

### OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DO MOTOR

#### INTRODUÇÃO

As operações de revisão e manutenção são executadas nos grupos motopropulsores de aviões, a intervalos especificados. Esses intervalos são normalmente estipulados pelo número de horas em que os motores foram operados.

Testes e experiências têm mostrado que a operação, além deste período de tempo, será ineficiente e danosa, pois certas partes serão desgastadas além de seus limites. Para que um motor revisado fique como um novo, partes danificadas devem ser detectadas e separadas, ou trocadas durante a revisão completa do motor.

O único meio para se detectar tudo isto é a inspeção detalhada de todas as peças durante a desmontagem do motor.

A inspeção não pode ser superficial, sem cuidado ou incompleta.

#### REVISÃO DOS MOTORES ALTERNATIVOS (CONVENCIONAIS)

Cada motor fabricado possui tolerâncias de fabricação, com as quais suas partes devem estar em conformidade. Auxílios gerais de instruções determinam as tolerâncias das partes. Entretanto, em alguns casos, a decisão final é deixada para o mecânico; ele deve determinar se a peça é reparável e refugável, ou se ainda poderá voltar a funcionar.

Os conhecimentos dos princípios de operação, esforços e solicitações mecânicas são essenciais a este tipo de decisão. Quando um mecânico decide pela revisão completa de um motor, deve certificar-se de ter usado o método de trabalho, técnica e práticas aceitáveis pelo FAA.

#### Revisão Parcial

Motores modernos de aeronaves são construídos com materiais duráveis, de modo que a revisão parcial (*Top Overhaul*) não vem sendo mais utilizada, ela significa revisão de todas as partes do motor no topo do cárter de força, sem desmontagem completa do motor. Isto inclui remoção de unidades assim como: coletor de escapamento, cablagem de ignição e

duto de indução necessários a remoção de cilindros.

A revisão atual consiste de recondição de pistões, cilindros, mecanismo de comando de válvulas, troca de guias de válvulas e anéis de segmento, se necessários. Esta revisão não é recomendada por todos os fabricantes de motores.

Se o motor sofreu algum tipo de esforço que requeira maior atenção, ele deve ser desmontado e verificado.

#### REVISÃO MAIOR

Este tipo de revisão consiste de uma completa desmontagem e recondição do grupo motopropulsor.

O período de revisão completa de um motor geralmente é determinado pelo fabricante do mesmo, ou por um máximo de horas de operação entre as revisões, aprovado pelo FAA.

A intervalos regulares, um motor deve ser completamente desmontado, totalmente limpo e inspecionado.

Cada parte deve ser revisada de acordo com as instruções e tolerâncias do motor envolvido. As instruções gerais serão descritas nesta seção.

Todo motor que tenha sido completamente desmontado logo de início, deve sofrer uma verificação rigorosa no eixo principal (eixo de manivelas) e no eixo da hélice quanto a empenos, desgaste, etc.

Qualquer dúvida quanto as condições desses eixos, inclusive quanto a empenos fora de limites, exige a troca dos mesmos.

#### Desmontagem

Mais do que uma inspeção visual logo após a desmontagem, todas as partes individualmente devem ser marcadas sobre uma bancada, a medida em que elas são removidas. Todas as peças devem ser guardadas com cuidado para evitar perdas e danos.

Peças pequenas, porcas, parafusos, aruelas, etc., devem ser colocadas em um recipiente durante a operação de desmontagem.

Outras práticas devem ser observadas durante a desmontagem:

- (1) Dispor de todos os dispositivos de segurança durante a desmontagem. Nunca reaproveitar arame de freio, contra-pino, etc.
- (2) Todos os fixadores, prisioneiros, conexões danificadas, etc., devem ser marcados para evitar falhas de inspeção ou passarem despercebidos.
- (3) Sempre usar ferramentas adequadas para cada serviço, preferencialmente usar ferramentas de encaixe, soquetes, etc. Sempre que houver ferramentas especiais usá-las, ao invés de ficar improvisando.
- (4) Drenar o óleo de lubrificação do motor e remover os filtros. O óleo deve ser drenado para um recipiente através de um pano limpo, para que se verifique se há partes metálicas importantes no óleo a serem avaliadas.
- (5) Antes da desmontagem, lavar as partes externas do motor.

### --Inspeção

A inspeção das partes do motor, durante uma revisão completa, é dividida em três categorias:

- (1) visual.
- (2) magnética.
- (3) dimensional.

Os dois primeiros métodos são para determinar falhas estruturais nas peças, enquanto o último detalha as medidas e forma das peças.

Falhas estruturais podem ser detectadas através de diversos processos. Peças de aço não-austenítico podem ser examinadas pelo processo de partículas magnéticas. Outros métodos tais como raio-x e raio gama, também podem ser usados.

A inspeção visual deve ser precedida de qualquer outro método de inspeção. Algumas peças não devem ser limpas antes de uma preliminar inspeção visual, uma vez que, frequentemente, resíduos de partes metálicas podem facilitar a inspeção/detecção de falhas internas do motor.

Vários termos são usados para descrever os defeitos detectados nas peças dos motores. Alguns desses termos e definições são:

- (1) Abrasão - uma área desgastada ou com marcas, causadas por objetos estranhos entre as partes móveis ou superfícies.
- (2) Mossas - uma ou mais depressões que aparecem usualmente nas pistas dos rolamentos, causadas por altas cargas estáticas ou esforços excessivos praticados durante a remoção ou instalação.  
Mossas podem ser circulares ou semi-esféricas devido a impressão deixada pelo contato de esferas ou roletes dos rolamentos.
- (3) Queimadura - peças ou superfícies danificadas por excesso de calor. Isto poderá ser causado por montagens impróprias, falhas de lubrificação ou sobretemperatura operacional.
- (4) Brunidura - polimento de uma superfície pelo contato de deslizamento suave com outra superfície mais dura. Usualmente sem remoção de metal.
- (5) Rebarba - projeção de metal reto ou circular geralmente ocasionado pelo processo de usinagem, broqueamento, serragem, furação, aplainamento, etc.. Apresenta-se com uma protuberância de metal nas bordas das peças.
- (6) Atrito - descrito como uma condição causada pela ação do roçamento entre duas partes, sob ligeira pressão, a qual poderá resultar em desgaste.
- (7) Cavaco - descrito como sobras de corte de metal, liberação de lascas, etc, causados pelo processo de usinagem ou esforços excessivos concentrados.
- (8) Corrosão - perda de metal pelo processo químico ou eletroquímico. Os resíduos da corrosão são geralmente fáceis de serem removidos por processos mecânicos. A ferrugem é um exemplo de corrosão do ferro.
- (9) Rachadura - uma parcial separação de material, usualmente causada por vibração, sobrecarga, estresse, defeito ou fadiga. A profundidade poderá ser de alguns milésimos para a totalidade da espessura da peça.

- (10) Corte - perda de metal, usualmente por uma apreciável profundidade ao longo de uma área, por meios mecânicos pelo uso de lâminas de serra, cinzel, tesouras, guilhotina ou até por cantos vivos, agudos, etc.
- (11) Erosão - perda de metal da superfície pela ação mecânica de objetos estranhos como abrasivos, jato de areia fina, etc. A área erudida será áspera e poderá estar alinhada na direção em que o material abrasivo atingiu a peça.
- (12) Delaminação - flocos de metal que se desprendem da superfície metalizada ou pintada, usualmente causado por falha da metalização, galvanização ou ainda por excesso de carga.
- (13) Serrilhamento - uma condição de erosão de superfície, causada por pequenos movimentos entre duas peças que estão montadas juntas e sob considerável pressão.
- (14) Sulqueamento - feitura de sulcos numa superfície acabada de uma peça, devido a vibração e fricção, causado pelo pequeno movimento relativo de duas superfícies de peças sob contato de alta pressão, caracterizando um desgaste severo.
- (15) Cinzelamento - uma condição de sulqueamento, na qual um deslocamento de metal tenha ocasionado um arrancamento do mesmo.  
 Geralmente acontece quando um pedaço do próprio metal, ou outro corpo estranho se posiciona entre as partes móveis que trabalham muito próximas.
- (16) Ranhuramento - canal de forma arredondada, geralmente causado por falha de alinhamento das partes móveis.
- (17) Inclusão - presença de material estranho impregnado dentro de uma porção de metal, introduzido durante a fabricação de hastes, barras, tubos – quando em movimento ou durante o forjamento.
- (18) Entalhado - superfície com entalhes nítidos, denteamento causado por impacto de objeto estranho. O material sofre deslocamento; geralmente na forma de "v", porém raramente é separado.
- (19) Martelamento - uma série de depressões em forma de escamas numa superfície.
- (20) Transferência - um metal passa de uma superfície para outra, tendo como causa usual o atrito entre as duas superfícies inadequadamente lubrificadas.
- (21) Picado - presença de pequenas e irregulares cavidades produzidas pela corrosão ou danos; ação de picar ou corroer.
- (22) Arranhado - riscado, risco profundo ou riscas, feitos durante a operação de usinagem de uma peça, produzidos por bordas pontudas de partículas estranhas.
- (23) Raspado - riscado, arranhado, estriado, esfolado. Marca rasa e estreita ou marcas causadas pelo movimento de um objeto agudo ou partícula sobre uma superfície; o material exposto não é removido.
- (24) Descoloração - uma mudança de cor localizada, indicando uma nítida diferença comparada com a área circundante.
- (25) Recalcamento - deslocamento de material, além do contorno normal ou na superfície. Geralmente não apresenta perda de metal.

Defeitos em partes não magnéticas podem ser encontrados através de uma cuidadosa inspeção visual, assim como técnicas adequadas. Se houver desconfiança de que existe uma rachadura numa peça de alumínio, é preciso limpá-la por meio de uma escova, ou usando material abrasivo, cuidadosamente, para evitar arranhar a superfície. Cobre-se a peça com uma solução de 1 ¼ lb de hidróxido de sódio e uma pinta de água a temperatura ambiente. A peça é enxaguada com água, após a mesma ter ficado em contato com a solução por um minuto.

Neutraliza-se a peça com uma solução de uma parte de ácido nítrico e três partes de água aquecida a 100 °F. A peça é mantida nesta solução até que o depósito negro seja dissolvido. Seca-se a peça com ar comprimido. Se existir uma rachadura, as bordas ficarão escurecidas após este tratamento, auxiliando a sua detecção. Para peças de magnésio, uma solução de 10% de ácido acético, em temperatura ambiente, pode ser aplicada por no máximo um minuto. A peça deve ser então enxaguada com a solução

de uma onça de amônia comum em um galão de água.

Examina-se todas as engrenagens quanto a evidência de corrosão ou desgaste excessivo. Estas condições são particularmente importantes quando ocorre nos dentes. Pontos de desgaste profundos nesta área são motivos de rejeição da engrenagem. As superfícies das buchas de todas as engrenagens devem estar livres de rachaduras profundas; e pequenos arranhões podem ser removidos com uma lixa fina.

Todas as superfícies das buchas devem ser examinadas quanto a arranhões profundos, sulcos e desgastes. Determinados arranhões e riscos brilhantes na superfície das buchas de alumínio não prejudicam, e não devem ser considerados como causa de rejeição da peça, desde que as folgas estejam dentro dos limites das tabelas de tolerância do manual do fabricante. Mesmo que a peça esteja dentro dos limites de tolerância especificada, ela não é satisfatória para a reinstalação no motor, a menos que uma inspeção mostre que a peça esteja livre de outros defeitos.

Rolamentos de esfera devem ser inspecionados visualmente quanto ao livre giro, pontos de deformação nas esferas, delaminação ou ainda sulcos na parte externa das pistas. Todos os suportes de mancais devem ser verificados quanto a arranhões, sulcos, desalinhamento e condição de ovalização.

Eixos, pinos, etc. devem ser checados quanto a deformações, empenos e outros. Isto pode ser feito utilizando-se blocos padrão de oficina de ajustagem e um relógio comparador.

Superfícies desgastadas, corroídas ou com problemas em áreas submetidas a grandes esforços, podem causar falhas definitivas nas peças envolvidas.

As seguintes áreas devem ser cuidadosamente examinadas quanto a evidência de corrosão:

- (1) Superfícies internas dos pinos dos pistões.
- (2) Os filetes das bordas do eixo de manivelas e as superfícies dos pinos de mancal.
- (3) As pistas dos rolamentos de escora axial.

Se existir corrosão em qualquer das superfícies mencionadas que não possam ser removidas por polimento ou outro meio abrasivo, a peça normalmente é rejeitada.

Fixadores rosqueados, ou conectores, devem ser inspecionados quanto ao estado das roscas. Roscas mutiladas não podem ser toleradas; a peça deve ser rejeitada, embora pequenos

defeitos e rebarbas possam ser removidos com lixa fina ou outro material abrasivo. Se a peça apresentar distorções, danificações ou deformações causadas por aperto excessivo ou uso de ferramentas inadequadas, ela deve ser substituída por uma nova.

## Limpeza

Após inspecionar visualmente as concavidades do motor quanto a depósitos de partículas metálicas, é importante limpar suas peças para facilitar a inspeção.

Os dois processos de limpeza para as peças do motor são:

- (1) Desengraxamento para remoção de sujeira e fuligem.
- (2) Remoção dos depósitos de carvão mais concentrados por descarbonização, escovamento, raspagem ou jateamento.

O desengraxamento pode ser feito por imersão ou jateamento da peça com solvente suave comercial.

Extremo cuidado deve ser tomado ao se usar qualquer solução composta de água misturada com desengraxante que contenha componentes cáusticos. Tais produtos, além de serem potencialmente corrosivos ao alumínio e ao magnésio, podem impregnar-se no metal e causar espuma no óleo quando o motor voltar a funcionar.

Quando for utilizada esta solução, é imperativo que as peças sejam enxaguadas total e completamente em água limpa, e aquecida após o desengraxamento.

Após ser efetuada a limpeza, por qualquer um dos métodos acima, protege-se imediatamente as superfícies das peças, através da aplicação de óleo lubrificante sobre as mesmas.

Enquanto a solução desengraxante remove sujeira, graxa e fuligem mais leve, depósitos de carvão mais densos ficarão ainda remanescentes em muitas superfícies internas. Para a remoção destes depósitos mais aderentes, deixa-se a peça de molho em um tanque contendo uma solução descarbonizante bem aquecida.

Uma grande variedade de agentes descarbonizantes comerciais estão disponíveis. Descarbonizantes, como as soluções desengraxantes previamente mencionadas, são geralmente de duas categorias: as solúveis em água e as

de hidrocarbonetos. As mesmas precauções, que dizem respeito ao uso da solução desengraxante solúvel em água, são aplicáveis aos descarbonizantes solúveis. Extremos cuidados devem ser tomados ao se utilizar soluções descarbonizantes em magnésio fundido.

Evita-se a imersão simultânea de peças de magnésio e aço no mesmo tanque de descarbonização, porque esta prática frequentemente resultará em danos às peças de magnésio por corrosão.

A descarbonização normalmente ainda manterá uma boa parte de depósitos de carvão após o desengraxamento; entretanto a remoção completa requererá escovamento, raspagem ou lixamento. Em todas essas operações, toma-se cuidado para evitar danos em superfícies usadas; principalmente com o manuseio de escova de aço e raspadeiras metálicas, que nunca devem ser usadas em buchas ou superfícies de contato. Nas operações de jateamento de peças, segue-se as recomendações do fabricante quanto ao tipo de material abrasivo a ser utilizado, tais como: areia, arroz, trigo, pelotinhas de plástico, e etc., que são exemplos de materiais abrasivos usados nas operações de jateamento de peças.

Todas as superfícies usadas devem ser isoladas adequadamente; e todas as aberturas vedadas antes do jateamento. Exceção a isto são as sedes das válvulas que devem ser deixadas desprotegidas, quando for feito o jateamento da câmara de combustão da cabeça do cilindro.

É sempre vantajoso jatear as sedes das válvulas, uma vez que este processo corta a vitrificação, que tende a se formar (particularmente nas sedes das válvulas de escape), facilitando o subsequente condicionamento das sedes das válvulas. As canaletas dos anéis de segmento dos pistões podem ser jateadas, contudo, extremo cuidado deve ser tomado para evitar remoção de metal das partes inferior e lateral.

Passagens de óleo nos cárteres ou em outras peças devem ser tapadas com tampões de borracha ou plástico durante o jateamento, a fim de proteger contra a infiltração de objetos estranhos. A solução descarbonizante geralmente remove a maior parte dos vernizes das superfícies externas; o verniz residual deverá ser removido por jateamento, particularmente entre as cavidades das aletas de refrigeração dos cilindros.

Concluindo a operação de limpeza, enxagua-se as peças em solvente de petróleo, se-

cando e removendo qualquer partícula de carvão por jato de ar, e aplicando uma camada de óleo protetor.

## Reparo e Substituições

Danos tais como: mossas, arranhões, rebarbas, sulcos, etc., podem ser removidos por meio de diversos materiais abrasivos. Seguindo a alguns reparos desse tipo, a peça deve ser limpa cuidadosamente, de modo que todo esse material abrasivo seja removido. A seguir, monta-se as peças casadas, verificando se as folgas não foram muito alteradas.

Superfícies flangeadas, empenadas, deformadas ou entalhadas com mossas podem ser reparadas, lapidando-as numa superfície plana. Novamente a peça deve ser limpa para que se tenha certeza de que todo o material abrasivo fora removido.

Roscados defeituosos, algumas vezes, podem ser reparados por uma leve passagem de uma tarracha ou macho para rosca, conforme o caso.

Pequenas depressões podem ser removidas satisfatoriamente com limas ou pedras abrasivas.

Tubos rosqueados não devem ser limpos com machos para rosca; esta prática poderia resultar num furo rosqueado com sobre-medida.

Se arranhões ou sulcos forem removidos da superfície de uma bucha, ela deverá receber um acabamento com discos de couro.

Geralmente peças não soldadas devem ser usadas no lugar de peças soldadas, e muitas vezes com fadiga avançada.

Peças soldadas podem ser usadas desde que o reparo soldado não afete a aeronavegabilidade do motor. Uma peça pode ser soldada quando:

- (1) A solda é de localização externa e poderá ser inspecionada facilmente;
- (2) A peça tenha sido rachada ou quebrada por esforços não usuais, encontrados na operação normal;
- (3) Uma peça nova de um modelo obsoleto de motor não é encontrada;
- (4) A experiência do soldador e o equipamento usado poderão assegurar uma solda de primeira qualidade, assim como a restauração do tratamento térmico original das peças.

Peças menores, não sujeitas a altas solicitações mecânicas, podem ser seguramente reparadas com o processo de soldagem. Pequenos suportes, fechos de capotas, aletas de cilindros, tampas de caixas de balancins e várias outras peças originalmente soldadas estão nesta categoria.

As peças soldadas devem passar por um processo de normalização de tensões após a soldagem; entretanto, antes de soldar uma peça do motor, verifica-se no manual do fabricante as instruções de aplicabilidade dos reparos soldados.

Peças que requerem o uso de pintura para proteção ou aparência devem ser repintadas de acordo com as recomendações do fabricante. A título de exemplo, alguns procedimentos, como as peças de liga de alumínio, deverão ter a superfície exterior original exposta e polida ligeiramente para proporcionar uma base própria para pintura.

Nota-se que as superfícies a serem pintadas devem estar completamente limpas. Cuidados devem ser tomados para se evitar pinturas em partes de encaixe. Partes externas de peças de alumínio devem receber, inicialmente, uma camada fina de tinta de base (cromato de zinco). Cada camada deve secar 2 (duas) horas em ar seco ou numa estufa a 177 °C (350 °F) por meia hora. Após a secagem da tinta de base, a peça deve ser pintada com tinta esmaltada para motor, a qual deve secar numa estufa a 82 °C (180 °F) por uma hora.

Partes de alumínio, onde a tinta não tenha sido removida, podem ser pintadas sem o uso de tinta de base, desde que não haja partes expostas.

Peças que necessitam de um acabamento negro lustroso devem receber uma camada de base de cromato de zinco, e então uma pintura brilhosa de esmalte negro. Cada camada deve secar em estufa por 1 ½ hora a 177 °C (350 °F). Se uma estufa não estiver disponível, a secagem poderá ser conseguida com ar seco, entretanto o acabamento será de qualidade inferior.

Toda a aplicação de tinta, acima descrita, deverá ser realizada através do processo de borrifamento; entretanto, se o uso do pincel é necessário, evita-se pontos com acúmulo de tinta. As peças de magnésio devem ser limpas com dicromato antes da pintura. Este tratamento consiste na limpeza de todos os traços de graxa e óleo da peça, usando-se um desengraxante neutro não corrosivo seguido de uma lavagem, após

a qual a peça deve ser imersa pelo menos 45 minutos numa solução de dicromato quente (¾ de libra de dicromato de sódio para um galão de água de 180 a 200 °F), então a peça deve ser lavada em água fria corrente e mergulhada em água quente para depois secar. Logo após, a peça deverá ser pintada com tinta de base e esmalte para motor, da mesma forma como indicado para peças de alumínio.

Todos os parafusos, estojos, fixadores, e etc. que estejam empenados, quebrados ou frouxos devem ser trocados. Após a remoção de um prisioneiro (estajo), o furo roscado é examinado quanto as condições gerais da rosca e do próprio furo. Se for necessário um retrabalhamento no furo roscado, também será necessário o uso de prisioneiros com sobre-medida. Prisioneiros quebrados, faceados com a carcaça, devem ser removidos com extratos especiais, tomando-se o cuidado para não danificar a rosca. Durante a troca de prisioneiros, as roscas dos mesmos são borrifadas com um composto antigripante.

## **RECONDICIONAMENTO DO CONJUNTO DO CILINDRO**

O conjunto do cilindro e pistão é inspecionado de acordo com os procedimentos contidos no manual do fabricante do motor, cartas, tabelas e boletins.

Um procedimento geral para inspeção e recondicionamento de cilindros será discutido nas seções seguintes, – para proporcionar entendimento das operações envolvidas.

### **Cabeça do cilindro**

Inspecciona-se a cabeça do cilindro quanto a rachaduras internas e externas; e os depósitos de carvão e tinta devem ser removidos. Rachaduras exteriores aparecerão nas aletas de refrigeração, onde houver danificações causadas por ferramentas ou por contato com outras peças, por falta de manuseio cuidadoso.

Rachaduras próximas das bordas das aletas de refrigeração não são danosas desde que as partes danificadas tenham sido removidas, e um retrabalhamento de contornos tenha sido realizado com sucesso. Rachaduras na base das aletas implicam em rejeição do cilindro. Também podem aparecer rachaduras nas caixas dos balancins.

Rachaduras interiores quase sempre aparecem nas sedes das válvulas, ou nas buchas das

velas (adaptadores) de ignição, estendendo-se completamente de um lado para o outro naqueles pontos.

Essas rachaduras são usualmente causadas pela instalação imprópria das sedes ou buchas. Usa-se uma luz forte para inspecionar as rachaduras (fissuras, etc.), investigando qualquer área suspeita; inclusive com a ajuda de lentes (lupas) ou até microscópio. Rachaduras em cabeça de cilindro de liga de alumínio geralmente apresentam um serrilhado devido a natureza granular do metal. – É importante não confundir as marcas de fundição ou escamas com rachaduras. Um dos melhores métodos de confirmação é usar o processo de inspeção por líquidos penetrantes (zyglo). Qualquer rachadura na cabeça do cilindro, exceto àquelas nas aletas de refrigeração que podem ser reparadas, é razão para rejeição do cilindro.

Inspeciona-se as aletas da cabeça do cilindro quanto a rachaduras laterais. Mossas nas aletas podem ficar, se não houver rachaduras. Onde estiver faltando pedaços das aletas, usina-se suavemente refazendo os contornos das bordas. A concentração de aletas quebradas numa determinada área irá causar falhas sérias, devido a pontos quentes locais. Aletas quebradas próximo a bucha de adaptação da vela, ou no lado de exaustão do cilindro, é obviamente mais danoso do que em outras áreas.

Quando removendo ou retrabalhando uma aleta de cilindro, as instruções e os limites do manual do fabricante são seguidos.

Todos os prisioneiros (estojos) da cabeça do cilindro são inspecionados quanto a fixação, alinhamento, danos nas roscas e o próprio comprimento. Ligeiros danos podem ser corrigidos com uma tarracha adequada. Os comprimentos dos prisioneiros devem ser corrigidos dentro de  $\pm 1/32$  (0,03125 de polegada) para permitir a instalação própria das porcas de trava ou de outro dispositivo de segurança.

As guias das válvulas devem estar limpas antes da inspeção, pois frequentemente resíduos de carvão penetram nas depressões de suas guias. Se uma guia de válvula, nestas condições, é recolocada em serviço, a crosta de carvão depositada resultará em prendimento da válvula. Acúmulos laterais de carvão, arranhões e áreas queimadas por dentro das guias de válvula; assim como desgaste e fixação devem ser minuciosamente inspecionados.

A maioria dos fabricantes de motores fornece gabaritos (calibres) para a verificação

dos desgastes máximos permitidos às guias de válvulas. Este calibre não deve entrar na guia de válvula, seja qualquer uma das extremidades. Não se confunde este calibre com o calibre passa-não-passa, usado para controle de guias novas após o mandrilhamento.

Inspecionar os anéis das guias de válvula antes da retífica é mais uma maneira de determinar e corrigir qualquer picado, queimadura, arranhões ou outras falhas; assim como inspecionar as buchas de adaptação das velas quanto ao estado da rosca e a sua fixação; além de passar um parafuso de teste com as mesmas dimensões, através do furo da bucha da vela.

Frequentemente, a rosca interna da bucha apresenta queimaduras. Se mais do que um filete de rosca está faltando, a bucha deverá ser rejeitada. Um plug é instalado no furo roscado e a fixação da bucha é verificada. Inspeciona-se a base do eixo oscilante quanto a escórias, rachaduras, sobre-medidas ou ovalizações.

Os arranhões geralmente são causados devido ao movimento do eixo oscilante dentro do alojamento do mancal por excesso de folga, caso contrário o balancim estaria muito apertado no eixo.

Verifica-se o flange do cilindro quanto a perda de metalização, colocando o mesmo em um gabarito; e, também, verifica-se se o contato entre o flange e o gabarito ocorre em toda a periferia do flange. A magnitude da perda de material, caso exista, poderá ser testada usando-se um calibre de espessura. Um cilindro, cujo flange tenha um desgaste de metalização, deverá ser rejeitado.

## **Cilindros**

O cilindro é inspecionado quanto a desgaste, usando um relógio comparador e um micrômetro interno. Na inspeção dimensional dos cilindros, verifica-se o seguinte:

- (1) Conicidade máxima das paredes do cilindro
- (2) Máxima ovalização
- (3) Diâmetro interno
- (4) Degrau (rebaixo)
- (5) Ajuste entre o pistão e cilindro

Todas as dimensões envolvendo o diâmetro do cilindro devem ser feitas no mínimo em duas posições, no mesmo plano, a 90 ° entre elas.

Poderá ser necessário efetuar mais de duas medições para determinar o desgaste máximo. O uso do relógio comparador para verificação do furo do cilindro é mostrado na figura 10-1. A conicidade das paredes do cilindro é a diferença entre os diâmetros do fundo e do topo do cilindro.

O diâmetro do cilindro é geralmente maior no topo do que no fundo.

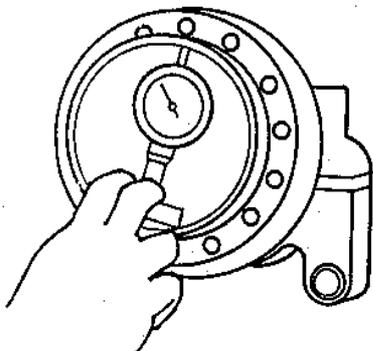


Figura 10-1 Verificação do diâmetro do cilindro.

A conicidade é causada pelo desgaste natural nos impactos gerados pela combustão, a parte superior do pistão é submetida a elevação de temperatura, de pressão e a uma atmosfera erosiva, maior do que na parte inferior, além de maior liberdade de movimento na parte superior.

Sob estas condições é que o pistão desgastará as paredes do cilindro. Na maioria dos casos, a conicidade provoca um rebaixo (degrau) na parede do cilindro (ver Figura 10-2), o qual deve desaparecer no recondicionamento.

Quando os cilindros são construídos com uma conicidade intencional, a medição da conicidade se torna mais complicada.

É necessário saber, exatamente, em que ponto as dimensões indicam desgaste ou conicidade de fabricação.

A conicidade pode ser medida em qualquer cilindro, por meio de um relógio comparador, desde que não haja um rebaixo (degrau) definido. O relógio tende a saltar no rebaixo, causando leituras imprecisas.

A medição quanto a ovalização é normalmente tomada no topo do cilindro, embora uma leitura também deva ser feita na camisa do cilindro para detectar mossas ou arranhões, causadas por falta de cuidado no manuseio ou montagem.

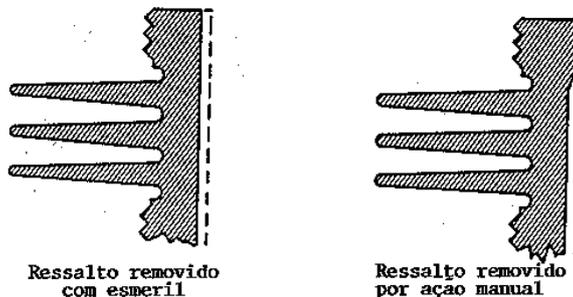
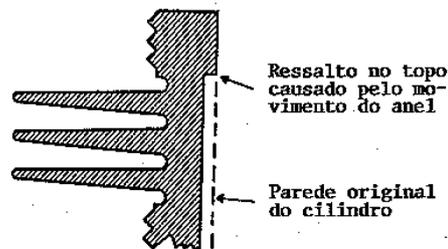


Figura 10-2 Ressalto ou degrau formado em um cilindro de motor.

Um rebaixo (degrau), figura 10-2, é formado no cilindro pelo desgaste causado pelos anéis do segmento. O maior desgaste ocorre no topo do limite de curso do anel (ponto morto alto do pistão). Este poderá causar danos ao pistão e aos anéis.

Caso tais rebaixos excedam as tolerâncias, deverão ser removidos pela retificação do cilindro ou pela raspagem manual, a fim de quebrar os cantos vivos.

Um rebaixo também poderá ser encontrado onde o anel inferior do pistão alcança o seu curso inferior do cilindro (ponto morto baixo). Esse rebaixo raramente ultrapassa os limites de desgaste; todavia, deverá ser verificado e avaliado.

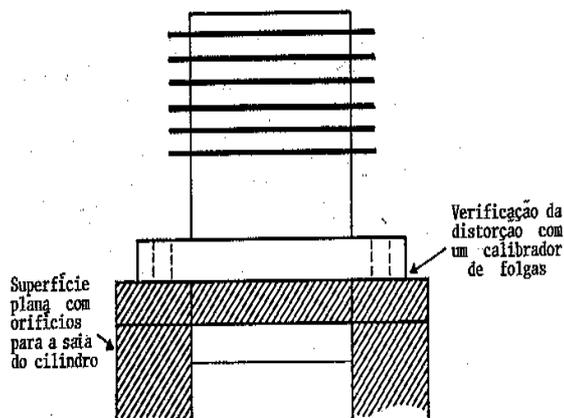


Figura 10-3 Método de verificação da distorção do flange do cilindro.

Inspeciona-se as paredes dos cilindros quanto a arranhões, ponto de corrosão, etc. Pequenos defeitos dessa natureza podem ser removidos quando os anéis são lapidados. Com danificações mais extensas, o cilindro deve ser retificado ou mandrilhado; e se os danos forem de muita profundidade o cilindro deve ser rejeitado. Normalmente o fabricante tem um serviço de troca para cilindros danificados.

### Válvulas e molas de válvulas

Removendo as válvulas da cabeça do cilindro, remove-se, também, os depósitos de carvão. As válvulas são examinadas visualmente quanto a danos físicos, ou danos causados por queimaduras ou corrosão.

Não se reutiliza válvulas que apresentem danificações dessa natureza. A face da válvula é verificada quanto a empenos e excentricidade (figura 10-4).

A espessura da cabeça da válvula é medida. Se a espessura for inferior ao limite especificado pelo fabricante, a mesma não deverá ser reutilizada.

A espessura da borda da cabeça poderá ser medida com suficiente precisão, usando-se um relógio comparador e uma placa de superfície plana.

Através de uma lente, examina-se a haste e a ponta da haste da válvula, a fim de detectar rachaduras, mossas ou outras falhas. Tais tipos de danos enfraquecem a válvula, tornando-a vulnerável a falhas mais sérias.

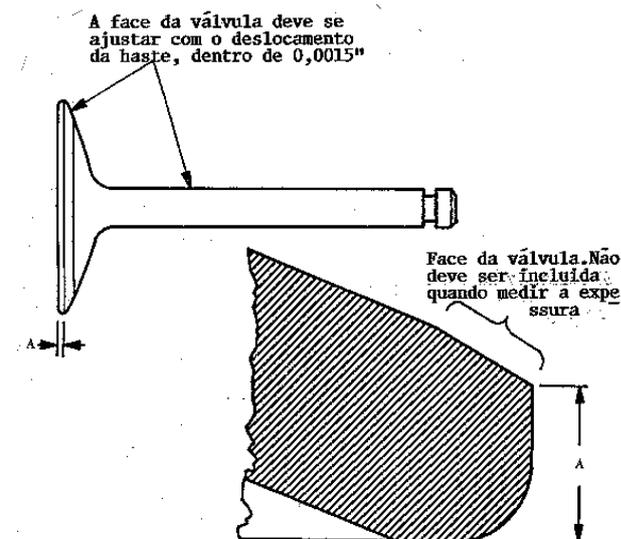


Figura 10-4 Válvula mostrando os locais de verificação de empeno e de espessura da borda.

Arranhões e mossas superficiais nas válvulas podem indicar rachaduras, devendo ser inspecionadas usando-se o método de partículas magnéticas ou líquidos penetrantes.

As áreas críticas das válvulas inclui a face e a ponta, ambas devem ser examinadas quanto a desgastes excessivos. Se um micrômetro for usado para verificação de alongamentos, serão encontrados diâmetros menores na haste junto ao gargalo da válvula. O diâmetro da haste da válvula é medido, verificando a folga entre a guia e a haste.

Pequenos picados nas sedes das válvulas saem normalmente com o esmerilhamento das faces. Inspeciona-se as válvulas quanto a alongamentos e desgastes, usando um micrômetro ou um gabarito de verificação de raios para válvulas (figura 10-5).

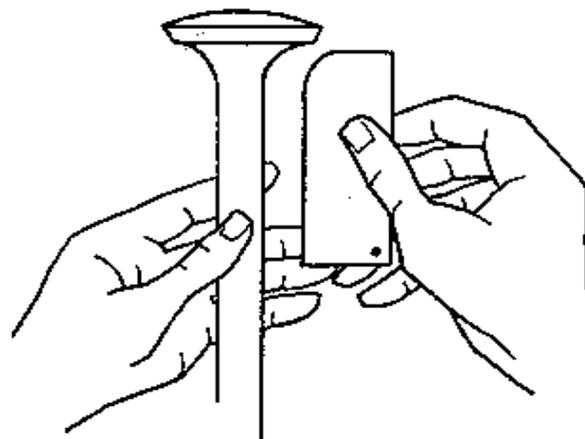


Figura 10-5 Verificação da dilatação da válvula com um calibre do fabricante.

As molas das válvulas são examinadas quanto a rachaduras, corrosão, extremidades partidas faltando pedaços e a sua tensão. Rachaduras podem ser identificadas visualmente ou pelo método de partículas magnéticas. A tensão da mola é verificada num aparelho próprio para isto.

A mola é comprimida até a altura total especificada pelo fabricante. O mostrador do teste deve indicar (em libras) a força necessária para comprimir a mola até a altura especificada pelo fabricante. A tensão indicada deve estar dentro dos limites especificados pelo fabricante.

### Balancins e eixos

Deve-se inspecionar os balancins das válvulas quanto a rachaduras, desgastes, corro-

são ou arranhões nas pontas; assim como verificar se as passagens de óleo estão desobstruídas.

Os eixos são inspecionados quanto as corretas dimensões com um micrômetro.

Os eixos dos balancins frequentemente são encontrados arranhados e até queimados, – devido ao giro excessivo na cabeça do cilindro. Também pode haver transferência de metal sobre o eixo (bronze das buchas dos balancins) para os eixos de aço.

Geralmente isto é causado por superaquecimento ou ajuste muito forte entre a bucha e o eixo do balancim; por isso as buchas dos balancins devem estar corretas quanto as medidas.

Frequentemente as buchas são arranhadas durante a desmontagem, portanto os furos de passagem de óleo devem estar alinhados. Nos motores que usam rolamentos nos balancins, ao invés de bucha, verifica-se se a pista externa não está girando no suporte do mancal; inspecionando as condições gerais de funcionamento dos rolamentos.

Ovalizações são geralmente causadas por válvula presa.

Se uma válvula prende, o eixo oscilante tende a se movimentar para cima e para baixo. Inspecciona-se quanto a ovalizações e sobre-medida usando um relógio e um micrômetro.

## Pistão e pino dos pistões

Os pistões são inspecionados quanto a rachaduras. Para facilitar, o pistão é aquecido cuidadosamente com um maçarico. Se houver alguma falha (fissura, etc.), o calor irá expandi-la e o óleo residual irá aflorar, a medida em que o pistão for limpo.

As rachaduras se iniciam mais facilmente nos pontos de maiores solicitações, por isso a base de fixação dos pinos, dentro dos pistões junto as paredes, cabeça e dentro das canaletas dos anéis de segmento, parte superior e inferior, são inspecionadas cuidadosamente.

Quando aplicável, verifica-se a planicidade da cabeça do pistão usando uma placa plana e um calibre de espessura (figura 10-6).

Se alguma deformação (depressão) for encontrada, a inspeção interna do pistão é refeita.

Uma depressão na cabeça do pistão indica que ocorreram detonações dentro do cilindro.

É preciso inspecionar a parte externa do pistão quanto a arranhões, riscos e etc. Arranhões na canaleta do anel superior não são causa para rejeição, a menos que elas tenham profundidade excessiva, já arranhões profundos na parte lateral externa dos pistões são, usualmente, causas para a sua rejeição.

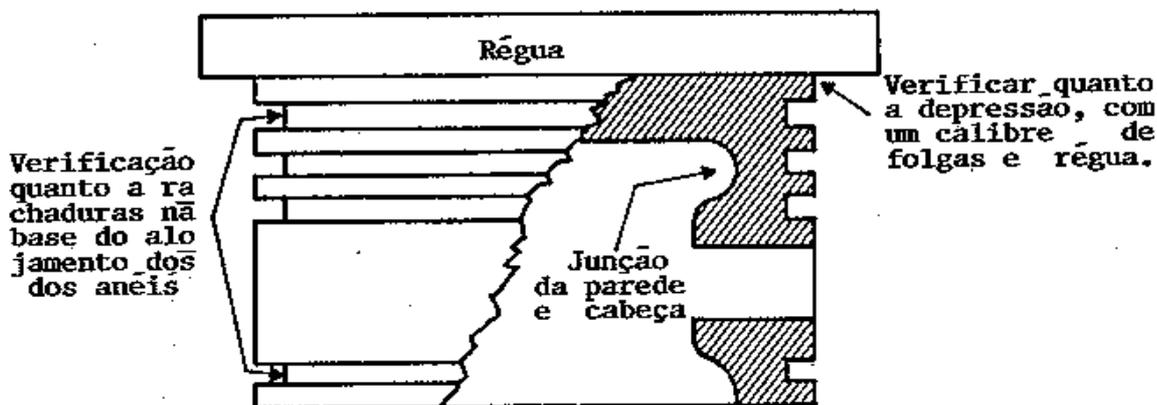


Figura 10-6 Verificação de um pistão quanto à planicidade

Examina-se a saia do pistão quanto as canaletas dos anéis quebrados, amassados e arranhões ou danos no furo do pino do pistão. A parte externa do pistão é medida com um micrômetro. As medições devem ser tomadas em várias direções; na saia e na área dos anéis de segmento as medidas são comparadas com as originais do pistão.

Vários motores usam "Can Ground Piston" para compensar maiores expansões parale-

las, relacionadas ao pino durante a operação do motor. Os diâmetros desses pistões medem vários milésimos de polegadas a mais no ângulo do furo do pino, do que paralelamente ao orifício do pino.

Examina-se as canaletas dos anéis quanto a evidência de degraus; se houver a canaleta deverá ser usinada para uma sobre-medida.

Usa-se um anel de segmento padrão, verificando a folga lateral com um calibre de

lâminas, e assim determinando se as canaletas dos anéis precisam ser usinadas para uma sobre-medida.

Geralmente a sobre-medida das canaletas não deve ultrapassar de 0,020 de polegada acima de medida normal.

O pino do pistão deve ser examinado quanto a arranhões, rachaduras, desgaste excessivo e corrosão.

Verifica-se a folga entre o pino do pistão e o furo torneado do suporte do mancal, usando um relógio comparador e um micrômetro. O método de partículas magnéticas é usado para inspecionar o pino quanto a rachaduras.

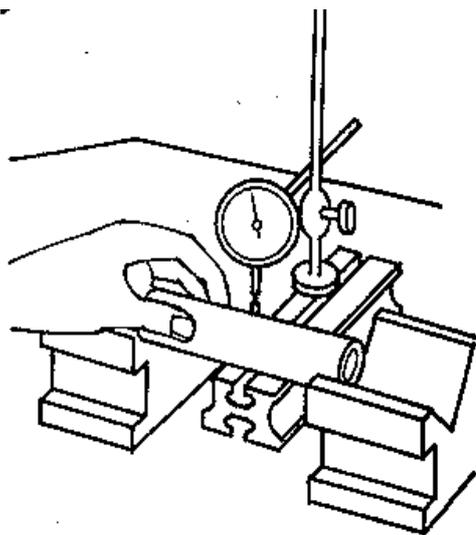


Figura 10-7 Verificação do pino do pistão quanto à espessura.

Considerando que os pinos dos pistões são frequentemente endurecidos, fissuras irão aparecer mais por dentro do que por fora.

Os pinos são observados quanto a empenos (Figura 10-7), usando blocos padrões em "V" e um relógio comparador sobre um bloco padrão paralelo.

### Retífica das sedes das válvulas

As sedes das válvulas dos cilindros dos motores de avião normalmente necessitam de um refaceamento a cada revisão geral do motor. Esse refaceamento garante o correto assentamento da válvula.

Quando as guias ou sedes das válvulas são trocadas, deve haver um perfeito alinhamento entre elas.

Motores mais modernos usam sedes de bronze ou de aço. Sedes de aço são mais usadas

para as válvulas de exaustão, pois são construídas de liga de aço austenítico de alta resistência ao calor.

Sedes de bronze são usadas nas válvulas de admissão ou em ambas as válvulas; elas são fabricadas de ligas de bronze alumínio ou bronze fosforoso.

As sedes de aço são refacidas pelo processo de esmerilhamento, já as sedes de bronze são refacidas preferivelmente pelo desgaste ou escareamento.

A desvantagem de se usar uma pedra de esmeril no desbaste de bronze é que o metal se adere a pedra, necessitando de freqüentes retíficas da pedra para mantê-la limpa.

Os equipamentos usados para esmerilhar as sedes de aço podem trabalhar a seco ou molhado (com ou sem refrigeração).

O esmerilhamento refrigerado usa uma mistura de óleo solúvel em água, que expulsa as limalhas e, ao mesmo tempo, mantém a pedra e a sede frias, promovendo um acabamento mais fino do que o esmerilhamento a seco (sem refrigeração).

A pedra pode ser de carbonato de silício ou óxido de alumínio.

Antes de refacear a sede, observa-se se a guia da válvula está em boas condições, não precisando ser substituída.

O cilindro é mantido firmemente num dispositivo de fixação.

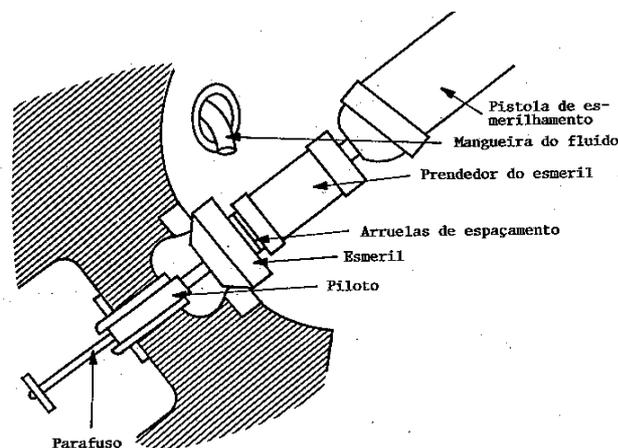


Figura 10-8 Equipamento de esmerilhamento da sede das válvulas.

As três qualidades de pedra disponíveis no mercado são assim classificadas: áspera, fina e de polimento.

A pedra áspera é designada para a limpeza inicial da sede; a pedra fina deve ser usada

para remoção das marcas de esmerilhamento grosso inicial, produzindo um acabamento fino. A pedra para polimento faz quase a mesma coisa, e é usada somente quando um alto padrão de polimento da sede é desejado. As pedras são instaladas num dispositivo especial para fixação das mesmas.

As faces das pedras de esmeril podem ser retificadas com diamante. A pedra deve ser refaceada sempre que apresentar ranhuras e sobrecarga; e quando a pedra for instalada a primeira vez no suporte de fixação. O diamante de retificação da pedra deve ser usado no sentido de cortar seu diâmetro.

Esta retífica da pedra deverá ser mantida a um mínimo, como uma maneira de conservação, desta forma ela é projetada para ter suficientes suportes de fixação para todas as pedras a serem usadas nos serviços.

Nos atuais serviços de esmerilhamento é preciso habilidade no manuseio do canhão da ferramenta, que deve ser centrado precisamente no suporte da pedra.

Se o canhão é fixado fora do centro, a vibração da pedra irá resultar em um esmerilhamento áspero.

É muito importante que a pedra gire numa velocidade que irá permitir um polimento estável. Esta velocidade é de aproximadamente 8.000 a 10.000 r.p.m.

Uma pressão excessiva sobre a pedra poderá afundar ligeiramente.

Não é recomendado deixar a pedra de esmeril em baixa velocidade, com pressão sobre a mesma, durante a partida ou parada do canhão (chicote). A pressão máxima recomendada sobre a pedra deverá ser a do próprio peso do canhão.

Uma outra prática que é considerada boa para o esmerilhamento é o alívio da ferramenta (pedra) a cada segundo, ou manter uma lavagem refrigerante, diretamente nas limalhas da sede. Isto regulariza a ação de esmerilhamento, mantendo a pedra na pressão e velocidade corretas.

Uma vez que a sede sai com facilidade, remove-se pouco material durante o esmerilhamento. Deve-se evitar o esmerilhamento desnecessário.

A pedra mais áspera é usada até que haja um alinhamento verdadeiro entre a guia e a sede da válvula, até que todas as pintinhas (picados), arranhões, raias ou partes queimadas (Figura 10-9) tenham sido removidas. pós o refaçamento a sede deve estar sem rugosidade e sem aspereza.

A pedra fina é usada somente até ficar polida.

Extremo cuidado deve ser tomado quando esmerilhando com pedra fina para evitar trepidação, rangido, etc.

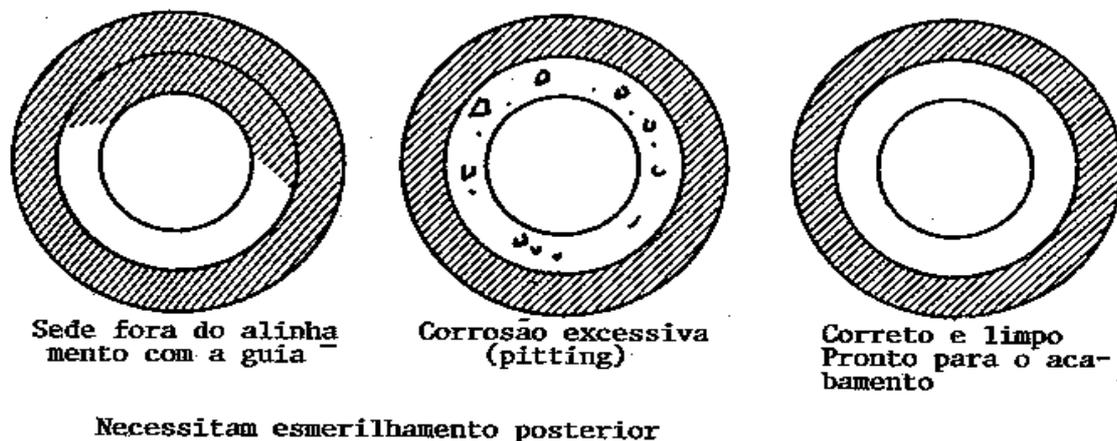


Figura 10-9 Esmerilhamento da sede das válvulas.

As medidas e exatidão da sede podem ser verificadas por vários métodos. O contorno da sede é verificado com um indicador especial de dial, e não deve exceder de 0,002 de polegada.

A medida da sede pode ser determinada usando-se o azul da Prússia.

A verificação do assentamento da sede é feita com um borrifamento de azul da Prússia sobre toda a sede. A mancha azul transferida para a válvula irá indicar o contato da superfície. Esta superfície deve ser de 1/3 a 2/3 de largura da face da válvula, e na metade da face. Em alguns casos, um calibre passa-não-passa é

usado no lugar da válvula, quando se faz a verificação com o azul da Prússia. Se o azul da Prússia não é usado, a mesma verificação pode

rá ser feita lapidando-se a válvula ligeiramente na sede.

Exemplos de resultados de testes são mostrados na figura 10-10. Se a sede contata a terça parte superior da face da válvula, esmerilha-se o canto superior dela, como mostrado na figura 10-11.

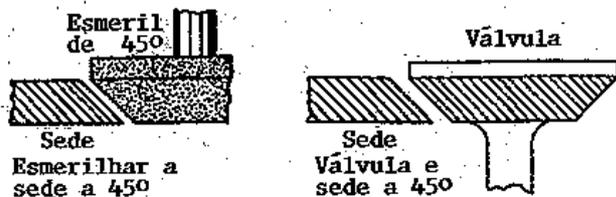


Figura 10-10 Conjunto de válvula e sede.

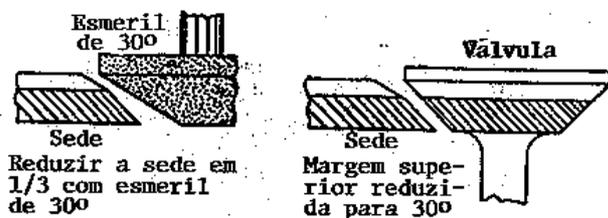


Figura 10-11 Esmerilhamento do topo da superfície da sede da válvula.

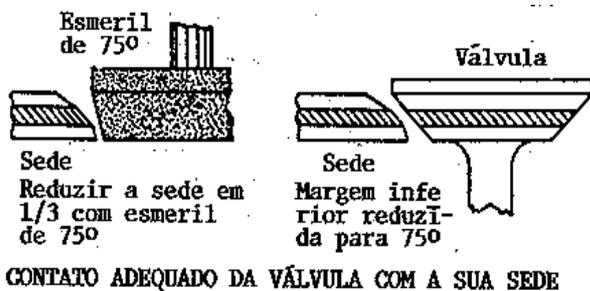


Figura 10-12 Esmerilhamento do canto interno da sede da válvula.

Às vezes este esmerilhamento é chamado de retificação estreita (*narrowing grinding*), permitindo que a sede contate a terça parte central da face da válvula, sem tocar na porção superior. Se a sede contata um terço do fundo da válvula, o canto interior dela é esmerilhado, figura 10-12.

A sede é rebaixada por uma pedra que não seja do ângulo padrão. É prática comum o uso de uma pedra com um ângulo de 15° e 45°, num ângulo da sede da válvula de 30°, e uma

pedra com um ângulo de 30° e 75° num ângulo da sede de 45° (figura 10-13).

Se a sede da válvula tiver sido cortada muito no fundo, ela irá contatar muito distante do topo dentro da cabeça do cilindro, e a folga da válvula, a tensão da mola e o assentamento serão afetados.

Para a verificação da altura da válvula, basta inseri-la na guia, e mantê-la de encontro a sede. Verifica-se a altura da haste da válvula, o balancim ou outra posição fixa.

Antes de refacear a sede da válvula, consulta-se o manual de revisão do motor. Cada fabricante especifica o ângulo exato para o esmerilhamento e o estreitamento da sede da válvula.

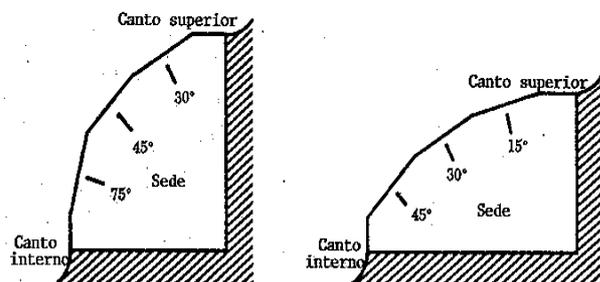


Figura 10-13 Ângulos da sede da válvula.

## Recondicionamento da válvula

Uma das mais comuns tarefas durante a revisão completa do motor está no recondicionamento das válvulas. O equipamento usado deve ser preferivelmente bem provido de jateamento com água.

Com este tipo de máquina, uma mistura de óleo solúvel em água é usada para manter a válvula refrigerada, e retirar as limalhas liberadas no processo de esmerilhamento.

Alguns pontos devem ser seguidos ou verificados antes de se iniciar um esmerilhamento, como retificar a pedra de esmeril (rebo-lo) com uma ponta de diamante.

A máquina é colocada em funcionamento e o diamante é penetrado através da pedra, cortando (faceando) somente a profundidade necessária para a correta limpeza e precisão da pedra. Determina-se o ângulo da face da válvula como sendo a base, ajustando a cabeça móvel da máquina para corresponder a este ângulo de válvula.

Geralmente, as válvulas possuem um ângulo de base padrão de 30° ou 45°. Entretanto, em alguns casos, um ajuste de interferência de

0,5 ou 1,5°, menor do que o ângulo padrão, pode vir como base de face de válvula. O ajuste de interferência (figura 10-14) é usado para obter uma maior vedação positiva, por meio de um estreito contato de superfície. Teoricamente, há uma linha de contato entre a válvula e a sede. Dentro dessa linha, todas as cargas que a válvula exerce contra a sede são concentradas numa pequeníssima área, desta forma aumentando a unidade de carga em qualquer ponto considerado.

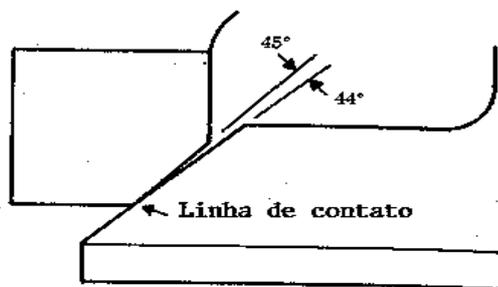


Figura 10-14 Interferência adequada da válvula e sua sede.

O ajuste de interferência é especialmente benéfico nas primeiras horas de operação, — após uma revisão completa do motor.

A vedação positiva reduz a possibilidade de queima da válvula ou da sede. Após as primeiras horas de funcionamento, estes ângulos tendem a acamar e ficar idênticos. Observa-se que o ângulo de interferência está na base da válvula, não na sede. É fácil de mudar o ângulo da válvula esmerilhando a cabeça de trabalho, do que a mudança do ângulo da sede com a pedra de esmeril (rebolo). Não se usa ajuste de interferência, a menos que aprovado pelo fabricante.

A válvula é instalada no mandril (figura 10-15), e este ajustado de modo que a face da válvula fique a aproximadamente 2 polegadas distante do mandril. Se a válvula estiver mal instalada no mandril, poderá causar empenos e esmerilhamentos da guia da válvula.

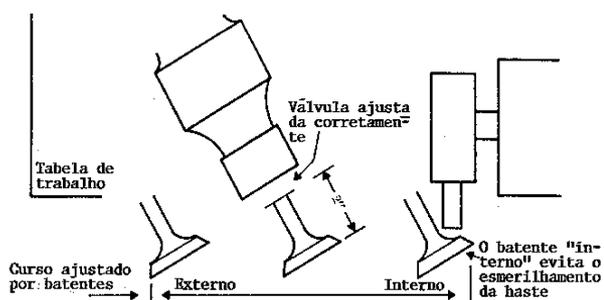


Figura 10-15 Válvula instalada na máquina de esmerilhamento.

Há vários tipos de esmerilhadoras de válvulas. Num tipo, a pedra se move através da face da válvula; num outro, a válvula é movida através da pedra.

Qualquer tipo que seja usado, os seguintes procedimentos são típicos para todos, quando refacendo uma válvula.

Verifica-se o curso da face da válvula através da pedra. A válvula deve passar completamente na pedra em ambos os lados, e ainda com o cuidado de não passar tão perto da haste para não esmerilhá-la.

Há máquinas que possuem batentes, os quais podem ser ajustados para controlar este curso.

Com a válvula ajustada corretamente na posição, gira-se a máquina e o fluido de esmerilhamento, de modo que ele borrafe a área de trabalho sobre a face da válvula.

Retorna-se a roda do esmeril para fora da área de trabalho, posicionando a válvula diretamente na frente da pedra. Lentamente deve-se trazer a roda para frente, até que um ligeiro passe tenha sido realizado na válvula.

A intensidade do esmerilhamento é medida mais pelo som do que por qualquer outra coisa.

Lentamente retorna-se, avançando a válvula sobre a pedra sem aumentar o corte. Move-se a mesa da plataforma de volta, usando toda a face da pedra.

Quando o som do esmerilhamento diminui, indica que algum material da válvula foi removido, então se move a mesa da plataforma para a extrema esquerda, parando a rotação da válvula.

Inspeciona-se a válvula para determinar se um novo esmerilhamento é necessário. Se precisar fazer um novo corte, a válvula é levada para frente da pedra.

Não se aumenta o corte sem ter a válvula diretamente na frente da pedra.

Uma precaução importante no esmerilhamento de válvulas, como em qualquer tipo de esmerilhamento, é fazer ligeiros passes de cada vez.

Cortes fortes causam marcas, que podem tornar a sede da válvula tosca e inacabada, de modo que, às vezes, não se consegue um acabamento fino.

Após o esmerilhamento, verifica-se a margem da válvula para se estar seguro de que os bordos da válvula não tenham sido muito afinados, com pouca parede.

Borda muito fina é chamada "borda de pena", podendo levar a uma pré-ignição.

A borda da válvula poderia queimar, e em pouco tempo o cilindro necessitaria de uma revisão geral.

A figura 10-16 mostra uma válvula com uma margem normal e outra com borda muito fina, em forma de "borda de pena" ou cunha.

A ponta da haste da válvula pode ser refaceada durante o esmerilhamento. A ponta da haste deve ser refaceada para remover a concavidade que se forma, ou algum desgaste, e também para o ajuste da folga em alguns motores.

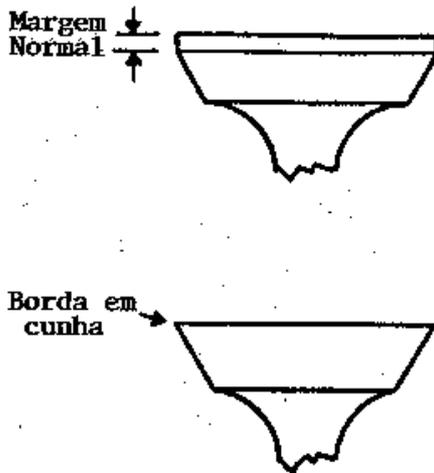


Figura 10-16 Válvulas de motor mostrando a margem normal e um bordo em cunha.

A válvula deve ser presa numa braçadeira (figura 10-17), com a ponta da haste de topo com a pedra de esmeril.

Com a máquina e a refrigeração ligada, a válvula é encostada ligeiramente de encontro com a pedra. Não se faz jogo lateral nem com a válvula nem com a pedra.

Devido a tendência da válvula aquecer durante o esmerilhamento, deve-se estar seguro de que o fluido jateia plenamente a ponta da válvula.

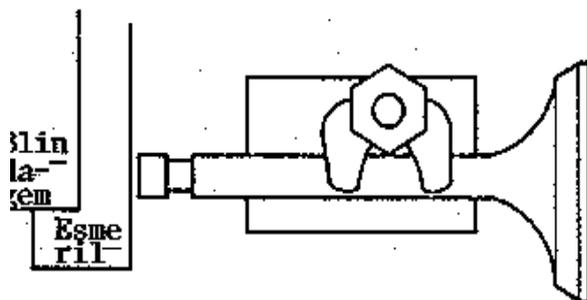


Figura 10-17 Esmerilhamento de uma válvula típica.

O esmerilhamento da ponta da válvula pode remover ou, parcialmente remover, o chanfro da borda da válvula.

Para restaurar este chanfro, ajusta-se um ângulo de aproximadamente 45°, com a pedra e com a válvula presa num bloco em forma de "v" de oficina, e, usando-se as mãos, gira-se a ponta da válvula sobre a pedra, esmerilhando com ligeiros toques toda a borda da ponta. Este chanfro evita arranhaduras da guia da válvula, quando esta é instalada.

### Lapidação de válvulas e teste de vazamento

Após o teste do processo de esmerilhamento, algumas vezes é necessário que a sede da válvula seja lapidada. Isto é feito aplicando-se uma pequena camada de composto de lapidação na face da válvula, inserindo-a na guia, e girando com a ferramenta de lapidação até que apareça um anel cinza aveludado na área de contato. A aparência correta dessa lapidação da válvula está sendo mostrada na figura 10-18.

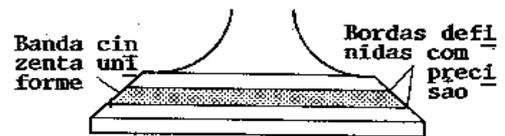


Figura 10-18 Uma válvula corretamente lapidada.

Após o processo de lapidação ter terminado, limpa-se todo o resíduo da face da sede da válvula e das áreas adjacentes.

A etapa final é a checagem do assentamento das superfícies para se fazer o teste de vazamento de selagem adequado. Isto é feito instalando-se a válvula no cilindro, segurando-a pela haste com os dedos e, ao mesmo tempo, colocando-se um pouco de querosene ou solvente através da cabeça da válvula. A pressão com os dedos na válvula ajuda a verificar se o fluido está vazando para dentro da câmara de combustão. Se não há vazamento, o trabalho de reassentamento da válvula está terminado. Se houver vazamento, continua-se o trabalho de lapidação da sede.

Qualquer superfície de face de válvula que aparente as várias figuras ilustradas na figura 10-19 é correta. Entretanto, indicações incorretas são de avaliações impróprias nos diagnósticos do esmerilhamento da válvula e da sede. Indicações incorretas, suas causas e remédios são mostrados na figura 10-19

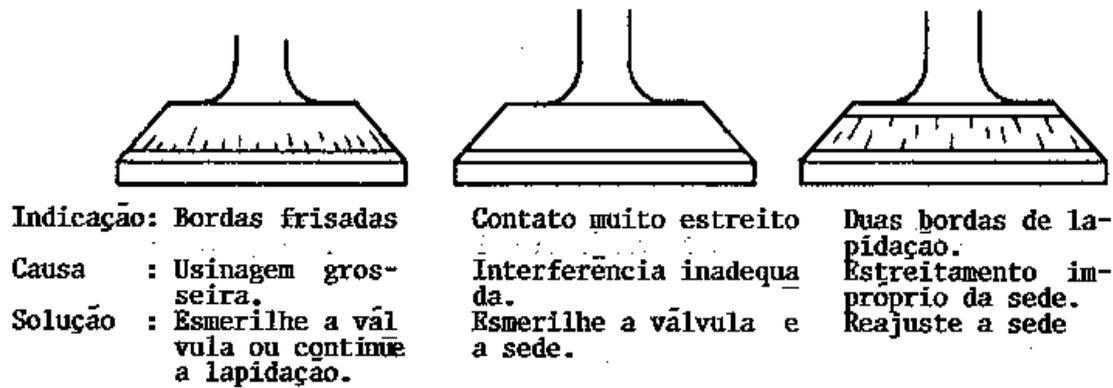


Figura 10-19 Válvulas lapidadas incorretamente.

## Reparo dos pistões

Reparo nos pistões não são tão necessários como, frequentemente, são nos cilindros; uma vez que os maiores desgastes estão entre os anéis e a parede do cilindro, haste e guia de válvula e ainda face de válvula e sua sede. Um menor desgaste é encontrado entre a saia do pistão (êmbolo) e o cilindro, anéis e canaletas dos anéis de segmento, ou pino de pistão e alojamento. O reparo mais comum será a remoção das ranhuras (marcas). Normalmente, podem ser removidas somente na saia do pistão, quando estas são pouco profundas.

Ranhuras acima da canaleta do anel superior podem ser usinadas ou jateadas ao longo do diâmetro, desde que o diâmetro do pistão não fique reduzido abaixo dos mínimos especificados.

Para remover estes riscos, ranhuras, marcas, etc., instala-se o pistão na placa de um torno mecânico, girando em baixa velocidade.

As marcas ou riscos são removidos com lixa seca nº 320. Nunca se usa nada áspero na saia do pistão.

Nos motores onde todo o conjunto rotativo é balanceado, os pistões devem pesar dentro de ¼ de libra um do outro.

Quando um novo pistão é instalado, ele deve estar dentro das mesmas tolerâncias de peso dos removidos.

Não é suficiente ter um pistão sozinho; ele deve ser montado ao eixo de manivelas, bie-las, pinos de pistão, etc. Para se conseguir ajustar o peso dos novos pistões, os fabricantes deixam na base da saia do pistão uma seção mais grossa.

A redução de peso se faz retirando metal levemente dessa parte. O peso do pistão pode

ser reduzido facilmente, porém soldagem e metalização não são permitidas.

Se as canaletas dos anéis estão desgastadas ou com degraus, terão que ser usinadas para uma sobremedida, de modo que possam acomodar anéis mais largos de sobremedida, mantendo a folga correta.

Após a usinagem, observa-se se os pequenos raios em torno das canaletas dos anéis foram restabelecidos.

Quando os anéis são removidos, rachaduras ou quebras podem ocorrer devido a fadiga ou tensões localizadas.

Canaletas de anéis de sobremedida são usualmente de 0,005, 0,010 ou 0,020 de polegada. Medidas maiores poderiam enfraquecer a base de apoio dos anéis dentro das canaletas. Alguns fabricantes vendem pinos de pistão com 0,005 de sobremedida.

Quando são disponíveis, é permissível o torneamento ou o alargamento do alojamento do pino para 0,005 de polegada de sobremedida. Entretanto, estes alojamentos devem estar muito bem alinhados.

Pequenas mossas na borda do alojamento do pino podem ser lixadas. Ranhuras profundas por dentro, ou em qualquer parte em torno do alojamento do pino, são razões para rejeição.

## Retífica e brunimento do cilindro

Se um cilindro tem conicidade excessiva, ovalizações, dentes, ou o seu diâmetro máximo for ultrapassado, ele poderá ser retificado para uma sobremedida permitida.

Se as paredes do cilindro estão ligeiramente enferrujadas, marcadas ou corroídas, podem ser reparadas pelo brunimento ou polimento.

A retífica de um cilindro é um trabalho especializado que até um mecânico de motores, muitas vezes, não está preparado para fazer. Entretanto, o mecânico deve ser capaz de detectar quando o cilindro precisa de uma retífica, e saber reconhecer quando o trabalho foi bem ou mal feito.

Geralmente, cilindros de sobremedida para motores de avião são de 0,010, 0,015, 0,020 ou 0,030 de polegada. Diferente de motores de automóveis, os quais podem ser retificados para sobremedidas de 0,075 a 0,100 de polegada; cilindros de motores de avião tem geralmente paredes finas, e podem ser nitretadas (tratamento termo-químico – nitretação) para endurecimento das paredes do cilindro. Alguns fabricantes, muitas vezes, não permitem o uso de todas as sobremedidas acima. Outros não permitem retífica para sobremedida.

Os manuais de revisão dos motores, ou catálogos de partes, normalmente listam as sobremedidas permissíveis para um ou outro modelo em particular de motor.

Para determinar a medida de retífica, a medida padrão inicial deve ser conhecida. Isto pode ser determinado nas especificações dos fabricantes ou nos manuais. A medida de retífica é fundamentada a partir da medida padrão do cilindro. Por exemplo, um certo cilindro tem um diâmetro de 3,875 de polegada, para se ter um cilindro retificado para 0,015 de polegada de sobremedida, será necessário uma retífica para um diâmetro de 3,890 de polegada ( $3,875 + 0,015$ ). A tolerância de  $\pm 0,0005$  polegada é usualmente aceitável para cilindros retificados.

Um outro fator que deve ser considerado, quando determinando a medida para a qual o cilindro deve ser retificado, é o máximo de desgaste que tenha ocorrido.

Ao se encontrar algum batente (degrau) na parede do cilindro muito grande, que fatalmente não desapareceria na primeira retífica de sobremedida, obviamente passa-se para a sobremedida posterior, e assim por diante, até limpar completamente o cilindro.

Uma consideração importante durante a retífica de um cilindro é o tipo de acabamento desejado dentro do cilindro.

Alguns fabricantes de motores recomendam um acabamento uniforme das paredes do cilindro, o qual irá permitir um assentamento ímpar dos anéis de segmento (se estes não foram lapidados ao cilindro). Outros fabricantes recomendam um acabamento suave, para o qual

um anel lapidado irá acamar, sem muita mudança nas dimensões do anel ou do cilindro. Os últimos tipos de acabamento são mais caros de serem produzidos.

O padrão é usado quando a precisão de acabamento da parede do cilindro é conhecida em termos de micro-polegada, *r.m.s.*

Num acabamento onde a aspereza da retífica atingiu 0,000001 de polegada de profundidade, é especificada como 1 *microinch r.m.s.*

A maioria dos cilindros de motores de avião são retificados para um acabamento de 15 a 20 *microinch r.m.s.* (micropolegada *r.m.s.*). Vários motores de baixa potência têm cilindros que são retificados para um valor relativo a 20 a 30 *microinch r.m.s.* de acabamento. Na outra extremidade da escala, alguns fabricantes recomendam um superacabamento de aproximadamente 4 a 6 *microinch r.m.s.*

A retífica do cilindro (figura 10-20) é conseguida através da montagem firme da pedra de esmeril (rebolo), a qual retifica a parte interna do cilindro, passando de cima a baixo em toda a extensão do cilindro. Tanto o cilindro como a pedra, ou ambos, podem se mover mutuamente. A extensão de esmerilhamento é determinada pela distância da pedra, ajustada ao longo da linha de centro do cilindro. Algumas máquinas para retificação de cilindros irão produzir um furo reto, enquanto outras são projetadas para uma retífica ligeiramente cônica do furo.

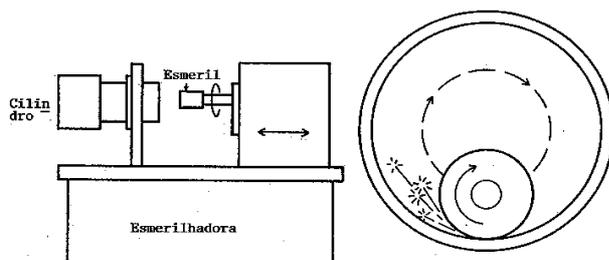


Figura 10-20 Esmerilhamento interno de um cilindro.

A conicidade de retífica do cilindro refere-se a um processo de fabricação, no qual as paredes do cilindro têm um diâmetro menor no topo do que no fundo. O propósito deste tipo de conicidade é para garantir o paralelismo total das paredes do cilindro durante a operação do motor. À medida que o cilindro aquece durante a operação, a cabeça e o topo do cilindro são mais sujeitos a calor do que o fundo (base). Isto

provoca maior expansão (dilatação) térmica junto ao topo do que no fundo, desta forma mantendo as paredes paralelas (retas) como desejado.

Após a retífica pode ser necessário brunir o furo do cilindro, para obter-se um melhor acabamento. Se isto for desejado, especifica-se uma medida de reesmerilhamento para permitir diminuta remoção de metal durante o brunimento do cilindro.

O permitido, usualmente, para o brunimento é 0,0001 de polegada. Se o diâmetro final do cilindro deve ser de 3,890 polegadas, especifica-se uma retífica de 3,889 polegadas, e então, brunindo o cilindro para 3,890 polegadas.

Há várias maneiras e modelos diferentes de brunimento de cilindro.

O polimento de brunimento é usado somente para produzir o acabamento desejado nas paredes do cilindro. O mais elaborado brunimento microcromático pode ser usado para alinhar as paredes do cilindro. Um polimento de brunimento (figura 10-21) não deve ser usado numa tentativa de alinhamento das paredes do cilindro.

Uma vez que as pedras estão sob tensão de mola, elas irão seguir somente o contorno das paredes do cilindro.

Após o término da retífica do cilindro, verifica-se as dimensões e o acabamento das paredes do cilindro, e se não há evidência de superaquecimento ou rachaduras de esmerilhamento antes da instalação do cilindro do motor

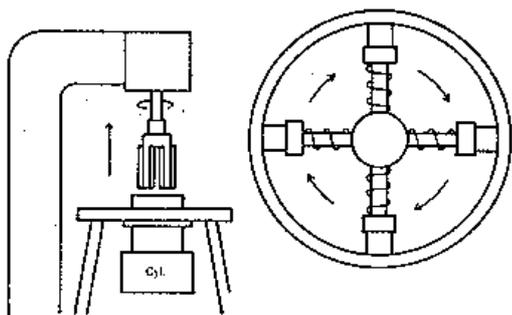


Figura 10-21 Brunimento de cilindro

## INSPEÇÃO DO EIXO DE MANIVELAS

Cuidadosamente inspeciona-se todas as superfícies do eixo quanto a rachaduras. Verifica-se as superfícies dos rolamentos quanto a evidência de sulcos, arranhões ou outros danos. Quando o eixo está equipado com tubos de transferência de óleo, verifica-se sua fixação.

Alguns fabricantes recomendam, além da inspeção visual, outros métodos de inspeção não destrutivos, tais como: partículas magnéticas ou radiografia.

Coloca-se o eixo de manivelas sobre blocos em "V", suportado em pontos determinados pelo manual de revisão do motor. Usa-se uma base plana, e com um relógio comparador a ovalização do eixo é medida. Se a leitura total indicada exceder as dimensões dadas dos limites das tabelas do manual do fabricante, o eixo não poderá mais ser usado. Um eixo empenado não deve ser desempenado. Qualquer tentativa de fazer isto resultará na ruptura da superfície nitretada (temperada) dos mancais dos rolamentos, uma condição que irá causar eventual falha do eixo de manivelas.

Os mancais principais e os moentes de biela do eixo são medidos. Os resultados são comparados com os limites das tabelas do manual de revisão do motor.

## Câmara de sedimentos

Alguns eixos de manivelas são fabricados com pinos de manivelas ocos que servem como removedores de resíduos. As câmaras de sedimento podem ser formadas por tubos em forma de carretel, prensados dentro dos pinos ocos da manivela, ou por meio de bujões prensados em cada extremidade do pino da manivela.

As câmaras de sedimento ou tubos devem ser removidas durante a limpeza do motor para revisão geral.

Se estes não forem removidos, o desprendimento de resíduos acumulados durante a limpeza pode entupir as passagens de óleo do eixo de manivelas e conseqüentemente causar subsequentes falhas de rolamentos.

Se as câmaras de sedimentos são formadas por meio de tubos prensados dentro dos pinos ocos da manivela, deve-se estar seguro de que eles foram reinstalados corretamente, para evitar o bloqueio das passagens de óleo.

## BIELAS

A inspeção e reparo das bielas incluem (1) inspeção visual, (2) verificação de alinhamento, (3) reembuchamento, e (4) troca de rolamentos. Alguns fabricantes também recomendam inspeção por partículas magnéticas das bielas.

## Inspeção visual

A inspeção visual deve ser feita com auxílio de lentes de aumento ou com microscópio de bancada. Uma biela que está obviamente empenada ou torcida deve ser rejeitada sem futuras inspeções. Inspecciona-se todas as superfícies da biela quanto a rachaduras, corrosão, picados, ferrugens ou outros danos. Escoriações são causadas por ligeiros movimentos rotativos, entre as superfícies da blindagem do rolamento e a biela, durante os períodos de cargas excessivas e produzidas durante condições de disparo ou com pressões de carga excessiva de admissão.

A evidência visual de qualquer escoriação aparece como se as partículas provenientes de uma superfície de contato tenha soldado em outra. Evidência de sulcos (escoriações) são razões para se rejeitar toda a biela. Sulco é uma distorção dentro do metal e é comparável a corrosão que da mesma forma enfraquece a estrutura do metal da biela.

## Verificação do alinhamento

Verifica-se o embuchamento que tenha sido trocado para determinar se a bucha e o furo estão em esquadro e paralelos uns com os outros. O alinhamento da biela pode ser verificado de várias maneiras. Um dos métodos necessita da instalação de um fuso de encaixe apertado para cada extremidade da biela, uma base plana e dois blocos paralelos de precisão de mesma altura.

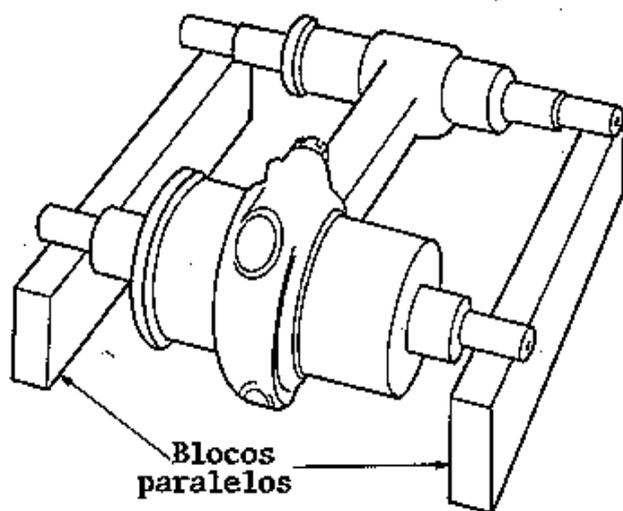


Figura 10-22 Verificação da biela quanto a empenos.

Para medir o empeno (figura 10-22), ou torções, insere-se os fusos nos furos da biela; colocando os blocos paralelos numa superfície plana.

As extremidades dos fusos são colocadas sobre os blocos paralelos. Verifica-se a folga nos pontos onde os fusos descansam sobre os blocos usando um calibre de lâminas. Esta folga dividida pela separação dos blocos, em polegadas, irá fornecer a torção por polegada de comprimento.

Mede-se a distância entre os fusos em cada lado da biela junto aos pontos equidistantes da linha de centro da biela.

Para o exato paralelismo, as distâncias verificadas em ambos os lados devem ser as mesmas. Consultam-se os limites estabelecidos no manual do fabricante do motor, para verificar o desalinhamento máximo permitido.

As operações precedentes são típicas para a maioria dos motores alternativos, e estão incluídas nos manuais de revisão completa dos motores. Seria impraticável listar todos os itens abordados no manual de revisão completa do motor. Deve ser entendido que há outros procedimentos e inspeções que devem ser executados. Para uma exata informação, o manual do fabricante do modelo específico do motor é sempre consultado.

## BANCO DE TESTES PARA MOTORES ALTERNATIVOS

As informações deste capítulo “banco de testes para motores”, são entendidas como familiarização com os procedimentos e equipamentos usados na seleção de serviços, somente para aqueles motores que estão em perfeitas condições mecânicas.

Igualmente a um novo, ou a um motor recuperado de automóvel, o motor de avião deve estar em perfeitas condições mecânicas. Esta condição deve ser determinada após o motor ter sido novamente montado ou revisado completamente.

O método usado é o de teste funcional, que poderia evitar uma desmontagem completa antes de liberar o motor.

Deve ser enfatizado que o teste de funcionamento é vital como qualquer outra fase de revisão do motor, significando que a qualidade de um motor novo ou revisado foi verificada e que é um item final para liberação de um motor para serviço.

Em algumas circunstâncias, um motor que apresentava perfeitas condições mecânicas antes de um teste funcional apresenta condições mecânicas inconfiáveis ou pobres. Então, a confiabilidade e o potencial de vida em serviço de um motor, fica na dependência da passagem satisfatória no "Banco de testes" (ou banco de ensaio).

### **Propósito do teste**

O teste atende a dois propósitos: primeiramente ele realiza um teste de funcionamento dos anéis dos pistões e suavidade dos rolamentos; segundo, ele proporciona informações sobre a performance do motor e determina as condições do mesmo. Para proporcionar fluxo de óleo adequado para a parte superior dos cilindros, com um mínimo de perda de óleo, é importante que os anéis dos pistões estejam propriamente acamados dentro do cilindro nos quais eles estão instalados.

O processo é chamado de experiência dos anéis do pistão (*piston rings run-in*) e é conseguido frequentemente pela operação controlada do motor numa operação em alta velocidade. Condição imprópria dos anéis de pistão ou "*run in*" pode resultar numa operação insatisfatória do motor.

O processo chamado "polimento dos rolamentos" cria um alto polimento de superfície nos rolamentos e buchas (instalados durante o trabalho de revisão completa do motor). O polimento é usualmente conseguido durante os primeiros períodos de funcionamento do motor para amaciamento, geralmente se estiver operando o motor em baixa velocidade.

### **Requisitos do teste**

O teste operacional e o teste de procedimentos variam de acordo com o motor em questão, porém as necessidades básicas serão discutidas nos parágrafos seguintes.

A falha de qualquer parte interna durante o teste de funcionamento "*run in*" necessita que o motor retorne para substituições de unidades necessárias e, então, ser completamente retestado.

Se qualquer componente do motor básico falhar, um novo deve ser instalado; um tempo mínimo de operação será preciso para avaliação desse componente instalado.

Após o motor ter sido aprovado completamente no teste, é especialmente tratado para evitar corrosão. Terminando o período de "*run in*", durante o teste, os motores são operados com o combustível próprio de qualidade para o motor em questão.

O sistema de óleo é abastecido com uma mistura de composto preventivo de corrosão e óleo de motor.

A temperatura desta mistura é mantida de 105° a 121° C. Próximo do final do "*run in*" a CPM (mistura preventiva de corrosão) é usada como lubrificante do motor. Passagens de indução do motor e câmara de combustão são também tratados com CPM pelo método de aspiração (CPM é aspirado ou ventilado para dentro do motor).

## **EQUIPAMENTO MÓVEL DE TESTE PARA MOTOR CONVENCIONAL**

Esse teste é praticamente o mesmo do banco de testes. Eles têm o mesmo propósito, isto é, assegurar que o motor está pronto para ser instalado no avião. Uma vez que o motor tenha sido operado no teste móvel, e que todas as falhas tenham sido corrigidas, é de se esperar que o motor opere corretamente no avião. Um típico teste móvel consiste de uma estrutura, montantes para fixação do motor, cabine de controle e um reboque, soldados ou aparafusados4 juntos. O berço de teste do motor e a parede de fogo estão localizados na parte traseira da plataforma do reboque, e recursos de acesso a parte traseira do motor.

O berço de teste do motor é uma estrutura de aço de suportes, braços, com montantes soldados e aparafusados juntos, formando uma única unidade. O braço traseiro do berço possui degraus de aço antiderrapante soldado no lugar, para permitir uma subida fácil do mecânico ao topo da secção dos acessórios do motor.

No lado da parte fronteira do motor há um painel de aço, contendo conectores elétricos para serem ligados aos circuitos do motor. Há também conexões no painel de aço do tipo de desconexão rápida de linhas de fluidos para o motor.

O tanque hidráulico está localizado no lado traseiro do equipamento de teste. Finalmente o equipamento móvel de teste de motor possui plugues para o sistema de comunicação. A cabine de controle está localizada na parte

média do equipamento móvel de teste, alojando controles e os painéis de instrumentos.

A coisa mais importante acerca do posicionamento da unidade móvel de teste é a face da hélice estar posicionada diretamente contra o vento. Se isto não for feito, o teste do motor não terá precisão.

### **Instrumentos do equipamento de teste**

A cabine de controle de teste do operador engloba os controles usados para operar o motor; e instrumentos usados para medir várias temperaturas e pressões, fluxo de combustível e outras indicações. Estes dispositivos são necessários para proporcionar cheques e avaliações precisas da operação do motor.

A cabine de controle é separada, porém adjacente ao espaço da célula de teste, a qual envolve o motor que está sendo testado.

A segurança, a economia e a confiabilidade do teste dos motores modernos de avião dependem fundamentalmente do uso de instrumentos.

Num procedimento operacional do motor "run in", os mesmos instrumentos básicos usados, quando o motor está instalado no avião, são também usados neste teste; entretanto, algumas conexões adicionais para alguns instrumentos e dispositivos de medições, as quais praticamente não podem ser instalados no avião, estão disponíveis neste equipamento de teste.

Os instrumentos usados nestes procedimentos de teste são inspecionados e calibrados periodicamente, assim como quando estão instalados no avião. Desta forma, as informações concernentes a operação do motor estão asseguradas.

Instrumentos de motores são operados de várias maneiras diferentes, alguns mecanicamente, outros eletricamente, e também outros através da pressão de um líquido.

Este capítulo não irá discutir como ele opera, mas a razão da informação que ele fornece, seus nomes comuns e as características sobre eles. Os instrumentos que deverão ser cobertos são:

- (1) Indicador da temperatura de ar do carburador.
- (2) Indicador de pressão de combustível.
- (3) Medidor de fluxo de combustível.
- (4) Indicador de pressão de admissão.
- (5) Indicador de temperatura de óleo.
- (6) Indicador de pressão de óleo.

- (7) Tacômetro.
- (8) Indicador de temperatura na cabeça do cilindro.
- (9) Torquímetro.
- (10) Indicador de sucção.
- (11) Sistema de quantidade de óleo.
- (12) Manômetro de medição diferencial.

As marcações dos instrumentos, e a interpretação destas marcações deverão ser discutidas antes das considerações individuais sobre os instrumentos.

Marcações de instrumentos indicam faixas de operação ou limites mínimos e máximos, ou ambos. Geralmente, o sistema de marcação no instrumento consiste de quatro cores (vermelho, amarelo, azul e verde) e espaços intermediários brancos.

A linha vermelha ou a marca vermelha indicam o ponto além do qual as condições operacionais perigosas existem, e o arco vermelho indica o limite perigoso de operação. Das duas, a marca vermelha é mais comumente usada e está localizada radialmente na cobertura de vidro ou na face do dial. A cobertura do arco amarelo fornece a faixa de operação e é uma indicação de perigo. Geralmente, o arco amarelo está localizado na parte extrema da circunferência da abertura de vidro do instrumento ou na face do "dial" (mostrador).

O arco azul semelhante ao amarelo indica a faixa de operação. O arco azul pode indicar, por exemplo, a faixa de pressão no duto no qual o motor pode ser operado com o controle do carburador ajustado em "autopobre". O arco azul é usado somente em certos instrumentos de motor, como o tacômetro, pressão de admissão, temperatura da cabeça do cilindro e torquímetro.

O arco verde mostra a faixa normal de operação. Quando usado em certos instrumentos de motor, contudo, também significa que o motor deve ser operado com o ajuste do carburador em "auto-rico", quando o ponteiro estiver nesta faixa.

Quando as marcações aparecem na cobertura de vidro, uma linha branca é usada como uma referência (*index mark*), muitas vezes chamada "marca de deslizamento".

A marca radial branca indica qualquer movimento entre a cobertura de vidro e o alojamento, uma condição que poderá causar um deslocamento errado em outra faixa limite de marcação.

Os instrumentos mostrados nas figuras 10-23 até 10-31 possuem faixas marcadas. A parte do "dial" que possui a faixa marcada nos instrumentos é também mostrada de forma "expandida" (maior), com propósito de instrução. A parte "expandida" é mostrada fora do instrumento para tornar mais fácil a identificação de suas marcas.

### Indicador de temperatura do ar do carburador

A medição na entrada do carburador, CAT (*carburator air temperature*) temperatura do ar do carburador é considerada por muitos como uma indicação de indução do sistema de formação de gelo.

Embora este sirva para este propósito, também fornece muitos outros itens importantes de informação.

O grupo motopropulsor é uma máquina quente, e a temperatura de seus componentes ou de seus fluidos que seguem através deste processo de combustão é afetada direta ou indiretamente. O nível de temperatura de indução do ar afeta não somente a carga de densidade, mas também a vaporização do combustível.

Em adição ao uso normal do CAT, este também tem encontrado uso para teste na condição do sistema de indução.

O "Retorno de chama" deverá ser indicado como elevação momentânea no indicador, provendo que esta seja suficientemente severa para que o aquecimento seja sentido no ponto de medição do ar no carburador.

O fogo prolongado no sistema de indução deverá mostrar um contínuo aumento na temperatura do ar.

O CAT deve ser observado antes da partida, e imediatamente após o corte.

A temperatura antes da partida é a melhor indicação da temperatura do combustível no corpo do carburador, avisando se a vaporização será suficiente para a queima ou se a mistura deve ser aumentada através da bomba de partida (*priming*).

Se um motor foi cortado (desligado) há apenas um curto espaço de tempo, o aquecimento residual no carburador pode tornar possível a vaporização do aquecimento no combustível no motor, e a injeção inicial (*priming*) poderá tornar-se desnecessária.

Após o corte, a alta temperatura do ar do carburador (CAT) é um aviso de que o combus-

tível retido (remanescente) irá expandir, produzindo uma alta pressão interna.

Quando a alta temperatura durante este tempo estiver presente, a linha de combustível e as válvulas dos dutos devem ser abertas para que a pressão possa ser aliviada através da passagem de retorno de combustível para o tanque.

O mostrador de temperatura do ar do carburador indica a temperatura do ar antes de sua entrada. A temperatura lida é sentida através de um bulbo.

Na célula de teste o bulbo é colocado na passagem do ar de impacto para o motor, e no avião é colocado no duto de tomada da "RAM-AIR". O mostrador da temperatura do ar do carburador é calibrado em escala de centígrados. A figura 10-23 mostra um mostrador típico de temperatura de ar de carburador ou CAT. Este mostrador, como muitos outros instrumentos de aviões multimotores, é um mostrador duplo; que são dois mostradores, cada um com um ponteiro e uma escala separada, que são usados no mesmo instrumento.

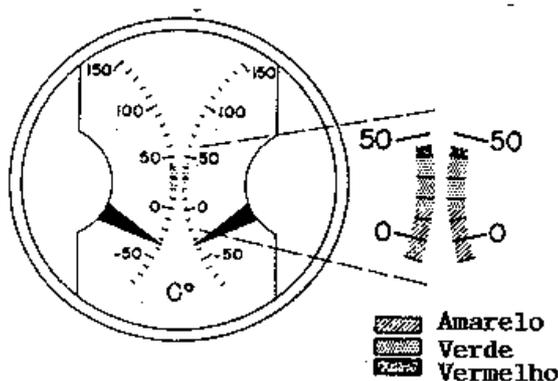


Figura 10-23 Indicador da temperatura do ar do carburador.

O arco amarelo indica os limites de  $-10^{\circ}\text{C}$  até  $+15^{\circ}\text{C}$ , desde que o perigo de gelo ocorra entre estas temperaturas. A faixa verde indica o limite normal de operação de  $+15^{\circ}\text{C}$  até  $+40^{\circ}\text{C}$ . A linha vermelha indica a temperatura máxima operacional de  $40^{\circ}\text{C}$ ; qualquer operação a uma temperatura acima deste valor coloca o motor em perigo de detonação.

### Indicador de pressão de combustível

O mostrador de pressão de combustível é calibrado em libras por polegadas quadradas de pressão. É usado durante o teste de operação geral (em funcionamento) do motor no banco de

provas para medir a pressão de combustível na entrada do carburador, o combustível de alimentação da válvula de descarga do injetor e a linha principal de suprimento de combustível. Indicadores de combustível são colocados na sala de controle do operador, e são conectados através de linhas flexíveis a diferentes pontos, nos quais a leitura é necessária durante o procedimento de teste.

Em algumas instalações em aviões, a pressão de combustível é tomada na entrada do carburador em cada motor, e a pressão é indicada em mostradores individuais (figura 10-24) no painel de instrumentos. O dial é calibrado na graduação, de 1 P.S.I., e os números estão dispostos de 0 a 25. A linha vermelha no "dial" em 16 P.S.I., mostra a pressão mínima de combustível necessária durante o voo. O arco verde mostra o limite desejado para operação, que é de 16 a 18 P.S.I. A linha vermelha na graduação de 18 P.S.I. indica a pressão máxima permitida de combustível. As pressões de combustível variam com o tipo de instalação de carburador e o tamanho do motor. Na maioria dos motores que usam carburação com pressão de injeção, a faixa de pressão é a mesma que a ilustrada na figura 10-24.

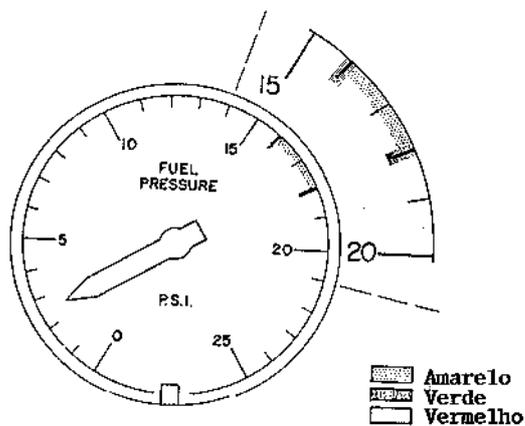


Figura 10-24 Indicador da pressão do combustível.

Quando os carburadores tipo bóia, ou sistema de carburação de baixa pressão, são usados, o limite da pressão de combustível é de um valor menor; a pressão mínima permitida é de 3 P.S.I., e a máxima é de 5 p.s.i. com a faixa de operação desejável entre 3 e 5 p.s.i.

### Medidor de fluxo de combustível

O medidor de fluxo de combustível mede o montante enviado ao carburador. Durante o procedimento de teste do motor, o fluxo de combustível para o motor é medido através de

uma série de tubos calibrados, localizados na sala de controle.

Os tubos são de vários tamanhos para indicar os diferentes volumes do fluxo de combustível. Cada tubo possui uma bóia que pode ser observada pelo operador, e como o fluxo de combustível varia através dos tubos, a bóia é cada vez abaixada ou elevada, indicando o montante do fluxo de combustível.

Com essas indicações, o operador pode determinar que o motor está operando com a correta mistura ar/combustível para fornecer a tração desejada.

Na instalação do avião, o sistema de indicação de fluxo de combustível consiste de um transmissor e de um indicador para cada motor.

O transmissor de fluxo de combustível é convenientemente instalado na seção de acessórios do motor e mede o fluxo de combustível entre a bomba do motor (mecânica) e o carburador.

O transmissor é um dispositivo elétrico que é conectado eletricamente a um indicador localizado no painel de operação do avião. A leitura no indicador é calibrada para gravar o montante de fluxo de combustível em libras de combustível por hora.

### Indicador da pressão de admissão

O tipo preferido de indicador para medição da pressão de admissão é um mostrador que grava a pressão como uma leitura de pressão absoluta. Um manômetro de mercúrio, um tubo calibrado em polegadas, é usado durante os procedimentos de teste.

Este é parcialmente abastecido com mercúrio e conectado ao adaptador no duto de admissão localizado no motor. Como é impraticável a instalação de manômetros de mercúrio no avião para gravar a pressão de admissão dos motores, um indicador de pressão do duto especialmente projetado para indicar a pressão absoluta no duto em polegadas de mercúrio será usado.

No indicador de pressão de admissão, o arco azul representa a faixa onde há operação com o controle de mistura em "autopobre", e o arco verde indica a faixa na qual o motor deve ser operado com o controle de mistura em "NORMAL" ou posição "RICA".

O arco vermelho indica a máxima pressão permitida no duto durante a decolagem.

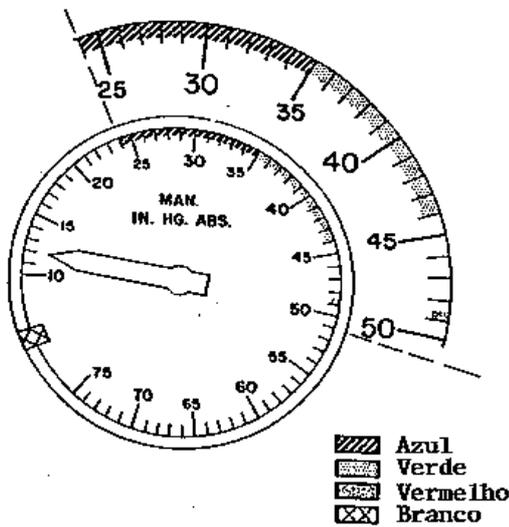


Figura 10-25 Indicador da pressão de admissão.

As marcas na faixa do indicador de pressão de admissão e indicações variam com os diferentes tipos de motores e instalações. A figura 10-25 ilustra o mostrador de um típico indicador de pressão de admissão e mostra como as marcas das faixas são posicionadas.

O arco azul começa na graduação 24 in.Hg, a pressão mínima permitida no duto durante o voo. O arco continua até a graduação de 35 in.Hg, e mostra a faixa onde a posição de operação "autopobre" é permitida.

O arco verde começa em 35 in.Hg e continua até a graduação de 44 in.Hg, indicando a faixa em que a operação na posição "RICA" é requerida.

Qualquer operação acima dos valores indicados pela extremidade superior do arco verde (44 in.Hg no mostrador do instrumento na figura 10-25) deverá ser limitado a operação contínua que não exceda a 5 minutos. A linha vermelha em 49 in.Hg mostra a pressão de admissão recomendada para decolagem; esta pressão não deve ser excedida. Nas instalações onde injeção de água é usada, uma segunda linha é colocada no mostrador para indicar a pressão de admissão máxima permitida para uma decolagem "molhada".

### Indicador de temperatura do óleo

Durante o funcionamento do motor no teste, as leituras de temperatura do óleo do motor são tomadas na entrada e na saída. Destas leituras, poderemos determinar se o aquecimento do motor que é transferido para o óleo é baixo, normal, ou excessivo.

Esta informação é de extrema importância durante o "amaciamento" do motor.

A linha do indicador da temperatura do óleo no avião é conectada à entrada de óleo do motor.

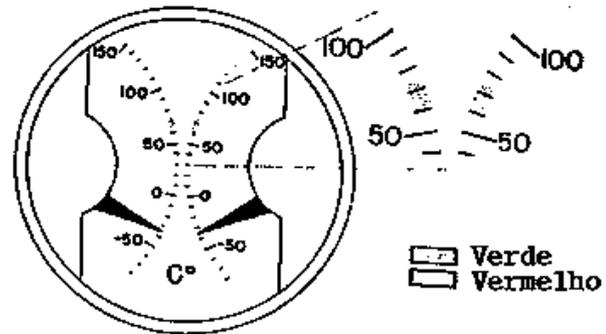


Figura 10-26 Indicador da temperatura do óleo.

### Indicador de pressão de óleo

A pressão de óleo no teste do motor é verificada em vários pontos. A leitura principal de pressão de óleo é tomada na linha de pressão da bomba de óleo. Outras leituras de pressão são tomadas da seção dianteira (*NOSE SECTION*) e da seção intermediária (*BLOWER SECTION*); e quando é usado o superalimentador, a leitura é tomada na embreagem de alta e baixa do motor (*HIGH and LOW-BLOWER CLUTCH*).

Geralmente, temos apenas um indicador de pressão de óleo para cada motor, e a conexão é feita no lado de pressão (saída) da bomba principal.

O mostrador do indicador de pressão de óleo, da figura 10-27, não mostra a faixa de pressão ou os limites para todas as instalações. As referências atuais para aviões específicos podem ser encontradas nas especificações de aviões (*AIRCRAFT SPECIFICATIONS*) ou nas folhas de dados de certificado de tipos (*TYPE CERTIFICATE DATA SHEETS*). A linha vermelha inferior em 50 p.s.i. indica a pressão mínima de óleo, permitida em voo. O arco verde entre 60 e 85 p.s.i. mostra a faixa de pressão de óleo desejável para operação. A linha vermelha em 110 p.s.i. indica a pressão de óleo máxima permitida.

O indicador da pressão de óleo indica a pressão (em P.S.I.) de que o óleo do sistema de lubrificação está sendo enviado para as partes móveis do motor. O motor deve ser cortado (desligado) imediatamente se o indicador falhar ao registrar a pressão quando estiver funcionando.

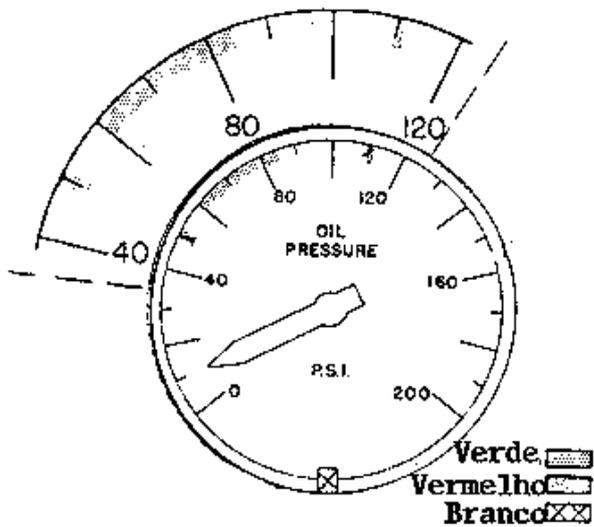


Figura 10-27 Indicador da pressão de óleo.

Oscilações excessivas no ponteiro indicam que existe ar nas linhas de tomada de pressão para o indicador ou que alguma unidade do sistema de óleo está com um funcionamento impróprio.

### Indicador tacômetro

O tacômetro (ou contagiros) mostra a r.p.m. do eixo de manivelas do motor. O sistema usado no teste do motor é o mesmo que o sistema existente no avião.

A figura 10-28 mostra um tacômetro com as faixas marcadas, colocadas na cobertura de vidro.

O tacômetro, geralmente referido como "TACH", é calibrado em centenas com graduações a cada intervalo de 50 r.p.m.. O "dial" mostrado aqui começa no 5 (500 r.p.m.) e vai até 40 (4.000 r.p.m.).

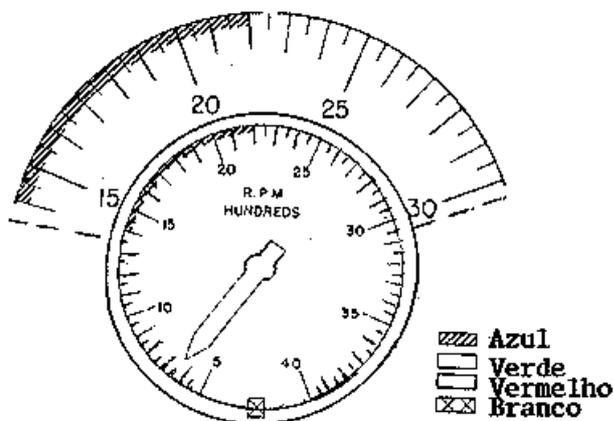


Figura 10-28 Tacômetro.

O arco azul no tacômetro indica a faixa de r.p.m. na qual a operação "autopobre" é permitida. A parte inferior deste arco, 1.400 r.p.m., indica a r.p.m. mínima permitida em vôo. A parte superior do arco azul, 2.200 r.p.m., indica a rotação do motor na qual o controle de mistura deve ser movido para "auto-rico".

O arco verde indica a faixa de r.p.m. na qual é necessária a operação na condição de "auto-rico".

O topo (parte superior) do arco verde, 2.400 r.p.m., indica a força máxima contínua (*MAXIMUM CONTINUOUS POWER*).

Todas as operações acima desta r.p.m. são limitadas por tempo (geralmente de 5 ou 15 min).

A linha vermelha indica a r.p.m. máxima permitida durante a decolagem 2.700r.p.m. Qualquer r.p.m. acima deste valor é uma condição de disparo (*OVERSPEED CONDITION*).

### Indicador da temperatura na cabeça do cilindro

Durante o procedimento de teste do motor, um "pirômetro" indica a temperatura na cabeça do cilindro, dos vários cilindros do motor que estão sendo testados.

Pares termoeletricos são conectados em vários cilindros. Através de uma chave seletora, qualquer temperatura de cabeça de cilindro pode ser indicada no pirômetro. Temos uma cablagem e uma escala para cada motor instalado no avião.

As temperaturas da cabeça dos cilindros são indicadas por mostradores conectados a um termopar fixado ao cilindro que vai mostrar no teste o aquecimento, em particular do motor. O termopar pode ser colocado como uma junta especial localizada sob a vela traseira; ou num alojamento na parte superior ou traseira da cabeça do cilindro.

A temperatura gravada em ambos os pontos é meramente uma referência ou controle de temperatura; mas por quanto mais tempo forem mantidos os limites descritos, a temperatura da cobertura do cilindro, válvula de escape e pistão, também permanecerão na faixa satisfatória. Desde que o termopar seja fixado em apenas um cilindro, isto fará nada mais do que dar uma evidência da temperatura geral do motor. Entretanto, normalmente isto pode ser a indicação de que a temperatura remanescente no cilindro deverá ser baixa; e con-

dições como detonação não serão indicadas a não ser que venham a ocorrer no cilindro em que está fixado o termopar.

A marcação na faixa do mostrador de temperatura do cilindro é similar a do indicador da pressão de admissão e do indicador tacômetro.

O indicador de temperatura da cabeça do cilindro, ilustrado na figura 10-29, é um instrumento duplo que incorpora duas escalas de temperatura separadas. As escalas são calibradas com incrementos de 10, com numerais de 0°, 100°, 200° e 300° de graduações. O espaço entre qualquer marca de graduação representa 10 ° C.

O arco azul no mostrador indica a faixa na qual é permitida operação em "auto-pobre". A parte inferior deste arco, 100 ° C, indica a temperatura mínima desejada para assegurar a operação eficiente do motor durante o vôo.

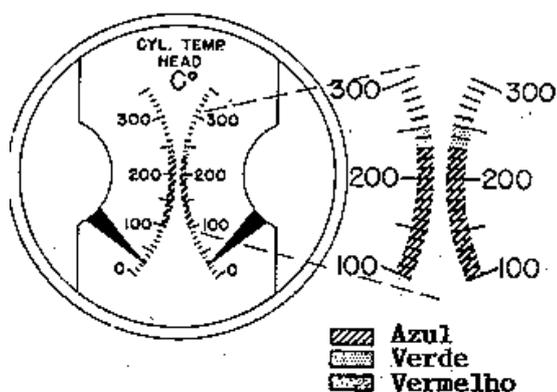


Figura 10-29 Indicador de temperatura da cabeça do cilindro.

O topo (parte superior) do arco azul, 230 ° C, indica a temperatura na qual o controle de mistura deve ser movido para a posição "auto-rica". O arco verde descreve a faixa onde a operação deve ser feita em "auto-rica". O topo (parte superior) deste arco 248 ° C indica a tração máxima contínua; toda operação acima desta temperatura é limitada por tempo (usualmente 5 a 15 min). A linha vermelha indica a temperatura máxima permitida, 260 ° C.

### Torquímetro

O sistema de pressão de torque é usado para indicar a resposta de tração do motor nos vários ajustes de tração. O torquímetro indica o montante de pressão do torque em p.s.i. O instrumento é usualmente numerado como mostra-

do na figura 10-30; e calibrado em intervalos de 5 p.s.i.

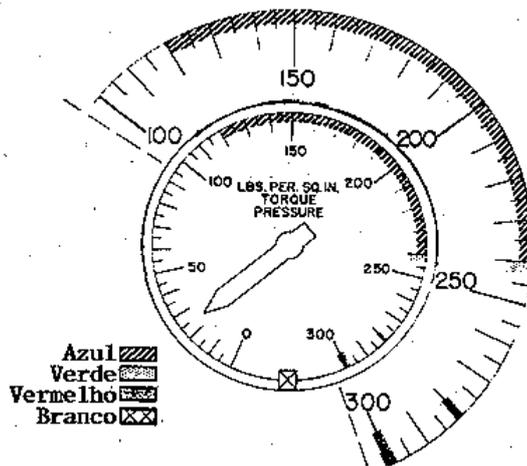


Figura 10-30 Torquímetro.

O arco azul no torquímetro indica a faixa permitida para operação em "autopobre". A parte inferior do arco, 120 p.s.i. é o mínimo desejável durante o vôo, como determinado pelas características particulares do motor. O topo (parte superior) deste arco 240 p.s.i. indica a pressão de torque na qual o controle de mistura deve ser movido para "auto-rica".

A linha verde indica o ponto de tração máxima contínua, e acima deste ponto o ajuste "auto-rica" deve ser usado.

Qualquer operação acima desta pressão de torque indicada deve ser limitada por tempo (normalmente 5 a 15 min). Se o arco verde é usado no lugar da linha verde, a parte inferior do arco é o ponto acima do qual a operação deve ser limitada.

Duas marcas radiais vermelhas são geralmente mostradas no torquímetro. A linha vermelha mais curta até 280 p.s.i. indica a máxima pressão de torque quando a injeção de água não é usada. A linha vermelha maior (300 p.s.i.) representa a máxima pressão de torque quando a injeção de água for usada.

### Indicador de sucção

O indicador de sucção não é classificado como um instrumento de motor, desde que este não indique qualquer informação que determine a operação eficiente do motor. O mecânico é preocupado (interessado) com isto, porque ele é responsável pelo ajuste do regulador de sucção e teste da leitura no mostrador de sucção durante os testes operacionais do motor.

O mostrador de sucção (figura 10-31) é calibrado para indicar a redução da pressão abaixo da pressão atmosférica em polegadas de mercúrio; o espaço entre as linhas de graduação representa 0,2 in.Hg.

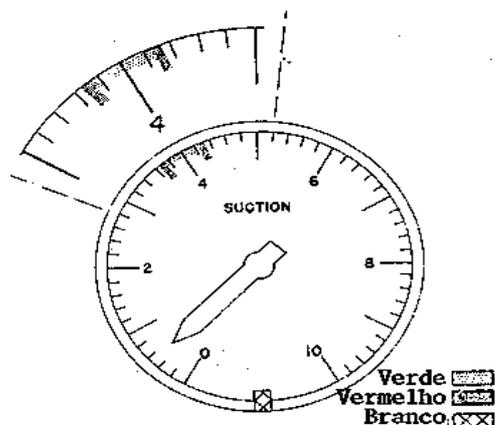


Figura 10-31 Indicador de sucção.

A linha vermelha com 3,75 in.Hg indica a sucção mínima desejável. O arco verde mostra a faixa de sucção desejável, 3,75 in.Hg até 4,25 in.Hg. A linha vermelha de 4,25 in.Hg indica a sucção máxima desejável.

### Sistema de quantidade de óleo

O sistema de quantidade de óleo determina o seu consumo durante o teste do motor em funcionamento, medindo a exata quantidade de óleo consumida pelo motor durante os vários períodos de operação.

O sistema consiste de um tanque de alimentação, uma linha de óleo para o motor, uma linha de retorno para o óleo de retorno do motor, sistema de refrigeração e uma escala de peso (quantidade), que registra todas as quantidades, incluindo tanque cheio. O óleo consumido pelo motor é determinado meramente pela subtração da leitura da escala de quantidade de tanque cheio.

### Manômetro de medição diferencial

O manômetro de medição diferencial, usado durante o teste final, é de 100 in., manômetro de água tubo simples (um indicador de medição de pressão), este é conectado ao carburador, de maneira a medir a diferença de pressão (medir a força do ar) entre a câmara A e a câmara B (nos motores que usam carburadores com injeção de pressão).

Através do uso deste instrumento, as medições características do carburador são rigorosamente observadas durante os testes do funcionamento do motor.

### Instrumentação geral

Muitos dos vários indicadores e meios de indicação mostram apenas que o sistema está funcionando, ou há uma falha de função. Em algumas aeronaves, uma luz de aviso acende quando a pressão de combustível está baixa. Uma luz similar é usada para os sistemas de pressão de óleo.

### OPERAÇÃO DO MOTOR CONVENCIONAL

A operação do grupo motopropulsor é controlada da cabine de comando (*cockpit*). Algumas instalações possuem numerosos controles manuais e manetes conectadas ao motor por hastes, cabos, quadrantes, roldanas, etc. Os controles manuais, em muitos casos, são convenientemente montados nos quadrantes na cabine de comando (*cockpit*).

Adesivos e marcas são colocados no quadrante para indicar as funções e posições das manetes. Em algumas instalações, embreagens de fricção estão instaladas para segurar os controles no lugar. Pressão de admissão, r.p.m., temperatura do motor, do óleo, do ar do carburador, e a razão combustível/ar podem ser controladas através da manipulação de controles na cabine de comando. Coordenando o movimento dos controles com as leituras dos instrumentos, os excessos dos limites operacionais são protegidos.

A operação dos motores é normalmente limitada por faixas específicas operacionais, como as seguintes:

- (1) Velocidade do eixo de manivelas (r.p.m.).
- (2) Pressão de admissão.
- (3) Temperatura na cabeça do cilindro.
- (4) Temperatura do ar do carburador.
- (5) Temperatura do óleo.
- (6) Pressão do óleo.
- (7) Pressão de combustível.
- (8) Ajuste da mistura combustível/ar.

Os procedimentos, pressões, temperaturas e r.p.m. usados através desta seção são somente com o propósito de ilustração, e não pos-

suem aplicação geral. Os procedimentos operacionais e os limites usados nas fabricações individuais e modelos de motores de aviões variam consideravelmente dos valores mostrados aqui. Para a informação exata recorre-se ao modelo de motor específico, consultando as instruções aplicáveis.

### **Instrumentos de motor**

O termo "instrumentos de motor" usualmente inclui todos os instrumentos necessários para medir e indicar o funcionamento do grupo motopropulsor. Os instrumentos de motor são geralmente instalados no painel de instrumentos de maneira que todos eles sejam facilmente observados ao mesmo tempo.

Alguns aviões simples e leves (menores) podem ser equipados apenas com um tacômetro, um indicador de pressão de óleo, e indicadores de temperatura de óleo.

Os aviões mais pesados e mais complexos deverão ter todos, ou parte, dos seguintes instrumentos de motor:

- (1) Sistema de indicação e aviso de pressão de óleo.
- (2) Indicador de temperatura de óleo.
- (3) Sistema de indicação e aviso de pressão de combustível.
- (4) Indicador de temperatura de ar no carburador.
- (5) Indicador de temperatura na cabeça do cilindro para motores refrigerados a ar.
- (6) Indicador de pressão de admissão.
- (7) Tacômetro.
- (8) Indicador de quantidade de combustível.
- (9) Indicador de fluxo de combustível ou mistura de combustível.
- (10) Indicador de quantidade de óleo.
- (11) Indicador de quantidade de aumento de líquido.
- (12) Indicadores de aviso de fogo.
- (13) Meios para indicar quando a hélice está em reverso.
- (14) Indicador de BMEP (pressão efetiva de acionamento ao freio).

### **Partida do motor**

A técnica correta de partida é uma parte importante na operação do motor. Procedimentos impróprios muitas vezes são usados porque alguns dos princípios básicos envolvidos na operação do motor são mal interpretados.

Procedimentos típicos para partida, relativos ao motor, são discutidos no volume 1 de *Matérias Básicas*, capítulo 11. Em geral, dois procedimentos diferentes de partida devem cobrir todos os motores.

Um procedimento é para motores que usam carburadores tipo bóia, e o outro para motores com carburadores de injeção sob pressão. O procedimento específico do fabricante para um motor em particular e a combinação com a aeronave deve sempre ser seguida.

### **Aquecimento do motor**

O aquecimento do motor é importante, particularmente quando as suas condições são desconhecidas.

Ajuste impróprio na mistura de marcha lenta, centelha intermitente nas velas, e ajuste impróprio das válvulas do motor, – todos possuem um efeito prejudicial na estabilidade do motor. Portanto, o aquecimento deve ser feito na velocidade do motor onde a máxima estabilidade é obtida. Experiência tem mostrado que a velocidade ótima de aquecimento é entre 1.000 e 1.600 r.p.m..

A velocidade selecionada deve ser aquela na qual a operação do motor é a mais suave, desde que a suavidade da operação seja a indicação de que todas as fases da operação do motor sejam as mais estáveis.

Muitos motores *PRATT and WHITNEY* incorporam válvulas de alívio de pressão de óleo com temperatura compensada. Esse tipo de válvula de alívio resulta em uma alta pressão de óleo imediatamente após as partidas, se a temperatura de óleo estiver abaixo de 40 ° C. Consequentemente, a temperatura na partida destes motores é aproximadamente atingida em 1.000 r.p.m. e então acelera-se, sendo a velocidade do motor mais estável pelo menos até a temperatura do óleo atingir 40 ° C.

Durante o aquecimento, observam-se os instrumentos associados a operação do motor. Isto deverá ajudar a ter certeza de que todas as fases operacionais do motor estejam normais. Por exemplo, a pressão de óleo deve ser indicada aos 30 segundos após a partida.

Além disto, se a pressão de óleo não subir para ou acima do normal, em 1 minuto após a partida do motor, o motor deve ser "cortado" (desligado).

As temperaturas da cabeça do cilindro e de refrigeração devem ser observadas continu-

amente para que elas não excedam ao limite máximo permitido.

Uma mistura pobre não deve ser usada para apressar o aquecimento.

Atualmente, na r.p.m. de aquecimento, existe uma pequena diferença no suprimento da mistura para o motor, quer a mistura esteja na posição "rica" ou "pobre", desde que a medição desta faixa de força seja governada pela posição do acelerador.

O aquecimento do carburador pode ser usado quando necessário sob condições que conduzam a formação de gelo.

Para motores equipados com carburadores tipo bóia, isto é desejável para elevar a temperatura do ar do carburador durante o aquecimento, prevenindo a formação de gelo e assegurando a operação suave.

O teste de segurança do magneto pode ser feito durante o aquecimento.

O propósito é assegurar que todas as conexões estejam firmes (seguras) e que o sistema de ignição permita operação em ajustes de alta tração, usada durante fases posteriores ao teste de solo.

O tempo necessário para o respectivo aquecimento fornece ampla oportunidade de fazer este teste simples, o que pode revelar uma condição não aconselhável para continuar a operação até que as correções tenham sido feitas.

O teste de segurança do magneto é feito com a hélice em posição de alta r.p.m., em aproximadamente 1.000 r.p.m.

Move-se a chave de ignição de "ambos" para "direito" e retorna-se para "ambos"; de "ambos" para "esquerdo" e retorna-se para "ambos", de "ambos" para "desligado" momentaneamente, e retorna-se para "ambos".

Quando for colocada a chave de "ambos" para a posição de magneto simples, uma pequena, mas notável queda na r.p.m. deverá ocorrer. Isto indica que o magneto oposto está sendo bem "aterrado".

O corte completo do motor quando o contato é colocado de "ambos" para "OFF" (desligado) indica que ambos magnetos estão apropriadamente aterrados.

Falha para obter alguma queda de r.p.m. quando da colocação na posição magneto simples, ou falha no corte do motor quando colocado o contato para "desligado", indica que uma ou ambas conexões de aterramento não estão seguras.

## Teste de solo

O teste de solo é realizado para avaliar o funcionamento do motor pela comparação da força aplicada, como medição da pressão de admissão, com a tração de saída (final), é medida pela r.p.m. ou pressão de torque.

O motor pode ser capaz de produzir a tração indicada, até alcançar tração de decolagem, e não estar funcionando bem.

Apenas através da comparação da pressão de admissão requerida durante o teste, contra um conhecimento básico, esta condição pode ser descoberta.

O teste do magneto pode também falhar ao mostrar um curto-circuito e, desde que tolerável, a queda de r.p.m. é apenas a medição de um funcionamento impróprio do sistema de ignição, e não necessariamente afetado por outros fatores.

Ao contrário, é possível para o teste do magneto provar uma condição insatisfatória presente em outro lugar do motor.

O teste de solo é feito após o motor completar o aquecimento, e consiste no teste de operação do grupo motopropulsor e equipamentos acessórios através da audição, inspeção visual, e através da correta interpretação das leituras dos instrumentos, movimentos dos controles e reações aos contatos.

Durante o teste de solo, o avião deve ser colocado contra o vento, se possível, para obter a vantagem do fluxo de ar de refrigeração. O teste de solo deve ser feito como segue:

### *Teste do controle de posição*

Flapes de cobertura ( <i>Cowl Flaps</i> )	→ abertos
Mistura	→ rica
Hélice	→ alta r.p.m.
Aquecimento do carburador	→ frio
Filtro de ar do carburador	→ como requerido
Controle do superalimentador	→ baixo, neutro ou "off" (onde aplicável)

### *Procedimento*

- (1) Testar a hélice de acordo com a instrução do fabricante.

- (2) Abrir o acelerador para a pressão de admissão, equalizando a pressão barométrica.
- (3) Acionar o contato de "ambos" para "direito" e retornar para "ambos". Acionar de "ambos" para "esquerdo" e retornar para "ambos". Observar a queda de r.p.m. durante a operação nas posições "direita" e "esquerda". A queda máxima não deve exceder àquela especificada pelo fabricante do motor.
- (4) Testar as pressões de combustível e óleo. Elas devem estar dentro da tolerância estabelecida para aquele motor.
- (5) Anotar a r.p.m.
- (6) Recuar o acelerador.

Em adição as operações descritas acima, testa-se o funcionamento dos vários itens do equipamento do avião, como sistemas de gerador, sistemas hidráulicos, etc.

### **Teste do ângulo (passo) da hélice**

A hélice é testada para assegurar adequada operação do controle de ângulo e o mecanismo de troca de passo. A operação de controle do passo da hélice é testada através das indicações do tacômetro e do indicador de pressão de admissão, quando o controle do governador da hélice é movido de uma posição para outra. Cada tipo de hélice necessita de um procedimento diferente.

### **Teste de potência**

A relação específica entre a r.p.m. e a pressão de admissão deve ser testada durante cada teste de solo, que pode ser feito ao mesmo tempo em que o teste de magneto, durante o aquecimento.

A idéia básica deste teste é medir a performance do motor contra uma condição padrão. Testes de calibração vão determinar que o motor é capaz de produzir uma determinada tração, uma determinada r.p.m. e uma pressão de admissão.

A calibração original, ou medição de tração é feita através de um dinamômetro. Durante o teste no solo, a tração é medida com a hélice. Em condições de densidade de ar constante, a hélice, em alguma posição de passo fixo, irá sempre necessitar da mesma r.p.m para absorver

a mesma tração do motor. Esta característica é usada na determinação da condição do motor.

Quando o controle do governador é comandado para ângulo baixo total, a hélice opera como uma hélice de passo fixo. Sob estas condições, a pressão de admissão para qualquer motor específico, com controle de mistura "auto-rica", indica se todos os cilindros estão operando apropriadamente. Com um ou mais cilindros mortos, ou com queima intermitente, a operação dos outros cilindros deverá fornecer mais força para obter uma determinada r.p.m. Consequentemente, o acelerador do carburador deve estar mais aberto.

Diferentes motores do mesmo modelo usando a mesma instalação de hélice numa localização geográfica devem requerer a mesma pressão de admissão, de 1 in.Hg (uma polegada de mercúrio) para obter a r.p.m. quando o barômetro e a temperatura estiverem com a mesma leitura.

A pressão de admissão mais alta que a normal geralmente indica um cilindro inoperante (morto), ou tempo de ignição atrasado. Uma excessiva baixa pressão no duto para uma determinada r.p.m. normalmente indica que o tempo de ignição está adiantado. Ignição adiantada pode causar detonação e perda de tração nos ajustes de decolagem.

Antes da partida do motor, observa-se o indicador de pressão de admissão, no qual deverá ser lido aproximadamente a pressão atmosférica (barométrica) quando o motor não estiver funcionando.

Ao nível do mar é aproximadamente de 30 in.Hg (polegadas de mercúrio), nos campos acima do nível do mar a pressão atmosférica deverá ser menor, dependendo da altitude acima do nível do mar.

Quando o motor é girado (colocado a funcionar) e então acelerado, a pressão de admissão deverá diminuir até que, ao ser então alcançada, em torno de 1.600 ou 1.700 r.p.m., esta deverá começar a crescer. Em aproximadamente 2.000 r.p.m. com a hélice na posição passo mínimo, a pressão de admissão deve ser a mesma que a pressão barométrica.

Se a leitura no indicador de pressão (campo de pressão barométrica) era 30 in.Hg, antes da partida do motor, a pressão lida deverá retornar aos 30 in.Hg a aproximadamente 2.000 r.p.m. Se o indicador de pressão de admissão indica 26 in.Hg antes da partida, este deverá mostrar 26 in.Hg a aproximadamente 2.000

r.p.m.. A r.p.m. exata deverá variar com os vários modelos de motores ou por causa das variações das características da hélice.

Em certas instalações, a r.p.m. necessária para assegurar a pressão barométrica do campo pode ser acima de 2.200 r.p.m. Contudo, uma vez a r.p.m. requerida tenha sido estabelecida e instalada, qualquer variação apreciável indica algum mau funcionamento. Esta variação pode ocorrer porque o batente de ângulo (passo) mínimo da hélice não está apropriadamente regulado (colocado), ou porque o carburador ou o sistema de ignição não estão funcionando devidamente.

A precisão do teste pode ser afetada pelas seguintes variáveis:

- (1) VENTO → algum movimento de ar apreciável (5 m.p.h. ou mais) irá trocar a carga na pá da hélice quando esta estiver na posição de passo fixo. A direção do vento irá aumentar a R.P.M. obtida com uma dada pressão de admissão. Um vento de cauda irá diminuir a R.P.M..
- (2) TEMPERATURA DA ATMOSFERA → os efeitos das variações na temperatura da atmosfera tendem a cancelar qualquer outro. Grande admissão no carburador e temperaturas altas no cilindro tendem a reduzir a r.p.m., mas a carga da hélice é aliviada por causa da menor densidade do ar.
- (3) TEMPERATURAS DO MOTOR E DO SISTEMA DE INDUÇÃO → se as temperaturas do cilindro e do carburador são altas por causa de outros fatores que não seja a temperatura atmosférica, uma baixa r.p.m. deverá resultar, desde que a força seja diminuída sem a compensação da redução na carga da hélice.
- (4) TEMPERATURA DO ÓLEO → óleo frio tende a manter baixa a r.p.m., pois a alta viscosidade resulta no aumento de fricção e perda de força.

A adição de um torquímetro pode aumentar a precisão do teste de potência através do fornecimento de outra medição de tração final. Tão logo o teste seja feito com as pás em uma posição de passo fixo conhecido, o torquímetro não fornece informação adicional, mas seu uso pode aumentar a precisão; em frequentes instantes, onde as escalas do tacômetro são

graduadas mais grosseiramente, as leituras do indicador tacômetro podem ser a mais conveniente fonte de informação.

### **Teste operacional do sistema de ignição**

Na realização do teste operacional do sistema de ignição (teste do magneto), as características de absorção de força da hélice em posição de baixo ângulo são utilizadas.

No contato para os magnetos individualmente, o corte das ligações opostas resulta em uma diminuição da razão de combustão, que causa o mesmo efeito que o retardo do avanço da vela.

A queda na velocidade do motor é medida na perda de tração pela diminuição da razão de combustão.

Quando o teste do magneto está concluído, a queda na indicação de pressão do torquímetro é um bom suplemento para a variação de r.p.m. e nos casos onde a escala do torquímetro é graduada grosseiramente, a variação do torquímetro pode fornecer uma evidência positiva da troca de tração, quando é acionada a posição individual do magneto.

Não se deve esperar uma perda que exceda a 10% na pressão do torquímetro, quando operado com um magneto simples. Através da comparação da queda da r.p.m. com um conhecimento padrão, o seguinte será determinado:

- (1) A sincronização própria de cada magneto.
- (2) O desempenho geral do motor como evidência pela operação suave.
- (3) Teste adicional para a própria conexão dos cabos de ignição.

Qualquer irregularidade anormal em cada magneto é uma indicação de falha de ignição causada por uma vela mal conectada, ou por mau funcionamento do sistema de ignição. O operador deve ser muito sensível a irregularidade do motor durante este teste. A ausência de queda na r.p.m. poderá ser uma indicação da falta de "aterramento" de um dos lados do sistema de ignição.

O corte completo, quando selecionado um magneto, é evidência definitiva de que este lado do sistema de ignição não está funcionando.

Diferença excessiva na queda de r.p.m. entre as posições esquerda e direita da chave

pode indicar a diferença na sincronização entre os magnetos esquerdo e direito.

Tempo suficiente deve ser dado ao teste de cada posição individual do contato para permitir a completa estabilização da velocidade do motor e da pressão de admissão.

Existe uma tendência de fazer este teste muito rápido com indicações de resultados errôneos. Não é excessiva a operação de no mínimo 1 minuto da ignição individual.

Outro ponto que deve ser enfatizado é o perigo de tacômetro com ponteiro preso. O tacômetro deve ser "batido" levemente para se ter certeza que o ponteiro do indicador move livremente.

Em alguns casos, a "prisão" do tacômetro tem causado erros na indicação acima de 100 r.p.m. Sobre certas condições, o sistema de ignição deve ter dado 200 r.p.m. de queda com apenas 100 r.p.m. de queda indicada no instrumento.

Em muitos casos, uma leve "batida" no instrumento elimina o problema e resulta em leituras precisas.

De acordo com os resultados do teste do sistema de ignição, grava-se o montante de queda total de r.p.m. que ocorre rapidamente, e o montante que ocorre lentamente.

Este colapso na r.p.m. fornece meios de localizar certos problemas no sistema de ignição.

Isto pode economizar um longo tempo de trabalho desnecessário através da manutenção limitada a parte específica do sistema de ignição, que é responsável pelo problema.

Queda rápida de r.p.m. é normalmente resultado de falha ou das velas na cablagem de ignição. Isto é verdadeiro porque a falha nas velas ou cablagem tem efeito rápido. O cilindro vai parar (morrer) ou começar a funcionar intermitentemente no instante em que o contato (chave) é movido da posição "ambos" para "direito" ou "esquerdo".

Queda lenta de r.p.m. normalmente é causada pela incorreta sincronização da ignição ou falha no ajuste de válvula. Com a sincronização de ignição atrasada, a carga é inflamada muito tarde com relação ao curso do pistão, para que a pressão de combustão seja a máxima no tempo próprio.

O resultado é uma grande perda de força mais do que a normal para ignição simples (um magneto) porque um "pico" de pressão mais baixa é obtido no cilindro. Contudo, esta perda

de força não deve ocorrer tão rapidamente quando acompanhada com a parada (morte) da vela de ignição. Isto explica a lenta queda de r.p.m., quando comparada com a queda instantânea com uma vela inoperante (morta) ou cablagem defeituosa.

Claros (folgas) de válvulas incorretas, através deste efeito no cruzamento das válvulas pode causar uma mistura muito rica ou muito pobre.

A mistura muito rica ou muito pobre pode afetar uma vela mais do que outra, por causa da localização, e mostrar uma queda de r.p.m. alta ou lenta no teste de ignição.

### **Teste da mistura de cruzeiro**

O teste da mistura de cruzeiro é um teste de medição do carburador. Testando as características de medição do carburador a intervalos de 200 a 300 r.p.m., até a velocidade de 800 r.p.m. para a velocidade do teste do sistema de ignição, um completo padrão da "performance" básica do carburador é dado.

Para fazer este teste, coloca-se o motor acima da velocidade especificada com a hélice em ângulo totalmente reduzido. O primeiro teste é feito a 800 r.p.m. Com o controle da mistura do carburador na posição "auto-rica", lê-se a pressão de admissão.

Com o acelerador permanecendo na mesma posição, o controle de mistura é movido para a posição "auto-pobre".

A velocidade do motor e as leituras de pressão de admissão devem ser anotadas. Repete-se este teste nas r.p.m. de 1.000, 1.200, 1.500, 1.700 e 2.000 ou nas r.p.m. especificadas pelo fabricante.

Há proteção contra a má indicação do instrumento através da leve "batida" no tacômetro.

Movendo o controle de mistura da posição "auto-rico" para a posição "autopobre", testa-se a mistura de cruzeiro.

Em geral, a velocidade não deve aumentar mais de 25 r.p.m. ou diminuir mais do que 75 r.p.m. durante a troca de "auto-rico" para "auto-pobre".

Por exemplo, supondo que a troca de r.p.m. esteja acima de 100 para o teste de 800 até 1.500 r.p.m. é óbvio que, a provável causa, seja uma mistura de lenta incorreta. Quando o ajuste de lenta é correto, o carburador deverá corrigir através desta faixa.

## **Teste de velocidade e de mistura de marcha lenta**

Falhas nas velas dificultam e, inevitavelmente, resultam em falha para fornecer um ajuste de mistura apropriado.

A tendência é parecer que o ajuste de mistura lenta esteja extremamente do lado de "rica", e a compensação para isto é através do ajuste do batente do acelerador de uma relativa alta r.p.m. para uma mínima lenta.

Com o ajuste apropriado da condição mistura lenta, é possível operar o motor em marcha lenta (IDLE r.p.m.) por longos períodos.

Com estes ajustes resultarão falhas mínimas nas velas e fumaça na descarga, pagando dividendos pela economia de freios do avião após os pousos e durante o táxi.

Se o vento não estiver muito forte, o ajuste de mistura lenta pode ser testado facilmente durante o teste de solo, como segue:

- (1) Fechar o acelerador.
- (2) Mover o controle de mistura para a posição "corte de lenta", e observar a troca na r.p.m. Retornar o controle de mistura para trás para a posição "rica" antes do corte (parada) do motor.

Quando a manete de controle de mistura é movida para corte de lenta, e antes do corte normal, uma ou duas coisas podem ocorrer momentaneamente:

- (1) A rotação do motor pode aumentar. Um aumento de r.p.m., porém menor do que a recomendada pelo fabricante (normalmente 20 r.p.m.). Um grande aumento indica que a mistura está muito "rica".
- (2) A rotação do motor pode não aumentar ou cair imediatamente. Isto indica que a mistura em marcha lenta está muito "pobre".

A mistura de marcha lenta deve ser colocada para fornecer uma mistura levemente mais "rica" do que a de maior tração, resultando em 10 ou 20 r.p.m. de aumento após o corte de lenta "idle cut off".

A mistura de marcha lenta dos motores equipados com injetores elétricos pode ser testada através do acionamento da chave do injetor, notando qual a troca na pressão de admissão e na r.p.m.. A diminuição da r.p.m. e o aumento

da pressão de admissão deverão ocorrer quando o injetor for energizado se a mistura lenta estiver muito "rica". Se a mistura de lenta é ajustada muito "pobre", a r.p.m. deverá aumentar e a pressão de admissão diminuir.

## **Teste do superalimentador de duas velocidades**

Para se testar a operação do mecanismo do ventilador, coloca-se a velocidade do motor em uma r.p.m. suficientemente alta para obter a pressão mínima de óleo requerida para a operação da embreagem. Move-se o controle do superalimentador para a posição "alta". Uma queda momentânea na pressão de óleo deve acompanhar a mudança.

O acelerador é aberto para obter não mais do que 30 in.Hg na pressão de admissão. D

Quando a velocidade do motor estiver estabilizada, observa-se a pressão de admissão e a mudança do controle do superalimentador para a posição "baixa" sem movimento do acelerador.

Uma súbita queda na pressão de admissão indica que o acionador do superalimentador está funcionando apropriadamente.

Se não ocorrer queda, a embreagem pode estar inoperante.

Tão logo a troca de pressão de admissão for testada, reduz-se a velocidade do motor para 1.000 r.p.m., ou menos.

Se a mudança do superalimentador não parecer satisfatoriamente, opera-se o motor a 1.000 r.p.m. por 2 ou 3 min para permitir que a geração de calor, durante a mudança, se dissipe para as embreagens, repetindo o procedimento de mudança. A mudança no ventilador deve ser feita sem hesitação ou parada entre as posições de controle, para evitar arrasto ou deslizamento nas embreagens.

Deve ser certificado de que o controle do superalimentador está em posição de "baixa", quando o teste de solo estiver terminado.

## **Teste de aceleração e desaceleração**

O teste de aceleração é feito com o controle de mistura em ambos "auto-rico" e "auto-pobre".

Move-se o acelerador de lenta para uma tração de decolagem suave e rapidamente. A r.p.m. do motor deverá aumentar sem hesitação e sem evidência de retorno de chama.

Este teste deverá, em muitos casos, apresentar condições críticas, que não são reveladas por nenhum outro teste.

Isto é verdadeiro por causa da alta pressão que os cilindros desenvolvem durante este teste, adicionando ao máximo esforço em ambos sistemas de ignição e sistema de medição de combustível.

Esta adição máxima é suficiente para elevar ao máximo certos defeitos que de outro modo não apareceriam.

Os motores devem ser capazes de acelerações rápidas, desde que em uma emergência, como uma "arremetida" durante o pouso, a capacidade de um motor em acelerar rapidamente em alguns casos é a diferença entre o sucesso de uma "arremetida" e um acidente no pouso.

O teste de desaceleração é feito durante o "retardamento" do acelerador no teste de aceleração.

A r.p.m. deve diminuir suave e uniformemente. Poderá haver ou não uma pequena tendência de "pós-queima" no motor.

### **Parada do motor**

Com cada tipo de instalação de carburador, procedimentos específicos são usados para a parada do motor.

O procedimento geral descrito nos parágrafos seguintes reduz o tempo para a parada, minimiza a tendência de retorno de chama, e, o mais importante, previne o superaquecimento do ar da refrigeração forçada dos motores durante a operação no solo.

Na parada de qualquer motor de avião, os controles devem ser colocados como se segue, independente do tipo de carburador ou sistema de combustível.

- (1) Os flaps de cobertura estarão sempre colocados na posição "totalmente abertos" para evitar superaquecimento do motor, e serão mantidos nesta posição após a parada para prevenir aquecimento residual para a deterioração do sistema de ignição.
- (2) As persianas (tampas) do radiador de óleo devem estar "totalmente abertas" para manter a temperatura do óleo de retorno normal.
- (3) As persianas do intercambiador são mantidas na posição totalmente abertas.

- (4) O controle de ar quente do carburador é mantido na posição "fria" para prevenir danos que podem ocorrer com o retorno de chama.
- (5) As portas de descarga do superalimentador são colocadas na posição "totalmente abertas".
- (6) O controle de duas velocidades é colocado na posição "baixa ventilação".
- (7) A hélice de duas posições será normalmente parada com o controle colocado na posição ângulo alto "*high pitch*" (diminuindo a r.p.m.).

Abre-se o acelerador para aproximadamente 1.200 r.p.m. e muda-se o controle da hélice para a posição ângulo alto "*high pitch*". Mantendo o motor em operação aproximadamente 1 minuto antes do "corte" (parada), assim que o óleo for passado para o motor vindo da hélice pode ser retornado e enviado para o tanque.

Contudo, para inspecionar o pistão da hélice quanto a abastecimento, e protegê-la para outros propósitos especiais, esta hélice pode ser parada com o controle de hélice na posição "baixo ângulo", e aumento de r.p.m. quando o motor for parado.

Nenhuma menção é feita ao acelerador, controle de mistura, válvula seletora de combustível e contatos de ignição quanto ao procedimento de colocação, porque a operação destes controles varia com o tipo de carburador usado no motor.

Motores equipados com carburador "tipo bóia", sem unidade de corte de lenta, são parados como segue:

- (1) Ajustar o acelerador para obter a velocidade de aproximadamente 600 a 800 r.p.m., dependendo do tipo do motor.
- (2) Fechar a válvula seletora de combustível.
- (3) Abrir o acelerador lentamente até o motor operar a aproximadamente em 800 a 1.000 r.p.m.
- (4) Observar a pressão do combustível. Quando esta cair para zero, girar o contato de ignição para a posição "desligada" (*OFF*) e, simultaneamente, mover o acelerador lenta-

mente para a posição "totalmente aberta". Esta operação deverá remover a carga de aceleração do sistema de indução, e evitar a possibilidade de uma partida acidental.

- (5) Quando o motor estiver parado, colocar a válvula seletora de combustível na posição "aberta", e reabastecer as linhas de combustível e o carburador através do uso da bomba auxiliar.

Um motor equipado com carburador que incorpore o corte de lenta (*IDLE CUT OFF*) é parado como segue:

- (1) Colocar o motor em lenta, levando o acelerador de 800 a 1.000 r.p.m.
- (2) Mover o controle de mistura para a posição corte de lenta (*IDLE CUT OFF*). No carburador "tipo pressão", isto causa chegada ao batente da válvula para parar (fechar) a descarga de combustível através do injetor de descarga.  
No carburador "tipo bóia", isto equaliza a pressão na câmara da bóia e no injetor de descarga.
- (3) Após a hélice ter parado de girar, colocar o contato de ignição na posição "fechado".

## **PRINCÍPIOS BÁSICOS DE OPERAÇÃO DE MOTOR**

O entendimento dos princípios básicos com os quais operam os respectivos motores, e os vários fatores que afetam esta operação, são necessários para diagnosticar os problemas do motor. Alguns destes princípios básicos serão revistos não como uma mera repetição de teoria básica, mas como uma concreta e prática discussão de como fazer para melhorar a má performance (desempenho) do motor.

Os respectivos motores convencionais de aviões operam com o princípio de 4 tempos. Pressão da queima dos gases atuam sobre o pistão, causando com isto um respectivo retorno para cima dentro do cilindro.

Este movimento recíproco do pistão é mudado por um movimento de rotação através do eixo de manivelas, ao qual o pistão é acoplado através de uma biela. O eixo de manivelas, em movimento, é fixado ou engrenado na hélice do avião.

Portanto, o movimento de rotação do eixo de manivelas causa o giro da hélice. Desse modo, o movimento da hélice é resultado direto das forças que atuam sobre o pistão, como o movimento para cima e para baixo no cilindro.

Quatro movimentos (ciclos) do pistão, dois para cima e dois para baixo, são necessários para proporcionar uma força de impulso no eixo de manivelas. Cada um destes movimentos é considerado um evento no ciclo de operação do motor. Ignição dos gases (mistura combustível/ar) é o final do segundo, ou compressão. Então, o quinto evento que completa um ciclo de operação, ocorre no quarto movimento do pistão.

Quando o pistão se move para baixo no seu primeiro movimento (admissão), a válvula de admissão é aberta e a válvula de descarga é fechada. Quando o ar é sugado através do carburador, a gasolina é introduzida dentro da massa de ar formando uma mistura combustível (inflamável).

No segundo movimento, a admissão é fechada e a mistura combustível é comprimida quando o pistão se move para cima. Este é o movimento de compressão.

No instante exato, as velas lançam através dos terminais a centelha que inflama a mistura combustível/ar. A ignição da mistura combustível/ar é regulada para ocorrer um pouco antes do pistão chegar ao ponto morto alto.

Quando a mistura queima, a temperatura e a pressão sobem rapidamente. A pressão chega ao máximo logo após que o pistão tenha passado do ponto morto alto. As forças da expansão e da queima dos gases forçam o pistão para baixo, transmitindo energia ao eixo de manivelas. Isto é o movimento de potência. Ambas as válvulas de admissão e escape estão fechadas no início do movimento de potência.

Perto do final do movimento de potência, a válvula de escape abre, e os gases queimados começam a ser descarregados através do porte de escape. No movimento de retorno, o pistão força para fora os gases remanescentes. Esse movimento, o movimento de escape, finaliza o ciclo. Com a introdução de uma nova carga através do porte de admissão, a ação é repetida, e o ciclo de eventos ocorre repetidas vezes ao longo da operação do motor.

A ignição da carga de combustível deve regular a ignição para inflamar a carga ocorrer no tempo exato em relação ao curso do eixo de manivelas.

Os meios de ignição devem exatamente antes do pistão chegar ao ponto morto alto no movimento de compressão.

A ignição da carga neste ponto permite a pressão máxima para determinar o ponto ligeiramente após a passagem do pistão sobre o ponto morto alto. Para a combustão ideal, o ponto de ignição deve variar com a velocidade do motor e com os graus de compressão, a força da mistura, e outros fatores que governam a razão de queima. Contudo, certos fatores limitam a faixa de operação da r.p.m. e os perigos da operação com ajustes de centelha incorreta, proibindo o uso de controle variável de centelha em vários instantes.

Por isso, muitas unidades dos sistemas de ignição de aviões são reguladas (calibradas) para inflamar a carga combustível/ar em uma posição fixa (avançada).

Nos modelos mais novos de motores a quatro tempos, a válvula de admissão abre no ponto morto alto (*top center*), começando o movimento de admissão, e é fechada no ponto morto baixo (final do movimento de admissão). A válvula de escapamento é aberta no ponto morto baixo (final do tempo de potência) e fechada no ponto morto alto (final do movimento de escape). Maior eficiência pode ser obtida através da abertura da válvula de admissão de vários graus antes do ponto morto alto, e fechando vários graus após o ponto morto baixo.

A abertura da válvula de escape antes do ponto morto inferior, e fechando-a após o superior, também melhora o desempenho do motor. Como a válvula de admissão abre antes do ponto morto superior do ciclo de escape, e a válvula de escape fecha após o ponto morto superior do ciclo de admissão, existe o período onde ambas as válvulas, de admissão e escape, estão abertas ao mesmo tempo. Isto é conhecido como cruzamento de válvulas ou válvulas sobrepostas. A regulagem da válvula, com referência ao pistão ou a posição do eixo de manivelas é sempre feita em termos de antes ou depois dos pontos mortos altos e baixos (ATC, BTC, ABC e BBC).

A abertura da válvula de admissão, antes do pistão atingir o ponto morto superior, inicia o evento de admissão enquanto o pistão ainda está se movendo para cima no ciclo de exaustão. Isto ajuda a aumentar o volume da carga admitida para dentro do cilindro. A seleção do ponto onde a válvula de admissão deve abrir depende da r.p.m. na qual o motor normalmente opera.

Na baixa r.p.m., esta regulagem resulta em baixa eficiência, se não houver velocidade suficiente na entrada da carga e na saída dos gases de escape para desenvolver a energia necessária.

Também, na baixa r.p.m. o cilindro não é bem esvaziado, e gases residuais se misturam com o combustível que entra, além de serem apanhados durante o movimento de compressão. Alguma mistura que entra também é perdida através da válvula de escape aberta; contudo, as vantagens obtidas na operação em r.p.m. normal, compensam a deficiência que ocorrerá em baixa r.p.m. Outra vantagem desta sincronização da válvula é o aumento da vaporização do combustível e a benéfica refrigeração do pistão e cilindro.

Atrasando o fechamento da válvula de admissão, temos a vantagem da inércia do rápido movimento de entrada da mistura combustível/ar no cilindro. Este efeito de impacto aumenta a carga, que deverá ser formada se a válvula de admissão fechar no ponto morto inferior (final do movimento de admissão). A válvula de admissão inicia sua abertura durante a parte final do movimento de escape, permanece aberta durante todo o ciclo de admissão, e na primeira parte do movimento de compressão. A mistura combustível/ar é fornecida durante todo esse tempo.

A antecipação da abertura e o atraso do fechamento da válvula de escapamento conjugados com a sincronização da válvula de admissão irão aumentar a eficiência do motor. A válvula de descarga (escape) abre no tempo de potência vários graus do eixo de manivelas, antes do pistão chegar ao ponto morto inferior do curso. Esta abertura ajuda a obter uma melhor escorva dos gases queimados. Isto também resulta na melhoria da refrigeração dos cilindros, por causa da descarga mais cedo dos gases quentes. Atualmente, nos motores de avião, a maior porção dos gases de escapamento, e o não usado aquecido, descarregam antes do pistão chegar ao ponto morto inferior do curso. Os gases queimados continuam para a descarga quando o pistão passa pelo ponto morto inferior, move-se para cima no movimento de escapamento, e começa o próximo movimento de admissão.

O fechamento tardio da válvula de escape procura melhorar o retorno (escorva/ventilação) através da obtenção da vantagem da inércia do rápido movimento da saída (descarga) dos gases.

A válvula de escape realmente permanece aberta durante a parte final do movimento de força, todo o movimento de exaustão (escape), e a primeira parte do movimento de admissão.

Desta descrição de sincronia de válvulas, podemos ver que as válvulas de admissão e escape são abertas ao mesmo tempo na parte final do movimento de escape, e na primeira parte do movimento de admissão. Durante este período de sobreposição, os gases queimados remanescentes são descarregados através da saída de escape, enquanto uma carga de ar fresco é admitida através da entrada de admissão.

Muitos motores de avião são superalimentados. Superalimentação aumenta a pressão do ar ou da mistura combustível/ar antes de entrar no cilindro. Em outras palavras, o ar ou a mistura combustível/ar são forçados para dentro do cilindro antes de fazer a aspiração. A Superalimentação aumenta a eficiência do motor, tornando possível mantê-la nas grandes altitudes. Isto é verdade por causa da alta pressão a mais, colocada dentro do cilindro durante o evento de admissão. Este aumento do peso da carga resulta no correspondente aumento de tração. Em adição, a alta pressão dos gases de entrada ejeta mais facilmente os gases queimados para fora através do porte de descarga. Isto resulta em um melhor retorno (escorva/ventilação) do cilindro.

### Processo de combustão

A combustão normal ocorre quando a mistura combustível/ar inflama no cilindro, queimando progressivamente com razão uniforme e precisa em torno da câmara de combustão. Quando a ignição é apropriadamente sincronizada, a pressão máxima é obtida imediatamente após o pistão ter passado o ponto morto alto no final do movimento de compressão.

A queima inicia em cada vela, e queima mais ou menos em forma de ondas (figura 10-32). A velocidade do percurso da chama é influenciada pelo tipo de combustível, razão da mistura combustível/ar, e a pressão e temperatura da mistura de combustível.

Com a combustão normal, o percurso da chama é em torno de 100 pés por segundo. A temperatura e a pressão no cilindro aumentam na razão normal da queima da mistura combustível/ar.

Este é um limite, contudo, para o valor da compressão e o aumento do grau de temperatura que pode ser tolerado com o cilindro do

motor mantendo e permitindo uma combustão normal.

Todos os combustíveis possuem limites críticos de temperatura e compressão. Além deste limite, eles poderão inflamar espontaneamente e queimar com explosiva violência.

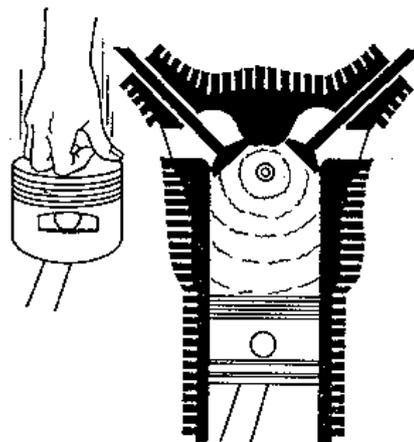


Figura 10-32 Combustão normal em um cilindro.

Esta instantânea e explosiva queima da mistura combustível/ar é, mais precisamente, na parte final da carga, chamada detonação.

Como anteriormente mencionado, durante a combustão normal, a chama fronteira progride do ponto de ignição para ao redor do cilindro. Essas chamas comprimem os gases à frente deles. Ao mesmo tempo, os gases vão sendo comprimidos para cima através do movimento do pistão.

Se a compressão total nos gases remanescentes não queimados excederem o ponto crítico, ocorrerá detonação. A detonação (figura 10-33) nesta ocasião, é uma combustão espontânea da carga não queimada a frente da chama após a ignição de carga.

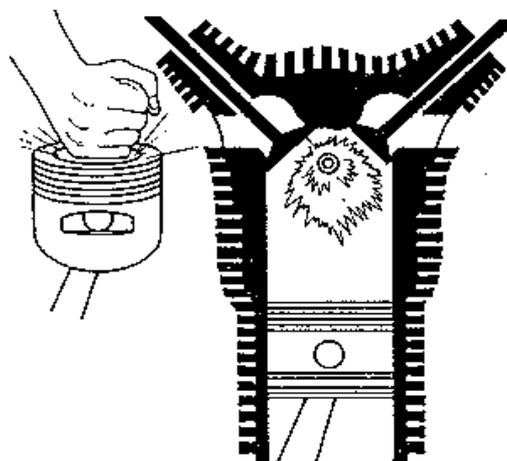


Figura 10-33 Detonação no cilindro.

A queima explosiva durante a detonação resulta em um aumento extremamente rápido de pressão. Este rápido aumento de pressão e alta instantânea de temperatura, combinada com a alta turbulência gerada, causa uma ação de "roçamento" no cilindro e no pistão. Isto pode produzir um furo através do pistão.

O ponto crítico da detonação varia com a razão de combustível para o ar na mistura. Por isto, a característica de detonação da mistura pode ser controlada pela variação na razão de combustível/ar. Nas altas trações, pressões de combustão e temperaturas são maiores do que nas baixas ou médias trações. Portanto, na alta tração a razão combustível/ar é feita mais "rica" do que o necessário para uma boa combustão na média ou baixa potência. Isto é feito porque, em geral, uma mistura "rica" não irá detonar tão rapidamente do que uma mistura "pobre".

A não ser uma detonação pesada, não haverá evidência de sua presença na cabine de comando. Detonações leves ou médias não causam ruídos que chamem a atenção, aumento de temperatura, ou perda de potência. Como resultado, isto pode estar presente durante a tração máxima de decolagem e na alta tração de subida.

De fato, os efeitos de detonação muitas vezes não são descobertos, até posterior remoção do motor. Quando o motor é revisado, a presença de severa detonação durante a operação é indicada através de fraturas na cabeça do pistão, colapso na cabeça das válvulas, anéis de segmento quebrados, ou alojamentos de válvulas com erosão, pistões e cabeças de cilindro também com erosão.

A proteção básica contra a detonação é fornecida no projeto de ajuste do carburador do motor, que automaticamente fornece as misturas "ricas" necessárias pra evitar a detonação em alta tração; a razão de limitação, que inclui as temperaturas máximas operacionais; e seleção correta da octanagem do combustível.

Os fatores de projeto, refrigeração de cilindro, sincronização de magneto, distribuição de mistura, superalimentação, e ajuste de carburador são tidos como cuidados do projeto e desenvolvimento do motor e seu método de instalação no avião.

O restante da responsabilidade de prevenção da detonação repousa igualmente nas mãos da manutenção e dos tripulantes; eles são responsáveis pela observância dos limites de r.p.m. e pressão de admissão.

O uso apropriado do superalimentador e da mistura de combustível, a manutenção adequada da cabeça do cilindro e carburador, e a temperatura de ar são usados inteiramente neste controle.

Pré-ignição, como o nome subentende, significa que a combustão tem lugar no cilindro antes do tempo de sincronização com as velas. Esta condição pode, muitas vezes, ser ocasionada por excessivo carbono ou outros depósitos os quais causam locais com pontos quentes (a detonação e freqüentemente ocasionada por pré-ignição).

Contudo, a pré-ignição pode ser causada também por alta tração operacional nas misturas excessivamente pobres. Pré-ignição é normalmente indicada na cabine de comando por ruído do motor, retorno de chama, e através de um aumento repentino da temperatura na cabeça do cilindro.

Alguma área dentro da câmara de combustão torna-se incandescente, servindo como um "ignitor" avançado ao tempo normal de ignição, causando combustão mais cedo do que o desejado. Pré-ignição pode ser causada por uma área de roçamento e aquecimento através da erosão da detonação. Uma rachadura na válvula ou pistão, ou quebra do isolador da vela, pode fornecer um ponto quente que serve como "tomada incandescente".

O ponto quente pode ser causado por depósitos nas superfícies da câmara, como resultado do uso de combustíveis com chumbo. Depósitos normais de carbono podem também causar pré-ignição. Especificamente, a pré-ignição é uma condição similar ao centelhamento adiantado da vela.

A carga no cilindro é inflamada antes do tempo requerido para uma queima normal no motor. Não se deve confundir pré-ignição com o centelhamento que ocorre muito cedo no ciclo. A pré-ignição é causada por um ponto quente na câmara de combustão e não por tempo incorreto de ignição.

O ponto quente pode ser causado devido ao cilindro superaquecido, ou defeito dentro do cilindro.

O mais óbvio método de correção da pré-ignição é a redução da temperatura do cilindro. O passo imediato é o "retardo" do acelerador. Isto reduz o volume da carga de combustível e a quantidade do aquecimento gerado.

Se um superalimentador está em uso e está com "alta razão", é necessário que seja re-

tornado para "baixa razão" para reduzir a carga de temperatura. A mistura deve ser enriquecida, se possível, para abaixar a temperatura de combustão.

Se o motor está em alta potência quando a pré-ignição ocorre, o retardamento do acelerador por poucos segundos pode prover suficiente refrigeração para o lugar com algum acúmulo de chumbo, ou outro depósito dentro da câmara de combustão.

Estas partículas soltas incandescentes são jogadas para fora através do escape. Elas são visíveis a noite como um "chuveiro" de centelhas. Se o "retardo" do acelerador não permite um retorno para não interromper a tração normal de operação, os depósitos devem ser removidos através do imediato choque térmico de refrigeração. Alguns tratamentos são injeção de água, álcool do sistema de degelo, ar totalmente frio no carburador, ou qualquer outro método que forneça o imediato resfriamento da câmara do cilindro.

### **Retorno de chama**

Quando a mistura combustível/ar não contém o volume de combustível para consumir todo o oxigênio, chama-se mistura pobre. Inversamente, a carga que contém mais combustível do que o necessário é chamada uma mistura "rica". Uma mistura extremamente pobre também não deverá queimar ao todo, ou deverá queimar tão lentamente que a combustão não seja completada ao final do movimento de escape. A chama se retardará no cilindro e, nesta ocasião, inflamará o conteúdo no duto de admissão ou no sistema de indução quando a válvula de admissão abrir. Isto causa uma explosão conhecida como "retorno de chama", que pode danificar o carburador e outras partes do sistema de indução.

O ponto responsável pelo retorno de chama raramente envolve o motor. Em praticamente todos os casos, o retorno de chama é limitado a um ou dois cilindros.

Normalmente isto é resultado de falha no ajuste na folga da válvula, defeito nos injetores de combustível, ou outras condições que causam a operação destes cilindros mais "pobres" do que o motor. Por causa deste retorno de chama, os cilindros acenderão intermitentemente e, portanto, operarão frios.

O teste do cilindro frio é discutido mais tarde neste capítulo.

Algumas vezes, um retorno de chama é no regime de marcha lenta, mas o motor opera satisfatoriamente em regime de altas e médias trações.

A mais provável causa, neste caso, é uma mistura de lenta excessivamente pobre. O ajuste próprio na mistura combustível/ar de lenta normalmente corrige esta dificuldade.

### **Queima atrasada**

Queima atrasada, algumas vezes chamada de queima posterior (*afterburning*), frequentemente é resultado de uma mistura combustível/ar muito "rica".

O disfarce de uma mistura "rica" é ter uma queima lenta. Por isso, cargas de combustível não queimado estão presentes nos gases de escape. Ar do lado de fora do escape mistura-se com este combustível não queimado que inflama. Isto causa uma explosão no sistema de escapamento.

Queima posterior é mais comum onde longos dutos retêm grandes quantidades de cargas não queimadas. Como no caso do retorno de chama, a correção para a queima posterior é o ajuste adequado da mistura combustível/ar.

Queima posterior pode ser causada também por cilindros que não estão queimando por causa da falha nas velas, defeito nos bicos injetores de combustível, ou ajuste no "claro de válvulas" incorreto.

A mistura não queimada destes cilindros "mortos" (inoperantes) passa para o sistema de escapamento, onde estes são inflamados e queimam. Infelizmente, a resultante tocha ou pós-queima pode facilmente ser mal interpretada como evidência de um carburador "rico".

Cilindros que estão queimando intermitentemente podem causar o efeito similar. Novamente, a má função pode ser remediada apenas pela descoberta da causa real e correção do defeito. Ambos os cilindros "mortos" (não queimando), ou com queima intermitente, podem ser localizados através do teste do "cilindro frio".

## **FATORES QUE AFETAM A OPERAÇÃO DO MOTOR**

### **Compressão**

Para prevenir perda de potência, todas as aberturas nos cilindros devem fechar e "selar"

completamente nos movimentos de compressão e tração. A este respeito, existem três (03) itens para a operação adequada dos cilindros que devem ser seguidos para se obter a máxima eficiência.

Primeiro, os "anéis de segmento" do pistão devem estar em boas condições para a vedação máxima durante o movimento do pistão. Não deve haver vazamentos entre o pistão e as paredes da câmara de combustão. Segundo, as válvulas de admissão e escapamento devem fechar adequadamente para que não haja perda de compressão por estes pontos. Terceiro, e muito importante, a sincronização das válvulas deve ser aquela em que a mais alta eficiência é obtida quando o motor estiver operando em sua normal razão de r.p.m. A falha de qualquer destes pontos resulta em grande redução de eficiência do motor.

### Medição de combustível

O sistema de admissão faz a parte de distribuidor de combustível medido para o motor. Obviamente, qualquer defeito no sistema de indução afeta seriamente a operação do motor. Para a melhor operação, cada cilindro do motor deve ser abastecido com a mistura adequada de combustível/ar, normalmente medida pelo carburador.

Nos motores com injeção de combustível, a medição é feita pelo injetor do divisor de fluxo e pelos "bicos" injetores de combustível. A relação entre a razão combustível/ar e tração é ilustrada na figura 10-34.

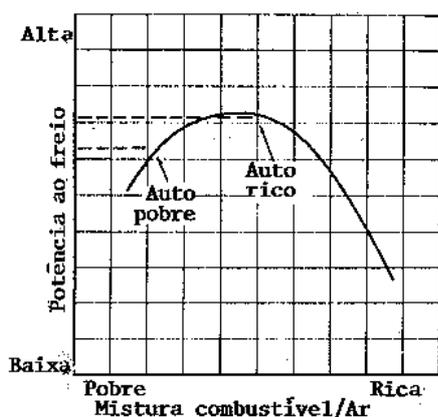


Figura 10-34 Curva de tração "versus" mistura combustível/ar.

Nota-se que, como a mistura do combustível varia de "pobre" para "rica", a tração desenvolvida pelo motor aumenta até chegar ao

máximo. Além deste ponto, a tração desenvolvida cai quando a mistura é enriquecida demais. Isto é porque a mistura de combustível é agora muito "rica" para proporcionar uma perfeita combustão.

A máxima tração pode ser obtida através da colocação do carburador em um ponto da curva (figura 10-34).

No estabelecimento dos ajustes do carburador para um motor de avião, o projeto de engenharia confecciona uma série de curvas similares a mostrada na figura 10-34. Uma curva é confeccionada para cada uma das várias velocidades do motor.

Se, por exemplo, a velocidade de lenta é 600 r.p.m., a primeira curva deverá ser feita com esta velocidade.

Outra curva (gráfico) deverá ser feita a 700 r.p.m., outra a 800 r.p.m. e assim por diante, com aumentos de 100 r.p.m. até chegar a r.p.m. de decolagem.

Os pontos de tração máxima nas curvas são então ligados para obter a curva de melhor tração no motor para todas as velocidades. Esta curva de melhor tração é estabelecida no ajuste "auto-rico" do carburador.

No estabelecimento e detalhamento das necessidades de se observar o ajuste do carburador, o fato é que a temperatura da cabeça do cilindro que varia com a razão do combustível/ar deve ser considerada.

Esta variação é mostrada na curva da figura 10-35.

Nota-se que a temperatura da cabeça do cilindro é mais baixa com o ajuste em "auto-pobre" do que com a mistura "auto-rica". Isto é exatamente o oposto à crença comum, mas é a verdade.

Além disso, o conhecimento deste fato pode ser usado como proveito pelos tripulantes. Se, durante o vôo em cruzeiro, tornar-se difícil manter a temperatura da cabeça do cilindro nos limites, a mistura combustível/ar pode ser "empobrecida" para se conseguir a operação de refrigeração.

A refrigeração desejada pode, então, ser obtida sem a ida para a posição "auto-rica" com este caro desperdício de combustível. A curva mostra apenas a variação da temperatura da cabeça do cilindro.

Para uma determinada r.p.m., a tração fornecida pelo motor é menor com um ajuste de melhor economia ("autopobre") do que com a mistura de melhor tração.

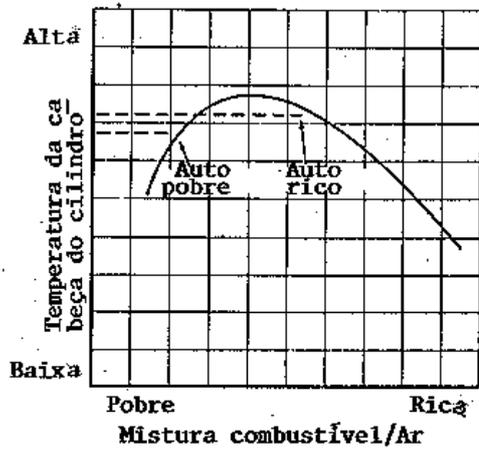


Figura 10-35 Variação da temperatura da cabeça do cilindro com a mistura combustível/ar (tração de cruzeiro).

A diminuição da temperatura da cabeça do cilindro com o empobrecimento da mistura se mantém verdadeira apenas através da faixa normal de cruzeiro.

Nas ajustagens de alta tração, as temperaturas do cilindro são maiores com as misturas "pobres". A razão para esta reversão de dependência na capacidade de refrigeração do motor, como altas potências são de aproximação, — é o ponto alcançado onde o fluxo de ar em torno dos cilindros não fornecerá a suficiente refrigeração.

Neste ponto, um método secundário de refrigeração deve ser usado. Esta refrigeração secundária é dada pelo enriquecimento da mistura combustível/ar além do ponto de melhor tração.

Através do "enriquecimento" da mistura para aumentar o resultado na perda de potência, ambas, tração e economia, devem ser sacrificadas ao propósito da refrigeração do motor.

Para auxiliar a investigação da influência das necessidades na mistura combustível/ar, os efeitos da injeção de água devem ser examinados. A figura 10-36 mostra a curva combustível/ar para um motor com injeção de água.

A porção pontilhada da curva mostra como a mistura combustível/ar é "empobrecida" durante a injeção de água. Este "empobrecimento" é possível por causa da água, que melhor que o combustível extra, é usada como refrigerante do cilindro.

O "empobrecimento" fornece um aumento na tração. A água não altera as características de combustão da mistura. Combustível adicionado para a mistura "auto-rica" na faixa de tra-

ção durante a operação "em seco" é unicamente para a refrigeração. Uma mistura "pobre" deverá fornecer mais tração.

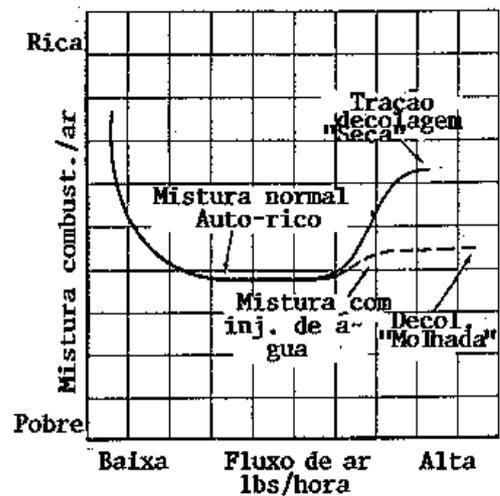


Figura 10-36 Curva de combustível/ar para motor com injeção de água.

Atualmente, a água ou, mais precisamente, o antidetonante, a mistura (água/álcool) é um melhor refrigerante do que combustível adicional. Além disso, a injeção de água permite maiores pressões na admissão, e garante futuros aumentos na tração.

Com o estabelecido no final da curva para a operação do motor, a capacidade do motor se "auto-refrigerar" nas várias regulagens de tração é, logicamente, levada em consideração.

Algumas vezes, a mistura deve ser alterada para uma dada instalação, para compensar o efeito do projeto de capotas (cobertura do motor), fluxo de ar refrigerante, ou outros fatores na refrigeração do motor.

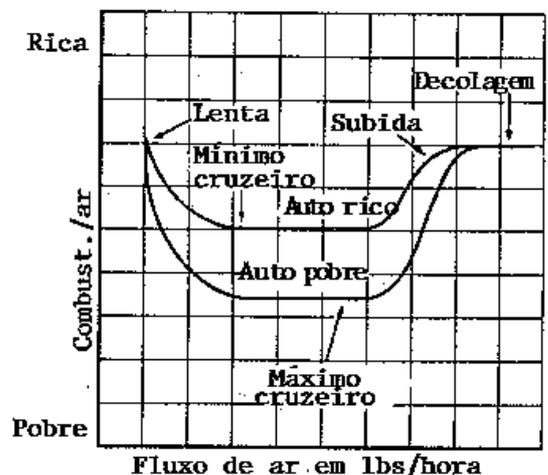


Figura 10-37 Curva típica de mistura combustível/ar para carburador tipo injeção.

O final da curva combustível/ar faz uma consideração sobre as características em "lenta" de economia, tração e refrigeração do motor, e todos os outros fatores que afetam a combustão.

A figura 10-37 mostra uma típica curva final para carburadores tipo injeção.

Nota-se que a mistura combustível/ar na "lenta" e em tração máxima é a mesma em "auto-rica" e "autopobre"

Além de lenta, uma gradual expansão ocorre quando aproxima-se a força de cruzeiro. Esta aproximação é máxima na faixa de cruzeiro.

A expansão diminui na direção da tração máxima. Esta aproximação das duas curvas na faixa de cruzeiro é básica para o teste de medição em cruzeiro.

A figura 10-38 mostra uma típica curva final para um carburador tipo "bóia". Nota-se que a mistura combustível/ar para "lenta" é a mesma para "rica" e em "manual pobre".

A mistura se mantém a mesma até que a faixa de "mínimo cruzeiro" seja atingida. Neste ponto, a curva se separa e, então, se mantém paralela através das faixas de tração de cruzeiro.

Nota-se a propagação entre os ajustes de "pobre" e "rica" na faixa de cruzeiro de ambas as curvas. Por causa desta propagação, deverá ser diminuída a tração quando o controle de mistura é movido de "auto-rica" para "auto-pobre", com o motor operando na faixa de cruzeiro.

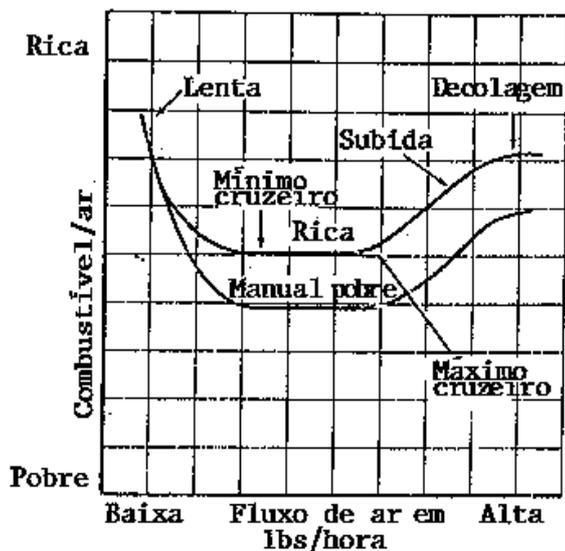


Figura 10-38 Curva típica de mistura combustível/ar para carburador tipo bóia.

Isto é verdade porque o ajuste de "auto-rica" na faixa de cruzeiro é muito próximo da

razão de mistura de melhor força. Portanto, qualquer "empobrecimento" deverá fornecer a mistura a qual é mais "pobre" do que a melhor tração.

### Mistura de marcha lenta

A curva da mistura de "marcha lenta" (figura 10-39) mostra como a mistura muda quando o ajuste de mistura de "lenta" é mudado. Nota-se que o maior efeito é nas velocidades lentas; contudo, existe algum efeito da mistura no fluxo de ar acima de lenta.

O fluxo de ar que afeta o ajuste de lenta cancela vários outros de mínimo cruzeiro para máximo cruzeiro. O ponto exato depende do tipo e do ajuste do carburador.

Em geral, o ajuste de lenta afeta a mistura combustível/ar para cima da média de cruzeiro na maioria dos motores que possuem carburadores tipo pressão injeção, e para cima no cruzeiro de "baixa" nos motores equipados com carburadores tipo "bóia".

Isto significa que ajustes incorretos na mistura de lenta podem facilmente causar falhas no desempenho em cruzeiro quanto mais escasso for a "lenta".

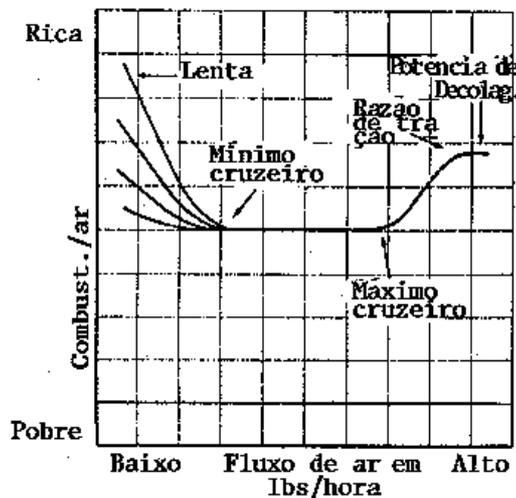


Figura 10-39 Curva da mistura de marcha lenta.

Existem variações na mistura necessária entre um motor e outro por causa da distribuição do combustível, e a capacidade do motor se refrigerar.

O ajuste do carburador deve ser "rico" o bastante para suprir o combustível na mistura para "empobrecer" o cilindro.

Se a distribuição do combustível é "pobre", o total da mistura deve ser mais "rica", do

que seria requerida para o mesmo motor se a distribuição fosse boa.

A capacidade do motor em "esfriar" depende de vários fatores, como o projeto do cilindro (incluindo o projeto das janelas de refrigeração), razão de compressão, acessórios na frente do motor que causam em cilindros individualmente trabalho quente, e o projeto dos defletores usados para defletir o fluxo de ar ao redor do cilindro. Na potência de decolagem, a mistura deve ser "rica" o bastante para suprir de combustível e manter refrigerados os cilindros que estão aquecidos.

### A tubulação de admissão

A tubulação de admissão fornece os meios de distribuição de ar ou a mistura de ar/combustível para os cilindros.

O tempo de fornecimento da mistura ou ar pela tubulação depende do tipo do sistema de medição usado.

Em um motor que usa carburador a tubulação de admissão distribui a mistura de ar/combustível do carburador para os cilindros. Em um motor com injeção de combustível, o combustível é liberado para os bicos de injeção, um em cada cilindro, que fornece um jato apropriado para uma queima eficiente. A mistura de ar e combustível acontece dentro do cilindro. Em um motor de injeção de combustível, a tubulação de admissão fornece somente ar.

A tubulação de admissão é um importante item pelo efeito que ela tem sobre a mistura de ar/combustível que chega ao cilindro. O combustível é introduzido no fluxo de ar pelo carburador, em uma forma líquida. Para vir a ser um combustível, o mesmo tem que ser vaporizado no ar. Essa vaporização é feita na tubulação de admissão, que inclui um supercarregador, caso usado.

Qualquer combustível que não vaporize irá para as paredes dos tubos de entrada. Obviamente, isto afeta a razão da mistura de ar/combustível que chega aos cilindros, na forma de vapor. Isto explica a razão para a aparente mistura rica necessária para a partida de um motor frio. Em um motor frio, algum combustível no fluxo de ar é condensado e vai para as paredes das tubulações. Além disso, nenhum combustível vaporiza no primeiro lugar.

Quando o motor aquece, menos combustível é requerido, porque menos combustível é condensado no fluxo de ar e mais combustível é

vaporizado, dando ao cilindro a requerida mistura de ar/combustível para combustão normal.

Qualquer vazamento no sistema de admissão tem um efeito na mistura enviada para os cilindros. Isto é particularmente verdadeiro para um vazamento de um cilindro no final de tubo de admissão.

Para uma tubulação de admissão com pressão abaixo da atmosfera, um vazamento empobrecerá a mistura. Isto ocorre porque a adição de ar é tirada para a atmosfera pelo vazamento.

O cilindro afetado pode aquecer, falhar intermitentemente, ou então ocorrer tudo ao mesmo tempo.

### Efeito operacional da folga das válvulas

Quando é considerado o efeito operacional da folga das válvulas, deixa em mente que todo avião de motores convencionais desta descrição usa sobreposição de válvulas.

A figura 10-40 mostra a pressão de entrada e saída nas válvulas, sob duas condições diferentes de ajuste para condições de operação. Em um caso, o motor está operando com uma pressão de admissão igual a 35 in.Hg. A pressão barométrica (pressão de saída do escapamento) é 29 in.Hg. Isto é igual a uma pressão diferencial de 6 in.Hg (3 PSI) atuando na direção indicada pela seta.

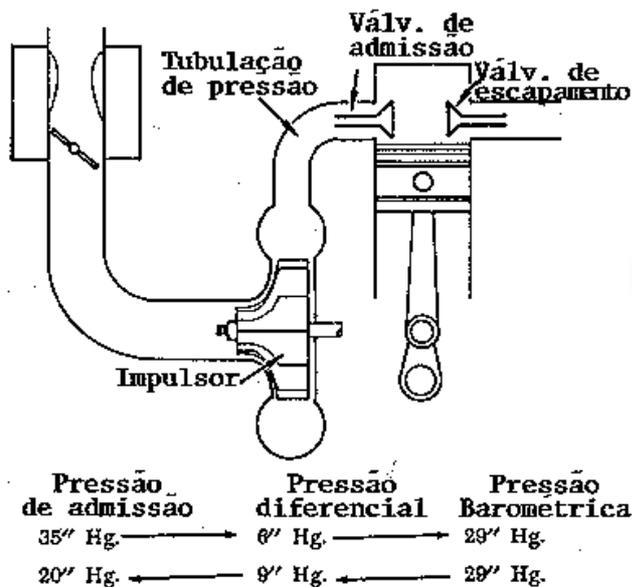


Figura 10-40 Efeito da sobreposição das válvulas.

Durante o período de sobreposição das válvulas, esta pressão diferencial força a mistura

de ar/combustível através da câmara de combustão para na direção da exaustão aberta.

Este fluxo de ar/combustível que força para adiante os gases de escapamento, permanece no cilindro, resultando numa recuperação completa da câmara de combustão. Isto, por sua vez, permite o completo preenchimento do cilindro com uma carga fresca no seguinte ciclo de admissão. Esta é uma situação em que a sobreposição das válvulas fornece aumento de força.

Em uma situação em que a tubulação de admissão está com pressão abaixo da pressão atmosférica, 20 in.Hg, por exemplo, existe uma pressão diferencial de 9 in.Hg (4,5 PSI) em direção oposta. Isto causa ao ar, ou gás de escapamento, serem puxados para dentro do cilindro, através da porta de escapamento durante a sobreposição das válvulas.

Em motores com anéis coletores, este fluxo inverso através da válvula de exaustão em regulagens de baixa potência, consiste de gases de exaustão queimada. Esses gases são puxados de volta para o cilindro e misturados com a entrada de ar/combustível.

Contudo, estes gases de exaustão são inertes, eles não contêm oxigênio. Portanto, a razão da mistura de ar/combustível não será muito afetada. Com o tubo de escapamento aberto (curto, sem anel coletor), a situação é totalmente diferente.

Aqui, ar fresco contendo oxigênio é puxado pelo cilindro através do escapamento. Isto empobrece a mistura. Por isso o carburador deverá ser ajustado para liberar uma mistura lenta excessivamente rica, tanto que, quando a mistura é combinada com o ar fresco retirado através do escapamento, a mistura no cilindro estará na razão desejada.

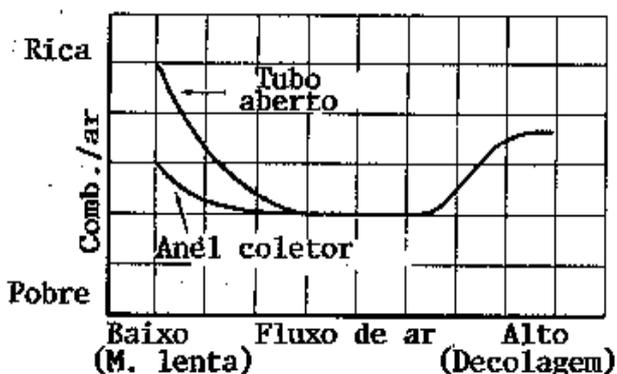


Figura 10-41 Comparação da mistura combustível/ar com instalação de tubo aberto ou anel coletor.

Num primeiro momento, não parece possível que o efeito do cruzamento de válvulas de sobrepor, na mistura de ar/combustível seja suficiente para causar efeito.

Como sempre, o efeito começa a aparecer quando considerando as misturas de ar/combustível na marcha lenta.

Estas misturas devem estar enriquecidas entre 20% e 30% quando os tubos de escapamento aberto são usados, ao invés dos anéis coletores, em qualquer motor. Isto é mostrado na figura 10-41.

Observa-se o afastamento da linha na marcha lenta, entre as instalações de escapamento aberto e a de um anel coletor, para motores que são aparentemente iguais. A mistura varia menos quando a velocidade do motor, ou o fluxo de ar aumenta de lenta para cruzados fabricantes do motor, do avião e dos equipamentos proporcionam um grupo motopulsor que dará um desempenho satisfatório. Ressaltos são planejados para permitir a melhor operação das válvulas e uma adequada sobreposição.

Mas, a operação da válvula só será correta, se a regulagem da folga for a recomendada pelo fabricante e assim permanecer. Se a folga das válvulas for deficiente, o período de sobreposição, ou cruzamento, poderá ser maior ou menor do que o previsto pelo fabricante.

Do mesmo modo, isto acontecerá se houver uma desregulagem durante a operação.

Onde existir também uma válvula com excessiva folga, ela não abrirá ou permanecerá aberta por mais tempo do que o necessário. Isto reduzirá o período de sobreposição. Na velocidade de marcha lenta, isto afeta a mistura de ar/combustível desde que uma quantidade menor que o normal, de ar ou saída de gases sejam puxadas de volta ao cilindro durante um curto período de sobreposição. Como resultado a mistura da lenta tenderá a ficar muito rica.

Quando as válvulas estiverem com menos folga do que deveriam, o período de sobreposição será alongado. Isto permitirá uma quantidade maior que o normal de ar ou de gases para serem sugados de volta para o cilindro nas velocidades de marcha lenta. Como resultado, a mistura de marcha lenta será escoada para fora do cilindro. O carburador é ajustado com a expectativa de que certa quantidade de ar ou de gases de escapamento serão sugados de volta para o cilindro. Se mais ou menos ar ou gás for sugado para dentro do cilindro durante o

período da sobreposição, a mistura será também muito pobre ou muito rica.

Quando as folgas das válvulas estiverem erradas, todas estarão erradas na mesma direção. Existirá muita folga em alguns cilindros e pouca folga em outros. Naturalmente, isto dá uma variação na sobreposição entre cilindros que resulta em uma variação na razão da mistura de ar/combustível para ajustes de lenta e baixa força, desde que o carburador libere a mesma mistura para todos os cilindros. O carburador não pode dividir a mistura para cada cilindro para compensar a variação da sobreposição das válvulas.

O efeito da variação da folga e da sobreposição das válvulas na mistura de ar/combustível entre cilindros é ilustrado na figura 10-42.

Veja como funciona rico o cilindro com pequena folga e com muita folga funciona pobre.

Veja também a extrema variação da mistura entre cilindros. Este motor é impossível de ser ajustado em marcha lenta, para fornecer as misturas corretas em cada cilindro, dos quais seja esperado que se produza a mesma força.

Variações na folga da válvula com menos de 0,005 in. tem um efeito definido na distribuição da mistura entre os cilindros.

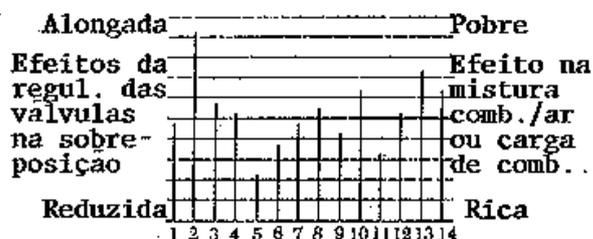


Figura 10-42 Efeito da variação da sobreposição das válvulas na mistura combustível/ar entre os cilindros.

Um outro aspecto da folga da válvula é seu efeito sobre a eficiência volumétrica. Considerando primeiro a válvula de admissão suponha que a folga seja maior do que o especificado.

Quando a pista de ressaltos passar sob o rolete, é tirada parte da folga. Porém, isto não tira toda a folga como deveria. Entretanto, o rolete é levado para cima pela própria pista antes que a válvula comece a abrir. Como resultado, a válvula abre depois do que deveria. No mesmo caminho, a válvula fecha antes de o rolete ter passado do ressalto principal para a

rampa em direção ao fim. Com excessiva folga, a válvula de admissão abre tarde e fecha cedo. Isto causa efeito de estrangulamento sobre o cilindro.

A válvula não abre o suficiente para admitir uma carga completa de combustível e ar. Isto diminui a saída de força, particularmente nos ajustes de alta potência.

Uma folga insuficiente na válvula de admissão terá o efeito oposto. A folga é pouca e a válvula começa a abrir enquanto o rolete está subindo o ressalto.

A válvula não fecha até descer ao final do lóbulo que tinha quase sido completado a passagem sob o rolete. Portanto, a válvula de admissão abre cedo e fecha tarde, e permanece aberta mais do que deveria. Para baixa força, abrindo cedo, a válvula de admissão ocasiona uma explosão por causa do calor dos gases de saída, voltando para a tubulação de admissão e queimando a mistura existente ali.

A excessiva folga na válvula de escape faz com que ela abra tarde e feche cedo. Isto encurta o escape e causa uma recuperação pobre.

A abertura tardia poderá também causar o superaquecimento do cilindro. Os gases quentes são mantidos dentro do cilindro além do tempo especificado para sua saída.

Quando a folga da válvula de escape é insuficiente, a válvula abre cedo e fecha tarde, permanecendo mais tempo aberta do que deveria. A abertura cedo causa a perda de força pelo encurtamento do ciclo de força. A pressão no cilindro é aliviada antes de toda a expansão usável ter trabalhado sobre o pistão. O fechamento tardio faz com que a válvula de escape permaneça aberta durante um período de tempo maior do ciclo do que deveria. Isto poderá resultar na perda de uma mistura boa através da válvula de escape.

Como mencionado antes, existirá provavelmente também uma pequena folga nas válvulas de alguns cilindros, e folgas maiores em outros, sempre que a folga das válvulas estiverem incorretas.

Isto significa que o efeito de folgas incorretas na eficiência volumétrica irá variar de um cilindro para outro. Um cilindro terá uma carga completa, enquanto outro recebe somente uma carga parcial. Como resultado, os cilindros não liberarão a mesma força. Um cilindro estourará e aquecerá enquanto o outro cilindro trabalha satisfatoriamente.

Em alguns motores com injeção direta, variações na folga das válvulas afetarão somente a quantidade de ar colocada no cilindro. Isto é verdadeiro quando a tubulação de admissão contém somente ar. Neste caso, não existirá um apreciável efeito na distribuição de combustível entre os cilindros. Isto significa que, quando as folgas variam entre os cilindros, as cargas de ar também variam, mas a distribuição de combustível permanece constante. Esta falha na distribuição de ar, acompanhada pela distribuição de combustível, causará variação na razão da mistura.

Em todos os casos, as variações na folga da válvula do seu valor específico, têm o efeito de mudança da calagem da válvula, da que se obteria com a folga correta.

### **Sistema de ignição**

O próximo item a ser considerado, em função da operação do motor, é o sistema de ignição. Embora aparentemente simples, existem algumas coisas que não são compreendidas claramente.

Um sistema de ignição é composto basicamente por quatro partes principais:

- (1) o magneto básico.
- (2) o distribuidor.
- (3) a cablagem de ignição.
- (4) a vela.

O magneto básico é um dispositivo gerador de alta-tensão. Ele deve ser ajustado para fornecer uma máxima tensão quando o platina-do abre e a ignição ocorre. Ele deve ser ajustado corretamente para o ponto de centelhamento do motor. O magneto cria uma série de picos de tensão que são aliviados pelas aberturas dos platinados.. Um magneto tem seus pulsos enviados aos cilindros, por um distribuidor, na ordem correta. A fiação de ignição é feita por cabos isolados e blindados, os quais levam as altas tensões do distribuidor para as velas.

Os magnetos usados nos motores de aeronaves são capazes de produzir tensões maiores que 15.000 volts. A tensão necessária para uma centelha ser criada na vela, usualmente corresponde a 4.000 ou 5.000 volts, para um limite máximo de tensão do sistema de ignição. As velas funcionam como uma válvula de segurança para limitar a tensão máxima. Elas têm suas folgas aumentadas como resultado da ero-

ção, fazendo com que a tensão nos terminais aumente. Uma alta tensão é necessária para fazer a fiação saltar em uma folga maior. Esta tensão maior é transmitida através do circuito secundário. O aumento de tensão pode causar danos no circuito secundário. Isto é uma possível fonte de interrupção na cablagem de ignição e pode causar sobrecarga no distribuidor.

O distribuidor direciona as centelhas para os vários cilindros. Isto deve ser ajustado corretamente para ambos, motores e magneto. O dedo do distribuidor deve estar alinhado com o eletrodo correto no bloco do distribuidor, no mesmo tempo da abertura dos platinados. Qualquer desalinhamento causará à alta tensão saltar para outro cilindro que não seja o adequado. Isto causará uma severa explosão e mau funcionamento geral do motor.

O fabricante selecionou a melhor colocação e especificou o alinhamento do eletrodo nº 1 para a calagem. Contudo, mesmo com o ajuste correto do distribuidor, o dedo estará sobre alguns eletrodos e à frente de outros. Para alguns eletrodos, o alinhamento está longe de ser perfeito como seguramente deveria ser. Um ligeiro erro no ajuste, somado ao já existente erro de alinhamento, poderá colocar o dedo longe do eletrodo, e a tensão não passará do dedo para o eletrodo, ou então, não será enviada ao eletrodo correto podendo ir para um cilindro errado. Portanto, o distribuidor deve ser ajustado perfeitamente.

O dedo deverá ser alinhado com exatidão sobre o eletrodo nº 1 como prescrito no manual de manutenção de cada motor daquela aeronave em particular.

Embora a fiação do sistema de ignição seja simples, é também uma parte crítica do sistema. Um número de coisas pode causar falhas na fiação de ignição.

O isolamento de um fio, dentro da fiação, pode diminuir e permitir que a alta tensão vaze através da blindagem para a massa, em vez de ir para a vela.

Circuitos abertos podem resultar de fios partidos ou conexões mal feitas.

Um fio desencapado poderá estar em contato com a blindagem, ou dois fios podem estar em curto circuito juntos.

Qualquer defeito em um dos fios não permite que a alta tensão chegue a vela, na qual o fio estiver conectado.

Como resultado, somente uma vela no cilindro terá centelha, fazendo com que o cilin-

dro opere com ignição simples. Isto certamente resultará em detonação porque a ignição dupla é necessária para evitar detonação durante a decolagem, e durante outras operações de alta potência.

Dois fios defeituosos em um mesmo cilindro causarão sua perda total. Em motores com distribuidores separados, uma falha na cablagem entre o magneto e o distribuidor pode cortar metade do sistema de ignição.

Entre os defeitos mais comuns na fiação de ignição, está o vazamento de alta tensão. Contudo, uma verificação completa na fiação revelará este e outros defeitos.

Embora a vela seja simples, tanto em construção quanto operação, ela é, quase sempre, a causadora direta ou indireta do mau funcionamento encontrado nos motores de avião. A precaução começa com a seleção da vela apropriada.

Certifique-se de que selecionou e instalou a especificada para o motor em particular. Uma das razões da especificação de uma vela é sua escala de aquecimento.

Uma grande quantidade de problemas, atribuídos a vela, é resultado direto do mau funcionamento de outra parte do motor. Como por exemplo, mistura excessivamente rica ou ajustes de válvulas incorretos.

### Governador da hélice

O item final a ser considerado em relação a operação do motor é o efeito do governador da hélice com a operação do motor. Na curva mostrada na figura 10-43, veja como a pressão de admissão varia com a r.p.m., sendo gradual até que o corte do governador seja efetuado.

Depois deste ponto, a pressão aumenta mas não ocorre troca na rotação do motor, mesmo com a borboleta do carburador totalmente aberta.

O governador da hélice é ajustado para manter uma determinada rotação do motor.

Portanto, o relacionamento entre a velocidade do motor e a pressão de admissão como indicação de força de saída é perdida, a menos que se saiba que todos os cilindros do motor estejam funcionando corretamente.

Em um avião multimotor, um motor pode falhar e permanecer produzindo indicação como se ele estivesse produzindo força.

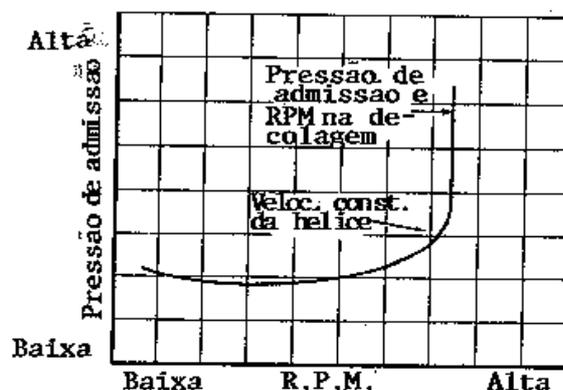


Figura 10-43 Efeito do governador da hélice na pressão de admissão.

O governador da hélice irá reduzir o ângulo da pá e o vento sobre a hélice manterá a mesma rotação no motor. O aquecimento da compressão dentro do cilindro irá evitar que a temperatura na cabeça do cilindro caia rapidamente.

A pressão do combustível permanecerá constante e o seu fluxo não mudará a menos que a pressão de admissão seja mudada. Em um motor não equipado com um turbo-carregador, a pressão permanecerá onde estava. Em um motor turbo-carregado, a pressão não cairá abaixo do valor que o supercarregador mecânico possa manter.

Desta forma, o piloto terá dificuldade em reconhecer que encontrou uma inesperada falha, a menos que o motor seja equipado com torqueímetro.

### SUPERPOSIÇÃO DAS FASES DA OPERAÇÃO DE UM MOTOR

Até este ponto, as fases de operação de um motor foram expostas individualmente. O relacionamento destas fases e seus efeitos combinados serão considerados.

A combustão dentro do cilindro é o resultado da medição do combustível, sua compressão e ignição.

Como a folga das válvulas afeta o combustível medido, a adequada combustão em todos os cilindros, envolve o correto ajuste das válvulas em adição as outras fases.

Quando todas as condições estão corretas, existe uma mistura inflamável. Quando queimada esta mistura fornecerá impulsos de potência de mesma intensidade em todos os cilindros.

O sistema que produz a queima de combustível necessita que as cinco condições a seguir ocorram simultaneamente, se o impulso de faísca necessário é liberado para o cilindro no tempo apropriado:

- (1) os platinados deverão ser precisamente ajustados no magneto (folga E).
- (2) o magneto deverá estar precisamente ajustado para o motor.
- (3) o dedo do distribuidor deverá estar precisamente ajustado para o motor e o distribuidor.
- (4) a fiação da ignição deverá estar em bom estado a sem tendências para faiscamentos.
- (5) a vela deverá estar limpa, sem tendências a curtos e tendo a folga do eletrodo na medida apropriada.

Se qualquer uma das fases da ignição estiver mal ajustada ou não funcionando corretamente, o sistema de ignição inteiro poderá ser interrompido a tal ponto que a operação do motor se tornará irregular.

Como um exemplo de como uma fase de operação do motor pode ser afetada por outras fases, considere a vela suja. Uma vela suja, causa mal funcionamento no sistema de ignição, mas esta sujeira raramente resulta de uma falha da própria vela. Usualmente, alguma fase não está operando corretamente, causando a sujeira na vela.

Quando uma mistura excessivamente rica de ar/combustível está sendo queimada, ou porque a mistura está basicamente rica na carburação, ou está imprópriamente ajustada para a mistura de marcha lenta, inevitavelmente sujará a vela.

Geralmente estas causas resultarão em velas sujas, aparecendo em todo o motor, e não somente em um ou poucos cilindros.

Se a mistura é muito pobre ou muito rica, em qualquer um dos cilindros por causa de uma perda no tubo de entrada ou válvula mal ajustada, ocorrerá uma operação imprópria deste cilindro.

O cilindro provavelmente terá um retorno de chama. A sujeira na vela ocorrerá frequentemente até que o problema seja resolvido.

Sempre que a causa real de um mal funcionamento do motor não for determinada, e

toda vez que uma desordem não é corrigida, a medida corretiva tomada fornecerá só um alívio temporário.

Portanto, como resultado de muitos testes hoje podemos saber se a causa de um retorno de chama é um ajuste incorreto, um defeito no sistema de ignição, ou ainda um incorreto ajuste das válvulas do motor.

O retorno de chama é normalmente causado por um cilindro e não por todos os cilindros. Para corrigir o problema, primeiro localiza-se qual o cilindro que está causando o retorno e, então, tenta-se descobrir a causa.

## **PESQUISA DE PANES EM MOTORES**

A necessidade de uma pesquisa de panes é normalmente ditada por uma operação ruim do conjunto de força. Os ajustes de potência para o tipo de operação, para o qual alguma dificuldade é encontrada, em muitos casos indicará qual a parte do conjunto de força é a causa básica da dificuldade.

Os cilindros de um motor, junto com o impulsor do supercarregador, formam uma bomba de ar. Além disso, a força desenvolvida pelos cilindros varia diretamente com a razão do consumo de ar. Portanto, a medida de ar consumido, ou o fluxo de ar entrando no motor, é uma medida da potência de entrada. Ignorando fatores como umidade e pressão de retorno do escapamento, a indicação da pressão de admissão e o tacômetro, fornecem a medição de ar consumido pelo motor. Desta forma, para uma dada rotação, qualquer mudança na potência de entrada será refletida pela correspondente mudança na pressão de admissão.

A saída de potência de um motor é a força absorvida pela hélice. Portanto, a carga da hélice é uma medida de potência de saída. A carga da hélice, por sua vez, depende da rotação, ângulo da pá e densidade do ar. Para um dado ângulo e densidade do ar, a carga da hélice é proporcional a velocidade do motor.

A potência básica de um motor é relativa a pressão de admissão, fluxo de combustível e rotação. Como a rotação do motor, e o acelerador abrindo, controlam a pressão de admissão, os controles primários da potência do motor são o acelerador e o controle de rotação.

Um motor equipado com hélice de passo fixo possui somente o controle do acelerador. Neste caso, o ajuste do acelerador controla ambas, a pressão de admissão e a rotação.

Com as devidas precauções, pode ser retirada uma medida da entrada de potência na pressão de admissão, e da rotação pode ser retirada uma medida da potência de saída. Contudo, os seguintes fatores devem ser considerados:

- (1) Pressão atmosférica e temperatura do ar, desde que afetem a densidade do ar.
- (2) Estas medidas de entrada e saída de força, serem usadas somente para comparação da performance de um motor com uma performance prévia, ou comparação com outro motor idêntico.
- (3) Com uma hélice de passo controlável, as pás deverão estar junto ao batente de passo mínimo, já que esta é a única posição de pá em que o ângulo é conhecido, e não varia.

Se um motor é equipado com um torqueímetro, a leitura deste deverá ser usada como uma medida de saída de potência.

Tendo-se as medidas relativas às forças de entrada e de saída, a condição de um motor pode ser determinada, comparando-se a entrada com a saída. Isto é feito comparando-se a pressão de admissão necessária para produzir uma determinada rotação, em comparação a um motor que tenha a sua condição de operação já conhecida.

A seguir, um exemplo que mostrará a aplicação prática deste método, para a determinação das condições do motor. Com o controle da hélice selecionado para a r.p.m. de decolagem (ângulo mínimo da pá), um motor pode requerer 32 polegadas na pressão de admissão para produzir 2.200 r.p.m. para o teste de ignição. Em um teste anterior, este motor requereu somente 30 polegadas na pressão de admissão para obter 2.200 r.p.m. na mesma altitude e sob condições atmosféricas idênticas.

Obviamente, alguma coisa está errada; uma alta potência de entrada (pressão de admissão) é agora requerida para a mesma potência de saída (r.p.m.). Existe uma grande possibilidade de que um cilindro esteja inoperante (morto).

Existem diversos padrões com os quais a performance de um motor pode ser comparada. Ela pode ser comparada com sua performance passada, desde que as gravações tenham sido conservadas. A performance pode ser comparada com outros motores do mesmo avião ou, de aviões com a mesma instalação.

Se uma falha existir, deve-se assumir que o problema está relacionado a um dos seguintes sistemas:

- (1) Sistema de ignição.
- (2) Sistema de medição de combustível.
- (3) Sistema de indução.
- (4) Seção de força.
- (5) Instrumentação

Se uma aproximação lógica do problema é obtida, com a leitura dos instrumentos, apropriadamente utilizadas, o mal funcionamento pode ser apontado e o problema específico do sistema pode ser tirado.

Com mais informação disponível, a respeito de algum problema em particular, será melhor uma correção rápida. As informações válidas para localizar um mal funcionamento incluem:

- (1) Alguma falha foi notada? Sob que condições de operação?
- (2) Qual o tempo de operação do motor e das velas? Quanto tempo desde a última inspeção?
- (3) O teste operacional do sistema de ignição e o teste de potência estavam normais?
- (4) Quando o primeiro sinal do problema apareceu?
- (5) Apresentava retorno de chama ou queima atrasada?
- (6) A aceleração total estava ocorrendo normalmente?

De um ponto de vista diferente, um grupo motopropulsor é na realidade um número de pequenos motores girando um eixo de manivelas, operado por duas fases comuns: (1) medição de combustível, e (2) ignição.

Quando o motor estiver com retorno de chama ou com baixa potência, primeiro encontra-se qual dos sistemas (1) ou (2) está envolvido, se o motor inteiro ou somente um cilindro está com falha.

Por exemplo, o retorno de chama normalmente é causado por:

- (1) Válvulas permanecendo abertas ou trancando em um ou mais cilindros.
- (2) Mistura pobre.
- (3) Vazamento no tubo de entrada.

- (4) Erro no ajuste da válvula, que causa uma pequena carga ou uma carga grande de mistura ar/combustível.

As razões para o retorno de chama poderiam ser uma rachadura no bloco do distribuidor ou um vazamento de alta tensão entre dois cabos de ignição. Qualquer uma destas condições causaria a queima da carga do cilindro no ciclo de admissão.

Problemas do sistema de ignição envolvendo retorno de chama, normalmente não estão centralizados no magneto, porque uma falha do magneto resultaria em falta de rotação do motor, ou rotação normal em baixas velocidades, mas “cortando” em altas velocidades.

Por outro lado, a substituição do magneto corrigiria uma dificuldade causada pela rachadura do distribuidor, quando um fizer parte do magneto. Se os sistemas de combustível, ignição e indução estão operando corretamente, o motor deverá produzir a potência certa, a menos que alguma falha exista na seção de força básica.

## Problema - causa – solução

A pesquisa de problemas é uma análise sistemática dos sintomas que indicam um mal funcionamento. Já que seria impraticável relacionar todos os defeitos que poderiam ocorrer em um motor, somente os mais comuns serão discutidos.

Um completo conhecimento dos sistemas do motor, aplicado com o raciocínio lógico, resolverão qualquer problema que possa ocorrer.

A tabela 10 relaciona condições gerais ou problemas que podem ser encontrados em motores como "falhas de partida de motor". Estas condições são suplementadas e divididas entre as causas prováveis para tais condições. As ações corretivas são indicadas na coluna "SOLUÇÃO".

Os itens são apresentados em consideração a frequência de ocorrência, facilidade de acesso e complexidade da ação corretiva indicada.

**TABELA 10 Pesquisa de panes de motores de cilindros opostos.**

PROBLEMA	CAUSA PROVÁVEL	SOLUÇÃO
Falha de partida no motor.	• Falta de combustível.	• Verificar o sistema de combustível quanto a vazamento. • Abastecer o tanque de combustível. • Limpar linhas sujas, filtros, ou válvulas de combustível.
	• Pouca injeção	• Usar o processo correto de injeção.
	• Muita injeção.	• Abrir o acelerador e descarregar o motor pela rotação da hélice.
	• Ajuste do acelerador incorreto.	• Abrir o acelerador 1 décimo da sua escala.
	• Defeito nas velas.	• Limpar ou substituir as velas.
	• Defeito na fiação de ignição.	• Testar e substituir os fios com defeito.
	• Bateria fraca ou com defeito.	• Substituir por uma bateria carregada.
	• Operação imprópria do magneto ou dos platinados.	• Verificar o ajuste interno do magneto.
	• Água no carburador.	• Drenar o carburador e as linhas de combustível.
	• Falha interna.	• Verificar o filtro de óleo no cárter, por partículas metálicas.
	• Acoplador de impulso magnetizado, se instalado.	• Desmagnetizar o acoplador de impulso.
• Eletrodos das velas congelados.	Substituir as velas ou secá-las.	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controle de mistura corta em marcha lenta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abrir o controle de mistura.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Curto no interruptor de partida ou perda de aterramento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar e substituir, ou corrigir.</li> </ul>
Motor falha em marcha lenta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajuste de velocidade de marcha lenta incorreto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajustar o batente do acelerador para obter a marcha lenta correta.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mistura de lenta incorreta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajustar a mistura (consultar o manual do fabricante).</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vazamento no sistema de indução.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apertar todas as conexões do sistema de indução. Substituir as partes com defeito.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixa compressão do cilindro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar a compressão do cilindro.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falha do sistema de ignição.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar inteiramente o sistema de ignição.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Injetor aberto ou vazando.</li> <li>• Ajuste impróprio da vela para a altitude.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bloquear ou corrigir o injetor.</li> <li>• Verificar a folga das velas.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtro de ar sujo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpar ou substituir o filtro.</li> </ul>
Baixa potência e motor com funcionamento irregular.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mistura muito rica, indicada por operação lenta do motor, chama de exaustão vermelha e fumaça preta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar o injetor. Reajustar a mistura do carburador.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mistura muito pobre, indicada por sobreaquecimento ou retorno de chama.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar as linhas de combustível quanto a sujeira ou outras restrições. Verificar o suprimento de combustível.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vazamento no sistema de indução.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apertar todas as conexões. Substituir as partes defeituosas.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Defeito nas velas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpar ou substituir as velas.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Graduação do combustível imprópria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abastecer o tanque com o combustível recomendado.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Platinados do magneto não trabalham apropriadamente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpar os platinados. Verificar o ajuste interno do magneto.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Defeito na fiação da ignição.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Testar e substituir os fios defeituosos.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Defeito nos terminais das velas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substituir os terminais das velas.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Folga incorreta das válvulas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajustar a folga das válvulas.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Restrição no sistema de escapamento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remover a restrição.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajuste da ignição incorreto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar os magnetos quanto a sincronização e ajuste.</li> </ul>
Motor falha ao desenvolver potência total.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manete de aceleração fora de ajuste.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajustar a manete de aceleração.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vazamento no sistema de indução.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apertar todas as conexões, e substituir as partes defeituosas.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combustível impróprio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abastecer o tanque com o combustível recomendado.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Restrição na entrada de ar do carburador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Examinar a entrada de ar e remover a restrição.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Governador da hélice fora de ajuste.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajustar o governador.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta da ignição.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apertar todas as conexões, e verificar o sistema de ignição. Verificar a regulação da ignição.</li> </ul>
Funcionamento irregular do motor.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Montante do berço do motor quebrado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reparar ou substituir os montantes do berço.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hélice desbalanceada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remover a hélice, e verificar o balanceamento.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Defeito nas buchas de montagem.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalar novas buchas.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Depósito de chumbo nas velas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpar ou substituir as velas.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Injetor desbloqueado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bloquear o injetor.</li> </ul>
Baixa pressão de óleo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Óleo insuficiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observar a quantidade de óleo.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtros de óleo sujos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remover e limpar os filtros de óleo.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indicador de pressão defeituoso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substituir o indicador.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bloqueio de ar ou sujeira na válvula de alívio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remover e limpar a válvula de alívio de pressão de óleo.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vazamento da linha de sucção ou de pressão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar os vedadores entre os acessórios e o cárter.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obstrução na entrada da bomba de óleo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observar a obstrução da linha. Limpar o filtro de sucção.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta temperatura do óleo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veja “alta temperatura do óleo” na coluna de problemas.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mancais gastos ou arranhados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efetuar a revisão do motor.</li> </ul>
Alta temperatura do óleo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ar de arrefecimento insuficiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observar a entrada e a saída de ar por deformação ou obstrução.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suprimento insuficiente de óleo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abastecer o tanque de óleo ao nível apropriado.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Linhas ou filtros de óleo obstruídos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remover e limpar as linhas ou os filtros de óleo.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mancais falhos ou defeituosos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Examinar o cárter quanto a partículas metálicas e, se encontradas, revisar o motor.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Termostatos defeituosos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substituir os termostatos.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indicadores de temperatura defeituosos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substituir os indicadores.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excessiva ventilação da válvula (<i>Blow-By</i>).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usualmente causada pelos anéis presos ou fracos. Revisar o motor.</li> </ul>
Excessivo consumo de óleo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mancais falhos ou defeituosos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observar o cárter quanto a partículas metálicas e, se encontradas, a revisão do motor é indicada.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anéis dos pistões gastos ou quebrados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalar anéis novos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalação incorreta dos anéis dos pistões.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalar anéis novos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vazamento interno de óleo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observar cuidadosamente o motor quanto a vazamento nas juntas ou anéis.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vazamento através da linha de ventilação da bomba de combustível do motor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substituir o selo da bomba de combustível.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Respiração do motor ou da bomba de vácuo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Checar o motor, e revisar ou substituir a bomba de vácuo.</li> </ul>

## MANUTENÇÃO DO CILINDRO

Na maioria dos casos, o cilindro recebe seu combustível e ar de uma fonte comum que é o carburador.

Várias fases de operação do cilindro como a compressão, mistura de combustível e ignição podem funcionar adequadamente, até que um tipo de mal funcionamento cause dificuldades no motor.

Retorno de chama no motor, por exemplo, pode ser causado por uma mistura ar/combustível pobre em um dos cilindros.

A mistura pobre pode ser causada por tais dificuldades, como um ajuste impróprio na válvula, uma válvula de admissão ou escape presa, ou um vazamento no tubo de entrada.

A maioria das dificuldades no motor pode ser causada por um cilindro ou um pequeno número de cilindros. Portanto, dificuldades no motor podem ser corrigidas somente após o mau funcionamento dos cilindros terem sido localizados, e as fases defeituosas de operação dos cilindros serem normalizadas.

### Calço Hidráulico

Se um motor radial permanece cortado por qualquer período de tempo, o óleo ou combustível podem drenar para dentro das câmaras de combustão dos cilindros inferiores, ou podem acumular nas tomadas inferiores das tubulações para serem drenados para dentro dos cilindros quando o motor partir (Figura 10-44).

Quando o pistão se aproxima do ponto morto alto de compressão (ambas as válvulas fechadas), este líquido, incompressível, estanca o movimento do pistão. Se o eixo de manivela continuar a girar, algum problema poderá ocorrer. Portanto, partindo ou tentando partir um

motor com bloqueio hidráulico desta natureza, pode-se causar o estouro do cilindro afetado ou, o mais provável, pode resultar em um entortamento ou quebra da biela.

Um calço hidráulico completo - um calço que pare a rotação do eixo de manivela - pode resultar em sérios danos ao motor.

Se o pistão encontrar uma alta resistência, ele não pára completamente; o motor vacila, entretanto parte e continua a girar, acionado pelos outros cilindros.

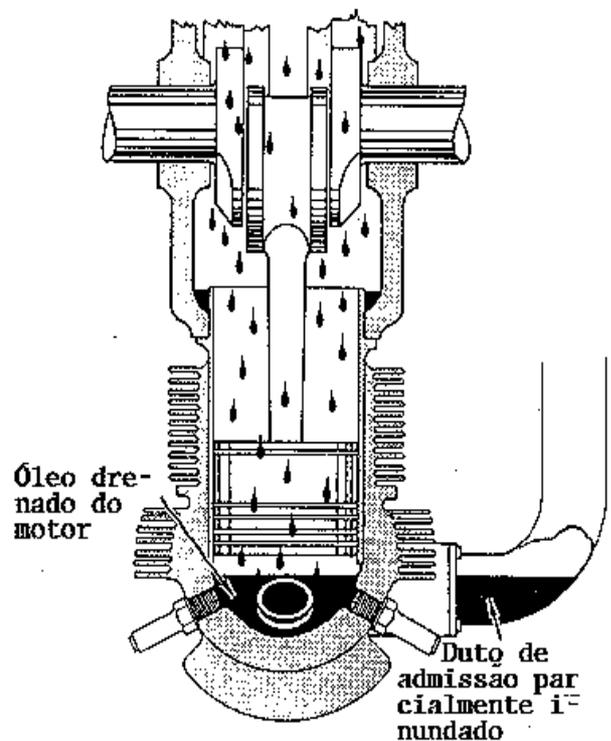


Figura 10-44 Estágio inicial no desenvolvimento de um calço hidráulico.

Um ligeiro entortamento da biela, resultante do bloqueio parcial, também não será notado a tempo, mas ela está danificada, e é certo que falhará mais tarde.

A falha eventual ocorre na maioria das vezes em operações críticas, como decolagens e arremetidas quando a potência máxima do motor é utilizada e a máxima tensão é imposta às partes. Um calço hidráulico e alguns possíveis resultados são mostrados na figura 10-45.

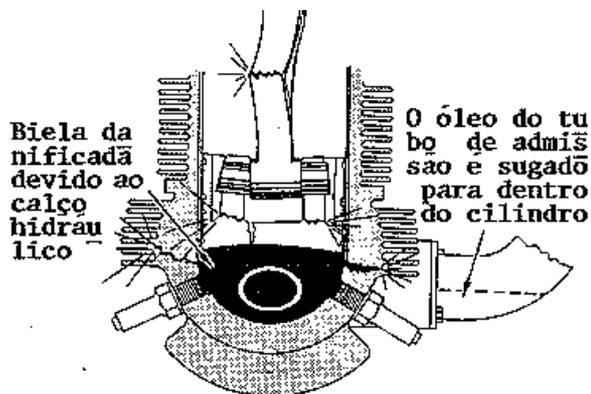


Figura 10-45 Resultados de um calço hidráulico.

Antes de se dar partida em qualquer motor radial que tenha sido parado por mais de 30 minutos, as chaves de ignição devem estar em "off", só então puxa-se a hélice na direção de rotação, para assegurar que não haja calço hidráulico.

Qualquer líquido presente em um cilindro será indicado por um esforço anormal para rodar a hélice.

Entretanto, nunca se usa força quando um calço hidráulico é detectado.

Quando motores que empregam acionamento direto, ou combinação de acionamento direto e inércia, estão sendo acionados e uma fonte externa está sendo usada, uma checagem quanto a calço hidráulico deve ser feita pela intermitente energização do motor de partida, esperando pela tendência do motor estolar. O uso do motor de partida, desta maneira, não exercerá suficiente força no eixo de manivelas a ponto de entortar ou quebrar a biela se um bloqueio estiver presente.

Para eliminar um bloqueio, remove-se a vela de ignição dianteira ou traseira dos cilindros inferiores, girando a hélice na direção de rotação. O pistão expulsará qualquer líquido que possa estar presente.

Se o bloqueio (calço) hidráulico acontecer devido a uma alta pressão antes de iniciar a partida do motor, elimina-se o bloqueio do mesmo modo, isto é, removendo uma das velas de ignição do cilindro e girando o eixo de manivelas duas voltas.

Nunca se deve tentar eliminar um bloqueio hidráulico girando a hélice no sentido oposto ao normal de rotação, uma vez que isto tende a injetar o líquido do cilindro para dentro do duto de admissão, com a possibilidade de ocorrer um bloqueio total ou parcial subsequente a partida.

### Ventilação da válvula (*Blow-by*)

A ventilação da válvula ("*Blow-by*") é indicada por um silvo ou assobio, quando a hélice está sendo puxada antes da partida do motor, quando o motor está girando pelo motor de partida, ou quando o motor está girando em baixas velocidades.

Isto é causado por uma abertura de válvula presa ou deformada, para que a extensão da compressão não ocorra no cilindro quando o pistão move para o ponto morto alto na fase de compressão.

O ar que passa pela válvula de escape pode ser escutado na descarga do motor, e o que passa pela válvula de admissão é audível no carburador.

A ventilação da válvula deve ser corrigida imediatamente, a fim de evitar falha da válvula, e a possibilidade de falha do motor por um dos seguintes passos:

- (1) Fazer um teste de compressão dos cilindros para localizar o cilindro em falha.
- (2) Observar a folga das válvulas do cilindro afetado. Se a folga estiver incorreta, a válvula deve estar presa em um guia de válvula. Para libera-la, colocar uma barra de fibra sobre o balancim imediatamente sobre a haste da válvula, e golpear a barra várias vezes com um martelo de 1 a 2 libras. A força exercida com a mão sobre a barra de fibra é suficiente para remover qualquer espaço entre o balancim e a haste da válvula, antes de golpear.
- (3) Se a válvula estiver presa e a folga for incorreta, ajustá-la como necessário.
- (4) Determinar se a ventilação ("*Blow-by*") foi eliminada girando novamente o motor pela hélice com a mão, ou acionando-o com o motor de partida. Se a ventilação ainda estiver presente, será necessário substituir o cilindro.

## TESTES DE COMPRESSÃO NO CILINDRO

Os testes de compressão nos cilindros determinam se as válvulas, anéis e pistões estão adequadamente selando a câmara de compressão.

Se o vazamento de pressão for excessivo o cilindro não poderá desenvolver sua potência máxima. A finalidade de testar a compressão dos cilindros é para determinar se a substituição do cilindro é necessária. A detecção e substituição dos cilindros defeituosos evitarão a troca completa do motor por falha dos cilindros.

É essencial que os testes de compressão sejam feitos periodicamente. Embora seja possível para um motor a perda de compressão por outras razões, a maior parte da baixa compressão ocorre por vazamentos em válvulas. As condições que afetam a compressão do motor são:

- (1) Incorreta folga de válvulas.
- (2) Pistões gastos, arranhados ou danificados.
- (3) Excessivo desgaste dos anéis do pistão e paredes dos cilindros.
- (4) Válvulas empenadas ou queimadas.
- (5) Partículas de carbono entre a face e a sede da válvula ou válvulas.
- (6) Tempo de válvula adiantado ou atrasado.

Um teste de compressão é feito logo após o corte do motor, de modo que os anéis do pistão, as paredes dos cilindros e outras partes ainda estejam suficientemente lubrificadas. Entretanto, não é necessário operar o motor antes de realizar as checagens de compressão durante a recuperação do motor, ou uma substituição individual dos cilindros. Nestes casos, antes de se executar o teste, pulveriza-se uma pequena quantidade de óleo refrigerante dentro do cilindro, ou cilindros, girando o motor várias vezes para selar os pistões e anéis no corpo do cilindro.

Assegure-se de que a chave de ignição esteja na posição "off", de modo que ela não provoque uma partida acidental do motor. As carenagens necessárias e as velas acessíveis de cada cilindro, devem ser removidas.

O exame cuidadoso das velas ajudará a diagnosticar os problemas dentro do cilindro. Os relatórios e fichas de manutenção do motor que está sendo testado devem ser revisados. As anotações das checagens de compressão anteriores

ajudam a determinar as condições de uso progressivo e a estabelecer as ações de manutenção necessárias.

Os dois tipos básicos de teste de compressão, atualmente em uso para checar a compressão dos cilindros em motores de aviões, são o testador de compressão direta e o de pressão diferencial.

Os procedimentos e precauções a serem observados durante o uso de um destes tipos de testadores estão resumidos nesta seção. Ao se executar um teste de compressão, as instruções do fabricante do testador deverão ser seguidas.

### Testador de compressão direta

Este tipo de teste de compressão indica a pressão atual dentro do cilindro.

Embora um componente em particular com defeito dentro do cilindro seja difícil de determinar por este método, a uniformidade de uma leitura para todos os cilindros é uma indicação da condição do motor como um todo.

As seguintes diretrizes são sugeridas para realizar um teste de compressão direta:

- (1) Aquecer o motor a temperatura de realização do teste, tão logo quanto possível, após o corte do motor.
- (2) Remover a vela mais acessível de cada cilindro.
- (3) Girar o motor com o motor de partida para expulsar qualquer excesso de óleo ou carbono solto nos cilindros.
- (4) Se um conjunto completo de testadores de compressão estiver disponível, instalar um testador em cada cilindro. Entretanto, se somente um testador estiver sendo utilizado, checar cada cilindro em rodízio.
- (5) Usar o motor de partida do motor, girando o motor pelo menos três voltas completas, e anotando os valores de compressão. O uso de uma fonte de energia externa, como uma bateria fraca, resultará em uma menor razão de giro do motor e valores de compressão menores.
- (6) Checar novamente qualquer cilindro que demonstrar uma leitura anormal, quando comparada com os outros. Qualquer cilin-

dro que tenha uma leitura de pressão aproximada de 15 PSI menor que os outros, é suspeito de apresentar defeito.

- (7) Se um testador de compressão for suspeito de estar defeituoso, substituí-lo por outro em bom estado, e checar novamente a compressão dos cilindros afetados.

### Testador de pressão diferencial

O testador de pressão diferencial checa a compressão dos motores do avião ao medir o vazamento através do cilindro.

O projeto deste testador de pressão é tal que, vazamentos diminutos na válvula são detectados, tornando possível a substituição do cilindro onde a queima da válvula está iniciando.

A operação do testador de pressão está baseada no princípio de que, para qualquer fluxo de ar através de um orifício fixo, resultará numa queda de pressão constante

Como o fluxo de ar varia, a pressão troca de acordo com esta variação e na mesma direção.

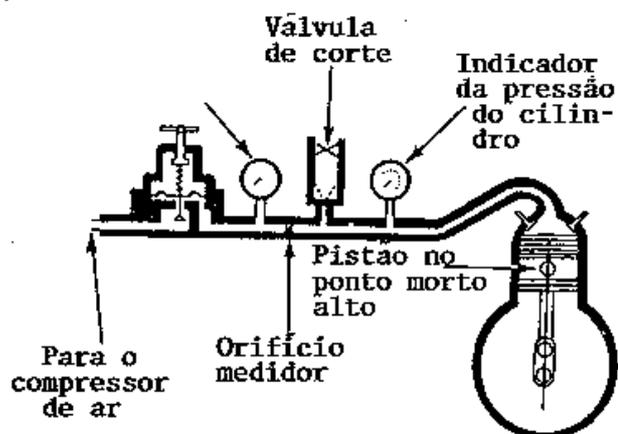


Figura 10-46 Testador da pressão diferencial.

Se o ar é suprido sob pressão para o cilindro com ambas as válvulas de descarga e admissão fechadas, a quantidade de ar que vaza pelas válvulas ou anéis indica sua condição; o cilindro perfeito, naturalmente, não deve ter nenhum vazamento.

O testador de pressão diferencial (figura 10-46) requer a aplicação de ar sob pressão para o cilindro que está sendo testado com o pistão no ponto morto alto.

As diretrizes para se executar o teste de compressão diferencial são:

- (1) Fazer o teste de compressão tão logo quanto possível, após o corte do motor, para garantir a lubrificação uniforme nas paredes dos cilindros e anéis.
- (2) Remover a maioria das velas acessíveis do cilindro, ou cilindros, e instalar um adaptador de velas no local das velas.
- (3) Conectar o conjunto testador de compressão a uma fonte de ar comprimido de 100 a 150 PSI. Com a válvula de corte sobre o testador de compressão fechada, ajustar o regulador do testador para 80 PSI.
- (4) Abrir a válvula de corte, e fixar a mangueira de ar com um conector de desconexão rápida ao adaptador da vela. A válvula de corte quando aberta manterá automaticamente uma pressão de 15 a 20 PSI no cilindro, quando ambas as válvulas de admissão e descarga estiverem fechadas.
- (5) Girar o motor no sentido de rotação, até que o pistão no cilindro que está sendo testado, alcance no ciclo de compressão 15 PSI. Continuar girando a hélice lentamente na direção de rotação até que o pistão atinja o ponto morto alto. O ponto morto alto pode ser detectado pela diminuição da força requerida para mover a hélice. Se o motor for girado além do ponto morto alto, as 15 a 20 PSI tenderão a mover a hélice na direção de rotação. Se isto ocorrer, retornar a hélice pelo menos uma pá, antes de girar a hélice novamente na direção de rotação. Este retorno é necessário para eliminar o efeito de contra-rotação no mecanismo de operação da válvula, e para manter os anéis dos pistões alojados na sede.
- (6) Fechar a válvula de corte no testador de compressão e checar a pressão regulada para observar se ela mantém em 80 PSI, com fluxo de ar para o cilindro. Se a pressão regulada for maior ou menor que 80 PSI, reajustar o regulador para 80 PSI. Quando fechar a válvula de corte, assegurar que a área de giro da hélice está livre de objetos. Isto porque a pressão de ar na câmara de combustão é suficiente para girar a hélice se o pistão não estiver no ponto morto alto.
- (7) Com a pressão regulada e ajustada para 80 PSI, se a leitura da pressão do cilindro indi-

cada no manômetro for inferior ao mínimo especificado para o motor que está sendo testado, mover a hélice na direção de rotação para assentar os anéis dos pistões nas ranhuras. Checar todos os cilindros, e anotar os valores.

Se uma baixa compressão for obtida em qualquer cilindro, girar o motor com o motor de partida em potência de decolagem, e checar novamente se o cilindro, ou cilindros que tenham apresentado problema.

Se a baixa pressão não for corrigida, remove-se a tampa do cabeçote, checando a folga das válvulas para determinar se a dificuldade é causada por uma folga de válvula inadequada.

Se a baixa compressão não é causada pela folga inadequada da válvula, coloca-se uma barra de fibra sobre o balancim imediatamente sobre a haste da válvula, batendo na barra várias vezes com martelo de 1 a 2 lbs para desalojar qualquer material estranho entre a válvula e a sede da válvula. Após soltar a válvula desta maneira, gira-se o motor com o motor de arranque, checando a compressão.

Não se deve fazer uma checagem de compressão após a válvula ter sido solta, ao menos até que o eixo de manivelas tenha sido girado, ou com o motor de partida ou com a mão, a fim de permitir o reassentamento da válvula de maneira normal. Uma velocidade maior no assentamento, obtida quando soltar a válvula, indicará o assentamento das válvulas nas suas sedes mesmo estando ligeiramente ovaladas ou excêntricas.

Cilindros que tenham ficado com a compressão abaixo da mínima especificada, após o assentamento devem ser novamente examinados para determinar se o vazamento ocorre na válvula de exaustão, na válvula de admissão ou no pistão. O vazamento excessivo pode ser detectado: (1) na válvula de exaustão escutando-se o vazamento de ar na saída de exaustão; (2) na válvula de admissão pelo escapamento de ar na tomada de ar; e (3) nos anéis dos pistões pelo escapamento de ar nos suspiros do motor.

O teste de ventilação é outro método de detecção de vazamento nas válvulas de admissão e escape. Nesse teste, quando o pistão é movido para o ponto morto alto de compressão, a falha da válvula pode ser detectada escutando-se o som de respiração (ventilação) nas saídas de exaustão ou no duto de entrada de ar.

Outro método é com o ar comprimido admitido através do orifício da vela. O pistão deve ser retido no ponto morto alto de compressão durante esta operação. Um vazamento nas válvulas, ou nos anéis do pistão, pode ser detectado escutando-se as saídas de exaustão, duto de admissão ou suspiro do motor.

Em seguida à ventilação da válvula (*Blow-by*), a causa mais frequente de vazamento de compressão é o vazamento excessivo através do pistão. Este vazamento pode ocorrer devido a falta de óleo. Para examinar esta possibilidade, o óleo deve ser esguichado dentro do cilindro e ao redor do pistão. Se este procedimento elevar a compressão a um mínimo requerido, ou acima, dá-se continuação ao serviço do cilindro. Se a pressão ainda não atingir o mínimo requerido, ele é substituído por outro.

Quando for necessário substituir um cilindro, devido ao resultado de baixa compressão, anota-se o número do cilindro e o valor da compressão do novo cilindro instalado na ficha de teste de compressão.

### **Substituição do cilindro**

Cilindros de motores alternativos são projetados para operar um tempo especificado antes que o uso normal requeira sua revisão. Se o motor for operado como recomendado, e a manutenção preventiva for executada, os cilindros normalmente resistirão até que o motor seja removido por limite de horas

É de conhecimento, por experiência, que os materiais falham e que os motores são castigados por operações incorretas; isto tem uma série de efeitos sobre a vida dos cilindros.

Outra razão para a troca prematura do cilindro é a manutenção deficiente. Portanto, cuidado especial deve ser observado para assegurar que todos os corretos procedimentos de manutenção sejam realizados quando trabalhando com o motor.

Algumas das razões para a substituição dos cilindros são:

- (1) Baixa compressão.
- (2) Alto consumo de óleo em um ou mais cilindros.
- (3) Excessiva folga na guia da válvula.
- (4) Flanges do duto de admissão soltos.
- (5) Sedes de válvula com defeito ou soltas.
- (6) Danificação externa como rachaduras.

Quando condições como estas são limitadas a um ou poucos cilindros, a substituição destes, sendo defeituosos, retornará o motor a sua condição de serviço.

O número de cilindros que podem ser substituídos economicamente em motores refrigerados a ar, depende do número deles a serem substituídos. A experiência tem indicado que, em geral, 1/4 ou 1/3 dos cilindros de um motor podem ser substituídos economicamente. Consideram-se estes fatores quando uma decisão tiver que ser tomada:

- (1) Tempo do motor.
- (2) Prioridade estabelecida para retornar o avião para serviço.
- (3) Disponibilidade de cilindros reserva e motores reserva.
- (4) Se QECA (conjuntos de troca rápida de motor) estão sendo usados.
- (5) O número de pessoas disponíveis para a troca.

O cilindro é sempre substituído por um conjunto completo que inclui: pistão, anéis, válvulas, e molas de válvulas. O cilindro é obtido pela numeração do conjunto do cilindro pelo P/N, especificado no catálogo de partes do motor.

Exceto certas condições, não se tenta substituir partes individuais como pistões ou válvulas. Esta precaução garante que folgas ou tolerâncias sejam corretas. Outras partes, como molas de válvulas, balancins, tampa do cabeçote podem ser substituídas individualmente.

Normalmente todos os cilindros de um motor são similares; deste modo, todos são tamanho padrão ou todos são trabalhados para as mesmas dimensões, e são de aço ou cromados. Em alguns casos, devido ao curto espaço de tempo de revisão, pode ser necessário que motores tenham dois tamanhos diferentes de cilindros.

Substitui-se um cilindro por outro de mesmo tamanho se possível.

Se um cilindro idêntico não estiver disponível, é possível instalar outro cilindro padrão ou sob medida, desde que não afete negativamente a operação do motor.

O tamanho do cilindro é indicado por um código de cor ao redor do corpo (Figura 10-47), entre o flange de fixação e a aleta de refrigeração da parte inferior.

Em alguns casos, motores refrigerados a ar são equipados com cilindros cromados, que são usualmente identificados por uma banda pintada ao redor do corpo entre o flange de fixação e a aleta de refrigeração da parte inferior.

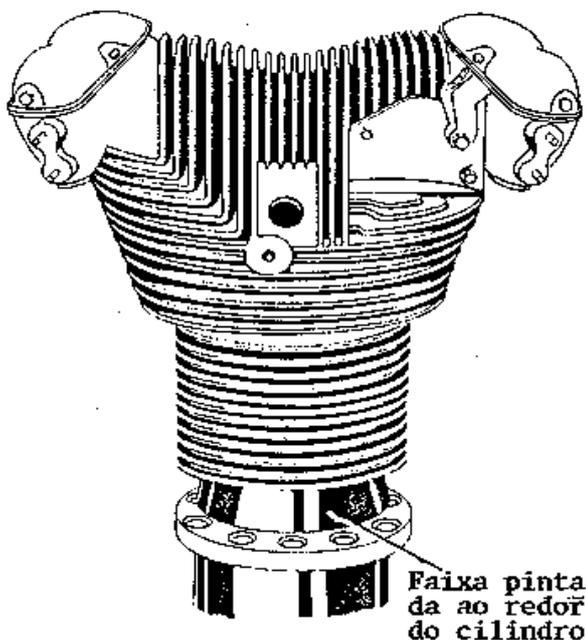


Figura 10-47 Identificação da medida do cilindro.

Esta banda colorida é identificada internacionalmente pela cor laranja.

Quando se instala um cilindro cromado não se usa anéis cromados; conjuntos combinados incluirão, naturalmente, anéis corretos. Entretanto, se um anel for quebrado durante a instalação do cilindro examina-se a marcação do cilindro para determinar qual o anel, cromado ou não, e o correto para a substituição. Precauções similares devem ser tomadas para assegurar que anéis de tamanhos corretos sejam instalados.

Cuidados e procedimentos corretos são importantes quando se trata da substituição dos cilindros. Trabalho negligente, ou uso de ferramentas incorretas podem prejudicar a substituição do cilindro ou suas partes. Procedimentos incorretos na instalação de cabeçotes podem resultar em algum vazamento de óleo. Torques impróprios de porcas ou parafusos de fixação do cilindro podem facilmente resultar em um mau funcionamento do cilindro, e subsequente falha do motor.

A discussão da substituição de cilindros neste manual está limitada a instalação e remoção de cilindros de motor refrigerados a ar. A discussão está centrada em motores opostos e

radiais, uma vez que estes são os motores de avião nos quais a substituição de cilindro ocorre com mais frequência.

Visto que estas instruções são insuficientes para cobrir todos os motores refrigerados a ar, elas têm o caráter de informações gerais. O manual de manutenção do fabricante deve ser consultado para valores de torque e precauções especiais, aplicadas a um motor ou avião em particular.

Contudo, práticas de limpeza e asseio, e proteção das aberturas, devem ser tomadas, de modo que porcas, arruelas, ferramentas e itens diversos não entrem nas seções internas do motor.

## REMOÇÃO DO CILINDRO

Assumindo-se que todas as coberturas e suportes tenham sido removidos, primeiro remove-se o tubo de admissão e os tubos e exaustão; tampando as aberturas na seção difusora. Os defletores dos cilindros, e qualquer suporte de fixação que possa obstruir a remoção do cilindro são removidos. Solta-se as velas e os cabos de vela. Não se remove as velas até que o cilindro seja removido.

Os cabeçotes devem ser removidos depois das porcas, e então, bate-se suavemente a cobertura com martelo de couro cru ou de plástico. Nunca a cobertura é removida com uma chave de fenda ou ferramenta similar.

As porcas das hastes ou braçadeiras superiores e inferiores devem ser soltas. As hastes são removidas pela depressão dos balancins ou uma ferramenta especial ou pela remoção dos balancins. Antes de remover as hastes, gira-se o eixo de manivelas até que o pistão esteja no ponto morto alto de compressão. Isto alivia a pressão sobre ambos os balancins de admissão e descarga, além de ser uma maneira de deixar o ajuste das porcas para mais tarde, pois permite uma folga máxima para a remoção da haste quando os balancins são aliviados.

Em alguns modelos de motores, os tuchos e as molas dos cilindros inferiores podem cair. Cuidados devem ser tomados para pegá-los quando as hastes e alojamentos são removidos.

Após a remoção das hastes, elas devem ser examinadas quanto à existência de marcas, de modo que elas possam ser recolocadas nas mesmas posições das quais foram removidas. As juntas universais são normalmente usadas para fixar o encaixe na qual elas operavam.

Ademais, algumas hastes de motores não são do mesmo comprimento.

Um bom procedimento é marcar as hastes próximo das extremidades das válvulas: "nº 1 in" "nº 1 ex", "nº2 in" "nº2 ex", etc Em motores com injeção de combustível, desconecta-se a linha de injeção, removendo o injetor de combustível e qualquer braçadeira de linha que interfira com a remoção do cilindro.

Se o cilindro que está sendo removido for um cilindro de biela mestra, precauções especiais em adição as precauções para remoção de cilindros regulares, devem ser tomadas. Informações que designem qual o cilindro que tenha biela mestra estão incluídas na placa de dados do motor.

Arranjos devem ser feitos para manter a biela mestra na posição intermediária do orifício do cárter do cilindro (após o cilindro ter sido removido). Gabaritos ou guias são normalmente fornecidas pelo fabricante para esta finalidade.

Sob nenhuma circunstância deve a biela mestra ser movida lateralmente, ela deve ser mantida centrada até que o guia esteja no local. Não se deve girar o eixo de manivelas enquanto o cilindro da biela mestra é removido, e outros cilindros permanecem no motor.

Estas precauções são necessárias para evitar que os anéis inferiores de algum dos outros pistões saiam dos cilindros, expandindo e danificando os anéis e bordas dos pistões. Se vários cilindros estão sendo removidos, e um deles for o cilindro da biela mestra, ele deverá ser sempre o último a ser removido e o primeiro a ser instalado.

O próximo passo na remoção do cilindro é cortar os arames de freio ou remover os contra-pinos; e remover os dispositivos de bloqueio dos parafusos ou porcas de fixação do cilindro. Remove-se todos os parafusos ou porcas, exceto dois a 180° um do outro. Usa-se a ferramenta especificada para esta finalidade na seção de ferramentas especiais do motor apropriado.

Finalmente, enquanto suportando o cilindro, os dois parafusos ou porcas remanescentes devem ser removidos e, suavemente, o cilindro do cárter deve ser puxado. Duas pessoas podem trabalhar juntas durante esta etapa, assim como durante os procedimentos remanescentes de substituição dos cilindros. Após a borda do cilindro estar fora do cárter, e antes de impulsionar o pistão da borda, providencia-se algum meio (um pano) para evitar que pedaços de anéis quebrados penetrem no cárter.

Após o pistão ter sido removido, os pa-nos também devem ser e, cuidadosamente, che-ca-se quanto a pedaços de anéis de pistão. Para se ter a certeza de que nenhum pedaço de anel entre no cárter, coleta-se todos os pedaços para ver se eles formam um anel completo.

Coloca-se um suporte na montagem de apoio do cilindro, segurando com dois parafu-sos, ou porcas; então, remove-se o pistão e o conjunto de anéis da biela.

Quando o verniz tornar difícil remover o pino, um toca-pinos ou uma ferramenta extrato-ra podem ser usados. Se uma ferramenta especi-al não estiver disponível, e um punção for usado para remover o pino do pistão, a biela deve ser empurrada. Se isto não for feito, a biela poderá ser danificada.

Após a remoção do cilindro e do pistão, a biela deverá ser apoiada para evitar danos na haste e no cárter. Isto pode ser feito apoiando cada biela com o anel de vedação da base laçan-do a biela com os prisioneiros da base do cilin-dro. Usando uma escova de aço, limpa-se os parafusos ou prisioneiros examinando-os quanto a rachaduras, danos na rosca ou qualquer outro dano visível. Se um parafuso for encontrado frouxo ou quebrado em qualquer momento da remoção do cilindro, todos os parafusos da de-vem ser substituídos, uma vez que os remanes-centes podem ter sido seriamente comprometidos.

Uma falha no parafuso de fixação do cilindro levará os parafusos adjacentes a uma pressão de operação muito grande e eles estarão provavelmente fatigados além do seu limite elástico. A instrução dos fabricantes de motores deve ser seguida para o número de parafusos que devem ser substituídos após uma falha de parafuso de fixação.

Ao remover um parafuso quebrado, to-ma-se as precauções apropriadas para evitar que limalhas entrem na seção de força do motor.

Em todos os casos, ambas as faces das arruelas e faces de assentamento de porcas e parafusos, ou parafusos ou prisioneiros, devem ser limpos e toda a aspereza ou rebarba removi-da.

## **INSTALAÇÃO DO CILINDRO**

Todo o acúmulo de óleo do cilindro e do conjunto do pistão deve ser removidos com sol-vente, e completamente seco com ar comprimi-do.

Instala-se o pistão e o conjunto de anéis na biela; certificando que o pistão está alinhado na direção correta.

O número do pistão estampado no fundo deve ficar com a face virada para a frente do motor.

O pino do pistão deve ser lubrificado an-tes de ser inserido e deverá encaixar com um empurrão adequado. Se um punção tiver que ser usado, segue-se as mesmas precauções que fo-ram usadas durante a remoção do pino.

O exterior do pistão é lubrificado gene-rosamente, forçando óleo ao redor dos anéis do pistão, no espaço entre os anéis e as estrias. De-fasar os espaços dos anéis ao redor do pistão, verifica-se se os anéis estão nas estrias corretas e se eles estão posicionados corretamente, por-que alguns são usados como raspador de óleo e outros como anéis bombeadores. O número, tipo e arranjo dos anéis de compressão e controle de óleo variam de acordo com o fabricante e mode-lo do motor.

Se for necessário substituir os anéis de um ou mais pistões, checka-se a folga lateral de acordo com as especificações do fabricante, usando um calibre. O espaço entre as extremi-dades do anel deve ser checado.

O método de checagem das folgas lateral e da extremidade do anel é mostrado na figura 10-48. Se o calibre mostrado não estiver dis-ponível, um pistão (sem anéis) pode ser inserido no cilindro e o anel inserido na cavidade do ci-lindro. Insere-se o anel na borda do cilindro abaixo do flange de montagem, visto que isto é usualmente o menor diâmetro da cavidade, pu-xando o pistão contra o anel para alinhá-lo ade-quadamente na cavidade.

Se for necessário, remove-se o material para obter a folga lateral correta, isto pode ser feito girando as estrias do pistão ligeiramente sobre cada lado, ou polindo o anel sobre a su-perfície de uma placa.

Se a folga da extremidade for muito pe-quena, o excesso de metal pode ser removido apertando-se uma fresa rotativa em uma morça, prendendo o anel no alinhamento adequado, e removendo o excesso das extremidades. Em todos os casos, os procedimentos do fabricante do motor devem ser seguidos.

Antes de se instalar o cilindro, checka-se o flange para ver se as superfícies estão lisas e limpas. Cobre-se o interior do corpo do cilindro generosamente com óleo, assegurando que o anel de vedação de óleo do cilindro esteja no

lugar, e que somente um anel de vedação seja usado.

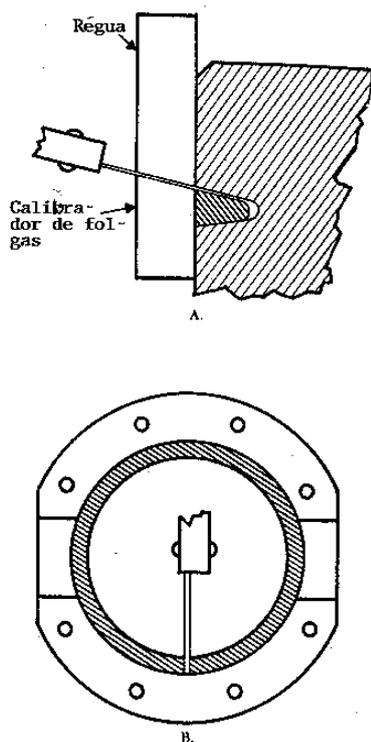


Figura 10-48 A - Medição da folga lateral do anel de segmento;  
B - Medição da folga na emenda do anel.

Usando um compressor de anéis, comprima-os a um diâmetro igual ao do pistão. Leve-se o conjunto do cilindro para baixo sobre o pistão, assegurando-se de que o plano do cilindro e o do pistão permanecem os mesmos. Coloque-se o cilindro sobre o pistão com movimento reto e plano, o que moverá o compressor de anéis quando estes encaixarem na ranhura. Não se balance o cilindro enquanto o pistão estiver sendo encaixado, uma vez que qualquer balanço é capaz de soltar um anel do pistão ou uma parte de um anel do compressor, antes que os anéis entrem na cavidade do cilindro. Um anel aliviado desta maneira será expandido, e evitará que o pistão entre no cilindro. Qualquer tentativa de forçar o cilindro sobre o pistão pode causar rachaduras ou arranhões do anel ou danificar os anéis.

Após o cilindro ter sido encaixado sobre o pistão, de modo que todos os anéis estejam na cavidade do cilindro, remove-se o compressor de anel e a biela guia. Então, desliza-se o cilindro para o local sobre a base de montagem. Se parafusos forem usados, gira-se o cilindro para alinhar os furos. Enquanto o cilindro ainda está

sendo apoiado, 2 parafusos ou porcas defasadas de 180°, são instalados.

Se o cilindro estiver preso ao cárter por arruelas cônicas, parafusos e porcas, ele deve ser posicionado sobre a seção do cárter por dois parafusos ou porcas especiais.

Esses parafusos ou porcas não permanecem no motor, eles são removidos e substituídos por parafusos ou porcas regulares e arruelas cônicas, após terem sido úteis, e outros parafusos ou porcas tenham sido instalados e apertados com o torque prescrito.

Instalam-se os parafusos com porcas remanescentes com suas arruelas cônicas, apertando-os até que fiquem assentados.

O lado cônico de cada arruela deve ficar voltado para o flange de montagem do cilindro. Antes de se inserir os parafusos, eles devem ser cobertos com um bom selante para evitar um vazamento de óleo.

Os parafusos e porcas de fixação devem agora ser torquados para o valor especificado na tabela de valores de torque, do manual de revisão ou serviço do fabricante do motor. Uma sequência específica e definida de torque para fixação de todos os cilindros deve ser seguida. Uma regra geral é apertar primeiro os dois parafusos, ou porcas defasadas de 180°; depois apertar dois alternados a 90° dos dois primeiros.

Se parafusos e porcas localizadoras estão sendo usados, eles devem ser torquados primeiro. O aperto dos parafusos ou porcas remanescentes devem ser alternados em 180° durante o torque do restante dos parafusos do cilindro.

Aplica-se o torque com movimento suave e lento, até que o valor descrito seja atingido. A tensão sobre a ferramenta deve ser mantida por tempo suficiente, para assegurar que o parafuso ou a porca não ficarão mais apertados que o valor de torque prescrito.

Em muitos casos, um giro adicional de 1/4 de volta deve ser feito para manter o torque prescrito por um curto período de tempo. Após apertar os parafusos e porcas regulares, remove-se os dois parafusos e porcas localizadores, instalando parafusos e porcas regulares, apertando-os até o valor de torque prescrito.

Após os parafusos terem sido torquados no valor prescrito, devem ser frenados, da maneira recomendada pelo manual de serviço do fabricante do motor.

As hastes de depressão, seus alojamentos, balancins, defletores, dutos de admissão, grampos e braçadeiras dos cabos de ignição,

grampos das linhas de injeção de combustível, injetor de combustível, dutos de exaustão, defletores da cabeça do cilindro e velas, são reinstalados.

As hastes de depressão devem ser instaladas em suas posições originais, e não devem ser invertidas. A bola da haste de depressão deve estar assentada adequadamente no ressalto, pois ela está apoiada na margem, ou no rebaixo do ressalto.

Além disto, a rotação do eixo de manivelas com a haste de depressão assentada na margem do ressalto pode entortar a haste. Após a instalação das hastes e balancins, ajusta-se a folga da válvula.

Antes de se instalar os cabeçotes, os mancais dos balancins e as hastes das válvulas devem ser lubrificados. Checa-se os cabeçotes quanto a planicidade, retrabalhando, se necessário.

Após a instalação das gaxetas e coberturas, aperta-se as porcas dos cabeçotes com o torque especificado. Frena-se as porcas e parafusos e outros fixadores que requeiram frenagem. Seguir os procedimentos de frenagens recomendados.

## VÁLVULA E MECANISMO DA VÁLVULA

As válvulas abrem e fecham as aberturas no cabeçote do cilindro, para controlar a entrada da mistura de combustível, e a saída dos gases de exaustão.

É importante elas abrirem e fecharem adequadamente, e assentarem contra as sedes das aberturas para assegurar o máximo de potência da queima da mistura ar/combustível para o eixo de manivela, e para evitar a queima da válvula. O movimento das válvulas é controlado pelo mecanismo de operação.

O mecanismo de válvula inclui discos ou eixos cames, rolete de came, haste de depressão, balancins, molas de válvulas e retentores. Todas as partes de um mecanismo de válvula devem estar em boas condições e a folga da válvula estar correta para que as válvulas operem adequadamente.

A checagem e o ajuste da folga das válvulas é a fase mais importante da inspeção da válvula, e certamente a mais difícil. Deste modo, a inspeção visual não deve ser desprezada, deve incluir uma checagem para os itens principais, como segue:

- (1) Partículas metálicas junto aos balancins são indicação de uso excessivo ou falha parcial do mecanismo da válvula. – Localizar e substituir as partes defeituosas.
- (2) Excessiva folga lateral ou atrito lateral do balancim. – Substituir os balancins defeituosos. Adicionar calços, quando permitido para corrigir a folga lateral excessiva.
- (3) Folga insuficiente entre o balancim e o retentor da mola da válvula. Seguir o procedimento definido no manual de serviço do motor para checar esta folga, e aumentá-la para o mínimo especificado.
- (4) Substituir quaisquer partes danificadas, tais como rachaduras ou partes quebradas em balancins, retentores de molas ou molas das válvulas avariadas.  
Se a parte danificada não puder ser substituída no local, substituir o cilindro.
- (1) Folga excessiva da haste da válvula. Um certo ângulo entre a haste e a guia da válvula é normal. – Substituir o cilindro somente em casos graves.
- (6) Evidência de lubrificação incorreta. Secura excessiva indica lubrificação insuficiente. Entretanto a lubrificação varia entre motores e entre cilindros de um mesmo modelo de motor. Por exemplo, as caixas dos balancins superiores de motores radiais normalmente trabalharão mais secas do que as inferiores. Estes fatores devem ser considerados se uma ampla lubrificação está, ou não, sendo obtida. Sempre que uma lubrificação imprópria for indicada, determinar a causa e corrigir. Por exemplo, um balancim seco pode ser causado por uma passagem obstruída na haste de depressão. Excessiva quantidade de óleo pode ser causada por drenos obstruídos entre o alojamento (caixa) dos balancins e o cárter. Se os drenos das hastes de depressão começarem a entupir, o óleo forçado para os balancins e outras partes do mecanismo da válvula não poderá retornar ao cárter. Isto pode resultar em um vazamento de óleo no cabeçote, ou infiltração de óleo ao longo das hastes da válvula para dentro do cilindro ou sistema de exaustão, causando um consumo exces-

sivo de óleo no cilindro afetado e fumaça na exaustão.

- (7) Excesso de borra no alojamento dos balancins. Isto indica uma temperatura excessiva no alojamento e, pode ser causada por posicionamento inadequado da carenagem, ou dos anteparos térmicos de exaustão ou defletoras. Após a correção da causa da dificuldade, pulverizar o interior do alojamento dos balancins com solvente limpo e livre de umidade, ventilar com ar comprimido seco, e então, cobrir o mecanismo da válvula e o interior do alojamento dos balancins com óleo limpo de motor.
- (8) Variação na folga da válvula não explicada pelo uso normal. – Se há folga excessiva na válvula, checar se as hastes de depressão não estão emperradas. Substituir as que estão com defeito. Checar também as válvulas presas. Se a haste de depressão estiver reta e a válvula abrir e fechar quando a hélice for acionada com a mão, checar o aperto dos parafusos de ajustes para determinar se a folga foi ajustada incorretamente.

Após o ajuste de folga de cada válvula, aperta-se a porca ou o parafuso de bloqueio com o torque especificado no manual de manutenção. Após completar todos os ajustes das folgas, e antes de instalar os cabeçotes, uma checagem deve ser feita em todas as porcas ou parafusos de bloqueio, quanto ao aperto com um torquímetro.

Cabeçotes empenados são causas comuns de vazamento de óleo, por isto eles devem ser checados quanto a planicidade em cada inspeção de válvula.

Qualquer cabeçote empenado deve ser lapidado sobre uma lixa colocada sobre uma superfície plana. O empenamento do cabeçote frequentemente é causado por apertos impróprios nas porcas de fixação. Elimina-se qualquer empenamento, apertando as porcas para os valores especificados no manual de serviços do fabricante.

### **Folga de válvula**

A quantidade de potência que pode ser produzida por um cilindro depende primeiro da quantidade de calor que pode ser produzido neste cilindro sem efeitos destrutivos sobre seus componentes.

Qualquer condição que limita a quantidade de calor no cilindro também limita a quantidade de potência que este cilindro possa produzir.

O fabricante ao determinar o tempo de abertura das válvulas, e estabelecer o máximo de potência que o motor operará, considera a quantidade de calor na qual os componentes do cilindro, tais como velas e válvulas podem operar eficientemente. O nível de calor da válvula de escape deve ser inferior aquele no qual ocorrerá corrosão ou empenamento da válvula. A cabeça da válvula de escape está exposta ao calor de combustão durante todo o tempo do período da combustão. Em adição, a cabeça desta válvula e uma parte da haste, é exposta ao calor dos gases de exaustão.

Sob operação normal, a válvula de exaustão permanece abaixo de um nível crítico de calor, devido a seu contato com a sede da válvula quando fechada, e devido a dissipação de calor através da haste. Qualquer condição que evite que a válvula assente adequadamente e pelo período de tempo requerido irá expor a válvula a limites críticos de calor durante os períodos de alta potência. No caso de pouco contato da válvula com a sede, a válvula de exaustão poderá empenar durante os períodos de baixa potência.

Normalmente, a válvula de exaustão fica fechada e em contato com sua sede aproximadamente 65% do tempo durante o ciclo de 4 tempos. Se o ajuste da válvula está correto, e se a válvula assenta firmemente quando fechada, uma quantidade de calor é transferido da válvula através da sede para o cabeçote do cilindro.

Para que uma válvula assente adequadamente, ela deve estar em boas condições, sem uma significativa pressão exercida contra a extremidade da válvula pelo balancim.

Na expansão das partes do motor, incluindo o conjunto da válvula, o problema de assegurar o assentamento da válvula deve ser de fácil solução. Praticamente nenhum espaço livre é necessário no sistema da válvula. Entretanto, se houver uma grande diferença na quantidade de expansão das várias partes do motor, não há um meio para providenciar uma folga constante de operação no conjunto da válvula.

A folga no sistema de atuação da válvula é muito pequena quando o motor está frio, mas ela aumenta muito quando o motor está operando em sua temperatura normal. A diferença é causada pelas diferentes características de ex-

pansão dos vários metais, e pelas diferenças na temperatura das várias partes do motor.

Existem muitas razões para que a folga da válvula seja adequada, e é de importância vital para uma operação satisfatória do motor. Uma vez que todos os cilindros recebem sua mistura ar/combustível (ou ar) de um suprimento comum, a folga da válvula afetará a quantidade e a proporção (mistura mais ou menos rica) da mistura ar/combustível. Desta forma, é essencial que as folgas das válvulas sejam corretas e uniformes entre cada cilindro.

Em motores radiais, a folga da válvula diminui com a queda na temperatura, a folga insuficiente pode prender a válvula na posição aberta em temperaturas extremamente frias. Isto pode fazer com que a partida do motor em temperaturas frias fique difícil, senão impossível, devido a inabilidade do cilindro em puxar uma carga de combustível para dentro da câmara de combustão.

O ajuste preciso da válvula estabelece a pretensão da velocidade do assentamento da válvula. Se as folgas forem excessivas, a velocidade de assentamento é muito alta. O resultado é o batimento da válvula, e o dilatamento da haste levando à falha da válvula. Folga insuficiente dificulta a partida do motor e leva a válvula a trancar na posição aberta, causando a ventilação e subsequente falha da válvula quando sujeita a alta temperatura.

O fabricante do motor especifica o período de inspeção da válvula para cada motor. Em adição aos períodos regulares, inspeciona-se o mecanismo da válvula sempre que houver uma operação áspera do motor, retorno de chama, baixa compressão ou partida dura.

Devido a variação do projeto do motor, vários métodos são requeridos para ajustar as válvulas em obter as folgas corretas e consistentes. Em todos os casos, segue-se o procedimento exato prescrito pelo fabricante do motor, uma vez que fatores obscuros podem estar envolvidos.

Por exemplo, há considerável flutuação do came dos diversos motores radiais, e o procedimento de ajuste das válvulas nestes motores é desenvolvido para permitir o posicionamento correto e consistente do came.

Deste modo, na razão do movimento da válvula para movimentar a haste de depressão, que é de 2 por 1, cada mudança de 0,001 de polegada do came pode resultar em uma variação de 0,002 pol na folga da válvula.

Motores "Wright" incorporam válvulas lubrificadas sob pressão.

O óleo sob pressão passa através das hastes de pressão, e pelo centro do parafuso de ajuste de folga da válvula. Deste ponto, o óleo se distribui em 3 direções.

Para permitir uma lubrificação adequada, uma destas três passagens no parafuso de ajuste deve estar parcialmente aberta para lubrificar o mancal do balancim.

Ao mesmo tempo, nenhuma das outras duas passagens devem estar descobertas pela fenda no balancim. Determina-se a localização da passagem de óleo no parafuso de ajuste, colocando a marca estampada "zero" nas suas três posições (Figura 10-49).

Se houver somente dois círculos estampados, a terceira passagem de óleo fica entre as duas.

Após o trabalho final de ajuste da válvula, se algum alinhamento das três passagens de óleo estiver igual ou menor de  $3/32$ " da margem mais próxima da fenda do balancim, gira-se o parafuso de ajuste na direção para aumentar ou diminuir a folga até que a marca de referência "zero" esteja  $3/32$ " da margem mais próxima da fenda do balancim, ou até que o valor máximo ou mínimo da folga seja atingido.

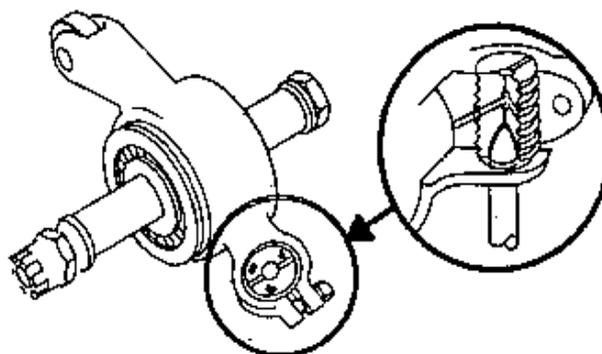


Figura 10-49 Alinhamento do parafuso de regulagem de válvula.

Motores PW também incorporam válvulas lubrificadas sob pressão. Nesses motores não há fenda nos balancins, mas o parafuso do ajuste de folga da válvula pode ser girado em qualquer direção de modo que a passagem de óleo para o parafuso do balancim fique bloqueada.

Instruções específicas para regulagem da folga de motores PW determinam qual quantidade de fios de rosca deve ficar acima do balancim. Por exemplo, em um módulo de motor pelo menos 2 fios de rosca, e não mais do que 5, de-

vem ficar a mostra, determinando que a haste de depressão está no comprimento correto. O comprimento da haste de pressão deve puxar uma das extremidades da bucha, e trocar a arruela por outra mais grossa ou mais fina. Se não houver arruela e a haste for muito longa, corrija-se pelo desgaste da extremidade da haste.

Examina-se o manual de revisão ou de serviço do fabricante do motor para o n/numero de fios de rosca máximo e mínimo, que devem ficar no motor em questão. Quando se ajusta a folga da válvula, o calibrador de folga de válvulas, ou calibre de dial especificado na seção "ferramentas" do manual de serviço do fabricante do motor, são sempre usados.

O calibre especificado é de espessura apropriada, e de formato tal que, a extremidade que está sendo usada para checar possa ser colocada em linha reta entre a válvula e o rolete do balancim. Quando um calibre padrão é usado sem curvatura para um ângulo adequado, uma folga falsa será estabelecida, desde que o calibre seja colocado entre a haste da válvula e o balancim ou o rolete do balancim.

Fazendo uma checagem com o calibre de lâminas, não se usa força excessiva para inserir o calibre entre a haste da válvula e o parafuso de ajuste, ou o rolete do balancim.

O calibre poderá entrar, quando forçado, embora a folga seja menor alguns milésimos de polegada do que a espessura do calibre.

Esta preocupação é particularmente importante em motores, onde o came é centrado durante o ajuste da folga da válvula, mesmo que forçando o calibre nestes motores possa levar o came a se deslocar com subsequente falsa leitura.

Quando um calibre de dial e suporte é especificado para montar o calibre no cabeçote, ele deve ser usado.

Um calibre de dial com um suporte pode ser usado para checar as folgas da válvula em qualquer motor. O arranjo do balancim deve ficar de modo tal, que o braço do calibre fique localizado sobre a linha de centro da haste da válvula.

Com o calibre de dial, a folga é a quantidade de movimento obtida, quando o balancim é girado da haste da válvula, até que a outra extremidade do balancim entre em contato com as hastes de pressão.

Uma vez que os procedimentos de ajuste da folga da válvula variam entre motores, um tratamento único não será suficiente. Deste mo-

do, os procedimentos para vários motores, ou grupo de motores, são tratados separadamente nos parágrafos seguintes.

Por isso, os procedimentos são descritos somente para fornecerem uma compreensão das operações envolvidas. Consulta-se as instruções do fabricante do motor para a folga a ser ajustada, o torque a ser aplicado aos parafusos de fixação e as porcas do cabeçote; e outros detalhes pertinentes.

O primeiro passo na checagem e na ajustagem das válvulas, é posicionar o pistão do cilindro nº 1 no ponto morto alto de compressão. Coloca-se o dedo polegar vedando o orifício da vela.

Gira-se a hélice com a mão, até que a pressão do cilindro contra o polegar seja sentida, indicando que o pistão atingiu o curso de compressão.

Insera-se um tubo de alumínio no orifício da vela, girando a hélice na direção de rotação até que o pistão atinja sua posição mais alta. Precauções apropriadas devem ser tomadas para assegurar o curso de compressão.

Após posicionar o pistão e o eixo de manivelas, as folgas de admissão e de escape são ajustadas no cilindro nº 1 aos valores prescritos.

Então, ajusta-se cada cilindro sucessivamente na ordem de fogo, de acordo com o posicionamento do eixo de manivelas para cada cilindro.

As folgas das válvulas são checadas e reajustadas novamente. Nesta segunda checagem, as passagens de óleo dos parafusos de ajuste nos motores, que incorporam válvulas lubrificadas sob pressão, são alinhadas.

### **Ajuste das válvulas dos motores R-2800**

É estabelecida a posição do ponto morto alto do cilindro nº 11 no ciclo de escape. Para fazer isto, primeiro deve-se ter certeza que o pistão está no curso de compressão. Então, insere-se uma haste de alumínio no orifício da vela, girando a hélice no sentido de rotação até que o pistão tenha ido até o curso de expansão, e retornado ao topo do cilindro novamente.

Após ter sido verificada a posição do pistão no topo do cilindro, é estabelecida a verdadeira posição do pistão, girando a hélice primeiro em uma direção e depois noutra, até que a posição do tubo de alumínio indique que o pistão está no seu ponto mais alto dentro do cilin-

dro. Um indicador de ponto morto alto pode também ser usado para estabelecer a posição do pistão. A pressão na válvula de admissão no cilindro nº 7 e da válvula de escape do cilindro nº 15, devem ser aliviadas, usando-se uma ferramenta depressora de válvula. As válvulas devem ter sua pressão aliviada simultânea e vagarosamente.

Estas válvulas devem estar sem carga para remover a tensão da mola das posições laterais do came, e para permitir que o came deslize das válvulas para serem afastados, até que ele conecte o mancal do came. Isto localiza o came numa posição definida evitando com que o ca-

me mude sua posição introduzindo erro nas folgas.

Ajusta-se válvula de admissão do cilindro nº 1 e a válvula de escape do cilindro nº 3. Segue-se a tabela da figura 10-50 para ajustar as válvulas remanescentes.

Após completar a primeira checagem, e ajustar as folgas das válvulas, uma outra checagem é feita, reajustando qualquer folga que estiver fora daquela especificada no manual de serviço do fabricante do motor. Nesta segunda checagem, as precauções do capítulo para ajuste de válvula lubrificada sob pressão dos motores PW, são seguidas

..PISTÃO NO PONTO MORTO ALTO DE DESCARGA Nº DO CILINDRO	VÁLVULAS SEM CARGA NOS CILINDROS		CHEQUE E AJUSTE DAS VÁLVULAS NOS CILINDROS	
	ADMISSÃO	ESCAPE	ADMISSÃO	ESCAPE
11	7	15	1	3
4	18	8	12	14
15	11	1	5	7
8	4	12	16	18
1	15	5	9	11
12	8	16	2	4
5	1	9	13	15
16	12	2	6	8
9	5	13	17	1
2	16	6	10	12
13	9	17	3	5
6	2	10	14	16
17	13	3	7	9
10	6	14	18	2
3	17	7	11	13
14	10	18	4	6
7	3	11	15	17
18	14	4	8	10

Figura 10-50 Tabela de ajuste de folga de válvula para motor R-2800

### Ajuste das válvulas dos motores R-1830

O ciclo de compressão do cilindro nº 1 deve ser estabelecido, prendendo o polegar sobre o orifício da vela, – para sentir a compressão do cilindro girando a hélice no sentido de rotação. Quando a pressão indicar que o pistão está no ciclo de compressão inserir um tubo de alumínio no orifício da vela e continuar a girar a hélice até que o pistão esteja no topo do seu curso. O eixo de manivelas, adequadamente posicionado, alivia a válvula de admissão do cilindro nº 9 e a de escape no cilindro nº 7. Esta operação alivia a pressão sobre as laterais do came, e permite que ele mude de posição em direção as válvulas. As válvulas a serem aliviadas da pressão, são abertas ao mesmo tempo;

mas as esferas das hastes de pressão não sairão da posição quando forem aliviadas as pressões das válvulas. Após terminada esta checagem inicial, é feita uma segunda checagem, reajustando qualquer folga fora dos limites especificados no manual de manutenção do fabricante do motor. Nesta segunda checagem, seguem-se as precauções especiais para ajuste de válvulas lubrificadas sob pressão dos motores PW.

### Ajuste de válvulas dos motores O-300, O-335, O-405, O-425, VO-435 E O-470

Na checagem e ajustagem das folgas de válvulas, em qualquer destes motores, primeiro posiciona-se o pistão do cilindro nº 1 no ponto morto alto do ciclo de compressão.

Para se encontrar o ciclo correto, é tapado com o dedo polegar o orifício da vela, girando a hélice no sentido de rotação até que o aumento de pressão indique que o pistão está no ciclo de compressão. Então, um tubo de alumínio é inserido no orifício da vela, continuando a girar a hélice até que o pistão esteja no topo do seu curso.

Aciona-se a hélice para trás e para frente para auxiliar na correta posição do pistão. Após posicionar o pistão e o eixo de manivela, o óleo do conjunto dos tuchos hidráulicos é removido, aliviando a pressão dos balancins com a ferramenta especificada no manual de serviço do fabricante do motor. Aplica-se pressão suave-

mente, uma vez que, uma força excessiva, pode danificar o balancim ou a haste de depressão.

Quatro ou cinco segundos são necessários para remover o óleo dos tuchos hidráulicos. Se não for obtida nenhuma folga, remove-se o êmbolo do tucho, lavando e checando novamente a folga.

Nos motores em que o ajuste de válvulas não é possível, substitui-se as hastes de depressão por outras, maiores ou menores, conforme o recomendado pelas instruções específicas do motor. As válvulas dos cilindros seguintes são ajustadas pela ordem de fogo do motor. Após completar esta checagem inicial, faz-se uma outra checagem, reajustando as folgas que estiverem fora dos limites especificados

.PISTÃO NO PONTO MORTO DE COMPRESSÃO	VÁLVULAS SEM CARGA NOS CILINDROS		CHEQUE E AJUSTE DAS VÁLVULAS NOS CILINDROS
	Nº DO CILINDRO	ADMISSÃO	ESCAPE
1		7	1
10	9	2	10
5	13	11	5
14	8	6	14
9	3	1	9
4	12	10	4
13	7	5	13
8	2	14	8
3	11	9	3
12	6	4	12
7	1	13	7
2	10	8	2
11	5	3	11
6	14	12	6

Figura 10-51 Tabela de ajuste de folga de válvulas do motor R-1830.

### Substituição de mola de válvula

Uma mola de válvula quebrada raramente afeta a operação do motor e, normalmente, só pode ser detectada durante uma inspeção cuidadosa.

Uma vez que múltiplas molas são usadas, uma quebrada é difícil de ser detectada. Mas quando uma mola de válvula é descoberta, ela pode ser substituída sem a remoção do cilindro. Durante a remoção da mola, a preocupação mais importante é de não danificar os fios de roscas do orifício da vela. O procedimento completo para substituição da mola da válvula é como segue:

- (1) Remover uma vela do cilindro.
- (2) Girar a hélice no sentido de rotação até que o pistão atinja o topo do curso.
- (3) Remover o balancim.
- (4) Usando um compressor de mola de válvula, comprimir a mola e remover os retentores da válvula. Durante esta operação, pode ser necessário inserir uma peça de latão através do orifício da vela para diminuir o espaço entre a válvula e o topo da cabeça do pistão, para segurar a arruela de retenção da mola que estiver solta dos retentores.

O pistão, estando no topo da posição do ciclo de compressão, evita que a válvula corra para dentro do cilindro, uma vez que as arruelas de retenção da mola estão quebradas e soltas dos retentores na haste.

- (5) Remover a mola defeituosa, e quaisquer pedaços quebrados que estiverem no cabeçote.
- (6) Instalar uma mola nova e arruelas. Usando um compressor de mola de válvula, comprimir a mola, e se necessário afastar a válvula do pistão através da haste de latão, inserida através do orifício da vela.
- (7) Reinstalar os retentores e balancins. Fazer uma checagem e ajustar folga da válvula.
- (8) Reinstalar a tampa do cabeçote e a vela.

### TESTE DE CILINDRO FRIO

A checagem do cilindro frio determina as características de operação de cada cilindro de um motor refrigerado a ar. A tendência de algum cilindro, ou cilindros, estarem ligeiramente frios ou mornos indica falta de combustão ou combustão incompleta dentro do cilindro. Isto deve ser corrigido para melhorar a eficiência do motor.

A checagem de cilindro frio é feita com o indicador de cilindro frio. As dificuldades do motor que podem ser analisadas pelo uso do indicador do cilindro frio (figura 10-52) são:

- (1) Operação irregular do motor.
- (2) Queda excessiva de r.p.m. durante a checagem do sistema de ignição.
- (3) Alta pressão no duto de distribuição para uma dada r.p.m. do motor durante a checagem de solo, quando a hélice está na posição de passo mínimo.
- (4) Falha das razões de mistura causada pela folga de válvula incorreta.

Na preparação para a checagem de cilindro frio, direciona-se o avião contra o vento para minimizar a refrigeração individual de um cilindro, e para assegurar uma carga da hélice uniforme durante a operação do motor. Abre-se os flapes de arrefecimento.

Não se fecha os flapes de arrefecimento sob nenhuma circunstância, porque o excesso de calor afetará as leituras obtidas, podendo danificar os cabos de ignição.

A partida é dada com a chave de ignição na posição "both" (ambos). Depois que o motor estiver operando, coloca-se a chave de ignição na posição em que seja obtida uma excessiva queda de r.p.m.

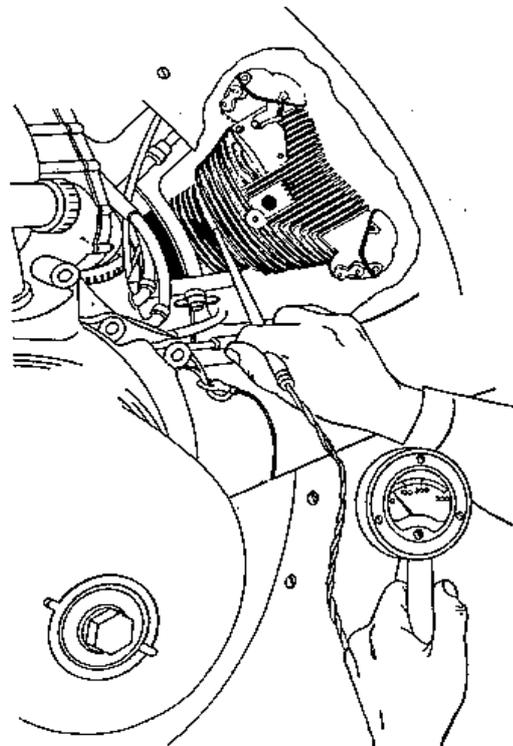


Figura 10-52 Usando um indicador de cilindro frio.

Quando esta queda de rpm for conseguida em ambas as posições, esquerda e direita, ou quando for obtida uma excessiva queda da pressão de admissão a uma dada r.p.m. do motor, faz-se a checagem duas vezes, uma na posição direita e outra na esquerda da chave.

Opera-se o motor na sua velocidade mais severa, entre 1.200 e 1.600 r.p.m., até que a temperatura da cabeça do cilindro alcance de 150° a 170 °C (302° a 338 °F), ou até que a temperatura estabilize em um valor menor. Se o funcionamento áspero do motor só for encontrado em uma velocidade maior, ou se houver uma indicação de que um cilindro cessou de operar em velocidade de marcha lenta, ou em alta velocidade, o motor é operado em cada uma dessas velocidades, a seguir, faz-se uma checagem de cilindro frio para determinar se os cilindros estão operando intermitentemente ou estejam mortos (nulos).

Quando for encontrado um motor com vibração ou com baixa potência em velocidades acima de 1.600 r.p.m., e operando com a chave de ignição na posição "both", opera-se o motor na velocidade onde os problemas foram encontrados, até que a temperatura da cabeça do cilindro suba entre 150° a 170 °C, ou que a temperatura tenha estabilizado a um valor inferior.

Quando a temperatura da cabeça do cilindro for atingida, aos valores prescritos no parágrafo anterior, o motor fica estagnado, entretanto deve-se mover o controle de mistura para "CUT OFF" (corte), ou para a posição toda pobre.

Quando o motor parar, as chaves "MASTER" e a ignição devem ser giradas para a posição "OFF". É importante anotar a temperatura da cabeça do cilindro no indicador da cabine de comando.

Assim que a hélice parar de girar, uma bancada de manutenção deve ser movida para frente do motor.

Conecta-se o grampo fixado no indicador de cilindro frio ao motor ou à hélice, para fornecer um aterramento aos instrumentos.

A ponta da haste de sensibilidade do indicador é pressionada contra cada cilindro; a temperatura relativa de cada cilindro não pode deixar de ser anotada.

Para obter valores de temperatura comparativos, um contato firme deve ser feito no mesmo ponto de cada cilindro.

Qualquer valor muito baixo deve ser checado novamente.

Também devem ser rechecados os dois cilindros que contêm a leitura mais alta, para determinar a velocidade de refrigeração durante o teste.

Comparando as leituras de temperatura pode-se determinar se os cilindros estão mortos ou operando intermitentemente.

As dificuldades que podem levar um cilindro a ficar inoperante (morto), com a chave do magneto nas posições esquerda ou direita são:

- (1) Velas defeituosas.
- (2) Folgas de válvulas incorretas.
- (3) Vazamento no selo de óleo do impulsor.
- (4) Vazamento nos dutos de admissão.
- (5) Perda de compressão.
- (6) Drenos dos alojamentos das hastes de pressão obstruídos.

- (7) Falha de operação do injetor de combustível (nos motores com injetores de combustível).

Antes de se substituir as velas, ou fazer um teste de ignição nos cilindros que não estiverem operando ou que estejam operando intermitentemente, checa-se o aterramento do magneto para determinar se a fiação está conectada corretamente.

Repete-se o teste do cilindro frio para as outras posições do magneto na chave de ignição se necessário.

A refrigeração do motor entre os testes é desnecessária.

O fluxo de ar criado pela hélice e o efeito de refrigeração da mistura ar/combustível que entra no cilindro serão suficientes para refrigerar qualquer cilindro que esteja funcionando em um teste, e não funcionando no próximo.

Na interpretação dos resultados de uma checagem de cilindro frio, deve ser lembrado que as temperaturas são relativas.

A tomada de um único cilindro é pouco significativo, entretanto, quando comparada com as temperaturas de outros cilindros de um mesmo motor, a tomada fornece informações para um diagnóstico confiável.

Os valores mostrados na figura 10-53 ilustram este ponto, pois a leitura do indicador de temperatura no cabeçote do cilindro, no momento do corte do motor, era de 160 °C em ambos os testes. Uma revisão desta leitura de temperatura revela que, no magneto direito, o cilindro nº 6 trabalhou frio, e os cilindros 8 e 9 trabalharam ainda mais frios.

Isto indica que o cilindro 6 está queimando intermitentemente e que os cilindros 8 e 9 estão mortos durante a operação do motor com as velas dianteiras (queima pelo magneto direito). Os cilindros 9 e 10 estão mortos durante a operação pelas velas traseiras (queima pelo magneto esquerdo). O cilindro 9 está completamente morto.

Uma checagem operacional pelo sistema de ignição não detectará este cilindro morto, uma vez que ele está inoperante nas posições da chave: ambos, esquerdo e direito.

Um cilindro morto pode ser detectado durante o aquecimento, uma vez que um motor com um cilindro morto requerirá uma pressão de admissão maior que a normal, para produzir qualquer r.p.m. abaixo da velocidade de corte do governador da hélice.

Um cilindro morto pode, também, ser detectado pela comparação entre a potência de entrada e de saída, com a ajuda de um torquímetro.

Nº DO CILINDRO	MAGNETO DIREITO	MAGNETO ESQUERDO
1	180	170
2	170	175
3	170	170
4	145	150
5	150	155
6	100	150
7	155	160
8	70	155
9	60	45
10	150	65
11	150	145
12	145	150
13	150	145
14	145	145

Figura 10-53 Leituras tomadas durante um cheque de cilindro frio.

Os defeitos no sistema de ignição que podem causar a falha completa de um cilindro são:

- (1) Ambas as velas inoperantes.
- (2) Ambos os cabos de aterramento vazando ou interrompidos.
- (3) Combinação de vela inoperante e defeito nos cabos de ignição.

Falhas nos injetores de combustível, folgas incorretas nas válvulas, e outros defeitos no sistema de ignição, também podem causar a falha completa dos cilindros.

Na interpretação dos dados obtidos em uma checagem de cilindro frio, a velocidade de refrigeração do motor durante a checagem deve ser considerada.

Para determinar a extensão na qual este fator deve ser considerado na avaliação dos resultados, alguns dos primeiros cilindros testados devem ser checados novamente, e comparados com os valores finais daqueles feitos no início da checagem.

Outro fator que deve ser considerado é a variação normal na temperatura entre os cilindros e entre as fileiras. A variação dos resultados esperados está em função do fluxo de ar que passa pelo cilindro.

## MANUTENÇÃO DE MOTORES A TURBINA

Os procedimentos de manutenção de motores à turbina têm ampla variação de acordo com o projeto e construção do motor.

Os procedimentos detalhados, recomendados pelo fabricante do motor, devem ser seguidos quando forem realizadas as inspeções ou a manutenção.

As informações de manutenção apresentadas nesta seção não têm a intenção de especificar a maneira exata na qual as operações de manutenção devam ser realizadas, mas são incluídas para transmitir uma idéia geral dos procedimentos envolvidos. Na maior parte, o motor turbojato JT3 da *Pratt and Whitney* é usado na descrição dos procedimentos de manutenção para o compressor de fluxo axial e das palhetas da turbina.

Para os propósitos de inspeção, o motor a turbina é dividido em duas seções principais: a seção fria e a seção quente.

### Seção do compressor

A manutenção do compressor, ou seção fria, é preocupação do mecânico de aviação. Danos nas palhetas podem causar a falha do motor e a possível perda de uma aeronave cara. A maior parte dos danos nas palhetas provém de material estranho, que é puxado pelas tomadas de ar da turbina.

A atmosfera próxima ao solo é cheia de pequenas partículas de sujeira, óleo, fuligem e outros materiais estranhos. Um grande volume de ar é introduzido no compressor, e a força centrífuga joga as partículas de sujeira para fora, de tal modo que elas se acumulam formando uma camada na carcaça, aletas e palhetas do compressor.

O acúmulo de sujeira nas palhetas do compressor reduz sua eficiência aerodinâmica, com a conseqüente deterioração no desempenho do motor. A aceleração insatisfatória e a alta temperatura dos gases de saída podem resultar em depósitos de material estranho nos componentes do compressor.

Um resultado extremo das partículas estranhas, se permitidas a acumularem em quantidade suficiente, seria a falha completa do motor. A condição pode ser remediada pela inspeção periódica, limpeza e reparo dos componentes do compressor. Este assunto é tratado de

forma genérica neste texto devido aos muitos modelos diferentes de motores turbojatos, em uso atualmente na aviação.

### Inspeção e limpeza

Dano menor nas palhetas de compressor de motor de fluxo axial pode ser reparado se o dano puder ser removido sem exceder os limites permitidos, estabelecidos pelo fabricante. Limites típicos de reparo de palhetas de compressor são mostrados na figura 10-54.

Dano tipo moosa arredondada, nos bordos de ataque e de fuga, que é evidente no lado oposto da palheta, é usualmente aceitável sem retrabalhamento, desde que esteja somente na metade externa da palheta, e que a denteação não exceda os valores especificados nos manuais de serviço e revisão do fabricante do motor.

Quando trabalhando na metade interna da palheta, o dano deve ser tratado com extremo cuidado.

LIMITE MÁXIMO DE REPARO - POLEGADAS					
		PALHETAS DE AÇO		PALHETAS DE TIT.	
ÁREA	ESTÁGIO		ESTÁGIO		
	1 até 4	5 até 9	1 até 4	5 até 9	
A	5/16 R	1/4 R	5/16 R	1/4 R	
B	1/32 D	1/32 D	1/32 D	1/32 D	
C	5/32 D	1/8 D	5/32 D	1/8 D	
D	.006 D	.005 D			
E	1/32 D	1/32 D	1/32 D	1/32 D	

R - Raio D - Profundidade (depth)

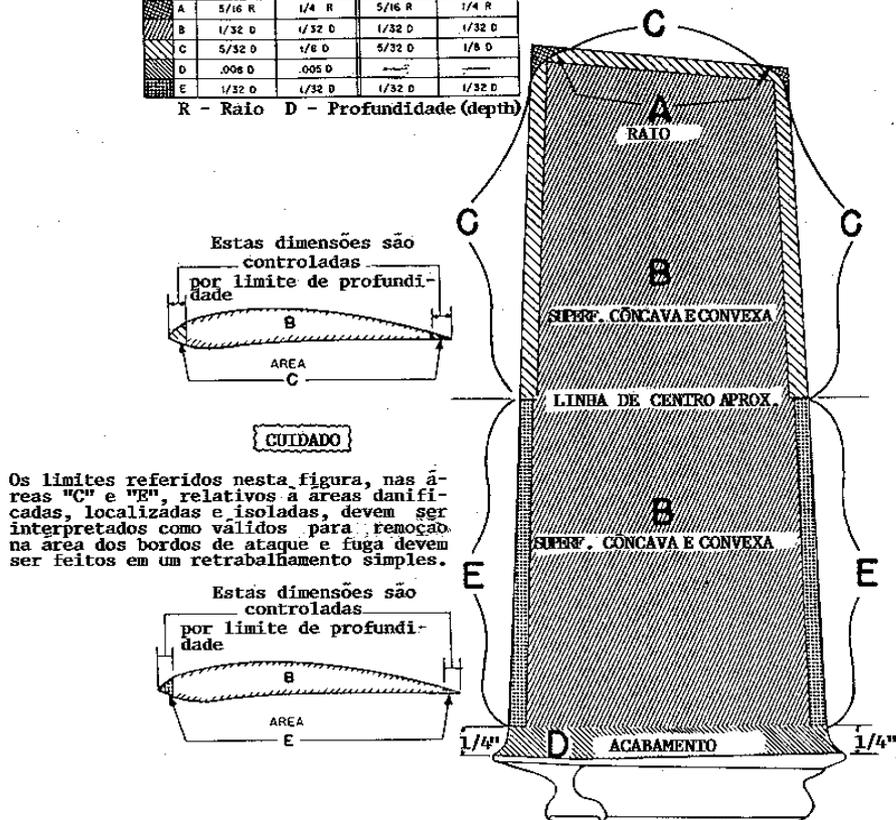


Figura 10-54 Limites típicos de reparo de palhetas de compressor.

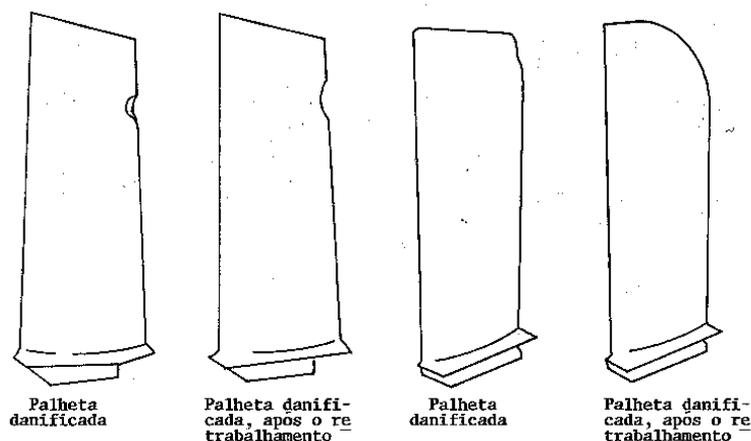


Figura 10-55 Reparo em palhetas do compressor.

Palhetas de compressor reparadas são inspecionadas, seja por métodos de partículas magnéticas, por líquido penetrante fluorescente, ou sendo inspecionadas por líquido penetrante colorido (*dye checked*), assegurando que todos os traços de dano tenham sido removidos. Todos os reparos devem ser bem acabados, de modo que as superfícies fiquem polidas (figura 10-55). Não são toleradas rachaduras de qualquer dimensão, em qualquer área.

Sempre que possível, a retífica e o retrabalhamento local da palheta são realizados paralelamente ao seu comprimento.

O retrabalho deve ser realizado à mão, usando pedras, limas, ou lixa. Não se usa ferramenta motorizada para polir toda a área da palheta.

O acabamento da superfície na área reparada deve ser comparável à de uma palheta nova.

Em motores de fluxo centrífugo, é difícil inspecionar os indutores do compressor sem primeiro remover a tela de entrada de ar.

Após a remoção da tela, limpa-se o indutor do compressor, inspecionando com uma luz forte.

Cada aleta é inspecionada quanto a rachaduras, girando lentamente o compressor. As rachaduras são procuradas nos bordos de ataque.

Uma rachadura é usualmente motivo para substituição do motor.

Os indutores do compressor são normalmente as partes que são danificadas pela ingestão de material estranho durante a operação do motor.

Os indutores de compressor são reparados, removendo-se com retífica e posterior acabamento, as mossas e amassões na “faixa crítica” (1 ½ a 2 ½ polegadas da borda externa), se a profundidade de tais mossas ou amassões não excederem as especificações nos manuais de instrução de serviço e revisão do fabricante do motor.

Para amassões requerendo reparo, remove-se o material por retífica além da profundidade do dano, removendo o encruamento do metal.

Um raio generoso deve ser aplicado nas bordas do acabamento. Após o acabamento da mossa, ela deve ser polida com uma lixa. Salpicos, mossas, ou corrosão encontrada nas laterais das aletas do indutor são similarmente removidas por acabamento (*blending*).

## Causas de danos de palhetas

Objetos soltos entram em um motor acidentalmente ou por descuido. Itens como lápis, lenços e isqueiros são seguidamente puxados para dentro do motor.

Não se deve portar objetos nos bolsos das camisas quando se está trabalhando nas proximidades de motores a reação.

Um rotor de compressor pode ser danificado por ferramentas que são deixadas na entrada de ar, de onde são sugadas para dentro do motor nas partidas subseqüentes.

Uma solução simples do problema das ferramentas que são sugadas para dentro de um motor, é verificá-las contra uma lista das ferramentas que estão sendo utilizadas. Antes da partida ser dada em um motor a reação, uma inspeção minuciosa dos dutos de entrada do motor é feita para assegurar que itens como porcas, parafusos, arame de freio, ou ferramentas não tenham sido deixadas após a execução do trabalho.

A figura 10-56 mostra alguns exemplos de danos em palhetas de um motor de fluxo axial. As descrições e as causas possíveis de dano em palheta são dadas na tabela 11.

Pontos de corrosão não são considerados danos sérios nas aletas do compressor de motores de fluxo axial se estiverem dentro da tolerância permitida.

Não se tenta reparar qualquer aleta por processos de solda (*straightening, brazing, soldering*).

Lixas, limas finas e pedras de rebolo são usadas para fazer o acabamento do dano, removendo um mínimo de material, deixando um acabamento comparável ao de uma peça nova. O propósito deste acabamento é minimizar as tensões que se concentram nas mossas, arranhões ou rachaduras.

A inspeção e reparo das aletas fixas da entrada de ar, aletas de redemoinho e telas nos motores de fluxo centrífugo necessitam do uso de uma luz forte.

Inspecionam-se os conjuntos de tela quanto a quebras, rasgos ou buracos. As telas podem ser banhadas em estanho para reforçar a malha, desde que os fios não estejam finos demais pelo desgaste.

Pode ser necessário um processo de solda se a tira do quadro ou os fixadores, separaram-se do quadro da tela.

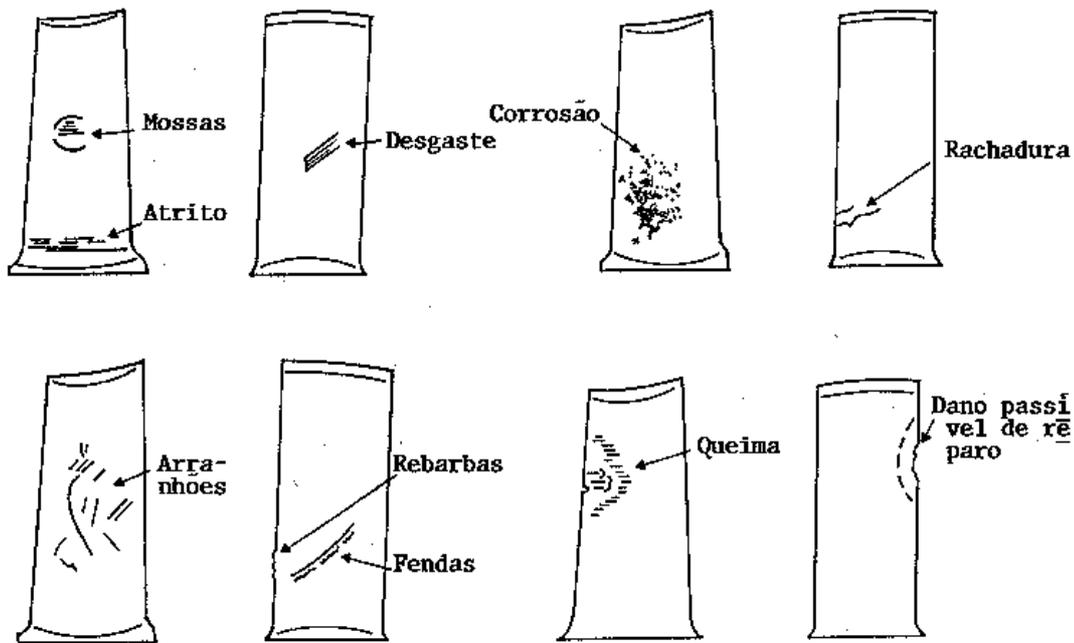


Figura 10-56 Danos em palhetas de compressor

Inspecionam-se as aletas fixas e as de redemoinho quanto a folgas. Assim como as bordas externas das aletas fixas, prestando atenção ao ponto de contato entre as aletas fixas e as de redemoinho quanto a rachaduras e amassões devido ao impacto de partículas estranhas.

Inspecionam-se, também, as bordas das aletas de redemoinho e a borda mais afastada das aletas fixas com acuidade, uma vez que as rachaduras são geralmente mais comuns nesta área. Rachaduras que se ramificam de tal modo que uma peça de metal possa quebrar e separar, e em consequência cair dentro do compressor, são causas de rejeição da aleta.

### Acabamento e substituição

Devido à construção das aletas ocas de folha fina, é limitado o acabamento das superfícies

côncava e convexa, incluindo o bordo de ataque.

massões pequenos e de pouca profundidade são aceitáveis se o dano for do tipo ovalado ou de contorno gradual, e não do tipo pontiagudo ou do tipo em “V”, e também se não há rachadura ou rasgo do material da aleta evidente na área danificada.

O dano do bordo de fuga (figura 10-57) pode ser acabado, se um terço do fio de solda permanecer após o reparo.

As superfícies côncavas de aletas com enchimento de borracha podem ter rachaduras permissíveis, estendendo-se para dentro a partir do aerofólio externo, desde que não haja evidência de partes que possam se separar.

Com o uso de uma lanterna e um espelho, inspeciona-se o bordo de fuga e o corpo de cada aleta fixa, quanto a rachaduras ou danos causados por objetos estranhos.

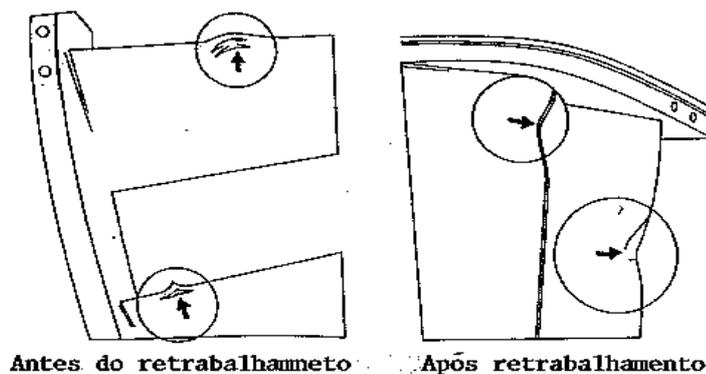


Figura 10-57 Danos em bordo de fuga de aleta guia

**Tabela 11 - Termos de manutenção de palhetas**

<b>Termo</b>	<b>Aparência</b>	<b>Causas usuais</b>
Acabamento (Blend)	Reparo polido de borda ou superfície desigual no contorno da área em volta.	
Empeno (Bow)	Palheta empenada.	Objetos estranhos.
Queima (Burning)	Dano às superfícies evidenciadas pela descoloração ou, em casos severos, por perda de material.	Calor excessivo.
Rebarbas (Burr)	Borda áspera.	Operação de corte ou afiação.
Rachaduras (Crack)	Uma fratura parcial (separação).	Tensão excessiva devido ao choque, a sobrecarga ou por processos falhos; materiais defeituosos; e sobreaquecimento.
Mossa (Dent)	Buraco pequeno e suavemente arredondado.	Impacto de uma peça por objeto não pontiagudo.
Atrimento (Gall)	Transferência de metal de uma superfície para outra.	Fricção severa.
Fendas (Gouging)	Deslocamento de material de uma superfície; um efeito de um corpo estranho.	Presença de objeto de corte ou rasgo, comparativamente grande entre as partes móveis.
Dilatação (Growth)	Alongamento da palheta.	Calor e força centrífuga continuada e/ou excessiva.
Corrosão (Pits)	Colapso da superfície, aparência de pontos.	Agentes corrosivos, umidade, etc.
Perfil (Profile)	Contorno de uma palheta ou superfície.	
Desgaste (Score)	Arranhões profundos	Presença de cavacos entre superfícies.
Arranhão (Scratch)	Marcas finas e resas	Partículas estranhas finas ou areia; manuseio descuidado.

## **SEÇÃO DE COMBUSTÃO**

Um dos fatores de controle da vida útil do motor do motor a turbina é a inspeção e limpeza da seção quente.

A importância da inspeção e reparo cuidadoso desta seção não pode ser mais enfatizada. Uma das mais frequentes discrepâncias que serão detectadas na inspeção da seção quente de um motor a reação são rachaduras.

Essas rachaduras ocorrem de muitas formas, e a única forma de determinar se elas estão dentro de limites aceitáveis, é recorrer aos manuais de revisão e serviço aplicáveis do fabricante do motor.

A limpeza da seção quente não é usualmente necessária para um reparo de pista. Entretanto, se for necessária a desmontagem do motor, uma limpeza cuidadosa e correta é da maior importância para uma inspeção e reparo com sucesso.

As peças do motor podem ser desengraçadas pelo uso de agentes de limpeza tipo emulsão ou solventes clorados.

Os agentes de limpeza são seguros para todos os metais, uma vez que eles são neutros e não corrosivos.

A limpeza das partes, pelo método do solvente clorado, deixa as partes absolutamente secas; se elas não forem sujeitas a operações

subsequentes de limpeza, devem ser borrifadas com uma solução preventiva de corrosão.

A extensão da desmontagem é abrir a carcaça envolvente das câmaras de combustão para a inspeção da seção quente.

Entretanto, na execução desta desmontagem, numerosas peças estarão acessíveis para inspeção.

É importante apoiar adequadamente o motor e as partes que estão sendo removidas para que não sofram deformações.

O alinhamento das partes sendo removidas e instaladas é também da maior importância.

Depois da execução dos reparos, as instruções detalhadas de montagem do fabricante devem ser seguidas. Essas instruções são importantes na manutenção eficiente do motor, e a vida e o desempenho definitivo do motor podem ser seriamente afetados se elas forem desprezadas por descuido ou negligência.

Cuidado extremo deve ser tomado para evitar que sujeira, pó, arames de freio, porcas, arruelas, pinos ou outros objetos estranhos entrem no motor.

Se, em qualquer tempo, tais partes caírem, a montagem do motor deve cessar até que esta peça seja localizada, mesmo que isto requeira uma desmontagem considerável.

### **Materiais para identificação de partes da seção de combustão**

Certos materiais podem ser usados para a marcação temporária das peças durante a montagem e desmontagem. Um lápis especial deve ser usado para identificar as peças que estão diretamente expostas no caminho dos gases do motor, tais como palhetas da turbina e discos, aletas da turbina e as câmaras de combustão.

Um lápis de cera pode ser usado para peças que não estão diretamente expostas no circuito dos gases. Não se usa lápis de cera numa superfície de câmara de combustão ou no rotor da turbina.

O uso de ligas de carbono ou lápis metálico não é recomendado, devido à possibilidade de causar ataque intragranular, o que pode resultar na redução da resistência do material.

### **Inspeção da seção de combustão**

O que se segue são procedimentos gerais para realizar uma inspeção da seção quente (tur-

bina e seção de combustão) e não devem ser interpretados como normas que devam ser seguidas, quando executando reparos ou inspeções em motores a reação.

Entretanto, as diversas práticas são típicas daquelas usadas em muitos motores a reação.

Onde uma folga ou tolerância é mostrada, ela o é por motivos de ilustração somente.

As instruções contidas nos manuais de manutenção e revisão do fabricante devem ser seguidas sempre.

Toda a carcaça externa da câmara de combustão deve ser inspecionada quanto à existência ou evidência de pontos quentes (*hotspots*), vazamentos dos gases de exaustão e distorções, antes que a carcaça seja aberta.

Depois que a carcaça tiver sido aberta, as câmaras de combustão podem ser inspecionadas quanto ao superaquecimento localizado, rachaduras, ou desgaste excessivo.

Inspecciona-se as palhetas do primeiro estágio da turbina e aletas fixas quanto a rachaduras, empenos, ou danos por objetos estranhos.

### **Inspeção e reparo das câmaras de combustão e coberturas**

As câmaras de combustão e coberturas são inspecionadas quanto a rachaduras, usando o método de inspeção por líquido penetrante colorido ou pelo método do líquido penetrante fluorescente.

Qualquer rachadura, moessa ou amassão na cobertura é, usualmente, causa de rejeição da peça.

Inspeccionam-se as tampas, notando particularmente a área em torno das cavidades de dreno de combustível quanto à corrosão, ou pontos de corrosão.

Inspecciona-se o interior das câmaras de combustão quanto a excesso de material de solda, expelido das costuras circunferenciais. Para se evitar danos futuros às palhetas da turbina, remove-se o material de solda, ou a escória que não esteja suficientemente fundida à base da câmara de combustão.

Quando reparando a camisa da câmara de combustão, os procedimentos dados no manual de revisão apropriado do fabricante do motor devem ser seguidos.

Se houver alguma dúvida quanto a camisa ser adequada ou não para uso, ela deve ser removida.

## Padrões de aceitação para as camisas da câmara de combustão

A camisa da câmara de combustão é inspecionada para determinar a condição de uso das soldas, que se deterioraram com a operação do motor.

As limitações, de tal deterioração, são baseadas no requisito de que as câmaras de combustão devem prover uso satisfatório durante o período de operação entre as inspeções sucessivas das partes.

Certos tipos de rachaduras, por deterioração ou por queima resultantes das tensões térmicas, podem ser encontradas após períodos de operação. Entretanto, o avanço de tais discrepâncias com a operação subsequente é usualmente desprezível, uma vez que a deterioração produzida pelas tensões térmicas, de fato, alivia a condição de tensão original.

Usualmente, um determinado tipo de deterioração irá ocorrer de câmara em câmara em um dado motor.

Os manuais atualizados de serviço e de revisão do fabricante devem ser consultados quanto aos limites aceitáveis das rachaduras e danos.

Os parágrafos seguintes descrevem algumas discrepâncias típicas encontradas em câmaras de combustão.

A figura 10-58 mostra uma camisa de câmara de combustão com os componentes listados, para auxiliar na localização das discrepâncias.

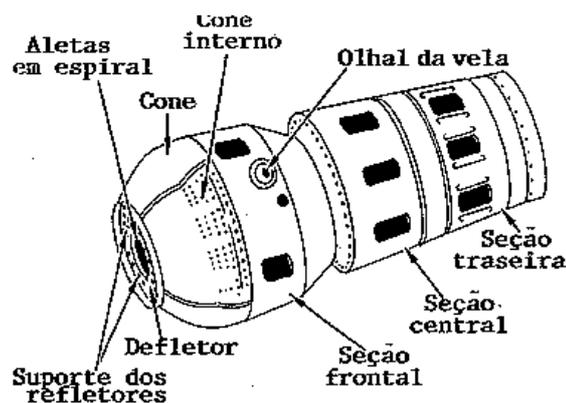


Figura 10-58 Nomenclatura da câmara de combustão.

Quando considerando a aceitação de uma camisa sob suspeita, o objetivo deve ser evitar o rompimento de uma área não suportada de metal, tal como aquela que está situada na

bifurcação de uma rachadura ou entre duas rachaduras irradiando do mesmo furo. Rachaduras únicas são aceitáveis na maioria dos casos, desde que elas não resultem em perda de rigidez mecânica que pode levar a uma falha subsequente.

## Rachaduras na câmara de combustão

As câmaras de combustão devem ser substituídas, ou reparadas, se duas rachaduras estão progredindo a partir de uma borda livre de tal modo que seu encontro é iminente, e pode levar uma peça de metal (que possa causar falha na turbina) a se soltar.

Rachaduras separadas no defletor são aceitáveis.

Rachaduras no defletor ligando mais do que dois furos devem ser reparadas.

Rachaduras no cone são raras, mas se surgirem em qualquer parte deste componente, são causas de rejeição da camisa.

Rachaduras nas aletas em espiral são motivos de rejeição da camisa. As aletas em espiral soltas podem ser reparadas por solda de prata.

Rachaduras na camisa dianteira emanadas dos furos de ar são aceitáveis, desde que não excedam os limites aceitáveis. Se tais rachaduras bifurcam ou se juntam com outras, a camisa deve ser reparada.

Se duas rachaduras originando do mesmo furo de ar são diametralmente opostas, a camisa é aceitável.

Rachaduras radiais que se estendem do interconector e do reforço da vela de ignição, são aceitáveis se não excederem os limites, e se não bifurcarem ou se juntarem com outras. Rachaduras circunferenciais em torno dos ressaltos devem ser reparadas antes da reinstalação da camisa.

Após longo período de uso do motor, as superfícies externas da camisa da câmara de combustão seguidamente apresentam sinais de desgaste.

Isto é aceitável, desde que rachaduras resultantes ou perfurações do metal não estejam aparentes.

Qualquer cobertura ou câmara que caia sobre uma superfície dura ou manuseada inadequadamente, deve ser cuidadosamente inspecionada quanto a rachaduras diminutas, as quais podem alongar num período de tempo, e então abrir, criando uma situação de perigo.

## Áreas queimadas ou empenadas

Partes podem ser encontradas em áreas localizadas que tenham sido aquecidas a um ponto de empenar pequenas porções da câmara.

Tais partes são consideradas aceitáveis se a queimadura da parte não tiver progredido a uma área soldada adjacente, ou a uma extensão, de modo a enfraquecer a estrutura de solda da camisa. Empenos da camisa da câmara de combustão podem ser corrigidos pelo desempenho da camisa.

O empenamento moderado e as rachaduras associadas são aceitáveis na fileira dos furos de resfriamento. Empenos mais severos que produzam um encurtamento acentuado, ou dobra da camisa é motivo de rejeição. Após o término dos reparos por solda, a camisa deve ser restaurada tão próximo quanto possível ao seu formato original. Isto pode ser realizado usando blocos de moldagem e martelos existentes na maioria das oficinas que trabalham com metais e soldas.

## Bico injetor de combustível e conjuntos de suporte

Limpa-se todos os depósitos de carbono dos bicos injetores, lavando-os com um fluido de limpeza aprovado pelo fabricante do motor, e removendo os depósitos amolecidos com um pincel de cerdas macias ou um pequeno pedaço de madeira. É desejável haver ar filtrado passando através do bico injetor durante a operação de limpeza, para expulsar os depósitos quando se soltarem.

Devido às características de atomização (spray) do bico injetor poderem ser prejudicadas, não se deve tentar limpar com um implemento rígido, ou com um pincel de fios metálicos. Cada parte componente do bico injetor deve ser inspecionada, quanto a batidas e rebarbas.

## INSPEÇÃO E REPARO DO DISCO DA TURBINA

### Inspeção do disco da turbina

A inspeção feita quanto a rachaduras é da maior importância. A detecção de rachadura, quando se tratando de disco de turbina e palhetas, é praticamente visual. O material do qual o disco e as palhetas são feitos não leva à detecção de rachadura pelo uso de fluidos; portanto,

elas devem ser examinadas minuciosamente com uma lente de aumento de no mínimo 9 a 12 vezes. Qualquer área questionável requer inspeção mais acurada. Rachaduras no disco, mesmo que pequenas, requerem a rejeição do disco e substituição do rotor da turbina. Pequenos pontos (*pitting*), causados pela invasão de material estranho, podem ser acabados por pedra de rebole e polimento.

### Inspeção da palheta da turbina

As palhetas da turbina são usualmente inspecionadas e limpas, do mesmo modo que as palhetas do compressor. Entretanto, devido ao extremo calor sob o qual operam as palhetas da turbina, elas são mais suscetíveis.

Usando uma luz forte e uma lente de aumento, inspeciona-se as palhetas da turbina quanto a rachaduras por tensão de ruptura (figura 10-59) e deformação da borda dianteira (figura 10-60).

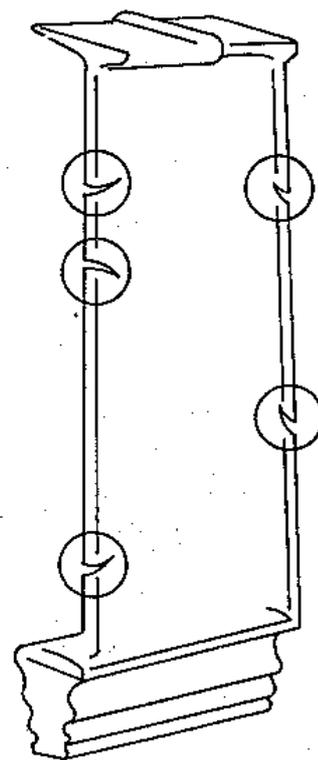


Figura 10-59 Rachaduras de ruptura por estresse.

Rachaduras por tensão de ruptura, usualmente aparecem como diminutas rachaduras, tipo fio de cabelo sobre ou através da borda dianteira ou traseira em ângulo reto, em relação ao comprimento da borda.

Rachaduras visíveis podem variar em comprimento a partir de 1/16 de polegada. A deformação causada por sobre-temperatura pode aparecer como ondulação e/ou áreas de espessura variável do aerofólio ao longo da borda dianteira.

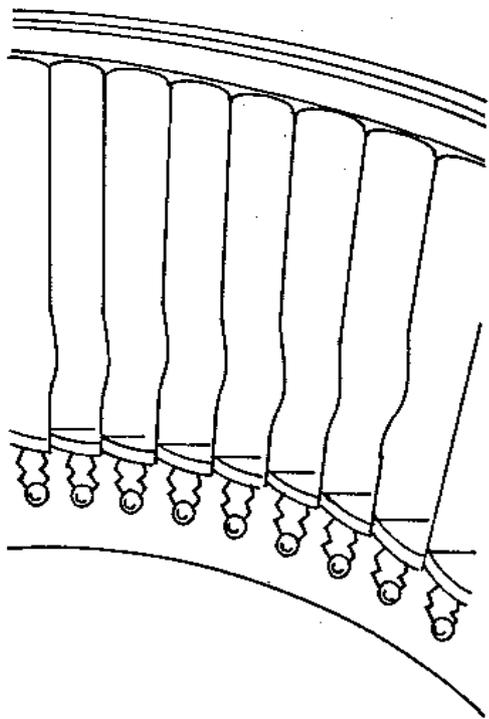


Figura 10-60 Ondulação em palhetas de turbina.

A borda dianteira deve estar reta e de espessura uniforme, – exceto nas áreas reparadas por acabamento.

Não se deve confundir rachaduras por tensão de ruptura, ou deformação da borda dianteira, por dano de impacto por material estranho ou com reparos por acabamento na palheta. Quando qualquer rachadura por tensão de ruptura, ou deformação das bordas dianteiras das palhetas do primeiro estágio for encontrada, uma condição de sobre-temperatura deve ser suspeitada.

Verificam-se as palhetas individuais quanto a estiramento, e o disco da turbina quanto a dureza e estiramento.

As palhetas removidas para uma inspeção detalhada ou para uma checagem de estiramento do disco da turbina devem ser reinstaladas nas mesmas ranhuras das quais foram removidas. As palhetas, antes de serem removidas, devem ser enumeradas. O envoltório externo da palheta da turbina deve ser inspecionado quanto a desgaste do selo de ar.

Se o desgaste for encontrado, a espessura do envoltório na área desgastada, deve ser medida.

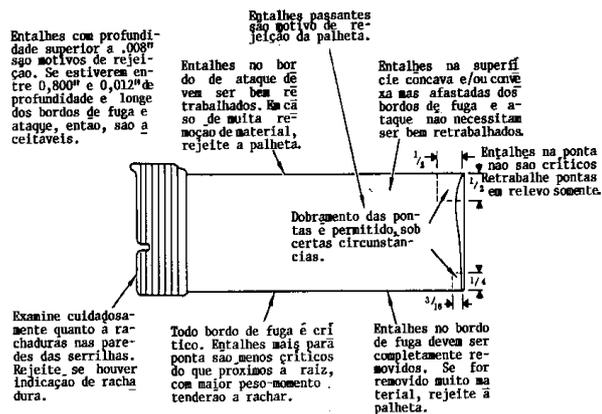


Figura 10-61 Inspeção típica de palheta

Usa-se um micrômetro, ou outro dispositivo adequado, de modo que assegure uma boa leitura no fundo do sulco de desgaste comparativamente estreito. Se a espessura radial remanescente do envoltório é menor do que o especificado, a palheta estirada deve ser substituída.

Os requisitos típicos de inspeção estão indicados na figura 10-61.

Frisos da ponta da palheta, dentro de uma área de 1/2 polegada quadrada na borda dianteira da ponta da palheta, é usualmente aceitável se o friso não for agudo. Friso é aceitável na borda traseira se ele não se estender além da área permissível.

Qualquer dobra aguda que possa resultar em rachadura ou uma parte se separar da palheta da turbina é causa de rejeição, mesmo que o friso possa estar dentro de limites aceitáveis.

Cada palheta da turbina deve ser inspecionada quanto a rachaduras.

### Procedimento de substituição da palheta da turbina

As palhetas da turbina são geralmente substituíveis, sujeitas às limitações de momento-peso. Essas limitações estão contidas nas instruções técnicas aplicáveis do fabricante do motor. Se uma inspeção visual do conjunto da turbina revelar diversas palhetas quebradas, rachadas ou com erosão, a substituição do conjunto inteiro pode ser mais econômico do que substituir apenas as palhetas danificadas.

Um conjunto disco e palhetas é mostrado na figura 10-62. Na montagem inicial da turbina, um conjunto completo de 54 palhetas fabricadas em par codificado (duas palhetas tendo a

mesma letra de código), são colocadas sobre uma bancada em ordem decrescente de peso-momento.

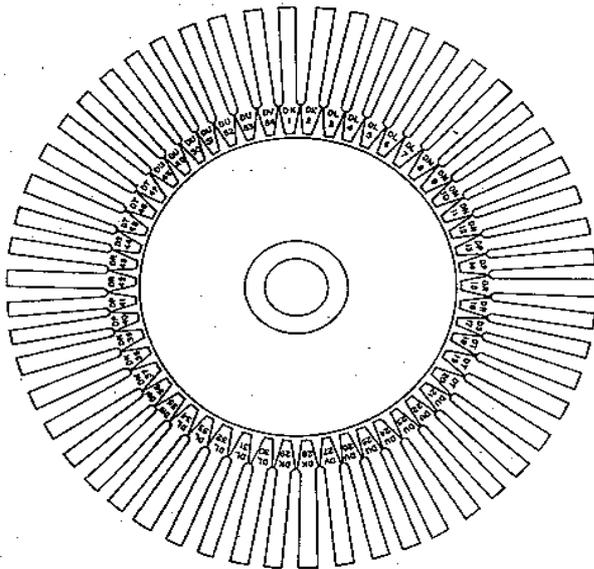


Figura 10-62 Distribuição típica de peso/ momento das palhetas do disco da turbina

As letras de código que indicam o balanço peso-momento em onças estão gravadas na face posterior da base da palheta (vendo a palheta como instalada na montagem final do motor). O par de palhetas que tem o momento-peso mais pesado é numerado 1 e 28; o par seguinte mais pesado é numerado 2-29; o terceiro par mais pesado é numerado 3-30.

Esta sequência continua até que todas as palhetas tenham sido numeradas.

O número 1 é marcado na face do cubo no disco da turbina. A palheta nº 1 é, então, instalada adjacente ao número 1 no disco (figura 10-63). As palhetas remanescentes são instaladas consecutivamente na direção dos ponteiros do relógio, vistas a partir da face traseira do disco da turbina.

Se existirem diversos pares de palhetas tendo as mesmas letras de código, elas são instaladas consecutivamente antes de se instalar o próximo código de letras.

Se uma palheta requer substituição, a palheta diametralmente oposta também deve ser substituída. As palhetas utilizadas em substituição devem ter o mesmo código, porém não necessitam ter o mesmo código das palhetas removidas.

O número máximo de palhetas que podem ser substituídas na oficina varia conforme o

modelo e a fabricação do motor, e é estabelecido pelo fabricante.

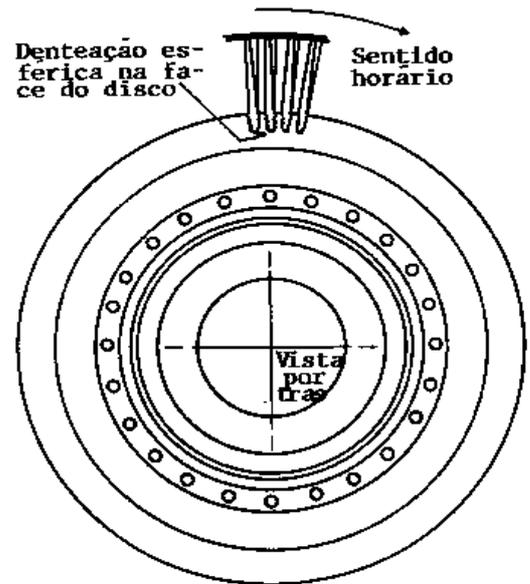


Figura 10-63 Palhetas de turbina.

Para substituir uma palheta, ou qualquer número de palhetas, de um conjunto de disco de turbina e palhetas, os procedimentos nos parágrafos seguintes são dados como exemplo.

Dobra-se para cima cada lingüeta de freno; então remove-se a palheta, batendo nela para que fique na frente do disco da turbina, usando uma punção de latão e um martelo.

Retira-se e descartam-se os frenos da palheta da turbina.

Uma palheta nova com a lingüeta em direção à frente do disco é inserida; então, enquanto segura-se a lingüeta contra o disco, a folga entre o ombro da palheta e o disco da turbina, é verificada.

Pode ser necessário remover material do ombro da palheta para trazer a folga dentro dos limites (figura 10-64).

A Tabela de Limites no manual de revisão do fabricante do motor para as folgas relativas às palhetas da turbina devem ser verificadas.

Enquanto segurando a palheta na direção de rotação (sentido contrário aos dos ponteiros do relógio), verifica-se a folga entre as pontas do ombro da palheta e aquelas das palhetas adjacentes (figura 10-64).

Se a folga é insuficiente, remove-se a palheta, lixando o material das pontas para fazer com que a folga fique nos limites.

Usando um relógio comparador, verifica-se o movimento radial da ponta da palheta enquanto segura a lingüeta da palheta contra o disco.

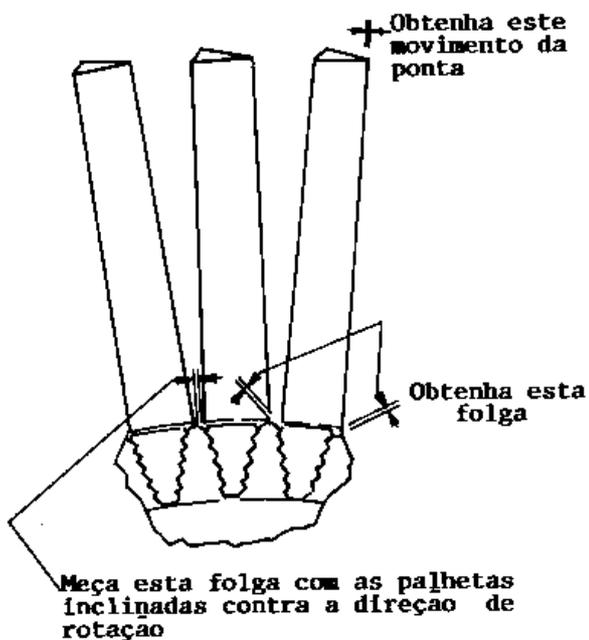


Figura 10-64 Folgas das palhetas da turbina na substituição.

Um freno novo na palheta da turbina é colocado; instalando a palheta na sua posição correta no disco da turbina.

Posiciona-se a turbina para que a palheta fique sobre uma mesa, bigorna, ou outro suporte adequado. Usando um punção dobre a lingüeta do freno para dentro.

Termina-se a dobra do freno, usando um martelo de pena para obter o máximo acabamento axial permissível.

Ao examinar o freno, quanto à evidência de rachadura, uma lente com 3 a 5 aumentos deve ser usada.

Se o freno estiver rachado, remove-se a palheta, instalando um novo freno até que uma instalação satisfatória seja conseguida.

### Inspecção da aleta injetora da turbina

Após abrir a carcaça envolvente, e remover as câmaras de combustão, as palhetas do primeiro estágio da turbina e as aletas injetoras da turbina estão acessíveis para inspeção.

Os limites para as palhetas, especificados nos manuais de revisão e instruções de serviço do fabricante do motor, devem ser seguidos.

A figura 10-65 mostra onde as rachaduras ocorrem no conjunto da turbina. Pequenas mossas e entalhes são permitidos se a profundidade do dano estiver dentro dos limites.

Inspeciona-se as aletas injetoras da turbina quanto a estarem empenadas, medindo a

quantidade de curvatura da borda traseira de cada uma.

Aletas injetoras empenadas podem ser indicação de mau funcionamento do injetor de combustível e as que apresentam empenamento superior ao limite permitido, são rejeitadas.

O empeno é sempre maior na borda traseira; assim, se esta borda estiver dentro dos limites, a borda dianteira também estará aceitável. Inspeciona-se as aletas injetoras quanto a mossas ou entalhes. Pequenos defeitos não são causas para rejeição de aletas, desde que estes sejam acabados devidamente.

Os suportes das aletas injetoras são inspecionados quanto a defeitos causados pelo impacto de partículas estranhas. Um rebolo é usado para dar acabamento em um raio suave em qualquer moessa sob suspeita.

Da mesma forma que as palhetas da turbina, é possível substituir um número máximo de aletas injetoras da turbina em alguns motores. Se mais do que este número máximo de aletas injetoras estiver danificado, um novo conjunto deve ser instalado.

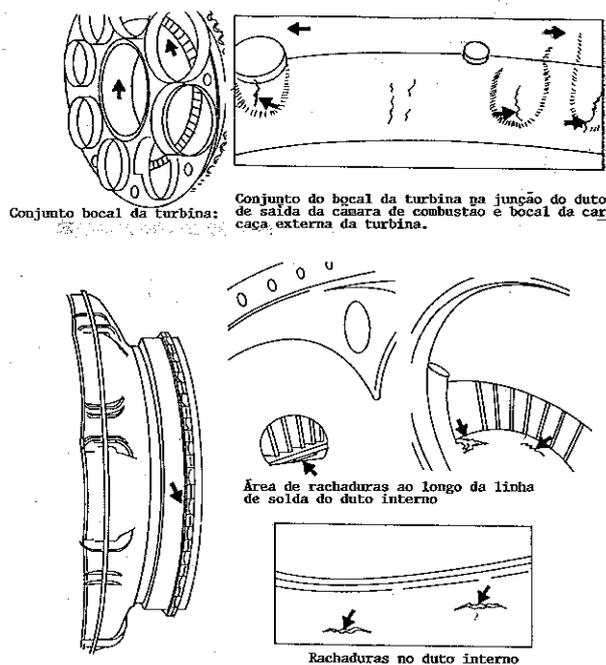


Figura 10-65 Defeitos típicos do conjunto bocal da turbina

Com o tubo de descarga removido, o estágio traseiro da turbina pode ser inspecionado quanto a rachaduras ou a evidência de estiramento da palheta.

As injetoras do estágio traseiro também podem ser inspecionadas com uma luz forte.

## Folgas

A verificação das folgas é um dos procedimentos na manutenção da seção da turbina de um motor a reação. O manual de serviço e revisão do fabricante dá os procedimentos e tolerâncias para a verificação da turbina.

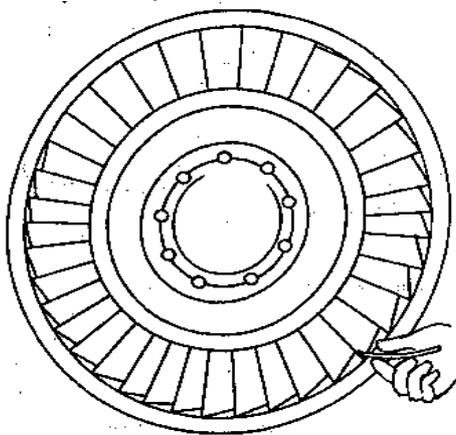


Figura 10-66 Medição da folga entre as palhetas da turbina e o anel de reforço.

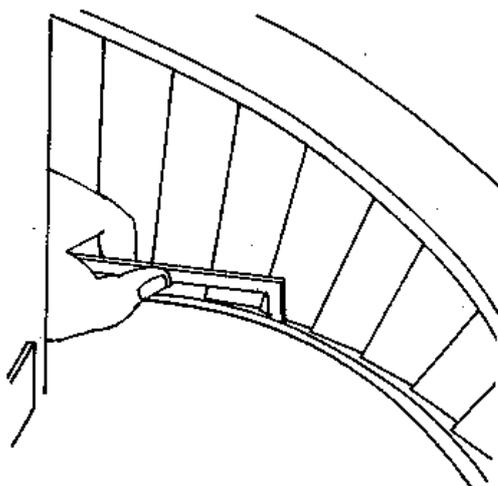


Figura 10-67 Medição da folga entre a roda da turbina e o cone de escapamento.

Figuras 10-66 e 10-67 mostram as folgas sendo medidas em várias localizações. Para obter leituras adequadas, ferramentas especiais providas por cada fabricante devem ser empregadas conforme descrito nas instruções de serviço para os motores específicos.

## Seção de escapamento

A seção de escapamento de um motor turbojato é suscetível a rachaduras por calor. Essa seção deve ser cuidadosamente inspecionada junto com a inspeção da seção de combustão e da seção da turbina do motor. Inspecciona-

se o cone de saída e o tubo de descarga quanto a rachaduras, enpenos, dobras ou pontos quentes. Pontos quentes no cone de cauda são uma indicação de mau funcionamento de um injetor ou câmara de combustão.

Os procedimentos de inspeção e reparo para a seção quente de qualquer motor a turbina são similares. Uma diferença usual é a nomenclatura aplicada pelos vários fabricantes às várias partes da seção quente. Outras diferenças incluem o modo de desmontagem, as ferramentas necessárias, e os métodos de reparo.

## CLASSIFICAÇÕES COMERCIAIS

Um entendimento das classificações dos motores a reação é necessário para o uso inteligente das curvas de operação do motor, contidas nos manuais de manutenção do avião e do motor. As classificações para os motores comerciais são definidas pela SAE (*Society of Automotive Engineers*).

**Decolagem molhada (wet).** Esta é a máxima potência permitida para decolagem. Esta potência é conseguida pela atuação do sistema de injeção de água, e ajustando a potência (molhada) computada com a manete; em termos de uma pressão de descarga ou razão de pressão de motor, predeterminada para as condições ambientes predominantes. Esta potência é restrita à decolagem, e limitada no tempo. Motores que não têm injeção de água, não têm este ajuste.

**Decolagem seca (dry).** Esta é a máxima potência permitida sem a utilização de injeção de água. O limite de potência é obtido pelo ajuste da manete na potência de decolagem (seca) para as condições atuais, em termos de uma pressão de descarga de turbina ou razão de pressão de motor pré-determinadas. A máxima potência é limitada no tempo, e é para ser empregada somente na decolagem.

**Máximo contínuo.** Este limite é a máxima potência que pode ser usada continuamente e é para ser utilizada somente em emergência a critério do piloto. Este limite é obtido pelo ajuste da manete a uma pressão de descarga, ou razão de pressão de motor predeterminada.

**Razão normal (rated).** A razão normal é a máxima potência aprovada para uma subida normal. A taxa é obtida da mesma forma como o máximo contínuo. Potência máxima contínua e

potência de razão normal são a mesma coisa em certos motores.

**Máximo cruzeiro.** Esta é a máxima potência aprovada para cruzeiro. É obtida da mesma forma como o máximo contínuo.

**Marcha lenta (*idle*).** Esta não é uma razão ou taxa de motor, mas sim uma posição adequada de manete para a mínima potência operacional no solo, ou em vôo. É obtida pela colocação da manete no batente de marcha lenta no quadrante das manetes.

## INSTRUMENTAÇÃO DE MOTORES

Embora instalações de motor possam diferir, dependendo do tipo tanto da aeronave quanto do motor, a operação do motor a turbina é usualmente controlada pela observação dos instrumentos discutidos nos parágrafos seguintes.

A potência do motor é indicada tanto por um indicador de pressão da turbina, ou um indicador de razão de pressão do motor, dependendo da instalação.

Ambos os tipos de instrumentos de pressão são discutidos aqui porque qualquer indicador pode ser usado. Dos dois, o indicador de pressão de descarga de turbina é o mais preciso, primariamente devido à sua simplicidade de construção; ele pode ser instalado no avião permanentemente ou, temporariamente durante um ajuste de motor.

Um indicador de razão de pressão de motor, por outro lado, é menos complexo para usar, porque ele compensa automaticamente quanto aos efeitos da velocidade do ar e da altitude, já que leva em consideração a pressão de entrada do compressor (CIP).

### Indicador de pressão de descarga da turbina

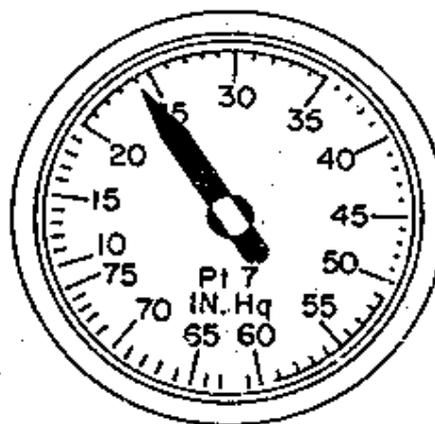
Este instrumento não somente indica a pressão total interna do motor imediatamente após o último estágio da turbina, mas também indica a pressão disponível para gerar a potência, quando usado com a pressão de entrada do compressor.

### Indicador de razão de pressão do motor

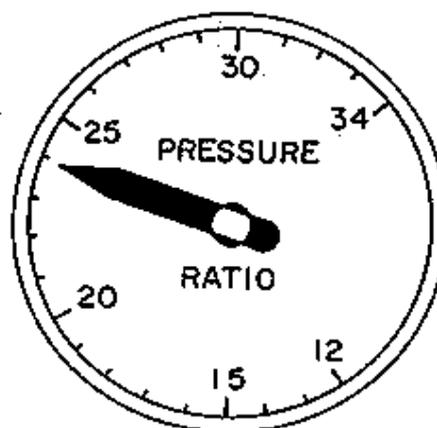
Razão de pressão do motor-EPR (*Engine Pressure Ratio*) é uma indicação da potência

sendo desenvolvida pelo motor. É acionado por sensores de pressão total, na entrada do motor e na saída da turbina.

A leitura é mostrada na cabine pelo indicador de EPR, o qual é usado para efetuar as ajustagens de potência do motor.



(A)



(B)

Figura 10-68 A - Indicador da pressão de descarga da turbina;

B - Indicador da razão de pressão do motor.

A figura 10-68 ilustra o indicador de pressão da turbina (A) e um indicador de EPR (B).

### Torquímetro (motores turboélice)

Como somente uma pequena parte da força propulsora derivada da potência do jato, nem a pressão de descarga de turbina nem a razão de pressão de motor são usadas como um indicador da potência produzida por um motor turboélice eles são normalmente equipados com um torquímetro.

O torquímetro (figura 10-69) pode ser operado por uma engrenagem anel torquímetro na seção do nariz do motor, similar aquele provido em grandes motores recíprocos, ou por sensores em um eixo de torque. O torque, sendo desenvolvido pelo motor, é proporcional aos cavalos de força, e é usado para indicar os cavalos de força do eixo.

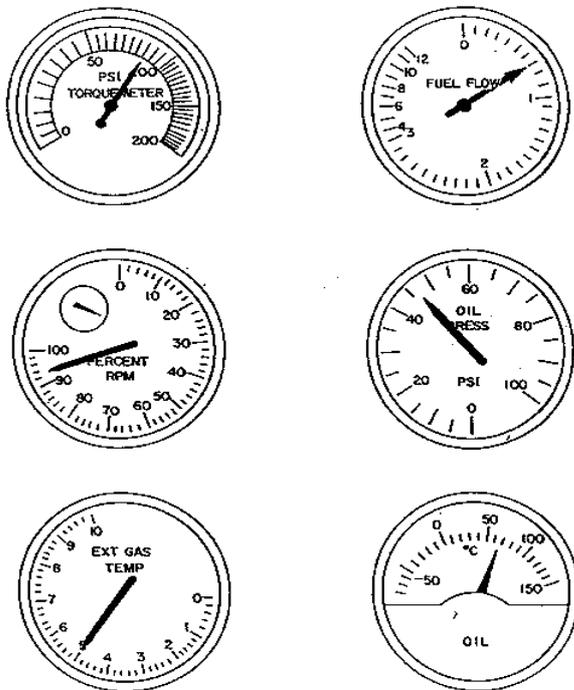


Figura 10-69 Instrumentos típicos de motor a turbina.

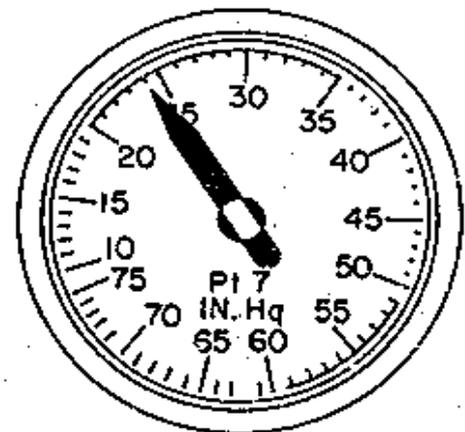
### Indicador de pressão de descarga da turbina

Este instrumento não somente indica a pressão total interna do motor imediatamente após o último estágio da turbina, mas também indica a pressão disponível para gerar a potência, quando usado com a pressão de entrada do compressor.

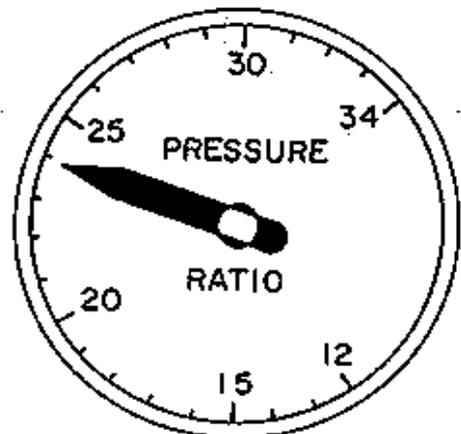
### Indicador de razão de pressão do motor

Razão de pressão do motor-EPR (*Engine Pressure Ratio*) é uma indicação da potência sendo desenvolvida pelo motor. É acionado por sensores de pressão total, na entrada do motor e na saída da turbina. A leitura é mostrada na cabine pelo indicador de EPR, o qual é usado para efetuar as ajustagens de potência do motor.

A figura 10-68 ilustra o indicador de pressão da turbina (A) e um indicador de EPR (B).



(A)



(B)

Figura 10-68 A - Indicador da pressão de descarga da turbina;

B - Indicador da razão de pressão do motor.

### Torquímetro (motores turboélice)

Como somente uma pequena parte da força propulsora derivada da potência do jato, nem a pressão de descarga de turbina nem a razão de pressão de motor são usadas como um indicador da potência produzida por um motor turboélice eles são normalmente equipados com um torquímetro.

O torquímetro (figura 10-69) pode ser operado por uma engrenagem anel torquímetro na seção do nariz do motor, similar aquele provido em grandes motores recíprocos, ou por sensores em um eixo de torque.

O torque, sendo desenvolvido pelo motor, é proporcional aos cavalos de força, e é usado para indicar os cavalos de força do eixo.

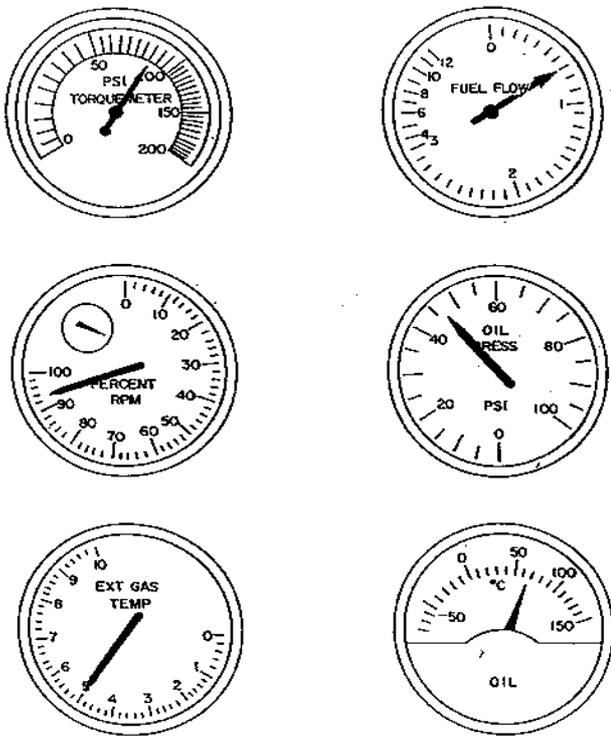


Figura 10-69 Instrumentos típicos de motor à turbina.

### Tacômetro

A velocidade do motor a turbina é medida pela r.p.m. do compressor, que será também a r.p.m. da turbina.

Os tacômetros (figura 10-69) são usualmente calibrados em percentagem de r.p.m., pois vários tipos de motores podem ser operados na mesma base de comparação.

Como indicado anteriormente, r.p.m. do compressor em motores a reação de compressor centrífugo, é uma indicação direta da potência do motor sendo produzida.

Para motores de compressor axial, o principal propósito do tacômetro é monitorar a r.p.m. durante uma partida de motor, e para indicar uma condição de sobrevelocidade, se uma ocorrer.

### Indicador de temperatura dos gases de escape

Temperatura dos gases de escape-EGT (*Exhaust Gas Temperature*), temperatura da entrada da turbina-TIT (*Turbine Inlet Temperature*), temperatura do duto de descarga, e temperatura de descarga da turbina, são uma só, e a mesma coisa.

Temperatura é um limite de operação do motor e, é usada para monitorar a integridade mecânica das turbinas, tanto quanto verificar as condições de operação do motor.

Na realidade, a temperatura de entrada da turbina é a consideração importante, uma vez que é a mais crítica das variáveis do motor. Entretanto, é impraticável medir a temperatura de entrada da turbina na maioria dos motores, especialmente nos modelos grandes.

Consequentemente, termopares de temperatura são inseridos na descarga da turbina, onde a temperatura provê uma indicação relativa daquela na entrada.

Embora a temperatura, neste ponto, seja muito inferior do que na entrada, ela provê vigilância sobre as condições internas de operação do motor.

Diversos termopares são normalmente usados, os quais são espaçados em intervalos em volta do perímetro do tubo de descarga do motor próximo da saída da turbina. O indicador de EGT (figura 10-69) mostra na cabine a média das temperaturas medidas pelos termopares individuais.

### Indicador de fluxo de combustível

Os instrumentos fluxômetros indicam o fluxo de combustível em lbs./h da unidade de controle de combustível do motor. O fluxômetro permite monitorar o consumo de combustível e verificar o desempenho do motor. Um indicador de fluxo de combustível é ilustrado na figura 10-69.

### Indicador de pressão de óleo do motor

A fim de evitar falha de motor resultante da lubrificação e refrigeração inadequadas das várias partes do motor, o suprimento de óleo às áreas críticas deve ser monitorado. O indicador de pressão do óleo normalmente mostra a pressão de descarga da bomba de óleo do motor.

### Indicador de temperatura do óleo do motor

A habilidade do óleo do motor de lubrificar e refrigerar depende da sua temperatura, tanto quanto a quantidade que é suprida às áreas críticas. Um indicador de temperatura de entrada de óleo é frequentemente provido para mostrar a temperatura do óleo quando entra na bomba de pressão. Temperatura da entrada do

óleo é também uma indicação da operação própria do radiador de óleo do motor.

## **OPERAÇÃO DO MOTOR A REAÇÃO**

Os procedimentos de operação do motor, apresentados aqui, aplicam-se geralmente a todos os motores a reação. Os procedimentos, pressões, temperaturas e r.p.m. que se seguem são primariamente propostos a servirem como guia. As instruções de operação do fabricante devem ser consultadas antes de se tentar a partida e a operação de um motor a reação.

Em contraste aos numerosos controles de um motor recíproco, um motor a reação tem somente uma manete de controle de potência. O ajuste da manete de potência seleciona uma condição de potência, para a qual a unidade controla o combustível para o motor. Motores equipados com reversores entram nesta condição em posições de manete abaixo de marcha lenta (*idle*).

Uma alavanca de corte de combustível separada é usualmente provida em motores equipados com reversores.

Antes da partida, atenção particular deve ser dada à entrada de ar do motor, a condição visual e o livre movimento dos conjuntos compressor e turbina, e à área de estacionamento a frente e atrás da aeronave.

A partida do motor é dada pelo uso de uma fonte de força externa ou de uma unidade de partida a combustão.

Tipos de sistemas de partida e o ciclo de partida dos motores, já foram discutidos anteriormente.

Em aviões com múltiplos motores, é dada partida em um motor por uma fonte externa que supre pressão de ar para o arranque pneumático no motor.

Ar sangrado deste primeiro motor em operação é então usado como fonte de potência, para dar a partida a outros motores.

Durante a partida, é necessário monitorar o tacômetro, a pressão de óleo, e a temperatura dos gases de saída.

A sequência normal de partida é:

- (1) Girar o compressor com o arranque;
- (2) Ligar a ignição; e
- (3) Abrir a válvula de combustível do motor, seja movendo a manete para "*idle*",

pela movimentação da manete de corte de combustível ou girando uma chave.

A observação ao procedimento prescrito para um determinado motor é necessária como medida de segurança, e para evitar uma partida "quente" ou partida "estagnada".

Uma partida com sucesso será notada primeiro pela elevação na temperatura dos gases de saída. Se o motor não "acende" dentro de um período determinado de tempo, ou se o limite de temperatura do gás de saída na partida é excedido, o procedimento de partida deve ser abortado.

Partidas quentes não são comuns, mas quando elas ocorrem, podem ser geralmente interrompidas a tempo, de modo a evitar a temperatura excessiva pela observação constante da temperatura dos gases de saída durante a partida.

Quando necessário, o combustível ou os gases retidos podem ser eliminados, pela continuação do giro do compressor com o arranque, porém com a ignição e o combustível desligados.

## **OPERAÇÃO NO SOLO**

### **Fogo no motor**

Se ocorrer fogo no motor durante o ciclo de partida, a alavanca de corte de combustível deve ser movida para a posição "off". Continue girando o motor com o arranque até que o fogo tenha sido expelido do motor.

Se o fogo persistir, CO<sub>2</sub> pode ser descarregado no duto de entrada enquanto ele está sendo virado. Não se descarrega CO<sub>2</sub> diretamente na saída do motor, porque isto pode danificá-lo. Se o fogo não puder ser apagado desligue todas as chaves e abandone a aeronave.

Se o fogo é no solo sob o dreno, descarrega-se o CO<sub>2</sub> no solo. Isto também é verdade se o fogo é no tubo de descarga, e o combustível estiver pingando no solo e queimando.

### **Verificações do motor**

A verificação de motores turbojato ou turbopan, quanto à operação adequada, consiste simplesmente em ler os instrumentos do motor e, então, comparar os valores observados com aqueles conhecidos de serem corretos, para qualquer dada condição de operação do motor.

## Verificações em marcha lenta

Depois que o motor partir, e a r.p.m. de marcha lenta tiver sido obtida; e as leituras dos instrumentos forem estabilizadas, o motor deve ser verificado quanto à satisfatória operação na velocidade de marcha lenta.

As leituras do indicador de pressão de óleo, do tacômetro, e da temperatura dos gases de saída, devem ser comparadas com as faixas permissíveis. O fluxo de combustível não é considerado uma indicação confiável da condição do motor em r.p.m. de marcha lenta, devido às inexatidões frequentemente encontradas nos medidores de fluxo de combustível e indicadores na sua faixa inferior de indicação.

## Verificação da potência de decolagem

A potência de decolagem é verificada pelo ajuste das manetes, para obter uma leitura no indicador de razão de pressão do motor. O valor para a razão de pressão do motor, que representa a potência de decolagem para as condições atmosféricas ambiente, que estão prevale-

cendo, é calculado a partir de uma curva de seleção de potência de decolagem, similar àquela mostrada na figura 10-70.

Essa curva foi computada para condições estáticas. Portanto, para uma verificação precisa da potência, o avião deve estar estacionado, e a operação estável do motor deve ser estabelecida. Se for necessário calcular a potência durante uma verificação de ajuste de motor, a pressão de descarga de turbina (P17) é também mostrada nestas curvas.

Manuais apropriados devem ser consultados para as cartas de um motor de fabricação e modelo específicos.

A razão de pressão do motor, calculada a partir da curva de seleção de potência, representa tanto a potência de decolagem "molhada" ou "seca".

A manete do avião é avançada para obter esta leitura, prevista no indicador de razão de pressão do motor no avião.

Se um motor desenvolve a potência prevista e, se todos os outros instrumentos estão dentro de suas faixas adequadas, a operação do motor é considerada satisfatória.

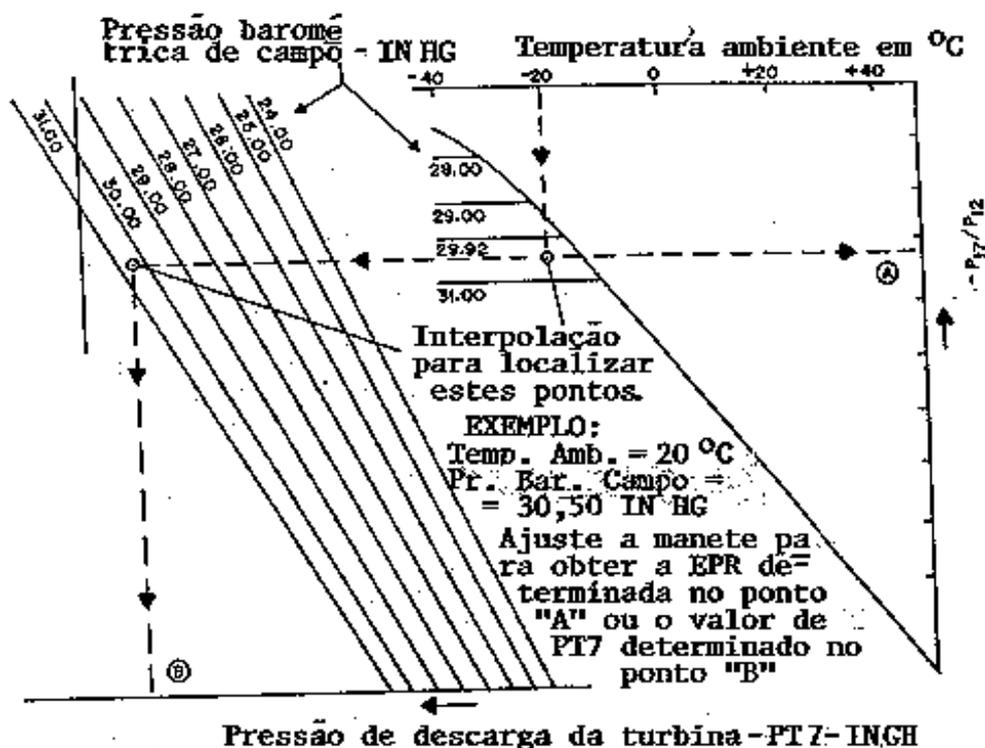


Figura 10-70 Curva típica de ajuste da potência de decolagem para condições estáticas.

## Condições ambientes

A sensibilidade dos motores a reação à temperatura e a pressão do ar de entrada do compressor, requer que cuidado considerável

seja dado na obtenção de valores corretos para as condições do ar predominantes, quando calculando a potência de decolagem. Algumas coisas para lembrar são:

- (1) O motor sente a temperatura e pressão do ar na entrada do compressor. Esta será a temperatura real logo acima da superfície da pista. Quando o avião está parado, a pressão na entrada do compressor será a pressão estática, ou a pressão barométrica verdadeira, e não a pressão barométrica corrigida para o nível do mar que é normalmente reportada pelas torres de controle do aeroporto como a selecionada para o altímetro.
- (2) Alguns aeroportos informam a temperatura da pista, a qual deve ser usada quando disponível. O indicador de temperatura do ar exterior do avião pode ou não ser suficiente para obter a temperatura a ser usada, dependendo do modo no qual a temperatura do ar está indicada. Se o bulbo ou o termopar do termômetro está exposto aos raios do sol, a leitura do instrumento obviamente não será precisa. Quando a temperatura da torre de controle deve ser usada, um fator de correção deve ser aplicado. Para um cálculo preciso da potência, tal quando ajustando um motor, é melhor medir a temperatura real na entrada do compressor logo antes de dar a partida no motor, por meio de um termômetro portátil de precisão conhecida. Quando for verificado que uma variação de 5°C (9°F) na temperatura da entrada do compressor resultará em aproximadamente 2 pol Hg de variação na pressão de descarga da turbina, ou 0,06 de variação na indicação de razão de pressão do motor, a importância de usar a correta temperatura para o cálculo da potência pode ser de imediato avaliada.
- (3) Se somente o ajuste do altímetro, ou da pressão barométrica, corrigida para o nível do mar está disponível quando usando as curvas da potência para calcular a pressão de descarga da turbina, esta pressão deve ser recorrigida para a elevação do campo. Um método para obter a pressão real é selecionar o altímetro para a altitude zero, e ler a pressão barométrica do campo diretamente na janela do altímetro na face do instrumento.
- (4) Umidade relativa, que afeta apreciavelmente a potência do motor recíproco, tem um efeito negligível na potência do motor a reação, fluxo de combustível e r.p.m. Portanto, a umidade relativa não é normalmente

considerada no cálculo da potência para decolagem ou na determinação do fluxo de combustível e r.p.m., na operação rotineira.

## DESLIGAMENTO DO MOTOR

Em motores a reação que não têm potência de reverso, o retardo da manete do avião para “off” corta o suprimento de combustível para o motor, desligando-o.

Em motores equipados com reversores, isto é conseguido por meio de uma manete separada de corte de combustível. Um motor normalmente estará suficientemente frio para desligar imediatamente.

Entretanto, como regra simples, quando um motor for operado acima de 85% r.p.m. por períodos excedendo 1 minuto, durante os últimos 5 segundos antes do desligamento, é recomendado que o motor seja operado abaixo de 85% (preferencialmente em marcha lenta) por um período de 5 minutos, de modo a evitar uma possível falha dos rotores.

Isto se aplica, em particular, a operação prolongada em altas r.p.m. no solo, como por exemplo, durante o ajuste do motor.

A carcaça da turbina, e as rodas da turbina operam aproximadamente na mesma temperatura quando o motor está virando. Entretanto, as rodas da turbina são relativamente grossas, comparadas com a carcaça, e não são resfriadas tão rapidamente.

A carcaça da turbina está exposta ao ar de refrigeração tanto pelo lado de dentro, como de fora do motor.

Conseqüentemente, a carcaça e as rodas perdem seu calor residual, em razões diferentes, depois que o motor for desligado.

A carcaça, resfriando mais depressa, tende a encolher sobre as rodas que ainda estão girando.

Sob condições extremas, as palhetas das turbina podem roçar ou trancar.

Assim, um período de resfriamento é requerido se o motor estiver operando em prolongada alta velocidade.

Se as rodas da turbina trancam, normalmente não resulta em danos, desde que não se tente girar o motor antes que ele tenha resfriado suficientemente para liberar as rodas. Ainda assim, todo o esforço deve ser feito para evitar o trancamento.

A bomba de combustível do avião deve ser desligada após e, não antes, que a manete de potência ou a alavanca de corte de combustível forem colocadas na posição “*off*”, de modo a assegurar que o combustível permaneça nas linhas, e que a bomba de combustível comandada pelo motor não perca sua pressão.

Sob estas condições, a bomba de combustível do avião é incapaz de realimentar a bomba comandada pelo motor, sem que o ar seja sangrado do controle de combustível.

Geralmente, um motor não deve ser desligado pela alavanca de corte de combustível até que a manete do avião tenha sido retardada para a posição “*idle*”. Uma vez que a válvula de corte de combustível esteja localizada na saída do controle de combustível, um desligamento numa seleção de alta potência do motor irá resultar em altas pressões de combustível dentro do controle que podem causar danos nas partes do sistema.

Quando uma leitura com precisão do nível do óleo do tanque for requerida após o

desligamento do motor, este deve ser operado a aproximadamente 75% r.p.m., por não menos do que 15 nem mais de 30 segundos imediatamente antes do desligamento, para efetuar a apropriada recuperação do óleo de dentro do motor.

## PESQUISANDO PANES EM MOTORES A REAÇÃO

Estão incluídos nesta seção roteiros para localizar mau funcionamento na maioria dos motores a reação.

Uma vez que seria impraticável listar todas as panes que possam ocorrer, somente as mais comuns são cobertas.

Um conhecimento profundo dos sistemas do motor, aplicados com raciocínio lógico, irá resolver qualquer problema que possa ocorrer.

TABELA 12. Pesquisa de panes de motores a reação

<b>Mau funcionamento indicado</b>	<b>Causa possível</b>	<b>Ação sugerida</b>
O motor tem baixa r.p.m., temperatura dos gases de saída e fluxo de combustível, quando colocado na esperada razão de pressão do motor.	A indicação da razão de pressão do motor está com leituras para mais.	Verificar a linha de entrada de pressão desde o <i>probe</i> até o transmissor quanto a vazamentos. Verificar o transmissor de razão de pressão do motor e o indicador quanto à exatidão das indicações.
O motor tem alta r.p.m., temperatura dos gases de saída e alto fluxo de combustível, quando colocado na esperada razão de pressão de motor.	A indicação de razão de pressão do motor tem leitura para menos, devido: Sensor de descarga da turbina desalinhado ou rachado. Vazamento na linha de pressão de descarga da turbina desde o sensor até o transmissor. Transmissor ou indicador de razão de pressão de motor com erros de indicação. Partículas de carbono coletadas na linha de pressão de descarga ou nos orifícios restritores. Possível dano de turbina e/ou perda de eficiência da turbina.	Verificar a condição do sensor.  Testar a linha de pressão de descarga da turbina quanto a vazamentos.  Verificar o transmissor e o indicador de razão de pressão do motor quanto à exatidão das indicações.
O motor tem baixa r.p.m., alta temperatura dos gases de saída, e alto fluxo de combustível em todas as seleções de razão de pressão do motor .	Se somente a temperatura dos gases de saída estiver alta, o problema pode ser os terminais do termopar, ou o instrumento.	Confirmar a indicação de dano na turbina por:  Verificar a desaceleração do motor quanto a ruído anormal e tempo reduzido.

NOTA: Motores com danos na seção da turbina podem ter a tendência de estagnar durante a partida.		Inspecionar visualmente a área da turbina com uma luz forte. Recalibrar a instrumentação de temperatura dos gases de saída.
O motor vibra em diversos regimes, porém a amplitude reduz a medida que a rotação diminui.	Danos na turbina.	Checar a turbina como descrito no item anterior.
O motor vibra com alta r.p.m. e alto fluxo de combustível, em um determinado regime.	Danos na seção do compressor.	Checar a seção do compressor quanto a danos.
O motor vibra em todos os regimes, porém, mais acentuadamente em regime de cruzeiro ou em marcha lenta.	Falha de algum componente acessório como o C.S.D, gerador ou bomba hidráulica, etc.	Checar cada um dos componentes acessórios.
Sem alteração do regime de potência, mas com alta temperatura do óleo.	Falha dos rolamentos principais.	Checar os filtros de retorno de óleo e os plugs magnéticos.
O motor tem temperatura dos gases de saída maior que o normal durante decolagem, subida e vôo de cruzeiro. Rotação e fluxo de combustível acima do normal.	Válvulas de sangria de ar ( <i>bleed valves</i> ) com mau funcionamento. Sensor de indicação da pressão de descarga da turbina, ou a linha de pressão de ar para o transmissor com vazamento.	Verificar a operação da válvula de sangria de ar ( <i>bleed valve</i> ).  Checar a condição do sensor de indicação de pressão de descarga, e a linha de pressão para o transmissor.
Motor com alta temperatura de saída dos gases na pressão determinada para decolagem.	Motor fora de regulagem.	Fazer a checagem com o equipamento JETCAL.  Recalibrar como necessário.
Motor com estouros contínuos ( <i>stall</i> ) durante a partida, e em vôo de cruzeiro à baixa potência.	Válvula de pressurização e válvula dreno não funcionando. Duto de ar rachado.  Unidade de controle de combustível não funcionando adequadamente.	Substituir a válvula de pressurização e a válvula dreno. Substituir ou reparar duto de ar rachado. Substituir unidade de controle de combustível.
Rotação do motor estanca durante tentativa de partida.	Temperaturas inferiores a zero graus Celsius.	Se a estagnação do motor é devido a baixas temperaturas, o motor pode partir acionando a bomba de combustível, ou posicionando a manete de partida em posição anterior a do ciclo normal de partida.
	Danos no compressor.  Danos na turbina.	Checar o compressor quanto a danos. Inspecionar a turbina quanto a danos.
Alta temperatura do óleo.	Falha da bomba de retorno do óleo.  Intercambiador de calor do combustível não funciona.	Checar o sistema de lubrificação e as bombas de retorno do óleo. Substituir o intercambiador de calor do combustível.

Alto consumo de óleo.	Falha da bomba de retorno de óleo.	Checar a bomba de retorno de óleo.
	Alta pressão de óleo de retorno.	Verificar a pressão de retorno do óleo, como indicado no manual do fabricante.
	Vazamento da caixa de acessórios.	Verificar os vedadores da caixa de acessórios, aplicando pressão pelo suspiro superior.
Perda de óleo por transbordamento.	Pode ser causada pelo alto fluxo de ar pelo tanque, óleo com espuma, ou quantidade não usual de óleo retornado ao tanque pelo sistema de suspiro.	Checar quanto a espuma no óleo. Fazer uma checagem a vácuo dos depósitos intermediários de óleo de retorno. Checar as bombas de retorno.

Para informação exata sobre um modelo específico de motor, consulta-se as instruções aplicáveis do fabricante.

### OPERAÇÃO DE TURBOÉLICE

A operação do motor tuboélice é bem similar a de um motor a reação, exceto pela adição da hélice.

O procedimento de partida e as várias características operacionais são bastante parecidas. O turboélice principalmente requer atenção aos limites operacionais do motor, a seleção da manete de potência, e ao indicador de pressão do torquímetro.

Embora os torquímetros indiquem somente a potência sendo suprida à hélice, e não os cavalos de força equivalentes, a pressão do torquímetro é aproximadamente proporcional à potência total de saída e, então, é utilizada na medida do desempenho do motor.

A leitura do indicador de pressão do torquímetro durante a verificação da potência de decolagem é um valor importante.

É usualmente necessário calcular a potência de decolagem, do mesmo modo como é feito para um motor a reação.

Este cálculo é para determinar a máxima temperatura permissível dos gases de escape, assim como a pressão do torquímetro que um motor em funcionamento normal deve produzir para a temperatura do ar exterior (ambiente) e a pressão barométrica predominante naquele momento.

### PROCEDIMENTO PARA PESQUISA DE PANES PARA MOTORES TURBOÉLICE

Todos os testes, inspeções e pesquisas de panes devem ser feitos de acordo com o respectivo manual do fabricante.

Na tabela 13, os procedimentos para pesquisa de panes do redutor, eixo de torque e seção de força são simultâneos por causa de sua inter-relação.

A tabela inclui as principais panes, junto com as prováveis causas e suas soluções

**TABELA 13 PESQUISA DE PANES NOS MOTORES TURBOÉLICE**

PROBLEMA	CAUSA PROVÁVEL	SOLUÇÃO
Seção de força não gira durante tentativa de partida.	Sem fluxo de ar no motor de partida (Starter). Freio da hélice trancado.	Verificar a válvula solenóide de ar do motor de partida e o fornecimento de ar. Liberar o freio, girando a hélice na direção normal de rotação.
Seção de força não dá partida.	Baixa velocidade do motor de partida devido ao inadequado fornecimento de ar.	Verificar a válvula solenóide de ar do motor de partida e o fornecimento de ar.

	<p>Se não há sinal de combustível pelo duto de saída dos gases, a válvula seletora de combustível pode estar inoperante devido à falha elétrica ou pode estar trancada.</p> <p>Bomba de combustível inoperante.</p> <p>Filtro de combustível da aeronave sujo.</p> <p>Válvula de corte de combustível fechada.</p>	<p>Checar a força elétrica do sistema, ou válvulas operadas eletricamente. Substituir as válvulas defeituosas.</p> <p>Checar a bomba de combustível quanto a engrenagens danificadas ou dano interno. Verificar se há vazamento de combustível na bomba. Limpar o filtro e substituir o elemento filtrante se necessário. Verificar o circuito elétrico para assegurar-se de que o atuador está energizado. Substituir o atuador ou controlador.</p>
<p>O motor dá a partida mas não acelera para a correta rotação.</p>	<p>Insuficiência de combustível para a unidade controladora.</p> <p>Válvula dosadora de combustível trancada.</p> <p>Válvula desviadora de combustível da unidade controladora trancada em aberto.</p> <p>Válvula dreno trancada em aberto.</p> <p>Chave de pressão de enriquecimento do combustível na partida ajustada em valores altos.</p>	<p>Verificar o sistema de combustível para assegurar-se de que todas as válvulas estão abertas, e as bombas estão operando.</p> <p>Substituir a unidade de controle de combustível. Fazer a limpeza das linhas.</p> <p>Substituir a unidade de controle de combustível. Fazer a limpeza das linhas.</p> <p>Substituir as válvulas dreno.</p> <p>Substituir a chave de pressão.</p>
<p>Temperatura de aceleração muito alta durante a partida.</p>	<p>Válvula desviadora de combustível da unidade controladora fechada e trancada.</p> <p>O ressalto de aceleração da unidade de controle de combustível incorretamente ajustado.</p> <p>Injetor de combustível defeituoso.</p> <p>Termostato da unidade de controle de combustível em pane.</p>	<p>Fazer a limpeza das linhas de combustível. Substituir a unidade do controle de combustível.</p> <p>Substituir a unidade de controle de combustível.</p> <p>Substituir o injetor de combustível.</p> <p>Substituir a unidade de controle de combustível.</p>
<p>Temperatura de aceleração muito baixa durante a partida.</p>	<p>O ressalto de aceleração da unidade de controle do combustível incorretamente ajustado.</p>	<p>Substituir a unidade de controle do combustível.</p>
<p>A rotação do motor cicla após a partida.</p>	<p>Governador da unidade de controle de combustível instável.</p>	<p>Continuar a operação do motor para permitir que a unidade de controle do combustível se ajuste automaticamente.</p>
<p>Pressão de óleo da seção de força cai rapidamente.</p>	<p>Fornecimento de óleo insuficiente.</p> <p>Transmissor de pressão de óleo ou indicador, dando falsa indicação.</p>	<p>Checar o nível de óleo e abastecer como necessário.</p> <p>Checar o transmissor de óleo ou o indicador, e reparar ou substituir, se necessário.</p>

Vazamento de óleo nos vedadores de óleo dos acessórios.	Falha do vedador de óleo.	Substituir vedador ou vedadores.
Impossível atingir a máxima rotação controlada a 100%.	Falha do governador de hélice. Falha da unidade de controle de combustível ou do sensor de ar.	Substituir o governador da hélice. Substituir a unidade de controle de combustível. Se estiver suja, limpar a entrada de ar do sensor aplicando ar no sentido contrário ao fluxo normal.
Indicação de vibração muito alta.	Sensor de vibração do motor ou equipamento de leitura em pane.	Calibrar o equipamento de leitura. Dar partida no motor e acelere gradativamente. Observar a indicação de vibração. Se a indicação mostrar que o sensor está em pane, substituí-lo. Se a vibração permanecer a mesma, remover a unidade de potência para revisão.

### UNIDADE DE TESTES DE CALIBRAÇÃO DE JATOS (JETCAL)

Dois dos mais importantes fatores que afetam a vida da turbina são a temperatura dos gases de saída (EGT) e a rotação do motor.

Excesso de temperatura em poucos graus reduz a vida útil das palhetas em mais de 50%. Baixa temperatura de saída dos gases de escape materialmente reduz a eficiência do motor e a potência. Excessiva rotação do motor pode causar falha prematura do mesmo. Indicações do sistema de combustível com problemas,

temperatura no duto de escape e rotação podem ser checados mais precisamente com a unidade JETCAL do que com os indicadores da cabine do avião. Erros em até 10 graus Celsius podem ocorrer na leitura dos indicadores de rotação e de temperatura na cabine, por causa da altura do observador quando sentado.

Um tipo de JETCAL usado para analisar a turbina do motor é o analisador JETCAL (Figura 10-71).

O analisador JETCAL é um instrumento portátil feito de alumínio, aço inoxidável e plástico.

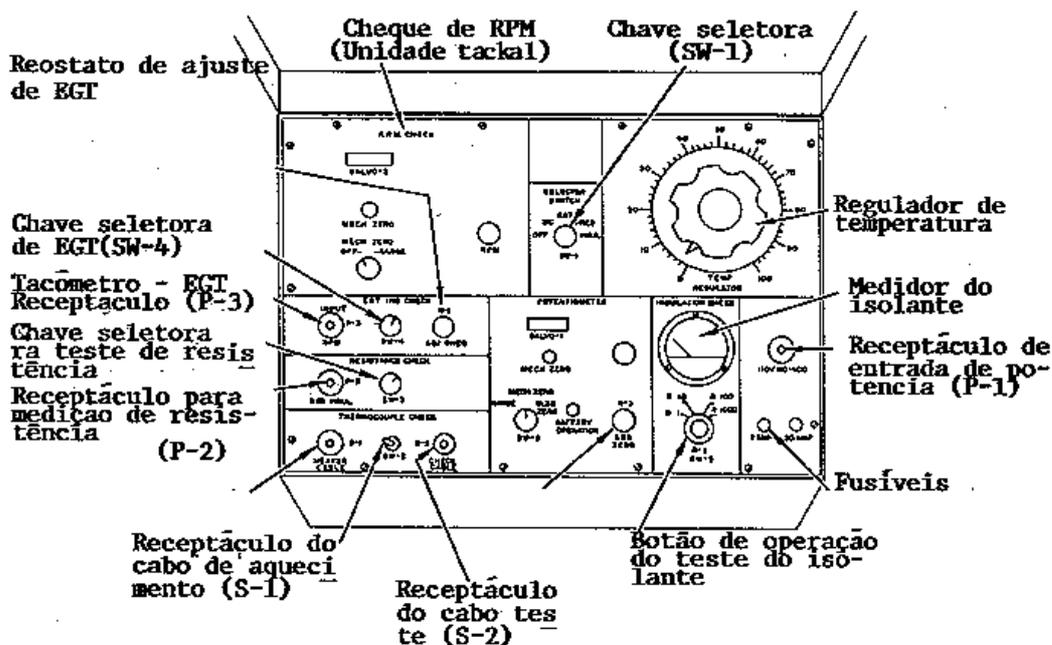


Figura 10-71 Compartimento do analisador JETCAL

Os componentes principais deste analisador são os termopares, indicadores de r.p.m. e temperatura de saída dos gases, resistências, circuitos de checagem de isolamento, bem como potenciômetros, reguladores de temperatura, medidores diversos, chaves e toda a cablagem necessária, sensores e adaptadores para a execução de todos os testes. Um analisador JETCAL também inclui um detector de alta temperatura e circuito de teste do sistema de antigelo da asa.

### Uso do analisador JETCAL

O analisador JETCAL pode ser usado para:

- (1) Funcionalmente checar o sistema de temperatura de saída dos gases (EGT), quanto a erro, sem dar partida no motor ou desconectar a cablagem.
- (2) Checagem individual dos termopares antes da conexão com a fiação principal..
- (3) Checagem de cada termopar quando instalado junto à fiação quanto a continuidade.
- (4) Checagem dos termopares e da fiação quanto a precisão do sistema.
- (5) Checagem da resistência do sistema de temperatura de saída dos gases (EGT).
- (6) Checagem da isolamento do circuito de temperatura de saída dos gases (EGT) quanto a curto circuito em relação a massa e curto circuito em relação aos terminais.
- (7) Checagem dos indicadores de temperatura de saída dos gases (ambos de dentro e fora da aeronave) quanto a erro.
- (8) Determinação da rotação do motor com uma precisão de mais ou menos 0,1% durante operação do mesmo. Em adição a esta checagem existe a verificação e pesquisa do sistema de indicação de rpm do avião.
- (9) Estabelecer a própria relação entre a temperatura de saída dos gases e a rotação do motor, durante o giro do mesmo, durante o procedimento de tabulação pela checagem de rotação (takcal) e os potenciômetros do analisador JETCAL.

- (10) Checagem do sistema de detecção de fogo do avião, e o sistema de antigelo da asa do avião usando sensores especiais.

### Instruções de operação da unidade de teste JETCAL

O procedimento completo, item por item, do painel de instruções do JETCAL pode ser seguido durante a operação do mesmo. O painel de operação é visível todo o tempo durante a operação do analisador. Seria útil listar item por item, os procedimentos desta seção. O procedimento consiste em ligar e desligar diferentes chaves e mostradores. Para evitar confusão, esta seção dará detalhes de operação do analisador JETCAL de maneira geral.

#### Cuidados quanto à segurança

Observar os seguintes cuidados durante a operação do analisador JETCAL:

- (1) Nunca usar um multímetro para checar os potenciômetros quanto à continuidade. Se este for usado, haverá danos ao galvanômetro, e a bateria poderá sofrer danos.
- (2) Checar a fiação dos termopares antes do giro do motor. Isto deve ser feito porque o circuito deve estar correto antes que os termopares possam ser usados como sensores de EGT.
- (3) Por segurança, fazer o aterramento do analisador JETCAL quando usar uma fonte C.A., porque os sensores que tenham uma voltagem induzida na carcaça, podem descarregá-la se o equipamento não estiver aterrado. Esta condição não é aparente durante tempo seco, mas durante tempo úmido o operador pode levar um choque. Desta maneira, para a proteção do operador, o analisador JETCAL deve ser aterrado usando o *pigtail* lead no cabo de entrada de força.
- (4) Usar os sensores de temperatura designados para uso nos termopares do motor a ser testado. Variações de temperatura são muito críticas no projeto dos sensores de temperatura. Cada tipo de termopar tem seu próprio e especial sensor. Nunca tentar modificar sensores de temperatura para testar outros tipos de termopares.

(5) Nunca deixar conjuntos de sensores de temperatura no duto de exaustão durante o giro do motor.

(5) Não permitir que os sensores de temperatura atinjam valores acima de 900°C (1652° F.) Excedendo-se estas temperaturas haverá danos no analisador JETCAL e no conjunto de sensores de temperatura.

### Checagem da continuidade do circuito de temperatura de saída dos gases (EGT) do avião.

Para eliminar qualquer erro causado por um ou mais dos termopares do motor, é executado uma checagem de continuidade. Esta checagem é feita aquecendo-se um sensor de temperatura entre 500/700°C, e posicionando o sensor aquecido sobre cada termopar, um a cada vez.

O indicador de EGT deve mostrar uma subida na temperatura quando cada um dos termopares for checado. Quando uma grande quantidade de termopares for usada no motor (oito ou mais), é muito difícil de ver uma indicação de temperatura nos instrumentos do avião, devido às características elétricas dos circuitos paralelos. Desta maneira, a indicação de temperatura dos termopares do motor é lida pelos potenciômetros do analisador JETCAL; pelo uso do "cabo de cheque"; e os necessários adaptadores.

### Checagem funcional do circuito de temperatura de saída dos gases (EGT) do avião.

O tempo requerido para checar o sistema de EGT de qualquer avião, depende de diversos fatores:(1) do número de motores; (2) do número

de termopares instalados e a sua posição no motor; (3) dos erros, se algum for achado; e (4) do tempo requerido para se corrigir os erros. O teste funcional de um motor pode ser efetuado entre 10 e 20 minutos; condições especiais podem requerer mais tempo.

Durante o teste funcional do sistema de EGT e a checagem da fiação dos termopares, o analisador JETCAL tem uma precisão garantida de mais ou menos 4° C. na temperatura de teste, que é usualmente a temperatura máxima de operação do motor.

Cada motor tem sua temperatura máxima de operação, que pode ser encontrada nas respectivas instruções técnicas.

O teste é feito com o aquecimento dos termopares do motor no cone traseiro do mesmo, para a temperatura de teste do motor. A temperatura é fornecida por sensores através dos cabos necessários.

Com os termopares do motor aquecidos, a temperatura é registrada no indicador do avião. Ao mesmo tempo, os termopares acoplados aos sensores de temperatura, que são completamente isolados do sistema do avião, são selecionados, registrando a mesma temperatura no analisador JETCAL.

A temperatura indicada nos instrumentos do EGT do avião (figura 10-72) deve estar dentro das tolerâncias especificadas para o sistema e as temperaturas lidas nos potenciômetros do JETCAL.

Os termopares acoplados nos sensores de temperatura estão de acordo com a precisão do *U.S. Bureau of Standards*; desta maneira, as leituras através do JETCAL são aceitas como padrão, e são usadas como base de comparação para checar a precisão do sistema de EGT do avião.

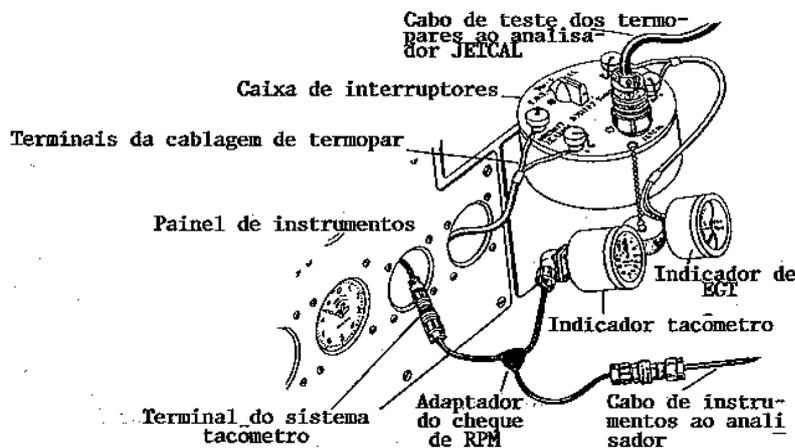


Figura 10-72 Caixa de interruptores, adaptador do teste de r.p.m. e conexões.

Desde que a caixa de junção esteja acoplada em paralelo, não é necessário haver sensores de temperatura conectados a todas as saídas da caixa de junção quando se efetuar uma checagem. Em motores que possuam um sistema de termopar de equilíbrio, este deve ser removido do circuito. Os termopares restantes podem ser checados individualmente, ou em conjunto.

O termopar de equilíbrio é checado usando-se um sensor simples.

A saída do termopar de equilíbrio também é lida pelo potenciômetro do JETCAL, e comparada com a leitura do sensor de temperatura.

Quando a diferença de temperatura excede a tolerância permitida, é feita uma pesquisa do sistema do avião para determinar qual a parte que está em pane. A pesquisa de panes é apresentada no final desta seção.

### **Teste funcional das chaves térmicas**

O sensor "tempcal" testa funcionalmente a operação dos sistemas de detecção de fogo, sobreaquecimento e degelo das asas, que incorporam uma chave térmica como dispositivo de detecção.

A chave térmica deve ser checada na posição no avião, posicionando o sensor sobre a chave térmica.

O sensor "*tempcal*" incorpora os princípios dos sensores de temperatura. A temperatura é controlada por um regulador, e é lida no potenciômetro do JETCAL.

Com o sensor "tempcal" sobre a chave térmica, a temperatura do sensor sobe e desce de acordo com o movimento da chave em sua temperatura de operação.

O indicador no painel de instrumentos do avião, geralmente uma lâmpada vermelha, é checado quanto à indicação, para assegurar-se que a chave está atuando nas temperaturas requeridas.

Se o sistema não está indicando corretamente, o circuito deve ser corrigido.

Se um sensor "*tempcal*" é aquecido e posicionado sobre uma chave térmica fria, os contatos fecharão imediatamente, devido a uma reação chamada de choque térmico.

Como a chave térmica continua a absorver calor, os contatos irão abrir, e então, fechar novamente quando a temperatura de operação da chave for atingida.

### **Checagem do indicador de temperatura de saída dos gases (EGT)**

O indicador de EGT é testado após ter sido removido do painel de instrumentos do avião, e desconectado dos terminais do circuito de EGT do avião.

Acopla-se o cabo dos instrumentos e os terminais adaptadores do indicador de EGT aos terminais do indicador, e coloca-se o indicador em sua posição normal de operação. Ajusta-se as chaves do analisador JETCAL nas posições requeridas. As leituras dos indicadores devem corresponder às leituras do analisador JETCAL dentro de limites aceitáveis do indicador de EGT.

Correção para a temperatura ambiente não é requerida para este teste, já que ambos, o indicador de EGT e o analisador JETCAL, sofrem compensação na sua temperatura.

A temperatura registrada no indicador de EGT do avião deve estar dentro das tolerâncias do sistema do avião e da temperatura lida no potenciômetro do JETCAL.

Quando a temperatura excede a tolerância permitida, é feita uma pesquisa de pane do sistema do avião para determinar qual a parte que está em pane.

### **Checagem de resistência e isolamento**

A continuidade da fiação dos termopares é checada enquanto o sistema de EGT é verificado funcionalmente. A resistência da fiação dos termopares é mantida em tolerâncias muito restritas, já que uma mudança na resistência, muda a amperagem, passando pelo circuito. A mudança de resistência dará leituras errôneas na temperatura.

Os circuitos de resistência e isolamento tornam possível analisar e isolar qualquer erro no sistema do avião. A utilização dos circuitos de resistência e isolamento será discutido nos procedimentos de pesquisa de panes.

### **Checagem do indicador tacômetro**

Para ler a rotação do motor com uma precisão de mais ou menos 0,1% durante a operação do motor, a frequência do gerador do tacômetro é medida pelo circuito cheque de r.p.m. (*takcal*) no analisador JETCAL.

A escala do circuito cheque de r.p.m. é calibrada em porcentagem de r.p.m. em corres-

pondência ao indicador tacômetro do avião, que também faz a leitura em porcentagem de r.p.m.

Os intervalos de calibragem são de 0,2%. O tacômetro do avião e o circuito cheque de r.p.m. são conectados em paralelo, e ambos estarão indicando durante a operação do avião.

As leituras do circuito cheque de r.p.m. podem ser comparadas com as leituras do tacômetro do avião para determinar a precisão do instrumento do avião.

### **Pesquisa de panes do sistema da temperatura de saída dos gases (EGT)**

O analisador JETCAL é usado para testar e pesquisar o sistema de termopares do avião na primeira indicação de pane, ou durante checagens periódicas de manutenção.

O circuito de teste do analisador JETCAL torna isto possível para isolar todas as panes como listado abaixo. Logo após a lista está uma apresentação de cada problema mencionado.

- (1) Um ou mais termopares inoperantes em cablagem paralela do motor.
- (2) Termopares do motor fora de calibragem.
- (3) Erro de indicação de EGT.
- (4) Resistência do circuito fora de tolerância.
- (5) Curto à massa.
- (6) Curto entre terminais.

### **Um ou mais termopares inoperantes em cablagem paralela do motor**

Este erro é detectado em um teste regular dos termopares do avião, com um sensor de temperatura quente, e deverá ter a fiação de terminal rompida na cablagem paralela ou curto à massa na cablagem.

Em último caso, a corrente do termopar em curto pode fluir e nunca ser detectada no indicador.

De qualquer maneira, esses curtos podem ser detectados pela checagem de resistência e isolamento.

### **Termopar do motor fora de calibragem**

Quando os termopares estão sujeitos, por um período de tempo, a uma atmosfera oxidante, como as verificadas em motores aeronáuticos, os mesmos vão diferir em muito de sua calibragem original.

Em cablagem paralela de motores, quando os termopares podem ser removidos individualmente, os mesmos podem ser testados em bancada usando sensores de temperatura.

O valor da temperatura obtida dos termopares deve estar dentro das tolerâncias do fabricante.

### **Erro do circuito de temperatura de saída dos gases (EGT)**

Este erro é detectado pelo uso da caixa de distribuição (*switchbox*) e com a comparação da leitura do indicador de EGT do avião com a leitura de temperatura no JETCAL (figura 10-72).

Com a chave (SW-5) na sua posição no JETCAL, a indicação pela cablagem do termopar é dirigida ao analisador JETCAL. Com a chave (SW-5) na posição EGT, a leitura de temperatura pela cablagem dos termopares é indicada no indicador de EGT do avião. A temperatura no analisador JETCAL e no instrumento do avião são comparadas.

### **Resistência do circuito fora de tolerância**

A resistência do circuito dos termopares do motor é de alta importância, já que uma condição de alta resistência vai resultar em baixa indicação de EGT do avião.

Esta indicação é perigosa, porque o avião vai operar com excesso de temperatura, pois a alta resistência vai resultar em leitura inferior a real.

Ajustando um resistor e/ou a resistência de uma bobina no circuito de EGT, geralmente corrigem os desvios.

### **Curto à massa e curto entre terminais**

Estes erros podem ser determinados pelo uso de um medidor de isolamento como um ohmímetro.

Valores de zero a 550.000 ohms podem ser lidos no medidor de isolamento pela seleção da unidade adequada.

## **PESQUISA DE PANES NO SISTEMA DO TACÔMETRO DA AERONAVE**

Uma função relacionada a checagem de r.p.m. é a pesquisa do sistema tacômetro do avião. O circuito cheque de r.p.m. no analisador

JETCAL é usado para ler a rotação do motor durante a operação com uma precisão de mais ou menos 0,1%.

As conexões para a checagem da r.p.m. são os cabos dos instrumentos e os terminais do sistema do avião ao indicador tacômetro (figura 10-72).

Após ter sido feita a conexão entre o circuito cheque de r.p.m. do analisador JETCAL e o circuito tacômetro do avião, os dois circuitos (agora denominados como um só) serão um circuito paralelo.

O motor então é girado de acordo com as instruções existentes. Ambos os sistemas são lidos simultaneamente.

Se a diferença entre a leitura do indicador tacômetro do avião e o circuito cheque de rpm do analisador JETCAL exceder a tolerância indicada pelas instruções técnicas, o motor deve parar de operar, e a pane localizada e corrigida. Os seguintes itens irão auxiliar na localização e isolamento da pane:

- (1) Se o tacômetro do avião excede a tolerância permitida, quando comparada ao circuito cheque de r.p.m. o instrumento deve ser substituído.
- (2) Se não é possível ler 100% da r.p.m. no tacômetro do avião, mas o circuito cheque de r.p.m. apresenta 100%, o problema será uma pane no indicador tacômetro ou no gerador do tacômetro. Substituir a parte com defeito.
- (3) Se não existe leitura no indicador tacômetro do avião, mas existe leitura no circuito cheque de r.p.m., o problema poderá ser o tacômetro do avião em pane, fase aberta ou fase aterrada do gerador do tacômetro do avião. Substituir o tacômetro ou o gerador do tacômetro, ou substituir o terminal defeituoso.
- (4) Se não há indicação de r.p.m. no tacômetro do avião e no circuito cheque de r.p.m. do analisador JETCAL, deverá haver terminal aberto ou em curto no circuito do avião ou então o gerador tacômetro com defeito. O defeito no circuito no avião deverá ser localizado e corrigido, ou o gerador tacômetro deverá ser substituído. A leitura de r.p.m. do motor deve ser repetida para a checagem das partes substituídas como resultado do teste feito.

O analisador JETCAL é usado para ajustar o motor porque a r.p.m. do mesmo e a temperatura de saída dos gases são extremamente críticas na operação do motor. Quando o motor deve ser checado e ajustado, o meio mais conveniente para fazê-lo é acoplando a caixa de distribuição (*switchbox*) no circuito de EGT, e fazendo as conexões para a checagem de r.p.m. no início do teste.

A caixa de distribuição é usada para conectar o indicador de EGT no circuito, ou para conectar a indicação de temperatura da cablagem dos termopares ao potenciômetro do analisador JETCAL.

Mesmo assim, as leituras da temperatura da cablagem de termopares do avião podem ser feitas pela conexão do cabo cheque (com ou sem adaptadores) para a caixa de distribuição do motor (ver figura 10-73).

A indicação de EGT do avião deve ser usada quando for dada a partida no motor, para ser possível detectar uma partida quente.

É dada a partida no motor e levado até a rotação de acordo com as suas instruções técnicas.

Durante o procedimento de checagem, todas as leituras de rotação do motor são feitas pelo circuito cheque de rpm do analisador JETCAL, e a leitura de temperatura do motor é feita pelo potenciômetro do JETCAL. Isto é necessário porque a temperatura e a rotação do motor devem ter uma leitura precisa durante a checagem do motor, para assegurar que o mesmo esteja operando em suas condições ótimas.

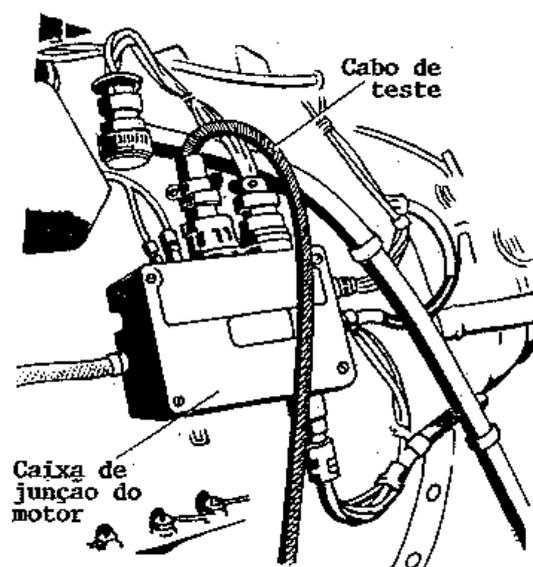


Figura 10-73 Cabo de teste conectado na caixa de junção do motor.

Se as leituras de temperatura não estão dentro das tolerâncias, de acordo com as respectivas instruções, o motor deve ser parado, adicionando ou removendo "tabs" como requerido.

Dá-se nova partida no motor, e as rotações e temperaturas devem ser confrontadas novamente para certificar-se que os "tabs" adicionados ou removidos retornem à temperatura do duto de saída dos gases para os valores especificados.

## PROGRAMA DE ANÁLISE DO ÓLEO DO MOTOR COM ESPECTRÔMETRO

O programa de análise de óleo do motor com equipamento espectrômetro (SOAP) tem sido usado por toda a aviação por muitos anos. É baseado no fato de que cada elemento do óleo vai refletir uma determinada faixa de luz, quando a amostra de óleo for analisada pelo espectrômetro. Isto é aplicado a motores recíprocos ou a turbina.

A análise do óleo com o espectrômetro, quanto a partículas metálicas, é possível porque os átomos metálicos e íons emitem um espectro de luz característico quando vaporizados em um arco elétrico ou centelha.

O espectro produzido por cada elemento metálico é único.

A posição ou o comprimento de onda de um espectro vai identificar o metal em particular, e a intensidade da linha do espectro pode ser usada para medir a quantidade do metal em cada amostra.

### Como a análise é feita

As amostras periódicas de óleo são colhidas das dos motores envolvidos no programa, e encaminhadas para um laboratório para a análise com o espectrômetro.

A seguir é apresentada a sequência da análise:

- (1) Uma camada de óleo da amostra é colhida pelo disco em rotação, feito de grafite de alta pureza, agindo como um eletrodo (ver a figura 10-74).
- (2) Uma centelha de alta voltagem C.A., e precisamente controlada, é iniciada entre o eletrodo vertical e o disco eletrodo rotativo, queimando a fina camada de óleo.

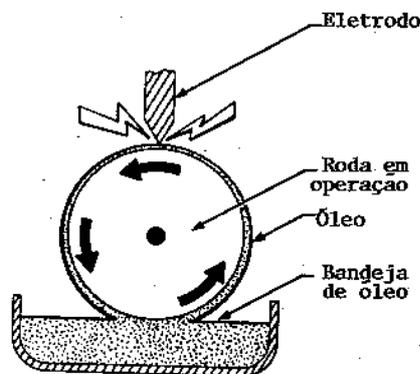


Figura 10-74 Amostra de óleo.

- (3) A luz da queima do óleo passa através de uma fenda posicionada precisamente para o comprimento da onda, pelo particular desgaste do metal que está sendo monitorado (ver a figura 10-75).

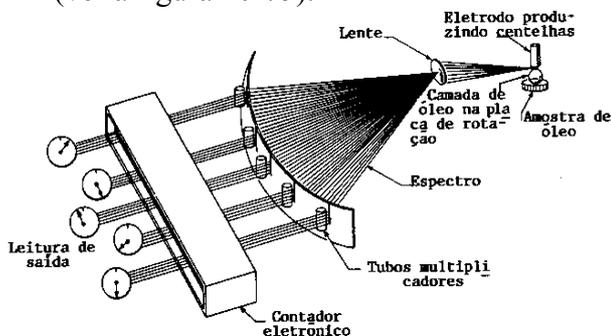


Figura 10-75 Espectrômetro de análise de metais.

- (4) Quando a luz passa através das fendas, os tubos fotomultiplicadores transformam as ondas de luz eletronicamente em energia, imprimindo automaticamente o resultado analítico em cartões, em pontos de uma parte por milhão, nas anotações do laboratório.
- (5) Os resultados são interpretados, e quando houver uma concentração anormal ou formar uma fenda no metal, o interessado no teste é notificado com a devida urgência.

### Aplicação

Sob certas condições, e dentro de certas limitações, as condições internas de qualquer sistema mecânico podem ser avaliadas pela análise espectrométrica da amostra do óleo lubrificante.

O conceito e a aplicação estão baseados nos seguintes fatos:

- (1) Os componentes dos sistemas mecânicos das aeronaves contêm alumínio, ferro, cromo, prata, cobre, estanho, magnésio, chumbo e níquel, com a predominância de elementos em forma de ligas metálicas.
- (2) O contato em movimento entre os componentes de qualquer sistema mecânico é sempre acompanhado pela fricção. Apesar da fricção ser reduzida pela fina camada de óleo, algumas partículas microscópicas de metal no desgaste são removidas e transportadas em suspensão pelo óleo. Portanto, uma fonte em potencial de informação existe para relação das condições do sistema. A identidade química da superfície desgastada e as partículas removidas, no desgaste daquela superfície, são sempre as mesmas. Se a proporção de cada tipo de partícula pode ser avaliada, e estabelecida como sendo normal ou anormal, então, a proporção do desgaste das superfícies de contato também será considerada como normal ou anormal. A identificação química da anormalidade da partícula produzida fornece vestígios para a identificação dos componentes que estão sendo desgastados.

Na maioria das condições, a proporção do desgaste permanecerá constante e lentamente. As partículas metálicas serão de tamanho microscópico para permanecerem em suspensão no sistema de lubrificação. Qualquer condição que altere ou aumente o atrito normal entre as partes móveis, também irá acelerar a proporção do desgaste e aumentar a quantidade de partículas produzidas. Se a condição não for descoberta e corrigida, o processo de desgaste continuará acelerado, usualmente com danos secundários para outras partes do sistema, e podendo ocorrer uma eventual falha do sistema por inteiro.

### **Medição dos metais**

O importante desgaste dos metais, produzido em um sistema mecânico com lubrificação por óleo, pode ser medido separadamente, mesmo em baixas concentrações, pela análise espectrométrica.

A prata é acuradamente medida em concentrações menores do que meia parte de prata, em peso, para um milhão de partes de óleo. A maioria dos outros metais são medidos acura-

damente, em concentração abaixo de duas ou três partes por milhão.

A máxima quantidade de desgaste normal foi determinada para cada metal de um particular sistema programado.

Esta quantidade é chamada “seu limite mínimo de contaminação”, e é medida pelo peso, em partes por milhão (PPM).

Deve ser entendido que, o metal que se origina de um desgaste, é de tamanho microscópico, não pode ser visto a olho nu, não pode ser pego com os dedos e flui livremente através dos filtros do sistema.

Como um exemplo, este metal de desgaste que tenha 1/10 do tamanho de um grão de talco, é facilmente medido pelo espectrômetro.

Portanto, o espectrômetro mede as partículas que se movimentam em suspensão no óleo, e que são pequenas demais para serem retidas pelos filtros ou plugues magnéticos.

### **Vantagens**

O “Programa de Análise do Óleo” não é um remédio para tudo, como prática normal de manutenção, no entanto, deve ser seguida.

Existem vários benefícios do programa que são importantes.

Analisar uma amostra do óleo após uma ação de manutenção pode ser um controle de qualidade pela manutenção.

Uma análise, que continua a apresentar uma anormal concentração de partículas metálicas, é uma prova positiva de que a manutenção não corrigiu a discrepância, e uma técnica de pesquisa de panes deverá ser empregada.

Análise de amostras de motores em teste tem reduzido a possibilidade de instalar um motor revisado na aeronave, contendo problemas que não tinham sido detectados pelos instrumentos da bancada de testes. O espectrômetro tem sido usado principalmente para analisar as condições de motores convencionais, turboélices e turbojatos, bem como transmissões de helicópteros, impedindo que as falhas, posteriormente, se apresentassem em vôo. Numerosos motores convencionais foram reparados na pista com troca de cilindros, no lugar de trocar o motor por inteiro.

A técnica é também aplicável em controles de velocidade constante, supercompressores, caixas de engrenagens de redução, sistemas hidráulicos e outros sistemas mecânicos lubrificados com óleo.