

CAPÍTULO 7 - SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

ATRITOS

Quando duas superfícies de contato se deslocam uma em relação à outra, há atrito. Consideram-se três espécies de atrito:

Atrito seco, em que as superfícies estão em contato sem a interposição de lubrificante;

Atrito úmido, em que uma pequena película de lubrificante favorece a fricção sem impedir que as superfícies entrem em contato pela crista das suas rugosidades;

Atrito líquido, em que a película de lubrificante é contínua e homogênea, impedindo assim que as duas superfícies entrem em contato.

Ligando os dois pólos de uma pilha às duas peças em movimento, por intermédio de um galvanômetro, verifica-se uma passagem de corrente nos dois primeiros casos e uma interrupção de corrente no caso do atrito líquido.

Todas as peças em movimento de um motor de combustão interna devem ser lubrificadas de modo a permitirem um atrito líquido (desgaste mínimo). Contudo, na prática, não é exatamente este o resultado que se alcança. Sob a pressão das peças, o óleo é expulso, a película desgasta-se e as superfícies entram em contato acontecendo, assim, o atrito úmido.

A passagem do atrito líquido ao atrito úmido é tanto mais fácil quanto maiores as pressões e as temperaturas e quanto pior a qualidade do óleo.

LUBRIFICANTES

Os óleos destinados à lubrificação dos motores de combustão interna devem possuir um certo número de qualidades perfeitamente determinadas. Sob o ponto de vista prático, eles são caracterizados principalmente pela sua viscosidade, o seu ponto de combustão e o seu ponto de congelamento.

A **viscosidade** caracteriza as particularidades de escoamento do óleo. Pode-se medir-se por diferentes métodos, fazendo parte de cada um deles um sistema de unidades. O método Engler é o mais comumente utilizado. O escoamento de uma certa quantidade de óleo por um orifício de pequeno diâmetro é comparado ao escoamento de uma mesma quantidade de água. A relação dos tempos de escoamento dá, em graus Engler, a viscosidade do óleo. Por exemplo, um escoamento seis vezes mais lento que o da água é designado por 6° Engler.

A viscosidade pode-se, assim, exprimir por centistock (1/100 de stock). É a viscosidade física absoluta do lubrificante, isto é, a resistência real do deslocamento das suas moléculas, umas em relação às outras. Determina-se a viscosidade medindo a força necessária para fazer deslocar de 1 cm, no seio do lubrificante, uma superfície de 1 cm², à velocidade de 1 cm/seg. Para fazer essa medida, usa-se também a massa específica do lubrificante utilizado.

Este método de medição da viscosidade pode ser utilizado para todos os lubrificantes, desde os óleos mais líquidos às graxas mais consistentes.

A viscosidade de um óleo modifica-se com a temperatura. Quanto mais quente está o óleo, mais a viscosidade diminui.

A principal qualidade de um óleo deve ser a de que a sua viscosidade seja ainda suficiente para assegurar um atrito líquido a temperaturas de funcionamento das peças do motor

entre 353 °K e 423 °K (80 a 150 °C). Com um óleo de qualidade inferior, a viscosidade diminui a tal ponto, que o motor só trabalha a atritos úmidos (desgaste rápido).

O ponto de combustão é a temperatura à qual o óleo emite vapores suscetíveis de serem inflamados. Deve ser o mais elevado possível, de modo a evitar as fugas por vaporização ao contato das partes inferiores do pistão do motor quente. A temperatura de combustão é, geralmente, superior a 493 °K (220 °C) para os óleos finos e ultrapassa 253 °K (250 °C) para os óleos espessos.

O ponto de congelamento é a temperatura em que o óleo não escorre mais de uma proveta quando esta é inclinada, O ponto de congelamento deve ser o mais baixo possível, de modo a facilitar que o motor entre em movimento depois de tempo prolongado sob temperaturas muito baixas.

As diferenças estruturas moleculares dos óleos dão-lhes algumas qualidades particulares que influenciam o seu comportamento no motor.

A qualidade de aderir a superfícies metálicas é denominada adesividade. Esta qualidade favorece a formação de uma película lubrificante e mantém na contínua apesar das cargas fortes. Em certa medida, a adesividade e a viscosidade são paralelas. A uma viscosidade mais elevada corresponde uma maior adesividade. Mas, a uma viscosidade igual, a adesividade pode ser diferente, conforme a estrutura molecular de cada lubrificante.

A propriedade de combustão de óleo é uma característica independente do seu ponto de combustão. Ela evita a acumulação de produtos carbonizados na câmara de combustão e nos canais de escape do motor. Esta propriedade de combustão é predominante nos sistemas de lubrificação por mistura de óleo no combustível (motor a 2 tempos). Como uma certa proporção de óleo passa do cárter à câmara de combustão durante o transvasamento dos gases, é necessário que ela seja queimada fácil e totalmente.

De modo geral, os óleos destinados aos motores de combustão interna são de origem mineral. Estes óleos possuem uma grande estabilidade química. Contudo, o seu poder lubrificante diminui rapidamente acima de 393 °K (120 °C).

Usou-se, durante muito tempo, o óleo vegetal extraído do rícino. Este óleo assegura uma melhor lubrificação a temperaturas elevadas mas a sua estabilidade química é pequena. Dá origem ao aparecimento de ácidos orgânicos não aconselháveis ao motor. Efetuando a mistura de óleos minerais e vegetais, obtêm-se mistos reunindo as qualidades de ambos os componentes, isto é, a estabilidade e a resistência da película lubrificante a altas temperaturas. No entanto, para ser homogênea, esta mistura deve conter uma certa proporção de óleo animal. De tudo isto, resulta um preço de custo bastante elevado.

Atualmente, prefere-se melhorar o óleo mineral adicionando-se elementos químicos apropriados, Estes aditivos podem ter uma grande concentração a ser introduzidos no motor no momento da sua utilização.

Os aditivos podem ser diretamente adicionados ao óleo quando da sua fabricação. Neste caso é lhes dado o nome de óleos aditivos, designados comumente por óleos H.D. (Heavy Duty). Os óleos H.D. são vendidos no mercado sob diversas designações, dependendo estas da proporção de aditivos que eles contêm.

O aperfeiçoamento progressivo dos óleos minerais destinados aos motores combustão interna deu origem ao aparecimento de óleos chamados de **todas as estações** ou de **multiviscosos**. Estes óleos são, em geral, formados por vários óleos de base com estruturas moleculares diferentes, aos quais foram adicionados os aditivos habituais dos óleos H.D.

SUPERLUBRIFICANTES (Aditivos especiais)

Chamam-se assim os óleos e produtos especiais destinados a uma melhor lubrificação de certos pontos delicados do motor. São incorporados ao combustível ou ao óleo de lubrificação.

Incorporado ao combustível, o superlubrificante penetra no topo dos cilindros. Melhora a lubrificação das cabeças do pistão, dos anéis de segmento e das partes superiores das guias de válvulas. Estes produtos são, especialmente, formados por um óleo resistente às temperaturas da câmara de combustão.

Por vezes, alguns superlubrificantes são completados por um produto antidetonante.

Todos os superlubrificantes destinados a ser incorporados no óleo do motor contêm grafita coloidal. A grafita incrusta-se nas superfícies de atrito, mancais, pinos, bielas, eixos de cames; nestes elementos, mantêm uma lubrificação excelente quando a sua temperatura se eleva exageradamente.

Apenas a grafita coloidal fica em suspensão no óleo e fornece uma lubrificação correta. A grafita em pó ou em pasta é **perigosa**. Ela obstrui os condutos de lubrificação e provoca um desgaste prematuro dos elementos mecânicos.

Observações. Um certo número de superlubrificantes destinados aos óleos de motores contêm igualmente aditivos metálicos. A sua ação não é imediata; é necessário que o motor durante algumas horas com estes produtos para lhes permitir melhoria progressiva das superfícies de atrito.

Por outro lado, todos os superlubrificantes destinados à mistura carburada são adicionados de produtos **antidetonantes e decapantes**. Os primeiros asseguram um melhor desenvolvimento da explosão (ver combustão, explosão e detonação); tem uma ação imediata. Os segundos favorecem a limpeza das câmaras de combustão; contudo para que a sua ação seja eficaz, é necessário por o motor a funcionar durante alguns minutos a plena potência e alto regime.

O emprego de um superlubrificante no óleo do motor é indicado em todos os casos de serviço prolongado a plena carga e altos regimes. Sua ação é particularmente eficaz quando o óleo do cárter ultrapassa 373 °K (100 °C)

ÓLEOS ADITIVOS

Os óleos aditivos, conhecidos também por óleos H.D., são óleos que contêm um certo número de corpos químicos destinados a dar propriedades especiais ao lubrificante. Os corpos adicionados ao óleo são, normalmente, compostos de enxofre, grafita, cromo, chumbo, estanho e alguns produtos sintéticos. Os ingredientes adicionais variam dependendo especialmente das propriedades que se visam a obter.

As propriedades obtidas pela incorporação de aditivos são as seguintes:

Poder detergente: o óleo dissolve os produtos sólidos de combustão, borrachas e óleos gráfiticos; esta propriedade evita, assim, a formação de depósitos sobre as paredes internas do motor;

Poder dispersante: é a característica que dá ao óleo a possibilidade de conservar em suspensão todos os produtos dissolvidos e de impedir a sua acumulação no fundo do cárter ou nos filtros; o poder dispersante completa a ação dos produtos detergentes;

Propriedade M.P. (máxima pressão): é a propriedade que a camada de óleo tem que lhe permite resistir às altas pressões mecânicas atuando sobre os mancais do motor; a qualidade de lubrificação

mantém-se, assim, mais acentuada quando do funcionamento a plena potência, altos regimes e altas temperaturas;

Resistência à oxidação: ao contato do ar do cárter e dos gases ácidos de combustão, o óleo tende a se transformar por oxidação. Como resultado, assiste-se a uma redução do seu poder lubrificante. Os aditivos destinados a resistir aos fenômenos de oxidação fazem com que o óleo conserve durante mais tempo as suas qualidade lubrificantes. Estes aditivos neutralizam os ácidos que pouco tendem a acumular-se no cárter do motor, e cuja presença origina desgastes nas superfícies de atrito.

PARTICULARIDADES DOS ÓLEOS ADITIVOS

Como a composição dos óleos aditivos varia conforme o fabricante, é fundamental não misturar óleos H.D. de proveniências diferentes, afim de evitar o comprometimento de sua estabilidade.

Por outro lado, o poder detergente confere ao óleo uma propriedade de penetração muito grande. Esta propriedade faz com que seja mais difícil efetuar a vedação do motor e provoca mais facilmente subidas de óleo nas câmaras de combustão; o que pode resultar num pequeno aumento de consumo de lubrificante.

Em um motor usado, a introdução de óleo aditivo origina a dissolução dos depósitos. Os elementos móveis e, em particular, os anéis de compressão trabalham mais livremente. Deste fato resulta uma melhoria da compressão e da potência, mas, freqüentemente, a marcha do motor é um pouco mais ruidosa.

A introdução de um óleo aditivo altamente detergente em um motor que anteriormente já funcionou com óleo comum apresenta certos riscos. O óleo aditivo provoca o desprendimento dos depósitos de carvão internos. Estes depósitos, de volume apreciável, não se dissolvem totalmente no óleo; acumulando-se no fundo do cárter, nos filtros e nos condutos de lubrificação, onde sua presença pode criar graves incidentes.

ÓLEOS MULTI-VISCOSOS (multigrade)

Chama-se óleos multi-viscosos uma categoria de lubrificantes atuais que apresentam uma pequena variação de viscosidade em relação às variações da sua temperatura. A frio, por exemplo, um óleo multi-viscoso possui a mesma viscosidade de óleos comuns S.A.E. 10, enquanto que a quente, sua viscosidade é idêntica a dos óleos grupo S.A.E. 30. Obtém-se esta característica por meio de uma mistura apropriada de vários óleos de base.

Os óleos multi-viscosos asseguram uma lubrificação correta em todas as condições de funcionamento do motor e independe das condições climáticas. São munidos de aditivos habituais dos óleos H.D. e requerem as mesmas precauções quanto a sua utilização. As vantagens principais que apresentam são as de assegurar excelentes condições para partida a frio, uma lubrificação imediata quando do acionamento, conservando um poder lubrificante a alta temperatura.

CLASSIFICAÇÃO GERAL DOS ÓLEOS

Durante muito tempo estes óleos foram classificados apenas sob o aspecto da sua viscosidade, medida à temperatura de 323°K (50°C). A tabela a seguir especifica as designações, os grupos S.A.E e as viscosidades correspondentes.

DESIGNAÇÕES	GRUPO	VISCOSIDADE MÉDIA A 323° K	
		graus Engler	graus centistock
muito fluido	S.A.E. 5	2 a 2.3°	12 a 15°
	S.A.E. 10	2.3 a 3.3°	15 a 24°
fluido	S.A.E. 20	3.3 a 6.6°	24 a 50°
	S.A.E. 30	6.6 a 9.7°	50 a 74°
viscoso	S.A.E. 40	9.7 a 14.0°	74 a 107°
	S.A.E. 50	14.0 a 21.0°	107 a 160°

Atualmente, tende-se a fazer a classificação dos óleos conforme o gênero de trabalho exigido ao motor, isto é, conforme a espécie de serviço a que este é submetido.

Utilizam-se as seguintes designações para os usos correspondentes:

Motores Otto

SA para serviços leves

SB para serviços médios

SC para serviços pesados e intermitentes

SD para serviços muito pesados e contínuos

SE para serviços extremamente pesados a velocidades elevadas contínuas

SF para serviços extremamente pesados, velocidades elevadas contínuas, temperaturas elevadas

SH para serviços extremamente pesados, velocidades elevadas contínuas, temperaturas extremamente elevadas

Motores Diesel

CA para serviços leves

CB para serviços médios

CC para serviços pesados

CD para serviços muito pesados

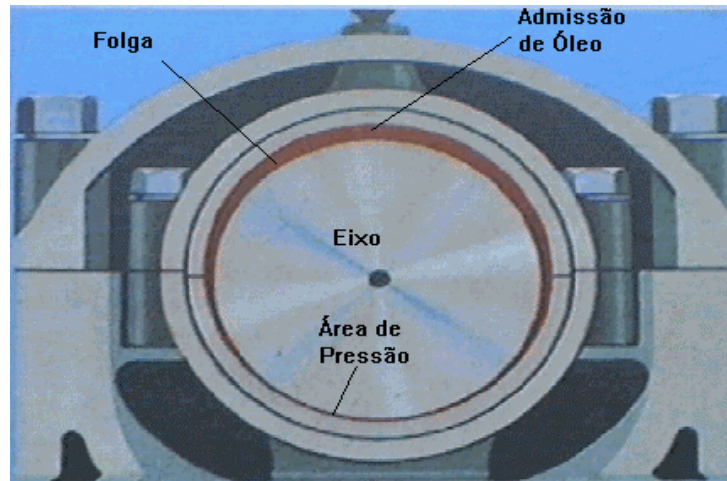
Obs.: A classificação de serviço é independente da viscosidade. Esta, é indicada pelas especificações habituais SAE 10, SAE 20, etc., ou, para óleos multiviscosos, SAE 10-30, SAE 20-40, etc.

ÓLEO PARA MOTORES A DOIS TEMPOS

Nos motores a 2 tempos, lubrificados por mistura de óleo ao combustível, é recomendado utilizar um óleo de baixa temperatura de combustão, de modo a facilitar a combustão das partículas espessas que entram na câmara de combustão. Por outro lado, todos os aditivos habituais de um óleo indicado para motores de 4 tempos contém compostos organometálicos. Estes aditivos provocam o curto-circuito da vela por acumulação de metal entre os eletrodos. Os óleos especiais para motores a 2 tempos possuem aditivos que não apresentam este inconveniente.

A proporção do óleo a juntar ao combustível indicada pelo fabricante do motor. É preciso respeitar a dosagem prescrita, em especial para os motores de pequena cilindrada, nos quais o consumo de combustível implica um pequeno fornecimento de lubrificante.

ELEMENTOS DE LUBRIFICAÇÃO

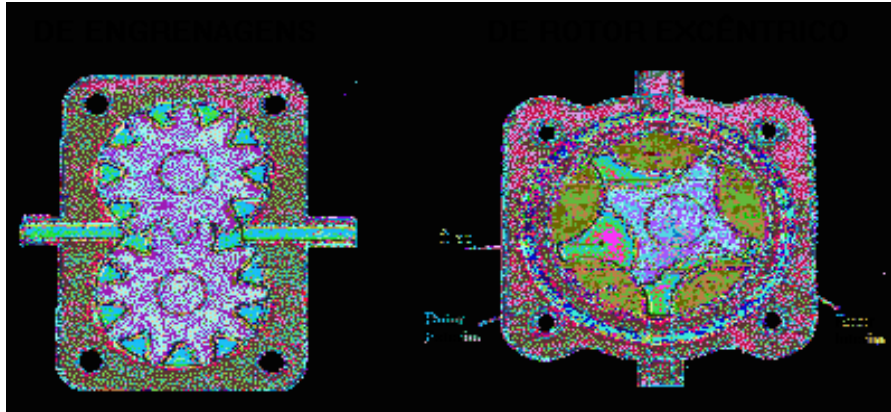


São os seguintes os elementos lubrificantes:

O reservatório de óleo, cárter inferior do motor que contém a reserva de óleo.

A bomba de óleo, formada por duas engrenagens, um canal de aspiração e um canal de recalque ao coletor principal.

TIPOS DE BOMBAS



O coletor principal, de onde saem os canais de lubrificação para cada peça a lubrificar: virabrequim, bielas, eixo de cames, etc. Do coletor saem também as ligações para o manômetro de pressão e para o filtro de óleo.

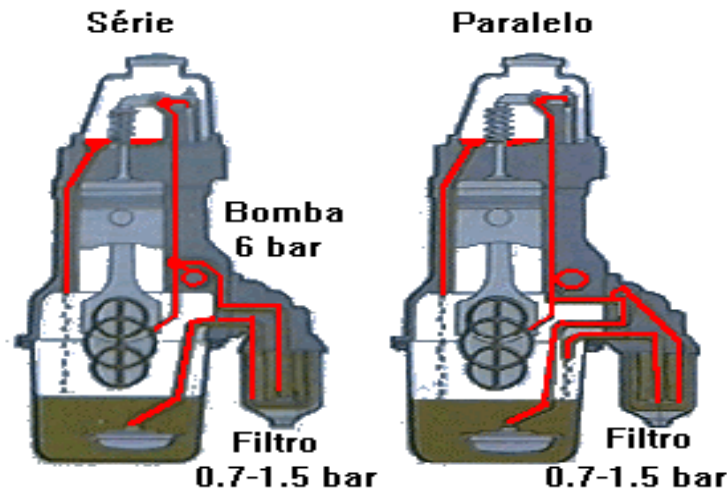
A válvula de escape é colocada sobre o coletor ou sobre a bomba. A sua função é a de limitar a pressão máxima nos tubos de lubrificação.

Quando a pressão fornecida pela bomba for muito elevada (altos regimes ou óleo frio), a válvula permite a passagem de óleo por um orifício de escape; uma parte do óleo escapa e entra diretamente no cárter.

O **filtro de óleo** retém as impurezas metálicas e os partículas de carbono em suspensão no óleo depois de um certo tempo de funcionamento.

Com o filtro de óleo colocado em derivação sobre o coletor principal, o principal entra diretamente no cárter. A filtragem tem por finalidade reduzir a densidade de impurezas.

Com o filtro de óleo colocado em série sobre os tubos de lubrificação, o óleo filtrado passa inteiramente para as peças a lubrificar. Para que a obstrução do filtro não ocasiona uma redução de lubrificação, todos os filtros em série são providos de uma válvula by-pass. Em caso de obstrução, a pressão da bomba aumenta, um orifício se abre e flui diretamente ao coletor principal sem ser filtrado.



O **radiador do óleo** colocado no conduto de água inferior ou encaixado na parte de baixo do radiador, tem uma dupla finalidade:

- 1) acelerar o aquecimento do óleo quando se põe em funcionamento o motor a frio;
- 2) impedir, em seguida, que esta temperatura se eleve exageradamente durante um andamento normal.

A melhor lubrificação é obtida quando o óleo tem uma temperatura de 232 °K (50 °C). O radiador de óleo tem, como finalidade, portanto, normalizar rapidamente a temperatura do óleo e depois mantê-la. Pode ser colocado em derivação ou em série sobre os tubos de lubrificação. Nos grandes motores é sempre colocado em derivação, e possui uma bomba de circulação independente da de lubrificação.

Nos motores de refrigeração a ar, e muito especialmente quando os cilindros são opostos, a refrigeração do óleo deve ser completada por meio de um radiador. Este é geralmente colocado na corrente do ventilador, antes da entrada dos cilindros do motor. Sem facilitar o aquecimento do óleo nos arranques, ele limita a elevação da temperatura.

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Os sistemas de lubrificação tradicionais são os seguintes:

Por salpico; a bomba de óleo alimenta as cubas colocadas perto da passagem de cada biela; estas são munidas de uma colher (pescador) que apanha o óleo que passa pela cuba; por inércia, o óleo penetra em seguida na biela e lubrifica o moente.

Os mancais são diretamente alimentados por tubos que saem do coletor principal.

Com a lubrificação por salpico, a pressão fornecida pela bomba é pouco elevada: 0,1 a 0,4 bar (0,1-0,4 kg/cm²). O manômetro é graduado em metros de água (1 a 4m). Para facilitar a lubrificação, bielas e mancais devem possuir grandes ranhuras de circulação.

Por pressão; o virabrequim possui condutos especiais; o óleo chega aos mancais sob pressão, e daí é canalizado até aos moentes para lubrificar as bielas. Os mancais e as bielas não possuem ranhuras de lubrificação, exceto algumas câmaras de óleo curtas que não desembocam no exterior.

A pressão de lubrificação é de 1 a 3 bar (1-3 kg/cm²). Esta pressão impulsiona o óleo como uma cunha entre as superfícies a lubrificar, realizando assim o atrito fluido.

Freqüentemente, a cabeça da biela é munida de um pequeno orifício dirigido ao cilindro e destinado a lubrificar o pistão. Em alguns casos, uma canalização ao longo da biela permite, igualmente, assegurar uma melhor lubrificação do eixo do pistão.

Por projeção; esta disposição compreende a lubrificação sob pressão de todos os mancais e a lubrificação das bielas por um jato de óleo. cada biela tem uma colher; a rotação contra o jato intensifica a penetração de óleo no interior da biela.

Por outro lado, o jato de óleo sobre toda a cabeça da biela favorece a sua refrigeração. A pressão de lubrificação é de 1-3 bar (1-3 kg/cm²).

No motores de pouca cilindrada, a lubrificação por projeção é simplificada. O virabrequim aciona uma roda munida de palhetas. Esta roda está semi-submersa no óleo do cárter e sua orientação faz com que ela projete o óleo diretamente sobre a biela e no cilindro.

Por mistura; o óleo é misturado com o combustível e penetra no motor proporcionalmente ao consumo do mesmo. Este sistema de lubrificação não é apropriado aos motores a 2 tempos que funcionam com pré-compressão no cárter. a proporção do lubrificante em relação ao combustível é, geralmente, de 5%. Uma quantidade mais elevada leva a um entupimento das câmaras de explosão e de escape, assim como a um empobrecimento da carburação.

Por cárter seco; neste sistema de lubrificação, o óleo é contido num reservatório independente. Uma bomba leva o óleo do reservatório ao motor, introduzindo-o pressão nos elementos a lubrificar. Uma segunda bomba, chamada bomba de retorno, aspira o óleo que tende a acumular-se no fundo do cárter e remete-o ao reservatório.

Observações gerais. Seja qual for o sistema, a lubrificação dos cilindros é assegurada unicamente pelo óleo projetado pelas bielas em rotação. Quando se põe o motor frio em funcionamento, o óleo circula dificilmente e a lubrificação dos cilindros é insuficiente. No motores de lubrificação sob pressão, não circula nenhum óleo nos primeiros minutos de funcionamento. O salpico e a projeção efetuam com maior rapidez esta lubrificação dos cilindros.

Afora a lubrificação, a circulação de óleo deve garantir a refrigeração das bielas e do virabrequim. Partindo do tanque a 232 °K (50 °C), o óleo atinge de 353 a 393 °K (80 a 120 °C) quando sai das bielas. Num motor novo, as folgas estão no seu mínimo; o óleo circula com mais dificuldade e, portanto, refrigera mal as peças, havendo um maior risco de gripagem ou de fusão do metal antifricção.