exato para ajustar a pressão de óleo, e os fatores que irão variar no ajuste de pressão, estão incluídos nas instruções aplicáveis do fabricante.

Indicador de pressão de óleo

Usualmente, o indicador de pressão de óleo mostra a pressão quando o óleo entra no motor, vindo da bomba.

Esse indicador avisa uma possível falha de motor causada por uma perda no suprimento de óleo, falha da bomba, queima de rolamentos, ruptura de linhas de óleo, ou outras causas que podem ser indicadas pela perda de pressão de óleo.

Um tipo de indicador de pressão de óleo usa um mecanismo de tubo de *Bourdon*, que mede a diferença entre a pressão de óleo e a pressão da cabine (atmosférica).

Esse indicador é construído da mesma forma que outro manômetro do tipo *Bourdon*, exceto por uma restrição feita dentro da caixa do instrumento, ou na conexão que direciona o óleo ao tubo de *Bourdon*. Essa restrição previne que a ação de oscilação da bomba danifique o indicador, ou faça que o ponteiro oscile violentamente a cada pulsação de pressão.

O indicador de pressão de óleo tem uma escala de zero a 200 ou de zero a 300 psi. As marcações da escala de operação são colocadas no vidro ou na face do indicador, para indicar um limite seguro de pressão para uma dada instalação.

Um indicador de pressão de óleo do tipo duplo está disponível para uso em aeronaves multimotoras.

O indicador duplo contém dois tubos de *Bourdon*, colocados em uma caixa de instrumentos padrão, e um tubo sendo usado para cada motor. As conexões vão da parte traseira da caixa de instrumentos até cada motor.

Há uma montagem comum, mas as partes móveis funcionam independentemente. Em algumas instalações, a linha dirigida do motor ao indicador de pressão é preenchida com óleo fino. Desde que a viscosidade desse óleo não

varie muito com mudanças de temperatura, o indicador responderá melhor as mudanças na pressão de óleo.

Com o tempo, o óleo do motor irá misturar-se com algum óleo fino na linha do transmissor, e durante o clima frio, a mistura mais espessa causará um retardo nas leituras do instrumento. Para corrigir essa condição, a linha do indicador deve ser desconectada, drenada e reabastecida com novo óleo fino.

A tendência futura é em direção a transmissores e indicadores elétricos, para sistemas de indicação de pressão de óleo e combustível em toda as aeronave. Nesse tipo de sistema de indicação, a pressão do óleo a ser medido é aplicada na entrada do transmissor elétrico, onde é conduzida a um diafragma por um tubo capilar. O movimento produzido pela expansão e contração do diafragma é ampliado através de um arranjo de braço e engrenagem. A engrenagem varia o valor elétrico do circuito de indicação, o qual por sua vez, é refletido no indicador na cabine de comando. Esse tipo de sistema de indicação substitui longas linhas de tubos cheios de fluido, por fios praticamente sem peso.

Quando o óleo em circulação executou sua função de lubrificar e resfriar as partes móveis do motor, ele é drenado em coletores nas partes mais baixas do motor. Óleo recebido nesses coletores é recolhido por bombas de recalque, do tipo engrenagem, tão rapidamente quanto ele se acumula. Essas bombas têm maior capacidade que a bomba de pressão. Em motor de cárter seco, esse óleo deixa o motor e passa através do regulador de temperatura, e retorna ao tanque de suprimento.

Regulador de temperatura de óleo

Como visto previamente, a viscosidade do óleo varia com sua temperatura. Desde que a viscosidade afete suas propriedades de lubrificação, a temperatura na qual o óleo entra no motor tem que ser mantida dentro de certos limites.

Geralmente, o óleo ao deixar o motor tem de ser resfriado antes de voltar a circular. Obviamente, a quantidade de resfriamento deve ser controlada, já que o óleo tem que retornar ao motor com a temperatura correta.

O regulador de temperatura de óleo, localizado na linha de retorno para o tanque, provê esse resfriamento controlado. Como o nome já diz, essa unidade regula a temperatura, resfri-

ando o óleo ou passando-o para o tanque sem resfriamento, dependendo da temperatura na qual o óleo sai do motor.

O regulador consiste de duas partes principais: um radiador e uma válvula de controle de óleo (veja figura 6-2). O radiador transfere o calor do óleo para o ar, enquanto a válvula de controle regula o fluxo de óleo através do radiador.

Indicador de temperatura de óleo

Em sistemas de lubrificação de cárter seco, o sensor de temperatura de óleo pode estar em qualquer posição da linha de entrada de entre o tanque e o motor.

Sistemas de óleo para motores de cárter cheio tem o sensor de temperatura onde se possa sentir a temperatura do óleo após ter passado pelo radiador. Em qualquer sistema, o sensor é devidamente localizado, para medir a temperatura do óleo antes de entrar na seção quente do motor.

Um indicador de temperatura na cabine de comando é conectado ao sensor de temperatura através de terminais elétricos. A temperatura do óleo será mostrada no indicador. Qualquer falha do sistema de arrefecimento de óleo aparecerá como uma leitura anormal.

O fluxo de óleo no sistema mostrado na figura 6-2 pode ser seguido a partir da conexão de saída de óleo do tanque. As unidades seguintes, através das quais o óleo deve fluir para atingir o motor, são a válvula de dreno e a válvula de corte da parede de fogo.

A válvula de dreno nessa instalação é uma válvula manual de duas posições. Ela é localizada na parte mais baixa da linha de entrada de óleo para o motor, para permitir uma completa drenagem do tanque e suas linhas de abastecimento.

A válvula de corte da “Parede de Fogo” é acionada por motor elétrico, e instalada na linha de entrada de óleo na parede de fogo da nacele. Essa válvula corta a alimentação de óleo quando há fogo, quando há ruptura na linha de fornecimento de óleo, ou quando um serviço de manutenção executado requer que o óleo seja estancado. Em algumas aeronaves, as válvulas de corte para o sistema de óleo, sistema de combustível e sistema hidráulico são controladas por um único interruptor de ligações; outros sistemas utilizam interruptores de controle separados para cada válvula.

Radiador de óleo

O Radiador (figura 6-5), de formato cilíndrico ou elíptico, consiste de um núcleo dentro de uma camisa de parede dupla.

O núcleo é feito de tubos de cobre ou alumínio, com as terminações do tubo criando um formato hexagonal e se agrupando em um efeito colméia, mostrado na figura 6-5.

As pontas dos tubos de cobre são soldadas, enquanto os tubos de alumínio são soldados com latão ou mecanicamente unidos. Os tubos apenas se tocam nas pontas, existindo assim, um espaço entre eles por toda a extensão do comprimento. Isso permite que o óleo flua

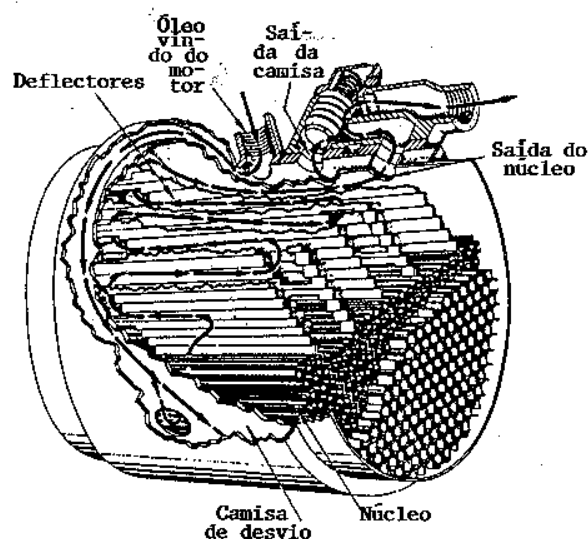


Figura 6-5 Radiador de óleo.

através dos espaços entre os tubos, enquanto o ar de resfriamento passa.

O espaço entre as camisas interna e externa é conhecido como jaqueta anular ou de desvio.

Duas vias são abertas para o fluxo de óleo através do radiador. Vindo da tomada de entrada, o óleo pode fluir a metade do cominho em torno da jaqueta de desvio, entrar no núcleo vindo de baixo, e então passar através dos espaços entre os tubos e sair para o tanque de óleo.

Essa é a via que o óleo segue quando está quente o bastante para requerer resfriamento. Uma vez que o óleo flui através do núcleo, ele é guiado por difusores, os quais forçam o óleo a trafegar para frente e para trás diversas vezes antes de atingir a saída do núcleo.

O óleo pode também, vindo da entrada, passar totalmente em volta da jaqueta de desvio para a saída, sem passar através do núcleo. O óleo segue essa rota de desvio quando está frio

ou quando o núcleo está bloqueado com óleo espesso demais.

Válvula de controle de fluxo

A válvula de controle de fluxo determina qual das vias de óleo será tomada em direção ao radiador.

Há duas aberturas na válvula de controle de fluxo, as quais se conectam nas saídas correspondentes no topo do radiador.

Quando o óleo está frio, uma cápsula dentro da válvula contrai e a levanta de sua sede. Sob esta condição, o óleo que entra no radiador tem a escolha de duas saídas e duas vias de acesso.

Seguindo a via de menor resistência, o óleo flui em torno da jaqueta, e sai pela válvula termostática para o tanque.

Isso permite que o óleo se aqueça rapidamente e ao mesmo tempo, aqueça o que está contido no núcleo.

Assim que o óleo se aquece e atinge sua temperatura de operação, a cápsula do termostato se expande e fecha a saída vinda da jaqueta de desvio.

O óleo tem, agora, que passar através do núcleo por uma abertura na base da válvula de controle de fluxo, e sair para o tanque. Não importa que caminho o óleo toma através do radiador, ele sempre flui pela cápsula da válvula termostática.

Válvulas protetoras de sobrepressão

Quando o óleo no sistema está congelado, a bomba de recalque pode criar uma pressão muito alta na linha de retorno.

Para evitar que essa alta pressão venha a explodir o radiador, ou estourar as conexões das mangueiras, algumas aeronaves possuem válvulas protetoras de sobrepressão no sistema de lubrificação do motor.

Um tipo de válvula de sobrepressão (figura 6-6), que está integrada a uma válvula de controle de fluxo, é o tipo mais comum. Embora essa válvula de controle de fluxo seja diferente daquela descrita anteriormente, ela é essencialmente a mesma, exceto pelo dispositivo de proteção de sobrepressão.

A condição de operação em alta pressão é mostrada na figura 6-6, onde a alta pressão de óleo na entrada da válvula de controle forçou a

válvula de sobrepressão (C) e, ao mesmo tempo, fechou a válvula de movimento vertical (E).

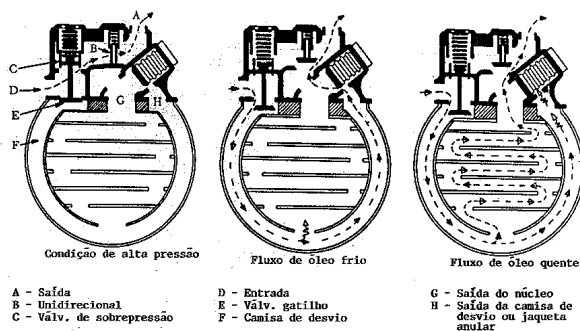


Figura 6-6 Válvula de controle com proteção contra sobrepressão.

A válvula de movimento vertical fechada previne que o óleo entre no circuito de resfriamento; desta maneira, o óleo recalcado passa diretamente para o tanque através da saída (A), sem passar pela jaqueta de desvio ou núcleo do radiador. Quando a pressão cai até um valor seguro, a força da mola força a válvula de sobrepressão e a de movimento vertical para baixo, fechando a de sobrepressão, e abrindo a válvula de movimento vertical (E).

O óleo então passa da entrada da válvula de controle (D) através da válvula de movimento vertical aberta, e pela jaqueta de desvio pela tomada (H), ou através do núcleo pela tomada (G). A válvula unidirecional (B) abre para permitir que o óleo atinja a linha de retorno do tanque.

Controles de fluxo de ar

Pela regulação do fluxo de ar que passa pelo radiador, a temperatura do óleo pode ser controlada para adequar as diversas condições de operação. Por exemplo, o óleo atingirá a temperatura de operação mais rapidamente se o fluxo de ar for cortado durante o aquecimento do motor.

Há dois métodos geralmente usados: um método emprega janelas instaladas na parte traseira do radiador de óleo; e o outro usa um “flape” no duto de saída de ar.

Em alguns casos, o flape no duto de saída de ar do radiador de óleo é aberto manualmente, e fechado por ligações mecânicas fixadas em uma alavanca na cabine de comando. Frequentemente, o flape é aberto e fechado por um motor elétrico.

Um dos dispositivos mais utilizados para controle automático da temperatura do óleo é o termostato flutuante de controle, que provê controle automático e manual da temperatura de entrada do óleo. Com esse tipo de controle, a porta de saída de ar do radiador é aberta e fechada automaticamente por um atuador operado eletricamente.

A operação automática do atuador é determinada por impulsos elétricos recebidos de um termostato controlador, instalado na tubulação que direciona o óleo do radiador para o tanque de suprimento.

O atuador pode ser operado manualmente por um interruptor de controle da porta de saída de ar do radiador de óleo.

Colocando essa chave nas posições “Aberto” ou “Fechado” num movimento correspondente na porta do radiador. Colocando a chave na posição “Auto” coloca-se o atuador sob controle automático do termostato flutuante de controle (figura 6-7).

O termostato mostrado na figura 6-7 é ajustado para manter uma temperatura normal do óleo, de tal forma que não irá variar mais do que aproximadamente 5 a 8 °C, dependendo da instalação.

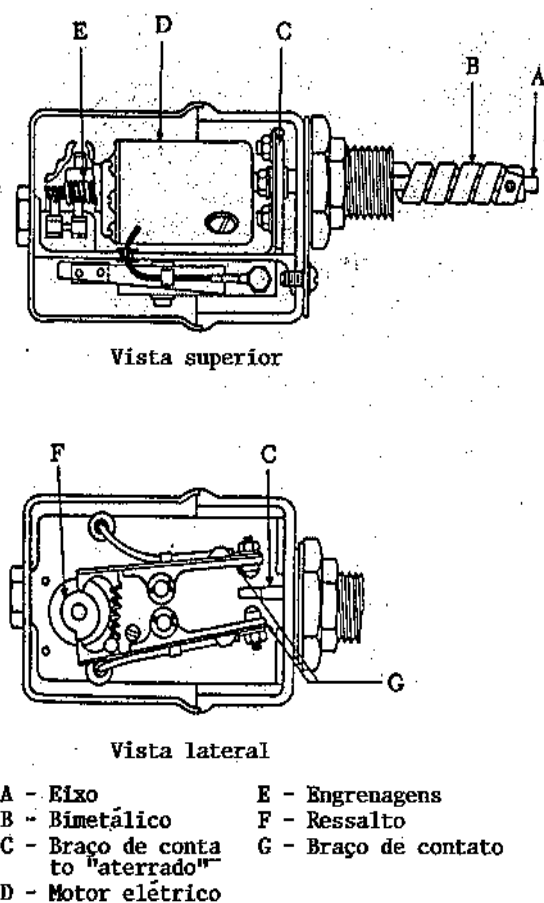


Figura 6-7 Termostato de controle flutuante.

Durante a operação, a temperatura do óleo do motor, que flui sobre o elemento bimetálico (B na figura 6-7), faz com que esse elemento enrole ou desenrole levemente. Esse movimento gira o eixo (A) e o braço central do contato para a “massa”.

Assim que o braço de contato para a massa é girado, ele se move para abrir ou fechar o braço de contato flutuante (G). Os dois braços de contato flutuantes são movidos pelo eixo de cames (F), o qual é acionado continuamente por um motor elétrico (D) através de um jogo de engrenagens.

Quando o braço central de contato para a massa é posicionado pelo elemento bimetálico até que toque um dos braços de controle flutuantes, um circuito elétrico para o motor atuador do flape de saída de ar do radiador é fechado, fazendo com que o atuador opere e posicione o flape de saída de ar do radiador de óleo. Em alguns sistemas de lubrificação, radiadores duplos de ar são usados.

Se o típico sistema de óleo previamente descrito é adaptado para dois radiadores de óleo, o sistema será modificado para incluir um divisor de fluxo, dois radiadores idênticos e reguladores de fluxo, duas portas de saída de ar, um mecanismo de atuação para duas portas e uma conexão “Y”, como mostra a figura 6-8.

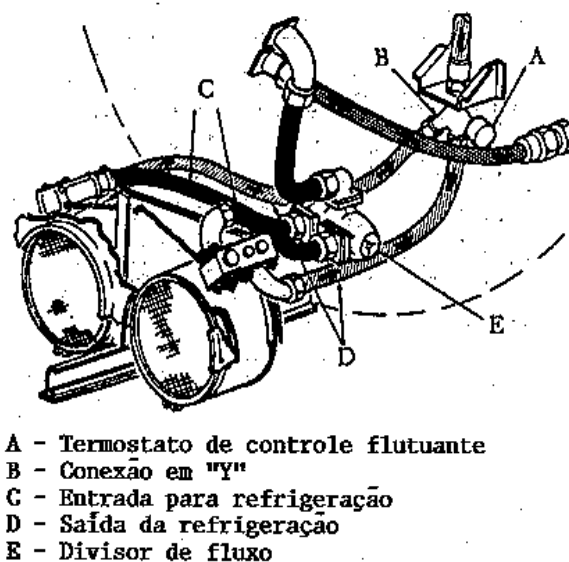


Figura 6-8 Sistema de duplo radiador de óleo.

O óleo retornado do motor é enviado através de um único tubo para o divisor de fluxo (E), onde o fluxo de óleo de retorno é dividido igualmente em dois tubos (C), um para cada radiador. Os radiadores e reguladores têm a mes-

ma construção e operação que os radiadores e reguladores de fluxo descritos anteriormente.

O óleo vindo dos radiadores é direcionado por dois tubos (D) para uma conexão “Y”, onde o termostato flutuante de controle (A) analisa a temperatura do óleo e posiciona as duas portas de saída de ar do radiador pela ação do mecanismo atuador das portas. Vindo da conexão “Y”, o óleo lubrificante retorna ao tanque, onde completa seu circuito.

LUBRIFICAÇÃO INTERNA DOS MOTORES À EXPLOSÃO (CONVENCIONAIS)

O óleo de lubrificação é distribuído a diversas peças móveis, de um típico motor de combustão interna, por um dos seguintes métodos: Pressão, Salpico, ou uma combinação de ambos.

Lubrificação por pressão

Em um sistema típico de lubrificação por pressão (figura 6-9), uma bomba mecânica supre com óleo sob pressão os mancais por todo o motor.

O óleo flui pelo lado de entrada ou sucção da bomba, por uma linha conectada ao tanque em um ponto mais alto que a parede inferior do coletor. Isso evita que sedimentos que caiam no coletor sejam sugados para a bomba. A bomba força o óleo para o captador, que o distribui através de passagens perfuradas para os mancais do eixo de manivelas e outros mancais por todo motor.

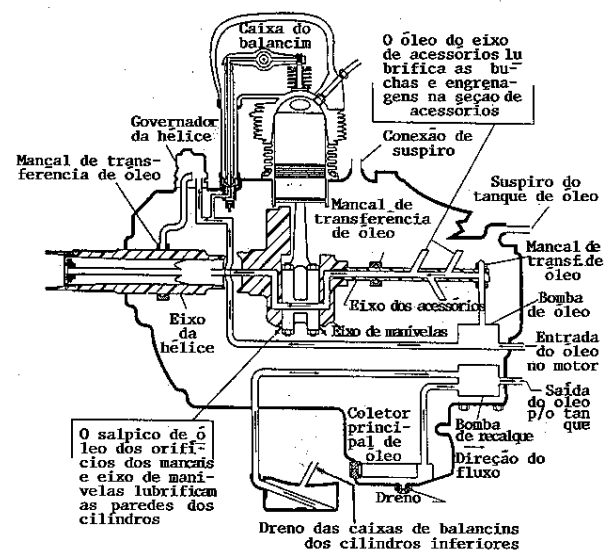


Figura 6-9 Esquema de um sistema de lubrificação por pressão de cárter seco.

O óleo flui dos mancais principais através de orifícios no eixo de manivelas para os mancais inferiores das bielas. Cada um desses orifícios (pelos quais o óleo é alimentado) está localizado de tal maneira que a pressão no mancal naquele ponto seja a menor possível.

O óleo atinge o eixo de ressalto (em um motor em linha ou cilindros opostos) ou um anel ou tambor de ressalto (em um motor radial) através de uma conexão com o mancal final, ou o captador de óleo principal; o óleo então flui para os diversos ressalto e mancais dos eixos, placas ou tambores de ressalto.

As superfícies dos cilindros do motor recebem óleo por salpico do eixo de manivelas, e também dos mancais do pino munhão.

Desde que o óleo escape vagarosamente através das pequenas folgas do pino munhão antes de ser salpicado nas paredes do cilindro, um tempo considerável é requerido para que óleo suficiente atinja as paredes do cilindro, especialmente em dias frios, quando o fluxo de óleo é mais vagaroso.

Essa é uma das razões básicas para se diluir o óleo do motor com gasolina para partidas em tempo frio.

Combinação de lubrificação por pressão e salpico

O sistema de lubrificação por pressão é o principal método de lubrificação de motores de aeronaves.

Lubrificação por salpico pode ser usada em adição à lubrificação por pressão em motores de aeronaves, mas nunca usado por si só; por essa razão, os sistemas de lubrificação de motores de avião são sempre do tipo pressão, ou uma combinação de salpico e pressão; usualmente este último.

As vantagens de lubrificação por pressão são:

1. Introdução positiva de óleo para os mancais;
2. Efeito de resfriamento causado pela grande quantidade de óleo que pode ser circulada através do mancal;
3. Lubrificação satisfatória em várias atitudes de voo.

Lubrificação com cárter cheio

A forma simples de um sistema de cárter cheio é mostrada na figura 6-10.

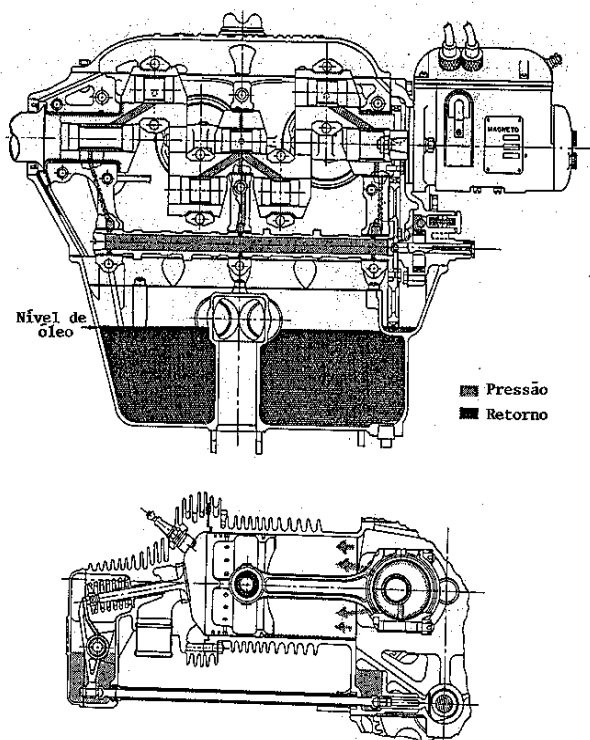


Figura 6-10 Vista esquemática de um típico sistema de lubrificação de cárter molhado.

O sistema consiste de um cárter ou coletor no qual o suprimento de óleo é mantido. O nível (quantidade) de óleo é medido por uma vareta vertical que adentra ao óleo por um furo elevado no topo do bloco.

Na parte inferior do cárter (coletor de óleo) está um filtro de tela tendo uma malha adequada, ou séries de aberturas, para reter partículas indesejáveis do óleo, e ainda passar uma quantidade suficiente para a tomada de sucção da bomba de pressão de óleo.

A rotação da bomba, a qual é acionada pelo motor, faz com que o óleo passe ao redor da parede externa das engrenagens, da maneira ilustrada na figura 6-4. Isso desenvolve uma pressão no sistema de lubrificação do eixo de manivelas (furos de passagem).

A variação na velocidade da bomba, de marcha lenta até potência total da faixa de operação do motor, e a flutuação da viscosidade do óleo devido a mudanças de temperatura, são compensadas pela tensão da mola da válvula de alívio.

A bomba é desenhada para criar uma grande pressão que, provavelmente, será mesmo requerida para compensar o desgaste dos mancais ou redução da viscosidade do óleo. As partes oleadas pela pressão borrifam um jato lubrificante nos conjuntos de cilindro e pistão.

Depois de lubrificar as várias unidades nas quais foi borrifado, o óleo drena de volta ao cárter e o ciclo é então repetido.

As principais desvantagens do sistema de cárter cheio são:

1. O Suprimento de óleo é limitado à capacidade do cárter (coletor de óleo);
2. Provisões para resfriamento do óleo são difíceis de se obter devido o sistema ser uma unidade contida em um espaço limitado;
3. Temperaturas do óleo têm a probabilidade de serem maiores em grandes motores, porque o suprimento de óleo está muito próximo ao motor e é constantemente submetido às temperaturas de operação;
4. O sistema não é prontamente adaptável para voo de dorso, uma vez que todo o suprimento de óleo irá inundar o motor.

PRÁTICAS DE MANUTENÇÃO EM SISTEMAS DE LUBRIFICAÇÃO

As seguintes práticas em sistemas de lubrificação são típicas daquelas executadas em pequenas aeronaves monomotoras. Os sistemas de óleo e componentes são aqueles usados para lubrificar um motor horizontal de seis cilindros opostos, refrigerados a ar e com 225 HP.

O sistema de óleo é do tipo cárter seco, usando um sistema de lubrificação por pressão acionada pelo motor, bombas do tipo engrenagem e deslocamento positivo.

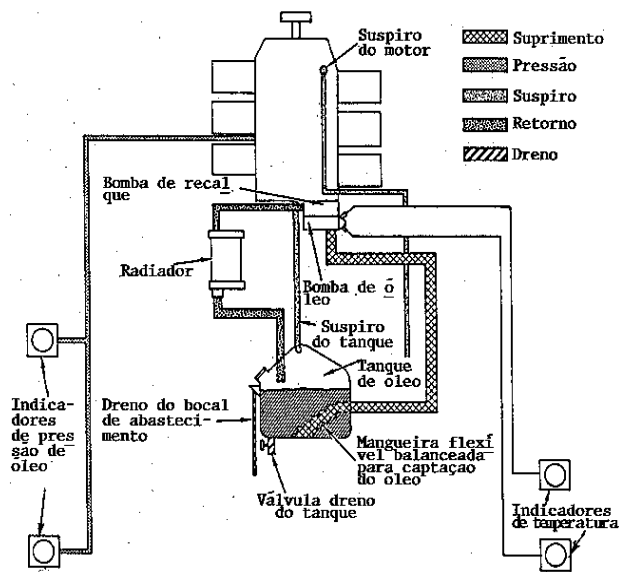


Figura 6-11 Esquema do sistema de óleo.

O sistema (figura 6-11) consiste de um resfriador de óleo (radiador), um tanque de óleo de 3 galões (U.S.), bomba de pressão de óleo e de recalque, e as necessárias linhas de interconexão de óleo.

O óleo vindo do tanque é bombeado para o motor, onde circula sob pressão, e é conectado no radiador e enviado de volta ao tanque.

Um termostato no radiador controla a temperatura do óleo, permitindo que uma parte dele flua através do radiador, enquanto a outra flua diretamente ao tanque de suprimento de óleo.

Esse sistema permite que o óleo quente do motor, com uma temperatura ainda abaixo de 65 °C (150 °F), possa se misturar com o óleo frio que não está em circulação no tanque de suprimento. Isso eleva o suprimento completo de óleo do motor à temperatura de operação em um curto período de tempo.

O tanque de óleo, construído de alumínio soldado, é abastecido através de um bocal de enchimento localizado no tanque e equipado com uma tampa de travamento por tensão de mola.

Dentro do tanque, uma mangueira de borracha flexível e balanceada é instalada, de forma a se reposicionar automaticamente, para assegurar a captação de óleo durante manobras invertidas. Um protetor da vareta de nível é soldado dentro do tanque para proteger a linha flexível de captação de óleo.

Durante um vôo normal, o tanque de óleo é ligado à caixa de engrenagens do motor através de uma linha flexível, instalada na parte superior do tanque.

Entretanto, durante um vôo invertido, esta linha de ventilação é coberta pelo óleo que está no tanque. Por esta razão, um arranjo de uma linha de ventilação secundária e mais uma válvula unidirecional estão incorporadas ao tanque, para este tipo de operação. Durante a inversão, quando o ar dentro do tanque atinge uma determinada pressão, a válvula unidirecional na linha secundária de ventilação se abre, permitindo que o ar escape do tanque. Isto assegura um fluxo ininterrupto de óleo para o motor. A localização dos componentes em relação uns aos outros e o motor são mostrados na figura 6-12.

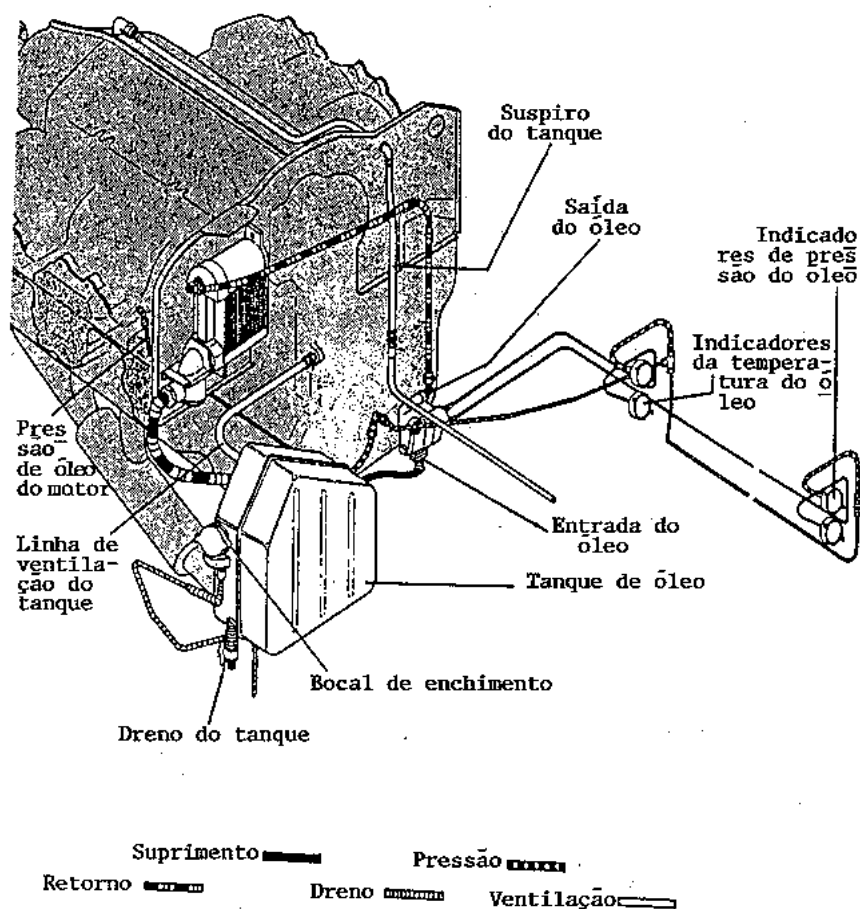


Figura 6-12 Sistema de óleo, em perspectiva.

Tanque de óleo

O reparo em um tanque de óleo normalmente necessita de sua remoção. Os procedimentos de remoção e instalação permanecem os mesmos independentemente do motor, estar ou não, instalado na aeronave.

Primeiramente, o óleo deve ser drenado. A maioria das aeronaves leves possui um dreno de óleo similar ao da figura 6-13. Em algumas aeronaves, a posição normal dela no solo pode impedir a drenagem completa do óleo.

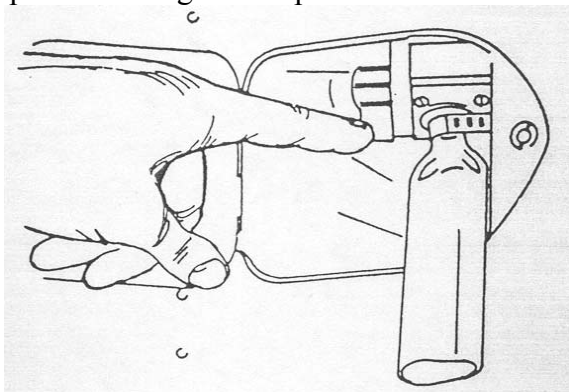


Figura 6-13 Dreno do tanque de óleo

Se a quantidade de óleo que não foi drenado for grande, a parte traseira do tanque pode ser suavemente levantada, após o mesmo ter suas correias de fixação aliviadas, para completar a drenagem.

Depois da drenagem do tanque, as carenagens necessitam ser removidas para se ter acesso a instalação do tanque de óleo.

Depois de desconectar as linhas de entrada e saída (figura 6-14), a mangueira do suspiro e o fio de aterramento do mesmo podem ser retirados.

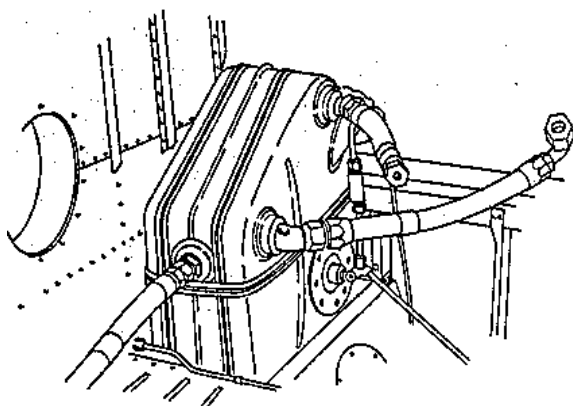


Figura 6-14 Desconexão das linhas de óleo.

Agora as correias de fixação presas ao redor do tanque podem ser removidas, como mostra a figura 6-15. Qualquer freio de segu-

rança deve ser removido antes da trava ser aliviada e a correia desconectada.

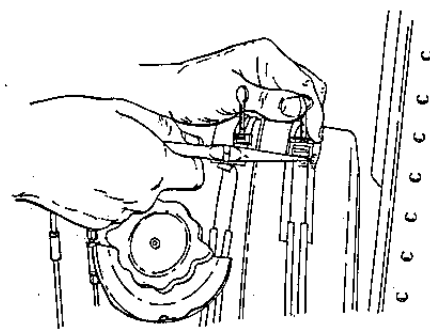


Figura 6-15 Remoção das braçadeiras de segurança.

Finalmente o tanque pode ser removido. O tanque é reinstalado, revertendo-se a sequência usada na remoção do tanque.

Depois da instalação, o tanque de óleo deve ser abastecido, verificando-se sua capacidade (figura 6.16).

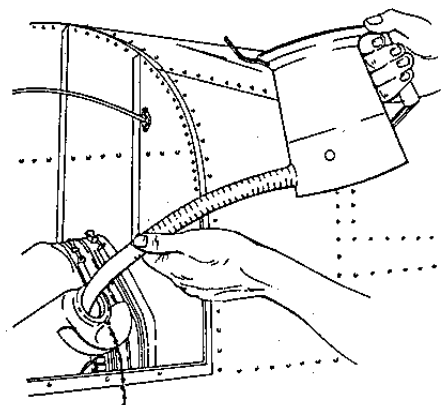


Figura 6-16 Reabastecimento de um tanque de óleo.

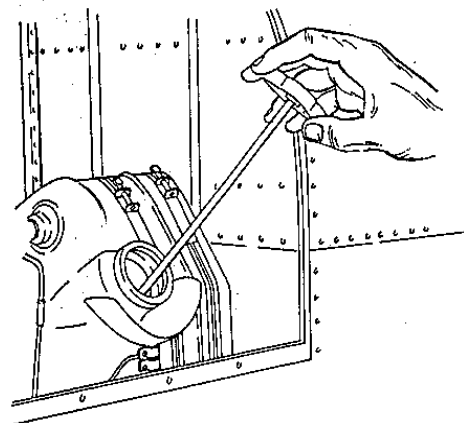


Figura 6-17 Checagem do nível de óleo com a vareta.

Após o abastecimento do tanque de óleo, o motor deve ser acionado por 2 minutos. Então o nível de óleo deve ser verificado

novamente e, se necessário, deve-se adicionar mais óleo para levar o mesmo para o nível correto, mostrado na vareta (figura 6.17).

Radiador de óleo

O radiador de óleo (figura 6-18) usado nessas aeronaves é do tipo colméia.

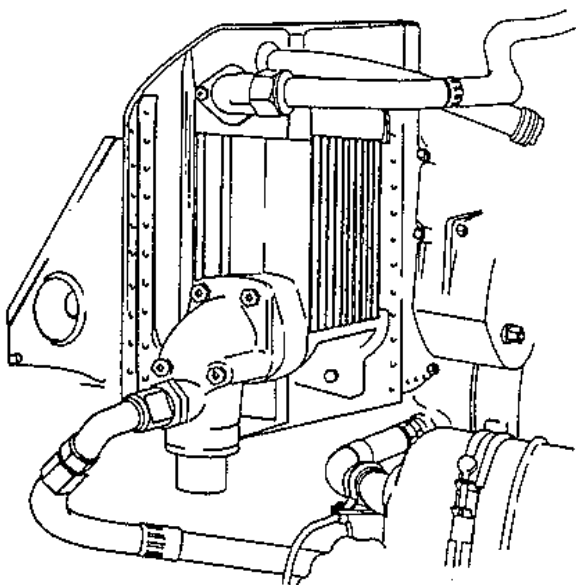


Figura 6-18 Radiador de óleo.

Com o motor em operação e a temperatura do óleo abaixo de 65°C (150°F), uma válvula de desvio abre, permitindo que o óleo desvie do radiador.

Essa válvula começa a fechar quando a temperatura do óleo atinge aproximadamente 65°C 150(°F).

Quando a temperatura do óleo atinge 85°C (185°F) $\pm 2^\circ\text{C}$, a válvula é fechada por completo, fazendo com que todo óleo passe pelo radiador.

Bulbo de temperatura do óleo

A maioria dos bulbos de temperatura do óleo são instalados junto ao filtro da linha de pressão. Eles enviam um sinal que representa a temperatura do óleo ao entrar no motor, para os indicadores de temperatura instalados no painel de instrumentos da aeronave.

Os bulbos de temperatura podem ser substituídos, removendo-se o freio de segurança, retirando o conector elétrico e então removendo o bulbo de temperatura usando uma chave adequada, como mostra a figura 6-19.

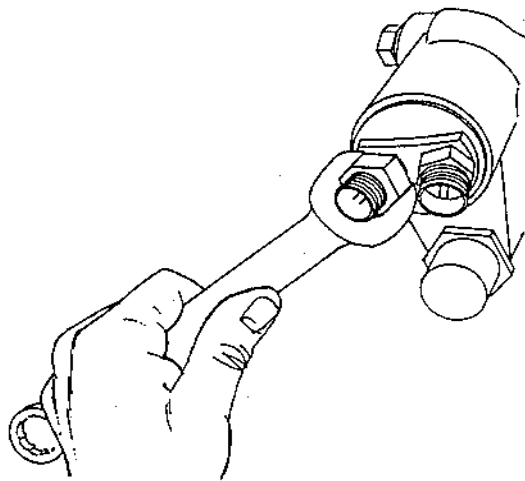


Figura 6-19 Removendo o bulbo de temperatura do óleo.

Filtros de pressão e recuperação de óleo

A sujeira irá se acumular nos filtros de pressão e recuperação (figura 6-20) durante a operação do motor. Esses filtros devem ser removidos, inspecionados e limpos em intervalos especificados pelo fabricante.

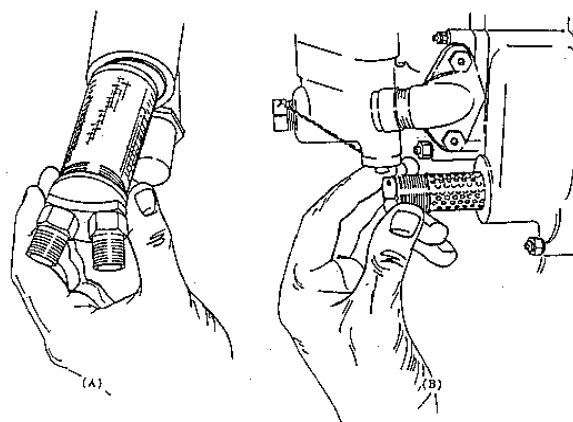


Figura 6-20 A - Filtro da linha de pressão; e B - Filtro de linha de recalque.

Um típico procedimento de remoção inclui a remoção dos dispositivos de segurança e o afrouxamento do alojamento ou cavidade onde está instalado o filtro. Um vasilhame deve ser providenciado para coletar o óleo que será drenado na remoção do filtro, ele deve estar limpo para que se verifique a presença de partículas estranhas.

Qualquer contaminação já existente no vasilhame induzirá a uma falsa indicação da condição do motor. Isto poderia resultar numa remoção prematura.

Após a remoção dos filtros, eles devem ser inspecionados quanto à contaminação e à presença de partículas metálicas, que possam indicar uma falha interna do motor. O filtro deve estar limpo antes de sua reinstalação.

Em alguns casos é necessário desmontar o filtro para inspeção e limpeza. Os procedimentos do fabricante devem ser seguidos; a partir da remoção e instalação do conjunto do filtro.

Quando se reinstala um filtro, usam-se anéis retentores e juntas novas, apertando-se as porcas de fixação do alojamento ou cavidade do filtro, de acordo com o torque especificado no manual de manutenção. Os filtros devem ser devidamente frenados.

Válvula de alívio de pressão do óleo

Uma válvula de alívio de pressão mantém a pressão de óleo em valores especificados pelo manual do fabricante do motor.

Os valores de pressão de óleo variam de 35 PSI a 90 PSI, dependendo da instalação. A pressão de óleo deve ser suficientemente alta para assegurar uma lubrificação adequada ao motor e acessórios, quando em alta rotação (motor).

Por outro lado, a pressão não pode ser excessivamente alta, pois vazamentos e danos podem ocorrer ao sistema.

A pressão de óleo é ajustada removendo-se a tampa do parafuso de ajuste, afrouxando a trava e girando o parafuso de ajuste (veja a figura 6-21).

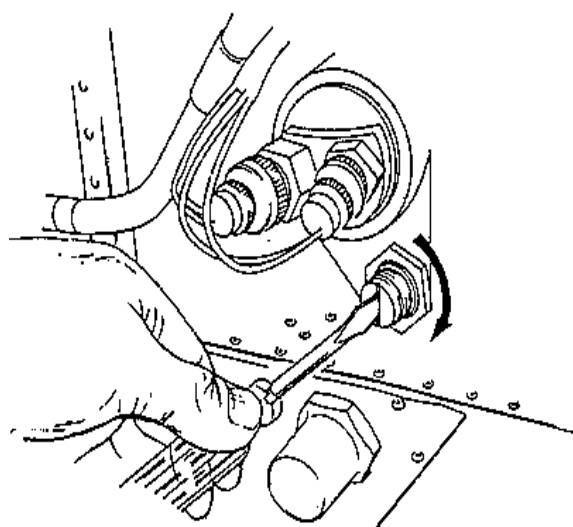


Figura 6-21 Ajustando a válvula de pressão do óleo.

Gira-se o parafuso de ajuste no sentido horário para aumentar a pressão, ou no sentido anti-horário para diminuí-la. Os ajustes de pressão são feitos enquanto os motores estiverem em marcha lenta; e aperta-se a porca de travamento após cada ajuste.

Verifica-se o instrumento de pressão do óleo enquanto o motor está em funcionamento a uma determinada RPM, especificada pelo manual de manutenção. Este valor pode variar de 1900 RPM a 2300 RPM. O valor da pressão de óleo deve estar dentro dos valores especificados pelo fabricante.

Drenagem do óleo

O óleo, em uso, é constantemente exposto a várias substâncias prejudiciais, que reduzem sua capacidade de proteger partes móveis.

Os principais contaminantes são:

1. Gasolina
2. Água
3. Ácidos
4. Sujeira
5. Carbono
6. Partículas magnéticas

Por causa do acúmulo dessas substâncias prejudiciais, a prática mais comum é drenar todo o sistema de lubrificação em intervalos regulares, e reabastecê-lo com óleo novo. O tempo entre cada troca de óleo varia com cada fabricante, modelo de aeronave e combinação de motor.

Pesquisa de problemas no sistema de óleo

As principais causas de mau funcionamento e suas respectivas ações corretivas, listadas na tabela 9, constituem um guia para pesquisa de problemas no sistema de lubrificação.

O propósito desta tabela é apresentar os problemas mais típicos no sistema de lubrificação, e não o de dizer que esses problemas são exatamente iguais em todas as aeronaves.

TABELA 9. Procedimentos para pesquisa de problemas no Sistema de Óleo

Problemas	Isolando o Problema	Ação Corretiva
Consumo excessivo de óleo		
Vazamento na linha	Verifique as linhas externas quanto a sinais de vazamento.	Substitua ou repare as linhas defeituosas.
Vazamento pelo selo de um ou mais componentes	Verifique os componentes quanto a vazamentos logo após a operação do motor.	Substitua o componente e/ou selo defeituoso.
Baixo nível de óleo.		Abasteça com o óleo correto.
Rolamento defeituoso ou danificado	Verifique o reservatório e a tela da bomba de pressão quanto a presença de partículas metálicas.	Substitua o motor se forem detectadas partículas metálicas.
Indicação de Pressão de Óleo Alta ou Baixa		
Indicador defeituoso	Verifique o indicador.	Substitua o indicador se o mesmo estiver defeituoso.
Operação indevida da válvula de alívio de pressão	Indicações erradas de pressão, excessivamente, alta ou baixa.	Remova, limpe e inspecione a válvula de alívio.
Fornecimento inadequado de óleo	Verifique a quantidade de óleo.	Abasteça o tanque de óleo.
Óleo contaminado ou diluído.		Drene o motor e o tanque; abasteça o tanque.
Tela obstruída.		Remova e limpe a tela.
Viscosidade do óleo incorreta.	Tenha certeza que o óleo correto esteja sendo usado.	Drene o motor e o tanque; abasteça o tanque.
Ajuste incorreto da válvula de alívio da bomba de pressão de óleo.	Verifique o ajuste da válvula de alívio de pressão.	Faça o ajuste correto da válvula de alívio da bomba de pressão de óleo.
Indicação de Temperatura de Óleo Alta ou Baixa.		
Indicador de temperatura defeituoso.	Verifique o indicador.	Substitua o indicador se defeituoso.
Fornecimento inadequado de óleo.	Verifique a quantidade de óleo.	Abasteça o tanque de óleo.
Óleo contaminado ou diluído.		Drene o motor e o tanque; abasteça o tanque.
Obstrução no tanque de óleo.	Verifique o tanque.	Drene o tanque e remova a obstrução.
Tela obstruída.		Remova e limpe a tela.
Obstrução na passagem do resfriador do óleo.	Verifique se a passagem está obstruída ou deformada.	Substitua o resfriador de óleo se defeituoso.
Formação de Bolhas no Óleo.		
Óleo contaminado ou diluído.		Drene o motor e o tanque; abasteça o tanque.
Nível de óleo no tanque muito alto.	Verifique a quantidade de óleo.	Drene o excesso de óleo do tanque.

EXIGÊNCIAS PARA OS LUBRIFICANTES DE MOTORES A REAÇÃO

Existem vários requisitos para os óleos lubrificantes de motores, mas pelo fato de existir um número menor de partes móveis e a completa ausência de movimento cíclico, os problemas de lubrificação são menos frequentes nos motores a reação que nos motores convencionais.

Pela ausência de movimento cíclico mais o uso de rolamentos do tipo esfera e rolete, o motor a reação usam um óleo lubrificante menos viscoso. Os motores turboélices, embora usem o mesmo tipo de óleo dos motores que equipam um jato, devem usar um óleo com uma viscosidade maior pelo fato de sofrerem um maior esforço sobre os rolamentos. Esforço este produzido pelas engrenagens de redução das hélices.

A viscosidade do óleo dos motores a reação deve ser suficientemente alta para suportar o esforço exigido pelas diferentes cargas a que o motor se submete, e também suficientemente baixa para prover uma boa fluidez do óleo.

O óleo deve ter uma baixa volatilidade para evitar perdas por evaporação em maiores altitudes. Em adição, o mesmo não pode criar bolhas e deve ser, essencialmente, não-destrutivo para os diversos selos de borracha ou sintéticos existentes no sistema de lubrificação. Com relação aos rolamentos de antifricção, o óleo tem de manter a formação de carbono e verniz no mínimo possível.

Os vários requisitos exigidos para os óleos lubrificantes podem ser encontrados nos óleos sintéticos, especialmente desenvolvidos para os motores a reação. O óleo sintético tem duas vantagens principais em relação ao óleo derivado de petróleo, ele tem menos tendência à formação de borra e a evaporar em altas temperaturas, sua principal desvantagem é a tendência a formar bolhas e remover a tinta da superfície que entre em contato com o mesmo.

As superfícies contaminadas com óleo devem ser limpas com um solvente de petróleo o mais rápido possível. O intervalo para troca de óleo dos motores à reação varia largamente de modelo para modelo, dependendo principalmente das condições de temperaturas a que o óleo é exposto pela instalação do conjunto aeronave/configuração do motor. As instruções de aplicabilidade do fabricante devem ser seguidas.

Os óleos sintéticos são fornecidos normalmente em latas de metal com capacidade de $\frac{1}{4}$ de galão ou 1 galão. Embora esse tipo de armazenamento escolhido minimize a contaminação, freqüentemente tem sido necessário filtrar o óleo para remover impurezas, tais como resíduos metálicos, ou selantes, que aparecem como resultado da abertura da lata. Alguns óleos podem conter antioxidantes, aditivos e substâncias que diminuem o seu ponto de fluidez em adição aos materiais sintéticos de base química.

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO DOS MOTORES A REAÇÃO

Os sistemas de lubrificação utilizados nos motores a reação são do tipo cárter molhado ou cárter seco. A maioria dos motores à reação é do tipo de fluxo axial e usam o sistema de cárter seco. Entretanto, alguns motores utilizam a combinação cárter seco e molhado.

Motores que utilizam o sistema de cárter molhado estocam o óleo dentro do próprio motor, enquanto motores que utilizam o sistema de cárter seco utilizam um tanque externo, instalado geralmente no próprio motor ou em um ponto da estrutura próximo ao motor. Para assegurar a temperatura adequada do óleo, o mesmo é direcionado através de um resfriador, que utiliza ar ou o próprio combustível para resfriar o óleo.

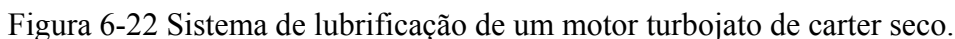
O rolamento da parte final do motor (exaustão) é considerado o ponto de lubrificação mais crítico em um motor à reação, devido a alta temperatura existente naquela região. Em alguns motores o ar é usado, adicionalmente ao óleo, para resfriar os rolamentos do motor. O ar, quando usado, é fornecido pelo compressor principal. Também, algumas rodas de turbinas contêm aletas que forcem o ar de sua parte frontal sobre os discos de turbinas. Os quais, por sua vez, reduzem a radiação de calor para os rolamentos.

O ar sangrado do compressor, como é conhecido, é usado para resfriar áreas do motor; e normalmente é retirado do quarto ou quinto estágio, já que neste ponto o ar possui pressão suficiente, e a temperatura ainda não é tão elevada. O uso de ar, para resfriamento de algumas áreas no motor, elimina a necessidade de se usar resfriadores de óleo em sistemas de lubrificação do tipo cárter molhado. Uma considerável quantidade de calor, que normalmente se faz presente, é dissipada pelo ar de resfriamento, ao invés

Motores que dependem exclusivamente de óleo para resfriamento dos rolamentos necessitam de um resfriador. Quando um resfriador se faz necessário, normalmente uma grande quantidade de óleo é utilizada para manter a circulação entre o resfriador e o motor.

No sistema de lubrificação de motores do tipo cárter seco, o óleo fica em um tanque normalmente montado.

O sistema de caráter seco permite que motores de fluxo axial mantenham seus diâmetros relativamente pequenos, uma vez que o tanque de óleo se encaixa dentro do projeto do motor. As descrições que se seguem incluem a maioria dos componentes encontrados nos vários sistemas de lubrificação de motores. Entretanto, como os sistemas de lubrificação dos motores variam de acordo com os modelos e fabricantes, nem todos os componentes serão necessariamente encontrados num sistema.



Uma vista típica de um tanque de óleo é mostrada na figura 6-23, foi projetado para fornecer óleo constantemente para o motor durante os vários regimes de operação do mesmo e das

A conexão de saída é controlada por um peso, que por sua vez está livre para balançar, abrindo ou não a saída para o óleo. As válvulas unidirecionais, instaladas na divisória, são normalmente abertas; elas se fecham somente quando óleo na parte inferior do tanque tende a correr para a parte superior durante uma desaceleração.

Com isso, o óleo é retido na parte inferior do tanque sendo coletado pela conexão de saída. Um dreno está instalado na parte inferior do tanque.

O sistema de ventilação dentro do tanque, figura 6-23, é arranjado para que o espaço ocupado pelo ar seja aliviado toda vez que o óleo é forçado para a parte superior do tanque pela desaceleração sofrida pela aeronave.

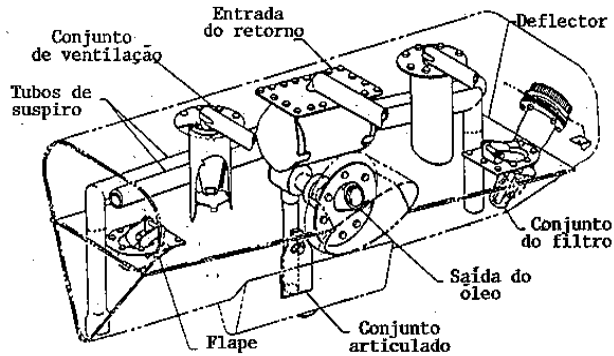


Figura 6-23 Tanque de óleo.

Todos os tanques de óleo são projetados para receber o óleo após sua expansão térmica. Expansão essa causada pela absorção do calor dos rolamentos, engrenagens e o atrito causado pela circulação do mesmo dentro do sistema.

Alguns tanques incorporam um desacelerador, que separa o ar do óleo retornado a parte superior do tanque pelo sistema de recuperação. O ar é enviado para fora pelo sistema de ventilação instalado na parte superior do tanque.

Na maioria dos tanques um aumento na pressão interna é desejado, de modo a assegurar um fluxo positivo para a entrada da bomba de óleo.

Esse aumento de pressão é controlado e mantido por uma válvula de alívio regulada. A válvula é ajustada para manter a pressão no tanque em torno de 4 PSI.

Experiências têm mostrado que existe uma pequena necessidade de se manter o sistema mais diluído. Se a temperatura do ar é extremamente baixa, o óleo pode se tornar mais denso. Por isso alguns motores têm instalado um aquecedor de óleo do tipo imersão.

Bomba de óleo

A bomba de óleo tem a função de fornecer óleo sob pressão para as partes do motor que requerem lubrificação. Muitas bombas de óleo não consistem somente de um elemento de pressão, mas também de elementos de recuperação.

Entretanto, existem algumas bombas que tem uma única função; que é fornecer ou recuperar o óleo.

O número de elementos de pressão e recuperação dependerá do tipo e modelo do motor. Por exemplo, motores de fluxo axial tem um longo eixo rotor, o que representa um número maior de rolamentos para suportá-los. Enquanto motores de fluxo centrífugo não necessitam da mesma quantidade. Por essa razão, os elementos utilizados para as bombas de pressão e recuperação devem ser diferentes em número e capacidade.

Em todos os tipos de bombas o elemento de recuperação tem uma capacidade de bombear, maior que o elemento de pressão, para evitar o acúmulo de óleo nos rolamentos.

As bombas podem ser de vários tipos, cada uma tem suas vantagens e limitações. Os três tipos mais usados de bombas são as de engrenagens, gerotor e pistão, sendo a de engrenagem a mais utilizada. Cada uma dessas bombas tem suas configurações.

Na bomba do tipo engrenagem, ilustrada na figura 6-24, há somente dois elementos, um para pressão e outro para recuperação. Entretanto, alguns tipos de bombas podem ter mais elementos, dois ou mais para o elemento de recuperação e um ou mais para o elemento de pressão.

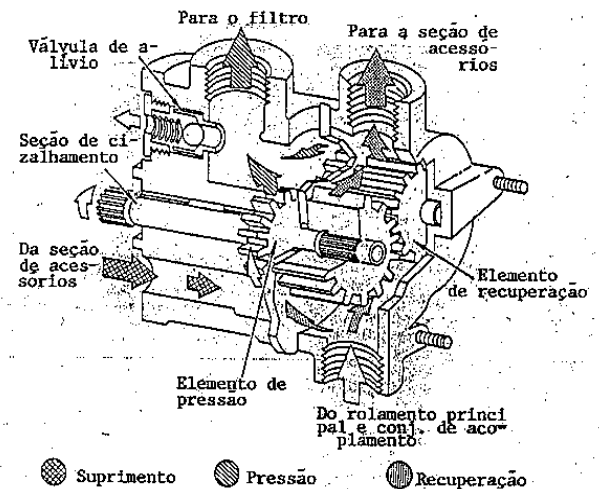


Figura 6-24 Vista em corte de uma bomba de engrenagem.

Uma válvula de alívio na linha de saída da bomba (figura 6-24) limita a pressão de saída a valores pré-determinados, desviando o óleo para a linha de entrada da bomba. A figura também mostra um eixo de proteção contra travamento "shaft shear", que se parte se houver um travamento da bomba.

A bomba do tipo gerotor, tal como a bomba de engrenagem, contém um elemento para a parte de pressão e outro para a parte de recuperação. Os elementos são quase iguais no formato, entretanto a capacidade de cada elemento pode ser alterada, variando-se o tamanho do elemento gerotor.

Por exemplo, o elemento de pressão pode ter uma capacidade de bombeamento de 3,1 gpm (galões por minuto) enquanto o elemento de recuperação tem a capacidade de 4,25 gpm. Conseqüentemente, o elemento de pressão é menor, já que os elementos são todos movidos pelo mesmo eixo. A pressão é determinada pela rpm do motor, sendo que, com o motor em marcha lenta (*idle*), a pressão é mínima; e com o motor com potência de decolagem a pressão é máxima.

Um conjunto gerotor típico é mostrado na figura 6-25. Cada elemento do conjunto é separado por um prato de aço, fazendo de cada elemento uma unidade individual de bombeamento.

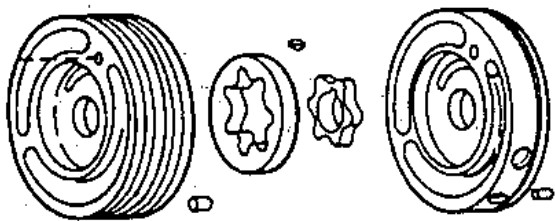


Figura 6-25 Elemento de uma bomba tipo gerotor.

O elemento interno, que é menor, tem a forma de estrela e possui lobos externos que se casam com os lobos internos do elemento externo da bomba. O elemento menor é ligado ao eixo da bomba e atua como uma fonte de força para o elemento externo que gira livremente. O elemento externo acopla dentro de um prato de aço que contém um furo excêntrico. Em um modelo de motor, a bomba de óleo tem quatro elementos, sendo um para pressão e três para recuperação. Em outros modelos a bomba tem seis elementos, sendo um para pressão e cinco para recuperação. Cada alojamento de óleo possui fluxo, desde de que o eixo do motor esteja girando.

A bomba de lubrificação do tipo pistão é do tipo de êmbolos múltiplos. A saída de cada pistão forma um jato de lubrificação independente. O óleo drenado dos pontos de lubrificação é recuperado por um elemento da bomba, e

retornado para o reservatório de óleo. A bomba do tipo pistão é usada por ser menos extensa que as dos outros tipos.

Filtros

Os filtros são uma parte importante no sistema de lubrificação, já que eles são responsáveis pela remoção das partículas estranhas contidas no óleo. Isto é particularmente importante em motores à reação, já que altas velocidades são alcançadas internamente ao motor, e os rolamentos de esferas e de roletes utilizados para reduzir a fricção seriam danificados rapidamente por estas partículas estranhas contidas no óleo. Também existem várias passagens para vários pontos de lubrificação. Por essas passagens serem de diâmetro reduzido, muitas vezes elas entopem.

Existem vários tipos de filtros usados para a filtragem do óleo lubrificante. Os elementos filtrantes possuem diversas configurações. Já que seria inviável citar a todos os tipos existentes de elementos, citaremos apenas os mais comuns.

Um filtro de óleo comum usa um elemento descartável com várias lâminas de papel, filtros como esse são muito usados em sistemas hidráulicos. Um outro tipo de elemento de filtro é feito por uma série de espaçadores e telas, como mostrado na figura 6-26. Esse filtro é feito de uma pilha de discos recobertos por telas e separados por espaçadores, de forma que o fluxo de óleo flui através das telas até o orifício de saída do conjunto de filtragem.

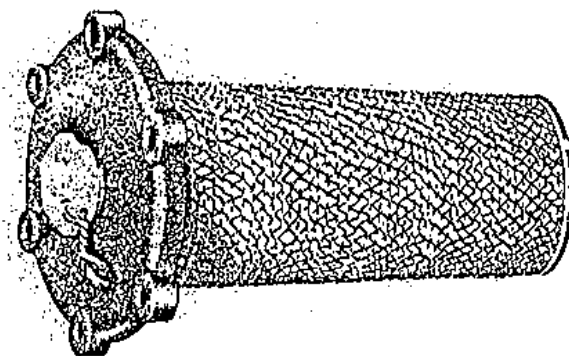


Figura 6-26 Filtro de óleo de tela e espaçadores.

Um outro tipo de filtro, usado como parte principal da filtragem é mostrado na figura 6-27. O interior do elemento do filtro é de aço inoxidável.

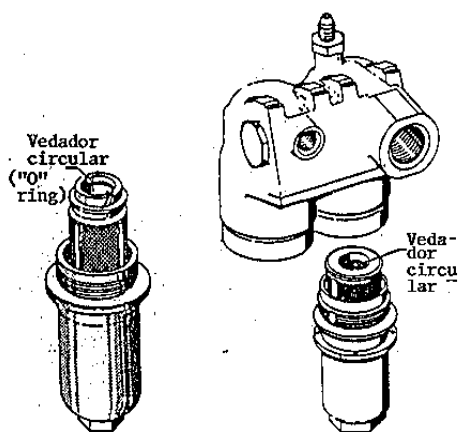


Figura 6-27 Conjunto de filtragem.

Cada um dos tipos de filtros mencionados apresenta algumas vantagens. Em cada um dos casos o filtro selecionado é aquele que melhor atende às necessidades individuais de cada motor. Os filtros discutidos geralmente são usados como filtros de óleo principal; ou seja, eles retiram as impurezas do óleo logo após a saída da bomba, antes que ele seja bombeado até os vários pontos de lubrificação.

Adicionalmente aos filtros principais, existem os filtros secundários, localizados ao longo do sistema por vários motivos. Por exemplo, talvez tenhamos uma tela de filtro na forma de um dedo (*finger*), o qual às vezes é usado para filtragem do óleo na linha de retorno. Também, existem as telas de malha fina, também chamadas de filtros de “última chance”, para a filtragem do óleo antes que ele passe dos bicos injetores para a superfície dos rolamentos.

Os componentes típicos de um filtro principal incluem o alojamento do filtro, o qual possui uma válvula de alívio ou de desvio e, é claro, o elemento filtrante.

A válvula de desvio evita que o fluxo de óleo seja interrompido caso o filtro de óleo esteja entupido. A válvula de alívio abre sempre que uma determinada pressão é atingida na linha. Caso isto ocorra, a filtragem feita pelo filtro é interrompida, permitindo que o óleo não filtrado seja bombeado até os rolamentos.

Válvula de alívio da pressão de óleo

Uma válvula de alívio de pressão é incluída na linha de pressão do óleo para limitar a pressão máxima do sistema. Esta válvula é especialmente importante se um resfriador de óleo

estiver incorporado ao sistema, já que estes resfriadores se rompem facilmente devido ao fato de sua construção utilizar um sistema de paredes finas. A válvula de alívio é ajustada para aliviar a pressão e desviar o óleo de volta a linha de entrada da bomba toda vez que a pressão exceder ao limite pré-estabelecido.

Bicos de lubrificação

Os bicos de lubrificação (ou esguicho) estão localizados nas linhas de pressão adjacentes aos compartimentos dos rolamentos e das junções dos rotores de eixo; ou juntamente com eles. Estes esguichos são na forma de jatos atomizados. Alguns motores usam jatos de ar e óleo na forma de esguicho, o qual é produzido usando-se ar de alta pressão retirado do compressor para as saídas dos jatos de óleo. Este método é utilizado para rolamentos de esfera e de rolete, no entanto, o jato de óleo apenas é considerado melhor do que os outros dois.

Os bicos de lubrificação entopem facilmente por causa do pequeno orifício que existe normalmente em sua extremidade; conseqüentemente, o óleo deve estar sempre livre de qualquer forma de partículas estranhas. Se os filtros secundários entupirem teremos como resultado uma provável falha dos rolamentos, já que os jatos de óleo não são acessíveis para limpeza, exceto durante as revisões gerais dos motores. Para prevenir uma falha devido ao entupimento nos esguichos, os filtros principais devem ser checados freqüentemente quanto à contaminação.

Posicionamento dos manômetros do sistema de lubrificação

Manômetros de pressão e de temperatura são incorporados ao sistema para a medição da pressão e da temperatura do óleo.

O manômetro para a medição da pressão do óleo é colocado logo após a saída da bomba, para medir a pressão do lubrificante no caminho até os esguichos de óleo.

Os dois métodos mais comuns para a obtenção da indicação da temperatura do óleo são: um encaixe com um termopar na linha de óleo; ou um bulbo de temperatura na linha de óleo. O medidor de pressão do óleo está localizado na linha de pressão entre a bomba e os vários pontos de lubrificação. O medidor de tem-

peratura está normalmente localizado na entrada de pressão do motor.

Ventilação do sistema de lubrificação

Ventiladores ou respiradouros são linhas, ou aberturas, no tanque de óleo ou nos alojamentos dos acessórios de vários motores, dependendo de quando o motor tiver um sistema de lubrificação a seco ou cárter molhado.

Os respiradouros no tanque de óleo protegem a pressão do tanque de forma que a mesma não aumente ou diminua para valores diferentes ao da atmosfera externa. No entanto, o respiradouro pode ser direcionado através de uma válvula de alívio (*check relief valve*) de pressão para manter uma pequena pressão (de aproximadamente 4 p.s.i.) no óleo, de forma a assegurar um fluxo positivo até a entrada da bomba.

Os ventiladores dos alojamentos de acessórios (ou respiradouros) são aberturas protegidas por telas, as quais permitem que o ar acumulado nos alojamentos seja sangrado para a atmosfera. O óleo do sistema de retorno contém ar que deve ser sangrado; caso contrário, haverá um aumento da pressão interna no alojamento de acessórios que irá impedir o fluxo do óleo drenado dos rolamentos, fazendo com que o óleo retorne dos rolamentos para os selos, e vazando para a região do compressor.

Vazamentos de óleo podem ter várias conseqüências, a mais inofensiva delas é um aumento no consumo de óleo do motor; a mais séria é o surgimento de pontos de queima devido ao vazamento de quantidades maiores de óleo, os quais podem causar uma falha da turbina, já que provocam o surgimento de pontos quentes.

As aberturas de ventilação protegidas por telas estão normalmente localizadas no centro da parte frontal do alojamento da caixa de acessórios, a fim de prevenir um vazamento de óleo através do respiradouro durante uma atitude não usual do avião. Alguns respiradores possuem um defletor para impedir o vazamento de óleo durante manobras em voo.

Um respiradouro direcionado diretamente sobre o compartimento do rolamento pode ser usado em alguns motores. Estes respiradouros equalizam a pressão em torno da frente do rolamento, de forma que a pressão inferior, no primeiro estágio do compressor, não cause uma

passagem forçada do óleo na traseira do rolamento através do selo até atingir a área do compressor.

Válvulas unidirecionais do sistema de lubrificação

As válvulas unidirecionais (*check valves*), às vezes, são instaladas na linha de alimentação do sistema de óleo para o cárter seco no sistema, de forma a prevenir que ocorram vazamentos (por gravidade) na região do reservatório de óleo; ou através dos elementos da bomba de combustível, ou nas linhas de alta pressão do motor após o corte (desligamento) dos mesmos. As válvulas unidirecionais, por impedirem um fluxo na direção oposta, previnem o acúmulo desnecessário de óleo na caixa de acessórios, na parte anterior do alojamento do compressor, e na câmara de combustão.

Tais acúmulos podem causar uma carga excessiva nas engrenagens da caixa de acessórios durante a partida do motor, na contaminação do ar pressurizado da cabine; assim como podem causar combustão interna do óleo.

As válvulas unidirecionais são normalmente do tipo mola (*spring loaded*), tipo esfera e soquete (*ball-and-socket*), construídas para que haja um fluxo livre do óleo pressurizado. A pressão necessária para a abertura destas válvulas varia, mas as válvulas requerem normalmente de 2 a 5 p.s.i. para permitir que o óleo flua até os rolamentos.

Válvulas termostáticas de desvio (*by-pass*) do sistema

Nos sistemas que utilizam os radiadores de óleo são incluídas válvulas termostáticas de desvio.

Apesar destas válvulas poderem ser chamadas por nomes diferentes, seu objetivo é o de manter sempre uma temperatura adequada do óleo, através de uma variação do fluxo de óleo que passa pelo radiador.

Uma vista em corte de uma válvula de desvio termostática pode ser visto na figura 6-28.

Esta válvula consiste do corpo da válvula, com dois pontos de entrada e apenas um de saída, e um elemento da válvula termostática carregado por uma mola.

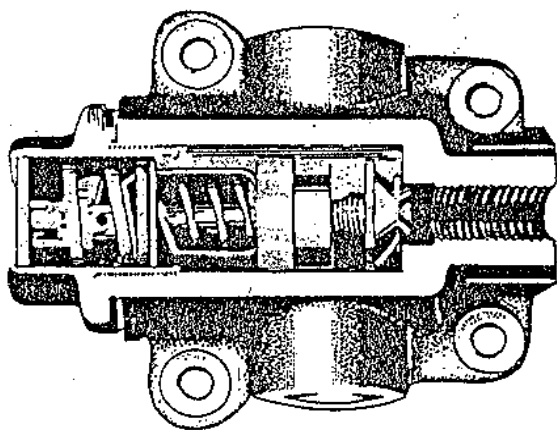


Figura 6-28 Uma típica válvula de desvio termostática.

A válvula é carregada por uma mola, porque uma queda de pressão no radiador de óleo poderia ser muito grande devido ao entupimento, ou amassamento, na tubulação do radiador. Neste caso, a válvula irá se abrir, desviando o fluxo do radiador de óleo.

Radiadores de óleo

Os radiadores de óleo são usados em alguns motores para reduzir a temperatura do óleo no sistema, a um valor aceitável para a recirculação do óleo através do sistema de lubrificação.

Em prévia discussão, foi mostrado que em sistemas do tipo cárter molhado não há a necessidade e de se utilizar um radiador de óleo devido ao ar de refrigeração, o qual é forçado ao redor da roda e dos rolamentos da turbina. Este ar de refrigeração, fornecido por um impelidor auxiliar no eixo do rotor, ou através do sangramento do ar do compressor, reduz o calor que normalmente é absorvido pelo óleo. Outro fator de redução do calor no óleo nos sistemas do tipo cárter molhado é que o ar que entra no motor primeiro circula em torno da caixa de acessórios, refrigerando o óleo destinado ao reservatório.

Nos sistemas de cárter seco existe a necessidade de uso do radiador de óleo por vários motivos. Primeiro, a refrigeração nos rolamentos utilizando o ar sangrado do compressor não é eficiente como a refrigeração feita por ar vindo de um impelidor auxiliar, já que o ar sangrado do compressor possui um calor presente.

Segundo, o motor de fluxo axial normalmente requer um número maior de rolamen-

tos, o que significa uma maior transferência de calor para o óleo do sistema.

Terceiro, o ar que entra no motor de fluxo axial não circula em torno do reservatório de óleo, como nos motores com sistema de cárter úmido. Conseqüentemente, o radiador de óleo é o único meio de dissipar o calor contido.

Dois tipos básicos de radiadores são utilizados normalmente: os do tipo resfriados a ar e o de resfriamento óleo-combustível. O radiador do tipo óleo-combustível funciona como um trocador de calor entre o óleo e o combustível do motor, de forma que o calor é retirado do óleo para aquecer o combustível. O radiador a ar normalmente é instalado na parte dianteira do motor, seu funcionamento é bastante parecido como resfriador usado nos motores a pistão.

Trocadores de calor entre combustível/óleo

O trocador de calor combustível/óleo ilustrado na figura 6-29 foi projetado para o resfriamento do óleo, e para o pré-aquecimento do combustível a ser usado na combustão.

O combustível do motor deve passar através do trocador de calor; no entanto, existe uma válvula termostática que controla o fluxo de óleo, que pode desviar o trocador quando não há a necessidade de resfriamento do mesmo.

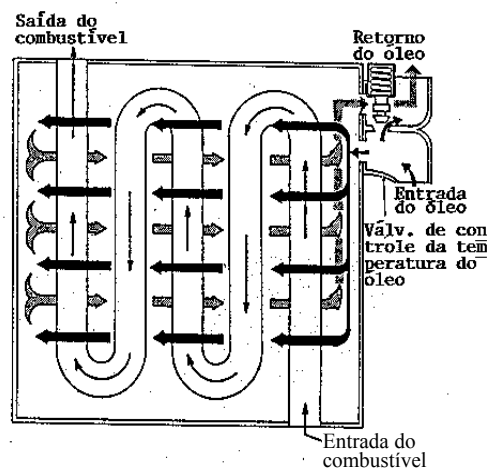


Figura 6-29 Radiador por troca de calor óleo/combustível.

O trocador de calor óleo/combustível consiste de um conjunto de tubos com um orifício de entrada e um de saída.

O óleo entra por um orifício, movimentando em torno da tubulação de combustível, e sai pelo outro.

O trocador de calor tem como vantagem permitir sua instalação, ocupando uma pequena área frontal do motor, oferecendo apenas um pequeno arrasto.

SISTEMA TÍPICO DE LUBRIFICAÇÃO POR CÁRTER SECO

O sistema de lubrificação de motor a jato, ilustrado na figura 6-30, representa um motor a reação que utiliza o sistema de cárter seco.

O sistema de lubrificação é do tipo de alta pressão; ele é constituído por pressão, retorno, e subsistemas de ventilação.

O sistema de pressão fornece óleo aos rolamentos principais do motor e as engrenagens dos acessórios do mesmo.

O sistema de retorno faz o retorno do óleo para o reservatório do motor, o qual normalmente é montado junto à caixa do compressor; ele está conectado ao lado de entrada da bomba de pressão de óleo do motor, que completa o ciclo de fluxo de óleo.

Um sistema de sangramento, conectando os alojamentos dos rolamentos e o tanque de óleo com a válvula de pressurização (*breather pressurization valve*), completa o sistema de lubrificação.

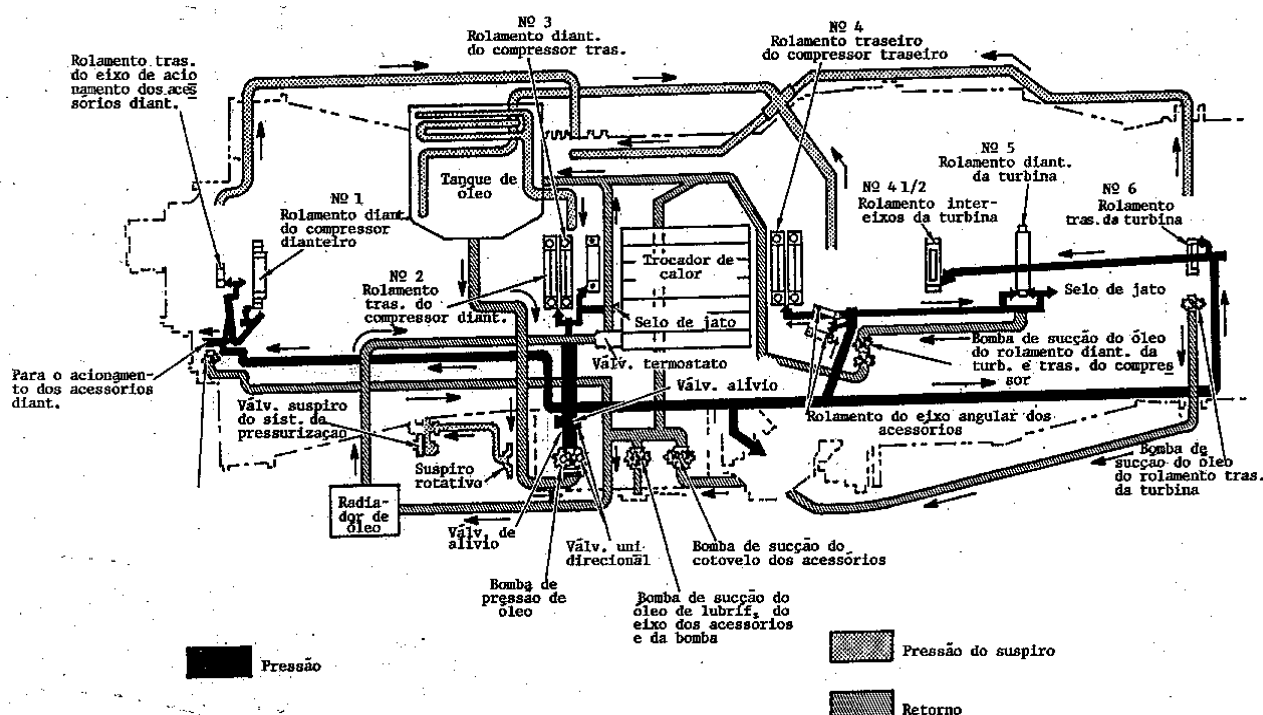


Figura 6-30 Sistema de lubrificação de um motor à turbina típico de cárter seco.

Manutenção do sistema de pressurização do óleo

A parte pressurizada do sistema de lubrificação do motor (figura 6-30) é pressurizada por uma bomba de engrenagens, localizada no lado esquerdo da bomba de óleo e do alojamento das engrenagens dos acessórios.

A bomba de pressão recebe óleo em seu orifício inferior (de entrada), e o descarrega, pressurizado, no filtro localizado em seu alojamento.

Do filtro de óleo, o qual possui uma válvula de desvio que funciona em caso de entupimento, o óleo pressurizado é transmitido a uma

passagem através da parte inferior da bomba e do alojamento das engrenagens dos acessórios (*accessory drive housing*).

Perto da parte anterior do alojamento, esta passagem é interceptada por outras duas; uma passagem transmite óleo com pressão para os rolamentos instalados na parte anterior do motor; enquanto a outra transmite óleo com pressão para uma passagem axial, que será responsável pela lubrificação dos rolamentos na parte frontal do motor, bem como dos dentes das engrenagens frontais dos acessórios.

Atravessando a passagem axial existe um pequeno furo, que irá levar óleo pressurizado até o centro da bomba de óleo e do alojamen-

to das engrenagens dos acessórios. Esse óleo é então transmitido a caixa intermediária do compressor (*intermediate compressor case*) para lubrificar a parte frontal e posterior do rolamento anterior. Existe, ainda, na parte superior da passagem axial, duas passagens que conduzem óleo até o medidor de pressão de óleo e para a válvula de alívio de pressão.

O óleo pressurizado é distribuído nos rolamentos principais, sendo que são pulverizados nos rolamentos através dos orifícios dos bicos de lubrificação, que fornecem um fluxo relativamente constante em todos os regimes de funcionamento do motor.

A válvula de alívio é posicionada após a bomba, ela é ajustada de forma a manter uma pressão própria sobre os bicos de lubrificação calibrados do motor. A válvula de alívio é de fácil acesso para ajuste.

A manutenção do sistema de lubrificação é feita basicamente através de ajuste, remoção, limpeza e substituição de componentes.

Para ajustar a pressão de óleo, primeiro remove-se a tampa protetora do parafuso de ajuste no conjunto da válvula de alívio de pressão. Solta-se a porca, girando o parafuso no sentido horário, de forma a aumentar; e no sentido anti-horário para diminuir a pressão de óleo.

Em um sistema de lubrificação de motor a reação típico, o parafuso de ajuste é posicionado de forma a fornecer ao sistema uma pressão de óleo de 40-50 P.S.I. a 75% da potência de empuxo do motor. O ajuste deve ser feito com o motor em marcha lenta (*idle*); portanto, talvez seja necessário fazer vários ajustes antes de se obter a pressão desejada. Quando o ajuste da pressão desejada é atingido, a porca do parafuso de ajuste deve ser apertada, a tampa protetora reinstalada com uma nova junta, apertada e frenada.

Manutenção do filtro de óleo

O filtro de óleo deve ser removido em toda revisão regular. O filtro deve ser desmontado e limpo, e os elementos do filtro danificados ou desgastados devem ser substituídos. Os itens a seguir ilustram uma típica remoção do filtro de óleo:

1. Providenciar um recipiente adequado para a coleta do óleo drenado.

2. Remover a tampa e o conjunto do filtro (figura 6-31). Descartar o anel de vedação antigo.
3. Instalar o conjunto do filtro em uma bancada de fixação, e remover o conector da tampa do filtro. O filtro deve ser instalado em uma bancada de fixação própria, antes da remoção do conector, para prevenir que as telas e espaçadores empilhados se soltem devido a sua pressão de mola.
4. Cuidadosamente a cobertura do filtro da fixação é removida; desliza-se as telas e os espaçadores em uma haste de limpeza apropriada, mantendo-os em sua ordem original. As peças devem ser posicionadas de forma a não deslizarem na haste durante ao processo de limpeza.
5. Separar as telas e os espaçadores, deslizando as partes ao longo da haste. Examinar as telas e os espaçadores quanto à presença de partículas estranhas que possam indicar uma condição insatisfatória do motor.
6. Mergulhar as telas e os espaçadores em um removedor de carvão a uma temperatura ambiente por alguns minutos. Enxaguar as peças com um fluido desengraxante ou solvente de limpeza. Soprar as peças até secar com um jato de ar.
7. Montar os espaçadores e as telas do filtro no deflector, usando uma bancada de montagem. Verificar que um espaçador de saída está colocado em cada uma das extremidades. Também, verificar se cada tela está localizada entre um espaçador de saída e um espaçador de entrada. Instalar a placa externa na montagem das telas e dos espaçadores; depois instalar a tampa na placa externa. Colocar um novo selo no bujão (plug) da tampa, e instalar o bujão (plug) nas roscas existentes no deflector.
8. O bujão (plug) deve ser apertado de acordo com o torque especificado pelo fabricante, de forma que os espaçadores e as telas não possam ser rodados com a mão.

Frenar o bujão na tampa com arame de freio. Após isto, remover o conjunto da bancada de fixação.

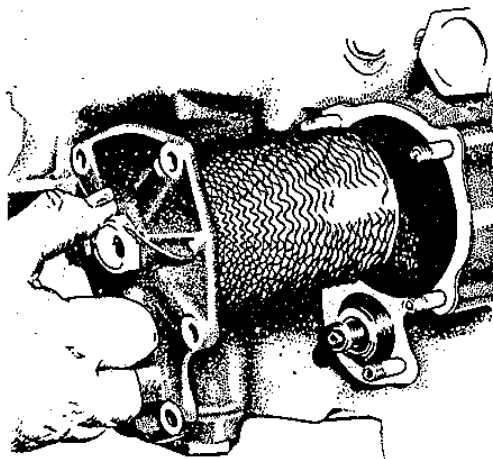


Figura 6-31 Removendo o conjunto do filtro de óleo.

Sistema de recuperação

O sistema de recuperação mantém o óleo das cavidades principais dos rolamentos do motor e, em certas temperaturas, circula o óleo recuperado através do radiador(es) de óleo e de volta ao tanque.

O sistema de recuperação do óleo ilustrado na figura 6-30 inclui seis bombas de engrenagem. A bomba de recuperação do rolamento da entrada do compressor é acionada pelo acoplamento das engrenagens de comando, através das engrenagens de comando intermediárias, ela recupera óleo acumulado no compartimento frontal da caixa de acessórios. O óleo é direcionado através da linha externa até um ponto central de coleta no compartimento principal da caixa de acessórios.

A bomba de sucção do alojamento da caixa de acessórios é acionada por uma engrenagem de comando intermediária, que recupera óleo acumulado pelo vazamento na bomba e no compartimento nº2.

O óleo retorna dos rolamentos nº2 e nº3 através de passagens internas até um ponto central de coleta na caixa principal.

O cotovelo da bomba de sucção da caixa de acessórios, localizado na caixa de acessórios principal, recupera óleo do alojamento das engrenagens em ângulo da caixa de engrenagens (*accessory elbow housing*), e retorna o óleo até o ponto de coleta central na caixa principal. O óleo acumulado no compartimento do joelho da caixa de acessórios por gravidade, flui dos mancais e rolamentos e do óleo recuperado do rolamento nº6.

A bomba de sucção do óleo do rolamento traseiro do compressor está localizada no compartimento formado pelo conjunto soldado do duto interno do difusor e o suporte do rolamento nº5, conhecido como compartimento de óleo nº3.

A bomba é acionada pelo eixo de engrenagem da caixa de acessórios, ela está fixada ao conjunto de soldas do duto interno através de um adaptador. A bomba recupera o óleo dos rolamentos nº4 e nº4 1/2 quando o motor está em posição nivelada.

Quando o motor está na posição de nariz para baixo (*nosedown*), o óleo do rolamento nº5 irá fluir para frente, e ser recuperado no cárter de óleo do rolamento traseiro do compressor. Esta bomba também direciona o óleo recuperado para um ponto de recuperação central da caixa de acessórios principal.

A bomba de sucção do rolamento dianteiro da turbina está localizada no mesmo alojamento e compartimento que o da bomba de sucção do rolamento traseiro do compressor; ela é acionada pelo eixo de engrenagens da caixa de acessórios.

A bomba recupera o óleo do rolamento nº5 quando o motor está em posição nivelada. Quando o motor está na posição de nariz para baixo (*nosedown*), o óleo dos rolamentos nº4 e nº4 1/2 fluem para frente e são recuperados pela bomba de sucção do rolamento dianteiro da turbina; esta, por sua vez, também direciona o óleo recuperado para um ponto de recuperação central da caixa de acessórios principal.

A bomba de sucção do rolamento traseiro da turbina está localizada na face interna, posterior ao cárter do rolamento traseiro da turbina, o qual é o compartimento de óleo nº4. Esse compartimento está junto ao cárter do rolamento traseiro, e é acionado por um pinhão. Essa bomba recupera o óleo do compartimento do rolamento nº6, direcionando-o através de uma passagem existente no montante da caixa da turbina. Deste ponto, o óleo é direcionado para o alojamento dos acessórios, de onde a bomba do conector dos acessórios o retorna para um ponto de recuperação central da caixa de acessórios principal.

Existem dois sistemas de apoio no sistema de recuperação, para que haja uma perfeita refrigeração do mesmo.

A válvula de regulação da temperatura do óleo está localizada na entrada do trocador

de calor entre óleo e o combustível do motor. A válvula opera em uma faixa entre 165°F. até a posição toda aberta à 185°F. A válvula direciona o fluxo de óleo de retorno ao redor das linhas de combustível no trocador de calor.

O seletor (*switch*) do sensor de temperatura do combustível está localizado na linha de saída do trocador de calor óleo/combustível, ele opera na faixa entre 200°F. até 205°F., atuando sobre a porta no radiador de óleo, o qual permite que o ar passe refrigerando o óleo que flui através do radiador todo o tempo.

Parte da manutenção regular em todas as inspeções inclui a verificação de vazamentos de óleo e a segurança da fixação dos componentes do sistema de recuperação.

Suspiro do sistema pressurizado

O suspiro do sistema pressurizado garante um padrão correto no jato dos bicos de lubrificação dos rolamentos principais, e fornece uma cota de pressão ao sistema de recuperação.

Os tubos de suspiro no compartimento de admissão do compressor, no tanque de óleo, na caixa do difusor, e na caixa do tubo de exaustão da turbina são conectados a tubulação externa na parte superior do motor. Por meio destes tubos, os vapores carregados para a atmosfera pelos vários compartimentos de rolamentos e pelo tanque de óleo são trazidos juntos, até que a coroa circule a caixa intermediária do compressor.

Os compartimentos de rolamentos compartilhados pelo rolamento traseiro da seção dianteira do compressor e o rolamento da parte traseira do compressor são ventilados (através de aletas ocas) até a coroa circular da caixa intermediária do compressor. Deste ponto em diante o vapor entra para a caixa de acessórios principal, a qual está montada na parte inferior da caixa intermediária do compressor.

A válvula de suspiro do sistema de pressurização (figura 6-32) consiste em uma válvula com aneróide (mola e cápsula) e uma válvula de exaustão do tipo mola. A pressurização é fornecida por ar vindo do compressor, o qual vaza através dos selos, entrando nas linhas de óleo do motor.

A uma pressão do nível do mar, a válvula de suspiro do sistema pressurizado está aberta; ela vai fechando gradualmente na medida em que a altitude vai aumentando, e mantém uma

pressão no sistema de lubrificação suficiente para que o fluxo nos bicos de lubrificação seja próximo ao existente ao nível do mar. A válvula de exaustão do tipo mola age como ponto de alívio de pressão do sistema, ficando aberta apenas se uma pressão acima de um valor máximo predeterminado existir dentro do sistema.

A válvula de equalização de pressão limita a pressão fornecida aos selos de ar/óleo.

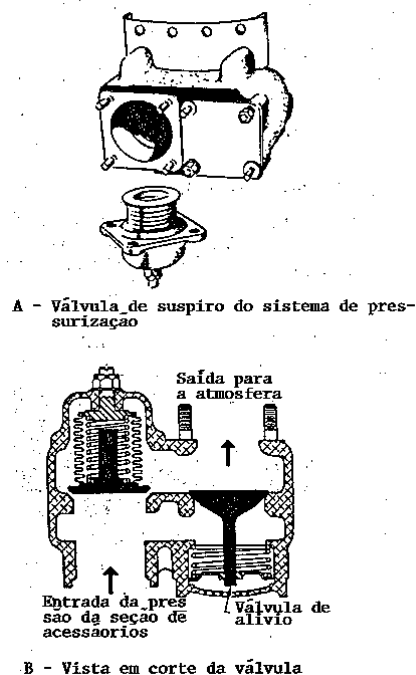


Figura 6-32 Válvula de suspiro do sistema de pressurização.

Isto ajuda na prevenção de uma sobrepressurização em todos os compartimentos do sistema de suspiro. O ar acima de uma pressão de 54 p.s.i. é direcionado para a válvula de equalização de pressão. Toda pressão superior a 24 ± 2 p.s.i., valor de ajuste da válvula de equalização, é retornado a caixa intermediária.

O suspiro rotativo (separador de ar e óleo) remove o óleo do ar através da centrifugação. O seu propósito é o de reduzir a pressão do ar sobre os selos de carvão.

O ar do nono estágio do compressor, não importando a pressão, é direcionado sobre a parte dianteira do selo de carvão. O ar sobre a parte traseira do selo de carvão impede o óleo do rolamento nº2 de entrar na corrente de ar. Este ar é retornado no anel circular da caixa intermediária. O ar acima de 25 p.s.i. de pressão, que é direcionado para a válvula equalizadora de pressão, é também direcionado para a válvula de suspiro do sistema pressurizado.

Sistema de cárter molhado do motor a jato

Em alguns motores, o sistema de lubrificação é do tipo cárter molhado, poucos o usam,

já que apenas alguns motores do tipo de fluxo centrífugo continuam em operação. Um diagrama esquemático de um sistema de óleo de cárter molhado é mostrado na figura 6-33.

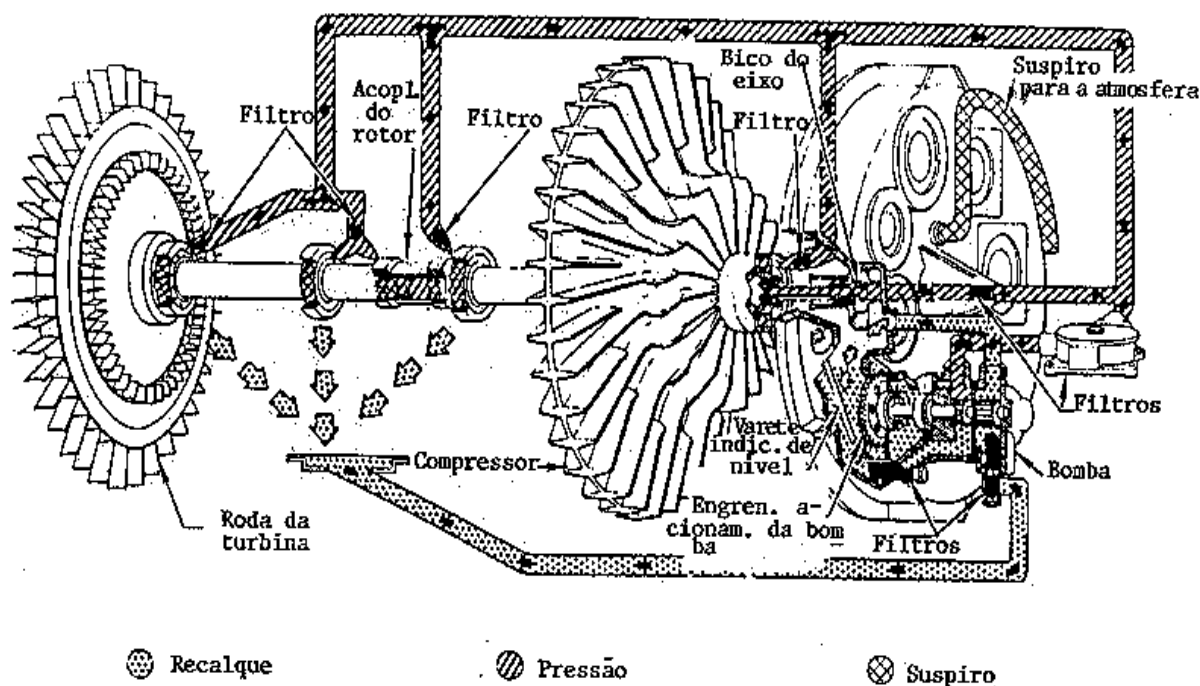


Figura 6-33 Sistema de lubrificação do motor turbojato de carter molhado.

Os componentes do sistema de cárter molhado são similares aos do sistema de cárter seco. A grande diferença entre os dois sistemas é a localização do reservatório de óleo.

O reservatório nos sistemas de cárter molhado pode estar localizado na caixa de engrenagens, a qual é composta pela caixa das engrenagens dos acessórios e o suporte do rolamento dianteiro do compressor (figura 6-33), ou talvez no cárter montado na parte inferior da caixa de acessórios. Independentemente da configuração, o reservatório no sistema de cárter molhado é uma parte integral do motor, e contém o volume do suprimento de óleo.

Incluídos no reservatório do sistema de cárter molhado, mostrado na figura 6-33, estão os seguintes componentes:

1. Um indicador de nível de óleo do tipo baioneta.
2. Duas ou mais telas filtros do tipo dedo (*finger strainers*) são inseridas na caixa de acessórios para filtrar o óleo da linha de pressão e de retorno, antes de deixar ou entrar no cárter. Esses filtros auxiliam o filtro principal de óleo.
3. Um suspiro, ou respiradouro, equaliza a pressão com o alojamento dos acessórios.

4. Um bujão magnético de drenagem pode ser utilizado para drenar o óleo, e também para segurar a partículas ferrosas. Este bujão deve ser examinado cuidadosamente durante as inspeções. A presença de partículas metálicas pode indicar uma falha nos rolamentos ou nas engrenagens.
5. Também podem ser colocados um dispositivo de bulbo de temperatura e um encaixe de pressão para óleo.

Esse é o sistema típico de qualquer motor que use um sistema de cárter molhado. O rolamento e as engrenagens de acionamento na caixa de acessórios são lubrificados por um sistema de salpico.

O óleo nos demais pontos de lubrificação mantém a bomba com pressão, e passam através de um filtro para os bicos ejetores que direcionam o óleo sobre os rolamentos e acoplamentos.

A maioria dos sistemas de pressão de cárter molhado são sistemas de pressão variada, nas quais a pressão de saída da bomba depende da rotação (R.P.M.) do motor.

O óleo é retornado para o reservatório por gravidade e através da sucção da bomba. O

óleo do rolamento dianteiro do compressor, e das engrenagens dos eixos dos acessórios, é drenado diretamente para o reservatório.

O óleo dos acoplamentos da turbina e dos demais rolamentos do eixo rotor é drenado em um cárter, do qual ele é bombeado através de um elemento de retorno, e através de uma tela do tipo dedo até o reservatório.

SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DO MOTOR

Sistema de refrigeração do motor convencional

Um motor de combustão interna é uma máquina de calor que converte energia química, contida no combustível, em energia mecânica contida no eixo do motor. Ele não faz isto sem que haja uma certa perda de energia, até mesmo o mais eficiente motor de aeronave talvez perca cerca de 60 a 70% da energia original do combustível; a não ser que grande parte desta perda de calor seja rapidamente removida, os cilindros talvez fiquem quentes o suficiente para causar uma falha completa do motor.

Calor excessivo é indesejável em um motor de combustão interna por três razões:

1. Ele afeta o comportamento da combustão da mistura de ar/combustível.
2. Ele encurta e enfraquece a vida dos componentes do motor.
3. Ele prejudica a lubrificação. Se a temperatura interna do cilindro é muito alta, a mistura ar/combustível será pré-aquecida, e a combustão ocorrerá antes do tempo desejado. A combustão prematura causa detonação, batimento e outras condições indesejáveis; – deve haver um modo de se eliminar o calor antes que este cause danos.

Um galão de gasolina aeronáutica possui calor em quantidade equivalente a contida em 75 galões de água fervendo; portanto, é fácil de compreender porque um motor que queima 4 galões por minuto libera uma quantidade enorme de calor. O restante do calor tem de ser dissipado de forma que ele não se torne destrutivo ao motor.

Em um típico sistema motopropulsor de aeronave, metade do calor sai junto com o gás de combustão, e a outra metade é absorvida pelo motor. O óleo que circula no motor retém parte

deste calor, e o retransmite à corrente de ar através do radiador de óleo. O sistema de refrigeração do motor se encarrega do resto.

Refrigeração é uma questão de transferência do excesso de calor do cilindro para o ar, mas exige mais do que simplesmente posicionar o cilindro junto ao fluxo de ar.

Um cilindro de um motor de grande porte tem o tamanho de um vasilhame de um galão. A sua superfície externa, no entanto, é aumentada com a utilização de aletas de refrigeração pelas quais o ar de refrigeração passa. Este arranjo aumenta a transferência de calor por radiação.

Se uma grande quantidade de aletas de refrigeração for quebrada, o cilindro não poderá resfriar de maneira correta, e pontos quentes aparecerão no mesmo.

Portanto, o cilindro é normalmente substituído quando uma determinada área das aletas estiver danificada.

Capotas e deflectores são utilizados para forçar a passagem do ar sobre as aletas do cilindro (figura 6-34). Os deflectores de ar estão em torno do cilindro, e previnem a formação de bolsões de ar quente estagnado enquanto a corrente não for usada. Tubos de injeção são feitos nos deflectores de forma a direcionar os jatos de refrigeração na parte traseira dos conectores das velas de ignição de cada cilindro, para prevenir o super aquecimento dos cabos de ignição.

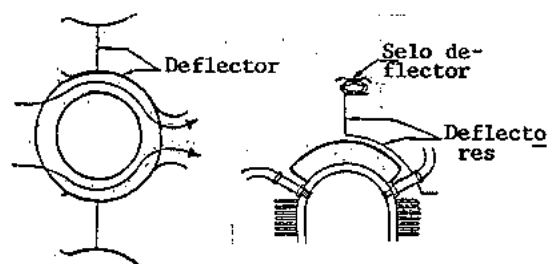


Figura 6-34 Dissipação do calor.

Um motor pode ter uma temperatura de operação que seja muito baixa. Pela mesma razão que um motor é pré-aquecido antes da decolagem, ele será mantido aquecido durante o vôo. A evaporação e distribuição de combustível, e a circulação do óleo, dependem do motor ser mantido aquecido. O motor usado em um automóvel depende de uma válvula termostática em seu sistema de água, para manter o motor em sua faixa de temperatura de maior eficiência.

O motor de uso aeronáutico também possui seus controladores de temperatura. Esses

controladores regulam a circulação do ar em torno do motor, a não ser que algum controle seja fornecido, o motor irá sobreaquecer durante a decolagem e ficar muito frio durante vôos a alta velocidade e baixa potência de descida.

O modo mais comum de controle da refrigeração é a utilização de flapes de refrigeração, como o ilustrado na figura 6-35. Esses flapes são abertos e fechados por eixos sem-fim, acionados por motores elétricos, por atuadores hidráulicos, ou manualmente em algumas aeronaves.

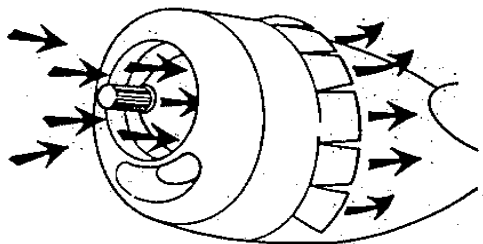


Figura 6-35 Regulagem do fluxo de ar de refrigeração.

Quando estendido para o aumento da refrigeração, os flapes produzem arrasto e sacrificam as linhas de fluxo aerodinâmico para uma refrigeração adicional.

Na decolagem, os flapes de refrigeração são abertos apenas o bastante para que o motor seja mantido abaixo de seu limite de temperatura.

Um aquecimento acima da faixa normal é permitido, de forma que o arrasto seja o menor possível.

Durante a operação no solo, os flapes de refrigeração deverão estar bastante abertos, já que o arrasto não é relevante.

Algumas aeronaves usam aumentadores de fluxo (figura 6-36) para fornecer um fluxo de refrigeração adicional.

Cada nacele possui dois conjuntos de tubos em torno do motor, ligando o compartimento do motor com a parte traseira da nacele.

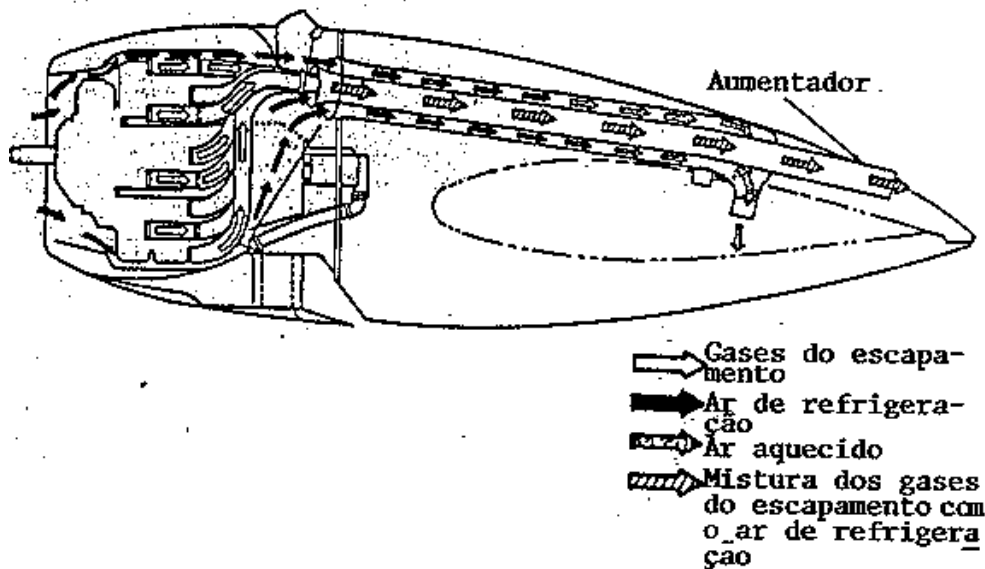


Figura 6-36 Aumentador de fluxo.

Os coletores de escapamento alimentam os tubos internos das linhas do aumentador. Os gases de escapamento misturados com o ar que passa através do motor, o aquecem de forma a produzir um jato de saída de baixa pressão e alta temperatura. Esta área de baixa pressão perto dos aumentadores produz um ar de refrigeração adicional em torno do motor.

O ar entrando no espaço entre o tubo interno e o externo dos aumentadores é aquecido pelo contato com os tubos, mas sem ser conta-

minado pelos gases de exaustão. O ar aquecido é usado no aquecimento da cabine, degelo e no sistema antigelo.

Os aumentadores usam a velocidade dos gases de exaustão para causar um fluxo de ar sobre o motor, de forma que a refrigeração não dependa exclusivamente do rastro da hélice.

Aletas instaladas nos sopradores controlam o volume de ar. Essas aletas normalmente são deixadas na posição recuada para permitir um maior fluxo; elas podem ser fechadas para

aumentar o calor na cabine ou o uso do anti-gelo, ou para prevenir que o motor resfrie demais durante a descida. Em adição ao soprador, algumas aeronaves têm portas de aquecimento residual, ou flapes da nacele, que são usados principalmente para deixar que saia o aquecimento retido após o corte do motor.

Os flapes da nacele podem ser abertos para um resfriamento melhor que o fornecido pelo soprador.

Uma forma modificada, previamente descrita do sistema aumentador da refrigeração, é usada em algumas aeronaves leves. A figura 6-37 é um diagrama esboçado de tal sistema.

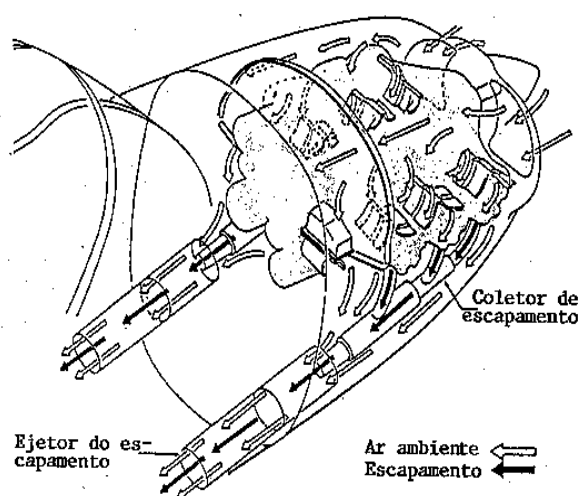


Figura 6-37 Sistema de exaustão e de refrigeração do motor.

Como mostra a figura 6-37, o motor é refrigerado sob pressão de ar que passa por duas aberturas na frente do corpo, uma de cada lado do cone das hélices.

Uma câmara de pressão é selada completamente na parte superior do motor, com defletores que direcionam propriamente o fluxo de ar de refrigeração para todas as partes do compartimento inferior do motor.

O ar aquecido é retirado do compartimento inferior do motor pela ação de sucção dos gases de escape através das descargas. Este tipo de sistema de refrigeração elimina o uso de flapes controláveis do capô, e assegura uma refrigeração adequada em todos os regimes de velocidade da aeronave.

Muitas aeronaves leves usam somente um ou dois flapes de refrigeração para controlar a temperatura do motor. Como mostra a figura 6-38, dois flapes de refrigeração, operados por

um controle manual simples situado na cabine, estão localizados na parte inferior final da nacele.

Cortes nos flapes permitem a extensão da descarga do motor o suficiente através da nacele.

Os flapes são operados por um controle manual na cabine, controlando o fluxo de ar direcionado para os defletores em torno dos cilindros e outros componentes do motor.

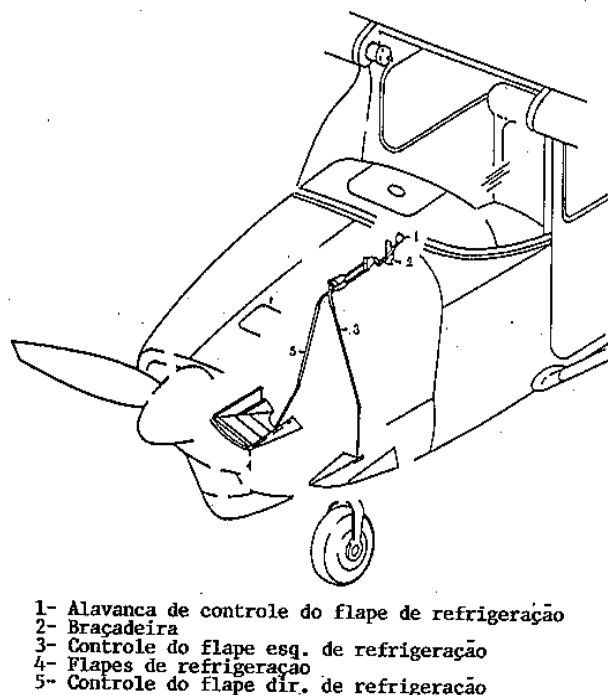


Figura 6-38 Flape de refrigeração do motor de aeronaves leves.

Algumas aeronaves que possuem os motores horizontais opostos usam este tipo de refrigeração. Os flapes de refrigeração são controlados por flapes do tipo "guelra", operados eletricamente no bordo de fuga de cada capô.

MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DE MOTORES CONVENCIONAIS

O sistema de refrigeração de muitos motores convencionais consiste geralmente de um motor refrigerador, defletores dos cilindros, aletas dos cilindros, e alguns tipos de flapes de refrigeração. Em adição a essas unidades maiores, existe também algum tipo de sistema indicador de temperatura (temperatura da cabeça do cilindro).

O capô realiza duas funções: dá forma aerodinâmica à massa do motor, para reduzir o arrasto; e forma um invólucro em volta do motor que força o ar a passar em volta e entre os cilindros, absorvendo o calor dissipado pelas suas aletas.

As aletas dos cilindros são aquecidas pelo calor das paredes e cabeça dos cilindros. Como o ar passa sobre as aletas, ele absorve o calor e transporta o mesmo para fora, através dos flapes de refrigeração.

O flape de refrigeração controlável fornece meios de diminuir ou aumentar a área de saída na parte traseira do capô do motor.

Fechando os flapes de refrigeração, diminui-se a área de saída, a qual efetivamente diminui a quantidade de ar que pode circular sobre as aletas dos cilindros. O fluxo de ar diminuído não pode transportar tanto calor como antes; portanto, existe a tendência da temperatura do motor aumentar.

Abrindo os flapes de refrigeração, aumenta-se a área existente. O fluxo de ar de refrigeração aumenta sobre os cilindros absorvendo mais calor, e a tendência é a temperatura do motor diminuir. Inspeção e manutenção cuidadosas no sistema de refrigeração, irá ajudar na eficiência geral e operação econômica do motor.

Manutenção do Capô do Motor

Do total de ar de impacto nos bordos da nacele do motor, somente cerca de 15 a 30% entra no capô para fornecer refrigeração ao motor. O ar restante flui sobre a parte externa do capô. Entretanto, a forma externa do capô deve ser ajustada de maneira que irá permitir um fluxo de ar uniforme com a mínima perda de energia.

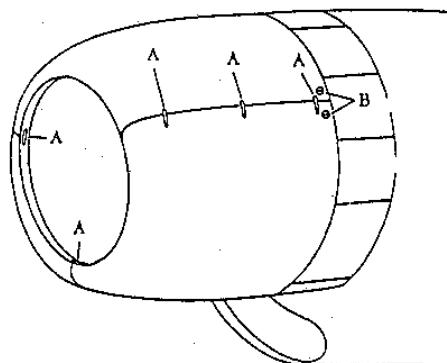
O capô do motor, discutido nesta seção, é típico dos usados em motores radiais ou horizontais opostos, e é conhecido como “anel de velocidade”.

Todo o sistema de refrigeração funciona da mesma maneira, com pequenas mudanças projetadas para instalações específicas.

O capô anular é fabricado em seções removíveis, podendo variar em número de acordo com a aeronave e o modelo. A instalação mostrada na figura 6-39 contém três seções que são travadas juntas quando instaladas, por travas articuladas (item A). Em adição a este sistema de travas articuladas, travas de segurança (item

B) são instaladas em cada seção do capô anular. Estas travas de segurança previnem contra a abertura do capô, se a trava articulada não travar por qualquer razão.

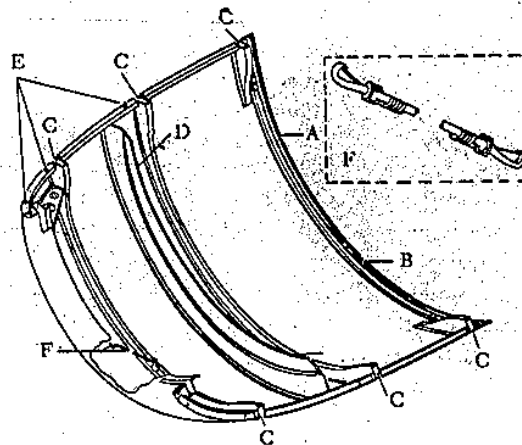
O painel do capô anular, fabricado de chapa de alumínio, tem a parte externa lisa para permitir um fluxo de ar uniforme sobre o capô. A construção interna é projetada para dar reforço ao painel e, em adição, fornecer alojamento para as travas articuladas, anel estrutural do capô e selos de ar do motor.



A- Travas articuladas B- Travas de segurança (Dzus)

Figura 6-39 Conjunto do anel de velocidade.

A figura 6-40 mostra a construção interna de um anel do painel do capô.



A- Alojamento (trilha) do anel suporte
B- Pino localizador
C- Receptáculo das travas articuladas
D- Selo de ar do motor
E- Pinos de posição do anel de velocidade
F- Elástico suporte

Figura 6-40 Construção do anel de velocidade.

Um anel guia rebitado no painel ajusta-se sobre o anel suporte para prender o capô à frente e atrás. Um pino guia central ajusta o capô através do furo no anel suporte. Isto estabelece um posicionamento correto para instalação de cada painel em volta do anel suporte do capô. Nervuras vão através do painel do capô entre o

mecanismo de alojamento da trava articulada de cada lado do painel para reforçá-lo.

Um selo construído de borracha é aparafusado à nervura de metal rebitada no painel do capô. Esse selo veda sela ele nas seções do motor, prevenindo que o ar escape pela superfície interna do painel sem circular em torno dos cilindros. O selo deve ser usado em motores que têm um completo sistema de aletas que cubram toda a cabeça do cilindro. Seu propósito é forçar o ar a circular por todo o sistema deflector. O selo não é usado em motores de aeronaves que têm somente os deflectores entre os cilindros que não inclui a cabeça do cilindro.

O anel suporte do painel do capô é preso rigidamente ao anel suporte do motor para fornecer um suporte resistente para o painel do capô, e também para a fixação dos flapes de refrigeração. O anel suporte vem entre duas partes conectadas juntas para formar o anel. A figura 6-41 ilustra um anel suporte típico.

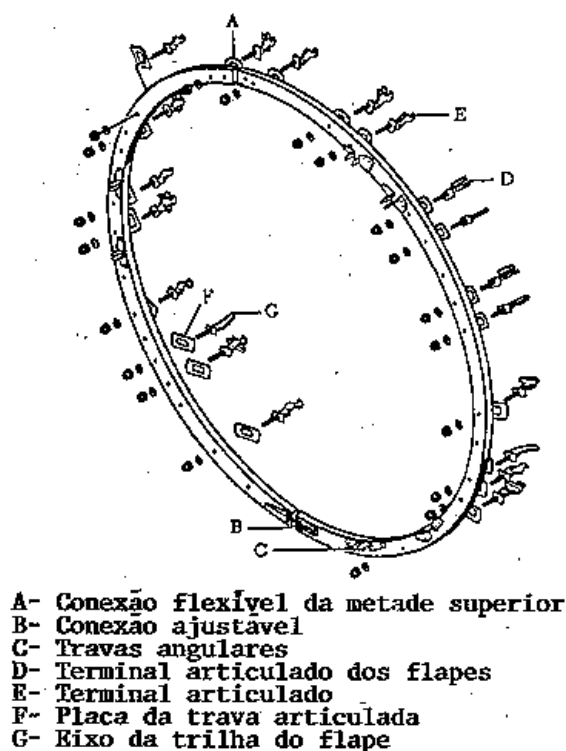


Figura 6-41 Anel suporte do flape de refrigeração.

Inspeção da capota

O anel suporte e painéis do capô são inspecionados durante cada inspeção regular do motor e da aeronave. Removendo o capô para manutenção, fornece-se uma oportunidade mais freqüente para sua inspeção.

Os painéis do capô são inspecionados quanto a arranhões, mossas e rasgos no painel. Este tipo de dano causa enfraquecimento na estrutura do painel, aumenta o arrasto pela descontinuidade do fluxo de ar, e contribui para um início de processo de corrosão.

As travas dos painéis do capô devem ser inspecionadas quanto a rebites soltos e frouxos, ou danos de manuseio. As travas de segurança devem ser verificadas quanto a rebites danificados e condições de compressão da mola. O furo através do qual a trava de segurança passa deve ser verificado para determinar se ele não está gasto ou trincado. Estas condições, se sérias, necessitam reparo imediato ou substituição do painel.

A construção interna do painel deve ser examinada para ver se as nervuras de reforço não estão trincadas, e se o selo de vedação do ar não está danificado.

O anel suporte deve ser inspecionado quanto à segurança da fixação e trincas. A dobradiça do flape de refrigeração e a união da dobradiça do flape de refrigeração devem ser verificados quanto a segurança, fixação e quanto a rompimentos e trincas. Estas inspeções são verificações visuais e devem ser executadas freqüentemente, contribuindo para uma eficiente refrigeração do motor.

INSPEÇÃO DAS ALETAS DE REFRIGERAÇÃO DO MOTOR

As aletas de refrigeração são de suma importância para o sistema de refrigeração, já que elas fornecem meios de transferir o calor dos cilindros para o ar. Suas condições podem significar uma diferença entre uma refrigeração adequada ou inadequada do cilindro.

A área total da aleta (ambos os lados) é a área total exposta ao ar. Durante a inspeção, as aletas devem ser examinadas quanto a rompimentos e trincas (figura 6-42).

Pequenas trincas não são razão para remoção do cilindro. Estas trincas podem ser soldadas ou até paradas por furos para prevenir o aumento das mesmas. Cantos ásperos ou agudos nas aletas podem ser desbastados, e esta ação irá eliminar uma possível fonte de trincas. Entretanto, antes de reparar as aletas de refrigeração dos cilindros, consulta-se o manual de serviço ou de revisão ("overall") do fabricante quanto aos limites permitidos.

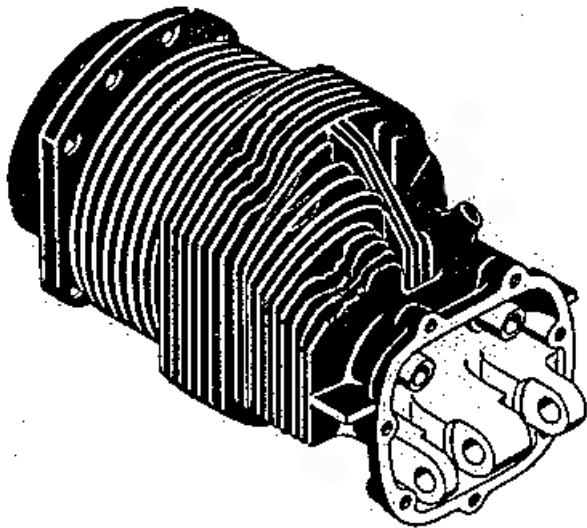


Figura 6-42 Cilindro com aletas quebradas.

A definição da área da aleta é importante na inspeção de áreas quebradas, pois isto é um fator determinante na aceitação ou rejeição dos cilindros. Por exemplo, um certo motor, se mais do que 12" de extensão de qualquer aleta medida em sua base estiver completamente quebrada, ou se o total de área quebrada for de 83 pol² na cabeça do cilindro, o mesmo deve ser removido e substituído. A razão da remoção neste caso é que uma área deste tamanho pode causar pontos quentes no cilindro por causa da pouca transferência de calor.

Quando aletas adjacentes estão quebradas na mesma área, o total da extensão permitida é 6", em duas aletas adjacentes, 4" em três aletas adjacentes, 2" em quatro e apenas 1" em cinco aletas adjacentes.

Se o comprimento quebrado adjacente for superior à quantidade descrita, o cilindro deve ser removido e substituído. As especificações usadas são somente para o motor do exemplo. Em cada caso específico deve-se consultar o manual do fabricante.

Inspeção do sistema do bloqueador e deflector dos cilindros.

Motores convencionais usam alguns tipos de deflector entre cilindros e nas cabeças do cilindro, para forçar ao ar de refrigeração a ter um contato maior com todas as partes do cilindro.

A figura 6-43 mostra o sistema do bloqueador e do deflector em volta do cilindro.

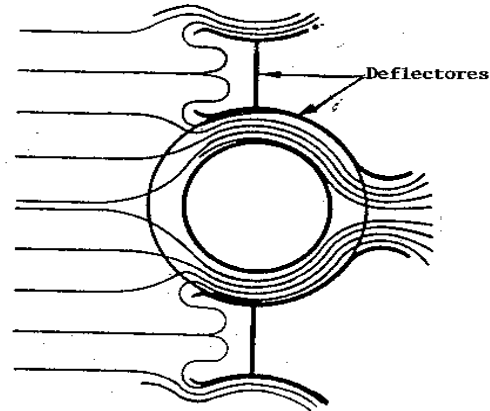


Figura 6-43 Sistema deflector do cilindro.

A figura 6-44 ilustra o sistema do deflector e do bloqueador de ar para refrigerar a cabeça do cilindro. O bloqueador de ar impede que o ar passe fora da cabeça do cilindro, forçando-o a passar entre a cabeça do cilindro e o deflector.

Embora a resistência oferecida pelo bloqueador, a passagem do ar refrigerador mantém um apreciável diferencial de pressão através do motor, para obter um fluxo de ar necessário; o volume de ar requerido é grandemente reduzido pelo formato e localização dos deflectores dos cilindros.

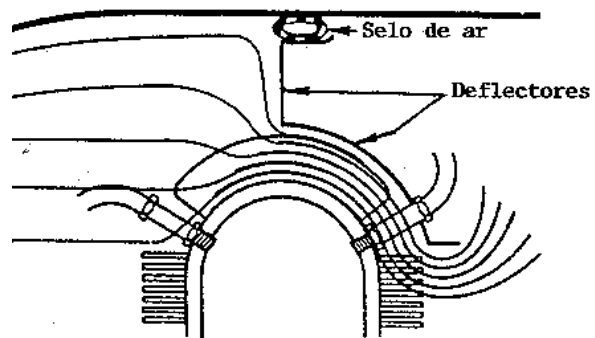


Figura 6-44 Sistema deflector da cabeça do cilindro.

Como mostra a figura 6-45, o fluxo de ar se aproxima da nacele e se acumula na face do motor, criando uma pressão alta na frente dos cilindros. Este aglomeramento de ar diminui sua velocidade.

Os flaps de refrigeração, claro, produzem uma área de baixa pressão. Como existe ar próximo ao flape de refrigeração, sua velocidade é aumentada novamente e adicionado ao fluxo.

A pressão diferencial entre a parte traseira e a dianteira do motor força o ar a passar pelos cilindros através das passagens formadas pelo deflector.

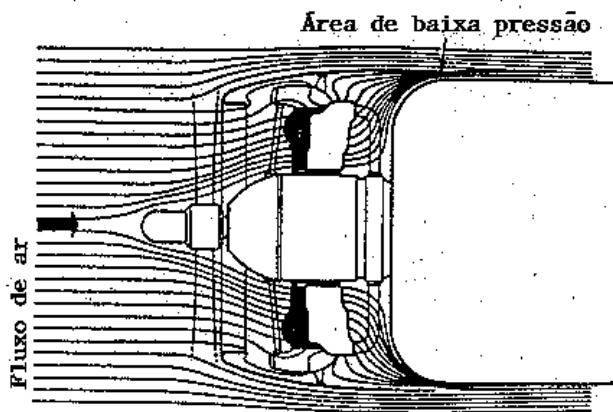


Figura 6-45 Fluxo de ar no motor.

O bloqueador e o deflector normalmente são inspecionados durante a inspeção regular do motor, mas devem ser verificados toda vez que o capô for removido por qualquer propósito. Inspeções deverão ser feitas quanto a trincas, moissas ou perdas dos pinos fixadores. Moissas e trincas sérias necessitam de reparo imediato ou substituição.

Entretanto, uma trinca pequena pode ser reparada com um furo de parada, e moissas podem ser reparadas permitindo o uso destes bloqueadores e/ou deflectores.

Instalação e Ajuste do Flape de Refrigeração

Durante a instalação do flape de refrigeração, ajustes são necessários para assegurar a sua correta tolerância da abertura e fechamento.

Esta tolerância é de extrema importância, pois se o flape de refrigeração abre muito, aumenta a velocidade do ar existente na seção do motor, permitindo um maior resfriamento dos cilindros.

Também, se o flape de refrigeração não for ajustado para uma abertura pré-determinada, a temperatura da cabeça do cilindro será maior do que a permitida pelos limites em certas condições de operação.

Para cada instalação de motor, os flapes de refrigeração são ajustados para a tolerância que os permitirá abrir e fechar na quantidade correta, mantendo a temperatura da cabeça dos cilindros dentro dos limites permitidos.

É importante instalar o flape de refrigeração corretamente, ajustar o atuador, ajustar os interruptores limitadores de abertura e fechamento, e inspecionar o sistema.

A instalação usada neste exemplo é de um motor convencional grande com nove flapes no capô.

Os flapes são numerados no sentido horário (olhando o motor de trás para frente). Os flapes 1 e 9 são estacionários, (figura 6-46), enquanto os de nº 2 a 8 são móveis.

Os flapes são articulados junto ao final dianteiro e traseiro do anel suporte do capô, e conectados junto ao final do atuador do flape de refrigeração.

Existem sete atuadores dos flapes de refrigeração, interconectados por um eixo flexível de acionamento.

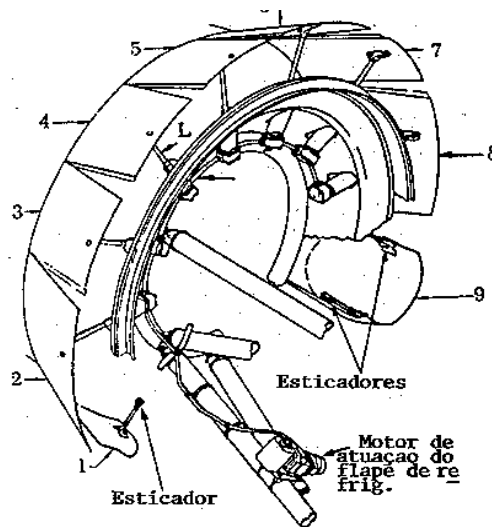


Figura 6-46 Instalação dos flapes de refrigeração.

Este tipo de conexão permite a todos os flapes móveis deslocarem simultaneamente, quando o motor acionador for energizado. Os flapes estacionários (1 e 9) são presos por esticadores, um para o nº 1 e dois para o nº 9. As verificações e inspeções seguintes são típicas daquelas elaboradas para manter a eficiência do sistema do flape de capô.

1. Verificar o flape de capô para resposta de comando da cabine de controle quanto a posição de abertura e fechamento. Os flapes devem responder suave e rapidamente. Se o indicador do flape de capô estiver instalado, observa-se a indicação de sincronismo com os flapes na posição "Aberta" e "Fechada".
2. Com os flapes de refrigeração abertos, verificar quanto a trincas, distorções e segurança na montagem. Segurar o flape no bordo de

fuga, balançar lateralmente, para cima e para baixo, para determinar as condições das buchas, rolamentos e esticadores. Folga nos flapes durante estas verificações indica desgaste nas buchas ou rolamentos que devem ser substituídos. Inspeccionar as dobradiças e terminais quanto a desgaste, trincas ou rompimento, verificar as dobradiças quanto a segurança de montagem no anel suporte do capô.

3. Medir a posição de abertura e fechamento dos flapes de refrigeração, para verificar as tolerâncias e ajuste como necessário.

Sistema de indicação da temperatura do cilindro

Este sistema usualmente consiste de um indicador, cablagem elétrica e um sensor de temperatura. A cablagem está entre o instrumento de indicação e a nacele ou parede de fogo. Na parede de fogo, uma ponta do cabo do sensor de temperatura é ligado à cablagem elétrica, e a outra no cilindro.

O sensor de temperatura consiste de dois metais heterogêneos, geralmente liga de cobre/níquel e ferro, conectado por fio ao sistema de indicação.

Se a temperatura na conexão é diferente da temperatura onde a liga de metal (Cu/Ni) está conectada ao fio, uma voltagem é produzida. Essa voltagem envia corrente através da fiação ao indicador, um instrumento medidor de corrente, graduado em graus.

A ponta do sensor de temperatura conectada ao cilindro pode ser do tipo baioneta ou junta. Para instalar o tipo baioneta, uma porca serrilhada é empurrada para baixo e girada no sentido anti-horário até se soltar. A do tipo junta ajusta-se sob o plug da vela e substitui a junta normal da vela.

Quando se instalar o cabo do sensor de temperatura (deve-se lembrar de não cortar o fio se for longo) ele é enrolado e o comprimento em excesso amarrado.

O sensor de temperatura é construído para produzir uma certa quantidade de resistência; se o comprimento do cabo for reduzido, resultará numa leitura incorreta de temperatura.

A baioneta, ou junta do sensor de temperatura, é introduzida ou instalada no cilindro mais quente do motor, pré-determinado por testes.

Quando o sensor de temperatura estiver instalado, e a cablagem conectada ao instrumento, a leitura indicada é a temperatura do cilindro. Antes de operar o motor, em temperatura ambiente, a temperatura da cabeça do cilindro deverá indicar a temperatura externa da aeronave, o que consiste num dos testes para determinar se o instrumento está operando corretamente.

O visor (vidro) do instrumento indicador de temperatura deve ser verificado regularmente para saber se não está solto ou trincado.

O visor deve ser verificado, também, quanto a indicação de perda ou danos nos decalques que indicam os limites de temperatura. Se o cabo do sensor de temperatura for longo e estiver enrolado, deve ser inspecionado quanto à segurança ou fio desencapado. A baioneta ou junta deve ser inspecionada quanto a segurança e montagem. Quando operando o motor, se a indicação da temperatura da cabeça do cilindro flutuar, todas as conexões elétricas devem ser verificadas.

REFRIGERAÇÃO DE MOTORES A TURBINA

O intenso aquecimento gerado quando o ar e combustível são queimados, necessita de alguns meios de resfriamento fornecido para todas as partes de um motor de combustão interna.

Motores convencionais são refrigerados pelo ar que passa sobre as aletas presas aos cilindros; ou por líquido refrigerante através da camisa que envolve o cilindro.

O problema de refrigeração se torna fácil, porque a combustão somente ocorre durante o quarto estágio do ciclo do motor.

O processo de queima na turbina a gás é contínuo, e aproximadamente todo o ar de refrigeração deve passar através do interior do motor.

Se, somente o ar necessário fosse admitido para fornecer uma razão ideal ar/combustível de 15:1, a temperatura interna aumentaria mais de 4000 °F. Na prática, uma grande quantidade de ar em excesso da razão ideal é admitida no motor.

O grande excesso de ar refrigera as seções quentes do motor para faixas aceitáveis entre 1100 a 1500 °F.

A figura 6-47 ilustra as temperaturas aproximadas encontradas na carcaça externa do motor; e o resfriamento devido um motor turbojato de compressor duplo axial. Por causa do efeito da refrigeração, as temperaturas externas da carcaça são consideravelmente menores do que as encontradas dentro do motor. Os pontos mais quentes ocorrem ao oposto da entrada do 1º estágio da turbina. Embora os gases tenham começado a resfriar um pouco neste ponto, a

condutividade do metal da carcaça transporta o calor diretamente para a parte externa.

O ar, passando pelo motor, resfria as seções da câmara de combustão ou revestimento. As seções são construídas para induzir uma película de ar sobre a superfície interior e exterior das seções ou revestimento.

Câmaras anulares freqüentemente são equipadas com um tubo central que direciona o ar refrigerador ao centro do combustor, para promover uma alta eficiência na combustão, e alta diluição dos gases quentes, enquanto minimiza a perda de pressão.

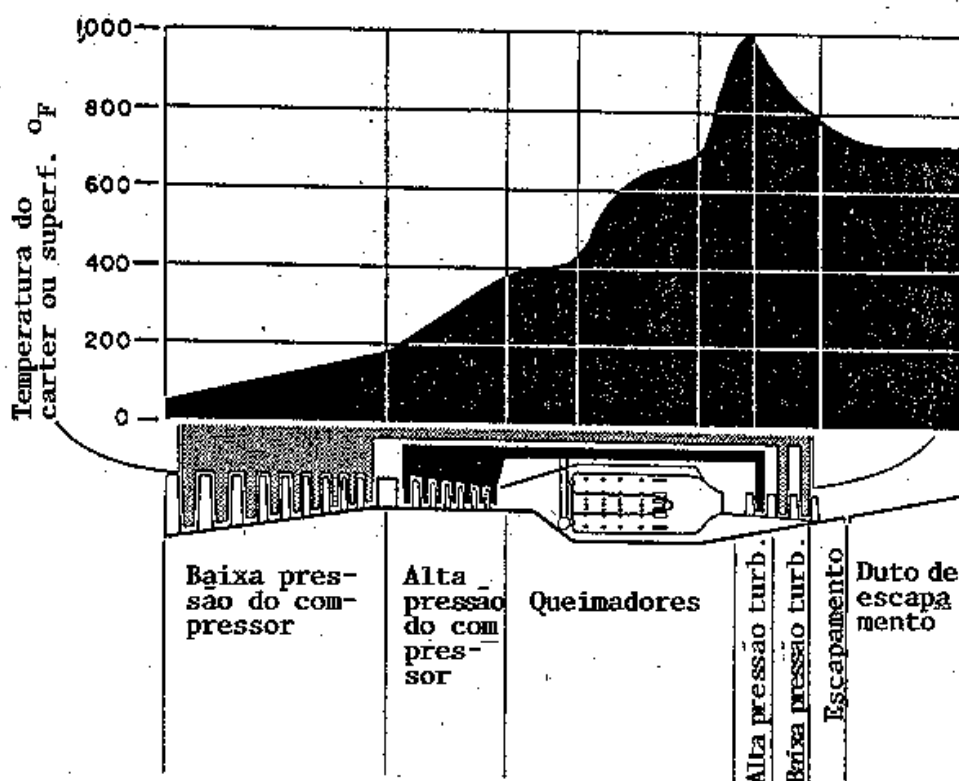


Figura 6-47 Temperaturas na carcaça externa de um motor turbojato de compressor duplo axial.

Em todos os tipos de turbina a gás, grande quantidade de ar relativamente resfriado se junta com os gases queimados na saída do combustor, para resfriar os gases quentes pouco antes deles entrarem nas turbinas.

Entradas de ar refrigerador freqüentemente são distribuídas em volta do exterior do motor, para permitir que a entrada do ar refrigere a carcaça, rolamentos e bicos injetores da turbina. Em alguns casos, o ar interno é sangrado da seção do compressor do motor e enviado para os rolamentos e outras partes do motor. O ar enviado para dentro, ou o ar do motor é jogado no fluxo de ar do escapamento.

Quando um alojamento de acessórios é montado na frente do motor, ele é resfriado pelo ar de admissão. Quando localizado na lateral, o alojamento é refrigerado pelo ar externo que flui em volta dele.

O exterior do motor e a nacele são resfriados pelo ar que passa entre a carcaça e a chapa da nacele (figura 6-48).

Os compartimentos do motor são freqüentemente divididos em duas seções. A seção dianteira é construída em volta do duto de admissão; a seção traseira em volta do motor. Um selo à prova de fumaça é montado entre as duas seções.

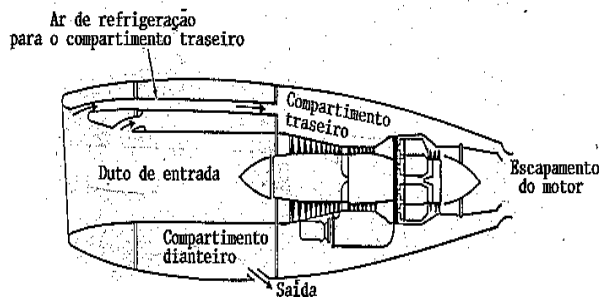


Figura 6-48 Dispositivo típico de refrigeração da nacele do motor.

A vantagem de tal arranjo é que a fumaça de possíveis vazamentos de combustível, e das linhas de óleo contidas na seção dianteira não incendeiem pelo contato com a seção quente do motor.

Em vôo, o ar de impacto fornece amplo resfriamento aos dois compartimentos. No solo, a circulação de ar é fornecida pelo efeito de redução de pressão no compartimento traseiro, produzido pelos gases que fluem do escapamento.

Isolamento Térmico do Motor

Para reduzir a temperatura da estrutura em benefício do duto de escapamento, ou pós combustão, e eliminar a possibilidade do combustível ou óleo em ter contato com as partes quentes do motor, algumas vezes é necessário fornecer isolamento para o duto de escapamento do ar da turbina.

Como mostrado na figura 6-49, temperaturas altas passam no duto de escapamento.

Um isolamento térmico típico, e as temperaturas obtidas em várias localizações, são mostradas na figura 6-49.

Esse isolamento térmico é construído de fibra de vidro, que é baixo condutor de calor e chapa de alumínio como protetor de radiação. O isolador térmico é convenientemente coberto para não ser molhado de óleo.

O isolamento deve ser usado mais extensivamente em algumas montagens de motores de fluxo centrífugo, mas não são normalmente em motores de compressor axial, se a instalação permitir um método de refrigeração mais apropriado.

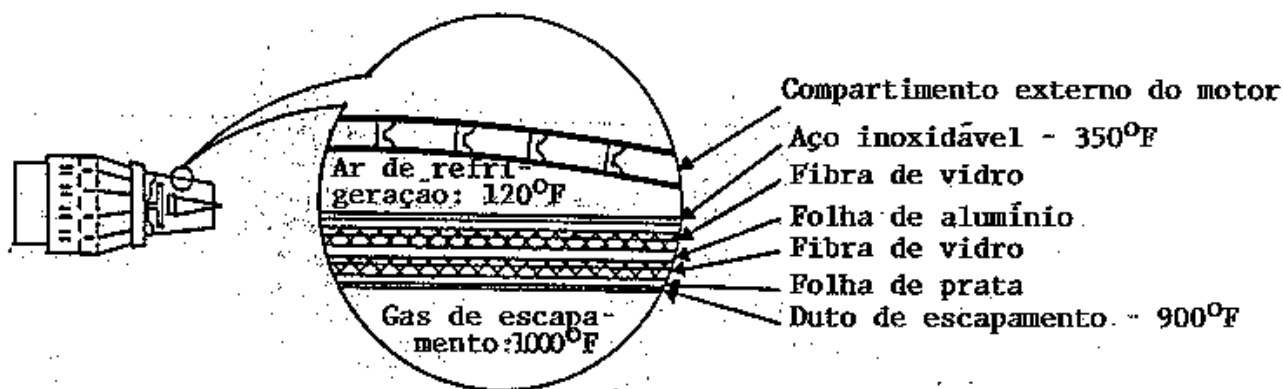


Figura 6-49 Manta de isolamento típica.

CAPÍTULO 7

HÉLICES

INTRODUÇÃO

A hélice, que é a unidade que deve absorver a força fornecida pelo motor, tem passado por muitos estágios de desenvolvimento. Grandes aumentos na produção de força tem resultado no desenvolvimento de hélices de quatro e de seis pás de grandes diâmetros. Entretanto, existe um limite para a rotação, na qual essas grandes hélices podem ser giradas.

A força centrífuga em grandes rotações tende a puxar as pás para fora do cubo; excessiva velocidade na ponta da pá pode resultar, não somente em baixa eficiência da pá, como também em flutuação e vibração.

Como um natural desenvolvimento do problema envolvendo as operações das grandes hélices, foram desenvolvidos os sistemas de passo variável e de velocidade constante. Esses sistemas fazem com que sejam necessárias apenas pequenas variações da rotação do motor durante várias condições de voo, aumentando, assim, a eficiência do voo.

A grosso modo, o sistema consiste de uma unidade governadora equipada com contrapesos, os quais controlam o ângulo das pás para que a velocidade do motor permaneça constante. O governador, contudo, pode ser regulado pelos controles da cabine para selecionar um desejado ângulo da pá, obtendo-se uma determinada velocidade de operação do motor.

Uma solicitação de passo mínimo e alta rotação, por exemplo, pode ser utilizada para a decolagem; então, depois que a aeronave decola, pode ser solicitado um aumento do passo da hélice e uma rotação menor.

PRINCÍPIOS BÁSICOS DAS HÉLICES

A hélice de uma aeronave consiste de duas ou mais pás fixadas em um cárter ou cubo central. Cada pá de uma hélice de aeronave é, essencialmente, uma asa rotativa. Como um resultado de sua construção, a pá da hélice produz força, que cria uma tração para puxar ou empurrar a aeronave através do ar.

A força necessária para girar as pás é fornecida pelo motor. A hélice é montada em um eixo, o qual pode ser uma extensão do eixo de

manivelas do motor. Em motores de grande potência, ela é montada em um eixo movido por um trem de engrenagens, acoplado ao eixo de manivelas do motor.

Em ambos os casos o motor gira o aerofólio das pás através do ar em grandes velocidades, e a hélice transforma a força de rotação do motor em tração.

Fatores Aerodinâmicos

Uma aeronave, movendo-se através do ar, cria uma força de arrasto em oposição ao deslocamento para a frente.

Se uma aeronave estiver em voo nivelado, ela deverá ter uma aplicação de força que seja igual ao arrasto, mas atuando para a frente. Essa força é chamada de tração.

O trabalho feito pela tração é igual a tração vezes a distância percorrida pela aeronave ($\text{trabalho} = \text{tração} \times \text{distância}$). A força consumida pela tração é igual a tração vezes a velocidade que move a aeronave ($\text{força} = \text{tração} \times \text{velocidade}$).

Se a força for medida em cavalo-força (HP), a força consumida pela tração será chamada de potência de tração (cavalo-força de tração).

O motor fornece potência ao freio através de um eixo rotativo, e a hélice converte essa potência em cavalo-força.

Nesta conversão, alguma força é perdida. Para a máxima eficiência, a hélice deve ser planejada para manter a perda tão pequena quanto for possível.

Visto que a eficiência de qualquer máquina é a razão da utilização da força produzida para a força de entrada, a eficiência da hélice é a razão da potência de tração para a potência do freio. O símbolo usado para a eficiência da hélice é a letra grega eta (η). A eficiência da hélice varia de 50% a 87%, dependendo de quanto a hélice "recua".

O recuo da hélice é a diferença entre o passo geométrico da hélice e o passo efetivo (ver a figura 7-1). O passo geométrico é a distância que uma hélice deveria avançar em uma revolução; e o passo efetivo é a distância realmente percorrida.

Então, passo geométrico ou teórico é baseado na ausência do recuo, mas o passo efetivo ou atual, reconhece o recuo da hélice no ar.

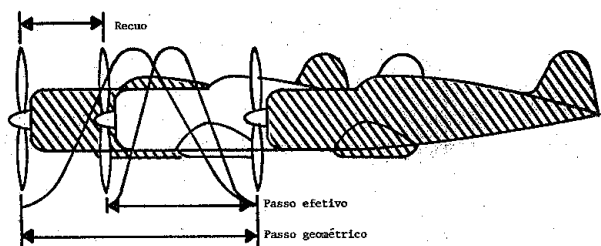


Figura 7-1 Passo geométrico e passo efetivo.

Uma típica pá de hélice pode ser descrita como um aerofólio torcido, de formato irregular. A figura 7-2 apresenta duas vistas de uma pá de hélice.

Para as finalidades de análise, a pá pode ser dividida em segmentos, os quais são localizados por estações numeradas em polegadas, partindo do centro do cubo da pá. As seções em corte, a cada segmento de seis polegadas, são mostradas na figura 7-2. Identificados também na figura 7-2 estão o flanco e a base da pá.

O flanco é a parte grossa e circular próxima da base, a qual é designada a dar resistência à pá. A base da pá, também chamada de raiz é a extremidade de fixação da pá ao cubo da hélice. A ponta da pá é a parte da pá da hélice mais afastada do cubo e, geralmente, definida como as últimas seis polegadas da pá.

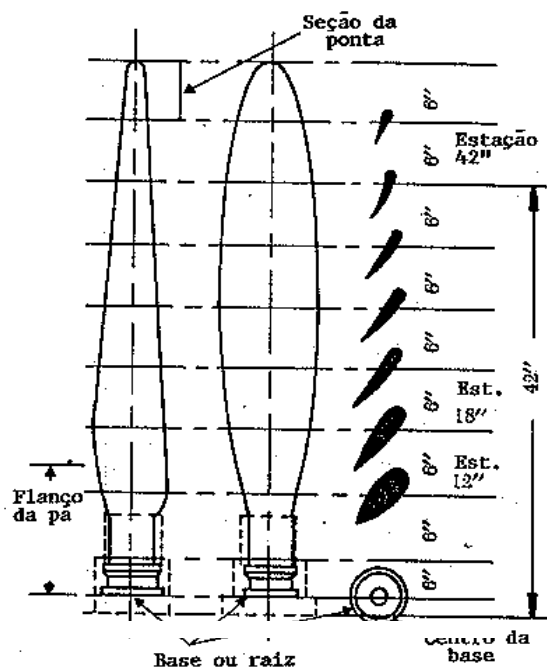


Figura 7-2 Elementos de uma típica pá de hélice.

Uma seção em corte de uma típica pá de hélice é mostrada na figura 7-3. Essa seção, ou elemento da pá, é um aerofólio semelhante a uma seção em corte da asa de uma aeronave.

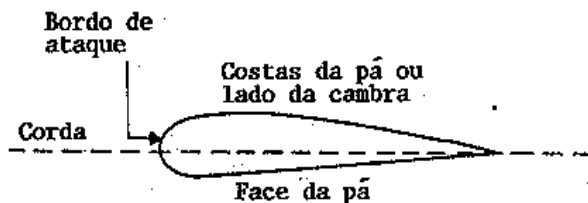


Figura 7-3 Seção de uma pá de hélice.

As costas da pá são, o lado arqueado ou curvado da pá, semelhante a superfície superior de uma asa de aeronave. A face da pá é o lado plano. A corda, é uma linha imaginária que atravessa a pá do bordo de ataque ao bordo de fuga. O bordo de ataque é a borda mais grossa da pá, que vai de encontro ao ar quando a hélice gira.

Ângulo da pá, usualmente medido em graus, é o ângulo entre a corda da pá e o plano de rotação (figura 7-4). A corda da pá da hélice é determinada da mesma maneira da corda de um aerofólio.

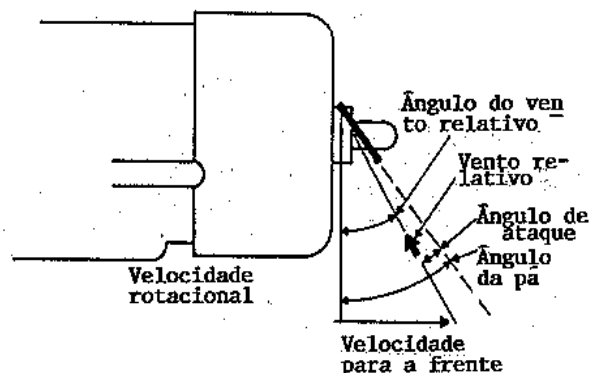


Figura 7-4 Fatores aerodinâmicos da hélice.

De fato, uma pá de hélice pode ser considerada feita de uma infinidade de finos elementos da pá, cada um dos quais é uma miniatura da seção do aerofólio, cuja corda é a largura da pá da hélice naquela seção. Em virtude da maioria das hélices terem a pá com uma face plana, a linha da corda muitas vezes coincide com a face da pá da hélice.

Passo não é a mesma coisa que ângulo da pá, mas, como o passo é determinado pelo ângulo da pá, os dois termos são muitas vezes trocados um pelo outro. O aumento ou diminuição de um é, usualmente, associado com o aumento ou diminuição do outro.

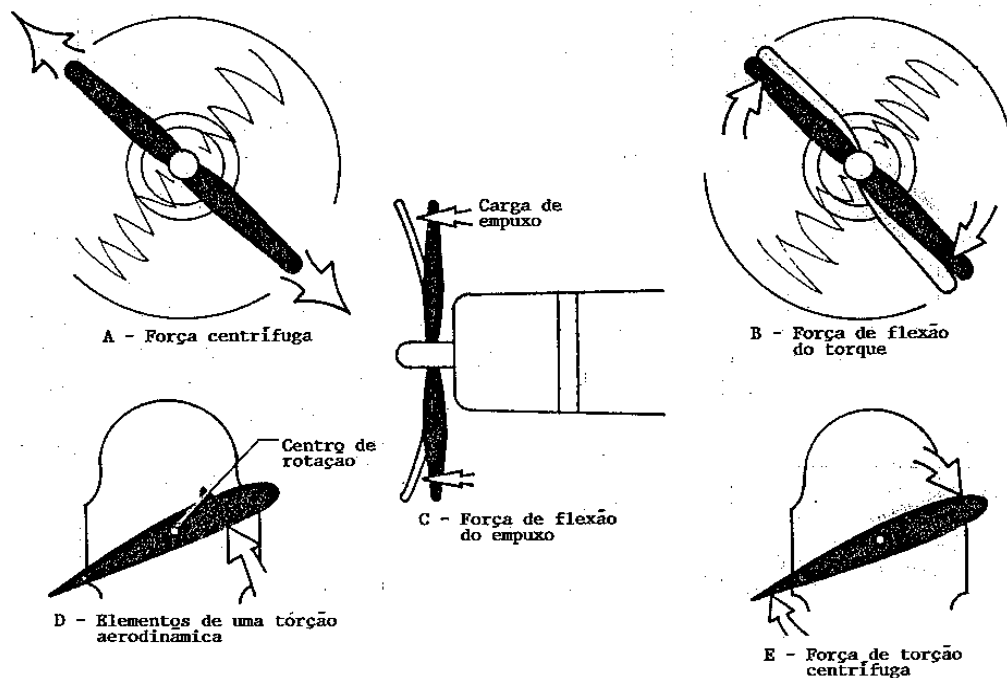


Figura 7-5 Forças que atuam em uma hélice girando.

Uma hélice girando sofre a ação das forças centrífugas, de torção e de flexão. As principais forças que atuam em uma hélice em movimento são ilustradas na figura 7-5.

A força centrífuga ("A" da figura 7-5) é uma força física que tende a expulsar as pás do cubo de uma hélice em movimento. A força de flexão causada pelo torque ("B" da figura 7-5) na forma de resistência do ar, tende a dobrar as pás da hélice na direção oposta à direção de rotação. A força de flexão causada pelo empuxo ("C" da figura 7-5) é a carga que tende dobrar as pás da hélice para a frente, enquanto a aeronave é puxada através do ar.

A força de torção centrífuga, sendo maior do que a torção aerodinâmica, tenta forçar as pás para uma posição de ângulo mínimo.

Uma hélice deve ser capaz de resistir a severos esforços, os quais são mais fortes próximo ao cubo, causados pela força centrífuga e a tração.

O esforço aumenta em proporção a rotação. A face da pá está, também, sujeita a tensão causada pela força centrífuga e a tensão adicional de flexionamento. Por essas razões, cortes ou arranhões na pá podem causar consequências muito sérias.

Uma hélice deve também ser rígida o bastante para evitar flutuação, um tipo de vibração na qual a ponta das pás torcem para trás e para

diante, em alta frequência, em torno de um eixo perpendicular ao eixo de manivelas do motor.

Flutuação é acompanhada por um barulho característico, muitas vezes confundido com o barulho do escapamento. A constante vibração tende a enfraquecer a pá e, eventualmente, causar uma falha.

OPERAÇÃO DA HÉLICE

Para entender a ação de uma hélice, considera-se primeiro o movimento, o qual tanto é rotacional quanto para a frente. Assim, como é mostrado pelos vetores das forças da hélice na figura 7-6, uma seção da pá move-se para baixo e para frente. A participação das forças dará o mesmo resultado, se as pás da hélice estiverem paradas, e o ar estiver vindo a elas de uma direção contrária. O ângulo no qual este ar (vento relativo) colide com as pás da hélice é chamado de ângulo de ataque. A deflexão do ar produzida por este ângulo causa uma pressão dinâmica, maior do que a atmosférica, no lado da pá voltada para o motor, criando então, uma força de tração. O formato da pá também cria tração, por ser semelhante a uma asa. Consequentemente, o fluxo de ar passando pela hélice, a pressão criada em um dos lados é menor do que do outro. Em uma asa, isto produz uma força de reação na direção da menor pressão.

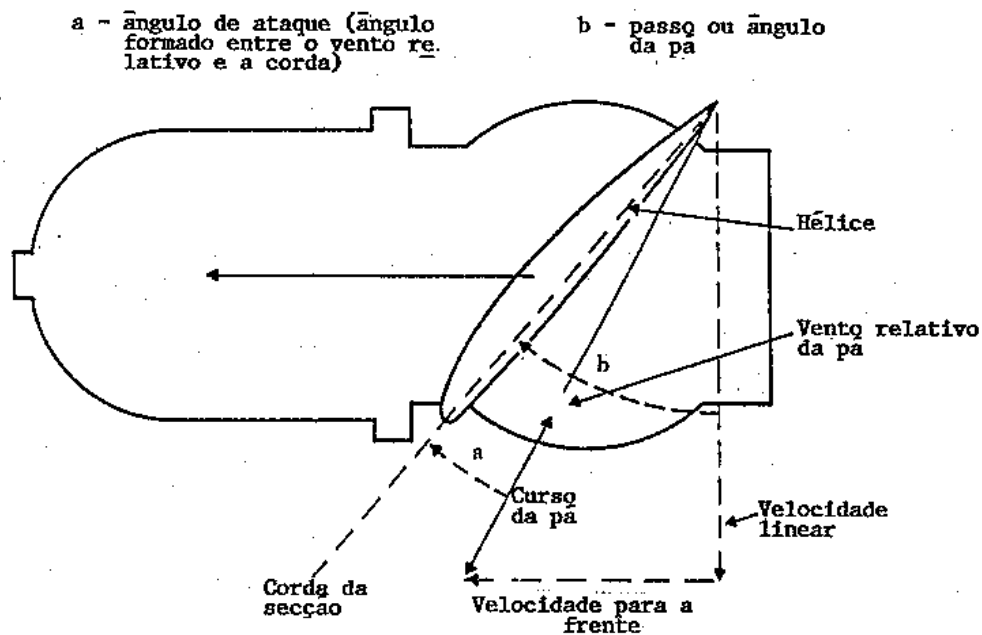


Figura 7-6 Forças da hélice.

No caso de uma asa, a sua área superior tem menor pressão, e a força (sustentação) é para cima. No caso da hélice, a qual é montada na vertical, em vez de ser na posição horizontal a área de diminuição de pressão é a parte frontal da hélice, e a força (tração) é direcionada para a frente. Aerodinamicamente, então, tração é o resultado do formato da hélice e do ângulo de ataque da pá.

Por outro lado, tração é considerada em termos da massa de ar manipulada.

Nestes termos, tração é igual a massa de ar manipulada, vezes a velocidade da esteira de ar produzida pela hélice, menos a velocidade da aeronave. Então, a força consumida na produção da tração depende da massa de ar deslocada em um segundo.

Na média, a tração constitui aproximadamente 80% do torque (cavalo-força absorvido pela hélice). Os outros 20% são perdidos na fricção e no recuo.

Para qualquer rotação da hélice, a quantidade de ar utilizada depende do ângulo da pá, que determina a quantidade de ar que a hélice necessita. Então, o ângulo da pá é um excelente meio de ajustar a carga na hélice para controlar a rotação do motor.

O ângulo da pá é também excelente método de ajustar o ângulo de ataque da hélice. Em uma hélice de velocidade constante, o ângulo da pá deve ser ajustado para proporcionar o mais

eficiente ângulo de ataque em todas as velocidades do motor e da aeronave.

As curvas de sustentação versus arrasto, quando desenhadas para hélices ou para asas, indicam que o ângulo de ataque mais eficiente é um bem pequeno, variando de 2° a 4° positivos. O efetivo ângulo da pá, necessário para manter este pequeno ângulo de ataque, varia com a velocidade de deslocamento da aeronave.

As hélices, de passo fixo e ajustáveis no solo, são projetadas para proporcionar melhor eficiência a uma determinada rotação e velocidade de deslocamento. Em outras palavras, elas são projetadas para serem instaladas em uma determinada combinação de aeronave e motor.

Uma hélice pode ser usada para proporcionar máxima eficiência para a decolagem, subida, vôo de cruzeiro ou altas velocidades. Alguma mudança nestas condições resulta em perda de eficiência, tanto da hélice como do motor.

Uma hélice de velocidade constante, no entanto, mantém o ângulo da pá ajustado para a máxima eficiência da maior parte das condições encontradas em vôo. Durante a decolagem, quando o torque e a força máxima são requeridos, a hélice de velocidade constante estará em um ângulo ou passo mínimo.

O baixo ângulo da pá mantém um pequeno e eficiente ângulo de ataque, com respeito ao vento relativo. Ao mesmo tempo, ele permite que a hélice manipule uma menor massa de ar

por rotação. Esta carga leve permite ao motor girar em alta rotação para converter a máxima quantidade de combustível em energia calorífica num determinado momento.

Ao sair do chão, a velocidade da aeronave aumenta, a hélice de velocidade constante muda para um aumento de ângulo (ou passo). Outra vez, o aumento de ângulo mantém um ângulo de ataque pequeno e eficiente com respeito ao vento relativo.

O aumento do ângulo da pá aumenta a massa de ar manejada por cada rotação. Isto diminui a rotação do motor, reduzindo o consumo de combustível e desgaste do motor, mantendo o máximo de tração.

Para a subida depois da decolagem, a força fornecida pelo motor é reduzida para a potência de subida, para diminuir a pressão de admissão, aumentando o ângulo da pá para reduzir as rotações por minuto. Assim, o torque (cavalo-força absorvido pela hélice) é reduzido para igualar a reduzida potência do motor.

O ângulo de ataque é outra vez mantido pequeno pelo aumento do ângulo da pá. A grande massa de ar manejada por segundo, neste caso, é maior do que a desviada pela baixa velocidade do fluxo de ar e o aumento na velocidade da aeronave.

Na altitude de cruzeiro, quando a aeronave está no nível de vôo e menor potência é requerida, do que a usada para a decolagem e subida, a potência do motor é outra vez reduzida para baixar a pressão de admissão e aumentar o ângulo da pá para reduzir a r.p.m.

De novo, isto reduz o torque, para igualar a reduzida potência do motor. Embora a massa de ar manejada por rotação seja maior, ela é superior a desviada por uma diminuição na velocidade do fluxo de ar e um aumento na velocidade da aeronave. O ângulo de ataque é ainda pequeno, porque o ângulo da pá foi aumentado com um aumento na velocidade da aeronave.

TIPOS DE HÉLICE

Existem vários tipos ou classes de hélice, sendo, as mais simples de todas, as de passo fixo e as ajustáveis no solo.

A complexibilidade dos sistemas de hélice aumenta desde as formas simples até as de passo controlável, e complexos sistemas automáticos. Várias características dos diversos tipos de

hélice serão discutidas nos parágrafos seguintes, mas sem a intenção de cobrir todos os tipos.

Hélices de passo fixo

Conforme o nome indica, uma hélice de passo fixo tem o passo ou ângulo da pá introduzido em sua construção. O ângulo da pá não pode ser modificado após a construção da hélice. Geralmente, este tipo de hélice é apenas uma peça, e construída de madeira ou liga de alumínio.

As hélices de passo fixo são planejadas para melhor eficiência a uma determinada velocidade de rotação e deslocamento. Elas são planejadas para completar uma série de condições, das velocidades da aeronave e alguma mudança nestas condições, que reduzirão a eficiência da hélice e do motor.

A hélice de passo fixo é usada em aeronaves de potência, velocidade, alcance ou altitude baixas.

Hélices ajustáveis no solo

São hélices que operam como uma hélice de passo fixo.

O passo ou ângulo da pá podem ser mudados somente quando a hélice não estiver girando. Isto é feito soltando-se a fixação do mecanismo que mantém as pás no lugar.

Depois que o mecanismo de fixação estiver preso e apertado, o passo das pás não poderá ser mudado em vôo, para permitir as variações necessárias.

Do mesmo modo que a hélice de passo fixo, a hélice ajustável no solo é usada em aeronaves de potência, velocidade, alcance e altitudes baixas.

Hélice de passo controlável

Essa hélice permite uma mudança no passo ou ângulo da pá, enquanto ela estiver girando. Isto permite a hélice assumir um ângulo da pá que dê o melhor desempenho para uma particular condição de vôo.

O número de posições de passo pode ser limitado como acontece com a hélice de passo controlável de duas posições; ou o passo pode ser controlável de duas posições; ou o passo pode ser ajustado para qualquer ângulo, entre o

passo mínimo e o máximo, de uma determinada hélice.

A utilização da hélice de passo controlável, também permite a possibilidade de obter uma desejada rotação do motor para uma particular condição de voo. Quando em aerofólio é movido através do ar, ele produz duas forças, sustentação e arrasto; (resistência ao avanço).

Aumentando o ângulo da pá da hélice, o ângulo de ataque também aumenta, produzindo mais sustentação e arrasto; esta ação aumenta os cavalos-força requeridos para girar a hélice a uma determinada rotação.

Desde que o motor esteja mantendo a mesma potência, a hélice diminui a rotação. Se o ângulo da pá for diminuído, a hélice aumentará a velocidade. Assim, a rotação do motor pode ser controlada pelo aumento ou diminuição do ângulo da pá.

O uso de um governador da hélice, para aumentar ou diminuir o passo é uma prática comum. Quando a aeronave começa uma subida, o ângulo da pá da hélice diminui, apenas o suficiente para evitar que o motor diminua sua velocidade. Portanto, o motor pode manter este fornecimento de potência desde que não haja mudança na seleção das manetes.

Quando a aeronave entra em um mergulho, o ângulo da pá aumenta o suficiente para evitar uma sobrevelocidade e, com a mesma seleção de manetes, o fornecimento de potência permanecerá inalterado. Se a seleção das manetes for alterada, no lugar de mudar a velocidade da aeronave em uma subida ou descida, o ângulo da pá aumentará ou diminuirá como necessário para manter uma velocidade constante no motor.

A potência do motor (e não a rotação) será, portanto, mudada de acordo com as mudanças no comando das manetes. As hélices controladas por governador, e as de velocidade constante, mudam o ângulo da pá automaticamente, mantendo constante a rotação do motor.

A maior parte dos mecanismos de mudança de passo são operados por pressão de óleo (hidraulicamente) usando algum tipo de sistema pistão e cilindro. O pistão pode mover-se no cilindro, ou o cilindro pode mover-se em um pistão estacionário.

O movimento linear do pistão é convertido por diversos tipos de ligações mecânicas, usando o movimento rotativo necessário para variar o ângulo da pá. As ligações mecânicas podem ser por meio de engrenagens, o mecanismo de

troca de passo girando uma engrenagem de acionamento ou motora, que engraza com as engrenagens fixadas na base de cada pá.

Na maioria dos casos, o óleo sob pressão para a operação destes vários tipos de mecanismos hidráulicos de mudança de passo é fornecido diretamente do sistema de lubrificação do motor. Quando este sistema é usado, a pressão de óleo é usualmente reforçada por uma bomba integrada ao governador para operar a hélice. O aumento da pressão de óleo proporciona uma rápida mudança do ângulo da pá.

Os governadores usados para controlar o mecanismo hidráulico de mudança de passo são acionados pelo eixo de manivelas do motor e, por esse motivo, são sensíveis as mudanças de rotação. Os governadores orientam o óleo sob pressão para a operação do mecanismo hidráulico de mudança de passo.

Quando a rotação do motor ultrapassa um valor, para o qual o governador foi regulado, o governador comanda o mecanismo de mudança do passo da hélice para uma condição de aumento de passo. Esse ângulo aumenta a carga no motor diminuindo a rotação. Quando a rotação diminui, abaixo de um valor para o qual o governador foi regulado, o governador comanda o mecanismo de mudança de passo para girar as pás para um passo menor; a carga no motor é diminuída e a rotação aumenta. Assim, o governador da hélice tende a manter constante a rotação do motor.

Hélices automáticas

Nos sistemas de hélices automáticas, o sistema de controle ajusta o passo, sem atuação do operador, para manter uma específica ajustagem da rotação do motor.

Por exemplo, se a rotação do motor aumenta, os controles automaticamente aumentam o ângulo da pá até que uma desejada rotação tenha sido restabelecida.

Um bom sistema de controle automático reage nas pequenas variações de rotação, praticamente em todas as condições, mantendo constantes as rotações por minuto (r.p.m) do motor.

As hélices automáticas são frequentemente chamadas de hélices de "velocidade constante".

Refinamentos adicionais, tais como passo reverso e embandeiramento, são incluídos em algumas hélices para aperfeiçoar suas características operacionais.

Hélices reversíveis

Uma hélice de passo reverso é uma hélice controlável, na qual o ângulo da pá pode ser mudado para um valor negativo durante a operação.

A finalidade do passo reverso é a de produzir uma tração negativa, à baixa velocidade, usando a potência do motor.

Embora o passo reverso possa ser usado em vôo para descidas em rota, ele é usado principalmente como um freio aerodinâmico para reduzir a corrida no solo após o pouso.

Hélices embandeiráveis

Uma hélice embandeirável é uma hélice controlável que possui um mecanismo que muda o passo para um ângulo tal, que o deslocamento da aeronave para a frente produz um mínimo efeito "cata-vento" em uma hélice sem potência.

O embandeiramento das hélices deve ser usado em aeronaves multimotoras para reduzir ao mínimo a resistência ao avanço, causada por uma hélice, na condição de falha do motor.

CLASSIFICAÇÃO DAS HÉLICES

Hélices tratoras

Essas são as hélices montadas na parte anterior de um eixo, à frente da estrutura de apoio. A maioria das aeronaves são equipadas com este tipo de hélices.

A maior vantagem das hélices tratoras é que baixos esforços são induzidos em uma hélice, que gira em um ar relativamente calmo.

Hélices propulsoras

São aquelas montadas na parte posterior de um eixo, atrás da estrutura de apoio. As hélices propulsoras são construídas como hélices fixas ou de passo variável. Aeronaves aquáticas ou anfíbias utilizam, em grande porcentagem, hélices propulsoras.

Em aeronaves terrestres onde a distância da hélice ao solo normalmente é menor do que a distância da hélice à água dos aquáticos, as hélices propulsoras estão mais sujeitas a danos do que as tratoras. Pedras, cascalhos e pequenos objetos deslocados pelas rodas, muitas vezes podem ser atirados ou aspirados por uma hélice propulsora.

Similarmente, aeronaves aquáticas com hélices propulsoras estão aptas a sofrer danos na hélice, causados pelo jato de água levantado pelo casco durante pousos e decolagens da água. Consequentemente, a hélice propulsora, na maioria das vezes, é montada em cima e atrás das asas para evitar danos semelhantes.

HÉLICES USADAS EM AERONAVES LEVES

Existem, atualmente, em grande número, aeronaves leves utilizando hélices de velocidade constante, reguladas por governador. Mas, um número significativo de aeronaves da aviação geral, ainda opera com hélices de passo fixo.

Hélices de passo fixo, de madeira

A construção de uma hélice de madeira, de passo fixo (Figura 7-7) é de tal modo que o passo das pás não pode ser mudado após a construção.

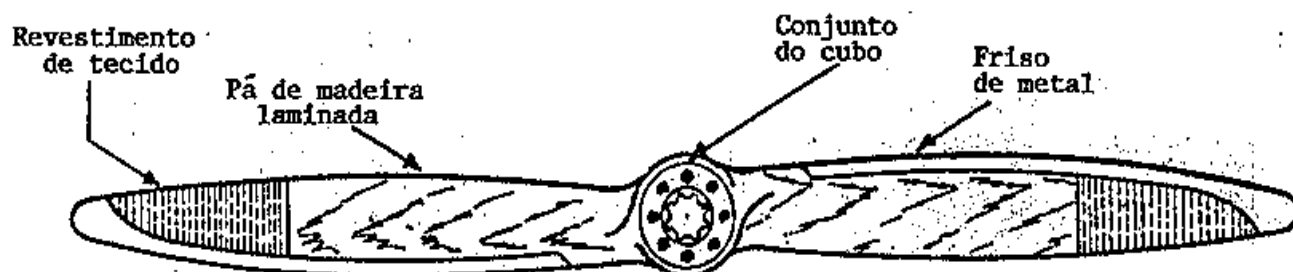


Figura 7-7 Hélice de madeira de passo fixo.

A escolha do ângulo da pá é decidido pelo uso normal da hélice em uma aeronave durante um voo nivelado, quando o motor atingir a máxima eficiência.

A impossibilidade de mudar o passo da pá em uma hélice de passo fixo, restringe o seu uso as pequenas aeronaves com motores de baixa potência, nos quais a máxima eficiência do motor, durante todas as condições de voo, é de menor importância do que nas grandes aeronaves. A hélice de madeira, de passo fixo, em virtude do seu baixo peso, rigidez, economia de produção, simplicidade de construção e facilidade de substituição, é bem apropriado para aquelas pequenas aeronaves.

Uma hélice de madeira não é construída de um sólido bloco de madeira, mas é formada de um determinado número de camadas de madeira dura, cuidadosamente selecionadas e bem secas.

Muitas madeiras, entre elas o mogno, a cerejeira, a nogueira preta e o carvalho, são usadas em grande parte, mas o vidoeiro é na maioria das vezes, amplamente utilizado.

São usadas de cinco a nove camadas separadas, tendo cada uma cerca de três quartos da polegada de espessura.

As várias camadas são colocadas juntas com uma cola, a base de resina à prova d'água e mantidas até a secagem. A peça bruta é então desbastada, até em formato e tamanho aproximados do produto acabado.

A hélice semi-acabada é então deixada em repouso para secar durante aproximadamente uma semana, para permitir que a umidade seja distribuída entre as camadas.

Este período adicional de secagem evita empenos e rachaduras, que podem ocorrer se o bloco for trabalhado imediatamente. Após este período, a hélice é cuidadosamente construída.

Gabaritos e transferidores de bancada são usados para obter-se o contorno apropriado, e o ângulo da pá de todas as estações.

Depois que as pás da hélice estiverem acabadas, um revestimento de tecido é colado nas últimas 12 a 15 polegadas de cada pá acabada, e um friso de metal (figura 7-8) é preso na maior parte do bordo de ataque e ponta de cada pá, para proteger a hélice dos danos causados pelas partículas soltas no ar durante o pouso, táxi ou decolagem.

O friso pode ser de folha de flandres, metal Monel ou latão.

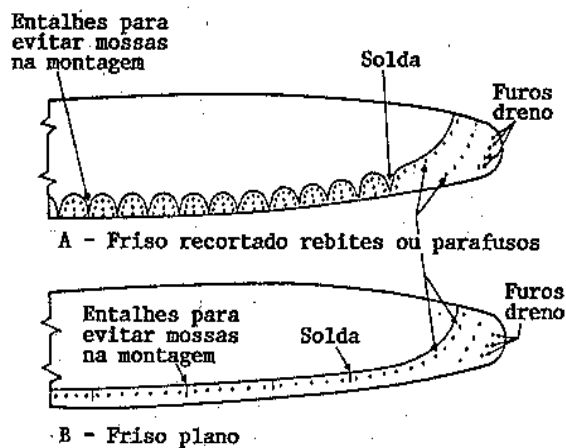


Figura 7-8 Instalação de revestimento e friso de metal.

Aço inoxidável tem sido usado com frequência, ele é fixado ao bordo de ataque com parafusos de cabeça escareada para madeira na parte grossa da pá, e com rebites de cobre nas seções finas das pontas.

As cabeças dos parafusos são fixadas com solda para evitar que se soltem, e para que a solda torne a superfície plana e lisa. Como a umidade tende a se acumular nas pontas das pás, entre o metal e a madeira são feitos pequenos furos para permitir a drenagem desta umidade, ou sua expulsão pela força centrífuga. É importante que esses furos sejam sempre mantidos abertos.

Como a madeira está sujeita a dilatação, contração e empeno, devido a umidade, uma camada protetora é aplicada em uma hélice já acabada, para evitar uma rápida mudança do conteúdo de umidade.

O acabamento mais usado é um determinado número de camadas de verniz claro e impermeável. Após este processo ser completado, a hélice é montada em um cubo, e cuidadosamente balanceada.

Vários tipos de cubos são usados para montar hélices de madeira no eixo de manivelas do motor. A hélice pode ter um cubo de aço forjado que será fixado em um eixo estriado, ele pode ser conectado em um eixo cônico por um cubo de aço forjado, ou ele pode ser aparafusado em um flange de aço forjado do eixo de manivelas. Em qualquer caso, várias partes de fixação são requeridas para a montagem efetiva da hélice no eixo. Os cubos fixados em um eixo cônico, normalmente são mantidos no lugar por uma porca de retenção, que é atarraxada na pon-

ta do eixo. Em um modelo, uma contraporca é usada como segurança da porca de retenção, e para permitir um extrator para a remoção da hélice do eixo. Esta porca é rosqueada no interior do cubo, e de encontro à porca de retenção. A contraporca e a porca de retenção são frenadas juntas com arame de freio ou com contrapino.

Um cone dianteiro e um cone traseiro podem ser usados para apoiar, de um modo apropriado, a hélice em um eixo estriado. O cone traseiro é inteiriço, de bronze, envolvendo o eixo de encontro a porca de tração (ou espaçador) e apoiado na sede do cubo destinada ao cone traseiro.

O cone dianteiro é, em duas peças de aço, que formam par durante todo o tempo de vida, possuindo um sulco na sua circunferência interna para que ele possa ser fixado em um flange da porca de retenção da hélice. Quando a porca de retenção é atarraxada no lugar, o cone dianteiro encaixa-se em sua sede, do cubo.

Um anel de pressão é encaixado em um sulco do cubo, à frente do cone dianteiro, para que, quando a porca de retenção for removida do eixo da hélice, o cone dianteiro atuará de encontro ao anel de pressão, agindo como um extrator, puxando a hélice do eixo.

Um tipo de cubo incorpora uma bucha de bronze no lugar de um cone dianteiro. Quando este tipo de cubo é usado, é necessário o uso de um extrator para iniciar a remoção da hélice. Um cone traseiro espaçador é algumas vezes utilizado em uma hélice para eixo estriado, para evitar a interferência da hélice com a refrigeração do motor. Um flange largo, na face traseira de alguns tipos de cubos eliminam o uso de um cone traseiro espaçador.

Um tipo de conjunto de cubo para uma hélice de passo fixo, de madeira, é uma peça de aço embutido na hélice para montá-la no eixo. Ele tem duas partes principais, a placa lisa e a placa flange (figura 7-9). A placa lisa é um disco de aço que forma a face dianteira do cubo. A placa flange é de aço, oca e estriada internamente para receber o eixo da hélice. A parte do flange, oposta ao disco, tem encaixes para receber a placa lisa, que tem encaixes na abertura de passagem do eixo, para fixação na placa flange.

Tanto a placa lisa quanto a flange, tem uma série de correspondentes orifícios no disco, concêntricos com relação ao centro do cubo. A passagem para o eixo na placa flange tem uma sede para o cone com 15° na parte traseira, e

uma sede para cone na dianteira com 30° , para centralizar o cubo acuradamente no eixo da hélice.

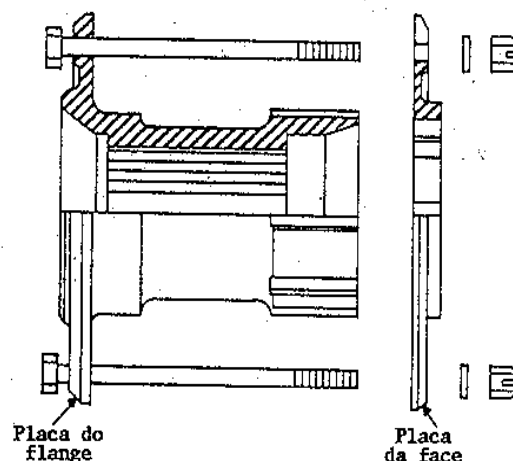


Figura 7-9 Conjunto do cubo.

Hélices de passo fixo, de metal

As hélices de metal, de passo fixo, são semelhantes na aparência com as de madeira, com a diferença de terem a seção da pá mais fina. A hélice de passo fixo, de metal, é extensamente utilizada na maioria das aeronaves leves.

A maioria das hélices de metal antigas eram fabricadas por uma peça de duralumínio forjado. Comparadas com as hélices de madeira, elas eram mais leves por causa da eliminação dos dispositivos de fixação, elas ofereciam um custo de manutenção mais baixo, porque eram feitas de uma só peça, e permitiam maior eficiência de refrigeração devido ao passo efetivo bem próximo ao cubo, e porque elas não tinham junções entre as pás e o cubo.

O passo da hélice podia ser modificado, dentro de certos limites, torcendo-se a pá ligeiramente. As hélices deste tipo são agora manufaturadas em liga de alumínio anodizado. Elas são identificadas por caracteres estampados no cubo com o número de série, modelo, número do certificado de tipo da *Federal Aviation Administration* (F.A.A.), número do certificado de produção, e o número de vezes que a hélice foi recondicionada. O número completo do modelo da hélice é uma combinação dos números básicos do modelo e números sufixos, indicando o diâmetro e o passo da hélice. Uma explanação de um número completo de um modelo, usando a hélice Mc Cauley 1B90/CM/71/44, é apresentado na figura 7-10.

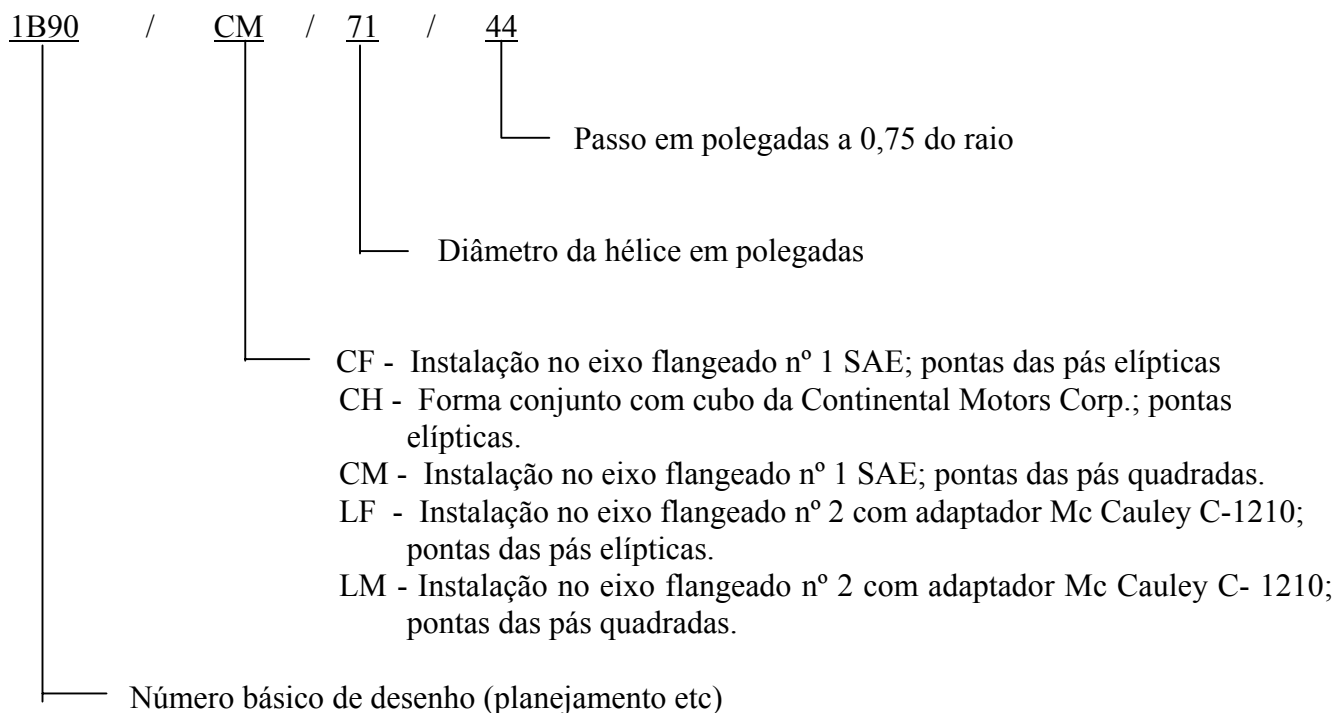


Figura 7-10 Número completo de modelo de hélice.

HÉLICES DE VELOCIDADE CONSTANTE

As hélices Hartzell, Sensenick e Mc Cauley, para aeronaves leves, são bem semelhantes em sua operação. Todas elas usam a força centrífuga atuando nos contrapesos da pá, para aumentar o seu ângulo. A descrição de uma hélice de velocidade constante Hartzell é usada como exemplo. As especificações e instruções do fabricante devem ser consultadas para informações dos modelos específicos.

Hélices de velocidade constante para aeronaves leves.

A maioria dos tipos de aeronaves leves usam hélices de velocidade constante, controladas por governador tanto na versão de duas como na de três pás.

Essas hélices podem ser do tipo não embandeiráveis, ou elas podem ser capazes de embandeirar e reverter o passo.

O cubo de aço consiste de uma aranha de aço, a qual suporta as pás de alumínio, com um tubo penetrando na base das pás. Braçadeiras fixam o flanco das pás com os rolamentos de retenção. Um cilindro hidráulico está montado no eixo rotacional, conectado à braçadeira da pá para atuação do passo (ver a figura 7-11).

O cubo e a retenção das pás básicos são comuns a todos os modelos descritos. As pás estão montadas na aranha do cubo em ajustes angulares. A força centrífuga das pás, em torno de 25 toneladas, é transmitida para a aranha do cubo através das braçadeiras da pás, e então, através dos rolamentos de esferas.

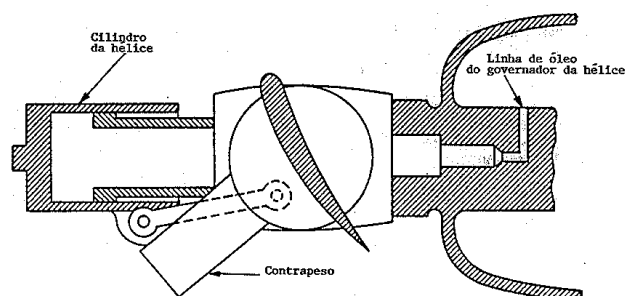


Figura 7-11 Mecanismo de mudança de passo para uma hélice de contrapesos.

A tração da hélice e o torque do motor são transmitidos das pás para a aranha do cubo, através de um embuchamento dentro do flanco das pás.

As hélices têm contrapesos fixados às braçadeiras das pás, utilizando a força centrífuga derivada dos contrapesos para aumentar o passo das pás. A força centrífuga, devido a rotação da hélice, tende a mover os contrapesos para dentro do plano de rotação, aumentando, assim, o passo das pás (ver a figura 7-12).

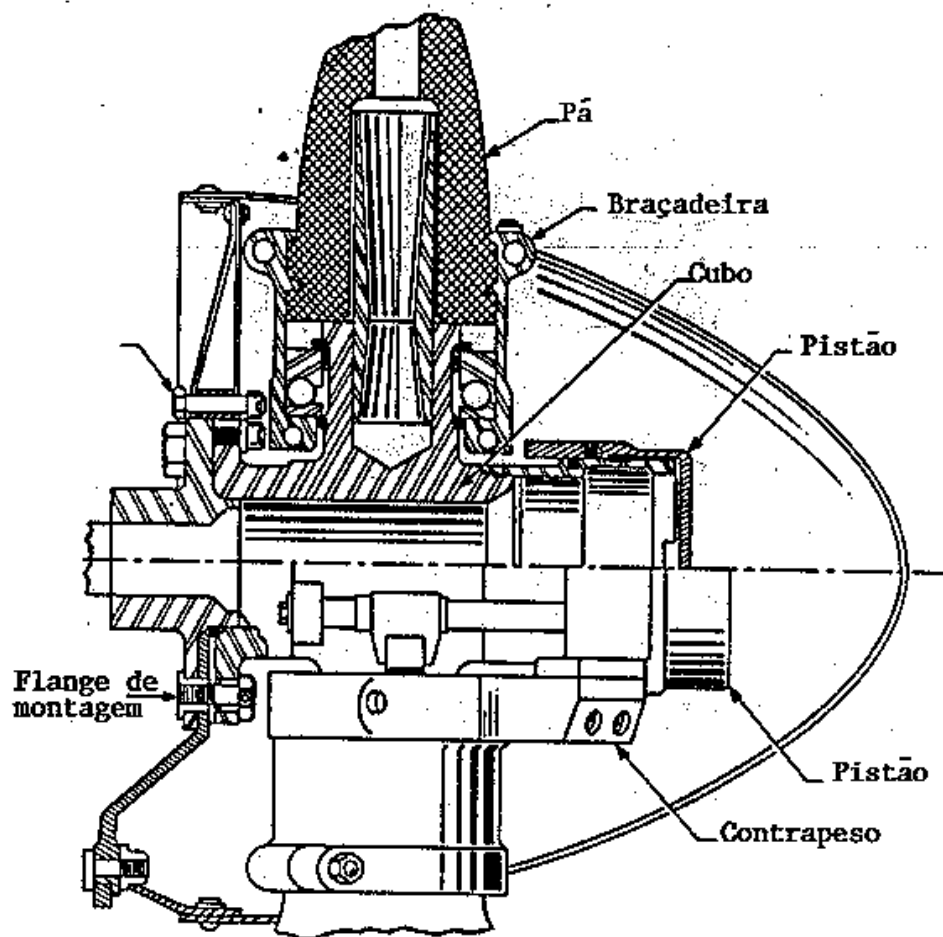


Figura 7-12 Hélices de velocidade constante.

Na ordem de controlar o passo das pás, um conjunto hidráulico pistão cilindro está montado na parte frontal da aranha do cubo.

O pistão é acoplado a braçadeira da pá por meio de um sistema deslizante, garfo para os modelos não embandeiráveis; e um sistema de hastes para os modelos embandeiráveis.

O pistão é atuado para a direção dianteira por meio da pressão de óleo suprida por um governador, o qual supera a força em oposição criada pelos contrapesos.

Hélices de velocidade constante, não embandeiráveis

Se a velocidade do motor for reduzida para uma rotação menor do que a regulação do governador (ver figura 7-13), a força rotacional do motor que aciona os contrapesos do governador diminuirá também. Isto permite que a mola de velocidade mova a válvula piloto para a posição mais baixa.

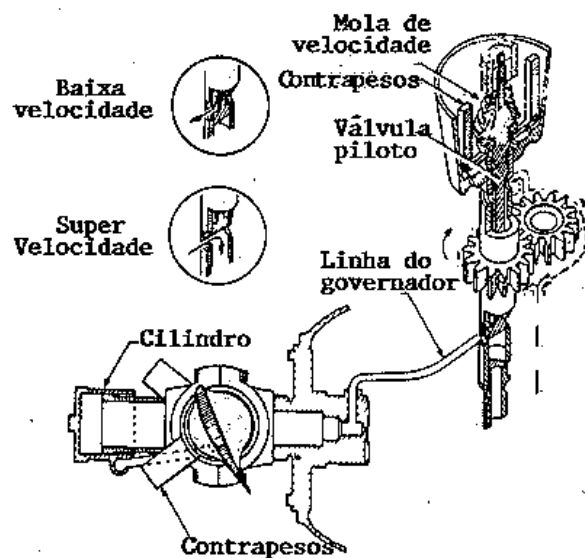


Figura 7-13 Operação básica de velocidade constante.

Com a válvula piloto nesta posição, o óleo fornecido pela bomba de engrenagens fluirá através de passagens para a hélice, movendo o cilindro para a posição mais afastada. Isto, di-

minui o ângulo da pá, permitindo ao motor retornar à condição de velocidade estável.

Se a velocidade do motor aumentar para uma rotação maior do que a regulação do governador, os contrapesos se oporão à tensão da mola de velocidade movendo a válvula piloto para cima. Isto permite que o óleo seja drenado da hélice através do eixo de comando do governador.

Assim que o óleo abandonar a hélice, a atuação da força centrífuga nos contrapesos moverão as pás para um aumento de ângulo, com uma conseqüente diminuição da rotação do motor.

Quando o motor estiver exatamente na rotação selecionada pelo governador, a reação centrífuga dos contrapesos equilibrará a tensão da mola de velocidade, posicionando a válvula piloto de tal maneira que o óleo não seja fornecido nem drenado da hélice. Nesta condição, o

ângulo da pá não muda.

Convém notar que a seleção da rotação é feita pela variação da compressão na mola de velocidade.

O posicionamento da cremalheira de velocidade é a única ação controlada manualmente. Todas as outras são controladas automaticamente no interior do governador.

Hélice de velocidade constante e embandeirável

As hélices embandeiráveis operam de modo semelhante às não embandeiráveis, com a diferença de que as embandeiráveis possuem a mola de embandeiramento, que auxilia os contrapesos a aumentarem o passo (ver figura 7-14).

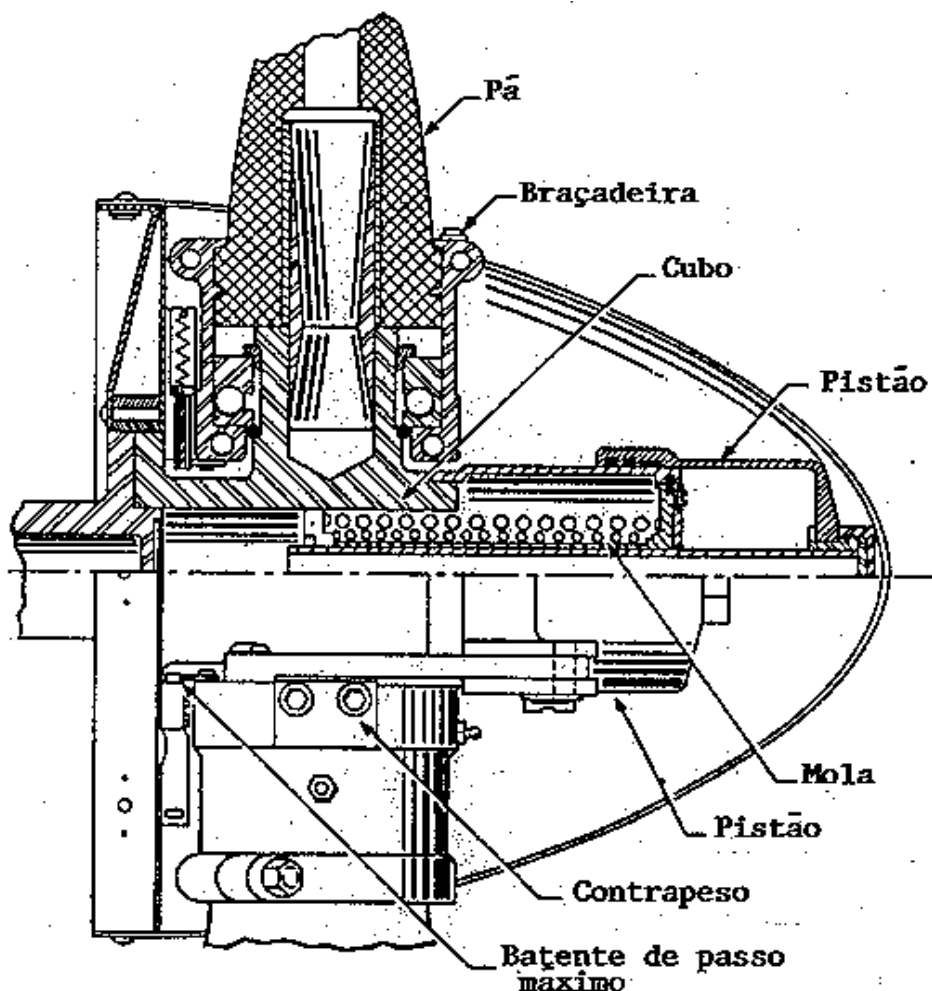


Figura 7-14 Hélice de velocidade constante embandeirável.

EMBANDEIRAMENTO

O embandeiramento é executado pelo alívio da pressão de óleo através do governador, permitindo que os contrapesos e a mola de embandeiramento comandem as pás para a posição bandeira. Isto é feito pelo comando do controle de passo do governador, sendo puxado para o limite do seu curso, abrindo uma passagem que permite o escoamento do óleo da hélice de volta ao motor.

O tempo necessário para embandeirar, depende da quantidade de óleo que volta da hélice para o motor, e da força exercida pela mola e pelos contrapesos. A maior passagem através do governador e o peso da ação da mola tornam mais rápida a ação de embandeiramento. O tempo normal de embandeiramento, com este sistema, é de três a dez segundos.

A capacidade de desembandeirar as pás, ou restabelecer o passo normal, dentro do mesmo tempo, não é considerado importante para as aeronaves leves bimotoras. A possibilidade de embandeirar a hélice errada em uma emergência é bem remota, igualmente, a ação errada se tornará aparente com tempo suficiente de ser corrigida.

Além disso, para o pouso, não será necessário dar partida naquele motor que foi cortado em vô, porque uma aeronave leve bimotora pode facilmente pousar com apenas um motor funcionando. A necessidade do desembandeiramento é apenas para a finalidade de demonstração.

DESEMBANDEIRAMENTO

O desembandeiramento é executado pela reposição do controle do governador para o curso normal de vô, e para reacender o motor (ver figura 7-15).

Logo que o motor gira algumas voltas, o governador inicia o desembandeiramento das pás, seguindo-se a rotação em cata-vento, que celera o processo de desembandeiramento. Para facilitar a rotação do motor, o ângulo da pá em bandeira, em um ponto a $3/4$ na pá, é de 80° a 85° , permitindo que o ar auxilie a partida do motor.

Em geral, o desembandeiramento e o reacendimento podem ser executados dentro de poucos segundos.

Sistemas especiais de desembandeiramento são encontrados em certas aeronaves, para as quais o reacendimento seja difícil. O sistema consiste de um acumulador a óleo, conectado ao governador por meio de uma válvula, como é mostrado na figura 7-15.

Para evitar que a mola de embandeiramento atue na hélice quando a aeronave estiver no solo com o motor parado, são instalados batentes do aumento do passo, automaticamente removíveis.

Este sistema consiste de fechos acionados por mola, fixados ao cubo estacionário, o qual engraza no disco batente do passo máximo preso por parafusos nas braçadeiras móveis das pás. Quando a hélice ultrapassa 600 r.p.m., a força centrífuga atua para desengraxar os fechos do disco batente do passo máximo para que o passo da hélice possa ser aumentado para a posição bandeira.

Quando o motor estiver girando a uma baixa rotação, ou parado, a mola engraza o fecho com o batente do passo máximo, evitando que o passo aumente sob a ação da mola de embandeiramento.

Uma característica de segurança aplicada a este método, é que a hélice irá para a posição bandeira se a pressão de óleo no governador, por qualquer razão, cair a zero.

Como o governador obtém o seu suprimento de óleo do sistema de lubrificação do motor, é importante que na situação do motor esteja girando sem óleo, por quebra de uma parte do seu sistema; que a hélice seja embandeirada automaticamente.

Esta ação pode livrar o motor de um dano mais sério, no caso do piloto não estar ciente do defeito.

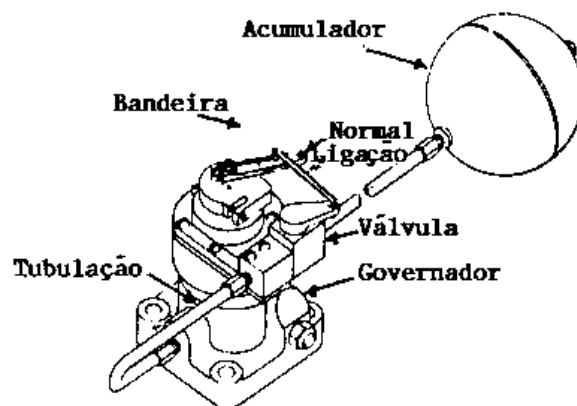


Figura 7-15 Sistema de desembandeiramento.

HÉLICES HARTZELL COMPACTA

Essas hélices representam um novo conceito no desenho básico. Elas combinam o pouco peso e a simplicidade do projeto, com a rigidez da construção.

Para obter estas características, o cubo é feito o mais compacto possível, utilizando a liga de alumínio forjado para a maioria das suas partes. A cúpula do cubo é feita em duas metades, unidas por parafusos ao longo do plano de rotação. Esta cúpula encerra internamente o mecanismo de mudança do passo e a raiz das pás.

O cilindro hidráulico, que fornece a força para a mudança do passo, está montado na parte frontal do cubo. Esta hélice só pode ser instalada em motores que tenham as provisões para montagem em flange.

A hélice de velocidade constante utiliza a pressão de óleo fornecida pelo governador para mover as pás para um aumento de passo (redução da rotação).

O momento de torção centrífuga das pás tende a movê-las para uma diminuição de passo (aumento da rotação), na ausência da pressão de óleo do governador.

As hélices embandeiráveis utilizam a pressão de óleo vinda do governador, para mover as pás para diminuir o passo (aumento da rotação). O momento de torção centrífuga das pás tendem também a mover as pás para diminuir o passo. A oposição a essas duas forças é uma força produzida pela compressão do ar, bloqueado entre a cabeça do cilindro e o pistão, o qual tende a mover as pás para um aumento do passo na ausência da pressão de óleo do governador.

Assim, o embandeiramento é executado pela compressão do ar, na ausência da pressão de óleo do governador; e é executado pelo movimento de retorno do controle do governador para a sua posição extrema.

A hélice é protegida de embandeiramento quando está estacionária, pelos pinos centrífugos, os quais engrazam um ressalto na haste do pistão.

Estes serão movidos para fora pela força centrífuga contra as molas, quando a hélice estiver girando acima de 700 r.p.m.

O tempo necessário para embandeirar depende da quantidade de óleo que volta da hélice através do motor e governador, e a pressão de ar forçando a cabeça do cilindro.

O tamanho nas passagens do óleo, e a rapidez do óleo vindo do cilindro da hélice, podem ser forçados a voltar para o motor. Também, o aumento da carga do ar acelera a ação de embandeiramento. Em geral, o embandeiramento pode ser completado em alguns poucos segundos.

O desembandeiramento pode ser executado por qualquer um dos vários métodos apresentados a seguir:

1. Na partida do motor, o governador pode bombear óleo de volta ao interior da hélice para reduzir o passo. Na maioria das aeronaves leves, bimotoras, este procedimento é considerado adequado, pois a partida do motor, em geral, não apresenta problemas.
2. Prover um acumulador conectado ao governador, com uma válvula para bloquear uma carga de óleo quando a hélice estiver embandeirada, mas soltá-la para a hélice, quando o controle de rotação tiver retornado para a posição normal.
3. Prover um sistema, que permita ao óleo que opera a lubrificação do motor, desembandeirar a hélice de um motor parado. Isto consiste de uma linha de óleo conectando os dois governadores com uma válvula no meio, operada manual ou eletricamente.

O governador está projetado para que possa ser adaptado, tanto para operações de ação simples, como para dupla ação. Como um governador de ação simples, ele dirige a pressão de óleo para a parte traseira do cilindro para diminuir o passo e permitir a drenagem do cilindro, quando a força centrífuga aumenta o passo.

As hélices que possuem contrapesos usam governadores de ação simples. Os contrapesos e a força centrífuga atuam juntos para aumentar o passo. Para aquelas hélices que não usam contrapesos para aumentar o passo, o óleo vindo do governador é usado, vencendo a força centrífuga das pás.

Neste caso, o plugue "B" é removido e instalado na passagem "C" do governador. Isto permite que a pressão de óleo do governador seja dirigida para a parte traseira do cilindro, para diminuir o passo. A pressão de óleo é dirigida para o lado dianteiro do cilindro, para aumentar o passo. Ver a figura 7-16.

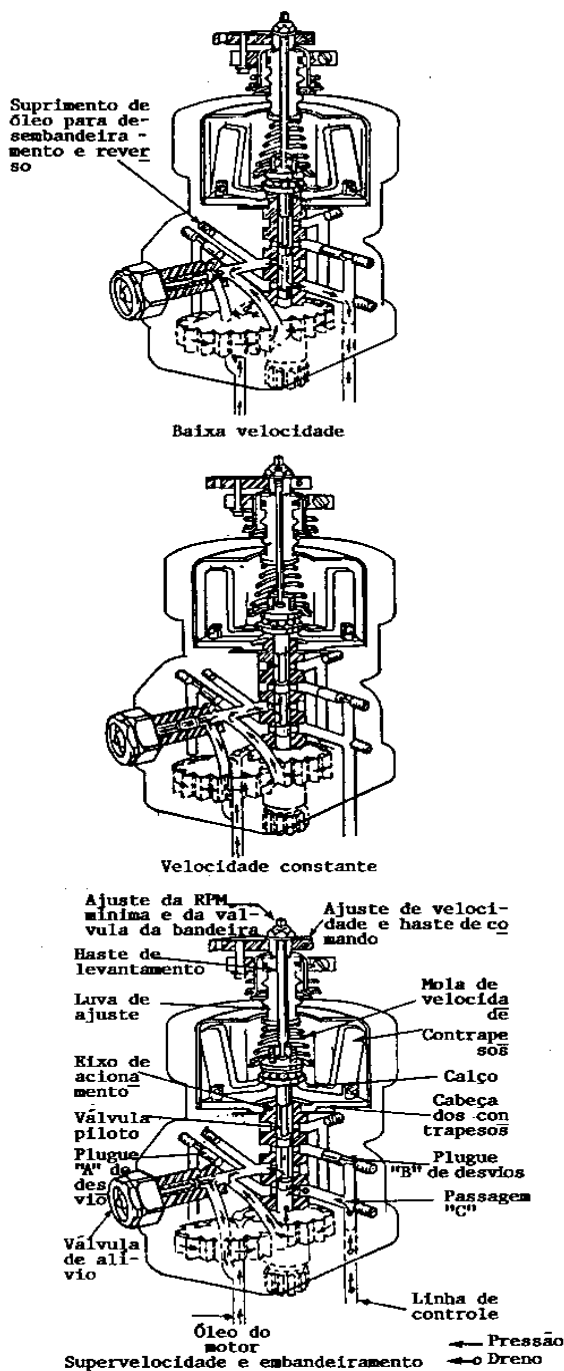


Figura 7-16 Governador Woodward série X 210.000.

HÉLICE HIDROMÁTICA HAMILTON STANDARD

A descrição a seguir é típica da maioria dos vários modelos da hélice hidromática Hamilton Standard.

A hélice hidromática (figura 7-17) é composta por quatro componentes principais:

- 1- Conjunto do cubo;
- 2- Conjunto da cúpula;

- 3- Conjunto da válvula distribuidora (para o embandeiramento das hélices de ação simples) ou conjunto extensão do eixo do motor (para hélices não embandeiráveis ou dupla ação);
- 4- Conjunto de antigelo.

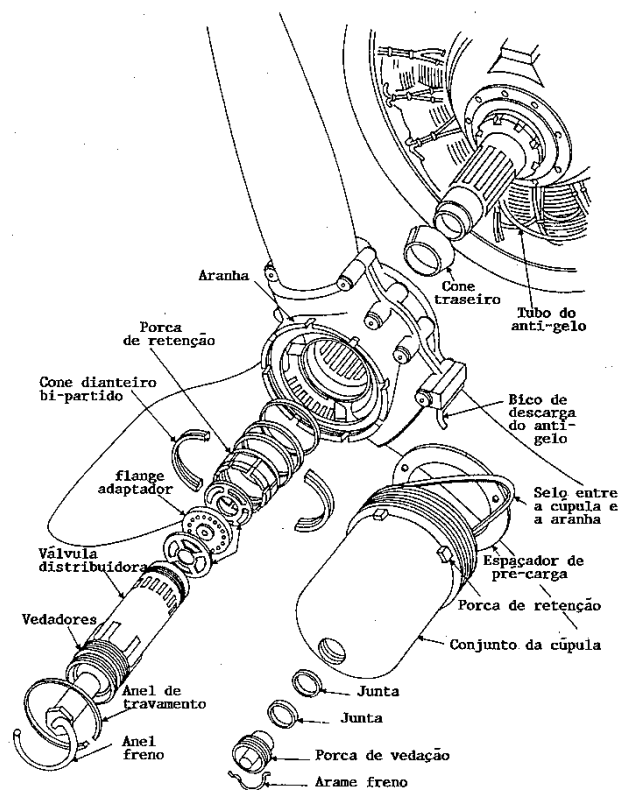


Figura 7-17 Instalação típica de uma hélice hidromática.

O conjunto do cubo é o mecanismo básico da hélice. Ele contém, tanto as pás, como os meios de mantê-las em posição. As pás são suportadas pela aranha e retidas pelo cubo. Cada pá é livre para girar em torno do seu eixo sob o controle do conjunto da cúpula.

O conjunto da cúpula contém o mecanismo de mudança do passo das pás. Ele consiste de diversos componentes principais:

- 1- Came rotativo
- 2- Came fixo
- 3- Pistão
- 4- Cúpula

Quando o conjunto da cúpula estiver instalado no cubo da hélice, o came fixo permanece estacionado com relação ao cubo.

O came rotativo, que pode girar dentro do came fixo, comanda os segmentos de engrenagens da base das pás.

O pistão opera dentro da cúpula, e, é o mecanismo que converte a pressão de óleo do motor e governador em forças, que irão atuar através dos cames para girar as pás da hélice.

A válvula distribuidora, ou o conjunto extensão do eixo do motor, permite passagens de óleo para o governador (ou óleo auxiliar) para o lado interno do pistão; e o óleo do motor para o lado externo.

Durante a operação de desembandeiramento, a distribuidora muda sob a pressão auxiliar, e inverte estas passagens para que o óleo da bomba auxiliar seja direcionado para a parte externa do pistão.

O óleo do lado interno fluirá de volta ao motor. O conjunto extensão do motor é usado com as hélices que não têm capacidade de embandeiramento.

Muitas partes estruturais da maioria das hélices hidromáticas são semelhantes. A pá e o conjunto do cubo são quase iguais, e os governadores são também semelhantes em construção e princípios de operação.

A principal diferença é no mecanismo de troca de passo.

Na hélice hidromática não são usados contrapesos, e as partes móveis do mecanismo são completamente embutidos.

A pressão de óleo e o momento de torção centrífuga das pás são usados juntos para que elas girem a um ângulo mínimo.

As maiores vantagens da hélice hidromática, são: o grande curso do ângulo da pá; e as características de embandeiramento e reversão.

Princípios de operação

O mecanismo de mudança de passo das hélices hidromáticas é um sistema hidráulico-mecânico no qual as forças hidráulicas, atuando em um pistão, são transformadas em forças mecânicas de torção atuando nas pás.

O movimento linear do pistão é convertido em movimento rotativo por um came cilíndrico.

Uma engrenagem cônica na base do came engraza com segmentos também cônicos, fixados na base das pás, fazendo com que estas girem.

A ação de mudança do passo das pás pode ser entendida pelo estudo do esquema na figura 7-18.

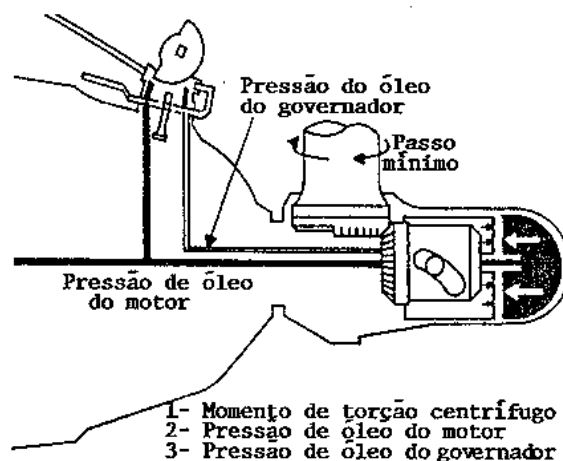


Figura 7-18 Diagrama das forças operacionais de uma hélice hidromática.

A força centrífuga atuando nas pás em rotação inclui uma força componente, que tende a mover as pás no sentido de diminuição do passo.

Como mostra a figura 7-18, uma segunda força, a pressão de óleo do motor, é suprida para o lado externo do pistão da hélice, a fim de mover a pá no sentido de diminuição do passo.

O óleo do governador da hélice é tomado do suprimento de óleo do motor, e reforçado em pressão pelo governador, que está ligado diretamente ao lado interno do pistão da hélice. Isto atua como uma contraforça que pode mover as pás no sentido do aumento do passo.

Pela medição desta alta pressão de óleo, ou pela sua drenagem do lado interno do pistão por meio da unidade de controle da velocidade constante, a força no sentido do aumento do passo pode equilibrar e controlar as duas forças, que tendem a diminuição do passo. Deste modo, o ângulo da pá da hélice é regulado para manter uma selecionada rotação.

As forças básicas de controle da hélice que atuam na Hamilton Standard, são: a força de torção centrífuga e a alta pressão do óleo fornecida pelo governador.

A força centrífuga atuando em cada pá de uma hélice em rotação inclui uma força de torção sobre a linha central da pá, a qual tende, durante todo o tempo, movê-las no sentido da diminuição do passo.

A saída do óleo da bomba do governador é dirigida para qualquer um dos lados do pistão da hélice. O óleo do lado do pistão oposto a esta alta pressão de óleo, retorna para o lado de en-

trada da bomba do governador para ser novamente utilizado. A pressão de óleo fornecida pelo motor não entra diretamente na hélice, mas é suprida somente pelo governador.

Durante as operações de velocidade constante, a dupla ação do mecanismo do governador manda o óleo para um lado ou para o outro do pistão, de acordo com a necessidade de manter a velocidade, em uma determinada seleção.

Condição de baixa velocidade

A baixa velocidade é o resultado de quando as pás (seção da pá em **negrito** da figura 7-19) tiverem sido movidas para um ângulo, maior do que o requerido para uma operação de velocidade constante (seção da pá em linha interrompida).

A seta representa a direção na qual as pás se moverão para restabelecer a operação de velocidade constante.

Quando a velocidade do motor diminui abaixo da rotação regulada no governador, a resultante diminuição em força centrífuga exercida pelos contrapesos permite que a mola de velocidade abaixe a válvula piloto, abrindo, por este motivo, a abertura medidora do governador da hélice. O óleo então fluirá da parte interna do pistão, através da válvula distribuidora no eixo da hélice.

Deste ponto, o óleo se desloca através do eixo da hélice, anéis de transferência, sob e para a entrada medidora, e então, através do eixo da engrenagem de acionamento do governador e caminhos da válvula piloto, é drenado no interior do cárter do motor. A bomba de recalque recolhe o óleo da parte frontal do motor, retornando-o para o tanque de óleo.

Quando o óleo é drenado da parte interna do pistão, ele fluirá através de passagens do eixo da hélice e da válvula distribuidora. Ao sair da válvula distribuidora, o óleo emergirá na parte externa do pistão. Com o auxílio do momento de torção centrífugo das pás, este óleo movimentará o pistão para dentro. Este movimento é transmitido através dos rolamentos do came e das engrenagens cônicas para as pás. Então, as pás são movidas para uma diminuição de ângulo, como é mostrado no diagrama esquemático da figura 7-19.

Quando as pás assumem um ângulo menor (seção da pá em linha interrompida da figura 7-19), a velocidade do motor aumenta, e a válvula piloto é levantada pelo aumento da força centrífuga exercida nos contrapesos do governador. A abertura de medição do governador da hélice gradualmente se fecha, diminuindo o fluxo de óleo do lado interno do pistão. Esta diminuição no fluxo de óleo, diminui, também, a razão da mudança do passo em direção ao passo mínimo.

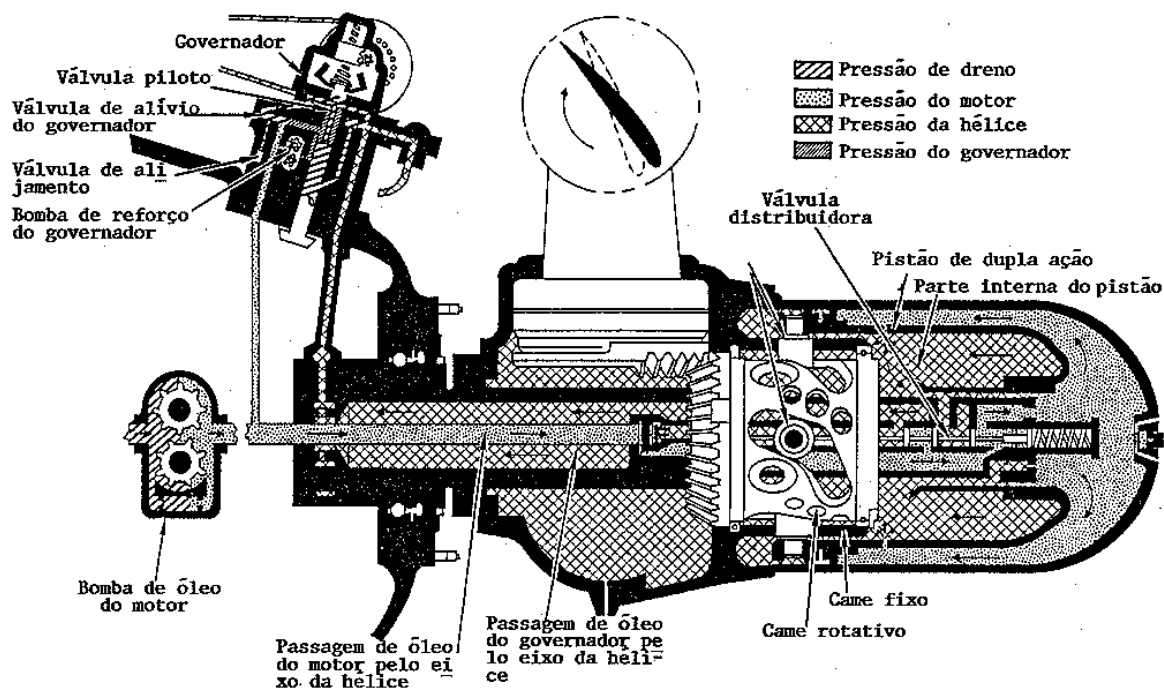


Figura 7-19 Operação da hélice (condição de baixa velocidade).

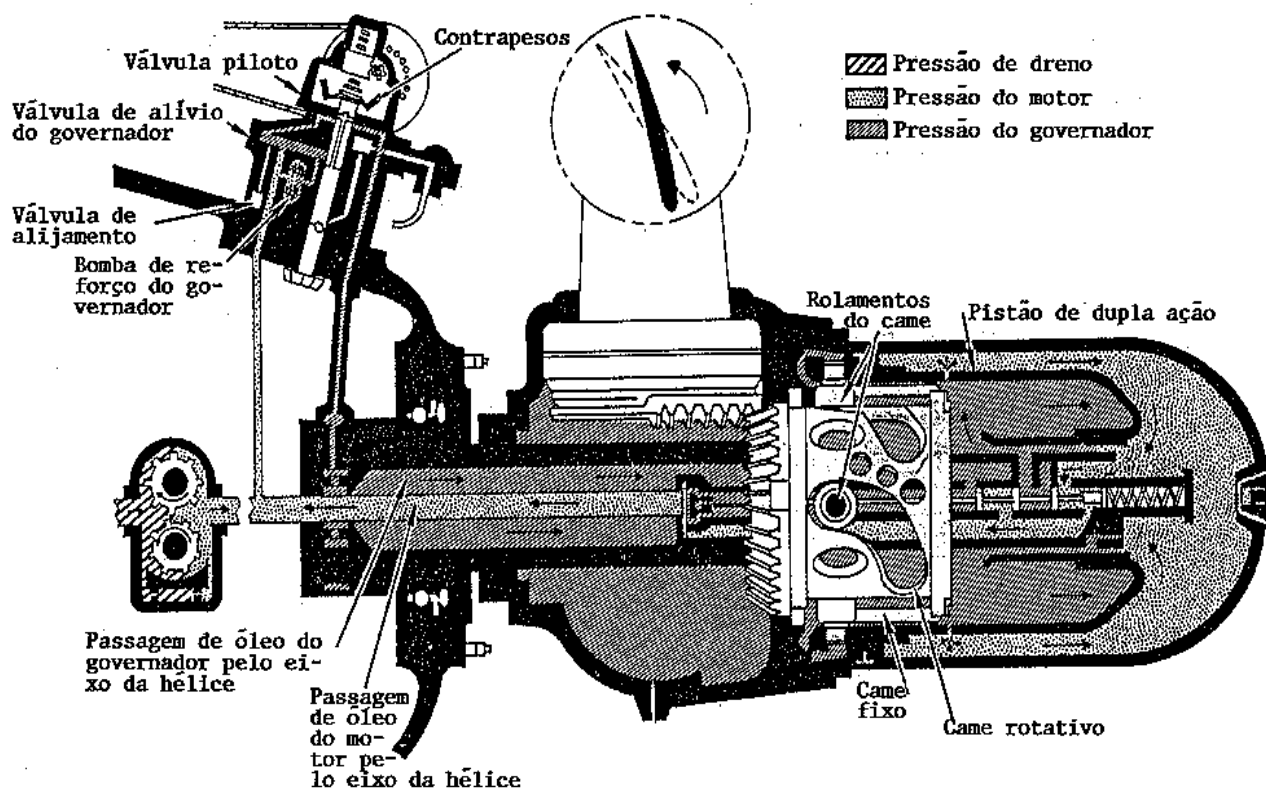


Figura 7-20 Operação da hélice (condição de supervelocidade).

Logo que o motor tenha atingido a rotação para a qual o governador está regulado, a válvula piloto assumirá a posição neutra (fechada) na qual ela evita qualquer fluxo de óleo apreciável, para ou vindo da hélice. A válvula é mantida nesta posição, porque a força centrífuga dos contrapesos se iguala à força da mola de velocidade. As forças de controle agora são iguais e, a hélice e o governador, estão operando em velocidade constante.

Condição de alta velocidade

Se a hélice estiver operando acima da rotação para a qual o controle está regulado, as pás estarão em um ângulo mais baixo (seção da pá em negrito na figura 7-20) do que o requerido para a operação em velocidade constante (linhas interrompidas). A seta representa a direção na qual a pá se moverá, dando à hélice a condição de velocidade constante.

Quando a velocidade do motor aumenta, acima da rotação para a qual o governador está regulado, os contrapesos serão movidos para fora, devido a força centrífuga, contrariando a força da mola de velocidade, levantarem a válvula piloto. Isto abre o orifício medidor do governador da hélice, permitindo que o óleo flua da bomba de reforço do governador através do

orifício medidor do governador, entrando nos anéis de transferência. Dos anéis, o óleo passa através do eixo do governador, através de um orifício da válvula distribuidora entre os espaços da válvula, e então, para a parte interna do pistão.

Como um resultado deste fluxo, o pistão e os rolamentos fixos a ele, são movidos para fora, e o came rotativo é girado pelo movimento dos rolamentos na pista.

Quando o pistão é movido para fora, o óleo é removido da parte externa do pistão. Este óleo entra na válvula distribuidora pelo orifício de saída, flui através da válvula e entra pela passagem de óleo do eixo da hélice. Deste ponto, o óleo é dissipado no sistema de lubrificação do motor.

O mesmo equilíbrio de forças existe através da válvula distribuidora durante a alta velocidade, como durante a baixa velocidade, exceto que o óleo sob pressão do governador restitui o óleo drenado da entrada dos ressaltos da válvula e dos espaços entre os ressaltos.

O movimento do pistão para fora movimenta as pás na direção do aumento de ângulo, o qual, em consequência, reduz a rotação do motor. Uma diminuição na rotação do motor diminui a velocidade de rotação dos contrapesos do governador. Como resultado, os contra-

pesos são movidos para dentro pela força da mola de velocidade; a válvula piloto é abaixada; e o orifício medidor do governador da hélice é fechado. Logo que este orifício seja fechado, o fluxo de óleo para a hélice, ou vindo dela, cessa, e a hélice e o governador passam a operar em velocidade constante.

Operação de embandeiramento

A instalação de um sistema de hélice hidromática típica, embandeirável, é mostrada na figura 7-21.

Quando o botão interruptor de embandeiramento é apertado, um circuito de baixa corrente é estabelecido da bateria através do solenóide do botão, e da bateria através do solenóide do relê. Tão logo o circuito permaneça fechado, o botão permanecerá "apertado" por ação da bobina do solenóide.

Com este solenóide fechado, é estabelecido um circuito de alta corrente da bateria para o motor da bomba da unidade de embandeiramento. Esta bomba recebe óleo do reservatório do sistema de lubrificação do motor, reforça sua pressão, se necessário, para abrir a válvula de alívio da bomba; e supre a conexão da válvula de transferência de alta pressão do governador.

O óleo auxiliar, entrando na conexão da válvula de transferência de alta pressão, inverte a válvula de transferência do governador, a qual, hidraulicamente desconecta a hélice do governador e, ao mesmo tempo, abre o caminho na hélice do óleo para o óleo auxiliar.

O óleo flui através dos anéis de transfe-

rência do óleo do motor, através das passagens do óleo do governador no eixo da hélice, através da entrada da válvula distribuidora, pelo interior da válvula e, finalmente, para a parte interna do pistão pela saída correspondente da válvula.

A válvula distribuidora não muda durante a operação de embandeiramento.

Ela simplesmente serve de passagem para o óleo da pressão auxiliar para a parte interna do pistão, e do óleo do motor para a parte externa do pistão.

As mesmas condições descritas para a operação de baixa velocidade existe na válvula distribuidora, exceto que, o óleo sob pressão auxiliar substitui o óleo drenado da parte interna do pistão e dos espaços internos da hélice. A mola da válvula distribuidora é recuada pela pressão do óleo do motor, o que quer dizer que a todo tempo a pressão diferencial necessária para mover o pistão será idêntica à aplicada na válvula distribuidora.

O pistão da hélice se movimenta para fora sob a pressão de óleo auxiliar, a uma velocidade proporcional a razão a qual o óleo é suprido.

Este movimento do pistão é transmitido através dos rolamentos, operando nas pistas com inclinações opostas do came fixo ao came rotativo, e sendo convertido pelas engrenagens cônicas em momento de torção das pás.

Somente durante o embandeiramento, ou desembandeiramento, é usada a porção de baixa vantagem mecânica da pista dos rolamentos no came rotativo (a porção de baixa vantagem mecânica é a situada entre a curva da pista e o final externo do perfil).

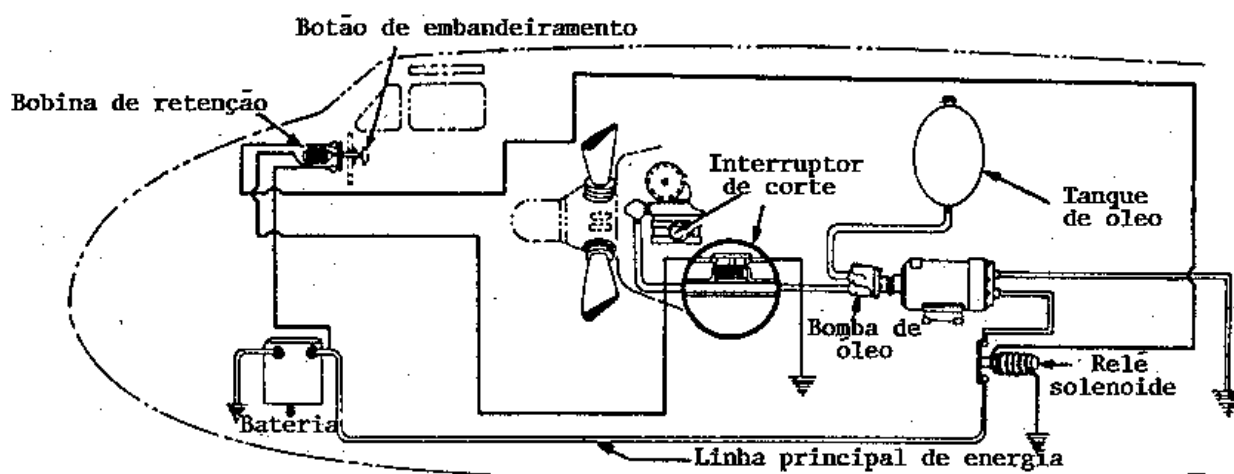


Figura 7-21 Instalação típica de embandeiramento.

O óleo, sob a pressão do motor deslocado da parte externa do pistão, flui através da entrada externa da válvula distribuidora para a parte final posterior e, através do orifício da válvula, entra na passagem de óleo do eixo da hélice sendo, finalmente, liberado no sistema de lubrificação do motor. Então, as pás se movimentam na direção de um ângulo de total aumento do passo (ou posição bandeira).

Tendo atingido a posição de totalmente embandeirada, um movimento adicional é evitado, pelo contato entre o anel batente do ângulo máximo na base do came fixo e o ressalto batente no dente do came rotativo.

A pressão na parte interna do pistão é agora aumentada rapidamente e, logo que ultrapassar uma determinada pressão, o interruptor elétrico de corte automaticamente será aberto. Esta pressão de corte é menor do que a necessária para desviar a válvula distribuidora.

Abrindo-se o interruptor, o solenóide é desenergizado, soltando o botão interruptor de controle de embandeiramento. A abertura deste interruptor interrompe o circuito do solenóide relê, parando o motor da bomba de embandeiramento.

A pressão em ambos os lados do pistão cai a zero, e como todas as forças estão em equilíbrio, as pás da hélice permanecem na posição embandeirada. Neste momento, a válvula de transferência de alta pressão do governador é desviada para a sua posição normal, assim que a pressão na linha do governador da hélice cai abaixo da requerida, para manter a válvula aberta.

Operação de desembandeiramento

Para tirar da posição bandeira uma hélice hidromática, aperta-se o botão interruptor de controle de embandeiramento. Como no caso do embandeiramento, o circuito de controle de baixa corrente, vindo da bateria através do solenóide do botão através do solenóide do relê, são completados quando o solenóide fecha. O circuito de alta corrente vindo da bateria gira o motor da bomba, e o óleo é suprido sob alta pressão para a válvula de transferência do governador.

Óleo auxiliar, entrando através da conexão da válvula de transferência de alta pressão, inverte a válvula de transferência do governador e desconecta-o da linha da hélice; na mesma ope-

ração, óleo auxiliar é admitido (ver a figura 7-22).

O óleo flui através dos anéis de transferência do óleo do motor, através das passagens do óleo do governador no eixo da hélice, e entrando no conjunto da válvula distribuidora.

Quando a operação de desembandeiramento começa, o pistão está na posição extrema para fora, o óleo entra na parte interna do pistão pelos caminhos de saída da válvula distribuidora.

Como a pressão na parte interna do pistão aumenta, a pressão contra as estrias da válvula distribuidora também aumenta.

Quando a pressão torna-se maior do que a força combinada de oposição da mola da válvula distribuidora e a pressão de óleo por trás dessa mola, a válvula muda de posição. Quando a válvula muda, as passagens através do conjunto da válvula distribuidora para a hélice são invertidas.

Uma passagem é aberta entre as divisões da válvula, e através de uma abertura para a parte externa do pistão, e um desvio da saída da válvula distribuidora.

Quando o pistão se move para dentro, sob a pressão de óleo da bomba auxiliar, o óleo é desalojado da parte interna do pistão, e através de orifícios entre as divisões da válvula entra no eixo da hélice, caminhos do óleo do motor e, finalmente, dispersado no sistema de lubrificação do motor.

Ao mesmo tempo, a pressão no interruptor de corte aumenta, e o interruptor é aberto. Contudo, o circuito para a bomba de embandeiramento e unidade do motor permanecem completos, enquanto o botão interruptor de embandeiramento for mantido pressionado.

Com a parte interna do pistão da hélice conectada a linha de dreno; e a pressão auxiliar fluindo para a parte externa do pistão, este se moverá para dentro. Esta ação desembandeira as pás como é mostrado na figura 7-22.

Quando as pás são desembandeiradas, elas começam a girar a hélice em rotação livre (cata-vento), e auxiliam na operação de desembandeiramento pela adição de força no sentido de diminuição do passo, recebida do momento de torção centrífugo.

Quando a velocidade do motor aumenta para aproximadamente 1.000 r.p.m., o operador desliga o motor da bomba de embandeiramento.

A pressão na válvula distribuidora e na válvula de transferência do governador diminui,

permitindo a inversão da válvula distribuidora sob a ação da mola da válvula de transferência de alta pressão do governador.

Esta ação reconecta o governador com a hélice, e estabelece as mesmas passagens de

óleo através da válvula distribuidora, que são usadas durante as operações de velocidade constante e de embandeiramento.

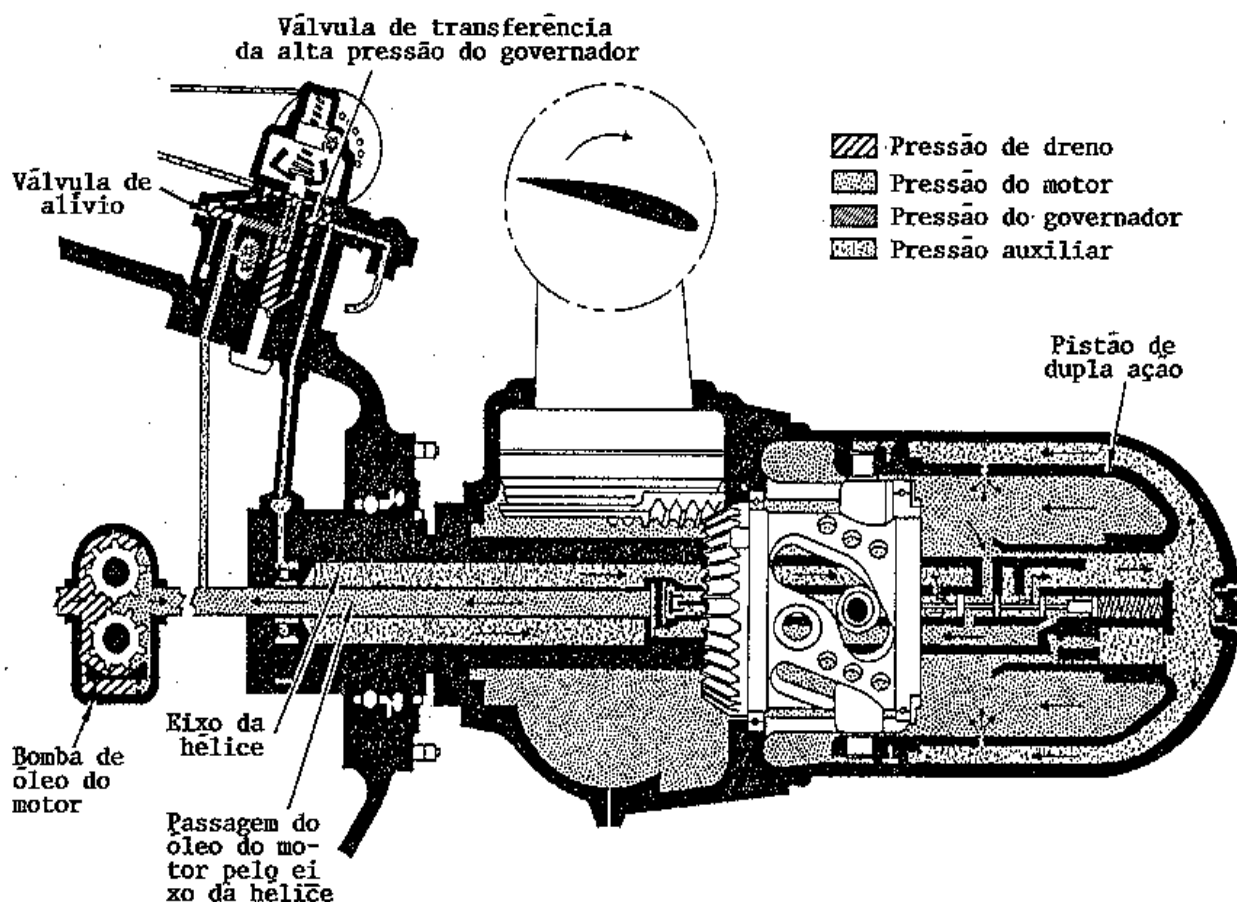


Figura 7-22 Operação da hélice (condição de desembandeiramento).

GOVERNADORES HIDRÁULICOS

Três forças fundamentais, já apresentadas, são usadas para controlar as variações do ângulo das pás requeridos para a operação de velocidade constante. Essas forças são:

1. Movimento de torção centrífugo, um componente da força centrífuga atuando em uma pá rotativa, o qual tende a mover a pá para uma diminuição de passo.
2. Óleo sob pressão do motor, no lado externo do pistão, suplementado pelo momento de torção centrífugo no sentido de passo mínimo.
3. Óleo do governador da hélice, na parte interna do pistão, mantendo o equilíbrio das

primeiras duas forças, e movendo as pás na direção de aumento do passo.

Mecanismo do governador

O governador da hélice girado pelo motor (figura 7-23, controle de velocidade constante), recebe o óleo do sistema de lubrificação e reforça a pressão ao nível necessário à operação do mecanismo de mudança de passo. Ele consiste essencialmente em uma bomba de engrenagens, para aumentar a pressão do óleo do motor; uma válvula piloto, atuada por contrapesos, os quais controlam o fluxo de óleo através do governador; e um sistema de válvula de alívio, a qual regula a pressão de operação do governador.

Em adição ao reforço da pressão de óleo do motor para produzir uma das forças de controle fundamentais, o governador mantém o necessário equilíbrio entre as três forças de con-

trole pela medição, para a drenagem da parte interna do pistão da hélice numa exata quantidade de óleo, necessário para manter o adequado ângulo da pá para a operação de velocidade constante.

A posição da válvula piloto, de acordo com a abertura medidora do governador, regula a quantidade de óleo com um fluxo desta abertura para/ou da hélice.

Uma mola sobre o suporte da válvula piloto retorna-o para uma posição intermediária na rotação de cruzeiro, no caso de uma falha do controle do governador.

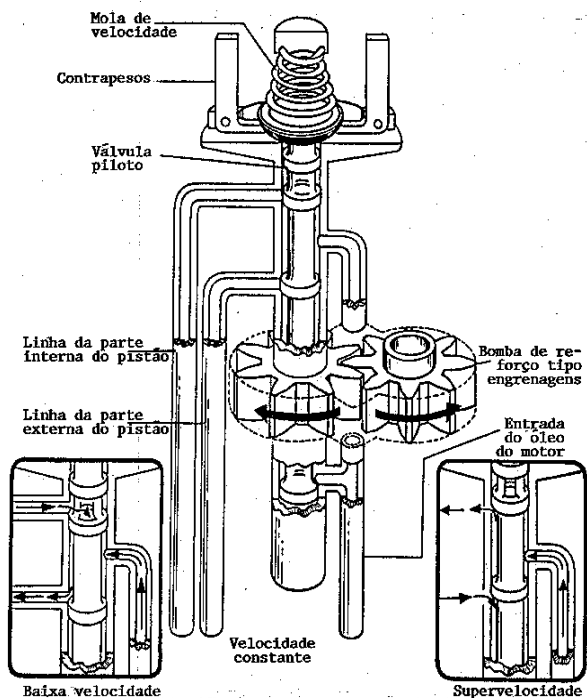


Figura 7-23 Diagrama da operação do governador da hélice.

Regulando o governador das hélices

O governador da hélice incorpora um batente ajustável, o qual limita a velocidade máxima em que o motor deve girar.

Logo que a rotação de decolagem é atingida, a hélice se move do batente de passo mínimo. O grande ângulo da pá da hélice aumenta a carga no motor, mantendo, então, a prevista velocidade máxima do motor.

No momento da instalação da hélice, governador da hélice ou do motor, os seguintes itens são normalmente observados, para assegurar que o grupo motopropulsor obterá a rotação de decolagem.

1. Durante o aquecimento no solo, mover a manete para a posição de decolagem, e anotar as rotações por minuto (r.p.m.) resultantes e pressão de admissão.
2. Se as r.p.m. obtidas forem maiores ou menores do que as r.p.m. previstas para a decolagem, pelas instruções do fabricante, reajustar o batente do governador até que a rotação prevista seja obtida.

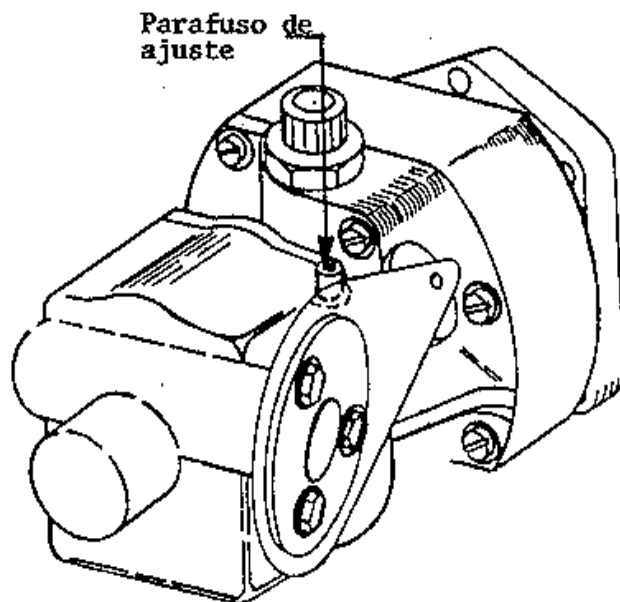


Figura 7-24 Parafuso de ajustagem das RPM da hélice.

SINCRONIZAÇÃO DAS HÉLICES

A maior parte das aeronaves quadrimotoras, e muitas trimotoras, são equipadas com sistemas de sincronização da rotação do motor.

A sincronização reduz a vibração, e elimina o desconforto produzido pela operação não sincronizada das hélices. Existem vários tipos de sistemas sincronizadores em uso.

Motor mestre sincronizador

Os primeiros tipos, ainda em uso em algumas aeronaves, consistem de uma unidade mestre sincronizadora, quatro alternadores, um tacômetro, alavancas de controle da rotação do motor, interruptores e fiação.

Esses componentes automaticamente controlam a velocidade de cada motor, e sincronizam todos eles a uma determinada rotação por minuto (r.p.m.).

Uma unidade mestre sincronizadora incorpora um motor mestre, o qual, mecanicamente, gira quatro unidades contadoras; cada uma delas está eletricamente conectada com um alternador.

O alternador é um pequeno gerador trifásico de corrente alternada, acionada pela seção de acessórios do motor. A frequência da voltagem produzida pelo gerador é diretamente proporcional a velocidade da seção de acessórios do motor. Na operação automática, a desejada r.p.m. pode ser calibrada pelo ajuste manual da hastes de controle da r.p.m., até que um indicador mestre no painel de instrumentos indique a desejada r.p.m.

Qualquer diferença em r.p.m., entre um motor e o motor mestre, causará à unidade contactora correspondente, operar o mecanismo de mudança de passo da hélice até que ela esteja em velocidade constante, exatamente na desejada r.p.m.

Sistema do motor mestre

Os sistemas sincronizadores são também instalados em aeronaves leves bimotoras. Tipicamente, os sistemas semelhantes consistem de um governador especial da hélice no motor esquerdo, um governador escravo no motor direito, uma unidade de controle sincronizadora e um atuador na nacele do motor direito.

Os governadores da hélice são equipados com dispositivos magnéticos, que contam as rotações da hélice, e mandam um sinal para a unidade sincronizadora.

O sincronizador, o qual é normalmente uma unidade transistorizada, compara o sinal vindo dos dois dispositivos magnéticos dos governadores das hélices.

Se os dois sinais forem diferentes, as hélices estão fora de sincronização, - e o controle sincronizador gera um impulso de corrente contínua (c.c.), que é enviado para a unidade da hélice escrava.

O sinal do controle é enviado para um atuador, que consiste de dois solenóides rotativos montados, para operar em um eixo comum. Um sinal para aumentar a r.p.m. da hélice escrava é mandado para um dos solenóides, o qual gira o eixo no sentido dos ponteiros do relógio. Um sinal para diminuir a r.p.m. é mandado para o outro solenóide, que moverá o eixo na direção oposta.

Cada sinal pulsativo gira o eixo uma quantidade fixa. Esta distância é chamada de "clic". Um cabo flexível ligado ao eixo tem a sua outra extremidade ligada a uma unidade de compensação. A ação de ajuste fino (Vernier) da unidade de compensação regula o braço do governador.

SISTEMA DE CONTROLE DO GELO NA HÉLICE

Efeitos do gelo na hélice

A formação de gelo em uma pá da hélice, com efeito, produz uma seção distorcida do aerofólio da pá, causando uma perda na eficiência da hélice. Geralmente, o gelo é coletado assimetricamente na pá da hélice, produzindo desbalanceamento e destrutiva vibração.

Sistemas de fluidos

Um típico sistema (figura 7-25) inclui um tanque para manter um suprimento de fluido antigelo. Este fluido é forçado para cada hélice por uma bomba.

O sistema de controle permite variação na razão de bombeamento, sendo assim, a quantidade de fluido liberado para uma hélice pode ser variada, dependendo da severidade do congelamento. O fluido é transferido de um esguicho fixo, na parte frontal do motor, dentro de um canal em "U" de um disco (anel tubular) montado na parte traseira do conjunto da hélice. O fluido sob pressão da força centrífuga é transferido para cada espiga da pá.

Em virtude do fluxo de ar ao redor da espiga da pá ter a tendência de dispersar o fluido antigelo, para as áreas onde o gelo não foi coletado em grande quantidade, são instaladas botas ou sapatas no bordo de ataque da pás. Essas sapatas são estreitas tiras de borracha estendidas, desde a base da pá até uma estação da pá, situada a 75% aproximadamente do raio da hélice.

As sapatas são moldadas com vários canais paralelos, nos quais o fluido é espalhado da raiz da pá na direção da ponta pela força centrífuga. O fluido segue lateralmente dos canais sobre o bordo de ataque das pás.

O álcool isopropílico é usado em alguns sistemas de antigelo, devido a facilidade de obtenção e o baixo custo. Compostos fosfatados são comparáveis ao álcool isopropílico no de-

sempenho do antigelo, e têm a vantagem de não serem tão inflamáveis.

No entanto, os compostos fosfatados são relativamente caros e, em consequência, não são usados com frequência.

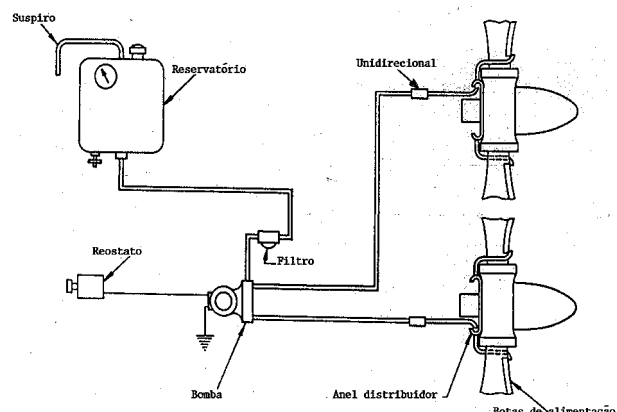


Figura 7-25 Sistema típico de antigelo da hélice por meio de fluido.

Sistemas elétricos de degelo

Um sistema elétrico de controle do gelo da hélice (figura 7-26) consiste basicamente de uma fonte de energia, um elemento de resistên-

cia de aquecimento, controles do sistema e a necessária fiação.

Os elementos de aquecimento são montados interna ou externamente no cone e nas pás. A energia elétrica vinda do sistema da aeronave é transferida para o cubo através de condutores elétricos, os quais terminam em anéis e buchas. Conectores flexíveis são usados para transferir força do cubo para os elementos das pás.

O controle de gelo é completado pela conversão da energia elétrica em energia calorífica nos elementos de aquecimento. A remoção do gelo das pás deve ser obtida de forma equilibrada, se uma vibração excessiva precisar ser evitada.

Para se obter remoção balanceada de gelo, a variação da corrente de aquecimento nos elementos da pá é controlada, para que efeitos semelhantes de aquecimento sejam obtidos nas pás em posições opostas.

Os sistemas de degelo elétricos normalmente são designados para uma aplicação intermitente de força para o aquecimento dos elementos, a fim de remover a formação de gelo antes de uma excessiva acumulação.

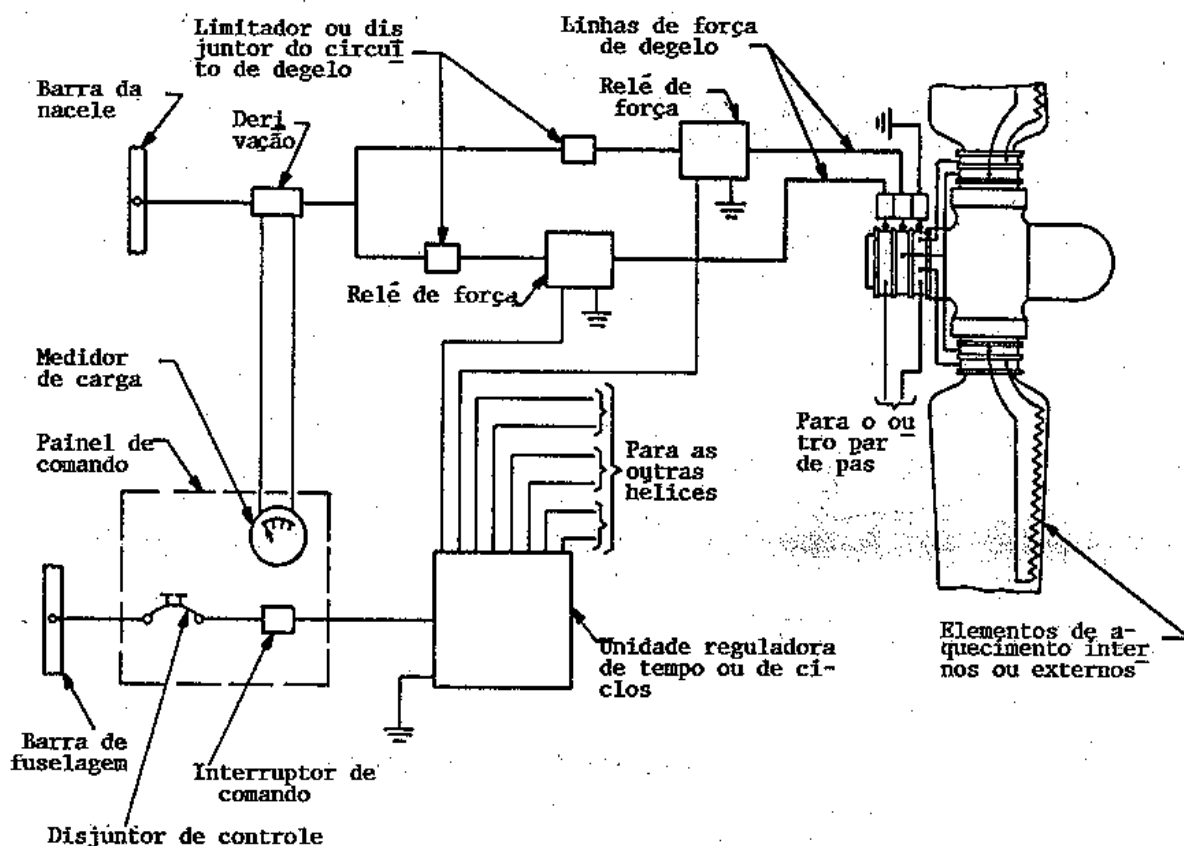


Figura 7-26 Sistema elétrico típico de degelo.

Um adequado controle de aquecimento em intervalos ajuda a evitar um novo acúmulo, porque o aquecimento é aplicado no tempo suficiente para derreter a camada de gelo em contato com a pá.

Se o calor fornecido para derreter o gelo de uma superfície for maior do que o necessário, mas insuficiente para evaporação de toda a água formada, esta água retornará a superfície não aquecida e congelará. Retornos desta natureza causam formação de gelo em áreas da pá, ou da superfície da hélice não controladas pelo sistema.

Temporizadores de ciclagem são usados para energizar o aquecimento dos elementos do circuito por período de 15 a 30 segundos, com um ciclo completo de 2 minutos. O temporizador de ciclagem é um contator girado por um motor elétrico, o qual controla a força dos contatores em seções separadas do circuito.

Os controles para os sistemas elétricos de degelo da hélice incluem interruptores (ON-OFF), amperímetros ou medidores de carga para indicar a corrente nos circuitos, e dispositivos de proteção, tais como limitadores de corrente ou disjuntores.

Os amperímetros ou medidores de carga permitem monitorar a corrente dos circuitos individuais, e refletem a operação do temporizador.

Para evitar o superaquecimento dos elementos, o sistema de degelo da hélice é geralmente usado somente quando a hélice estiver girando, e por pequenos períodos de tempo durante o aquecimento do motor no solo.

INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO DA HÉLICE

As exigências para inspeção da hélice, e os procedimentos de manutenção discutidos nesta seção, são representativos daqueles em uso constante na maioria das hélices descritas neste capítulo.

Não foram incluídos detalhes dos procedimentos de manutenção para uma determinada hélice, e, todas as pressões, figuras e medidas são apenas com a finalidade de ilustração e não têm aplicação específica. Para informações de manutenção de uma hélice específica, sempre devem ser observadas as aplicáveis instruções do fabricante.

Inspeção da hélice

As hélices devem ser inspecionadas regularmente. O exato intervalo de tempo para a inspeção de uma hélice em particular, normalmente é especificado pelo fabricante daquela hélice.

A inspeção diária regular da hélice varia de um tipo para o outro.

Tipicamente ela é uma inspeção visual das pás da hélice, do cubo, controles e acessórios, quanto a segurança, proteção e condições gerais.

A inspeção visual das pás não é apenas uma descuidada ou casual observação. A inspeção deve ser meticulosa o bastante para detectar qualquer falha ou defeitos que possam existir.

As inspeções executadas em grandes intervalos de tempo, por exemplo, 25, 50 ou 100 horas, normalmente incluem um cheque visual de:

1. Pás, cones e outras superfícies externas por excessivo acúmulo de óleo ou graxa.
2. Seções soldadas das pás e cubos por evidência de falhas.
3. Pás, cones e cubos quanto a cortes, arranhões e outros defeitos. Usa-se uma lente de aumento se necessário.
4. Parafusos de fixação do cone e da cúpula quanto a aperto.
5. O nível de óleo do sistema de lubrificação quando aplicável.

Se a hélice for envolvida em um acidente, e existir a possibilidade de terem ocorrido danos internos, ela deverá ser desmontada e inspecionada.

Sempre que uma hélice for removida de um eixo, os alojamentos dos cones, bem como as outras partes de contato, deverão ser examinadas para detectar desgastes indevidos, atritos ou corrosão.

Durante uma revisão maior, a hélice é desmontada, e todas as partes são inspecionadas e checadas quanto a medidas, tolerâncias e desgaste.

Uma inspeção magnética, ou outro tipo de teste não destrutível, é normalmente feito nesta ocasião para determinar se alguma rachadura por fadiga tenha sido desenvolvida nos conjuntos e nos componentes de aço.

VIBRAÇÃO DA HÉLICE

Quando houver vibração em um grupo motopropulsor, algumas vezes é difícil determinar se a vibração é do motor ou se é da hélice. Na maioria dos casos, a causa da vibração pode ser determinada pela observação do cubo, cúpula ou cone, enquanto o motor estiver girando entre 1.200 a 1.500 rotações por minuto (r.p.m.), e determinando se o cubo da hélice gira em um plano absolutamente horizontal.

Se o cubo da hélice aparenta oscilar em uma pequena órbita, a vibração poderá normalmente ser causada pela hélice. Se o cubo não aparenta estar girando em órbita, o problema, provavelmente, está sendo causado pela vibração do motor.

Quando a vibração da hélice for a razão da excessiva vibração do grupo motopropulsor, o problema poderá ser causado pela falta de balanceamento das pás, centralização das pás incorreta ou variação do ângulo das pás. Checar a centralização das pás e a seleção do passo mínimo delas, para determinar se estas são as causas da vibração. Se tanto a centralização como o passo mínimo estiverem corretos, a hélice deverá estar estaticamente, ou dinamicamente, desbalanceada, e deverá ser substituída ou rebalanceada se for permitido pelo fabricante.

CENTRALIZAÇÃO DAS PÁS

Centralização das pás é o processo de determinar a posição das pontas das pás relativamente umas com as outras. A centralização indica somente a relativa posição das pás, e não a sua verdadeira trajetória.

As pás deverão alinhar umas com as outras tão próximo quanto possível. A diferença de alinhamento em posições semelhantes não devem exceder a tolerância especificada pelo fabricante da hélice.

O projeto e a fabricação das hélices é de tal modo que as pontas das pás darão uma boa indicação de centralização. O seguinte método de verificação é normalmente usado.

1. Instalar um arame duro ou pequena vareta no bordo de ataque da asa, ou em outra área conveniente da aeronave, até que ela toque ligeiramente a face da pá próxima da ponta (ver a figura 7-27).

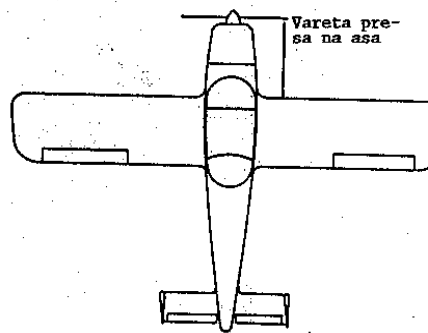


Figura 7-27 Checando a centralização das pás.

2. Girar a hélice até que a próxima pá esteja na mesma posição da primeira, e medir a distância entre a vareta e a pá. Continuar este processo até que todas as pás tenham sido checadas.

CHECANDO E AJUSTANDO OS ÂNGULOS DAS PÁS

Quando for colocado um ângulo da pá inadequado durante a instalação, ou for indicado pelo desempenho do motor, a seguinte sequência de manutenção é normalmente seguida:

1. Obter das instruções do fabricante a seleção do ângulo da pá e a estação, na qual o ângulo da pá é checado. Não usar riscador metálico ou qualquer outro instrumento cortante ou pontiagudo para marcar a localização da estação da pá, ou para marcar linhas de referência na pá da hélice, porque qualquer arranhão pode, eventualmente, resultar em falha.
2. Usar um transferidor universal para checar os ângulos da pá enquanto a hélice estiver no motor.

Uso do transferidor universal da hélice

O transferidor universal pode ser usado para checar os ângulos da pá quando a hélice estiver na bancada de balanceamento ou instalada no motor de uma aeronave.

A figura 7-28 mostra as partes e os ajustes de um transferidor universal de hélice.

As seguintes instruções para uso do transferidor aplicam-se a uma hélice instalada em um motor. Gira-se a hélice até que a primeira pá a ser checada esteja na horizontal, e com o bordo de ataque para cima.

Coloca-se o "nível de bolha de canto" (figura 7-28) a 90° da face do transferidor. As escalas de graus e a vernier são alinhadas, girando o disco de ajuste antes dele ser travado ao anel.

O mecanismo de travamento é um pino que fica mantido na posição engrazado por ação de mola. O pino pode ser solto, sendo puxado para fora e girado a 90°.

Solta-se a trava do anel na moldura (uma porca com rosca direita, girada com os dedos) e gira-se o anel, até que, tanto o anel quanto o disco, estejam zerados na parte superior do transferidor.

Checa-se o ângulo da pá pela determinação de quanto o lado plano é inclinado do plano de rotação.

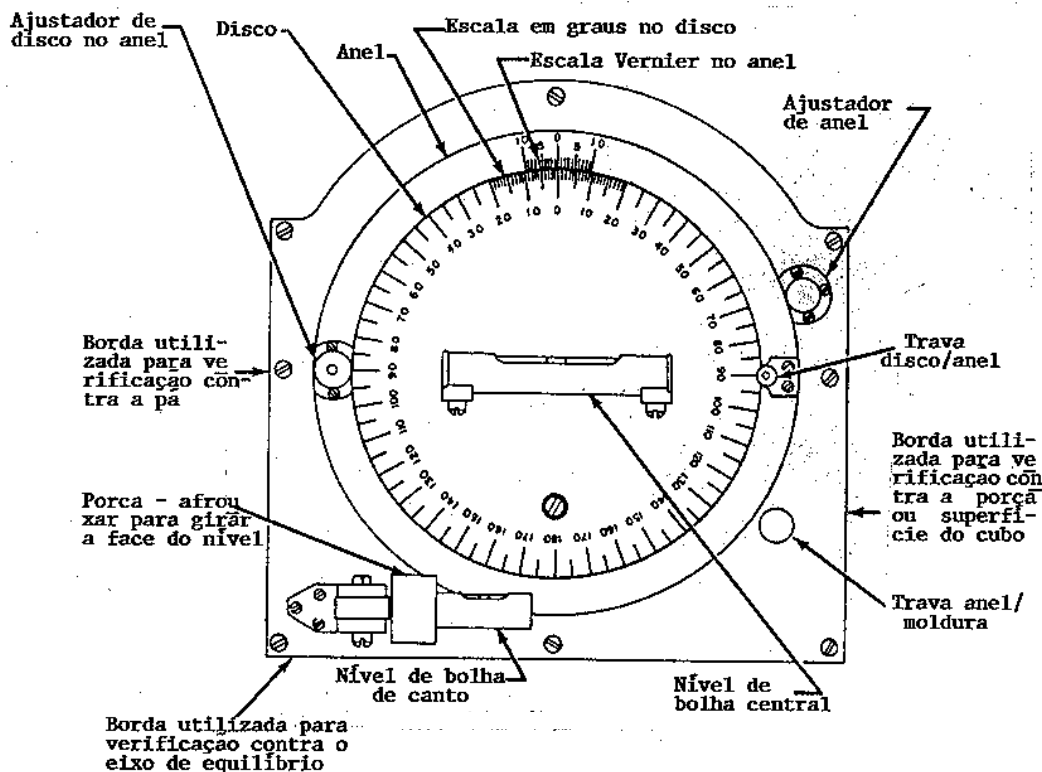


Figura 7-28 Transferidor Universal.

Primeiro, localiza-se o ponto que representa o plano de rotação, colocando o transferidor verticalmente de encontro a porca do cubo, ou qualquer superfície convenientemente conhecida, como estando no plano de rotação da hélice.

O transferidor é mantido na vertical pelo nível de bolha de canto, e o anel de ajuste é girado até que o nível do centro esteja na horizontal. Isto seleciona o zero da escala vernier em um ponto que representa o plano de rotação da hélice. Então, trava-se o anel na moldura.

Mantendo o transferidor na mão, com a parte curva para cima, solta-se a trava disco-anel.

Coloca-se o bordo dianteiro na vertical (o bordo oposto ao que foi usado anteriormente) de encontro a pá, na estação especificada nas instruções do fabricante.

O transferidor permanece na vertical pelo nível de bolha de canto, e o disco de ajuste é girado até que o nível de bolha central esteja na horizontal. O número de graus e décimos de graus entre os dois zeros indica o ângulo da pá.

Na determinação do ângulo da pá, dez pontos da escala vernier são iguais a nove pontos na escala de graus. A graduação na escala vernier representa décimos de um grau, mas aqueles da escala de graus representam graus inteiros.

O número de décimos de um grau no ângulo da pá é dado pelo número de espaços da escala vernier, entre o zero da escala e a linha desta, estando em perfeito alinhamento com uma linha da escala graduada em graus. Esta leitura deverá ser feita sempre na escala vernier. A escala vernier aumenta na mesma direção em que a escala do transferidor aumenta. Isto é oposto à direção de rotação do elemento móvel do transferidor.

Depois de se fazer qualquer ajuste necessário na pá, trava-se na posição e a mesma operação para as pás restantes da hélice é repetida.

BALANCEAMENTO DA HÉLICE

Uma hélice desbalanceada estática, ou dinamicamente, torna-se uma fonte de vibração na aeronave. O desbalanceamento estático ocorre quando o centro de gravidade da hélice não coincide com o eixo de rotação.

O desbalanceamento dinâmico resulta quando o centro de gravidade dos elementos semelhantes da hélice, como as pás ou os contrapesos, não seguem o mesmo plano de rotação.

Como o comprimento do conjunto da hélice, ao longo do eixo do motor, é pequeno em comparação com o seu diâmetro, e como as pás são fixadas ao cubo, eles estão no mesmo plano perpendicular ao eixo de rotação.

O desbalanceamento dinâmico, resultante da imprópria distribuição de massa é desprezível, com a condição de que a tolerância de centralização seja encontrada.

Um outro tipo de desbalanceamento da hélice é o aerodinâmico, que resulta quando a potência das pás for desigual. Este tipo de desbalanceamento pode ser amplamente eliminado pelo cheque do contorno da pá e seleção do seu ângulo.

Balanceamento estático

O balanceamento estático pode ser feito pelo método de suspensão ou pelo método de fio-de-faca.

No método de suspensão, a hélice, ou parte dela, é suspensa por uma corda; e qualquer desbalanceamento é determinado pela verificação entre um disco firmemente fixado na corda e um cilindro fixado ao conjunto ou parte que está sendo testada. O método de suspensão é usado com menor frequência do que o simples e mais acurado método fio-de-faca.

A bancada do teste tipo fio-de-faca (figura 7-29) tem duas lâminas de aço endurecido, montadas de modo a permitir a livre rotação de um conjunto de hélice entre elas.

A bancada de teste fio-de-faca deve estar localizada em um recinto ou área que esteja livre de qualquer corrente de ar, e de preferência sem qualquer fonte de forte vibração.

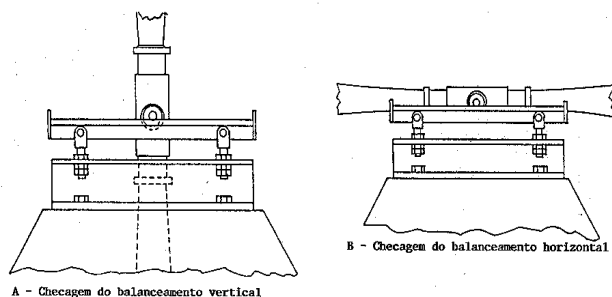


Figura 7-29 Posições de uma hélice de duas pás durante a checagem do balanceamento.

O método padronizado de checar o balanceamento de um conjunto de hélice, obedece a seguinte sequência de operações:

1. Instalar um embuchamento no furo de passagem do eixo da hélice.
2. Instalar um mandril ou eixo através do embuchamento.
3. Colocar o eixo do conjunto da hélice, de modo que as extremidades do eixo sejam apoiadas sobre as lâminas da bancada de balanceamento fio-de-faca. A hélice deve ter uma rotação livre.

Se a hélice estiver propriamente balanceada, estaticamente, ela permanecerá em qualquer posição na qual for colocada. Um conjunto de hélice de duas pás é checado quanto ao balanceamento, em primeiro lugar, com as pás na posição vertical e, depois, na posição horizontal (figura 7-29).

A checagem da posição vertical com a outra pá é repetida, isto é, com a pá que foi checada na posição inferior agora colocada na posição superior.

A checagem de um conjunto de hélice de três pás é feito com cada pá colocada na posição vertical, como mostra a figura 7-30.

Durante uma checagem de balanceamento estático de uma hélice, todas as pás devem estar com o mesmo ângulo. Antes de se executar a checagem de balanceamento, cada pá deve ser colocada no mesmo ângulo.

A menos que haja outra especificação do fabricante, uma checagem aceitável de balanceamento requer que o conjunto da hélice não tenha a tendência de girar em qualquer uma das posições previamente descritas.

Se a hélice estiver perfeitamente equilibrada em todas as posições descritas, ela deverá também estar perfeitamente equilibrada em todas as posições intermediárias.

Quando necessário, checa-se o balanceamento nas posições intermediárias, para verificar as posições originais descritas.

Quando o conjunto da hélice é checado por balanceamento estático, e apresentar uma definida tendência de girar o conjunto, certas correções são permitidas para remover o desbalanceamento.

1. A colocação de pesos fixos permanentes em localizações aceitáveis, quando o peso total do conjunto da hélice ou das partes, estiverem dentro de limites aceitáveis.
2. A remoção de pesos de localizações aceitáveis, quando o peso total do conjunto da hélice ou das partes, forem iguais aos limites permissíveis.

A localização para remoção ou colocação de pesos para correção de hélices desbalanceadas são determinadas pelo fabricante da hélice. O método e o ponto de aplicação das correções do desbalanceamento devem ser checados, para confirmar se eles estão de acordo com as especificações do fabricante.

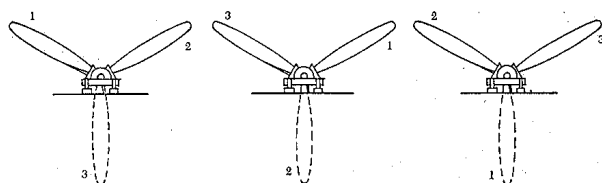


Figura 7-30 Posições das pás de uma hélice durante a checagem do balanceamento.

SERVIÇOS NAS HÉLICES

Os serviços nas hélices incluem limpeza, lubrificação e reabastecimento do suprimento de óleo.

Limpeza das pás da hélice

Pás e cubos de hélices de alumínio e de aço devem ser limpos pela lavagem das pás com um suave solvente de limpeza, usando um pincel ou um pano. Materiais ácidos ou cáusticos não deverão ser usados. Pó de polir, palha de

aço, escovas de aço, ou qualquer outra ferramenta ou substâncias que possam arranhar ou estragar a pá deverão ser evitados.

Se um forte polimento é desejado, bons produtos comerciais de polir metais podem ser encontrados. Após completar a operação de polimento, todos os traços do polimento deverão ser removidos imediatamente. Quando as pás estiverem limpas, elas deverão ser cobertas com uma fina camada de óleo limpo de motor ou um equivalente apropriado.

Para limpar hélices de madeira, pode ser usada água morna e um sabão suave, juntos, com pincel ou pano.

Se uma hélice tiver sido submetida a água salgada, ela deverá ser lavada com água fresca até que todos os traços de sal tenham sido removidos. Isto deverá ser executado tão cedo quanto possível, independente de ser a hélice, ou suas partes, de liga de alumínio, aço ou madeira.

Após a lavagem, todas as partes deverão ser secadas completamente, e as partes de metal deverão ser cobertas com óleo limpo de motor ou um equivalente apropriado.

Lubrificação da hélice

As hélices hidramáticas que operam com o óleo do motor não requerem lubrificação. As hélices elétricas necessitam de óleos e graxas para a lubrificação do cubo e dos mecanismos de operação da mudança de passo.

Os procedimentos adequados de lubrificação da hélice, com as especificações do óleo e graxas, são normalmente indicados nas instruções do fabricante.

A experiência indica que algumas vezes a água penetra na hélice através do conjunto de rolamentos da pá em alguns modelos de hélices.

Por esta razão, os programas de lubrificação do fabricante da hélice devem ser seguidos para que seja assegurada uma lubrificação adequada nas partes móveis. Substituição de graxa, através de bicos de pressão (ZERKS), devem ser feitos de acordo com as instruções do fabricante.

O nível de óleo do reservatório deve ser checado em intervalos específicos, nas hélices que tenham reservatórios próprios ao sistema. Normalmente este tipo de hélice deve ter uma das pás (geralmente a número um) posicionada

de tal modo que permita ver o nível de óleo em um visor na parte lateral do reservatório.

Extremo cuidado deve ser tomado quando se abastece o reservatório, a fim de evitar uma quantidade acima do previsto, e nunca ser utilizado um óleo não especificado.

TURBOÉLICE

A combinação de uma hélice, um conjunto de caixa de redução e um motor a turbina é chamado de conjunto motopropulsor turboélice. A hélice é operada por um motor de turbina a gás, através de um conjunto de caixa de redução.

O motor turboélice é usado em aeronaves, variando em tamanho, de grandes quadrimotores, de transporte aos executivos de tamanho médio e aeronaves bimotoras relativamente pequenas.

A discussão a seguir é dirigida a um turboélice, que consiste de componentes e conjuntos típicos da maioria das aeronaves turboélices.

Ao contrário do motor turbojato, que produz força propulsora diretamente, o turboélice produz impulso indiretamente, porque o compressor e a turbina fornecem torque para uma hélice, a qual, por sua vez, produz a maior parte da força propulsiva que desloca a aeronave.

O controle de combustível do turboélice e o governador são conectados e operam em coordenação um com o outro.

A manete de potência dirige um sinal, vindo da cabine ao controle de combustível para uma específica quantidade de força para o motor. O controlador do combustível e o governador da hélice juntas, estabelecem a correta combinação de r.p.m., fluxo de combustível e ângulo da pá da hélice para criar suficiente força de impulso.

O sistema de controle da hélice é dividido em dois tipos de controle: um para operação de vôo e outro para solo. Para vôo, o ângulo de pá da hélice e o fluxo de combustível para qualquer posição da manete, são governados automaticamente de acordo com um programa predeterminado.

Abaixo da posição de marcha lenta (flight idle) da manete de potência, a coordenada programação de r.p.m. e ângulo da pá, torna-se incapaz de manejar o motor eficientemente. Esta é a gama de solo também chamada de "limites Beta".

Nos limites Beta do quadrante das manetes, os ângulos da pá da hélice não são comandados pelo governador, mas sim pela posição da manete de potência. Quando esta manete é movida abaixo da posição de partida, o passo da hélice é revertido para fornecer tração reversa para uma rápida desaceleração da aeronave após o pouso. Uma característica do turboélice é que as mudanças de força não são relacionadas com a velocidade do motor, mas com a temperatura da entrada da turbina. Durante o vôo a hélice mantém constante a velocidade do motor. Esta velocidade é conhecida como 100% da rotação do motor, e ela é considerada como a velocidade na qual a maior força e o melhor desempenho global pode ser obtido.

As mudanças de potência são efetuadas pela variação do fluxo de combustível. Um aumento no fluxo de combustível causa um aumento na temperatura da entrada da turbina, e um correspondente aumento da energia disponível. A turbina absorve mais energia e a transmite para a hélice na forma de torque. A hélice para poder absorver o aumento de torque, aumenta o ângulo da pá, mantendo assim uma velocidade constante no motor.

O sistema de controle do torque negativo (NTS) mostrado na figura 7-31 proporciona um sinal que aumenta o ângulo da pá da hélice para limitar o torque negativo do eixo. Quando um predeterminado torque negativo é aplicado na caixa de engrenagens de redução, a engrenagem anel estacionária é movida contra a ação de mola, devido a reação de torque gerada pelo setor de estrias helicoidais.

No movimento para a frente, a engrenagem anel empurra duas hastes de acionamento, através da parte dianteira da caixa de engrenagens. Uma, ou ambas as hastes, podem ser usadas para enviar o sinal à hélice e iniciar um aumento do ângulo da pá da hélice. Esta ação (na direção de aumento do ângulo) continua até que o torque negativo seja cancelado, resultando no retorno da hélice para a operação normal.

O sistema de torque negativo funciona quando as seguintes condições de operação do motor são encontradas: temporária interrupção do combustível, cargas de ar em rajada na hélice, descida normal com baixa programação de combustível, condições de alta sangria de ar do compressor com baixa seleção de potência; e durante o corte normal do motor.

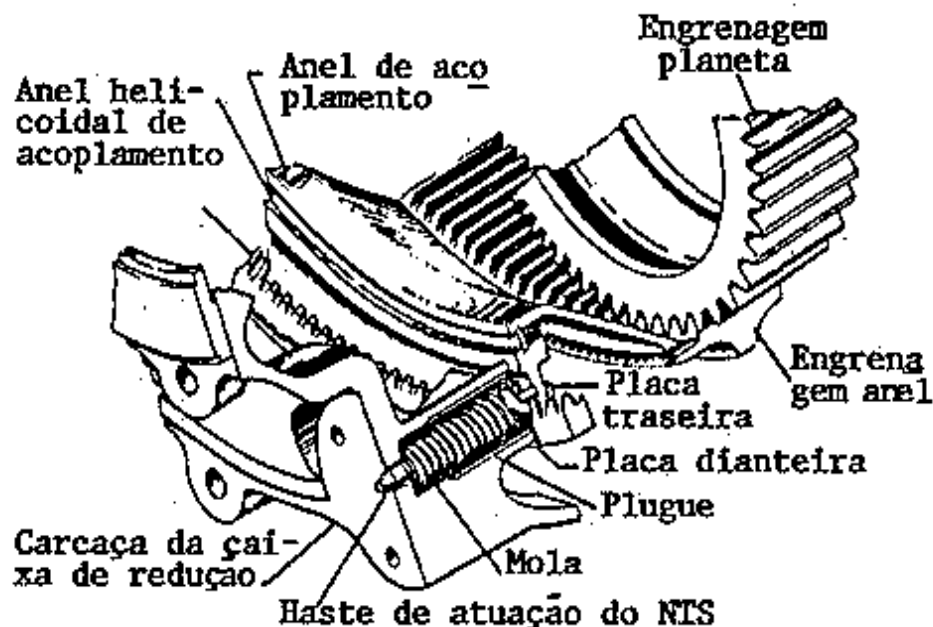


Figura 7-31 Componentes do sinal de torque negativo.

O sinal sensível de potência (TSS) é um dispositivo de segurança que atua embandeirando a hélice. Se houver perda de potência durante a decolagem, o arrasto da hélice é limitado para aquele de uma hélice embandeirada, reduzindo o perigo de uma guinada em uma aeronave multimotora.

Este equipamento automaticamente aumenta o ângulo da pá e ocasiona o embandeiramento da hélice.

O sistema TSS consiste de um conjunto interruptor montado externamente no lado direito

da caixa de engrenagens de redução. Um pino se estende atuando um interruptor na parte interna da caixa de engrenagens. Uma mola força o pino contra a alavanca do sistema de sinal de potência, montada dentro da caixa de engrenagens, e comanda o anel externo do rolamento de força do eixo da hélice.

Quando a potência positiva da hélice excede um determinado valor, o eixo e o rolamento de esfera movem-se para frente comprimindo duas molas, localizadas entre os conjuntos de potência e do rolamento.

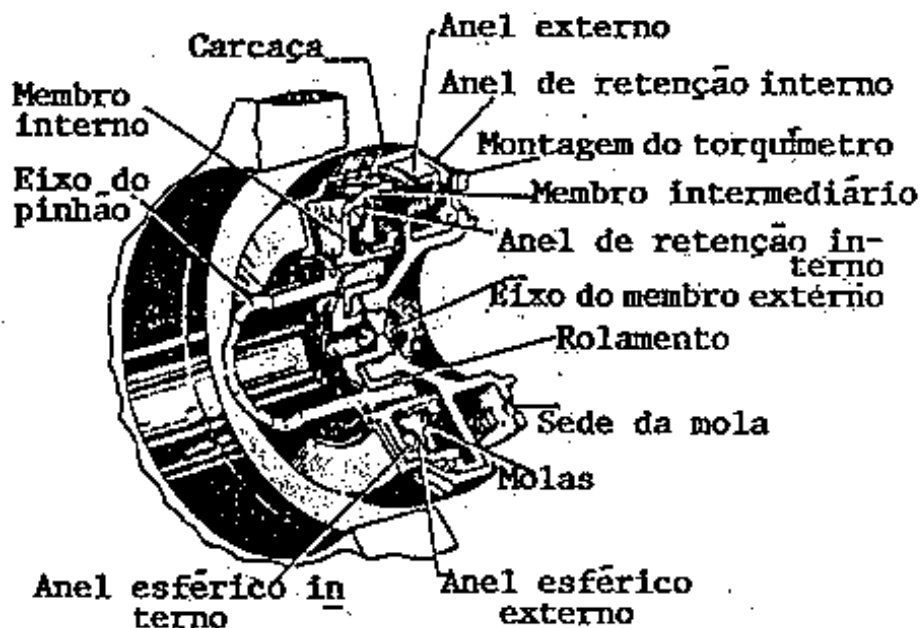


Figura 7-32 Acoplamento de segurança.

A alavanca do sinal de potência segue o anel externo, e o sistema TSS move-se para a parte interna anterior da caixa de engrenagens. O sistema de TSS é então armado para a decolagem e a operação automática.

Em qualquer tempo subsequente, quando a potência da hélice diminui abaixo de um determinado valor, a força da mola movimenta o eixo da hélice para trás. Quando isto ocorre, o pino do TSS move-se para fora, energizando o sistema de embandeiramento automático. Isto comanda a hélice par aumentar o ângulo da pá.

Um acoplamento de segurança (figura 7-32) desengraxa a caixa de redução da unidade de força, se esta unidade estiver operando acima de um prefixado valor de torque negativo, consideravelmente maior do que o requerido para atuar o NTS.

O acoplamento consiste essencialmente de um membro interno, estriado para o eixo do pinhão; um outro membro aparafusado na extensão do eixo; e um membro intermediário, conectado ao membro interno através de dentes helicoidais e de um membro interno através de dentes retos.

A reação dos dentes helicoidais movem o membro intermediário para a frente, provocando

o engraxamento quando um torque positivo for aplicado, e para trás quanto um torque negativo for aplicado. Então, quando um predeterminado torque negativo for excedido, os membros do acoplamento se desengraxam automaticamente.

O reengraxamento é também automático durante o embandeiramento, ou corte da unidade de força. O acoplamento de segurança somente opera quando houver um torque negativo excessivo.

Conjunto de engrenagens de redução

Um conjunto de engrenagens de redução é mostrado na figura 7-33. Ele incorpora um eixo de hélice simples, um sistema de NTS, um sistema de TSS, um acoplamento de segurança, um freio da hélice, um sistema de óleo, de cárter seco independente, e o necessário sistema de engrenagens.

O freio da hélice (figura 7-33) é destinado a impedir a sua rotação livre, quando estiver embandeirada em vôo, e para diminuir o tempo que a hélice leva em parar totalmente após o corte do motor.

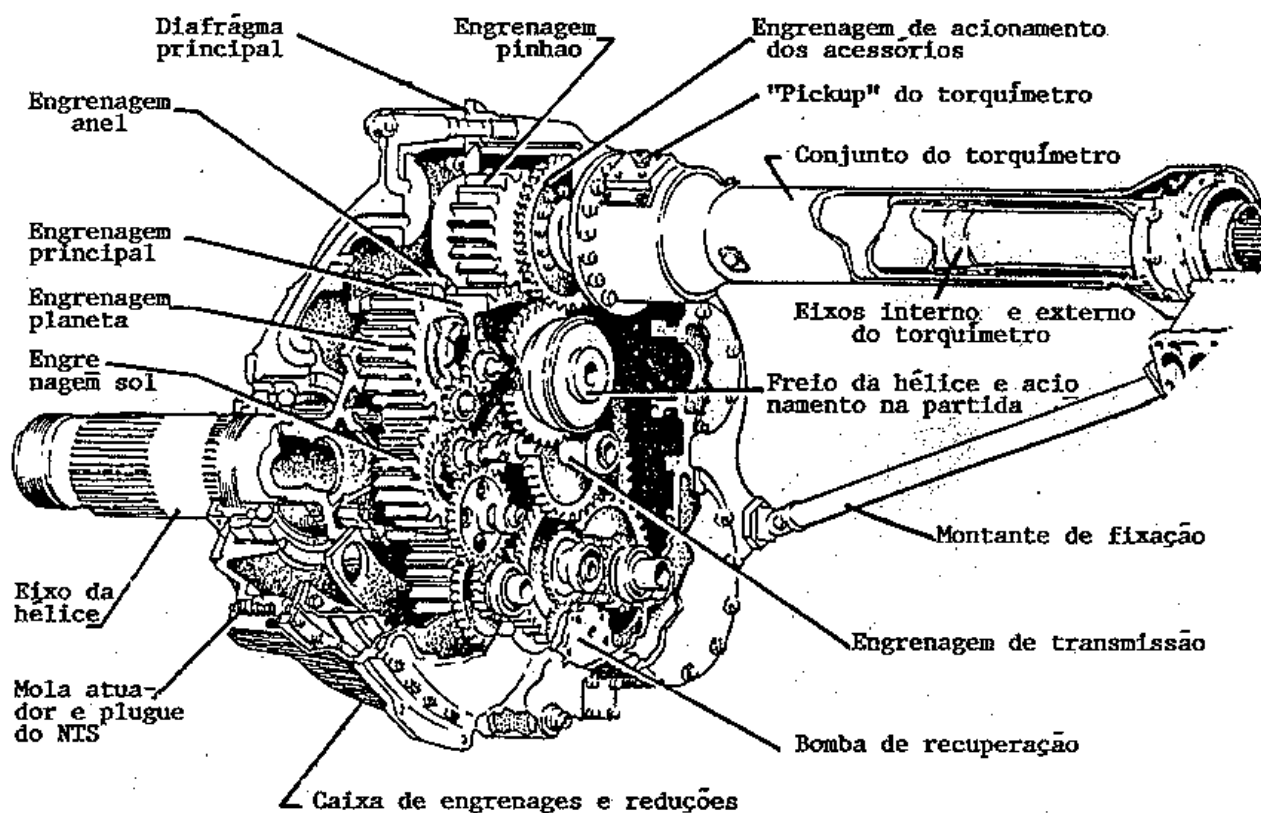


Figura 7-33 Caixa de redução e torquímetro.

O freio da hélice é do tipo cone de fricção, consistindo de um membro interno estacionário e um membro externo rotativo, o qual, quando travado, atua sobre o primeiro estágio das engrenagens de redução.

Durante a operação normal do motor, a pressão do óleo da caixa de redução mantém o freio na posição aliviada. Isto é executado pela pressão do membro interno. Quando a hélice é embandeirada, e no corte do motor, a pressão de óleo da caixa de redução cai a zero, a efetiva força hidráulica diminui; e a força de uma mola faz com que o membro externo entre em contato com o interno.

A unidade de força gira o conjunto das engrenagens de redução através de um eixo de extensão e um conjunto de torquímetro. O conjunto de engrenagens de redução é fixado à unidade de força pela carcaça do torquímetro, a qual serve como suporte inferior e um par de tirantes, como suportes superiores.

A fixação dos tirantes auxilia o transporte dos momentos e forças produzidas pela hélice e engrenagens de redução. As extremidades dianteiras dos tirantes têm pinos concêntricos que são estriados para o travamento. Estes pinos ajustam o tamanho dos tirantes para compensar as tolerâncias de fabricação na carcaça do eixo de comando e partes de interconexão.

Conjunto turbohélice

O turbohélice proporciona um eficiente e flexível meio de utilização da potência produzida pelo motor a reação. O conjunto da hélice (figura 7-34), juntamente com o conjunto de controle, mantém uma constante r.p.m. do motor em qualquer condição de marcha lenta de vôo (alcance alfa).

Para operações de solo e reversão (alcance beta), a hélice pode ser operada para proporcionar empuxo zero ou negativo.

Os maiores subconjuntos da hélice são o cubo, a cúpula, conjunto do batente do passo mínimo, conjunto regulador da trava do passo, conjunto das pás e conjunto de anéis de contato de degelo.

O conjunto de controle (figura 7-34) é um conjunto fixo montado na extensão traseira do cubo da hélice.

Ele contém o reservatório de óleo, bombas, válvulas e dispositivos de controle que suprem o mecanismo de mudança de passo com força hidráulica, com adequada amplitude e direção, para variação do passo nas condições de operação selecionadas.

O conjunto de controle contém o conjunto de buchas para transmissão da força elétrica aos anéis do sistema de degelo.

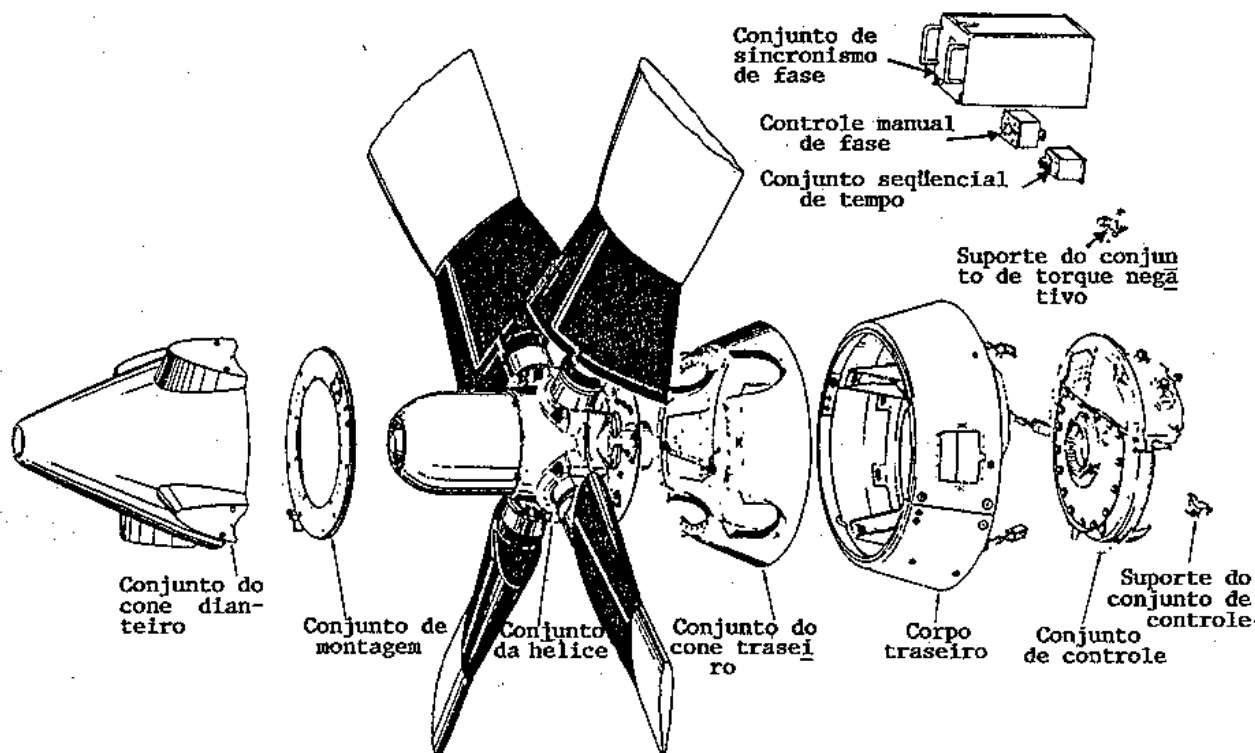


Figura 7-34 Conjunto da hélice e partes associadas.

O conjunto do cone envolve o cubo e a cúpula, dando-lhes a forma aerodinâmica para reduzir o arrasto; e também permite a entrada do ar que proporciona a refrigeração do óleo usado no controle da hélice.

A parte traseira do conjunto do cone é um componente fixo, montado na caixa de engrenagens de redução do motor para envolver o conjunto de controle. Junto com o cone, esta parte traseira permite um fluxo de ar para a macele do motor. O sistema de sincronismo de fase é destinado a manter uma preestabelecida relação angular entre a hélice designada como mestre e as hélices escravas. As três unidades principais deste sistema são o gerador pulsativo, o sincronizador eletrônico e o conjunto seguidor de velocidade.

O controle manual de fase permite a pré-seleção do relacionamento do desejado ângulo de fase entre a hélice mestre e as escravas, e um ajuste fino da velocidade do motor selecionado como mestre. Este ajuste fino permite uma ajustagem de aproximadamente um por cento a mais ou a menos ($\pm 1\%$) na velocidade do motor mestre.

A operação da hélice é controlada por uma ligação mecânica da manete de potência no console da cabine, e pelo punho de corte do motor em emergência (caso a aeronave esteja equipada com um) para o coordenador, o qual, por sua vez é ligado à haste de entrada do controle da hélice.

O limite não governado, ou de taxi, que compreende da posição do "reverso" até a "marcha lenta de vôo" (indexadas no coordenador como de 0° a 34° incluindo a posição de "marcha lenta de solo") é denominado de limite beta. O limite governado, ou de vôo, que compreende da posição "marcha lenta de vôo" até a posição de "decolagem" (indexadas no coordenador como de 34° a 90°) é denominada de limite alfa. A porção restante do segmento do coordenador (indexadas de 90° até a posição "bandeira" refere-se apenas ao embandeiramento).

O controle dos limites beta para o manejo de solo é inteiramente hidromecânico, e é obtido pela introdução de um sistema de haste e ressalto que opera a válvula piloto.

Um eixo de ressaltos (eixo alfa) se movimenta em resposta dos comandos da manete de potência, e estabelece o desejado ângulo da pá (limite beta). O outro eixo de ressaltos (eixo beta) é operado por um comando de retorno da

pá. Sua posição fornece um sinal da posição atual da pá nos limites beta.

Também, a válvula piloto é movimentada pela ação recíproca desses ressaltos e alavancas para medir o óleo, tanto para o passo máximo como para o mínimo, para que o atual ângulo da pá esteja em harmonia com o ângulo programado.

Nos limites beta (abaixo da marcha lenta de vôo) a ação de governo da hélice está bloqueada, desde uma supervelocidade, que poderá resultar em movimento do ângulo da pá em direção errada, se ela estiver nos limites do reverso.

Quando a manete de potência é movida solicitando um ângulo de pá abaixo da marcha lenta de vôo, o ressalto de velocidade (no eixo alfa) aumenta a força da mola. Isto mantém a válvula piloto em uma condição de baixa velocidade contra o sistema da manete, até que o programado ângulo da pá seja atingido.

O governo da velocidade constante é executado por um governador atuado por contrapesos. Os contrapesos e a válvula piloto são girados, através de engrenagens, pela rotação da hélice.

Nos limites alfa, o governador é ajustado para 100% r.p.m. pela seleção do ressalto de velocidade (no eixo alfa), e a válvula piloto fica livre para mover-se em resposta das condições de velocidade.

O embandeiramento é iniciado pelo botão de bandeira, punho de corte do motor em emergência (punho de fogo), ou pelo sistema de embandeiramento automático. O embandeiramento é executado hidráulicamente por uma válvula de bandeira, a qual desvia outras funções de controle e rotas de mudança de passo, enviando óleo diretamente para a hélice. A operação de embandeiramento é separada de todas as funções normais de controle. A pressão vinda da linha de fornecimento da bomba é dirigida através dos controles da válvula de bandeira, antes de ir para a válvula piloto e para as válvulas de regulagem principal e reserva.

Do mesmo modo, a saída da válvula piloto, tanto para a diminuição como para o aumento do passo, é dirigido através da válvula de bandeira.

Quando a válvula é posicionada para o embandeiramento, a linha da bomba é conectada diretamente com a linha de aumento de passo. Isto isola a linha da hélice do restante do siste-

ma de controle e fecha o desvio da bomba de reserva.

O normal embandeiramento é iniciado pelo comando do botão de bandeira. Esta ação envia corrente para a bobina de retenção do interruptor de embandeiramento, bomba auxiliar, e para o solenóide de bandeira, – o qual posiciona a válvula de bandeira, embandeirando a hélice.

Quando a hélice estiver totalmente embandeirada, a pressão de óleo aumenta, operando um interruptor de corte por pressão que irá desenergizar a bomba auxiliar e o solenóide de bandeira, através de um sistema de relê.

O embandeiramento pode também ser executado pelo comando do punho de corte do motor em emergência, ou pelo interruptor na posição de "corte" ("*shutdown*"). Esta ação, mecanicamente posiciona a válvula de bandeira e energiza, eletricamente, o botão de embandeiramento, mandando a hélice para o total bandeira.

O sistema de auto-bandeira automaticamente energiza a bobina de retenção (puxando o botão de bandeira), quando a perda de potência do motor resultar em perda de tração da hélice a um determinado valor. Este sistema é armado por um interruptor para uso durante a decolagem, e somente funciona quando a manete de potência estiver próxima ou na posição de "decolagem".

O dispositivo de NTS automaticamente movimenta um pino, que atua em um mecanismo do controle da hélice quando um predeterminado valor de torque negativo for sentido (quando a hélice gira o motor). Este pino, trabalhando através de ligações de controle, muda a posição da válvula de bandeira, mandando as pás em direção ao embandeiramento.

Quando o ângulo da pá aumenta, o torque negativo diminui até que o sinal de NTS seja removido, fechando a válvula de bandeira. Se o predeterminado valor de torque negativo for ainda excedido, o pino de NTS causará outra vez a mudança da posição da válvula de bandeira.

O efeito normal do NTS é uma ciclagem da r.p.m. levemente abaixo da rotação na qual o torque negativo foi sentido.

O desembandeiramento é iniciado ao ser puxado o botão de bandeira para a posição desembandeiramento ("*unfeather*").

Esta ação supre voltagem para o motor da bomba auxiliar para girar a bomba. Devido o governador da hélice estar em uma posição de baixa rotação com a hélice embandeirada, as pás se moverão na direção de diminuição de passo sob a pressão da bomba auxiliar.

A trava do passo opera nas situações de perda da pressão de óleo da hélice, ou em condições de supervelocidade.

As catracas do conjunto se engrazam, quando a pressão de óleo que as separava, se dissipa através de uma válvula atuada por contrapesos, que opera a uma rotação ligeiramente superior a 100% r.p.m. As catracas se desengraxarão, quando a alta pressão do óleo e a rotação normal, forem estabelecidas.

Quando a manete de potência está na posição de "marcha lenta de vôo", o controle beta de retorno, do batente de passo mínimo, no ressalto de seleção beta (no eixo alfa), está selecionado para cerca de 2° abaixo da seleção do batente de passo mínimo de vôo, atuando como um batente de passo mínimo secundário.

Quando a manete de potência está na posição de "decolagem", este secundário batente de passo mínimo seleciona outro para um ângulo da pá, maior do que o batente mecânico do passo mínimo de vôo.

Isto atende as necessidades do controle de alta velocidade, após um rápido avanço da manete de potência, tão bem como um secundário batente de passo mínimo.

BAINHA DAS PÁS

A bainha da pá (CUFF) é uma estrutura de metal, madeira, ou plástico, destinada ao acabamento da espiga da pá com a superfície externa, transformando a forma circular da espiga em uma seção de aerofólio.

A bainha tem a finalidade primária de aumentar o fluxo de ar de refrigeração da nacele do motor.

As bainhas são fixadas às pás por dispositivos mecânicos, ou usando materiais de colagem.

Adesivos a base de borracha ou epóxi geralmente são usados como agentes de colagem. Adesivos orgânicos podem causar corrosão resultante da umidade que penetra entre a superfície interna da bainha e a externa da pá.

REMOÇÃO E INSTALAÇÃO DE MOTOR

INTRODUÇÃO

Os procedimentos para a remoção ou a instalação de motores variam muito com o tipo do motor e da aeronave. Dessa forma, não é possível haver uma única lista de procedimentos que sirva para todos os tipos de motores. Por conta dos vários tipos de instalações de motores, bem como do grande número de variações de projeto dentro de cada tipo de categoria de motores, foram relacionados exemplos representativos para ilustrarem os procedimentos de instalação para motores alternativos, turboélice e turbojato.

Os motores radiais e os de cilindros opostos foram considerados para representar e descrever os procedimentos típicos e gerais para instalação, remoção, armazenagem e conservação dos motores alternativos. Embora esses dois tipos tenham sido escolhidos para garantir a abrangência dos motores usados tanto em aviões pesados quanto leves, muitas das informações e alguns dos procedimentos apresentados na discussão dos motores radiais são aplicáveis aos de cilindros opostos.

Deve ser enfatizado que, enquanto alguns procedimentos para aeronaves e motores específicos são incluídos neste capítulo, outros foram omitidos por causa de sua irrelevância para uma discussão geral.

Por essa razão, sempre há referência à instrução do fabricante, aplicável antes da realização de qualquer fase da instalação ou remoção do motor.

RAZÕES PARA REMOÇÃO DE MOTORES ALTERNATIVOS

Os parágrafos seguintes ressaltam as razões mais comuns para remoção e substituição de um motor alternativo.

Informações para auxiliar na avaliação das condições do motor que determinam a sua remoção são incluídas. Entretanto, em cada caso, consultam-se instruções aplicáveis do fabricante, como a autoridade final para definir as bases para substituição do motor.

Extensão (excedida) da vida do motor

A vida do motor é dependente de alguns fatores como: mau uso operacional, qualidade da fabricação ou da manutenção, tipo da aeronave na qual o motor está instalado, o tipo da operação em que foi utilizado; e o nível de manutenção preventiva com que foi tratado. Logo, é impossível estabelecer o tempo bem definido de utilização para a remoção do motor.

Entretanto, com base na experiência em serviço, é possível estabelecer o intervalo de tempo máximo de vida de um motor. Independentemente de suas condições, um motor deve ser removido quando tiver acumulado o tempo máximo recomendado desde a última revisão, incluindo qualquer extensão de tempo permitida.

Parada brusca

A parada brusca é uma parada rápida e completa do motor. Pode ser causada por emperramento do motor ou pelo impacto de uma ou mais pás da hélice com um objeto (ou com o solo), de tal maneira que o motor pare antes de completar uma volta da hélice.

A parada brusca pode ocorrer sob condições; tais como falha do trem de pouso, pylonagem ou pouso muito brusco. A parada brusca pode causar dano interno ao motor, como quebra de dentes de engrenagem, danos no trem de engrenagens da seção traseira, desalinhamento do eixo de manivela, ou danos nos rolamentos da hélice. Quando ocorre a parada brusca, o motor é geralmente substituído.

Súbita redução na velocidade de rotação

A súbita redução na velocidade de rotação pode ocorrer quando uma ou mais pás da hélice colidirem com um objeto, estando o motor com baixa velocidade de rotação.

Após o impacto, o objeto estranho (como um pássaro) é afastado, e o motor recupera sua velocidade de rotação anterior ao impacto, e assim continua, a menos que seja parado para prevenir dano posterior.

Enquanto taxiando (com o motor em baixa rotação), uma súbita redução na velocidade de rotação pode ocorrer quando a hélice colidir com um objeto estranho – como o mato alto que às vezes cresce na pista de grama, uma caixa de ferramentas ou peças de outra aeronave.

Pesquisas com motores que tenham sofrido este tipo de acidente demonstraram que, geralmente, nenhum dano ocorre quando a velocidade de rotação é baixa, quando então a potência disponível é pequena e a hélice é capaz de absorver o arrastamento ou pequeno impacto. Entretanto, quando o acidente ocorre com alta velocidade de rotação, os impactos são muito mais severos.

Quando súbita redução de velocidade de rotação ocorrer, as seguintes ações devem ser tomadas:

- (1) Fazer uma cuidadosa inspeção externa do berço do motor, de sua carcaça e da parte do eixo que se conecta à hélice, para determinar se alguma peça foi danificada. Se o dano encontrado não puder ser consertado pela manutenção de linha, remover o motor.
- (2) Remover os filtros de óleo, e verificar se há partículas de metal. Remover o bujão do cárter, drenar o óleo em um recipiente limpo, escorrendo-o através de um pano limpo, verificando, tanto no pano quanto no óleo, se ficaram partículas de metal. Partículas grandes de metal no óleo indicam um bem definido mau funcionamento do motor, que deve ser removido. Entretanto, se as partículas de metal presentes são semelhantes à limalha fina (pó de metal), continuar a inspeção do motor para determinar se ainda é aproveitável.

Caso não haja partículas grandes de metal, fazer um teste com motor no solo, procurando por partículas de metal no óleo. Não encontrando, prosseguir com um teste em vôo com o mesmo propósito.

Se o motor operar normalmente durante o teste em vôo, mais uma vez é verificar a presença de partículas no óleo. Caso não tenham sido encontradas partículas metálicas grandes ou em excesso, o motor é mantido em operação, fazendo teste de presença de partículas de metal no óleo após 10 horas e 20 horas de operação. Após tudo isso, não se encontrando partículas metáli-

cas, provavelmente o motor não vai mais requerer outros testes posteriores, pelo menos até a próxima inspeção programada.

- (3) Remover a hélice e verificar se o eixo de manivelas, ou o eixo de acionamento da hélice, caso haja caixa de redução, sofreu empenamento. Utilizando um relógio-comparador, com graduações de 0,001 da polegada, ajustá-lo ao eixo da hélice. Retirar uma vela de cada cilindro para permitir que o conjunto, eixo de manivelas ou eixo de acionamento da hélice gire livremente, sem compressão. Girar o conjunto e observar se há flutuação no relógio-comparador. Fazer o teste tanto na parte do eixo de manivelas ou eixo de acionamento que se fixam à hélice, quanto no extremo oposto.

Havendo excessiva flutuação, o motor deve ser removido. Os limites máximos de flutuação (empenamento) devem ser consultados nas instruções do fabricante. Caso haja flutuações grandes, mas dentro dos limites, uma hélice em bom estado deve ser instalada no motor analisado, que deve ser girado; a trajetória das pontas das pás da hélice definem cada uma, quando girando, um plano; se o eixo não estiver empenado, esses planos coincidem; se o eixo estiver empenado, serão planos diferentes. Pela separação entre planos, medindo e confrontado com as instruções do fabricante, é possível determinar se o empenamento do eixo está dentro da tolerância permitida.

- (4) Dar partida no motor para verificar se a operação é suave, e se a potência desenvolvida é adequada. Se o motor operar corretamente durante a checagem de potência no solo, cortá-lo, e repetir a pesquisa de partículas metálicas no sistema de lubrificação.

PARTÍCULAS METÁLICAS NO ÓLEO

A presença de partículas metálicas, tanto nos visores (de vidro) de óleo, quanto nas tampas magnéticas do cárter, são geralmente uma indicação de falha parcial do motor. Entretanto, devido à construção dos sistemas de óleo das aeronaves, é possível que as partículas metálicas que tenham sido encontradas no óleo ou no sistema de lubrificação, sedimentadas com a goma que se firma no fundo do cárter e de outras par-

tes baixas, tenham sido geradas por falha anterior.

Por outro lado, o carbono (carvão) formado nas partes quentes do motor tende a firmar grãos que se desprendem e que podem ser confundidos com metal. É necessário considerar essas possibilidades quando partículas estranhas foram encontradas nos visores de óleo do sistema de lubrificação, ou nas tampas dos drenos ou do cárter.

Antes de remover um motor por suspeita de falha interna, pela indicação da presença de material estranho nos visores de óleo ou tampas dos drenos ou do cárter, confirma-se se este material estranho é realmente metálico da seguinte forma: colocando-o sobre uma superfície metálica rígida (pode ser uma chapa de aço, lisa e limpa) e começando a bater suavemente com um martelo. Se for carbono (carvão) irá quebrar (esfarelar); se for metal (dependendo do tipo de liga metálica) pode até deformar, mas sem desintegrar.

Se as partículas são metálicas, verifica-se a provável extensão do dano interno. Por exemplo, se somente pequenas partículas forem encontradas, como se fosse limalha fina, drena-se todo o óleo, substituindo-o.

Então, gira-se o motor no solo, e torna-se a verificar os visores de óleo e tampas dos drenos e do cárter.

Se nenhuma partícula a mais for encontrada, a aeronave pode ser testada em vôo, seguindo-se mais uma inspeção dos visores de óleo e tampas de drenos e do cárter. Deve ser, entretanto, acuradamente observado o desempenho do motor, caso não haja evidência de material estranho.

Operação instável do motor

Os motores são geralmente removidos quando é sentida uma consistente operação instável. A operação instável de um motor geralmente é percebida através de uma ou mais das seguintes condições:

- (1) Vibração excessiva do motor.
- (2) Falha contínua ou intermitente, das explosões.
- (3) Parada em vôo.
- (4) Sensível diminuição de potência

PREPARAÇÃO DOS MOTORES ALTERNATIVOS PARA INSTALAÇÃO

Após ter sido tomada a decisão quanto a remoção do motor, a preparação do motor substituto deve ser considerada. Os métodos e procedimentos de manutenção usados variam bastante. Na aviação comercial, onde as operações de manutenção necessitam mais rapidez e eficiência na substituição dos motores de aviões, geralmente há a opção pela montagem de rápida troca de motor ou QECA ("*quick-engine-change assembly*"), algumas vezes também chamado pacote pronto (*engine power package*).

O QECA é essencialmente o motor propriamente dito, e mais seus acessórios fixados, tudo pronto para ser instalado. Já outros operadores de aeronaves com motores radiais, bem como muitos operadores de aeronaves com motores de cilindros opostos, fazem uso de outro método mais lento, porém mais barato.

Uma vez que a substituição de motores nessas oficinas de reparos ocorram com frequência aleatória, somente algumas substituições de motores são feitas manualmente.

Tais motores substitutos podem ser parcial ou completamente pré-montados, com acessórios e subconjuntos necessários, —ou eles podem ser guardados conforme são recebidos dos fabricantes em suas próprias caixas, invólucros, tambores ("*containers*") —e somente serão desembalados e preparados para a instalação quando for necessário substituir um motor.

O método QECA é mais comumente usado para grandes motores radiais, e é essa a razão pela qual são empregados na descrição dos procedimentos de montagem e instalação do sistema QECA. Porém, deve ser enfatizado que muitos desses procedimentos são aplicáveis para outros métodos de montagem e instalação de motores.

MÉTODO “QECA” DE MONTAGEM DE MOTORES RADIAIS

O estudo do método QECA de montagem a seguir não tem a pretensão de excluir procedimentos que estão na prática desde que a maioria das oficinas desenvolveu procedimentos

adequados a si próprias, ou se utilizam daqueles recomendados pelos fabricantes.

Os procedimentos aqui incluídos estabelecem uma sequência lógica no desenvolvimento do método QECA, para motores e seus componentes, através dos estágios intermediários de

uma montagem padrão, para que se obtenha uma melhor compreensão da interconexão existente entre unidades e sistemas.

Pelo método QECA, os componentes de um motor radial são dispostos conforme a ilustração (vista explodida) da figura 8-1.

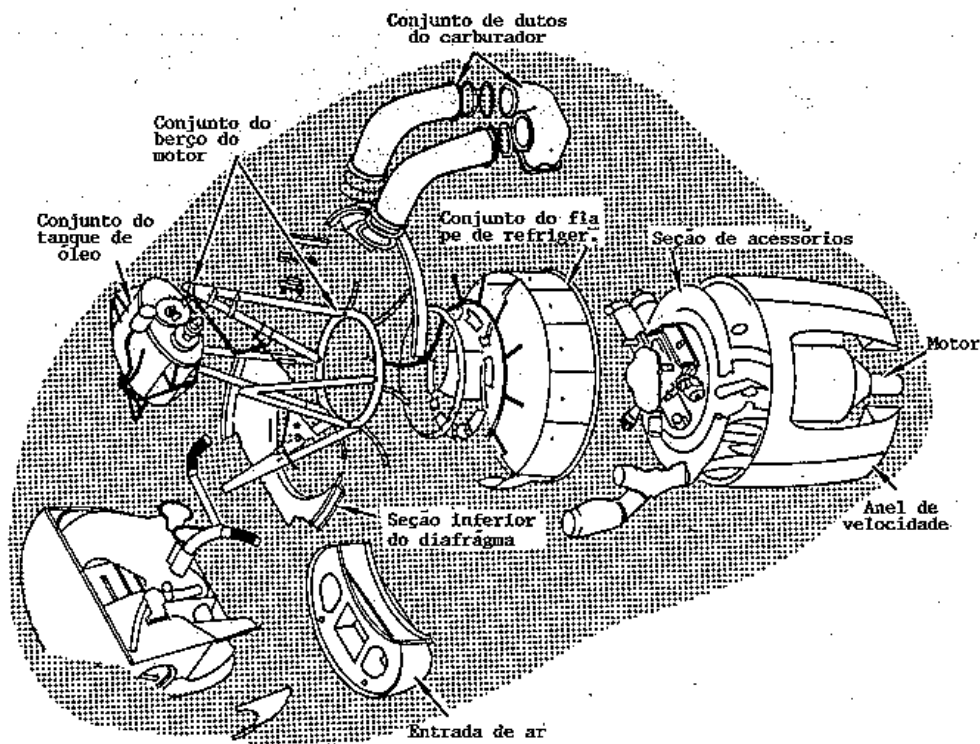


Figura 8-1 Vista explodida de um típico conjunto de potência.

Como pode ser observado o método QECA divide a montagem do motor em diversas unidades. Dentre tais unidades, que são comuns à maioria dos motores radiais ainda existentes, encontramos: tomada de ar, flapes de refrigeração do motor, carenagem do motor, suporte dos flapes de refrigeração do motor, janelas de inspeção, berço do motor e o motor propriamente dito, com todos os seus acessórios, alavancas e cabos de controle.

Em algumas aeronaves, os motores são fixados em naceles aerodinâmicas, cuja estrutura se confunde com a das asas. Essas naceles podem ser consideradas como sendo divididas em duas seções: as naceles das asas e as dos motores.

A primeira é parte da estrutura da asa; e a última aquela construída separada das asas.

A figura 8-2 ilustra uma nacele típica com a linha de separação identificando as duas partes. Aparentemente, as naceles das asas parecem ser somente uma continuidade aerodinâmica para as naceles dos motores, mas esse não é seu único propósito.

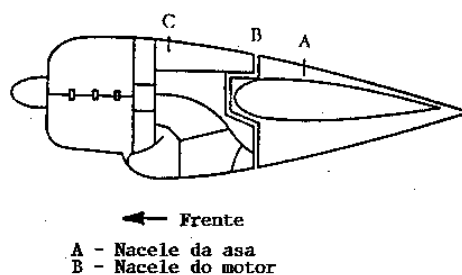


Figura 8-2 Típicas nacele de asa e motor.

Em alguns aviões, as naceles das asas mais próximas a fuselagem abrigam o trem de pouso quando recolhido. Também, no interior das naceles das asas são colocados reservatórios de óleo, combustível, partes do sistema hidráulico, drenos, conjuntos de controles que operam esses motores, etc.

Os pontos, nos quais as naceles dos motores são desconectadas das naceles das asas, podem ser facilmente identificados na maioria dos aviões. Para localizar os pontos de conexão, basta procurar a última seção de carenagens removíveis mais distante do lado do motor que sustenta a hélice.

Normalmente, a remoção dessas seções de carenagens de refrigeração irá expor as conexões elétricas e hidráulicas, fixações, emendas dos cabos e parafusos de montagem. Os pontos de separação do QECA, incluindo a parede de fogo e os pontos de desconexão, estão ilustrados na figura 8-3.

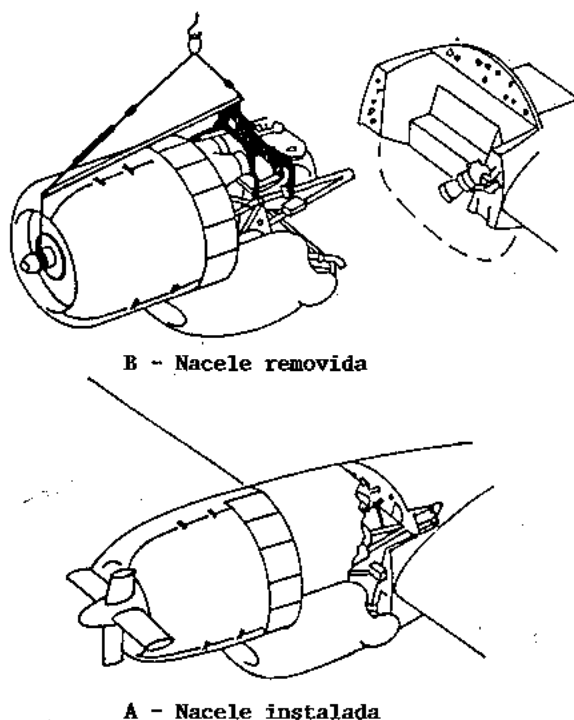


Figura 8-3 Pontos de desconexão de um QECA.

A parede de fogo é geralmente o anteparo dianteiro da nacela da asa, e difere da maioria das outras paredes divisórias por ser construída de aço inoxidável ou outro material resistente ao fogo. O propósito principal da parede de fogo é o de confinar qualquer fogo no motor, em sua nacela propriamente dita, além de prover a interface para a montagem de unidades dentro da nacela do motor e mais os pontos de emendas ou conexões das linhas (de combustível e de óleo), drenos e passagem das cablagens elétricas, que são conduzidas do motor para a aeronave.

Sem essa parede protetora, e na eventualidade de haver fogo no motor, haveria também a possibilidade dele passar para o interior das asas (onde normalmente estão os tanques de combustível), dessa forma, a necessidade da vedação de qualquer abertura não utilizada na parede de fogo é evidente e não pode ser relevada. Um motor de aeronave e seus acessórios, que tenham sido estocados, devem passar por um processo de limpeza e eliminação dos fluidos de

estocagem, tampões, selagens e inspeção antes que eles possam ser instalados. Isto significa mais do que retirar o motor da embalagem e "aparafusá-lo" na aeronave.

Se o motor for guardado em uma "embalagem" metálica pressurizada, a válvula de ar deve ser aberta para sangrar o ar de pressurização (ou outro gás). Dependendo do tamanho da válvula, a despressurização da embalagem pode levar até 30 minutos.

A abertura da embalagem se faz retirando os parafusos que unem suas duas metades. Então, fixam-se os cabos e ganchos de uma talha (ou sarilho, guincho, etc.) nos pontos apropriados, e separa-se a metade superior afastando-a da área de trabalho. Se o motor estiver instalado dentro de uma embalagem de madeira, é necessário romper o selo do invólucro de proteção, e dobrá-lo em torno do motor (geralmente é um papel impermeável, plastificado).

Remove-se os agentes desidratantes (sacos com *silica gel*, em geral) e os indicadores de umidade para fora da embalagem do motor. Também se renova e coloca em lugar seguro qualquer acessório que não esteja fixado no motor, mas que esteja na mesma embalagem montado à parte. Se o motor for do tipo radial, os parafusos do anel de montagem devem ser desapertados da embalagem, e o motor deve ser ligeiramente levantado (pela talha) para permitir que o anel de montagem seja removido.

Outros motores, que não aqueles do tipo radial, são geralmente aparafusados diretamente na embalagem.

Desestocagem de um motor

Após o motor ter sido afixado em um suporte, todas as coberturas devem ser removidas dos pontos onde o motor foi selado ou fechado com tampas, tais como entradas de ar, saídas de gases e as tomadas de força para movimentar os acessórios.

À medida que as coberturas ou tampas forem sendo removidas, verifica-se os flanges de contato e áreas adjacentes quanto a sinais de corrosão. Da mesma forma, remove-se os indicadores de umidade que são colocados nos orifícios das velas, verificando pela coloração, se há ou não indicação de umidade dentro de cada cilindro. Havendo, inspeciona-se cuidadosamente as paredes internas dos cilindros (removendo-os).

Nos motores radiais, a parte interna dos cilindros mais baixos, e respectivos dutos de admissão, devem ser cuidadosamente verificados quanto à presença excessiva do composto anticorrosão, que foi drenado de dentro do motor, mas tende a acumular-se nas partes mais baixas. O excesso desse composto, dentro do cilindro mais baixo, caso o motor venha a ser acionado, pode servir como "calço hidráulico", ou seja: a sua presença impede que, em determinada parte do seu curso, o pistão possa se movimentar devido ao enchimento do cilindro com esse composto (estando as válvulas desse cilindro do motor fechadas).

A presença de composto anticorrosivo dentro do cilindro pode ser verificada quando da retirada dos indicadores de umidade dos orifícios das velas de cada cilindro. A maior parte desse composto será drenado pelos orifícios das velas de ignição dos cilindros mais baixos dos motores radiais, quando os indicadores de umidade forem removidos.

Um pouco do composto permanecerá na cabeça do cilindro abaixo do nível dos orifícios das velas de ignição, como mostrado na figura 8-4, e pode ser removido com uma bomba manual.

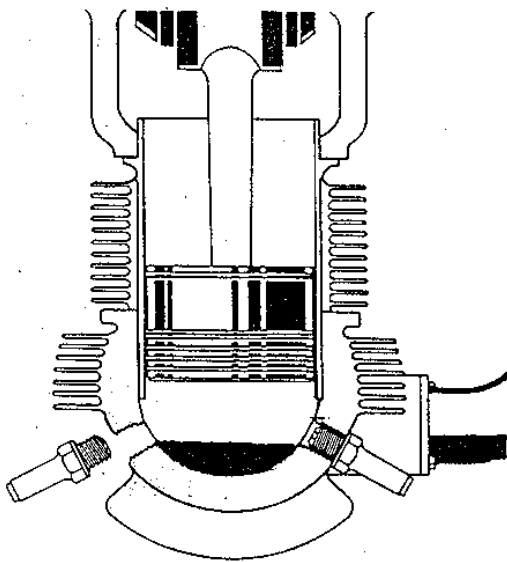


Figura 8-4 Drenagem de um composto preventivo da corrosão.

Um método mais positivo é o da remoção dos dutos de admissão dos cilindros mais baixos, abrindo-se as respectivas válvulas de admissão através da movimentação do eixo de manivelas. Esse método permite que o com-

posto anticorrosivo em excesso seja drenado através dessa válvula. Se por alguma razão, o excesso de composto anticorrosivo for encontrado acumulado nos cilindros superiores, deve então ser removido por bomba manual.

Os visores de óleo (pequenas janelas circulares de vidro) devem ser removidos, e cuidadosamente lavados com querosene ou outro solvente, aprovado para eliminar todos os resíduos que possam restringir a circulação de óleo e causar a falha do motor. Após os visores terem sido limpos, eles são embebidos em óleo limpo, e só então reinstalados no motor.

Quando for removida a tampa do tubo de admissão do motor, os sacos contendo sílica-gel (desidratante) devem ser removidos antes da instalação do carburador. Deve-se tomar cuidado para que esses sacos não se rompam acidentalmente.

A cobertura de proteção do eixo da hélice é removida; e o composto anticorrosão, lavado. Só então, o eixo com óleo do motor é coberto.

Como verificação final, observa-se o motor está todo limpo. Há a possibilidade de que o composto anticorrosivo suje o motor quando houver remoção dos indicadores de umidade, ou limpeza dos visores de óleo. Para se limpar o motor é usado querosene ou outro solvente aprovado.

Inspeção e desestocagem de acessórios

O desempenho de um motor depende dos seus acessórios. Embora o motor tenha sido completamente revisado, qualquer omissão ou erro na instalação dos acessórios pode resultar na operação inadequada do motor, ou talvez num dano irreparável.

Antes da preparação de quaisquer dos acessórios que tenham sido embalados com o motor, consulta-se os dados de estocagem, geralmente afixados em etiqueta na embalagem do motor, ou registrados na documentação que vai dentro dessa embalagem, para determinar quanto tempo o motor e seus acessórios estão estocados.

Alguns acessórios, que normalmente acompanham o motor quando este retorna da revisão, são considerados inapropriados para o uso se seu tempo de estocagem exceder um valor anteriormente estabelecido (geralmente são acessórios que possuem partes de borrachas que

ressecam). Esse tempo varia conforme a especificação do fabricante.

Qualquer acessório que tenha sido removido de um motor anteriormente usado, mas que possa ser acoplado a um motor novo ou recondiçãoado, deve passar por cuidadosa inspeção para avaliar suas reais condições. Esta inspeção inclui uma avaliação das condições gerais, limpeza, ausência de sinais de corrosão, ausência de desgaste que pode ser determinado pela folga excessiva das partes móveis.

Alguns acessórios devem ser substituídos, independente do seu tempo em operação, caso o motor esteja sendo substituído devido a falha interna. Tais acessórios podem ter sido contaminados por partículas de metal, introduzidas nos seus mecanismos pelo mesmo óleo que lubrifica, tanto o motor quanto seus acessórios.

Antes de se instalar qualquer acessório de reposição, verifica-se visualmente quanto a sinais de corrosão e à liberdade de operação (verificar se o acessório não está travado por algum grampo, selo, etc).

Sempre se limpa os encaixes, os flanges e os acoplamentos antes de montar os acessórios e, somente após ajustar a junta (de papel, cortiça, borracha), faz-se a fixação dos acessórios. Lubrifica-se o eixo de acionamento quando assim for determinado pelas instruções do fabricante.

INSPEÇÃO E SUBSTITUIÇÃO DAS UNIDADES E SISTEMAS EXTERNOS AO MOTOR

A nacele do motor deve ser cuidadosamente limpa antes de sua inspeção. O projeto de uma nacele de motor varia de um tipo de avião para outro, mas basicamente é o mesmo tipo de estrutura, coberta por painéis de formato aerodinâmico removíveis, na qual o motor é montado.

Essa estrutura é fixada ao avião e incorpora uma parede de fogo isolante, separando o motor da célula.

Como já foi visto, as conexões das cablagens elétricas, dos tubos de combustível e de óleo e os drenos, além do acoplamento das alavancas de controle, passam através dessa parede de fogo.

Inspeciona-se toda a nacele do motor quanto a sua estrutura, e também as carenagens e placas rebitadas que completam o fechamento da nacele do motor. Quaisquer trincas nas care-

nagens ou dutos, caso não excedam os limites estabelecidos nos requisitos para reparos estruturais do fabricante da aeronave em questão, devem ter seu desenvolvimento interrompido, fazendo-se um furo de alívio de tensões na sua extremidade no interior da chapa, além de sobrepôr-se um reforço rebitado, cobrindo-se a área afetada.

O berço do motor deve ser inspecionado quanto a qualquer empenamento dos tubos de aço de sua estrutura ou outras falhas, como: mossas, dobras, rachaduras, trincas (especialmente nas soldagens das emendas), deformações tipo “V” profundo (concentradores de tensões), achatamento dos tubos, etc. Em dúvida, faz-se uma inspeção com líquidos penetrantes para encontrar as trincas, áreas porosas (típica de escoamento de metal), ou outros defeitos porventura existentes.

Os parafusos de fixação dos motores em seus berços são inspecionados por partículas magnéticas ou outro processo aprovado. Assim que os parafusos são removidos, simultaneamente os orifícios devem ser inspecionados quanto ao seu alargamento, que pode ter sido causado pelo movimento que ocorre entre o motor e o berço, caso o parafuso correspondente a esse orifício não tenha sido corretamente apertado.

Verifica-se a superfície externa de toda a cablagem exposta com relação a rompimento (descontinuidade), fricção ou outros danos. Verifica-se, também, a firmeza dos terminais soldados ou prensados dos fios elétricos. Adicionalmente, devem ser checados os pinos e encaixes dos conectores elétricos quanto as suas condições gerais.

Qualquer item que esteja danificado deve ser reparado ou substituído, dependendo da extensão do dano.

Antes de instalar um motor, inspeciona-se todas as tubulações da nacele do motor quanto a amassamentos contundentes, entalhe, arranhões profundos, fricção ou corrosão. Inspeciona-se também, e cuidadosamente, quanto à indicação de fadiga ou ao achatamento (redução da seção do tubo) causado por flexão accidental. Cuidadosamente, todas as mangueiras (de borracha ou plástico) usadas em vários sistemas dos motores são inspecionadas.

Algumas fissuras nas mangueiras se prolongam até o interior delas, mesmo quando a parte interna é reforçada.

Qualquer pedaço de mangueira que apresente indicação de escamamento, ou esfrelamento da sua cobertura externa, é substituído, até que o tecido (lona) interno de reforço esteja aparecendo. Substitui-se também aquelas mangueiras cujas extremidades estejam marcadas excessivamente pelas braçadeiras; esta deformação surge, ou quando a braçadeira foi muito apertada, ou quando a braçadeira está fixada há muito tempo na mesma posição.

Sempre são substituídas as hastes de controle, se estiverem com entalhes ou com corrosão suficientemente profunda para afetar sua resistência. Se a corrosão não puder ser removida por esfregamento com lã de aço (bombril), significa que o avanço da corrosão é muito profundo, comprometendo a resistência da haste.

Verifica-se as roldanas dos sistemas de controle quanto à liberdade de movimento. É fácil de perceber se uma roldana não está se movimentando livremente, através da evidência de desgaste, tanto na roldana, quanto no cabo de acionamento (na roldana forma-se um sulco dentro do seu sulco natural; no cabo, inicia-se o desfiamento nesse ponto). Os rolamentos das roldanas podem ser verificados através da folga e oscilação que apresentam, estando os cabos sem tensão. Os cabos devem ser inspecionados quanto à corrosão e à presença de fios partidos, o que é feito passando-se um pedaço de pano de algodão ou estopa (a estopa engancha no fio partido).

Verifica-se as emendas quanto a desfiamento, afrouxamento da fixação e limpeza, especialmente nos terminais dos cabos.

Os tubos do escapamento e os dutos do coletor de admissão são inspecionados quanto à fixação, trincas ou corrosão excessiva. Dependendo da instalação, essas unidades ou partes delas podem ser fixadas ao motor antes dele ser instalado na aeronave.

Verifica-se todos os dutos de ar quanto a entalhes, e quanto à condição de conservação dos vedadores de tecido ou borracha das conexões dos dutos. Os entalhes ou ressalto devem ser reparados. As tiras de vedação (tecido ou borracha) ou antifricção devem ser substituídas se não estiverem bem acomodadas nos dutos, ou se estiverem usadas a ponto de terem sido esmagadas, não mais permitindo uma selagem perfeita.

Cuidadosamente é inspecionado o sistema de lubrificação do motor, e realizado qualquer

manutenção especial requerida para ele, antes de se instalar um motor substituto.

Caso o motor esteja sendo trocado ao término do seu tempo normal de operação, geralmente só é necessário drenar o sistema; entretanto se o motor foi removido por falha interna, geralmente algumas unidades do sistema de lubrificação devem ser substituídas, e outras criteriosamente limpas e inspecionadas.

Caso o motor tenha sido removido por causa de falha interna, o tanque de óleo é, também, removido para permitir uma cuidadosa limpeza. O radiador de óleo e o regulador de temperatura devem ser removidos e enviados a uma oficina especializada para revisão.

A bomba de vácuo e suas linhas de pressão, bem como o separador de óleo do sistema de vácuo também devem ser removidos, limpos e inspecionados.

Falhas internas também determinam que o governador da hélice e o mecanismo da bomba de embandeiramento sejam substituídos, no caso dessas unidades serem operadas com a pressão do óleo do motor.

PREPARAÇÃO DO MOTOR PARA REMOÇÃO

Antes de se começar a trabalhar no avião ou no motor, a chave dos magnetos deve estar desligada, pois os motores de avião podem ser postos a funcionar, acidentalmente, pela movimentação das hélices, caso a chave dos magnetos esteja ligada.

Todos seletores de combustível ou válvulas de corte devem ficar fechados. As torneiras seletoras de combustível são operadas manualmente ou através de relés.

Se válvulas de corte por relés estão instaladas, faz-se necessário ligar a bateria antes de tais válvulas (ou torneiras) serem fechadas, uma vez que os relés (solenóides) dependem de eletricidade para serem operados. Essas válvulas fecham a linha de combustível na altura da parede de fogo, entre o motor e a célula.

Após todo o combustível para o motor ter sido cortado, a bateria é desligada para eliminar a possibilidade de fogo, iniciado por algum fio aquecido.

Se for previsível que o avião permaneça mais de seis dias fora de operação, normalmente a bateria é removida e transferida para um lugar onde fique em carga.

Da mesma forma, mais alguns outros detalhes devem ser observados antes de se começar o trabalho de remoção do motor.

Primeiro deve haver extintores de incêndio em número necessário, e próximos o suficiente para atender a qualquer emergência possível. Verifica-se os freios desses extintores para ter certeza de que não foram acionados e estão com plena carga (alguns possuem cartão com data da validade da carga, outros possuem um manômetro).

Observa-se se o avião está calçado (calços de madeira), caso não esteja, é possível que ele se movimente durante a operação, justo no momento crítico. Se o avião for triciclo, deve haver um apoio de cauda, tal que o avião não "caia de cauda" no chão assim que o peso do motor sair do nariz.

Caso seja um avião multimotor, não será necessário o apoio de cauda, se for feita a remoção apenas de um motor. Adicionalmente, os amortecedores (ou outro tipo de absorvedores de choque) devem ser despressurizados para prevenir que se expandam a medida que o peso do motor deixe de atuar sobre eles.

Após tomadas as precauções necessárias, inicia-se os trabalhos pela retirada das carenagens aerodinâmicas que envolvem o motor.

À medida que vão sendo removidas, verifica-se se há trincas, de tal forma que os reparos possam ser realizados simultaneamente com os trabalhos no motor, sem perda de tempo.

Coloca-se todas as carenagens (fixas, flaps de refrigeração, janelas de inspeção, etc.), que não precisem ser reparadas, arrumadas em uma prateleira, de sorte que possam ser rapidamente encontradas quando acontecer a reinstalação do motor substituto ou revisado.

Após removidas as carenagens, a hélice deve ser removida para inspeção ou reparo.

Drenagem dos fluidos do motor

Uma bandeja metálica grande (bandeja de drenagem) é colocada no chão sob o motor para receber todos os fluidos que pinguem do motor (óleo do motor, óleo hidráulico, combustível, etc.).

Em seguida, é colocado sobre essa bandeja um recipiente apropriado sob os principais bujões de drenagem; em alguns motores há um dreno mais baixo, chamado dreno Y, que é o principal.

A figura 8-5 mostra os principais pontos onde mais comumente há drenos, como o radiador de óleo, linha de retorno do óleo do motor, etc. Todas as válvulas, drenos e linhas devem permanecer abertas até que o sistema de óleo tenha sido completamente drenado.

Após ter sido drenado o óleo, todos os tampões (ou bujões) são reinstalados e todas as válvulas de drenagem, fechadas. Então, o excesso de óleo que escorreu pelos pontos mais baixos é enxaguado.

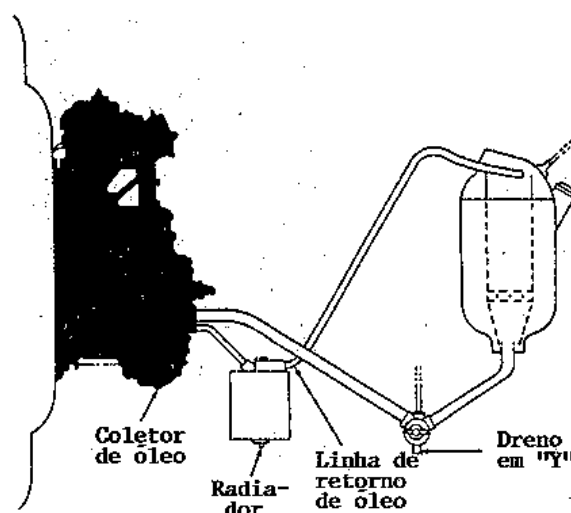


Figura 8-5 Pontos de dreno do sistema de óleo.

Conexões elétricas (desligamento)

O desligamento das conexões elétricas geralmente se faz na parede de fogo do motor. Isto nem sempre se aplica quando o motor está sendo removido; e quando partes elétricas, como o motor de partida ("starter") e o gerador, vão sendo separadas uma a uma, com seus respectivos cabos condutores.

Quando desconectando cabos condutores, uma boa medida de segurança é desconectar primeiro os cabos dos magnetos e, imediatamente, aterrará-los ao mesmo tempo no motor, ou no conjunto do qual esteja sendo removido.

A maior parte das conexões elétricas, eletrodutos e cabos, são padronizadas através do uso de conectores AN ("Army/Navy") ou MS ("Military Standards"). Cada um desses conectores consiste de duas partes que se encaixam: uma é a parte fixa na parede de fogo, onde se conectam os pinos, (fêmea).

A fim de prevenir desconexões acidentais durante a operação da aeronave, o lado externo

da parte fêmea é rosqueado, a fim de permitir que a lado externo do encaixe (plug) macho (que é uma luva recartilhada externamente e rosqueada internamente), possa ser apertado, mantendo unido o conector, inclusive com arame de ferro.

Um conector típico é mostrado na figura 8-6. Esta ilustração também mostra uma montagem típica de uma caixa de junção, a qual é usada como conector elétrico em algumas instalações do motor do avião, como: gerador, motor de partida, aquecedor de óleo – ou seja, por onde passa muita carga, muita corrente.

Na caixa de junção o circuito elétrico é completado fixando-se dois cabos num terminal comum. Os cabos que saem da caixa de junção para o motor são desconectados pelos terminais, assim como também o são os eletrodutos, quando o motor estiver sendo preparado para remoção.

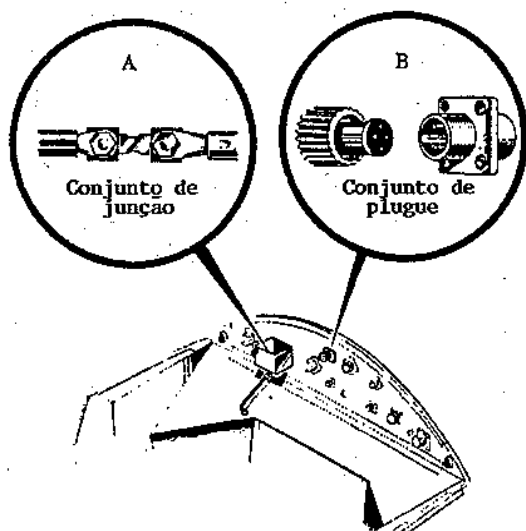


Figura 8-6 Conjunto de conexão dos tipos junção e plugue.

Após a ruptura dos freios de segurança, eles são removidos das porcas recartilhadas que fixam os eletrodutos nas caixas de junção, bem como das porcas dos conectores.

Com fita isolante, à prova de umidade, envolve-se sobre as pontas expostas dos terminais para protegê-los da sujeira e da umidade.

Cabos ou eletrodutos longos não devem ficar pendurados aleatoriamente, uma vez que eles se enrolariam em alguma parte do avião durante o içamento do motor.

É uma boa prática enrolar, bem certinho e sem apertar muito, os cabos e os eletrodutos flexíveis, amarrando-os com barbante ou fita go-

mada (ou fita isolante) na própria montagem que está sendo removida.

Desconexão dos controles do motor

As articulações (balancins) e os cabos de controle do motor, como as do carburador ou da manete de controle de combustível e da mistura, têm seus cabos de controle operados manualmente a partir da cabine de voo. Esses controles, em alguns casos, são desconectados pela remoção do esticador que junta as extremidades dos cabos.

Uma montagem típica é mostrada na figura 8-7.

Já a ligação típica, consistindo de uma haste de controle ligada a articulações, é ilustrada na figura 8-8.

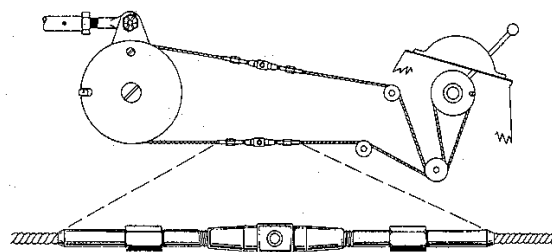


Figura 8-7 Conjunto de esticadores e cabos de controle do motor.

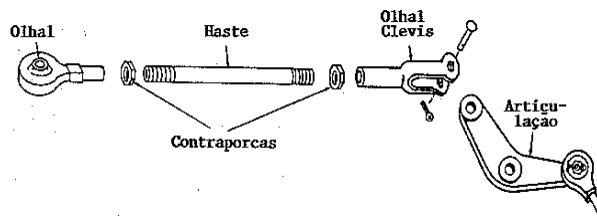


Figura 8-8 Conjunto de hastes de controle do motor.

A haste de controle nessa ligação mostrada tem duas montagens, uma em cada extremidade: uma orelha simples, com uma rótula vazada no centro, e uma orelha dupla atravessada por parafuso tipo CLEVIS, ambas as orelhas atarrachadas nas roscas das extremidades da haste, e mais duas contra-porcass respectivamente.

Estas montagens nas extremidades da haste possibilitam determinar o comprimento da haste de controle, dependendo da profundidade em que ela penetrou nas orelhas e foi travada pela contra-porca. Uma rótula geralmente é montada no lado da haste que tem uma orelha

simples, e esta orelha é encaixada sobre um parafuso fixo em uma das pernas do balancim, sendo mantida por uma porca castelo, frenada por um contrapino.

A parte da haste que tem as orelhas duplas encaixa uma das pernas do balancim entre as duas orelhas, sendo que, às vezes, há uma rótula montada nessa perna do balancim. Então um parafuso CLEVIS (cabeça lenticular) é passado através do conjunto, fixado por porca castelo e frenado por contrapino.

Algumas vezes, essas montagens não incluem as rótulas, e são mantidas na posição tão somente por uma arruela e um contrapino, como no caso em que o parafuso CLEVIS simplesmente prende as orelhas duplas a uma das pernas do balancim.

Quando as ligações das hastes com o balancim são desmembradas é de bom alvitre que, após soltos, os parafusos com as porcas sejam recolocados, ou nas hastes ou nas pernas dos balancins, para que não se percam.

Todas as hastes de controle devem ser removidas ou amarradas, para prevenir que sejam amassadas ou quebradas, caso o motor venha a ser substituído (durante a renovação ou a instalação, quando motor é movimentado).

Desconexão das linhas (de combustível e de óleo)

As linhas que transferem líquidos (combustível ou óleo) entre o motor do avião e as unidades instaladas na célula, tanto são fabricadas com mangueiras flexíveis de borracha, como também com tubos de liga de alumínio (rígidos), unidos por pedaços de mangueira nas linhas que devem resistir a pressões elevadas, como as linhas hidráulicas, por exemplo. Frequentemente são empregados tubos de aço inoxidável.

A figura 8-9 mostra os tipos básicos de conectores/desconectores de linha.

A maioria das extremidades das linhas, quando consideradas com o QECA (motor substituto, tipo pacote pronto), estão fixadas num suporte aparafusado na parede de fogo, com uma porca frisada em torno da extremidade de cada tubo. As mangueiras podem ser fixadas desse mesmo modo descrito, mas também podem ser presas a um suporte aparafusado no próprio componente de onde saem, ou ainda a uma braçadeira.

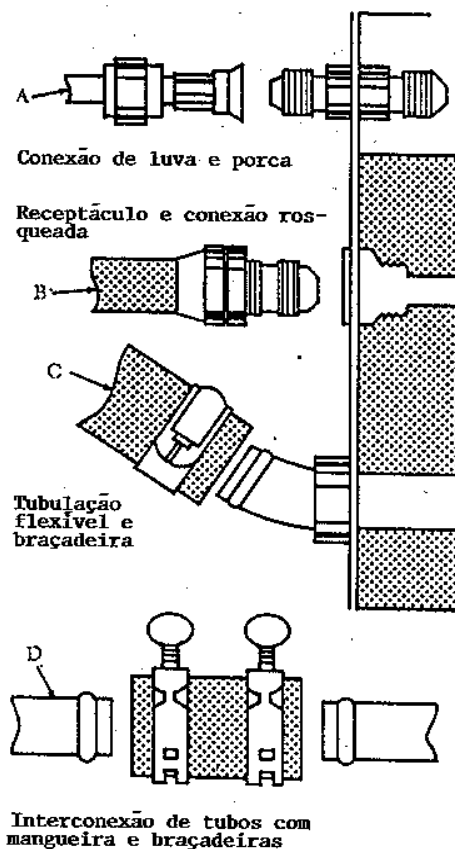


Figura 8-9 Tipos de desconexão de linhas.

Os suportes da parede de fogo, para algumas linhas, dispõem de dispositivos de desconexão rápida, que incorporam uma válvula de teste para prevenir a perda de fluido (combustível ou óleo) assim que a linha é desconectada.

Em algumas instalações, as tubulações metálicas podem também ser desconectadas onde dois pedaços de tubulação são emendados por um pedaço de mangueira com duas braçadeiras. Tais conexões são feitas afrouxando-se as braçadeiras e, em seguida, empurrando-se um pouco a mangueira de borracha sobre um dos pedaços de tubulação metálica da emenda. Há mais alguns tipos de desconexões rápidas, mas basicamente são apenas variações daqueles acima descritos.

Algum tipo de recipiente pode ser usado para operar o combustível ou óleo, que possa escoar das linhas desconectadas. Após as linhas terem sido derivadas, elas devem ter suas extremidades imediatamente tampadas (com tampinhas de plásticos, em geral) ou cobertas com fita gomada à prova d'água, para prevenir que haja penetração de material externo nas tubulações, ou que o fluido acumulado neles venha a ficar pingando.

Outras desconexões

Os pontos, através dos quais os vários dutos de ar são desconectados, dependem do motor e da aeronave onde está instalado. Geralmente os dutos de admissão e os do sistema de exaustão devem ser desconectados, tal que o motor básico ou o QECA possa ser removido. Após as conexões do motor estarem livres (exceto as pertencentes ao motor) e todos os pontos de desconexão terem sido verificados, de sorte que gradativamente os dutos não estão mais ligados ou emaranhados, então o motor pode ser preparado para içamento.

REMOVENDO O MOTOR

Caso tenha havido cuidadosa preparação para remoção do motor, a sua efetiva remoção será uma operação relativamente rápida.

Se a remoção que está sendo realizada é somente a do motor, o restante dos acessórios (exceto o motor) fica na aeronave, mas se a remoção é do tipo QECA (pacote pronto), todos os acessórios são simultaneamente removidos. Antes do motor ter sido liberado dos pontos de fixação, um gancho deve ter sido instalado para que o peso do motor possa ser suportado pelo guincho (ou grua ou talha) quando os parafusos de montagem forem removidos.

Os motores de aeronaves, individualmente ou incorporados aos QECA, possuem pontos pré-definidos para a colocação do gancho de içamento. A localização destes pontos de fixação varia com o tamanho e a distribuição do peso do motor.

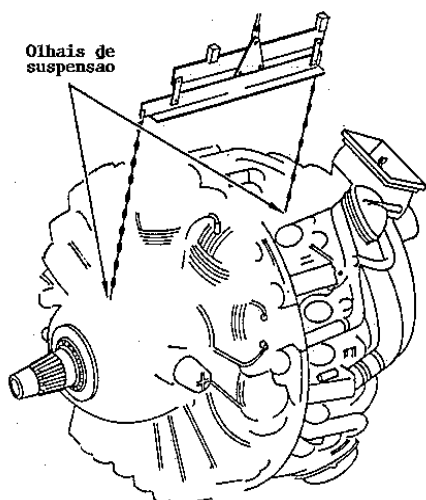


Figura 8-10 Motor com a eslinga (estropo) de suspensão instalada.

A figura 8-10 mostra um gancho suportando um motor que tem dois pontos de fixação. Em nome da segurança, o gancho deve ser cuidadosamente inspecionado quanto a seu estado geral, antes de ser utilizado para içamento do motor.

Antes de unir o gancho ao guincho, é preciso que o guincho tenha capacidade de carga suficiente para içar o motor seguramente. Um guincho operado normalmente, montado em uma estrutura transportável ou móvel é mostrado na figura 8-11.

Esta montagem com o guincho é especificamente fabricada com o propósito de remover motores ou outras grandes montagens de um avião.

Algumas estruturas são equipadas com guinchos motorizados. Neste caso, deve-se ter cuidado, uma vez que um dano considerável pode ocorrer caso um operador inexperiente permita que um guincho motorizado efetue uma operação muito rápida ou além dos limites. Antes de suspender (içar) um motor é bom verificar as condições do guincho e da estrutura (torre).

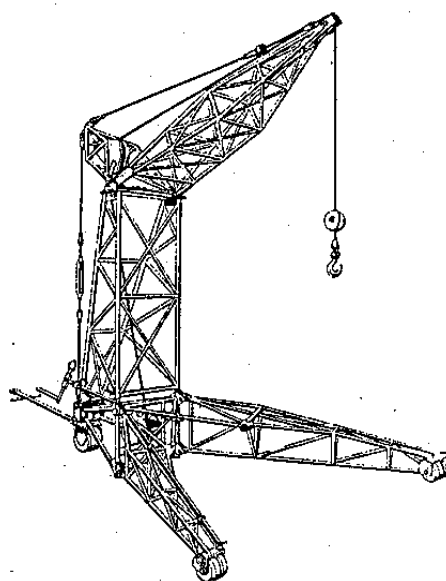


Figura 8-11 Conjunto de guincho e estrutura (talha) usado para remoção de motor.

Içamento do motor

Antes do guincho ser engatado no gancho do motor, verifica-se mais uma vez se o suporte da cauda do avião e os calços das rodas estão

colocados. Até cabos (ou cordas) nos pontos laterais ou traseiro são observados, a fim de que o motor possa ser controlado à medida que é içado.

O guincho é encaixado no gancho, e o motor ligeiramente levantado –tão somente para aliviar as fixações do berço do seu peso. Remove-se as porcas das fixações (coxins) do berço, conforme a sequência recomendada nas instruções do fabricante para a aeronave. Finalmente, tendo sido as porcas removidas, o motor é puxado para trás pelos cabos que lhes foram atados (ou é forçado para trás por outros meios, caso não tenham sido usados cabos).

Se os parafusos tiverem que ser removidos das fixações do berço, é possível manobrar o motor antes de fazê-lo. Mas se os parafusos tiverem que ficar nas fixações do berço, o guincho pode ser suavemente manobrado, para cima ou para baixo, como necessário, após todas as porcas terem sido removidas. Suavemente afrouxa-se os cabos, o suficiente para permitir que o motor volte a posição normal, quando estiver livre dos parafusos que o fixam ao berço.

A partir do momento que o guincho tiver retirado o peso do motor de seu berço, o motor deve ser deslocado suavemente para frente, distante do avião. Caso o motor, durante o seu afastamento, fique impedido de mover-se em algum ponto, ele é manobrado com a ajuda do guincho, até que tenha se deslocado livremente.

Os procedimentos anteriormente discutidos aplicam-se à remoção da maioria dos motores de aeronaves, tanto convencionais quanto turbinas. Quaisquer variações nos detalhes serão ressaltadas nas instruções do fabricante para a aeronave em foco.

Quando o motor tiver sido removido, pode ser cuidadosamente abaixado até um suporte. O motor deve ser fixado nesse suporte e preparado para a remoção de seus acessórios.

IÇANDO E AJUSTANDO O MOTOR PARA A INSTALAÇÃO

Quando o motor novo ou revisado estiver pronto para ser içado o suporte do motor é movido para a posição embaixo de sua nacele, e mais próximo de sua posição no avião em que será instalado.

Então o gancho é fixado no motor, o guincho engatado nele; inicia-se o içamento até que o guincho esteja suportando a maior parte do

peso do motor. Em seguida, os parafusos que fixavam o motor ao suporte são removidos, e reinicia-se o içamento.

O suporte do motor pode ser removido, e a estrutura do guincho posicionado para que mais facilmente permita ao motor ser içado diretamente a sua nacele. A fim de prevenir ferimento aos operadores do guincho, ou aos mecânicos, ou danos à aeronave ou ao motor, deve-se ter certeza de que o motor está parado (ou seja, não esteja balançando), quando se deslocar a estrutura do guincho.

Raramente a nacele do motor é projetada de forma que o motor possa ser ajustado e aparafusado no lugar, como se estivesse sendo montado numa parede lisa.

O motor deve ser guiado ao seu lugar e alinhado com várias conexões, como os tubos de escapamento, bem como com os furos por onde entram os parafusos de fixação. Isto deve ser feito a despeito de obstáculos como a estrutura da nacele, dutos ou conexões da parede de fogo, e sem deixar um rastro de peças quebradas ou entortadas, arranhões na pintura ou dedos esmagados.

Quando o motor tiver sido alinhado corretamente com sua nacele, introduz-se os parafusos de montagem em seus furos e coloca-se as porcas respectivas (sem apertar de vez). Usa-se sempre os parafusos e porcas especificados pelo fabricante. Nunca um parafuso (ou porca) é substituído por outro que não aquele especificado.

As porcas fixadas nos parafusos de fixação do motor devem ser apertadas com o torque recomendado pelo fabricante do avião. Enquanto as porcas vão sendo apertadas, o guincho deve ser capaz de suportar o peso do motor, de sorte a permitir o seu alinhamento com os parafusos de montagem. Caso o motor fique fora de alinhamento (para cima ou para baixo), sendo apertadas as porcas, será necessário soltá-las, encaixando melhor o motor com os parafusos. Caso isso não seja feito, pode ser que as porcas tenham sido apertadas com o torque certo, sem entretanto haver a segura fixação do motor no avião.

A aplicação das instruções do fabricante define a sequência de apertos para os parafusos de fixação, a fim de garantir que estão corretamente apertados. Após as porcas estarem seguras (frenadas), e de terem sido removidos o gancho do motor e o guincho, devem ser providen-

ciados fios elétricos (malha metálica) ligando os motores à célula (aterramento).

A montagem do motor em sua nacele é somente o começo. Todos os dutos, cablagem elétrica, cabos e alavancas de controle, tubos de combustível e óleo, eletrodutos, etc., devem ser conectados antes que o motor possa ser operado.

Conexões e ajustes

Não há regra estabelecida, quanto à sequência a ser seguida para ligação das unidades ou sistemas ao motor. A organização de cada manutenção normalmente estabelece através de uma rotina de trabalho, ou lista de cheque ("*checklist*"), sua sequência de procedimentos particular.

Essa rotina (ou "*checklist*") é baseada em experiência passada na instalação de motores na aeronave específica. Se for cuidadosamente seguida, servirá como guia eficiente para sua instalação. O que virá a seguir não é uma sequência de instruções propriamente dita, mas uma discussão sobre os métodos corretos para se realizar a instalação de um motor.

O sistema de dutos para conduzir ar para um motor (para refrigeração ou para aspiração com o combustível) varia, dependendo do tipo da aeronave.

Ao conectá-los, o objetivo é fixar os dutos, bem ajustados (sem vazamentos) nos seus pontos de emenda, e que o ar siga pela trajetória pretendida sem perdas (vazamentos).

O sistema de dutos de alguns aviões deve ser verificado, através de pressurização, quanto a vazamentos. Isto é feito bloqueando-se uma das saídas do sistema e pressurizando-se o sistema, através da outra saída, medindo-se a taxa de perda de pressurização.

Os filtros dos sistemas de ar que serão aspirados pelo motor devem ser eficientes para sempre proverem ar limpo. A limpeza dos filtros de ar deve ser feita conforme o manual do fabricante.

O sistema de exaustão deve também ter seus dutos cuidadosamente conectados, de sorte a impedir o vazamento de gases quentes para dentro da nacele do motor.

Quando se efetua a montagem dos dutos de exaustão, verifica-se todas as braçadeiras, porcas e parafusos, substituindo aqueles em condições suspeitas. Durante a montagem, as porcas

devem ser gradual e progressivamente apertadas com o torque correto.

As braçadeiras devem ser assentadas com um martelo macio (de plástico, borracha, couro) para evitar deformações nos tubos durante o aperto. Em alguns sistemas, a extremidade do duto que vem do motor é ligeiramente arredondada, como se formasse uma bala, o duto que se conecta a essa extremidade se acopla a esta forma arredondada, o que permite um certo movimento, permitindo observar as naturais vibrações do motor. Esse tipo de conexão não pode ser muito apertado (além da sua tolerância), para não trancar assim que começar o aquecimento causado pelos gases de escapamento.

As mangueiras usadas nos sistemas de baixa pressão são geralmente fixadas aos dutos rígidos por braçadeiras. Antes de se usar uma braçadeira, inspeciona-se, quanto à soldagem (geralmente ponteamto elétrico) ou à rebita-gem, e quanto à movimentação livre e suave do parafuso de aperto.

Braçadeiras em mau estado devem ser rejeitadas (metais quebradiços ou muito macios podem quebrar ou esticar, quando é dado o aperto na braçadeira). Após uma mangueira ter sido instalada num sistema, ela deve ser presa por braçadeiras de borracha em intervalos regulares. (As mangueiras longas não devem ficar soltas, batendo na passagem da mangueira por dentro das cavernas, os furos destas são revestidos com anéis de borracha.)

Antes de instalar tubos metálicos com conectores rosqueados, é preciso que, tanto a rosca do macho como da fêmea, estejam em bom estado. O composto de vedação é aplicado em ambas as roscas; segue-se sempre a especificação correta, antes da instalação definitiva. Ao se iniciar a fixação, toma-se cuidado para que o conector fêmea não acavale a rosca do conector macho (a entrada do rosqueamento de um deve coincidir com a do outro). Finalmente é dado o aperto correto, conforme a tabela de torques.

Quando conectando os cabos elétricos ao motor de partida, gerador ou a qualquer unidade elétrica dentro da nacele do motor, devemos ter certeza de que as conexões estão limpas e corretamente apertadas.

Quando cabos elétricos são ligados a terminais com parafuso e porca, uma arruela de frenagem é geralmente colocada sob a porca para evitar sua movimentação.

Caso necessário, os conectores podem ser fixos por arames de aço, que podem manter a porca na correta posição.

Os cabos elétricos dentro da nacele do motor são geralmente conduzidos através de eletrodutos rígidos ou flexíveis. Os eletrodutos devem ser fixados como necessário, de sorte a garantirem uma instalação segura, até mesmo colados quando exigido.

Todos os cabos e alavancas dos controles devem ser acuradamente ajustados, para garantir resposta imediata ao ajuste das manetes.

Como esses controles são feitos especialmente para as aeronaves em que estão instalados, os seus ajustes devem seguir exatamente, e passo-a-passo, os procedimentos estabelecidos

nas instruções do fabricante, especificamente para cada modelo de aeronave.

A figura 8-12 é a ilustração de um desenho esquemático simplificado do sistema de controle das manetes de um motor convencional (alternativo).

Usando o desenho como guia, traçamos um procedimento genérico de ajustagens das manetes de controle. Primeiro, desconectamos o braço serrilhado da manete de controle fixada ao carburador, e trazemos a manete para trás até o batente, de sorte que a borboleta do carburador esteja na posição completamente fechada.

Após fixar a roldana do respectivo cabo com um pino de travamento, ajusta-se a haste de controle para o comprimento especificado.

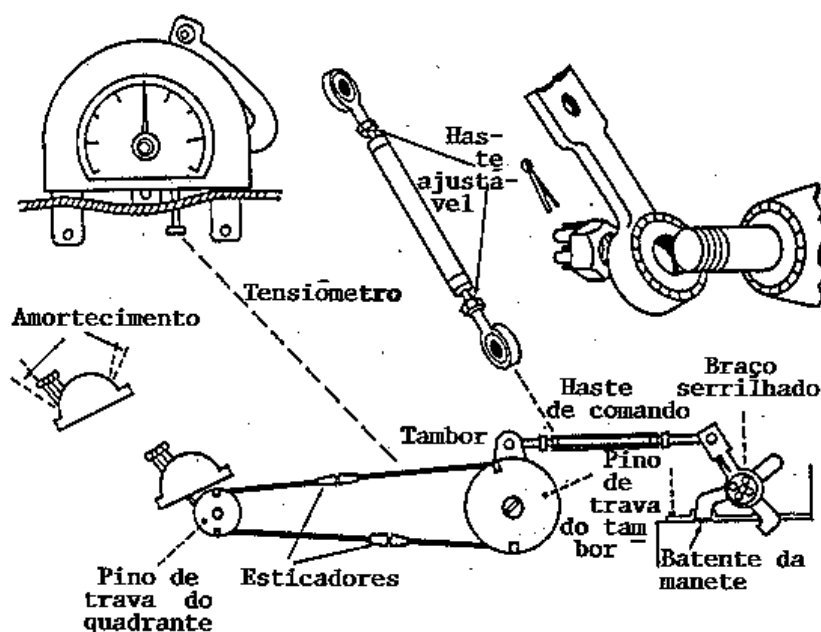


Figura 8-12 Desenho esquemático do sistema de controle das manetes.

Então, basta unir uma das extremidades da haste de controle à roldana (já travada) e reinstalar o braço de controle no serrilhado do carburador, que permitirá, à outra extremidade da haste de controle, ser unida a ele. Isto servirá para conectar corretamente o braço de controle (do carburador) à roldana do cabo.

Agora, desconecta-se os esticadores do cabo, até que o controle do carburador possa ser travado no quadrante das manetes por um pino de travamento. Então, com ambos os pinos de travamento nos lugares, ajusta-se os cabos para a tensão correta, medida por tensímetro. Remove-se os pinos de travamento da roldana do cabo e do quadrante das manetes.

A seguir, ajusta-se o controle do carburador, de tal forma que ele venha a ter uma ligeira ação de amortecimento em duas posições no quadrante das manetes: uma, quando a borboleta do carburador estiver na posição completamente aberta, e outra, quando estiver fechada na posição marcha lenta ("idle").

Ajusta-se o amortecimento, torcendo os esticadores do cabo igualmente, mas em direções opostas, até que o amortecimento (folga) esteja correto na posição todo aberto ("full-open") da borboleta do carburador. Então, quando o batente do braço do carburador é ajustado para a indicação correta de marcha lenta, a quantidade de amortecimento (folga) deve estar

dentro da tolerância para a posição "marcha-lenta" da borboleta do carburador.

A existência desse amortecimento assegura que o deslocamento da borboleta não é limitado pelos batentes do quadrante das manetes de controle, mas que eles estão abrindo completamente, e fechando para a marcha-lenta como determinado pelo batente do braço de comando (alavanca) do carburador.

Os ajustes dos controles do motor são basicamente os mesmos para todas as aeronaves, na medida em que as conexões são ajustadas para um comprimento pré-determinado a um posicionamento específico da unidade a ser controlada. Então, se cabos forem usados no sistema de controle, eles serão ajustados para uma tensão específica com o sistema de controle bloqueado. Finalmente, o deslocamento completo da unidade a ser controlada é assumido pelo estabelecimento do amortecimento (folga) correto dos controles.

Em geral, os mesmos procedimentos básicos são usados para conectar a ligação do controle manual de mistura. Este sistema é marcado no quadrante, bem como no carburador, para três posições: (1) corte; (2) pobre; e (3) rica.

As posições da alavanca no quadrante de controle devem estar sincronizadas com as posições da válvula de controle manual de mistura do carburador. Geralmente este ajuste é feito simultaneamente, com o ajuste do amortecimento (folga), pela colocação da alavanca de controle da mistura e da válvula de controle na posição "marcha lenta/corte" (toda reduzida), antes de ajustar a regulagem das conexões das alavancas e cabos.

Após se ajustar os controles do motor, frena-se os esticadores e porcas-castelo, certificando-se que todas as contra porcas de todos os controles estão apertadas.

Em aeronaves multimotoras, a quantidade de folga dos controles das borboletas e da mistura em cada quadrante deve ser o mesmo, de tal modo que todos estejam alinhados em qualquer posição específica selecionada. Isto elimina a necessidade de, individualmente, selecionar cada controle para sincronizar as operações do motor.

Após o motor ter sido instalado, é necessário ajustar os flapes de refrigeração, para que a passagem do ar de refrigeração possa ser regulada acuradamente. Quando a regulagem do flape de refrigeração ("*cowl flape*") tiver sido

completada, faz-se o sistema funcionar, e verifica-se novamente se a abertura e o fechamento estão dentro dos limites especificados. Verifica-se, também, se os indicadores de posição dos flapes de refrigeração, caso existam, realmente indiquem a posição verdadeira dos mesmos.

As entradas reguláveis dos radiadores de óleo são ajustadas de modo similar aquele usado para ajustar os flapes de refrigeração. Em alguns casos, o procedimento é o inverso, tal que a entrada é regulada primeiramente para fechar até um determinado ponto, quando então é ajustado e microcontactor a fim de parar seu movimento para permitir que a entrada abra somente até uma abertura pré-determinada, e o microcontactor é ajustado para esse ponto.

Após o motor ter sido completamente instalado e feitas todas as ligações, a hélice é instalada. Antes, porém, a porca retentora do rolamento de encosto deve ser ajustada com o torque correto. Caso necessário, o eixo da hélice deve ser coberto com óleo fino (do motor) antes da instalação da hélice. O governador da hélice e o seu sistema antigelo devem ser conectados de acordo com o manual do fabricante.

PREPARAÇÃO DO MOTOR PARA TESTE NO SOLO E EM VÔO

Pré-lubrificação

Antes de um motor novo ser testado em vôo, deve ser submetido a um cuidadoso teste no solo. E antes desse teste ser levado a termo, no solo, geralmente várias operações são realizadas no motor.

Para evitar falha nos rolamentos (ou buchas) do motor, na primeira partida o motor deve ser pré-lubrificado.

Quando um motor tiver funcionado em marcha lenta por um longo período de tempo, as superfícies internas dos rolamentos (buchas ou casquilhos) começam a apresentar segmentos, onde a mistura anticorrosão secou ou foi drenada, sendo necessário prover óleo sob pressão através de todo o sistema de lubrificação do motor (o motor girando em marcha-lenta não proporciona rotação suficiente para que a bomba de óleo envie óleo sob pressão a todo sistema).

Caso os rolamentos (buchas ou casquilhos) estejam sem óleo quando da partida do motor, começará a haver desgaste até que o sistema de

óleo venha a prover óleo lubrificante aos mesmos.

Há vários métodos de pré-lubrificação de um motor. O método selecionado deve prover um serviço de pré-lubrificação rápido e adequado. Antes de usar qualquer método de pré-lubrificação, uma vela de cada cilindro é removida para permitir que o motor possa ser girado mais facilmente pelo motor de arranque.

É ideal o uso de uma fonte externa de energia elétrica para prevenir a excessiva perda de carga da bateria. Se o motor estiver equipado com uma hélice de passo, acionado pelo óleo do motor, o reservatório do mecanismo específico de acionamento da hélice deve ser preenchido com óleo do motor, antes de sua operação.

Usando algum tipo de dispositivo de pré-lubrificação, como o ilustrado na figura 8-13, a linha de saída da bomba de óleo, acionada pelo motor, deve ser desconectada para permitir que o dispositivo de pré-lubrificação seja conectado a partir desse ponto. O sistema de óleo do motor deve ser aberto no seu extremo mais distante da linha de entrada da lubrificação, e deve ser acionado com o dispositivo de pré-lubrificação, até que comece a vaziar óleo desse extremo aberto, indicando que flui óleo através do sistema de lubrificação do motor.

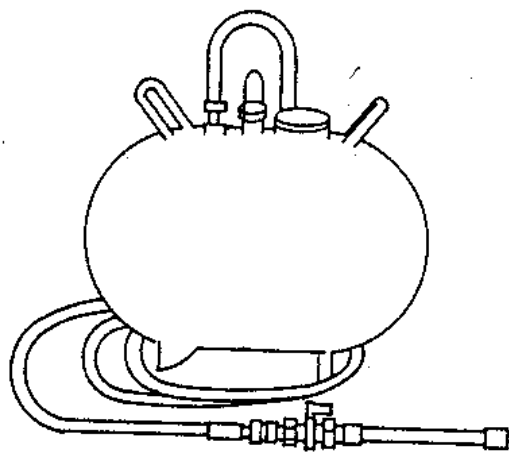


Figura 8-13 Tanque de pré-lubrificação.

A fim de se forçar o óleo do dispositivo de pré-lubrificação a penetrar pelo sistema do motor, aplica-se pressão de ar no tanque de óleo desse dispositivo, ao mesmo tempo em que o motor esteja sendo acionado pelo motor-de-arranque. Quando é percebido que já está vazando óleo pelo extremo mais distante da linha de entrada do sistema de lubrificação do motor,

é só parar de acionar o motor e desconectar o dispositivo de pré-lubrificação.

Quando não estiver disponível nenhum meio de prover pré-lubrificação ao motor, a bomba de óleo do motor pode ser usada. O tanque (ou cárter) de óleo do motor é preenchido até o nível apropriado.

Então, com a mistura na posição "marcha lenta/corte" (reduzida); a válvula de corte de combustível e o interruptor da ignição, ambas desligadas ("off"); e as manetes completamente abertas, aciona-se o motor até que o manômetro de óleo montado na cabine de comando indique pressão de óleo aumentando.

Após o motor ter sido pré-lubrificado, recoloca-se as velas de ignição e conecta-se o sistema de lubrificação.

Geralmente o motor deve ser acionado e operado até quatro horas após ter sido pré-lubrificado, caso contrário, o procedimento de pré-lubrificação normalmente precisa ser repetido.

Sangria do sistema de combustível

Para purgar o sistema de combustível de bolhas de ar e para auxiliar na eliminação de quaisquer vestígios de óleo preservativo de um carburador de aspiração, remove-se o bujão do dreno da câmara de combustível do carburador, que é o ponto mais baixo em relação a entrada de combustível.

Em seu lugar, atarraxa-se um conector rosqueado e mais um pedaço de mangueira com saída para um recipiente qualquer (uma lata, por exemplo). Então, se abre a manete de aceleração, e colocando a manete de controle da mistura na posição pobre ou rica ("lean ou rich"), tal que o combustível possa fluir pelo sistema.

Após a confirmação de que a válvula de corte de combustível, e as válvulas do tanque principal estejam abertas, liga-se a bomba de reforço de combustível até que não haja mais traços de óleo preservativo no combustível que esteja sendo bombeado pelo sistema.

A passagem de ar será indicado por um ruído característico, saindo da extremidade da mangueira submersa no recipiente (lata) de coleta.

Este fenômeno não deve ser confundido com as numerosas bolhinhas de ar que podem aparecer, como resultado da velocidade do combustível sendo ejetado do carburador.

Geralmente, após aproximadamente um galão de combustível ter sido sangrado, o sistema pode ser considerado seguro para a operação.

Tendo completado a operação de sangramento, volta-se todos os interruptores e controles para a posição normal ou desligada, e recoloca-se e frena-se o bujão de drenagem do carburador.

INSPEÇÃO DA HÉLICE

A hélice instalada em um motor deve ser inspecionada antes, durante e após o motor ter sido girado no solo.

Uma hélice cujo mecanismo de mudança de passo seja eletricamente atuado, deve ser inspecionada antes do motor entrar em operação. Isto é feito após conectar-se a fonte externa de eletricidade ao sistema elétrico do avião, ajustando-se o seletor de posição da hélice para a posição que indique diminuição de rotação, simultaneamente verificando o aumento do ângulo de ataque das pás da hélice.

De modo inverso, o seletor deve ser posicionado para que indique aumento de rotação simultaneamente, verificando-se a diminuição do ângulo de ataque das pás da hélice.

A verificação do embandeiramento pode ser feita levando-se o seletor para a posição embandeirar ("feather"), observando-se se as pás da hélice tomam posição paralela ao deslocamento (ou ângulo de ataque em torno de 90°). Após, volta-se o seletor para a posição de operação normal, através da sua colocação na posição de aumento da rotação.

Se a hélice tem seu mecanismo de mudança de passo atuado pela pressão do óleo de lubrificação do motor, este deve ser inspecionado (verificando o seu funcionamento).

Essa verificação só pode ser realizada com o motor em funcionamento, e tendo a temperatura do óleo atingido o seu limite normal de operação. A inspeção é feita variando-se o passo para se atingir a maior e a menor rotação permitida, bem como o embandeiramento.

Quando um motor, equipado com hélice de passo acionado pelo óleo do motor, é parado com a hélice embandeirada, nunca se deve desembandeirar a hélice ligando o motor e fazendo atuar o mecanismo de embandeiramento.

Removem-se os bujões do reservatório do motor para drenar o óleo retornado do meca-

nismo de embandeiramento e faz-se com que as pás da hélice voltem às suas posições normais, ou usando-se a bomba de embandeiramento ou uma ferramenta especial, manualmente operada.

VERIFICAÇÕES E AJUSTES APÓS O MOTOR TER SIDO GIRADO E OPERADO

Após o motor ter sido girado no solo e após o vôo de teste, itens operacionais devem ser ajustados como necessário, e as instalações devem ser passadas por cuidadosa inspeção visual. Essas ajustagens frequentemente incluem a pressão do combustível e a pressão do óleo, assim como reajustados alguns itens como ângulo e abertura dos platinados, folga das válvulas, batentes da marcha-lenta e da mistura, – caso estes reajustes estejam afetando o desempenho do motor.

Após terem sido ambos realizados, os testes do motor no solo e em vôo, remove-se o bujão do reservatório e dos visores de óleo, inspecionando-os quanto à presença de partículas metálicas. Os visores, antes de reinstalados, devem estar limpos.

Verifica-se todas as linhas quanto a vazamentos e fixação das conexões. Particularmente dá-se atenção às braçadeiras das mangueiras quanto ao aperto correto, bem como em relação ao estado das extremidades dessas mangueiras, e o que pode ser evidenciado pelo vazamento de óleo. Inspecciona-se também as porcas que fixam os cilindros ao bloco do motor ou parafusos de cabeça quanto à segurança. Esta verificação deve ser também realizada após o vôo de teste.

REMOÇÃO E INSTALAÇÃO DE UM MOTOR DE CILINDROS OPOSTOS

As informações gerais relativas à remoção, montagem, inspeção, conservação, armazenagem e instalação de motores radiais são, na maioria dos casos, aplicáveis a motores de cilindros opostos.

Embora muitos procedimentos específicos para motores radiais sejam aplicáveis a motores com cilindros opostos, alguns são desnecessários em aplicações práticas.

Por exemplo: caros e complicados equipamentos para guinchamento são dificilmente necessários para remoção ou instalação de motores de cilindros opostos, especialmente aqueles de

baixa potência. Outro exemplo: pequenos motores de cilindros opostos podem ser estocados ou transportados sobre estrados de madeira, protegidos por pedaços de papelão.

O relativamente pequeno número de acessórios, bem como de controles do motor, de cabos elétricos, de linhas hidráulicas e de conexões, associados à facilidade de acesso as diversas áreas do motor plano, reduz o uso extensivo do QECA para esse tipo de motores.

Remoção do motor de cilindros opostos

As instruções do fabricante devem ser sempre consultadas como guia para remoção ou instalação de um motor.

Seguem-se instruções gerais para remoção e instalação de um motor de cilindros opostos de 250 HP:

- (1) Remover a hélice.
- (2) Afrouxar os "dzus" prendedores de 1/4 de volta de cada lado da carenagem superior do motor, removendo essa carenagem.
- (3) Afrouxar os "dzus" que fixam a carenagem da tomada de ar do carburador, removendo essa carenagem.
- (4) Remover os parafusos da parte traseira superior e inferior do suporte da carenagem, removendo esse suporte.
- (5) Desconectar o duto de ar da entrada do carburador.
- (6) Deconectar a linha do injetor (manual ou elétrico) de combustível.
- (7) Desconectar a linha de entrada da bomba de combustível.
- (8) Desconectar os cabos elétricos do gerador e do motor de partida.
- (9) Caso já tenha sido instalado, remover o termopar sensor de temperatura da cabeça do cilindro.
- (10) Desconectar as linhas de pressão de combustível e de óleo.

(11) Desconectar as linhas de retorno de óleo.

(12) Remover todas as ligações da parte traseira do motor com a parede de fogo.

(13) Desconectar o cabo de controle do governador da hélice.

(14) Desconectar o cabo do tacômetro da parte traseira do motor.

(15) Desconectar as mangueiras do radiador de óleo do motor.

(16) Desconectar o cabo do sensor de temperatura do óleo.

(17) Desconectar o tubo de respiro do motor.

(18) Remover as porcas da base do carburador, deixando que o carburador e sua tomada de ar fiquem presos somente pelos seus cabos de controle.

(19) Fixar o gancho do guincho no olhal (orelha) de suspensão do motor, levantando até que os cabos fiquem com tensão.

(20) Desconectar as cablagens dos magnetos.

(21) Remover os contrapinos, porcas, arruelas e o amortecedor de borracha do suporte dianteiro de cada parafuso com sua capa de proteção. Afastar de seus pontos de encaixe. Balançar o motor ligeiramente, com cuidado para não esbarrar em seus componentes, danificando-os. Repetir o procedimento para liberar os amortecedores de borracha (coxins) da parte traseira.

INSTALAÇÃO DO MOTOR

Os procedimentos seguintes são típicos daqueles usados para a instalação de motores de cilindros opostos, após seus acessórios terem sido montados no motor.

(1) Introduzir os parafusos de fixação do motor em seu berço, e deslizar os amortecedores de borracha (coxins) por dentro dos parafusos, até que sua face plana fique nivelada com o batente do suporte do motor. (veja figura 8-14).

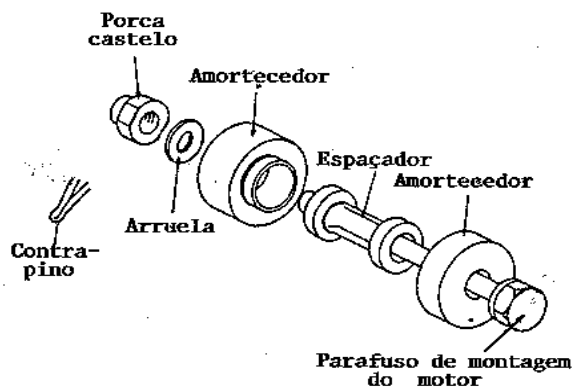


Figura 8-14 Vista explodida da montagem tipo Lord.

(2) Encaixar o espaçador entre o parafuso de fixação do motor e os coxins de borracha.

(3) Ajustar o gancho do pequeno guindaste no olhal (ou orelha) de sustentação do motor, erguendo-o. Pressionar para baixo a parte traseira do motor para permitir que os magnetos não toquem o berço do motor. Posicionar as orelhas de montagem do motor até que elas se alinhem com os respectivos pontos de fixação.

(4) Introduzir pelo ponto de fixação (berço com motor) superior um parafuso, até que a ponta rosqueada mostre um ou dois filetes para fora.

(5) Deslizar um amortecedor de borracha (coxim) entre o motor e seu suporte.

(6) Repetir o procedimento para os demais pontos de fixação.

(7) Colocar os coxins dianteiros nos parafusos, encaixando-os nas respectivas luvas. Verificar se ficaram bem encaixadas.

(8) Fixar o cabo do magneto no parafuso (esse cabo é o que mantém a continuidade elétrica entre o motor e a célula da aeronave).

(5) Instalar a arruela e a porca-castelo em cada parafuso de fixação. Apertar as porcas progressivamente, seguindo uma sequência (no sentido horário ou anti-horário, tanto faz), até chegar ao valor de torque recomendado pelo fabricante. Após, aplicar os contrapinos (cupilhas) para frenagem.

(10) Instalar a vedação na entrada do carburador e sua caixa-de-ar.

(11) Conectar os dutos de admissão.

(12) Conectar os dutos de arrefecimento do radiador de óleo.

(13) Conectar o cabo do sensor de temperatura do óleo.

(14) Conectar as mangueiras do radiador de óleo.

(15) Conectar o cabo do tacômetro.

(16) Fixar o cabo de controle do governador da hélice.

(17) Conectar as cablagens fixadas ao berço do motor.

(5) Conectar a linha de pressão do óleo.

(19) Conectar os cabos do gerador e do motor de partida.

(20) Instalar o termopar da cabeça do cilindro.

(21) Conectar a linha da injeção ("primer") de combustível.

(22) Conectar as linhas de vácuo na bomba de vácuo.

(23) Conectar as linhas hidráulicas na bomba hidráulica.

(24) Ajustar o duto de ventilação do gerador.

(25) Acertar a montagem completa da carenagem na posição correta, e fixar as seções superior e inferior.

(26) Apertar os "dzus", prendendo a parte inferior da carenagem na traquéia da entrada de ar do carburador.

(27) Prender a cobertura da entrada de ar do carburador.

(28) Recolocar a carenagem, fixando-a por "dzus" em ambos os lados do motor.

(29) Instalar a hélice.

REMOÇÃO E INSTALAÇÃO DE MOTORES A REAÇÃO

O motor de aeronave usado nesta discussão fornece um exemplo típico de remoção e instalação de motor a jato. O motor, com todos os seus acessórios acoplados, formam um QECA. O acesso ao motor é garantido por janelas de inspeção que podem ser levantadas, travadas e abertas. Referências de posição, como lado direito ou esquerdo, sentido horário ou anti-horário, são definidas considerando-se o motor visto por trás (pelo escapamento).

Remoção de motor turbojato tipo QECA

O motor pode ser removido da aeronave por dois métodos. Um método consiste em baixá-lo de sua nacele usando uma plataforma levadiça; o outro requer um guincho e uma estrutura (eslinga) para baixar o motor sobre um suporte móvel. Os seguintes passos preliminares são aplicáveis a ambos os métodos da remoção.

- (1) Imobilizar adequadamente a aeronave com calços para rodas ou cabos de amarração.
- (2) Abrir as janelas de inspeção. Confirmar se os interruptores elétricos (bateria, geradores, conversores, etc) estão desligados, e se não há alguma fonte externa conectada.
- (3) Remover os painéis de acesso de ambos os lados da estrutura da nacele.
- (4) Remover o painel de acesso ao duto de ar condicionado do motor (sangria do compressor), desconectando o duto do motor.

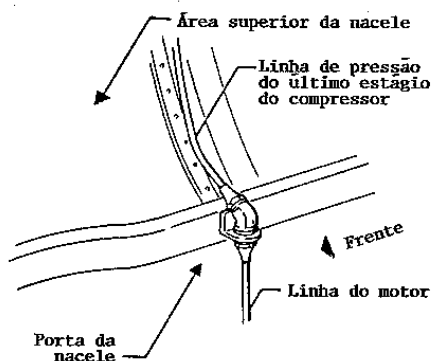


Figura 8-15 Descarga de pressão de turbina ("pickup").

(5) Desconectar a linha de pressão do último estágio do compressor ("pickup"). Ver a figura 8-15.

(6) Desconectar a fiação (cablagem) elétrica e os cabos dos termopares de seus conectores (figura 8-16).

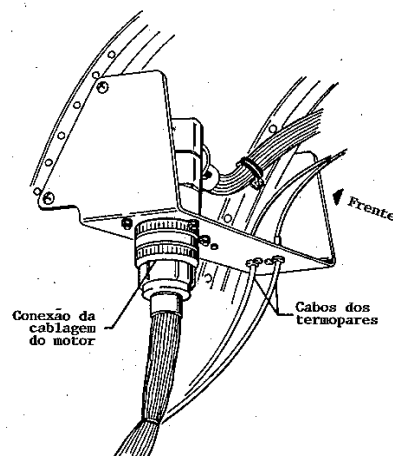


Figura 8-16 Pontos de desconexão do sistema elétrico.

(7) Desconectar a linha de combustível, removendo os parafusos do flange da mangueira.

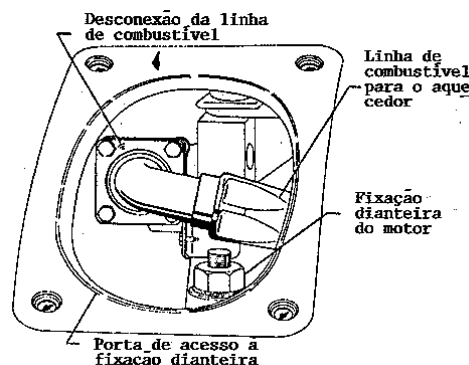


Figura 8-17 Desconexão da linha de combustível.

(5) Desconectar a haste da alavanca de controle (figura 8-18) da manete de controle de potência, mantendo-a presa (amarrada na estrutura da nacele).

Após o motor ter sido desconectado, restando apenas ser solto de seu berço, é preciso que uma plataforma levadiça seja usada para remoção do motor, sendo posicionada exatamente sob ele. Elevando-a, fazendo com que se encoste nos pontos de apoio do motor, até que o peso do motor seja aliviado das asas.

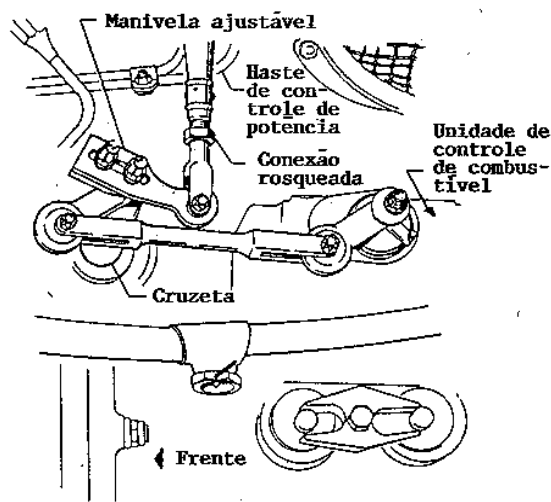


Figura 8-18 Pontos de desconexão do comando de potência.

No caso de ser usado um guincho, conecta-se o gancho prendendo os pontos de suporte do motor (através dos acessos que vão aos pilones). Quando baixando o motor com guinchos (duplos), a operação deve ser simultânea com ambos os guinchos para dividir a tensão nos cabos (evitando que, eventualmente, só um cabo resista a todo o peso). Posiciona-se um suporte móvel sob o motor antes que ele seja totalmente abaixado.

Usando um ou outro (a plataforma levadiça ou o guincho), e estando o suporte móvel desocupado e em posição, o motor está pronto para ser abaixado.

Remove-se, então, o parafuso e a bucha (espaçador) da parte traseira do berço do motor, e as porcas e arruelas da parte dianteira. Abaixa-se o motor, observando atentamente para que não fique prendendo nada nas naceles, evitando danos às naceles e ao próprio motor.

Fixa-se o motor na plataforma levadiça ou no suporte móvel. Usando o guincho, desconecta-se o gancho do motor, manobrando-o afastado da aeronave.

Cuidados especiais devem ser tomados quando se manobra o motor, evitando danos nos pontos de apoio, tanto no motor quanto no avião.

Tampa-se (proteja) as extremidades desconectadas das linhas e mangueiras. Com o motor removido, inspeciona-se a haste de controle de potência e seus componentes e pontos de conexão quanto à perda de rótulos e danos na nacele do motor.

Inspecciona-se a área onde o berço do motor se junta com a estrutura interna de sua nacele quanto a trincas.

Remoção dos acessórios - QECA

Quando um motor de avião está para ser substituído, os acessórios e equipamentos que equipam a aeronave podem ser removidos, tanto para a instalação no motor substituto, quanto para sua própria revisão, conforme exigido.

Observa-se cuidadosamente suas posições e ligações antes da remoção, para facilitar na montagem no motor substituto. Quando os acessórios estiverem para ser revisados ou estocados, eles são conservados de acordo com as instruções do fabricante. É necessário preencher as fichas de controle dos acessórios (no caso de serem componentes controlados), com todos os dados a eles pertinentes. Após a remoção destes acessórios e equipamentos, os eixos expostos, e as janelas onde estes componentes estavam encaixados, são cobertos (protegidos). Prepara-se o motor para despacho, estocagem ou desmontagem, conforme as instruções apropriadas do fabricante.

INSTALAÇÃO DE MOTORES TURBOJATO

Instalação com plataforma levadiça

Os procedimentos que se seguem são típicos da instalação de motores turbojato usando plataforma levadiça. Instruções específicas de sua operação são normalmente afixadas à própria plataforma levadiça.

- (1) Operar a plataforma levadiça, elevando cuidadosamente o motor na direção dos pontos de fixação de seu berço.
- (2) Alinhar os olhais (orelhas) traseiros do motor com os pontos de fixação do berço.
- (3) Instalar os parafusos de montagem e apertá-los com o torque recomendado.

Instalação com guincho

Os procedimentos que se seguem são típicos da instalação de motores turbojato usando um guincho.

- (1) Colocar o motor por baixo da nacele.
- (2) Fixar a eslinga no motor propriamente dito.
- (3) Cuidadosamente elevar o motor, utilizando-se de todos os guinchos (caso haja mais de um), simultaneamente. Ir guiando o motor em direção a seu berço, até chegar bem próximo.

Instalação com guincho de cabo duplo

A figura 8-19 mostra um motor sendo instalado, usando para isso um cabo duplo. Guinchos desse tipo são comumente usados para a instalação de pequenos e médios motores.

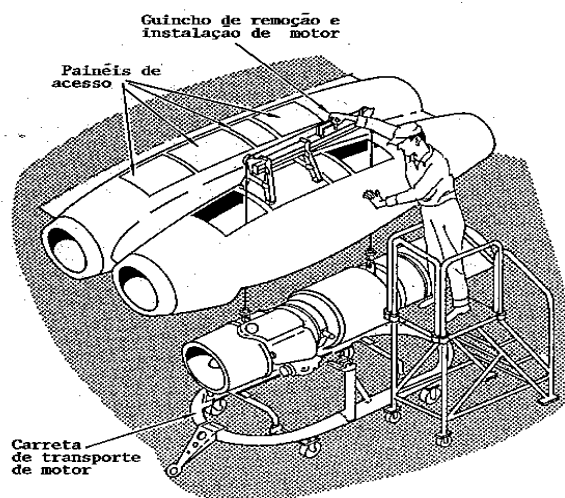


Figura 8-19 Instalação com guincho de duplo cabo.

Completando a instalação

Os procedimentos que se seguem englobam as instruções para a complementação de uma instalação típica.

- (1) Instalar a bucha (espaçador) pela parte de trás do olhal (ou orelha) da fixação do motor, passando o parafuso através da bucha; ajustar sua porca, mantendo o conjunto unido, inclusive com contrapino. Nessa particular instalação, a olhal (orelha) traseiro do motor deve ser livre para girar em torno do ponto de fixação. Não apertar demais o parafuso de montagem.
- (2) Através dos acessos do ponto de fixação dianteiro, colocar a arruela serrilhada (ou chanfrada), a arruela plana e uma porca, em cada parafuso dos pontos de fixação dianteiros do motor.

Apertar a porca com o torque estabelecido. Frear a porca com arame de freio.

- (3) Conectar o duto de ar-condicionado da aeronave no duto de sangria do compressor do motor. Apertar a conexão com o torque apropriado.

- (4) Remover a plataforma levadiça ou eslinga (estrutura pendurada no gancho do guincho).

- (5) Conectar a mangueira de combustível na conexão das linhas que provêm da aeronave. Substituir a junta (gaxeta) entre os flanges da mangueira e das linhas de combustível por outra nova.

- (6) Instalar o suporte do duto de ar comprimido do motor de partida.

- (7) Aplicar composto antiaderente (decapante) nos filetes dos parafusos da cablagem elétrica e termopares. Conectar os cabos, e fixar o conector da cablagem elétrica com arame de freio.

- (8) Conectar o sensor de pressão ("pickup") da turbina, na linha do transdutor de razão de pressão.

- (9) Conectar a alavanca de controle de potência (do motor) com a manete de controle de potência (na cabine de comando), através das ligações necessárias.

- (10) Inspeccionar o motor, de um modo geral, para ver se não ficou faltando nada.

- (11) Instalar os painéis e carenagens aerodinâmicas.

- (12) Ajustar as ligações das manetes e cabos de controle do motor. Fechar e travar as portas de acesso.

ALINHAMENTOS, INSPEÇÕES E AJUSTAGENS

As instruções que se seguem cobrem alguns procedimentos básicos, além de inspeções para alinhamento e ajustagem de controladores de combustível, seletoras de combustível e válvulas de corte de combustível.

(1) Inspeccionar todas as hastes quanto a folgas excessivas, trincas ou corrosão.

(2) Inspeccionar as extremidades das hastes quanto ao estado dos filetes das partes rosqueadas, como também quanto ao número de filetes que sobrepassam as partes de conexão após o ajuste final.

(3) Inspeccionar a caixa das manetes, bem como as diversas roldanas quanto ao desgaste, assim como as guias dos cabos com relação a tensão e a posição apropriada (correta).

Enquanto se alinha as ligações do seletor de combustível, do controlador de potência e das válvulas de corte, segue-se os procedimentos do fabricante passo a passo, para o modelo de avião em que está sendo feito o serviço.

Os cabos devem ser instalados com a tensão apropriada, e com os pinos de alinhamento instalados. Os pinos devem ser livres para serem removidos sem qualquer tipo de amarração, se for difícil removê-los, é porque os cabos não estão propriamente alinhados, e devem ser inspecionados outra vez.

A alavanca de potência deve ter batentes apropriados nas posições de marcha lenta e de potência máxima. Os ponteiros ou indicadores devem estar dentro desses limites.

Os seletores de combustível devem ser alinhados de modo que tenham um deslocamento apropriado, e não restrinjam o fluxo de combustível aos motores.

Alinhando controles de potência

Aeronaves turbojato modernas usam sistemas de manetes de controle de potência. Um dos tipos comuns é o sistema de hastes e cabos. Este sistema utiliza-se de balancins, hastes de dupla ação, carretéis, "teleflex", cabos flexíveis e polias.

Todos esses componentes constituem o sistema de controle e devem ser alinhados e ajustados periodicamente.

Em aeronaves monomotoras, o alinhamento das manetes de controle de potência não é difícil.

O requisito básico é ter o desejado deslocamento da manete de potência, e o correto deslocamento no controle de combustível. No entanto, em aeronaves turbojato multimotoras, as

manetes de potência devem ser instaladas de tal modo que estejam alinhadas, umas com as outras, para todos os regimes de potência.

Os cabos de controle da manete de potência, e as hastes de dupla ação, tanto na célula da aeronave quanto na nacele do motor, não são usualmente afetados quando se troca um motor, e, geralmente, nenhuma instalação é exigida, exceto quando algum componente tenha sido substituído.

O sistema de controle do pilone (berço do motor) para o motor deve ser ajustado em cada troca —de motor ou de controlador de combustível. A figura 8-20 mostra o sistema de controle do balancim, na parte superior do pilone, para o controlador de combustível.

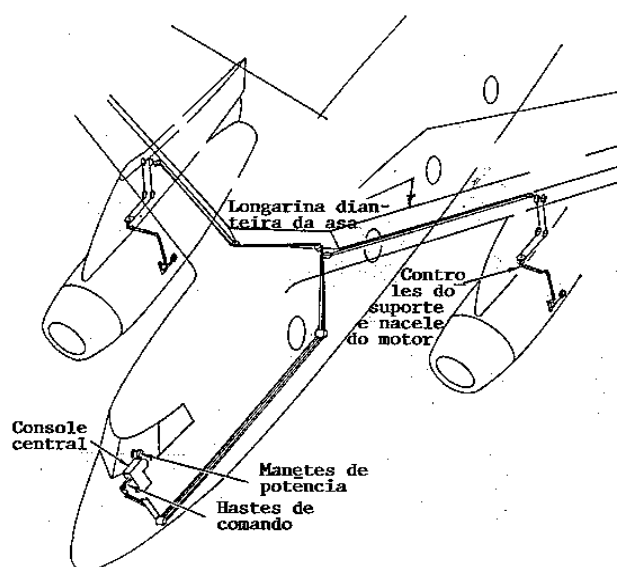


Figura 8-20 Sistema de controle das manetes de potência.

À+.

Antes de se ajustar os controles de potência no motor, é preciso que a alavanca de potência esteja livre de amarração (não esteja presa), e que os controles tenham livre deslocamento no console.

Caso eles não tenham deslocamento total ou estejam presos, a célula da aeronave, ou seja, os elementos (cabos, hastes, articulações, etc.) componentes desse sistema, devem ser inspecionados e reparados, se for o caso.

Após todos os ajustes terem sido feitos, as manetes de potência são movimentadas por todos os seus cursos, observando cuidadosamente o movimento das hastes, balancins, tubos, etc. Trava-se todas as porcas (menos as autofrenantes) com contrapinos (cupilhas), conforme o exigido.

Ajustando o controlador de combustível

A unidade de Controle de Combustível (FCU - *Fuel Control Unit*) de um típico motor turbojato é um aparelho hidromecânico, que programa a quantidade de combustível, que flui para o motor, de tal modo, que o empuxo desejado possa ser obtido. A quantidade de empuxo é ditado pela posição da alavanca de potência na cabine de comando, pela particular operação do motor e a consequente rotação da turbina, estabelecida pelo fluxo de combustível.

A unidade de Controle de Combustível do motor é ajustada para compensá-lo, assim o máximo empuxo produzido pelo motor pode ser obtido quando desejado. O motor deve ser compensado novamente quando a Unidade de Controle de Combustível for substituída, ou quando o motor não desenvolver o empenho máximo.

Após a regulagem do desempenho do motor, a marcha lenta pode ser ajustada apertando-se o parafuso "INC-IDLE" um oitavo de volta, aguardando-se por alguns instantes a estabilização da rotação.

A manete de potência é reduzida para a posição marcha lenta, e a rotação é verificada. Esse ajuste deve ser feito preferencialmente em condições de ausência de vento e de umidade no ar; a precisão do ajuste diminui com o aumento da velocidade do vento e da umidade do ar.

De modo análogo, não deve ser feito ajuste com vento de cauda (por trás, em relação ao motor), posto que os gases quentes podem ser novamente ingeridos pelo motor.

Também não deve ser feito o ajuste em condições de formação de gelo. Para se obter os resultados mais precisos, o avião deve sempre estar aproando o vento, quando da ajustagem.

Com a aeronave aproando o vento, verifica-se se a área de escapamento dos gases está livre. Instala-se um calibre para a regulagem do motor no suporte "T", na linha de pressão de descarga da turbina. A partida no motor é dada, e cinco minutos são aguardados até a sua estabilização, antes de se tentar ajustar o controlador de combustível.

Caso a regulagem (de acordo com as instruções do fabricante) esteja fora dos limites, o parafuso *INC.MAX* (figura 8-21) é girado cerca de um oitavo de volta na direção apropriada. Repete-se, se necessário, até o valor desejado ser atingido. Se a aeronave estiver equipada com calibre de razão entre pressões (na entrada

e na saída do compressor), faz-se o ajuste considerando esse valor.

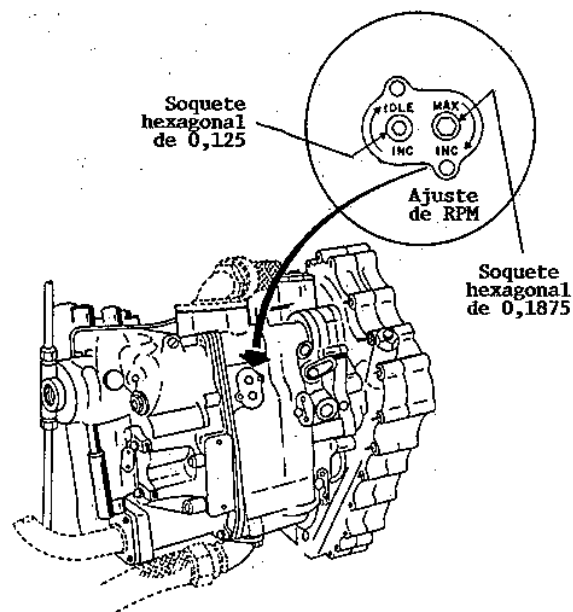


Figura 8-21 Ajustes típicos do controle de combustível.

REMOÇÃO E INSTALAÇÃO DE UM MOTOR TURBOÉLICE

As informações que se seguem dão uma visão geral da remoção e instalação de um motor turboélice típico.

Desde que a maior parte das instruções, para remoção e instalação de motores turboélice, foi desenvolvida para instalações tipo 'QE-CA', os procedimentos que se seguem são típicos desse tipo de instalação.

Os procedimentos para remoção e instalação de motores turboélice são bastante similares àqueles seguidos com motores turbojato, exceto daqueles sistemas relacionados às hélices.

Os painéis laterais do motor são abertos, e os painéis de acesso às naceles, removidos. Desconectam-se os cabos dos termopares do painel elétrico.

Antes de se desconectar quaisquer linhas, as válvulas de combustível, óleo e fluido hidráulico devem estar fechadas.

Todas as linhas, assim que são desconectadas, são fechadas para prevenir a entrada de material estranho.

Removem-se as braçadeiras, que fixam os dutos de sangria de ar do compressor (ar condicionado) na parede de fogo. Só, então, desconecta-se o seguinte: (1) conectores elétricos; (2)

respiros do motor; e (3) linhas de combustível, óleo e fluido hidráulico.

Desconecta-se a manete de controle do motor e as hastes e cabos de controle da hélice.

Remove-se o invólucro dos pontos de sua fixação ao motor, fixando o QECA à sua eslinga (estrutura de suporte) e, usando um guincho conveniente, inicia-se o seu levantamento. A eslinga deve ser ajustada considerando-se o centro de gravidade do QECA. O levantamento deve ser feito com cuidado, evitando danos ao motor.

Remove-se os parafusos que fixam o motor a seu berço. O QECA, então, está pronto para ser removido.

Verifica-se mais uma vez todas as ligações que foram desconectadas, para ter certeza de que realmente o motor está livre para ser movimentado.

Desloca-se o motor para a frente, para longe da estrutura da nacele, até que ele fique livre da aeronave. O QECA é abaixado para o seu suporte, e fixado antes de liberar a eslinga.

Os procedimentos para a instalação de um motor tipo QECA são basicamente o inverso daqueles da sua remoção. Coloca-se o QECA na nacele do motor, alinhado e entrando de ré, e o alinhe com os furos dos parafusos do berço e da parede de fogo.

Aponta-se (introduza e trespasse) todos os parafusos antes de aplicar-lhes o devido torque. Estando todos os parafusos instalados, aplica-se sobre eles o torque recomendado. Remove-se a eslinga, instalando os painéis de carenagem nos devidos pontos de fixação. De modo inverso ao processo de remoção, liga-se todas as linhas e conectores.

Os "O-RINGS" e juntas de vedação devem ser substituídos por novos. Devem ser consultadas as instruções do fabricante para a aplicação dos torques corretos nos diversos parafusos, braçadeiras, etc.

Após a instalação do motor, este deve ser girado.

Em geral este procedimento consiste em verificar o funcionamento, através dos instrumentos da aeronave, do motor e dos sistemas a ele relacionados.

Vários testes funcionais são levados a cabo para avaliar cada fase da operação do motor.

Os testes e procedimentos estabelecidos pelos fabricantes do motor ou da célula devem ser seguidos.

REMOÇÃO E INSTALAÇÃO DE UM MOTOR DE HELICÓPTERO

Um motor radial de nove cilindros, refrigerado a ar, como o R1820 (Pratt & Whitney), embora antigo, será tomado como modelo para os procedimentos de remoção e instalação de um motor típico de helicóptero. Esse motor é normalmente instalado à frente do helicóptero, com o eixo fazendo 39° com o horizonte (inclinado).

O motor é fixado no seu berço (ver afigura 8-22), o qual é preso por parafusos à estrutura da fuselagem. Esse tipo de instalação de motor é usado para facilitar a manutenção, permitindo fácil acesso a todos os acessórios e componentes, quando as portas de acesso ao motor são abertas.

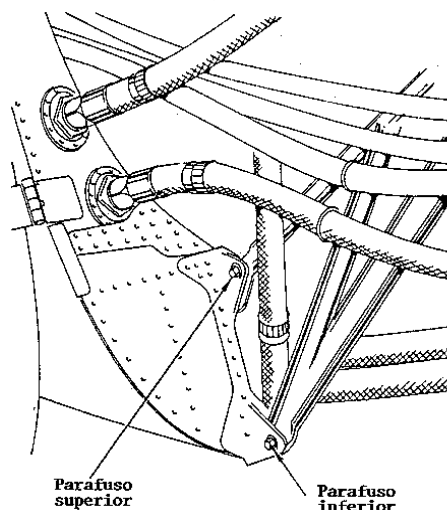


Figura 8-22 Pontos de fixação do berço do motor.

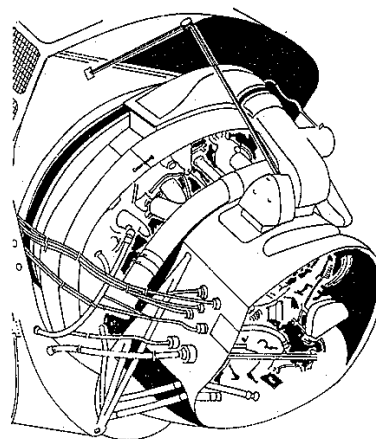


Figura 8-23 Típico QECA de helicóptero.

O QECA (figura 8-23) contém o motor, o berço do motor, seus acessórios, seus controles, o sistema de combustível, o de lubrificação, o

de ignição, e o sistema de refrigeração, o acoplamento hidromecânico e o suporte do ventilador de arrefecimento.

Remoção de um QECA de helicóptero

Antes de remover o QECA de helicóptero, o motor deve ser preparado para ficar parado (estocado) por bom tempo, caso seja possível.

Assim sendo, é desligado o suprimento de combustível para o motor, e drenado o óleo. As necessárias desconexões, para a remoção, são feitas segundo os seguintes passos.

(1) Prender a eslinga de sustentação do motor (figura 8-24). Neste exemplo, prender dois cabos certos de sustentação, da eslinga para a superfície dianteira da caixa dos balancins (das válvulas) dos cilindros 2 e 9 e os dois longos de sustentação, da eslinga para a superfície dianteira da caixa dos balancins (das válvulas) dos cilindros 4 e 7. Prender a eslinga a um guincho de pelo menos duas toneladas de capacidade.

(2) Iniciar o içamento do guincho até começar um ligeiro deslocamento vertical no QECA. Liberar as porcas dos parafusos inferiores do berço do motor antes de liberar as porcas dos parafusos superiores.

(3) Remover os parafusos das juntas oscilantes, e remover todos os parafusos superiores de fixação do motor. Então, remover todos os parafusos inferiores de fixação do motor, e soltar o QECA do helicóptero. Coloca-se o grupo motopropulsor em um suporte conveniente, removendo a eslinga.

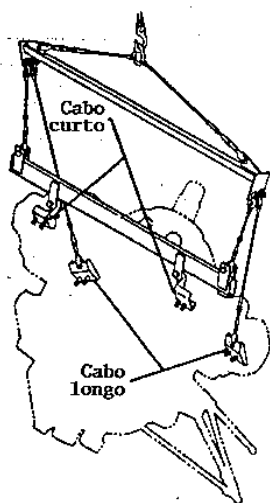


Figura 8-24 Estropo (eslinga) especial para QECA de helicóptero.

Instalação de um QECA de helicóptero

A instalação de um motor novo ou revisado é um procedimento inverso a uma remoção.

As instruções do fabricante do motor, para o tipo de helicóptero, devem ser consultadas para se confirmar a correta troca de componentes de um motor usado para um motor novo.

As instruções de manutenção aplicáveis devem ser seguidas.

ALINHAMENTO E AJUSTE DE UM QECA DE HELICÓPTERO

Manete (comando da borboleta do carburador)

O Ajuste do controle das manetes consiste no seguinte:

(1) Fazer o ajuste no QECA, incluindo a montagem de controle acima do carburador e no próprio carburador.

(2) Fazer o ajuste na célula do helicóptero, especificamente no punho de aceleração e no coletivo.

(3) Fazer o ajuste no sensor do batente da manete do carburador. A parte do QECA do sistema de manete de controle da borboleta geralmente pode ser ajustada com o grupo motopropulsor removido ou instalado no helicóptero.

Controle da mistura do carburador

Coloca-se a manete da mistura (no quadrante das manetes) na posição normal e, simultaneamente, movimenta-se o braço da mistura (no carburador) para a posição normal.

O tensor cilíndrico é ajustado dentro do console de manetes na cabine de comando, para produzir uma quantidade igual de tensão em cada cabo.

Para verificar a operação da manete de controle da mistura é só colocá-la na posição "marcha lenta/corte", e então para a posição "mistura rica", para deslocar efetivamente o controle da mistura.

Controle de temperatura do ar do carburador

A manete de aquecimento do carburador é colocada em posição intermediária. Ajusta-se o tensor cilíndrico (no console das manetes) para produzir uma quantidade de tensão igual em cada cabo e, então, frena-se (com arame de freio). A alavanca é movimentada no duto da entrada de ar para a posição intermediária, e a haste de atuação é ajustada para encontrar a alavanca na polia. Prende-se, então, a haste à alavanca.

Testando a instalação do motor

Os procedimentos normais a serem seguidos devem ser os que estão de acordo com as instruções do fabricante. Um teste em voo é geralmente levado a termo, após o motor ter sido instalado, e os controles do motor terem sido ajustados.

BERÇO DOS MOTORES

Berços para motores radiais

Todos os aviões, da última geração, a usarem motores radiais tinham esses motores fixos em berços construídos de tubos de aço soldados. O berço é construído em uma ou mais seções que incorporam o anel de montagem do motor, suportes em "V", e fixadores para prender o berço na nacele das asas.

Os berços dos motores são geralmente fixos à aeronave por parafusos especiais de aço com tratamento térmico. A importância de se usarem somente os parafusos especiais pode ser avaliada rapidamente, posto que eles sozinhos aguentam o peso completo do motor, além de participarem das tensões impostas pelo QECA.

Os parafusos superiores suportam o peso do motor quando o avião está parado no solo, mas quando está voando, outros esforços são adicionados. Esses reforços são torsionais e afetam não somente os parafusos superiores, mas todos os parafusos.

Uma vista rápida num anel de berço de motor, mostrado na figura 8-25, apresentará suportes e pontos de apoio (ou fixação) localizados em várias posições ao redor da estrutura do berço. Cada suporte ou ponto de apoio tem uma função específica.

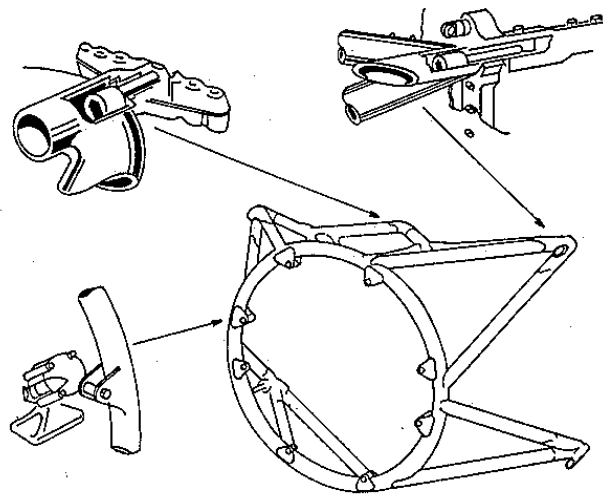


Figura 8-25 Montagem típica de berço de motor.

A parte do berço, onde o motor é fixado, é conhecida como anel de fixação ou anel do berço do motor. É geralmente construído de tubo de aço, tendo o diâmetro maior que as demais partes da estrutura. Tem a forma circular, envolvendo o compressor e a seção de acessórios, fixando o motor aproximadamente na altura do centro de gravidade do conjunto (motor, acessórios, etc.).

O motor é geralmente fixado ao berço através de suportes tipo "dynafocal", fixado ao motor no centro de gravidade, a frente do anel do berço. Outros tipos de equipamentos, ou suportes, são também usados para fixar diferentes motores em seus berços.

Ao mesmo tempo em que os motores aeronáuticos se tornam maiores e produzem mais potência, alguns métodos são necessários para absorver a vibração deles advinda. Esta necessidade conduz ao desenvolvimento de unidades de amortecimento, compostas de aço e borracha, chamadas de amortecedores de vibrações ("shock mounts") ou coxins. Como esse conjunto permite pouco movimento em todas as direções, estes isoladores de vibrações são comumente conhecidos como amortecedores elásticos de vibrações.

Uma característica interessante, comum à maioria dos amortecedores de vibrações, é que as partes de metal e de borracha são construídas de tal forma que, em condições normais, a parte de borracha suporta todo o motor.

Obviamente, se o motor for submetido a cargas ou impactos anormais, os batentes de metal limitarão o movimento excessivo do mo-

tor. As fixações dos berços para motores radiais podem ser divididas em dois grupos principais: (1) o tipo fixação tangencial; e (2) o tipo "dynafocal".

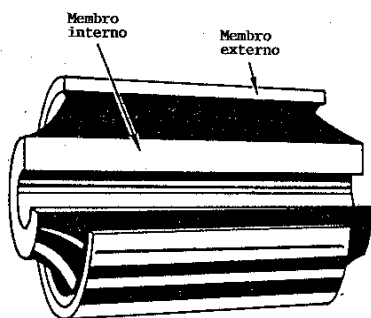
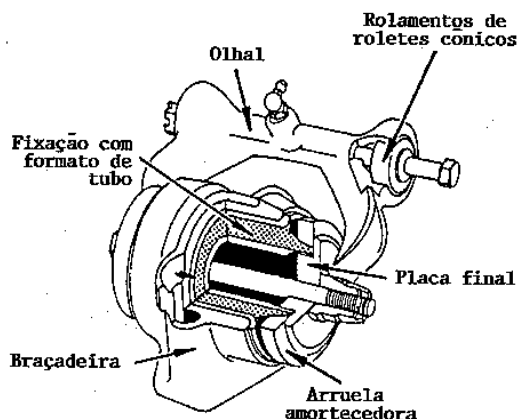


Figura 8-26 Bucha de borracha, no formato de tubo, para fixação de motor.



A fixação tangencial (bucha de borracha) é amplamente usada como suporte de todos os tipos de motores.

Uma vista em corte desse tipo de fixação é mostrada na figura 8-26. Este tipo de montagem é o mais flexível em relação ao eixo que o atravessa.

Vários tipos de fixações são empregados em diferentes instalações, usando buchas de borracha.

Fixações tipo "dynafocal", ou isoladores de vibrações, são unidades que dão suporte direcional para motores radiais.

Dois dos mais comuns tipos de fixação "dynafocal" são do tipo ligação ou pedestal, mostrados na figura 8-27.

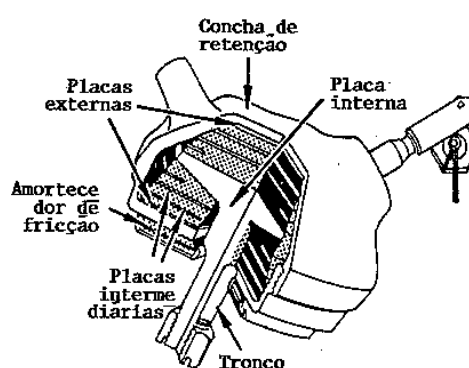


Figura 8-27 Dois tipos de fixação "Dynafocal".

A fixação "dynafocal", tipo ligação, usa uma bucha de borracha como elemento flexível. A parte externa dessa fixação é presa em uma braçadeira de liga de alumínio ou aço, e rigidamente aparafusada à orelha (ou olhal), ou ponto de fixação do berço do motor. A ligação é ajustada com rolamentos de roletes cônicos aos pontos de fixação do anel do berço do motor.

Arruelas especiais são usadas como batentes (limitantes) das extremidades das buchas de borracha (no tubo metálico interno). Essas arruelas limitam os movimentos axiais das buchas de borracha, impedindo o contato, metal com metal, entre as demais peças da submontagem.

A fixação "dynafocal", tipo pedestal, tem um revestimento externo composto de duas partes de aço forjado, mantidas juntas e aparafusadas no anel de berço do motor. Uma pequena folga é permitida antes que a borracha seja mantida presa entre a haste do "dynafocal" e o revestimento de retenção. Amortecedores de

fricção são fornecidos para limitar o movimento excessivo.

Berços para motores turbojato

Os berços para motor, em se tratando de turbojatos, são relativamente simples quando comparados com as estruturas de fixação dos motores alternativos.

Entretanto, eles desempenham as mesmas funções básicas de segurar o motor, e transmitir as cargas impostas pelo motor à estrutura da aeronave.

A maioria dos berços de motores a turbina são fabricados de aço inoxidável e são localizados, em relação ao motor, conforme mostrado na figura 8-28.

Alguns sistemas de fixação de motor usam dois fixadores para suportar a parte traseira do motor, e um fixador simples para a parte dianteira.

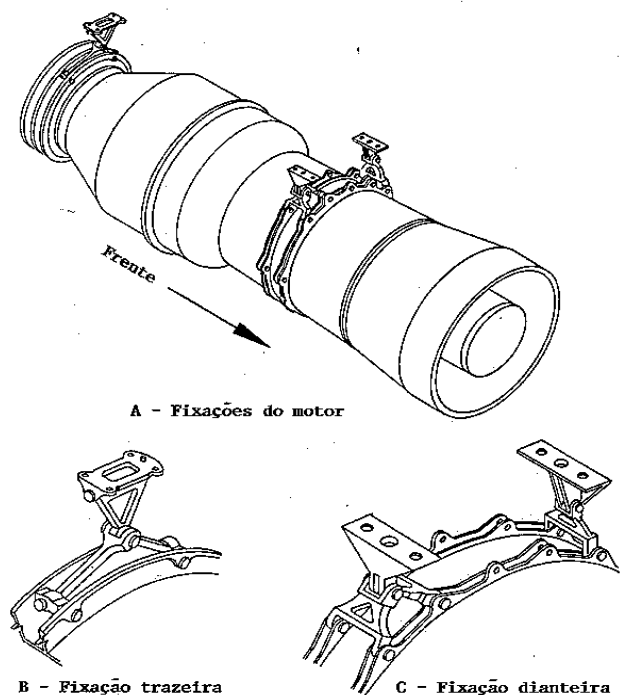


Figura 8-28 Fixações típicas de um motor a turbina.

PRESERVAÇÃO E ESTOCAGEM DE MOTORES

A um motor que esteja aguardando para ser revisado, ou para retornar ao serviço após a revisão deve ser dada atenção especial. Como não lhe será dada atenção ou cuidados diários que permitam detectar e corrigir os estágios iniciais da corrosão, então, algumas ações definitivas devem ser tomadas para prevenir a corrosão para esse motor.

Materiais de proteção preventiva contra a corrosão

Um motor que está funcionando, pode-se dizer que está livre de umidade, posto que o calor da combustão aquece todo o motor evaporando a umidade em todas as partes, além do mais, o óleo circulando por toda a parte interna do motor forma uma camada protetora que inibe o contato da umidade com as partes metálicas.

Se a operação de um motor é reduzida ou suspensão por um espaço longo de tempo, o estado de preservação do motor varia, dependendo de quanto tempo ficou inoperante.

O objetivo primário dessa discussão é dirigida à preservação de motores que tenham sido

removidos de uma aeronave. Entretanto, os materiais de preservação discutidos são aplicáveis a todos os tipos de estocagem de motor.

Compostos de proteção preventiva contra a corrosão

São produtos à base de petróleo os quais formam um filme ou película, tipo graxa, sobre o metal no qual é aplicado.

Vários tipos de compostos de proteção preventiva são fabricados conforme diferentes especificações, para atender a variadas necessidades da aviação. O tipo que se mistura com óleo do motor para formar uma mistura de proteção preventiva contra a corrosão é um composto relativamente leve, que rapidamente se mistura com o óleo do motor quando a mistura é aquecida à temperatura apropriada.

Essa mistura leve é disponível em três formas: MIL-C-6529 Tipo I, Tipo II ou Tipo III. O Tipo I é um concentrado e deve ser misturado na base de uma parte desse concentrado com três partes de óleo MIL-L-22851 ou MIL-L-6082, grau 1100. O Tipo II é uma mistura já pronta com óleo MIL-L-22851, grau 1100, e não necessita de diluição. O Tipo III também é uma mistura já pronta, sendo usada quando a pretensão é a de manter o motor inativo por menos de trinta dias. É também indicado para ser pulverizado nos cilindros e em outras áreas.

A mistura desejada de óleo lubrificante, tanto com composto de proteção preventiva, leve ou pesada, não deve ser feita sobre a superfície do motor, mas deve ser feita à parte, antes de sua aplicação no motor, ou antes de ser colocada em seu cárter (ou tanque de óleo).

O composto pesado é usado para tratamento de imersão das peças e superfícies metálicas. Deve ser aquecido para diminuir sua viscosidade e, efetivamente, cobrir os objetos a serem preservados.

Um solvente comercial específico, ou jato de pulverização com querosene, é usado na remoção do composto de proteção preventiva, tanto do motor quanto das peças, assim que estes estiverem sendo preparados para o retorno ao serviço.

Embora o composto de proteção preventiva contra corrosão atue como um isolador da umidade; na presença de umidade excessiva, pode haver uma ruptura da camada isolante, permitindo o início do processo corrosivo.

Da mesma forma, o composto pode eventualmente secar por causa da evaporação gradual do seu óleo base. Este fato permitirá que a umidade entre em contato com o metal do motor, iniciando a corrosão.

Entretanto, quando um motor é guardado numa embalagem para transporte ou "container", algum agente desidratante (removedor de umidade) deve ser usado para remover a umidade do ar no ambiente do motor.

Agentes desidratantes

Há um número de substâncias (chamadas dessecantes) que podem absorver umidade da atmosfera em certa quantidade que possa ser útil como desidratante. Uma dessas substâncias é a "sílica gel". Esse gel é um agente desidratante ideal, desde que não se dissolve quando saturado.

Como um preventivo da corrosão, sacos de "sílica gel" são colocados dentro e em torno das peças, e das partes acessíveis de um motor estocado. É também usada em tampos de plástico transparentes, que podem ser encaixadas em orifícios, como o das velas de ignição. Cloreto de cobalto é usado junto com a "sílica gel" nos tampões desidratantes. Esse aditivo permite ao tampão indicar o conteúdo de umidade ou umidade relativa do ar no ambiente do motor.

A "sílica", tratada com cloreto de cobalto, apresenta uma cor azul brilhante com umidade relativamente baixa; porém, quando a umidade relativa aumenta, a tonalidade azul esmaece, tornando-se bem claro a 30% de umidade relativa, passando por vários matizes de rosa até 60% de umidade relativa quando fica branco (sua cor natural).

Quando a umidade relativa é menor que 30%, a corrosão normalmente não aparece. Por outro lado, caso os tampões de desidratação apresentem uma cor azul brilhante, isto significa que há pouca umidade interna, e a corrosão foi reduzida a um mínimo.

Esta mesma "sílica gel", tratada com cloreto de cobalto, é usada em outros tipos de indicadores de umidade. Alguns são fixados ao motor estocado, para que possam ser inspecionados através de uma pequena janela na embalagem de transporte ou "container" de metal do motor.

Todos os dessecantes são selados em embalagens lacradas para prevenir que fiquem saturados pela umidade antes de serem usados.

Deve-se ter cuidado para impedir que qualquer embalagem ou "container" que contenha "sílica gel" fique aberta, ou imprópriamente fechada.

TRATAMENTO DE PREVENÇÃO DE CORROSÃO

Antes de um motor ser removido ele pode ser operado, se possível, com mistura de proteção preventiva contra corrosão, adicionada ao sistema de óleo para retardar a corrosão através do recobrimento das partes internas do motor.

Se for impossível operar o motor antes de sua remoção da aeronave, ele deve ser manuseado, tão rápido quanto possível, da mesma forma que um motor em operação.

Qualquer motor, sendo preparado para estocagem, deve receber criterioso tratamento em torno dos dutos de exaustão. Considerando serem os resíduos dos gases de exaustão, potencialmente muito corrosivos, uma mistura de proteção contra a corrosão, deve ser borrifada em cada ponto de saída dos gases de exaustão, inclusive nas válvulas de exaustão.

Após os pontos de saída dos gases de exaustão terem sido cuidadosamente revestidos, uma tampa metálica ou de madeira, com uma junta de material à prova de água e de óleo, deve ser utilizada para isolar esses pontos de saída dos gases de exaustão, sendo fixados juntamente nos parafusos ou encaixes, onde normalmente são fixados os flanges dos dutos de emenda para o escapamento ou turbina do compressor (figura 8-29). Tais coberturas formam um selo para prevenir que a umidade entre no motor nos pontos de saída dos gases de exaustão. Os motores estocados em invólucros ("containers") de metal geralmente têm coberturas especiais de ventilação.

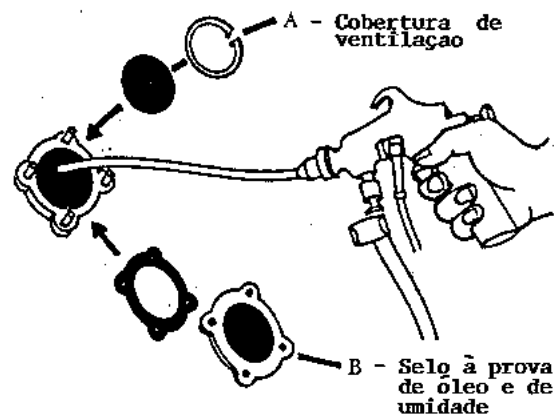


Figura 8-29 Tratamento de vedação das aberturas de escapamento.

Para prevenir a corrosão, pulveriza-se o interior de cada cilindro com mistura de proteção contra a corrosão, para impedir que a umidade e o oxigênio entrem em contato com os depósitos deixados pela combustão.

Pulveriza-se os cilindros introduzindo o bico do pulverizador no orifício da vela de ignição, e movimentando-o, de sorte a cobrir a maior superfície interna possível. Antes de pulverizar cada cilindro, ele é colocado no seu ponto morto inferior (posição mais recuada do seu pistão). Esse procedimento permitirá que a superfície interna maior do cilindro seja pulverizada.

Após a pulverização de cada cilindro com seu pistão no ponto mais afastado, aproveita-se para, mais uma vez, pulverizar todos os cilindros com o eixo de manivelas do motor parado.

O eixo de manivelas não deve ser movido após o término da pulverização, pois a camada de mistura de proteção preventiva contra a corrosão poderá ser afastada no contato do pistão com as paredes do cilindro. Além do mais, fatalmente entrará ar nos cilindros durante o movimento dos pistões.

Também, o revestimento da mistura de proteção preventiva contra a corrosão, nas paredes dos cilindros, será raspada, expondo o metal a uma possível corrosão. Até que seja seguramente estocado na embalagem de transporte, o motor deve ter uma tarjeta (ou etiqueta) fixada com os seguintes dizeres: "Não movimente o eixo de manivelas".

Quando se prepara o motor para estocagem, os tampões com agente desidratante são colocados nos furos das velas de ignição de cada cilindro. Se o motor vai ser estocado em uma embalagem de transporte de madeira, as cablagens do sistema de ignição são presas a esses tampões, como mostrado na figura 8-30. Tampões com sistemas especiais de ventilação são instalados nos orifícios das velas de ignição nos motores, estocados na posição horizontal em embalagens de metal ("containers").

Caso o motor seja estocado na posição vertical, os tampões especiais são instalados somente nos furos superiores das velas de ignição de cada cilindro e, tampões comuns, não-ventilados, são instalados nos furos inferiores. Tampões cujo agente desidratante tenha sido removido, podem, nesse caso, ser usados. Outro ponto do motor a ser tampado é o duto de entrada de ar.

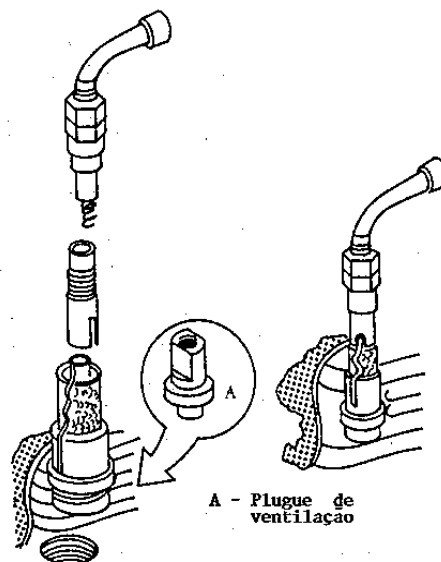


Figura 8-30 Instalação do suporte da cablagem de ignição.

Caso o carburador permaneça no motor durante a estocagem, a borboleta do carburador deve ser travada, com arame, na posição aberta, e uma tampa instalada na entrada de ar.

Se o carburador for estocado à parte (separado), o tampão é colocado no duto de entrada da mistura, e fixado nos parafusos que normalmente prendem o carburador. A junta que fica entre o tampão (de madeira, metal ou plástico) e o duto pode ser a prova d'água ou óleo.

"*Sílica gel*" pode ser colocada nos dutos de entrada de ar para o carburador, para absorverem a umidade.

Os sacos de "*sílica gel*" são geralmente presos ao próprio tampão. Isto elimina a possibilidade de esquecimento na remoção dos sacos de "*sílica gel*" quando os motores forem retirados do estoque.

Caso o motor fique estocado em invólucros metálicos herméticos ("*containers*") podem ser usados tampões com ventilação, sem a necessidade de utilização de sacos de "*sílica gel*".

Após os detalhes abaixo listados terem sido atendidos, o motor está pronto para ser colocado em sua embalagem.

Caso o motor não tenha sido pulverizado com mistura de proteção preventiva contra a corrosão, o eixo da hélice, bem como o respectivo rolamento de encosto, devem ser cobertos com o composto.

Então, uma luva de plástico ou papel à prova d'água (ou plástico) é encaixado em torno

do eixo da hélice, e uma capa de proteção (luva) é atarraxada no lugar da porca de retenção da hélice.

Todas as aberturas ou orifícios dentro dos quais tampões com desidratante (ou tampões com ventilação, caso o motor esteja estocado em invólucro metálico) não tenham sido afixados, devem ser selados.

Nos pontos onde a mistura de proteção preventiva contra a corrosão possa se infiltrar para dentro do motor, como a tampa de reabastecimento e o bujão de drenagem do óleo, juntas à prova d'água e de óleo devem ser usadas entre a tampa de vedação.

Em outros pontos, fita isolante à prova d'água pode ser usada caso seja cuidadosamente instalada.

Antes de ser instalado em uma embalagem de transporte ("container"), o motor deve ser cuidadosamente inspecionado para confirmar se os seguintes acessórios, os quais não são partes básicas do motor, tenham sido removidos: velas de ignição e termopares das velas de ignição, adaptadores remotos de bombas de combustível (se aplicável), porcas de fixação do cubo da hélice (se aplicável), motores de partida, geradores, bombas de vácuo, bombas hidráulicas, governadores de hélice, e bombas de combustível acionadas mecanicamente pelo motor.

EMBALAGENS PARA TRANSPORTE DE MOTORES

Para proteção, os motores são selados em invólucros de plástico, ou folha fina de metal laminado (em geral, alumínio plastificado), e embalados em caixas especiais de madeira para o transporte. Em anos recentes, o emprego de "containers" metálicos pressurizados para a selagem de motores aeronáuticos tem sido largamente adotado.

Quando um motor radial é colocado numa caixa de madeira para o transporte, ela deve ser guinchada verticalmente, com a ponta do eixo do lado da hélice para cima, como mostrado na figura 8-31.

Enquanto o motor é suspenso sobre a base da embalagem de transporte, a placa de montagem (figura 8-32) é removida da embalagem, e as alças do invólucro protetor, no qual o motor fica selado, são presas aos parafusos de fixação da placa de montagem.

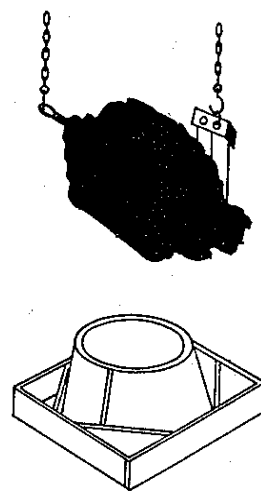


Figura 8-31 Levantamento de motor de embalagem vertical.

A placa de montagem é então aparafusada ao motor, e o invólucro é cuidadosamente levantado em torno do motor.

O motor é, então, abaixado sobre a base da embalagem de transporte, de tal modo que a placa de montagem possa ser aparafusada nela, em sua posição definitiva.

Uma vez que o anel de montagem no berço do motor é usado somente para motores radiais, o invólucro protetor é fixado diretamente na base da embalagem de transporte para outros tipos de motores.

Então, o motor é abaixado verticalmente sobre a base e aparafusado diretamente nela.

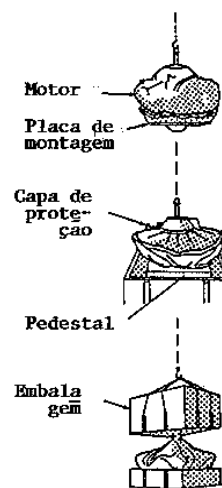


Figura 8-32 Preparando o motor para transporte.

Caso o carburador não esteja fixado ao motor, ou não haja previsão para selá-lo em um pequeno "container", a ser colocado dentro da embalagem de transporte, ele pode, em alguns casos, ser preso numa plataforma especialmente construída e aparafusado no motor.

Antes do invólucro protetor ser selado, “sílica gel” deve ser colocada em torno do motor, para desidratar o ar preso dentro desse invólucro. A quantidade de “sílica gel” a ser usada é determinada pelo tamanho do motor.

O invólucro de proteção é então cuidadosamente dobrado em torno do motor e, parcialmente selado, deixando uma abertura em uma das pontas, pela qual, assim que possível, o ar é retirado.

Um aspirador de pó, tipo comercial, é muito útil para esse propósito e, também, um meio para se deletar qualquer vazamento no invólucro. O invólucro é então completamente selado, geralmente juntando-se as bordas e colando-as com calor.

Antes de se abaixar a cobertura da embalagem de transporte sobre o motor, uma conferência rápida deve ser feita. O cartão (tarjeta ou etiqueta) indicador de umidade deve ser colocado, de sorte que possa ser visto através da janela de inspeção.

Enquanto se abaixa a cobertura da embalagem de madeira para o transporte na posição correta, deve-se ter cuidado para que não torça ou rasgue o invólucro de proteção. Fixa-se a cobertura, marcando ou carimbando a data de preservação na embalagem.

Há vários tipos de embalagens metálicas de transporte em uso. Um modelo, mostrado na figura 8-33, é parecido com a embalagem de transporte de madeira, onde é necessário que o motor seja instalado na posição vertical.

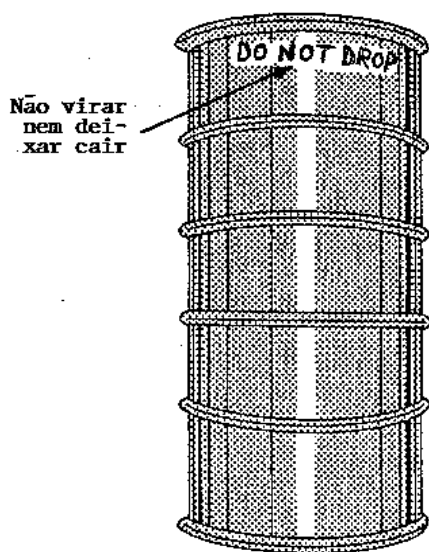


Figura 8-33 Embalagem metálica para instalação de motor na vertical.

Um outro tipo permite instalação horizontal do motor, eliminando a necessidade de um guincho adicional.

O motor é simplesmente abaixado na parte mais baixa (base) do "container" e fixado. Os sacos de “sílica gel” são colocados dentro do "container", geralmente em local especial.

A quantidade de “sílica gel” necessária para uma embalagem metálica ("container") é geralmente maior que a utilizada em uma embalagem de madeira de transporte, posto que o volume de ar em uma embalagem metálica é maior que aquele que circunda o invólucro de proteção, instalado em torno do motor, numa embalagem de madeira para transporte.

Considera-se, também, que em uma embalagem metálica ("container") os sacos de “sílica gel” devem desidratar o interior do motor, posto que, em vez de tampões com desidratante, são utilizados tampões de ventilação.

Todos os registros do motor devem ser colocados dentro da embalagem de transporte (no lado de fora, só para facilitar o acesso).

Um indicador de umidade deve ser fixado dentro do "container", caso haja uma janela de inspeção para consulta. Em seguida, o selo de borracha (junta) entre a base e a cobertura do "container" deve ser inspecionado cuidadosamente, uma vez que esse selo é usado muitas vezes.

Após a cobertura do "container" ser colocada sobre a base, e estar devidamente presa, ar seco, com pressão de 5 libras/polegadas quadradas, é injetado em seu interior. Nessa oportunidade é feita uma verificação quanto a estanqueidade (ausência de vazamentos), através do acompanhamento da queda dessa pressão.

INSPEÇÃO EM MOTORES ESTOCADOS

Muitas oficinas de manutenção fornecem um sistema programado de inspeções para motores estocados. Normalmente os indicadores de umidade de um motor estocado em embalagens de transporte são inspecionados a cada 30 dias.

Quando, porém, o invólucro de proteção for aberto para inspeção dos indicadores de umidade, o período de inspeção pode ser estendido para cada 90 dias, caso as condições locais o permitam. Para embalagens metálicas ("container"), em condições normais, o período de inspeção é de 180 dias.

Em embalagens de madeira, se houver um aumento de 30% da umidade (o que pode ser observado pela mudança de cor do indicador de umidade) no ar em torno do motor, todos os dessecantes (sacos e tampões) devem ser substituídos.

Caso mais da metade dos tampões, com desidratante instalados nos furos das velas de ignição, indiquem a presença de umidade excessiva, o interior dos cilindros deve ser novamente pulverizado.

Caso o indicador de umidade em uma ("container") embalagem metálica apresente uma cor azul, segura; mas a pressão interna tenha caído para 1 libra/polegada quadrada acima da pressão ambiente, precisa ser completada até a pressão apropriada, usando-se ar desidratado.

Entretanto, se os indicadores de umidade apresentarem uma condição insegura (cor rosada), o motor deve ser novamente preparado para estocagem.

PRESERVAÇÃO E PREPARAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO DE UM MOTOR A TURBINA

Os procedimentos para preservação e preparação para utilização de motores a turbina variam, dependendo do tempo de inatividade, do tipo de preservação usada, ou se o motor vai ser girado durante esse período de inatividade.

A maior parte das informações básicas sobre controle de corrosão, apresentadas na seção sobre motores alternativos, são aplicáveis a motores a turbina. Entretanto, os requisitos sobre o tipo e usos dos agentes de preservação são normalmente diferentes.

O sistema de lubrificação é geralmente drenado, e pode (ou não) ser lavado com óleo de preservação. Alguns fabricantes recomendam a pulverização de óleo no compressor, quando for rodado o motor. Outros vêem essa prática com cautela, ou são contra. Seguem-se sempre as instruções do fabricante quando se estiver preparando para preservar ou utilizar um motor a turbina.

SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA FOGO NO MOTOR

INTRODUÇÃO

Em virtude do fogo ser uma das mais perigosas ameaças a uma aeronave, as zonas de fogo em potencial de todas as multimotoras, atualmente produzidas, têm um sistema fixo de proteção de fogo.

Uma "zona de fogo" é uma área ou região da aeronave, designada pelo fabricante, que requer detecção e/ou equipamento de extinção, e um alto grau de resistência ao fogo.

O termo "fixo" significa um sistema permanentemente instalado, em contraste com qualquer tipo de equipamento extintor de fogo portátil.

SISTEMA DE PROTEÇÃO DE FOGO DE MOTORES CONVENCIONAIS

Um sistema completo de proteção contra fogo, inclui tanto um sistema de detecção como de extinção de fogo.

Para detectar fogo ou condições de superaquecimento, detectores são colocados nas várias zonas a serem monitoradas. O fogo é detectado nas aeronaves com motores convencionais, usando um ou mais dos seguintes itens:

- 1- Detectores de superaquecimento;
- 2- Detectores de aumento da razão de temperatura;
- 3- Detectores de chama; e
- 4- Observação pela tripulação.

Somando-se a estes métodos, outros tipos de detectores são usados nos sistemas de proteção contra fogo em aeronaves, mas raras vezes são usados para detectar fogo nos motores.

Por exemplo, detectores de fumaça são mais apropriados para monitorar áreas como as que comportam bagagens, onde os materiais queimam vagarosamente ou sem chama. Outros tipos de detectores, nesta categoria, incluem os de monóxido de carbono.

Os sistemas de proteção de fogo das aeronaves, produzidas atualmente, não confiam na observação pela tripulação como um método primário de detecção de fogo. Um sistema ideal

de detecção de fogo deve incluir, tanto quanto possível, as seguintes características:

- 1- Um sistema que não cause falsos alarmes sob qualquer condição de voo ou no solo.
- 2- Rápida indicação de fogo e sua exata localização.
- 3- Acurada indicação de que o fogo está extinto.
- 4- Indicação de que o fogo foi reativado.
- 5- Indicação contínua da duração do fogo.
- 6- Possibilidade de testar eletricamente o sistema detector, desde a cabine da aeronave.
- 7- Detectores resistentes a danos causados pela exposição ao óleo, água, vibração, temperaturas extremas e ao manuseio.
- 8- Detectores que tenham pouco peso e sejam facilmente adaptáveis, em qualquer posição de montagem.
- 9- Detectores instalados em circuitos, operados diretamente do sistema de força da aeronave, sem inversores.
- 10- Exigências mínimas de corrente elétrica, quando não houver indicação de fogo.
- 11- Cada sistema detector deverá acender uma lâmpada na cabine, indicando a localização do fogo, e deverá ter um sistema de alarme sonoro.
- 12- Um sistema detector separado para cada motor.

Sistema de interruptor térmico

Um grande número de detectores, ou mecanismos sensíveis, são encontrados. A maioria das aeronaves antigas, ainda em operação, tem algum tipo de sistema de interruptores térmicos, ou sistema de pares térmicos.

Um sistema de interruptor térmico tem uma ou mais lâmpadas, energizadas pelo sistema de força da aeronave; e por interruptores térmicos que controlam a operação da lâmpada (ou lâmpadas). Esses interruptores térmicos são unidades sensíveis ao calor, que completam os circuitos elétricos a uma determinada temperatura.

Eles são conectados em paralelo um com o outro, mas em série com as luzes indicadoras (figura 9-1).

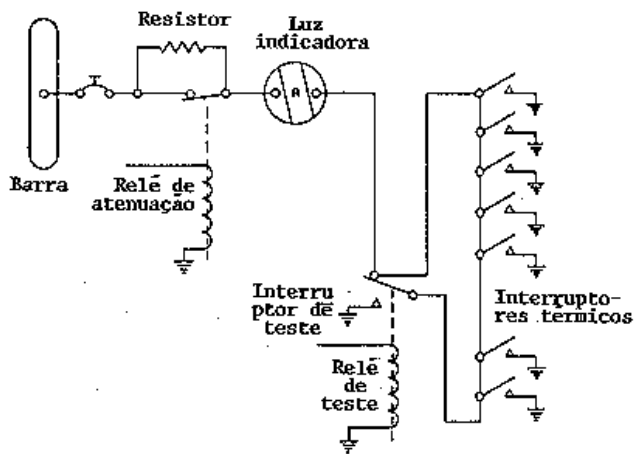


Figura 9-1 Circuito de interruptores térmicos.

Se um aumento de temperatura ultrapassar um determinado valor, em qualquer seção do circuito, o interruptor térmico fechará, completando o circuito da lâmpada indicadora de fogo, ou a condição de superaquecimento.

Não existe um número certo de interruptores térmicos em cada circuito; o número exato será determinado pelo fabricante.

Em algumas instalações todos os detectores térmicos são conectados a uma única lâmpada; em outras, pode ser encontrado um interruptor térmico para cada lâmpada indicadora.

Algumas luzes de alarme são do tipo "pressione-para-testar".

O circuito apresentado na figura 9-1 inclui um relé de teste.

Com o contato do relé na posição mostrada, dois caminhos são possíveis para o fluxo da corrente dos interruptores até a lâmpada.

Este é um dispositivo adicional de segurança.

Energizando o relé de teste, um circuito em série é completado, checando toda a fiação e o filamento de todas as lâmpadas.

Também incluído no circuito mostrado na figura 9-1, há um relé de controle de brilho. Este, ao ser energizado, altera o circuito, para incluir uma resistência em série com a lâmpada.

Em algumas instalações vários circuitos são ligados através de relés de controle de brilho, e todas as luzes de advertência podem ser ofuscadas ao mesmo tempo.

Sistemas de par térmico

O sistema de aviso de fogo, em par térmico, opera por um princípio completamente diferente do sistema de interruptores térmicos.

Um par térmico depende da razão de aumento da temperatura, e não dá o alarme quando um motor superaquece lentamente, ou quando ocorre um curto-circuito. O sistema consiste em uma caixa de relés, luzes de aviso e pares térmicos.

A fiação do sistema dessas unidades pode ser dividida entre os seguintes circuitos: (1) circuito detector; (2) circuito de alarme; e (3) circuito de teste. Esses circuitos são mostrados na figura 9-2.

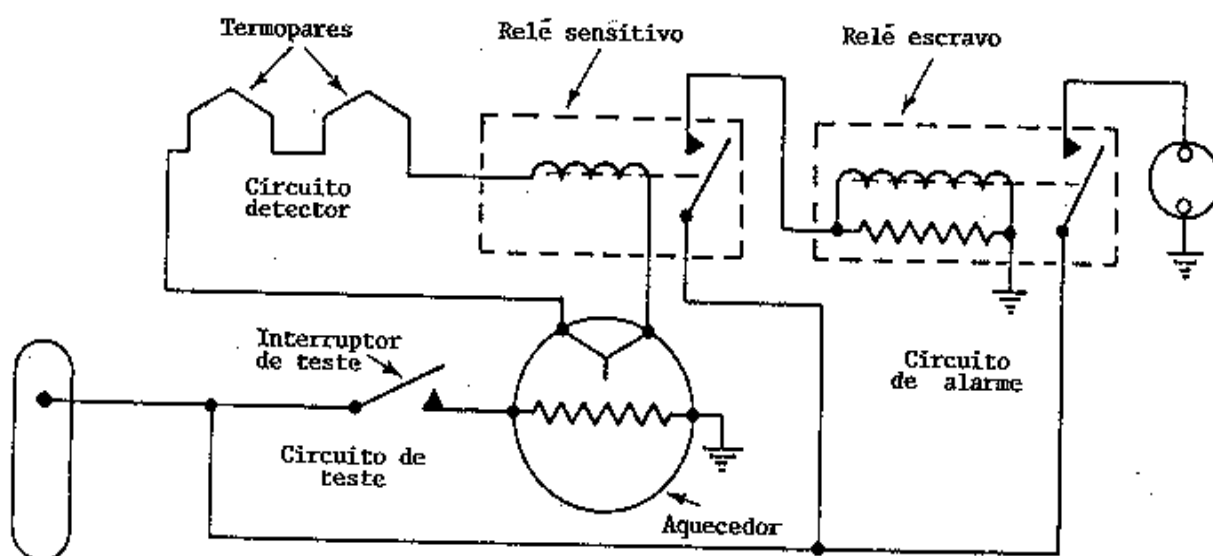


Figura 9-2 Circuito de aviso de fogo tipo "termopar".

A caixa de relés contém dois relés, o sensível e o escravo; e ainda a unidade de teste térmico. Essa caixa pode conter de um a oito circuitos idênticos, dependendo do número de zonas potenciais de fogo.

Os relés controlam as luzes de alarme. Por sua vez, os pares térmicos controlam a operação dos relés. O circuito consiste de vários pares térmicos, em série uns com os outros, e com o relé sensível.

O par térmico é construído com dois metais diferentes, que são o cromel e o constantan. O ponto de junção dos dois metais, que será exposto ao calor, é chamado de junção quente. Há também, uma junção de referência, incluída no espaço entre os dois blocos isolantes.

Um invólucro de metal protege mecanicamente o par térmico, sem interferir no movimento livre do ar na junção quente.

Se a temperatura subir rapidamente, o par térmico produzirá uma voltagem, – por causa da diferença de temperatura entre a junções de referência e a junção quente.

Se ambas as junções forem aquecidas ao mesmo tempo, nenhuma voltagem será produzida.

Na nacele do motor, há um normal e gradual aumento de temperatura, causado pela operação do motor. Ambas as junções são aquecidas na mesma proporção, não havendo por isso, sinal de alarme.

Porém, se houver fogo, a junção quente aquecerá mais rapidamente que a junção de referência. A voltagem resultante causará um fluxo de corrente no circuito detector.

Quando a corrente for maior do que quatro miliampères (0.004 ampères) o relé sensível fechará. Isto completará o circuito do sistema de força da aeronave para a bobina do relé escravo; este fechará, completando o circuito para a lâmpada de alarme, dando uma indicação visual de fogo.

O número total de pares térmicos usados em um circuito detector, depende das dimensões das zonas de fogo e da resistência total do circuito, que geralmente não excede a 5 ohms, como mostra a figura 9-2.

O resistor conectado através dos terminais do relé escravo, absorve a voltagem auto-induzida da bobina, para evitar a formação de arco entre os pontos do relé sensível. Os contatos do relé sensível são tão frágeis, que se quei-

mariam ou soldariam, se fosse permitida a formação de um arco.

Quando o relé sensível abre, o circuito para o relé escravo é interrompido, e o campo magnético em torno da sua bobina é encerrado. Quando isto acontece, a bobina recebe uma voltagem através da auto-indução, entretanto, com o resistor através dos terminais da bobina, é aberto um caminho para algum fluxo de corrente como resultado desta voltagem. Então, o arco nos contatos do relé sensível é eliminado.

Sistema detector de circuito contínuo

Um sistema detector contínuo, ou um sistema sensor, permite a cobertura mais eficiente de uma área de perigo de fogo do que qualquer um dos detectores de temperatura do tipo "spot".

Os sistemas contínuos são uma versão do sistema de interruptores térmicos; são os de superaquecimento, unidades sensíveis ao calor, que completam o circuito elétrico a uma determinada temperatura. Um sistema contínuo não possui sensibilidade ao aumento da razão de temperatura. Os dois tipos de detectores, usados nos sistemas de sensores contínuos, são os sistemas Kidde e o Fenwal.

No sistema contínuo kidde (figura 9-3), dois fios são envolvidos com uma camada de cerâmica especial, formando o núcleo de um tubo de Inconel.

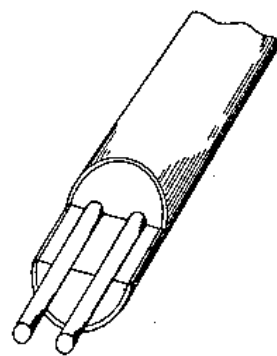


Figura 9-3 Elemento sensor "Kidde".

Um dos dois fios no sistema sensor Kidde é soldado nos terminais do tubo envolvente, atuando como "massa" interna. O segundo fio é um condutor (acima do potencial terrestre) que permite um sinal de corrente, quando a cobertura de cerâmica dos fios altera a sua resistência com a mudança da temperatura.

O outro sistema contínuo, o Fenwall (figura 9-4), usa um fio simples envolvido em uma camada de cerâmica, dentro de um tubo de Inconel.

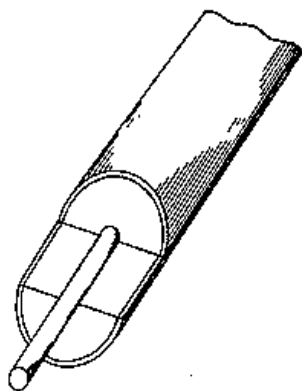


Figura 9-4 Elemento sensor "Fenwal".

A camada de cerâmica do detector Fenwal está embebida com um sal eutético, que possui características de reduzir rapidamente sua resistência elétrica, quando o elemento sensor atingir a sua temperatura de alarme.

Em ambos os sistemas, no Kidde e no Fenwall, a resistência da cerâmica ou do sal eutético evita o fluxo da corrente elétrica enquanto for normal a temperatura.

No caso de uma condição de fogo ou superaquecimento, a resistência do núcleo diminui e o fluxo de corrente flui entre o fio condutor de sinal e a "massa", energizando o sistema de alarme.

Os elementos sensores do sistema Kidde são conectados a um relé da unidade de controle.

Essa unidade constantemente mede a resistência total de todo o sensor.

O sistema sente a temperatura média, tão bem como qualquer simples ponto isolado.

O sistema Fenwal usa um amplificador magnético como unidade de controle. Esse sistema não é proporcional, mas soará um alarme quando qualquer porção do seu elemento sensor atingir a temperatura.

Ambos os sistemas continuamente monitoram as temperaturas nos compartimentos dos motores e, automaticamente, são rearmados após um alarme de fogo ou de superaquecimento.

Sistema detector do tipo "spot"

O sistema detector spot opera por um princípio diferente do sistema contínuo. Cada unidade detectora (figura 9-5) consiste de um interruptor térmico bimetalico. A maioria dos detectores spot são interruptores térmicos de terminal duplo, eletricamente acima do potencial terrestre.

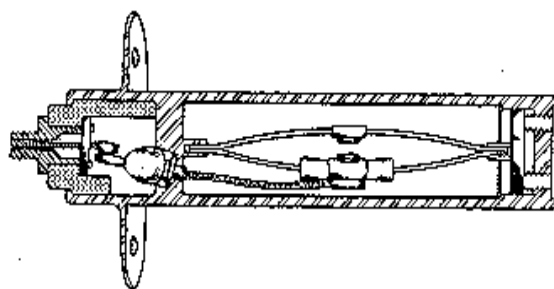


Figura 9-5 Detector "Fenwal" tipo "Spot".

Os detectores Fenwal spot são ligados em paralelo entre dois circuitos completos da fiação, como é mostrado na figura 9-6. Assim, o sistema pode resistir a uma falha, que pode ser uma abertura no circuito elétrico ou um curto para a massa, sem indicar um falso alarme de fogo.

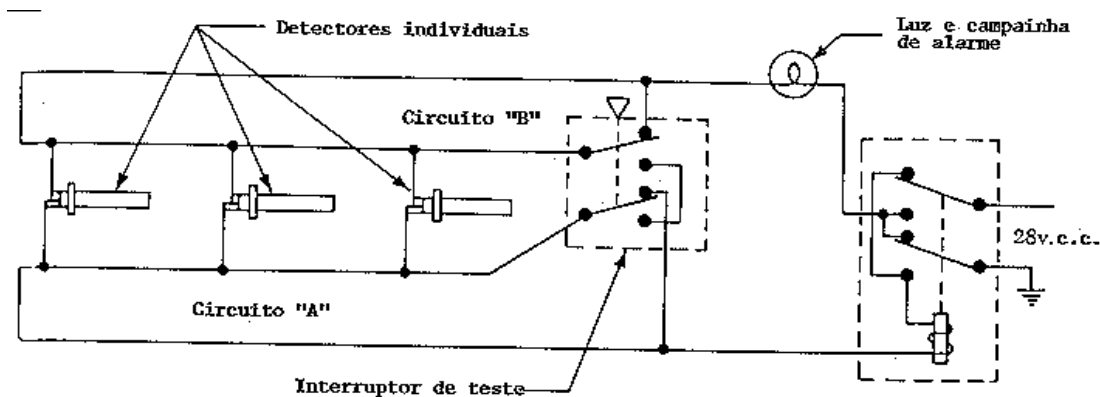


Figura 9-6 Circuito detector "Fenwal".

Uma dupla falha pode existir antes que um falso alarme de fogo possa ocorrer. No caso de uma condição de fogo ou de superaquecimento, o interruptor do detector spot fecha, completando o circuito para soar um alarme.

O sistema detector Fenwal spot opera sem uma unidade de controle.

Quando uma condição de superaquecimento ou de fogo causar o fechamento de um interruptor do detector, o alarme soará, e uma lâmpada de aviso indicando a área afetada será acesa.

ZONAS DE FOGO

Os detectores de fogo do motor são localizados de acordo com as zonas de fogo. Cada motor e área da nacele normalmente é dividida em três zonas semelhantes às apresentadas na figura 9-7.

A zona I identifica a área da seção de força do motor à frente do bordo de fuga dos flapes de refrigeração até a entrada dos anéis deflectores. A zona "II" identifica a área da seção de acessórios do motor entre a entrada dos anéis deflectores e a parede de fogo, e a zona "III" identifica a área da nacele atrás da parede de fogo.

Além das zonas das áreas do motor e da nacele, outras áreas nas aeronaves multimotoras estão equipadas com sistemas de proteção e de detecção de fogo. Estas áreas incluem os compartimentos de bagagem, instalações de fonte de força auxiliar, instalações de aquecimento do combustível e outras áreas perigosas. A apresentação da proteção contra fogo para estas áreas não está incluída nesta seção, estando limitada à proteção de fogo do motor.

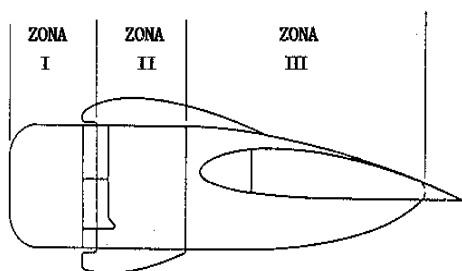


Figura 9-7 Zonas de fogo.

AGENTES DE EXTINÇÃO DE FOGO

Os sistemas fixos de extinção de fogo, usados na maioria dos sistemas de proteção contra

fogo dos motores convencionais, são destinados a diluir a atmosfera com um agente inerte que não sustentará a combustão.

A maioria dos sistemas usam tubos perfurados ou bicos de descarga para a distribuição do agente extintor.

O sistema HRD (alta razão de descarga), recentemente desenvolvido, usa tubos sem restrição na saída, para liberar uma quantidade do agente extintor em 1 ou 2 segundos.

Dióxido de carbono (CO₂)

Classificação de toxicidade UL de 5a, é especialmente recomendado para o uso em fogo das classes B e C. Extingue a chama pela dissipação imediata do oxigênio da área.

Do ponto de vista de toxicidade e perigo de corrosão, o dióxido de carbono é o agente mais seguro para o uso.

Ele foi por muitos anos o agente mais amplamente utilizado. Se manipulado imprópriamente, pode causar confusão mental e sufocação.

Devido a sua variação em pressão de vapor com a temperatura, torna-se necessário estocar o CO₂ em vasilhames mais resistentes do que a maioria dos requeridos para outros agentes.

Hidrocarbonetos Halogenados (normalmente chamados de Freon)

Brometo de metila (Halon 1001) - Fórmula química - CH₃ Br - um gás liquefeito, com uma classificação de toxicidade UL de 2.

O brometo de metila é um agente extintor mais eficiente do que o CO₂, do ponto de vista de peso. Ele é também mais tóxico do que o CO₂ e não pode ser usado em áreas onde uma concentração prejudicial possa penetrar no compartimento de pessoal.

Um agente de alarme, como uma fumaça colorida, é misturado com o brometo de metila, que poderá corroer seriamente as ligas de alumínio, magnésio ou zinco.

Clorobromometano (Halon 1011) - fórmula química - CH₂ Cl Br - é um gás liquefeito, com uma classificação de toxicidade UL de 3. Normalmente conhecido como "CB", o clorobromometano é mais tóxico do que o CO₂.

Ele é corrosivo para alumínio, magnésio, aço e latão; não é recomendável para o uso em aeronaves.

- Classificação do comparativo perigo de vida dos agentes extintores de fogo pelo *UNDERWRITERS' LABORATORIES' (UL)*.

GRUPO	DEFINIÇÃO	EXEMPLOS
6 (menos tóxico)	Gases ou vapores, os quais em concentrações acima de no mínimo 20% por volume, por duração de exposição da ordem de 2 horas, não chega a produzir danos	Bromotrifluorometano (Halon 1301)
5a	Gases ou vapores bem menos tóxicos do que o grupo 4, porém mais tóxicos do que o grupo 6	Dióxido de carbono
4	Gases ou vapores, os quais em concentrações da ordem de 2 a 2 1/2 % para duração de exposição da ordem de 2 horas, são letais ou produzem sérios danos.	Dibromodifluorometano (Halon 1202).
3	Gases ou vapores, os quais em concentrações da ordem de 2 a 2 1/2% para duração de exposição da ordem de 1 hora, são letais ou produzem sérios danos.	Bromoclorometano (Halon 1011) Tetracloreto de carbono (Halon 104).
2	Gases ou vapores, os quais em concentrações da ordem de 1/2 a 1% para duração de exposição da ordem de 1/2 horas, são letais ou produzem sérios danos.	Metil bromide (Halon 1001)

Tabela 9-1 Tabela de toxicidade.

Tetracloreto de carbono (Halon 104) - Fórmula química - C Cl_4 - é um líquido com uma classificação de toxicidade UL de 3. Ele é venenoso e tóxico. Sempre que o tetracloreto de carbono ("carbon tet") é usado em fogo comum, são produzidos vapor de ácido clorídrico, gás de cloro e gás fosgênio.

A quantidade de gás fosgênio é aumentada sempre que o tetracloreto de carbono for posto em contato direto com metal quente, certos produtos químicos, ou arcos elétricos contínuos. Ele não é mais aprovado para uso em qualquer tipo de extintor de fogo.

Dibromodifluorometano (Halon 1201) - Fórmula química - $\text{CBr}_2 \text{F}_2$ - é um gás liquefeito com uma classificação de toxicidade UL de 4.

Este agente não é corrosivo para o alumínio, latão e aço, e é mais tóxico do que o CO_2 . Ele é um dos mais eficientes agentes extintores

encontrados, mas não é recomendada para o uso em aeronaves.

Bromoclorodifluorometano (Halon 1211) - fórmula química - CBr ClF_2 - é um gás liquefeito com uma classificação de toxicidade UL de 5.

Ele é incolor, não corrosivo, evapora rapidamente não deixando resíduo algum; não congela nem causa queimaduras, não danifica tecidos, metais ou outros materiais os quais tenha entrado em contato.

O Halon 1211 atua rapidamente contra o fogo produzindo uma camada espessa de névoa que elimina o ar da fonte do fogo, - o mais importante é que interfere quimicamente com o processo de combustão. Ele possui notáveis propriedades de evitar o reacendimento após o fogo ter sido extinto.

Bromotrifluorometano (Halon 1301) - fórmula química - $\text{C F}_3 \text{Br}$ - é um gás liquefeito com uma classificação de toxicidade UL de 6.

Ele tem todas as características do Halon 1211. A diferença significativa entre os dois é que o Halon 1211 expelle um jato semelhante ao CO₂, enquanto o Halon 1301 tem um jato de vapor que se torna mais difícil de direcionar.

O Halon 1211 e o Halon 1301 são amplamente usados em sistemas de extinção de incêndios de alta razão de descarga (HRD), instalados em aeronaves equipadas com motor a reação ou turboélice.

Sistemas extintores de fogo de CO₂ dos motores convencionais.

O CO₂ é um dos mais antigos tipos de sistemas extintores de fogo dos motores convencionais das aeronaves de transporte, sendo ainda usado em muitas aeronaves antigas.

O sistema extintor de fogo é projetado em torno de uma garrafa de CO₂ (figura 9-8) e uma válvula de controle remoto operada da cabine.

A garrafa armazena o dióxido de carbono abafador de chama, sob a pressão requerida para distribuir o agente extintor para o motor.

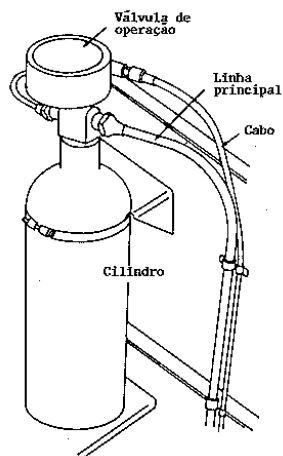


Figura 9-8 Instalação de garrafa de dióxido de carbono (CO₂).

O gás é distribuído através de tubulações da válvula da garrafa de CO₂ para o conjunto de controle da válvula na cabine, e então para os motores por tubulações, instaladas na fuselagem e túneis da asa. A tubulação terminal, em forma de círculo, é toda perfurada envolvendo os motores (figura 9-9).

Para operar o sistema de extinção de fogo de CO₂, a válvula seletora deve ser comandada para o motor que contenha fogo. Um puxão no punho em "T" de controle, localizado próximo a válvula seletora do motor, atua a haste de alívio

da válvula da garrafa de CO₂. O líquido comprimido na garrafa de CO₂ flui em uma rápida descarga para as saídas da linha de distribuição (figura 9-9) do motor afetado. O contato com o ar converte o líquido em gás e "neve", o qual abafa a chama.

Um dos mais sofisticados tipos de sistema de proteção contra fogo de CO₂ é usado em muitas aeronaves de quatro motores. Este sistema é capaz de liberar CO₂ duas vezes para cada um dos quatro motores.

Sistemas de aviso de fogo são instalados em todas as localizações perigosas da aeronave, para fornecer um alarme em caso de fogo.

Os vários sistemas de alarme operam luzes de aviso no painel de controle de fogo na cabine, energizando, também, um alarme sonoro na cabine.

Um sistema típico de CO₂ consiste de seis garrafas, montadas três de cada lado do alojamento da roda do nariz. Válvulas de enchimento são instaladas em cada garrafa de CO₂. As garrafas de cada fileira são interconectadas.

As válvulas de duas garrafas traseiras, de cada conjunto de três, são projetadas para serem abertas mecanicamente por um cabo, conectado ao punho de controle de descarga no painel principal de controle de fogo na cabine.

Em caso de descarga pelos meios mecânicos, a válvula de enchimento da garrafa dianteira de cada grupo é operada pela pressão de CO₂, aliviada das duas garrafas traseiras através da linha de interconexão. A válvula de enchimento da garrafa dianteira de cada grupo contém um solenóide. A válvula é projetada para ser operada eletricamente, quando o solenóide for energizado pela atuação de um botão no painel de controle.

No caso de uma descarga pelos meios elétricos, as válvulas das duas garrafas traseiras de cada grupo são operadas pela pressão de CO₂, aliviada da garrafa dianteira através da linha de interconexão. Cada grupo de garrafas de CO₂ tem um disco vermelho, indicador de descarga térmica de segurança, que será rompido quando a pressão atingir ou ultrapassar 2.650 p.s.i. A descarga ocorrerá também em temperaturas acima de 74° C. Cada conjunto de garrafas também tem um disco amarelo indicador da descarga do sistema.

Montado ao lado do disco vermelho, o disco amarelo indica qual grupo de garrafas foi esvaziado por uma descarga normal.

Este tipo de sistema de proteção contra fogo de CO₂ inclui um sistema de alarme de fogo. ele é um sensor contínuo, de baixa impedância, e do tipo de religação automática para o motor e áreas da nacele do motor. Um único

circuito detector de fogo é previsto para cada motor e área da nacele.

Cada circuito completo consiste de uma unidade de controle, elementos sensores, um relé de teste, uma luz de aviso de fogo e um relé do circuito de aviso de fogo.

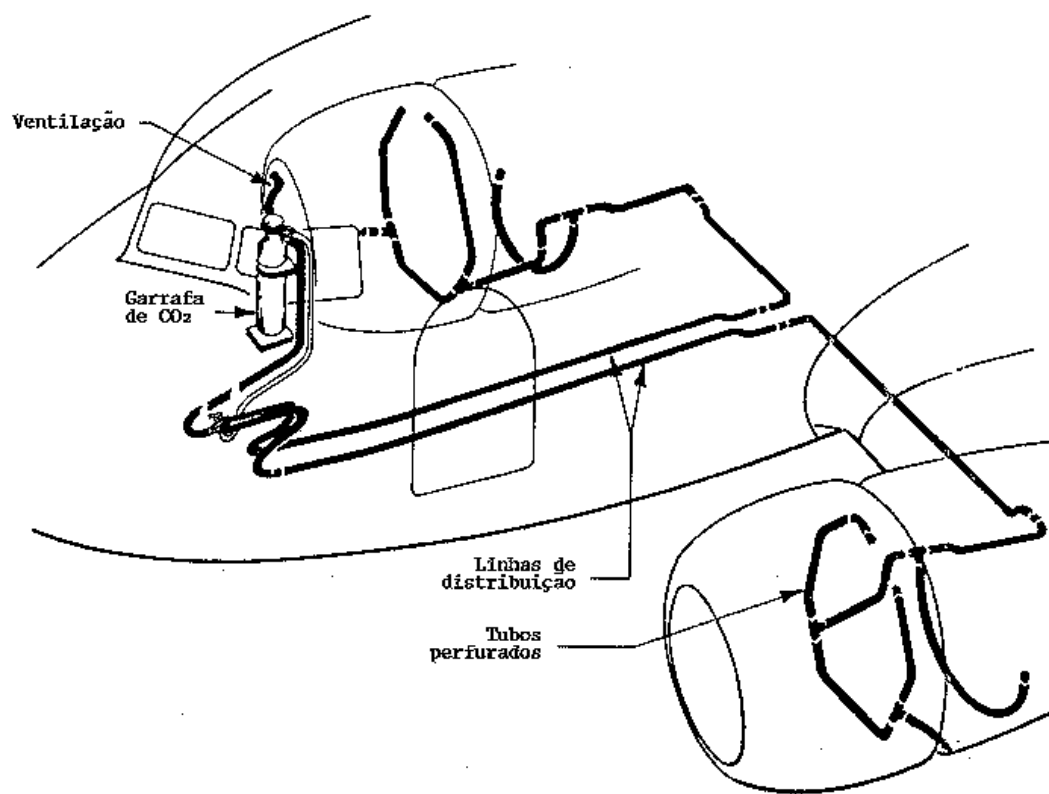


Figura 9-9 Sistema extintor de fogo de CO₂ em uma aeronave bimotora de transporte.

Equipamentos associados, como conjunto de conectores flexíveis, fios passadores de borracha, braçadeiras e presilhas de montagem, são usados em várias quantidades, dependendo das necessidades individuais da instalação.

Por exemplo, em uma aeronave de quatro motores, quatro conjuntos de luzes de alarme, sendo uma para cada motor e área da nacele, darão a correspondente indicação de aviso quando um alarme for iniciado pelo respectivo circuito de aviso de fogo do motor.

Conjunto de luzes de alarme nos punhos de comando manual de CO₂ são conectados para todos os quatro circuitos detectores de fogo do motor, em conjunto com um alarme sonoro de fogo com os seus interruptores de corte protegidos e luzes de indicação.

O fio isolado do circuito detector é encaminhado da unidade de controle no compartimento de rádio para o relé de teste.

O fio é então dirigido através da nacele e seções do motor, retornando para o relé de teste, onde ele será unido a sua outra extremidade formando um circuito contínuo.

Cada unidade de controle contém transistores, transformadores, resistores, capacitores e um potenciômetro. Ele também contém um circuito integrado, o qual introduz um retardo, que dessensibiliza o sistema de aviso para um sinal transitório de curta duração, – que de outra forma causaria falsos alarmes momentâneos.

Quando uma condição de fogo ou superaquecimento existir em um motor ou área da nacele, a resistência do sensor diminuirá, abaixo de um valor determinado pelo potenciômetro da unidade de controle, o qual está em um circuito de referência do circuito detector e amplificador da unidade de controle. A saída deste circuito energiza o alarme sonoro de aviso de fogo e a luz de aviso de fogo.

SISTEMAS DE PROTEÇÃO DE FOGO DE MOTORES A TURBINA.

Diversas falhas ou danos em geral podem resultar em condições de superaquecimento ou de fogo, peculiares às aeronaves com motor a turbina por causa de suas características de operação.

Os dois principais tipos de falhas de turbina podem ser classificados como termodinâmicos ou como mecânicos. As causas termodinâmicas são aquelas que alteram a proporção do ar de refrigeração da temperatura da combustão, para os níveis em que os metais da turbina podem tolerar.

Quando o ciclo de refrigeração é alterado, as palhetas da turbina podem ser derretidas, causando uma súbita perda de empuxo. A rápida formação de gelo na tela da entrada de ar ou na entrada das aletas guias pode resultar em severo superaquecimento, causando o derretimento das palhetas da turbina, sendo arrancadas e arremessadas para fora do motor.

Falhas semelhantes podem causar a separação do cone traseiro; e possível penetração de estilhaços na estrutura da aeronave, tanques ou equipamentos próximos a roda da turbina. Em geral, a maioria das falhas termodinâmicas são causadas pelo gelo, excesso de sangria de ar ou vazamento, ou falha dos controles que permitam o estol do compressor ou excesso de combustível.

Falhas mecânicas, como quebra da palheta da turbina ou palheta arrancada, podem também levar a uma condição de superaquecimento ou fogo.

Estilhaços das palhetas podem perfurar o cone traseiro, criando uma condição de superaquecimento.

A falha dos estágios dianteiros de uma turbina de muitos estágios normalmente é muito mais severa.

A penetração no alojamento da turbina pelos estilhaços de uma palheta danificada é um possível perigo de fogo, do mesmo modo que a penetração nas linhas e nos componentes que contenham fluidos inflamáveis.

Um alto fluxo de combustível, através de um bico injetor mal calibrado, pode causar a queima através do cone de escapamento em alguns motores. O fogo no motor pode também ser causado pela queima de fluido que, ocasio-

nalmente, escorra através do tubo de escapamento.

Zona de fogo dos motores a turbina

Em virtude das instalações de um motor a turbina terem diferenças marcantes das instalações de um motor convencional, os sistemas de zonas de fogo usados para a maioria dos motores convencionais, não poderão ser usados.

Uma possível zona de fogo em uma instalação de motor a turbina é qualquer área, na qual possa existir uma fonte de ignição, junto com combustíveis, vazamentos de linhas de fluido combustível, ou vapores de combustível. Os seguintes compartimentos do motor usualmente são protegidos:

- 1 - Seção de força do motor, incluindo os queimadores, turbina e escapamento.
- 2- Compressor do motor e seção de acessórios, estando incluídos o compressor e todos os acessórios do motor.
- 3- O compartimento do motor por inteiro, quando não existir isolamento entre a seção de força do motor e a seção de acessórios.

Agentes de extinção de fogo dos motores a turbina

Os agentes de extinção de fogo usados nos motores convencionais são, também, usados nos sistemas de proteção de fogo dos motores a turbina.

A eficiência dos vários agentes é influenciada pelo tipo de sistema de proteção de fogo no motor a ser utilizado, se ele for um sistema HRD (alta razão de descarga) melhor do que um sistema convencional, ou se for o método de distribuição por bico pulverizador, anel de esguicho ou tubo com extremidade aberta.

A escolha do agente é também influenciada pelas condições do fluxo de ar através do motor.

Tipos de detectores de fogo ou superaquecimento

A seguinte relação de métodos de detecção inclui aqueles mais usados em sistemas de proteção de fogo em motores a turbina.

O sistema completo de proteção contra fogo de uma aeronave, com os maiores motores

a turbina, terá alguns destes diferentes métodos de detecção incorporados:

- 1- Detectores de razão de aumento da temperatura.
- 2- Detectores sensíveis a radiação.
- 3- Detectores de fumaça.
- 4- Detectores de superaquecimento.
- 5- Detectores de monóxido de carbono.
- 6- Detectores de vapores de combustível.
- 7- Detectores de fibra ótica.
- 8- Observação da tripulação ou passageiros.

Os três tipos de detectores mais usados para uma rápida detecção de fogo são o razão de aumento da temperatura, sensor de radiação e os detectores de superaquecimento.

Proteção de fogo no solo dos motores a turbina

O problema de fogo no solo tornou-se mais grave com o aumento do tamanho das aeronaves de motor a turbina. Por esta razão, uma conexão central de solo, para o sistema de extinção de fogo, tem sido instalada em algumas aeronaves. Estes sistemas fornecem um meio mais eficiente de extinção de fogo no solo, e eliminam a necessidade de remoção e de reabastecimento das garrafas de extinção de fogo instaladas na aeronave.

Estes sistemas usualmente incluem meios de operação do sistema inteiro, de um local como a cabine, ou da localização do suprimento do agente extintor, no solo.

Nas aeronaves não equipadas com a conexão central de solo para o sistema de extinção de fogo, normalmente são previstos meios de um rápido acesso ao compressor, escapamento ou compartimento dos queimadores. Por isso, a maioria dos sistemas da aeronave estão equipadas com portas de acesso de abertura rápida, na superfície externa de vários compartimentos.

O fogo na parte interna do escapamento dos motores, durante o corte ou falsa partida, pode ser eliminado pelos giros do motor com o motor de partida.

Se o motor já estiver funcionando, ele pode ser acelerado para atingir o mesmo resultado. Se o fogo persistir, um agente extintor pode ser dirigido ao interior do tubo de escapamento. O que deve ser levado em conta, é que o uso excessivo de CO₂ ou outro agente que tenha

o efeito de resfriamento, pode contrair o alojamento da turbina ou a própria turbina, causando a desintegração do motor.

SISTEMA TÍPICO DE PROTEÇÃO DE FOGO DE MULTIMOTORES

Um sistema de proteção de fogo de motores a turbina para uma aeronave multimotora é descrito em detalhes nos parágrafos seguintes.

Este sistema é típico da maioria das aeronaves de transporte com motores a reação, e inclui componentes e sistemas semelhantes encontrados em todas aquelas aeronaves. Deve ser enfatizado que os procedimentos de manutenção e detalhes de instalação, de cada tipo de aeronave em particular, são uma função da configuração específica da aeronave.

O sistema de proteção contra fogo da maioria das grandes aeronaves com motor a turbina consiste de dois subsistemas: um sistema detector de fogo e um sistema de extinção de fogo. Estes dois subsistemas proporcionam proteção contra fogo, não somente no motor e áreas da nacele, mas também em áreas como os compartimentos de bagagem e alojamento das rodas. Aqui, serão discutidos apenas os sistemas de proteção contra fogo do motor.

Cada motor a turbina instalado em uma nacele suspensa contém um circuito de detecção de fogo, que é automático e sensível ao calor. Este circuito consiste de uma unidade sensível ao calor, uma unidade de controle, um relé e dispositivos de alarme. Normalmente os dispositivos de alarme incluem uma luz de aviso na cabine para cada circuito, e um alarme sonoro para todos os circuitos em conjunto.

A unidade sensora de calor de cada circuito possui um detector contínuo em torno das áreas a serem protegidas.

Essas áreas são os queimadores e a área do escapamento. Também incluídas, na maioria dos sistemas de extinção de fogo das aeronaves, estão a área do compressor e a área dos acessórios, as quais em algumas instalações podem ser protegidas por um circuito separado de proteção de fogo. A figura 9-10 ilustra a rota típica de um detector contínuo de fogo em um motor instalado em nacele suspensa.

Um detector contínuo típico é formado por uma série de elementos unidos por conectores a prova de umidade, os quais são fixados à estru-

tura da aeronave. Na maioria das instalações, o detector contínuo é preso por dispositivos ou presilhas a cada 10 ou 12 polegadas de distância.

cia. Um espaço maior entre os suportes pode permitir vibração ou atrito da seção livre, e tornar-se uma fonte de falsos alarmes.

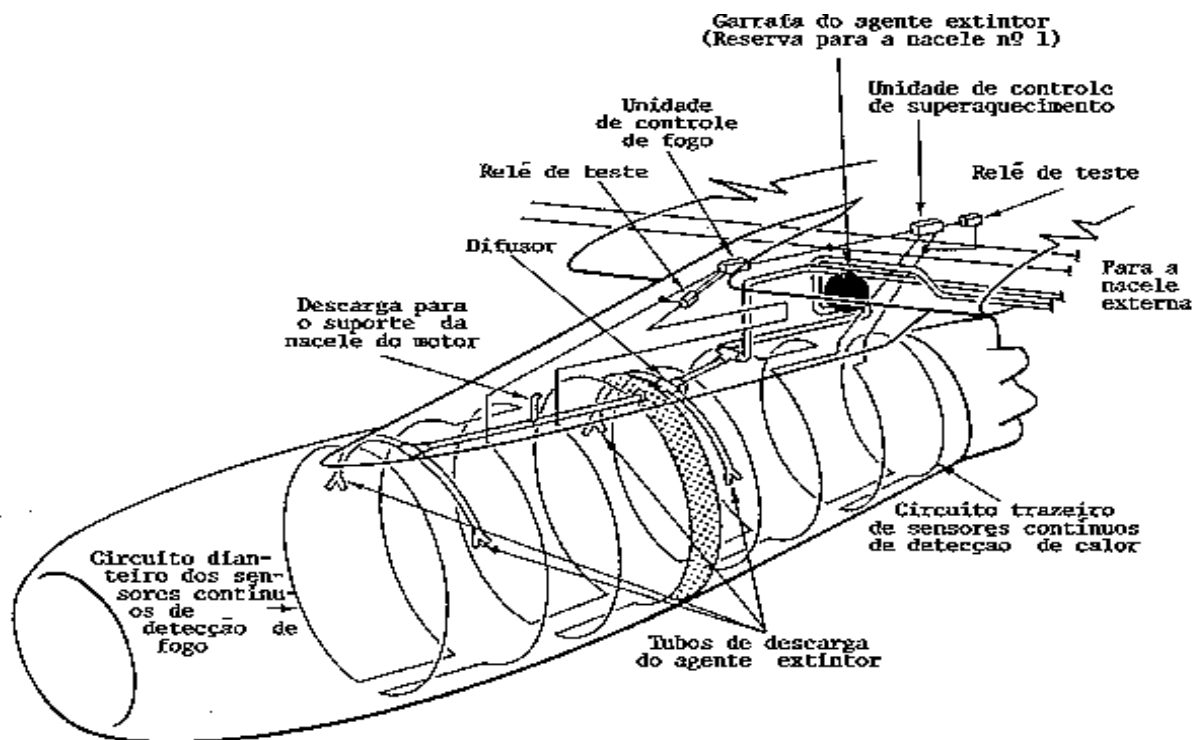


Figura 9-10 Instalação típica de proteção da nacele do motor e seu suporte ("Pylon").

Em um típico sistema detector de fogo de um motor a turbina, uma unidade de controle individual é prevista para cada circuito sensor. A unidade de controle contém um amplificador transistorizado ou magnético, o qual produz uma saída, quando um fluxo de corrente predeterminado de entrada for detectado pelo sensor contínuo.

Cada unidade de controle também contém um relê de teste, que é usado para simular uma condição de fogo ou de superaquecimento para o circuito de teste.

A saída do amplificador, da unidade de controle, é usada para energizar um relê de aviso, muitas vezes chamado de "relê de fogo". Normalmente localizado próximo às unidades de controle, estes relês de fogo, quando energizados, completam o circuito para o apropriado dispositivo de aviso.

Os dispositivos de aviso para as condições de fogo e superaquecimento do motor e nacele estão localizados na cabine. Uma luz de aviso de fogo para cada motor, normalmente é localizada em um interruptor especial de fogo na forma de um punho, localizado no painel de instrumentos ou no painel de controle de fogo.

Estes interruptores de fogo são, algumas vezes, chamados de "punhos de fogo".

Conforme está ilustrado na figura 9-11, o punho de fogo contém a luz de aviso de detecção de fogo.

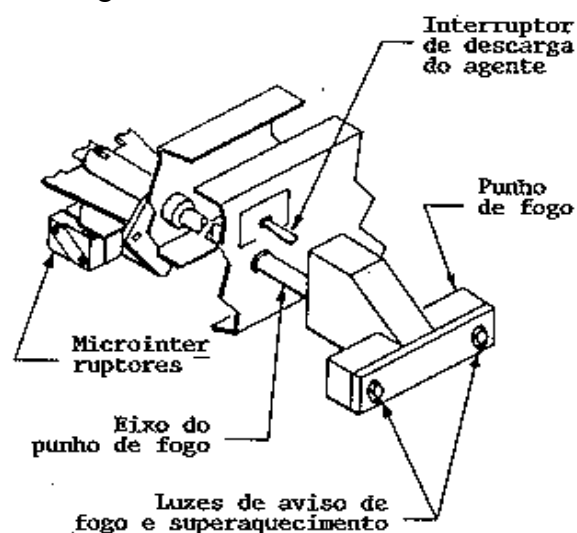


Figura 9-11 Interruptor e punho de fogo.

Em alguns modelos deste punho interruptor de fogo, ao ser puxado, deixa exposto um interruptor, que anteriormente era inacessível, o qual comanda o agente extintor e também atua

microinterruptores que energizam as válvulas de corte de emergência e outras válvulas pertinentes.

Sistema de extinção de fogo de motores a turbina

A parte de extinção de fogo de um típico sistema de proteção de fogo completo, inclui uma garrafa ou reservatório de um agente extintor para cada motor ou área da nacele. Um tipo de instalação provê uma garrafa de agente para

cada uma das naceles suspensas de uma aeronave multimotora.

Este sistema usa uma garrafa ou reservatório de agente extintor semelhante ao tipo mostrado na figura 9-12.

Este tipo de garrafa é equipado com duas válvulas de descarga que são operadas por cartuchos disparados eletricamente. Estas duas válvulas são o controle principal e o reserva, que liberam e dirigem o agente para a nacele suspensa, na qual a garrafa está localizada, ou para o outro motor da mesma asa.

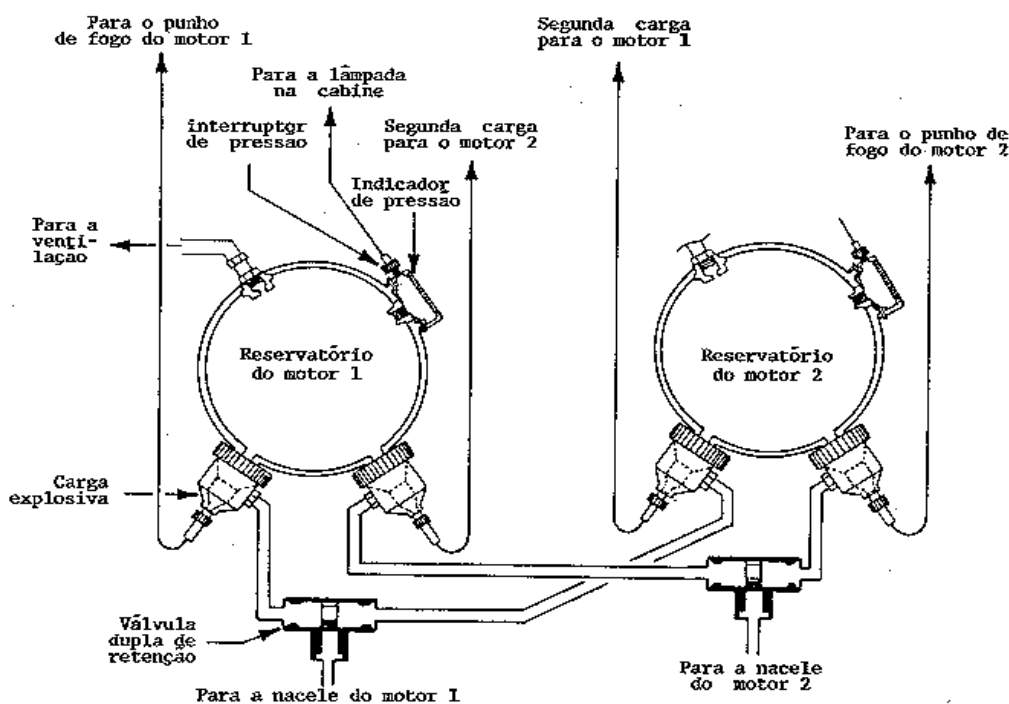


Figura 9-12 Sistema de extinção de fogo para uma aeronave multimotora.

Este tipo de tiro duplo, configuração de alimentação cruzada, permite a liberação de uma segunda carga de agente extintor de fogo para o mesmo motor, se um outro foco de fogo ocorrer, sem a condição de duas garrafas para cada área do motor. Um outro tipo de instalação para quadrimotores, usa dois sistemas independentes de extinção de fogo.

Os dois motores do mesmo lado da aeronave são equipados com dois reservatórios de agente extintor (figura 9-13), mas eles estão localizados juntos na nacele suspensa interna. Um indicador da pressão, um plugue de descarga, e uma conexão de segurança são previstos para cada reservatório. O plugue de descarga é selado com um disco quebrável, combinado com uma

carga explosiva que é eletricamente detonada para descarregar o conteúdo da garrafa. A conexão de segurança é fixada na parte interna da estrutura com um indicativo disco vermelho. Se a temperatura ultrapassar um determinado valor de segurança, o disco será rompido, extravazando o agente.

A conexão de alimentação dos dois reservatórios de uma instalação dupla (figura 9-13) inclui uma válvula de retenção dupla e uma conexão em "T", da qual as tubulações são ligadas ao indicador de descarga. Este indicador é fixado na parte interna da estrutura com um indicativo disco amarelo, que é rompido quando a linha de alimentação for pressurizada por qualquer uma das garrafas.

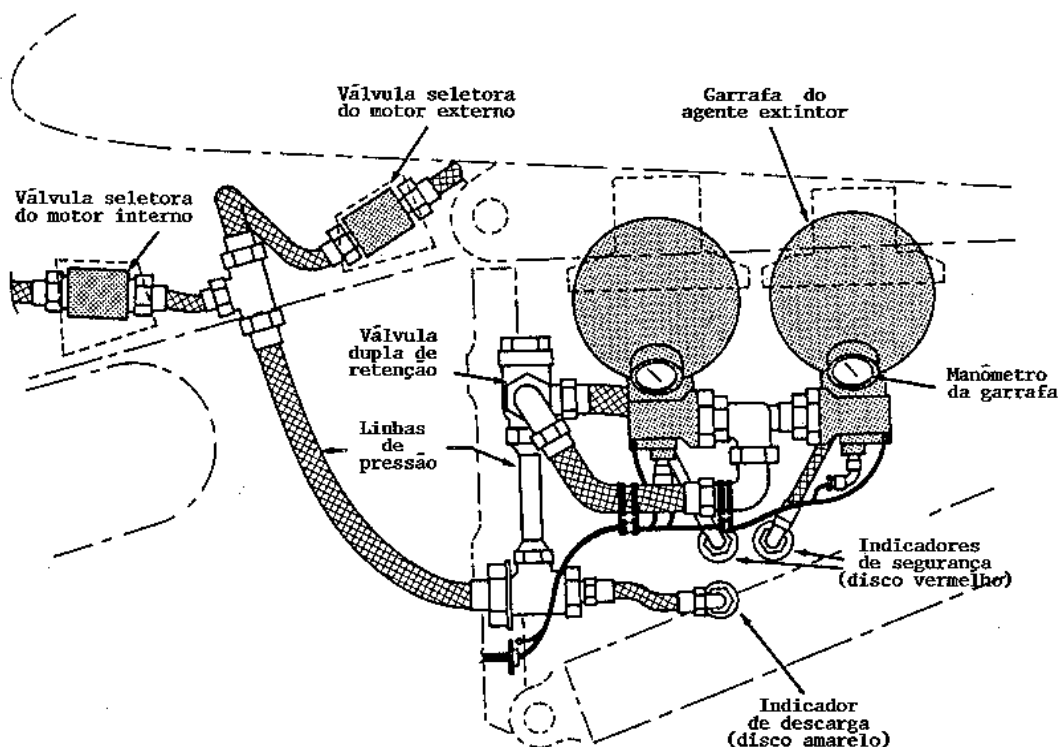


Figura 9-13 Instalação de garrafas e conexões.

A linha de descarga tem dois ramais (figura 9-13), uma linha pequena para o motor interno e uma mais comprida estendendo-se pelo bordo de ataque da asa para o motor externo. Ambos os ramos terminam em uma conexão em "T", próxima a fixação dianteira do motor.

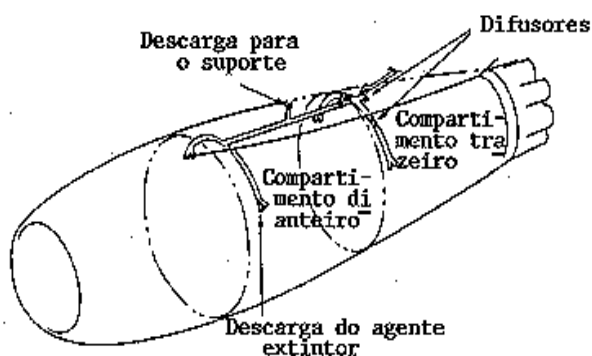


Figura 9-14 Tubos de descarga do agente extintor.

Um outro tipo de instalação da descarga do agente extintor de fogo é mostrado na figura 9-15. A linha de descarga termina em um bico injetor em "T" próximo ao suporte dianteiro do motor. A conexão "T" contém orifícios difusores, que permitem que o agente extintor seja lançado ao longo da parte superior e de ambos os lados do motor.

Quando qualquer seção do sensor contínuo estiver exposta a uma condição de fogo ou supe-

aquecimento, a luz de aviso na cabine acenderá e o alarme sonoro soará. A luz de aviso pode estar localizada no punho de fogo; em algumas instalações o interruptor de fogo pode incorporar uma luz de aviso a um motor em particular, sob uma cobertura de plástico translúcido, como é mostrado na figura 9-16. Neste sistema, um interruptor de transferência é instalado para o sistema de extinção de fogo esquerdo e direito. Cada interruptor de transferência tem duas posições: "TRANS" e "NORMAL".

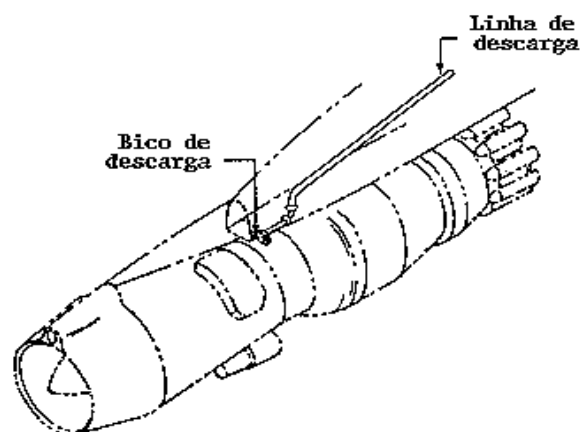


Figura 9-15 Localização dos bicos de descarga do agente extintor.

Se ocorrer uma condição de fogo no motor número 4, a luz de aviso no interruptor de

fogo número 4 acenderá com o interruptor de transferência na posição "NORMAL"; o interruptor de fogo número 4 é puxado; e o interruptor de descarga número 4, localizado diretamente sob o punho de fogo, ficará acessível. Ativando o interruptor de descarga, o agente extintor será enviado da garrafa para a área do motor número 4. Se for necessário mais do que uma descarga do agente extintor, o interruptor de transferência deverá ser colocado na posição "TRANS" para que a segunda garrafa possa ser descarregada naquele mesmo motor.

Um controle do alarme sonoro permite que qualquer um dos circuitos de detecção de fogo

dos motores, energize o alarme sonoro comum. Após o alarme ter soado, ele poderá ser silenciado pelo acionamento do interruptor de corte do alarme (figura 9-16).

O alarme sonoro pode também reagir a um sinal de fogo, vindo de qualquer um dos outros circuitos.

A maior parte dos sistemas de proteção contra fogo para as aeronaves com motor a turbina, inclui também um interruptor de teste e um circuito, que permite que o sistema de detecção seja testado inteiramente, a qualquer tempo. O interruptor de teste está localizado no centro do painel, mostrado na figura 9-16.

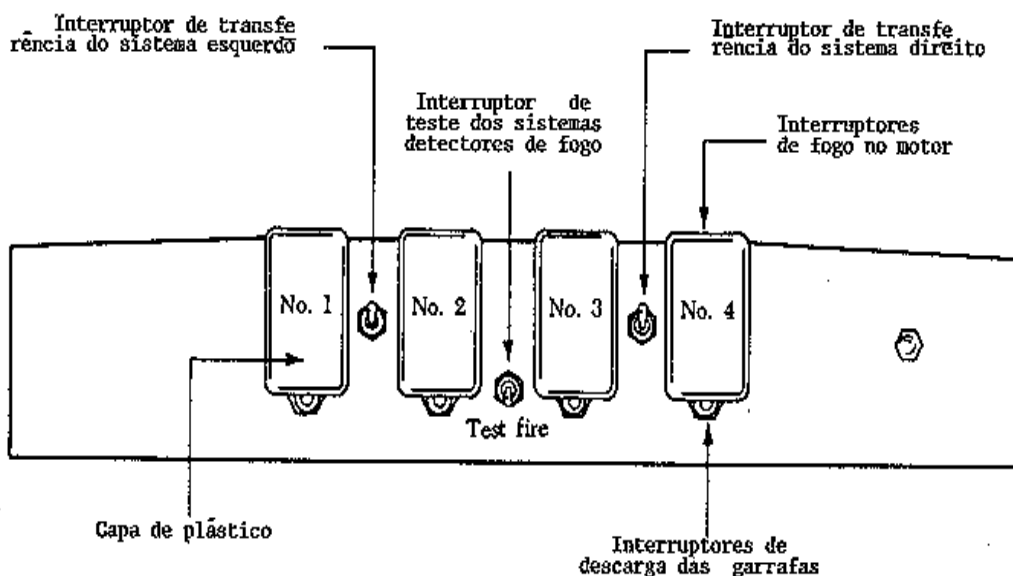


Figura 9-16 Interruptor do sistema de detecção e extinção de fogo.

PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO DOS SISTEMAS DE DETECÇÃO DE FOGO

Os elementos sensores de detecção de fogo estão localizados em muitas áreas de grande atividade em torno dos motores das aeronaves. Sua localização, junto com sua pequena dimensão, aumenta a chance de danos aos elementos sensores durante a manutenção. A instalação dos elementos sensores, dentro dos painéis das naceles nas aeronaves, proporciona algumas medidas de proteção não fornecidas aos elementos fixados diretamente no motor.

Por outro lado, a remoção e a instalação dos painéis das naceles podem facilmente causar atritos ou defeitos estruturais aos elementos sensores.

Um programa de inspeção e manutenção, para todos os tipos de sistemas de sensores con-

tínuos, deverá incluir os seguintes cheques visuais.

Estes procedimentos são apenas exemplos, e não deverão ser usados em substituição às aplicáveis instruções do fabricante.

Os elementos sensores de um sistema contínuo deverão ser inspecionados nos seguintes itens:

1. Seções rachadas ou quebradas, causadas por choque ou aperto entre janelas de inspeção, painéis das naceles ou componentes do motor.
2. Desgaste causado pelo atrito do elemento com o revestimento, acessórios ou membros estruturais.
3. Peças de arame de freio, ou outras partículas de metal, que possam formar um curto-circuito nos terminais do detector.

4. Condições das juntas de borracha nas braçadeiras de montagem, que podem ter sofrido amolecimento pela exposição a óleo, ou endurecimento pelo calor excessivo.

5. Mossas ou dobras nas seções dos elementos sensores. Os limites do diâmetro dos elementos, as mossas e as dobras aceitáveis e o grau de suavidade dos contornos dos tubos são especificados pelo fabricante. Nenhum esforço deve ser feito para endireitar qualquer mossa ou dobra aceitável, porque o esforço poderá causar uma falha na tubulação (veja na figura 9-17 um exemplo de falha na tubulação).

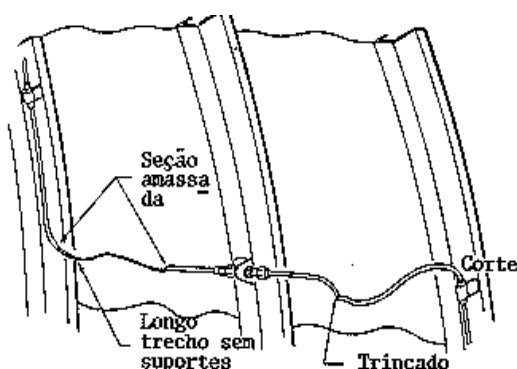


Figura 9-17 Defeitos do elemento sensor.

6. As porcas nos terminais dos elementos sensores (figura 9-18) deverão ser inspecionadas quanto ao aperto e frenagem. As porcas frouxas deverão ser apertadas para o valor de torque especificado pelas instruções do fabricante.

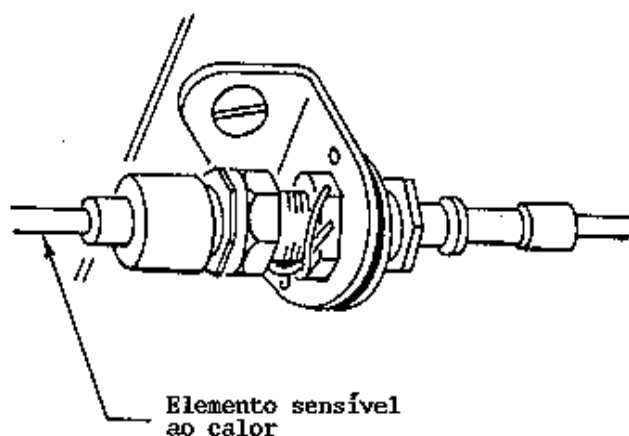


Figura 9-18 Junta conectora fixada à estrutura..

Alguns tipos de juntas de conexão de elementos sensores requerem o uso de juntas de atrito de cobre. Essas juntas deverão ser substituídas todas as vezes que a conexão for desfeita.

7. Se forem usados cabos flexíveis blindados, eles deverão ser inspecionados quanto ao desgaste da malha externa. A blindagem é feita de uma malha de finos fios de metal trançados dentro de uma cobertura, que envolve um fio isolado. Contínuas dobras do cabo ou um tratamento grosseiro poderão partir esses fios finos, especialmente aqueles próximos das conexões.

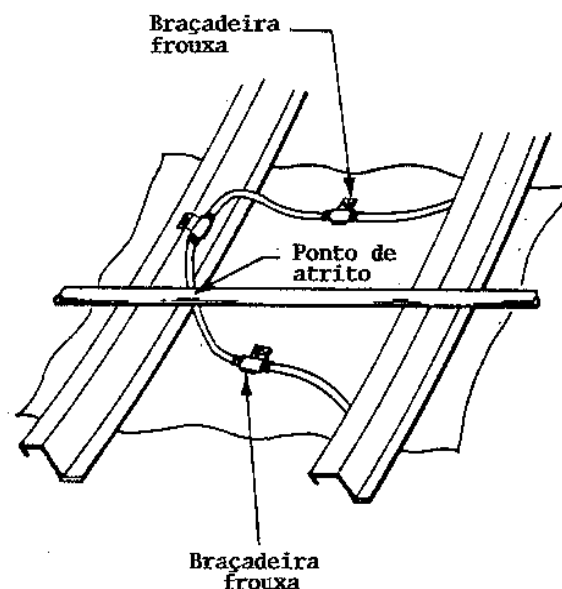


Figura 9-19 Interferência por atrito.

8 A rota dos elementos sensores e a fixação devem ser inspecionados cuidadosamente (figura 9-19). Seções muito longas entre suportes podem permitir excessiva vibração e causar a quebra. A distância entre as braçadeiras de fixação nos espaços retos, deve ser normalmente de 8 a 10 polegadas, conforme a especificação de cada fabricante. O primeiro suporte de fixação após uma conexão, normalmente é colocado entre 4 e 6 polegadas da conexão de junção. Na maioria dos casos, uma reta de 1 polegada é mantida antes e após um conector, para então ser feita uma curva. Um raio de curva de 3 polegadas, normalmente é usado também.

9. A interferência entre o elemento sensor e um tirante da nacele pode causar atrito (figura 9-19). Esta interferência pode causar desgaste e curto-circuito no elemento sensor.

10. Os anéis isolantes deverão estar instalados no elemento sensor, centralizados com a braçadeira de fixação. O final cortado do isolante deverá estar voltado para a parte curva da braçadeira.

cadeira. As braçadeiras e os anéis isolantes deverão fixar o elemento sem danificá-lo (ver a figura 9-20).

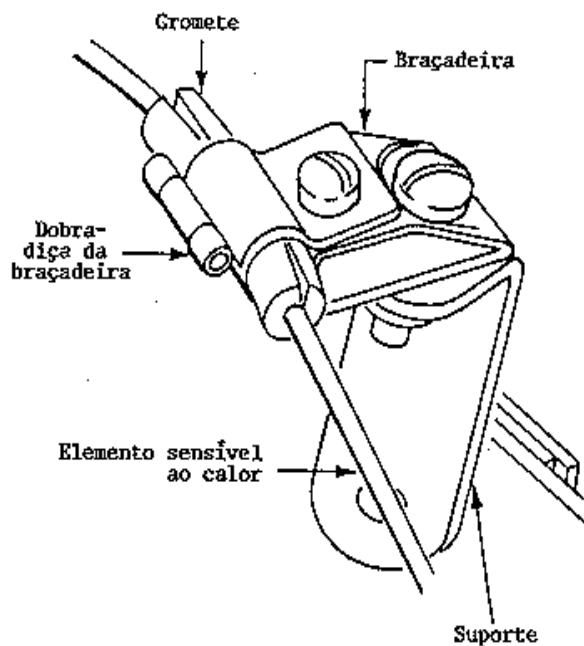


Figura 9-20 Braçadeira típica de fixação do elemento sensor.

Pesquisa de panes do sistema de detecção de fogo

Os seguintes procedimentos de pesquisa de panes representam a maior parte das dificuldades comuns encontradas nos sistemas de detecção de fogo do motor:

1. Alarmes intermitentes são, na maioria das vezes, causados por um curto-circuito intermitente na fiação do sistema detector. Tais curtos podem ser causados por um fio solto ou frouxo que, ocasionalmente, toca em um terminal; um fio desgastado atritando em um membro da estrutura; ou ainda o elemento sensor atritando na estrutura o suficiente para desgastar o isolante. As falhas intermitentes muitas vezes podem ser localizadas pelo movimento dos fios para recriar o curto-circuito.

2. Alarmes de fogo e luzes de aviso acesas podem ocorrer mesmo quando não houver fogo no motor ou condição de superaquecimento. Estes falsos alarmes podem ser mais facilmente localizados pela desconexão do sensor contínuo do motor na unidade de controle. Se o falso alarme cessar quando o sensor for desconectado, a falha é no sensor contínuo que deverá ser examinado

nas áreas que tenham a possibilidade de entrar em contato com as partes quentes do motor. Se nenhuma destas áreas for encontrada, a seção em curto pode ser localizada isolando as conexões dos elementos, consecutivamente, até o final do sensor contínuo.

3. Torções ou dobras acentuadas no elemento sensor podem causar um curto-circuito intermitente entre o fio interno e a tubulação externa. A falha pode ser localizada checando o elemento sensor com um ohmímetro, enquanto aplicar leves batidas nas áreas suspeitas do elemento sensor para produzir o curto.

4. Umidade no sistema de detecção raramente causa um falso alarme de fogo. Se, no entanto a umidade causar um alarme, o aviso persistirá até que a contaminação seja removida ou desapareça com o calor, e a resistência do sensor retorne ao seu valor normal.

5. Falha em obter um sinal de alarme, quando o interruptor de teste é atuado, pode ser causada por um defeito no interruptor de teste ou na unidade de controle, deficiência de energia elétrica, lâmpada indicadora inoperante, uma interrupção no elemento sensor ou na conexão da fiação. Quando o interruptor de teste falha em proporcionar uma condição de alarme, a atuação de um sensor contínuo de dupla fiação pode ser determinada pela abertura do sensor e medição da resistência. Em um sensor contínuo de fiação simples, o condutor central deverá ser ligado à massa.

PRÁTICAS DE MANUTENÇÃO DO SISTEMA EXTINTOR DE FOGO

A manutenção regular dos sistemas típicos de extinção de fogo inclui itens, como a inspeção e o recarregamento das garrafas (reservatórios), remoção e reinstalação dos cartuchos e válvulas de descarga, teste das tubulações de descarga quanto a vazamentos, e testes de continuidade da fiação elétrica.

Os parágrafos seguintes contêm detalhes de alguns dos mais típicos procedimentos de manutenção.

Os reservatórios do agente extintor são checados periodicamente, para determinar se a pressão está entre os limites máximo e mínimo previstos. Mudanças de pressão com a tempera-

tura ambiente, também devem estar dentro dos limites previstos. O gráfico da figura 9-21 é típico da curva pressão-temperatura, que fornece a máxima e a mínima leitura do instrumento. Se a pressão não cair dentro dos limites do gráfico, o reservatório deve ser substituído.

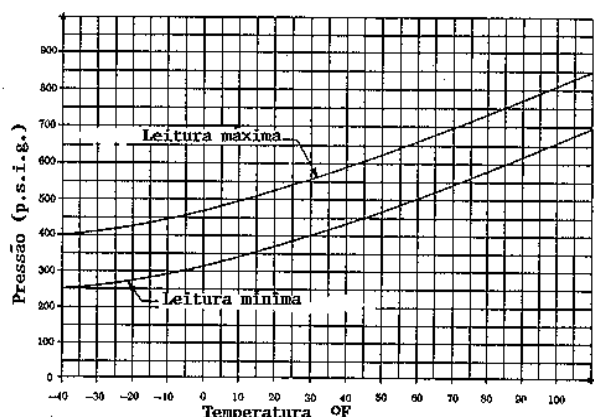


Figura 9-21 Curva de pressão/temperatura dos reservatórios de agente extintor de fogo.

O tempo de vida do cartucho de descarga do extintor de fogo é fornecido por um carimbo estampado pelo fabricante, que é, normalmente, colocado na face do cartucho. O tempo de vida recomendado pelo fabricante é freqüentemente em termos de horas antes de uma determinada temperatura limite.

Os cartuchos são fornecidos com um tempo de vida de aproximadamente 5.000 horas. Para determinar o tempo de validade não utilizado de um cartucho de descarga, normalmente será necessário remover o cabo condutor de eletricidade e a linha de descarga do corpo do plugue, o qual pode então ser removido do reservatório do extintor.

Em um tipo de reservatório de extintor de fogo, a data pode ser vista sem remover o corpo do plugue.

Ver na figura 9-22 a localização dos componentes de um reservatório típico de extintor de fogo.

Muito cuidado deve ser tomado na substituição do cartucho e das válvulas de descarga. A maioria dos novos reservatórios de extintores são supridos com os seus cartuchos e válvulas de descarga desmontadas.

Antes da instalação na aeronave, o cartucho deve ser montado de maneira correta na válvula de descarga, e a válvula conectada ao

reservatório por meio de uma porca serrilhada (tipo conexão elétrica), que aperta de encontro a um anel de vedação, como ilustrado na figura 9-22.

Se um cartucho for removido de uma válvula de descarga por qualquer razão, ela não deverá ser usada em outra válvula de descarga, porque a distância do ponto de contato pode variar de uma unidade para outra.

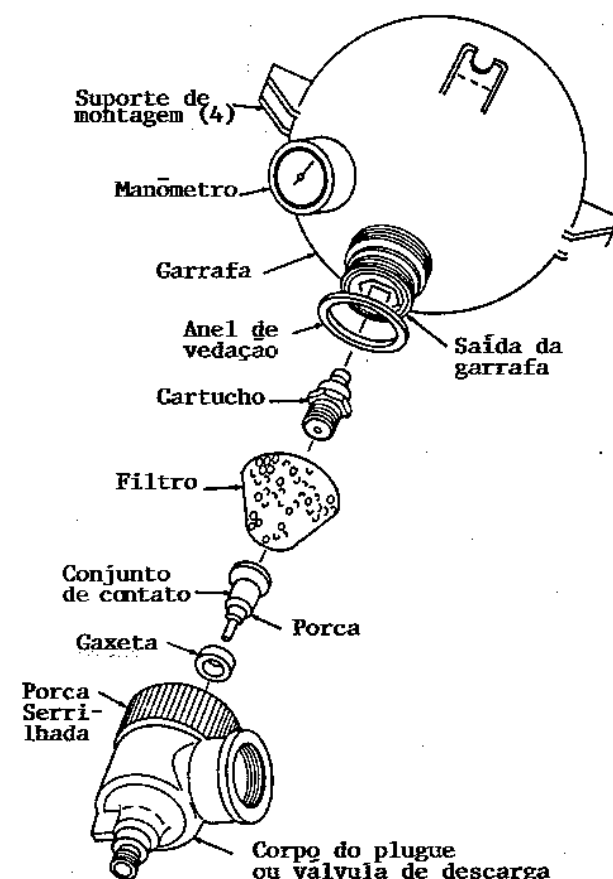


Figura 9-22 Componente de um reservatório típico de agente extintor de fogo.

Dessa forma poderá não existir continuidade, se um plugue que foi usado com um longo ponto de contato, for instalado em uma válvula de descarga com um menor ponto de contato.

Todos os assuntos apresentados, até aqui neste capítulo, foram relativos aos procedimentos de natureza geral com os princípios envolvidos e os procedimentos gerais a serem seguidos.

Quando executando realmente os procedimentos de manutenção, consulta-se sempre os aplicáveis manuais de manutenção e outras publicações relativas àquela aeronave em particular.

SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA FOGO DE AERONAVE TURBOJATO (SABERLINER)

Esta descrição do sistema de proteção contra fogo, instalado no Saberliner, é incluída com o propósito de familiarização.

Um sistema fixo de extinção de fogo de alta razão de descarga está disponível para cada nacele de motor.

Os elementos detectores de fogo estão localizados em pontos estratégicos dentro de cada nacele, como ilustrado na figura 9-23.

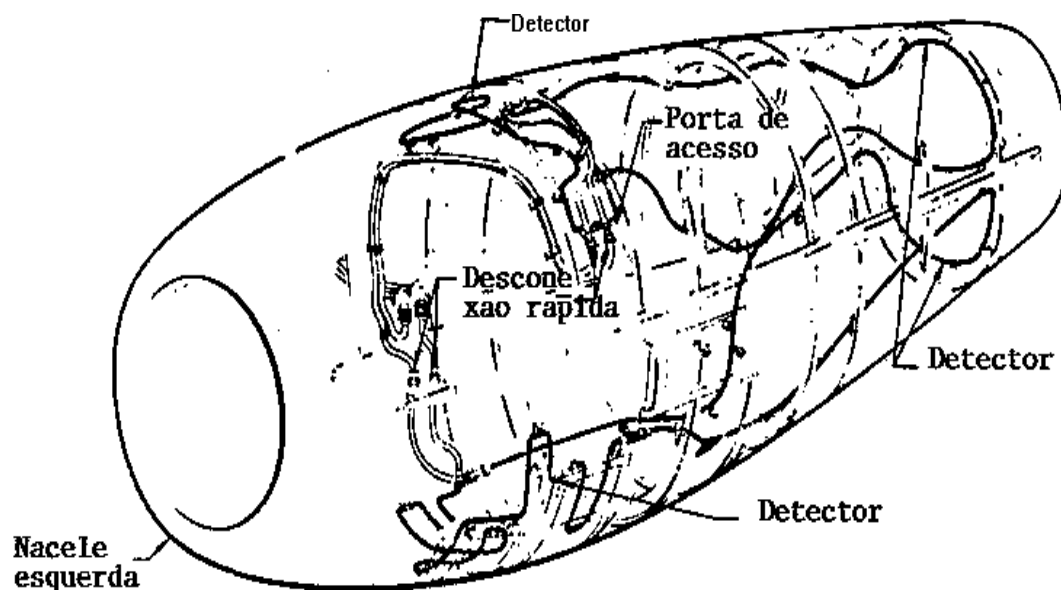


Figura 9-23 Sistema de detecção de fogo.

Dois reservatórios pressurizados contêm o agente extintor bromotrifluorometano.

Este agente pode ser dirigido de cada um dos reservatórios, para cada uma das naceles dos motores, como necessário.

As linhas de descarga de cada reservatório se juntam em uma válvula de retenção dupla, em "T", para seguirem daí em uma linha única de descarga.

A válvula unidirecional evita que um reservatório descarregue o seu conteúdo dentro da linha do outro reservatório.

O sistema é controlado da cabine pelo uso de um punho manual e mais um interruptor seletor elétrico. Dois discos indicadores de descarga, montados externamente na fuselagem, indicam tanto a descarga manual do reservatório, como a descarga automática ocasionada por condições externas.

Um indicador de pressão é montado em cada reservatório. O cartucho na válvula de descarga do extintor número 1 ou do extintor número 2 (figura 9-24) é acionado por 28 volts de corrente DC, quando um punho "FIRE

PULL" é puxado e o seletor extintor de fogo é atuado para EXT nº 1 ou EXT nº 2.

Uma válvula direcional então dirige o agente extintor para o devido motor, de acordo com o punho "FIRE PULL" que foi puxado. Quando o cartucho é detonado, o conteúdo de um reservatório é descarregado pela pressão do nitrogênio, e forçado através de linhas de entrega e bicos de descarga, dentro do compartimento dianteiro da nacele do motor selecionado.

Operação do sistema

Punhos "FIRE PULL" mecanicamente interconectados, um para cada motor, estão no painel de controle de extinção de fogo.

Durante uma condição de fogo ou de superaquecimento, indicado por uma luz de aviso no respectivo punho de fogo ("FIRE PULL"), imediatamente puxa-se o punho de fogo para trás.

Quando o punho de fogo da direita é puxado, a válvula de corte em emergência da sangria do ar é cortada e a válvula direcional do sistema extintor é energizada, para permitir que o agente

extintor seja direcionado para o motor do lado direito. Ao mesmo tempo, o gerador é retirado da linha.

Quando o punho de fogo ("FIRE PULL") for recolocado na sua posição original, aqueles itens anteriormente desligados, com exceção do gerador, serão restabelecidos, a menos que o interruptor mestre do motor seja desligado. Se o segundo punho de fogo ("FIRE PULL") for puxado, o primeiro punho será automaticamente retraído para a sua posição original.

Interruptor de seleção

O interruptor seletor do extintor de fogo está instalado no centro do painel de controle do extintor e energizado pela barra essencial, tendo três posições: EXT Nº 1, EXT Nº 2 e uma posição central com a marcação "OFF".

Quando o interruptor for momentaneamente posicionado para EXT Nº 1 ou para EXT Nº

2, e tiver sido armado pelo acionamento do punho de fogo, o agente extintor de um reservatório será descarregado para a nacele do motor selecionado pelo punho.

Após o primeiro reservatório ter sido esvaziado, o interruptor de seleção do extintor de fogo poderá ser, se necessário, momentaneamente posicionado para o outro extintor, para descarregar o segundo reservatório.

Válvula direcional

Partindo da válvula de retenção dupla em "T", a linha é conectada a uma válvula direcional (figura 9-24).

A válvula tem dois canais de saída: um deles, normalmente aberto, está conectado na linha de descarga do extintor de fogo da nacele do motor esquerdo, e o outro, normalmente fechado, conectado com a linha da nacele do motor direito.

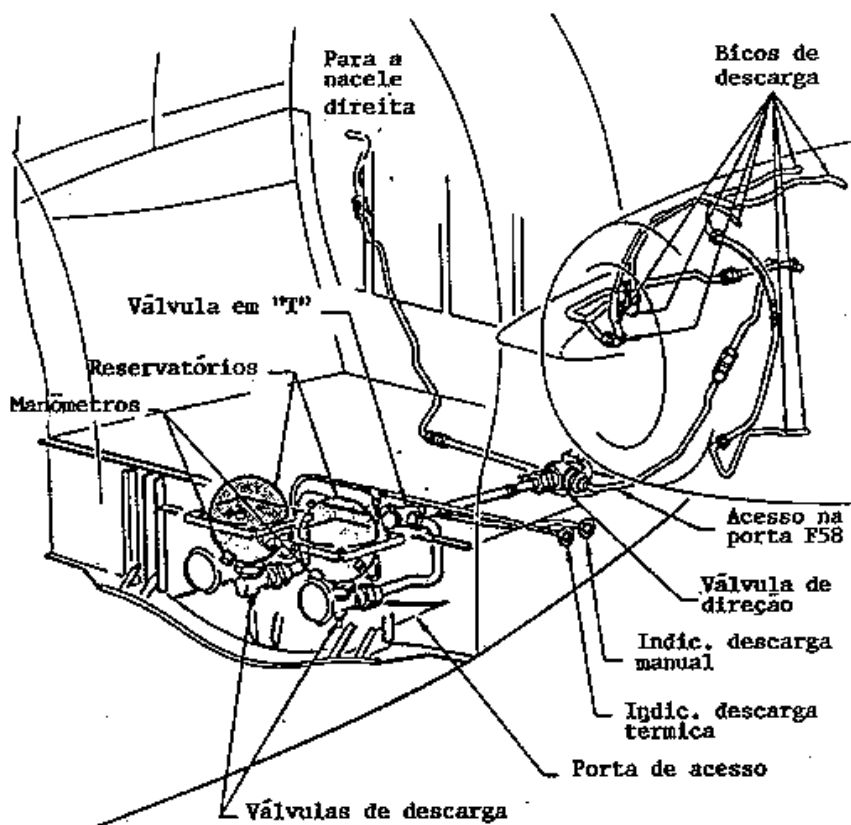


Figura 9-24 Sistema de extinção de fogo.

Quando o punho de fogo do motor direito for puxado, um circuito elétrico é completado para a válvula direcional, energizando o solenóide. A descarga do agente extintor de fogo é então dirigida para a nacele do motor direito

Reservatórios do agente extintor

Dois reservatórios para o sistema extintor de fogo estão instalados na área traseira do alojamento da roda principal, entre as estações da

fuselagem 298 e 307. Cada reservatório tem um instrumento que indica a pressão no reservatório. Uma válvula de descarga, contendo um cartucho, está instalada na parte inferior de cada reservatório.

O cartucho, quando deflagrado, descarrega o conteúdo do reservatório em tubulações direcionadas às naceles dos motores. Uma conexão está fixada em cada reservatório para ligar tubulações a indicadores de descarga por variações térmicas, instalados na parte externa da fuselagem.

Indicadores

Dois discos indicadores de descarga, do sistema de extinção de fogo, estão montados no lado esquerdo da fuselagem após a asa. O disco amarelo, do indicador de descarga traseiro, está conectado por uma linha de 1/4 de polegada

com a linha de descarga do extintor de fogo, entre a válvula de retenção dupla em "T" e a válvula direcional.

Quando um dos reservatórios for descarregado, um fluxo limitado será dirigido para o disco amarelo, removendo-o.

Uma checagem no indicador de pressão mostrará qual o reservatório que foi descarregado.

O disco vermelho, no indicador de descarga dianteiro, está conectado por uma linha de 1/4 de polegada a ambos os reservatórios. Quando os reservatórios tiverem sido aquecidos excessivamente, a pressão interna causará a descarga do agente pelo bujão fusível de segurança. O fluxo do agente extintor será dirigido ao disco vermelho, removendo-o.

Uma checagem nos indicadores de pressão mostrará se um, ou ambos os reservatórios foram descarregados.

OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DO MOTOR

INTRODUÇÃO

As operações de revisão e manutenção são executadas nos grupos motopropulsores de aviões, a intervalos especificados. Esses intervalos são normalmente estipulados pelo número de horas em que os motores foram operados.

Testes e experiências têm mostrado que a operação, além deste período de tempo, será ineficiente e danosa, pois certas partes serão desgastadas além de seus limites. Para que um motor revisado fique como um novo, partes danificadas devem ser detectadas e separadas, ou trocadas durante a revisão completa do motor.

O único meio para se detectar tudo isto é a inspeção detalhada de todas as peças durante a desmontagem do motor.

A inspeção não pode ser superficial, sem cuidado ou incompleta.

REVISÃO DOS MOTORES ALTERNATIVOS (CONVENCIONAIS)

Cada motor fabricado possui tolerâncias de fabricação, com as quais suas partes devem estar em conformidade. Auxílios gerais de instruções determinam as tolerâncias das partes. Entretanto, em alguns casos, a decisão final é deixada para o mecânico; ele deve determinar se a peça é reparável e refugável, ou se ainda poderá voltar a funcionar.

Os conhecimentos dos princípios de operação, esforços e solicitações mecânicas são essenciais a este tipo de decisão. Quando um mecânico decide pela revisão completa de um motor, deve certificar-se de ter usado o método de trabalho, técnica e práticas aceitáveis pelo FAA.

Revisão Parcial

Motores modernos de aeronaves são construídos com materiais duráveis, de modo que a revisão parcial (*Top Overhaul*) não vem sendo mais utilizada, ela significa revisão de todas as partes do motor no topo do cárter de força, sem desmontagem completa do motor. Isto inclui remoção de unidades assim como: coletor de escapamento, cablagem de ignição e

duto de indução necessários a remoção de cilindros.

A revisão atual consiste de recondição de pistões, cilindros, mecanismo de comando de válvulas, troca de guias de válvulas e anéis de segmento, se necessários. Esta revisão não é recomendada por todos os fabricantes de motores.

Se o motor sofreu algum tipo de esforço que requeira maior atenção, ele deve ser desmontado e verificado.

REVISÃO MAIOR

Este tipo de revisão consiste de uma completa desmontagem e recondição do grupo motopropulsor.

O período de revisão completa de um motor geralmente é determinado pelo fabricante do mesmo, ou por um máximo de horas de operação entre as revisões, aprovado pelo FAA.

A intervalos regulares, um motor deve ser completamente desmontado, totalmente limpo e inspecionado.

Cada parte deve ser revisada de acordo com as instruções e tolerâncias do motor envolvido. As instruções gerais serão descritas nesta seção.

Todo motor que tenha sido completamente desmontado logo de início, deve sofrer uma verificação rigorosa no eixo principal (eixo de manivelas) e no eixo da hélice quanto a empenos, desgaste, etc.

Qualquer dúvida quanto as condições desses eixos, inclusive quanto a empenos fora de limites, exige a troca dos mesmos.

Desmontagem

Mais do que uma inspeção visual logo após a desmontagem, todas as partes individualmente devem ser marcadas sobre uma bancada, a medida em que elas são removidas. Todas as peças devem ser guardadas com cuidado para evitar perdas e danos.

Peças pequenas, porcas, parafusos, aruelas, etc., devem ser colocadas em um recipiente durante a operação de desmontagem.

Outras práticas devem ser observadas durante a desmontagem:

- (1) Dispor de todos os dispositivos de segurança durante a desmontagem. Nunca reaproveitar arame de freio, contra-pino, etc.
- (2) Todos os fixadores, prisioneiros, conexões danificadas, etc., devem ser marcados para evitar falhas de inspeção ou passarem despercebidos.
- (3) Sempre usar ferramentas adequadas para cada serviço, preferencialmente usar ferramentas de encaixe, soquetes, etc. Sempre que houver ferramentas especiais usá-las, ao invés de ficar improvisando.
- (4) Drenar o óleo de lubrificação do motor e remover os filtros. O óleo deve ser drenado para um recipiente através de um pano limpo, para que se verifique se há partes metálicas importantes no óleo a serem avaliadas.
- (5) Antes da desmontagem, lavar as partes externas do motor.

--Inspeção

A inspeção das partes do motor, durante uma revisão completa, é dividida em três categorias:

- (1) visual.
- (2) magnética.
- (3) dimensional.

Os dois primeiros métodos são para determinar falhas estruturais nas peças, enquanto o último detalha as medidas e forma das peças.

Falhas estruturais podem ser detectadas através de diversos processos. Peças de aço não-austenítico podem ser examinadas pelo processo de partículas magnéticas. Outros métodos tais como raio-x e raio gama, também podem ser usados.

A inspeção visual deve ser precedida de qualquer outro método de inspeção. Algumas peças não devem ser limpas antes de uma preliminar inspeção visual, uma vez que, frequentemente, resíduos de partes metálicas podem facilitar a inspeção/detecção de falhas internas do motor.

Vários termos são usados para descrever os defeitos detectados nas peças dos motores. Alguns desses termos e definições são:

- (1) Abrasão - uma área desgastada ou com marcas, causadas por objetos estranhos entre as partes móveis ou superfícies.
- (2) Mossas - uma ou mais depressões que aparecem usualmente nas pistas dos rolamentos, causadas por altas cargas estáticas ou esforços excessivos praticados durante a remoção ou instalação.
Mossas podem ser circulares ou semi-esféricas devido a impressão deixada pelo contato de esferas ou roletes dos rolamentos.
- (3) Queimadura - peças ou superfícies danificadas por excesso de calor. Isto poderá ser causado por montagens impróprias, falhas de lubrificação ou sobretemperatura operacional.
- (4) Brunidura - polimento de uma superfície pelo contato de deslizamento suave com outra superfície mais dura. Usualmente sem remoção de metal.
- (5) Rebarba - projeção de metal reto ou circular geralmente ocasionado pelo processo de usinagem, broqueamento, serragem, furação, aplainamento, etc.. Apresenta-se com uma protuberância de metal nas bordas das peças.
- (6) Atrito - descrito como uma condição causada pela ação do roçamento entre duas partes, sob ligeira pressão, a qual poderá resultar em desgaste.
- (7) Cavaco - descrito como sobras de corte de metal, liberação de lascas, etc, causados pelo processo de usinagem ou esforços excessivos concentrados.
- (8) Corrosão - perda de metal pelo processo químico ou eletroquímico. Os resíduos da corrosão são geralmente fáceis de serem removidos por processos mecânicos. A ferrugem é um exemplo de corrosão do ferro.
- (9) Rachadura - uma parcial separação de material, usualmente causada por vibração, sobrecarga, estresse, defeito ou fadiga. A profundidade poderá ser de alguns milésimos para a totalidade da espessura da peça.

- (10) Corte - perda de metal, usualmente por uma apreciável profundidade ao longo de uma área, por meios mecânicos pelo uso de lâminas de serra, cinzel, tesouras, guilhotina ou até por cantos vivos, agudos, etc.
- (11) Erosão - perda de metal da superfície pela ação mecânica de objetos estranhos como abrasivos, jato de areia fina, etc. A área erodida será áspera e poderá estar alinhada na direção em que o material abrasivo atingiu a peça.
- (12) Delaminação - flocos de metal que se desprendem da superfície metalizada ou pintada, usualmente causado por falha da metalização, galvanização ou ainda por excesso de carga.
- (13) Serrilhamento - uma condição de erosão de superfície, causada por pequenos movimentos entre duas peças que estão montadas juntas e sob considerável pressão.
- (14) Sulqueamento - feitura de sulcos numa superfície acabada de uma peça, devido a vibração e fricção, causado pelo pequeno movimento relativo de duas superfícies de peças sob contato de alta pressão, caracterizando um desgaste severo.
- (15) Cinzelamento - uma condição de sulqueamento, na qual um deslocamento de metal tenha ocasionado um arrancamento do mesmo.
 Geralmente acontece quando um pedaço do próprio metal, ou outro corpo estranho se posiciona entre as partes móveis que trabalham muito próximas.
- (16) Ranhuramento - canal de forma arredondada, geralmente causado por falha de alinhamento das partes móveis.
- (17) Inclusão - presença de material estranho impregnado dentro de uma porção de metal, introduzido durante a fabricação de hastes, barras, tubos – quando em movimento ou durante o forjamento.
- (18) Entalhado - superfície com entalhes nítidos, denteamento causado por impacto de objeto estranho. O material sofre deslocamento; geralmente na forma de "v", porém raramente é separado.
- (19) Martelamento - uma série de depressões em forma de escamas numa superfície.
- (20) Transferência - um metal passa de uma superfície para outra, tendo como causa usual o atrito entre as duas superfícies inadequadamente lubrificadas.
- (21) Picado - presença de pequenas e irregulares cavidades produzidas pela corrosão ou danos; ação de picar ou corroer.
- (22) Arranhado - riscado, risco profundo ou riscas, feitos durante a operação de usinagem de uma peça, produzidos por bordas pontudas de partículas estranhas.
- (23) Raspado - riscado, arranhado, estriado, esfolado. Marca rasa e estreita ou marcas causadas pelo movimento de um objeto agudo ou partícula sobre uma superfície; o material exposto não é removido.
- (24) Descoloração - uma mudança de cor localizada, indicando uma nítida diferença comparada com a área circundante.
- (25) Recalcamento - deslocamento de material, além do contorno normal ou na superfície. Geralmente não apresenta perda de metal.

Defeitos em partes não magnéticas podem ser encontrados através de uma cuidadosa inspeção visual, assim como técnicas adequadas. Se houver desconfiança de que existe uma rachadura numa peça de alumínio, é preciso limpá-la por meio de uma escova, ou usando material abrasivo, cuidadosamente, para evitar arranhar a superfície. Cobre-se a peça com uma solução de 1 ¼ lb de hidróxido de sódio e uma pinta de água a temperatura ambiente. A peça é enxaguada com água, após a mesma ter ficado em contato com a solução por um minuto.

Neutraliza-se a peça com uma solução de uma parte de ácido nítrico e três partes de água aquecida a 100 °F. A peça é mantida nesta solução até que o depósito negro seja dissolvido. Seca-se a peça com ar comprimido. Se existir uma rachadura, as bordas ficarão escurecidas após este tratamento, auxiliando a sua detecção. Para peças de magnésio, uma solução de 10% de ácido acético, em temperatura ambiente, pode ser aplicada por no máximo um minuto. A peça deve ser então enxaguada com a solução

de uma onça de amônia comum em um galão de água.

Examina-se todas as engrenagens quanto a evidência de corrosão ou desgaste excessivo. Estas condições são particularmente importantes quando ocorre nos dentes. Pontos de desgaste profundos nesta área são motivos de rejeição da engrenagem. As superfícies das buchas de todas as engrenagens devem estar livres de rachaduras profundas; e pequenos arranhões podem ser removidos com uma lixa fina.

Todas as superfícies das buchas devem ser examinadas quanto a arranhões profundos, sulcos e desgastes. Determinados arranhões e riscos brilhantes na superfície das buchas de alumínio não prejudicam, e não devem ser considerados como causa de rejeição da peça, desde que as folgas estejam dentro dos limites das tabelas de tolerância do manual do fabricante. Mesmo que a peça esteja dentro dos limites de tolerância especificada, ela não é satisfatória para a reinstalação no motor, a menos que uma inspeção mostre que a peça esteja livre de outros defeitos.

Rolamentos de esfera devem ser inspecionados visualmente quanto ao livre giro, pontos de deformação nas esferas, delaminação ou ainda sulcos na parte externa das pistas. Todos os suportes de mancais devem ser verificados quanto a arranhões, sulcos, desalinhamento e condição de ovalização.

Eixos, pinos, etc. devem ser checados quanto a deformações, empenos e outros. Isto pode ser feito utilizando-se blocos padrão de oficina de ajustagem e um relógio comparador.

Superfícies desgastadas, corroídas ou com problemas em áreas submetidas a grandes esforços, podem causar falhas definitivas nas peças envolvidas.

As seguintes áreas devem ser cuidadosamente examinadas quanto a evidência de corrosão:

- (1) Superfícies internas dos pinos dos pistões.
- (2) Os filetes das bordas do eixo de manivelas e as superfícies dos pinos de mancal.
- (3) As pistas dos rolamentos de escora axial.

Se existir corrosão em qualquer das superfícies mencionadas que não possam ser removidas por polimento ou outro meio abrasivo, a peça normalmente é rejeitada.

Fixadores rosqueados, ou conectores, devem ser inspecionados quanto ao estado das roscas. Roscas mutiladas não podem ser toleradas; a peça deve ser rejeitada, embora pequenos

defeitos e rebarbas possam ser removidos com lixa fina ou outro material abrasivo. Se a peça apresentar distorções, danificações ou deformações causadas por aperto excessivo ou uso de ferramentas inadequadas, ela deve ser substituída por uma nova.

Limpeza

Após inspecionar visualmente as concavidades do motor quanto a depósitos de partículas metálicas, é importante limpar suas peças para facilitar a inspeção.

Os dois processos de limpeza para as peças do motor são:

- (1) Desengraxamento para remoção de sujeira e fuligem.
- (2) Remoção dos depósitos de carvão mais concentrados por descarbonização, escovamento, raspagem ou jateamento.

O desengraxamento pode ser feito por imersão ou jateamento da peça com solvente suave comercial.

Extremo cuidado deve ser tomado ao se usar qualquer solução composta de água misturada com desengraxante que contenha componentes cáusticos. Tais produtos, além de serem potencialmente corrosivos ao alumínio e ao magnésio, podem impregnar-se no metal e causar espuma no óleo quando o motor voltar a funcionar.

Quando for utilizada esta solução, é imperativo que as peças sejam enxaguadas total e completamente em água limpa, e aquecida após o desengraxamento.

Após ser efetuada a limpeza, por qualquer um dos métodos acima, protege-se imediatamente as superfícies das peças, através da aplicação de óleo lubrificante sobre as mesmas.

Enquanto a solução desengraxante remove sujeira, graxa e fuligem mais leve, depósitos de carvão mais densos ficarão ainda remanescentes em muitas superfícies internas. Para a remoção destes depósitos mais aderentes, deixa-se a peça de molho em um tanque contendo uma solução descarbonizante bem aquecida.

Uma grande variedade de agentes descarbonizantes comerciais estão disponíveis. Descarbonizantes, como as soluções desengraxantes previamente mencionadas, são geralmente de duas categorias: as solúveis em água e as

de hidrocarbonetos. As mesmas precauções, que dizem respeito ao uso da solução desengraxante solúvel em água, são aplicáveis aos descarbonizantes solúveis. Extremos cuidados devem ser tomados ao se utilizar soluções descarbonizantes em magnésio fundido.

Evita-se a imersão simultânea de peças de magnésio e aço no mesmo tanque de descarbonização, porque esta prática frequentemente resultará em danos às peças de magnésio por corrosão.

A descarbonização normalmente ainda manterá uma boa parte de depósitos de carvão após o desengraxamento; entretanto a remoção completa requererá escovamento, raspagem ou lixamento. Em todas essas operações, toma-se cuidado para evitar danos em superfícies usadas; principalmente com o manuseio de escova de aço e raspadeiras metálicas, que nunca devem ser usadas em buchas ou superfícies de contato. Nas operações de jateamento de peças, segue-se as recomendações do fabricante quanto ao tipo de material abrasivo a ser utilizado, tais como: areia, arroz, trigo, pelotinhas de plástico, e etc., que são exemplos de materiais abrasivos usados nas operações de jateamento de peças.

Todas as superfícies usadas devem ser isoladas adequadamente; e todas as aberturas vedadas antes do jateamento. Exceção a isto são as sedes das válvulas que devem ser deixadas desprotegidas, quando for feito o jateamento da câmara de combustão da cabeça do cilindro.

É sempre vantajoso jatear as sedes das válvulas, uma vez que este processo corta a vitrificação, que tende a se formar (particularmente nas sedes das válvulas de escape), facilitando o subsequente recondicionamento das sedes das válvulas. As canaletas dos anéis de segmento dos pistões podem ser jateadas, contudo, extremo cuidado deve ser tomado para evitar remoção de metal das partes inferior e lateral.

Passagens de óleo nos cárteres ou em outras peças devem ser tapadas com tampões de borracha ou plástico durante o jateamento, a fim de proteger contra a infiltração de objetos estranhos. A solução descarbonizante geralmente remove a maior parte dos vernizes das superfícies externas; o verniz residual deverá ser removido por jateamento, particularmente entre as cavidades das aletas de refrigeração dos cilindros.

Concluindo a operação de limpeza, enxagua-se as peças em solvente de petróleo, se-

cando e removendo qualquer partícula de carvão por jato de ar, e aplicando uma camada de óleo protetor.

Reparo e Substituições

Danos tais como: mossas, arranhões, rebarbas, sulcos, etc., podem ser removidos por meio de diversos materiais abrasivos. Seguindo a alguns reparos desse tipo, a peça deve ser limpa cuidadosamente, de modo que todo esse material abrasivo seja removido. A seguir, monta-se as peças casadas, verificando se as folgas não foram muito alteradas.

Superfícies flangeadas, empenadas, deformadas ou entalhadas com mossas podem ser reparadas, lapidando-as numa superfície plana. Novamente a peça deve ser limpa para que se tenha certeza de que todo o material abrasivo fora removido.

Roscados defeituosos, algumas vezes, podem ser reparados por uma leve passagem de uma tarracha ou macho para rosca, conforme o caso.

Pequenas depressões podem ser removidas satisfatoriamente com limas ou pedras abrasivas.

Tubos rosqueados não devem ser limpos com machos para rosca; esta prática poderia resultar num furo rosqueado com sobre-medida.

Se arranhões ou sulcos forem removidos da superfície de uma bucha, ela deverá receber um acabamento com discos de couro.

Geralmente peças não soldadas devem ser usadas no lugar de peças soldadas, e muitas vezes com fadiga avançada.

Peças soldadas podem ser usadas desde que o reparo soldado não afete a aeronavegabilidade do motor. Uma peça pode ser soldada quando:

- (1) A solda é de localização externa e poderá ser inspecionada facilmente;
- (2) A peça tenha sido rachada ou quebrada por esforços não usuais, encontrados na operação normal;
- (3) Uma peça nova de um modelo obsoleto de motor não é encontrada;
- (4) A experiência do soldador e o equipamento usado poderão assegurar uma solda de primeira qualidade, assim como a restauração do tratamento térmico original das peças.

Peças menores, não sujeitas a altas solicitações mecânicas, podem ser seguramente reparadas com o processo de soldagem. Pequenos suportes, fechos de capotas, aletas de cilindros, tampas de caixas de balancins e várias outras peças originalmente soldadas estão nesta categoria.

As peças soldadas devem passar por um processo de normalização de tensões após a soldagem; entretanto, antes de soldar uma peça do motor, verifica-se no manual do fabricante as instruções de aplicabilidade dos reparos soldados.

Peças que requerem o uso de pintura para proteção ou aparência devem ser repintadas de acordo com as recomendações do fabricante. A título de exemplo, alguns procedimentos, como as peças de liga de alumínio, deverão ter a superfície exterior original exposta e polida ligeiramente para proporcionar uma base própria para pintura.

Nota-se que as superfícies a serem pintadas devem estar completamente limpas. Cuidados devem ser tomados para se evitar pinturas em partes de encaixe. Partes externas de peças de alumínio devem receber, inicialmente, uma camada fina de tinta de base (cromato de zinco). Cada camada deve secar 2 (duas) horas em ar seco ou numa estufa a 177 °C (350 °F) por meia hora. Após a secagem da tinta de base, a peça deve ser pintada com tinta esmaltada para motor, a qual deve secar numa estufa a 82 °C (180 °F) por uma hora.

Partes de alumínio, onde a tinta não tenha sido removida, podem ser pintadas sem o uso de tinta de base, desde que não haja partes expostas.

Peças que necessitam de um acabamento negro lustroso devem receber uma camada de base de cromato de zinco, e então uma pintura brilhosa de esmalte negro. Cada camada deve secar em estufa por 1 ½ hora a 177 °C (350 °F). Se uma estufa não estiver disponível, a secagem poderá ser conseguida com ar seco, entretanto o acabamento será de qualidade inferior.

Toda a aplicação de tinta, acima descrita, deverá ser realizada através do processo de borrifamento; entretanto, se o uso do pincel é necessário, evita-se pontos com acúmulo de tinta. As peças de magnésio devem ser limpas com dicromato antes da pintura. Este tratamento consiste na limpeza de todos os traços de graxa e óleo da peça, usando-se um desengraxante neutro não corrosivo seguido de uma lavagem, após

a qual a peça deve ser imersa pelo menos 45 minutos numa solução de dicromato quente (¾ de libra de dicromato de sódio para um galão de água de 180 a 200 °F), então a peça deve ser lavada em água fria corrente e mergulhada em água quente para depois secar. Logo após, a peça deverá ser pintada com tinta de base e esmalte para motor, da mesma forma como indicado para peças de alumínio.

Todos os parafusos, estojos, fixadores, e etc. que estejam empenados, quebrados ou frouxos devem ser trocados. Após a remoção de um prisioneiro (estojos), o furo roscado é examinado quanto as condições gerais da rosca e do próprio furo. Se for necessário um retrabalhamento no furo roscado, também será necessário o uso de prisioneiros com sobre-medida. Prisioneiros quebrados, faceados com a carcaça, devem ser removidos com extratos especiais, tomando-se o cuidado para não danificar a rosca. Durante a troca de prisioneiros, as roscas dos mesmos são borrifadas com um composto antigripante.

RECONDICIONAMENTO DO CONJUNTO DO CILINDRO

O conjunto do cilindro e pistão é inspecionado de acordo com os procedimentos contidos no manual do fabricante do motor, cartas, tabelas e boletins.

Um procedimento geral para inspeção e recondicionamento de cilindros será discutido nas seções seguintes, – para proporcionar entendimento das operações envolvidas.

Cabeça do cilindro

Inspeciona-se a cabeça do cilindro quanto a rachaduras internas e externas; e os depósitos de carvão e tinta devem ser removidos. Rachaduras exteriores aparecerão nas aletas de refrigeração, onde houver danificações causadas por ferramentas ou por contato com outras peças, por falta de manuseio cuidadoso.

Rachaduras próximas das bordas das aletas de refrigeração não são danosas desde que as partes danificadas tenham sido removidas, e um retrabalhamento de contornos tenha sido realizado com sucesso. Rachaduras na base das aletas implicam em rejeição do cilindro. Também podem aparecer rachaduras nas caixas dos balancins.

Rachaduras interiores quase sempre aparecem nas sedes das válvulas, ou nas buchas das

velas (adaptadores) de ignição, estendendo-se completamente de um lado para o outro naqueles pontos.

Essas rachaduras são usualmente causadas pela instalação imprópria das sedes ou buchas. Usa-se uma luz forte para inspecionar as rachaduras (fissuras, etc.), investigando qualquer área suspeita; inclusive com a ajuda de lentes (lupas) ou até microscópio. Rachaduras em cabeça de cilindro de liga de alumínio geralmente apresentam um serrilhado devido a natureza granular do metal. – É importante não confundir as marcas de fundição ou escamas com rachaduras. Um dos melhores métodos de confirmação é usar o processo de inspeção por líquidos penetrantes (zyglo). Qualquer rachadura na cabeça do cilindro, exceto àquelas nas aletas de refrigeração que podem ser reparadas, é razão para rejeição do cilindro.

Inspeciona-se as aletas da cabeça do cilindro quanto a rachaduras laterais. Mossas nas aletas podem ficar, se não houver rachaduras. Onde estiver faltando pedaços das aletas, usina-se suavemente refazendo os contornos das bordas. A concentração de aletas quebradas numa determinada área irá causar falhas sérias, devido a pontos quentes locais. Aletas quebradas próximo a bucha de adaptação da vela, ou no lado de exaustão do cilindro, é obviamente mais danoso do que em outras áreas.

Quando removendo ou retrabalhando uma aleta de cilindro, as instruções e os limites do manual do fabricante são seguidos.

Todos os prisioneiros (estojos) da cabeça do cilindro são inspecionados quanto a fixação, alinhamento, danos nas roscas e o próprio comprimento. Ligeiros danos podem ser corrigidos com uma tarracha adequada. Os comprimentos dos prisioneiros devem ser corrigidos dentro de $\pm 1/32$ (0,03125 de polegada) para permitir a instalação própria das porcas de trava ou de outro dispositivo de segurança.

As guias das válvulas devem estar limpas antes da inspeção, pois frequentemente resíduos de carvão penetram nas depressões de suas guias. Se uma guia de válvula, nestas condições, é recolocada em serviço, a crosta de carvão depositada resultará em prendimento da válvula. Acúmulos laterais de carvão, arranhões e áreas queimadas por dentro das guias de válvula; assim como desgaste e fixação devem ser minuciosamente inspecionados.

A maioria dos fabricantes de motores fornece gabaritos (calibres) para a verificação

dos desgastes máximos permitidos às guias de válvulas. Este calibre não deve entrar na guia de válvula, seja qualquer uma das extremidades. Não se confunde este calibre com o calibre passa-não-passa, usado para controle de guias novas após o mandrilhamento.

Inspecionar os anéis das guias de válvula antes da retífica é mais uma maneira de determinar e corrigir qualquer picado, queimadura, arranhões ou outras falhas; assim como inspecionar as buchas de adaptação das velas quanto ao estado da rosca e a sua fixação; além de passar um parafuso de teste com as mesmas dimensões, através do furo da bucha da vela.

Frequentemente, a rosca interna da bucha apresenta queimaduras. Se mais do que um filete de rosca está faltando, a bucha deverá ser rejeitada. Um plug é instalado no furo roscado e a fixação da bucha é verificada. Inspeciona-se a base do eixo oscilante quanto a escórias, rachaduras, sobre-medidas ou ovalizações.

Os arranhões geralmente são causados devido ao movimento do eixo oscilante dentro do alojamento do mancal por excesso de folga, caso contrário o balancim estaria muito apertado no eixo.

Verifica-se o flange do cilindro quanto a perda de metalização, colocando o mesmo em um gabarito; e, também, verifica-se se o contato entre o flange e o gabarito ocorre em toda a periferia do flange. A magnitude da perda de material, caso exista, poderá ser testada usando-se um calibre de espessura. Um cilindro, cujo flange tenha um desgaste de metalização, deverá ser rejeitado.

Cilindros

O cilindro é inspecionado quanto a desgaste, usando um relógio comparador e um micrômetro interno. Na inspeção dimensional dos cilindros, verifica-se o seguinte:

- (1) Conicidade máxima das paredes do cilindro
- (2) Máxima ovalização
- (3) Diâmetro interno
- (4) Degrau (rebaixo)
- (5) Ajuste entre o pistão e cilindro

Todas as dimensões envolvendo o diâmetro do cilindro devem ser feitas no mínimo em duas posições, no mesmo plano, a 90 ° entre elas.

Poderá ser necessário efetuar mais de duas medições para determinar o desgaste máximo. O uso do relógio comparador para verificação do furo do cilindro é mostrado na figura 10-1. A conicidade das paredes do cilindro é a diferença entre os diâmetros do fundo e do topo do cilindro.

O diâmetro do cilindro é geralmente maior no topo do que no fundo.

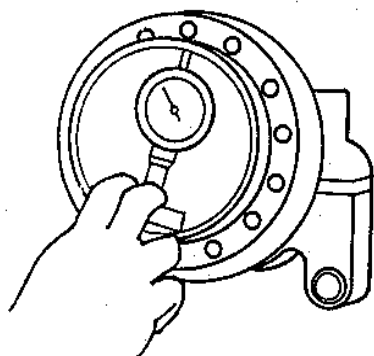


Figura 10-1 Verificação do diâmetro do cilindro.

A conicidade é causada pelo desgaste natural nos impactos gerados pela combustão, a parte superior do pistão é submetida a elevação de temperatura, de pressão e a uma atmosfera erosiva, maior do que na parte inferior, além de maior liberdade de movimento na parte superior.

Sob estas condições é que o pistão desgastará as paredes do cilindro. Na maioria dos casos, a conicidade provoca um rebaixo (degrau) na parede do cilindro (ver Figura 10-2), o qual deve desaparecer no recondicionamento.

Quando os cilindros são construídos com uma conicidade intencional, a medição da conicidade se torna mais complicada.

É necessário saber, exatamente, em que ponto as dimensões indicam desgaste ou conicidade de fabricação.

A conicidade pode ser medida em qualquer cilindro, por meio de um relógio comparador, desde que não haja um rebaixo (degrau) definido. O relógio tende a saltar no rebaixo, causando leituras imprecisas.

A medição quanto a ovalização é normalmente tomada no topo do cilindro, embora uma leitura também deva ser feita na camisa do cilindro para detectar moissas ou arranhões, causadas por falta de cuidado no manuseio ou montagem.

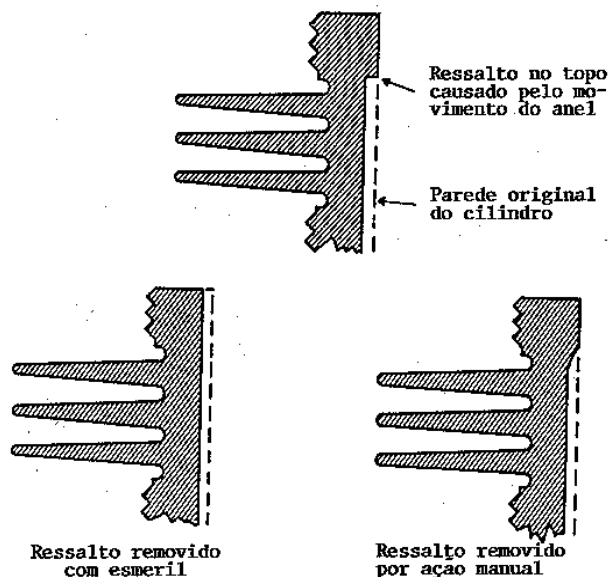


Figura 10-2 Ressalto ou degrau formado em um cilindro de motor.

Um rebaixo (degrau), figura 10-2, é formado no cilindro pelo desgaste causado pelos anéis do segmento. O maior desgaste ocorre no topo do limite de curso do anel (ponto morto alto do pistão). Este poderá causar danos ao pistão e aos anéis.

Caso tais rebaixos excedam as tolerâncias, deverão ser removidos pela retificação do cilindro ou pela raspagem manual, a fim de quebrar os cantos vivos.

Um rebaixo também poderá ser encontrado onde o anel inferior do pistão alcança o seu curso inferior do cilindro (ponto morto baixo). Esse rebaixo raramente ultrapassa os limites de desgaste; todavia, deverá ser verificado e avaliado.

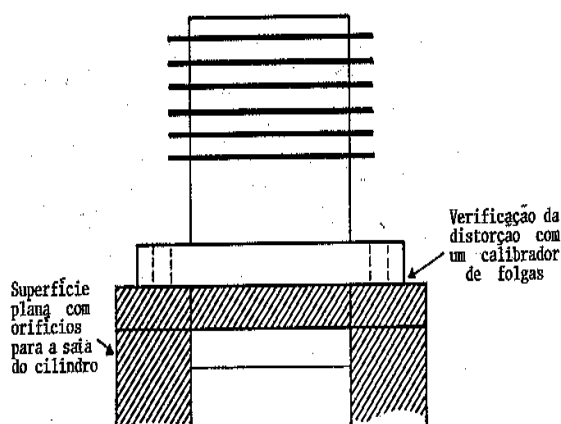


Figura 10-3 Método de verificação da distorção do flange do cilindro.

Inspeciona-se as paredes dos cilindros quanto a arranhões, ponto de corrosão, etc. Pequenos defeitos dessa natureza podem ser removidos quando os anéis são lapidados. Com danificações mais extensas, o cilindro deve ser retificado ou mandrilhado; e se os danos forem de muita profundidade o cilindro deve ser rejeitado. Normalmente o fabricante tem um serviço de troca para cilindros danificados.

Válvulas e molas de válvulas

Removendo as válvulas da cabeça do cilindro, remove-se, também, os depósitos de carvão. As válvulas são examinadas visualmente quanto a danos físicos, ou danos causados por queimaduras ou corrosão.

Não se reutiliza válvulas que apresentem danificações dessa natureza. A face da válvula é verificada quanto a empenos e excentricidade (figura 10-4).

A espessura da cabeça da válvula é medida. Se a espessura for inferior ao limite especificado pelo fabricante, a mesma não deverá ser reutilizada.

A espessura da borda da cabeça poderá ser medida com suficiente precisão, usando-se um relógio comparador e uma placa de superfície plana.

Através de uma lente, examina-se a haste e a ponta da haste da válvula, a fim de detectar rachaduras, mossas ou outras falhas. Tais tipos de danos enfraquecem a válvula, tornando-a vulnerável a falhas mais sérias.

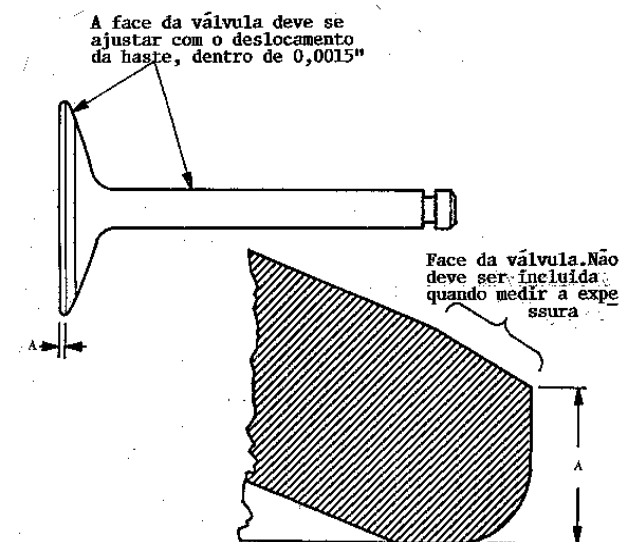


Figura 10-4 Válvula mostrando os locais de verificação de empeno e de espessura da borda.

Arranhões e mossas superficiais nas válvulas podem indicar rachaduras, devendo ser inspecionadas usando-se o método de partículas magnéticas ou líquidos penetrantes.

As áreas críticas das válvulas inclui a face e a ponta, ambas devem ser examinadas quanto a desgastes excessivos. Se um micrômetro for usado para verificação de alongamentos, serão encontrados diâmetros menores na haste junto ao gargalo da válvula. O diâmetro da haste da válvula é medido, verificando a folga entre a guia e a haste.

Pequenos picados nas sedes das válvulas saem normalmente com o esmerilhamento das faces. Inspeciona-se as válvulas quanto a alongamentos e desgastes, usando um micrômetro ou um gabarito de verificação de raios para válvulas (figura 10-5).

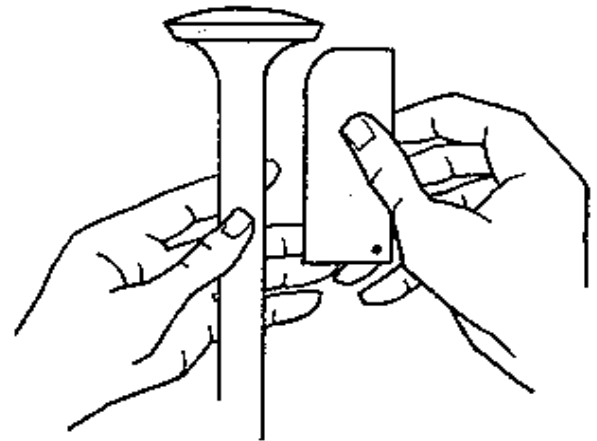


Figura 10-5 Verificação da dilatação da válvula com um calibre do fabricante.

As molas das válvulas são examinadas quanto a rachaduras, corrosão, extremidades partidas faltando pedaços e a sua tensão. Rachaduras podem ser identificadas visualmente ou pelo método de partículas magnéticas. A tensão da mola é verificada num aparelho próprio para isto.

A mola é comprimida até a altura total especificada pelo fabricante. O mostrador do teste deve indicar (em libras) a força necessária para comprimir a mola até a altura especificada pelo fabricante. A tensão indicada deve estar dentro dos limites especificados pelo fabricante.

Balancins e eixos

Deve-se inspecionar os balancins das válvulas quanto a rachaduras, desgastes, corro-

são ou arranhões nas pontas; assim como verificar se as passagens de óleo estão desobstruídas.

Os eixos são inspecionados quanto a corretas dimensões com um micrômetro.

Os eixos dos balancins frequentemente são encontrados arranhados e até queimados, – devido ao giro excessivo na cabeça do cilindro. Também pode haver transferência de metal sobre o eixo (bronze das buchas dos balancins) para os eixos de aço.

Geralmente isto é causado por superaquecimento ou ajuste muito forte entre a bucha e o eixo do balancim; por isso as buchas dos balancins devem estar corretas quanto as medidas.

Frequentemente as buchas são arranhadas durante a desmontagem, portanto os furos de passagem de óleo devem estar alinhados. Nos motores que usam rolamentos nos balancins, ao invés de bucha, verifica-se se a pista externa não está girando no suporte do mancal; inspecionando as condições gerais de funcionamento dos rolamentos.

Ovalizações são geralmente causadas por válvula presa.

Se uma válvula prende, o eixo oscilante tende a se movimentar para cima e para baixo. Inspecciona-se quanto a ovalizações e sobre-medida usando um relógio e um micrômetro.

Pistão e pino dos pistões

Os pistões são inspecionados quanto a rachaduras. Para facilitar, o pistão é aquecido cuidadosamente com um maçarico. Se houver alguma falha (fissura, etc.), o calor irá expandi-la e o óleo residual irá aflorar, a medida em que o pistão for limpo.

As rachaduras se iniciam mais facilmente nos pontos de maiores solicitações, por isso a base de fixação dos pinos, dentro dos pistões junto as paredes, cabeça e dentro das canaletas dos anéis de segmento, parte superior e inferior, são inspecionadas cuidadosamente.

Quando aplicável, verifica-se a planicidade da cabeça do pistão usando uma placa plana e um calibre de espessura (figura 10-6).

Se alguma deformação (depressão) for encontrada, a inspeção interna do pistão é refeita.

Uma depressão na cabeça do pistão indica que ocorreram detonações dentro do cilindro.

É preciso inspecionar a parte externa do pistão quanto a arranhões, riscos e etc. Arranhões na canaleta do anel superior não são causa para rejeição, a menos que elas tenham profundidade excessiva, já arranhões profundos na parte lateral externa dos pistões são, usualmente, causas para a sua rejeição.

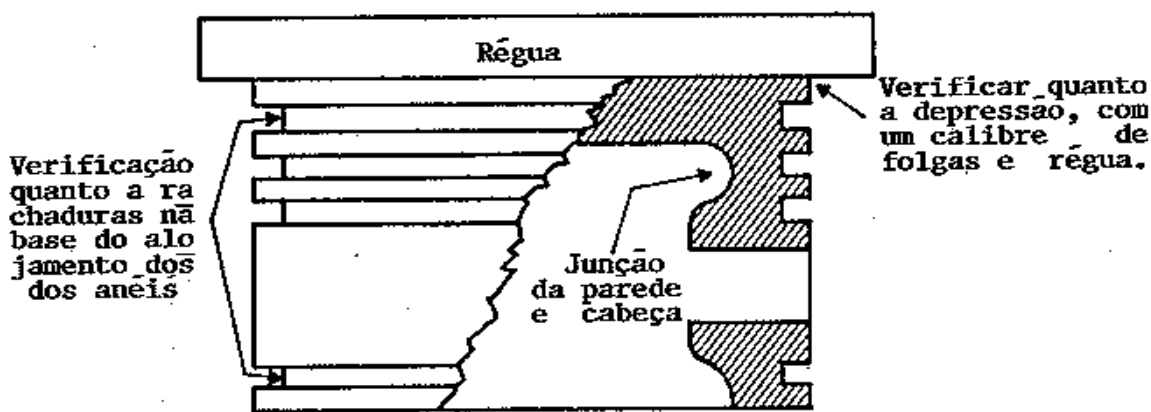


Figura 10-6 Verificação de um pistão quanto à planicidade

Examina-se a saia do pistão quanto as canaletas dos anéis quebrados, amassados e arranhões ou danos no furo do pino do pistão. A parte externa do pistão é medida com um micrômetro. As medições devem ser tomadas em várias direções; na saia e na área dos anéis de segmento as medidas são comparadas com as originais do pistão.

Vários motores usam "Can Ground Piston" para compensar maiores expansões parale-

las, relacionadas ao pino durante a operação do motor. Os diâmetros desses pistões medem vários milésimos de polegadas a mais no ângulo do furo do pino, do que paralelamente ao orifício do pino.

Examina-se as canaletas dos anéis quanto a evidência de degraus; se houver a canaleta deverá ser usinada para uma sobre-medida.

Usa-se um anel de segmento padrão, verificando a folga lateral com um calibre de

lâminas, e assim determinando se as canaletas dos anéis precisam ser usinadas para uma sobre-medida.

Geralmente a sobre-medida das canaletas não deve ultrapassar de 0,020 de polegada acima de medida normal.

O pino do pistão deve ser examinado quanto a arranhões, rachaduras, desgaste excessivo e corrosão.

Verifica-se a folga entre o pino do pistão e o furo torneado do suporte do mancal, usando um relógio comparador e um micrômetro. O método de partículas magnéticas é usado para inspecionar o pino quanto a rachaduras.

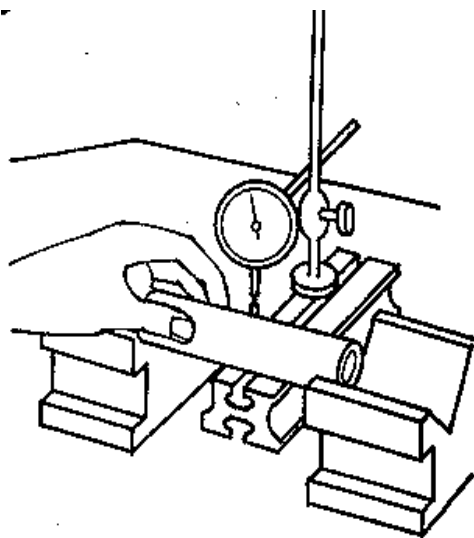


Figura 10-7 Verificação do pino do pistão quanto à espessura.

Considerando que os pinos dos pistões são frequentemente endurecidos, fissuras irão aparecer mais por dentro do que por fora.

Os pinos são observados quanto a empenos (Figura 10-7), usando blocos padrões em "V" e um relógio comparador sobre um bloco padrão paralelo.

Retífica das sedes das válvulas

As sedes das válvulas dos cilindros dos motores de avião normalmente necessitam de um refaceamento a cada revisão geral do motor. Esse refaceamento garante o correto assentamento da válvula.

Quando as guias ou sedes das válvulas são trocadas, deve haver um perfeito alinhamento entre elas.

Motores mais modernos usam sedes de bronze ou de aço. Sedes de aço são mais usadas

para as válvulas de exaustão, pois são construídas de liga de aço austenítico de alta resistência ao calor.

Sedes de bronze são usadas nas válvulas de admissão ou em ambas as válvulas; elas são fabricadas de ligas de bronze alumínio ou bronze fosforoso.

As sedes de aço são refaceadas pelo processo de esmerilhamento, já as sedes de bronze são refaceadas preferivelmente pelo desgaste ou escareamento.

A desvantagem de se usar uma pedra de esmeril no desbaste de bronze é que o metal se adere a pedra, necessitando de freqüentes retíficas da pedra para mantê-la limpa.

Os equipamentos usados para esmerilhar as sedes de aço podem trabalhar a seco ou molhado (com ou sem refrigeração).

O esmerilhamento refrigerado usa uma mistura de óleo solúvel em água, que expulsa as limalhas e, ao mesmo tempo, mantém a pedra e a sede frias, promovendo um acabamento mais fino do que o esmerilhamento a seco (sem refrigeração).

A pedra pode ser de carbonato de silício ou óxido de alumínio.

Antes de refacear a sede, observa-se se a guia da válvula está em boas condições, não precisando ser substituída.

O cilindro é mantido firmemente num dispositivo de fixação.

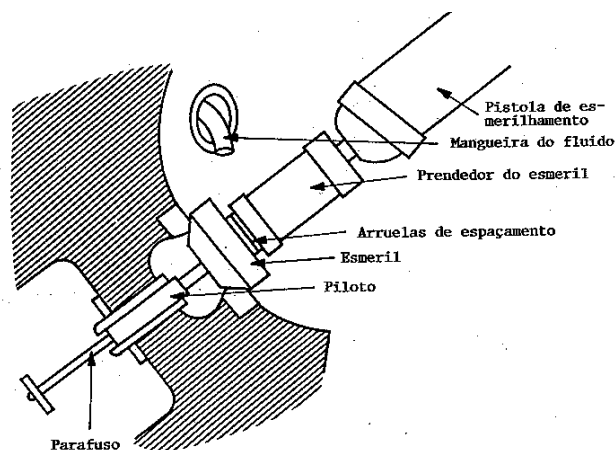


Figura 10-8 Equipamento de esmerilhamento da sede das válvulas.

As três qualidades de pedra disponíveis no mercado são assim classificadas: áspera, fina e de polimento.

A pedra áspera é designada para a limpeza inicial da sede; a pedra fina deve ser usada

para remoção das marcas de esmerilhamento grosso inicial, produzindo um acabamento fino. A pedra para polimento faz quase a mesma coisa, e é usada somente quando um alto padrão de polimento da sede é desejado. As pedras são instaladas num dispositivo especial para fixação das mesmas.

As faces das pedras de esmeril podem ser retificadas com diamante. A pedra deve ser refaceada sempre que apresentar ranhuras e sobrecarga; e quando a pedra for instalada a primeira vez no suporte de fixação. O diamante de retificação da pedra deve ser usado no sentido de cortar seu diâmetro.

Esta retífica da pedra deverá ser mantida a um mínimo, como uma maneira de conservação, desta forma ela é projetada para ter suficientes suportes de fixação para todas as pedras a serem usadas nos serviços.

Nos atuais serviços de esmerilhamento é preciso habilidade no manuseio do canhão da ferramenta, que deve ser centrado precisamente no suporte da pedra.

Se o canhão é fixado fora do centro, a vibração da pedra irá resultar em um esmerilhamento áspero.

É muito importante que a pedra gire numa velocidade que irá permitir um polimento estável. Esta velocidade é de aproximadamente 8.000 a 10.000 r.p.m.

Uma pressão excessiva sobre a pedra poderá afundar ligeiramente.

Não é recomendado deixar a pedra de esmeril em baixa velocidade, com pressão sobre a mesma, durante a partida ou parada do canhão (chicote). A pressão máxima recomendada sobre a pedra deverá ser a do próprio peso do canhão.

Uma outra prática que é considerada boa para o esmerilhamento é o alívio da ferramenta (pedra) a cada segundo, ou manter uma lavagem refrigerante, diretamente nas limalhas da sede. Isto regulariza a ação de esmerilhamento, mantendo a pedra na pressão e velocidade corretas.

Uma vez que a sede sai com facilidade, remove-se pouco material durante o esmerilhamento. Deve-se evitar o esmerilhamento desnecessário.

A pedra mais áspera é usada até que haja um alinhamento verdadeiro entre a guia e a sede da válvula, até que todas as pintinhas (picados), arranhões, raias ou partes queimadas (Figura 10-9) tenham sido removidas. pós o refaceamento a sede deve estar sem rugosidade e sem aspereza.

A pedra fina é usada somente até ficar polida.

Extremo cuidado deve ser tomado quando esmerilhando com pedra fina para evitar trepidação, rangido, etc.

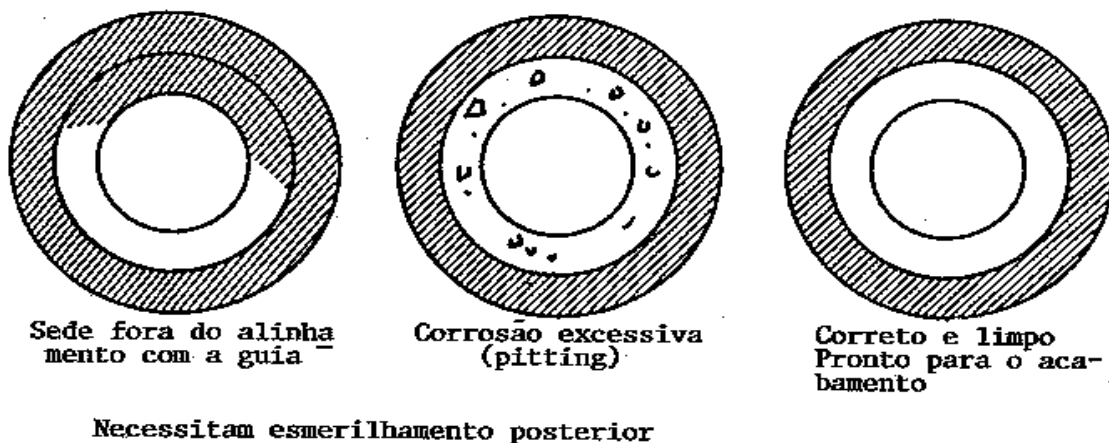


Figura 10-9 Esmerilhamento da sede das válvulas.

As medidas e exatidão da sede podem ser verificadas por vários métodos. O contorno da sede é verificado com um indicador especial de dial, e não deve exceder de 0,002 de polegada.

A medida da sede pode ser determinada usando-se o azul da Prússia.

A verificação do assentamento da sede é feita com um borrifamento de azul da Prússia sobre toda a sede. A mancha azul transferida para a válvula irá indicar o contato da superfície. Esta superfície deve ser de 1/3 a 2/3 de largura da face da válvula, e na metade da face. Em alguns casos, um calibre passa-não-passa é

usado no lugar da válvula, quando se faz a verificação com o azul da Prússia. Se o azul da Prússia não é usado, a mesma verificação pode

rá ser feita lapidando-se a válvula ligeiramente na sede.

Exemplos de resultados de testes são mostrados na figura 10-10. Se a sede contata a terço parte superior da face da válvula, esmerilha-se o canto superior dela, como mostrado na figura 10-11.



Figura 10-10 Conjunto de válvula e sede.

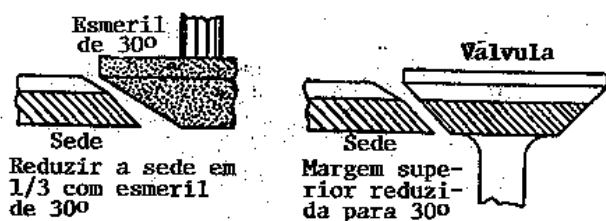


Figura 10-11 Esmerilhamento do topo da superfície da sede da válvula.



Figura 10-12 Esmerilhamento do canto interno da sede da válvula.

Às vezes este esmerilhamento é chamado de retificação estreita (*narrowing grinding*), permitindo que a sede contate a terço parte central da face da válvula, sem tocar na porção superior. Se a sede contata um terço do fundo da válvula, o canto interior dela é esmerilhado, figura 10-12.

A sede é rebaixada por uma pedra que não seja do ângulo padrão. É prática comum o uso de uma pedra com um ângulo de 15° e 45°, num ângulo da sede da válvula de 30°, e uma

pedra com um ângulo de 30° e 75° num ângulo da sede de 45° (figura 10-13).

Se a sede da válvula tiver sido cortada muito no fundo, ela irá contatar muito distante do topo dentro da cabeça do cilindro, e a folga da válvula, a tensão da mola e o assentamento serão afetados.

Para a verificação da altura da válvula, basta inseri-la na guia, e mantê-la de encontro a sede. Verifica-se a altura da haste da válvula, o balancim ou outra posição fixa.

Antes de refacear a sede da válvula, consulta-se o manual de revisão do motor. Cada fabricante especifica o ângulo exato para o esmerilhamento e o estreitamento da sede da válvula.

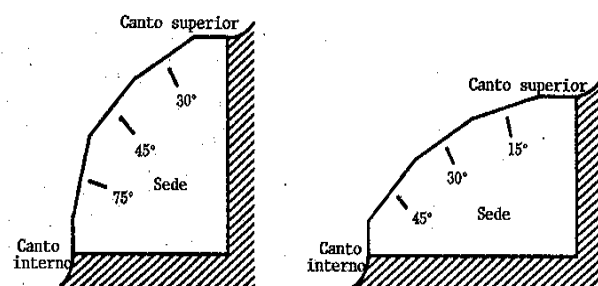


Figura 10-13 Ângulos da sede da válvula.

Recondicionamento da válvula

Uma das mais comuns tarefas durante a revisão completa do motor está no recondicionamento das válvulas. O equipamento usado deve ser preferivelmente bem provido de jateamento com água.

Com este tipo de máquina, uma mistura de óleo solúvel em água é usada para manter a válvula refrigerada, e retirar as limalhas liberadas no processo de esmerilhamento.

Alguns pontos devem ser seguidos ou verificados antes de se iniciar um esmerilhamento, como retificar a pedra de esmeril (rebo-lo) com uma ponta de diamante.

A máquina é colocada em funcionamento e o diamante é penetrado através da pedra, cortando (faceando) somente a profundidade necessária para a correta limpeza e precisão da pedra. Determina-se o ângulo da face da válvula como sendo a base, ajustando a cabeça móvel da máquina para corresponder a este ângulo de válvula.

Geralmente, as válvulas possuem um ângulo de base padrão de 30° ou 45°. Entretanto, em alguns casos, um ajuste de interferência de

0,5 ou 1,5°, menor do que o ângulo padrão, pode vir como base de face de válvula. O ajuste de interferência (figura 10-14) é usado para obter uma maior vedação positiva, por meio de um estreito contato de superfície. Teoricamente, há uma linha de contato entre a válvula e a sede. Dentro dessa linha, todas as cargas que a válvula exerce contra a sede são concentradas numa pequeníssima área, desta forma aumentando a unidade de carga em qualquer ponto considerado.

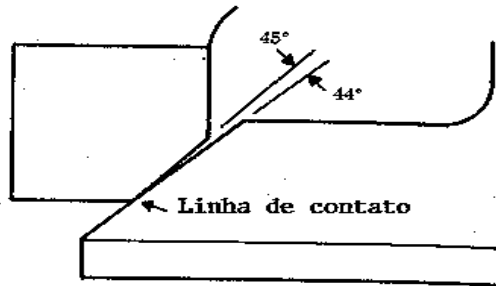


Figura 10-14 Interferência adequada da válvula e sua sede.

O ajuste de interferência é especialmente benéfico nas primeiras horas de operação, — após uma revisão completa do motor.

A vedação positiva reduz a possibilidade de queima da válvula ou da sede. Após as primeiras horas de funcionamento, estes ângulos tendem a acamar e ficar idênticos. Observa-se que o ângulo de interferência está na base da válvula, não na sede. É fácil de mudar o ângulo da válvula esmerilhando a cabeça de trabalho, do que a mudança do ângulo da sede com a pedra de esmeril (rebolo). Não se usa ajuste de interferência, a menos que aprovado pelo fabricante.

A válvula é instalada no mandril (figura 10-15), e este ajustado de modo que a face da válvula fique a aproximadamente 2 polegadas distante do mandril. Se a válvula estiver mal instalada no mandril, poderá causar empenos e esmerilhamentos da guia da válvula.

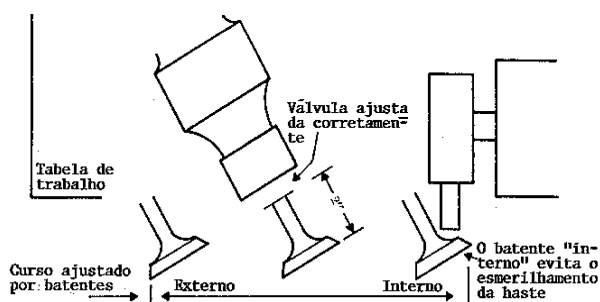


Figura 10-15 Válvula instalada na máquina de esmerilhamento.

Há vários tipos de esmerilhadoras de válvulas. Num tipo, a pedra se move através da face da válvula; num outro, a válvula é movida através da pedra.

Qualquer tipo que seja usado, os seguintes procedimentos são típicos para todos, quando refacendo uma válvula.

Verifica-se o curso da face da válvula através da pedra. A válvula deve passar completamente na pedra em ambos os lados, e ainda com o cuidado de não passar tão perto da haste para não esmerilhá-la.

Há máquinas que possuem batentes, os quais podem ser ajustados para controlar este curso.

Com a válvula ajustada corretamente na posição, gira-se a máquina e o fluido de esmerilhamento, de modo que ele borife a área de trabalho sobre a face da válvula.

Retorna-se a roda do esmeril para fora da área de trabalho, posicionando a válvula diretamente na frente da pedra. Lentamente deve-se trazer a roda para frente, até que um ligeiro passe tenha sido realizado na válvula.

A intensidade do esmerilhamento é medida mais pelo som do que por qualquer outra coisa.

Lentamente retorna-se, avançando a válvula sobre a pedra sem aumentar o corte. Move-se a mesa da plataforma de volta, usando toda a face da pedra.

Quando o som do esmerilhamento diminui, indica que algum material da válvula foi removido, então se move a mesa da plataforma para a extrema esquerda, parando a rotação da válvula.

Inspeciona-se a válvula para determinar se um novo esmerilhamento é necessário. Se precisar fazer um novo corte, a válvula é levada para frente da pedra.

Não se aumenta o corte sem ter a válvula diretamente na frente da pedra.

Uma precaução importante no esmerilhamento de válvulas, como em qualquer tipo de esmerilhamento, é fazer ligeiros passes de cada vez.

Cortes fortes causam marcas, que podem tornar a sede da válvula tosca e inacabada, de modo que, às vezes, não se consegue um acabamento fino.

Após o esmerilhamento, verifica-se a margem da válvula para se estar seguro de que os bordos da válvula não tenham sido muito afinados, com pouca parede.

Borda muito fina é chamada "borda de pena", podendo levar a uma pré-ignição.

A borda da válvula poderia queimar, e em pouco tempo o cilindro necessitaria de uma revisão geral.

A figura 10-16 mostra uma válvula com uma margem normal e outra com borda muito fina, em forma de "borda de pena" ou cunha.

A ponta da haste da válvula pode ser refaceada durante o esmerilhamento. A ponta da haste deve ser refaceada para remover a concavidade que se forma, ou algum desgaste, e também para o ajuste da folga em alguns motores.

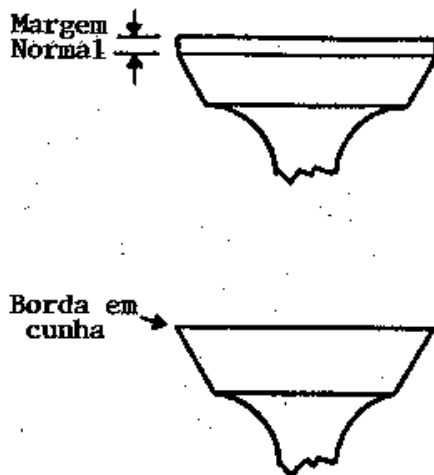


Figura 10-16 Válvulas de motor mostrando a margem normal e um bordo em cunha.

A válvula deve ser presa numa braçadeira (figura 10-17), com a ponta da haste de topo com a pedra de esmeril.

Com a máquina e a refrigeração ligada, a válvula é encostada ligeiramente de encontro com a pedra. Não se faz jogo lateral nem com a válvula nem com a pedra.

Devido a tendência da válvula aquecer durante o esmerilhamento, deve-se estar seguro de que o fluido jateia plenamente a ponta da válvula.

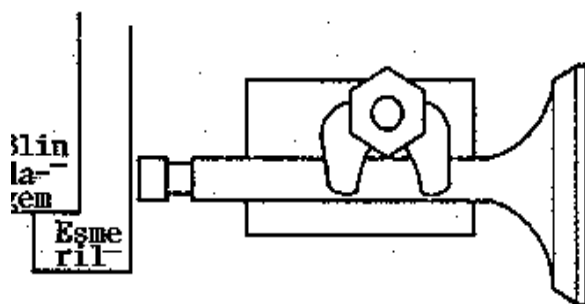


Figura 10-17 Esmerilhamento de uma válvula típica.

O esmerilhamento da ponta da válvula pode remover ou, parcialmente remover, o chanfro da borda da válvula.

Para restaurar este chanfro, ajusta-se um ângulo de aproximadamente 45°, com a pedra e com a válvula presa num bloco em forma de "v" de oficina, e, usando-se as mãos, gira-se a ponta da válvula sobre a pedra, esmerilhando com ligeiros toques toda a borda da ponta. Este chanfro evita arranhaduras da guia da válvula, quando esta é instalada.

Lapidação de válvulas e teste de vazamento

Após o teste do processo de esmerilhamento, algumas vezes é necessário que a sede da válvula seja lapidada. Isto é feito aplicando-se uma pequena camada de composto de lapidação na face da válvula, inserindo-a na guia, e girando com a ferramenta de lapidação até que apareça um anel cinza aveludado na área de contato. A aparência correta dessa lapidação da válvula está sendo mostrada na figura 10-18.

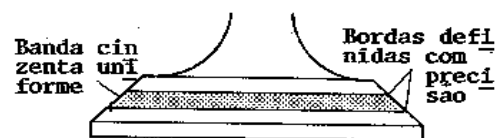


Figura 10-18 Uma válvula corretamente lapidada.

Após o processo de lapidação ter terminado, limpa-se todo o resíduo da face da sede da válvula e das áreas adjacentes.

A etapa final é a checagem do assentamento das superfícies para se fazer o teste de vazamento de selagem adequado. Isto é feito instalando-se a válvula no cilindro, segurando-a pela haste com os dedos e, ao mesmo tempo, colocando-se um pouco de querosene ou solvente através da cabeça da válvula. A pressão com os dedos na válvula ajuda a verificar se o fluido está vazando para dentro da câmara de combustão. Se não há vazamento, o trabalho de reassentamento da válvula está terminado. Se houver vazamento, continua-se o trabalho de lapidação da sede.

Qualquer superfície de face de válvula que aparente as várias figuras ilustradas na figura 10-19 é correta. Entretanto, indicações incorretas são de avaliações impróprias nos diagnósticos do esmerilhamento da válvula e da sede. Indicações incorretas, suas causas e remédios são mostrados na figura 10-19

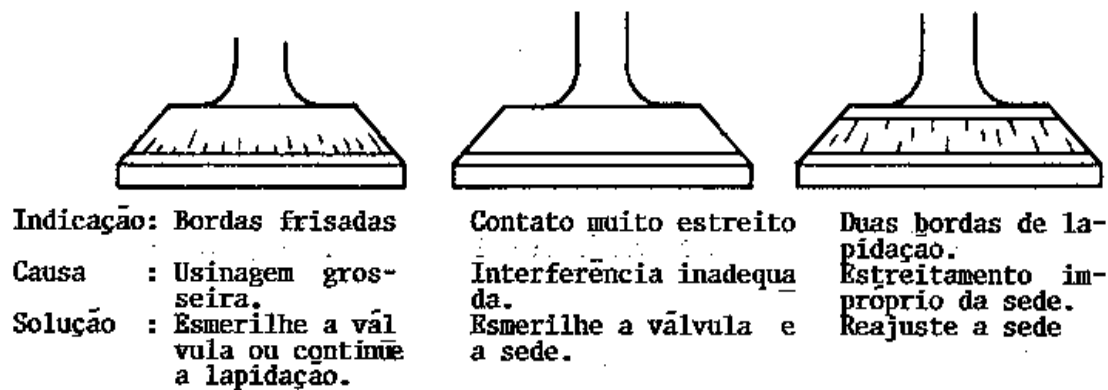


Figura 10-19 Válvulas lapidadas incorretamente.

Reparo dos pistões

Reparo nos pistões não são tão necessários como, frequentemente, são nos cilindros; uma vez que os maiores desgastes estão entre os anéis e a parede do cilindro, haste e guia de válvula e ainda face de válvula e sua sede. Um menor desgaste é encontrado entre a saia do pistão (êmbolo) e o cilindro, anéis e canaletas dos anéis de segmento, ou pino de pistão e alojamento. O reparo mais comum será a remoção das ranhuras (marcas). Normalmente, podem ser removidas somente na saia do pistão, quando estas são pouco profundas.

Ranhuras acima da canaleta do anel superior podem ser usinadas ou jateadas ao longo do diâmetro, desde que o diâmetro do pistão não fique reduzido abaixo dos mínimos especificados.

Para remover estes riscos, ranhuras, marcas, etc., instala-se o pistão na placa de um torno mecânico, girando em baixa velocidade.

As marcas ou riscos são removidos com lixa seca nº 320. Nunca se usa nada áspero na saia do pistão.

Nos motores onde todo o conjunto rotativo é balanceado, os pistões devem pesar dentro de ¼ de libra um do outro.

Quando um novo pistão é instalado, ele deve estar dentro das mesmas tolerâncias de peso dos removidos.

Não é suficiente ter um pistão sozinho; ele deve ser montado ao eixo de manivelas, bie-las, pinos de pistão, etc. Para se conseguir ajustar o peso dos novos pistões, os fabricantes deixam na base da saia do pistão uma seção mais grossa.

A redução de peso se faz retirando metal levemente dessa parte. O peso do pistão pode

ser reduzido facilmente, porém soldagem e metalização não são permitidas.

Se as canaletas dos anéis estão desgastadas ou com degraus, terão que ser usinadas para uma sobremedida, de modo que possam acomodar anéis mais largos de sobremedida, mantendo a folga correta.

Após a usinagem, observa-se se os pequenos raios em torno das canaletas dos anéis foram restabelecidos.

Quando os anéis são removidos, rachaduras ou quebras podem ocorrer devido a fadiga ou tensões localizadas.

Canaletas de anéis de sobremedida são usualmente de 0,005, 0,010 ou 0,020 de polegada. Medidas maiores poderiam enfraquecer a base de apoio dos anéis dentro das canaletas. Alguns fabricantes vendem pinos de pistão com 0,005 de sobremedida.

Quando são disponíveis, é permissível o torneamento ou o alargamento do alojamento do pino para 0,005 de polegada de sobremedida. Entretanto, estes alojamentos devem estar muito bem alinhados.

Pequenas mossas na borda do alojamento do pino podem ser lixadas. Ranhuras profundas por dentro, ou em qualquer parte em torno do alojamento do pino, são razões para rejeição.

Retífica e brunimento do cilindro

Se um cilindro tem conicidade excessiva, ovalizações, dentes, ou o seu diâmetro máximo for ultrapassado, ele poderá ser retificado para uma sobremedida permitida.

Se as paredes do cilindro estão ligeiramente enferrujadas, marcadas ou corroídas, podem ser reparadas pelo brunimento ou polimento.

A retífica de um cilindro é um trabalho especializado que até um mecânico de motores, muitas vezes, não está preparado para fazer. Entretanto, o mecânico deve ser capaz de detectar quando o cilindro precisa de uma retífica, e saber reconhecer quando o trabalho foi bem ou mal feito.

Geralmente, cilindros de sobremedida para motores de avião são de 0,010, 0,015, 0,020 ou 0,030 de polegada. Diferente de motores de automóveis, os quais podem ser retificados para sobremedidas de 0,075 a 0,100 de polegada; cilindros de motores de avião tem geralmente paredes finas, e podem ser nitretadas (tratamento termo-químico – nitretação) para endurecimento das paredes do cilindro. Alguns fabricantes, muitas vezes, não permitem o uso de todas as sobremedidas acima. Outros não permitem retífica para sobremedida.

Os manuais de revisão dos motores, ou catálogos de partes, normalmente listam as sobremedidas permissíveis para um ou outro modelo em particular de motor.

Para determinar a medida de retífica, a medida padrão inicial deve ser conhecida. Isto pode ser determinado nas especificações dos fabricantes ou nos manuais. A medida de retífica é fundamentada a partir da medida padrão do cilindro. Por exemplo, um certo cilindro tem um diâmetro de 3,875 de polegada, para se ter um cilindro retificado para 0,015 de polegada de sobremedida, será necessário uma retífica para um diâmetro de 3,890 de polegada ($3,875 + 0,015$). A tolerância de $\pm 0,0005$ polegada é usualmente aceitável para cilindros retificados.

Um outro fator que deve ser considerado, quando determinando a medida para a qual o cilindro deve ser retificado, é o máximo de desgaste que tenha ocorrido.

Ao se encontrar algum batente (degrau) na parede do cilindro muito grande, que fatalmente não desapareceria na primeira retífica de sobremedida, obviamente passa-se para a sobremedida posterior, e assim por diante, até limpar completamente o cilindro.

Uma consideração importante durante a retífica de um cilindro é o tipo de acabamento desejado dentro do cilindro.

Alguns fabricantes de motores recomendam um acabamento uniforme das paredes do cilindro, o qual irá permitir um assentamento ímpar dos anéis de segmento (se estes não foram lapidados ao cilindro). Outros fabricantes recomendam um acabamento suave, para o qual

um anel lapidado irá acamar, sem muita mudança nas dimensões do anel ou do cilindro. Os últimos tipos de acabamento são mais caros de serem produzidos.

O padrão é usado quando a precisão de acabamento da parede do cilindro é conhecida em termos de micro-polegada, *r.m.s.*

Num acabamento onde a aspereza da retífica atingiu 0,000001 de polegada de profundidade, é especificada como 1 *microinch r.m.s.*

A maioria dos cilindros de motores de avião são retificados para um acabamento de 15 a 20 *microinch r.m.s.* (micropolegada *r.m.s.*). Vários motores de baixa potência têm cilindros que são retificados para um valor relativo a 20 a 30 *microinch r.m.s.* de acabamento. Na outra extremidade da escala, alguns fabricantes recomendam um superacabamento de aproximadamente 4 a 6 *microinch r.m.s.*

A retífica do cilindro (figura 10-20) é conseguida através da montagem firme da pedra de esmeril (rebolo), a qual retifica a parte interna do cilindro, passando de cima a baixo em toda a extensão do cilindro. Tanto o cilindro como a pedra, ou ambos, podem se mover mutuamente. A extensão de esmerilhamento é determinada pela distância da pedra, ajustada ao longo da linha de centro do cilindro. Algumas máquinas para retificação de cilindros irão produzir um furo reto, enquanto outras são projetadas para uma retífica ligeiramente cônica do furo.

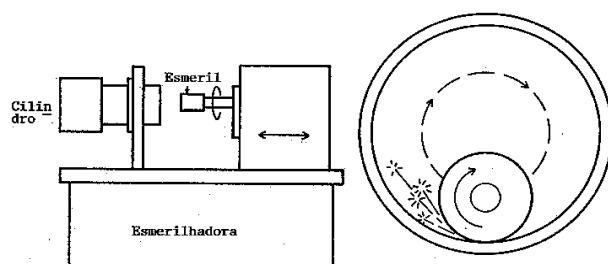


Figura 10-20 Esmerilhamento interno de um cilindro.

A conicidade de retífica do cilindro refere-se a um processo de fabricação, no qual as paredes do cilindro têm um diâmetro menor no topo do que no fundo. O propósito deste tipo de conicidade é para garantir o paralelismo total das paredes do cilindro durante a operação do motor. À medida que o cilindro aquece durante a operação, a cabeça e o topo do cilindro são mais sujeitos a calor do que o fundo (base). Isto

provoca maior expansão (dilatação) térmica junto ao topo do que no fundo, desta forma mantendo as paredes paralelas (retas) como desejado.

Após a retífica pode ser necessário brunar o furo do cilindro, para obter-se um melhor acabamento. Se isto for desejado, especifica-se uma medida de reesmerilhamento para permitir diminuta remoção de metal durante o brunimento do cilindro.

O permitido, usualmente, para o brunimento é 0,0001 de polegada. Se o diâmetro final do cilindro deve ser de 3,890 polegadas, especifica-se uma retífica de 3,889 polegadas, e então, brunindo o cilindro para 3,890 polegadas.

Há várias maneiras e modelos diferentes de brunimento de cilindro.

O polimento de brunimento é usado somente para produzir o acabamento desejado nas paredes do cilindro. O mais elaborado brunimento microcromático pode ser usado para alinhar as paredes do cilindro. Um polimento de brunimento (figura 10-21) não deve ser usado numa tentativa de alinhamento das paredes do cilindro.

Uma vez que as pedras estão sob tensão de mola, elas irão seguir somente o contorno das paredes do cilindro.

Após o término da retífica do cilindro, verifica-se as dimensões e o acabamento das paredes do cilindro, e se não há evidência de superaquecimento ou rachaduras de esmerilhamento antes da instalação do cilindro do motor

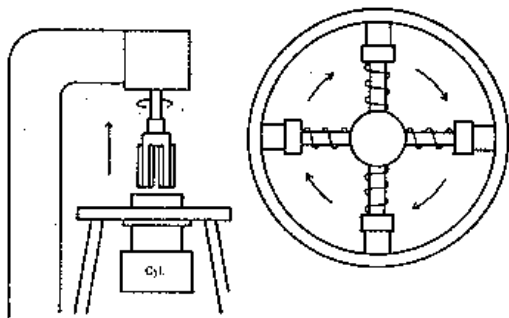


Figura 10-21 Brunimento de cilindro

INSPEÇÃO DO EIXO DE MANIVELAS

Cuidadosamente inspeciona-se todas as superfícies do eixo quanto a rachaduras. Verifica-se as superfícies dos rolamentos quanto a evidência de sulcos, arranhões ou outros danos. Quando o eixo está equipado com tubos de transferência de óleo, verifica-se sua fixação.

Alguns fabricantes recomendam, além da inspeção visual, outros métodos de inspeção não destrutivos, tais como: partículas magnéticas ou radiografia.

Coloca-se o eixo de manivelas sobre blocos em "V", suportado em pontos determinados pelo manual de revisão do motor. Usa-se uma base plana, e com um relógio comparador a ovalização do eixo é medida. Se a leitura total indicada exceder as dimensões dadas dos limites das tabelas do manual do fabricante, o eixo não poderá mais ser usado. Um eixo empenado não deve ser desempenado. Qualquer tentativa de fazer isto resultará na ruptura da superfície nitretada (temperada) dos mancais dos rolamentos, uma condição que irá causar eventual falha do eixo de manivelas.

Os mancais principais e os moentes de biela do eixo são medidos. Os resultados são comparados com os limites das tabelas do manual de revisão do motor.

Câmara de sedimentos

Alguns eixos de manivelas são fabricados com pinos de manivelas ocos que servem como removedores de resíduos. As câmaras de sedimento podem ser formadas por tubos em forma de carretel, prensados dentro dos pinos ocos da manivela, ou por meio de bujões prensados em cada extremidade do pino da manivela.

As câmaras de sedimento ou tubos devem ser removidas durante a limpeza do motor para revisão geral.

Se estes não forem removidos, o desprendimento de resíduos acumulados durante a limpeza pode entupir as passagens de óleo do eixo de manivelas e consequentemente causar subsequentes falhas de rolamentos.

Se as câmaras de sedimentos são formadas por meio de tubos prensados dentro dos pinos ocos da manivela, deve-se estar seguro de que eles foram reinstalados corretamente, para evitar o bloqueio das passagens de óleo.

BIELAS

A inspeção e reparo das bielas incluem (1) inspeção visual, (2) verificação de alinhamento, (3) reembuchamento, e (4) troca de rolamentos. Alguns fabricantes também recomendam inspeção por partículas magnéticas das bielas.

Inspeção visual

A inspeção visual deve ser feita com auxílio de lentes de aumento ou com microscópio de bancada. Uma biela que está obviamente empenada ou torcida deve ser rejeitada sem futuras inspeções. Inspecciona-se todas as superfícies da biela quanto a rachaduras, corrosão, picados, ferrugens ou outros danos. Escoriações são causadas por ligeiros movimentos rotativos, entre as superfícies da blindagem do rolamento e a biela, durante os períodos de cargas excessivas e produzidas durante condições de disparo ou com pressões de carga excessiva de admissão.

A evidência visual de qualquer escoriação aparece como se as partículas provenientes de uma superfície de contato tenha soldado em outra. Evidência de sulcos (escoriações) são razões para se rejeitar toda a biela. Sulco é uma distorção dentro do metal e é comparável a corrosão que da mesma forma enfraquece a estrutura do metal da biela.

Verificação do alinhamento

Verifica-se o embuchamento que tenha sido trocado para determinar se a bucha e o furo estão em esquadro e paralelos uns com os outros. O alinhamento da biela pode ser verificado de várias maneiras. Um dos métodos necessita da instalação de um fuso de encaixe apertado para cada extremidade da biela, uma base plana e dois blocos paralelos de precisão de mesma altura.

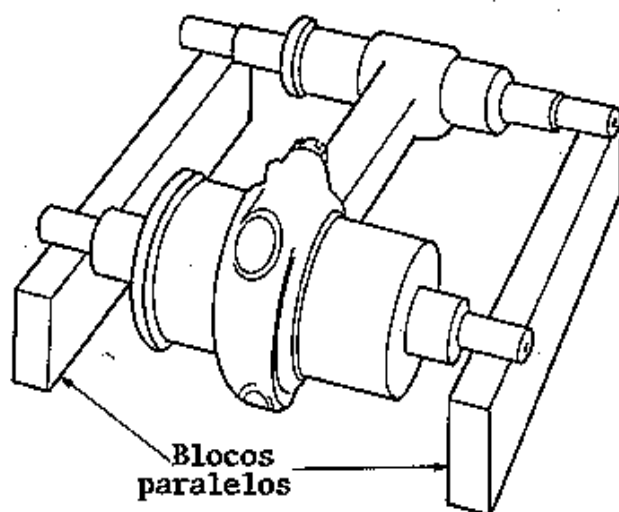


Figura 10-22 Verificação da biela quanto a empenos.

Para medir o empeno (figura 10-22), ou torções, insere-se os fusos nos furos da biela; colocando os blocos paralelos numa superfície plana.

As extremidades dos fusos são colocadas sobre os blocos paralelos. Verifica-se a folga nos pontos onde os fusos descansam sobre os blocos usando um calibre de lâminas. Esta folga dividida pela separação dos blocos, em polegadas, irá fornecer a torção por polegada de comprimento.

Mede-se a distância entre os fusos em cada lado da biela junto aos pontos equidistantes da linha de centro da biela.

Para o exato paralelismo, as distâncias verificadas em ambos os lados devem ser as mesmas. Consultam-se os limites estabelecidos no manual do fabricante do motor, para verificar o desalinhamento máximo permitido.

As operações precedentes são típicas para a maioria dos motores alternativos, e estão incluídas nos manuais de revisão completa dos motores. Seria impraticável listar todos os itens abordados no manual de revisão completa do motor. Deve ser entendido que há outros procedimentos e inspeções que devem ser executados. Para uma exata informação, o manual do fabricante do modelo específico do motor é sempre consultado.

BANCO DE TESTES PARA MOTORES ALTERNATIVOS

As informações deste capítulo “banco de testes para motores”, são entendidas como familiarização com os procedimentos e equipamentos usados na seleção de serviços, somente para aqueles motores que estão em perfeitas condições mecânicas.

Igualmente a um novo, ou a um motor recuperado de automóvel, o motor de avião deve estar em perfeitas condições mecânicas. Esta condição deve ser determinada após o motor ter sido novamente montado ou revisado completamente.

O método usado é o de teste funcional, que poderia evitar uma desmontagem completa antes de liberar o motor.

Deve ser enfatizado que o teste de funcionamento é vital como qualquer outra fase de revisão do motor, significando que a qualidade de um motor novo ou revisado foi verificada e que é um item final para liberação de um motor para serviço.

Em algumas circunstâncias, um motor que apresentava perfeitas condições mecânicas antes de um teste funcional apresenta condições mecânicas inconfiáveis ou pobres. Então, a confiabilidade e o potencial de vida em serviço de um motor, fica na dependência da passagem satisfatória no "Banco de testes" (ou banco de ensaio).

Propósito do teste

O teste atende a dois propósitos: primeiramente ele realiza um teste de funcionamento dos anéis dos pistões e suavidade dos rolamentos; segundo, ele proporciona informações sobre a performance do motor e determina as condições do mesmo. Para proporcionar fluxo de óleo adequado para a parte superior dos cilindros, com um mínimo de perda de óleo, é importante que os anéis dos pistões estejam propriamente acamados dentro do cilindro nos quais eles estão instalados.

O processo é chamado de experiência dos anéis do pistão (*piston rings run-in*) e é conseguido frequentemente pela operação controlada do motor numa operação em alta velocidade. Condição imprópria dos anéis de pistão ou "*run in*" pode resultar numa operação insatisfatória do motor.

O processo chamado "polimento dos rolamentos" cria um alto polimento de superfície nos rolamentos e buchas (instalados durante o trabalho de revisão completa do motor). O polimento é usualmente conseguido durante os primeiros períodos de funcionamento do motor para amaciamento, geralmente se estiver operando o motor em baixa velocidade.

Requisitos do teste

O teste operacional e o teste de procedimentos variam de acordo com o motor em questão, porém as necessidades básicas serão discutidas nos parágrafos seguintes.

A falha de qualquer parte interna durante o teste de funcionamento "*run in*" necessita que o motor retorne para substituições de unidades necessárias e, então, ser completamente retestado.

Se qualquer componente do motor básico falhar, um novo deve ser instalado; um tempo mínimo de operação será preciso para avaliação desse componente instalado.

Após o motor ter sido aprovado completamente no teste, é especialmente tratado para evitar corrosão. Terminando o período de "*run in*", durante o teste, os motores são operados com o combustível próprio de qualidade para o motor em questão.

O sistema de óleo é abastecido com uma mistura de composto preventivo de corrosão e óleo de motor.

A temperatura desta mistura é mantida de 105° a 121° C. Próximo do final do "*run in*" a CPM (mistura preventiva de corrosão) é usada como lubrificante do motor. Passagens de indução do motor e câmara de combustão são também tratados com CPM pelo método de aspiração (CPM é aspirado ou ventilado para dentro do motor).

EQUIPAMENTO MÓVEL DE TESTE PARA MOTOR CONVENCIONAL

Esse teste é praticamente o mesmo do banco de testes. Eles têm o mesmo propósito, isto é, assegurar que o motor está pronto para ser instalado no avião. Uma vez que o motor tenha sido operado no teste móvel, e que todas as falhas tenham sido corrigidas, é de se esperar que o motor opere corretamente no avião. Um típico teste móvel consiste de uma estrutura, montantes para fixação do motor, cabine de controle e um reboque, soldados ou aparafusados4 juntos. O berço de teste do motor e a parede de fogo estão localizados na parte traseira da plataforma do reboque, e recursos de acesso a parte traseira do motor.

O berço de teste do motor é uma estrutura de aço de suportes, braços, com montantes soldados e aparafusados juntos, formando uma única unidade. O braço traseiro do berço possui degraus de aço antiderrapante soldado no lugar, para permitir uma subida fácil do mecânico ao topo da secção dos acessórios do motor.

No lado da parte fronteira do motor há um painel de aço, contendo conectores elétricos para serem ligados aos circuitos do motor. Há também conexões no painel de aço do tipo de desconexão rápida de linhas de fluidos para o motor.

O tanque hidráulico está localizado no lado traseiro do equipamento de teste. Finalmente o equipamento móvel de teste de motor possui plugues para o sistema de comunicação. A cabine de controle está localizada na parte

média do equipamento móvel de teste, alojando controles e os painéis de instrumentos.

A coisa mais importante acerca do posicionamento da unidade móvel de teste é a face da hélice estar posicionada diretamente contra o vento. Se isto não for feito, o teste do motor não terá precisão.

Instrumentos do equipamento de teste

A cabine de controle de teste do operador engloba os controles usados para operar o motor; e instrumentos usados para medir várias temperaturas e pressões, fluxo de combustível e outras indicações. Estes dispositivos são necessários para proporcionar cheques e avaliações precisas da operação do motor.

A cabine de controle é separada, porém adjacente ao espaço da célula de teste, a qual envolve o motor que está sendo testado.

A segurança, a economia e a confiabilidade do teste dos motores modernos de avião dependem fundamentalmente do uso de instrumentos.

Num procedimento operacional do motor "run in", os mesmos instrumentos básicos usados, quando o motor está instalado no avião, são também usados neste teste; entretanto, algumas conexões adicionais para alguns instrumentos e dispositivos de medições, as quais praticamente não podem ser instalados no avião, estão disponíveis neste equipamento de teste.

Os instrumentos usados nestes procedimentos de teste são inspecionados e calibrados periodicamente, assim como quando estão instalados no avião. Desta forma, as informações concernentes a operação do motor estão asseguradas.

Instrumentos de motores são operados de várias maneiras diferentes, alguns mecanicamente, outros eletricamente, e também outros através da pressão de um líquido.

Este capítulo não irá discutir como ele opera, mas a razão da informação que ele fornece, seus nomes comuns e as características sobre eles. Os instrumentos que deverão ser cobertos são:

- (1) Indicador da temperatura de ar do carburador.
- (2) Indicador de pressão de combustível.
- (3) Medidor de fluxo de combustível.
- (4) Indicador de pressão de admissão.
- (5) Indicador de temperatura de óleo.
- (6) Indicador de pressão de óleo.

- (7) Tacômetro.
- (8) Indicador de temperatura na cabeça do cilindro.
- (9) Torquímetro.
- (10) Indicador de sucção.
- (11) Sistema de quantidade de óleo.
- (12) Manômetro de medição diferencial.

As marcações dos instrumentos, e a interpretação destas marcações deverão ser discutidas antes das considerações individuais sobre os instrumentos.

Marcações de instrumentos indicam faixas de operação ou limites mínimos e máximos, ou ambos. Geralmente, o sistema de marcação no instrumento consiste de quatro cores (vermelho, amarelo, azul e verde) e espaços intermediários brancos.

A linha vermelha ou a marca vermelha indicam o ponto além do qual as condições operacionais perigosas existem, e o arco vermelho indica o limite perigoso de operação. Das duas, a marca vermelha é mais comumente usada e está localizada radialmente na cobertura de vidro ou na face do dial. A cobertura do arco amarelo fornece a faixa de operação e é uma indicação de perigo. Geralmente, o arco amarelo está localizado na parte extrema da circunferência da abertura de vidro do instrumento ou na face do "dial" (mostrador).

O arco azul semelhante ao amarelo indica a faixa de operação. O arco azul pode indicar, por exemplo, a faixa de pressão no duto no qual o motor pode ser operado com o controle do carburador ajustado em "autopobre". O arco azul é usado somente em certos instrumentos de motor, como o tacômetro, pressão de admissão, temperatura da cabeça do cilindro e torquímetro.

O arco verde mostra a faixa normal de operação. Quando usado em certos instrumentos de motor, contudo, também significa que o motor deve ser operado com o ajuste do carburador em "auto-rico", quando o ponteiro estiver nesta faixa.

Quando as marcações aparecem na cobertura de vidro, uma linha branca é usada como uma referência (*index mark*), muitas vezes chamada "marca de deslizamento".

A marca radial branca indica qualquer movimento entre a cobertura de vidro e o alojamento, uma condição que poderá causar um deslocamento errado em outra faixa limite de marcação.

Os instrumentos mostrados nas figuras 10-23 até 10-31 possuem faixas marcadas. A parte do "dial" que possui a faixa marcada nos instrumentos é também mostrada de forma "expandida" (maior), com propósito de instrução. A parte "expandida" é mostrada fora do instrumento para tornar mais fácil a identificação de suas marcas.

Indicador de temperatura do ar do carburador

A medição na entrada do carburador, CAT (*carburetor air temperature*) temperatura do ar do carburador é considerada por muitos como uma indicação de indução do sistema de formação de gelo.

Embora este sirva para este propósito, também fornece muitos outros itens importantes de informação.

O grupo motopropulsor é uma máquina quente, e a temperatura de seus componentes ou de seus fluidos que seguem através deste processo de combustão é afetada direta ou indiretamente. O nível de temperatura de indução do ar afeta não somente a carga de densidade, mas também a vaporização do combustível.

Em adição ao uso normal do CAT, este também tem encontrado uso para teste na condição do sistema de indução.

O "Retorno de chama" deverá ser indicado como elevação momentânea no indicador, provendo que esta seja suficientemente severa para que o aquecimento seja sentido no ponto de medição do ar no carburador.

O fogo prolongado no sistema de indução deverá mostrar um contínuo aumento na temperatura do ar.

O CAT deve ser observado antes da partida, e imediatamente após o corte.

A temperatura antes da partida é a melhor indicação da temperatura do combustível no corpo do carburador, avisando se a vaporização será suficiente para a queima ou se a mistura deve ser aumentada através da bomba de partida (*priming*).

Se um motor foi cortado (desligado) há apenas um curto espaço de tempo, o aquecimento residual no carburador pode tornar possível a vaporização do aquecimento no combustível no motor, e a injeção inicial (*priming*) poderá tornar-se desnecessária.

Após o corte, a alta temperatura do ar do carburador (CAT) é um aviso de que o combus-

tível retido (remanescente) irá expandir, produzindo uma alta pressão interna.

Quando a alta temperatura durante este tempo estiver presente, a linha de combustível e as válvulas dos dutos devem ser abertas para que a pressão possa ser aliviada através da passagem de retorno de combustível para o tanque.

O mostrador de temperatura do ar do carburador indica a temperatura do ar antes de sua entrada. A temperatura lida é sentida através de um bulbo.

Na célula de teste o bulbo é colocado na passagem do ar de impacto para o motor, e no avião é colocado no duto de tomada da "RAM-AIR". O mostrador da temperatura do ar do carburador é calibrado em escala de centígrados. A figura 10-23 mostra um mostrador típico de temperatura de ar de carburador ou CAT. Este mostrador, como muitos outros instrumentos de aviões multimotores, é um mostrador duplo; que são dois mostradores, cada um com um ponteiro e uma escala separada, que são usados no mesmo instrumento.

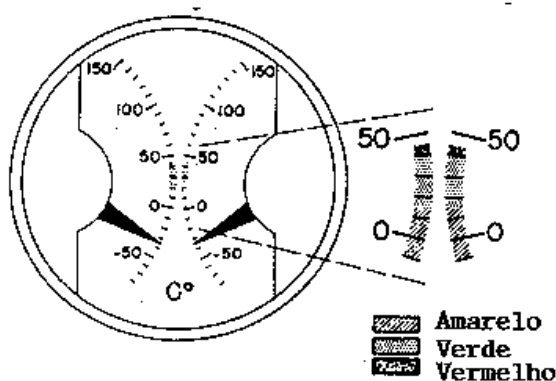


Figura 10-23 Indicador da temperatura do ar do carburador.

O arco amarelo indica os limites de -10° C até +15° C, desde que o perigo de gelo ocorra entre estas temperaturas. A faixa verde indica o limite normal de operação de +15° C até +40° C. A linha vermelha indica a temperatura máxima operacional de 40° C; qualquer operação a uma temperatura acima deste valor coloca o motor em perigo de detonação.

Indicador de pressão de combustível

O mostrador de pressão de combustível é calibrado em libras por polegadas quadradas de pressão. É usado durante o teste de operação geral (em funcionamento) do motor no banco de

provas para medir a pressão de combustível na entrada do carburador, o combustível de alimentação da válvula de descarga do injetor e a linha principal de suprimento de combustível. Indicadores de combustível são colocados na sala de controle do operador, e são conectados através de linhas flexíveis a diferentes pontos, nos quais a leitura é necessária durante o procedimento de teste.

Em algumas instalações em aviões, a pressão de combustível é tomada na entrada do carburador em cada motor, e a pressão é indicada em mostradores individuais (figura 10-24) no painel de instrumentos. O dial é calibrado na graduação, de 1 P.S.I., e os números estão dispostos de 0 a 25. A linha vermelha no "dial" em 16 P.S.I., mostra a pressão mínima de combustível necessária durante o voo. O arco verde mostra o limite desejado para operação, que é de 16 a 18 P.S.I. A linha vermelha na graduação de 18 P.S.I. indica a pressão máxima permitida de combustível. As pressões de combustível variam com o tipo de instalação de carburador e o tamanho do motor. Na maioria dos motores que usam carburação com pressão de injeção, a faixa de pressão é a mesma que a ilustrada na figura 10-24.

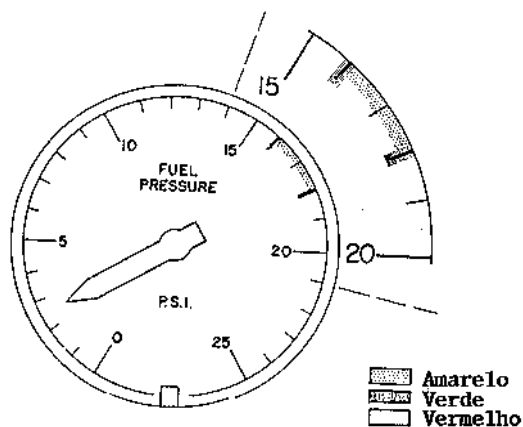


Figura 10-24 Indicador da pressão do combustível.

Quando os carburadores tipo bóia, ou sistema de carburação de baixa pressão, são usados, o limite da pressão de combustível é de um valor menor; a pressão mínima permitida é de 3 P.S.I., e a máxima é de 5 p.s.i. com a faixa de operação desejável entre 3 e 5 p.s.i.

Medidor de fluxo de combustível

O medidor de fluxo de combustível mede o montante enviado ao carburador. Durante o procedimento de teste do motor, o fluxo de combustível para o motor é medido através de

uma série de tubos calibrados, localizados na sala de controle.

Os tubos são de vários tamanhos para indicar os diferentes volumes do fluxo de combustível. Cada tubo possui uma bóia que pode ser observada pelo operador, e como o fluxo de combustível varia através dos tubos, a bóia é cada vez abaixada ou elevada, indicando o montante do fluxo de combustível.

Com essas indicações, o operador pode determinar que o motor está operando com a correta mistura ar/combustível para fornecer a tração desejada.

Na instalação do avião, o sistema de indicação de fluxo de combustível consiste de um transmissor e de um indicador para cada motor.

O transmissor de fluxo de combustível é convenientemente instalado na seção de acessórios do motor e mede o fluxo de combustível entre a bomba do motor (mecânica) e o carburador.

O transmissor é um dispositivo elétrico que é conectado eletricamente a um indicador localizado no painel de operação do avião. A leitura no indicador é calibrada para gravar o montante de fluxo de combustível em libras de combustível por hora.

Indicador da pressão de admissão

O tipo preferido de indicador para medição da pressão de admissão é um mostrador que grava a pressão como uma leitura de pressão absoluta. Um manômetro de mercúrio, um tubo calibrado em polegadas, é usado durante os procedimentos de teste.

Este é parcialmente abastecido com mercúrio e conectado ao adaptador no duto de admissão localizado no motor. Como é impraticável a instalação de manômetros de mercúrio no avião para gravar a pressão de admissão dos motores, um indicador de pressão do duto especialmente projetado para indicar a pressão absoluta no duto em polegadas de mercúrio será usado.

No indicador de pressão de admissão, o arco azul representa a faixa onde há operação com o controle de mistura em "autopobre", e o arco verde indica a faixa na qual o motor deve ser operado com o controle de mistura em "NORMAL" ou posição "RICA".

O arco vermelho indica a máxima pressão permitida no duto durante a decolagem.

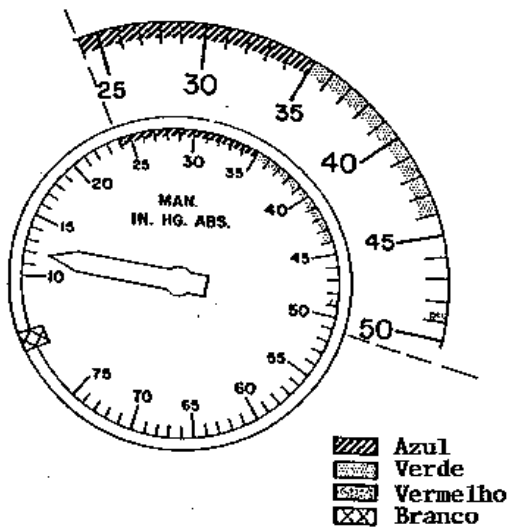


Figura 10-25 Indicador da pressão de admissão.

As marcas na faixa do indicador de pressão de admissão e indicações variam com os diferentes tipos de motores e instalações. A figura 10-25 ilustra o mostrador de um típico indicador de pressão de admissão e mostra como as marcas das faixas são posicionadas.

O arco azul começa na graduação 24 in.Hg, a pressão mínima permitida no duto durante o voo. O arco continua até a graduação de 35 in.Hg, e mostra a faixa onde a posição de operação "autopobre" é permitida.

O arco verde começa em 35 in.Hg e continua até a graduação de 44 in.Hg, indicando a faixa em que a operação na posição "RICA" é requerida.

Qualquer operação acima dos valores indicados pela extremidade superior do arco verde (44 in.Hg no mostrador do instrumento na figura 10-25) deverá ser limitado a operação contínua que não exceda a 5 minutos. A linha vermelha em 49 in.Hg mostra a pressão de admissão recomendada para decolagem; esta pressão não deve ser excedida. Nas instalações onde injeção de água é usada, uma segunda linha é colocada no mostrador para indicar a pressão de admissão máxima permitida para uma decolagem "molhada".

Indicador de temperatura do óleo

Durante o funcionamento do motor no teste, as leituras de temperatura do óleo do motor são tomadas na entrada e na saída. Destas leituras, poderemos determinar se o aquecimento do motor que é transferido para o óleo é baixo, normal, ou excessivo.

Esta informação é de extrema importância durante o "amaciamento" do motor.

A linha do indicador da temperatura do óleo no avião é conectada à entrada de óleo do motor.

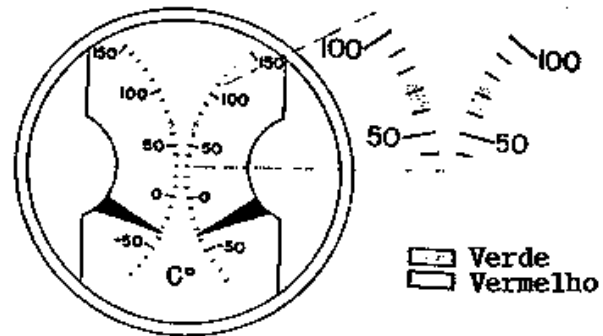


Figura 10-26 Indicador da temperatura do óleo.

Indicador de pressão de óleo

A pressão de óleo no teste do motor é verificada em vários pontos. A leitura principal de pressão de óleo é tomada na linha de pressão da bomba de óleo. Outras leituras de pressão são tomadas da seção dianteira (*NOSE SECTION*) e da seção intermediária (*BLOWER SECTION*); e quando é usado o superalimentador, a leitura é tomada na embreagem de alta e baixa do motor (*HIGH and LOW-BLOWER CLUTCH*).

Geralmente, temos apenas um indicador de pressão de óleo para cada motor, e a conexão é feita no lado de pressão (saída) da bomba principal.

O mostrador do indicador de pressão de óleo, da figura 10-27, não mostra a faixa de pressão ou os limites para todas as instalações. As referências atuais para aviões específicos podem ser encontradas nas especificações de aviões (*AIRCRAFT SPECIFICATIONS*) ou nas folhas de dados de certificado de tipos (*TYPE CERTIFICATE DATA SHEETS*). A linha vermelha inferior em 50 p.s.i. indica a pressão mínima de óleo, permitida em voo. O arco verde entre 60 e 85 p.s.i. mostra a faixa de pressão de óleo desejável para operação. A linha vermelha em 110 p.s.i. indica a pressão de óleo máxima permitida.

O indicador da pressão de óleo indica a pressão (em P.S.I.) de que o óleo do sistema de lubrificação está sendo enviado para as partes móveis do motor. O motor deve ser cortado (desligado) imediatamente se o indicador falhar ao registrar a pressão quando estiver funcionando.

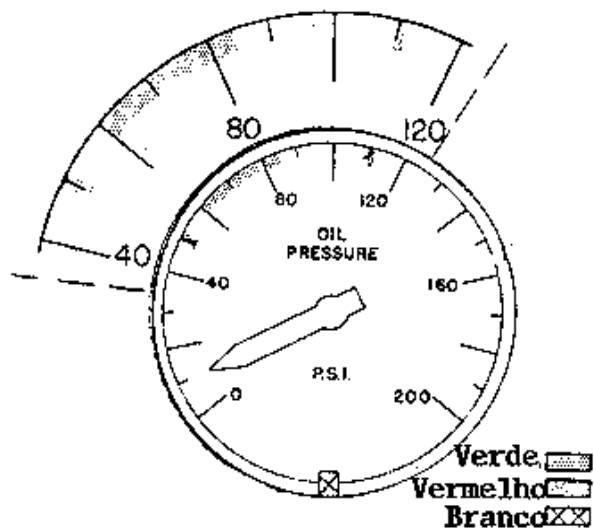


Figura 10-27 Indicador da pressão de óleo.

Oscilações excessivas no ponteiro indicam que existe ar nas linhas de tomada de pressão para o indicador ou que alguma unidade do sistema de óleo está com um funcionamento impróprio.

Indicador tacômetro

O tacômetro (ou contagiros) mostra a r.p.m. do eixo de manivelas do motor. O sistema usado no teste do motor é o mesmo que o sistema existente no avião.

A figura 10-28 mostra um tacômetro com as faixas marcadas, colocadas na cobertura de vidro.

O tacômetro, geralmente referido como "TACH", é calibrado em centenas com graduações a cada intervalo de 50 r.p.m.. O "dial" mostrado aqui começa no 5 (500 r.p.m.) e vai até 40 (4.000 r.p.m.).

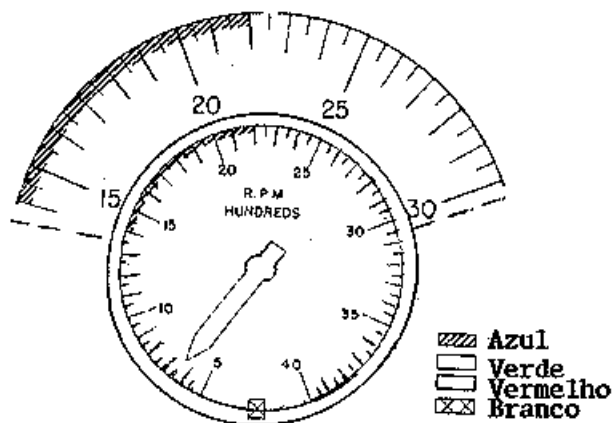


Figura 10-28 Tacômetro.

O arco azul no tacômetro indica a faixa de r.p.m. na qual a operação "autopobre" é permitida. A parte inferior deste arco, 1.400 r.p.m., indica a r.p.m. mínima permitida em vôo. A parte superior do arco azul, 2.200 r.p.m., indica a rotação do motor na qual o controle de mistura deve ser movido para "auto-rico".

O arco verde indica a faixa de r.p.m. na qual é necessária a operação na condição de "auto-rico".

O topo (parte superior) do arco verde, 2.400 r.p.m., indica a força máxima contínua (*MAXIMUM CONTINUOUS POWER*).

Todas as operações acima desta r.p.m. são limitadas por tempo (geralmente de 5 ou 15 min).

A linha vermelha indica a r.p.m. máxima permitida durante a decolagem 2.700r.p.m. Qualquer r.p.m. acima deste valor é uma condição de disparo (*OVERSPEED CONDITION*).

Indicador da temperatura na cabeça do cilindro

Durante o procedimento de teste do motor, um "pirômetro" indica a temperatura na cabeça do cilindro, dos vários cilindros do motor que estão sendo testados.

Pares termoeletricos são conectados em vários cilindros. Através de uma chave seletora, qualquer temperatura de cabeça de cilindro pode ser indicada no pirômetro. Temos uma cablagem e uma escala para cada motor instalado no avião.

As temperaturas da cabeça dos cilindros são indicadas por mostradores conectados a um termopar fixado ao cilindro que vai mostrar no teste o aquecimento, em particular do motor. O termopar pode ser colocado como uma junta especial localizada sob a vela traseira; ou num alojamento na parte superior ou traseira da cabeça do cilindro.

A temperatura gravada em ambos os pontos é meramente uma referência ou controle de temperatura; mas por quanto mais tempo forem mantidos os limites descritos, a temperatura da cobertura do cilindro, válvula de escapeamento e pistão, também permanecerão na faixa satisfatória. Desde que o termopar seja fixado em apenas um cilindro, isto fará nada mais do que dar uma evidência da temperatura geral do motor. Entretanto, normalmente isto pode ser a indicação de que a temperatura remanescente no cilindro deverá ser baixa; e con-

dições como detonação não serão indicadas a não ser que venham a ocorrer no cilindro em que está fixado o termopar.

A marcação na faixa do mostrador de temperatura do cilindro é similar a do indicador da pressão de admissão e do indicador tacômetro.

O indicador de temperatura da cabeça do cilindro, ilustrado na figura 10-29, é um instrumento duplo que incorpora duas escalas de temperatura separadas. As escalas são calibradas com incrementos de 10, com numerais de 0°, 100°, 200° e 300° de graduações. O espaço entre qualquer marca de graduação representa 10 ° C.

O arco azul no mostrador indica a faixa na qual é permitida operação em "auto-pobre". A parte inferior deste arco, 100 ° C, indica a temperatura mínima desejada para assegurar a operação eficiente do motor durante o vôo.

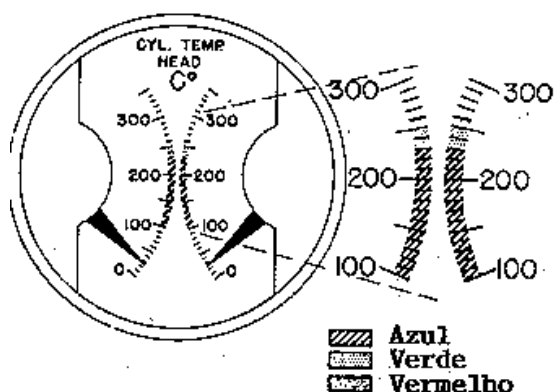


Figura 10-29 Indicador de temperatura da cabeça do cilindro.

O topo (parte superior) do arco azul, 230 ° C, indica a temperatura na qual o controle de mistura deve ser movido para a posição "auto-rica". O arco verde descreve a faixa onde a operação deve ser feita em "auto-rica". O topo (parte superior) deste arco 248 ° C indica a tração máxima contínua; toda operação acima desta temperatura é limitada por tempo (usualmente 5 a 15 min). A linha vermelha indica a temperatura máxima permitida, 260 ° C.

Torquímetro

O sistema de pressão de torque é usado para indicar a resposta de tração do motor nos vários ajustes de tração. O torquímetro indica o montante de pressão do torque em p.s.i. O instrumento é usualmente numerado como mostra-

do na figura 10-30; e calibrado em intervalos de 5 p.s.i.

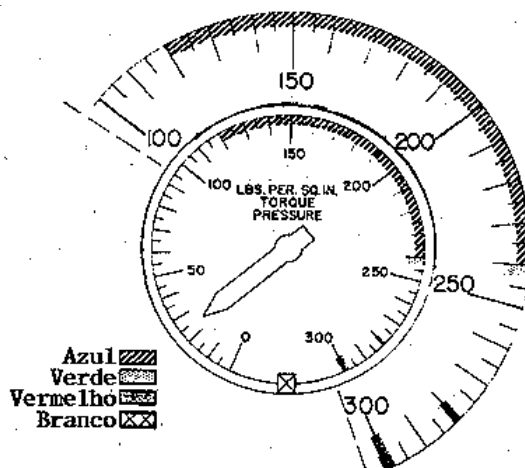


Figura 10-30 Torquímetro.

O arco azul no torquímetro indica a faixa permitida para operação em "autopobre". A parte inferior do arco, 120 p.s.i. é o mínimo desejável durante o vôo, como determinado pelas características particulares do motor. O topo (parte superior) deste arco 240 p.s.i. indica a pressão de torque na qual o controle de mistura deve ser movido para "auto-rica".

A linha verde indica o ponto de tração máxima contínua, e acima deste ponto o ajuste "auto-rica" deve ser usado.

Qualquer operação acima desta pressão de torque indicada deve ser limitada por tempo (normalmente 5 a 15 min). Se o arco verde é usado no lugar da linha verde, a parte inferior do arco é o ponto acima do qual a operação deve ser limitada.

Duas marcas radiais vermelhas são geralmente mostradas no torquímetro. A linha vermelha mais curta até 280 p.s.i. indica a máxima pressão de torque quando a injeção de água não é usada. A linha vermelha maior (300 p.s.i.) representa a máxima pressão de torque quando a injeção de água for usada.

Indicador de sucção

O indicador de sucção não é classificado como um instrumento de motor, desde que este não indique qualquer informação que determine a operação eficiente do motor. O mecânico é preocupado (interessado) com isto, porque ele é responsável pelo ajuste do regulador de sucção e teste da leitura no mostrador de sucção durante os testes operacionais do motor.

O mostrador de sucção (figura 10-31) é calibrado para indicar a redução da pressão abaixo da pressão atmosférica em polegadas de mercúrio; o espaço entre as linhas de graduação representa 0,2 in.Hg.

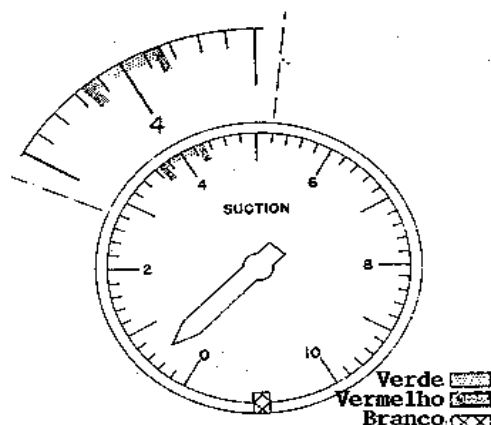


Figura 10-31 Indicador de sucção.

A linha vermelha com 3,75 in.Hg indica a sucção mínima desejável. O arco verde mostra a faixa de sucção desejável, 3,75 in.Hg até 4,25 in.Hg. A linha vermelha de 4,25 in.Hg indica a sucção máxima desejável.

Sistema de quantidade de óleo

O sistema de quantidade de óleo determina o seu consumo durante o teste do motor em funcionamento, medindo a exata quantidade de óleo consumida pelo motor durante os vários períodos de operação.

O sistema consiste de um tanque de alimentação, uma linha de óleo para o motor, uma linha de retorno para o óleo de retorno do motor, sistema de refrigeração e uma escala de peso (quantidade), que registra todas as quantidades, incluindo tanque cheio. O óleo consumido pelo motor é determinado meramente pela subtração da leitura da escala de quantidade de tanque cheio.

Manômetro de medição diferencial

O manômetro de medição diferencial, usado durante o teste final, é de 100 in., manômetro de água tubo simples (um indicador de medição de pressão), este é conectado ao carburador, de maneira a medir a diferença de pressão (medir a força do ar) entre a câmara A e a câmara B (nos motores que usam carburadores com injeção de pressão).

Através do uso deste instrumento, as medições características do carburador são rigorosamente observadas durante os testes do funcionamento do motor.

Instrumentação geral

Muitos dos vários indicadores e meios de indicação mostram apenas que o sistema está funcionando, ou há uma falha de função. Em algumas aeronaves, uma luz de aviso acende quando a pressão de combustível está baixa. Uma luz similar é usada para os sistemas de pressão de óleo.

OPERAÇÃO DO MOTOR CONVENCIONAL

A operação do grupo motopropulsor é controlada da cabine de comando (*cockpit*). Algumas instalações possuem numerosos controles manuais e manetes conectadas ao motor por hastes, cabos, quadrantes, roldanas, etc. Os controles manuais, em muitos casos, são convenientemente montados nos quadrantes na cabine de comando (*cockpit*).

Adesivos e marcas são colocados no quadrante para indicar as funções e posições das manetes. Em algumas instalações, embreagens de fricção estão instaladas para segurar os controles no lugar. Pressão de admissão, r.p.m., temperatura do motor, do óleo, do ar do carburador, e a razão combustível/ar podem ser controladas através da manipulação de controles na cabine de comando. Coordenando o movimento dos controles com as leituras dos instrumentos, os excessos dos limites operacionais são protegidos.

A operação dos motores é normalmente limitada por faixas específicas operacionais, como as seguintes:

- (1) Velocidade do eixo de manivelas (r.p.m.).
- (2) Pressão de admissão.
- (3) Temperatura na cabeça do cilindro.
- (4) Temperatura do ar do carburador.
- (5) Temperatura do óleo.
- (6) Pressão do óleo.
- (7) Pressão de combustível.
- (8) Ajuste da mistura combustível/ar.

Os procedimentos, pressões, temperaturas e r.p.m. usados através desta seção são somente com o propósito de ilustração, e não pos-

suem aplicação geral. Os procedimentos operacionais e os limites usados nas fabricações individuais e modelos de motores de aviões variam consideravelmente dos valores mostrados aqui. Para a informação exata recorre-se ao modelo de motor específico, consultando as instruções aplicáveis.

Instrumentos de motor

O termo "instrumentos de motor" usualmente inclui todos os instrumentos necessários para medir e indicar o funcionamento do grupo motopropulsor. Os instrumentos de motor são geralmente instalados no painel de instrumentos de maneira que todos eles sejam facilmente observados ao mesmo tempo.

Alguns aviões simples e leves (menores) podem ser equipados apenas com um tacômetro, um indicador de pressão de óleo, e indicadores de temperatura de óleo.

Os aviões mais pesados e mais complexos deverão ter todos, ou parte, dos seguintes instrumentos de motor:

- (1) Sistema de indicação e aviso de pressão de óleo.
- (2) Indicador de temperatura de óleo.
- (3) Sistema de indicação e aviso de pressão de combustível.
- (4) Indicador de temperatura de ar no carburador.
- (5) Indicador de temperatura na cabeça do cilindro para motores refrigerados a ar.
- (6) Indicador de pressão de admissão.
- (7) Tacômetro.
- (8) Indicador de quantidade de combustível.
- (9) Indicador de fluxo de combustível ou mistura de combustível.
- (10) Indicador de quantidade de óleo.
- (11) Indicador de quantidade de aumento de líquido.
- (12) Indicadores de aviso de fogo.
- (13) Meios para indicar quando a hélice está em reverso.
- (14) Indicador de BMEP (pressão efetiva de acionamento ao freio).

Partida do motor

A técnica correta de partida é uma parte importante na operação do motor. Procedimentos impróprios muitas vezes são usados porque alguns dos princípios básicos envolvidos na operação do motor são mal interpretados.

Procedimentos típicos para partida, relativos ao motor, são discutidos no volume 1 de *Matérias Básicas*, capítulo 11. Em geral, dois procedimentos diferentes de partida devem cobrir todos os motores.

Um procedimento é para motores que usam carburadores tipo bóia, e o outro para motores com carburadores de injeção sob pressão. O procedimento específico do fabricante para um motor em particular e a combinação com a aeronave deve sempre ser seguida.

Aquecimento do motor

O aquecimento do motor é importante, particularmente quando as suas condições são desconhecidas.

Ajuste impróprio na mistura de marcha lenta, centelha intermitente nas velas, e ajuste impróprio das válvulas do motor, – todos possuem um efeito prejudicial na estabilidade do motor. Portanto, o aquecimento deve ser feito na velocidade do motor onde a máxima estabilidade é obtida. Experiência tem mostrado que a velocidade ótima de aquecimento é entre 1.000 e 1.600 r.p.m..

A velocidade selecionada deve ser aquela na qual a operação do motor é a mais suave, desde que a suavidade da operação seja a indicação de que todas as fases da operação do motor sejam as mais estáveis.

Muitos motores *PRATT and WHITNEY* incorporam válvulas de alívio de pressão de óleo com temperatura compensada. Esse tipo de válvula de alívio resulta em uma alta pressão de óleo imediatamente após as partidas, se a temperatura de óleo estiver abaixo de 40 ° C. Consequentemente, a temperatura na partida destes motores é aproximadamente atingida em 1.000 r.p.m. e então acelera-se, sendo a velocidade do motor mais estável pelo menos até a temperatura do óleo atingir 40 ° C.

Durante o aquecimento, observam-se os instrumentos associados a operação do motor. Isto deverá ajudar a ter certeza de que todas as fases operacionais do motor estejam normais. Por exemplo, a pressão de óleo deve ser indicada aos 30 segundos após a partida.

Além disto, se a pressão de óleo não subir para ou acima do normal, em 1 minuto após a partida do motor, o motor deve ser "cortado" (desligado).

As temperaturas da cabeça do cilindro e de refrigeração devem ser observadas continu-

amente para que elas não excedam ao limite máximo permitido.

Uma mistura pobre não deve ser usada para apressar o aquecimento.

Atualmente, na r.p.m. de aquecimento, existe uma pequena diferença no suprimento da mistura para o motor, quer a mistura esteja na posição "rica" ou "pobre", desde que a medição desta faixa de força seja governada pela posição do acelerador.

O aquecimento do carburador pode ser usado quando necessário sob condições que conduzam a formação de gelo.

Para motores equipados com carburadores tipo bóia, isto é desejável para elevar a temperatura do ar do carburador durante o aquecimento, prevenindo a formação de gelo e assegurando a operação suave.

O teste de segurança do magneto pode ser feito durante o aquecimento.

O propósito é assegurar que todas as conexões estejam firmes (seguras) e que o sistema de ignição permita operação em ajustes de alta tração, usada durante fases posteriores ao teste de solo.

O tempo necessário para o respectivo aquecimento fornece ampla oportunidade de fazer este teste simples, o que pode revelar uma condição não aconselhável para continuar a operação até que as correções tenham sido feitas.

O teste de segurança do magneto é feito com a hélice em posição de alta r.p.m., em aproximadamente 1.000 r.p.m.

Move-se a chave de ignição de "ambos" para "direito" e retorna-se para "ambos"; de "ambos" para "esquerdo" e retorna-se para "ambos", de "ambos" para "desligado" momentaneamente, e retorna-se para "ambos".

Quando for colocada a chave de "ambos" para a posição de magneto simples, uma pequena, mas notável queda na r.p.m. deverá ocorrer. Isto indica que o magneto oposto está sendo bem "aterrado".

O corte completo do motor quando o contato é colocado de "ambos" para "OFF" (desligado) indica que ambos magnetos estão apropriadamente aterrados.

Falha para obter alguma queda de r.p.m. quando da colocação na posição magneto simples, ou falha no corte do motor quando colocado o contato para "desligado", indica que uma ou ambas conexões de aterramento não estão seguras.

Teste de solo

O teste de solo é realizado para avaliar o funcionamento do motor pela comparação da força aplicada, como medição da pressão de admissão, com a tração de saída (final), é medida pela r.p.m. ou pressão de torque.

O motor pode ser capaz de produzir a tração indicada, até alcançar tração de decolagem, e não estar funcionando bem.

Apenas através da comparação da pressão de admissão requerida durante o teste, contra um conhecimento básico, esta condição pode ser descoberta.

O teste do magneto pode também falhar ao mostrar um curto-circuito e, desde que tolerável, a queda de r.p.m. é apenas a medição de um funcionamento impróprio do sistema de ignição, e não necessariamente afetado por outros fatores.

Ao contrário, é possível para o teste do magneto provar uma condição insatisfatória presente em outro lugar do motor.

O teste de solo é feito após o motor completar o aquecimento, e consiste no teste de operação do grupo motopropulsor e equipamentos acessórios através da audição, inspeção visual, e através da correta interpretação das leituras dos instrumentos, movimentos dos controles e reações aos contatos.

Durante o teste de solo, o avião deve ser colocado contra o vento, se possível, para obter a vantagem do fluxo de ar de refrigeração. O teste de solo deve ser feito como segue:

Teste do controle de posição

Flapes de cobertura (<i>Cowl Flaps</i>)	→ abertos
Mistura	→ rica
Hélice	→ alta r.p.m.
Aquecimento do carburador	→ frio
Filtro de ar do carburador	→ como requerido
Controle do superalimentador	→ baixo, neutro ou "off" (onde aplicável)

Procedimento

- (1) Testar a hélice de acordo com a instrução do fabricante.

- (2) Abrir o acelerador para a pressão de admissão, equalizando a pressão barométrica.
- (3) Acionar o contato de "ambos" para "direito" e retornar para "ambos". Acionar de "ambos" para "esquerdo" e retornar para "ambos". Observar a queda de r.p.m. durante a operação nas posições "direita" e "esquerda". A queda máxima não deve exceder àquela especificada pelo fabricante do motor.
- (4) Testar as pressões de combustível e óleo. Elas devem estar dentro da tolerância estabelecida para aquele motor.
- (5) Anotar a r.p.m.
- (6) Recuar o acelerador.

Em adição as operações descritas acima, testa-se o funcionamento dos vários itens do equipamento do avião, como sistemas de gerador, sistemas hidráulicos, etc.

Teste do ângulo (passo) da hélice

A hélice é testada para assegurar adequada operação do controle de ângulo e o mecanismo de troca de passo. A operação de controle do passo da hélice é testada através das indicações do tacômetro e do indicador de pressão de admissão, quando o controle do governador da hélice é movido de uma posição para outra. Cada tipo de hélice necessita de um procedimento diferente.

Teste de potência

A relação específica entre a r.p.m. e a pressão de admissão deve ser testada durante cada teste de solo, que pode ser feito ao mesmo tempo em que o teste de magneto, durante o aquecimento.

A idéia básica deste teste é medir a performance do motor contra uma condição padrão. Testes de calibração vão determinar que o motor é capaz de produzir uma determinada tração, uma determinada r.p.m. e uma pressão de admissão.

A calibração original, ou medição de tração é feita através de um dinamômetro. Durante o teste no solo, a tração é medida com a hélice. Em condições de densidade de ar constante, a hélice, em alguma posição de passo fixo, irá sempre necessitar da mesma r.p.m para absorver

a mesma tração do motor. Esta característica é usada na determinação da condição do motor.

Quando o controle do governador é comandado para ângulo baixo total, a hélice opera como uma hélice de passo fixo. Sob estas condições, a pressão de admissão para qualquer motor específico, com controle de mistura "auto-rica", indica se todos os cilindros estão operando apropriadamente. Com um ou mais cilindros mortos, ou com queima intermitente, a operação dos outros cilindros deverá fornecer mais força para obter uma determinada r.p.m. Consequentemente, o acelerador do carburador deve estar mais aberto.

Diferentes motores do mesmo modelo usando a mesma instalação de hélice numa localização geográfica devem requerer a mesma pressão de admissão, de 1 in.Hg (uma polegada de mercúrio) para obter a r.p.m. quando o barômetro e a temperatura estiverem com a mesma leitura.

A pressão de admissão mais alta que a normal geralmente indica um cilindro inoperante (morto), ou tempo de ignição atrasado. Uma excessiva baixa pressão no duto para uma determinada r.p.m. normalmente indica que o tempo de ignição está adiantado. Ignição adiantada pode causar detonação e perda de tração nos ajustes de decolagem.

Antes da partida do motor, observa-se o indicador de pressão de admissão, no qual deverá ser lido aproximadamente a pressão atmosférica (barométrica) quando o motor não estiver funcionando.

Ao nível do mar é aproximadamente de 30 in.Hg (polegadas de mercúrio), nos campos acima do nível do mar a pressão atmosférica deverá ser menor, dependendo da altitude acima do nível do mar.

Quando o motor é girado (colocado a funcionar) e então acelerado, a pressão de admissão deverá diminuir até que, ao ser então alcançada, em torno de 1.600 ou 1.700 r.p.m., esta deverá começar a crescer. Em aproximadamente 2.000 r.p.m. com a hélice na posição passo mínimo, a pressão de admissão deve ser a mesma que a pressão barométrica.

Se a leitura no indicador de pressão (campo de pressão barométrica) era 30 in.Hg, antes da partida do motor, a pressão lida deverá retornar aos 30 in.Hg a aproximadamente 2.000 r.p.m. Se o indicador de pressão de admissão indica 26 in.Hg antes da partida, este deverá mostrar 26 in.Hg a aproximadamente 2.000

r.p.m.. A r.p.m. exata deverá variar com os vários modelos de motores ou por causa das variações das características da hélice.

Em certas instalações, a r.p.m. necessária para assegurar a pressão barométrica do campo pode ser acima de 2.200 r.p.m. Contudo, uma vez a r.p.m. requerida tenha sido estabelecida e instalada, qualquer variação apreciável indica algum mau funcionamento. Esta variação pode ocorrer porque o batente de ângulo (passo) mínimo da hélice não está apropriadamente regulado (colocado), ou porque o carburador ou o sistema de ignição não estão funcionando devidamente.

A precisão do teste pode ser afetada pelas seguintes variáveis:

- (1) VENTO → algum movimento de ar apreciável (5 m.p.h. ou mais) irá trocar a carga na pá da hélice quando esta estiver na posição de passo fixo. A direção do vento irá aumentar a R.P.M. obtida com uma dada pressão de admissão. Um vento de cauda irá diminuir a R.P.M..
- (2) TEMPERATURA DA ATMOSFERA → os efeitos das variações na temperatura da atmosfera tendem a cancelar qualquer outro. Grande admissão no carburador e temperaturas altas no cilindro tendem a reduzir a r.p.m., mas a carga da hélice é aliviada por causa da menor densidade do ar.
- (3) TEMPERATURAS DO MOTOR E DO SISTEMA DE INDUÇÃO → se as temperaturas do cilindro e do carburador são altas por causa de outros fatores que não seja a temperatura atmosférica, uma baixa r.p.m. deverá resultar, desde que a força seja diminuída sem a compensação da redução na carga da hélice.
- (4) TEMPERATURA DO ÓLEO → óleo frio tende a manter baixa a r.p.m., pois a alta viscosidade resulta no aumento de fricção e perda de força.

A adição de um torquímetro pode aumentar a precisão do teste de potência através do fornecimento de outra medição de tração final. Tão logo o teste seja feito com as pás em uma posição de passo fixo conhecido, o torquímetro não fornece informação adicional, mas seu uso pode aumentar a precisão; em frequentes instantes, onde as escalas do tacômetro são

graduadas mais grosseiramente, as leituras do indicador tacômetro podem ser a mais conveniente fonte de informação.

Teste operacional do sistema de ignição

Na realização do teste operacional do sistema de ignição (teste do magneto), as características de absorção de força da hélice em posição de baixo ângulo são utilizadas.

No contato para os magnetos individualmente, o corte das ligações opostas resulta em uma diminuição da razão de combustão, que causa o mesmo efeito que o retardo do avanço da vela.

A queda na velocidade do motor é medida na perda de tração pela diminuição da razão de combustão.

Quando o teste do magneto está concluído, a queda na indicação de pressão do torquímetro é um bom suplemento para a variação de r.p.m. e nos casos onde a escala do torquímetro é graduada grosseiramente, a variação do torquímetro pode fornecer uma evidência positiva da troca de tração, quando é acionada a posição individual do magneto.

Não se deve esperar uma perda que exceda a 10% na pressão do torquímetro, quando operado com um magneto simples. Através da comparação da queda da r.p.m. com um conhecimento padrão, o seguinte será determinado:

- (1) A sincronização própria de cada magneto.
- (2) O desempenho geral do motor como evidência pela operação suave.
- (3) Teste adicional para a própria conexão dos cabos de ignição.

Qualquer irregularidade anormal em cada magneto é uma indicação de falha de ignição causada por uma vela mal conectada, ou por mau funcionamento do sistema de ignição. O operador deve ser muito sensível a irregularidade do motor durante este teste. A ausência de queda na r.p.m. poderá ser uma indicação da falta de "aterramento" de um dos lados do sistema de ignição.

O corte completo, quando selecionado um magneto, é evidência definitiva de que este lado do sistema de ignição não está funcionando.

Diferença excessiva na queda de r.p.m. entre as posições esquerda e direita da chave

pode indicar a diferença na sincronização entre os magnetos esquerdo e direito.

Tempo suficiente deve ser dado ao teste de cada posição individual do contato para permitir a completa estabilização da velocidade do motor e da pressão de admissão.

Existe uma tendência de fazer este teste muito rápido com indicações de resultados errôneos. Não é excessiva a operação de no mínimo 1 minuto da ignição individual.

Outro ponto que deve ser enfatizado é o perigo de tacômetro com ponteiro preso. O tacômetro deve ser "batido" levemente para se ter certeza que o ponteiro do indicador move livremente.

Em alguns casos, a "prisão" do tacômetro tem causado erros na indicação acima de 100 r.p.m. Sobre certas condições, o sistema de ignição deve ter dado 200 r.p.m. de queda com apenas 100 r.p.m. de queda indicada no instrumento.

Em muitos casos, uma leve "batida" no instrumento elimina o problema e resulta em leituras precisas.

De acordo com os resultados do teste do sistema de ignição, grava-se o montante de queda total de r.p.m. que ocorre rapidamente, e o montante que ocorre lentamente.

Este colapso na r.p.m. fornece meios de localizar certos problemas no sistema de ignição.

Isto pode economizar um longo tempo de trabalho desnecessário através da manutenção limitada a parte específica do sistema de ignição, que é responsável pelo problema.

Queda rápida de r.p.m. é normalmente resultado de falha ou das velas na cablagem de ignição. Isto é verdadeiro porque a falha nas velas ou cablagem tem efeito rápido. O cilindro vai parar (morrer) ou começar a funcionar intermitentemente no instante em que o contato (chave) é movido da posição "ambos" para "direito" ou "esquerdo".

Queda lenta de r.p.m. normalmente é causada pela incorreta sincronização da ignição ou falha no ajuste de válvula. Com a sincronização de ignição atrasada, a carga é inflamada muito tarde com relação ao curso do pistão, para que a pressão de combustão seja a máxima no tempo próprio.

O resultado é uma grande perda de força mais do que a normal para ignição simples (um magneto) porque um "pico" de pressão mais baixa é obtido no cilindro. Contudo, esta perda

de força não deve ocorrer tão rapidamente quando acompanhada com a parada (morte) da vela de ignição. Isto explica a lenta queda de r.p.m., quando comparada com a queda instantânea com uma vela inoperante (morta) ou cablagem defeituosa.

Claros (folgas) de válvulas incorretas, através deste efeito no cruzamento das válvulas pode causar uma mistura muito rica ou muito pobre.

A mistura muito rica ou muito pobre pode afetar uma vela mais do que outra, por causa da localização, e mostrar uma queda de r.p.m. alta ou lenta no teste de ignição.

Teste da mistura de cruzeiro

O teste da mistura de cruzeiro é um teste de medição do carburador. Testando as características de medição do carburador a intervalos de 200 a 300 r.p.m., até a velocidade de 800 r.p.m. para a velocidade do teste do sistema de ignição, um completo padrão da "performance" básica do carburador é dado.

Para fazer este teste, coloca-se o motor acima da velocidade especificada com a hélice em ângulo totalmente reduzido. O primeiro teste é feito a 800 r.p.m. Com o controle da mistura do carburador na posição "auto-rica", lê-se a pressão de admissão.

Com o acelerador permanecendo na mesma posição, o controle de mistura é movido para a posição "auto-pobre".

A velocidade do motor e as leituras de pressão de admissão devem ser anotadas. Repete-se este teste nas r.p.m. de 1.000, 1.200, 1.500, 1.700 e 2.000 ou nas r.p.m. especificadas pelo fabricante.

Há proteção contra a má indicação do instrumento através da leve "batida" no tacômetro.

Movendo o controle de mistura da posição "auto-rico" para a posição "autopobre", testa-se a mistura de cruzeiro.

Em geral, a velocidade não deve aumentar mais de 25 r.p.m. ou diminuir mais do que 75 r.p.m. durante a troca de "auto-rico" para "auto-pobre".

Por exemplo, supondo que a troca de r.p.m. esteja acima de 100 para o teste de 800 até 1.500 r.p.m. é óbvio que, a provável causa, seja uma mistura de lenta incorreta. Quando o ajuste de lenta é correto, o carburador deverá corrigir através desta faixa.

Teste de velocidade e de mistura de marcha lenta

Falhas nas velas dificultam e, inevitavelmente, resultam em falha para fornecer um ajuste de mistura apropriado.

A tendência é parecer que o ajuste de mistura lenta esteja extremamente do lado de "rica", e a compensação para isto é através do ajuste do batente do acelerador de uma relativa alta r.p.m. para uma mínima lenta.

Com o ajuste apropriado da condição mistura lenta, é possível operar o motor em marcha lenta (IDLE r.p.m.) por longos períodos.

Com estes ajustes resultarão falhas mínimas nas velas e fumaça na descarga, pagando dividendos pela economia de freios do avião após os pousos e durante o táxi.

Se o vento não estiver muito forte, o ajuste de mistura lenta pode ser testado facilmente durante o teste de solo, como segue:

- (1) Fechar o acelerador.
- (2) Mover o controle de mistura para a posição "corte de lenta", e observar a troca na r.p.m. Retornar o controle de mistura para trás para a posição "rica" antes do corte (parada) do motor.

Quando a manete de controle de mistura é movida para corte de lenta, e antes do corte normal, uma ou duas coisas podem ocorrer momentaneamente:

 - (1) A rotação do motor pode aumentar. Um aumento de r.p.m., porém menor do que a recomendada pelo fabricante (normalmente 20 r.p.m.). Um grande aumento indica que a mistura está muito "rica".
 - (2) A rotação do motor pode não aumentar ou cair imediatamente. Isto indica que a mistura em marcha lenta está muito "pobre".

A mistura de marcha lenta deve ser colocada para fornecer uma mistura levemente mais "rica" do que a de maior tração, resultando em 10 ou 20 r.p.m. de aumento após o corte de lenta "idle cut off".

A mistura de marcha lenta dos motores equipados com injetores elétricos pode ser testada através do acionamento da chave do injetor, notando qual a troca na pressão de admissão e na r.p.m.. A diminuição da r.p.m. e o aumento

da pressão de admissão deverão ocorrer quando o injetor for energizado se a mistura lenta estiver muito "rica". Se a mistura de lenta é ajustada muito "pobre", a r.p.m. deverá aumentar e a pressão de admissão diminuir.

Teste do superalimentador de duas velocidades

Para se testar a operação do mecanismo do ventilador, coloca-se a velocidade do motor em uma r.p.m. suficientemente alta para obter a pressão mínima de óleo requerida para a operação da embreagem. Move-se o controle do superalimentador para a posição "alta". Uma queda momentânea na pressão de óleo deve acompanhar a mudança.

O acelerador é aberto para obter não mais do que 30 in.Hg na pressão de admissão. D

Quando a velocidade do motor estiver estabilizada, observa-se a pressão de admissão e a mudança do controle do superalimentador para a posição "baixa" sem movimento do acelerador.

Uma súbita queda na pressão de admissão indica que o acionador do superalimentador está funcionando apropriadamente.

Se não ocorrer queda, a embreagem pode estar inoperante.

Tão logo a troca de pressão de admissão for testada, reduz-se a velocidade do motor para 1.000 r.p.m., ou menos.

Se a mudança do superalimentador não parecer satisfatoriamente, opera-se o motor a 1.000 r.p.m. por 2 ou 3 min para permitir que a geração de calor, durante a mudança, se dissipe para as embreagens, repetindo o procedimento de mudança. A mudança no ventilador deve ser feita sem hesitação ou parada entre as posições de controle, para evitar arrasto ou deslizamento nas embreagens.

Deve ser certificado de que o controle do superalimentador está em posição de "baixa", quando o teste de solo estiver terminado.

Teste de aceleração e desaceleração

O teste de aceleração é feito com o controle de mistura em ambos "auto-rico" e "auto-pobre".

Move-se o acelerador de lenta para uma tração de decolagem suave e rapidamente. A r.p.m. do motor deverá aumentar sem hesitação e sem evidência de retorno de chama.

Este teste deverá, em muitos casos, apresentar condições críticas, que não são reveladas por nenhum outro teste.

Isto é verdadeiro por causa da alta pressão que os cilindros desenvolvem durante este teste, adicionando ao máximo esforço em ambos sistemas de ignição e sistema de medição de combustível.

Esta adição máxima é suficiente para elevar ao máximo certos defeitos que de outro modo não apareceriam.

Os motores devem ser capazes de acelerações rápidas, desde que em uma emergência, como uma "arremetida" durante o pouso, a capacidade de um motor em acelerar rapidamente em alguns casos é a diferença entre o sucesso de uma "arremetida" e um acidente no pouso.

O teste de desaceleração é feito durante o "retardamento" do acelerador no teste de aceleração.

A r.p.m. deve diminuir suave e uniformemente. Poderá haver ou não uma pequena tendência de "pós-queima" no motor.

Parada do motor

Com cada tipo de instalação de carburador, procedimentos específicos são usados para a parada do motor.

O procedimento geral descrito nos parágrafos seguintes reduz o tempo para a parada, minimiza a tendência de retorno de chama, e, o mais importante, previne o superaquecimento do ar da refrigeração forçada dos motores durante a operação no solo.

Na parada de qualquer motor de avião, os controles devem ser colocados como se segue, independente do tipo de carburador ou sistema de combustível.

- (1) Os flaps de cobertura estarão sempre colocados na posição "totalmente abertos" para evitar superaquecimento do motor, e serão mantidos nesta posição após a parada para prevenir aquecimento residual para a deterioração do sistema de ignição.
- (2) As persianas (tampas) do radiador de óleo devem estar "totalmente abertas" para manter a temperatura do óleo de retorno normal.
- (3) As persianas do intercambiador são mantidas na posição totalmente abertas.

- (4) O controle de ar quente do carburador é mantido na posição "fria" para prevenir danos que podem ocorrer com o retorno de chama.
- (5) As portas de descarga do superalimentador são colocadas na posição "totalmente abertas".
- (6) O controle de duas velocidades é colocado na posição "baixa ventilação".
- (7) A hélice de duas posições será normalmente parada com o controle colocado na posição ângulo alto "*high pitch*" (diminuindo a r.p.m.).

Abre-se o acelerador para aproximadamente 1.200 r.p.m. e muda-se o controle da hélice para a posição ângulo alto "*high pitch*". Mantendo o motor em operação aproximadamente 1 minuto antes do "corte" (parada), assim que o óleo for passado para o motor vindo da hélice pode ser retornado e enviado para o tanque.

Contudo, para inspecionar o pistão da hélice quanto a abastecimento, e protegê-la para outros propósitos especiais, esta hélice pode ser parada com o controle de hélice na posição "baixo ângulo", e aumento de r.p.m. quando o motor for parado.

Nenhuma menção é feita ao acelerador, controle de mistura, válvula seletora de combustível e contatos de ignição quanto ao procedimento de colocação, porque a operação destes controles varia com o tipo de carburador usado no motor.

Motores equipados com carburador "tipo bóia", sem unidade de corte de lenta, são parados como segue:

- (1) Ajustar o acelerador para obter a velocidade de aproximadamente 600 a 800 r.p.m., dependendo do tipo do motor.
- (2) Fechar a válvula seletora de combustível.
- (3) Abrir o acelerador lentamente até o motor operar a aproximadamente em 800 a 1.000 r.p.m.
- (4) Observar a pressão do combustível. Quando esta cair para zero, girar o contato de ignição para a posição "desligada" (*OFF*) e, simultaneamente, mover o acelerador lenta-

mente para a posição "totalmente aberta". Esta operação deverá remover a carga de aceleração do sistema de indução, e evitar a possibilidade de uma partida acidental.

- (5) Quando o motor estiver parado, colocar a válvula seletora de combustível na posição "aberta", e reabastecer as linhas de combustível e o carburador através do uso da bomba auxiliar.

Um motor equipado com carburador que incorpore o corte de lenta (*IDLE CUT OFF*) é parado como segue:

- (1) Colocar o motor em lenta, levando o acelerador de 800 a 1.000 r.p.m.
- (2) Mover o controle de mistura para a posição corte de lenta (*IDLE CUT OFF*). No carburador "tipo pressão", isto causa chegada ao batente da válvula para parar (fechar) a descarga de combustível através do injetor de descarga.
No carburador "tipo bóia", isto equaliza a pressão na câmara da bóia e no injetor de descarga.
- (3) Após a hélice ter parado de girar, colocar o contato de ignição na posição "fechado".

PRINCÍPIOS BÁSICOS DE OPERAÇÃO DE MOTOR

O entendimento dos princípios básicos com os quais operam os respectivos motores, e os vários fatores que afetam esta operação, são necessários para diagnosticar os problemas do motor. Alguns destes princípios básicos serão revistos não como uma mera repetição de teoria básica, mas como uma concreta e prática discussão de como fazer para melhorar a má performance (desempenho) do motor.

Os respectivos motores convencionais de aviões operam com o princípio de 4 tempos. Pressão da queima dos gases atuam sobre o pistão, causando com isto um respectivo retorno para cima dentro do cilindro.

Este movimento recíproco do pistão é mudado por um movimento de rotação através do eixo de manivelas, ao qual o pistão é acoplado através de uma biela. O eixo de manivelas, em movimento, é fixado ou engrenado na hélice do avião.

Portanto, o movimento de rotação do eixo de manivelas causa o giro da hélice. Desse modo, o movimento da hélice é resultado direto das forças que atuam sobre o pistão, como o movimento para cima e para baixo no cilindro.

Quatro movimentos (ciclos) do pistão, dois para cima e dois para baixo, são necessários para proporcionar uma força de impulso no eixo de manivelas. Cada um destes movimentos é considerado um evento no ciclo de operação do motor. Ignição dos gases (mistura combustível/ar) é o final do segundo, ou compressão. Então, o quinto evento que completa um ciclo de operação, ocorre no quarto movimento do pistão.

Quando o pistão se move para baixo no seu primeiro movimento (admissão), a válvula de admissão é aberta e a válvula de descarga é fechada. Quando o ar é sugado através do carburador, a gasolina é introduzida dentro da massa de ar formando uma mistura combustível (inflamável).

No segundo movimento, a admissão é fechada e a mistura combustível é comprimida quando o pistão se move para cima. Este é o movimento de compressão.

No instante exato, as velas lançam através dos terminais a centelha que inflama a mistura combustível/ar. A ignição da mistura combustível/ar é regulada para ocorrer um pouco antes do pistão chegar ao ponto morto alto.

Quando a mistura queima, a temperatura e a pressão sobem rapidamente. A pressão chega ao máximo logo após que o pistão tenha passado do ponto morto alto. As forças da expansão e da queima dos gases forçam o pistão para baixo, transmitindo energia ao eixo de manivelas. Isto é o movimento de potência. Ambas as válvulas de admissão e escape estão fechadas no início do movimento de potência.

Perto do final do movimento de potência, a válvula de escape abre, e os gases queimados começam a ser descarregados através do porte de escape. No movimento de retorno, o pistão força para fora os gases remanescentes. Esse movimento, o movimento de escape, finaliza o ciclo. Com a introdução de uma nova carga através do porte de admissão, a ação é repetida, e o ciclo de eventos ocorre repetidas vezes ao longo da operação do motor.

A ignição da carga de combustível deve regular a ignição para inflamar a carga ocorrer no tempo exato em relação ao curso do eixo de manivelas.

Os meios de ignição devem exatamente antes do pistão chegar ao ponto morto alto no movimento de compressão.

A ignição da carga neste ponto permite a pressão máxima para determinar o ponto ligeiramente após a passagem do pistão sobre o ponto morto alto. Para a combustão ideal, o ponto de ignição deve variar com a velocidade do motor e com os graus de compressão, a força da mistura, e outros fatores que governam a razão de queima. Contudo, certos fatores limitam a faixa de operação da r.p.m. e os perigos da operação com ajustes de centelha incorreta, proibindo o uso de controle variável de centelha em vários instantes.

Por isso, muitas unidades dos sistemas de ignição de aviões são reguladas (calibradas) para inflamar a carga combustível/ar em uma posição fixa (avançada).

Nos modelos mais novos de motores a quatro tempos, a válvula de admissão abre no ponto morto alto (*top center*), começando o movimento de admissão, e é fechada no ponto morto baixo (final do movimento de admissão). A válvula de escapamento é aberta no ponto morto baixo (final do tempo de potência) e fechada no ponto morto alto (final do movimento de escape). Maior eficiência pode ser obtida através da abertura da válvula de admissão de vários graus antes do ponto morto alto, e fechando vários graus após o ponto morto baixo.

A abertura da válvula de escape antes do ponto morto inferior, e fechando-a após o superior, também melhora o desempenho do motor. Como a válvula de admissão abre antes do ponto morto superior do ciclo de escape, e a válvula de escape fecha após o ponto morto superior do ciclo de admissão, existe o período onde ambas as válvulas, de admissão e escape, estão abertas ao mesmo tempo. Isto é conhecido como cruzamento de válvulas ou válvulas sobrepostas. A regulação da válvula, com referência ao pistão ou a posição do eixo de manivelas é sempre feita em termos de antes ou depois dos pontos mortos altos e baixos (ATC, BTC, ABC e BBC).

A abertura da válvula de admissão, antes do pistão atingir o ponto morto superior, inicia o evento de admissão enquanto o pistão ainda está se movendo para cima no ciclo de exaustão. Isto ajuda a aumentar o volume da carga admitida para dentro do cilindro. A seleção do ponto onde a válvula de admissão deve abrir depende da r.p.m. na qual o motor normalmente opera.

Na baixa r.p.m., esta regulação resulta em baixa eficiência, se não houver velocidade suficiente na entrada da carga e na saída dos gases de escape para desenvolver a energia necessária.

Também, na baixa r.p.m. o cilindro não é bem esvaziado, e gases residuais se misturam com o combustível que entra, além de serem apanhados durante o movimento de compressão. Alguma mistura que entra também é perdida através da válvula de escape aberta; contudo, as vantagens obtidas na operação em r.p.m. normal, compensam a deficiência que ocorrerá em baixa r.p.m. Outra vantagem desta sincronização da válvula é o aumento da vaporização do combustível e a benéfica refrigeração do pistão e cilindro.

Atrasando o fechamento da válvula de admissão, temos a vantagem da inércia do rápido movimento de entrada da mistura combustível/ar no cilindro. Este efeito de impacto aumenta a carga, que deverá ser formada se a válvula de admissão fechar no ponto morto inferior (final do movimento de admissão). A válvula de admissão inicia sua abertura durante a parte final do movimento de escape, permanece aberta durante todo o ciclo de admissão, e na primeira parte do movimento de compressão. A mistura combustível/ar é fornecida durante todo esse tempo.

A antecipação da abertura e o atraso do fechamento da válvula de escapamento conjugados com a sincronização da válvula de admissão irão aumentar a eficiência do motor. A válvula de descarga (escape) abre no tempo de potência vários graus do eixo de manivelas, antes do pistão chegar ao ponto morto inferior do curso. Esta abertura ajuda a obter uma melhor escorva dos gases queimados. Isto também resulta na melhoria da refrigeração dos cilindros, por causa da descarga mais cedo dos gases quentes. Atualmente, nos motores de avião, a maior porção dos gases de escapamento, e o não usado aquecido, descarregam antes do pistão chegar ao ponto morto inferior do curso. Os gases queimados continuam para a descarga quando o pistão passa pelo ponto morto inferior, move-se para cima no movimento de escapamento, e começa o próximo movimento de admissão.

O fechamento tardio da válvula de escape procura melhorar o retorno (escorva/ventilação) através da obtenção da vantagem da inércia do rápido movimento da saída (descarga) dos gases.

A válvula de escape realmente permanece aberta durante a parte final do movimento de força, todo o movimento de exaustão (escape), e a primeira parte do movimento de admissão.

Desta descrição de sincronia de válvulas, podemos ver que as válvulas de admissão e escape são abertas ao mesmo tempo na parte final do movimento de escape, e na primeira parte do movimento de admissão. Durante este período de sobreposição, os gases queimados remanescentes são descarregados através da saída de escape, enquanto uma carga de ar fresco é admitida através da entrada de admissão.

Muitos motores de avião são superalimentados. Superalimentação aumenta a pressão do ar ou da mistura combustível/ar antes de entrar no cilindro. Em outras palavras, o ar ou a mistura combustível/ar são forçados para dentro do cilindro antes de fazer a aspiração. A Superalimentação aumenta a eficiência do motor, tornando possível mantê-la nas grandes altitudes. Isto é verdade por causa da alta pressão a mais, colocada dentro do cilindro durante o evento de admissão. Este aumento do peso da carga resulta no correspondente aumento de tração. Em adição, a alta pressão dos gases de entrada ejeta mais facilmente os gases queimados para fora através do porte de descarga. Isto resulta em um melhor retorno (escorva/ventilação) do cilindro.

Processo de combustão

A combustão normal ocorre quando a mistura combustível/ar inflama no cilindro, queimando progressivamente com razão uniforme e precisa em torno da câmara de combustão. Quando a ignição é apropriadamente sincronizada, a pressão máxima é obtida imediatamente após o pistão ter passado o ponto morto alto no final do movimento de compressão.

A queima inicia em cada vela, e queima mais ou menos em forma de ondas (figura 10-32). A velocidade do percurso da chama é influenciada pelo tipo de combustível, razão da mistura combustível/ar, e a pressão e temperatura da mistura de combustível.

Com a combustão normal, o percurso da chama é em torno de 100 pés por segundo. A temperatura e a pressão no cilindro aumentam na razão normal da queima da mistura combustível/ar.

Este é um limite, contudo, para o valor da compressão e o aumento do grau de temperatura que pode ser tolerado com o cilindro do

motor mantendo e permitindo uma combustão normal.

Todos os combustíveis possuem limites críticos de temperatura e compressão. Além deste limite, eles poderão inflamar espontaneamente e queimar com explosiva violência.

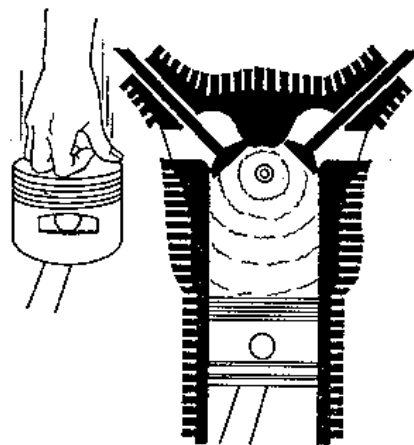


Figura 10-32 Combustão normal em um cilindro.

Esta instantânea e explosiva queima da mistura combustível/ar é, mais precisamente, na parte final da carga, chamada detonação.

Como anteriormente mencionado, durante a combustão normal, a chama fronteira progride do ponto de ignição para ao redor do cilindro. Essas chamas comprimem os gases à frente deles. Ao mesmo tempo, os gases vão sendo comprimidos para cima através do movimento do pistão.

Se a compressão total nos gases remanescentes não queimados excederem o ponto crítico, ocorrerá detonação. A detonação (figura 10-33) nesta ocasião, é uma combustão espontânea da carga não queimada a frente da chama após a ignição de carga.

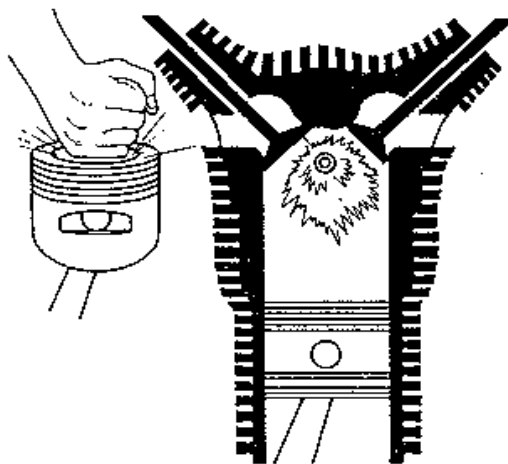


Figura 10-33 Detonação no cilindro.

A queima explosiva durante a detonação resulta em um aumento extremamente rápido de pressão. Este rápido aumento de pressão e alta instantânea de temperatura, combinada com a alta turbulência gerada, causa uma ação de "roçamento" no cilindro e no pistão. Isto pode produzir um furo através do pistão.

O ponto crítico da detonação varia com a razão de combustível para o ar na mistura. Por isto, a característica de detonação da mistura pode ser controlada pela variação na razão de combustível/ar. Nas altas trações, pressões de combustão e temperaturas são maiores do que nas baixas ou médias trações. Portanto, na alta tração a razão combustível/ar é feita mais "rica" do que o necessário para uma boa combustão na média ou baixa potência. Isto é feito porque, em geral, uma mistura "rica" não irá detonar tão rapidamente do que uma mistura "pobre".

A não ser uma detonação pesada, não haverá evidência de sua presença na cabine de comando. Detonações leves ou médias não causam ruídos que chamem a atenção, aumento de temperatura, ou perda de potência. Como resultado, isto pode estar presente durante a tração máxima de decolagem e na alta tração de subida.

De fato, os efeitos de detonação muitas vezes não são descobertos, até posterior remoção do motor. Quando o motor é revisado, a presença de severa detonação durante a operação é indicada através de fraturas na cabeça do pistão, colapso na cabeça das válvulas, anéis de segmento quebrados, ou alojamentos de válvulas com erosão, pistões e cabeças de cilindro também com erosão.

A proteção básica contra a detonação é fornecida no projeto de ajuste do carburador do motor, que automaticamente fornece as misturas "ricas" necessárias pra evitar a detonação em alta tração; a razão de limitação, que inclui as temperaturas máximas operacionais; e seleção correta da octanagem do combustível.

Os fatores de projeto, refrigeração de cilindro, sincronização de magneto, distribuição de mistura, superalimentação, e ajuste de carburador são tidos como cuidados do projeto e desenvolvimento do motor e seu método de instalação no avião.

O restante da responsabilidade de prevenção d'a detonação repousa igualmente nas mãos da manutenção e dos tripulantes; eles são responsáveis pela observância dos limites de r.p.m. e pressão de admissão.

O uso apropriado do superalimentador e da mistura de combustível, a manutenção adequada da cabeça do cilindro e carburador, e a temperatura de ar são usados inteiramente neste controle.

Pré-ignição, como o nome subentende, significa que a combustão tem lugar no cilindro antes do tempo de sincronização com as velas. Esta condição pode, muitas vezes, ser ocasionada por excessivo carbono ou outros depósitos os quais causam locais com pontos quentes (a detonação e freqüentemente ocasionada por pré-ignição).

Contudo, a pré-ignição pode ser causada também por alta tração operacional nas misturas excessivamente pobres. Pré-ignição é normalmente indicada na cabine de comando por ruído do motor, retorno de chama, e através de um aumento repentino da temperatura na cabeça do cilindro.

Alguma área dentro da câmara de combustão torna-se incandescente, servindo como um "ignitor" avançado ao tempo normal de ignição, causando combustão mais cedo do que o desejado. Pré-ignição pode ser causada por uma área de roçamento e aquecimento através da erosão da detonação. Uma rachadura na válvula ou pistão, ou quebra do isolador da vela, pode fornecer um ponto quente que serve como "tomada incandescente".

O ponto quente pode ser causado por depósitos nas superfícies da câmara, como resultado do uso de combustíveis com chumbo. Depósitos normais de carbono podem também causar pré-ignição. Especificamente, a pré-ignição é uma condição similar ao centelhamento adiantado da vela.

A carga no cilindro é inflamada antes do tempo requerido para uma queima normal no motor. Não se deve confundir pré-ignição com o centelhamento que ocorre muito cedo no ciclo. A pré-ignição é causada por um ponto quente na câmara de combustão e não por tempo incorreto de ignição.

O ponto quente pode ser causado devido ao cilindro superaquecido, ou defeito dentro do cilindro.

O mais óbvio método de correção da pré-ignição é a redução da temperatura do cilindro. O passo imediato é o "retardo" do acelerador. Isto reduz o volume da carga de combustível e a quantidade do aquecimento gerado.

Se um superalimentador está em uso e está com "alta razão", é necessário que seja re-

tornado para "baixa razão" para reduzir a carga de temperatura. A mistura deve ser enriquecida, se possível, para abaixar a temperatura de combustão.

Se o motor está em alta potência quando a pré-ignição ocorre, o retardamento do acelerador por poucos segundos pode prover suficiente refrigeração para o lugar com algum acúmulo de chumbo, ou outro depósito dentro da câmara de combustão.

Estas partículas soltas incandescentes são jogadas para fora através do escape. Elas são visíveis a noite como um "chuveiro" de centelhas. Se o "retardo" do acelerador não permite um retorno para não interromper a tração normal de operação, os depósitos devem ser removidos através do imediato choque térmico de refrigeração. Alguns tratamentos são injeção de água, álcool do sistema de degelo, ar totalmente frio no carburador, ou qualquer outro método que forneça o imediato resfriamento da câmara do cilindro.

Retorno de chama

Quando a mistura combustível/ar não contém o volume de combustível para consumir todo o oxigênio, chama-se mistura pobre. Inversamente, a carga que contém mais combustível do que o necessário é chamada uma mistura "rica". Uma mistura extremamente pobre também não deverá queimar ao todo, ou deverá queimar tão lentamente que a combustão não seja completada ao final do movimento de escape. A chama se retardará no cilindro e, nesta ocasião, inflamará o conteúdo no duto de admissão ou no sistema de indução quando a válvula de admissão abrir. Isto causa uma explosão conhecida como "retorno de chama", que pode danificar o carburador e outras partes do sistema de indução.

O ponto responsável pelo retorno de chama raramente envolve o motor. Em praticamente todos os casos, o retorno de chama é limitado a um ou dois cilindros.

Normalmente isto é resultado de falha no ajuste na folga da válvula, defeito nos injetores de combustível, ou outras condições que causam a operação destes cilindros mais "pobres" do que o motor. Por causa deste retorno de chama, os cilindros acenderão intermitentemente e, portanto, operarão frios.

O teste do cilindro frio é discutido mais tarde neste capítulo.

Algumas vezes, um retorno de chama é no regime de marcha lenta, mas o motor opera satisfatoriamente em regime de altas e médias trações.

A mais provável causa, neste caso, é uma mistura de lenta excessivamente pobre. O ajuste próprio na mistura combustível/ar de lenta normalmente corrige esta dificuldade.

Queima atrasada

Queima atrasada, algumas vezes chamada de queima posterior (*afterburning*), frequentemente é resultado de uma mistura combustível/ar muito "rica".

O disfarce de uma mistura "rica" é ter uma queima lenta. Por isso, cargas de combustível não queimado estão presentes nos gases de escape. Ar do lado de fora do escape mistura-se com este combustível não queimado que inflama. Isto causa uma explosão no sistema de escapamento.

Queima posterior é mais comum onde longos dutos retêm grandes quantidades de cargas não queimadas. Como no caso do retorno de chama, a correção para a queima posterior é o ajuste adequado da mistura combustível/ar.

Queima posterior pode ser causada também por cilindros que não estão queimando por causa da falha nas velas, defeito nos bicos injetores de combustível, ou ajuste no "claro de válvulas" incorreto.

A mistura não queimada destes cilindros "mortos" (inoperantes) passa para o sistema de escapamento, onde estes são inflamados e queimam. Infelizmente, a resultante tocha ou pós-queima pode facilmente ser mal interpretada como evidência de um carburador "rico".

Cilindros que estão queimando intermitentemente podem causar o efeito similar. Novamente, a má função pode ser remediada apenas pela descoberta da causa real e correção do defeito. Ambos os cilindros "mortos" (não queimando), ou com queima intermitente, podem ser localizados através do teste do "cilindro frio".

FATORES QUE AFETAM A OPERAÇÃO DO MOTOR

Compressão

Para prevenir perda de potência, todas as aberturas nos cilindros devem fechar e "selar"

completamente nos movimentos de compressão e tração. A este respeito, existem três (03) itens para a operação adequada dos cilindros que devem ser seguidos para se obter a máxima eficiência.

Primeiro, os "anéis de segmento" do pistão devem estar em boas condições para a vedação máxima durante o movimento do pistão. Não deve haver vazamentos entre o pistão e as paredes da câmara de combustão. Segundo, as válvulas de admissão e escapamento devem fechar adequadamente para que não haja perda de compressão por estes pontos. Terceiro, e muito importante, a sincronização das válvulas deve ser aquela em que a mais alta eficiência é obtida quando o motor estiver operando em sua normal razão de r.p.m. A falha de qualquer destes pontos resulta em grande redução de eficiência do motor.

Medição de combustível

O sistema de admissão faz a parte de distribuidor de combustível medido para o motor. Obviamente, qualquer defeito no sistema de indução afeta seriamente a operação do motor. Para a melhor operação, cada cilindro do motor deve ser abastecido com a mistura adequada de combustível/ar, normalmente medida pelo carburador.

Nos motores com injeção de combustível, a medição é feita pelo injetor do divisor de fluxo e pelos "bicos" injetores de combustível. A relação entre a razão combustível/ar e tração é ilustrada na figura 10-34.

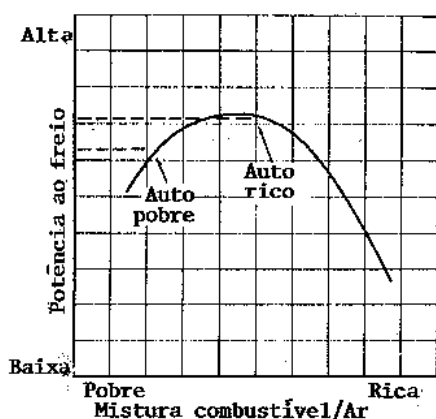


Figura 10-34 Curva de tração "versus" mistura combustível/ar.

Nota-se que, como a mistura do combustível varia de "pobre" para "rica", a tração desenvolvida pelo motor aumenta até chegar ao

máximo. Além deste ponto, a tração desenvolvida cai quando a mistura é enriquecida demais. Isto é porque a mistura de combustível é agora muito "rica" para proporcionar uma perfeita combustão.

A máxima tração pode ser obtida através da colocação do carburador em um ponto da curva (figura 10-34).

No estabelecimento dos ajustes do carburador para um motor de avião, o projeto de engenharia confecciona uma série de curvas similares a mostrada na figura 10-34. Uma curva é confeccionada para cada uma das várias velocidades do motor.

Se, por exemplo, a velocidade de lenta é 600 r.p.m., a primeira curva deverá ser feita com esta velocidade.

Outra curva (gráfico) deverá ser feita a 700 r.p.m., outra a 800 r.p.m. e assim por diante, com aumentos de 100 r.p.m. até chegar a r.p.m. de decolagem.

Os pontos de tração máxima nas curvas são então ligados para obter a curva de melhor tração no motor para todas as velocidades. Esta curva de melhor tração é estabelecida no ajuste "auto-rico" do carburador.

No estabelecimento e detalhamento das necessidades de se observar o ajuste do carburador, o fato é que a temperatura da cabeça do cilindro que varia com a razão do combustível/ar deve ser considerada.

Esta variação é mostrada na curva da figura 10-35.

Nota-se que a temperatura da cabeça do cilindro é mais baixa com o ajuste em "auto-pobre" do que com a mistura "auto-rica". Isto é exatamente o oposto à crença comum, mas é a verdade.

Além disso, o conhecimento deste fato pode ser usado como proveito pelos tripulantes. Se, durante o voo em cruzeiro, tornar-se difícil manter a temperatura da cabeça do cilindro nos limites, a mistura combustível/ar pode ser "empobrecida" para se conseguir a operação de refrigeração.

A refrigeração desejada pode, então, ser obtida sem a ida para a posição "auto-rica" com este caro desperdício de combustível. A curva mostra apenas a variação da temperatura da cabeça do cilindro.

Para uma determinada r.p.m., a tração fornecida pelo motor é menor com um ajuste de melhor economia ("autopobre") do que com a mistura de melhor tração.

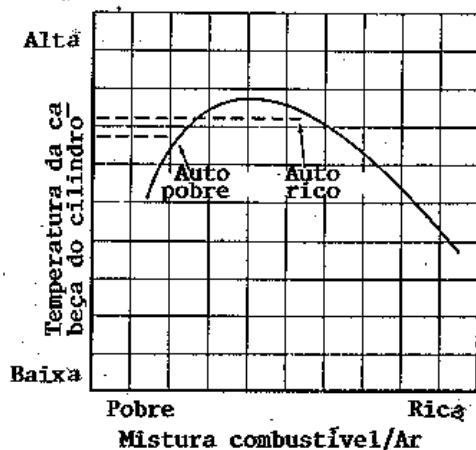


Figura 10-35 Variação da temperatura da cabeça do cilindro com a mistura combustível/ar (tração de cruzeiro).

A diminuição da temperatura da cabeça do cilindro com o empobrecimento da mistura se mantém verdadeira apenas através da faixa normal de cruzeiro.

Nas ajustagens de alta tração, as temperaturas do cilindro são maiores com as misturas "pobres". A razão para esta reversão de dependência na capacidade de refrigeração do motor, como altas potências são de aproximação, — é o ponto alcançado onde o fluxo de ar em torno dos cilindros não fornecerá a suficiente refrigeração.

Neste ponto, um método secundário de refrigeração deve ser usado. Esta refrigeração secundária é dada pelo enriquecimento da mistura combustível/ar além do ponto de melhor tração.

Através do "enriquecimento" da mistura para aumentar o resultado na perda de potência, ambas, tração e economia, devem ser sacrificadas ao propósito da refrigeração do motor.

Para auxiliar a investigação da influência das necessidades na mistura combustível/ar, os efeitos da injeção de água devem ser examinados. A figura 10-36 mostra a curva combustível/ar para um motor com injeção de água.

A porção pontilhada da curva mostra como a mistura combustível/ar é "empobrecida" durante a injeção de água. Este "empobrecimento" é possível por causa da água, que melhor que o combustível extra, é usada como refrigerante do cilindro.

O "empobrecimento" fornece um aumento na tração. A água não altera as características de combustão da mistura. Combustível adicionado para a mistura "auto-rica" na faixa de tra-

ção durante a operação "em seco" é unicamente para a refrigeração. Uma mistura "pobre" deverá fornecer mais tração.

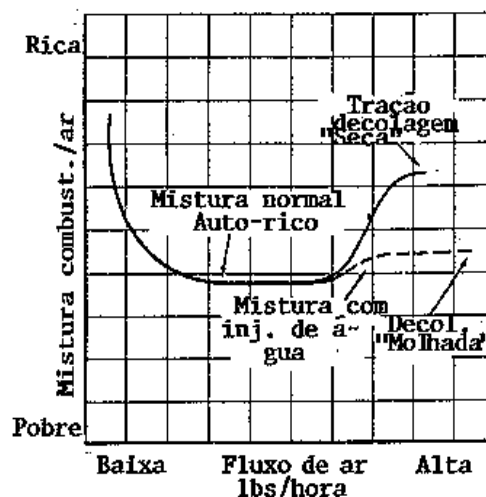


Figura 10-36 Curva de combustível/ar para motor com injeção de água.

Atualmente, a água ou, mais precisamente, o antidetonante, a mistura (água/álcool) é um melhor refrigerante do que combustível adicional. Além disso, a injeção de água permite maiores pressões na admissão, e garante futuros aumentos na tração.

Com o estabelecido no final da curva para a operação do motor, a capacidade do motor se "auto-refrigerar" nas várias regulagens de tração é, logicamente, levada em consideração.

Algumas vezes, a mistura deve ser alterada para uma dada instalação, para compensar o efeito do projeto de capotas (cobertura do motor), fluxo de ar refrigerante, ou outros fatores na refrigeração do motor.

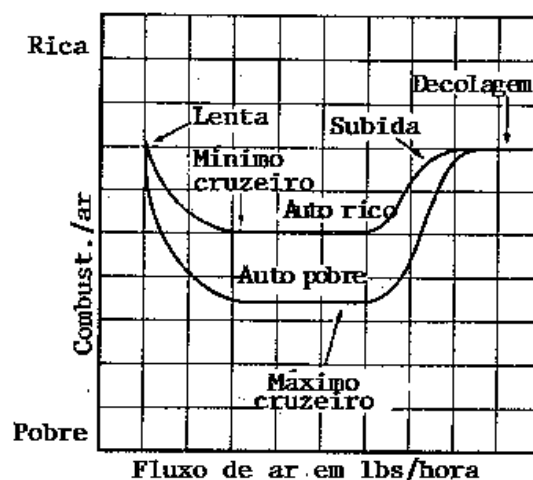


Figura 10-37 Curva típica de mistura combustível/ar para carburador tipo injeção.

O final da curva combustível/ar faz uma consideração sobre as características em "lenta" de economia, tração e refrigeração do motor, e todos os outros fatores que afetam a combustão.

A figura 10-37 mostra uma típica curva final para carburadores tipo injeção.

Nota-se que a mistura combustível/ar na "lenta" e em tração máxima é a mesma em "auto-rica" e "autopobre"

Além de lenta, uma gradual expansão ocorre quando aproxima-se a força de cruzeiro. Esta aproximação é máxima na faixa de cruzeiro.

A expansão diminui na direção da tração máxima. Esta aproximação das duas curvas na faixa de cruzeiro é básica para o teste de medição em cruzeiro.

A figura 10-38 mostra uma típica curva final para um carburador tipo "bóia". Nota-se que a mistura combustível/ar para "lenta" é a mesma para "rica" e em "manual pobre".

A mistura se mantém a mesma até que a faixa de "mínimo cruzeiro" seja atingida. Neste ponto, a curva se separa e, então, se mantém paralela através das faixas de tração de cruzeiro.

Nota-se a propagação entre os ajustes de "pobre" e "rica" na faixa de cruzeiro de ambas as curvas. Por causa desta propagação, deverá ser diminuída a tração quando o controle de mistura é movido de "auto-rica" para "auto-pobre", com o motor operando na faixa de cruzeiro.

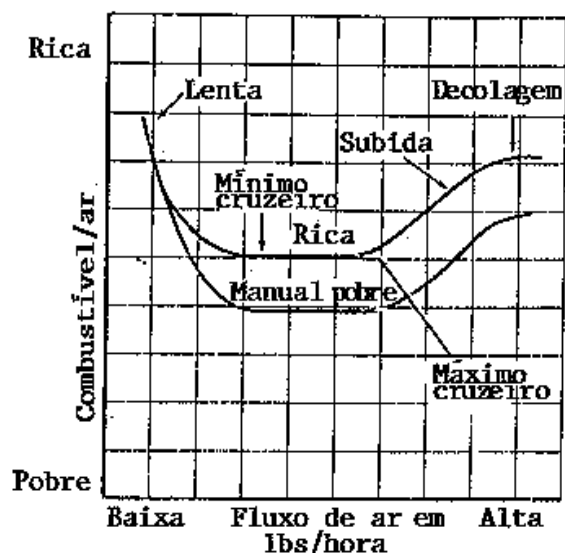


Figura 10-38 Curva típica de mistura combustível/ar para carburador tipo bóia.

Isto é verdade porque o ajuste de "auto-rica" na faixa de cruzeiro é muito próximo da

razão de mistura de melhor força. Portanto, qualquer "empobrecimento" deverá fornecer a mistura a qual é mais "pobre" do que a melhor tração.

Mistura de marcha lenta

A curva da mistura de "marcha lenta" (figura 10-39) mostra como a mistura muda quando o ajuste de mistura de "lenta" é mudado. Nota-se que o maior efeito é nas velocidades lentas; contudo, existe algum efeito da mistura no fluxo de ar acima de lenta.

O fluxo de ar que afeta o ajuste de lenta cancela vários outros de mínimo cruzeiro para máximo cruzeiro. O ponto exato depende do tipo e do ajuste do carburador.

Em geral, o ajuste de lenta afeta a mistura combustível/ar para cima da média de cruzeiro na maioria dos motores que possuem carburadores tipo pressão injeção, e para cima no cruzeiro de "baixa" nos motores equipados com carburadores tipo "bóia".

Isto significa que ajustes incorretos na mistura de lenta podem facilmente causar falhas no desempenho em cruzeiro quanto mais escasso for a "lenta".

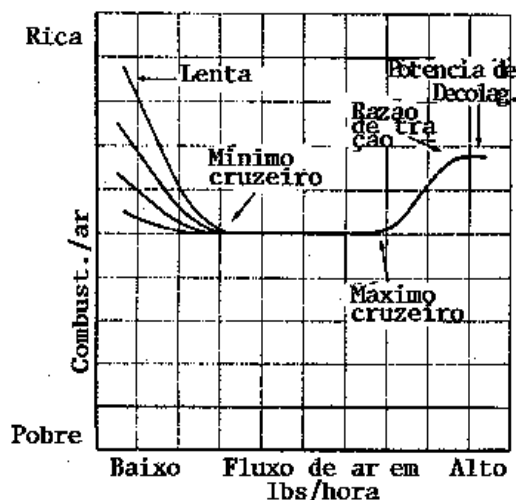


Figura 10-39 Curva da mistura de marcha lenta.

Existem variações na mistura necessária entre um motor e outro por causa da distribuição do combustível, e a capacidade do motor se refrigerar.

O ajuste do carburador deve ser "rico" o bastante para suprir o combustível na mistura para "empobrecer" o cilindro.

Se a distribuição do combustível é "pobre", o total da mistura deve ser mais "rica", do

que seria requerida para o mesmo motor se a distribuição fosse boa.

A capacidade do motor em "esfriar" depende de vários fatores, como o projeto do cilindro (incluindo o projeto das janelas de refrigeração), razão de compressão, acessórios na frente do motor que causam em cilindros individualmente trabalho quente, e o projeto dos defletores usados para defletir o fluxo de ar ao redor do cilindro. Na potência de decolagem, a mistura deve ser "rica" o bastante para suprir de combustível e manter refrigerados os cilindros que estão aquecidos.

A tubulação de admissão

A tubulação de admissão fornece os meios de distribuição de ar ou a mistura de ar/combustível para os cilindros.

O tempo de fornecimento da mistura ou ar pela tubulação depende do tipo do sistema de medição usado.

Em um motor que usa carburador a tubulação de admissão distribui a mistura de ar/combustível do carburador para os cilindros. Em um motor com injeção de combustível, o combustível é liberado para os bicos de injeção, um em cada cilindro, que fornece um jato apropriado para uma queima eficiente. A mistura de ar e combustível acontece dentro do cilindro. Em um motor de injeção de combustível, a tubulação de admissão fornece somente ar.

A tubulação de admissão é um importante item pelo efeito que ela tem sobre a mistura de ar/combustível que chega ao cilindro. O combustível é introduzido no fluxo de ar pelo carburador, em uma forma líquida. Para vir a ser um combustível, o mesmo tem que ser vaporizado no ar. Essa vaporização é feita na tubulação de admissão, que inclui um supercarregador, caso usado.

Qualquer combustível que não vaporize irá para as paredes dos tubos de entrada. Obviamente, isto afeta a razão da mistura de ar/combustível que chega aos cilindros, na forma de vapor. Isto explica a razão para a aparente mistura rica necessária para a partida de um motor frio. Em um motor frio, algum combustível no fluxo de ar é condensado e vai para as paredes das tubulações. Além disso, nenhum combustível vaporiza no primeiro lugar.

Quando o motor aquece, menos combustível é requerido, porque menos combustível é condensado no fluxo de ar e mais combustível é

vaporizado, dando ao cilindro a requerida mistura de ar/combustível para combustão normal.

Qualquer vazamento no sistema de admissão tem um efeito na mistura enviada para os cilindros. Isto é particularmente verdadeiro para um vazamento de um cilindro no final de tubo de admissão.

Para uma tubulação de admissão com pressão abaixo da atmosfera, um vazamento empobrecerá a mistura. Isto ocorre porque a adição de ar é tirada para a atmosfera pelo vazamento.

O cilindro afetado pode aquecer, falhar intermitentemente, ou então ocorrer tudo ao mesmo tempo.

Efeito operacional da folga das válvulas

Quando é considerado o efeito operacional da folga das válvulas, deixa em mente que todo avião de motores convencionais desta descrição usa sobreposição de válvulas.

A figura 10-40 mostra a pressão de entrada e saída nas válvulas, sob duas condições diferentes de ajuste para condições de operação. Em um caso, o motor está operando com uma pressão de admissão igual a 35 in.Hg. A pressão barométrica (pressão de saída do escapamento) é 29 in.Hg. Isto é igual a uma pressão diferencial de 6 in.Hg (3 PSI) atuando na direção indicada pela seta.

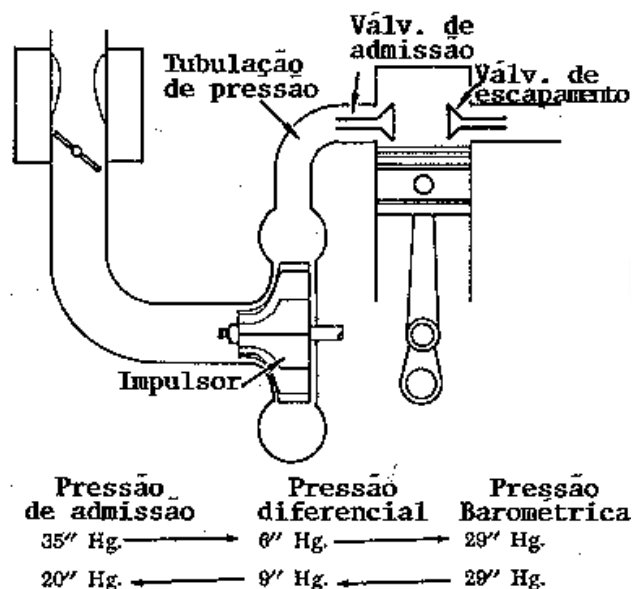


Figura 10-40 Efeito da sobreposição das válvulas.

Durante o período de sobreposição das válvulas, esta pressão diferencial força a mistura

de ar/combustível através da câmara de combustão para na direção da exaustão aberta.

Este fluxo de ar/combustível que força para adiante os gases de escapamento, permanece no cilindro, resultando numa recuperação completa da câmara de combustão. Isto, por sua vez, permite o completo preenchimento do cilindro com uma carga fresca no seguinte ciclo de admissão. Esta é uma situação em que a sobreposição das válvulas fornece aumento de força.

Em uma situação em que a tubulação de admissão está com pressão abaixo da pressão atmosférica, 20 in.Hg, por exemplo, existe uma pressão diferencial de 9 in.Hg (4,5 PSI) em direção oposta. Isto causa ao ar, ou gás de escapamento, serem puxados para dentro do cilindro, através da porta de escapamento durante a sobreposição das válvulas.

Em motores com anéis coletores, este fluxo inverso através da válvula de exaustão em regulagens de baixa potência, consiste de gases de exaustão queimada. Esses gases são puxados de volta para o cilindro e misturados com a entrada de ar/combustível.

Contudo, estes gases de exaustão são inertes, eles não contêm oxigênio. Portanto, a razão da mistura de ar/combustível não será muito afetada. Com o tubo de escapamento aberto (curto, sem anel coletor), a situação é totalmente diferente.

Aqui, ar fresco contendo oxigênio é puxado pelo cilindro através do escapamento. Isto empobrece a mistura. Por isso o carburador deverá ser ajustado para liberar uma mistura lenta excessivamente rica, tanto que, quando a mistura é combinada com o ar fresco retirado através do escapamento, a mistura no cilindro estará na razão desejada.

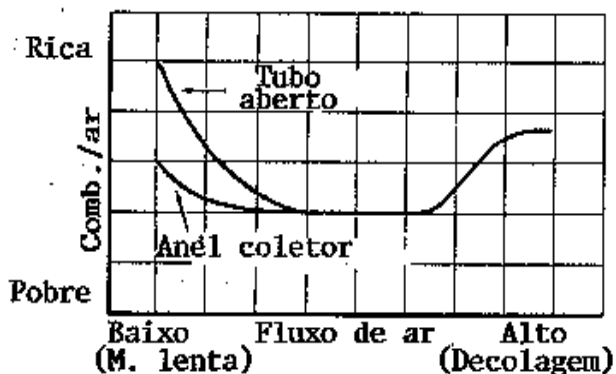


Figura 10-41 Comparação da mistura combustível/ar com instalação de tubo aberto ou anel coletor.

Num primeiro momento, não parece possível que o efeito do cruzamento de válvulas de sobrepor, na mistura de ar/combustível seja suficiente para causar efeito.

Como sempre, o efeito começa a aparecer quando considerando as misturas de ar/combustível na marcha lenta.

Estas misturas devem estar enriquecidas entre 20% e 30% quando os tubos de escapamento aberto são usados, ao invés dos anéis coletores, em qualquer motor. Isto é mostrado na figura 10-41.

Observa-se o afastamento da linha na marcha lenta, entre as instalações de escapamento aberto e a de um anel coletor, para motores que são aparentemente iguais. A mistura varia menos quando a velocidade do motor, ou o fluxo de ar aumenta de lenta para cruzeiro. Os fabricantes do motor, do avião e dos equipamentos proporcionam um grupo moto-propulsor que dará um desempenho satisfatório. Ressaltos são planejados para permitir a melhor operação das válvulas e uma adequada sobreposição.

Mas, a operação da válvula só será correta, se a regulagem da folga for a recomendada pelo fabricante e assim permanecer. Se a folga das válvulas for deficiente, o período de sobreposição, ou cruzamento, poderá ser maior ou menor do que o previsto pelo fabricante.

Do mesmo modo, isto acontecerá se houver uma desregulagem durante a operação.

Onde existir também uma válvula com excessiva folga, ela não abrirá ou permanecerá aberta por mais tempo do que o necessário. Isto reduzirá o período de sobreposição. Na velocidade de marcha lenta, isto afeta a mistura de ar/combustível desde que uma quantidade menor que o normal, de ar ou saída de gases sejam puxadas de volta ao cilindro durante um curto período de sobreposição. Como resultado a mistura da lenta tenderá a ficar muito rica.

Quando as válvulas estiverem com menos folga do que deveriam, o período de sobreposição será alongado. Isto permitirá uma quantidade maior que o normal de ar ou de gases para serem sugados de volta para o cilindro nas velocidades de marcha lenta. Como resultado, a mistura de marcha lenta será escoada para fora do cilindro. O carburador é ajustado com a expectativa de que certa quantidade de ar ou de gases de escapamento serão sugados de volta para o cilindro. Se mais ou menos ar ou gás for sugado para dentro do cilindro durante o

período da sobreposição, a mistura será também muito pobre ou muito rica.

Quando as folgas das válvulas estiverem erradas, todas estarão erradas na mesma direção. Existirá muita folga em alguns cilindros e pouca folga em outros. Naturalmente, isto dá uma variação na sobreposição entre cilindros que resulta em uma variação na razão da mistura de ar/combustível para ajustes de lenta e baixa força, desde que o carburador libere a mesma mistura para todos os cilindros. O carburador não pode dividir a mistura para cada cilindro para compensar a variação da sobreposição das válvulas.

O efeito da variação da folga e da sobreposição das válvulas na mistura de ar/combustível entre cilindros é ilustrado na figura 10-42.

Veja como funciona rico o cilindro com pequena folga e com muita folga funciona pobre.

Veja também a extrema variação da mistura entre cilindros. Este motor é impossível de ser ajustado em marcha lenta, para fornecer as misturas corretas em cada cilindro, dos quais seja esperado que se produza a mesma força.

Variações na folga da válvula com menos de 0,005 in. tem um efeito definido na distribuição da mistura entre os cilindros.

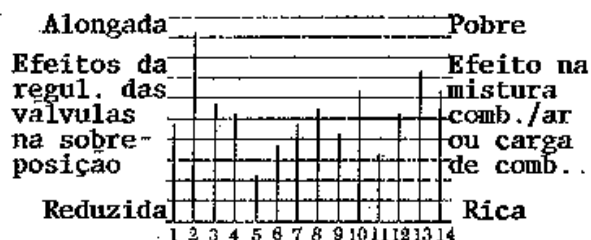


Figura 10-42 Efeito da variação da sobreposição das válvulas na mistura combustível/ar entre os cilindros.

Um outro aspecto da folga da válvula é seu efeito sobre a eficiência volumétrica. Considerando primeiro a válvula de admissão suponha que a folga seja maior do que o especificado.

Quando a pista de ressaltos passar sob o rolete, é tirada parte da folga. Porém, isto não tira toda a folga como deveria. Entretanto, o rolete é levado para cima pela própria pista antes que a válvula comece a abrir. Como resultado, a válvula abre depois do que deveria. No mesmo caminho, a válvula fecha antes de o rolete ter passado do ressalto principal para a

rampa em direção ao fim. Com excessiva folga, a válvula de admissão abre tarde e fecha cedo. Isto causa efeito de estrangulamento sobre o cilindro.

A válvula não abre o suficiente para admitir uma carga completa de combustível e ar. Isto diminui a saída de força, particularmente nos ajustes de alta potência.

Uma folga insuficiente na válvula de admissão terá o efeito oposto. A folga é pouca e a válvula começa a abrir enquanto o rolete está subindo o ressalto.

A válvula não fecha até descer ao final do lóbulo que tinha quase sido completado a passagem sob o rolete. Portanto, a válvula de admissão abre cedo e fecha tarde, e permanece aberta mais do que deveria. Para baixa força, abrindo cedo, a válvula de admissão ocasiona uma explosão por causa do calor dos gases de saída, voltando para a tubulação de admissão e queimando a mistura existente ali.

A excessiva folga na válvula de escape faz com que ela abra tarde e feche cedo. Isto encurta o escapamento e causa uma recuperação pobre.

A abertura tardia poderá também causar o superaquecimento do cilindro. Os gases quentes são mantidos dentro do cilindro além do tempo especificado para sua saída.

Quando a folga da válvula de escape é insuficiente, a válvula abre cedo e fecha tarde, permanecendo mais tempo aberta do que deveria. A abertura cedo causa a perda de força pelo encurtamento do ciclo de força. A pressão no cilindro é aliviada antes de toda a expansão usável ter trabalhado sobre o pistão. O fechamento tardio faz com que a válvula de escape permaneça aberta durante um período de tempo maior do ciclo do que deveria. Isto poderá resultar na perda de uma mistura boa através da válvula de escape.

Como mencionado antes, existirá provavelmente também uma pequena folga nas válvulas de alguns cilindros, e folgas maiores em outros, sempre que a folga das válvulas estiverem incorretas.

Isto significa que o efeito de folgas incorretas na eficiência volumétrica irá variar de um cilindro para outro. Um cilindro terá uma carga completa, enquanto outro recebe somente uma carga parcial. Como resultado, os cilindros não liberarão a mesma força. Um cilindro estourará e aquecerá enquanto o outro cilindro trabalha satisfatoriamente.

Em alguns motores com injeção direta, variações na folga das válvulas afetarão somente a quantidade de ar colocada no cilindro. Isto é verdadeiro quando a tubulação de admissão contém somente ar. Neste caso, não existirá um apreciável efeito na distribuição de combustível entre os cilindros. Isto significa que, quando as folgas variam entre os cilindros, as cargas de ar também variam, mas a distribuição de combustível permanece constante. Esta falha na distribuição de ar, acompanhada pela distribuição de combustível, causará variação na razão da mistura.

Em todos os casos, as variações na folga da válvula do seu valor específico, têm o efeito de mudança da calagem da válvula, da que se obteria com a folga correta.

Sistema de ignição

O próximo item a ser considerado, em função da operação do motor, é o sistema de ignição. Embora aparentemente simples, existem algumas coisas que não são compreendidas claramente.

Um sistema de ignição é composto basicamente por quatro partes principais:

- (1) o magneto básico.
- (2) o distribuidor.
- (3) a cablagem de ignição.
- (4) a vela.

O magneto básico é um dispositivo gerador de alta-tensão. Ele deve ser ajustado para fornecer uma máxima tensão quando o platina-do abre e a ignição ocorre. Ele deve ser ajustado corretamente para o ponto de centelhamento do motor. O magneto cria uma série de picos de tensão que são aliviados pelas aberturas dos platinados.. Um magneto tem seus pulsos enviados aos cilindros, por um distribuidor, na ordem correta. A fiação de ignição é feita por cabos isolados e blindados, os quais levam as altas tensões do distribuidor para as velas.

Os magnetos usados nos motores de aeronaves são capazes de produzir tensões maiores que 15.000 volts. A tensão necessária para uma centelha ser criada na vela, usualmente corresponde a 4.000 ou 5.000 volts, para um limite máximo de tensão do sistema de ignição. As velas funcionam como uma válvula de segurança para limitar a tensão máxima. Elas têm suas folgas aumentadas como resultado da ero-

são, fazendo com que a tensão nos terminais aumente. Uma alta tensão é necessária para fazer a faísca saltar em uma folga maior. Esta tensão maior é transmitida através do circuito secundário. O aumento de tensão pode causar danos no circuito secundário. Isto é uma possível fonte de interrupção na cablagem de ignição e pode causar sobrecarga no distribuidor.

O distribuidor direciona as centelhas para os vários cilindros. Isto deve ser ajustado corretamente para ambos, motores e magneto. O dedo do distribuidor deve estar alinhado com o eletrodo correto no bloco do distribuidor, no mesmo tempo da abertura dos platinados. Qualquer desalinhamento causará à alta tensão saltar para outro cilindro que não seja o adequado. Isto causará uma severa explosão e mau funcionamento geral do motor.

O fabricante selecionou a melhor colocação e especificou o alinhamento do eletrodo nº 1 para a calagem. Contudo, mesmo com o ajuste correto do distribuidor, o dedo estará sobre alguns eletrodos e à frente de outros. Para alguns eletrodos, o alinhamento está longe de ser perfeito como seguramente deveria ser. Um ligeiro erro no ajuste, somado ao já existente erro de alinhamento, poderá colocar o dedo longe do eletrodo, e a tensão não passará do dedo para o eletrodo, ou então, não será enviada ao eletrodo correto podendo ir para um cilindro errado. Portanto, o distribuidor deve ser ajustado perfeitamente.

O dedo deverá ser alinhado com exatidão sobre o eletrodo nº 1 como prescrito no manual de manutenção de cada motor daquela aeronave em particular.

Embora a fiação do sistema de ignição seja simples, é também uma parte crítica do sistema. Um número de coisas pode causar falhas na fiação de ignição.

O isolamento de um fio, dentro da fiação, pode diminuir e permitir que a alta tensão vaze através da blindagem para a massa, em vez de ir para a vela.

Circuitos abertos podem resultar de fios partidos ou conexões mal feitas.

Um fio desencapado poderá estar em contato com a blindagem, ou dois fios podem estar em curto circuito juntos.

Qualquer defeito em um dos fios não permite que a alta tensão chegue a vela, na qual o fio estiver conectado.

Como resultado, somente uma vela no cilindro terá centelha, fazendo com que o cilin-

dro opere com ignição simples. Isto certamente resultará em detonação porque a ignição dupla é necessária para evitar detonação durante a decolagem, e durante outras operações de alta potência.

Dois fios defeituosos em um mesmo cilindro causarão sua perda total. Em motores com distribuidores separados, uma falha na cablagem entre o magneto e o distribuidor pode cortar metade do sistema de ignição.

Entre os defeitos mais comuns na fiação de ignição, está o vazamento de alta tensão. Contudo, uma verificação completa na fiação revelará este e outros defeitos.

Embora a vela seja simples, tanto em construção quanto operação, ela é, quase sempre, a causadora direta ou indireta do mau funcionamento encontrado nos motores de avião. A precaução começa com a seleção da vela apropriada.

Certifique-se de que selecionou e instalou a especificada para o motor em particular. Uma das razões da especificação de uma vela é sua escala de aquecimento.

Uma grande quantidade de problemas, atribuídos a vela, é resultado direto do mau funcionamento de outra parte do motor. Como por exemplo, mistura excessivamente rica ou ajustes de válvulas incorretos.

Governador da hélice

O item final a ser considerado em relação a operação do motor é o efeito do governador da hélice com a operação do motor. Na curva mostrada na figura 10-43, veja como a pressão de admissão varia com a r.p.m., sendo gradual até que o corte do governador seja efetuado.

Depois deste ponto, a pressão aumenta mas não ocorre troca na rotação do motor, mesmo com a borboleta do carburador totalmente aberta.

O governador da hélice é ajustado para manter uma determinada rotação do motor.

Portanto, o relacionamento entre a velocidade do motor e a pressão de admissão como indicação de força de saída é perdida, a menos que se saiba que todos os cilindros do motor estejam funcionando corretamente.

Em um avião multimotor, um motor pode falhar e permanecer produzindo indicação como se ele estivesse produzindo força.

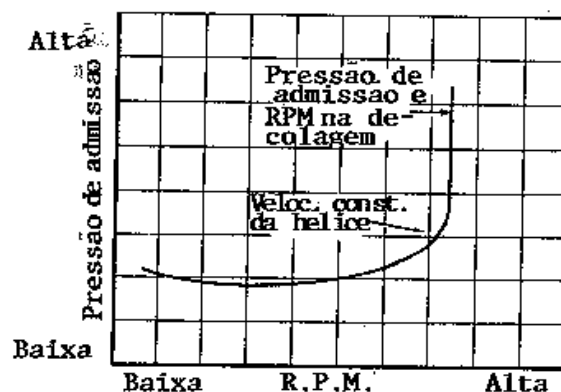


Figura 10-43 Efeito do governador da hélice na pressão de admissão.

O governador da hélice irá reduzir o ângulo da pá e o vento sobre a hélice manterá a mesma rotação no motor. O aquecimento da compressão dentro do cilindro irá evitar que a temperatura na cabeça do cilindro caia rapidamente.

A pressão do combustível permanecerá constante e o seu fluxo não mudará a menos que a pressão de admissão seja mudada. Em um motor não equipado com um turbo-carregador, a pressão permanecerá onde estava. Em um motor turbo-carregado, a pressão não cairá abaixo do valor que o supercarregador mecânico possa manter.

Desta forma, o piloto terá dificuldade em reconhecer que encontrou uma inesperada falha, a menos que o motor seja equipado com torqueímetro.

SUPERPOSIÇÃO DAS FASES DA OPERAÇÃO DE UM MOTOR

Até este ponto, as fases de operação de um motor foram expostas individualmente. O relacionamento destas fases e seus efeitos combinados serão considerados.

A combustão dentro do cilindro é o resultado da medição do combustível, sua compressão e ignição.

Como a folga das válvulas afeta o combustível medido, a adequada combustão em todos os cilindros, envolve o correto ajuste das válvulas em adição as outras fases.

Quando todas as condições estão corretas, existe uma mistura inflamável. Quando queimada esta mistura fornecerá impulsos de potência de mesma intensidade em todos os cilindros.

O sistema que produz a queima de combustível necessita que as cinco condições a seguir ocorram simultaneamente, se o impulso de faísca necessário é liberado para o cilindro no tempo apropriado:

- (1) os platinados deverão ser precisamente ajustados no magneto (folga E).
- (2) o magneto deverá estar precisamente ajustado para o motor.
- (3) o dedo do distribuidor deverá estar precisamente ajustado para o motor e o distribuidor.
- (4) a fiação da ignição deverá estar em bom estado a sem tendências para faiscamentos.
- (5) a vela deverá estar limpa, sem tendências a curtos e tendo a folga do eletrodo na medida apropriada.

Se qualquer uma das fases da ignição estiver mal ajustada ou não funcionando corretamente, o sistema de ignição inteiro poderá ser interrompido a tal ponto que a operação do motor se tornará irregular.

Como um exemplo de como uma fase de operação do motor pode ser afetada por outras fases, considere a vela suja. Uma vela suja, causa mal funcionamento no sistema de ignição, mas esta sujeira raramente resulta de uma falha da própria vela. Usualmente, alguma fase não está operando corretamente, causando a sujeira na vela.

Quando uma mistura excessivamente rica de ar/combustível está sendo queimada, ou porque a mistura está basicamente rica na carburação, ou está imprópriamente ajustada para a mistura de marcha lenta, inevitavelmente sujará a vela.

Geralmente estas causas resultarão em velas sujas, aparecendo em todo o motor, e não somente em um ou poucos cilindros.

Se a mistura é muito pobre ou muito rica, em qualquer um dos cilindros por causa de uma perda no tubo de entrada ou válvula mal ajustada, ocorrerá uma operação imprópria deste cilindro.

O cilindro provavelmente terá um retorno de chama. A sujeira na vela ocorrerá frequentemente até que o problema seja resolvido.

Sempre que a causa real de um mal funcionamento do motor não for determinada, e

toda vez que uma desordem não é corrigida, a medida corretiva tomada fornecerá só um alívio temporário.

Portanto, como resultado de muitos testes hoje podemos saber se a causa de um retorno de chama é um ajuste incorreto, um defeito no sistema de ignição, ou ainda um incorreto ajuste das válvulas do motor.

O retorno de chama é normalmente causado por um cilindro e não por todos os cilindros. Para corrigir o problema, primeiro localiza-se qual o cilindro que está causando o retorno e, então, tenta-se descobrir a causa.

PESQUISA DE PANES EM MOTORES

A necessidade de uma pesquisa de panes é normalmente ditada por uma operação ruim do conjunto de força. Os ajustes de potência para o tipo de operação, para o qual alguma dificuldade é encontrada, em muitos casos indicará qual a parte do conjunto de força é a causa básica da dificuldade.

Os cilindros de um motor, junto com o impulsor do supercarregador, formam uma bomba de ar. Além disso, a força desenvolvida pelos cilindros varia diretamente com a razão do consumo de ar. Portanto, a medida de ar consumido, ou o fluxo de ar entrando no motor, é uma medida da potência de entrada. Ignorando fatores como umidade e pressão de retorno do escapamento, a indicação da pressão de admissão e o tacômetro, fornecem a medição de ar consumido pelo motor. Desta forma, para uma dada rotação, qualquer mudança na potência de entrada será refletida pela correspondente mudança na pressão de admissão.

A saída de potência de um motor é a força absorvida pela hélice. Portanto, a carga da hélice é uma medida de potência de saída. A carga da hélice, por sua vez, depende da rotação, ângulo da pá e densidade do ar. Para um dado ângulo e densidade do ar, a carga da hélice é proporcional a velocidade do motor.

A potência básica de um motor é relativa a pressão de admissão, fluxo de combustível e rotação. Como a rotação do motor, e o acelerador abrindo, controlam a pressão de admissão, os controles primários da potência do motor são o acelerador e o controle de rotação.

Um motor equipado com hélice de passo fixo possui somente o controle do acelerador. Neste caso, o ajuste do acelerador controla ambas, a pressão de admissão e a rotação.

Com as devidas precauções, pode ser retirada uma medida da entrada de potência na pressão de admissão, e da rotação pode ser retirada uma medida da potência de saída. Contudo, os seguintes fatores devem ser considerados:

- (1) Pressão atmosférica e temperatura do ar, desde que afetem a densidade do ar.
- (2) Estas medidas de entrada e saída de força, serem usadas somente para comparação da performance de um motor com uma performance prévia, ou comparação com outro motor idêntico.
- (3) Com uma hélice de passo controlável, as pás deverão estar junto ao batente de passo mínimo, já que esta é a única posição de pá em que o ângulo é conhecido, e não varia.

Se um motor é equipado com um torquímetro, a leitura deste deverá ser usada como uma medida de saída de potência.

Tendo-se as medidas relativas às forças de entrada e de saída, a condição de um motor pode ser determinada, comparando-se a entrada com a saída. Isto é feito comparando-se a pressão de admissão necessária para produzir uma determinada rotação, em comparação a um motor que tenha a sua condição de operação já conhecida.

A seguir, um exemplo que mostrará a aplicação prática deste método, para a determinação das condições do motor. Com o controle da hélice selecionado para a r.p.m. de decolagem (ângulo mínimo da pá), um motor pode requerer 32 polegadas na pressão de admissão para produzir 2.200 r.p.m. para o teste de ignição. Em um teste anterior, este motor requereu somente 30 polegadas na pressão de admissão para obter 2.200 r.p.m. na mesma altitude e sob condições atmosféricas idênticas.

Obviamente, alguma coisa está errada; uma alta potência de entrada (pressão de admissão) é agora requerida para a mesma potência de saída (r.p.m.). Existe uma grande possibilidade de que um cilindro esteja inoperante (morto).

Existem diversos padrões com os quais a performance de um motor pode ser comparada. Ela pode ser comparada com sua performance passada, desde que as gravações tenham sido conservadas. A performance pode ser comparada com outros motores do mesmo avião ou, de aviões com a mesma instalação.

Se uma falha existir, deve-se assumir que o problema está relacionado a um dos seguintes sistemas:

- (1) Sistema de ignição.
- (2) Sistema de medição de combustível.
- (3) Sistema de indução.
- (4) Seção de força.
- (5) Instrumentação

Se uma aproximação lógica do problema é obtida, com a leitura dos instrumentos, apropriadamente utilizadas, o mal funcionamento pode ser apontado e o problema específico do sistema pode ser tirado.

Com mais informação disponível, a respeito de algum problema em particular, será melhor uma correção rápida. As informações válidas para localizar um mal funcionamento incluem:

- (1) Alguma falha foi notada? Sob que condições de operação?
- (2) Qual o tempo de operação do motor e das velas? Quanto tempo desde a última inspeção?
- (3) O teste operacional do sistema de ignição e o teste de potência estavam normais?
- (4) Quando o primeiro sinal do problema apareceu?
- (5) Apresentava retorno de chama ou queima atrasada?
- (6) A aceleração total estava ocorrendo normalmente?

De um ponto de vista diferente, um grupo motopropulsor é na realidade um número de pequenos motores girando um eixo de manivelas, operado por duas fases comuns: (1) medição de combustível, e (2) ignição.

Quando o motor estiver com retorno de chama ou com baixa potência, primeiro encontra-se qual dos sistemas (1) ou (2) está envolvido, se o motor inteiro ou somente um cilindro está com falha.

Por exemplo, o retorno de chama normalmente é causado por:

- (1) Válvulas permanecendo abertas ou trancando em um ou mais cilindros.
- (2) Mistura pobre.
- (3) Vazamento no tubo de entrada.

- (4) Erro no ajuste da válvula, que causa uma pequena carga ou uma carga grande de mistura ar/combustível.

As razões para o retorno de chama poderiam ser uma rachadura no bloco do distribuidor ou um vazamento de alta tensão entre dois cabos de ignição. Qualquer uma destas condições causaria a queima da carga do cilindro no ciclo de admissão.

Problemas do sistema de ignição envolvendo retorno de chama, normalmente não estarão centralizados no magneto, porque uma falha do magneto resultaria em falta de rotação do motor, ou rotação normal em baixas velocidades, mas “cortando” em altas velocidades.

Por outro lado, a substituição do magneto corrigiria uma dificuldade causada pela rachadura do distribuidor, quando um fizer parte do magneto. Se os sistemas de combustível, ignição e indução estão operando corretamente, o motor deverá produzir a potência certa, a menos que alguma falha exista na seção de força básica.

Problema - causa – solução

A pesquisa de problemas é uma análise sistemática dos sintomas que indicam um mal funcionamento. Já que seria impraticável relacionar todos os defeitos que poderiam ocorrer em um motor, somente os mais comuns serão discutidos.

Um completo conhecimento dos sistemas do motor, aplicado com o raciocínio lógico, resolverão qualquer problema que possa ocorrer.

A tabela 10 relaciona condições gerais ou problemas que podem ser encontrados em motores como "falhas de partida de motor". Estas condições são suplementadas e divididas entre as causas prováveis para tais condições. As ações corretivas são indicadas na coluna "SOLUÇÃO".

Os itens são apresentados em consideração a frequência de ocorrência, facilidade de acesso e complexidade da ação corretiva indicada.

TABELA 10 Pesquisa de panes de motores de cilindros opostos.

PROBLEMA	CAUSA PROVÁVEL	SOLUÇÃO
Falha de partida no motor.	• Falta de combustível.	• Verificar o sistema de combustível quanto a vazamento.
	• Pouca injeção	• Abastecer o tanque de combustível.
	• Muita injeção.	• Limpar linhas sujas, filtros, ou válvulas de combustível.
	• Usar o processo correto de injeção.	
	• Abrir o acelerador e descarregar o motor pela rotação da hélice.	
	• Ajuste do acelerador incorreto.	• Abrir o acelerador 1 décimo da sua escala.
	• Defeito nas velas.	• Limpar ou substituir as velas.
	• Defeito na fiação de ignição.	• Testar e substituir os fios com defeito.
	• Bateria fraca ou com defeito.	• Substituir por uma bateria carregada.
	• Operação imprópria do magneto ou dos platinados.	• Verificar o ajuste interno do magneto.
	• Água no carburador.	• Drenar o carburador e as linhas de combustível.
	• Falha interna.	• Verificar o filtro de óleo no cárter, por partículas metálicas.
	• Acoplador de impulso magnetizado, se instalado.	• Desmagnetizar o acoplador de impulso.
	• Eletrodos das velas congelados.	Substituir as velas ou secá-las.

	•	
	• Controle de mistura corta em marcha lenta.	• Abrir o controle de mistura.
	• Curto no interruptor de partida ou perda de aterramento.	• Verificar e substituir, ou corrigir.
Motor falha em marcha lenta	• Ajuste de velocidade de marcha lenta incorreto.	• Ajustar o batente do acelerador para obter a marcha lenta correta.
	• Mistura de lenta incorreta.	• Ajustar a mistura (consultar o manual do fabricante).
	• Vazamento no sistema de indução.	• Apertar todas as conexões do sistema de indução. Substituir as partes com defeito.
	• Baixa compressão do cilindro.	• Verificar a compressão do cilindro.
	• Falha do sistema de ignição.	• Verificar inteiramente o sistema de ignição.
	• Injetor aberto ou vazando. • Ajuste impróprio da vela para a altitude.	• Bloquear ou corrigir o injetor. • Verificar a folga das velas.
	• Filtro de ar sujo.	• Limpar ou substituir o filtro.
Baixa potência e motor com funcionamento irregular.	• Mistura muito rica, indicada por operação lenta do motor, chama de exaustão vermelha e fumaça preta.	• Verificar o injetor. Reajustar a mistura do carburador.
	• Mistura muito pobre, indicada por sobreaquecimento ou retorno de chama.	• Verificar as linhas de combustível quanto a sujeira ou outras restrições. Verificar o suprimento de combustível.
	• Vazamento no sistema de indução.	• Apertar todas as conexões. Substituir as partes defeituosas.
	• Defeito nas velas.	• Limpar ou substituir as velas.
	• Graduação do combustível imprópria.	• Abastecer o tanque com o combustível recomendado.
	• Platinados do magneto não trabalham apropriadamente.	• Limpar os platinados. Verificar o ajuste interno do magneto.
	• Defeito na fiação da ignição.	• Testar e substituir os fios defeituosos.
	• Defeito nos terminais das velas.	• Substituir os terminais das velas.
	• Folga incorreta das válvulas.	• Ajustar a folga das válvulas.
	• Restrição no sistema de escapamento.	• Remover a restrição.
	• Ajuste da ignição incorreto.	• Verificar os magnetos quanto a sincronização e ajuste.
Motor falha ao desenvolver potência total.	• Manete de aceleração fora de ajuste.	• Ajustar a manete de aceleração.
	• Vazamento no sistema de indução.	• Apertar todas as conexões, e substituir as partes defeituosas.

	• Combustível impróprio. • Restrição na entrada de ar do carburador • Governador da hélice fora de ajuste. • Falta da ignição.	• Abastecer o tanque com o combustível recomendado. • Examinar a entrada de ar e remover a restrição. • Ajustar o governador. • Apertar todas as conexões, e verificar o sistema de ignição. Verificar a regulação da ignição.
Funcionamento irregular do motor.	• Montante do berço do motor quebrado.	Reparar ou substituir os montantes do berço.
	• Hélice desbalanceada.	• Remover a hélice, e verificar o balanceamento.
	• Defeito nas buchas de montagem.	• Instalar novas buchas.
	• Depósito de chumbo nas velas.	• Limpar ou substituir as velas.
	• Injetor desbloqueado.	• Bloquear o injetor.
Baixa pressão de óleo.	• Óleo insuficiente.	• Observar a quantidade de óleo.
	• Filtros de óleo sujos.	• Remover e limpar os filtros de óleo.
	• Indicador de pressão defeituoso.	• Substituir o indicador.
	• Bloqueio de ar ou sujeira na válvula de alívio.	• Remover e limpar a válvula de alívio de pressão de óleo.
	• Vazamento da linha de sucção ou de pressão.	• Verificar os vedadores entre os acessórios e o carter.
	• Obstrução na entrada da bomba de óleo.	• Observar a obstrução da linha. Limpar o filtro de sucção.
	• Alta temperatura do óleo	• Veja “alta temperatura do óleo” na coluna de problemas.
	• Mancais gastos ou arranhados.	• Efetuar a revisão do motor.
Alta temperatura do óleo.	• Ar de arrefecimento insuficiente.	• Observar a entrada e a saída de ar por deformação ou obstrução.
	• Suprimento insuficiente de óleo.	• Abastecer o tanque de óleo ao nível apropriado.
	• Linhas ou filtros de óleo obstruídos.	• Remover e limpar as linhas ou os filtros de óleo.
	• Mancais falhos ou defeituosos.	• Examinar o cárter quanto a partículas metálicas e, se encontradas, revisar o motor.
	• Termostatos defeituosos.	• Substituir os termostatos.
	• Indicadores de temperatura defeituosos.	• Substituir os indicadores.
	• Excessiva ventilação da válvula (<i>Blow-By</i>).	• Usualmente causada pelos anéis presos ou fracos. Revisar o motor.
Excessivo consumo de óleo.	• Mancais falhos ou defeituosos.	• Observar o cárter quanto a partículas metálicas e, se encontradas, a revisão do motor é indicada.

• Anéis dos pistões gastos ou quebrados.	• Instalar anéis novos.
• Instalação incorreta dos anéis dos pistões.	• Instalar anéis novos.
• Vazamento interno de óleo.	• Observar cuidadosamente o motor quanto a vazamento nas juntas ou anéis.
• Vazamento através da linha de ventilação da bomba de combustível do motor.	• Substituir o selo da bomba de combustível.
• Respiração do motor ou da bomba de vácuo.	• Checar o motor, e revisar ou substituir a bomba de vácuo.

MANUTENÇÃO DO CILINDRO

Na maioria dos casos, o cilindro recebe seu combustível e ar de uma fonte comum que é o carburador.

Várias fases de operação do cilindro como a compressão, mistura de combustível e ignição podem funcionar adequadamente, até que um tipo de mal funcionamento cause dificuldades no motor.

Retorno de chama no motor, por exemplo, pode ser causado por uma mistura ar/combustível pobre em um dos cilindros.

A mistura pobre pode ser causada por tais dificuldades, como um ajuste impróprio na válvula, uma válvula de admissão ou escape presa, ou um vazamento no tubo de entrada.

A maioria das dificuldades no motor pode ser causada por um cilindro ou um pequeno número de cilindros. Portanto, dificuldades no motor podem ser corrigidas somente após o mau funcionamento dos cilindros terem sido localizados, e as fases defeituosas de operação dos cilindros serem normalizadas.

Calço Hidráulico

Se um motor radial permanece cortado por qualquer período de tempo, o óleo ou combustível podem drenar para dentro das câmaras de combustão dos cilindros inferiores, ou podem acumular nas tomadas inferiores das tubulações para serem drenados para dentro dos cilindros quando o motor partir (Figura 10-44).

Quando o pistão se aproxima do ponto morto alto de compressão (ambas as válvulas fechadas), este líquido, incompressível, estanca o movimento do pistão. Se o eixo de manivela continuar a girar, algum problema poderá ocorrer. Portanto, partindo ou tentando partir um

motor com bloqueio hidráulico desta natureza, pode-se causar o estouro do cilindro afetado ou, o mais provável, pode resultar em um entortamento ou quebra da biela.

Um calço hidráulico completo - um calço que pare a rotação do eixo de manivela - pode resultar em sérios danos ao motor.

Se o pistão encontrar uma alta resistência, ele não pára completamente; o motor vacila, entretanto parte e continua a girar, acionado pelos outros cilindros.

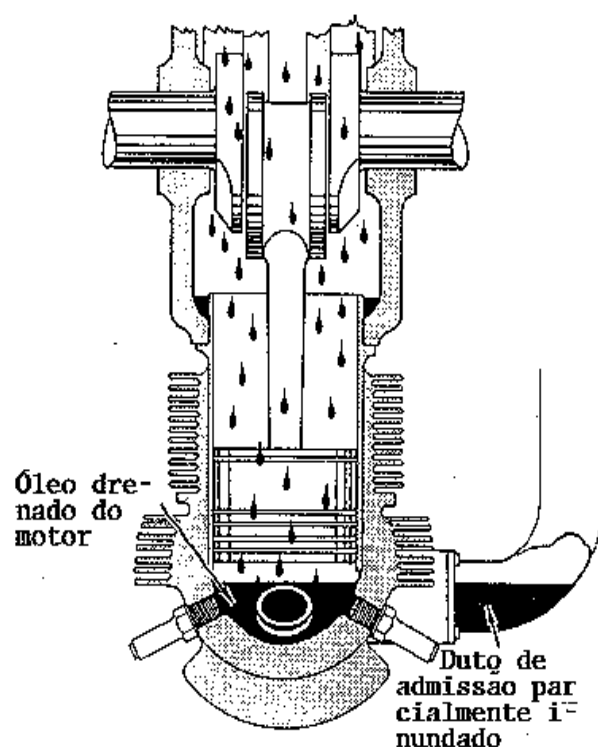


Figura 10-44 Estágio inicial no desenvolvimento de um calço hidráulico.

Um ligeiro entortamento da biela, resultante do bloqueio parcial, também não será notado a tempo, mas ela está danificada, e é certo que falhará mais tarde.

A falha eventual ocorre na maioria das vezes em operações críticas, como decolagens e arremetidas quando a potência máxima do motor é utilizada e a máxima tensão é imposta às partes. Um calço hidráulico e alguns possíveis resultados são mostrados na figura 10-45.

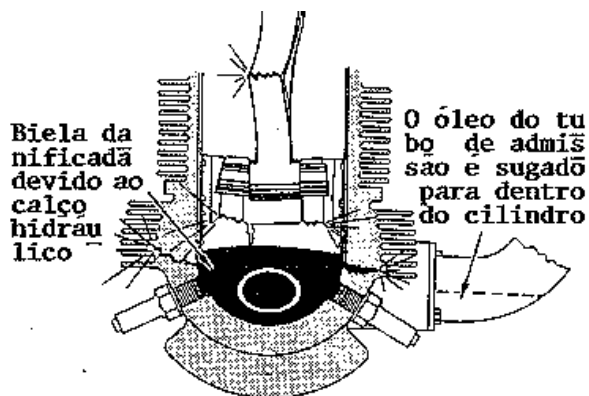


Figura 10-45 Resultados de um calço hidráulico.

Antes de se dar partida em qualquer motor radial que tenha sido parado por mais de 30 minutos, as chaves de ignição devem estar em "off", só então puxa-se a hélice na direção de rotação, para assegurar que não haja calço hidráulico.

Qualquer líquido presente em um cilindro será indicado por um esforço anormal para rodar a hélice.

Entretanto, nunca se usa força quando um calço hidráulico é detectado.

Quando motores que empregam acionamento direto, ou combinação de acionamento direto e inércia, estão sendo acionados e uma fonte externa está sendo usada, uma checagem quanto a calço hidráulico deve ser feita pela intermitente energização do motor de partida, esperando pela tendência do motor estolar. O uso do motor de partida, desta maneira, não exercerá suficiente força no eixo de manivelas a ponto de entortar ou quebrar a biela se um bloqueio estiver presente.

Para eliminar um bloqueio, remove-se a vela de ignição dianteira ou traseira dos cilindros inferiores, girando a hélice na direção de rotação. O pistão expulsará qualquer líquido que possa estar presente.

Se o bloqueio (calço) hidráulico acontecer devido a uma alta pressão antes de iniciar a partida do motor, elimina-se o bloqueio do mesmo modo, isto é, removendo uma das velas de ignição do cilindro e girando o eixo de manivelas duas voltas.

Nunca se deve tentar eliminar um bloqueio hidráulico girando a hélice no sentido oposto ao normal de rotação, uma vez que isto tende a injetar o líquido do cilindro para dentro do duto de admissão, com a possibilidade de ocorrer um bloqueio total ou parcial subsequente a partida.

Ventilação da válvula (*Blow-by*)

A ventilação da válvula ("*Blow-by*") é indicada por um silvo ou assobio, quando a hélice está sendo puxada antes da partida do motor, quando o motor está girando pelo motor de partida, ou quando o motor está girando em baixas velocidades.

Isto é causado por uma abertura de válvula presa ou deformada, para que a extensão da compressão não ocorra no cilindro quando o pistão move para o ponto morto alto na fase de compressão.

O ar que passa pela válvula de escape pode ser escutado na descarga do motor, e o que passa pela válvula de admissão é audível no carburador.

A ventilação da válvula deve ser corrigida imediatamente, a fim de evitar falha da válvula, e a possibilidade de falha do motor por um dos seguintes passos:

- (1) Fazer um teste de compressão dos cilindros para localizar o cilindro em falha.
- (2) Observar a folga das válvulas do cilindro afetado. Se a folga estiver incorreta, a válvula deve estar presa em um guia de válvula. Para liberá-la, colocar uma barra de fibra sobre o balancim imediatamente sobre a haste da válvula, e golpear a barra várias vezes com um martelo de 1 a 2 libras. A força exercida com a mão sobre a barra de fibra é suficiente para remover qualquer espaço entre o balancim e a haste da válvula, antes de golpear.
- (3) Se a válvula estiver presa e a folga for incorreta, ajustá-la como necessário.
- (4) Determinar se a ventilação ("*Blow-by*") foi eliminada girando novamente o motor pela hélice com a mão, ou acionando-o com o motor de partida. Se a ventilação ainda estiver presente, será necessário substituir o cilindro.

TESTES DE COMPRESSÃO NO CILINDRO

Os testes de compressão nos cilindros determinam se as válvulas, anéis e pistões estão adequadamente selando a câmara de compressão.

Se o vazamento de pressão for excessivo o cilindro não poderá desenvolver sua potência máxima. A finalidade de testar a compressão dos cilindros é para determinar se a substituição do cilindro é necessária. A detecção e substituição dos cilindros defeituosos evitarão a troca completa do motor por falha dos cilindros.

É essencial que os testes de compressão sejam feitos periodicamente. Embora seja possível para um motor a perda de compressão por outras razões, a maior parte da baixa compressão ocorre por vazamentos em válvulas. As condições que afetam a compressão do motor são:

- (1) Incorreta folga de válvulas.
- (2) Pistões gastos, arranhados ou danificados.
- (3) Excessivo desgaste dos anéis do pistão e paredes dos cilindros.
- (4) Válvulas empenadas ou queimadas.
- (5) Partículas de carbono entre a face e a sede da válvula ou válvulas.
- (6) Tempo de válvula adiantado ou atrasado.

Um teste de compressão é feito logo após o corte do motor, de modo que os anéis do pistão, as paredes dos cilindros e outras partes ainda estejam suficientemente lubrificadas. Entretanto, não é necessário operar o motor antes de realizar as checagens de compressão durante a recuperação do motor, ou uma substituição individual dos cilindros. Nestes casos, antes de se executar o teste, pulveriza-se uma pequena quantidade de óleo refrigerante dentro do cilindro, ou cilindros, girando o motor várias vezes para selar os pistões e anéis no corpo do cilindro.

Assegure-se de que a chave de ignição esteja na posição "off", de modo que ela não provoque uma partida acidental do motor. As carenagens necessárias e as velas acessíveis de cada cilindro, devem ser removidas.

O exame cuidadoso das velas ajudará a diagnosticar os problemas dentro do cilindro. Os relatórios e fichas de manutenção do motor que está sendo testado devem ser revisados. As anotações das checagens de compressão anteriores

ajudam a determinar as condições de uso progressivo e a estabelecer as ações de manutenção necessárias.

Os dois tipos básicos de teste de compressão, atualmente em uso para checar a compressão dos cilindros em motores de aviões, são o testador de compressão direta e o de pressão diferencial.

Os procedimentos e precauções a serem observados durante o uso de um destes tipos de testadores estão resumidos nesta seção. Ao se executar um teste de compressão, as instruções do fabricante do testador deverão ser seguidas.

Testador de compressão direta

Este tipo de teste de compressão indica a pressão atual dentro do cilindro.

Embora um componente em particular com defeito dentro do cilindro seja difícil de determinar por este método, a uniformidade de uma leitura para todos os cilindros é uma indicação da condição do motor como um todo.

As seguintes diretrizes são sugeridas para realizar um teste de compressão direta:

- (1) Aquecer o motor a temperatura de realização do teste, tão logo quanto possível, após o corte do motor.
- (2) Remover a vela mais acessível de cada cilindro.
- (3) Girar o motor com o motor de partida para expulsar qualquer excesso de óleo ou carbono solto nos cilindros.
- (4) Se um conjunto completo de testadores de compressão estiver disponível, instalar um testador em cada cilindro. Entretanto, se somente um testador estiver sendo utilizado, checar cada cilindro em rodízio.
- (5) Usar o motor de partida do motor, girando o motor pelo menos três voltas completas, e anotando os valores de compressão. O uso de uma fonte de energia externa, como uma bateria fraca, resultará em uma menor razão de giro do motor e valores de compressão menores.
- (6) Checar novamente qualquer cilindro que demonstrar uma leitura anormal, quando comparada com os outros. Qualquer cilin-

dro que tenha uma leitura de pressão aproximada de 15 PSI menor que os outros, é suspeito de apresentar defeito.

- (7) Se um testador de compressão for suspeito de estar defeituoso, substituí-lo por outro em bom estado, e checar novamente a compressão dos cilindros afetados.

Testador de pressão diferencial

O testador de pressão diferencial checa a compressão dos motores do avião ao medir o vazamento através do cilindro.

O projeto deste testador de pressão é tal que, vazamentos diminutos na válvula são detectados, tornando possível a substituição do cilindro onde a queima da válvula está iniciando.

A operação do testador de pressão está baseada no princípio de que, para qualquer fluxo de ar através de um orifício fixo, resultará numa queda de pressão constante.

Como o fluxo de ar varia, a pressão troca de acordo com esta variação e na mesma direção.

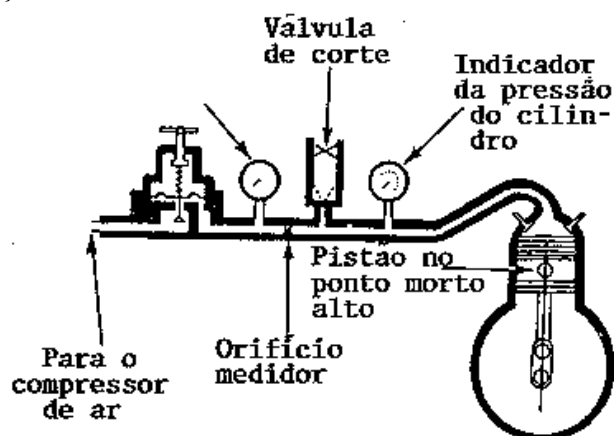


Figura 10-46 Testador da pressão diferencial.

Se o ar é suprido sob pressão para o cilindro com ambas as válvulas de descarga e admissão fechadas, a quantidade de ar que vaza pelas válvulas ou anéis indica sua condição; o cilindro perfeito, naturalmente, não deve ter nenhum vazamento.

O testador de pressão diferencial (figura 10-46) requer a aplicação de ar sob pressão para o cilindro que está sendo testado com o pistão no ponto morto alto.

As diretrizes para se executar o teste de compressão diferencial são:

- (1) Fazer o teste de compressão tão logo quanto possível, após o corte do motor, para garantir a lubrificação uniforme nas paredes dos cilindros e anéis.
- (2) Remover a maioria das velas acessíveis do cilindro, ou cilindros, e instalar um adaptador de velas no local das velas.
- (3) Conectar o conjunto testador de compressão a uma fonte de ar comprimido de 100 a 150 PSI. Com a válvula de corte sobre o testador de compressão fechada, ajustar o regulador do testador para 80 PSI.
- (4) Abrir a válvula de corte, e fixar a mangueira de ar com um conector de desconexão rápida ao adaptador da vela. A válvula de corte quando aberta manterá automaticamente uma pressão de 15 a 20 PSI no cilindro, quando ambas as válvulas de admissão e descarga estiverem fechadas.
- (5) Girar o motor no sentido de rotação, até que o pistão no cilindro que está sendo testado, alcance no ciclo de compressão 15 PSI. Continuar girando a hélice lentamente na direção de rotação até que o pistão atinja o ponto morto alto. O ponto morto alto pode ser detectado pela diminuição da força requerida para mover a hélice. Se o motor for girado além do ponto morto alto, as 15 a 20 PSI tenderão a mover a hélice na direção de rotação. Se isto ocorrer, retornar a hélice pelo menos uma pá, antes de girar a hélice novamente na direção de rotação. Este retorno é necessário para eliminar o efeito de contra-rotação no mecanismo de operação da válvula, e para manter os anéis dos pistões alojados na sede.
- (6) Fechar a válvula de corte no testador de compressão e checar a pressão regulada para observar se ela mantém em 80 PSI, com fluxo de ar para o cilindro. Se a pressão regulada for maior ou menor que 80 PSI, reajustar o regulador para 80 PSI. Quando fechar a válvula de corte, assegurar que a área de giro da hélice está livre de objetos. Isto porque a pressão de ar na câmara de combustão é suficiente para girar a hélice se o pistão não estiver no ponto morto alto.
- (7) Com a pressão regulada e ajustada para 80 PSI, se a leitura da pressão do cilindro indi-

cada no manômetro for inferior ao mínimo especificado para o motor que está sendo testado, mover a hélice na direção de rotação para assentar os anéis dos pistões nas ranhuras. Checar todos os cilindros, e anotar os valores.

Se uma baixa compressão for obtida em qualquer cilindro, girar o motor com o motor de partida em potência de decolagem, e checar novamente se o cilindro, ou cilindros que tenham apresentado problema.

Se a baixa pressão não for corrigida, remove-se a tampa do cabeçote, checando a folga das válvulas para determinar se a dificuldade é causada por uma folga de válvula inadequada.

Se a baixa compressão não é causada pela folga inadequada da válvula, coloca-se uma barra de fibra sobre o balancim imediatamente sobre a haste da válvula, batendo na barra várias vezes com martelo de 1 a 2 lbs para desalojar qualquer material estranho entre a válvula e a sede da válvula. Após soltar a válvula desta maneira, gira-se o motor com o motor de arranque, checando a compressão.

Não se deve fazer uma checagem de compressão após a válvula ter sido solta, ao menos até que o eixo de manivelas tenha sido girado, ou com o motor de partida ou com a mão, a fim de permitir o reassentamento da válvula de maneira normal. Uma velocidade maior no assentamento, obtida quando soltar a válvula, indicará o assentamento das válvulas nas suas sedes mesmo estando ligeiramente ovaladas ou excêntricas.

Cilindros que tenham ficado com a compressão abaixo da mínima especificada, após o assentamento devem ser novamente examinados para determinar se o vazamento ocorre na válvula de exaustão, na válvula de admissão ou no pistão. O vazamento excessivo pode ser detectado: (1) na válvula de exaustão escutando-se o vazamento de ar na saída de exaustão; (2) na válvula de admissão pelo escapamento de ar na tomada de ar; e (3) nos anéis dos pistões pelo escapamento de ar nos suspiros do motor.

O teste de ventilação é outro método de detecção de vazamento nas válvulas de admissão e escape. Nesse teste, quando o pistão é movido para o ponto morto alto de compressão, a falha da válvula pode ser detectada escutando-se o som de respiração (ventilação) nas saídas de exaustão ou no duto de entrada de ar.

Outro método é com o ar comprimido admitido através do orifício da vela. O pistão deve ser retido no ponto morto alto de compressão durante esta operação. Um vazamento nas válvulas, ou nos anéis do pistão, pode ser detectado escutando-se as saídas de exaustão, duto de admissão ou suspiro do motor.

Em seguida à ventilação da válvula (*Blow-by*), a causa mais frequente de vazamento de compressão é o vazamento excessivo através do pistão. Este vazamento pode ocorrer devido a falta de óleo. Para examinar esta possibilidade, o óleo deve ser esguichado dentro do cilindro e ao redor do pistão. Se este procedimento elevar a compressão a um mínimo requerido, ou acima, dá-se continuação ao serviço do cilindro. Se a pressão ainda não atingir o mínimo requerido, ele é substituído por outro.

Quando for necessário substituir um cilindro, devido ao resultado de baixa compressão, anota-se o número do cilindro e o valor da compressão do novo cilindro instalado na ficha de teste de compressão.

Substituição do cilindro

Cilindros de motores alternativos são projetados para operar um tempo especificado antes que o uso normal requeira sua revisão. Se o motor for operado como recomendado, e a manutenção preventiva for executada, os cilindros normalmente resistirão até que o motor seja removido por limite de horas.

É de conhecimento, por experiência, que os materiais falham e que os motores são castigados por operações incorretas; isto tem uma série de efeitos sobre a vida dos cilindros.

Outra razão para a troca prematura do cilindro é a manutenção deficiente. Portanto, cuidado especial deve ser observado para assegurar que todos os corretos procedimentos de manutenção sejam realizados quando trabalhando com o motor.

Algumas das razões para a substituição dos cilindros são:

- (1) Baixa compressão.
- (2) Alto consumo de óleo em um ou mais cilindros.
- (3) Excessiva folga na guia da válvula.
- (4) Flanges do duto de admissão soltos.
- (5) Sedes de válvula com defeito ou soltas.
- (6) Danificação externa como rachaduras.

Quando condições como estas são limitadas a um ou poucos cilindros, a substituição destes, sendo defeituosos, retornará o motor a sua condição de serviço.

O número de cilindros que podem ser substituídos economicamente em motores refrigerados a ar, depende do número deles a serem substituídos. A experiência tem indicado que, em geral, 1/4 ou 1/3 dos cilindros de um motor podem ser substituídos economicamente. Consideram-se estes fatores quando uma decisão tiver que ser tomada:

- (1) Tempo do motor.
- (2) Prioridade estabelecida para retornar o avião para serviço.
- (3) Disponibilidade de cilindros reserva e motores reserva.
- (4) Se QECA (conjuntos de troca rápida de motor) estão sendo usados.
- (5) O número de pessoas disponíveis para a troca.

O cilindro é sempre substituído por um conjunto completo que inclui: pistão, anéis, válvulas, e molas de válvulas. O cilindro é obtido pela numeração do conjunto do cilindro pelo P/N, especificado no catálogo de partes do motor.

Exceto certas condições, não se tenta substituir partes individuais como pistões ou válvulas. Esta precaução garante que folgas ou tolerâncias sejam corretas. Outras partes, como molas de válvulas, balancins, tampa do cabeçote podem ser substituídas individualmente.

Normalmente todos os cilindros de um motor são similares; deste modo, todos são tamanho padrão ou todos são trabalhados para as mesmas dimensões, e são de aço ou cromados. Em alguns casos, devido ao curto espaço de tempo de revisão, pode ser necessário que motores tenham dois tamanhos diferentes de cilindros.

Substitui-se um cilindro por outro de mesmo tamanho se possível.

Se um cilindro idêntico não estiver disponível, é possível instalar outro cilindro padrão ou sob medida, desde que não afete negativamente a operação do motor.

O tamanho do cilindro é indicado por um código de cor ao redor do corpo (Figura 10-47), entre o flange de fixação e a aleta de refrigeração da parte inferior.

Em alguns casos, motores refrigerados a ar são equipados com cilindros cromados, que são usualmente identificados por uma banda pintada ao redor do corpo entre o flange de fixação e a aleta de refrigeração da parte inferior.

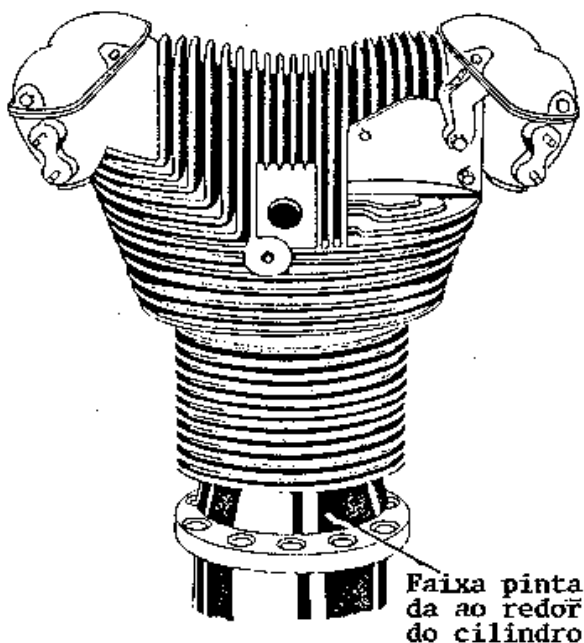


Figura 10-47 Identificação da medida do cilindro.

Esta banda colorida é identificada internacionalmente pela cor laranja.

Quando se instala um cilindro cromado não se usa anéis cromados; conjuntos combinados incluirão, naturalmente, anéis corretos. Entretanto, se um anel for quebrado durante a instalação do cilindro examina-se a marcação do cilindro para determinar qual o anel, cromado ou não, e o correto para a substituição. Precauções similares devem ser tomadas para assegurar que anéis de tamanhos corretos sejam instalados.

Cuidados e procedimentos corretos são importantes quando se trata da substituição dos cilindros. Trabalho negligente, ou uso de ferramentas incorretas podem prejudicar a substituição do cilindro ou suas partes. Procedimentos incorretos na instalação de cabeçotes podem resultar em algum vazamento de óleo. Torques impróprios de porcas ou parafusos de fixação do cilindro podem facilmente resultar em um mau funcionamento do cilindro, e subsequente falha do motor.

A discussão da substituição de cilindros neste manual está limitada a instalação e remoção de cilindros de motor refrigerados a ar. A discussão está centrada em motores opostos e

radiais, uma vez que estes são os motores de avião nos quais a substituição de cilindro ocorre com mais frequência.

Visto que estas instruções são insuficientes para cobrir todos os motores refrigerados a ar, elas têm o caráter de informações gerais. O manual de manutenção do fabricante deve ser consultado para valores de torque e precauções especiais, aplicadas a um motor ou avião em particular.

Contudo, práticas de limpeza e asseio, e proteção das aberturas, devem ser tomadas, de modo que porcas, arruelas, ferramentas e itens diversos não entrem nas seções internas do motor.

REMOÇÃO DO CILINDRO

Assumindo-se que todas as coberturas e suportes tenham sido removidos, primeiro remove-se o tubo de admissão e os tubos e exaustão; tampando as aberturas na seção difusora. Os defletores dos cilindros, e qualquer suporte de fixação que possa obstruir a remoção do cilindro são removidos. Solta-se as velas e os cabos de vela. Não se remove as velas até que o cilindro seja removido.

Os cabeçotes devem ser removidos depois das porcas, e então, bate-se suavemente a cobertura com martelo de couro cru ou de plástico. Nunca a cobertura é removida com uma chave de fenda ou ferramenta similar.

As porcas das hastes ou braçadeiras superiores e inferiores devem ser soltas. As hastes são removidas pela depressão dos balancins ou uma ferramenta especial ou pela remoção dos balancins. Antes de remover as hastes, gira-se o eixo de manivelas até que o pistão esteja no ponto morto alto de compressão. Isto alivia a pressão sobre ambos os balancins de admissão e descarga, além de ser uma maneira de deixar o ajuste das porcas para mais tarde, pois permite uma folga máxima para a remoção da haste quando os balancins são aliviados.

Em alguns modelos de motores, os tuuchos e as molas dos cilindros inferiores podem cair. Cuidados devem ser tomados para pegá-los quando as hastes e alojamentos são removidos.

Após a remoção das hastes, elas devem ser examinadas quanto à existência de marcas, de modo que elas possam ser recolocadas nas mesmas posições das quais foram removidas. As juntas universais são normalmente usadas para fixar o encaixe na qual elas operavam.

Ademais, algumas hastes de motores não são do mesmo comprimento.

Um bom procedimento é marcar as hastes próximo das extremidades das válvulas: "nº 1 in" "nº 1 ex", "nº2 in" "nº2 ex", etc Em motores com injeção de combustível, desconecta-se a linha de injeção, removendo o injetor de combustível e qualquer braçadeira de linha que interfira com a remoção do cilindro.

Se o cilindro que está sendo removido for um cilindro de biela mestra, precauções especiais em adição as precauções para remoção de cilindros regulares, devem ser tomadas. Informações que designem qual o cilindro que tenha biela mestra estão incluídas na placa de dados do motor.

Arranjos devem ser feitos para manter a biela mestra na posição intermediária do orifício do cárter do cilindro (após o cilindro ter sido removido). Gabaritos ou guias são normalmente fornecidas pelo fabricante para esta finalidade.

Sob nenhuma circunstância deve a biela mestra ser movida lateralmente, ela deve ser mantida centrada até que o guia esteja no local. Não se deve girar o eixo de manivelas enquanto o cilindro da biela mestra é removido, e outros cilindros permanecem no motor.

Estas precauções são necessárias para evitar que os anéis inferiores de algum dos outros pistões saiam dos cilindros, expandindo e danificando os anéis e bordas dos pistões. Se vários cilindros estão sendo removidos, e um deles for o cilindro da biela mestra, ele deverá ser sempre o último a ser removido e o primeiro a ser instalado.

O próximo passo na remoção do cilindro é cortar os arames de freio ou remover os contra-pinos; e remover os dispositivos de bloqueio dos parafusos ou porcas de fixação do cilindro. Remove-se todos os parafusos ou porcas, exceto dois a 180° um do outro. Usa-se a ferramenta especificada para esta finalidade na seção de ferramentas especiais do motor apropriado.

Finalmente, enquanto suportando o cilindro, os dois parafusos ou porcas remanescentes devem ser removidos e, suavemente, o cilindro do cárter deve ser puxado. Duas pessoas podem trabalhar juntas durante esta etapa, assim como durante os procedimentos remanescentes de substituição dos cilindros. Após a borda do cilindro estar fora do cárter, e antes de impulsionar o pistão da borda, providencia-se algum meio (um pano) para evitar que pedaços de anéis quebrados penetrem no cárter.

Após o pistão ter sido removido, os panos também devem ser e, cuidadosamente, checa-se quanto a pedaços de anéis de pistão. Para se ter a certeza de que nenhum pedaço de anel entre no cárter, coleta-se todos os pedaços para ver se eles formam um anel completo.

Coloca-se um suporte na montagem de apoio do cilindro, segurando com dois parafusos, ou porcas; então, remove-se o pistão e o conjunto de anéis da biela.

Quando o verniz tornar difícil remover o pino, um toca-pinos ou uma ferramenta extratora podem ser usados. Se uma ferramenta especial não estiver disponível, e um punção for usado para remover o pino do pistão, a biela deve ser empurrada. Se isto não for feito, a biela poderá ser danificada.

Após a remoção do cilindro e do pistão, a biela deverá ser apoiada para evitar danos na haste e no cárter. Isto pode ser feito apoiando cada biela com o anel de vedação da base laçando a biela com os prisioneiros da base do cilindro. Usando uma escova de aço, limpa-se os parafusos ou prisioneiros examinando-os quanto a rachaduras, danos na rosca ou qualquer outro dano visível. Se um parafuso for encontrado frouxo ou quebrado em qualquer momento da remoção do cilindro, todos os parafusos da devem ser substituídos, uma vez que os remanescentes podem ter sido seriamente comprometidos.

Uma falha no parafuso de fixação do cilindro levará os parafusos adjacentes a uma pressão de operação muito grande e eles estarão provavelmente fatigados além do seu limite elástico. A instrução dos fabricantes de motores deve ser seguida para o número de parafusos que devem ser substituídos após uma falha de parafuso de fixação.

Ao remover um parafuso quebrado, toma-se as precauções apropriadas para evitar que limalhas entrem na seção de força do motor.

Em todos os casos, ambas as faces das arruelas e faces de assentamento de porcas e parafusos, ou parafusos ou prisioneiros, devem ser limpos e toda a aspereza ou rebarba removida.

INSTALAÇÃO DO CILINDRO

Todo o acúmulo de óleo do cilindro e do conjunto do pistão deve ser removidos com solvente, e completamente seco com ar comprimido.

Instala-se o pistão e o conjunto de anéis na biela; certificando que o pistão está alinhado na direção correta.

O número do pistão estampado no fundo deve ficar com a face virada para a frente do motor.

O pino do pistão deve ser lubrificado antes de ser inserido e deverá encaixar com um empurrão adequado. Se um punção tiver que ser usado, segue-se as mesmas precauções que foram usadas durante a remoção do pino.

O exterior do pistão é lubrificado generosamente, forçando óleo ao redor dos anéis do pistão, no espaço entre os anéis e as estrias. Defasar os espaços dos anéis ao redor do pistão, verifica-se se os anéis estão nas estrias corretas e se eles estão posicionados corretamente, porque alguns são usados como raspador de óleo e outros como anéis bombeadores. O número, tipo e arranjo dos anéis de compressão e controle de óleo variam de acordo com o fabricante e modelo do motor.

Se for necessário substituir os anéis de um ou mais pistões, checa-se a folga lateral de acordo com as especificações do fabricante, usando um calibre. O espaço entre as extremidades do anel deve ser checado.

O método de checagem das folgas lateral e da extremidade do anel é mostrado na figura 10-48. Se o calibre mostrado não estiver disponível, um pistão (sem anéis) pode ser inserido no cilindro e o anel inserido na cavidade do cilindro. Insere-se o anel na borda do cilindro abaixo do flange de montagem, visto que isto é usualmente o menor diâmetro da cavidade, puxando o pistão contra o anel para alinhá-lo adequadamente na cavidade.

Se for necessário, remove-se o material para obter a folga lateral correta, isto pode ser feito girando as estrias do pistão ligeiramente sobre cada lado, ou polindo o anel sobre a superfície de uma placa.

Se a folga da extremidade for muito pequena, o excesso de metal pode ser removido apertando-se uma fresa rotativa em uma morça, prendendo o anel no alinhamento adequado, e removendo o excesso das extremidades. Em todos os casos, os procedimentos do fabricante do motor devem ser seguidos.

Antes de se instalar o cilindro, checa-se o flange para ver se as superfícies estão lisas e limpas. Cobre-se o interior do corpo do cilindro generosamente com óleo, assegurando que o anel de vedação de óleo do cilindro esteja no

lugar, e que somente um anel de vedação seja usado.

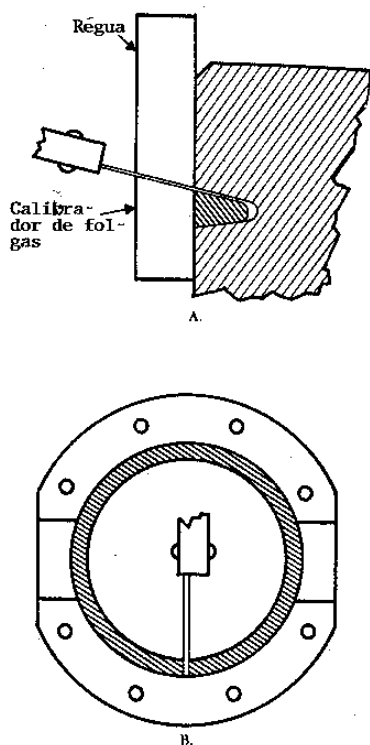


Figura 10-48 A - Medição da folga lateral do anel de segmento;
B - Medição da folga na emenda do anel.

Usando um compressor de anéis, comprima-os a um diâmetro igual ao do pistão. Leve-se o conjunto do cilindro para baixo sobre o pistão, assegurando-se de que o plano do cilindro e o do pistão permanecem os mesmos. Coloque-se o cilindro sobre o pistão com movimento reto e plano, o que moverá o compressor de anéis quando estes encaixarem na ranhura. Não se balance o cilindro enquanto o pistão estiver sendo encaixado, uma vez que qualquer balanço é capaz de soltar um anel do pistão ou uma parte de um anel do compressor, antes que os anéis entrem na cavidade do cilindro. Um anel aliviado desta maneira será expandido, e evitará que o pistão entre no cilindro. Qualquer tentativa de forçar o cilindro sobre o pistão pode causar rachaduras ou arranhões do anel ou danificar os anéis.

Após o cilindro ter sido encaixado sobre o pistão, de modo que todos os anéis estejam na cavidade do cilindro, remove-se o compressor de anel e a biela guia. Então, desliza-se o cilindro para o local sobre a base de montagem. Se parafusos forem usados, gira-se o cilindro para alinhar os furos. Enquanto o cilindro ainda está

sendo apoiado, 2 parafusos ou porcas defasadas de 180°, são instalados.

Se o cilindro estiver preso ao cárter por arruelas cônicas, parafusos e porcas, ele deve ser posicionado sobre a seção do cárter por dois parafusos ou porcas especiais.

Esses parafusos ou porcas não permanecem no motor, eles são removidos e substituídos por parafusos ou porcas regulares e arruelas cônicas, após terem sido úteis, e outros parafusos ou porcas tenham sido instalados e apertados com o torque prescrito.

Instalam-se os parafusos com porcas remanescentes com suas arruelas cônicas, apertando-os até que fiquem assentados.

O lado cônico de cada arruela deve ficar voltado para o flange de montagem do cilindro. Antes de se inserir os parafusos, eles devem ser cobertos com um bom selante para evitar um vazamento de óleo.

Os parafusos e porcas de fixação devem agora ser torquados para o valor especificado na tabela de valores de torque, do manual de revisão ou serviço do fabricante do motor. Uma sequência específica e definida de torque para fixação de todos os cilindros deve ser seguida. Uma regra geral é apertar primeiro os dois parafusos, ou porcas defasadas de 180°; depois apertar dois alternados a 90° dos dois primeiros.

Se parafusos e porcas localizadoras estão sendo usados, eles devem ser torquados primeiro. O aperto dos parafusos ou porcas remanescentes devem ser alternados em 180° durante o torque do restante dos parafusos do cilindro.

Aplica-se o torque com movimento suave e lento, até que o valor descrito seja atingido. A tensão sobre a ferramenta deve ser mantida por tempo suficiente, para assegurar que o parafuso ou a porca não ficarão mais apertados que o valor de torque prescrito.

Em muitos casos, um giro adicional de 1/4 de volta deve ser feito para manter o torque prescrito por um curto período de tempo. Após apertar os parafusos e porcas regulares, remove-se os dois parafusos e porcas localizadores, instalando parafusos e porcas regulares, apertando-os até o valor de torque prescrito.

Após os parafusos terem sido torquados no valor prescrito, devem ser frenados, da maneira recomendada pelo manual de serviço do fabricante do motor.

As hastes de depressão, seus alojamentos, balancins, defletores, dutos de admissão, grampos e braçadeiras dos cabos de ignição,

grampos das linhas de injeção de combustível, injetor de combustível, dutos de exaustão, defletores da cabeça do cilindro e velas, são reinstalados.

As hastes de depressão devem ser instaladas em suas posições originais, e não devem ser invertidas. A bola da haste de depressão deve estar assentada adequadamente no ressalto, pois ela está apoiada na margem, ou no rebaixo do ressalto.

Além disto, a rotação do eixo de manivelas com a haste de depressão assentada na margem do ressalto pode entortar a haste. Após a instalação das hastes e balancins, ajusta-se a folga da válvula.

Antes de se instalar os cabeçotes, os mancais dos balancins e as hastes das válvulas devem ser lubrificados. Checa-se os cabeçotes quanto a planicidade, retrabalhando, se necessário.

Após a instalação das gaxetas e coberturas, aperta-se as porcas dos cabeçotes com o torque especificado. Frena-se as porcas e parafusos e outros fixadores que requeiram frenagem. Seguir os procedimentos de frenagens recomendados.

VÁLVULA E MECANISMO DA VÁLVULA

As válvulas abrem e fecham as aberturas no cabeçote do cilindro, para controlar a entrada da mistura de combustível, e a saída dos gases de exaustão.

É importante elas abrirem e fecharem adequadamente, e assentarem contra as sedes das aberturas para assegurar o máximo de potência da queima da mistura ar/combustível para o eixo de manivela, e para evitar a queima da válvula. O movimento das válvulas é controlado pelo mecanismo de operação.

O mecanismo de válvula inclui discos ou eixos cames, rolete de came, haste de depressão, balancins, molas de válvulas e retentores. Todas as partes de um mecanismo de válvula devem estar em boas condições e a folga da válvula estar correta para que as válvulas operem adequadamente.

A checagem e o ajuste da folga das válvulas é a fase mais importante da inspeção da válvula, e certamente a mais difícil. Deste modo, a inspeção visual não deve ser desprezada, deve incluir uma checagem para os itens principais, como segue:

- (1) Partículas metálicas junto aos balancins são indicação de uso excessivo ou falha parcial do mecanismo da válvula. – Localizar e substituir as partes defeituosas.
- (2) Excessiva folga lateral ou atrito lateral do balancim. – Substituir os balancins defeituosos. Adicionar calços, quando permitido para corrigir a folga lateral excessiva.
- (3) Folga insuficiente entre o balancim e o retentor da mola da válvula. Seguir o procedimento definido no manual de serviço do motor para checar esta folga, e aumentá-la para o mínimo especificado.
- (4) Substituir quaisquer partes danificadas, tais como rachaduras ou partes quebradas em balancins, retentores de molas ou molas das válvulas avariadas.
Se a parte danificada não puder ser substituída no local, substituir o cilindro.
- (1) Folga excessiva da haste da válvula. Um certo ângulo entre a haste e a guia da válvula é normal. – Substituir o cilindro somente em casos graves.
- (6) Evidência de lubrificação incorreta. Secura excessiva indica lubrificação insuficiente. Entretanto a lubrificação varia entre motores e entre cilindros de um mesmo modelo de motor. Por exemplo, as caixas dos balancins superiores de motores radiais normalmente trabalharão mais secas do que as inferiores. Estes fatores devem ser considerados se uma ampla lubrificação está, ou não, sendo obtida. Sempre que uma lubrificação imprópria for indicada, determinar a causa e corrigir. Por exemplo, um balancim seco pode ser causado por uma passagem obstruída na haste de depressão. Excessiva quantidade de óleo pode ser causada por drenos obstruídos entre o alojamento (caixa) dos balancins e o cárter. Se os drenos das hastes de depressão começarem a entupir, o óleo forçado para os balancins e outras partes do mecanismo da válvula não poderá retornar ao cárter. Isto pode resultar em um vazamento de óleo no cabeçote, ou infiltração de óleo ao longo das hastes da válvula para dentro do cilindro ou sistema de exaustão, causando um consumo excessivo.

sivo de óleo no cilindro afetado e fumaça na exaustão.

- (7) Excesso de borra no alojamento dos balancins. Isto indica uma temperatura excessiva no alojamento e, pode ser causada por posicionamento inadequado da carenagem, ou dos anteparos térmicos de exaustão ou defletoras. Após a correção da causa da dificuldade, pulverizar o interior do alojamento dos balancins com solvente limpo e livre de umidade, ventilar com ar comprimido seco, e então, cobrir o mecanismo da válvula e o interior do alojamento dos balancins com óleo limpo de motor.
- (8) Variação na folga da válvula não explicada pelo uso normal. – Se há folga excessiva na válvula, checar se as hastes de depressão não estão emperradas. Substituir as que estão com defeito. Checar também as válvulas presas. Se a haste de depressão estiver reta e a válvula abrir e fechar quando a hélice for acionada com a mão, checar o aperto dos parafusos de ajustes para determinar se a folga foi ajustada incorretamente.

Após o ajuste de folga de cada válvula, aperta-se a porca ou o parafuso de bloqueio com o torque especificado no manual de manutenção. Após completar todos os ajustes das folgas, e antes de instalar os cabeçotes, uma checagem deve ser feita em todas as porcas ou parafusos de bloqueio, quanto ao aperto com um torquímetro.

Cabeçotes empenados são causas comuns de vazamento de óleo, por isto eles devem ser checados quanto a planicidade em cada inspeção de válvula.

Qualquer cabeçote empenado deve ser lapidado sobre uma lixa colocada sobre uma superfície plana. O empenamento do cabeçote frequentemente é causado por apertos impróprios nas porcas de fixação. Elimina-se qualquer empenamento, apertando as porcas para os valores especificados no manual de serviços do fabricante.

Folga de válvula

A quantidade de potência que pode ser produzida por um cilindro depende primeiro da quantidade de calor que pode ser produzido neste cilindro sem efeitos destrutivos sobre seus componentes.

Qualquer condição que limita a quantidade de calor no cilindro também limita a quantidade de potência que este cilindro possa produzir.

O fabricante ao determinar o tempo de abertura das válvulas, e estabelecer o máximo de potência que o motor operará, considera a quantidade de calor na qual os componentes do cilindro, tais como velas e válvulas podem operar eficientemente. O nível de calor da válvula de escape deve ser inferior aquele no qual ocorrerá corrosão ou empenamento da válvula. A cabeça da válvula de escape está exposta ao calor de combustão durante todo o tempo do período da combustão. Em adição, a cabeça desta válvula e uma parte da haste, é exposta ao calor dos gases de exaustão.

Sob operação normal, a válvula de exaustão permanece abaixo de um nível crítico de calor, devido a seu contato com a sede da válvula quando fechada, e devido a dissipação de calor através da haste. Qualquer condição que evite que a válvula assente adequadamente e pelo período de tempo requerido irá expor a válvula a limites críticos de calor durante os períodos de alta potência. No caso de pouco contato da válvula com a sede, a válvula de exaustão poderá empenar durante os períodos de baixa potência.

Normalmente, a válvula de exaustão fica fechada e em contato com sua sede aproximadamente 65% do tempo durante o ciclo de 4 tempos. Se o ajuste da válvula está correto, e se a válvula assenta firmemente quando fechada, uma quantidade de calor é transferido da válvula através da sede para o cabeçote do cilindro.

Para que uma válvula assente adequadamente, ela deve estar em boas condições, sem uma significativa pressão exercida contra a extremidade da válvula pelo balancim.

Na expansão das partes do motor, incluindo o conjunto da válvula, o problema de assegurar o assentamento da válvula deve ser de fácil solução. Praticamente nenhum espaço livre é necessário no sistema da válvula. Entretanto, se houver uma grande diferença na quantidade de expansão das várias partes do motor, não há um meio para providenciar uma folga constante de operação no conjunto da válvula.

A folga no sistema de atuação da válvula é muito pequena quando o motor está frio, mas ela aumenta muito quando o motor está operando em sua temperatura normal. A diferença é causada pelas diferentes características de ex-

pansão dos vários metais, e pelas diferenças na temperatura das várias partes do motor.

Existem muitas razões para que a folga da válvula seja adequada, e é de importância vital para uma operação satisfatória do motor. Uma vez que todos os cilindros recebem sua mistura ar/combustível (ou ar) de um suprimento comum, a folga da válvula afetará a quantidade e a proporção (mistura mais ou menos rica) da mistura ar/combustível. Desta forma, é essencial que as folgas das válvulas sejam corretas e uniformes entre cada cilindro.

Em motores radiais, a folga da válvula diminui com a queda na temperatura, a folga insuficiente pode prender a válvula na posição aberta em temperaturas extremamente frias. Isto pode fazer com que a partida do motor em temperaturas frias fique difícil, senão impossível, devido a inabilidade do cilindro em puxar uma carga de combustível para dentro da câmara de combustão.

O ajuste preciso da válvula estabelece a pretensão da velocidade do assentamento da válvula. Se as folgas forem excessivas, a velocidade de assentamento é muito alta. O resultado é o batimento da válvula, e o dilatamento da haste levando à falha da válvula. Folga insuficiente dificulta a partida do motor e leva a válvula a trancar na posição aberta, causando a ventilação e subsequente falha da válvula quando sujeita a alta temperatura.

O fabricante do motor especifica o período de inspeção da válvula para cada motor. Em adição aos períodos regulares, inspeciona-se o mecanismo da válvula sempre que houver uma operação áspera do motor, retorno de chama, baixa compressão ou partida dura.

Devido a variação do projeto do motor, vários métodos são requeridos para ajustar as válvulas em obter as folgas corretas e consistentes. Em todos os casos, segue-se o procedimento exato prescrito pelo fabricante do motor, uma vez que fatores obscuros podem estar envolvidos.

Por exemplo, há considerável flutuação do came dos diversos motores radiais, e o procedimento de ajuste das válvulas nestes motores é desenvolvido para permitir o posicionamento correto e consistente do came.

Deste modo, na razão do movimento da válvula para movimentar a haste de depressão, que é de 2 por 1, cada mudança de 0,001 de polegada do came pode resultar em uma variação de 0,002 pol na folga da válvula.

Motores "Wright" incorporam válvulas lubrificadas sob pressão.

O óleo sob pressão passa através das hastes de pressão, e pelo centro do parafuso de ajuste de folga da válvula. Deste ponto, o óleo se distribui em 3 direções.

Para permitir uma lubrificação adequada, uma destas três passagens no parafuso de ajuste deve estar parcialmente aberta para lubrificar o mancal do balancim.

Ao mesmo tempo, nenhuma das outras duas passagens devem estar descobertas pela fenda no balancim. Determina-se a localização da passagem de óleo no parafuso de ajuste, colocando a marca estampada "zero" nas suas três posições (Figura 10-49).

Se houver somente dois círculos estampados, a terceira passagem de óleo fica entre as duas.

Após o trabalho final de ajuste da válvula, se algum alinhamento das três passagens de óleo estiver igual ou menor de $\frac{3}{32}$ " da margem mais próxima da fenda do balancim, gira-se o parafuso de ajuste na direção para aumentar ou diminuir a folga até que a marca de referência "zero" esteja $\frac{3}{32}$ " da margem mais próxima da fenda do balancim, ou até que o valor máximo ou mínimo da folga seja atingido.

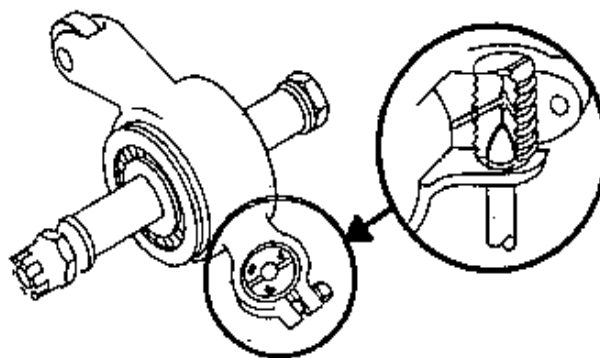


Figura 10-49 Alinhamento do parafuso de regulagem de válvula.

Motores PW também incorporam válvulas lubrificadas sob pressão. Nesses motores não há fenda nos balancins, mas o parafuso do ajuste de folga da válvula pode ser girado em qualquer direção de modo que a passagem de óleo para o parafuso do balancim fique bloqueada.

Instruções específicas para regulagem da folga de motores PW determinam qual quantidade de fios de rosca deve ficar acima do balancim. Por exemplo, em um módulo de motor pelo menos 2 fios de rosca, e não mais do que 5, de-

vem ficar a mostra, determinando que a haste de depressão está no comprimento correto. O comprimento da haste de pressão deve puxar uma das extremidades da bucha, e trocar a arruela por outra mais grossa ou mais fina. Se não houver arruela e a haste for muito longa, corrija-se pelo desgaste da extremidade da haste.

Examina-se o manual de revisão ou de serviço do fabricante do motor para o n/umero de fios de rosca máximo e mínimo, que devem ficar no motor em questão. Quando se ajusta a folga da válvula, o calibrador de folga de válvulas, ou calibre de dial especificado na seção "ferramentas" do manual de serviço do fabricante do motor, são sempre usados.

O calibre especificado é de espessura apropriada, e de formato tal que, a extremidade que está sendo usada para checar possa ser colocada em linha reta entre a válvula e o rolete do balancim. Quando um calibre padrão é usado sem curvatura para um ângulo adequado, uma folga falsa será estabelecida, desde que o calibre seja colocado entre a haste da válvula e o balancim ou o rolete do balancim.

Fazendo uma checagem com o calibre de lâminas, não se usa força excessiva para inserir o calibre entre a haste da válvula e o parafuso de ajuste, ou o rolete do balancim.

O calibre poderá entrar, quando forçado, embora a folga seja menor alguns milésimos de polegada do que a espessura do calibre.

Esta preocupação é particularmente importante em motores, onde o came é centrado durante o ajuste da folga da válvula, mesmo que forçando o calibre nestes motores possa levar o came a se deslocar com subsequente falsa leitura.

Quando um calibre de dial e suporte é especificado para montar o calibre no cabeçote, ele deve ser usado.

Um calibre de dial com um suporte pode ser usado para checar as folgas da válvula em qualquer motor. O arranjo do balancim deve ficar de modo tal, que o braço do calibre fique localizado sobre a linha de centro da haste da válvula.

Com o calibre de dial, a folga é a quantidade de movimento obtida, quando o balancim é girado da haste da válvula, até que a outra extremidade do balancim entre em contato com as hastes de pressão.

Uma vez que os procedimentos de ajuste da folga da válvula variam entre motores, um tratamento único não será suficiente. Deste mo-

do, os procedimentos para vários motores, ou grupo de motores, são tratados separadamente nos parágrafos seguintes.

Por isso, os procedimentos são descritos somente para fornecerem uma compreensão das operações envolvidas. Consulta-se as instruções do fabricante do motor para a folga a ser ajustada, o torque a ser aplicado aos parafusos de fixação e as porcas do cabeçote; e outros detalhes pertinentes.

O primeiro passo na checagem e na ajustagem das válvulas, é posicionar o pistão do cilindro nº 1 no ponto morto alto de compressão. Coloca-se o dedo polegar vedando o orifício da vela.

Gira-se a hélice com a mão, até que a pressão do cilindro contra o polegar seja sentida, indicando que o pistão atingiu o curso de compressão.

Insere-se um tubo de alumínio no orifício da vela, girando a hélice na direção de rotação até que o pistão atinja sua posição mais alta. Precauções apropriadas devem ser tomadas para assegurar o curso de compressão.

Após posicionar o pistão e o eixo de manivelas, as folgas de admissão e de escape são ajustadas no cilindro nº 1 aos valores prescritos.

Então, ajusta-se cada cilindro sucessivamente na ordem de fogo, de acordo com o posicionamento do eixo de manivelas para cada cilindro.

As folgas das válvulas são checadas e reajustadas novamente. Nesta segunda checagem, as passagens de óleo dos parafusos de ajuste nos motores, que incorporam válvulas lubrificadas sob pressão, são alinhadas.

Ajuste das válvulas dos motores R-2800

É estabelecida a posição do ponto morto alto do cilindro nº 11 no ciclo de escape. Para fazer isto, primeiro deve-se ter certeza que o pistão está no curso de compressão. Então, insere-se uma haste de alumínio no orifício da vela, girando a hélice no sentido de rotação até que o pistão tenha ido até o curso de expansão, e retornado ao topo do cilindro novamente.

Após ter sido verificada a posição do pistão no topo do cilindro, é estabelecida a verdadeira posição do pistão, girando a hélice primeiro em uma direção e depois noutra, até que a posição do tubo de alumínio indique que o pistão está no seu ponto mais alto dentro do cilin-

dro. Um indicador de ponto morto alto pode também ser usado para estabelecer a posição do pistão. A pressão na válvula de admissão no cilindro nº 7 e da válvula de escape do cilindro nº 15, devem ser aliviadas, usando-se uma ferramenta depressora de válvula. As válvulas devem ter sua pressão aliviada simultânea e vagarosamente.

Estas válvulas devem estar sem carga para remover a tensão da mola das posições laterais do came, e para permitir que o came deslize das válvulas para serem afastados, até que ele conecte o mancal do came. Isto localiza o came numa posição definida evitando com que o ca-

me mude sua posição introduzindo erro nas folgas.

Ajusta-se válvula de admissão do cilindro nº 1 e a válvula de escape do cilindro nº 3. Segue-se a tabela da figura 10-50 para ajustar as válvulas remanescentes.

Após completar a primeira checagem, e ajustar as folgas das válvulas, uma outra checagem é feita, reajustando qualquer folga que estiver fora daquela especificada no manual de serviço do fabricante do motor. Nesta segunda checagem, as precauções do capítulo para ajuste de válvula lubrificada sob pressão dos motores PW, são seguidas

..PISTÃO NO PONTO MORTO ALTO DE DESCARGA	VÁLVULAS SEM CARGA NOS CILINDROS		CHEQUE E AJUSTE DAS VÁLVULAS NOS CILINDROS	
Nº DO CILINDRO	ADMISSÃO	ESCAPE	ADMISSÃO	ESCAPE
11	7	15	1	3
4	18	8	12	14
15	11	1	5	7
8	4	12	16	18
1	15	5	9	11
12	8	16	2	4
5	1	9	13	15
16	12	2	6	8
9	5	13	17	1
2	16	6	10	12
13	9	17	3	5
6	2	10	14	16
17	13	3	7	9
10	6	14	18	2
3	17	7	11	13
14	10	18	4	6
7	3	11	15	17
18	14	4	8	10

Figura 10-50 Tabela de ajuste de folga de válvula para motor R-2800

Ajuste das válvulas dos motores R-1830

O ciclo de compressão do cilindro nº 1 deve ser estabelecido, prendendo o polegar sobre o orifício da vela, – para sentir a compressão do cilindro girando a hélice no sentido de rotação. Quando a pressão indicar que o pistão está no ciclo de compressão inserir um tubo de alumínio no orifício da vela e continuar a girar a hélice até que o pistão esteja no topo do seu curso. O eixo de manivelas, adequadamente posicionado, alivia a válvula de admissão do cilindro nº 9 e a de escape no cilindro nº 7. Esta operação alivia a pressão sobre as laterais do came, e permite que ele mude de posição em direção as válvulas. As válvulas a serem aliviadas da pressão, são abertas ao mesmo tempo;

mas as esferas das hastes de pressão não sairão da posição quando forem aliviadas as pressões das válvulas. Após terminada esta checagem inicial, é feita uma segunda checagem, reajustando qualquer folga fora dos limites especificados no manual de manutenção do fabricante do motor. Nesta segunda checagem, seguem-se as precauções especiais para ajuste de válvulas lubrificadas sob pressão dos motores PW.

Ajuste de válvulas dos motores O-300, O-335, O-405, O-425, VO-435 E O-470

Na checagem e ajustagem das folgas de válvulas, em qualquer destes motores, primeiro posiciona-se o pistão do cilindro nº 1 no ponto morto alto do ciclo de compressão.

Para se encontrar o ciclo correto, é tapado com o dedo polegar o orifício da vela, girando a hélice no sentido de rotação até que o aumento de pressão indique que o pistão está no ciclo de compressão. Então, um tubo de alumínio é inserido no orifício da vela, continuando a girar a hélice até que o pistão esteja no topo do seu curso.

Aciona-se a hélice para trás e para frente para auxiliar na correta posição do pistão. Após posicionar o pistão e o eixo de manivela, o óleo do conjunto dos tuchos hidráulicos é removido, aliviando a pressão dos balancins com a ferramenta especificada no manual de serviço do fabricante do motor. Aplica-se pressão suave-

mente, uma vez que, uma força excessiva, pode danificar o balancim ou a haste de depressão.

Quatro ou cinco segundos são necessários para remover o óleo dos tuchos hidráulicos. Se não for obtida nenhuma folga, remove-se o êmbolo do tucho, lavando e checando novamente a folga.

Nos motores em que o ajuste de válvulas não é possível, substitui-se as hastes de depressão por outras, maiores ou menores, conforme o recomendado pelas instruções específicas do motor. As válvulas dos cilindros seguintes são ajustadas pela ordem de fogo do motor. Após completar esta checagem inicial, faz-se uma outra checagem, reajustando as folgas que estiverem fora dos limites especificados

.PISTÃO NO PONTO MORTO DE COMPRESSÃO	VÁLVULAS SEM CARGA NOS CILINDROS		CHEQUE E AJUSTE DAS VÁLVULAS NOS CILINDROS
Nº DO CILINDRO	ADMISSÃO	ESCAPE	ADMISSÃO E ESCAPE
1		7	1
10	9	2	10
5	13	11	5
14	8	6	14
9	3	1	9
4	12	10	4
13	7	5	13
8	2	14	8
3	11	9	3
12	6	4	12
7	1	13	7
2	10	8	2
11	5	3	11
6	14	12	6

Figura 10-51 Tabela de ajuste de folga de válvulas do motor R-1830.

Substituição de mola de válvula

Uma mola de válvula quebrada raramente afeta a operação do motor e, normalmente, só pode ser detectada durante uma inspeção cuidadosa.

Uma vez que múltiplas molas são usadas, uma quebrada é difícil de ser detectada. Mas quando uma mola de válvula é descoberta, ela pode ser substituída sem a remoção do cilindro. Durante a remoção da mola, a preocupação mais importante é de não danificar os fios de roscas do orifício da vela. O procedimento completo para substituição da mola da válvula é como segue:

- (1) Remover uma vela do cilindro.
- (2) Girar a hélice no sentido de rotação até que o pistão atinja o topo do curso.
- (3) Remover o balancim.
- (4) Usando um compressor de mola de válvula, comprimir a mola e remover os retentores da válvula. Durante esta operação, pode ser necessário inserir uma peça de latão através do orifício da vela para diminuir o espaço entre a válvula e o topo da cabeça do pistão, para segurar a arruela de retenção da mola que estiver solta dos retentores.

O pistão, estando no topo da posição do ciclo de compressão, evita que a válvula corra para dentro do cilindro, uma vez que as arruelas de retenção da mola estão quebradas e soltas dos retentores na haste.

- (5) Remover a mola defeituosa, e quaisquer pedaços quebrados que estiverem no cabeçote.
- (6) Instalar uma mola nova e arruelas. Usando um compressor de mola de válvula, comprimir a mola, e se necessário afastar a válvula do pistão através da haste de latão, inserida através do orifício da vela.
- (7) Reinstalar os retentores e balancins. Fazer uma checagem e ajustar folga da válvula.
- (8) Reinstalar a tampa do cabeçote e a vela.

TESTE DE CILINDRO FRIO

A checagem do cilindro frio determina as características de operação de cada cilindro de um motor refrigerado a ar. A tendência de algum cilindro, ou cilindros, estarem ligeiramente frios ou mornos indica falta de combustão ou combustão incompleta dentro do cilindro. Isto deve ser corrigido para melhorar a eficiência do motor.

A checagem de cilindro frio é feita com o indicador de cilindro frio. As dificuldades do motor que podem ser analisadas pelo uso do indicador do cilindro frio (figura 10-52) são:

- (1) Operação irregular do motor.
- (2) Queda excessiva de r.p.m. durante a checagem do sistema de ignição.
- (3) Alta pressão no duto de distribuição para uma dada r.p.m. do motor durante a checagem de solo, quando a hélice está na posição de passo mínimo.
- (4) Falha das razões de mistura causada pela folga de válvula incorreta.

Na preparação para a checagem de cilindro frio, direciona-se o avião contra o vento para minimizar a refrigeração individual de um cilindro, e para assegurar uma carga da hélice uniforme durante a operação do motor. Abre-se os flapes de arrefecimento.

Não se fecha os flapes de arrefecimento sob nenhuma circunstância, porque o excesso de calor afetará as leituras obtidas, podendo danificar os cabos de ignição.

A partida é dada com a chave de ignição na posição "both" (ambos). Depois que o motor estiver operando, coloca-se a chave de ignição na posição em que seja obtida uma excessiva queda de r.p.m.

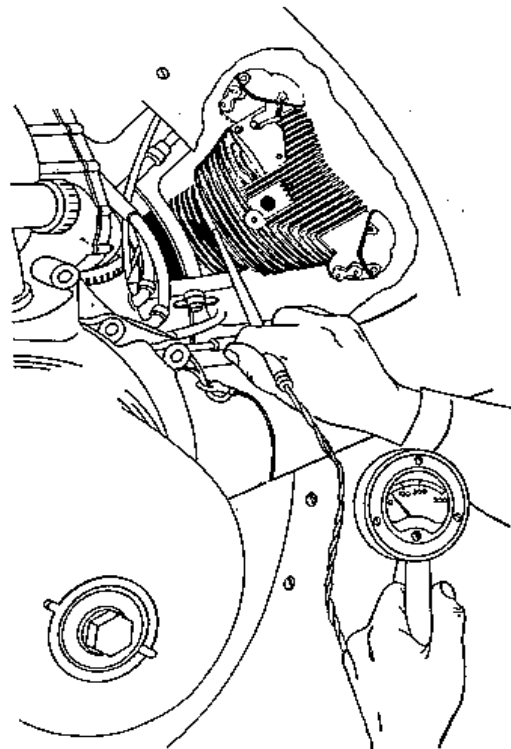


Figura 10-52 Usando um indicador de cilindro frio.

Quando esta queda de rpm for conseguida em ambas as posições, esquerda e direita, ou quando for obtida uma excessiva queda da pressão de admissão a uma dada r.p.m. do motor, faz-se a checagem duas vezes, uma na posição direita e outra na esquerda da chave.

Opera-se o motor na sua velocidade mais severa, entre 1.200 e 1.600 r.p.m., até que a temperatura da cabeça do cilindro alcance de 150° a 170 °C (302° a 338 °F), ou até que a temperatura estabilize em um valor menor. Se o funcionamento áspero do motor só for encontrado em uma velocidade maior, ou se houver uma indicação de que um cilindro cessou de operar em velocidade de marcha lenta, ou em alta velocidade, o motor é operado em cada uma dessas velocidades, a seguir, faz-se uma checagem de cilindro frio para determinar se os cilindros estão operando intermitentemente ou estejam mortos (nulos).

Quando for encontrado um motor com vibração ou com baixa potência em velocidades acima de 1.600 r.p.m., e operando com a chave de ignição na posição "*both*", opera-se o motor na velocidade onde os problemas foram encontrados, até que a temperatura da cabeça do cilindro suba entre 150° a 170 °C, ou que a temperatura tenha estabilizado a um valor inferior.

Quando a temperatura da cabeça do cilindro for atingida, aos valores prescritos no parágrafo anterior, o motor fica estagnado, entretanto deve-se mover o controle de mistura para "*CUT OFF*" (corte), ou para a posição toda pobre.

Quando o motor parar, as chaves "*MASTER*" e a ignição devem ser giradas para a posição "*OFF*". É importante anotar a temperatura da cabeça do cilindro no indicador da cabine de comando.

Assim que a hélice parar de girar, uma bancada de manutenção deve ser movida para frente do motor.

Conecta-se o grampo fixado no indicador de cilindro frio ao motor ou à hélice, para fornecer um aterramento aos instrumentos.

A ponta da haste de sensibilidade do indicador é pressionada contra cada cilindro; a temperatura relativa de cada cilindro não pode deixar de ser anotada.

Para obter valores de temperatura comparativos, um contato firme deve ser feito no mesmo ponto de cada cilindro.

Qualquer valor muito baixo deve ser checado novamente.

Também devem ser rechecados os dois cilindros que contêm a leitura mais alta, para determinar a velocidade de refrigeração durante o teste.

Comparando as leituras de temperatura pode-se determinar se os cilindros estão mortos ou operando intermitentemente.

As dificuldades que podem levar um cilindro a ficar inoperante (morto), com a chave do magneto nas posições esquerda ou direita são:

- (1) Velas defeituosas.
- (2) Folgas de válvulas incorretas.
- (3) Vazamento no selo de óleo do impulsor.
- (4) Vazamento nos dutos de admissão.
- (5) Perda de compressão.
- (6) Drenos dos alojamentos das hastes de pressão obstruídos.

- (7) Falha de operação do injetor de combustível (nos motores com injetores de combustível).

Antes de se substituir as velas, ou fazer um teste de ignição nos cilindros que não estiverem operando ou que estejam operando intermitentemente, checa-se o aterramento do magneto para determinar se a fiação está conectada corretamente.

Repete-se o teste do cilindro frio para as outras posições do magneto na chave de ignição se necessário.

A refrigeração do motor entre os testes é desnecessária.

O fluxo de ar criado pela hélice e o efeito de refrigeração da mistura ar/combustível que entra no cilindro serão suficientes para refrigerar qualquer cilindro que esteja funcionando em um teste, e não funcionando no próximo.

Na interpretação dos resultados de uma checagem de cilindro frio, deve ser lembrado que as temperaturas são relativas.

A tomada de um único cilindro é pouco significativo, entretanto, quando comparada com as temperaturas de outros cilindros de um mesmo motor, a tomada fornece informações para um diagnóstico confiável.

Os valores mostrados na figura 10-53 ilustram este ponto, pois a leitura do indicador de temperatura no cabeçote do cilindro, no momento do corte do motor, era de 160 °C em ambos os testes. Uma revisão desta leitura de temperatura revela que, no magneto direito, o cilindro nº 6 trabalhou frio, e os cilindros 8 e 9 trabalharam ainda mais frios.

Isto indica que o cilindro 6 está queimando intermitentemente e que os cilindros 8 e 9 estão mortos durante a operação do motor com as velas dianteiras (queima pelo magneto direito). Os cilindros 9 e 10 estão mortos durante a operação pelas velas traseiras (queima pelo magneto esquerdo). O cilindro 9 está completamente morto.

Uma checagem operacional pelo sistema de ignição não detectará este cilindro morto, uma vez que ele está inoperante nas posições da chave: ambos, esquerdo e direito.

Um cilindro morto pode ser detectado durante o aquecimento, uma vez que um motor com um cilindro morto requerirá uma pressão de admissão maior que a normal, para produzir qualquer r.p.m. abaixo da velocidade de corte do governador da hélice.

Um cilindro morto pode, também, ser detectado pela comparação entre a potência de entrada e de saída, com a ajuda de um torquímetro.

Nº DO CILINDRO	MAGNETO DIREITO	MAGNETO ESQUERDO
1	180	170
2	170	175
3	170	170
4	145	150
5	150	155
6	100	150
7	155	160
8	70	155
9	60	45
10	150	65
11	150	145
12	145	150
13	150	145
14	145	145

Figura 10-53 Leituras tomadas durante um cheque de cilindro frio.

Os defeitos no sistema de ignição que podem causar a falha completa de um cilindro são:

- (1) Ambas as velas inoperantes.
- (2) Ambos os cabos de aterramento vazando ou interrompidos.
- (3) Combinação de vela inoperante e defeito nos cabos de ignição.

Falhas nos injetores de combustível, folgas incorretas nas válvulas, e outros defeitos no sistema de ignição, também podem causar a falha completa dos cilindros.

Na interpretação dos dados obtidos em uma checagem de cilindro frio, a velocidade de refrigeração do motor durante a checagem deve ser considerada.

Para determinar a extensão na qual este fator deve ser considerado na avaliação dos resultados, alguns dos primeiros cilindros testados devem ser checados novamente, e comparados com os valores finais daqueles feitos no início da checagem.

Outro fator que deve ser considerado é a variação normal na temperatura entre os cilindros e entre as fileiras. A variação dos resultados esperados está em função do fluxo de ar que passa pelo cilindro.

MANUTENÇÃO DE MOTORES A TURBINA

Os procedimentos de manutenção de motores à turbina têm ampla variação de acordo com o projeto e construção do motor.

Os procedimentos detalhados, recomendados pelo fabricante do motor, devem ser seguidos quando forem realizadas as inspeções ou a manutenção.

As informações de manutenção apresentadas nesta seção não têm a intenção de especificar a maneira exata na qual as operações de manutenção devam ser realizadas, mas são incluídas para transmitir uma idéia geral dos procedimentos envolvidos. Na maior parte, o motor turbojato JT3 da *Pratt and Whitney* é usado na descrição dos procedimentos de manutenção para o compressor de fluxo axial e das palhetas da turbina.

Para os propósitos de inspeção, o motor a turbina é dividido em duas seções principais: a seção fria e a seção quente.

Seção do compressor

A manutenção do compressor, ou seção fria, é preocupação do mecânico de aviação. Danos nas palhetas podem causar a falha do motor e a possível perda de uma aeronave cara. A maior parte dos danos nas palhetas provém de material estranho, que é puxado pelas tomadas de ar da turbina.

A atmosfera próxima ao solo é cheia de pequenas partículas de sujeira, óleo, fuligem e outros materiais estranhos. Um grande volume de ar é introduzido no compressor, e a força centrífuga joga as partículas de sujeira para fora, de tal modo que elas se acumulam formando uma camada na carcaça, aletas e palhetas do compressor.

O acúmulo de sujeira nas palhetas do compressor reduz sua eficiência aerodinâmica, com a consequente deterioração no desempenho do motor. A aceleração insatisfatória e a alta temperatura dos gases de saída podem resultar em depósitos de material estranho nos componentes do compressor.

Um resultado extremo das partículas estranhas, se permitidas a acumularem em quantidade suficiente, seria a falha completa do motor. A condição pode ser remediada pela inspeção periódica, limpeza e reparo dos componentes do compressor. Este assunto é tratado de

forma genérica neste texto devido aos muitos modelos diferentes de motores turbojatos, em uso atualmente na aviação.

Inspeção e limpeza

Dano menor nas palhetas de compressor de motor de fluxo axial pode ser reparado se o dano puder ser removido sem exceder os limites permitidos, estabelecidos pelo fabricante. Limites típicos de reparo de palhetas de compressor são mostrados na figura 10-54.

Dano tipo moosa arredondada, nos bordos de ataque e de fuga, que é evidente no lado oposto da palheta, é usualmente aceitável sem retrabalhamento, desde que esteja somente na metade externa da palheta, e que a denteação não exceda os valores especificados nos manuais de serviço e revisão do fabricante do motor.

Quando trabalhando na metade interna da palheta, o dano deve ser tratado com extremo cuidado.

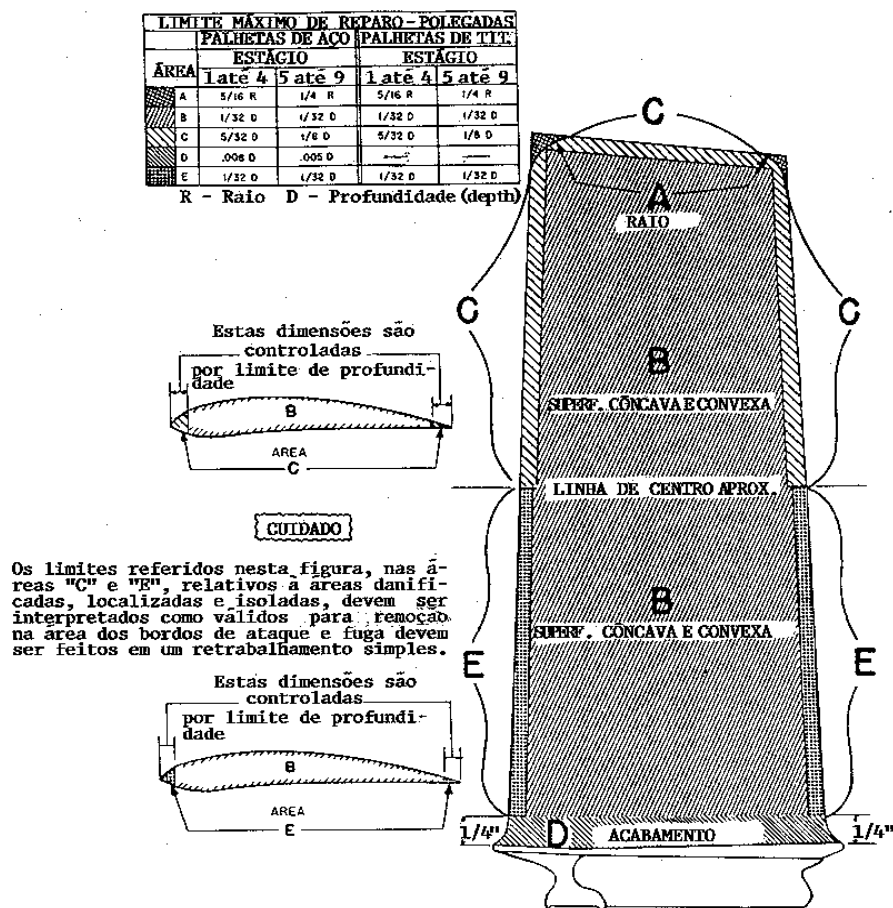


Figura 10-54 Limites típicos de reparo de palhetas de compressor.

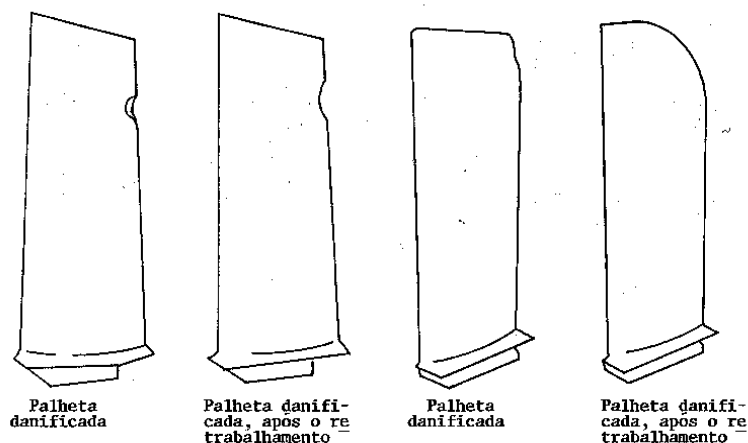


Figura 10-55 Reparo em palhetas do compressor.

Palhetas de compressor reparadas são inspecionadas, seja por métodos de partículas magnéticas, por líquido penetrante fluorescente, ou sendo inspecionadas por líquido penetrante colorido (*dye checked*), assegurando que todos os traços de dano tenham sido removidos. Todos os reparos devem ser bem acabados, de modo que as superfícies fiquem polidas (figura 10-55). Não são toleradas rachaduras de qualquer dimensão, em qualquer área.

Sempre que possível, a retífica e o retrabalhamento local da palheta são realizados paralelamente ao seu comprimento.

O retrabalho deve ser realizado à mão, usando pedras, limas, ou lixa. Não se usa ferramenta motorizada para polir toda a área da palheta.

O acabamento da superfície na área reparada deve ser comparável à de uma palheta nova.

Em motores de fluxo centrífugo, é difícil inspecionar os indutores do compressor sem primeiro remover a tela de entrada de ar.

Após a remoção da tela, limpa-se o indutor do compressor, inspecionando com uma luz forte.

Cada aleta é inspecionada quanto a rachaduras, girando lentamente o compressor. As rachaduras são procuradas nos bordos de ataque.

Uma rachadura é usualmente motivo para substituição do motor.

Os indutores do compressor são normalmente as partes que são danificadas pela ingestão de material estranho durante a operação do motor.

Os indutores de compressor são reparados, removendo-se com retífica e posterior acabamento, as mossas e amassões na “faixa crítica” (1 ½ a 2 ½ polegadas da borda externa), se a profundidade de tais mossas ou amassões não excederem as especificações nos manuais de instrução de serviço e revisão do fabricante do motor.

Para amassões requerendo reparo, remove-se o material por retífica além da profundidade do dano, removendo o encruamento do metal.

Um raio generoso deve ser aplicado nas bordas do acabamento. Após o acabamento da mossa, ela deve ser polida com uma lixa. Salpicos, mossas, ou corrosão encontrada nas laterais das aletas do indutor são similarmente removidas por acabamento (*blending*).

Causas de danos de palhetas

Objetos soltos entram em um motor acidentalmente ou por descuido. Itens como lápis, lenços e isqueiros são seguidamente puxados para dentro do motor.

Não se deve portar objetos nos bolsos das camisas quando se está trabalhando nas proximidades de motores a reação.

Um rotor de compressor pode ser danificado por ferramentas que são deixadas na entrada de ar, de onde são sugadas para dentro do motor nas partidas subseqüentes.

Uma solução simples do problema das ferramentas que são sugadas para dentro de um motor, é verificá-las contra uma lista das ferramentas que estão sendo utilizadas. Antes da partida ser dada em um motor a reação, uma inspeção minuciosa dos dutos de entrada do motor é feita para assegurar que itens como porcas, parafusos, arame de freio, ou ferramentas não tenham sido deixadas após a execução do trabalho.

A figura 10-56 mostra alguns exemplos de danos em palhetas de um motor de fluxo axial. As descrições e as causas possíveis de dano em palheta são dadas na tabela 11.

Pontos de corrosão não são considerados danos sérios nas aletas do compressor de motores de fluxo axial se estiverem dentro da tolerância permitida.

Não se tenta reparar qualquer aleta por processos de solda (*straightening, brazing, soldering*).

Lixas, limas finas e pedras de rebolo são usadas para fazer o acabamento do dano, removendo um mínimo de material, deixando um acabamento comparável ao de uma peça nova. O propósito deste acabamento é minimizar as tensões que se concentram nas mossas, arranhões ou rachaduras.

A inspeção e reparo das aletas fixas da entrada de ar, aletas de redemoinho e telas nos motores de fluxo centrífugo necessitam do uso de uma luz forte.

Inspecionam-se os conjuntos de tela quanto a quebras, rasgos ou buracos. As telas podem ser banhadas em estanho para reforçar a malha, desde que os fios não estejam finos demais pelo desgaste.

Pode ser necessário um processo de solda se a tira do quadro ou os fixadores, separaram-se do quadro da tela.

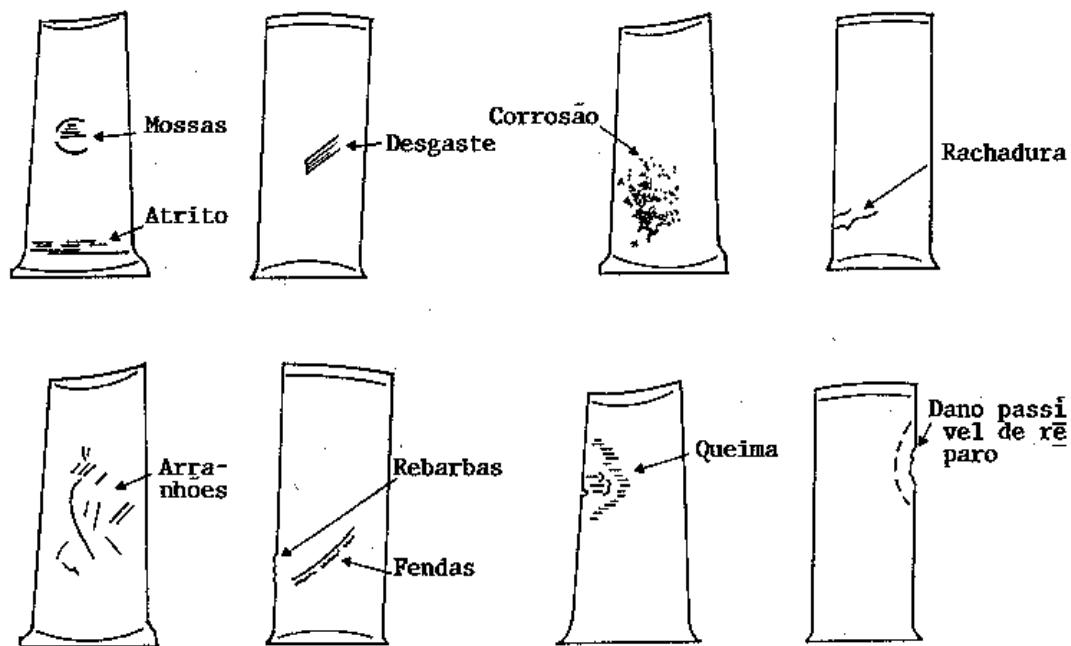


Figura 10-56 Danos em palhetas de compressor

Inspecionam-se as aletas fixas e as de redemoinho quanto a folgas. Assim como as bordas externas das aletas fixas, prestando atenção ao ponto de contato entre as aletas fixas e as de redemoinho quanto a rachaduras e amassões devido ao impacto de partículas estranhas.

Inspecionam-se, também, as bordas das aletas de redemoinho e a borda mais afastada das aletas fixas com acuidade, uma vez que as rachaduras são geralmente mais comuns nesta área. Rachaduras que se ramificam de tal modo que uma peça de metal possa quebrar e separar, e em consequência cair dentro do compressor, são causas de rejeição da aleta.

Acabamento e substituição

Devido à construção das aletas ocas de folha fina, é limitado o acabamento das superfícies

côncava e convexa, incluindo o bordo de ataque.

massões pequenos e de pouca profundidade são aceitáveis se o dano for do tipo ovalado ou de contorno gradual, e não do tipo pontiagudo ou do tipo em “V”, e também se não há rachadura ou rasgo do material da aleta evidente na área danificada.

O dano do bordo de fuga (figura 10-57) pode ser acabado, se um terço do fio de solda permanecer após o reparo.

As superfícies côncavas de aletas com enchimento de borracha podem ter rachaduras permissíveis, estendendo-se para dentro a partir do aerofólio externo, desde que não haja evidência de partes que possam se separar.

Com o uso de uma lanterna e um espelho, inspeciona-se o bordo de fuga e o corpo de cada aleta fixa, quanto a rachaduras ou danos causados por objetos estranhos.

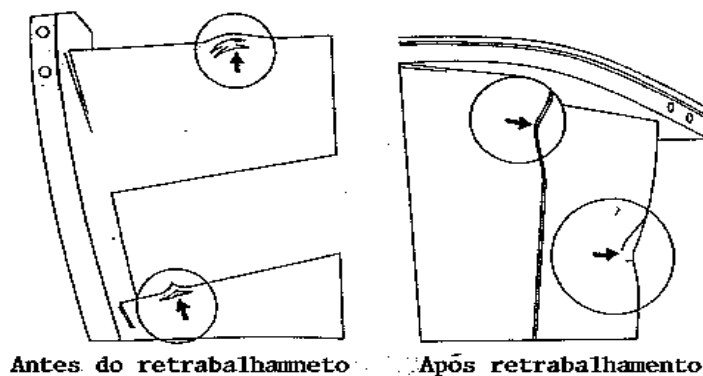


Figura 10-57 Danos em bordo de fuga de aleta guia

Tabela 11 - Termos de manutenção de palhetas

Termo	Aparência	Causas usuais
Acabamento (Blend)	Reparo polido de borda ou superfície desigual no contorno da área em volta.	
Empeno (Bow)	Palheta empenada.	Objetos estranhos.
Queima (Burning)	Dano às superfícies evidenciadas pela descoloração ou, em casos severos, por perda de material.	Calor excessivo.
Rebarbas (Burr)	Borda áspera.	Operação de corte ou afiação.
Rachaduras (Crack)	Uma fratura parcial (separação).	Tensão excessiva devido ao choque, a sobrecarga ou por processos falhos; materiais defeituosos; e sobreaquecimento.
Mossa (Dent)	Buraco pequeno e suavemente arredondado.	Impacto de uma peça por objeto não pontiagudo.
Atrimento (Gall)	Transferência de metal de uma superfície para outra.	Fricção severa.
Fendas (Gouging)	Deslocamento de material de uma superfície; um efeito de um corpo estranho.	Presença de objeto de corte ou rasgo, comparativamente grande entre as partes móveis.
Dilatação (Growth)	Alongamento da palheta.	Calor e força centrífuga continuada e/ou excessiva.
Corrosão (Pits)	Colapso da superfície, aparência de pontos.	Agentes corrosivos, umidade, etc.
Perfil (Profile)	Contorno de uma palheta ou superfície.	
Desgaste (Score)	Arranhões profundos	Presença de cavacos entre superfícies.
Arranhão (Scratch)	Marcas finas e resas	Partículas estranhas finas ou areia; manuseio descuidado.

SEÇÃO DE COMBUSTÃO

Um dos fatores de controle da vida útil do motor do motor a turbina é a inspeção e limpeza da seção quente.

A importância da inspeção e reparo cuidadoso desta seção não pode ser mais enfatizada. Uma das mais frequentes discrepâncias que serão detectadas na inspeção da seção quente de um motor a reação são rachaduras.

Essas rachaduras ocorrem de muitas formas, e a única forma de determinar se elas estão dentro de limites aceitáveis, é recorrer aos manuais de revisão e serviço aplicáveis do fabricante do motor.

A limpeza da seção quente não é usualmente necessária para um reparo de pista. Entretanto, se for necessária a desmontagem do motor, uma limpeza cuidadosa e correta é da maior importância para uma inspeção e reparo com sucesso.

As peças do motor podem ser desengraxadas pelo uso de agentes de limpeza tipo emulsão ou solventes clorados.

Os agentes de limpeza são seguros para todos os metais, uma vez que eles são neutros e não corrosivos.

A limpeza das partes, pelo método do solvente clorado, deixa as partes absolutamente secas; se elas não forem sujeitas a operações

subsequentes de limpeza, devem ser borrifadas com uma solução preventiva de corrosão.

A extensão da desmontagem é abrir a carcaça envolvente das câmaras de combustão para a inspeção da seção quente.

Entretanto, na execução desta desmontagem, numerosas peças estarão acessíveis para inspeção.

É importante apoiar adequadamente o motor e as partes que estão sendo removidas para que não sofram deformações.

O alinhamento das partes sendo removidas e instaladas é também da maior importância.

Depois da execução dos reparos, as instruções detalhadas de montagem do fabricante devem ser seguidas. Essas instruções são importantes na manutenção eficiente do motor, e a vida e o desempenho definitivo do motor podem ser seriamente afetados se elas forem desprezadas por descuido ou negligência.

Cuidado extremo deve ser tomado para evitar que sujeira, pó, arames de freio, porcas, arruelas, pinos ou outros objetos estranhos entrem no motor.

Se, em qualquer tempo, tais partes caírem, a montagem do motor deve cessar até que esta peça seja localizada, mesmo que isto requeira uma desmontagem considerável.

Materiais para identificação de partes da seção de combustão

Certos materiais podem ser usados para a marcação temporária das peças durante a montagem e desmontagem. Um lápis especial deve ser usado para identificar as peças que estão diretamente expostas no caminho dos gases do motor, tais como palhetas da turbina e discos, aletas da turbina e as câmaras de combustão.

Um lápis de cera pode ser usado para peças que não estão diretamente expostas no circuito dos gases. Não se usa lápis de cera numa superfície de câmara de combustão ou no rotor da turbina.

O uso de ligas de carbono ou lápis metálico não é recomendado, devido à possibilidade de causar ataque intragranular, o que pode resultar na redução da resistência do material.

Inspeção da seção de combustão

O que se segue são procedimentos gerais para realizar uma inspeção da seção quente (tur-

bina e seção de combustão) e não devem ser interpretados como normas que devam ser seguidas, quando executando reparos ou inspeções em motores a reação.

Entretanto, as diversas práticas são típicas daquelas usadas em muitos motores a reação.

Onde uma folga ou tolerância é mostrada, ela o é por motivos de ilustração somente.

As instruções contidas nos manuais de manutenção e revisão do fabricante devem ser seguidas sempre.

Toda a carcaça externa da câmara de combustão deve ser inspecionada quanto à existência ou evidência de pontos quentes (*hot-spots*), vazamentos dos gases de exaustão e distorções, antes que a carcaça seja aberta.

Depois que a carcaça tiver sido aberta, as câmaras de combustão podem ser inspecionadas quanto ao superaquecimento localizado, rachaduras, ou desgaste excessivo.

Inspeciona-se as palhetas do primeiro estágio da turbina e aletas fixas quanto a rachaduras, empenos, ou danos por objetos estranhos.

Inspeção e reparo das câmaras de combustão e coberturas

As câmaras de combustão e coberturas são inspecionadas quanto a rachaduras, usando o método de inspeção por líquido penetrante colorido ou pelo método do líquido penetrante fluorescente.

Qualquer rachadura, moessa ou amassão na cobertura é, usualmente, causa de rejeição da peça.

Inspecionam-se as tampas, notando particularmente a área em torno das cavidades de dreno de combustível quanto à corrosão, ou pontos de corrosão.

Inspeciona-se o interior das câmaras de combustão quanto a excesso de material de solda, expelido das costuras circunferenciais. Para se evitar danos futuros às palhetas da turbina, remove-se o material de solda, ou a escória que não esteja suficientemente fundida à base da câmara de combustão.

Quando reparando a camisa da câmara de combustão, os procedimentos dados no manual de revisão apropriado do fabricante do motor devem ser seguidos.

Se houver alguma dúvida quanto a camisa ser adequada ou não para uso, ela deve ser removida.

Padrões de aceitação para as camisas da câmara de combustão

A camisa da câmara de combustão é inspecionada para determinar a condição de uso das soldas, que se deterioraram com a operação do motor.

As limitações, de tal deterioração, são baseadas no requisito de que as câmaras de combustão devem prover uso satisfatório durante o período de operação entre as inspeções sucessivas das partes.

Certos tipos de rachaduras, por deterioração ou por queima resultantes das tensões térmicas, podem ser encontradas após períodos de operação. Entretanto, o avanço de tais discrepâncias com a operação subsequente é usualmente desprezível, uma vez que a deterioração produzida pelas tensões térmicas, de fato, alivia a condição de tensão original.

Usualmente, um determinado tipo de deterioração irá ocorrer de câmara em câmara em um dado motor.

Os manuais atualizados de serviço e de revisão do fabricante devem ser consultados quanto aos limites aceitáveis das rachaduras e danos.

Os parágrafos seguintes descrevem algumas discrepâncias típicas encontradas em câmaras de combustão.

A figura 10-58 mostra uma camisa de câmara de combustão com os componentes listados, para auxiliar na localização das discrepâncias.

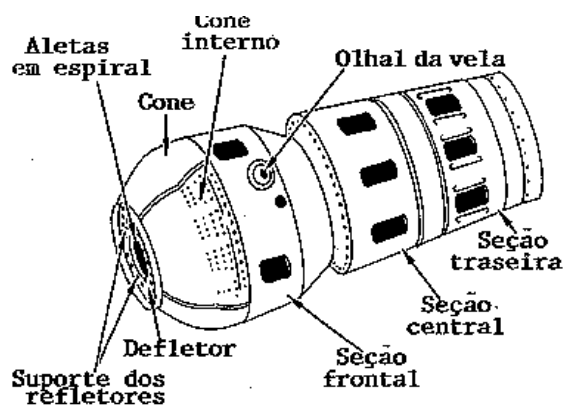


Figura 10-58 Nomenclatura da câmara de combustão.

Quando considerando a aceitação de uma camisa sob suspeita, o objetivo deve ser em evitar o rompimento de uma área não suportada de metal, tal como aquela que está situada na

bifurcação de uma rachadura ou entre duas rachaduras irradiando do mesmo furo. Rachaduras únicas são aceitáveis na maioria dos casos, desde que elas não resultem em perda de rigidez mecânica que pode levar a uma falha subsequente.

Rachaduras na câmara de combustão

As câmaras de combustão devem ser substituídas, ou reparadas, se duas rachaduras estão progredindo a partir de uma borda livre de tal modo que seu encontro é iminente, e pode levar uma peça de metal (que possa causar falha na turbina) a se soltar.

Rachaduras separadas no defletor são aceitáveis.

Rachaduras no defletor ligando mais do que dois furos devem ser reparadas.

Rachaduras no cone são raras, mas se surgirem em qualquer parte deste componente, são causas de rejeição da camisa.

Rachaduras nas aletas em espiral são motivos de rejeição da camisa. As aletas em espiral soltas podem ser reparadas por solda de prata.

Rachaduras na camisa dianteira emanadas dos furos de ar são aceitáveis, desde que não excedam os limites aceitáveis. Se tais rachaduras bifurcam ou se juntam com outras, a camisa deve ser reparada.

Se duas rachaduras originando do mesmo furo de ar são diametralmente opostas, a camisa é aceitável.

Rachaduras radiais que se estendem do interconector e do reforço da vela de ignição, são aceitáveis se não excederem os limites, e se não bifurcarem ou se juntarem com outras. Rachaduras circunferenciais em torno dos ressalto devem ser reparadas antes da reinstalação da camisa..

Após longo período de uso do motor, as superfícies externas da camisa da câmara de combustão seguidamente apresentam sinais de desgaste.

Isto é aceitável, desde que rachaduras resultantes ou perfurações do metal não estejam aparentes.

Qualquer cobertura ou câmara que caia sobre uma superfície dura ou manuseada inadequadamente, deve ser cuidadosamente inspecionada quanto a rachaduras diminutas, as quais podem alongar num período de tempo, e então abrir, criando uma situação de perigo.

Áreas queimadas ou empenadas

Partes podem ser encontradas em áreas localizadas que tenham sido aquecidas a um ponto de empenar pequenas porções da câmara.

Tais partes são consideradas aceitáveis se a queimadura da parte não tiver progredido a uma área soldada adjacente, ou a uma extensão, de modo a enfraquecer a estrutura de solda da camisa. Empenos da camisa da câmara de combustão podem ser corrigidos pelo desempenho da camisa.

O empenamento moderado e as rachaduras associadas são aceitáveis na fileira dos furos de resfriamento. Empenos mais severos que produzam um encurtamento acentuado, ou dobra da camisa é motivo de rejeição. Após o término dos reparos por solda, a camisa deve ser restaurada tão próximo quanto possível ao seu formato original. Isto pode ser realizado usando blocos de moldagem e martelos existentes na maioria das oficinas que trabalham com metais e soldas.

Bico injetor de combustível e conjuntos de suporte

Limpa-se todos os depósitos de carbono dos bicos injetores, lavando-os com um fluido de limpeza aprovado pelo fabricante do motor, e removendo os depósitos amolecidos com um pincel de cerdas macias ou um pequeno pedaço de madeira. É desejável haver ar filtrado passando através do bico injetor durante a operação de limpeza, para expulsar os depósitos quando se soltarem.

Devido às características de atomização (spray) do bico injetor poderem ser prejudicadas, não se deve tentar limpar com um implemento rígido, ou com um pincel de fios metálicos. Cada parte componente do bico injetor deve ser inspecionada, quanto a batidas e rebarbas.

INSPEÇÃO E REPARO DO DISCO DA TURBINA

Inspeção do disco da turbina

A inspeção feita quanto a rachaduras é da maior importância. A detecção de rachadura, quando se tratando de disco de turbina e palhetas, é praticamente visual. O material do qual o disco e as palhetas são feitos não leva à detecção de rachadura pelo uso de fluidos; portanto,

elas devem ser examinadas minuciosamente com uma lente de aumento de no mínimo 9 a 12 vezes. Qualquer área questionável requer inspeção mais acurada. Rachaduras no disco, mesmo que pequenas, requerem a rejeição do disco e substituição do rotor da turbina. Pequenos pontos (*pitting*), causados pela invasão de material estranho, podem ser acabados por pedra de rebolo e polimento.

Inspeção da palheta da turbina

As palhetas da turbina são usualmente inspecionadas e limpas, do mesmo modo que as palhetas do compressor. Entretanto, devido ao extremo calor sob o qual operam as palhetas da turbina, elas são mais suscetíveis.

Usando uma luz forte e uma lente de aumento, inspeciona-se as palhetas da turbina quanto a rachaduras por tensão de ruptura (figura 10-59) e deformação da borda dianteira (figura 10-60).

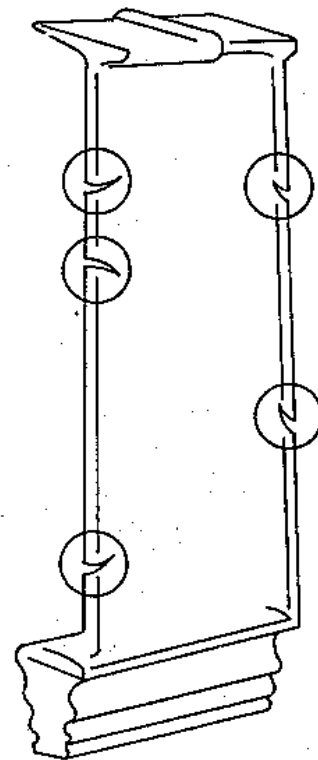


Figura 10-59 Rachaduras de ruptura por estresse.

Rachaduras por tensão de ruptura, usualmente aparecem como diminutas rachaduras, tipo fio de cabelo sobre ou através da borda dianteira ou traseira em ângulo reto, em relação ao comprimento da borda.

Rachaduras visíveis podem variar em comprimento a partir de 1/16 de polegada. A deformação causada por sobre-temperatura pode aparecer como ondulação e/ou áreas de espessura variável do aerofólio ao longo da borda dianteira.

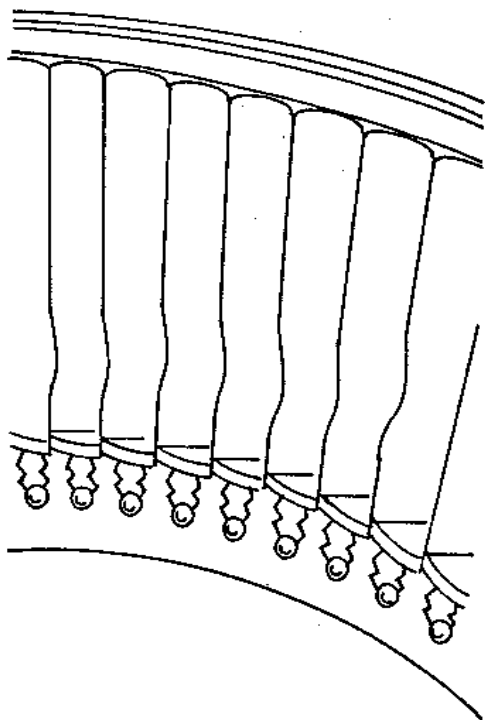


Figura 10-60 Ondulação em palhetas de turbina.

A borda dianteira deve estar reta e de espessura uniforme, – exceto nas áreas reparadas por acabamento.

Não se deve confundir rachaduras por tensão de ruptura, ou deformação da borda dianteira, por dano de impacto por material estranho ou com reparos por acabamento na palheta. Quando qualquer rachadura por tensão de ruptura, ou deformação das bordas dianteiras das palhetas do primeiro estágio for encontrada, uma condição de sobre-temperatura deve ser suspeitada.

Verificam-se as palhetas individuais quanto a estiramento, e o disco da turbina quanto a dureza e estiramento.

As palhetas removidas para uma inspeção detalhada ou para uma checagem de estiramento do disco da turbina devem ser reinstaladas nas mesmas ranhuras das quais foram removidas. As palhetas, antes de serem removidas, devem ser enumeradas. O envoltório externo da palheta da turbina deve ser inspecionado quanto a desgaste do selo de ar.

Se o desgaste for encontrado, a espessura do envoltório na área desgastada, deve ser medida.

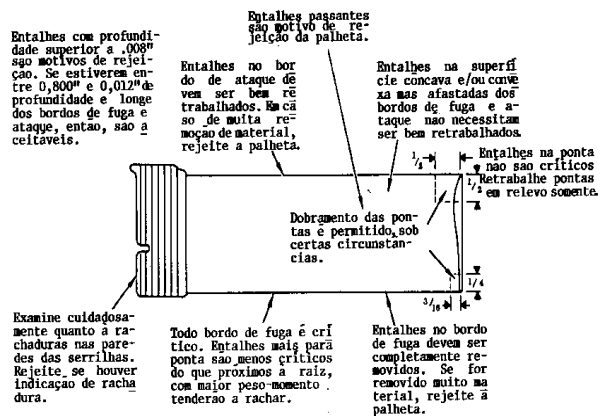


Figura 10-61 Inspeção típica de palheta

Usa-se um micrômetro, ou outro dispositivo adequado, de modo que assegure uma boa leitura no fundo do sulco de desgaste comparativamente estreito. Se a espessura radial remanescente do envoltório é menor do que o especificado, a palheta estirada deve ser substituída.

Os requisitos típicos de inspeção estão indicados na figura 10-61.

Frisos da ponta da palheta, dentro de uma área de 1/2 polegada quadrada na borda dianteira da ponta da palheta, é usualmente aceitável se o friso não for agudo. Friso é aceitável na borda traseira se ele não se estender além da área permissível.

Qualquer dobra aguda que possa resultar em rachadura ou uma parte se separar da palheta da turbina é causa de rejeição, mesmo que o friso possa estar dentro de limites aceitáveis.

Cada palheta da turbina deve ser inspecionada quanto a rachaduras.

Procedimento de substituição da palheta da turbina

As palhetas da turbina são geralmente substituíveis, sujeitas às limitações de momento-peso. Essas limitações estão contidas nas instruções técnicas aplicáveis do fabricante do motor. Se uma inspeção visual do conjunto da turbina revelar diversas palhetas quebradas, rachadas ou com erosão, a substituição do conjunto inteiro pode ser mais econômico do que substituir apenas as palhetas danificadas.

Um conjunto disco e palhetas é mostrado na figura 10-62. Na montagem inicial da turbina, um conjunto completo de 54 palhetas fabricadas em par codificado (duas palhetas tendo a

mesma letra de código), são colocadas sobre uma bancada em ordem decrescente de peso-momento.

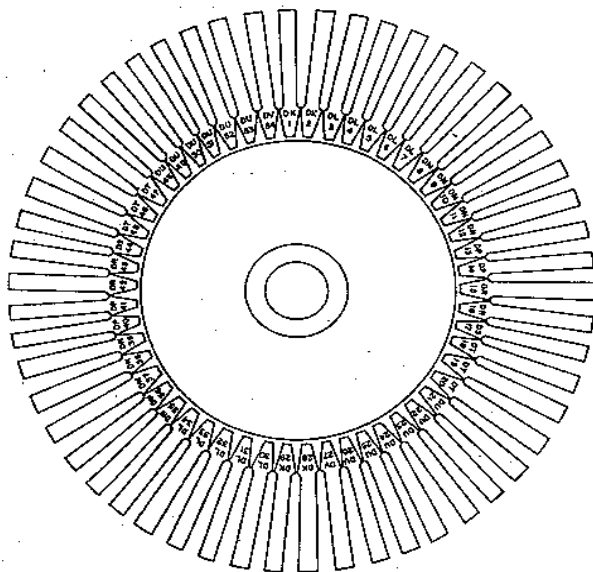


Figura 10-62 Distribuição típica de peso/ momento das palhetas do disco da turbina

As letras de código que indicam o balanço peso-momento em onças estão gravadas na face posterior da base da palheta (vendo a palheta como instalada na montagem final do motor). O par de palhetas que tem o momento-peso mais pesado é numerado 1 e 28; o par seguinte mais pesado é numerado 2-29; o terceiro par mais pesado é numerado 3-30.

Esta sequência continua até que todas as palhetas tenham sido numeradas.

O número 1 é marcado na face do cubo no disco da turbina. A palheta nº 1 é, então, instalada adjacente ao número 1 no disco (figura 10-63). As palhetas remanescentes são instaladas consecutivamente na direção dos ponteiros do relógio, vistas a partir da face traseira do disco da turbina.

Se existirem diversos pares de palhetas tendo as mesmas letras de código, elas são instaladas consecutivamente antes de se instalar o próximo código de letras.

Se uma palheta requer substituição, a palheta diametralmente oposta também deve ser substituída. As palhetas utilizadas em substituição devem ter o mesmo código, porém não necessitam ter o mesmo código das palhetas removidas.

O número máximo de palhetas que podem ser substituídas na oficina varia conforme o

modelo e a fabricação do motor, e é estabelecido pelo fabricante.

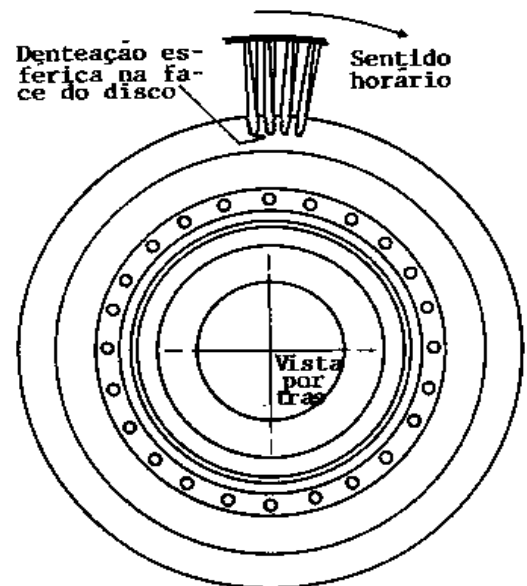


Figura 10-63 Palhetas de turbina.

Para substituir uma palheta, ou qualquer número de palhetas, de um conjunto de disco de turbina e palhetas, os procedimentos nos parágrafos seguintes são dados como exemplo.

Dobra-se para cima cada lingüeta de freio; então remove-se a palheta, batendo nela para que fique na frente do disco da turbina, usando uma punção de latão e um martelo.

Retira-se e descartam-se os freios da palheta da turbina.

Uma palheta nova com a lingüeta em direção à frente do disco é inserida; então, enquanto segura-se a lingüeta contra o disco, a folga entre o ombro da palheta e o disco da turbina, é verificada.

Pode ser necessário remover material do ombro da palheta para trazer a folga dentro dos limites (figura 10-64).

A Tabela de Limites no manual de revisão do fabricante do motor para as folgas relativas às palhetas da turbina devem ser verificadas.

Enquanto segurando a palheta na direção de rotação (sentido contrário aos dos ponteiros do relógio), verifica-se a folga entre as pontas do ombro da palheta e aquelas das palhetas adjacentes (figura 10-64).

Se a folga é insuficiente, remove-se a palheta, lixando o material das pontas para fazer com que a folga fique nos limites.

Usando um relógio comparador, verifica-se o movimento radial da ponta da palheta enquanto segura a lingüeta da palheta contra o disco.

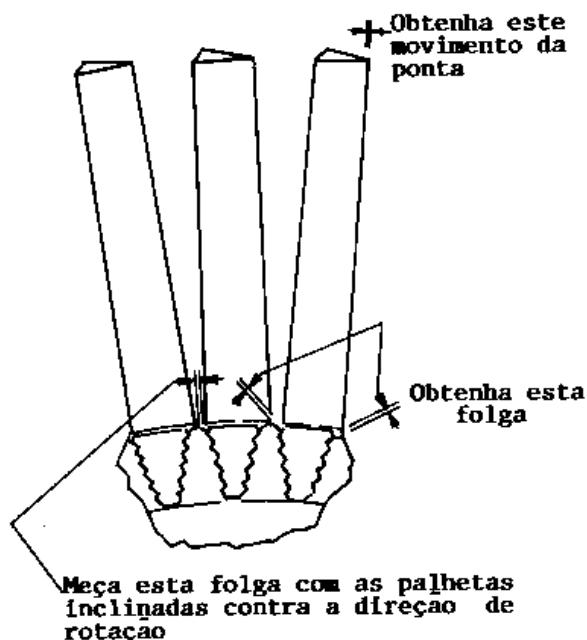


Figura 10-64 Folgas das palhetas da turbina na substituição.

Um freno novo na palheta da turbina é colocado; instalando a palheta na sua posição correta no disco da turbina.

Posiciona-se a turbina para que a palheta fique sobre uma mesa, bigorna, ou outro suporte adequado. Usando um punção dobre a lingüeta do freno para dentro.

Termina-se a dobra do freno, usando um martelo de pena para obter o máximo acabamento axial permissível.

Ao examinar o freno, quanto à evidência de rachadura, uma lente com 3 a 5 aumentos deve ser usada.

Se o freno estiver rachado, remove-se a palheta, instalando um novo freno até que uma instalação satisfatória seja conseguida.

Inspecção da aleta injetora da turbina

Após abrir a carcaça envolvente, e remover as câmaras de combustão, as palhetas do primeiro estágio da turbina e as aletas injetoras da turbina estão acessíveis para inspecção.

Os limites para as palhetas, especificados nos manuais de revisão e instruções de serviço do fabricante do motor, devem ser seguidos.

A figura 10-65 mostra onde as rachaduras ocorrem no conjunto da turbina. Pequenas mossas e entalhes são permitidos se a profundidade do dano estiver dentro dos limites.

Inspeciona-se as aletas injetoras da turbina quanto a estarem empenadas, medindo a

quantidade de curvatura da borda traseira de cada uma.

Aletas injetoras empenadas podem ser indicação de mau funcionamento do injetor de combustível e as que apresentam empenamento superior ao limite permitido, são rejeitadas.

O empeno é sempre maior na borda traseira; assim, se esta borda estiver dentro dos limites, a borda dianteira também estará aceitável. Inspeciona-se as aletas injetoras quanto a mossas ou entalhes. Pequenos defeitos não são causas para rejeição de aletas, desde que estes sejam acabados devidamente.

Os suportes das aletas injetoras são inspecionados quanto a defeitos causados pelo impacto de partículas estranhas. Um rebolo é usado para dar acabamento em um raio suave em qualquer moessa sob suspeita.

Da mesma forma que as palhetas da turbina, é possível substituir um número máximo de aletas injetoras da turbina em alguns motores. Se mais do que este número máximo de aletas injetoras estiver danificado, um novo conjunto deve ser instalado.

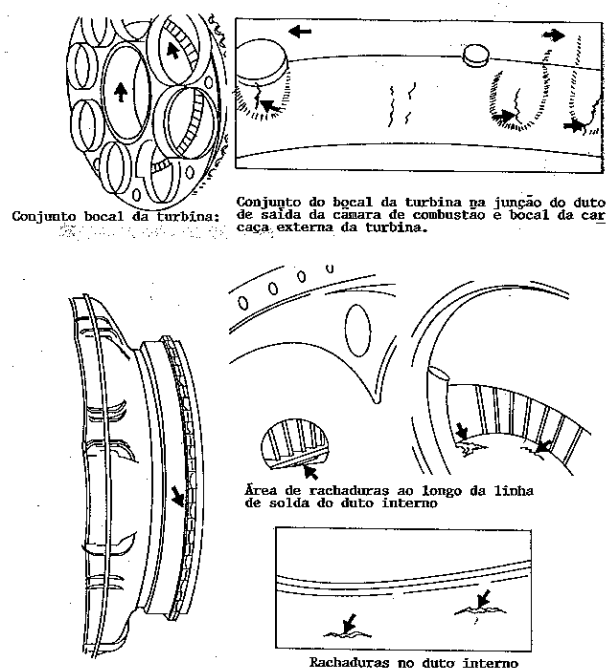


Figura 10-65 Defeitos típicos do conjunto bocal da turbina

Com o tubo de descarga removido, o estágio traseiro da turbina pode ser inspecionado quanto a rachaduras ou a evidência de estiramento da palheta.

As injetoras do estágio traseiro também podem ser inspecionadas com uma luz forte.

Folgas

A verificação das folgas é um dos procedimentos na manutenção da seção da turbina de um motor a reação. O manual de serviço e revisão do fabricante dá os procedimentos e tolerâncias para a verificação da turbina.

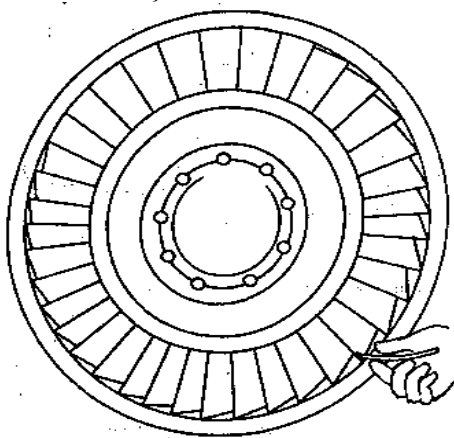


Figura 10-66 Medição da folga entre as palhetas da turbina e o anel de reforço.

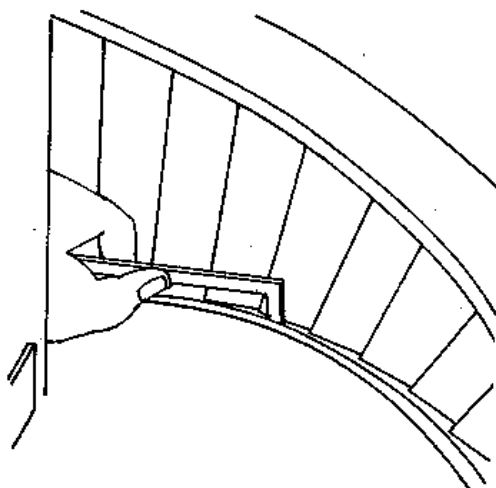


Figura 10-67 Medição da folga entre a roda da turbina e o cone de escape.

Figuras 10-66 e 10-67 mostram as folgas sendo medidas em várias localizações. Para obter leituras adequadas, ferramentas especiais providas por cada fabricante devem ser empregadas conforme descrito nas instruções de serviço para os motores específicos.

Seção de escape

A seção de escape de um motor turbojato é suscetível a rachaduras por calor. Essa seção deve ser cuidadosamente inspecionada junto com a inspeção da seção de combustão e da seção da turbina do motor. Inspecciona-

se o cone de saída e o tubo de descarga quanto a rachaduras, enpenos, dobras ou pontos quentes. Pontos quentes no cone de cauda são uma indicação de mau funcionamento de um injetor ou câmara de combustão.

Os procedimentos de inspeção e reparo para a seção quente de qualquer motor a turbina são similares. Uma diferença usual é a nomenclatura aplicada pelos vários fabricantes às várias partes da seção quente. Outras diferenças incluem o modo de desmontagem, as ferramentas necessárias, e os métodos de reparo.

CLASSIFICAÇÕES COMERCIAIS

Um entendimento das classificações dos motores a reação é necessário para o uso inteligente das curvas de operação do motor, contidas nos manuais de manutenção do avião e do motor. As classificações para os motores comerciais são definidas pela SAE (*Society of Automotive Engineers*).

Decolagem molhada (wet). Esta é a máxima potência permitida para decolagem. Esta potência é conseguida pela atuação do sistema de injeção de água, e ajustando a potência (molhada) computada com a manete; em termos de uma pressão de descarga ou razão de pressão de motor, predeterminada para as condições ambientes predominantes. Esta potência é restrita à decolagem, e limitada no tempo. Motores que não têm injeção de água, não têm este ajuste.

Decolagem seca (dry). Esta é a máxima potência permitida sem a utilização de injeção de água. O limite de potência é obtido pelo ajuste da manete na potência de decolagem (seca) para as condições atuais, em termos de uma pressão de descarga de turbina ou razão de pressão de motor pré-determinadas. A máxima potência é limitada no tempo, e é para ser empregada somente na decolagem.

Máximo contínuo. Este limite é a máxima potência que pode ser usada continuamente e é para ser utilizada somente em emergência a critério do piloto. Este limite é obtido pelo ajuste da manete a uma pressão de descarga, ou razão de pressão de motor predeterminada.

Razão normal (rated). A razão normal é a máxima potência aprovada para uma subida normal. A taxa é obtida da mesma forma como o máximo contínuo. Potência máxima contínua e

potência de razão normal são a mesma coisa em certos motores.

Máximo cruzeiro. Esta é a máxima potência aprovada para cruzeiro. É obtida da mesma forma como o máximo contínuo.

Marcha lenta (*idle*). Esta não é uma razão ou taxa de motor, mas sim uma posição adequada de manete para a mínima potência operacional no solo, ou em voo. É obtida pela colocação da manete no batente de marcha lenta no quadrante das manetes.

INSTRUMENTAÇÃO DE MOTORES

Embora instalações de motor possam diferir, dependendo do tipo tanto da aeronave quanto do motor, a operação do motor a turbina é usualmente controlada pela observação dos instrumentos discutidos nos parágrafos seguintes.

A potência do motor é indicada tanto por um indicador de pressão da turbina, ou um indicador de razão de pressão do motor, dependendo da instalação.

Ambos os tipos de instrumentos de pressão são discutidos aqui porque qualquer indicador pode ser usado. Dos dois, o indicador de pressão de descarga de turbina é o mais preciso, primariamente devido à sua simplicidade de construção; ele pode ser instalado no avião permanentemente ou, temporariamente durante um ajuste de motor.

Um indicador de razão de pressão de motor, por outro lado, é menos complexo para usar, porque ele compensa automaticamente quanto aos efeitos da velocidade do ar e da altitude, já que leva em consideração a pressão de entrada do compressor (CIP).

Indicador de pressão de descarga da turbina

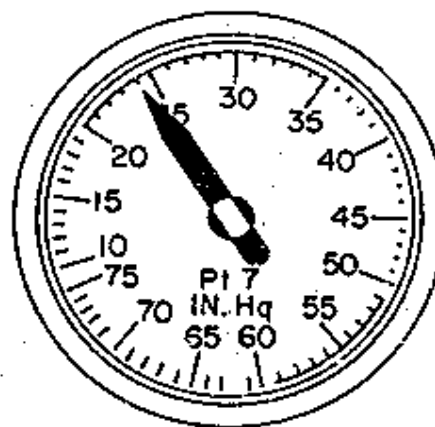
Este instrumento não somente indica a pressão total interna do motor imediatamente após o último estágio da turbina, mas também indica a pressão disponível para gerar a potência, quando usado com a pressão de entrada do compressor.

Indicador de razão de pressão do motor

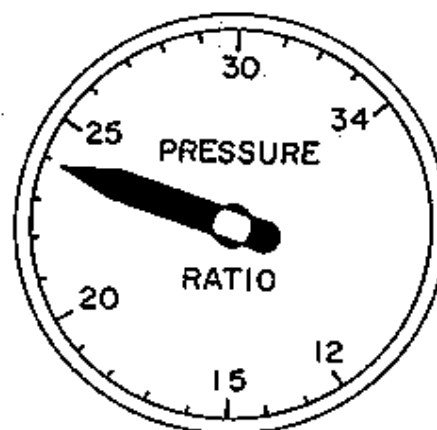
Razão de pressão do motor-EPR (*Engine Pressure Ratio*) é uma indicação da potência

sendo desenvolvida pelo motor. É acionado por sensores de pressão total, na entrada do motor e na saída da turbina.

A leitura é mostrada na cabine pelo indicador de EPR, o qual é usado para efetuar as ajustagens de potência do motor.



(A)



(B)

Figura 10-68 A - Indicador da pressão de descarga da turbina;

B - Indicador da razão de pressão do motor.

A figura 10-68 ilustra o indicador de pressão da turbina (A) e um indicador de EPR (B).

Torquímetro (motores turboélice)

Como somente uma pequena parte da força propulsora derivada da potência do jato, nem a pressão de descarga de turbina nem a razão de pressão de motor são usadas como um indicador da potência produzida por um motor turboélice eles são normalmente equipados com um torquímetro.

O torquímetro (figura 10-69) pode ser operado por uma engrenagem anel torquímetro na seção do nariz do motor, similar aquele provido em grandes motores recíprocos, ou por sensores em um eixo de torque. O torque, sendo desenvolvido pelo motor, é proporcional aos cavalos de força, e é usado para indicar os cavalos de força do eixo.

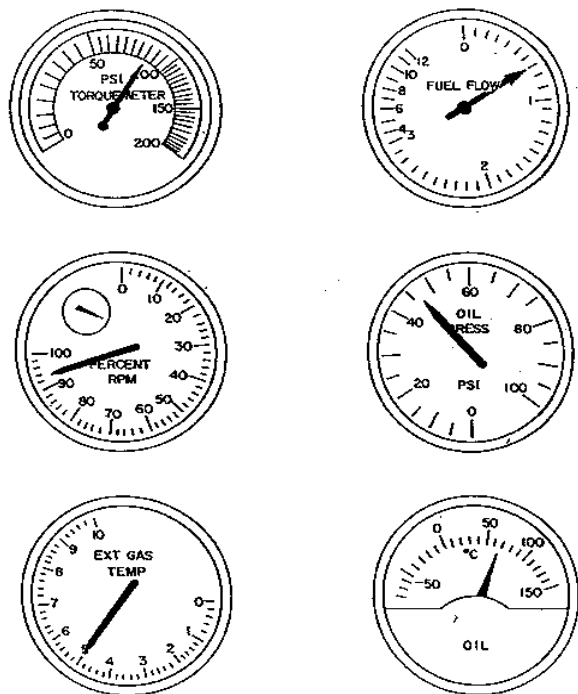


Figura 10-69 Instrumentos típicos de motor a turbina.

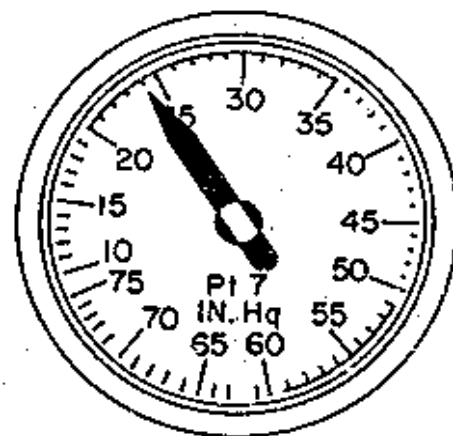
Indicador de pressão de descarga da turbina

Este instrumento não somente indica a pressão total interna do motor imediatamente após o último estágio da turbina, mas também indica a pressão disponível para gerar a potência, quando usado com a pressão de entrada do compressor.

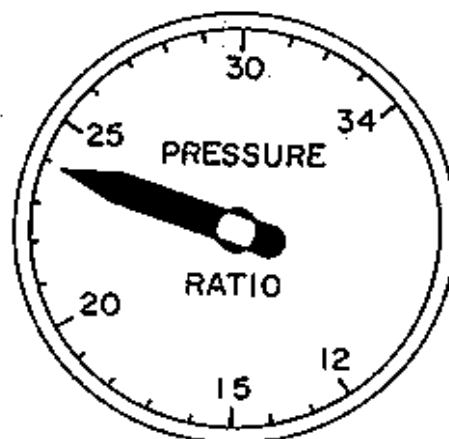
Indicador de razão de pressão do motor

Razão de pressão do motor-EPR (*Engine Pressure Ratio*) é uma indicação da potência sendo desenvolvida pelo motor. É acionado por sensores de pressão total, na entrada do motor e na saída da turbina. A leitura é mostrada na cabine pelo indicador de EPR, o qual é usado para efetuar as ajustagens de potência do motor.

A figura 10-68 ilustra o indicador de pressão da turbina (A) e um indicador de EPR (B).



(A)



(B)

Figura 10-68 A - Indicador da pressão de descarga da turbina;

B - Indicador da razão de pressão do motor.

Torquímetro (motores turboélice)

Como somente uma pequena parte da força propulsora derivada da potência do jato, nem a pressão de descarga de turbina nem a razão de pressão de motor são usadas como um indicador da potência produzida por um motor turboélice eles são normalmente equipados com um torquímetro.

O torquímetro (figura 10-69) pode ser operado por uma engrenagem anel torquímetro na seção do nariz do motor, similar aquele provido em grandes motores recíprocos, ou por sensores em um eixo de torque.

O torque, sendo desenvolvido pelo motor, é proporcional aos cavalos de força, e é usado para indicar os cavalos de força do eixo.

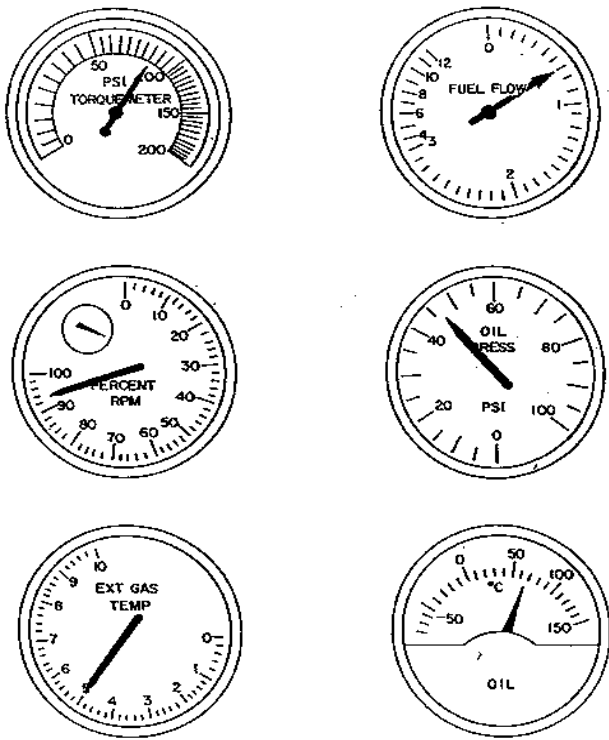


Figura 10-69 Instrumentos típicos de motor à turbina.

Tacômetro

A velocidade do motor a turbina é medida pela r.p.m. do compressor, que será também a r.p.m. da turbina.

Os tacômetros (figura 10-69) são usualmente calibrados em percentagem de r.p.m., pois vários tipos de motores podem ser operados na mesma base de comparação.

Como indicado anteriormente, r.p.m. do compressor em motores a reação de compressor centrífugo, é uma indicação direta da potência do motor sendo produzida.

Para motores de compressor axial, o principal propósito do tacômetro é monitorar a r.p.m. durante uma partida de motor, e para indicar uma condição de sobrevelocidade, se uma ocorrer.

Indicador de temperatura dos gases de escape

Temperatura dos gases de escape-EGT (*Exhaust Gas Temperature*), temperatura da entrada da turbina-TIT (*Turbine Inlet Temperature*), temperatura do duto de descarga, e temperatura de descarga da turbina, são uma só, e a mesma coisa.

Temperatura é um limite de operação do motor e, é usada para monitorar a integridade mecânica das turbinas, tanto quanto verificar as condições de operação do motor.

Na realidade, a temperatura de entrada da turbina é a consideração importante, uma vez que é a mais crítica das variáveis do motor. Entretanto, é impraticável medir a temperatura de entrada da turbina na maioria dos motores, especialmente nos modelos grandes.

Consequentemente, termopares de temperatura são inseridos na descarga da turbina, onde a temperatura provê uma indicação relativa daquela na entrada.

Embora a temperatura, neste ponto, seja muito inferior do que na entrada, ela provê vigilância sobre as condições internas de operação do motor.

Diversos termopares são normalmente usados, os quais são espaçados em intervalos em volta do perímetro do tubo de descarga do motor próximo da saída da turbina. O indicador de EGT (figura 10-69) mostra na cabine a média das temperaturas medidas pelos termopares individuais.

Indicador de fluxo de combustível

Os instrumentos fluxômetros indicam o fluxo de combustível em lbs./h da unidade de controle de combustível do motor. O fluxômetro permite monitorar o consumo de combustível e verificar o desempenho do motor. Um indicador de fluxo de combustível é ilustrado na figura 10-69.

Indicador de pressão de óleo do motor

A fim de evitar falha de motor resultante da lubrificação e refrigeração inadequadas das várias partes do motor, o suprimento de óleo às áreas críticas deve ser monitorado. O indicador de pressão do óleo normalmente mostra a pressão de descarga da bomba de óleo do motor.

Indicador de temperatura do óleo do motor

A habilidade do óleo do motor de lubrificar e refrigerar depende da sua temperatura, tanto quanto a quantidade que é suprida às áreas críticas. Um indicador de temperatura de entrada de óleo é frequentemente provido para mostrar a temperatura do óleo quando entra na bomba de pressão. Temperatura da entrada do

óleo é também uma indicação da operação própria do radiador de óleo do motor.

OPERAÇÃO DO MOTOR A REAÇÃO

Os procedimentos de operação do motor, apresentados aqui, aplicam-se geralmente a todos os motores a reação. Os procedimentos, pressões, temperaturas e r.p.m. que se seguem são primariamente propostos a servirem como guia. As instruções de operação do fabricante devem ser consultadas antes de se tentar a partida e a operação de um motor a reação.

Em contraste aos numerosos controles de um motor recíproco, um motor a reação tem somente uma manete de controle de potência. O ajuste da manete de potência seleciona uma condição de potência, para a qual a unidade controla o combustível para o motor. Motores equipados com reversores entram nesta condição em posições de manete abaixo de marcha lenta (*idle*).

Uma alavanca de corte de combustível separada é usualmente provida em motores equipados com reversores.

Antes da partida, atenção particular deve ser dada à entrada de ar do motor, a condição visual e o livre movimento dos conjuntos compressor e turbina, e à área de estacionamento a frente e atrás da aeronave.

A partida do motor é dada pelo uso de uma fonte de força externa ou de uma unidade de partida a combustão.

Tipos de sistemas de partida e o ciclo de partida dos motores, já foram discutidos anteriormente.

Em aviões com múltiplos motores, é dada a partida em um motor por uma fonte externa que supre pressão de ar para o arranque pneumático no motor.

Ar sangrado deste primeiro motor em operação é então usado como fonte de potência, para dar a partida a outros motores.

Durante a partida, é necessário monitorar o tacômetro, a pressão de óleo, e a temperatura dos gases de saída.

A sequência normal de partida é:

- (1) Girar o compressor com o arranque;
- (2) Ligar a ignição; e
- (3) Abrir a válvula de combustível do motor, seja movendo a manete para "*idle*",

pela movimentação da manete de corte de combustível ou girando uma chave.

A observação ao procedimento prescrito para um determinado motor é necessária como medida de segurança, e para evitar uma partida "quente" ou partida "estagnada".

Uma partida com sucesso será notada primeiro pela elevação na temperatura dos gases de saída. Se o motor não "acende" dentro de um período determinado de tempo, ou se o limite de temperatura do gás de saída na partida é excedido, o procedimento de partida deve ser abortado.

Partidas quentes não são comuns, mas quando elas ocorrem, podem ser geralmente interrompidas a tempo, de modo a evitar a temperatura excessiva pela observação constante da temperatura dos gases de saída durante a partida.

Quando necessário, o combustível ou os gases retidos podem ser eliminados, pela continuação do giro do compressor com o arranque, porém com a ignição e o combustível desligados.

OPERAÇÃO NO SOLO

Fogo no motor

Se ocorrer fogo no motor durante o ciclo de partida, a alavanca de corte de combustível deve ser movida para a posição "off". Continue-se girando o motor com o arranque até que o fogo tenha sido expelido do motor.

Se o fogo persistir, CO₂ pode ser descarregado no duto de entrada enquanto ele está sendo virado. Não se descarrega CO₂ diretamente na saída do motor, porque isto pode danificá-lo. Se o fogo não puder ser apagado desligue todas as chaves e abandone a aeronave.

Se o fogo é no solo sob o dreno, descarrega-se o CO₂ no solo. Isto também é verdade se o fogo é no tubo de descarga, e o combustível estiver pingando no solo e queimando.

Verificações do motor

A verificação de motores turbojato ou turbopan, quanto à operação adequada, consiste simplesmente em ler os instrumentos do motor e, então, comparar os valores observados com aqueles conhecidos de serem corretos, para qualquer dada condição de operação do motor.

Verificações em marcha lenta

Depois que o motor partir, e a r.p.m. de marcha lenta tiver sido obtida; e as leituras dos instrumentos forem estabilizadas, o motor deve ser verificado quanto à satisfatória operação na velocidade de marcha lenta.

As leituras do indicador de pressão de óleo, do tacômetro, e da temperatura dos gases de saída, devem ser comparadas com as faixas permissíveis. O fluxo de combustível não é considerado uma indicação confiável da condição do motor em r.p.m. de marcha lenta, devido às inexactidões frequentemente encontradas nos medidores de fluxo de combustível e indicadores na sua faixa inferior de indicação.

Verificação da potência de decolagem

A potência de decolagem é verificada pelo ajuste das manetes, para obter uma leitura no indicador de razão de pressão do motor. O valor para a razão de pressão do motor, que representa a potência de decolagem para as condições atmosféricas ambiente, que estão prevale-

cendo, é calculado a partir de uma curva de seleção de potência de decolagem, similar àquela mostrada na figura 10-70.

Essa curva foi computada para condições estáticas. Portanto, para uma verificação precisa da potência, o avião deve estar estacionado, e a operação estável do motor deve ser estabelecida. Se for necessário calcular a potência durante uma verificação de ajuste de motor, a pressão de descarga de turbina (P17) é também mostrada nestas curvas.

Manuais apropriados devem ser consultados para as cartas de um motor de fabricação e modelo específicos.

A razão de pressão do motor, calculada a partir da curva de seleção de potência, representa tanto a potência de decolagem “molhada” ou “seca”.

A manete do avião é avançada para obter esta leitura, prevista no indicador de razão de pressão do motor no avião.

Se um motor desenvolve a potência prevista e, se todos os outros instrumentos estão dentro de suas faixas adequadas, a operação do motor é considerada satisfatória.

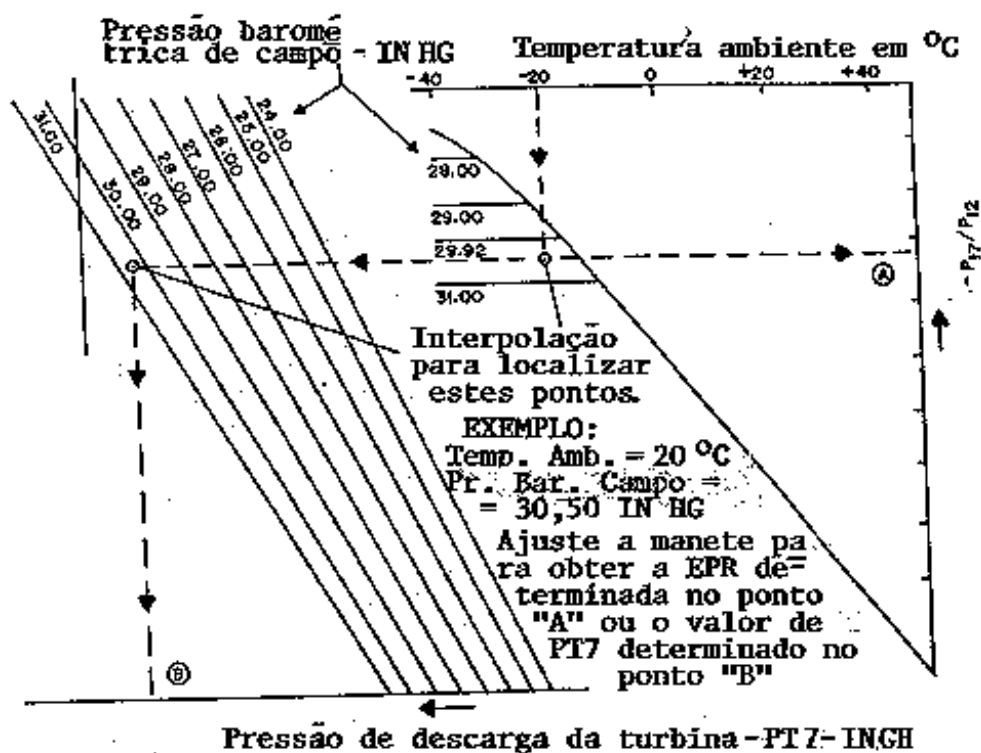


Figura 10-70 Curva típica de ajuste da potência de decolagem para condições estáticas.

Condições ambientes

A sensibilidade dos motores a reação à temperatura e a pressão do ar de entrada do compressor, requer que cuidado considerável

seja dado na obtenção de valores corretos para as condições do ar predominantes, quando calculando a potência de decolagem. Algumas coisas para lembrar são:

- (1) O motor sente a temperatura e pressão do ar na entrada do compressor. Esta será a temperatura real logo acima da superfície da pista. Quando o avião está parado, a pressão na entrada do compressor será a pressão estática, ou a pressão barométrica verdadeira, e não a pressão barométrica corrigida para o nível do mar que é normalmente reportada pelas torres de controle do aeroporto como a selecionada para o altímetro.
- (2) Alguns aeroportos informam a temperatura da pista, a qual deve ser usada quando disponível. O indicador de temperatura do ar exterior do avião pode ou não ser suficiente para obter a temperatura a ser usada, dependendo do modo no qual a temperatura do ar está indicada. Se o bulbo ou o termopar do termômetro está exposto aos raios do sol, a leitura do instrumento obviamente não será precisa. Quando a temperatura da torre de controle deve ser usada, um fator de correção deve ser aplicado. Para um cálculo preciso da potência, tal quando ajustando um motor, é melhor medir a temperatura real na entrada do compressor logo antes de dar a partida no motor, por meio de um termômetro portátil de precisão conhecida. Quando for verificado que uma variação de 5°C (9°F) na temperatura da entrada do compressor resultará em aproximadamente 2 pol Hg de variação na pressão de descarga da turbina, ou 0,06 de variação na indicação de razão de pressão do motor, a importância de usar a correta temperatura para o cálculo da potência pode ser de imediato avaliada.
- (3) Se somente o ajuste do altímetro, ou da pressão barométrica, corrigida para o nível do mar está disponível quando usando as curvas da potência para calcular a pressão de descarga da turbina, esta pressão deve ser recorrigida para a elevação do campo. Um método para obter a pressão real é selecionar o altímetro para a altitude zero, e ler a pressão barométrica do campo diretamente na janela do altímetro na face do instrumento.
- (4) Umidade relativa, que afeta apreciavelmente a potência do motor recíproco, tem um efeito negligível na potência do motor a reação, fluxo de combustível e r.p.m. Portanto, a umidade relativa não é normalmente

considerada no cálculo da potência para decolagem ou na determinação do fluxo de combustível e r.p.m., na operação rotineira.

DESLIGAMENTO DO MOTOR

Em motores a reação que não têm potência de reverso, o retardo da manete do avião para “off” corta o suprimento de combustível para o motor, desligando-o.

Em motores equipados com reversores, isto é conseguido por meio de uma manete separada de corte de combustível. Um motor normalmente estará suficientemente frio para desligar imediatamente.

Entretanto, como regra simples, quando um motor for operado acima de 85% r.p.m. por períodos excedendo 1 minuto, durante os últimos 5 segundos antes do desligamento, é recomendado que o motor seja operado abaixo de 85% (preferencialmente em marcha lenta) por um período de 5 minutos, de modo a evitar uma possível falha dos rotores.

Isto se aplica, em particular, a operação prolongada em altas r.p.m. no solo, como por exemplo, durante o ajuste do motor.

A carcaça da turbina, e as rodas da turbina operam aproximadamente na mesma temperatura quando o motor está virando. Entretanto, as rodas da turbina são relativamente grossas, comparadas com a carcaça, e não são resfriadas tão rapidamente.

A carcaça da turbina está exposta ao ar de refrigeração tanto pelo lado de dentro, como de fora do motor.

Consequentemente, a carcaça e as rodas perdem seu calor residual, em razões diferentes, depois que o motor for desligado.

A carcaça, resfriando mais depressa, tende a encolher sobre as rodas que ainda estão girando.

Sob condições extremas, as palhetas das turbina podem roçar ou trancar.

Assim, um período de resfriamento é requerido se o motor estiver operando em prolongada alta velocidade.

Se as rodas da turbina trancam, normalmente não resulta em danos, desde que não se tente girar o motor antes que ele tenha resfriado suficientemente para liberar as rodas. Ainda assim, todo o esforço deve ser feito para evitar o trancamento.

A bomba de combustível do avião deve ser desligada após e, não antes, que a manete de potência ou a alavanca de corte de combustível forem colocadas na posição “*off*”, de modo a assegurar que o combustível permaneça nas linhas, e que a bomba de combustível comandada pelo motor não perca sua pressão.

Sob estas condições, a bomba de combustível do avião é incapaz de realimentar a bomba comandada pelo motor, sem que o ar seja sangrado do controle de combustível.

Geralmente, um motor não deve ser desligado pela alavanca de corte de combustível até que a manete do avião tenha sido retardada para a posição “*idle*”. Uma vez que a válvula de corte de combustível esteja localizada na saída do controle de combustível, um desligamento numa seleção de alta potência do motor irá resultar em altas pressões de combustível dentro do controle que podem causar danos nas partes do sistema.

Quando uma leitura com precisão do nível do óleo do tanque for requerida após o

desligamento do motor, este deve ser operado a aproximadamente 75% r.p.m., por não menos do que 15 nem mais de 30 segundos imediatamente antes do desligamento, para efetuar a apropriada recuperação do óleo de dentro do motor.

PESQUISANDO PANES EM MOTORES A REAÇÃO

Estão incluídos nesta seção roteiros para localizar mau funcionamento na maioria dos motores a reação.

Uma vez que seria impraticável listar todas as *panes* que possam ocorrer, somente as mais comuns são cobertas.

Um conhecimento profundo dos sistemas do motor, aplicados com raciocínio lógico, irá resolver qualquer problema que possa ocorrer.

TABELA 12. Pesquisa de *panes* de motores a reação

Mau funcionamento indicado	Causa possível	Ação sugerida
O motor tem baixa r.p.m., temperatura dos gases de saída e fluxo de combustível, quando colocado na esperada razão de pressão do motor.	A indicação da razão de pressão do motor está com leituras para mais.	Verificar a linha de entrada de pressão desde o <i>probe</i> até o transmissor quanto a vazamentos. Verificar o transmissor de razão de pressão do motor e o indicador quanto à exatidão das indicações.
O motor tem alta r.p.m., temperatura dos gases de saída e alto fluxo de combustível, quando colocado na esperada razão de pressão de motor.	A indicação de razão de pressão do motor tem leitura para menos, devido: Sensor de descarga da turbina desalinhado ou rachado. Vazamento na linha de pressão de descarga da turbina desde o sensor até o transmissor. Transmissor ou indicador de razão de pressão de motor com erros de indicação. Partículas de carbono coletadas na linha de pressão de descarga ou nos orifícios restritores. Possível dano de turbina e/ou perda de eficiência da turbina.	Verificar a condição do sensor. Testar a linha de pressão de descarga da turbina quanto a vazamentos. Verificar o transmissor e o indicador de razão de pressão do motor quanto à exatidão das indicações.
O motor tem baixa r.p.m., alta temperatura dos gases de saída, e alto fluxo de combustível em todas as seleções de razão de pressão do motor.	Se somente a temperatura dos gases de saída estiver alta, o problema pode ser os terminais do termopar, ou o instrumento.	Confirmar a indicação de dano na turbina por: Verificar a desaceleração do motor quanto a ruído anormal e tempo reduzido.

NOTA: Motores com danos na seção da turbina podem ter a tendência de estagnar durante a partida.		Inspecionar visualmente a área da turbina com uma luz forte. Recalibrar a instrumentação de temperatura dos gases de saída.
O motor vibra em diversos regimes, porém a amplitude reduz a medida que a rotação diminui.	Danos na turbina.	Checar a turbina como descrito no item anterior.
O motor vibra com alta r.p.m. e alto fluxo de combustível, em um determinado regime.	Danos na seção do compressor.	Checar a seção do compressor quanto a danos.
O motor vibra em todos os regimes, porém, mais acentuadamente em regime de cruzeiro ou em marcha lenta.	Falha de algum componente acessório como o C.S.D, gerador ou bomba hidráulica, etc.	Checar cada um dos componentes acessórios.
Sem alteração do regime de potência, mas com alta temperatura do óleo.	Falha dos rolamentos principais.	Checar os filtros de retorno de óleo e os plugs magnéticos.
O motor tem temperatura dos gases de saída maior que o normal durante decolagem, subida e vôo de cruzeiro. Rotação e fluxo de combustível acima do normal.	Válvulas de sangria de ar (<i>bleed valves</i>) com mau funcionamento. Sensor de indicação da pressão de descarga da turbina, ou a linha de pressão de ar para o transmissor com vazamento.	Verificar a operação da válvula de sangria de ar (<i>bleed valve</i>). Checar a condição do sensor de indicação de pressão de descarga, e a linha de pressão para o transmissor.
Motor com alta temperatura de saída dos gases na pressão determinada para decolagem.	Motor fora de regulagem.	Fazer a checagem com o equipamento JETCAL. Recalibrar como necessário.
Motor com estouros contínuos (<i>stall</i>) durante a partida, e em vôo de cruzeiro à baixa potência.	Válvula de pressurização e válvula dreno não funcionando. Duto de ar rachado. Unidade de controle de combustível não funcionando adequadamente.	Substituir a válvula de pressurização e a válvula dreno. Substituir ou reparar duto de ar rachado. Substituir unidade de controle de combustível.
Rotação do motor estanca durante tentativa de partida.	Temperaturas inferiores a zero graus Celsius.	Se a estagnação do motor é devido a baixas temperaturas, o motor pode partir acionando a bomba de combustível, ou posicionando a manete de partida em posição anterior a do ciclo normal de partida.
	Danos no compressor. Danos na turbina.	Checar o compressor quanto a danos. Inspecionar a turbina quanto a danos.
Alta temperatura do óleo.	Falha da bomba de retorno do óleo. Intercambiador de calor do combustível não funciona.	Checar o sistema de lubrificação e as bombas de retorno do óleo. Substituir o intercambiador de calor do combustível.

Alto consumo de óleo.	Falha da bomba de retorno de óleo.	Checar a bomba de retorno de óleo.
	Alta pressão de óleo de retorno.	Verificar a pressão de retorno do óleo, como indicado no manual do fabricante.
	Vazamento da caixa de acessórios.	Verificar os vedadores da caixa de acessórios, aplicando pressão pelo suspiro superior.
Perda de óleo por transbordamento.	Pode ser causada pelo alto fluxo de ar pelo tanque, óleo com espuma, ou quantidade não usual de óleo retornado ao tanque pelo sistema de suspiro.	Checar quanto a espuma no óleo. Fazer uma checagem a vácuo dos depósitos intermediários de óleo de retorno. Checar as bombas de retorno.

Para informação exata sobre um modelo específico de motor, consulta-se as instruções aplicáveis do fabricante.

OPERAÇÃO DE TURBOÉLICE

A operação do motor tuboélice é bem similar a de um motor a reação, exceto pela adição da hélice.

O procedimento de partida e as várias características operacionais são bastante parecidas. O turboélice principalmente requer atenção aos limites operacionais do motor, a seleção da manete de potência, e ao indicador de pressão do torquímetro.

Embora os torquímetros indiquem somente a potência sendo suprida à hélice, e não os cavalos de força equivalentes, a pressão do torquímetro é aproximadamente proporcional à potência total de saída e, então, é utilizada na medida do desempenho do motor.

A leitura do indicador de pressão do torquímetro durante a verificação da potência de decolagem é um valor importante.

É usualmente necessário calcular a potência de decolagem, do mesmo modo como é feito para um motor a reação.

Este cálculo é para determinar a máxima temperatura permissível dos gases de escape, assim como a pressão do torquímetro que um motor em funcionamento normal deve produzir para a temperatura do ar exterior (ambiente) e a pressão barométrica predominante naquele momento.

PROCEDIMENTO PARA PESQUISA DE PANES PARA MOTORES TURBOÉLICE

Todos os testes, inspeções e pesquisas de panes devem ser feitos de acordo com o respectivo manual do fabricante.

Na tabela 13, os procedimentos para pesquisa de panes do redutor, eixo de torque e seção de força são simultâneos por causa de sua inter-relação.

A tabela inclui as principais panes, junto com as prováveis causas e suas soluções

TABELA 13 PESQUISA DE PANES NOS MOTORES TURBOÉLICE

PROBLEMA	CAUSA PROVÁVEL	SOLUÇÃO
Seção de força não gira durante tentativa de partida.	Sem fluxo de ar no motor de partida (Starter).	Verificar a válvula solenóide de ar do motor de partida e o fornecimento de ar.
	Freio da hélice trancado.	Liberar o freio, girando a hélice na direção normal de rotação.
Seção de força não dá partida.	Baixa velocidade do motor de partida devido ao inadequado fornecimento de ar.	Verificar a válvula solenóide de ar do motor de partida e o fornecimento de ar.

	Se não há sinal de combustível pelo duto de saída dos gases, a válvula seletora de combustível pode estar inoperante devido à falha elétrica ou pode estar trancada. Bomba de combustível inoperante. Filtro de combustível da aeronave sujo. Válvula de corte de combustível fechada.	Checar a força elétrica do sistema, ou válvulas operadas eletricamente. Substituir as válvulas defeituosas. Checar a bomba de combustível quanto a engrenagens danificadas ou dano interno. Verificar se há vazamento de combustível na bomba. Limpar o filtro e substituir o elemento filtrante se necessário. Verificar o circuito elétrico para assegurar-se de que o atuador está energizado. Substituir o atuador ou controlador.
O motor dá a partida mas não acelera para a correta rotação.	Insuficiência de combustível para a unidade controladora. Válvula dosadora de combustível trancada. Válvula desviadora de combustível da unidade controladora trancada em aberto. Válvula dreno trancada em aberto. Chave de pressão de enriquecimento do combustível na partida ajustada em valores altos.	Verificar o sistema de combustível para assegurar-se de que todas as válvulas estão abertas, e as bombas estão operando. Substituir a unidade de controle de combustível. Fazer a limpeza das linhas. Substituir a unidade de controle de combustível. Fazer a limpeza das linhas. Substituir as válvulas dreno. Substituir a chave de pressão.
Temperatura de aceleração muito alta durante a partida.	Válvula desviadora de combustível da unidade controladora fechada e trancada. O ressalto de aceleração da unidade de controle de combustível incorretamente ajustado. Injetor de combustível defeituoso. Termostato da unidade de controle de combustível em pane.	Fazer a limpeza das linhas de combustível. Substituir a unidade do controle de combustível. Substituir a unidade de controle de combustível. Substituir o injetor de combustível. Substituir a unidade de controle de combustível.
Temperatura de aceleração muito baixa durante a partida.	O ressalto de aceleração da unidade de controle do combustível incorretamente ajustado.	Substituir a unidade de controle do combustível.
A rotação do motor cicla após a partida.	Governador da unidade de controle de combustível instável.	Continuar a operação do motor para permitir que a unidade de controle do combustível se ajuste automaticamente.
Pressão de óleo da seção de força cai rapidamente.	Fornecimento de óleo insuficiente. Transmissor de pressão de óleo ou indicador, dando falsa indicação.	Checar o nível de óleo e abastecer como necessário. Checar o transmissor de óleo ou o indicador, e reparar ou substituir, se necessário.

Vazamento de óleo nos vedadores de óleo dos acessórios.	Falha do vedador de óleo.	Substituir vedador ou vedadores.
Impossível atingir a máxima rotação controlada a 100%.	Falha do governador de hélice. Falha da unidade de controle de combustível ou do sensor de ar.	Substituir o governador da hélice. Substituir a unidade de controle de combustível. Se estiver suja, limpar a entrada de ar do sensor aplicando ar no sentido contrário ao fluxo normal.
Indicação de vibração muito alta.	Sensor de vibração do motor ou equipamento de leitura em pane.	Calibrar o equipamento de leitura. Dar partida no motor e acelere gradativamente. Observar a indicação de vibração. Se a indicação mostrar que o sensor está em pane, substituí-lo. Se a vibração permanecer a mesma, remover a unidade de potência para revisão.

UNIDADE DE TESTES DE CALIBRAÇÃO DE JATOS (JETCAL)

Dois dos mais importantes fatores que afetam a vida da turbina são a temperatura dos gases de saída (EGT) e a rotação do motor.

Excesso de temperatura em poucos graus reduz a vida útil das palhetas em mais de 50%. Baixa temperatura de saída dos gases de escape materialmente reduz a eficiência do motor e a potência. Excessiva rotação do motor pode causar falha prematura do mesmo. Indicações do sistema de combustível com problemas,

temperatura no duto de escapamento e rotação podem ser checados mais precisamente com a unidade JETCAL do que com os indicadores da cabine do avião. Erros em até 10 graus Celsius podem ocorrer na leitura dos indicadores de rotação e de temperatura na cabine, por causa da altura do observador quando sentado.

Um tipo de JETCAL usado para analisar a turbina do motor é o analisador JETCAL (Figura 10-71).

O analisador JETCAL é um instrumento portátil feito de alumínio, aço inoxidável e plástico.

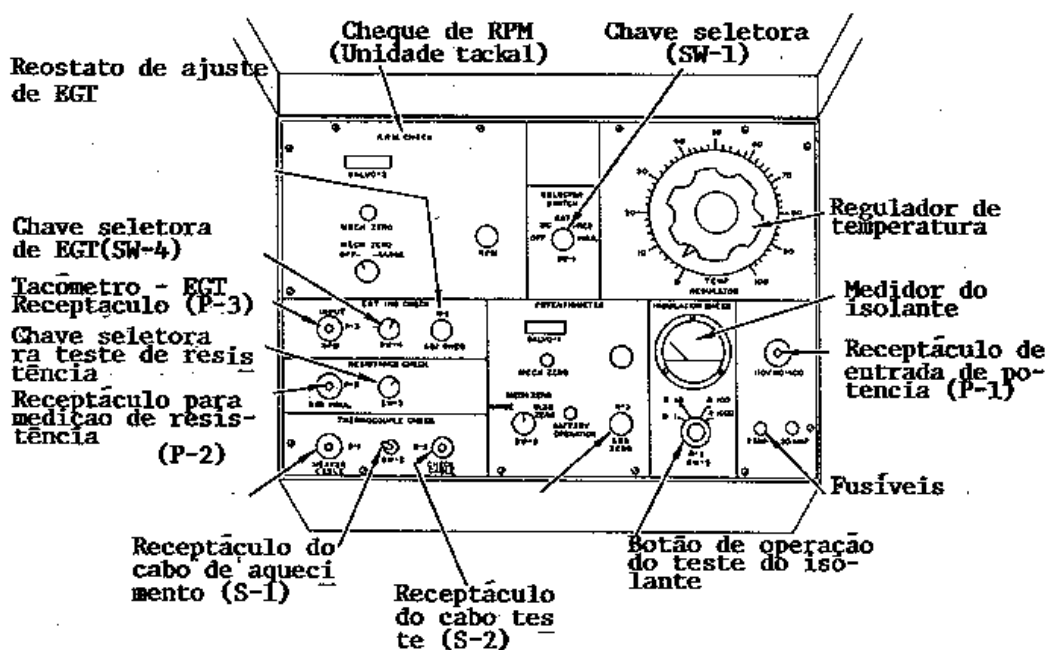


Figura 10-71 Compartimento do analisador JETCAL

Os componentes principais deste analisador são os termopares, indicadores de r.p.m. e temperatura de saída dos gases, resistências, circuitos de checagem de isolamento, bem como potenciômetros, reguladores de temperatura, medidores diversos, chaves e toda a cablagem necessária, sensores e adaptadores para a execução de todos os testes. Um analisador JETCAL também inclui um detector de alta temperatura e circuito de teste do sistema de antigelo da asa.

Uso do analisador JETCAL

O analisador JETCAL pode ser usado para:

- (1) Funcionalmente checar o sistema de temperatura de saída dos gases (EGT), quanto a erro, sem dar partida no motor ou desconectar a cablagem.
- (2) Checagem individual dos termopares antes da conexão com a fiação principal..
- (3) Checagem de cada termopar quando instalado junto à fiação quanto a continuidade.
- (4) Checagem dos termopares e da fiação quanto a precisão do sistema.
- (5) Checagem da resistência do sistema de temperatura de saída dos gases (EGT).
- (6) Checagem da isolamento do circuito de temperatura de saída dos gases (EGT) quanto a curto circuito em relação a massa e curto circuito em relação aos terminais.
- (7) Checagem dos indicadores de temperatura de saída dos gases (ambos de dentro e fora da aeronave) quanto a erro.
- (8) Determinação da rotação do motor com uma precisão de mais ou menos 0,1% durante operação do mesmo. Em adição a esta checagem existe a verificação e pesquisa do sistema de indicação de rpm do avião.
- (9) Estabelecer a própria relação entre a temperatura de saída dos gases e a rotação do motor, durante o giro do mesmo, durante o procedimento de tabulação pela checagem de rotação (takcal) e os potenciômetros do analisador JETCAL.

- (10) Checagem do sistema de detecção de fogo do avião, e o sistema de antigelo da asa do avião usando sensores especiais.

Instruções de operação da unidade de teste JETCAL

O procedimento completo, item por item, do painel de instruções do JETCAL pode ser seguido durante a operação do mesmo. O painel de operação é visível todo o tempo durante a operação do analisador. Seria útil listar item por item, os procedimentos desta seção. O procedimento consiste em ligar e desligar diferentes chaves e mostradores. Para evitar confusão, esta seção dará detalhes de operação do analisador JETCAL de maneira geral.

Cuidados quanto à segurança

Observar os seguintes cuidados durante a operação do analisador JETCAL:

- (1) Nunca usar um multímetro para checar os potenciômetros quanto à continuidade. Se este for usado, haverá danos ao galvanômetro, e a bateria poderá sofrer danos.
- (2) Checar a fiação dos termopares antes do giro do motor. Isto deve ser feito porque o circuito deve estar correto antes que os termopares possam ser usados como sensores de EGT.
- (3) Por segurança, fazer o aterramento do analisador JETCAL quando usar uma fonte C.A., porque os sensores que tenham uma voltagem induzida na carcaça, podem descarregá-la se o equipamento não estiver aterrado. Esta condição não é aparente durante tempo seco, mas durante tempo úmido o operador pode levar um choque. Desta maneira, para a proteção do operador, o analisador JETCAL deve ser aterrado usando o *pigtail lead* no cabo de entrada de força.
- (4) Usar os sensores de temperatura designados para uso nos termopares do motor a ser testado. Variações de temperatura são muito críticas no projeto dos sensores de temperatura. Cada tipo de termopar tem seu próprio e especial sensor. Nunca tentar modificar sensores de temperatura para testar outros tipos de termopares.

- (5) Nunca deixar conjuntos de sensores de temperatura no duto de exaustão durante o giro do motor.
- (5) Não permitir que os sensores de temperatura atinjam valores acima de 900°C (1652° F.). Excedendo-se estas temperaturas haverá danos no analisador JETCAL e no conjunto de sensores de temperatura.

Checagem da continuidade do circuito de temperatura de saída dos gases (EGT) do avião.

Para eliminar qualquer erro causado por um ou mais dos termopares do motor, é executado uma checagem de continuidade. Esta checagem é feita aquecendo-se um sensor de temperatura entre 500/700°C, e posicionando o sensor aquecido sobre cada termopar, um a cada vez.

O indicador de EGT deve mostrar uma subida na temperatura quando cada um dos termopares for checado. Quando uma grande quantidade de termopares for usada no motor (oito ou mais), é muito difícil de ver uma indicação de temperatura nos instrumentos do avião, devido às características elétricas dos circuitos paralelos. Desta maneira, a indicação de temperatura dos termopares do motor é lida pelos potenciômetros do analisador JETCAL; pelo uso do "cabo de cheque"; e os necessários adaptadores.

Checagem funcional do circuito de temperatura de saída dos gases (EGT) do avião.

O tempo requerido para checar o sistema de EGT de qualquer avião, depende de diversos fatores: (1) do número de motores; (2) do número

de termopares instalados e a sua posição no motor; (3) dos erros, se algum for achado; e (4) do tempo requerido para se corrigir os erros. O teste funcional de um motor pode ser efetuado entre 10 e 20 minutos; condições especiais podem requerer mais tempo.

Durante o teste funcional do sistema de EGT e a checagem da fiação dos termopares, o analisador JETCAL tem uma precisão garantida de mais ou menos 4° C. na temperatura de teste, que é usualmente a temperatura máxima de operação do motor.

Cada motor tem sua temperatura máxima de operação, que pode ser encontrada nas respectivas instruções técnicas.

O teste é feito com o aquecimento dos termopares do motor no cone traseiro do mesmo, para a temperatura de teste do motor. A temperatura é fornecida por sensores através dos cabos necessários.

Com os termopares do motor aquecidos, a temperatura é registrada no indicador do avião. Ao mesmo tempo, os termopares acoplados aos sensores de temperatura, que são completamente isolados do sistema do avião, são selecionados, registrando a mesma temperatura no analisador JETCAL.

A temperatura indicada nos instrumentos do EGT do avião (figura 10-72) deve estar dentro das tolerâncias especificadas para o sistema e as temperaturas lidas nos potenciômetros do JETCAL.

Os termopares acoplados nos sensores de temperatura estão de acordo com a precisão do *U.S. Bureau of Standards*; desta maneira, as leituras através do JETCAL são aceitas como padrão, e são usadas como base de comparação para checar a precisão do sistema de EGT do avião.

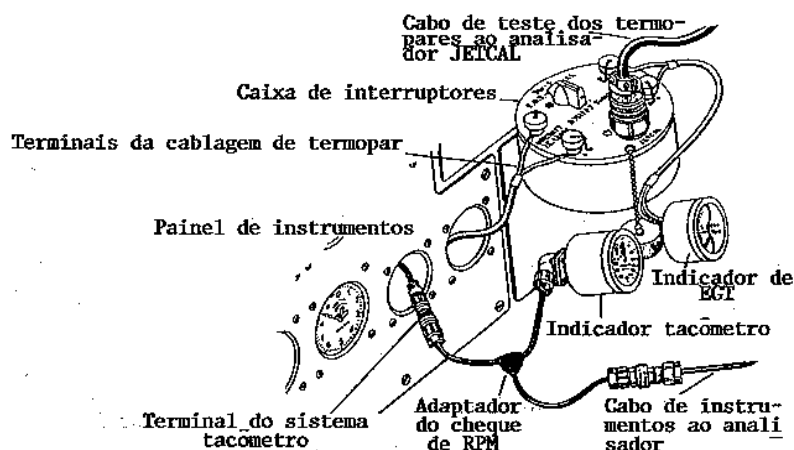


Figura 10-72 Caixa de interruptores, adaptador do teste de r.p.m. e conexões.

Desde que a caixa de junção esteja acoplada em paralelo, não é necessário haver sensores de temperatura conectados a todas as saídas da caixa de junção quando se efetuar uma checagem. Em motores que possuam um sistema de termopar de equilíbrio, este deve ser removido do circuito. Os termopares restantes podem ser checados individualmente, ou em conjunto.

O termopar de equilíbrio é checado usando-se um sensor simples.

A saída do termopar de equilíbrio também é lida pelo potenciômetro do JETCAL, e comparada com a leitura do sensor de temperatura.

Quando a diferença de temperatura excede a tolerância permitida, é feita uma pesquisa do sistema do avião para determinar qual a parte que está em pane. A pesquisa de panes é apresentada no final desta seção.

Teste funcional das chaves térmicas

O sensor "tempcal" testa funcionalmente a operação dos sistemas de detecção de fogo, sobreaquecimento e degelo das asas, que incorporam uma chave térmica como dispositivo de detecção.

A chave térmica deve ser checada na posição no avião, posicionando o sensor sobre a chave térmica.

O sensor "tempcal" incorpora os princípios dos sensores de temperatura. A temperatura é controlada por um regulador, e é lida no potenciômetro do JETCAL.

Com o sensor "tempcal" sobre a chave térmica, a temperatura do sensor sobe e desce de acordo com o movimento da chave em sua temperatura de operação.

O indicador no painel de instrumentos do avião, geralmente uma lâmpada vermelha, é checado quanto à indicação, para assegurar-se que a chave está atuando nas temperaturas requeridas.

Se o sistema não está indicando corretamente, o circuito deve ser corrigido.

Se um sensor "tempcal" é aquecido e posicionado sobre uma chave térmica fria, os contatos fecharão imediatamente, devido a uma reação chamada de choque térmico.

Como a chave térmica continua a absorver calor, os contatos irão abrir, e então, fechar novamente quando a temperatura de operação da chave for atingida.

Checagem do indicador de temperatura de saída dos gases (EGT)

O indicador de EGT é testado após ter sido removido do painel de instrumentos do avião, e desconectado dos terminais do circuito de EGT do avião.

Acopla-se o cabo dos instrumentos e os terminais adaptadores do indicador de EGT aos terminais do indicador, e coloca-se o indicador em sua posição normal de operação. Ajusta-se as chaves do analisador JETCAL nas posições requeridas. As leituras dos indicadores devem corresponder às leituras do analisador JETCAL dentro de limites aceitáveis do indicador de EGT.

Correção para a temperatura ambiente não é requerida para este teste, já que ambos, o indicador de EGT e o analisador JETCAL, sofrem compensação na sua temperatura.

A temperatura registrada no indicador de EGT do avião deve estar dentro das tolerâncias do sistema do avião e da temperatura lida no potenciômetro do JETCAL.

Quando a temperatura excede a tolerância permitida, é feita uma pesquisa de pane do sistema do avião para determinar qual a parte que está em pane.

Checagem de resistência e isolamento

A continuidade da fiação dos termopares é checada enquanto o sistema de EGT é verificado funcionalmente. A resistência da fiação dos termopares é mantida em tolerâncias muito restritas, já que uma mudança na resistência, muda a amperagem, passando pelo circuito. A mudança de resistência dará leituras errôneas na temperatura.

Os circuitos de resistência e isolamento tornam possível analisar e isolar qualquer erro no sistema do avião. A utilização dos circuitos de resistência e isolamento será discutido nos procedimentos de pesquisa de panes.

Checagem do indicador tacômetro

Para ler a rotação do motor com uma precisão de mais ou menos 0,1% durante a operação do motor, a frequência do gerador do tacômetro é medida pelo circuito cheque de r.p.m. (*takcal*) no analisador JETCAL.

A escala do circuito cheque de r.p.m. é calibrada em porcentagem de r.p.m. em corres-

pondência ao indicador tacômetro do avião, que também faz a leitura em porcentagem de r.p.m.

Os intervalos de calibragem são de 0,2%. O tacômetro do avião e o circuito cheque de r.p.m. são conectados em paralelo, e ambos estarão indicando durante a operação do avião.

As leituras do circuito cheque de r.p.m. podem ser comparadas com as leituras do tacômetro do avião para determinar a precisão do instrumento do avião.

Pesquisa de panes do sistema da temperatura de saída dos gases (EGT)

O analisador JETCAL é usado para testar e pesquisar o sistema de termopares do avião na primeira indicação de pane, ou durante checagens periódicas de manutenção.

O circuito de teste do analisador JETCAL torna isto possível para isolar todas as panes como listado abaixo. Logo após a lista está uma apresentação de cada problema mencionado.

- (1) Um ou mais termopares inoperantes em cablagem paralela do motor.
- (2) Termopares do motor fora de calibragem.
- (3) Erro de indicação de EGT.
- (4) Resistência do circuito fora de tolerância.
- (5) Curto à massa.
- (6) Curto entre terminais.

Um ou mais termopares inoperantes em cablagem paralela do motor

Este erro é detectado em um teste regular dos termopares do avião, com um sensor de temperatura quente, e deverá ter a fiação de terminal rompida na cablagem paralela ou curto à massa na cablagem.

Em último caso, a corrente do termopar em curto pode fluir e nunca ser detectada no indicador.

De qualquer maneira, esses curtos podem ser detectados pela checagem de resistência e isolamento.

Termopar do motor fora de calibragem

Quando os termopares estão sujeitos, por um período de tempo, a uma atmosfera oxidante, como as verificadas em motores aeronáuticos, os mesmos vão diferir em muito de sua calibragem original.

Em cablagem paralela de motores, quando os termopares podem ser removidos individualmente, os mesmos podem ser testados em bancada usando sensores de temperatura.

O valor da temperatura obtida dos termopares deve estar dentro das tolerâncias do fabricante.

Erro do circuito de temperatura de saída dos gases (EGT)

Este erro é detectado pelo uso da caixa de distribuição (*switchbox*) e com a comparação da leitura do indicador de EGT do avião com a leitura de temperatura no JETCAL (figura 10-72).

Com a chave (SW-5) na sua posição no JETCAL, a indicação pela cablagem do termopar é dirigida ao analisador JETCAL. Com a chave (SW-5) na posição EGT, a leitura de temperatura pela cablagem dos termopares é indicada no indicador de EGT do avião. A temperatura no analisador JETCAL e no instrumento do avião são comparadas.

Resistência do circuito fora de tolerância

A resistência do circuito dos termopares do motor é de alta importância, já que uma condição de alta resistência vai resultar em baixa indicação de EGT do avião.

Esta indicação é perigosa, porque o avião vai operar com excesso de temperatura, pois a alta resistência vai resultar em leitura inferior a real.

Ajustando um resistor e/ou a resistência de uma bobina no circuito de EGT, geralmente corrigem os desvios.

Curto à massa e curto entre terminais

Estes erros podem ser determinados pelo uso de um medidor de isolamento como um ohmímetro.

Valores de zero a 550.000 ohms podem ser lidos no medidor de isolamento pela seleção da unidade adequada.

PESQUISA DE PANES NO SISTEMA DO TACÔMETRO DA AERONAVE

Uma função relacionada a checagem de r.p.m. é a pesquisa do sistema tacômetro do avião. O circuito cheque de r.p.m. no analisador

JETCAL é usado para ler a rotação do motor durante a operação com uma precisão de mais ou menos 0,1%.

As conexões para a checagem da r.p.m. são os cabos dos instrumentos e os terminais do sistema do avião ao indicador tacômetro (figura 10-72).

Após ter sido feito a conexão entre o circuito cheque de r.p.m. do analisador JETCAL e o circuito tacômetro do avião, os dois circuitos (agora denominados como um só) serão um circuito paralelo.

O motor então é girado de acordo com as instruções existentes. Ambos os sistemas são lidos simultaneamente.

Se a diferença entre a leitura do indicador tacômetro do avião e o circuito cheque de rpm do analisador JETCAL exceder a tolerância indicada pelas instruções técnicas, o motor deve parar de operar, e a pane localizada e corrigida. Os seguintes itens irão auxiliar na localização e isolamento da pane:

- (1) Se o tacômetro do avião excede a tolerância permitida, quando comparada ao circuito cheque de r.p.m. o instrumento deve ser substituído.
- (2) Se não é possível ler 100% da r.p.m. no tacômetro do avião, mas o circuito cheque de r.p.m. apresenta 100%, o problema será uma pane no indicador tacômetro ou no gerador do tacômetro. Substituir a parte com defeito.
- (3) Se não existe leitura no indicador tacômetro do avião, mas existe leitura no circuito cheque de r.p.m., o problema poderá ser o tacômetro do avião em pane, fase aberta ou fase aterrada do gerador do tacômetro do avião. Substituir o tacômetro ou o gerador do tacômetro, ou substituir o terminal defeituoso.
- (4) Se não há indicação de r.p.m. no tacômetro do avião e no circuito cheque de r.p.m. do analisador JETCAL, deverá haver terminal aberto ou em curto no circuito do avião ou então o gerador tacômetro com defeito. O defeito no circuito no avião deverá ser localizado e corrigido, ou o gerador tacômetro deverá ser substituído. A leitura de r.p.m. do motor deve ser repetida para a checagem das partes substituídas como resultado do teste feito.

O analisador JETCAL é usado para ajustar o motor porque a r.p.m. do mesmo e a temperatura de saída dos gases são extremamente críticas na operação do motor. Quando o motor deve ser checado e ajustado, o meio mais conveniente para fazê-lo é acoplando a caixa de distribuição (*switchbox*) no circuito de EGT, e fazendo as conexões para a checagem de r.p.m. no início do teste.

A caixa de distribuição é usada para conectar o indicador de EGT no circuito, ou para conectar a indicação de temperatura da cablagem dos termopares ao potenciômetro do analisador JETCAL.

Mesmo assim, as leituras da temperatura da cablagem de termopares do avião podem ser feitas pela conexão do cabo cheque (com ou sem adaptadores) para a caixa de distribuição do motor (ver figura 10-73).

A indicação de EGT do avião deve ser usada quando for dada a partida no motor, para ser possível detectar uma partida quente.

É dada a partida no motor e levado até a rotação de acordo com as suas instruções técnicas.

Durante o procedimento de checagem, todas as leituras de rotação do motor são feitas pelo circuito cheque de rpm do analisador JETCAL, e a leitura de temperatura do motor é feita pelo potenciômetro do JETCAL. Isto é necessário porque a temperatura e a rotação do motor devem ter uma leitura precisa durante a checagem do motor, para assegurar que o mesmo esteja operando em suas condições ótimas.

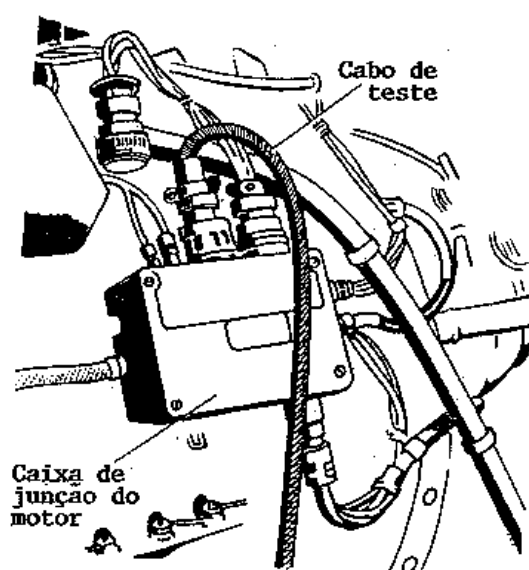


Figura 10-73 Cabo de teste conectado na caixa de junção do motor.

Se as leituras de temperatura não estão dentro das tolerâncias, de acordo com as respectivas instruções, o motor deve ser parado, adicionando ou removendo "tabs" como requerido.

Dá-se nova partida no motor, e as rotações e temperaturas devem ser confrontadas novamente para certificar-se que os "tabs" adicionados ou removidos retornem à temperatura do duto de saída dos gases para os valores especificados.

PROGRAMA DE ANÁLISE DO ÓLEO DO MOTOR COM ESPECTRÔMETRO

O programa de análise de óleo do motor com equipamento espectrômetro (SOAP) tem sido usado por toda a aviação por muitos anos. É baseado no fato de que cada elemento do óleo vai refletir uma determinada faixa de luz, quando a amostra de óleo for analisada pelo espectrômetro. Isto é aplicado a motores recíprocos ou a turbina.

A análise do óleo com o espectrômetro, quanto a partículas metálicas, é possível porque os átomos metálicos e íons emitem um espectro de luz característico quando vaporizados em um arco elétrico ou centelha.

O espectro produzido por cada elemento metálico é único.

A posição ou o comprimento de onda de um espectro vai identificar o metal em particular, e a intensidade da linha do espectro pode ser usada para medir a quantidade do metal em cada amostra.

Como a análise é feita

As amostras periódicas de óleo são colhidas das dos motores envolvidos no programa, e encaminhadas para um laboratório para a análise com o espectrômetro.

A seguir é apresentada a sequência da análise:

- (1) Uma camada de óleo da amostra é colhida pelo disco em rotação, feito de grafite de alta pureza, agindo como um eletrodo (ver a figura 10-74).
- (2) Uma centelha de alta voltagem C.A., e precisamente controlada, é iniciada entre o eletrodo vertical e o disco eletrodo rotativo, queimando a fina camada de óleo.

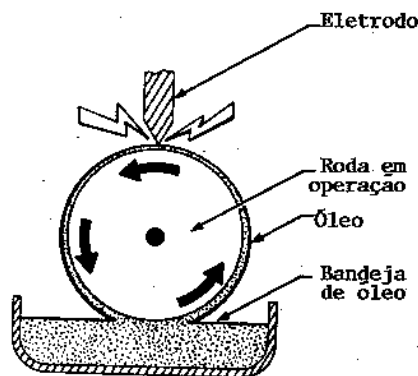


Figura 10-74 Amostra de óleo.

- (3) A luz da queima do óleo passa através de uma fenda posicionada precisamente para o comprimento da onda, pelo particular desgaste do metal que está sendo monitorado (ver a figura 10-75).

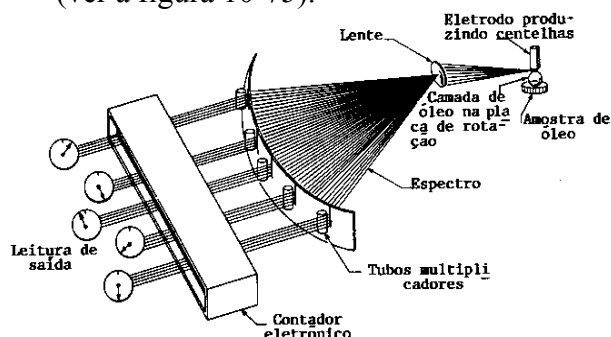


Figura 10-75 Espectrômetro de análise de metais.

- (4) Quando a luz passa através das fendas, os tubos fotomultiplicadores transformam as ondas de luz eletronicamente em energia, imprimindo automaticamente o resultado analítico em cartões, em pontos de uma parte por milhão, nas anotações do laboratório.
- (5) Os resultados são interpretados, e quando houver uma concentração anormal ou formar uma fenda no metal, o interessado no teste é notificado com a devida urgência.

Aplicação

Sob certas condições, e dentro de certas limitações, as condições internas de qualquer sistema mecânico podem ser avaliadas pela análise espectrométrica da amostra do óleo lubrificante.

O conceito e a aplicação estão baseados nos seguintes fatos:

- (1) Os componentes dos sistemas mecânicos das aeronaves contêm alumínio, ferro, cromo, prata, cobre, estanho, magnésio, chumbo e níquel, com a predominância de elementos em forma de ligas metálicas.
- (2) O contato em movimento entre os componentes de qualquer sistema mecânico é sempre acompanhado pela fricção. Apesar da fricção ser reduzida pela fina camada de óleo, algumas partículas microscópicas de metal no desgaste são removidas e transportadas em suspensão pelo óleo. Portanto, uma fonte em potencial de informação existe para relação das condições do sistema. A identidade química da superfície desgastada e as partículas removidas, no desgaste daquela superfície, são sempre as mesmas. Se a proporção de cada tipo de partícula pode ser avaliada, e estabelecida como sendo normal ou anormal, então, a proporção do desgaste das superfícies de contato também será considerada como normal ou anormal. A identificação química da anormalidade da partícula produzida fornece vestígios para a identificação dos componentes que estão sendo desgastados.

Na maioria das condições, a proporção do desgaste permanecerá constante e lentamente. As partículas metálicas serão de tamanho microscópico para permanecerem em suspensão no sistema de lubrificação. Qualquer condição que altere ou aumente o atrito normal entre as partes móveis, também irá acelerar a proporção do desgaste e aumentar a quantidade de partículas produzidas. Se a condição não for descoberta e corrigida, o processo de desgaste continuará acelerado, usualmente com danos secundários para outras partes do sistema, e podendo ocorrer uma eventual falha do sistema por inteiro.

Medição dos metais

O importante desgaste dos metais, produzido em um sistema mecânico com lubrificação por óleo, pode ser medido separadamente, mesmo em baixas concentrações, pela análise espectrométrica.

A prata é acuradamente medida em concentrações menores do que meia parte de prata, em peso, para um milhão de partes de óleo. A maioria dos outros metais são medidos acura-

damente, em concentração abaixo de duas ou três partes por milhão.

A máxima quantidade de desgaste normal foi determinada para cada metal de um particular sistema programado.

Esta quantidade é chamada “seu limite mínimo de contaminação”, e é medida pelo peso, em partes por milhão (PPM).

Deve ser entendido que, o metal que se origina de um desgaste, é de tamanho microscópico, não pode ser visto a olho nu, não pode ser pego com os dedos e flui livremente através dos filtros do sistema.

Como um exemplo, este metal de desgaste que tenha 1/10 do tamanho de um grão de talco, é facilmente medido pelo espectrômetro.

Portanto, o espectrômetro mede as partículas que se movimentam em suspensão no óleo, e que são pequenas demais para serem retidas pelos filtros ou plugues magnéticos.

Vantagens

O “Programa de Análise do Óleo” não é um remédio para tudo, como prática normal de manutenção, no entanto, deve ser seguida.

Existem vários benefícios do programa que são importantes.

Analisar uma amostra do óleo após uma ação de manutenção pode ser um controle de qualidade pela manutenção.

Uma análise, que continua a apresentar uma anormal concentração de partículas metálicas, é uma prova positiva de que a manutenção não corrigiu a discrepância, e uma técnica de pesquisa de panes deverá ser empregada.

Análise de amostras de motores em teste tem reduzido a possibilidade de instalar um motor revisado na aeronave, contendo problemas que não tinham sido detectados pelos instrumentos da bancada de testes. O espectrômetro tem sido usado principalmente para analisar as condições de motores convencionais, turboélices e turbojatos, bem como transmissões de helicópteros, impedindo que as falhas, posteriormente, se apresentassem em vôo. Numerosos motores convencionais foram reparados na pista com troca de cilindros, no lugar de trocar o motor por inteiro.

A técnica é também aplicável em controles de velocidade constante, supercompressores, caixas de engrenagens de redução, sistemas hidráulicos e outros sistemas mecânicos lubrificados com óleo.