

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 vagarosamente 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.

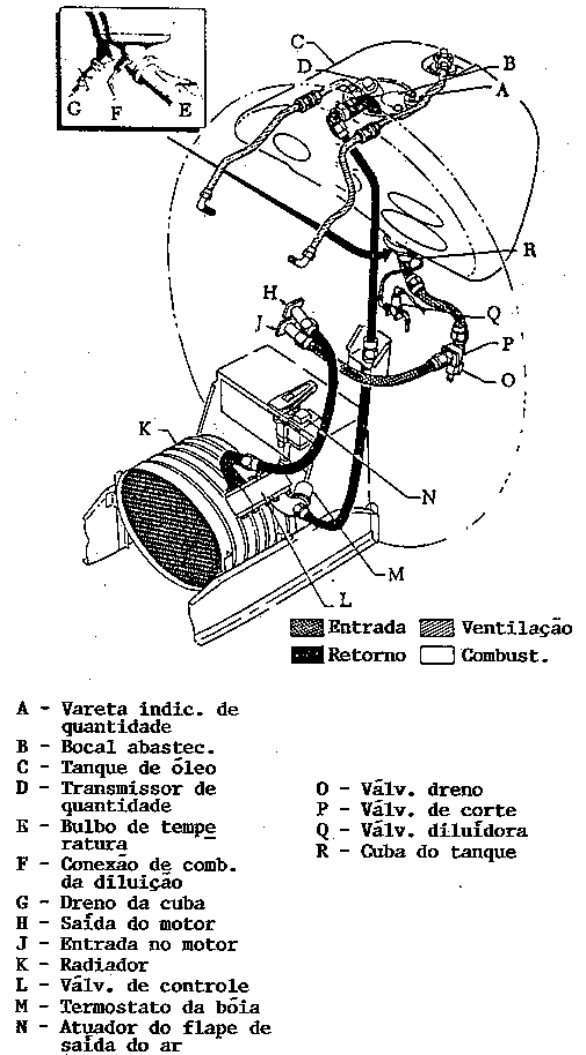


Figura 6-2 Sistema típico de lubrificação.

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.

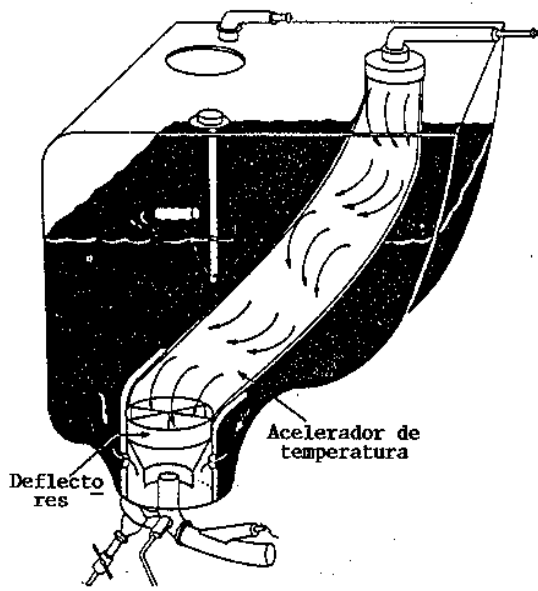


Figura 6-3 Tanque de óleo com turbilhonador.

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.

Defletores 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 vôo.

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 assentam 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, cunco 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 “cunco” 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 “cunco” operado manualmente é girado por uma manete externa. Filtros “cunco” 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 “cunco” 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.

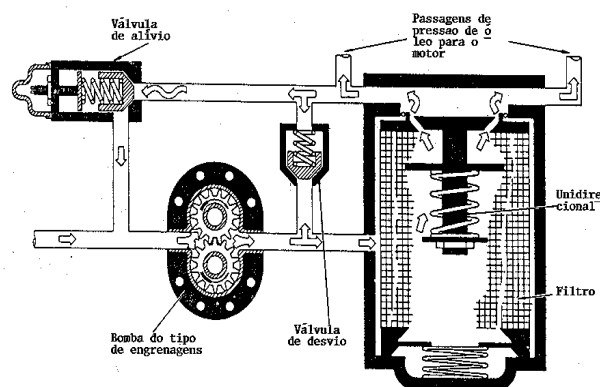


Figura 6-4 Bomba de óleo do motor e unidades associadas.

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

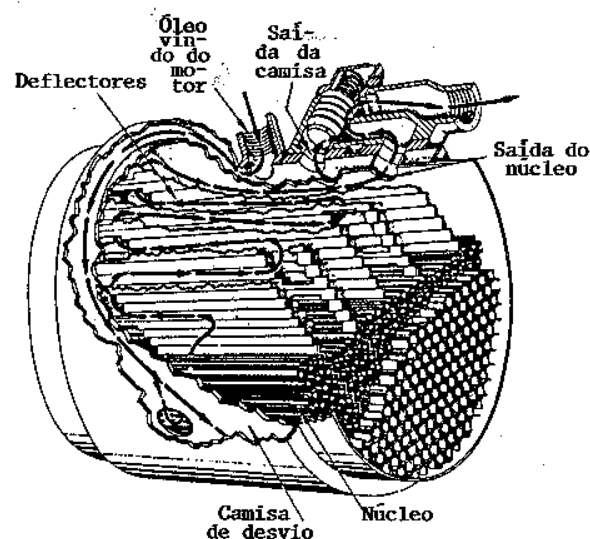


Figura 6-5 Radiador de óleo.

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).

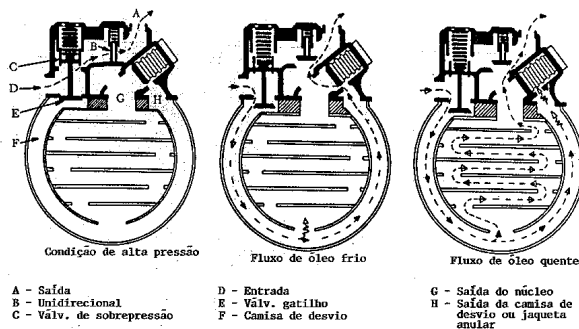


Figura 6-6 Válvula de controle com proteção contra sobrepressão.

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.

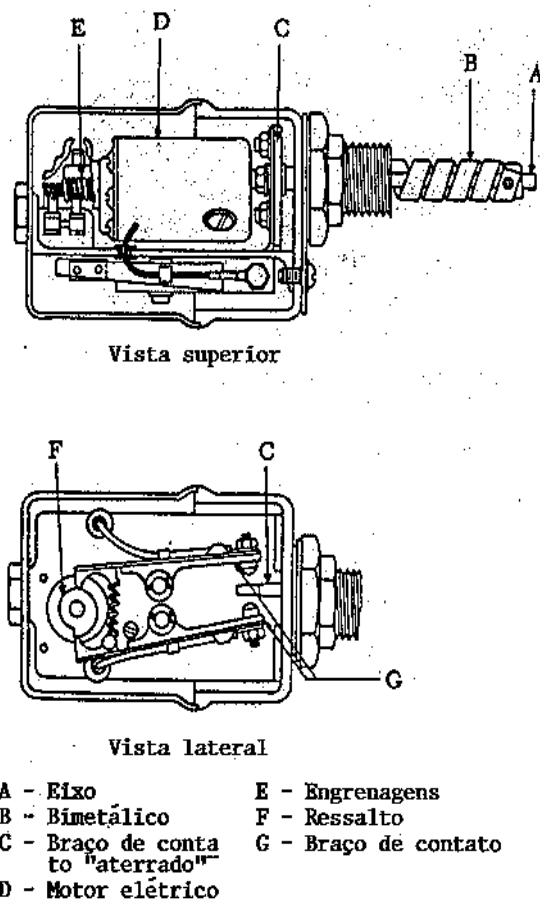


Figura 6-7 Termostato de controle flutuante.

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.

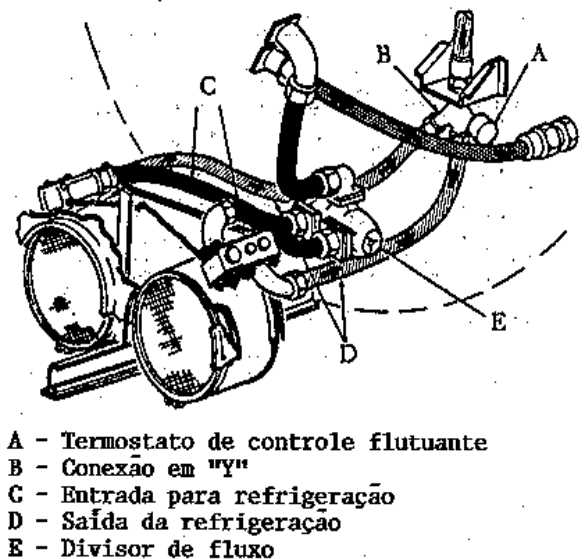


Figura 6-8 Sistema de duplo radiador de óleo.

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 caíam 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.

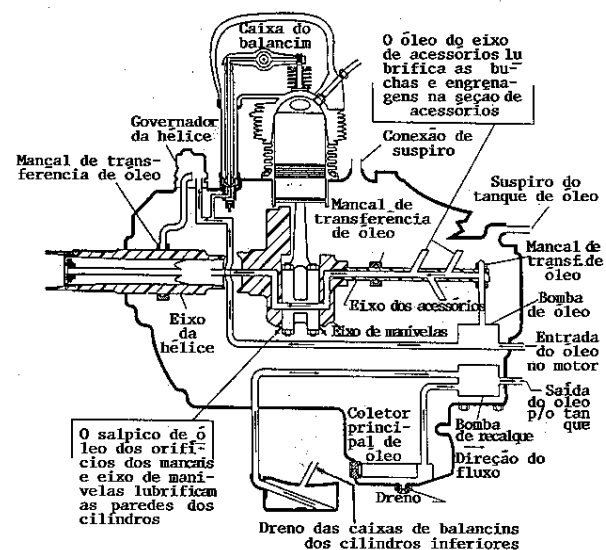


Figura 6-9 Esquema de um sistema de lubrificação por pressão de cárter seco.

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 vôo.

Lubrificação com cárter cheio

A forma simples de um sistema de cárter cheio é mostrada na figura 6-10.

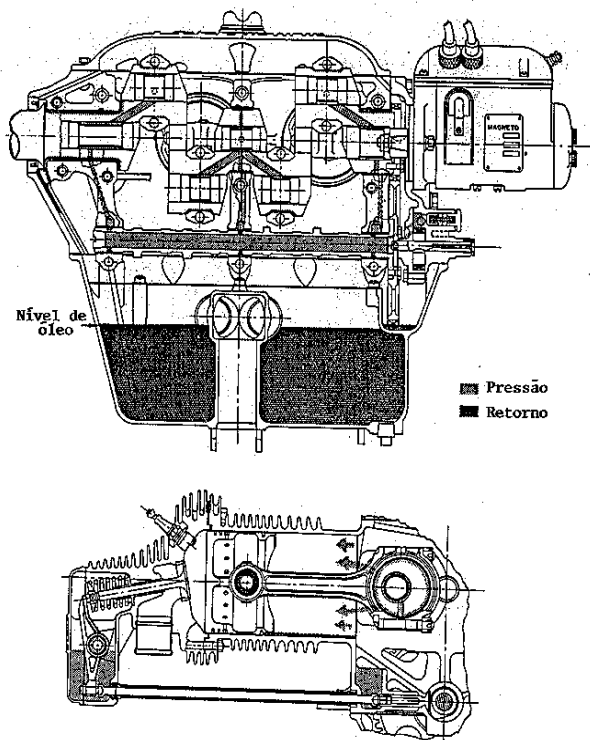


Figura 6-10 Vista esquemática de um típico sistema de lubrificação de cárter molhado.

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 vôo 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.

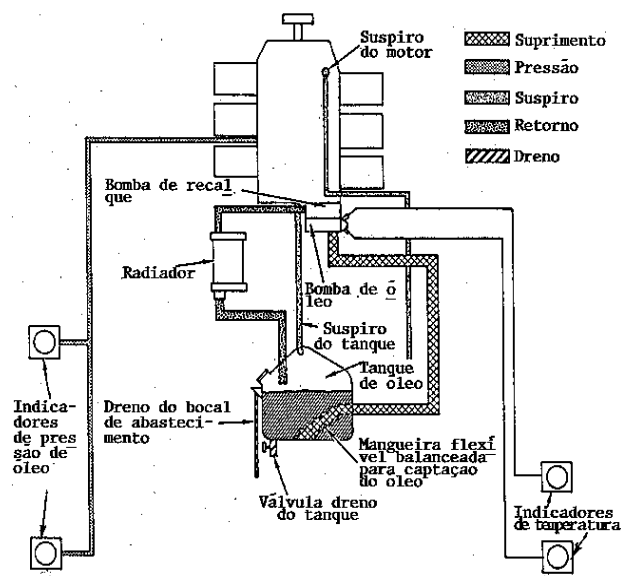


Figura 6-11 Esquema do sistema de óleo.

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.

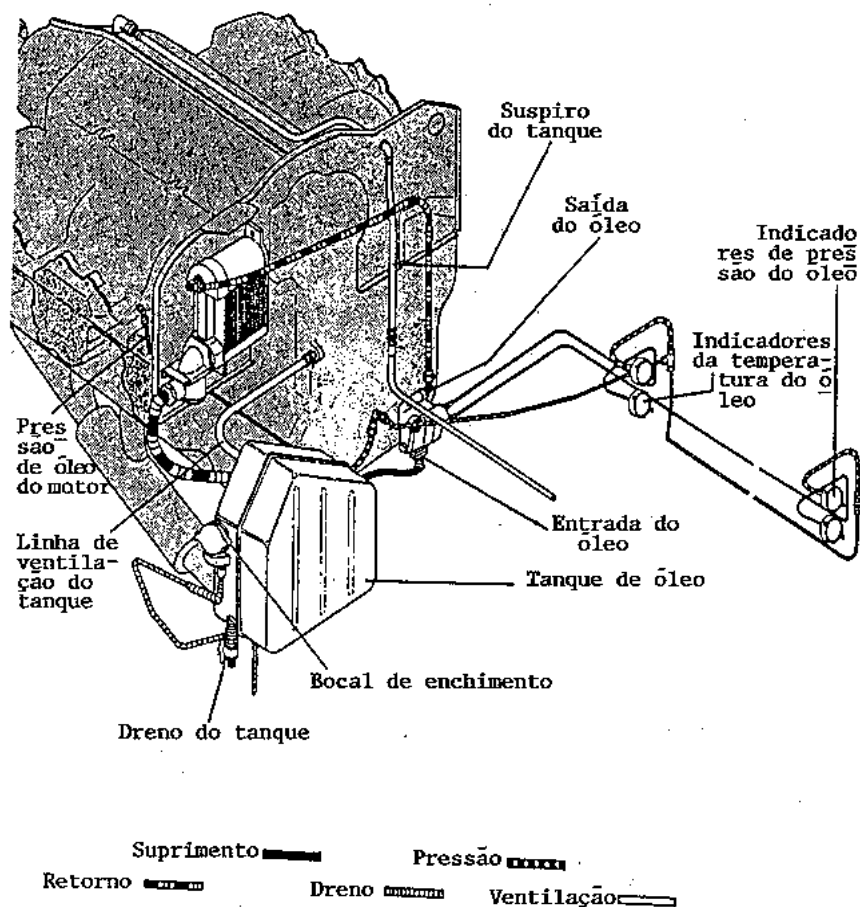


Figura 6-12 Sistema de óleo, em perspectiva.

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.

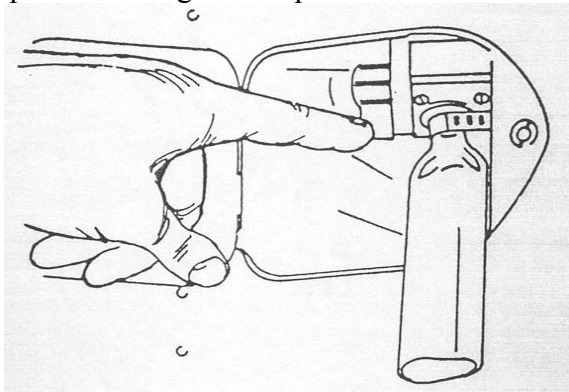


Figura 6-13 Dreno do tanque de óleo

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.

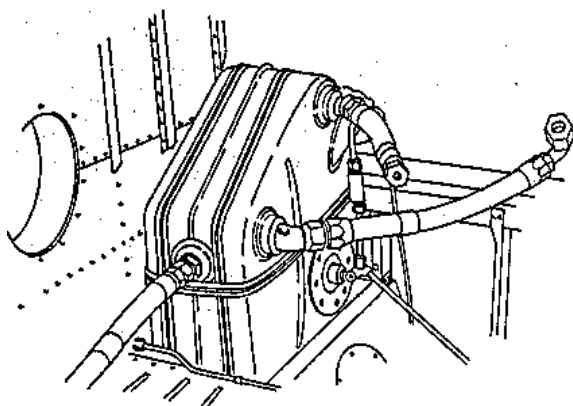


Figura 6-14 Desconexão das linhas de óleo.

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.

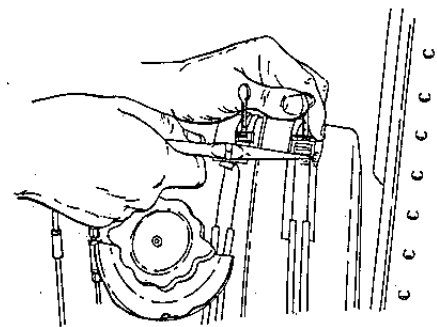


Figura 6-15 Remoção das braçadeiras de segurança.

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).

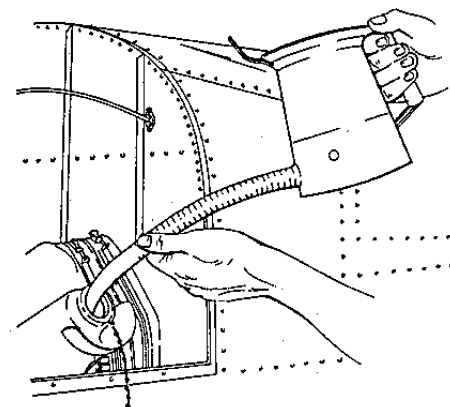


Figura 6-16 Reabastecimento de um tanque de óleo.

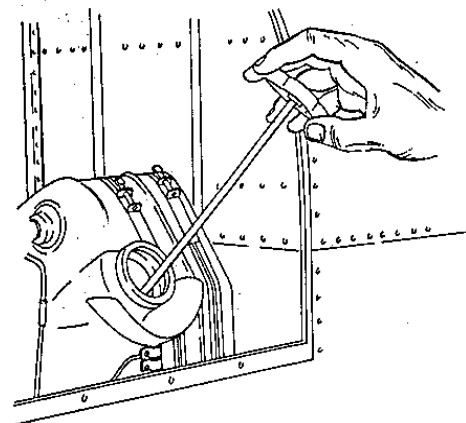


Figura 6-17 Checagem do nível de óleo com a vareta.

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.

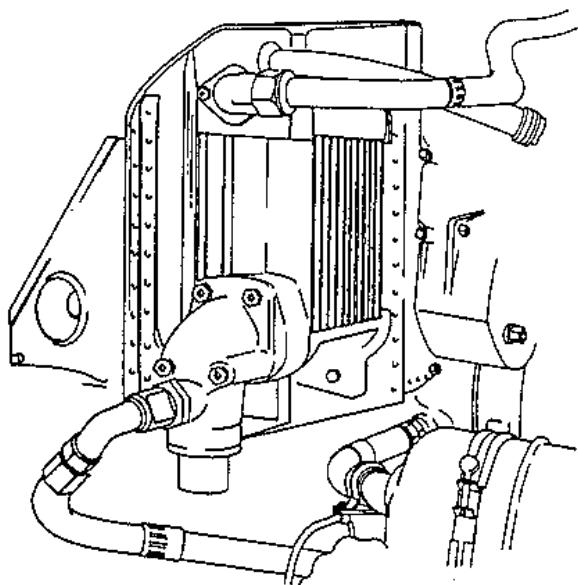


Figura 6-18 Radiador de óleo.

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.

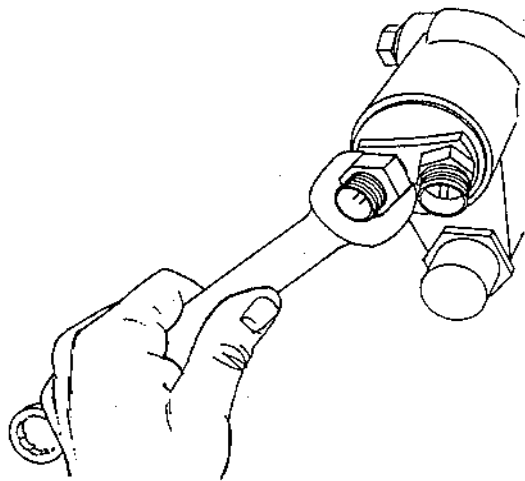


Figura 6-19 Removendo o bulbo de temperatura do óleo.

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.

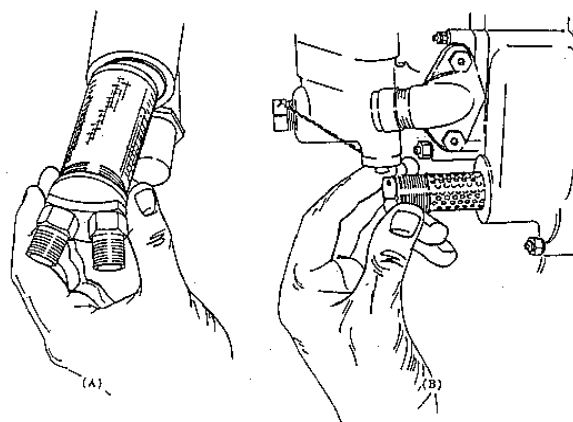


Figura 6-20 A - Filtro da linha de pressão; e B - Filtro de linha de recalque.

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).

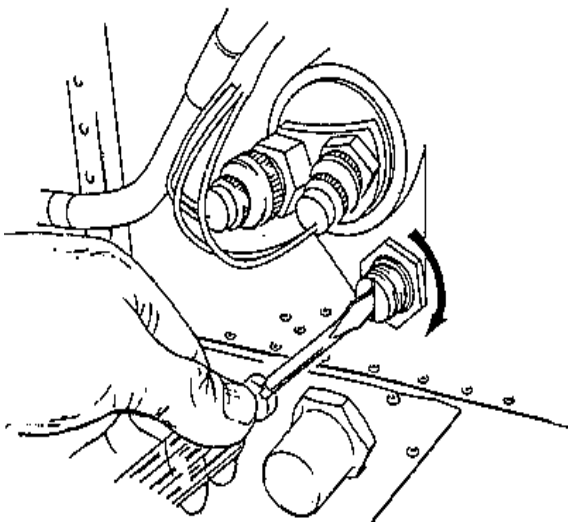


Figura 6-21 Ajustando a válvula de pressão do óleo.

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 freqüentes 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

de ser absorvido pelo óleo. O uso do ar reduz sensivelmente a quantidade de óleo necessário para manter o resfriamento adequado dos rolamentos.

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.

Lubrificação de motores a reação com cárter do tipo seco

No sistema de lubrificação de motores do tipo cárter seco, o óleo fica em um tanque normalmente montado.

Neste tipo de sistema, uma grande quantidade de óleo pode ser transportada, e a temperatura pode ser prontamente controlada. Um resfriador de óleo é incorporado ao sistema de cárter seco, figura 6-22. Esse resfriador pode usar o ar ou o próprio combustível como agente resfriador.

O sistema de cárter 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.

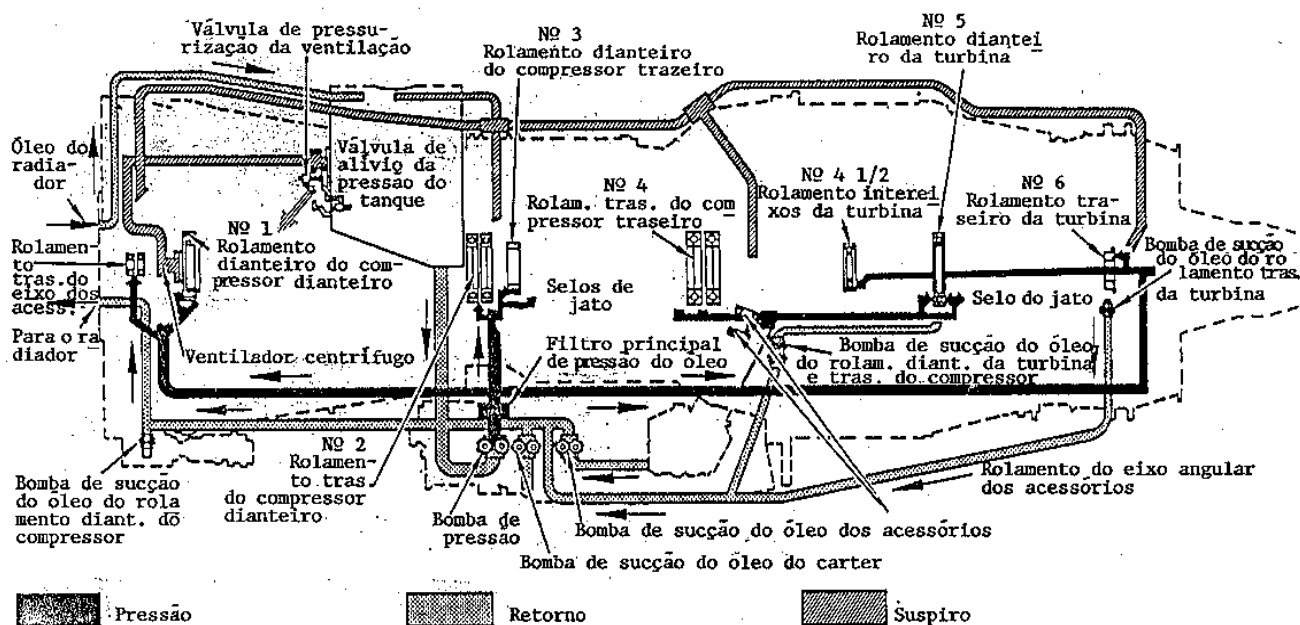


Figura 6-22 Sistema de lubrificação de um motor turbojato de cárter seco.

Embora o sistema de cárter seco use um tanque que contém a maioria do óleo utilizado no sistema, uma pequena quantidade é mantida dentro do motor em um pequeno reservatório. Nesse reservatório encontramos a bomba de óleo, as telas das linhas de pressão e recuperação, as conexões de retorno, um filtro e os pontos de fixação do transmissor de pressão de óleo e do bulbo de temperatura.

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

atitudes da aeronave. Sendo que isto é feito por uma ação conjunta de uma conexão de saída orientável, uma divisória de metal que divide o tanque horizontalmente, duas válvulas unidirecionais e um sistema de ventilação positiva.

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.

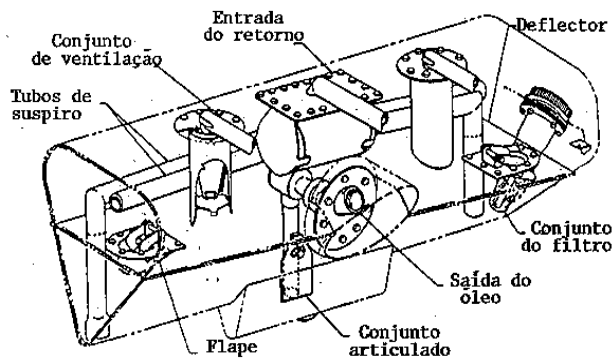


Figura 6-23 Tanque de óleo.

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.

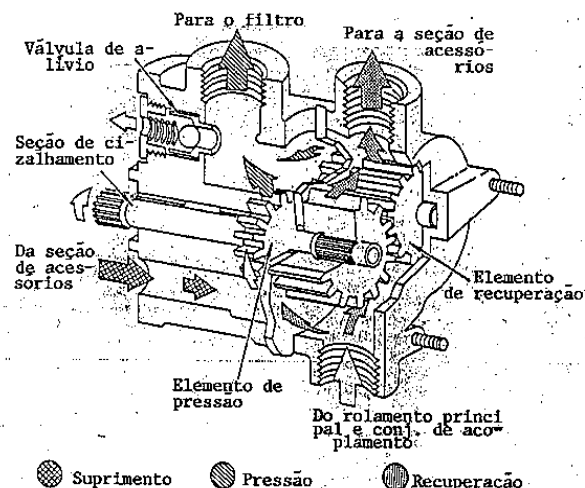


Figura 6-24 Vista em corte de uma bomba de engrenagem.

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.

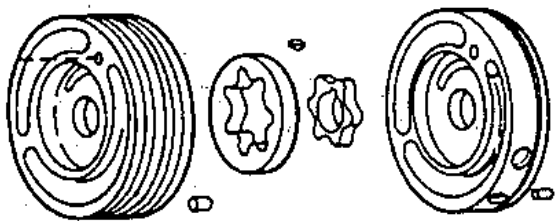


Figura 6-25 Elemento de uma bomba tipo gerotor.

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.

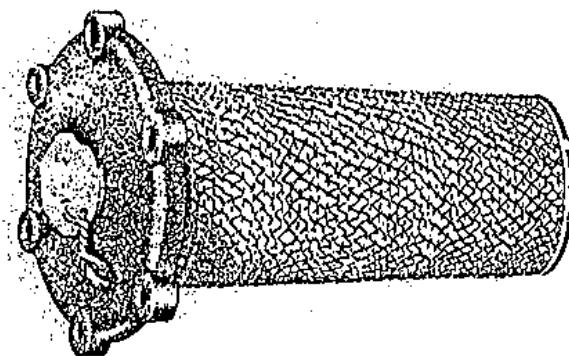


Figura 6-26 Filtro de óleo de tela e espaçadores.

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.

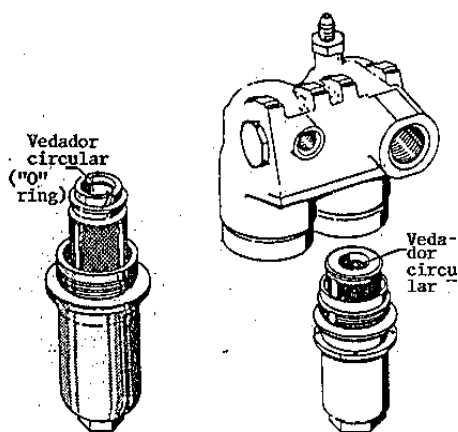


Figura 6-27 Conjunto de filtragem.

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 respiradouros possuem um defletor para impedir o vazamento de óleo durante manobras em vôo.

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.

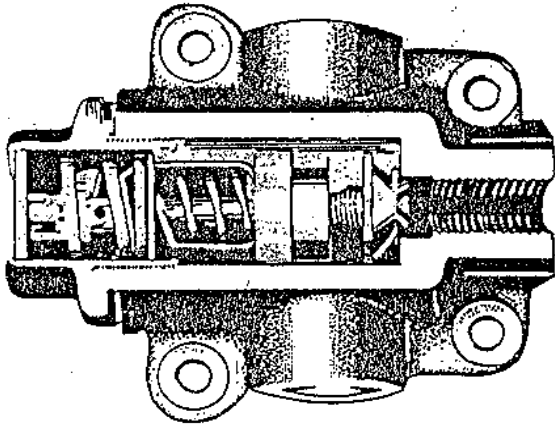


Figura 6-28 Uma típica válvula de desvio termostática.

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.

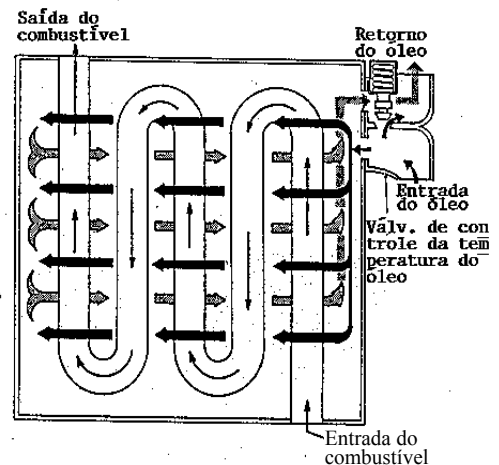


Figura 6-29 Radiador por troca de calor óleo/combustível.

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.

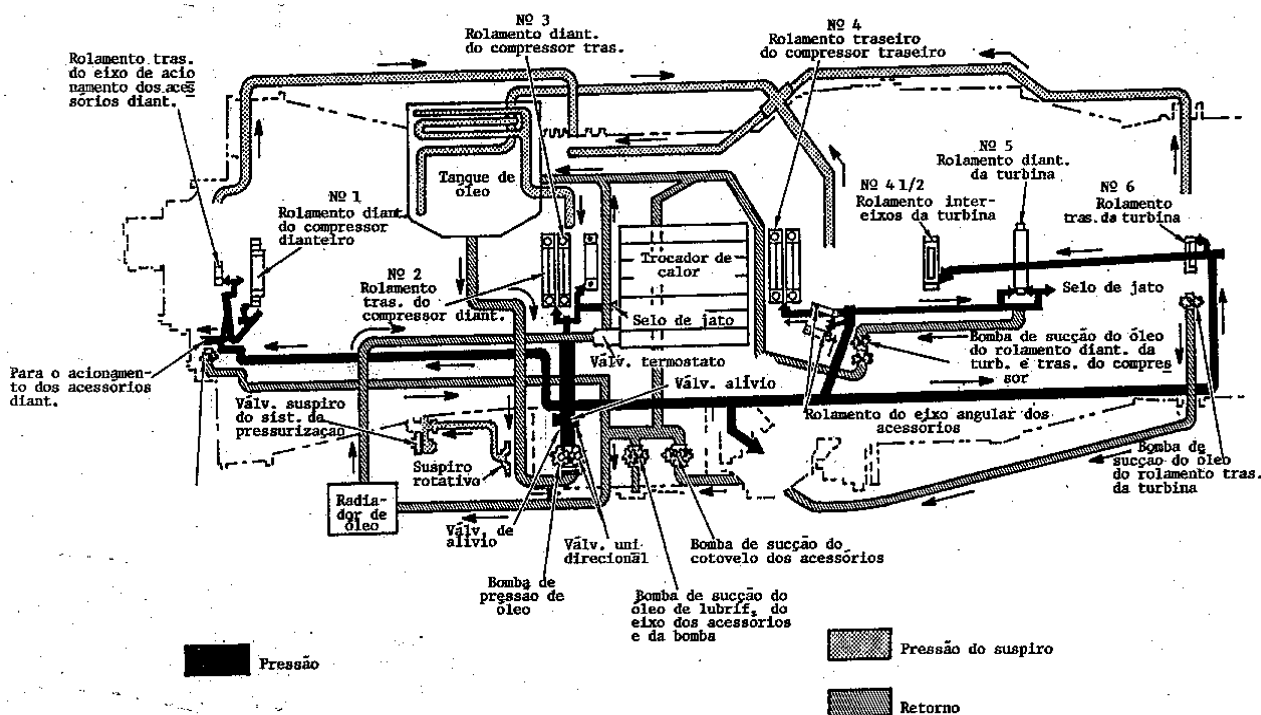


Figura 6-30 Sistema de lubrificação de um motor à turbina típico de cárter seco.

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.

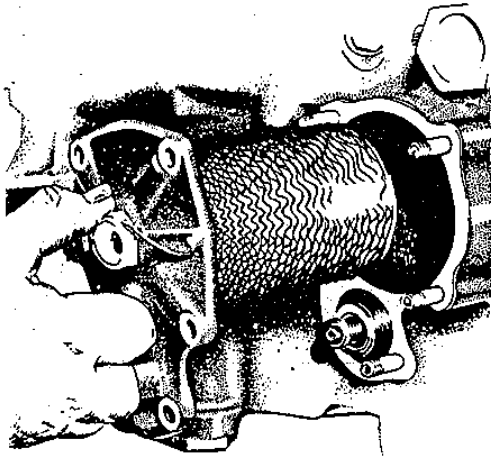


Figura 6-31 Removendo o conjunto do filtro de óleo.

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.

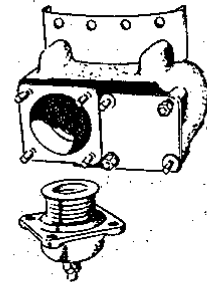
Os compartimentos de rolamentos compartilhados pelo rolamento traseiro da seção dianteira do compressor e o rolamento da parte traseira do compressor são ventilados (através de aletas ocas) até a coroa circular da caixa intermediária do compressor. Deste ponto em diante o vapor entra para a caixa de 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.

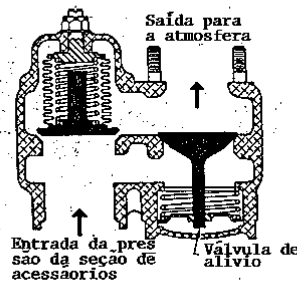
A uma pressão do nível do mar, a válvula de suspiro do sistema pressurizado está aberta; ela vai fechando gradualmente na medida em que a altitude vai aumentando, e mantém uma

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.



A - Válvula de suspiro do sistema de pressurização



B - Vista em corte da válvula

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.

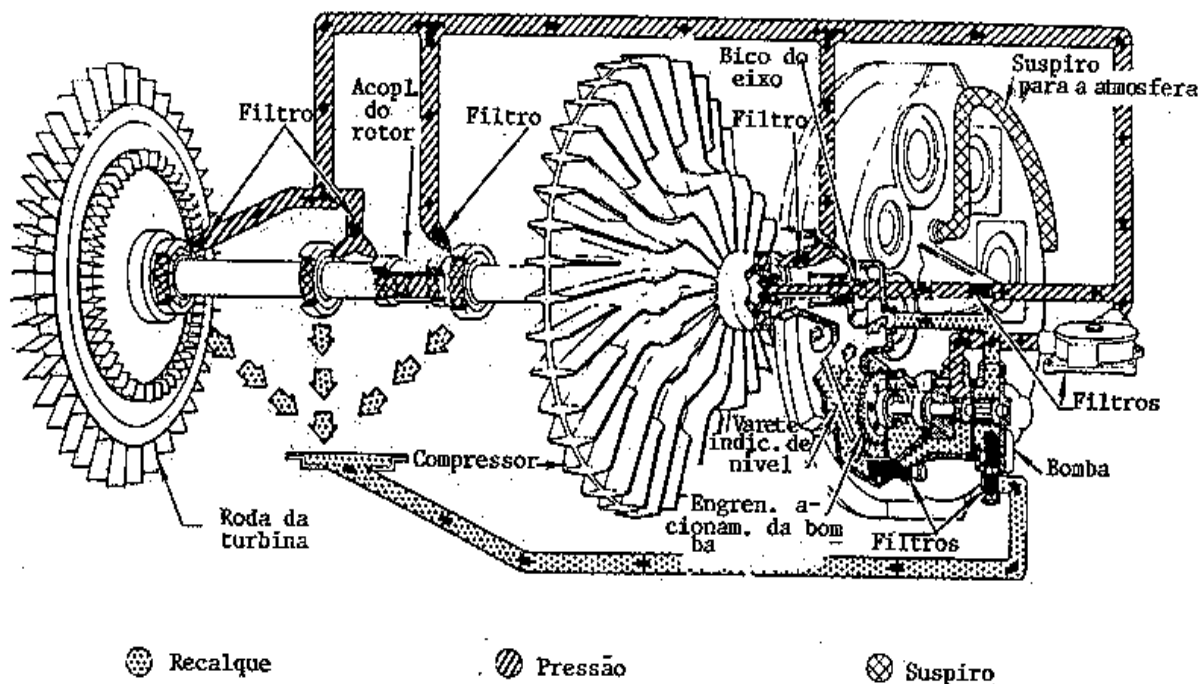


Figura 6-33 Sistema de lubrificação do motor turbojato de cárter molhado.

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 lubrificadas 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.

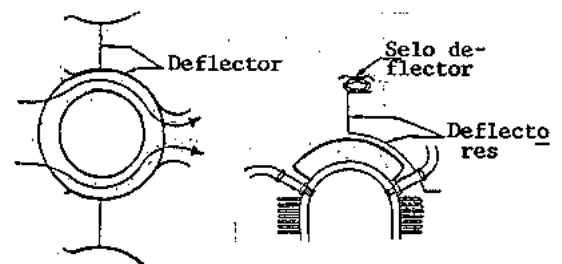


Figura 6-34 Dissipação do calor.

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.

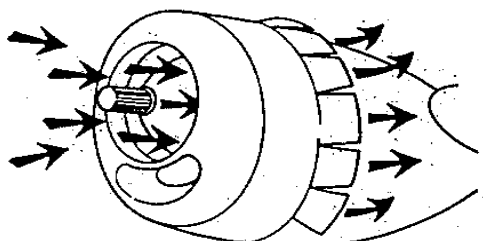


Figura 6-35 Regulagem do fluxo de ar de refrigeração.

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.

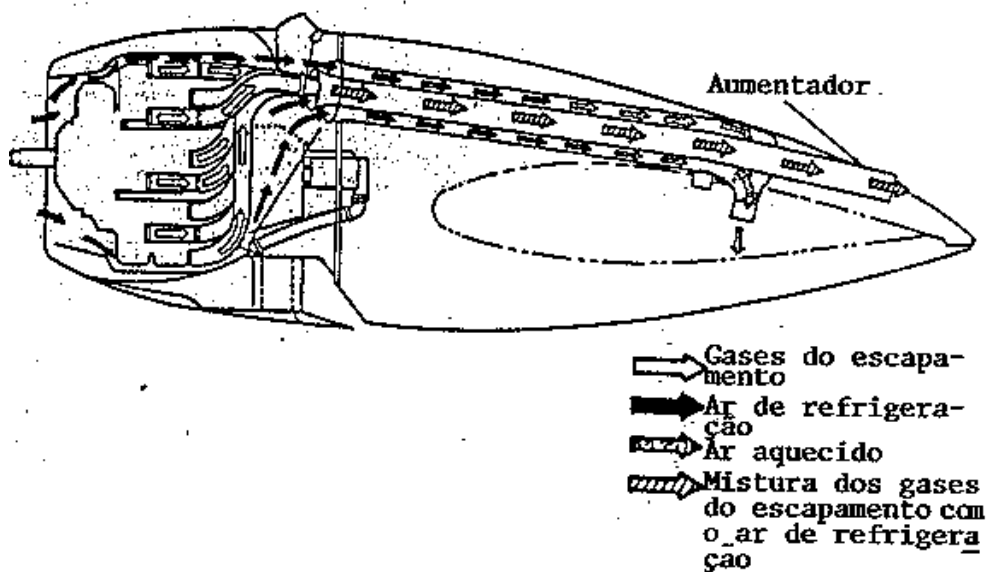


Figura 6-36 Aumentador de fluxo.

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.

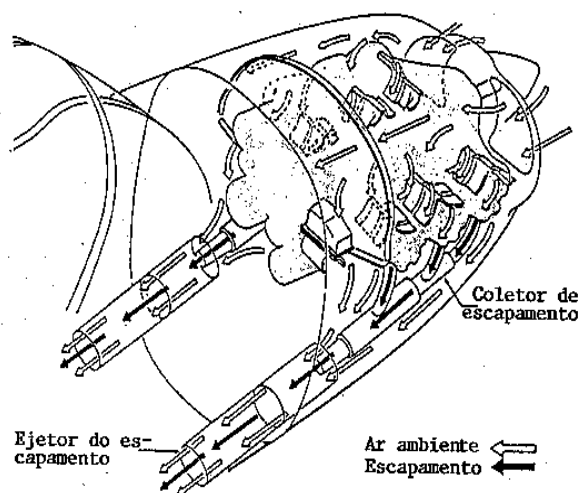


Figura 6-37 Sistema de exaustão e de refrigeração do motor.

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.

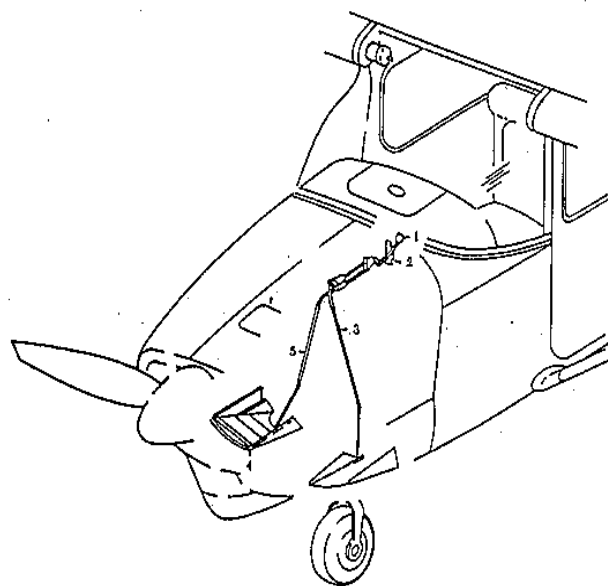
O ar aquecido é retirado do compartimento inferior do motor pela ação de sucção dos gases de escapamento através das descargas. Este tipo de sistema de refrigeração elimina o uso de flapes controláveis do capô, e assegura uma refrigeração adequada em todos os regimes de velocidade da aeronave.

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.



- 1- Alavanca de controle do flape de refrigeração
- 2- Braçadeira
- 3- Controle do flape esq. de refrigeração
- 4- Flapes de refrigeração
- 5- Controle do flape dir. de refrigeração

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.

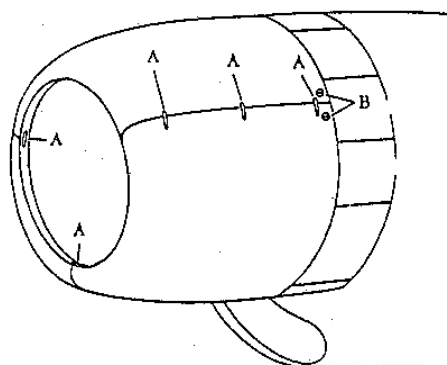
O capô do motor, discutido nesta seção, é típico dos usados em motores radiais ou horizontais opostos, e é conhecido como "anel de velocidade".

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.

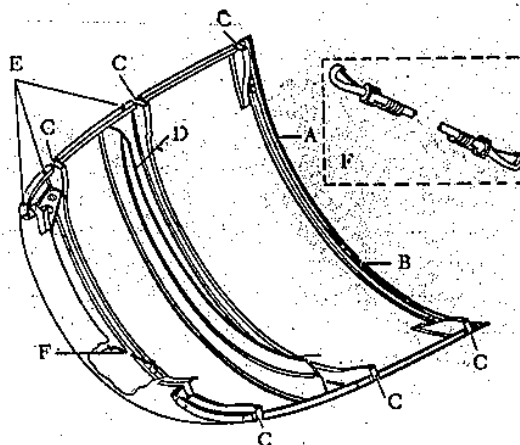
O painel do capô anular, fabricado de chapa de alumínio, tem a parte externa lisa para permitir um fluxo de ar uniforme sobre o capô. A construção interna é projetada para dar reforço ao painel e, em adição, fornecer alojamento para as travas articuladas, anel estrutural do capô e selos de ar do motor.



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

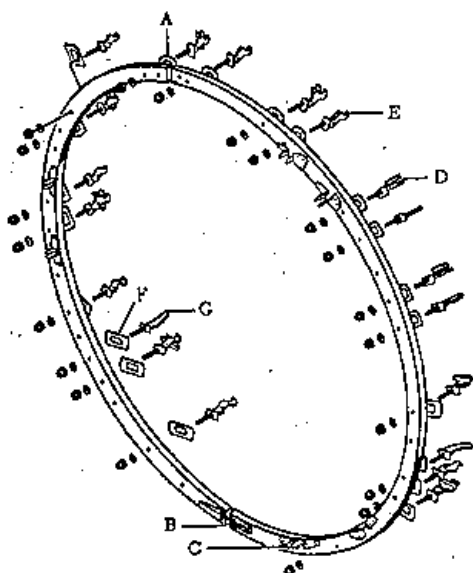
Figura 6-40 Construção do anel de velocidade.

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.



- A- Conexão flexível da metade superior
- B- Conexão ajustável
- C- Travas angulares
- D- Terminal articulado dos flapes
- E- Terminal articulado
- F- Placa da trava articulada
- G- Bixo da trilha do flape

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.

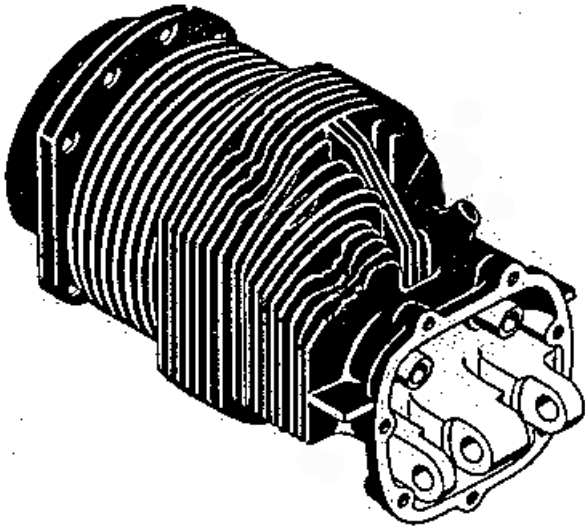


Figura 6-42 Cilindro com aletas quebradas.

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.

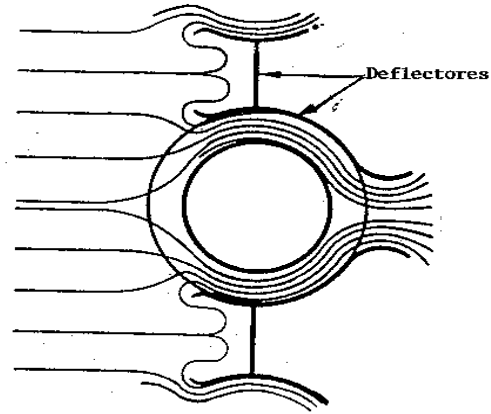


Figura 6-43 Sistema deflector do cilindro.

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.

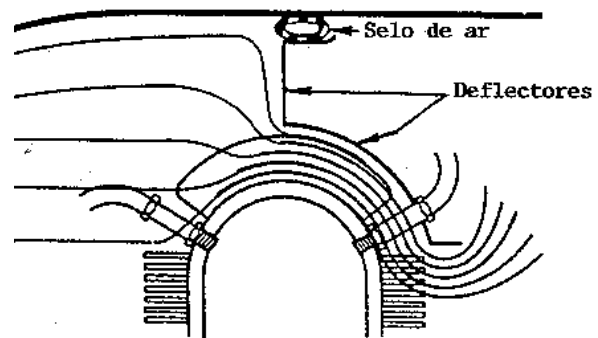


Figura 6-44 Sistema deflector da cabeça do cilindro.

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 flapes 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.

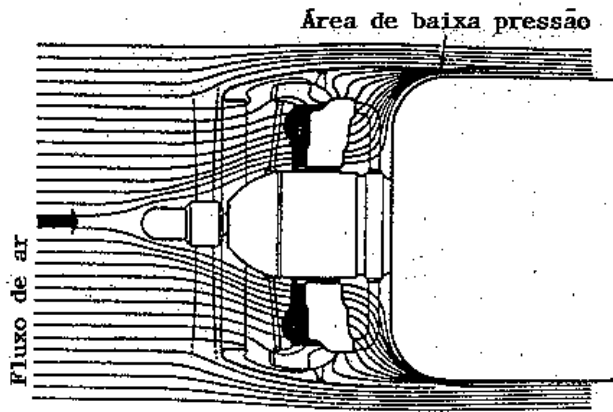


Figura 6-45 Fluxo de ar no motor.

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, mossas ou perdas dos pinos fixadores. Mossas e trincas sérias necessitam de reparo imediato ou substituição.

Entretanto, uma trinca pequena pode ser reparada com um furo de parada, e mossas 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.

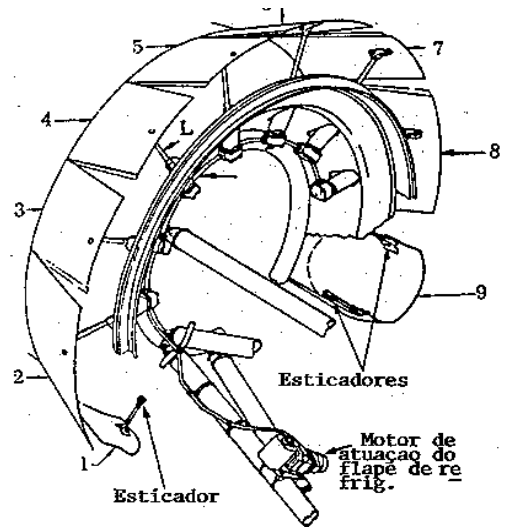


Figura 6-46 Instalação dos flapes de refrigeração.

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.

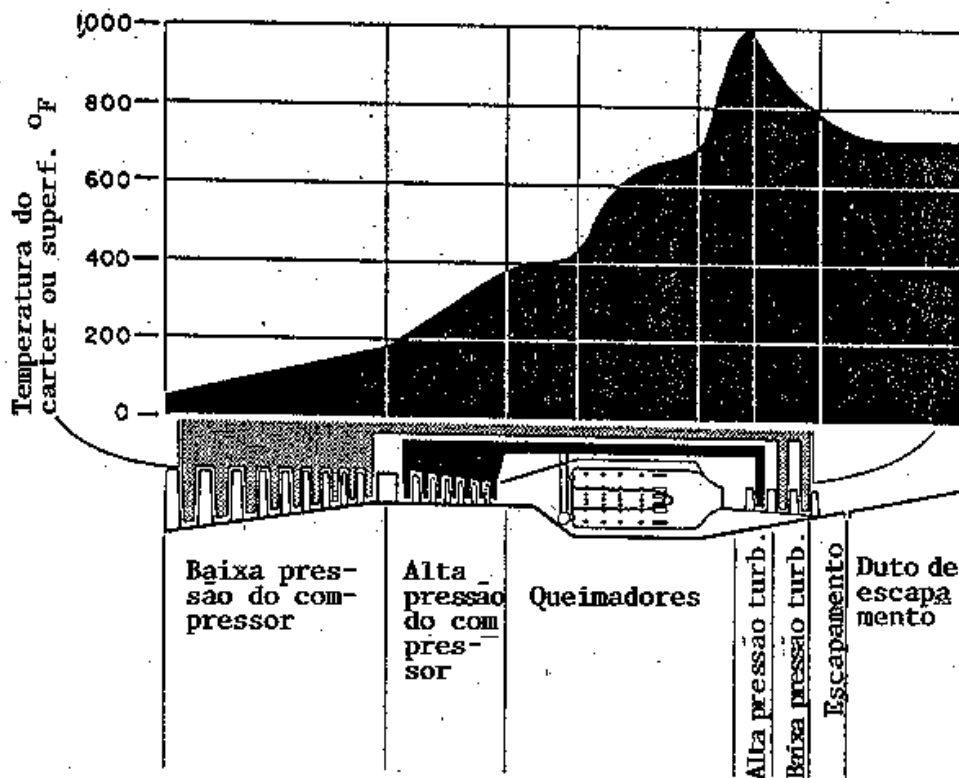


Figura 6-47 Temperaturas na carcaça externa de um motor turbojato de compressor duplo axial.

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.

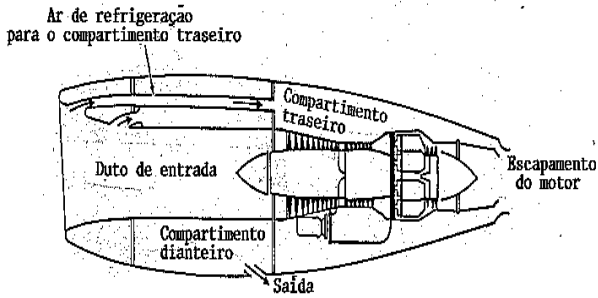


Figura 6-48 Dispositivo típico de refrigeração da nacele do motor.

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

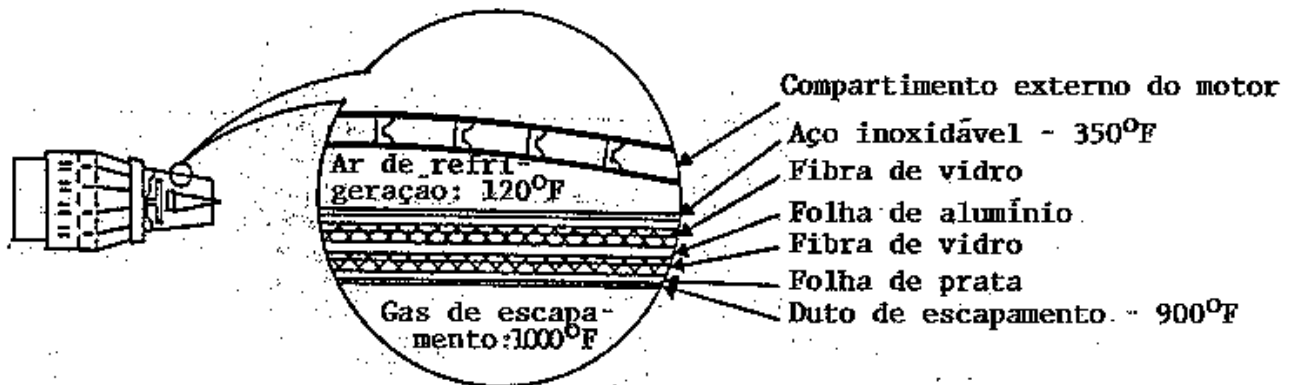


Figura 6-49 Manta de isolamento típica.