



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**

Secretaria da Educação

**ESCOLA ESTADUAL DE
EDUCAÇÃO PROFISSIONAL - EEEP**
ENSINO MÉDIO INTEGRADO À EDUCAÇÃO PROFISSIONAL

CURSO TÉCNICO EM MECÂNICA

LUBRIFICAÇÃO INDUSTRIAL



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

Secretaria da Educação

Governador
Cid Ferreira Gomes

Vice Governador
Domingos Gomes de Aguiar Filho

Secretária da Educação
Maria Izolda Cela de Arruda Coelho

Secretário Adjunto
Maurício Holanda Maia

Secretário Executivo
Antônio Idilvan de Lima Alencar

Assessora Institucional do Gabinete da Seduc
Cristiane Carvalho Holanda

Coordenadora da Educação Profissional – SEDUC
Andréa Araújo Rocha

SUMÁRIO

- (a) INTRODUÇÃO
- (b) ORIGEM
- (c) GEOLOGIA
- (d) COMPOSIÇÃO DO PETRÓLEO
- (e) REFINAÇÃO
- (f) DESTILAÇÃO
- (g) OBTENÇÃO DOS ÓLEOS BÁSICOS
- I. LUBRIFICANTES**
 - (a) INTRODUÇÃO
 - (b) ÓLEOS MINERAIS
 - (c) ÓLEOS GRAXOS
 - (d) ÓLEOS COMPOSTOS
 - (e) ÓLEOS SINTÉTICOS
 - (f) CARACTERÍSTICAS DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES
 - (g) ADITIVOS EM LUBRIFICANTES
 - (h) BLENDING
 - (i) GRAXAS LUBRIFICANTES
 - (j) COMPOSIÇÕES BETUMINOSAS E COMPONENTES SÓLIDOS
- II. PRINCÍPIOS BÁSICOS DE LUBRIFICAÇÃO**
 - (a) ATRITO
 - (b) DESGASTE
 - (c) LUBRIFICAÇÃO HIDROSTÁTICA E HIDRODINÂMICA
 - (d) LUBRIFICAÇÃO LIMÍTROFE
 - (e) PROJETO DE FILMES EM MANCAIS DE DESLIZAMENTO
 - (f) REOLOGIA
- III. LUBRIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS ESPECÍFICOS**
 - (a) MANCAIS
 - (b) ENGRENAGENS
 - (c) SISTEMA HIDRÁULICO
 - (d) CORRENTES
 - (e) ACOPLAMENTOS
 - (f) CABOS DE AÇO
 - (g) MOTORES ELÉTRICOS
 - (h) MOTOREDUTORES
 - (i) COMPRESSORES
 - (j) BOMBAS
 - (k) REFRIGERAÇÃO
 - (l) MÁQUINAS OPERATRIZES
 - (m) MOTORES DIESEL, A GASOLINA E ÁLCOOL
 - (n) MOTORES DIESEL MARÍTIMO
 - (o) MOTORES DIESEL FERROVIÁRIOS
 - (p) TURBINAS HIDRÁULICAS
 - (q) TURBINAS A VAPOR
 - (r) FERRAMENTAS PNEUMÁTICAS
 - (s) EQUIPAMENTOS DE TERRAPLANAGEM

PETRÓLEO

A. HISTÓRICO

➤ Fatos que aconteceram AC

- Em 2600, a mais antiga manifestação de lubrificação, no túmulo de Ra-Em-Ka no Egito, onde é mostrado um trenó transportando um monumento e um homem despejando um líquido nos deslizadores.
- Em 2500, Noé construiu sua arca e "calafetou-a, por dentro e por fora com piche".
- Em 1600, a Mãe de Moisés, para salvar o filho, construiu uma arca de juncos e "untou-a com lodo e piche".
- Em 1400, no túmulo de Yuua e Thuiui, foi encontrada graxa no eixo de uma carruagem enterrada.
- Em 600, o campo petrolífero de Baku na Rússia, os adoradores do fogo, fazia peregrinação ao fogo, proveniente de gás natural que emergia do solo.

➤ Fatos sem datas

- óleo obtido em Agrigetum na Sicília, era usado em lamparinas no templo de Júpiter.
- Há referências ao petróleo nos escritos gregos, sendo conhecido na China, bem como na Índia, "Rangoon Oil".
- Os colonizadores da América do Norte descobriram que os índios usavam petróleo como remédio para toda sorte de doenças.

➤ Fatos que aconteceram DC

- Em 1810, a primeira notícia de destilação de petróleo, com o objetivo de se obter óleo para iluminação, em Praga.
- Em 1826, na Inglaterra, foi sugerido usar petróleo como material de iluminação em lugar do óleo de baleia.
- Em 1846, foi produzido óleo iluminante por destilação de carvão, dando o nome de querosene.
- Em 1848, James Young, de Kelly, foi o primeiro a produzir "Paraffin Oil" em escala comercial. Elaborou dois tipos: um fino, para uso como combustível em lâmpadas e outro pesado, para fins lubrificantes".
- Em 1858, James William, perfurou um poço de oito metros no Canadá, sem obter sucesso.
- Em 1859, Edwin Drake, foi quem primeiro encontrou petróleo no mundo, perfurando um poço com profundidade de 21 metros e produção diária de 3.200 litros.
- Entre 1892 e 1896, foi feita primeira sondagem profunda no Brasil, em Bofete (SP), resultando apenas em água sulfurosa.
- Em 1917, foi iniciada a busca de petróleo na Amazônia.
- Em 1939, na cidade de Lobato (BA), surgiu petróleo.
- Em 03.10.53, se criou a Petrobrás.

B. ORIGEM

A palavra petróleo é latina: Petra (pedra) e Oleum (óleo).

- **Teoria Inorgânica:** o petróleo teria sido produzido no interior da Terra pela ação de elevada temperatura e pressão sobre minerais; o carbono e o hidrogênio teriam, então, se combinado formando os hidrocarbonetos constituintes do petróleo.
- **Teoria Vegetal:** matérias vegetais teriam sido cobertas por uma camada de material impermeável; o ar sendo excluído, a fermentação sobreveio e a lenta deterioração durante centenas de milhares de anos transformou a matéria vegetal em petróleo.
- **Teoria dos Animais Marinhos:** o petróleo teve origem de pequenos animais marinhos que na ausência de ar transformaram-se lentamente em petróleo. A maioria dos geólogos são favoráveis a esta teoria.

- ✓ Não fica excluída a simbiose das duas últimas teorias, como hipótese possível.

C. GEOLOGIA

Desde que o petróleo é de natureza orgânica, matéria orgânica, ou material que pode se transformar em matéria orgânica, o processo de transformação deve ser:

- a) Químico;
- b) Bactericida;
- c) Radioativo;
- d) ou combinação dos três processos.

A migração e a acumulação é fundamental no estudo do petróleo, sendo aceita a teoria "anticlinal" ou "estrutural", que estabelece que o óleo se origina nos folhelhos e, quando cresce a sobrecarga sobre eles, o petróleo é forçado a migrar para rochas mais permeáveis, já saturada de água .

Os requisitos geológicos fundamentais para as concentrações de água e óleo são simples: uma formação rochosa permeável e porosa, coberta por uma camada de rocha impermeável, contendo óleo ou gás, ou ambos, e sendo deformada ou obstruída de tal forma, que as duas espécies de rocha ficam interligadas .

➤ Formações geológicas típicas

- a) Anticlinal;
- b) Falha;
- c) Bolsão estratigráfico;
- d) Cúpula salina.

Obs.: O petróleo ocorre, principalmente, em rochas sedimentares marinhas.

➤ Classificação simples, baseada na origem das rochas

- a) Clásticas;
- b) Químicas e/ou Bioquímicas;
- c) Miscelânea.

As rochas são classificadas :

- a) Por seu principal constituinte acrescido de um adjetivo designando outro constituinte;
- b) Quanto a sua origem marinha ou não marinha;
- c) Quanto a sua idade geológica.

Na rocha reservatório de textura uniforme a distribuição de fluídos é determinada pelas suas densidades (gás-óleo-água).

O principal componente do gás natural é o metano (60 a 95% do total em volume).

Explorações preliminares dependem da Cartografias e Aerofotogrametria do local.

➤ Métodos geofísicos utilizados para determinação de bolsões comerciais.

- Sísmico
- Gravimétrico
- Magnetométrico
- Elétrico

1. Perfuração de Poços de Petróleo

- **Métodos de perfuração de poços de petróleo.**
 - a) **Sonda de percussão**, ainda usado em casos especiais;
 - b) **Perfuração giratória**, o mais empregado hoje em dia.
- ✓ **Equipamentos necessários para perfuração profunda em terra firme.**
 - Torre;
 - Talha de içar;
 - Mesa rotativa;
 - Bombas para lama de perfuração;
 - Conjunto motriz (motores);
 - Broca, que é a ferramenta de corte das rochas.

2. Produção de Petróleo

Raramente um único poço é suficiente para suprir as necessidades de consumo de uma região.

- **Para uma área ser economicamente produtora é necessário.**
 - Grande espessura das rochas matriz;
 - Amplas camadas reservatórios que acumulam o óleo;
 - Estruturas que permitam a concentração do óleo.
- 3. **Processo de Perfuração Rotativa**, exige a circulação de um fluido a fim de manter limpo o fundo do furo e a broca de perfuração, além de lubrificar a broca e evitar desmoronamentos nas paredes do poço. Consiste basicamente de:
 - 1) Uma fase líquida constituída por água;
 - 2) Uma fase coloidal, constituída por argilas, especialmente a bentonita, em partículas coloidais;
 - 3) Uma fase inerte, constituída por compostos de bário, destinada a aumentar o peso específico da mistura;
 - 4) Uma fase química, constituída por íons e substâncias que condicionam o comportamento das argilas coloidais.

D. COMPOSIÇÃO DO PETRÓLEO

Consiste basicamente de carbono (C) e hidrogênio (H) sob a forma de hidrocarbonetos.

- ✓ **A composição percentual aproximada dos constituintes do petróleo:**

| ELEMENTO QUÍMICO | PARTICIPAÇÃO (%) |
|------------------|------------------|
| Carbono | 81 – 88 |
| Hidrogênio | 10 – 14 |
| Oxigênio | 0,01 – 1,2 |
| Nitrogênio | 0,002 – 1,7 |
| Enxofre | 0,01 - 5 |

- Os hidrocarbonetos constituem, em geral, de 90 a 99% do óleo cru e cobrem toda a faixa de produtos, desde os gases leves, passando pelos numerosos componentes de gasolina, óleos combustíveis e lubrificantes, até ceras sólidas e asfalto.

E. REFINAÇÃO

É a combinação de tratamentos executados no petróleo para a obtenção dos produtos desejados.

➤ **Classificação**

- a) Operação de Separação
- b) Processos de Conversão
- c) Processos de Tratamento Químico

➤ **Operação de Separação**

- Destilação;
- Absorção;
- Adsorsão;
- Filtração;
- Extração por Solvente.

➤ **Processo de Conversão**, modifica a natureza química das moléculas.

- Cracking
- Polimerização
- Alquilação

Processos de Tratamento Químico, retiram os constituintes indesejáveis que estão presentes em pequenas quantidades ou os convertem em outros compostos cuja presença não seja prejudicial.

➤ **Estes métodos são combinados em uma refinaria, e dependem das:**

- a) Características e composição do cru a ser processado.
- b) Quantidades e especificações dos produtos a serem obtidos.

1) Quebra de Emulsão:

Serve para fazer a separação do petróleo, quando este se encontrar como emulsão de água e óleo. Pode ser feito através de:

Tratamento Químico, um aditivo desemulsificante é adicionado ao petróleo e remove o agente emulsificante na interface óleo-água e permite às gotículas de água unirem-se por coalescência e separem-se do óleo.

Tratamento Elétrico, a emulsão é aquecida para diminuir sua viscosidade, e é então submetida, ou a um campo elétrico alternativo para romper a película de óleo ao redor das gotículas de água, ou a um campo estacionário para abrigar as gotículas de água, que são negativamente carregadas, a migrarem e se unirem no eletrodo positivo.

2) Destilação

É o primeiro passo no processamento do óleo cru na refinaria. É a separação por destilação em frações de diversas faixas de pontos de ebulação. É baseada em diferença de volatilidade dos componentes, e é feita por sucessivas vaporizações e condensações. É feita em dois estágios:

- ✓ **Primeiro**, é processado em uma torre de fracionamento que opera a pressão atmosférica, onde são separados os combustíveis destilados e gasóleo.
- ✓ **Segundo**, o resíduo é enviado ao aquecedor de uma segunda torre que opera a uma pressão reduzida (torre de vácuo), que produz gasóleo e diversos cortes de óleo lubrificante.

3) Cracking

É a quebra das cadeias de muitos átomos de carbono, transformando-as em cadeias menores. Transforma produtos de baixo valor em produtos de maior valor, como, da faixa da gasolina.

- ✓ Cracking Térmico.
- ✓ Cracking Catalítico.

Obs.: A gasolina obtida por "cracking" catalítico possui um número de octanas superior é obtida por "cracking" térmico.

4) Polimerização

É a aglutinação dos produtos gasosos insaturados para formar moléculas de maior cadeia, visando obter produtos de maior valor. Podem ser:

- ✓ **Seletivo**, quando se parte a mistura de butenos (iso e normal) e obtém-se uma mistura de iso-octenos.
- ✓ **Não seletivo**, parte-se de uma mistura de olefinas de 2 a 4 átomos de carbono por molécula e o produto final é uma mistura de olefinas isômeras de 4 a 8 átomos de carbono por molécula.

➤ Tipos de Polimerização

- a) **Reforming**, é o cracking de nafta e tem por finalidade aumentar o número de octanas da gasolina.
- b) **Alquilação**, combina hidrocarbonetos gasosos leves em moléculas maiores, partindo de uma mistura de olefinas e isoparafinas.
- c) **Hidrogenação**, é a adição de hidrogênio a um hidrocarboneto não saturado.
- d) **Aromatização**, consiste em transformar hidrocarbonetos de cadeia aberta em hidrocarbonetos aromáticos.
- e) **Isomerização**, transforma parafina de cadeia aberta em parafina de cadeia ramificada.

F. OBTENÇÃO DOS ÓLEOS BÁSICOS

São obtidos de petróleo de composição variada, pertencentes a 3 (três) classes: Parafínicos, Naftênicos e Aromáticos.

➤ A escolha do tratamento depende:

- ✓ Natureza do cru;
 - ✓ Produtos desejados.
- a) **Destilação**, o cru é dessalgado e fracionado produzindo GLP, gasolina, nafta, querosene, diesel e cru reduzido.
 - b) **O cru reduzido**, é a carga para o sistema a vácuo, onde sob condições especiais, se obtém: spindle, neutros, bright, stock, cylinder stock e resíduos de vácuo.

✓ Tratamentos visando melhorar as características destas frações:

- a) **Extração por Solvente**, serve para retirar o asfalto e compostos similares.

Requisitos importantes dos solvente: a imiscibilidade com o óleo e que as substâncias indesejáveis sejam mais solúveis no solvente que o óleo.

- b) **Desparafinização**, serve para retirar a parafina por resfriamento, seguido de filtração.

Para facilitar a filtração adiciona-se antes do resfriamento um solvente, que é em seguida separado por destilação.

- c) **Hidrogenação**, visa estabilizar quimicamente, pela eliminação das múltiplas ligações, compostos de enxofre e nitrogênio.

d) **Adsorsão**, serve para remover impurezas através de tratamento com um sólido adsorvente argila natural.

✓ **adsorvente pode ser aplicado por :**

- **Percolação**, o óleo é previamente aquecido e circula através de uma torre cheia com adsorvente granular.
- **Contato**, quando o adsorvente, em finos grãos, é misturado e agitado com o óleo sendo posteriormente removido por filtração.

I. ÓLEOS LUBRIFICANTES

A. INTRODUÇÃO

- 1) Óleos Minerais;
- 2) Óleos Graxos (orgânicos);
- 3) Óleos Compostos;
- 4) Óleos Sintéticos.

B. ÓLEOS MINERAIS

São obtidos do petróleo e, consequentemente, suas propriedades se relacionam à natureza do óleo cru que lhes deu origem e ao processo de refinação empregado.

1. **Compostos da Série Parafínica** (alcanos): metano, etano, propano, butano, isobutano.
2. **Série Nafténica** (cicloparafinas): ciclopropano, ciclo butano, metil-ciclopropano.
3. **Olefinas**: etileno, propileno.
4. **Aromáticos**: benzeno, tolueno, ortixileno.

- O petróleo de base parafínica praticamente não contém asfalto, enquanto os de base naftênica (asfáltica) não contém parafina.
- Quando apresentam proporções de asfalto e parafina, são classificados como de base mista, sendo constituído por hidrocarbonetos parafínicos, naftênicos e aromáticos.
- Os óleos em função de sua origem, podem ser mais indicados para determinados fins.
- Os óleos aromáticos não são adequados para fins de lubrificação.

C. ÓLEOS GRAXOS

Foram os primeiros a serem usados, hoje foram praticamente substituídos pelos minerais, que além de mais baratos, não sofrem hidrólise, nem se tornam ácidos ou corrosivos pelo uso.

A única vantagem, é a sua capacidade de aderência à superfície metálica, e sua principal desvantagem, é a inexistente resistência à oxidação, tornando-se ranhosos e formando gomas.

D. ÓLEOS COMPOSTOS

São óleos graxos adicionados aos minerais, em proporções de 1 a 30%. O objetivo da mistura, é conferir maior oleosidade ou maior facilidade de emulsão em presença de vapor d'água.

E. ÓLEOS SINTÉTICOS

Obtidos por síntese química, foram desenvolvidos para atender necessidades industriais especiais. Estão aptos a suportar as condições mais adversas possíveis, principalmente as militares.

1) Ésteres de Ácidos Dibásicos

➤ **Vantagens**

- superiores aos óleos de petróleo na relação viscosidade-temperatura;
- menos voláteis que os óleos minerais;
- alto poder lubrificante;
- boa estabilidade térmica;
- boa resistência à oxidação;
- não são corrosivos para metais.

➤ **Desvantagens**

- acentuado efeito solvente sobre borrachas, vernizes e plásticos.

➤ **Utilização**

- motores a jato;
- óleos hidráulicos especiais;
- óleos para instrumentos delicados.

2) Ésteres de Organofosfatos

➤ **Vantagens**

- alto poder lubrificante;
- não são inflamáveis como os óleos minerais;
- baixa volatilidade;
- relação viscosidade-temperatura melhor que os óleos minerais;
- boa resistência à oxidação;
- estabilidade térmica satisfatória até 150°C.

➤ **Desvantagens**

- tem tendência a hidrolisar, podendo formar ácidos fosfóricos corrosivos.

➤ **Utilização**

- fluidos hidráulicos onde a resistência ao calor é importante;
- lubrificantes de baixa temperatura.

3) Ésteres de Silicatos

➤ **Vantagens**

- baixa volatilidade;
- boa relação viscosidade-temperatura.

➤ **Desvantagens**

- Estabilidade térmica e hidrolítica deixam a desejar;
- formam depósitos abrasivos a temperaturas superiores a 200°C;
- na presença de água, os silicatos se decompõem formando um gel e sílica abrasiva.

➤ **Utilização**

- fluidos de transferência de calor;
- fluidos hidráulicos de alta temperatura;
- constituintes de graxas especiais de baixa volatilidade.

4) Silicone

O nome de silicone é empregado para designar fluidos que são polímeros de metil-siloxano, ou de fenil-siloxano ou de metil-fenil-siloxano.

➤ **Vantagens**

- aumento do teor de fenil, aumenta a estabilidade ao calor;
- a relação viscosidade-temperatura é superior a de todos os sintéticos;
- baixa volatilidade;
- boa estabilidade térmica e hidrolítica;
- lubrificante similar aos dos óleos minerais para cargas moderadas e médias.

➤ **Desvantagens**

- aumento do teor de fenil, diminui o Índice de Viscosidade, embora permanecendo sempre acima do nível dos óleos de petróleo;
- varia muito em função dos tipos de metais, para cargas pesadas;
- custo muito elevado;
- oxidação em elevadas temperaturas, provoca a formação de gel.

➤ **Utilização**

- bom desempenho em munhões de aço contra mancais de zinco, bronze, nylon, cromo e cádmio.

5) Compostos de Ésteres de Poliglicol

➤ **Vantagens**

- excelente relação viscosidade-temperatura;
- superam os óleos minerais em baixa volatilidade, estabilidade térmica, resistência à inflamação e poder lubrificante;
- podem ser melhorados por aditivos antioxidantes;
- produtos da oxidação, não formam borra.

➤ **Desvantagens**

- baixa resistência à oxidação;
- existem compostos em diferentes viscosidades, solúveis ou não em água.

➤ **Utilização**

- diversas aplicações;
- fluidos hidráulicos especiais.

F. CARACTERÍSTICAS DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES

- ✓ A performance do lubrificante está ligada à sua composição química, resultante do petróleo bruto, do refino, dos aditivos e do balanceamento da formulação.
- **Análise Típica**, é um conjunto de valores que representa a média das medidas de cada característica.
- **Especificação**, é o conjunto de faixas de tolerâncias e limites de enquadramento de cada fabricação.
- **Ensaios de Laboratório**, simulam as condições de aplicação do lubrificante, sem entretanto garantir um bom desempenho em serviço.

1. Viscosidade

É a propriedade que determina o valor de sua resistência ao cisalhamento. É devida à interação entre as moléculas do fluido.

- Viscosidade Absoluta** (dinâmica) de um líquido newtoniano, é a força tangencial sobre a área unitária de um dos dois planos paralelos separados de uma distância unitária, quando o espaço é cheio com o líquido, e um dos planos se move em relação ao outro com velocidade unitária no seu próprio plano.
- Líquido Newtoniano** (simples) é aquele no qual o grau de cisalhamento é proporcional à tensão de cisalhamento.
- Densidade**, é o peso no vácuo (massa) do volume unitário de material na temperatura estabelecida.
- Viscosidade Saybolt Universal**, é o tempo de escoamento em segundos de 60 ml de amostra fluindo de um orifício Universal, calibrado sob condições específicas.
- Viscosidade Saybolt Furol**, é o tempo de escoamento em segundos de 60 ml de amostra fluindo de um orifício Furol, calibrado sob condições específicas.
- Escoamento Newtoniano**, é caracterizado pelo líquido no qual o grau de cisalhamento é proporcional à tensão de cisalhamento.

Obs.: A viscosidade de um óleo é inversamente proporcional à sua fluidez.

- Viscosímetro Cinemático**, é basicamente constituído por um tubo capilar de vidro, cujo diâmetro é determinado para cada gama de viscosidades e se relaciona ao tempo T de escoamento do líquido entre duas referências por uma constante

Relações de viscosidade-temperatura

A equação de Walther é empregada para uma gama considerável de óleos.

V = viscosidade cinemática em centistokes (Cs)

T = Temperatura absoluta

A e B = constantes para um dado óleo

K = constante universal

K = 0,8 para V menor que 1,5 centistokes

K = 0,6 para V maiores que 1,5 centistokes

- ✓ Diversos métodos têm sido propostos para exprimir a variação de viscosidade com relação à temperatura, entre eles temos:
 - 1) altura do polo de viscosidade.
 - 2) inclinação da curva ASTM.
 - 3) índice de viscosidade.
- ✓ **Índice de Viscosidade**, é um número adimensional que descreve uma característica de viscosidade-temperatura dos óleos.

2. Misturas de óleos

Pode se misturar qualquer proporção, para a formação de um outro óleo, somente separáveis por processo de destilação. A finalidade é conhecer a viscosidade da mistura.

3. Grau API

É uma escala convencional, função matemática da densidade relativa. Óleos parafínicos possuem densidade em torno de 0,87, enquanto os naftênicos possuem acima de 0,9.

4. Ponto de Fluidez

Também chamado de ponto de gota ou ponto de congelamento, vem a ser a temperatura máxima na qual o óleo flui. É expresso em °F, e é sempre múltiplo de 5.

Só interessa no emprego de lubrificantes para máquinas frigoríficas.

5. Ponto de Fulgor

É a menor temperatura na qual o vapor desprendido pelo óleo, em presença do ar, se inflama momentaneamente, ao lhe aplicar uma chama, formando um lampejo. Óleos com ponto de fulgor inferior a 150°C não devem ser empregados em lubrificação. Depende da volatilidade dos constituintes mais voláteis. Óleos de mesma série e do mesmo tipo de cru, o mais viscoso possui ponto de fulgor mais elevado.

6. Ponto de Combustão

É a temperatura na qual os vapores de óleo se queimam de modo contínuo durante um mínimo de 5 segundos. Normalmente ocorre de 22 a 28°C acima do Ponto de Fulgor.

7. Ponto de Auto-inflamação

É a temperatura na qual o lubrificante se inflama espontaneamente, sem o contato de chama. É uma temperatura muitíssima elevada.

8. Resíduos de Carbono

Calcula-se um índice da quantidade de resíduos que o óleo poderia deixar nos motores de combustão interna ou em outra máquinas, quando submetido à evaporação sob elevada temperatura.

Os óleos de origem naftênica, produzem menor quantidade de resíduos que os parafínicos, motivo de gozarem de certa preferência para emprego em compressores.

Os óleos refinados por extração de solvente, apresentam menores resíduos de carbono, que os refinados por qualquer outro processo.

9. Cor

Carece de importância prática, salvo para o fabricante controlar a uniformidade do produto. No entanto, supõe-se que os óleos do mesmo tipo, o mais claro possui menor viscosidade.

Óleos parafínicos apresentam por luz refletida, fluorescência verde, enquanto que os naftênico dão reflexo azulado. A cor pode ser facilmente mudada, pela adição de corantes.

10. Cinzas

Resultante da queima completa de uma amostra de óleo, indica a quantidade de matéria inorgânica presente.

Nos óleo usados, as cinzas resultam da soma da parcela oriunda dos aditivos, mais as provenientes dos contaminantes.

A existência de aditivos detergentes "ashless" no óleo, faz com que ele não deixe cinzas.

11. Número de Precipitação

Indica o volume de matérias estranhas existentes no óleo lubrificante.

Em óleo sem uso, indica o grau de refinação do produto, pois os compostos asfálticos indesejáveis são insolúveis em nafta leve de petróleo, se separando por meio de centrifugação.

Nos óleos usados, revela o conteúdo de partículas sólidas em suspensão, indicando a contaminação com matérias estranhas.

12. Número de Neutralização

Indica o grau de acidez ou alcalinidade do óleo.

Os óleos minerais puros possuem este valor inferior ao dos óleos aditivados. No controle dos óleos usados é útil verificar a variação do seu valor, uma vez que em trabalho, tendem a acumular produtos ácidos, resultante de sua própria combustão ou deterioração.

13. Número de Saponificação

É um índice que indica a quantidade de gordura ou de óleo graxo, presente em um óleo mineral composto.

14. Número de Emulsão

É o tempo, em segundos, que uma amostra de óleo leva para se separar da água condensada proveniente de uma injeção de vapor.

Índice de Demulsibilidade Herschel, medido em centímetros cúbicos por hora, expressa a rapidez com que o óleo se separa de determinada emulsão padrão, às temperaturas de 55 ou 82 °C.

Em geral os óleos que oferecem menor resistência à emulsão são os de maior acidez, no entanto, apresenta maior resistência de película.

Óleos oxidados se emulsionam mais facilmente que os óleos novos.

15. Ponto de Anilina

É a temperatura mais baixa na qual partes iguais, em volume, de uma amostra de um produto do petróleo em ensaio, e de anilina recém destilada, permanecem em solução equilibrada. Serve para orientar a presença de produtos aromáticos, num óleo lubrificante ou num solvente.

No lubrificante, é uma característica indesejável, pois indica uma tendência em atacar peças de borracha.

Nos solventes, tem grande valor, quanto maior sua presença, maior será a capacidade de dissolver certas gomas, lacas, pigmentos e vernizes, empregados na indústria de tinta e cera.

É de grande importância nas especificações de fluidos para freios, visando proteger as peças de borracha.

16. Corrosão

Coloca-se uma lâmina de cobre sob a ação do óleo em temperatura elevada (100°C), por um certo período de tempo (3h). A lâmina sofre mudança de cor, que é comparada numa escala.

17. Insolúveis

É ensaiado com dois produtos.

Em Pentano, indica as resinas provenientes da oxidação do óleo e matérias estranhas.

Em Benzeno, representa apenas os contaminantes externos.

A diferença dá os produtos da oxidação.

Considerar que os insolúveis em benzeno incluem compostos de chumbo oriundos do combustível, por isso óleos usados em motores à gasolina, possuem valor muito maior que o do diesel.

18. TAN e TBN

TAN é a medida da quantidade de ácido, em miligrama de KOH, necessária para neutralizar todos os componentes ácidos até o PH = 11, de uma grama de óleo.

TBN é a medida da alcalinidade, em miligrama de KOH, equivalente ao ácido clorídrico gasto para titular até o PH = 4, de um grama do óleo.

19. Teste Mata Borrão

Maneira rápida, porém imprecisa, e de difícil interpretação, para se fazer à avaliação da acidez, poder dispersante e presença de água, em óleos usados.

20. Análise Espectrográfica

Procede-se a combustão de uma quantidade de amostra de óleo. A cinza resultante é misturada a um padrão normalizado, como carbonato de lítio, e uma pequena quantidade de mistura, é colocada em um dos eletrodos de uma lâmpada de arco, fotografando-se o espectro resultante.

✓ **É possível determinar a quantidade de diversos elementos, como:**

- 1) Sílica, constitui um índice de pó produzido pelo ar.
- 2) Ferro, revela o desgaste dos anéis e das camisas de um motor ou de engrenagens.
- 3) Estanho, chumbo, cobre ou prata, revela desgaste de mancais.
- 4) Alumínio, demonstra desgaste de pistões.
- 5) Cromo, constitui um indício de desgaste, das camisas de cilindros cromadas.

G. ADITIVOS

São compostos químicos que adicionado aos óleos básicos, reforçam algumas de suas qualidades ou lhes conferem novas ou eliminam propriedades indesejáveis.

➤ **Classificam-se em dois grupos:**

- 1) aqueles que modificam certas características físicas
Ex.: Ponto de Fluidez, Espuma e IV.
- 2) aqueles cujo efeito final é de natureza química.
Ex.: Inibidores de Oxidação, Detergentes, Agentes EP

1. Propriedades de Extrema Pressão - EP

Interessante campo de pesquisa e aplicação de aditivos. Usados em lubrificação limítrofe extrema, como exemplo, em engrenagens hipoidais, que possuem indiscutíveis vantagens mecânicas, mas severas exigências de lubrificação, causadas por elevadas cargas e velocidades de deslizamento.

a. Métodos de Testes para Lubrificação EP

Todos são similares em seus princípios, e consistem em fazer atuar uma carga crescente sobre duas superfícies em movimento, lubrificadas pelo produto que está sendo testado.

- 1) **Timken**, um bloco de aço é pressionado contra um anel cilíndrico de aço rotativo durante dez minutos. A carga com a qual não ocorre gripamento é anotada.
- 2) **Almen**, um eixo cilíndrico gira num mancal de bucha fundida pressionado contra o eixo. São acionados, a intervalos de 10 segundos, pesos de duas libras.
- 3) **Falex**, um eixo cilíndrico gira entre dois mancais duros em forma de V que são pressionados crescentemente contra o eixo no qual ocorre o desgaste.
- 4) **Fourball**, uma esfera de aço de 1/2 pol. gira em contato com três esferas similares fixas.
- 5) **SAE**, dois cilindros giram em velocidades diferentes, pressionados um contra o outro.

b. Tipos de Aditivos EP

- 1) Compostos orgânicos contendo oxigênio.
- 2) Compostos orgânicos contendo enxofre, ou combinações contendo oxigênio e enxofre.
- 3) Compostos orgânicos contendo cloro.
- 4) Compostos orgânicos contendo cloro e enxofre, ou misturas de compostos de cloro e compostos de enxofre.
- 5) Compostos orgânicos contendo fósforo.
- 6) Compostos orgânicos contendo chumbo.

Num jogo de engrenagens, a película de óleo se torna progressivamente mais fina. O desgaste abrasivo cresce com o aumento da carga, provocando a junção (solda) de porções das duas superfícies, seguida de arrancamento de partículas de metal. Os produtos de reação reduzem o atrito e evitam o gripamento.

As temperaturas são muito elevadas e as reações entre os ingredientes do lubrificante e o metal, se processam de maneira muito rápida.

✓ **desempenho de um lubrificante depende:**

- da composição do metal das superfícies de contato.
- da composição do óleo.
- das condições às quais está sujeito.

2. Aditivos para óleos de Engrenagens

- a) Para reduzir os efeitos do atrito

- 1) antidesgastante e EP
 - 2) agentes antiespumantes

- b) Remoção de Calor

- 1) antioxidantes
 - 2) antiespumantes

- c) Contenção de contaminantes

- 1) antiferruginosos
 - 2) antioxidantes

- ✓ Os aditivos devem ser controlados para só entrarem em atividade, quando as condições de pressão e temperatura o exigirem.

3. Aditivos para óleos do motor

a) Detergentes

São compostos químicos que possuem a propriedade de reduzir ou impedir a formação de depósitos nos motores operados a temperaturas elevadas.

- 1) Sulfonados;
- 2) Fosfonatos e/ou Tiofosfonatos;
- 3) Fenatos;
- 4) Silicatos alcoil-substituídos.

b) Dispersantes

Possuem a propriedade de dispersar a borra formada nos motores operados a temperaturas baixas.

- 1) Copolímeros;
- 2) Polímeros de Hidrocarbonetos;
- 3) Alquemil succinimidas;
- 4) Amidas e Poliamidas;
- 5) Ésteres e Poliésteres;
- 6) Sais de aminas.

✓ **Atuação do aditivo detergente-dispersante.**

- como dispersante, evita que os produtos oxidados do óleo e de outros compostos insolúveis, se depositem nas superfícies metálicas;
- como detergente, remove os depósitos;
- em reação química, elimina a formação de material insolúvel no óleo;
- como neutralizante dos produtos de oxidação ácida.

4. Outros Aditivos

a. Melhoradores do Índice de Viscosidade

São polímeros de estrutura linear, e suas massas moleculares estão na faixa de 1.000 a 20.000 e seus radicais variam de 15 a 18 átomos de carbono.

✓ **Os compostos químicos normalmente usados são:**

- a) Poliisobutenos;
- b) Polimetacrilatos;
- c) Copolímeros de vinil-acetato;
- d) Poliacrilatos;
- e) Poliestirenos alcoilados.

✓ **Os efeitos produzidos dependem de fatores como:**

- Natureza dos óleo básico;
- Massa molecular do aditivo;
- Constituição do polímero;
- Cisalhamento no motor;
- Concentração do aditivo.

O óleo básico atua pelo poder solvente sobre o aditivo, sendo que a solubilidade aumenta com a elevação da temperatura, respeitando certos limites quanto à temperatura.

✓ **A forma do polímero dissolvido apresenta-se :**

- **Contraída**, se observa no óleo de baixo poder dissolvente. As moléculas do polímero se atraem mutuamente e a viscosidade pouco aumenta.
- **Descontraída**, se observa no óleo de alto poder solvente. As moléculas do polímero se envolvem em um novelo solubilizado, podendo se desenrolar e aumentar seu volume, aumentando assim, a viscosidade.

A temperatura influí no poder de solvência do óleo. Na forma **contraída**, a elevação da temperatura aumenta a viscosidade, enquanto na **descontraída**, a temperatura diminui a viscosidade, diminuindo o efeito espessante.

Óleos minerais puros suportam cisalhamentos bem severos sem variar sua viscosidade, não acontecendo o mesmo com os óleos que recebem estes aditivos, pois são fluidos não newtonianos de grande sensibilidade mecânica ao cisalhamento.

b. Antioxidantes

São compostos que reduzem os peróxidos orgânicos, como por exemplo os: sulfetos, dissulfetos, sulfóxidos, fosfitos, amenas, fenóis, celenetos e ditifosfatos de zinco.

A **oxidação** é explicada como uma reações em cadeia, que formam peróxidos orgânicos, que agem como quebradores de cadeia, produzindo produtos estáveis que não atuam em seguida como passivador do metal.

O grau de oxidação é função da temperatura, tempo de oxidação, catalisador, contato com o ar e as próprias características intrínsecas do lubrificante.

c. Inibidores de Oxidação

São aditivos que protegem superfícies metálicas não ferrosas, formando um composto que atua como película protetora.

- ✓ Para a proteção de superfícies metálicas ferrosas são usados antiferruginosos ou inibidores de ferrugem, tipo:
 - a) Ditiofosfatos metálicos, especialmente diorganoditiofosfato de zinco;
 - b) Ditiocarbonatos metálicos, especialmente os de zinco;
 - c) Terpenos sulfurados, como o dipentano sulfurado;
 - d) Terpenos fosfo-sulfurados, como terebintina tratada em pentassulfeto de fósforo.

d. Abaixadores do Ponto de Fluidez

Formam uma película protetora na superfície dos cristais de parafina, protegendo contra a adesão e os mantendo separados, evitando a formação de uma estrutura que possa prender o óleo e provocar grande resistência ao escoamento.

- ✓ Se enquadram nos seguintes tipos de polímeros:

- a) polimetacrilatos;
- b) poliacrilamidas;
- c) produtos de condensação Friedel-Crafts de parafina clorada com naftaleno;
- d) produtos de condensação Friedel-Crafts de parafina clorada com fenol;
- e) Copolímeros de vinil carboxilato-dialcoulfumaratos.

H. BLENDING

O fator mais importante na tecnologia dos lubrificantes é a exigência da presença balanceada dos compostos químicos. É comum na sua formulação, vários aditivos atenderem a inúmeras características, existem casos também, de um aditivo atender a uma única característica.

Cinergismo, quando aditivos são combinados e o efeito final é maior que a soma das ações individuais. Depende das condições e influências sob as quais são usados. Anticinergismo, caso contrário.

1) Produção

- os óleos básicos, por questões econômicas não podem atender a todas as faixas de viscosidade, a solução é a mistura deles.
- a escolha e determinação dos aditivos para proporcionar a performance desejada, a um menor custo, requer experiência, um excelente laboratório de pesquisa e teste de campo.

Planta de Mistura e Envazamento, é um unidade industrial que permite processar a mistura dos óleos básicos com os aditivos. Consiste em homogeneizar os componentes em um tacho, através da agitação provocada pelo borbulhamento de ar pelo seu fundo. O aditivo é previamente desidratado.

- ✓ Deve satisfazer os seguintes requisitos:

- a) minimização do custo operacional;
- b) minimização do custo de mão-de-obra;
- c) maximização da flexibilidade operacional;
- d) maximização da segurança;
- e) planejamento de expansão;
- f) funcionalidade da estocagem e da distribuição;
- g) completo laboratório de controle de qualidade.

Planta de Mistura Automática, consiste de um sistema pneumático que comanda eletronicamente a vazão de cada componente, o que permite instantânea compensação ou corte, a qualquer variação de vazão de qualquer componente.

- ✓ O processo é feito automaticamente e em tipos fundamentais de embalagens.
 - ❑ Latas (1 e 5 litros) para atender Postos de Serviço e Revendedores.
 - ❑ Baldes (20 litros) para consumidores frotistas.
 - ❑ Tambores (200 litros) para grandes consumidores.

As **latas** são envasadas em equipamentos automáticos, enquanto os **baldes** e **tambores** utilizam o processo de balança automática, para garantir a uniformidade pelo peso.

I. GRAXAS LUBRIFICANTES

- ✓ É uma combinação semi-sólida de produtos de petróleo e um sabão ou mistura de sabões, adequada para certos tipos de lubrificação.

Atualmente com os produtos disponíveis do mercado, obrigaram a ampliar o conceito de graxa.

- ✓ É a combinação de um fluido com um espessante, resultando em um produto homogêneo com qualidades lubrificantes.

Graxa = Engrossador + Líquido lubrificante + Aditivo

- Empregadas nos pontos onde os óleos não são eficazes e quando for conveniente formar um selo protetor.
- Amolecem em serviço, mas se recuperam quando deixadas em repouso.
- O consumo representa apenas 5 a 10% do gasto dos óleos lubrificantes.
- Os engrossadores utilizados, não diferem dos sabões de lavar roupa.
- Obtidos pela reação química entre ácido graxo (sebo) e produto alcalino tipo: cal virgem (sabão de cálcio), soda cáustica (sabão de sódio) ou hidróxido de lítio (sabão de lítio).
- ✓ Basicamente o equipamento para manufaturar graxa consiste de:
 - **Autoclave**, com aquecimento por circulação de óleo, onde é fabricado o sabão.
 - **Tacho aberto**, com agitadores mecânicos, onde se mistura o sabão com óleo.
 - **Homogeneizador**, em geral do tipo moinho ou o mais eficiente anel de impacto, onde é homogeneizado o produto final.
 - **Acessórios**: filtros moedores e o desaerador (torre de vácuo).

1. Composição da Graxa

- a. Espessante
 - 90%, são sabões metálicos.
 - 5%, é argila modificada (bentonita).
 - 5%, aerogel de sílica, tintas, pigmentos, negro-de-fumo, fibras, gomas, resinas, sais orgânicos e inorgânicos.
- b. Fluidos Lubrificantes
 - 70%, são óleos minerais lubrificantes de viscosidade superior a 100 SUS a 100°F, podendo ser maior que 125 SUS a 210°F.

- 10%, são óleos minerais leves, como "spindle oil", "signal oil", "transformer oil", e querosene, diesel e "gasoil".
- 10%, são constituintes fluidos, de asfalto, petrolatos ou ceras minerais.
- 10%, são constituídos por óleos sintéticos, como:
 - 20%, óleos de silicone.
 - 30%, ésteres de ácidos dibásicos.
 - 50%, polialquíleno glicol, éster de fosfato, fluorocarbono, difenil, difenil clorado, silicone clorado e éter polialquifénil.

2. Vantagens da Utilização da Graxa

a. Em mancais de rolamento

- boa retenção;
- lubrificação instantânea na partida;
- mínimo de vazamentos;
- permite uso de mancais selados;
- elimina contaminação;
- permite operação em várias posições;
- requer aplicações menos freqüentes;
- baixo consumo.

b. Em mancais de deslizamento

- boa retenção;
- resiste ao choque;
- permanece onde necessário nas partidas e operações intermitentes.

c. Em engrenagens

- boa retenção, principalmente em engrenagens abertas;
- resiste à ação de remoção proveniente da força centrífuga;
- resiste à pressão de carga.

3. Características das Graxas

A performance depende do:

- Tipo de Sabão;
- Método de fabricação;
- Aditivos;
- Líquido lubrificante utilizado.

e. **Consistência**, é medida por meio de um método que consiste em se fazer um cone padrão penetrar (penetrômetro), durante certo período de tempo, a uma temperatura de referência determinada (25°C), em uma amostra de graxa. A penetração é medida em milímetros.

A amostra deve ser previamente preparada (**amostra trabalhada**), quando a graxa é submetida, antes do ensaio, a pelo menos 60 golpes em um aparelho padronizado.

Amostra não-trabalhada, quando a amostra não é preparada.

- Graxas mais duras e de menor penetração, recebem numero NLGI maiores.
- Existem graxas que não se enquadram em nenhum número NLGI e as graxas em bloco, mais duras que a número 6, são empregadas em grandes mancais, tipo fornos de fabricação de cimento, por meio de gotejamento.

f. **Viscosidade Aparente**, é a relação entre a tensão de cisalhamento e o grau de cisalhamento (gradiente de velocidade). Quanto maior o grau de cisalhamento, menor a viscosidade aparente, que varia em função da temperatura.

✓ **Fatores que afetam a viscosidade aparente:**

- a) viscosidade do fluido;
- b) processo de fabricação;
- c) estrutura e concentração do engrossador.

g. **Ponto de Gota**, indica a temperatura em que o produto se torna fluido. Apresentam valores bastante distintos, pois dependem do agente engrossador:

| TIPO DE SABÃO | PONTO DE GOTAS (°C) |
|--|---------------------|
| • Graxa de cálcio | 70 – 120 |
| • Graxa de sódio | 120 – 200 |
| • Graxa de alumínio | 70 – 110 |
| • Graxa de bário | 180 – 260 |
| • Graxa de lítio | 180 – 250 |
| • Graxa de cálcio-chumbo (complexo) | 180 – 300 |
| • Graxa especial de argila, sílica, grafita, bisulfeto de molibdênio | 260 ou mais |

d. **Resistência ao Cisalhamento**, é a variação de penetração trabalhada de uma graxa, após o rolamento.

e. **Separação do óleo durante a armazenagem**, indicação aparente de qualidade do produto. Uma amostra de graxa em repouso no período de 30 a 50 horas, não deve separar o óleo em quantidade nunca superior a 5% em peso, em relação à graxa inicial.

f. **Estabilidade à Oxidação**, as graxas estão sujeitas à oxidação, sendo que sua velocidade, é proporcional a temperatura do ar ambiente.

g. **Capacidade de Carga**, é importante para a caracterização da EP. É medida pelos equipamentos *Almen*, *Four-Ball*, *Falex*, *Timken* e SAE, sendo que o valor indicado corresponde a maior pressão que as peças em movimento podem suportar.

h. **Ação de Lavagem pela Água**, sua resistência tem grande importância onde existe a possibilidade de contaminação pela água. É medida em duas temperaturas: 100°F e 175°F.

i. **Bombeabilidade**, é a capacidade de fluir de uma graxa pela ação do bombeamento.

- ✓ Fatores que afetam a bombeabilidade
- a) viscosidade do óleo mineral;
 - b) consistência NLGI;
 - c) tipo do engrossador.

4. Tipos de Graxas, de acordo com a base do sabão metálico empregado.

a) Graxa de Cálcio

- **Vantagens**

- Resistência à água, podendo uma pequena percentagem de água ser usada como estabilizante. Fibra muito curta e textura amanteigada.

- **Desvantagens**

- Acima de 70°C, pode haver separação do sabão e óleo.

- Não recomendada para elevadas pressões e altas temperaturas.
- **Uso**
 - largamente empregadas em copos e pistolas para lubrificação de mancais de bucha operando a temperaturas normais e cargas médias.
 - em chassis, podendo ter um agente de adesividade.

b) Graxa de Sódio

- **Vantagens**
 - boa resistência ao calor, usada até 90/120°C, algumas vezes até mais.
 - ponto de gota, fica em torno de 175°C.
 - resistente à ferrugem.
- **Desvantagens**
 - não resiste a água.
 - bombeabilidade em geral, inferior às de cálcio.
 - textura fibrosa, podendo ser amanteigada, dependendo da fabricação.
- **Uso**
 - mancais de buchas e outras superfícies deslizantes (fibras longas).
 - mancais de rolamentos (fibras curtas).

c) Graxa de Alumínio

- **Vantagens**
 - boa resistência à água.
 - muito boa adesividade natural.
 - ótima aparência, o que as recomenda ao consumidor.
- **Desvantagens**
 - não recomendada para altas temperaturas.
 - quando quentes se tornam gomosas, ficando impróprias para uso.
 - bombeabilidade regular.
- **Uso**
 - muito usadas, em chassis.

d) Graxa de Lítio

- **Vantagens**
 - múltipla aplicação.
 - boa resistência ao calor e a água;
 - boas características de bombeamento.
 - ponto de gota em torno de 180°C.
 - adequadas para funcionamento entre -70°C e 150°C.
 - apresentam boas qualidades de extrema pressão (EP).
 - ótima estabilidade mecânica
- **Desvantagens**
 - não resistente à ferrugem, a não ser quando convenientemente aditivada.
 - apresenta tendência à separação do óleo, quando submetido a altas pressões.
- **Usos**
 - aplicação múltipla.

e) Graxas de Complexo de Cálcio e Chumbo

- **Vantagens**
 - grande versatilidade de aplicações.
 - possui elevado ponto de gota e boa resistência ao calor.
 - propriedades EP e resistência à água.

▪ **Desvantagens**

- quando formuladas com teor de sabão elevado, engrossam em uso.
- tendem a exsudar, quando submetidas à pressão.
- tende a engrossam, quando cisalhadas, contaminadas com a água e, mesmo em estocagem adequada, se houver calor excessivo.
- não são solúveis no óleo, possibilitando incêndio na lubrificação centralizada dos laminadores, o que não acontece com a de lítio.

f) Graxa Grafitada

▪ **Vantagens**

- empregada em temperaturas elevadíssimas e pressões muito severas;
- evitam o grimpamento de roscas.

▪ **Desvantagens**

- alto custo.

▪ **Uso**

- moldes de fabricação de vidros.
- tubos de perfuração de poços, onde recebem adição de pó de zinco.

Obs.: Outro lubrificante sólido, é o bissulfeto de molibdênio.

g) Graxas Sem Sabão

Argilas modificadas (bentonita tratada) ou sílica-gel, são os espessantes empregados. São passados em moinhos a fim de se obter partículas micrométricas que formem gel com o óleo. É necessária, a incorporação de um agente de ligação, a fim de evitar quebra estrutural em presença de água.

▪ **Vantagens**

- excelente resistência à água.
- ótima proteção contra desgaste.
- muito boa resistência ao calor (ponto de gota ao redor de 400°C).
- grande estabilidade mecânica.
- boas características antidesgaste.

▪ **Desvantagens**

- não oferecem proteção contra corrosão, a não ser se convenientemente aditivada.
- devem ser formuladas com óleos viscosos.
- quando formulados com óleo fino, tende a se separar sob pressão, e a graxa queima com facilidade.
- não possui boa bombeabilidade.
- tendência à irreversibilidade quando submetida a aquecimento e resfriamento.
- possui o dobro do custo, das graxas comuns.

h) Aditivos para Graxas (químicos)

- a. **Inibidores de Oxidação**, como certas aminas complexas, são empregados, especialmente nas graxas para lubrificação permanente de mancais de rolamento.
- b. **Agentes EP**, compostos orgânicos clorados ou fosforizados, óleos ou gorduras sulfurizados e sabões de chumbo, como naftenato de chumbo.
- c. **Adesividade**, pode ser incrementada pela adição de látex líquido ou polímeros lineares de alto peso molecular, como é o caso do poli-iso-butíleno.

J. COMPOSIÇÕES BETUMINOSAS E LUBRIFICANTES SÓLIDOS

São lubrificantes de elevada aderência, formulados a base de misturas de óleos minerais com asfalto. Normalmente são aplicados com aquecimento prévio ou diluídos em solvente leve não inflamável, podendo neste último caso, ser aplicado a frio.

Grande campo de aplicação, são as engrenagens abertas.

✓ Lubrificantes sólidos

▪ Características que possuem.

- forte aderência a metais.
- pequena resistência ao cisalhamento.
- estabilidade em altas temperaturas.
- quimicamente inerte.
- elevado coeficiente de transmissão de calor.

✓ Classificação

1) **Sólidos Laminares**, pertencem a esta categoria a grafita, dissulfeto de molibdênio, dissulfeto de tungstênio, mica, talco, sulfato de prata e bórax.

▪ **Grafita**, é o mais comum. É constituída por carbono na forma cristalina, mas é possível sua obtenção partindo-se do carvão antracitoso e coque de petróleo, em fornos especiais. É satisfatória até a temperatura de 370°C, acima da qual passa a sofre oxidação do ar. Atende a lubrificação de moldes de vidro.

▪ **Dissulfeto de Molibdênio (MoS₂)**, é obtido da natureza, extraído da molibdenita. Tem aparência de pó preto, brilhante. É recomendada até 400°C, acima da qual sofre considerável oxidação. Também tem grande aderência às superfícies metálicas, usado como agente EP.

2) **Compostos Orgânicos**, são formados pelas parafinas, ceras e pastas especiais, além de sabão, gorduras e diversos plásticos. Usados em estampagem e trefilação.

II. PRINCÍPIOS BÁSICOS DE LUBRIFICAÇÃO

A. ATRITO

É a resistência ao movimento, entre duas superfícies que se movem uma em relação à outra.

Em alguns casos, é necessário e útil, como nos sistemas de freio. Em outros, é indesejável, porque dificulta o movimento e consome energia motriz, sem produzir o correspondente trabalho.

✓ Tipos de atrito:

a) **Sólido**, quando há contato de duas superfícies sólidas entre si.

- Deslizamento, quando uma superfície se desloca diretamente em contato com outra.
- Rolamento, quando a deslocamento se efetua através da rotação de corpos cilíndricos ou esféricos, colocados entre as superfícies em movimento. Como a área de contato é menor, o atrito também é menor.

b) **Fluido**, quando existir, separando as superfícies em movimento, uma camada fluida.

1) Mecanismos de atrito

a) cisalhamento

- dureza semelhante
- dureza diferente

b) adesão

✓ **Atrito de deslizamento**

- Estático (F menor ou igual à F_a).
- Dinâmico (F maior que F_a).

2) Leis Gerais do Atrito

- a) A força limite de atrito é proporcional a resultante das solicitações normais entre as superfícies de contato. $F_a \propto N$.
- b) A força limite de atrito independe da área de contato.
- c) A força limite de atrito é independente da velocidade relativa das superfícies de contato.

3) Coeficiente de atrito

É o coeficiente de proporcionalidade (μ), considerando que a força limite de atrito estático e cinético é proporcional às solicitações normais entre as superfícies.

Pode-se acrescentar as seguintes regras:

- d) atrito estático é normalmente maior que o atrito cinético.
- e) o atrito em superfícies lubrificadas é menor do que em superfícies secas.

$$1. \text{ Ângulo de atrito} \quad \Rightarrow \quad \tan \alpha = \frac{F_a}{N}$$

$$2. \text{ Atrito de rolamento} \quad \Rightarrow \quad F = \frac{\mu_r}{r} \times P$$

O Coeficiente depende:

- a) das propriedades elásticas dos elementos rolantes;
- b) das propriedades elásticas das pistas;
- c) do acabamento superficial;
- d) da direção da carga;
- e) da rotação do elemento rolante;
- f) da temperatura de operação;
- g) do tipo do mancal;
- h) das dimensões dos elementos rolantes;
- i) do raio de curvatura da superfície de contato;

| Contato | Coeficiente μ_r (mm) |
|-----------------------|--------------------------|
| Madeira sobre madeira | 0,50 – 0,80 |
| Ferro sobre aço | 0,18 – 0,56 |
| Aço sobre aço | 0,20 – 0,50 |
| Ferro sobre pedra | 1,27 – 5,00 |
| Pneu sobre asfalto | 0,50 – 0,55 |

B. DESGASTE

Duas superfícies em movimento, uma sobre a outra, sempre haverá desgaste. Por meio da lubrificação, procura-se minimizar o desgaste, que se apresenta sob várias formas.

- ✓ Alguns tipos de desgaste que ocorrem nos rolamentos:

- **Abrasão**, proveniente de partículas de material abrasivo (areia ou pó) contido no óleo lubrificante;
- **Desalojamento**, consiste na remoção de metal de um ponto e sua deposição em outro;
- **Corrosão**, proveniente de contaminantes ácidos;
- **Endentação**, devido à penetração de corpo estranho duro (cavacos metálicos, impurezas);
- **Fricção**, se caracteriza por endentações polidas proveniente de corrosão por vibração;
- **Erosão**, são endentações causadas pela repetição de choques com pesadas cargas;
- **Fragmentação**, produzida por instalação defeituosa;
- **Esfoliação** ou **Escamação**, causada pela fadiga em se submeter o metal a repetidos esforços além de sua capacidade limite;
- **Estriamento**, ocasionado pela passagem continuada de fracas correntes elétricas;
- **Cavitação**, devido ao colapso das bolhas em um fluido.

✓ **Leis de Desgaste:**

- quantidade de desgaste D é diretamente proporcional à carga P .
- quantidade de desgaste D é diretamente proporcional à distância deslizante d .
- a quantidade de desgaste D é inversamente proporcional à dureza da superfície H .

$$D \sim Pd / H = \text{Carga} \times \text{Distância} / \text{Dureza}$$

$$D = K \times \frac{Pd}{H}$$

✓ Constante do sistema de deslizamento (K)

| <i>Contato</i> | <i>Coeficiente de Desgaste, K</i> |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| Aço sobre aço, sem lubrificação | 7×10^{-3} |
| Aço sobre aço, com lubrificação | 1×10^{-9} |

C. LUBRIFICAÇÃO HIDRODINÂMICA

Separa as superfícies em movimento por um lubrificante, de modo a evitar ou reduzir o contato entre elas.

✓ **Vantagens observadas**

- Se reduzem as forças de atrito, pois a resistência dos fluidos ao deslocamento é muito menor que as forças de adesão e cisalhamento.
- Se reduz o desgaste, por se evitar o contato sólido das superfícies.

✓ **A formação da camada de fluido pode ser obtida por:**

- **Lubrificação Hidrostática**, quando em superfícies imóveis, o fluido é pressurizado no espaço entre elas, separando-as pela ação da pressão.
- **Lubrificação Hidrodinâmica**, quando o filme de fluido se desenvolve entre superfícies, em virtude do próprio movimento relativo entre as mesmas.

Obs.: A Viscosidade é o fator mais importante na lubrificação.

✓ **Coeficiente de Atrito, se situa entre 0,001 e 0,03 e depende:**

- da viscosidade;
- das superfícies em contato;
- da velocidade relativa;
- da área das superfícies;

- e) da espessura do filme fluido;
- f) da forma geométrica das superfícies;
- g) da carga exercida sobre o filme fluido.

1. Cunhas de óleo

O desenvolvimento do filme fluido exige que as superfícies não sejam paralelas e a separação destas superfícies é função da viscosidade. Quanto mais viscosidade for o lubrificante, maior a espessura do filme fluido formado entre as superfícies.

2. Lubrificação de Superfícies Planas

Para o caso de bloco deslizando sobre uma superfície plana.

✓ **Fatores que devem ser observados:**

- a) a borda avançada deve ser chanfrada ou arredondada;
- b) o bloco deve permitir que ele se incline em relação à superfície plana;
- c) ao contato do bloco com a superfície, o bloco deve ser projetado, em termos de área, para que possa flutuar sobre o filme fluido.

3. Lubrificação de um Mancal

Fases por que passa o filme de óleo, entre o eixo e o mancal:

- a) Fase de Repouso, não existe filme de óleo entre as superfícies.
- b) Fase de Lubrificação Limítrofe ou de Fronteira.
- c) Fase de formação do filme completo.
- d) Fase de identificação do ponto de pressão máxima, diametralmente oposto à carga.

4. Curva ZN/P

Permite relacionar o atrito no eixo e no mancal, com a rotação, viscosidade e a pressão exercida pelo mancal sobre o fluido lubrificante.

α coeficiente de atrito

Z viscosidade

N rotação do eixo

P pressão (carga)

D. LUBRIFICAÇÃO LIMÍTROFE

Acontece quando a película de óleo é tênue.

✓ **Classificação:**

- a) **Tipo 1.** Suave, ou de baixa pressão e baixa temperatura.
- b) **Tipo 2.** de Temperatura elevada.
- c) **Tipo 3.** de Alta Pressão
- d) **Tipo 4.** Extrema ou Elevada Temperatura e Alta Pressão, conhecida de EP.

- O coeficiente de atrito na lubrificação limítrofe é de 10 a 100 vezes maior que na lubrificação hidrodinâmica.
- Oleosidade, é responsável pelo fenômeno de dois óleos de mesma viscosidade apresentarem diferenças de comportamento no tocante à resistência da película lubrificante.
- A maior oleosidade é normalmente devida à existência de moléculas polares possuidoras de grande afinidade com as demais moléculas do óleo e com o metal da superfície a lubrificar.

- A lubrificação limítrofe extrema, onde a temperatura e pressão são muito elevadas, é chamada de lubrificação de extrema pressão (EP).

1. Formação do Filme Fluido

- Adsorsão Física**, composição de óleo mineral com um ácido graxo, que em contato com uma superfície metálica, evita sua aderência. A habilidade de adsorver fisicamente varia de acordo com a constituição molecular, podendo ser polar e não polar.
 - Polares**, se orientam à superfície pela força de adesão, possuindo uma moderada resistência de filme, chamada oleosidade.
 - Não polares**, possuem péssima resistência de filme, sempre resultando em um alto coeficiente de atrito.

μ : coeficiente de atrito.

S_f : tensão de cisalhamento do filme.

S_m : tensão de cisalhamento na junção metal-metal.

F : força para cisalhar a área na qual o filme é rompido.

f : fração da área de lubrificação limítrofe, na qual o filme foi rompido.

A_r : área real de contato.

P : carga.

H_m : dureza do material.

$$F = f A_r S_m + (1 - f) A_r S_f$$

$$\mu = F/P \quad P = A_r H_m$$

$$\mu = f (S_m/H_m) + (1 - f) S_f/H_m$$

$$\mu = f \mu_m + (1 - f) \mu_f$$

- Adsorsão Química**, é caracterizada por uma irreversibilidade, pois o filme resulta de produtos de moderada reação química do metal.
Freqüentemente a adsorsão parece ser **física** a baixas temperaturas, e se altera para **química**, quando realizadas em altas temperaturas.
- Reação Química**, quando o filme é resultado de produtos de elevada reatividade química do metal, possuindo espessura ilimitada. É uma condição bastante típica para a lubrificação de elevadas cargas e altas temperaturas, e são conhecidas como condições de extrema pressão - EP.
Os compostos mais usados na lubrificação limítrofe são os de enxofre, cloro, fósforo e zinco.

E. PROJETOS DE FILMES EM MANCAIS DE DESLIZAMENTO

Classificação dos mancais com relação à película lubrificante.

1. **Filme Fluido**, a pressão exercida pela película é necessária para separar completamente as partes em contato.
 - Mancais Hidrodinâmicos**, a formação do filme depende da geometria das partes metálicas, do movimento relativo e das próprias características do lubrificante.
 - Mancais Hidrostáticos**, o filme é mantido e suprido por um sistema forçado.

2. **Filme Limítrofe**, espessura bastante fina, podendo a resistência da película ser rompida, havendo então o contato metal-metal.
- ✓ **Os mancais em função do movimento relativo podem ser:**
- 1) Planos;
 - 2) De Guia;
 - 3) De Escora.
- ✓ **Pontos fundamentais a serem analisados para o projeto de um filme adequado.**
- a) Capacidade de carga (resistência de película);
 - b) Fluxo de lubrificante;
 - c) Coeficiente de atrito entre os metais em contato.
 - d) Temperatura.

F. REOLOGIA

É a ciência que estuda as deformações e escoamento da matéria.

- ✓ Fluidos Não-Newtonianos, são aqueles que são afetados pela ação de cisalhamento, podem ser divididos em:
- **Independentes do tempo**
 - a. Plásticos
 - b. Pseudoplásticos
 - c. Dilatadores
 - **Dependentes do tempo**
 - a. Tixotrópicos
 - b. Reopáticos
- **Plásticos**, se caracterizam por possuírem um limite elástico que deverá ser vencido para que se verifique o escoamento (graxas).
- **Pseudoplásticos**, não apresentam limite elástico, porém sua viscosidade aparente também decresce com o aumento do grau de cisalhamento.
- Dilatadores, são aqueles nos quais a viscosidade aparente cresce com o grau de cisalhamento.
- Tixotrópicos, quando submetidos a um grau de cisalhamento constante durante um certo período de tempo sua viscosidade aparente baixa a um valor mínimo.
- a. **Reversível**, quando cessado o efeito do cisalhamento, a viscosidade aparente retorna ao valor original.
 - b. **Irreversível**, quando cessado o efeito do cisalhamento, a viscosidade aparente retorna a um valor menor que o original.
- **Reopáticos**, quando submetidos a um grau de cisalhamento constante durante certo período de tempo, aumentam sua viscosidade aparente para um certo valor máximo, retornando ao valor normal, quando em repouso.

Obs.: A Viscosidade Aparente, é a relação entre a tensão de cisalhamento e o grau de cisalhamento.

III. LUBRIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS ESPECÍFICOS

A. MANCAIS

São suportes ou guias de partes móveis.

1. Classificação

a) Deslizantes (fricção)

- Radiais (planos ou comuns)
 - Semicircular
 - Bucha
 - Bipartido
 - Quatro partes
- De Guia
- De Escora
 - Verticais
 - 1) Gibbs
 - 2) Michell
 - 3) Kingsbury
 - Horizontais

b) Rolamentos (antifricção)

- Esferas
- Rolos
 - Cilíndricos (caso especial: agulha)
 - Cônicos

2. Lubrificação em Mancais de Deslizamento**a) Fatores que asseguram a lubrificação adequada**

- Traçado simples e correto dos chanfros e ranhuras de distribuição.
- O orifício de introdução do óleo deve ficar localizado no ponto de pressão mínima.
- Não deve haver ranhuras e orifícios na parte de maior pressão.
- As ranhuras devem possibilitar a rápida distribuição do óleo em todo o comprimento do mancal, evitar sua saída pelas extremidades e introduzi-lo na área de máxima pressão.
- Ter ranhuras longitudinais, de seção semicircular, em toda extensão axial, sem atingir suas extremidades.
- Não possuir cantos vivos ou arestas cortantes nas superfícies.
- Na área de grande pressão, usar ranhura auxiliar chanfrada, considerando o sentido de rotação do eixo.
- Comprimento superior a 200 mm, deve ter mais de um orifício de introdução de óleo.
- Mancais compostos devem ter as arestas chanfradas, terminando cerca de 12 mm das extremidades, para evitar fuga de óleo.

b) Fatores de escolha da Viscosidade/Consistência adequadas

- Geometria do mancal (dimensões, diâmetro, folga mancal / eixo).
- Rotação do eixo.
- Carga no mancal.
- Temperatura de operação do mancal.
- Condições ambientais (temperatura, umidade, poeira e contaminantes).
- Método de aplicação.

c) Lubrificação a graxa

- Quando as condições mecânicas não impedirem a entrada de impurezas sólidas.
- Quando houver ocorrência de água (usar também óleo composto).
- Temperaturas muito elevadas.
- Grandes cargas e rotações baixas (menor que 50 rpm).
- A aplicação é feita por: copos graeiros, pistola, sistema centralizado ou em blocos.

d) Lubrificação a óleo

- A lubrificação pode ser feita da maneira hidrodinâmica ou limítrofe.
- Para a hidrodinâmica, quando a lubrificação for contínua.
- Para a limítrofe, quando a lubrificação for intermitente.
- A aplicação na lubrificação hidrodinâmica pode ser feita por: circulação, por banho, por anel ou por colar.
- A aplicação na lubrificação limítrofe pode ser feita por: almofaria, copos conta-gotas, copos de mecha e copos de vareta.

e) Características do óleo lubrificante

- Quando a lubrificação for em regime contínuo, o óleo deve possuir viscosidade adequada e boa resistência à oxidação.
- Quando a lubrificação for em regime intermitente, o óleo dever possuir boa tenacidade de película.
- Para a escolha do óleo para os dois casos, contínuo e intermitente, as condições da velocidade do eixo e temperatura do mancal são importantíssimas.

3. Lubrificação de Rolamentos

a) Fatores que asseguram a lubrificação adequada

- A limpeza é a primeira consideração para o bom funcionamento e longa duração em serviço.
- Nos rolamentos autocompensadores, usar somente a lubrificação a óleo.

b) Lubrificação a graxa

- Nos mancais de fácil acesso, a caixa pode ser aberta para se renovar ou completar.
- Nas caixas bipartidas, retirar a parte superior.
- Nas caixas inteiriças, estas dispõem de tampas laterais facilmente removíveis.
- Para grandes mancais ou elevadas velocidades do munhão, necessitando de aplicações mais freqüentes, a caixa deve possuir bico graxeiro, para levar a graxa aplicada.
- É importante possuir válvula de graxa, por ser um dispositivo útil, permitindo a saída automática de excesso de graxa, pois este é altamente prejudicial.
- Regra geral, a caixa deve ser cheia até um terço ou metade de seu espaço livre com uma graxa de boa qualidade, possivelmente à base de lítio.

Observações:

- 1) As graxas de cálcio, podem ser usadas sob temperaturas moderadas (máxima de 60°C) e rotações baixas.
- 2) A graxa de sódio, são adequadas para operarem sob condição isenta de umidade.
- 3) A graxa apresenta vantagem sobre o óleo, por contribuir para a boa vedação da caixa. Os labirintos de vedação, devem ficar cheios de graxa.
- 4) Com qualquer graxa, as caixas devem ser cheias no máximo, até a metade de sua capacidade.

c) Lubrificação a óleo

- O nível dentro da caixa dever ser mantido baixo, não excedendo ao centro do corpo rolante situado mais abaixo.
- É muito conveniente o emprego de um sistema circulatório para o óleo.
- Em determinados casos, é muito útil, o uso de lubrificação por neblina.
- A importância da viscosidade apropriada, cresce com a elevação da rotação do eixo.

d) Vedações

- A limpeza é a primeira consideração a ser observada para o bom funcionamento e longa duração em serviço de rolamentos.
- É essencial que as caixas de rolamentos, possuam boa vedação.

e) Tipos de vedantes

- Feltro em tiras ou anéis, para lubrificação a graxa, embebido a quente (temp 70 - 80°C), com 2 (duas) partes de óleo mineral e 1 (uma) parte de sebo animal.
- Anéis de labirinto, apresentam vantagens nos casos de altas velocidades.
- Para rolamentos lubrificados a óleo, a vedação adquire maior importância, pois o óleo precisa ficar retido na caixa.
- Empregam-se anéis de feltro ou de labirinto, ou ainda, vedadores de borracha sintética.

f) Intervalo de lubrificação

- Para lubrificação a óleo, são fundamentais, a temperatura de funcionamento e a possibilidade de contaminação proveniente do ambiente.
- Sem poluição e com temperatura inferior a 50°C, o óleo pode ser trocado apenas uma vez por ano.
- Para temperaturas em torno de 100°C, o intervalo cai para cerca de 60 a 90 dias.
- Para lubrificação à graxa, são fundamentais alguns fatores, como a temperatura, intimamente correlacionada com a velocidade de rotação e a carga suportada.
- Nos rolamentos, sujeitos a respingos de água, a graxa é substituída semanalmente, com a graxa sendo introduzida com a máquina em funcionamento, até sair pelas vedações. Como a rotação é baixa, não há inconveniente de se encher por completo a caixa.

- ✓ A quantidade de graxa para a relubrificação, é calculada por:

$$Q = 0,005 \times D \times B$$

Q é a quantidade de graxa em gramas.
D é o diâmetro externo do rolamento em mm.
B é a largura do rolamento em mm.

B. ENGRENAJENS

São conjuntos, um par, no mínimo, de rodas dentadas, destinadas à transmissão de movimento e potência. A de menor número de dentes é o pinhão, e a de maior, é a coroa.

São órgãos de contato direto e movimento misto: rolamento e escorregamento. Sua finalidade é transmitir movimento de rotação de um eixo para o outro, modificando a velocidade e permitindo transmitir potências elevadas.

Engrenam externamente, quando à distância de seus eixos é igual a soma de seus raios, e engrenam internamente, quando à distância dos eixos é a diferença dos raios.

✓ **Classificação**

a) **Retas**

- Cilíndricas Externas
- Cilíndricas Internas
- Cremalheira

b) **Helicoidais**

- Cilíndricas
- Espinha de peixe

c) **Cônicas**

- Retas
- Helicoidais
- d) Hipóides**
- e) Sem-fim**

Obs.: Caso particular é a Roda de Lanterna.

Sistema Planetário de Engrenagens é constituído por uma engrenagem anular (roda dentada com dentes internos), um pinhão central (sol) e diversas outras rodas dentadas (planetas).

✓ **Lubrificação de Engrenagens Fechadas**

- a) Lubrificação por Salpico.
- b) Lubrificação por Circulação.
- 1) Sistema centralizado
- 2) Sistema individual

- Na lubrificação por salpico, cuidado especial com o nível de óleo do reservatório, se tiver baixo, resultara em distribuição deficiente e falta de lubrificação, se alto, provoca agitação excessiva consumindo força e gerando calor, que influirá na viscosidade do óleo.
- A lubrificação por circulação, o sistema é fornecido por bombeamento e em alguns casos, providos de filtros para remover impurezas e manter limpo o óleo.
- A rapidez do deslizamento, impede o desalojamento do lubrificante.

✓ **Fatores que Influenciam a Lubrificação**

1) Tipo de engrenagem

- A pressão nas engrenagens cilíndricas e cônicas é tão brusca, que praticamente não há tempo para desalojar a película de óleo. A direção do deslocamento, age no sentido de criar uma cunha de óleo.
- Na engrenagem sem-fim, geralmente existe a lubrificação por camada limítrofe, o que exige um óleo de alto poder lubrificante.

2) Rotação do Pinhão

- quanto maior velocidade do pinhão, maiores serão as velocidades de deslizamento e rolamento em cada dente.
- quando há amplo suprimento de óleo, a velocidade ajuda a formação e manutenção da cunha de óleo.
- com altas velocidades, maior quantidade de óleo é levada para a área de pressão, sendo que para um tempo de desalojamento curto.
- maior rotação do pinhão, óleo relativamente pouco viscoso.
- menor rotação do pinhão, maior a viscosidade do óleo.

3) Grau de Redução

- redução menor que 11:1, um único redutor é geralmente usado.
- redução maior que 11:1, empregar redutor múltiplo, sendo que neste caso o óleo é selecionado para satisfazer os requisitos do pinhão de baixa rotação.
- engrenagens sem-fim e hipóides, não é necessário considerar o grau de redução, pois o tipo de deslizamento nos dentes, é fundamental para a formação do filme de óleo.

4) Temperatura de Serviço

- Elevada, devido o calor gerado pelo atrito e pela agitação do óleo.
- nas cilíndricas e cônicas, o aumento é de aproximadamente 15°C.
- nas sem-fim, o aumento é de cerca de 30°C, em plena carga.

- nas sem-fim e hipóides em serviços industriais, não devem exceder a 90 °C.
- nos veículos automotores, excedem sempre a 130 °C.

5) Potência

- quanto maior for a pressão, mais viscoso deve ser o óleo, a fim de resistir à ação de desalojamento e manter o filme de óleo efetivo.
- para pressão leves, óleo menos viscosidade mantém películas protetoras.
- maior área de contato, maior atrito, maior temperatura, maior calor gerado.
- a perda, por atrito e por agitação do óleo, se converte em calor.
- os redutores maiores, são equipados com refrigeradores, pois transmitem maiores potências com tendência de funcionarem com temperaturas altas.

6) Natureza da Carga

- se for uniforme, o torque e as pressões serão uniformes, podendo se utilizado um óleo de menor viscosidade.
- se for intermitente, as pressões serão mais elevadas, choques mais fortes tendem a romper as películas de óleo, usar óleo mais viscoso a fim de evitar a ruptura do filme.
- serviços em sobrecarga, provoca lubrificação limítrofe, com risco de desgaste excessivo, deve se usar óleo com máxima tenacidade de película.
- condições EP, o desgaste é inevitável. Usar óleo com características especiais, para evitar as micro-sodas, ocorrendo assim, um desgaste lento e suave.

7) Tipos de Acionamento

- movimento uniforme, usar óleo com menor viscosidade.
- movimento alternativo, torque variável, óleo mais viscoso a fim de assegurar um filme mais eficiente.

8) Métodos de Aplicação

- **Manual**, usados em engrenagens expostas, de grande porte e baixa rotação. Aplicar composição betuminosa altamente adesiva, e aplicar com pincéis, brocas ou espátulas. Em alguns casos usar gotejamento.
- **Banho de óleo**, com salpico, somente na parte inferior mergulhada no óleo, 2 a 4cm de profundidade, ou até três vezes a altura do dente. Atende diversos tipos de engrenagens encerradas em caixas, abrangendo extensa gama de velocidades, excetuando-se, apenas, as extremamente baixas ou altas.
- **Circulação sob pressão**, é o melhor método, para grandes velocidades. Aplica-se um jato de óleo sobre o ponto em que os dentes engrenam, ou através de névoa de óleo. O sistema deve ser projetado, de tal forma que pressão interna seja maior que a pressão atmosférica, para evitar a entrada de impurezas.

9) Contaminação

- a água do sistema de refrigeração pode entrar com contato com o óleo ou mesmo a condensação da umidade do ar. Deve-se excluir a água das caixas de engrenagens, pois forma emulsão permanente no óleo severamente oxidado, podendo causar desgaste nas engrenagens e mancais, dificultando a formação de um filme eficiente.

Escolha da Viscosidade

- Para temperaturas menores que 65°C, pode se usar óleo mineral puro. É conveniente, que contenham inibidores de oxidação.
- Para temperaturas entre 65 e 90°C, devem ser usados óleos do tipo turbina ou para motor, que contenham inibidores contra corrosão e oxidação.

- Quando houver possibilidade de contaminação com água, usar óleo composto. Considerar a facilidade de oxidação, para temperaturas superiores a 65°C.

□ Lubrificação de Engrenagens Abertas

- Existem as parcialmente cobertas, para serem protegidas contra pó e impurezas.
- Funcionam sob condições limítrofes, sendo usado óleo com alta adesividade, para que o desgaste seja reduzido ao mínimo.

✓ Fatores que Influenciam a Lubrificação

1) Temperatura

- o calor, diminui a viscosidade, reduzindo sua resistência ao desalojamento.
- temperaturas baixas, usar óleo menos viscoso, para as altas, óleos mais viscosos.

2) Métodos de Aplicação

- aplicado por meio de pincel, espátula ou almotolia.
- no funcionamento, é desejável que o lubrificante seja adesivo e viscoso.
- É aplicado com pré-aquecimento ou solvente não inflamável, por dispositivos contágotas ou por lubrificadores mecânicos.

3) Condições Ambientais

- em ambiente limpo, o óleo viscoso provoca uma lubrificação mais eficiente.
- quando exposta a muito pó ou outras impurezas, o óleo pode formar depósitos duros nas raízes dos dentes, que comprimidos tendem a afastá-los, forçando os mancais.
- quando sujeita a contaminante, usar um graxa que não endureça, mas que se desaloje e caia, quando excessivamente contaminada (poeira, impurezas ou abrasivos).

4) Material de Engrenagem

- pode-se encontrar engrenagens não metálicas, que devem funcionar a seco (madeira, couro cru ou baquelita).
- outras de material não-metálicos, especialmente as de couro cru, podem empregar água, óleo solúvel ou óleo mineral puro.

C. SISTEMA HIDRÁULICO

Hidráulica é a ciência que estuda as características físicas dos líquidos em repouso ou em movimento. Nela, a energia potencial é estática e as energias cinéticas e caloríficas são dinâmicas.

1. Diagrama de Circuitos Hidráulicos

- a. Gráficos, são usados em projetos.
- b. Em Corte, contém informações sobre a operação do sistema hidráulico.
- c. Representativo, usados para realizar a disposição das tubulações e conexões do sistema.

2. Componentes Básicos

- **Reservatório**, serve para acondicionar o óleo. Uma boa prática é dimensionar para três vezes, no mínimo, o valor da vazão máxima do sistema.
- **Bombas Hidráulicas**, são equipamentos destinados a converter energia mecânica em energia hidráulica.
 - **Deslocamento Fixo**, a relação de peças de seu mecanismo operacional é constante.
 - **Deslocamento Variável**, a relação de peças do seu mecanismo operacional é variável.
- **Bombas rotativas** (engrenagem, lóbulo, palheta e pistão).
- **Válvulas**, servem para controlar: pressão, vazão e direção de fluxo do fluido hidráulico.

- **Controle de Pressão**
 - a) **Segurança**, proporciona proteção às sobrecargas.
 - b) **Redução**, limita a pressão menor que a pressão de operação.
 - c) **Seqüência**, coordena a seqüência operacional entre dois ramais de um sistema.
- **Controle Direcional**, para controlar a direção do fluxo, seus elementos são: pistão, esfera, carretel rotativo e deslizante.
- **Controle de Vazão**
 - a) Gaveta
 - b) Globo
 - c) Agulha
- **Motores hidráulicos**, são equipamentos utilizados para converter a energia mecânica em energia hidráulica. Como pontos básicos de projeto temos, o deslocamento e o torque. Podem ser de: Engrenagem, Pistão ou Palheta.
- **Tubulações e Conexões**, são selecionados de acordo com a espessura da parede, do diâmetro e do material.
- **Filtros**, para remover a principal parte da sujeira e contaminantes do óleo hidráulico.
- **Acumuladores**, são usados como reservatório de pressão e ficam instalados depois da bomba hidráulica e antes do motor hidráulico.

3. Propriedades exigidas dos Óleos Hidráulicos

- Função das condições operacionais que lhe afetam:
 - a) Aquecimento, agitação e fatores que contribuem para ativar a oxidação.
 - b) Contaminação com impurezas, partículas metálicas, água, ar e até mesmo, o óleo lubrificante.
- Estas funções compreendem:
 - a) Transmissão de pressão e energia;
 - b) Vedação de vazamentos em órgão com folgas mínimas;
 - c) Redução do desgaste e do atrito em mancais e entre superfícies de deslizamento, de bombas, válvulas, cilindros, Tc;
 - d) Remoção do calor;
 - e) Remoção de impurezas, partículas de desgaste e outras;
 - f) Proteção de todas as superfícies contra ferrugem.

4. Características do Óleo Hidráulico

- a. **Viscosidade Adequada**, é a característica mais crítica, pois o óleo é submetido permanentemente à agitação na bomba e tubulações.
 - A viscosidade não deve ultrapassar 4.000 SUS ou ser menor que 45 SUS, na faixa de temperatura operacional do sistema, que está em torno de 18°C a 80°C.
 - A lubrificação da bomba hidráulica dita a seleção da viscosidade do óleo.
 - Alto IV, para suportar a larga faixa de temperatura em que operam.
- b. **Excelente Resistência à Oxidação**, a estabilidade é fundamental, pois permite que os óleos operem por longos períodos de tempo sob severas condições.
 - calor proveniente da agitação e turbulências pode causar sua deterioração, provocando a formação de óxidos, vernizes e lacas.
 - um óleo básico bem refinado e tratado retarda a oxidação e permite ao sistema hidráulico funcionar isento de formação de depósitos.
- c. **Boa Propriedade Antiferrugem**, usar inibidores para proteção dos efeitos da corrosão e da ferrugem. A umidade é a maior causadora da corrosão.

- d. **Boa Demulsibilidade**, a água e o óleo formam uma emulsão, que deve se separar rapidamente no reservatório.
- A contaminação com água é resultante de vazamento nos resfriadores do óleo e da condensação da umidade atmosférica.
 - Óleos que possuem excelente resistência à oxidação possuem boa capacidade de se separar da água.
- e. **Boa Resistência a Formação de Espuma**, que se forma no reservatório e se desloca através da bomba de sucção. Inibidores são usados para reduzir a espuma, que é um fenômeno superficial. Reservatório bem projetado, o ar se livra rapidamente para fora.
- f. **Características de Aeração**, é causada na sucção de entrada do óleo.

✓ ROTEIRO PRÁTICO

Bomba funcionando inadequadamente

- a) A bomba hidráulica não injeta óleo;
 - baixo nível de óleo no reservatório;
 - obstrução no filtro de sucção;
 - vazamento de ar no tubo de sucção;
 - óleo viscoso;
 - curso desregulado.
- b) Falta de pressão
 - falta de injeção de óleo;
 - válvula de alívio com funcionamento incorreto.
- c) Ruído na bomba
 - obstrução no filtro de entrada;
 - obstrução do respiro;
 - óleo viscoso;
 - alta rotação;
 - desgaste de peças;
 - formação de bolhas de ar.
- d) Vazamento externo
 - desgaste da gaxeta do eixo.
- e) Desgaste normal
 - partículas abrasivas;
 - viscosidade inadequada;
 - pressão elevada.

Aquecimento do óleo hidráulico

- a) Mecanismos motores
 - desregulação da válvula de alívio;
 - viscosidade alta do óleo;
 - funcionamento incorreto do refrigerador.

- b) Condições operacionais
- tubos sujos;
 - projeto incorreto dos elementos.

Motores hidráulicos funcionando inadequadamente

- a) Rotação contrária;
 - ligação incorreta dos tubos.
- b) Motor não desenvolve
 - bomba não fornece a necessária pressão;
 - desalinhamento.

Contaminantes no sistema hidráulico

- solventes de limpeza, água;
- sujeira, areia e poeira;
- graxa dos mancais das bombas;
- partículas metálicas do desgaste;
- partículas de ferrugem;
- lama, goma, laca e verniz;
- óleo errado, óleo de corte;
- óleo de lubrificação das guias.

A ESCOLHA DO FLUIDO HIDRÁULICO

O fluido deve ter características que atenda a todos os tipos de sistemas:

- ser incompressível;
- ter baixo custo;
- ser bom lubrificante;
- não ser tóxico;
- não ser inflamável;
- ser quimicamente estável;
- possuir elevado índice de viscosidade;
- ter baixo ponto de fluidez;
- resistir ao cisalhamento;
- ter boa demulsibilidade;
- ter boa capacidade de dissipar calor;
- não absorver ar;
- não ser corrosivo;
- ser capaz de proteger as superfícies metálicas;
- possuir adequada viscosidade, para fluir facilmente.

5. Vazamentos

- **Interno**, é requerido para proporcionar a lubrificação dos pistões e peças móveis, mas seu excesso reduz a eficiência do controle de vazão.
- **Externo**, resulta em uma perda de óleo e ocorre através das conexões e outros elementos. Pode indicar negligência na manutenção.

✓ **Pontos importantes para reduzir vazamentos externos**

- Usar juntas adequadas ao serviço.

- Minimizar o número de conexões.
- Tornar todas as conexões acessíveis à manutenção.
- Estudar problemas relativos à vibração.

6. Principais Fluidos Hidráulicos Empregados

- **Óleos Minerais** são os mais utilizados.
- **Fluidos Sintéticos**, são compostos químicos, tais como: ésteres, silicones e aromáticos de elevado peso molecular.
- **Fluidos Não-inflamáveis**, são as emulsões de óleo em água e de glicol em água e os fluidos não aquosos.

D. CORRENTES

- **De Rolos**, são compostas de rodetes de mesmo tamanho montados em seqüência por meio de conexões de pinos.
- **Silenciosas**, são compostas de uma série de conexões com um perfil de dente de engrenagem usinado em um dos seus lados.

1) Utilização

- a) Refrigeradores de vagões frigoríficos;
- b) Máquinas de fabricação de papel;
- c) Acionadores de correias transportadoras ;
- d) Equipamentos de perfuração de poços;
- e) Elementos de máquinas;
- f) Acionamento traseiro de caminhões;
- g) Locomotivas industriais;
- h) Transportadores.

2) Causas do Mau Funcionamento

- Normalmente ocorre devido à lubrificação deficiente ou por manutenção precária.

3) Lubrificação de Correntes Acionadoras

- Lubrificação por gotejamento entre os conectores e os pinos de encaixe dos rodetes na parte inferior da corrente, imediatamente antes do engraxamento com a parte inferior da roda dentada acionada.
- Métodos de aplicação: processo manual (por almofolia), gotejo, banho e lubrificação forçada.

4) Lubrificação de Correntes Abertas

- A que oferece as maiores dificuldades, por estar exposta à penetração de partículas abrasivas que aderem ao filme lubrificante. Neste caso, aplicar excesso de lubrificante.
- Usar óleo econômico, é o mais conveniente, em virtude de ser um processo considerado de perda total.
- Em condições extremas de impurezas, é conveniente operar o sistema sem lubrificação, sendo a corrente removida periodicamente e limpa. Para reinstalá-la, colocar em banho por 24 horas em óleo fino, deixar escorrer o excesso e limpar a parte externa da corrente.

E. ACOPLAMENTOS

Servem para interligar equipamentos rotativos:

- Rígido, é o mais elementar, composto por duas flanges ligadas por dois parafusos.
- Flexível
 - Sem lubrificação
 - Lubrificado (existe a possibilidade das partes deslizarem)
- Por Flange Ranhurada
- Por Junta Universal

1. Recomendações para Lubrificação

- Os flexíveis lubrificáveis, requerem óleos ou graxas, com características especiais.
- Mesmo tendo movimento entre superfícies de atrito, devido às velocidades elevadas, o lubrificante deve ter alta viscosidade para resistir ao deslocamento e ser suficientemente fluido para se deslocar entre as superfícies que estiverem em contato direto.
- O lubrificante viscoso resiste ao deslocamento, produzindo um filme fluido que absorve em parte o efeito do choque causado pelo trabalho.
- Características de extrema pressão são requeridas, principalmente em acoplamentos de alta velocidade, em função de suas condições de lubrificação limítrofe.

F. CABOS DE AÇO

São utilizados para finalidades diversas.

1. Utilização

- apoio de estrutura, para puxar cargas, etc.

2. Alterações:

- **Corrosão**, causado por ataques ácidos ou oxigênio do ar, ou ambiente úmido.
 - **Fadiga**, causado por esforços de flexão e/ou tração a que o cabo é submetido.
 - **Desgaste**, causado por atrito entre os fios dos cabos.
- ✓ a lubrificação é vital ao funcionamento correto e ao prolongamento da vida útil do cabo.
✓ na fabricação, são lubrificados com um composto de petróleo e asfalto que se embebe a alma de cânhamo, o que protege até pouco tempo após sua entrada em serviço.

3. Fatores Considerados na Escolha do Lubrificante

- a) Temperatura;
- b) Umidade;
- c) Corrosão;
- d) Limpeza;
- e) Método de aplicação;
- f) Freqüência de aplicação;
- g) Contaminação.

4. Métodos de Aplicação

a. Por pincel ou despejamento de uma caneca

- método pouco eficaz, apresenta desperdício do lubrificante.
- deve ser aplicado no ponto em que o cabo de aço entra em contato com a roldana, durante o movimento do cabo.

b. Por imersão.

- É usado cabos horizontais ou com leve inclinação.

c. Lubrificador conta-gotas

- é usado um depósito isolado termicamente em ambiente provido de resistência elétrica.
- o produto deve ser mantido a temperatura uniforme, para facilitar seu fluxo.
- o produto deve gotejar no ponto teórico de interseção do diâmetro vertical da roldana em que o cabo corre.

d. Lubrificador mecânico

- é o mais econômico, só funciona com o deslocamento do cabo.
- nos cabos aéreos, usar anteparos para evitar que o vento desvie o gotejamento.
- se necessário, usar sistema de aquecimento, em função do tipo de óleo.

5. Limpeza do Cabo de Aço

- o período para limpeza é determinado pelo tipo de serviço e local de instalação, para se remover as partículas abrasivas presentes ou crostas de sua superfície.
- os processos usados, dependem do grau de sujidade do cabo.
- óleo fino ou querosene, são usados para fazer a limpeza eficiente.

G. MOTORES ELÉTRICOS

É a forma mais simples de transformar energia elétrica em mecânica.

- A lubrificação correta dos mancais contribui para a boa performance de funcionamento e redução ao mínimo das paradas de manutenção.
- Carência de lubrificação, o motor possui pequena folga entre o rotor e o estator, o desgaste dos mancais tira o rotor da posição concêntrica na carcaça, podendo chegar a danificar ranhuras e enrolamentos.
- Excesso de lubrificante é prejudicial, podendo vaziar dos mancais e depositar sobre os enrolamentos, comutador, porta-escovas e escovas. Pode ser evitado, pela aplicação da quantidade correta de lubrificante e pela manutenção adequada das juntas de vedação dos mancais.

1. Mancais dos Motores Elétricos

- **Mancais Planos**, usar óleo ao invés de graxa, sendo que a maioria é lubrificada por anel. Em motores de grande porte é usado sistema de circulação e, em alguns casos, existe um anel de lubrificação como segurança, para o caso de falha na bomba.
- **Rolamentos**, são usados os de esfera e de rolos. As caixas podem ser projetadas tanto para óleo como para graxa, esta última a mais usada, devido:
 - a) a graxa fica retida com mais facilidade;
 - b) possui boa propriedade seladora, que contribui para o bom rendimento das gaxetas, não deixando entrar sujeira nem umidade.
 - c) requer menos atenção, quando corretamente lubrificada.

✓ Para a lubrificação é a óleo, se usa dois sistemas:

- a) **Banho de óleo**, o reservatório é formado na caixa do mancal e o nível é mantido até a metade do diâmetro dos rolos.

- b) **Circulação**, o óleo é continuamente bombeado para os rolos e outras partes, retornando ao reservatório de recirculação.

2. Lubrificação dos Mancais dos Motores

a. Funções

- 1) Evitar ou reduzir o contato metal com metal, minimizando o atrito;
- 2) Proteger as superfícies dos mancais e outras superfícies internas contra corrosão;
- 3) Ajudar na selagem dos mancais contra vazamento ou penetração de contaminante.

b. Fatores que influem na escolha do lubrificante adequado

1) Temperatura de operação

- em mancais de carcaça aberta, operando continuamente a plena carga, o aumento de temperatura é normalmente 40°C.
- em mancais de carcaça blindada, serviço contínuo, o aumento normal é de 55°C.
- o desenvolvimento de isolamento elétrico, com maior resistência ao calor, permite aos motores maiores temperaturas de operação.
- em ambientes sem ventilação, o aumento da temperatura pode ser acima de 90°C. Usar óleo mais viscoso ou graxa que mantenha sua consistência para assegurar a formação do filme lubrificante.
- em lugares desprotegidos e em baixas temperaturas, o atrito na partida pode ser elevado, se o óleo não permanecer suficientemente fluido ou a graxa ficar muito consistente.

2) Rotação

- geralmente estão na faixa de 60 a 3.600 rpm. Muitos são projetados para operar em velocidades variáveis.
- para altas rotações, usar óleo mais fino, para baixas rotações, óleo mais viscoso.
- Rolamentos de altas rotações à graxa, necessitam de um lubrificante que faça o mínimo de atrito interno, a fim de evitar altas temperaturas operacionais.

3) Carga do Mancal

- sob condições normais, os rolamentos suportam cargas moderadas.
- cargas severas, causam desgaste excessivo, neste caso, os lubrificantes devem ter um aditivo melhorador de estabilidade de película que minimiza o contato metálico, reduzindo o desgaste.

c. Lubrificação a Graxa

- O uso de uma graxa de consistência adequada oferece o mínimo de resistência ao movimento.
- Em altas rotações é necessário limitar a quantidade de lubrificante que fica na trilha do rolamento, porque o atrito interno resultante causará temperaturas elevadas.
- Na presença de água, é preciso que a graxa possua capacidade de proteger as superfícies do rolamento contra a ferrugem.

d. Lubrificação a óleo

- Os rolamentos ficam expostos às mesmas condições de oxidação, que a dos mancais planos. O óleo deve resistir à oxidação e a formação de depósitos, pois podem interferir na sua circulação.
- A estabilidade à oxidação é essencial para o desempenho de longa vida dos mancais.
- A viscosidade deve permitir que o óleo tenha fácil distribuição nas superfícies do mancal e as lubrifique nas condições operacionais.

H. MOTO-REDUTORES

- Os mancais e as engrenagens da caixa são normalmente lubrificados a salpico, enquanto o motor elétrico são à graxa.
- O óleo deve satisfazer as condições mais severas da engrenagem.

1. Condições de Projeto e Operação na Seleção do Óleo:

- a) tipo de engrenagem;
- b) rotação do motor;
- c) temperatura de operação;
- d) carga;
- e) condições do óleo.

2. Lubrificação

- O aumento de temperatura depende do tipo de engrenagem, da carga e da rotação de saída.
- Durante a operação, o calor gerado pelo atrito e pela agitação do óleo, aumenta a temperatura do óleo.
- Em conjuntos redutores, a plena carga, de engrenagens retas, helicoidais ou espinha-de-peixe, o acréscimo de temperatura é de aproximadamente 30°C, enquanto, nos conjuntos redutores com engrenagens sem-fim, a plena carga, o aumento é de 50°C.
- A escolha da viscosidade deve considerar a pressão nos dentes. Quanto maior a pressão, maior a viscosidade deve ser o óleo, e quando a pressão for pequena, óleo mais fino fornecerá a película com o mínimo de atrito fluido.
- São comuns os fatores que provocam a oxidação, para isso, requerem a aplicação de óleos quimicamente estáveis, com alta resistência à oxidação.

I. COMPRESSORES

- **Volumétricos**, aumentam a pressão pela redução de volume.
- **Dinâmicos** (turbocompressores), aumentam a pressão pelo aumento da velocidade do ar ou do gás.
- Volumétricos
 - Alternativos ou de pistão
 - Rotativos (de parafuso, de palheta e o de lóbulos)
- Compressores de Pistão, na faixa de 50 e 350 cfm, são insuperáveis economicamente e, quanto ao modo de trabalho podem ser:
 - a) **Simples efeito**, quando só uma face do êmbolo aspira e comprime. É de construção simples, serve para pequenas capacidades.
 - b) **Duplo efeito**, quando ambas as faces do êmbolo aspiram e comprimem. Mais complexo, torque mais regular, sendo adequados para maiores capacidades.

✓ Compressores Alternativos, quanto ao número de cilindros, podem ser:

- a) Monocilíndricos.
 - horizontais
 - verticais
- b) Policilíndricos

1. Componentes Mecânicos

- Um compressor de pistão se compõe basicamente de: cilindro, cabeçote, cárter, êmbolo com anéis, biela, virabrequim, válvulas e sistema de lubrificação.

2. Sistemas de Lubrificação, possuem três:

- a. **Por salpico**, empregada em compressores de pequena capacidade. O óleo é borrifado no virabrequim e em todo o cárter por meio de um pescador. O salpico forma uma névoa que auxilia a lubrificação das paredes do cilindro.
- b. **Por anel**, o anel mergulha no cárter e conduz o óleo até uma ranhura no eixo, que faz a distribuição por meio de diversos orifícios.
- c. **Lubrificação forçada**, feita por meio de bomba de engrenagens ou de pistão.

3. Lubrificação dos Cilindros e dos Mancais

- o óleo do cárter lubrifica os mancais e cilindros dos compressores de simples efeito.
- nos compressores de duplo efeito, os cilindros são independentes do cárter, e pode ser conveniente usar um óleo diferente. Se utiliza pequena bomba de pistão para levar o óleo de um reservatório especial às paredes do cilindro.
- os mancais devem receber bastante óleo, enquanto para os cilindros a quantidade é mínima, uma vez que o óleo em excesso, causa aumento dos produtos da oxidação e dos depósitos formados, trazendo sérios problemas para as válvulas.

4. Tipos de Lubrificantes

- para os cilindros de compressores, preferencialmente os óleos são naftênicos, em virtude dos produtos da oxidação serem menos duros e de mais fácil remoção, que os de origem parafínica.
- os efeitos da oxidação, atingem qualquer óleo, em maior ou menor escala, dependendo da estabilidade química, quando submetido às severas condições de temperatura encontradas nos cilindros dos compressores.
- a oxidação é progressiva, inicialmente formando produtos solúveis no óleo que ficam em suspensão, depois insolúveis que se depositam, principalmente, nas válvulas de escape e tubos de descarga, que são as partes mais quentes dos compressores.
- muitos óleos parafínicos, dispõe de alto grau de estabilidade, que aditivados contra oxidação, podem ser empregados com sucesso em lubrificação de compressores.
- vantajoso empregar no compressor o mesmo óleo do motor que o aciona, simplificando a tarefa de lubrificação. Geralmente é usado óleo parafínico, aditivado com detergente.
- a viscosidade é o fator mais importante, tanto para os cilindros como para os mancais.
 - a) mancais, usar SAE 20 ou 30, de acordo com o tamanho do compressor.
 - b) cilindros (alternativos), usar SAE 20 ou 30 para diâmetros de até 65cm, e SAE 40 para diâmetros maiores que 65cm.
- dependendo do teor de umidade, usar óleo composto.

5. Compressores Rotativos

- a. **Lóbulos ou Soprador Roots**, não necessitam de lubrificação interna. As partes a lubrificar são, as engrenagens de sincronização e os mancais de rolamento, sendo normalmente empregado um sistema de circulação por bomba.

b. Palhetas

- possuem muitas partes móveis, sujeitas a desgaste, e grande necessidade de lubrificação, para proteger as superfícies internas contra ferrugem e corrosão, e atuar como vedação das pequenas folgas entre palhetas, rotor, paredes da câmara cilíndrica e anéis.

- os mancais do eixo, de deslizamento ou rolamento, são lubrificados com óleo, utilizando a lubrificação forçada ou circulação por gravidade.
- em pequenos compressores o óleo pode ser suprido por copos conta-gotas.
- normalmente existe um alto consumo de óleo lubrificante, especialmente nos casos em que atua como dissipador de calor, auxiliando na refrigeração.
- é conveniente o emprego de um separador de óleo na saída do compressor. O óleo separado, em alguns casos, é resfriado, filtrado e reusado.
- nos cilindros dos compressores de palheta, há necessidade de uma película bastante resistente, capaz de reduzir o desgaste e proteger as superfícies contra a ferrugem.
- nos compressores refrigerados é água ou ar, é recomendado óleo viscoso, tipo SAE 30.
- nos compressores refrigerados a óleo, é recomendado um óleo mais fino, SAE 20, uma vez que o suprimento tem que ser abundante.
- o óleo empregado nos cilindros dos compressores, é o mesmo usado para os mancais.
- nos compressores portáteis, é comum o emprego de óleo para motor, preferencialmente os não detergente ou moderadamente detergente, para se evitar depósitos.
- alguns fabricantes recomendam óleo parafínicos, por ter maior resistência de película, entretanto os naftênicos possuem a vantagem de formar menos depósitos no coletor.
- quando o ar comprimido é úmido, é conveniente usar óleo composto.

c. Compressor Volumétrico Rotativo

- não necessitam de lubrificação interna no cilindro e seus mancais de rolamento são colocados em caixas externas, sendo projetados para usar óleo ou graxa.
- quando lubrificados a óleo, se usa um sistema de banho, utilizando copo de óleo para suprimento e controle de nível.
- quando os rolamentos, são lubrificados à graxa, estas é suprida por copo de graxeiro ou dispositivos de pressão.

Turbocompressores

- Pertencem à categoria dos Compressores Dinâmicos
 - Fluxo Radial (compressores centrífugos)
 - Fluxo Axial
- não necessitam de lubrificação interna, sendo que as partes a lubrificar, os mancais de apoio (planos ou rolamentos) e de escora e, eventualmente as juntas de vedação.
- na lubrificação a graxa, usar copos ou pinos graxeiros. Alguns tipos dispõem lubrificação permanente.
- Em alguns rolamento lubrificado a óleo, emprega-se o anel oleador, usado também para mancais planos.
- grandes compressores dispõem de completo sistema de circulação com reservatório, bomba, resfriador, filtro e equipamento auxiliar.
- os turbocompressores de fluxo axial, possuem lubrificação similar às dos compressores centrífugos.

6. Compressão de Gases (são empregados compressores de ar)

- são necessárias certas precauções na lubrificação, não só devida às temperaturas finais de compressão mais elevadas, mas, também, e principalmente, pela possibilidade de reação entre gás a comprimir e o lubrificante.
- oxigênio, cloro e óxido nitroso, não podem ser comprimidos em equipamentos lubrificados com óleo derivados de petróleo, devido à sua alta reatividade.

J. BOMBAS

São máquinas hidráulicas com o objetivo de efetuar ou manter o deslocamento de um líquido por escoamento.

1. Classificação

▪ Alternativas de Deslocamento Positivo

- a) Ação direta ou indireta
- b) Simplex ou Dúplex
- c) Simples efeito ou Duplo efeito
- d) Alta pressão ou Baixa pressão

▪ Centrífugas

- a) Verticais ou Horizontais
- b) Simples estágio ou Múltiplos estágios
- c) Impelidor de Aspiração Simples ou Impelidor de Aspiração Duplas

▪ Hélice

- Também chamada de Bomba de Fluxo Axial

▪ Rotativas de Deslocamento Positivo

- a) de Engrenagem simples
- b) de Engrenagem helicoidal
- c) de Parafusos
- d) de Êmbolos Axiais, curso variável

Obs.: A bomba centrífuga possui dois tipos de elementos :

▪ Outros tipos de bombas:

- de lóbulo
- de excêntrico
- de pistão giratório
- de rolos
- regenerativa ou bomba turbina.
- de êmbolo mergulhador
- de êmbolo radial

2. Lubrificação dos Mancais de Rolamentos

- os rolamentos de esfera são sensíveis a qualquer excesso ou falta de lubrificação, e o resultado será aquecimento e pequena vida.
- a relação entre a temperatura do líquido bombeado e a do óleo dos mancais é uma indicação do bom funcionamento. Sendo a temperatura máxima nos mancais, 80°C.

a. Graxa

- além de ser bom lubrificante, possui excelentes propriedades de vedação, protegendo o mancal da entrada de contaminantes.
- evitar graxa em excesso, pois produz seu superaquecimento e deterioração, além de ocasionar a separação de óleo do sabão.
- o espaço destinado à lubrificação nunca devem ultrapassar 2/3 de sua capacidade total, pois à necessidade de espaço para expansão da graxa.
- imediatamente após a lubrificação, a temperatura dos rolamentos aumentará.

- a bomba deve funcionar de 4 a 8 horas até estabilizar a temperatura, sendo que a lubrificação deve ser feita enquanto a unidade estiver girando.

b. Óleos

- deve ser usado óleo mineral puro ou um óleo de turbina.
- para temperatura de trabalho entre 0 e 60°C, usar SAE 20.
- para temperatura de trabalho acima de 60°C, usar SAE 30.
- para temperatura de trabalho abaixo de 0°C, usar óleo de baixo ponto de fluidez, cuja faixa de viscosidade esteja entre 55 a 65 SUS a 100°F.

K. REFRIGERAÇÃO

É o processo de abaixamento de temperatura de um meio, conseguido pela circulação de um líquido volátil, extraíndo o calor do ambiente e liberando-o em outro local do sistema.

✓ Características dos Refrigerante

a) Quanto à segurança:

- Não deve ser tóxico
- Não deve ser inflamável ou explosivo
- Não deve ser corrosivo
- Não deve contaminar os produtos submetidos à refrigeração.

b) Quanto aos aspectos físico-químicos:

- Alto calor latente de vaporização
- Alto peso específico (ocupar pequeno volume)
- Pressão de vaporização na temperatura do evaporador, maior que a pressão atmosférica (evitar contaminação do ar)
- Baixa pressão de condensação na temperatura ambiente
- Elevada temperatura crítica do refrigerante
- Baixo ponto de fusão
- Imiscível com o óleo lubrificante
- Baixa viscosidade
- Elevada condutibilidade térmica

1. Lubrificação

- nos os compressores alternativos sem cruzetas, a lubrificação dos cilindros é por salpico.
- nos com cruzeta, o óleo é fornecido separadamente as gaxetas e aos cilindros.

2. Características de óleos Lubrificantes

- o lubrificante é exigido apenas no compressor, mas ele circula no sistema junto com o refrigerante, ficando em contato íntimo durante extremos de temperatura e pressão.
- o lubrificante deve ser adequado ao ambiente de alta temperatura do compressor, como também, evitar reações com o refrigerante e formação de depósitos no lado de baixa pressão e temperatura do sistema.
- os óleos naftênicos, são os preferidos para os sistemas de baixa temperatura.

a. Viscosidade, depende das temperaturas operacionais e do tipo de serviço.

- os gases refrigerantes são solúveis no óleo lubrificante até certo limite, sendo os gases menos viscosos, a mistura terá uma viscosidade inferior à do óleo.
- os efeitos da diluição devem ser considerados pelo fabricante ao selecionar a viscosidade correta.

- b. **Estabilidade**, devem ser química e termicamente estáveis.
- é inevitável a presença de pequena quantidade de ar, ponto de partida para a deterioração do óleo, também relacionada com as reações químicas que podem envolver umidade, impurezas e o próprio refrigerante.
 - os óleos de refrigeração devem ser química e termicamente estáveis.
- c. **Propriedades de baixa temperatura**, pequena quantidade de óleo sempre é arrastada para o lado de baixa temperatura dos sistemas de refrigeração.
- o óleo não pode se solidificar nem formar depósitos cerosos, pois ocasionam obstrução nas tubulações, depósitos nas válvulas de expansão e redução na eficiência de transferência de calor.
- d. **Ponto de fluidez**, os óleos naftênicos são geralmente mais baixos que os parafínicos de viscosidade correspondente.
- os óleos de refrigeração possuem baixo ponto de fluidez.
- e. **Ponto floculação**, é a temperatura em que é observado material ceroso floculante, quando 10% de óleo é misturado com fluido refrigerante e resfriado em um tubo selado.
- f. **umidade**, o sistema de refrigeração deve ser isento de umidade.

L. MÁQUINAS OPERATRIZES

Tem por objetivo fundamental transformar fisicamente um corpo, seja no sentido geométrico (forma), seja no sentido dimensional (medida).

- Existem diversos tipos de máquinas operatizes, como o torno que é a principal, além de, prensas, furadeiras, fresas, serras e qualquer outra máquina-ferramenta.
- Para fins de lubrificação, precisa-se distinguir dois grupos: as que dispõem de sistema hidráulico e aquelas que não dispõe.
- Basicamente se lubrificam os mancais e engrenagens, merecendo atenção especial somente os sistemas hidráulicos.
- Outro tipo de lubrificação encontrado em máquinas de corte, é o proporcionado pelos fluidos refrigerantes e lubrificantes para corte.

1. Lubrificação Geral de Máquina-Ferramenta, se usa:

- lubrificação por circulação com sistema centralizado, dotado de bomba e reservatório.
- lubrificação por ponto, com almotolia ou outro sistema de lubrificação de uma só vez, ou perda total.
- além dos sistemas hidráulicos, engrenagens (em caixas) e mancais (rolamentos), pode-se considerar mais dois grupos de elementos:
 - a) os fusos, cabeçotes e guias.
 - b) mecanismos e controles secundários.
- Mancais de fusos, a principal característica é alta rotação operacional, pode ser superior a 10.000 rpm. Deve-se usar óleos leves (50 a 100 SUS a 100°F), de preferência dotados de inibidores de corrosão, ferrugem e oxidação.
- Eixo do cabeçote constitui, quanto à precisão operacional, no elemento fundamental do torno. Seu mancal na extremidade do eixo do cabeçote, normalmente rolamentos, suporta a

maior parte da carga radial, um óleo SAE 10 seria conveniente. Como o mesmo óleo é empregado nos trens de engrenagens de transmissão do cabeçote, usa-se óleo SAE 20, com aditivos antiferrugem, inibidores de oxidação e anticorrosivo.

- Guias, consideradas como mancais deslizantes, estão sujeitas a cargas intermitentes e movimentos alternativos, além de contaminação por pó e cavacos, necessita de um óleo adesivo. Como não possui cargas e velocidades elevadas, um óleo SAE 20 satisfaz.
- Alavancas, manivelas e controles secundários, não requerem um óleo especial. Usar um produto já empregado em outras partes da máquina.

2. Óleos de Dupla e Tripla Finalidade

- A contaminação do óleo lubrificante com o óleo de corte é freqüente, dai se utilizar placa protetora ou outro tipo de proteção, contra salpicos.
- Nos tornos automáticos e rosqueadeiras, é quase impossível se evitar a penetração do fluido de corte no sistema de lubrificação, é conveniente empregar óleo de dupla ação.
- Óleo de **dupla ação**: lubrificante e fluido de corte. Trata-se de óleo com aditivos EP não corrosivo. Sua viscosidade corresponde ao número SAE 10W, atuando eficientemente como lubrificante, mesmo onde seja preciso o SAE 20, graças aos aditivos EP.
- Os sistemas de lubrificação e do fluido de corte, devem permanecer independentes, mesmo quando se emprega um óleo de dupla finalidade.
- Em alguns casos é admissível introduzir no sistema de lubrificação, óleo oriundo do coletor do fluido de corte, que mesmo filtrado, pode conter partículas de metal danosas aos mancais da máquina.
- Óleo de **tripla ação** (lubrificante, fluido hidráulico e óleo de corte), são normalmente mais viscoso que os de dupla ação. Se enquadraram no limite inferior do grau SAE 20, possuindo elevado IV e resistência a altas temperaturas.

M. MOTORES DIESEL E A GASOLINA

1. Óleos para Motor

- A classificação mais conhecida é a SAE (Society of Automotive Engineers), baseada exclusivamente na viscosidade, não considerando fatores de qualidade ou desempenho.
- na classificação SAE, são considerados sete faixas de viscosidade, representadas por um número SAE, seguido ou não da letra W de “winter” (inverno).
- os números SAE seguidos da letra W referem-se à viscosidade extrapolada a 0°F, os demais são baseados na viscosidade a 210°F.

a. Classificação API

- ✓ O American Petroleum Institute, regulamentou uma classificação dos óleos para motor, baseada em condições operacionais, tipos:
- **Regular**, óleos minerais puros adequados apenas para serviço muito leve em motores a gasolina.
- **Premium**, produtos mais elaborados, com aditivo antioxidante, anticorrosivo e antiespumante, apropriados para motores a gasolina sujeitos a condições normais.
- **Heavy Duty (HD)**, formulados com aditivos detergentes que os tornavam úteis para motores a gasolina em serviços severos e imprescindíveis para motores diesel.

Obs.: Esta classificação se tornou obsoleta e foi revisada em 1952 e 1955, se adotando três categorias de serviço para motores a gasolina e outras três para motores a diesel:

- **Serviço ML**, típicos dos motores a gasolina e outros de ignição por centelha, operando em condições leves e favoráveis, não apresentando exigências especiais de lubrificação e não possuindo características de projeto sensíveis à formação de depósitos.
- **Serviço MM**, típico dos motores a gasolina e outros de ignição por centelha usados sob condições moderadas a severas, mas apresentando problemas com depósitos ou controle de corrosão de mancais quando a temperatura do óleo se torna elevada.
- **Serviço MS**, típico dos motores a gasolina, e outros de ignição por centelha, onde há requisitos especiais quanto ao controle de desgaste, formação de depósitos ou corrosão. A severidade das exigências especiais de lubrificação varia com as características dos projetos, como as severas condições de alta temperatura e "anda-para".
- **Serviço DG**, típico dos motores diesel em operação que não haja requisitos severos de controle de desgaste ou depósito oriundo do combustível, do óleo lubrificante ou de características de projeto do motor.
- **Serviço DM**, típico dos motores diesel operando sob condições severas ou usando combustível tendente a formar depósitos e causar desgaste, mas com características de projeto ou condições operacionais que podem fazer o motor menos sensível aos efeitos do combustível ou mais sensível a resíduos do óleo lubrificante.
- **Serviço DS**, típico dos motores diesel operando sob condições muito severas, ou possuindo características de projeto ou usando combustível tendente a causar desgaste ou depósitos excessivos.

b. Classificação SAE-API-ASTM

- a classificação **SAE** se refere apenas à viscosidade dos óleos e a classificação de serviço **API** não oferece definições precisas quanto à qualidade dos óleos, conscientes das deficiências, associados da **ASTM** (American Society for Testing Materials) adotaram nova classificação.
- Para motores a gasolina ou por centelha (spark ignition) foi adotado o prefixo S e para os motores a diesel ou de ignição por compressão (compression ignition) a letra C, sendo as classes designadas por A, B, C, D, E, em ordem crescente de acordo com o grau de severidade.
- **SAE** responsável para avaliação e promulgação de novas classes.
- **API**, responsável pela identificação das categorias e descrição do tipo de serviço.
- **ASTM**, responsável pela descrição básica do óleo, e pelo estabelecimento de métodos de ensaio e limites de performance.

2. Especificações de Desempenho dos óleos para Motores a Gasolina

- a qualidade dos óleos era definida apenas pela classificação de serviço API.
- a ASTM estudou e padronizou diversos ensaios para óleos classe MS.
- modificações nos projetos dos motores com o objetivo de aumentar o intervalo de tempo entre as trocas de óleo e, o incremento do carro em pequenos trajetos nas condições "anda-para", tem conduzido a constantes revisões nos ensaios.
- é fácil observar que o intervalo de troca de óleo vem sendo aumentado gradativamente.

3. Óleos Multiviscosos

- São óleos ótimos para climas frios, porém representam um custo exagerado, desnecessário tecnicamente. Isto não quer dizer que óleos 10W/50, não sejam bons para uso no Brasil.

4. Exigências de desempenho dos óleos para Motores Diesel

- de maneira geral, são mais severos em relação aos lubrificantes que os a gasolina.
- o óleo diesel é menos volátil que a gasolina, possui tendência a formar maior quantidade de carbono, são maiores as pressões de combustão no motor a diesel.
- os óleos satisfatórios para motores diesel, geralmente são também para motores a gasolina, não sendo verdadeira a recíproca.

- testes são feitos para garantir a especificação dos óleos, em alguns casos, nas condições mais adversas como:
 - ✓ serviço pesado e combustível com elevado teor de enxofre.
 - ✓ algumas classes: MIL-L-2104A, Suplemento 1, Série 3, MIL-L-2104B, MIL-L-2104C e MIL-L-46152.

5. Óleos para Engrenagens de Veículos

- ✓ a classificação SAE para óleos de engrenagens é distinta de classificação SAE para óleos de cárter.
- **GL-1, Lubrificantes do Tipo Regular**, para engrenagens cilíndricas retas, cônicas, espirais e de parafuso sem-fim submetidos a cargas leves. Não são indicados para engrenagens hipoidais. São óleos minerais puros, isto é, não contém compostos ou aditivos EP, podendo conter outros, como antioxidantes.
- **GL-2, Lubrificantes do Tipo Parafuso Sem-Fim**, indicados para engrenagens de parafuso sem-fim submetidas a condições severas de velocidade e/ou cargas, tais como os diferenciais de parafuso sem-fim de caminhões.
- **GL-3, Lubrificantes do Tipo EP Suave**, recomendado para engrenagens cilíndricas e cônicas sujeitas a condições severas. Não indicados para engrenagens hipoidais.
- **GL-4, Lubrificantes do Tipo Aplicação Múltipla (Multipurpose)**, indicados para engrenagens hipoidais e outras engrenagens de transmissão em serviço pesado.
- **GL-5, (MIL-L-2105B)**, para engrenagens hipóides, em condições de alta velocidade e pequeno torque e/ou baixa velocidade e grande torque.

6. Motores a Gasolina de Quatro Tempos

- relações de compressão variam de 5:1 a 10:1, sendo que as relações superior a 8:1 exigem gasolina de alto teor de octanas (azul) e o consumo de combustível está na faixa de 200 a 300 gramas/cv hora.

a. Sistema de Lubrificação

- regra geral, alimentação do óleo sob pressão aos mancais principais e lubrificação por salpique das bielas, cilindros e pistões. Sistema simples, com poucas possibilidades de falhas. Apresenta a desvantagem é ser escasso o suprimento de óleo às cabeças de biela.
- outro sistema empregado, alimentação sob pressão dos mancais principais, mancais das bielas e os pinos dos êmbolos, sendo por salpique a lubrificação dos cilindros, auxiliada pelo excesso de óleo do êmbolo. Sua desvantagem é a deposição de eventuais partículas sólidas nas ranhuras dos eixos de manivela, pela ação da força centrifuga.

b. Lubrificação dos Cilindros

- a película deve ser suficiente espessa para evitar o contato metal com metal e para formar um selo de vedação entre o anel do segmento e a camisa.
- deve ser delgada para não opor obstáculo à transmissão de calor do pistão à parede do cilindro, pois o aumento de temperatura provoca decomposição do óleo.
- a película é mais fina na parte superior e consequentemente o desgaste maior costuma ocorrer próximo ao ponto morto superior do segmento, perto da coroa do pistão.

c. Lubrificação da Parte Superior do Cilindro

- lubrificantes de baixa viscosidade para serem adicionados à gasolina são muito úteis. Na maior parte dos casos, o óleo é arrastado pelo pistão, junto com o que penetra pela válvula de admissão, propiciando lubrificação adequada.
- quantidade excessiva de óleo na câmara de combustão, provoca a formação de depósitos e o sujamento da vela.

d. Períodos de Troca de Óleo

- nos modernos motores de automóveis, o período é de 5.000 a 10.000 km.
- devido às condições de funcionamento mais constantes e à relativa ausência de pó, os motores estacionários e de lanchas podem funcionar mais tempo sem troca de óleo.
- às vezes o período de troca fixado em função das condições peculiares de serviço mediante análises do óleo em uso, o que só interessa para organizações possuidoras de grande frota de veículos.
- quando não existe possibilidade de se fazer análise, deve-se observar o período de troca recomendado pelo fabricante.

e. Temperaturas de Funcionamento

- excelente medida para retardar a deterioração do óleo, é manter a temperatura entre 80 e 90°C.
- a oxidação do óleo sempre se dará em várias partes do motor, devido à temperatura atingida, o que provoca sua decomposição, formando resíduos de carbono e vernizes.
- temperaturas abaixo de 80°C, ocasiona a formação de borras ou "maionese". É constituída por emulsão de água e óleo, misturada com gasolina, produtos de combustão incompleta, carbono e outras impurezas.
- em percurso curtos e no tempo frio, o óleo se deteriora rapidamente.

f. Pressão de óleo

- varia na razão direta da velocidade do fluxo e da viscosidade do óleo.
- se a pressão oscilar pode ser baixo nível de óleo ou defeito na bomba, se a pressão estiver elevada, pode ser devido à alta viscosidade no arranque ou óleo muito deteriorado. Alguns casos, a válvula de segurança fica presa na posição fechada.

g. Viscosidade do óleo

- baseada na temperatura de funcionamento do óleo de 80 a 90°C, óleos SAE 20 ou 30, são adequados para quase todos os motores a gasolina de quatro tempos.
- em temperaturas inferiores a -35°C, pode-se empregar até 10% de querosene para diluir o óleo, embora este procedimento implique em desgaste do motor.

h. Incompatibilidade de óleos

- nunca se deve misturar óleos de tipos diferentes ou desconhecidos.
- a mistura de óleos parafínicos com naftênicos pode ocasionar depósito asfáltico semelhante ao breu. Embora menos comum, pode ocorrer caso idêntico, se misturarmos naftênicos com aos parafínicos.

7. Motores a Gasolina de Dois Tempos

- faixa de potência de 0,05 a 50 cv, velocidade normal de funcionamento a plena potência oscila de 3.000 a 5.000 rpm, razão de compressão da ordem de 5,5:1, consumo de combustível de 270 a 300 gramas/cv hora, ou, aproximadamente, 350 cm³/cv hora.

✓ Lubrificação

- efetuada por meio de óleo misturado à gasolina em proporções variáveis entre 1:20 e 1:10. Uma proporção típica de 80 cm³/litro.
- além de boa propriedade lubrificante, o óleo não deve deixar depósitos indesejáveis na câmara de combustão ao ser queimado. A grande maioria dos motores de dois tempos, são projetados para funcionarem com gasolina de 70 octanas sem chumbo.

- a viscosidade indicada é, SAE 30 ou 40, com aditivo detergente.
- óleos parafínicos, não são muito voláteis, com tendência de deixar depósitos pegajosos na parte inferior do cilindro e depósitos duros de carbono na cabeça do pistão. A vantagem é que conservam as características lubrificantes em altas temperaturas.
- óleos naftênicos, são voláteis para facilitar a queima na câmara de combustão e formam pequenos depósitos de carbono leve, que tendem a se eliminar pela descarga.
- existem óleos naftênicos ou mistos, com pequeno teor de aditivo, com boas qualidades lubrificantes, sem ocasionar problemas de depósitos.

8. Motores Diesel

- razão de compressão de 12:1 a 18:1, proporcionando pressão de 35 a 39 kgf/cm² (motor a gasolina é de 9 kgf/cm²).
- **baixa rotação**, até 250 rpm, usados principalmente em navios.
- **média rotação**, entre 250 e 750 rpm, usados em geradores elétricos e bombas de perfuração de poços de petróleo.
- **alta rotação**, acima de 750 rpm, usados em caminhões, lanchas, locomotivas, tratores e outros equipamentos de construção.

a. Sistema de Lubrificação

- lubrificados som sistema circulação sob pressão, com coletor dentro ou fora do cárter.
- alguns tipos de motores estacionários possuem mancais lubrificados por anel, outros dispõem de lubrificadores mecânicos, e, em alguns grandes motores de baixa velocidade, podem existir mancais secundários lubrificados com almofaria.
- nos motores de cruzeta e de pistão oco de tamanho considerável, as paredes do cilindro são lubrificadas diretamente com um lubrificador mecânico.

b. Temperatura do Óleo

- pode-se considerar ótima a faixa de temperatura entre 82 e 86°C. São aceitáveis temperaturas até 105°C, sendo que o limite máximo admissível é 125°C.
- o limite mínimo admissível de temperatura para o óleo, é 65°C.
- motores de alta rotação, pequeno porte, a temperatura do óleo é, praticamente, a mesma da água de refrigeração.
- para grandes motores, é necessário o uso de um refrigerante para o óleo.

c. Lubrificação dos Cilindros

- motores de pistão oco de alta velocidade é feita por salpique, semelhante ao de gasolina.
- os de baixas e médias velocidades, como os de cruzeta simples ou duplo-efeito, nos quais o cilindro e o cárter são separados, exigem alimentação independente do cilindro, feita, em geral, por lubrificador mecânico.
- motores com diâmetro interno superior a 50 cm, recomenda-se um óleo SAE 40, sendo que para diâmetros inferiores, é mais indicado, um SAE 30 ou SAE 20.
- motores com cruzeta, diâmetro interno dos cilindros maior que 50 cm, pode necessitar um óleo muito viscoso, SAE 50. Para diâmetros menores, SAE 40 ou SAE 30.

9. Motores a Gás

- taxa de compressão da ordem de 12:1. É necessária uma pequena injeção de diesel para ocasionar a inflamação.

✓ Lubrificação dos Motores a Gás

- são lubrificados de maneira semelhante ao diesel. Em alguns casos, é empregado óleos naftênicos, para reduzir os depósitos que ocorrem com os parafínicos.

10. Período de Troca de Lubrificantes em função do teor de Enxofre

- o enxofre contido no combustível é um dos fatores que mais afetam o óleo lubrificante, tornando as condições mais severas.
- são considerados os limites de:

| % de enxofre do combustível | Troca de óleo do cárter |
|-----------------------------|-------------------------|
| Até 0,4 % | 250 horas de serviço |
| 0,4 a 1,0% | 125 horas de serviço |
| Acima de 1,0% | 60 horas de serviço |

11. Sistema de Lubrificação - Projeto

- a. **Bomba de óleo**, é o órgão distribuidor do óleo para as partes internas do motor. As mais comumente usadas são as bombas de: engrenagens, palheta e pistão. Devem ser de reduzido tamanho e alta vazão, pois além de lubrificar tem que refrigerar. A pressão de alimentação do óleo tem por finalidade manter separadas as superfícies metálicas. Quando aumenta a rotação do motor, a pressão de óleo tende a aumentar também, que é indicada por um manômetro.
- b. **Os Circuitos**, o regime de escoamento deve ser laminar, existindo uma velocidade limite dada pelo número de Reynolds :
 - ✓ circuito de aspiração: $v = 1,5$ a 3 m/s
 - ✓ circuito de alimentação: $v = 3$ a 5 m/s
- c. **Refrigeração do óleo**, nos motores onde a refrigeração a ar for insuficiente para manter a temperatura do óleo, deve-se recorrer a outro sistema, podendo ser: refrigeração a água e refrigeração a ar ventilado. A escolha depende do projeto do motor.
- d. **Pressão do Óleo**, indica as condições de lubrificação do motor. Os fatores que influenciam: viscosidade, vazão da bomba e dimensões dos orifícios do circuito. A viscosidade e a rotação variam no mesmo sentido, enquanto a temperatura varia conforme o ponto do circuito. O aumento da viscosidade para aumentar a pressão, representa um paliativo perigoso para a conservação do motor.

12. Análise do Desgaste e Sedimentos

a. Em Motores a Gasolina

- ✓ Desgaste e Sedimentos, são formados pelos produtos da combustão e da oxidação. Os produtos da combustão formam compostos corrosivos responsáveis pelo desgaste e ferrugem, e, os produtos oxidados, formam as borras de baixa temperatura.
 - **Óxidos de Nitrogênio**, a obtenção é favorecida pelas temperaturas elevadas.
 - **Enxofre**, dependendo do teor, propiciam a formação de ácidos. Nos motores a gasolina, o nível de óxidos de enxofre é menor que os de nitrogênio.
 - **Fuligem**, é composta de um agregado de partículas de carbono, contendo hidrogênio, oxigênio e enxofre.
 - **Compostos de Chumbo**, são os principais contaminantes.
 - **Verniz**, é uma camada resinosa, formada por compostos do nitrogênio e do enxofre e produtos oxidados.
 - **Borra**, é uma emulsão água-óleo estabilizada, possuindo fuligem e sais de chumbo.

- ✓ Os fatores principais que propiciam a elevação da formação de sedimentos são: projeto do motor, composição da gasolina, condições operacionais do motor, freqüência de troca do lubrificante e características do óleo.

b. Em Motores Diesel

- Em virtude da alta temperatura operacional, não existe quase borra. A fuligem localiza-se na região dos anéis. Os produtos de oxidação do combustível formam vernizes solúveis no óleo. O maior desgaste é corrosivo.
- Fatores que elevam a formação de sedimentos são: projeto do motor a natureza do combustível e as características do lubrificante.

N. MOTORES DIESEL MARITIMOS

a) Dois tempos

- de cruzeta (com diafragma);
- sem cruzeta (sem diafragma);
- de pistões opostos;
- de duplo efeito;
- tipo Napier-Delta;

b) Quatro tempos

- de cruzeta (com diafragma);
- sem cruzeta (sem diafragma).

✓ Lubrificação

- A seleção dos motores lubrificantes deve considerar fatores como: características do motor, sistema de lubrificação, potência e combustível empregado.
- **Tipos com cruzeta**, a lubrificação do cilindro é independente do cárter, que se mantém seco, havendo um depósito chamado "poceto". É um sistema de circulação, para eixo de manivela, cruzeta, pino do pistão e turbo-alimentador, com retorno ao poceto.
- **Tipo sem cruzeta**, o óleo é armazenado no cárter e circula pelo eixo de manivela, lubrificando o cilindro e retornando ao cárter.

a. Sistema de lubrificação

depende fundamentalmente da manutenção do filme de óleo entre as partes móveis.

- **Circulação**, em quase todos os motores diesel é utilizada, para os mancais principais e bielas. Capacidade das bombas de óleo varia de 2 a 50 litros/HP-hora.
- **Lubrificador Mecânico**, acionado pelo próprio motor, sendo sua rotação regulável. O óleo é aplicado a no mínimo em 4 pontos da periferia do cilindro.

a. Potência

permite indicar o lubrificante correto e o método de aplicação do lubrificante.

- ✓ até 100 HP, cilindros (circulação) e mancais (circulação).
- ✓ 100 a 300 HP, cilindros (lubrificador mecânico) e mancais (circulação).
- ✓ acima de 300 HP, cilindros (lubrificador mecânico) e mancais (circulação).

1. Requisitos para óleos Lubrificantes (valores médios)

| CARACTERÍSTICAS | CILINDROS | MANCAIS |
|-----------------------|-------------------------|--------------------|
| Densidade | 0,943 - 0,948 | 0,915 - 0,920 |
| Ponto de Fulgor | 220 - 240 C | 18 C |
| Ponto de Fluidez | 20 C | 120 C (mínimo) |
| Viscosidade | 650 – 1200 SUS a 37,8 C | 600 – 700 a 37,8 C |
| Índice de Viscosidade | 70 - 90 | 75 – 95 |
| TBN | 50 - 70 | 7 - 12 |

2. **Contaminação, sua intensidade depende de fatores como:** tipo do motor diesel, condições operacionais, queima e limpeza do combustível, volume do óleo e sistema de lubrificação. Um óleo lubrificante, em serviço, sujeito aos contaminantes, se deteriora completamente.
 - **Produtos de Oxidação**, podem ser solúveis ou insolúveis no óleo e se depositam nas paredes do cilindro.
 - **Borras**, se formam nas partes frias do motor e contém sempre certa porção de água, funcionando como isolante, prejudicando a transferência de calor.
 - **Fuligem**, provém da queima incompleta do combustível, provoca formação de resinas e se depositam nos anéis e orifícios de retorno do óleo.
3. **Enxofre**, nocivo aos metais, devido à formação de ácido sulfúrico, sua correção é feita com aditivos no óleo lubrificante.
4. **Diluição**, quando ocorre com combustível, a separação é feita por destilação. Reduz a viscosidade do óleo lubrificante.
5. **Desgaste**, anéis e cilindros é consequência da corrosão e abrasão. O tipo de óleo influencia na redução do desgaste. A escolha da viscosidade adequada é importante: a) quanto mais alta a temperatura de operação, maior a viscosidade; b) refrigeração deficiente exige óleo mais viscoso; c) folga nos anéis e cilindros, exige óleo mais viscoso.

O. MOTORES DIESEL FERROVIARIOS

Fatores Positivos: rendimento elevado e segurança de operação. Mesmo sendo a tração elétrica mais econômica, outros fatores favorecem sua aceitação: padronização de peças, assistência dos fabricantes dos motores e das companhias de petróleo. O seu desenvolvimento na procura de maiores potências está limitado por problemas geométricos: largura, altura e comprimento e, peso.

1. Tipos de Motores

- Rotação de 800 a 1.110 rpm, de 2 a 4 tempos, em V e superalimentados com 8, 12 e 16 cilindros. Atualmente existem de 20 cilindros e 4.000 HP. Diâmetro dos cilindros de 8,5 e 9" e curso do pistão de 10 a 15", com 150 HP/cilindro.

2. Lubrificação do Motores

- Os óleos lubrificantes devem ser de IV entre 55 e 75, com finalidade de reduzir a tendência de quebra dos anéis, por formação de depósitos duros e quebradiços nas ranhuras, características dos parafínicos.
- requerem certos desenvolvimentos: proteção dos mancais contra a corrosão (principalmente nos mancais de prata), desgaste, quebra e apresamento de anéis. Como também: dispersão, alcalinidade e filtrabilidade.

1) Dispersão

- o óleo de maior consumo no mercado brasileiro, é a média dispersância
 - o de alto poder de dispersão, além de ser mais caro, está em fase de difusão e testes de desempenho.
- ✓ As empresas ferroviária relutam em usar, por algumas razões:
- a) É mais caro;
 - b) mantém em suspensão partículas finíssimas, que se fossem abrasivas poderiam contribuir para o desgaste nas áreas dos anéis e mancais;

- c) sendo de alta dispersância quando encontrasse uma região fria do motor teria a tendência de depositar parte das partículas em suspensão;
 - d) é sensível a água, perdendo a sua dispersância quando ocorre vazamento de água do sistema de refrigeração.
- Os óleos de alta dispersância tem duas vantagens: maior limpeza das partes móveis do motor e maior período de troca de filtros.
 - Os óleos de médio poder de dispersão depositam nos filtros: as matérias em suspensão, fuligem, produtos de oxidação e partículas abrasivas, mantendo o óleo limpo em operação.

1) Filtros

Os de papel vêm substituindo gradativamente os de estopa, pois conseguem remover eficientemente as partículas em suspensão no óleo, pois sua área de filtragem é bem maior.

2) Teor de Cinza

Os óleos de alta dispersância não possuem constituintes que formam cinzas, existem os óleos:

- *quase sem cinza*, utilizam dispersantes combinados com inibidores contendo metais.
- *sem cinza*, contém dispersante e inibidores sem cinza.

3) Alcalinidade

TBN e TAN, são usados para indicar a alcalinidade e acidez dos óleos. Óleos do tipo “reserva alcalina”, possuem alcalinidade a fim de neutralizarem os componentes ácidos formados na queima de combustível e resultantes da oxidação do óleo.

4) Lubrificação dos Mancais de Prata

Normalmente são usados no pino do pistão. Aditivos atacam a prata.

5) Turbo Alimentadores

A lubrificação é feita com óleo do cárter.

6) Controle de Vida do Lubrificante

Pode ser controlado através de análises de laboratório e teste de campo. Nas empresas ferroviárias a análise do óleo é feita a cada 2.000 km no máximo.

✓ Análises de Laboratório

- 1) Aparência e odor;
- 2) Viscosidade Saybolt a 100° F (Visgage);
- 3) Ponto de Fulgor (V.A.);
- 4) Teor de água;
- 5) Número de Precipitação;
- 6) Número de Neutralização.

✓ Testes de Campo

- 1) Aparência e odor
- 2) Viscosidade a 100 °F (VISGAGE)
- 3) Mata-borrão
- 4) Água (chapa quente)

- *Aparência*, é uma prova visual, onde se detecta a presença de água e de outros contaminantes, ou se o óleo está fino ou mais viscoso.
- *Visgage*, viscosímetro portátil para determinar viscosidade em campo.

- **Ponto de Fulgor**, determina a presença de combustível no óleo. Este ensaio junto com a viscosidade calcula o teor de diluição. Troca-se o óleo, quando atinge ou ultrapassa 50% de diluição.
- **Mata-borrão**, avalia se as condições e rendimento dos filtros de óleo, e do nível de dispersão do óleo.
- **Chapa quente**, maneira grosseira de se constatar a presença de água no óleo.

7) A Troca de óleo

- na prática se troca, quando a análise físico-química acusar a necessidade.
- o índice de neutralização é a característica mais importante da qualidade do óleo.
- diluição, é encontrada medindo-se a viscosidade ou o ponto de fulgor.
- tecnicamente os mecânicos de ferrovias optam pela indicação da temperatura e pressão, como medida da eficiência do óleo em serviço.
- muitos dos problemas de lubrificação são provenientes de contaminantes externos e o filtro deve impedi-los, para manter a qualidade do óleo em uso.

P. TURBINAS HIDRAULICAS

São máquinas motrizes constituídas em sua essência de um rotor ligado a um eixo, um mecanismo para regular a quantidade de água admitida, bem como passagens de água em direção ao mecanismo de regulagem e saída do rotor, podem ser de:

- **Ação**, quando a pressão de entrada (P_1) é igual à pressão de saída (P_2). O rotor absorve apenas a energia cinética da água. São conhecidas como turbina Pelton $\Rightarrow P_1 = P_2 = P_{atm..}$
- **Reação**, quando a pressão de entrada (P_1) é maior que a pressão de saída (P_2). O rotor absorve a energia cinética mais a energia da pressão da água.

- ✓ Ação
 - horizontal
 - vertical
- ✓ Reação
 - Francis
 - Hélice
 - ◆ Pás fixas
 - ◆ Pás ajustáveis (Kaplan)

✓ Instalações das turbinas de reação

- 1) Eixo: vertical e horizontal
- 2) Caixa: Espiral, semi-espiral, cilíndrica, retangular fechada, de vácuo e câmara aberta.
- 3) Rotor: Descarga simples e descarga dupla.
- 4) Tubo de sucção: Cônico e em cotovelo.
- 5) Regulador: Tipo (eixo distribuidor, atuador e armário).

✓ Utilização

- ◆ Pelton, para grandes quedas e pequenas vazões, $H > 300$ metros.
- ◆ Francis, para medianas e pequenas alturas, 80 a 300 metros.
- ◆ Kaplan, para pequenas quedas, até 80 metros.

1. Sistema de lubrificação

- Se considera o conjunto turbina-gerador, como uma só unidade.
- Normalmente se adota o sistema de circulação, sendo que as partes a lubrificar são: mancais de guia, mancais de escora e regulador.

- Os mancais de escora podem ser com molas, de rolamento, de esfera ou rolos cônicos, ou ainda do tipos de Gibbs, Michell ou Kingsbury e sua lubrificação é feita por circulação ou banho, e, a refrigeração, por um sistema de circulação de óleo ou por serpentina refrigerante de água ou por ar.
- No regulador, usar óleo de viscosidade bem baixa, para permitir rapidez na ação. São muitos prejudicados pela formação de depósitos oriundos de oxidação ou contaminação do óleo.
- As cargas axiais suportadas pelo mancal de escora, exigem um óleo mais viscoso.

2. Requisitos do óleo para Turbinas

Deve possuir acentuada demulsibilidade e alto I.V. É essencial que disponha de elevada resistência à oxidação e propriedade ant corrosiva e não deve formar espuma.

- O projeto de instalação tem prever sistema de purificação por decantação, filtração por meio de papel neutro em filtro prensa e centrifugação. Com devidas precauções, sua vida útil é superior a 20 anos, fazendo apenas reposições necessárias para completar o nível adequado.
- A temperatura deve ser inferior a 60°C ou no máximo 70°C. Alguns sistemas de purificação adotam aquecimento para diminuir a viscosidade antes de submetê-lo a centrifugação. Existem opiniões controvertidas a esse respeito, alguns técnicos acham que sim, outros acham que não.
- Os tanques de armazenagem devem dispor de cartuchos de sílica-gel para evitar umidade, proveniente da variação de temperatura do sol diurno e orvalho noturno. Devem conter sempre 80 a 95% de sua capacidade, mantendo quantidade mínima de ar possível para retardar a oxidação. Quando vazio, deve ficar isolado do sistema.
- A reposição de óleo não deve ultrapassar a 10% da quantidade total do sistema. Se já estiver em processo de oxidação, uma quantidade maior pode acelerar a decomposição total do óleo, formando borras.
- É importante evitar seu contato com cobre, bronze, latão e zinco, são metais não ferrosos e podem atuar como agentes catalisadores de oxidação.

- a. **Viscosidade**, deve ser adequada e depende de vários fatores, principalmente das condições operacionais. Nos sistemas circulatórios, onde as temperaturas operacionais são normais, se recomenda óleo de baixa viscosidade.

Nos mancais lubrificados por anel, o óleo é de maior viscosidade, devido às temperaturas mais elevadas e por não possuírem sistema de refrigeração, aderindo melhor aos anéis.

As emulsões formadas num óleo de alta viscosidade são propensas a se estabilizarem de forma permanente, particularmente se estiver circulando em alta velocidade. O óleo precisa ser:

- suficientemente viscoso, para lubrificar satisfatoriamente todas as partes e suportar as cargas com boa margem de segurança;
- bastante leve para que não cause excessiva perda de potência, altas temperaturas e separação precária das impurezas.

- b. **Ferrugem**, sua prevenção é da maior importância, se minúsculas partículas penetrarem nas bombas, peças vitais das válvulas e mecanismos de controle, danificam os equipamentos.

- c. **Emulsificação**, é a propriedade do óleo formar emulsão, em mistura de óleo e água ou vapor. A água pode entrar no sistema através de buchas com vazamentos, serpentinas de resfriamento, gaxetas defeituosas, ou pela condensação de umidade no sistema. A emulsão pode ser arrastada pelo óleo e lavada aos mancais, interromper a formação da película lubrificante, ocasionando desgaste.

Desemulsificação é uma medida da razão segundo a qual a emulsão se rompe ou se separa.

- d. **Espuma**, normalmente os óleos recebem aditivos antiespumantes, para torná-los altamente resistentes à formação de espuma, permitindo o funcionamento contínuo das máquinas durante longo tempo.
- e. **Oxidação**, os óleos recebem inibidores de oxidação pois são submetidos à contaminação por água e ar, sofrendo os efeitos catalíticos de diversos metais e ligas, sob condições de temperatura elevada e por um longo período de tempo. Nestas condições de operação, parte dos constituintes se oxidam, formando resinas, aumentando a viscosidade. A precipitação do material é chamada borra.
- f. **Formação de Borra**, os agentes responsáveis são as emulsões. Há dois tipos:
A *solutível*, se dissolve no óleo a temperaturas normais de operação, caindo a temperaturas mais baixas, localizadas nas serpentinas de resfriamento, devido à temperatura baixa, prejudicando desta maneira a refrigeração.
A *insolúvel*, é arrastada com o óleo em circulação, formando depósitos nos tubos de óleo e orifícios.
- g. **Acidez**, os ácidos livres, liberados pela oxidação, atacam o metal do sistema formando sabões metálicos, que sendo muito ativos aceleram a formação de emulsões. Os sabões também se precipitam até um certo ponto juntando-se à borra do sistema.

3. Purificação dos óleos de Turbina

Para aumentar a vida do óleo, se faz necessário retirar os produtos causadores de borra e emulsão. Existem cinco maneiras:

- a. **Decantação e Filtragem**, se deixa o óleo em repouso durante um longo período (10 a 15 dias), suficiente para sedimentação das impurezas maiores. O óleo decantado passa através de um purificador centrífugo ou filtro. A maioria dos filtros, possuem serpentina de aquecimento e bandeja, para ajudar a sedimentação, antes do meio filtrante.
- b. **Purificação por centrifugação**, é um sistema que através da alta velocidade separa as matérias mais pesadas e a água do óleo. O óleo e a água, são continuamente descarregados por meio de bocais separados, enquanto as matérias sólidas são coletadas no recipiente côncico do fundo, onde são removidas.
- c. **Purificação contínua**, mantém o óleo isento de água e matérias sólidas, através do processo de filtração e centrifugação, retardando sua deterioração.
- d. **Purificação parcial**, consiste na retirada do óleo a intervalos convenientes. É feita com óleo quente, para que a barra solúvel seja retirada com ele. Pode consistir no tratamento por decantação, filtração, centrifugação ou combinação de quaisquer deles.
- e. **Substituição parcial do óleo**, retirar parte do óleo em intervalos freqüentes, para substituí-lo por óleo novo, não é satisfatória, pois o óleo novo sofre contaminação do óleo existente.

4. Lubrificação

- Os mancais das turbinas hidráulicas, não oferecem problemas de lubrificação.
- Nas turbinas horizontais se usam mancais de apoio tipo comum, lubrificados por anel, ou sob pressão, nas turbinas hidráulicas verticais.
- A lubrificação dos mancais de escora e pescoso se faz por banho, com circulação.
- O maior problema, é a operação defeituosa do regulador, e que se deve, na maioria das vezes, à formação de espuma no óleo.
- O óleo deve possuir boa resistência à formação de espuma, e ter facilidade para liberar o ar. É indispensável uma boa vedação no sistema, para evitar a entrada de ar.
- A formação de espuma no óleo é causada por:
 - a) velocidade de circulação do óleo;

- b) volume do óleo em circulação;
 - c) vazamentos;
 - d) velocidade de rotação da bomba.
- Problema específico na turbina Francis, é o da graxa, em sistema centralizado, na lubrificação do eixo das pás do distribuidor, exigindo excelente resistência à ação de lavagem pela água.

Q. TURBINA A VAPOR

É um sistema que transforma a energia térmica do vapor em energia mecânica.

- ✓ Pode ser de:
 - **Ação**, quando o jato de vapor incide diretamente sobre as palhetas.
 - **Reação**, o rotor gira pela reação produzida pelo vapor ao abandonar a palheta móvel após sua expansão.

1. Acessórios essenciais das Turbinas

- **Selo de vedação**, para evitar que o vapor saia ou o ar entre no sistema, igualando assim as pressões externas e internas.
- **Acoplamento**, une a turbina ao gerador e tem como função permitir o movimento axial e eventual desalinhamento, devido às mudanças de temperatura.
- **Reguladores**, controlam a quantidade de vapor que entra na turbina.

2. Sistema de lubrificação das Turbinas

- Variam conforme a capacidade das mesmas.
- **Pequenas**, até 200 HP, os mancais são lubrificados por anel.
- **Médias**, mancais lubrificados por anel, engrenagens e outros mancais por circulação.
- **Grandes**, sistema de circulação de óleo, que supre os mancais da turbina, mecanismos de regulação, redutor, mancais do gerador e todas as partes móveis.
- contém além do reservatório, refrigeradores e sistema de purificação para aumentar a vida útil.
- **Bomba principal e auxiliar**. A auxiliar supre óleo aos mancais até adquirir a velocidade de regime, quanto a principal, supre a quantidade de óleo suficiente.
- **Refrigeradores de óleo**, necessário, para manter a temperatura do óleo correta.
- **Ventilação**, água é um dos principais contaminantes, que é provocada pela condensação do vapor no refrigerador de óleo. A ventilação ajuda a diminuir a formação de espuma.
 - a) **Ventilação natural**, vapores de água e óleo são eliminados naturalmente por uma abertura na superfície do reservatório.
 - b) **Ventilação a vácuo**, é aplicado o vácuo na parte superior do reservatório, sendo obtido este vácuo pela descarga de água do condensador de vapor das turbinas.
 - c) **Desumidificador**, o ar juntamente com vapores de óleo e água é arrastado do reservatório e levado ao aparelho onde é drenado o óleo, condensado os vapores de água e o ar livre, volta novamente ao reservatório.

3. Óleos Lubrificantes para Turbinas a Vapor

- ✓ O óleo empregado além de lubrificar, deve servir como refrigerante para extrair o calor conduzido pelo rotor e demais partes onde há atrito, e como meio hidráulico, para o regulador e controles adicionais.
- ✓ É submetido a condições severas, pela exposição à influência de certos fatores nocivos, que servem para orientar a escolha correta do lubrificante.

- **Oxidação**, na presença de calor, água, ar e impurezas diversas, há tendência do óleo se oxidar, formando produtos insolúveis e solúveis, estes últimos podem se tornar insolúvel em temperaturas mais baixas, causando problemas no suprimento, às partes móveis das turbinas.
- **Emulsão**, a água e o óleo de circulação formam emulsão causando ruptura da película lubrificante e consequentes escoriações nos mancais e dentes das engrenagens das turbinas.
- **Borra**, é uma massa contendo emulsões, óleo oxidado e outras impurezas. Quando depositada, consiste de partículas sólidas e hidrocarbonetos oxidados, sendo bastante prejudicial. Acrescentando-se grande quantidade de óleo ao sistema de uma só vez, pode provocar distúrbio químico, formando depósitos. Não é aconselhável abastecer de uma só vez, mais de 10% da capacidade do sistema de óleo da turbina.
- **Espuma**, a agitação do óleo em contato com o ar provoca espuma, como também, o acréscimo de grande quantidade de óleo, provoca a formação de espuma.
- **Ferrugem**, a água junto com o óleo pode formar ferrugem nos metais. É abrasiva e pode agir como catalizador de oxidação.
- **Contaminantes sólidos**, são constituídos de carvão, cinzas partículas metálicas e sílica. Altamente nocivos, além de alguns serem abrasivas, outros atuam como catalisadores de oxidação. A cinza diminui a capacidade do óleo separar-se da água.
- **Calor**, é conduzido através do eixo aos mancais, havendo ainda o calor adicional gerado pelo atrito fluido resultante do deslizamento das superfícies. Empregam-se refrigeradores, para diminuir este efeito no óleo, pela troca de calor com água de refrigeração.

✓ **Características do óleo**

- Face os contaminantes, os óleos aplicados, além de serem básicos de alta qualidade, devem possuir aditivação que lhes confira certas características:
 - a) grande resistência à oxidação;
 - b) antiferrugem e anticorrosivo;
 - c) rápida separação da água;
 - d) película bastante resistente;
 - e) antiespumante.

4. Observações sobre as condições do óleo usado

- Procede-se em intervalos de tempos determinados, análise visual, que pode indicar água e impurezas, se comparada com óleo novo, e uma análise de laboratório, como: viscosidade, número de neutralização, água e sedimentos.

- ✓ Purificação, deve ser capaz de retirar as impurezas e remover a oxidação .

1) Métodos principais

- a) **Full Flow**, todo óleo passa através do purificador.
- b) **By-Pass**, parte do óleo é retirado do reservatório.
- c) **Tanque de Purificação**, toda a carga é retirada para purificação.

2) Princípios da Purificação

- a) Separação por Gravidade, incluídas a decantação e centrifugação.
- b) Separação por Filtração, utilizados elementos de filtro para reter impurezas.
- c) Separação por Absorção, empregados materiais ativos que absorvem os contaminantes solúveis no óleo.

R. FERRAMENTAS PNEUMÁTICAS

Acionadas por ar comprimido, encontram largo emprego na construção civil, mineração, indústria naval e grandes oficinas. As ferramentas pneumáticas podem ser de:

- **Percussão (alternativas)**, um êmbolo se move alternativamente em um cilindro.

- **Rotação**, dispõe de um rotor de palheta, ou um motor a ar de um cilindro ou mais, dispostos radialmente.

1. Lubrificação

- para que seja eficiente, o óleo deve ser introduzido com o ar. Isto é obtido por meio dos lubrificadores de linha de ar, que fazem a pulverização do óleo que é conduzido pela corrente de ar.
- existem modelos com capacidade de 300 cm³ até quase 20 litros, funcionando graças a um “gliceur” apropriado.
- a colocação do lubrificador deve ficar 3,5 m da ferramenta a ser lubrificada, se a distância for maior, pode ocasionar a deposição de óleo na mangueira.
- os lubrificadores de linha permitem regular a quantidade de óleo no fluxo de ar. É essencial que seja apropriada a quantidade de óleo fornecida.
- se for usado excesso de óleo, pode ocorrer a dielização, que são explosões de vapor de óleo dentro do cilindro, podendo trazer avarias na parede do cilindro e do pistão. Ocorrem quando a perfuratriz é operada sem pressão suficiente de avanço na coroa, ou com o acelerador aberto ao entrar ou sair do furo.
- Quantidade de óleo, para boa lubrificação em ferramenta pneumática alternativa:

$$\boxed{Q = 0,03 \cdot d \cdot c \cdot n}$$

Q = quantidade de óleo necessária (litros)

d = diâmetro do cilindro (m)

c = curso do pistão (m)

n = número de golpes por minuto

2. Óleos para Ferramentas Pneumáticas

- O ar comprimido possui umidade, que se condensa com a expansão do ar.
- O óleo deve conter: agente emulsificante, propriedades EP, não ser corrosivo, possuir inibidores de corrosão e ferrugem e, não deve, conter sabões metálicos.
- a temperatura no interior da ferramenta pode ser até 35°C inferior a ambiente, causada pelo efeito refrigerante da expansão do ar comprimido, adquirindo assim, o ponto de fluidez, excepcional importância em locais frios.
- ferramentas leves operam com óleo pouco viscoso (SAE 10), principalmente as rotativas
- as ferramentas de pistão requerem óleos SAE 10 ou 20.
- as perfuratizes de rocha, trabalham com SAE 30,40 ou 50, dependendo de seu porte e da temperatura ambiente.
- as roscas das hastes e coroas devem ser protegidas com graxa grafitada ou com graxa especial, contendo pó de zinco.
- no campo, é recomendável como emergência, se preparar uma espécie de pasta, misturando óleo mineral com alvaiade, grafita, cobre e chumbo em pó para a proteção de roscas.

Obs.: Alvaiade, pigmento branco, seja de carbonato de chumbo, seja de óxido de zinco.

S. EQUIPAMENTOS DE TERRAPLENAGEM

- **Máquinas motrizes**, são os tratores, os compressores de ar e os geradores de energia elétrica, necessários aos canteiros de obras.
- **Máquinas operatrizes**, são as lâminas empurradeiras, as niveladoras, as pás carregadeiras, os escarificadores, os rolos compressores, as escavadeiras, os “scrapers”, os caminhões “off-road”, os reboques transportadores, as máquinas compactadoras, etc.

1. Lubrificação dos Equipamentos de Terraplenagem

- as principais máquinas são acionadas por motor diesel, como também, os sistemas hidráulicos, sejam eles hidrostáticos ou hidrodinâmicos.
- a maioria dos motores diesel de alta rotação, são super alimentados, sendo necessário lubrificar no turbocompressor, somente os mancais, com o mesmo óleo do motor.
- é usado o óleo hidráulico tipo industrial, tem propriedades antiabrasivas, antiespumante, antiferrugem e antioxidante.
- para transmissões automáticas e conversores de torque, usar produto tipo C-2.
- para engrenagens, o produto MIL-L-2105B, atende todos os tipos de serviço.
- o uso da graxa a base de 12 hidroxi-estearato de lítio para múltiplas aplicações, resolve praticamente todos os problemas de lubrificação a graxa.
- os roletes das esteiras, possuem atualmente vedação permanente, não exigindo lubrificação periódica, sendo usada graxa tipo múltiplas aplicações.
- cabos e engrenagens abertas, são lubrificadas com composições betuminosas.

a) Planejamento da Lubrificação

- ✓ não deve prejudicar o andamento dos trabalhos e nem as máquinas devem ser tiradas do campo para serem lubrificadas, para isso, são imprescindíveis à adoção dos chamados comboios de lubrificação, que consiste de um caminhão, onde são instalados o equipamentos e acessórios de lubrificação.

b) Racionalização da Lubrificação

- ✓ É recomendada não pela simplificação da lubrificação, mas principalmente pela redução de custo de manutenção, especialmente peças de reposição.
- ✓ É econômico pagar mais caro por um produto de múltipla aplicação.
- ✓ Lubrificação básica das máquinas rodoviárias, pode ser feita com quatro produtos, como por exemplo:
 - 1) **óleo para motor:** MIL-L-2104C ou MIL-L-45199B e/ou MIL-L-2104B ou MIL-L46/52.
 - 2) **óleo hidráulico:** Hydraulic Fluid Type C-2.
 - 3) **óleo para engrenagens:** MIL-L-2105B.
 - 4) **graxa para múltiplas aplicações:** Multipurpose.

Hino Nacional

Ouviram do Ipiranga as margens plácidas
De um povo heróico o brado retumbante,
E o sol da liberdade, em raios fúlgidos,
Brilhou no céu da pátria nesse instante.

Se o penhor dessa igualdade
Conseguimos conquistar com braço forte,
Em teu seio, ó liberdade,
Desafia o nosso peito a própria morte!

Ó Pátria amada,
Idolatrada,
Salve! Salve!

Brasil, um sonho intenso, um raio vívido
De amor e de esperança à terra desce,
Se em teu formoso céu, risonho e límpido,
A imagem do Cruzeiro resplandece.

Gigante pela própria natureza,
És belo, és forte, impávido colosso,
E o teu futuro espelha essa grandeza.

Terra adorada,
Entre outras mil,
És tu, Brasil,
Ó Pátria amada!
Dos filhos deste solo és mãe gentil,
Pátria amada, Brasil!

Deitado eternamente em berço esplêndido,
Ao som do mar e à luz do céu profundo,
Fulguras, ó Brasil, florão da América,
Iluminado ao sol do Novo Mundo!

Do que a terra, mais garrida,
Teus risonhos, lindos campos têm mais flores;
"Nossos bosques têm mais vida",
"Nossa vida" no teu seio "mais amores."

Ó Pátria amada,
Idolatrada,
Salve! Salve!

Brasil, de amor eterno seja símbolo
O lábaro que ostentas estrelado,
E diga o verde-louro dessa flâmula
- "Paz no futuro e glória no passado."

Mas, se ergues da justiça a clava forte,
Verás que um filho teu não foge à luta,
Nem teme, quem te adora, a própria morte.

Terra adorada,
Entre outras mil,
És tu, Brasil,
Ó Pátria amada!
Dos filhos deste solo és mãe gentil,
Pátria amada, Brasil!

Hino do Estado do Ceará

Poesia de Thomaz Lopes
Música de Alberto Nepomuceno
Terra do sol, do amor, terra da luz!
Soa o clarim que tua glória conta!
Terra, o teu nome a fama aos céus remonta
Em clarão que seduz!
Nome que brilha esplêndido luzeiro!
Nos fulvos braços de ouro do cruzeiro!

Mudem-se em flor as pedras dos caminhos!
Chuvas de prata rolem das estrelas...
E despertando, deslumbrada, ao vê-las
Ressoa a voz dos ninhos...
Há de florar nas rosas e nos cravos
Rubros o sangue ardente dos escravos.
Seja teu verbo a voz do coração,
Verbo de paz e amor do Sul ao Norte!
Ruja teu peito em luta contra a morte,
Acordando a amplidão.
Peito que deu alívio a quem sofria
E foi o sol iluminando o dia!

Tua jangada afoita enfune o pano!
Vento feliz conduza a vela ousada!
Que importa que no seu barco seja um nada
Na vastidão do oceano,
Se à proa vão heróis e marinheiros
E vão no peito corações guerreiros?

Se, nós te amamos, em aventuras e mágoas!
Porque esse chão que embebe a água dos rios
Há de florar em meses, nos estios
E bosques, pelas águas!
Selvas e rios, serras e florestas
Brotam no solo em rumorosas festas!
Abra-se ao vento o teu pendão natal
Sobre as revoltas águas dos teus mares!
E desfraldado diga aos céus e aos mares
A vitória imortal!
Que foi de sangue, em guerras leais e francas,
E foi na paz da cor das hóstias brancas!



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

Secretaria da Educação