

Manutenção de máquinas e equipamentos

Manutenção de máquinas e equipamentos

© SENAI-SP, 2006

Trabalho organizado a partir de conteúdos extraídos da Intranet pelos CFPs 5.03, 5.68 e 6.02 e editorado por Meios Educacionais da Gerência de Educação da Diretoria Técnica do SENAI-SP para o curso Técnico de Manutenção Eletromecânica.

Coordenação	Airton Almeida de Moraes (GED)
Organização	Vitório Moreira Yugulis (CFP 6.02)
Coordenação editorial	Gilvan Lima da Silva (GED)
Capa	José Joaquim Pecegueiro (GED)

SENAI Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
Departamento Regional de São Paulo
Av. Paulista, 1.313 - Cerqueira César
São Paulo - SP
CEP 01311-923

Telefone (0XX11) 3146-7000
Telefax (0XX11) 3146-7230
SENAI on-line 0800-55-1000

E-mail senai@sp.senai.br
Home page <http://www.sp.senai.br>

Sumário

Ferramentas de aperto e desaperto	5
Procedimento para intervenção	15
Redutores	21
Compressores	35
Motores elétricos	57
Bombas centrífugas e helicoidais	69
Máquinas de usinagem	87
Mancais de rolamento	99
Instalação de máquinas	125
Equipamentos de levantamento e transporte	133
Técnicas de içamento	139
Referências bibliográficas	145

Ferramentas de aperto e desaperto

Em manutenção mecânica, é comum se usar ferramentas de aperto e desaperto em parafusos e porcas.

Para cada tipo de parafuso e de porca, há uma correspondente chave adequada às necessidades do trabalho a ser realizado. Isto ocorre porque tanto as chaves quanto as porcas e os parafusos são fabricados dentro de normas padronizadas mundialmente.

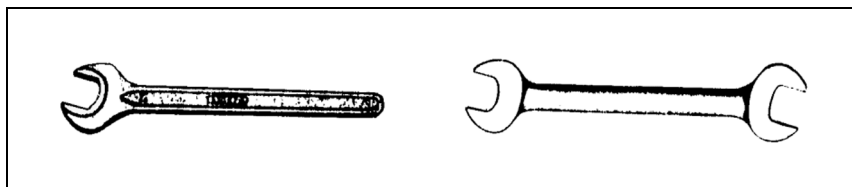
Pois bem, para assegurar o contato máximo entre as faces da porca e as faces dos mordentes das chaves de aperto e desaperto, estas deverão ser introduzidas a fundo e perpendicularmente ao eixo do parafuso ou rosca.

No caso de parafusos ou porcas com diâmetros nominais de até 16 mm, a ação de uma única mão na extremidade do cabo da chave é suficiente para o travamento necessário. Não se deve usar prolongadores para melhorar a fixação, pois essa medida poderá contribuir para a quebra da chave ou rompimento do parafuso.

Vejamos, agora, as principais ferramentas de aperto e desaperto utilizadas na manutenção mecânica envolvendo parafusos, porcas, tubos e canos.

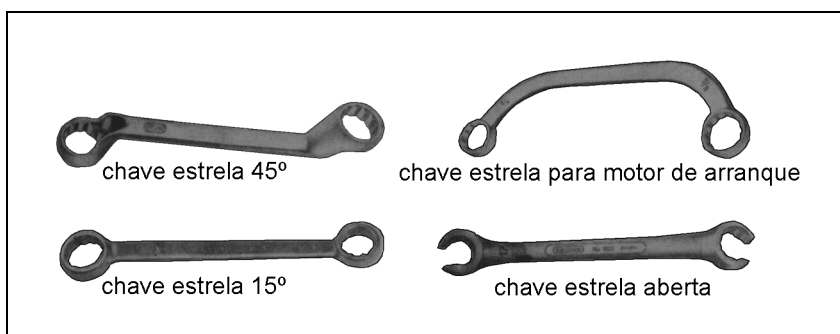
Chave fixa

A chave fixa, também conhecida pelo nome de chave de boca fixa, é utilizada para apertar ou afrouxar porcas e parafusos de perfil quadrado ou sextavado. Pode apresentar uma ou duas bocas com medidas expressas em milímetros ou polegadas. As figuras a seguir mostram uma chave fixa com uma boca e uma chave fixa com duas bocas.



Chave estrela

Esta ferramenta tem o mesmo campo de aplicação da chave de boca fixa, porém diversifica-se em termos de modelos, cada qual para um uso específico. Por ser totalmente fechada, abraça de maneira mais segura o parafuso ou porca.



Chave combinada

A chave combinada também recebe o nome de chave de boca combinada. Sua aplicação envolve trabalhos com porcas e parafusos, sextavados ou quadrados. A chave combinada é extremamente prática, pois possui em uma das extremidades uma boca fixa, e na outra extremidade uma boca estrela. A vantagem desse tipo de chave é facilitar o trabalho, porque se uma das bocas não puder ser utilizada em parafusos ou porcas de difícil acesso, a outra boca poderá resolver o problema.

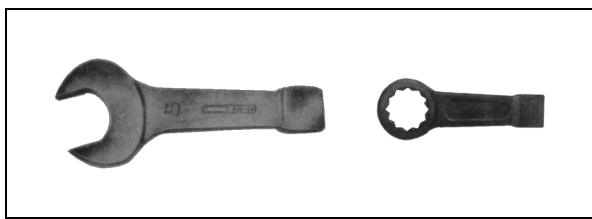


Chaves fixas, chaves estrela e chaves combinadas não devem ser batidas com martelos. Se martelarmos essas chaves, o risco de quebrá-las é alto.

Se houver necessidade de martelar uma chave de aperto e desaperto para retirar um parafuso ou uma porca de um alojamento, deve-se usar as chamadas chaves de bater, que são apropriadas para receber impactos.

Chaves de bater

Há dois tipos de chaves de bater: a chave fixa de bater e a chave estrela de bater. As chaves fixa de bater e estrela de bater são ferramentas indicadas para trabalhos pesados. Possuem em uma de suas extremidades reforço para receber impactos de martelos ou marretas, conforme seu tamanho.



Chave soquete

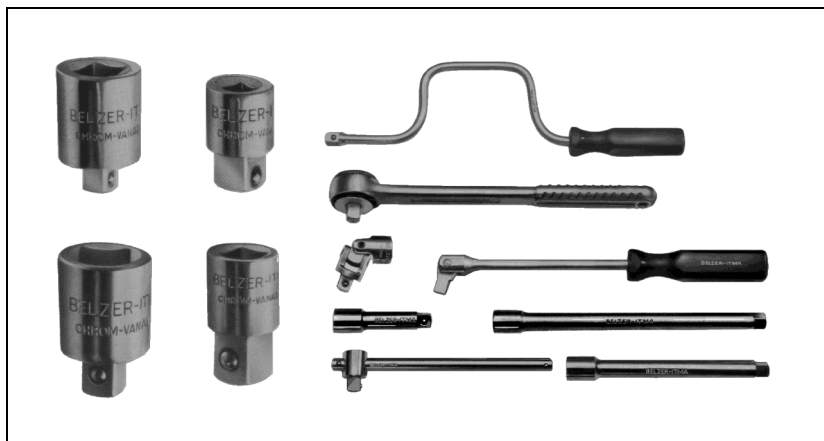
Dentro da linha de ferramentas mecânicas, este tipo é o mais amplo e versátil, em virtude da gama de acessórios oferecidos, que tornam a ferramenta prática. Os soquetes podem apresentar o perfil sextavado ou estriado e adaptam-se facilmente em catracas, manivelas, juntas universais etc., pertencentes à categoria de acessórios.

Dentro da categoria de soquetes, há os de impacto que possuem boca sextavada, oitavada, quadrada e tangencial, com ou sem ímã embutido. Esses soquetes são utilizados em parafusadeiras, em chaves de impacto elétricas ou pneumáticas, pois apresentam paredes reforçadas. Os soquetes de impacto apresentam concentricidade perfeita, o que reduz ao mínimo as vibrações provocadas pela alta rotação das máquinas onde são acoplados.

Os soquetes comuns não devem ser utilizados em máquinas elétricas ou pneumáticas, pois não resistem às altas velocidades e aos esforços tangenciais provocados pelas máquinas em rotação.

A chave soquete, pela sua versatilidade, permite alcançar parafusos e porcas em locais onde outros tipos de chaves não chegam.

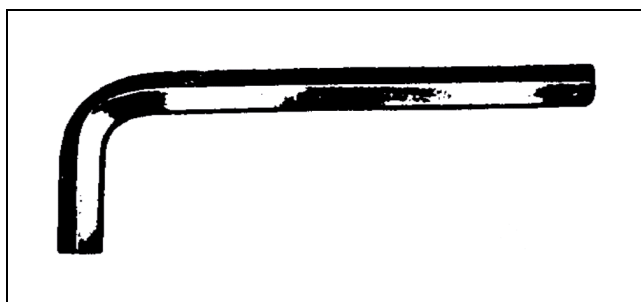
A seguir, alguns soquetes e acessórios que, devidamente acoplados, resultam em chaves soquete.



Chave Allen

A chave Allen, também conhecida pelo nome de chave hexagonal ou sextavada, é utilizada para fixar ou soltar parafusos com sextavados internos.

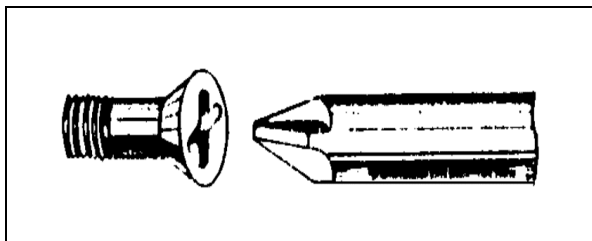
O tipo de chave Allen mais conhecido apresenta o perfil do corpo em L, o que possibilita o efeito de alavanca durante o aperto ou desaperto de parafusos.



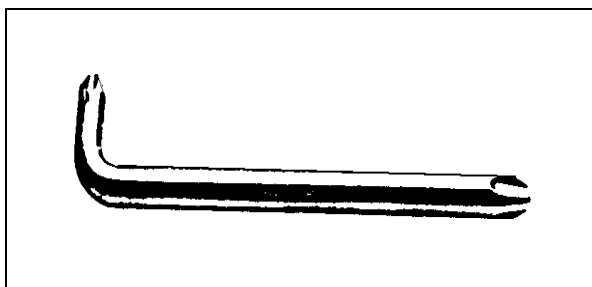
Antes de usar uma chave Allen, deve-se verificar se o sextavado interno do parafuso encontra-se isento de tinta ou sujeira. Tinta e sujeira impedem o encaixe perfeito da chave e podem causar acidentes em quem estiver manuseando.

Chave de fenda Phillips

A extremidade da haste, oposta ao cabo, nesse modelo de chave, tem a forma em cruz. Esse formato é ideal para os parafusos Phillips que apresentam fendas cruzadas.

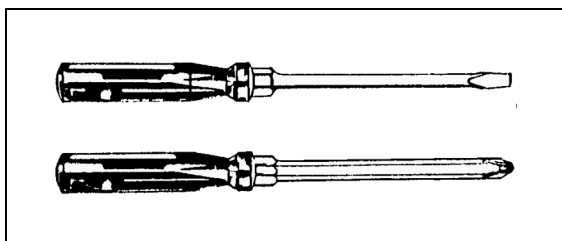


Há também no mercado a chave Phillips angular dupla, conforme figura abaixo.



Chave de fenda com sextavado

É uma ferramenta utilizada em mecânica para apertar e soltar parafusos grandes quando se exige o emprego de muita força. Com o sextavado na haste, o operador pode, usando uma chave de boca fixa, aumentar o torque da ferramenta sem precisar de maior esforço. Esse modelo também é encontrado com a fenda cruzada (modelo Phillips).



Tanto as chaves de fenda Phillips quanto as chaves de fenda com sextavado não devem ser utilizadas como talhadeiras ou alavancas.

Chaves para canos e tubos

A chave para canos é também conhecida pelos seguintes nomes: chave grifo e chave Stillson. É uma ferramenta específica para instalação e manutenção hidráulica. Sendo regulável, a chave para canos é uma ferramenta versátil e de fácil manuseio.

A chave para tubos, também conhecida pelo nome de “Heavy-Duty”, é semelhante à chave para canos, porém mais pesada. Presta-se a serviços pesados.

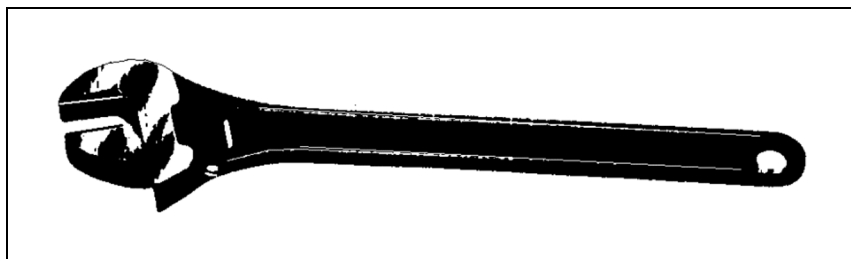
A seguir um modelo de chave para canos e um modelo de chave para tubos.



Tanto a chave para canos quanto a chave para tubos não devem ser usadas para apertar ou soltar porcas.

Chave de boca ajustável

Esta ferramenta tem uma aplicação universal. É muito utilizada na mecânica, em trabalhos domésticos e em serviços como montagem de torres e postes de eletrificação, e elementos de fixação roscados. A chave de boca ajustável não deve receber marteladas e nem prolongador no cabo para aumentar o torque.

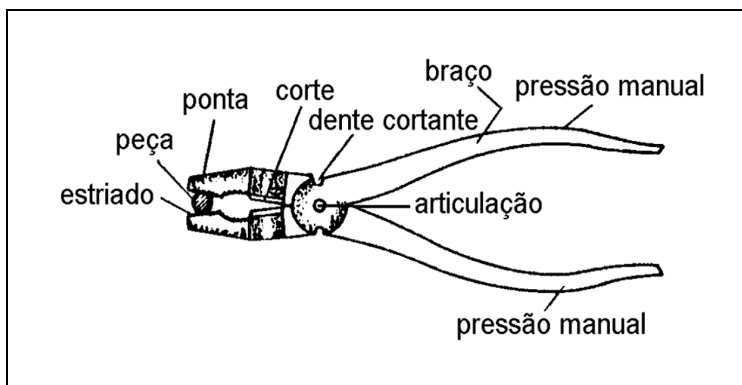


Alicate universal

É o modelo mais conhecido e usado de toda família de alicates. Os tipos existentes no mercado variam principalmente no acabamento e formato da cabeça. Os braços podem ser plastificados ou não. Quanto ao acabamento, esse alicate pode ser oxidado, cromado, polido ou simplesmente lixado.

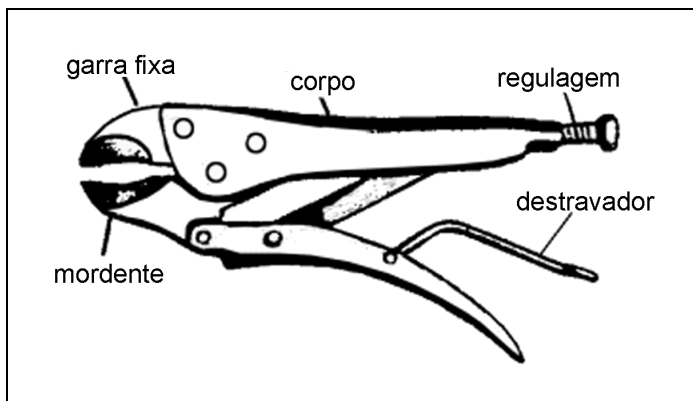
Quanto à resistência mecânica, o alicate universal pode ser temperado ou não. Quanto ao comprimento, as medidas de mercado variam de 150 mm a 255 mm.

O alicate universal é utilizado para segurar, cortar e dobrar.

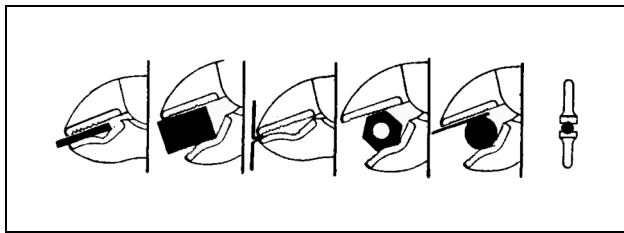


Alicate de pressão

É uma ferramenta manual destinada a segurar, puxar, dobrar e girar objetos de formatos variados. Em trabalhos leves, tem a função de uma morsa. Possui regulagem de abertura das garras e variação no tipo de mordente, segundo o fabricante.



Observe um alicate de pressão e os formatos dos perfis de algumas peças que ele pode prender.

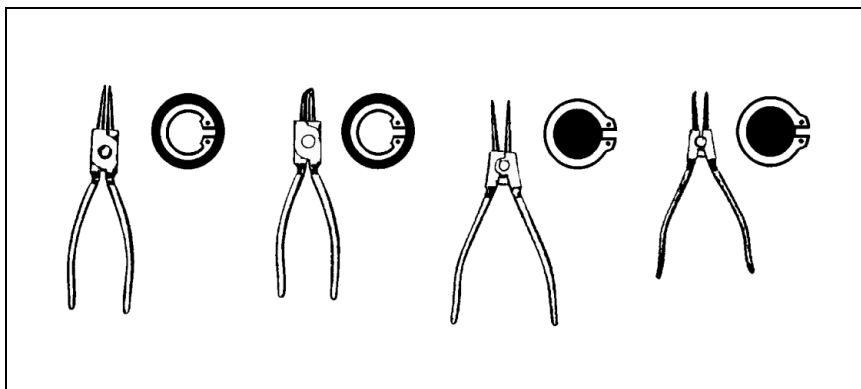


Formato dos perfis

Alicates para anéis de segmento interno e externo

É uma ferramenta utilizada para remover anéis de segmento, também chamados de anéis de segurança ou anéis elásticos. O uso desses alicates exige bastante atenção, pois suas pontas, ao serem introduzidas nos furos dos anéis, podem fazer com que eles escapem abruptamente, atingindo pessoas que estejam por perto.

Os alicates para anéis de segmento interno e externo podem apresentar as pontas retas ou curvas.

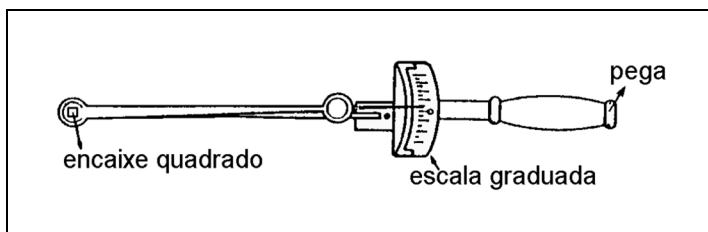


Torquímetros

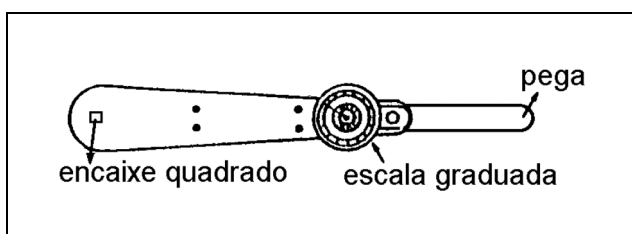
Quando é necessário medir o aperto de um parafuso ou porca, a ferramenta indicada é o **torquímetro**. O uso do torquímetro evita a formação de tensões e a conseqüente deformação das peças em serviço.

O torquímetro trabalha com as seguintes unidades de medidas: newton . metro (N . m); libra-força . polegada (Lbf . in); quilograma-força . metro (kgf . m). Ao se usar o torquímetro, é importante verificar se o torque é dado em parafuso seco ou lubrificado.

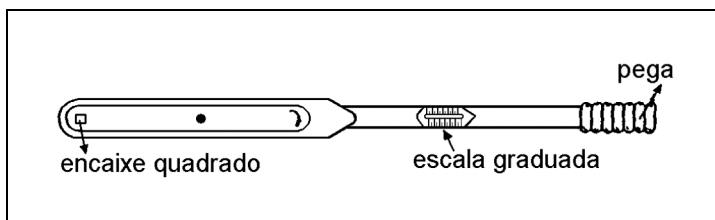
As figuras a seguir mostram alguns tipos de torquímetros.



Indicador e escala



Relógio



Automático

Os torquímetros devem ser utilizados somente para efetuar o aperto final de parafusos, sejam eles de rosca direita ou esquerda. Para encostar o parafuso ou porca, deve-se usar outras chaves.

Para obter maior exatidão na medição, é conveniente lubrificar previamente a rosca antes de se colocar e apertar o parafuso ou a porca.

Os torquímetros jamais deverão ser utilizados para afrouxar, pois se a porca ou parafuso estiver danificado, o torque aplicado poderá ultrapassar o limite da chave, produzindo danos ou alterando a sua exatidão.

Os torquímetros, embora robustos, possuem componentes relativamente sensíveis (ponteiro, mostrador, escala) e por isso devem ser protegidos contra choques violentos durante o uso.

Recomendações finais

As características originais das ferramentas devem ser mantidas, por isso não devem ser aquecidas, limadas ou esmerilhadas.

Se um mecânico de manutenção necessitar de uma ferramenta que tenha uma espessura mais fina ou uma inclinação especial, ele deverá projetar um novo modelo de ferramenta ou então modificar o projeto da máquina para que, em futuras manutenções, possa usar as ferramentas existentes no mercado.

Para aumentar a segurança quando usa ferramentas de aperto e desaperto, o mecânico de manutenção experiente aplica a força em sua direção, evitando o deslocamento do próprio corpo. Ele mantém o equilíbrio corporal deixando os pés afastados e a mão livre apoiada sobre a peça.

O bom mecânico de manutenção lubrifica as ferramentas de trabalho e guarda-as em locais apropriados, conservando-as.

Procedimento para intervenção

Diagnóstico da falha

Identificar de forma segura a causa que provocou a falha de um equipamento, é um dos grandes desafios do profissional de manutenção. Esse trabalho é essencial para garantir um resultado satisfatório da intervenção e evitar a reincidência da falha.

O primeiro fato a ser considerado é que não se deve tomar uma decisão antes de analisar os problemas apresentados. Essa análise é baseada nas informações do operador, no banco de dados da máquina, na realização de testes e na consulta a manuais de manutenção da máquina.

No caso de máquinas mais simples, é relativamente fácil identificar o problema e providenciar sua eliminação, porém, quando se trata de máquinas mais complexas, a identificação do problema e sua remoção exigem, do mecânico de manutenção, a adoção de procedimentos seqüenciais bem distintos. Uma desmontagem desnecessária demanda tempo, comprometendo as metas da produção, assim como a elevação dos custos da manutenção.

Técnicas de desmontagem

Caso houver necessidade de desmontagem, é necessário adotar uma seqüência de procedimentos que vão garantir a eficiência do serviço e posteriormente facilitar a montagem. A seguir listamos uma seqüência básica para início de desmontagem porém, cada situação pode apresentar características próprias a serem seguidas:

1. **Desativar circuitos de alimentação:** Com objetivo de trabalhar com segurança, devemos desativar os circuitos elétricos, hidráulicos, pneumáticos e outros que ofereçam riscos de acidentes.

2. **Limpeza:** Promover uma limpeza em todo o ambiente de trabalho.
3. **Sinalizar:** Fixar avisos de alerta no equipamento e se necessário isolar o local de trabalho.
4. **Planejar recursos:** Selecionar as ferramentas necessárias, equipamentos para içamento e movimentação, calços, insumos, etc.
5. **Drenar fluidos:** Se necessário, drenar o fluido do reservatório para possibilitar a desmontagem.

Após a execução desses procedimentos iniciais, o mecânico pode partir para a desmontagem da máquina ou equipamento.

Para iniciar o trabalho, definir por onde começar e, no caso de conjuntos fechados, remover a tampa de inspeção para facilitar a visualização dos componentes.

Procurar identificar a posição dos componentes da máquina antes de sua remoção para garantir o posicionamento na montagem.

Caso a máquina não possua manual com desenho detalhado, toda desmontagem deve ser precedida com a elaboração de um croqui claro e com informações precisas.

Durante a desmontagem utilizar dispositivos, prensa hidráulica, martelos especiais de borracha ou plastiprene, evitando assim o uso de martelo de aço que pode danificar os componentes. É aconselhável que os componentes desmontados fiquem armazenados em caixas próprias para a atividade e identificadas para facilitar a montagem.

Elementos de fixação

Afrouxar os elementos na seqüência correta e, se necessário, aplicar desoxidante para facilitar a remoção do elemento. Em alguns casos de difícil remoção, o choque do martelo de forma leve e ritmada (vibração), acompanhada do esforço de desaperto pode resolver o problema. Em casos extremos, torna-se necessário aquecer e até cortar o elemento com auxílio de serra ou maçarico.

A maior parte dos componentes são fixados por mais de um parafuso. A seqüência correta de aperto é aquela que garante uma distribuição igual de pre-carga na junção. Assim, para componentes com formato circular, a seqüência de aperto cruzada terá melhor resultado. Para outros formatos, o aperto deve ser em forma de espiral que se inicia do meio para fora da junção. Para casos críticos, recomenda-se fracionar o torque aplicado nos elementos.

Observação

A seqüência para afrouxar os elementos deve ser inversa à seqüência de aperto.

Lavagem de peças

Essa é uma atividade que permite identificar os defeitos como trincas, desgastes, etc.

Durante os trabalhos devem ser adotados medidas de segurança tais como:

- Usar óculos de segurança;
- Usar luvas de proteção;
- Manter o fluido limpo e filtrado;
- Manter a máquina limpa;
- Lavar as mãos após concluir a limpeza.

Utilização do ar comprimido

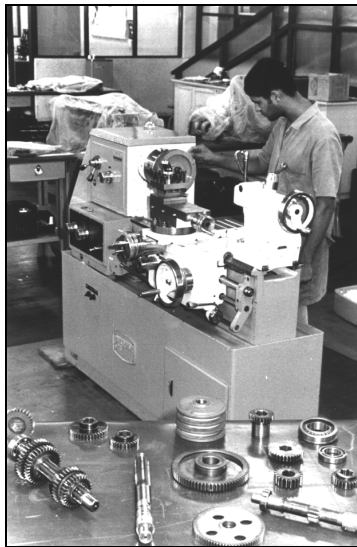
Usa-se ar comprimido para acelerar a secagem das peças. Neste caso deve-se proceder com as seguintes medidas de segurança:

- Usar óculos de segurança;
- Regular a pressão com 4bar;
- Evitar turbulência no direcionamento do ar;
- Não direcionar o ar para o próprio corpo ou roupa;
- Não utilizar ar em ambiente com excesso de pó;
- Não deixar rolamentos entrarem em rotação.

Técnicas de montagem

A montagem de conjuntos mecânicos exige a aplicação de uma série de técnicas e cuidados por parte do mecânico de manutenção. Além disso, o mecânico de manutenção deverá seguir, caso existam, as especificações dos fabricantes dos componentes a serem utilizados na montagem dos conjuntos mecânicos.

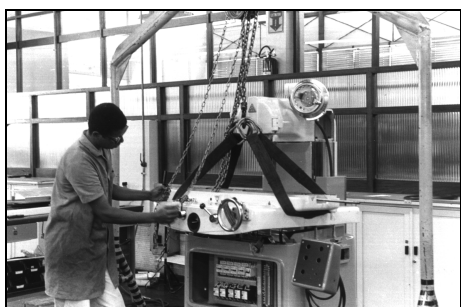
Outro cuidado que o mecânico de manutenção deve ter, quando se trata da montagem de conjuntos mecânicos, é controlar a qualidade das peças a serem utilizadas, sejam elas novas ou recondiçionadas. Nesse aspecto, o controle de qualidade envolve a conferência da peça e suas dimensões.



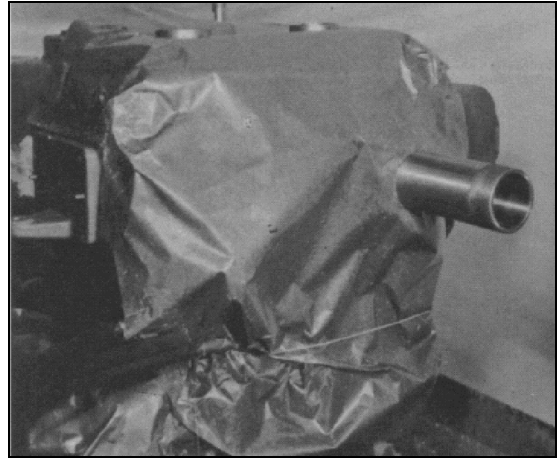
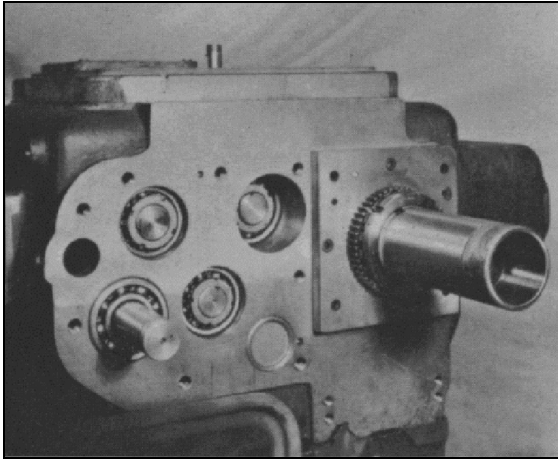
Sem controle dimensional ou sem conferência para saber se a peça é realmente a desejada e se ela não apresenta erros de construção, haverá riscos para o conjunto a ser montado. De fato, se uma peça dimensionalmente defeituosa ou com falhas de construção for colocada em um conjunto mecânico, poderá produzir outras falhas e danos em outros componentes.

Recomendações para a montagem

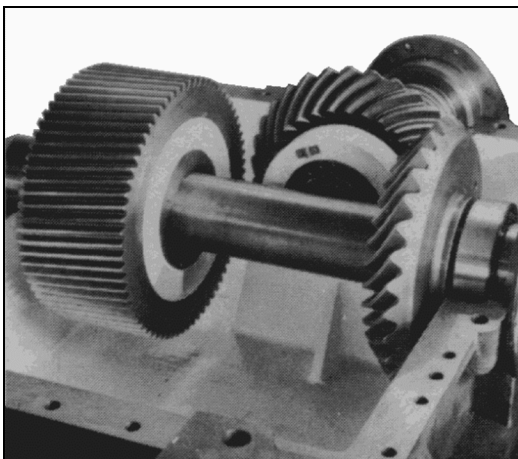
1. Verificar se todos os elementos a serem montados encontram-se perfeitamente limpos, bem como o ferramental.
2. Examinar os conjuntos a serem montados para se ter uma idéia exata a respeito das operações a serem executadas.
3. Consultar planos ou normas de montagem, caso existam.
4. Examinar em primeiro lugar a ordem de colocação das diferentes peças antes de começar a montagem, desde que não haja planos e normas relativas à montagem.



5. Verificar se nos diferentes elementos mecânicos se há pontos de referência. Se houver, efetuar a montagem segundo as referências existentes.
6. Evitar a penetração de impurezas nos conjuntos montados, protegendo-os adequadamente.



7. Fazer testes de funcionamento dos elementos, conforme a montagem for sendo realizada, para comprovar o funcionamento perfeito das partes. Por exemplo, verificar se as engrenagens estão se acoplando sem dificuldade. Por meio de testes de funcionamento dos elementos, é possível verificar se há folgas e se os elementos estão dimensionalmente adequados e colocados nas posições corretas.
8. Lubrificar as peças que se movimentam para evitar desgastes precoces causados pelo atrito dos elementos mecânicos.



Redutores

É conhecido por redutor o conjunto de, coroa e parafuso com rosca sem-fim ou conjunto de engrenagens montadas em uma carcaça com sistema de lubrificação e destinado a reduzir velocidades. São usualmente utilizados para acionamento mecânico de máquinas em diversos segmentos da indústria.



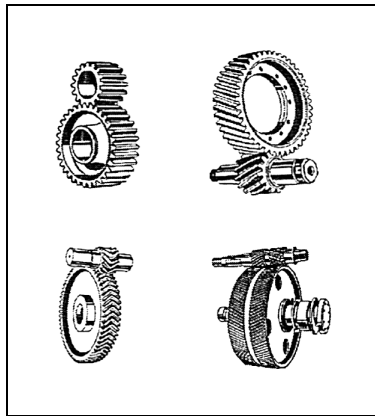
Esse tipo de transmissão é muito empregado pois transmite forças sem deslizamento, são resistentes à sobrecarga, possuem dimensões reduzidas, são seguros e possuem alto rendimento.

A manutenção deste tipo de equipamento é crítica, pois problemas na transmissão de movimentos acarreta um prejuízo irreversível na produção.

Tipos de transmissões por engrenagens

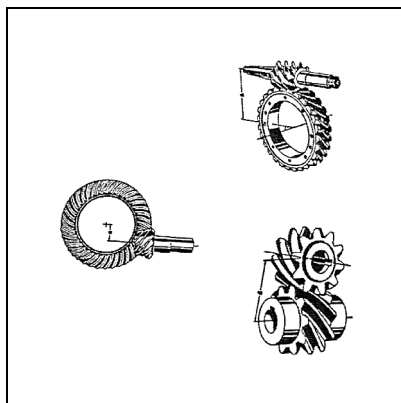
Engrenagens de eixos paralelos

- Engrenagens cilíndricas de dentes retos;
- Engrenagens cilíndricas de dentes helicoidais;
- Engrenagens duplas de dentes helicoidais.



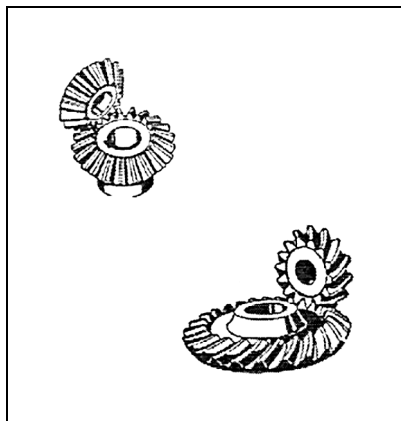
Engrenagens de eixos reversos

- Engrenagem de coroa e rosca sem fim;
- Engrenagem cônica descentradas (hipóides);
- Engrenagens cilíndricas helicoidais.



Engrenagens de eixos concorrentes

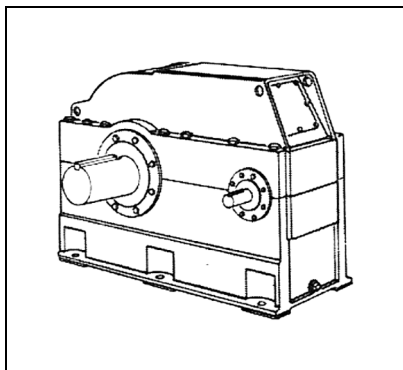
- Engrenagens cônicas;
- Engrenagens cônicas espirais.



Detalhes construtivos do redutor

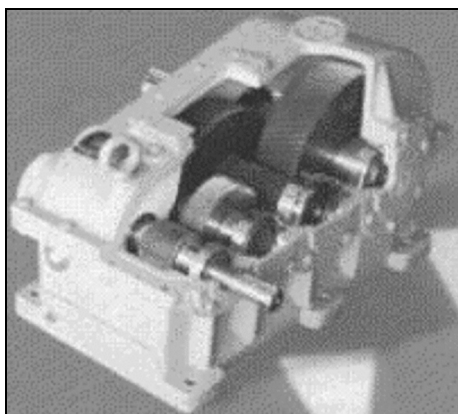
Carcaça

Podem ser fundidas ou fabricadas em chapa de aço carbono, cortadas em pantógrafos, montadas e soldadas. As carcaças soldadas são usinadas após tratamento de alívio de tensões que evitará deformações em regime de trabalho.



Eixos

São usinados a partir de aço médio carbono SAE 1045 ou SAE 4350, geralmente são temperados e revenidos a uma dureza especificada e retificados para corrigir imperfeições do tratamento térmico.



Engrenagens

São fabricadas a partir de aço ligado SAE 4350 ou aço forjado. Para engrenagens de grandes diâmetros é feito um modelo para moldagem em areia e posterior fundição. São temperadas e revenidas a uma temperatura especificada pelo fabricante. No caso de engrenagens de precisão ou de alto giro, a superfície dos dentes são retificadas.

Rolamentos

De acordo com a construção mecânica e a capacidade de carga, podem ser utilizados vários tipos de rolamentos, tais como: rolamentos de rolos cônicos, rolamentos rígidos de esferas ou rolamentos autocompensador de rolos.

Retentores

São utilizados para manter o lubrificante dentro do redutor e evitar a infiltração de contaminantes. Em atmosferas agressivas, com abrasivos em suspensão, é necessário utilizar retentores em tandem com graxa entre eles para evitar a entrada de contaminantes.

Raspadores de óleo

São montados na carcaça tampa, no eixo de baixa rotação, e tem a função de garantir a lubrificação das partes não banhadas pelo óleo. São lâminas que retiram o óleo aderente na engrenagem e o conduzem para o componente desejado. Nesses casos é recomendado fazer “represas” de óleo que garantam a lubrificação no início da operação do redutor.

Trocadores de calor

O calor gerado pelo redutor é geralmente dissipado para o ambiente pela superfície da caixa, entretanto, certos redutores com alta potência de transmissão e sob condições de operação em ambiente pouco ventilado necessitam de sistemas adicionais de refrigeração. Nesses casos, a instalação de um trocador de calor óleo/água se faz necessário para evitar um super aquecimento do equipamento.

Para redutores de pequeno porte, a simples instalação de ventiladores no eixo de entrada resolve o problema.

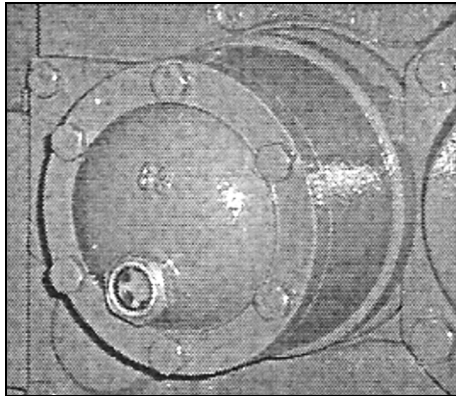
Calços

Devem ser fabricados com material com as seguintes características: ser isolante elétrico, ter capacidade de compressão controlada e possuir diversas medidas de espessura. Comercialmente é encontrado nas espessuras de 0,1; 0,2; 0,25; 0,40; 0,80; e são utilizados para ajuste da folga axial dos rolamentos.

Além dos calços deve-se utilizar uma junta de papelão contra a carcaça para vedar o lubrificante.

Tampa de inspeção

É um elemento que permite e facilita a inspeção dos componentes internos do redutor, podendo desta forma, observar as condições das superfícies dos dentes das engrenagens (nível de desgaste), o posicionamento dos raspadores de óleo, assim como as condições dos rolamentos e folgas.



Contra recuo

É um componente que evita a inversão da rotação caso ocorra falta de energia ou em parada do equipamento. É normalmente instalado no eixo de entrada do redutor, lado oposto da engrenagem pois é o local de menor torque, portanto pode-se dimensionar um contra recuo menor. Geralmente o lubrificante utilizado é diferente do lubrificante da caixa do redutor.

Transporte do redutor

O transporte deve ser realizado através de alças de levantamento e olhais indicados pelo fabricante, ou com a utilização de acessórios adequados que garantam a segurança na movimentação.

Em alguns casos é necessário desmontar alguns componentes externos tais como proteções, tubulações e outros. Caso a parte interna fique exposta a contaminação, proteger contra a entrada de contaminantes.

Observação

Nunca suspender o redutor pelos eixos.

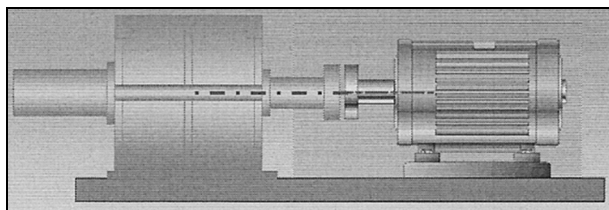
Instalação do redutor

O redutor deve ser instalado em local arejado, montados sobre uma base rígida que não permita desnivelamento e torções durante o funcionamento que possam prejudicar a transmissão do conjunto. Para evitar a transmissão de vibrações recomenda-se que a base do redutor seja independente da base da máquina acionada.

Os acoplamentos, polias e rodas dentadas devem ser montados o mais próximo possível da caixa do redutor para melhor distribuição da carga radial e podem ser das seguintes formas:

- Dilatação térmica (150°C);
- Utilização de furo roscado na ponta do eixo;
- Utilização de buchas de montagem.

O nivelamento do redutor deve preceder ao alinhamento dos eixos. Os valores de tolerâncias admitidas são normalmente especificados pelo fabricante do acoplamento a ser montado, porém, quanto melhor o alinhamento maior será a vida dos componentes.



Normalmente os redutores são fornecidos sem óleo. No abastecimento deve ser utilizado o lubrificante indicado pelo fabricante do redutor.

Caso o redutor possua sistema de lubrificação forçada, o nível deve ser mantido após o acionamento da bomba.

Início de operação

O início de operação deve ser realizado sem carga ou com carga parcial para que se possa observar as condições de funcionamento.

Para redutores que funcionam em regime contínuo e com temperatura ambiente de até 30° C, deve-se manter a temperatura da carcaça no máximo em 90°C e 110°C no óleo lubrificante.

Em redutores de alta carga, a circulação do óleo deve ser por meio de moto bomba que deve ser acionada antes da partida do redutor, mantendo a temperatura do óleo em 80° C.

Manutenção

Basicamente a manutenção se resume na inspeção de alguns itens tais como:

- Engrenagens, eixos, fixação eixo/engrenagem;
- Rolamentos, retentores e vedadores;
- Caixas ou carcaças;
- Respiros, filtros, lubrificantes e sistema de lubrificação;
- Contra-recuo e acoplamentos;
- Armazenagem e instalação;
- Potência térmica/mecânica instaladas e temperatura de trabalho;
- Vibração excessiva;
- Desbalanceamento.

Na substituição de eixo e pinhão, considerar ambos como uma unidade, isto é, se um ou outro estiver gasto, substituir ambos.

Coroas e pinhões cônicos são lapidados aos pares e devem ser substituídos aos pares, nas mesmas condições. Os fabricantes marcam os conjuntos aos pares e, geralmente, indicam suas posições de colocação que devem ser respeitadas. Este procedimento deve ser seguido na desmontagem do redutor.

Medir folgas entre os dentes para que esteja de acordo com especificações.

Proteger os lábios dos retentores dos cantos agudos dos rasgos de chaveta por meio de papel envolvido no eixo. Não dilatar os lábios dos retentores mais que 0,8mm no diâmetro.

Depósitos sólidos, do fundo da caixa de engrenagens devem ser removidos antes de entrar em circulação.

Ajuste das folgas axiais nos eixos

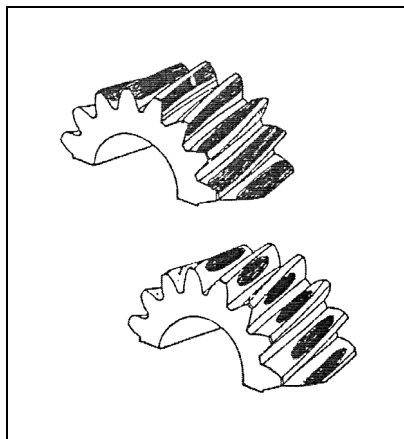
Geralmente esse ajuste é feito através de calços ou usinagem das tampas de encosto dos rolamentos e deve respeitar o seguinte procedimento;

- Posicionar, se possível, o eixo na posição vertical;
- Eliminar toda folga no mancal inferior;
- Observar e corrigir alinhamento dos engrenamentos;
- Medir altura da face de encosto até a capa do rolamento;
- Verificar a folga especificada pelo fabricante;
- Usinar a tampa na medida calculada (observar tipo e medida da junta de vedação).

Ajuste de engrenamento

Engrenagens cilíndricas

Procedimento: Ajustar as folgas axiais dos eixos;
Verificar contato dos dentes.

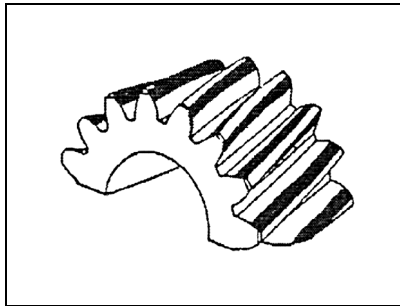
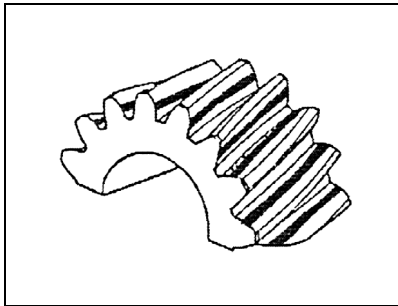


Condição normal

- A área de contato dos dentes deve ser uniforme em pelo menos 60% da superfície;
- Giro deve ser suave e igual nos dois sentidos;
- Durante o trabalho, com carga, o redutor deve produzir um ruído grave e suave.

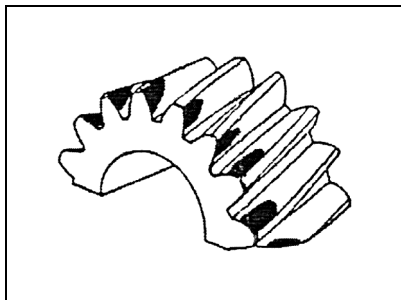
Condição anormal

- O contato ocorre apenas no pé ou na cabeça dos dentes e nos dois sentidos;
- Operando sob carga, produz barulho leve e contínuo.



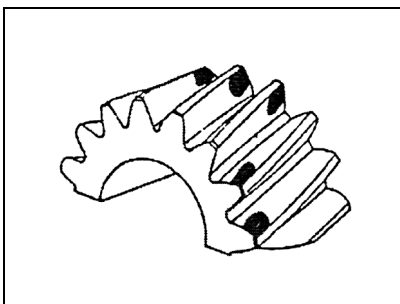
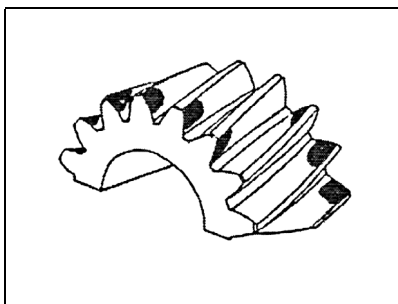
Condição anormal

- Ocorre contato apenas em uma extremidade dos dentes e nos dois sentidos;
- Trabalhando com carga, produz barulho e vibração.



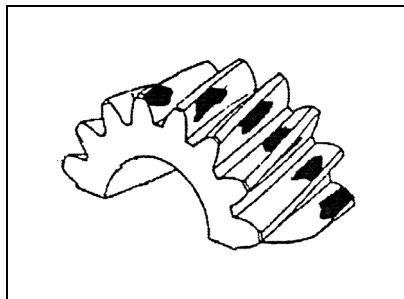
Condição anormal

- Contato acontece apenas nos cantos dos dentes de uma engrenagem e de forma inversa;
- Operando sob carga, produz um giro turbulento e ruidoso.



Condição anormal

- A área de contato é pequena e se desloca espiralmente pelo eixo;
- Durante o trabalho com carga, produz barulho freqüente e alternante.

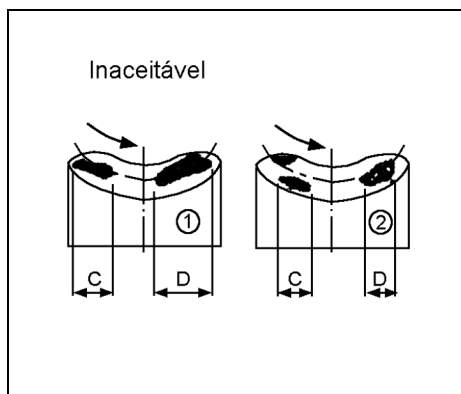
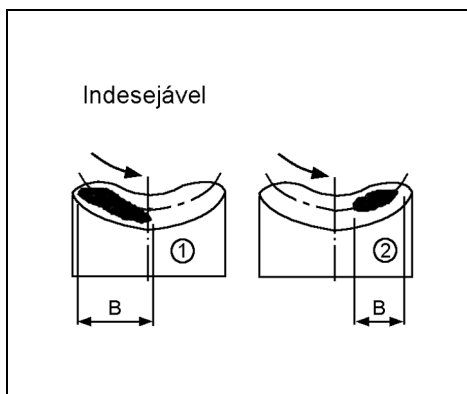
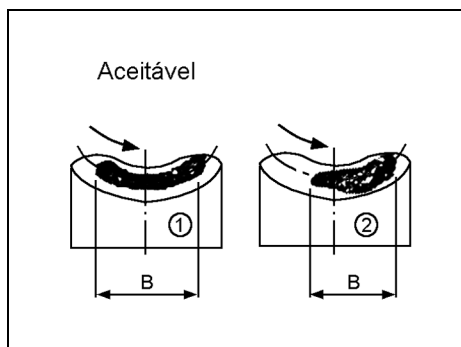
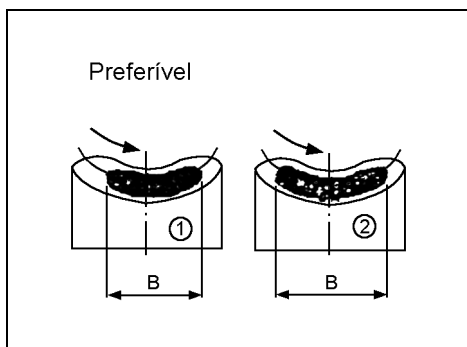


Rosca sem fim e coroa

Procedimento: Ajustar folga axial da rosca sem fim;
Ajustar contato dos dentes;
Ajustar folga axial do eixo da coroa.

Condição normal

- Os conjuntos novos apresentam área menor de contato (40 a 50%), porém, esta deve ser uniforme para que o redutor não produza vibração e barulho excessivo durante o regime de trabalho.

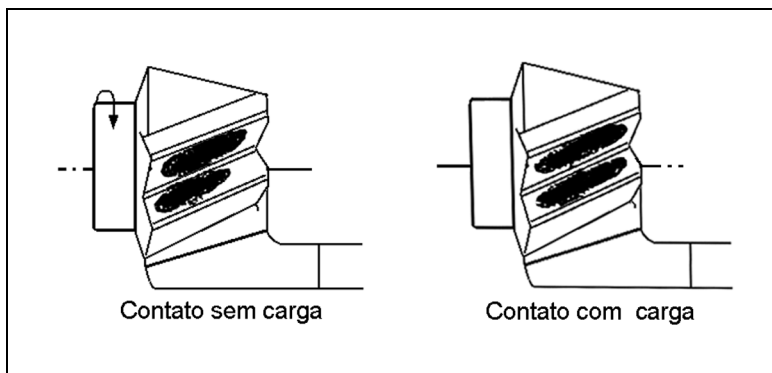


Engrenagens cônicas

Procedimento: Ajustar contato do par cônico;
Ajustar folga do engrenamento.

Condição normal

- Contato dos dentes deve ser no mínimo de 50%. Abaixo deste valor, o redutor pode produzir ruído intenso e vibração;
- Durante a operação com carga, o contato dos dentes tende a se direcionar para o diâmetro interno do componente.



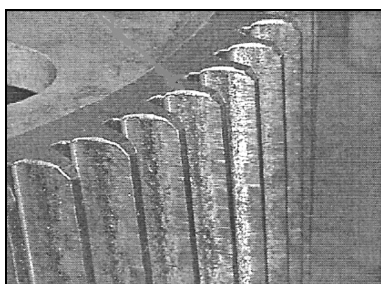
Defeitos com engrenagens

Os defeitos apresentados pelas engrenagens são resultados de um processo de degeneração do componente e deve ser analisado para permitir ao profissional de manutenção, distinguir o que é causa e o que é efeito, e assim determinar quais ações deve tomar para solucionar o problema.

Podemos classificar os tipos de falhas em quatro grupos

Desgaste

Pode ser provocado por diversas causas, e se caracteriza pelo desgaste do material na superfície de contato dos dentes.



Deformação plástica

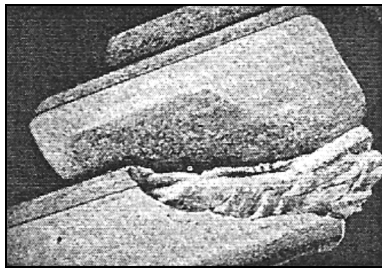
Normalmente ocorre quando o limite de resistência do material da engrenagem não é suficiente para suportar a carga aplicada. Isso provoca deformações irreversíveis na superfície do material.

Fadiga

São deformações superficiais causadas pela aplicação repetitiva dos esforços em virtude do tempo de uso ou por falha no material. Essas deformações podem ser confundidas com outras causas pois podem apresentar desde superfícies desgastadas até remoção de material de forma não uniforme.

Quebra

É a quebra parcial ou total de um ou mais dentes da engrenagem. Pode ser provocado por fadiga, por desgaste excessivo ou por sobrecarga. A origem da causa deve ser investigada para se tomar uma ação corretiva eficiente.

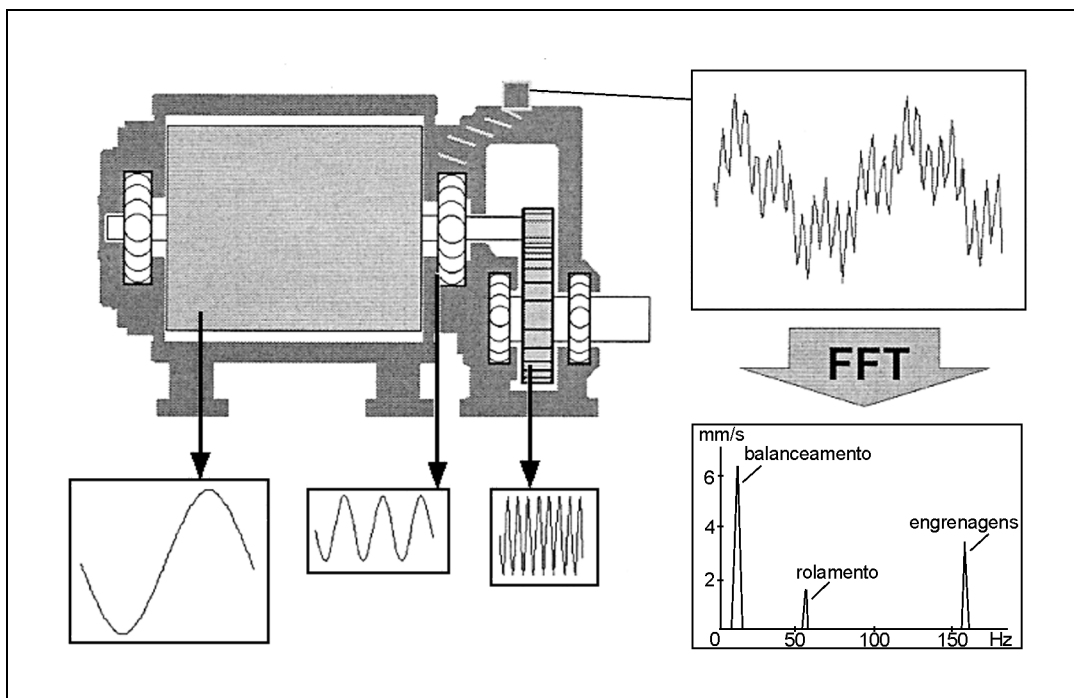


Manutenção preditiva

Para redutores de velocidade são adotadas técnicas preditivas para detecção e acompanhamento de falhas nos sistemas de engrenagens, nos rolamentos e nas condições do óleo lubrificante.

As técnicas normalmente utilizadas são:

- Análise vibratória;
- Análise de lubrificante;
- Termografia;
- Ultra-som.



Cuidados com redutores

- Reversões de rotação e partidas bruscas com carga devem ser evitadas.
- O sistema de lubrificação deve atingir as partes vitais do equipamento.
- Observar o nível do reservatório de lubrificante. O excesso de óleo provoca superaquecimento.
- Usar óleo lubrificante indicado pelo fabricante do redutor.
- O ajuste dos rolamentos nos mancais devem ser mantidas dentro dos limites recomendados. Isso evitará o desalinhamento dos eixos e conseqüentemente evitará o esforço pontual no dente.
- O desgaste dos eixos e dos entalhes dos dentes das engrenagens devem ser analisados para possíveis correções.
- Resíduos sólidos depositados no fundo da caixa de engrenagens devem ser removidos antes do acionamento da bomba.
- Na montagem de retentores, proteger os lábios dos cantos agudos dos rasgos de chaveta ou entalhes por meio de papel envolvido no eixo. Não dilatar os lábios dos retentores mais que 0,8mm no diâmetro.

Compressores

Dá-se o nome de compressor à máquina que tem por finalidade principal aumentar a pressão de um fluido compressível (gás ou vapor) acima da pressão atmosférica até atingir a pressão necessária para uso industrial.

Em geral, um equipamento que aumenta a pressão de um fluido compressível de mais de $2,5 \text{ kgf/cm}^2$ é considerado compressor. Para pressões menores que este valor, são utilizados sopradores ou ventiladores.

O compressor tem também como segunda finalidade movimentar o fluido compressível ao longo de equipamentos e tubulações.

Para funcionar, o compressor exige trabalho, que é fornecido por um motor elétrico ou por uma turbina a vapor.

Classificação dos compressores

Os compressores trabalham segundo dois princípios diferentes:

1. Deslocamento positivo, no qual o ar é admitido em uma câmara de compressão isolada do exterior. Para obter a compressão, reduz-se o volume de ar contido na câmara de modo que a pressão desse ar aumenta proporcionalmente.
2. Deslocamento dinâmico, no qual o ar é acelerado por meio de um rotor girando a alta velocidade. Por meio da descarga de ar por um difusor, a energia cinética é transformada em pressão estática.

Os compressores volumétricos que funcionam sob o princípio do deslocamento positivo abrangem os seguintes tipos:

- Compressores alternativos ou de êmbolo linear;
- Compressores rotativos ou de êmbolo rotativo.

Os compressores dinâmicos que funcionam sob o princípio do deslocamento dinâmico compreendem os seguintes tipos:

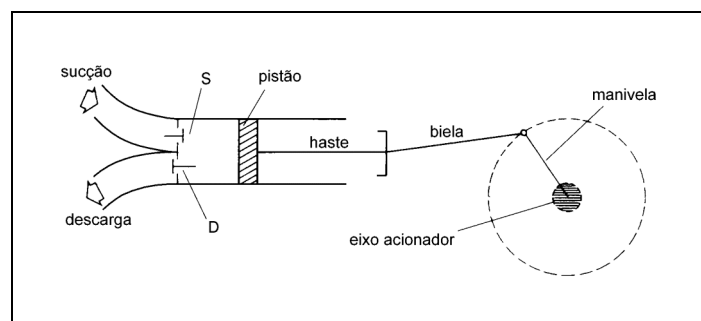
- Turbocompressor;
- Compressor axial.

A tabela a seguir mostra o campo de aplicação dos compressores de acordo com seu tipo e capacidade.

Tipo	Máxima pressão de descarga kgf/cm ²	Relação de compressão (p/ estágio) $P_{saída}/P_{entrada}$	Relação máxima de compressão (p/ máquina)	Vazão máxima (m ³ /h)
alternativo	2.500 a 3.500	10	sem limite	6.000 a 8.500
centrífugo	200 a 350	3 a 4,5	8 a 10	340.000
rotativo	7 a 9	4	8	34.000
axial	5,5 a 9	1,2 a 1,5	5 a 6,5	3.400.000

Compressor alternativo

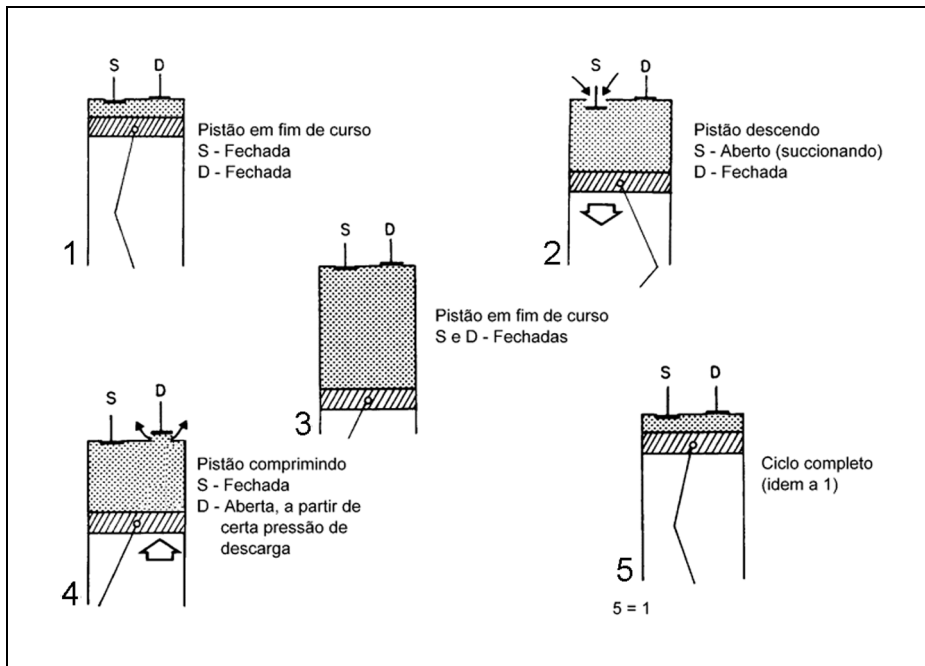
O compressor **alternativo**, também chamado de compressor **de êmbolo** está representado esquematicamente na ilustração a seguir.



Ele pode ser acionado por motor elétrico com polia e correia, e também por motor a explosão. Basicamente, funciona da seguinte forma:

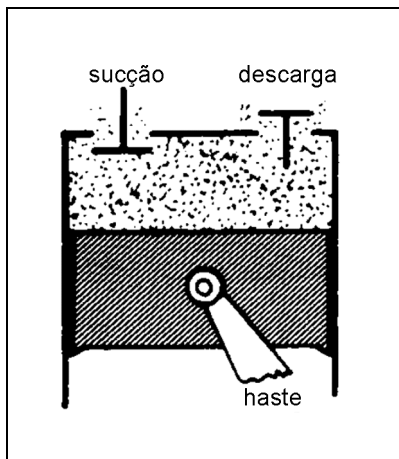
1. No primeiro momento, o pistão está no fim do curso e a válvula de admissão (S) e a válvula de descarga (D) estão fechadas.
2. Pistão se movimenta, a válvula de admissão se abre succionando e a válvula de descarga continua fechada.
3. Quando o pistão atinge o fim do curso, as duas válvulas estão fechadas.
4. Pistão se move comprimindo e mantendo S fechada e abrindo D, a partir de uma certa pressão de descarga.
5. Volta à posição inicial.

A ilustração a seguir faz a representação esquemática desse processo.

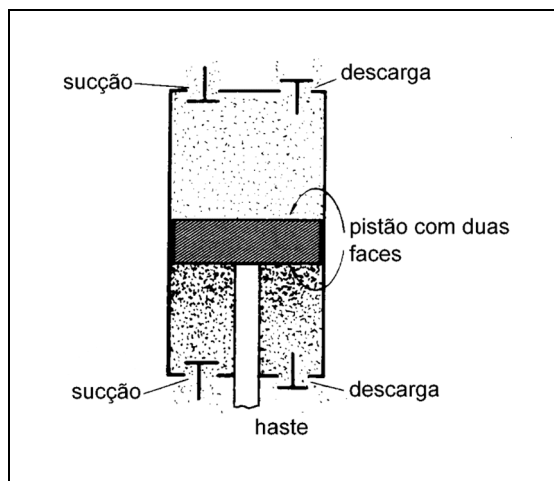


O compressor de êmbolo de movimento linear é o mais usado porque é adequado para todos os tipos de pressão. Ele classifica-se em:

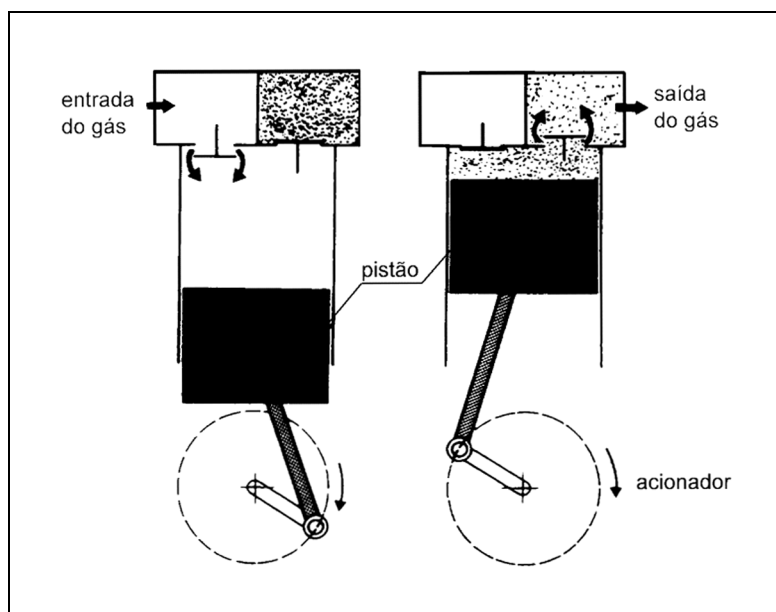
- Compressor **de simples efeito** tem apenas uma câmara de compressão por cilindro e opera somente em uma direção. O gás é comprimido apenas uma vez, pois o pistão só tem uma face ativa



- Compressor **de duplo efeito**, tem duas câmaras de compressão, uma de cada lado do êmbolo e opera nos dois sentidos de movimento. O movimento linear do pistão comprime o gás na ida e na volta do pistão.

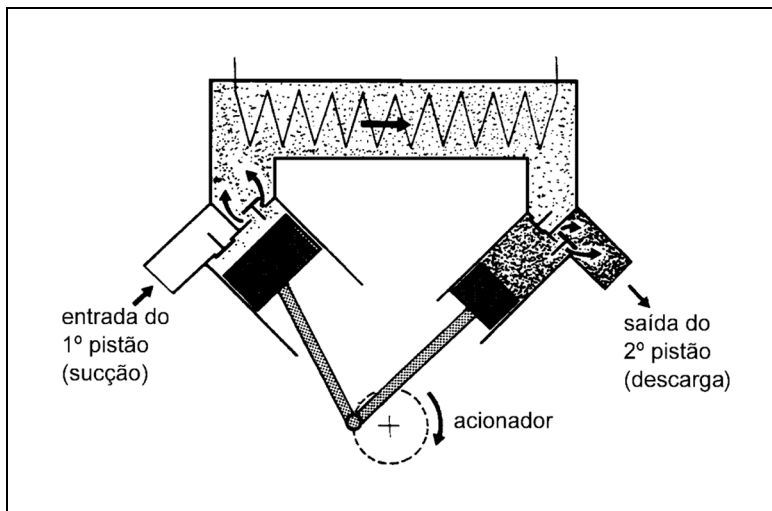


- Compressor **de êmbolo de um estágio** é bastante utilizado, pois comprime a baixa, média ou alta pressão.



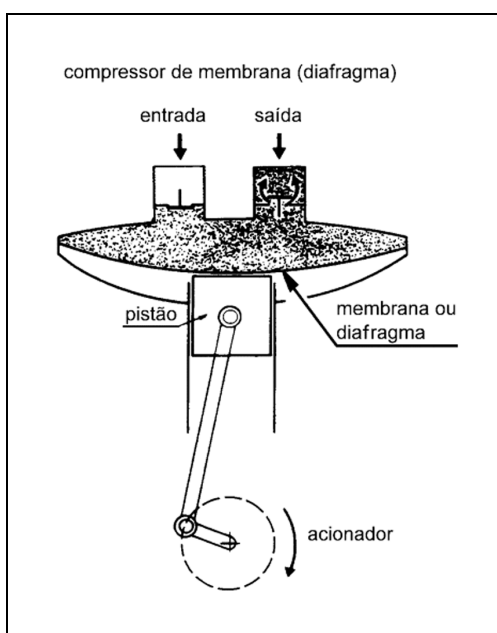
- Compressor **de dois estágios com refrigeração intermediária**: para a compressão a pressões mais elevadas, são necessários compressores de vários estágios. O gás aspirado será comprimido pelo primeiro êmbolo (pistão) e refrigerado logo em seguida, antes de entrar no segundo pistão. No segundo pistão é novamente comprimido e mais uma vez é refrigerado, e assim sucessivamente. A refrigeração é necessária, pois sabe-se que todo fluido, ao ser comprimido libera

grande quantidade de energia térmica (calor). Os compressores podem ser refrigerados a água ou a ar.



A determinação do número de estágios desse compressor depende do nível de compressão exigido para o trabalho. Assim pressões:

- até **4kgf/cm²** pedem compressores de **um estágio**.
- até **15kgf/cm²** exigem compressores de **dois estágios**.
- acima de **15kgf/cm²** necessitam de compressores de **três estágios ou mais**.
- Compressor **de membrana** (diafragma): mediante uma membrana, o êmbolo fica separado da câmara de sucção e compressão, ou seja, o gás não tem contato com as partes deslizantes. Esse tipo de compressor tem emprego na indústria alimentícia, química e farmacêutica.



Partes componentes

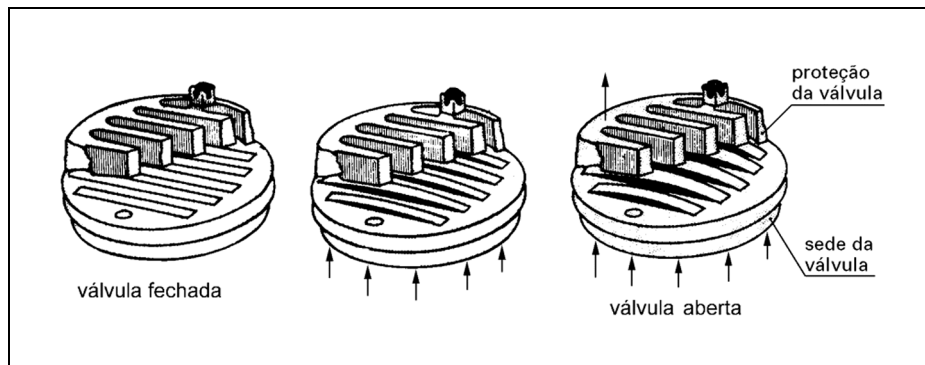
Componentes importantes de um compressor são:

- Válvulas;
- Anéis;
- Cilindro;
- Pistão/haste.

As válvulas são componentes do compressor que têm a função de permitir a movimentação do fluido dentro da câmara de compressão. Elas podem ser **de membrana** ou **automática**.

As válvulas operam tipicamente sob o princípio da diferença de pressão. Geralmente, elas só abrem quando uma pressão pouco abaixo da pressão ambiente é atingida.

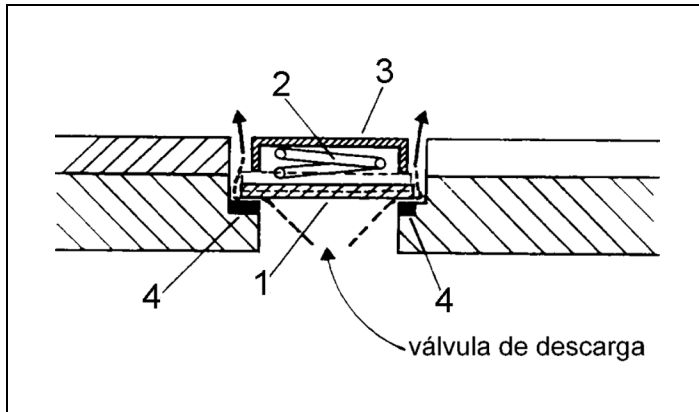
Assim, por exemplo, quando a pressão do lado da sede da válvula **de membrana** fica menor que a do lado da tampa, as fitas curvas de aço comprimem-se sobre toda a superfície da sede (esmerilhada), fechando a válvula. Na posição aberta, as fitas de aço comprimem-se contra a tampa da válvula.



As **válvulas automáticas** também funcionam por diferença de pressão.

Elas são compostas por:

1. Obturador;
2. Mola;
3. Encosto;
4. Sedes.



A mola tem por finalidade disciplinar a posição do obturador, sendo a vedação feita pela diferença de pressão. Quando uma determinada diferença de pressão é atingida, o obturador sobe e pára no encosto, dando passagem ao fluido compressível.

Esse é o modo de funcionamento das válvulas automáticas **de sucção e de descarga**, que são idênticas e que, por isso, são intercambiáveis.

Observações

- É preciso tomar cuidado na montagem das válvulas de membrana para não inverter suas posições na descarga e na sucção do compressor, o que causará sérios transtornos à operação.
- Em geral, as válvulas são feitas de material resistente à fadiga; para serviço em ambientes corrosivos ou em altas temperaturas, elas são sempre feitas de aço inoxidável.
- Para que uma válvula funcione bem, ela tem que assentar perfeitamente nas sedes, garantindo a vedação. Elas também devem ser refrigeradas, especialmente no caso das válvulas de descarga.

Os **anéis**, geralmente em duas peças, montados nos cilindros, selam a passagem do gás do compartimento em que ele está sendo comprimido.

Para compressores com lubrificação, os anéis são fabricados de ferro fundido, bronze, alumínio, carvão, etc.

Nos compressores sem lubrificação são usados geralmente os anéis de teflon ou de carvão.

O **cilindro** é a carcaça dentro da qual o pistão se movimenta. Por esse motivo, sua superfície interna deve ser lisa e polida, a fim de diminuir as áreas de atrito.

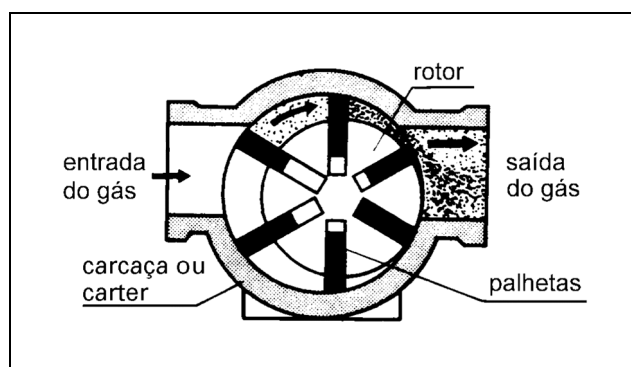
Os cilindros podem ser fabricados de alumínio, ferro fundido, aço inoxidável ou outro material adequado à ação corrosiva do gás.

O **pistão** e a **haste** formam um conjunto solidário que é responsável pela compressão do fluido. Essa compressão é obtida por meio de sua movimentação dentro do cilindro. Eles devem ser resistentes à corrosão, pois estão sempre em contato com a atmosfera e o interior do cilindro.

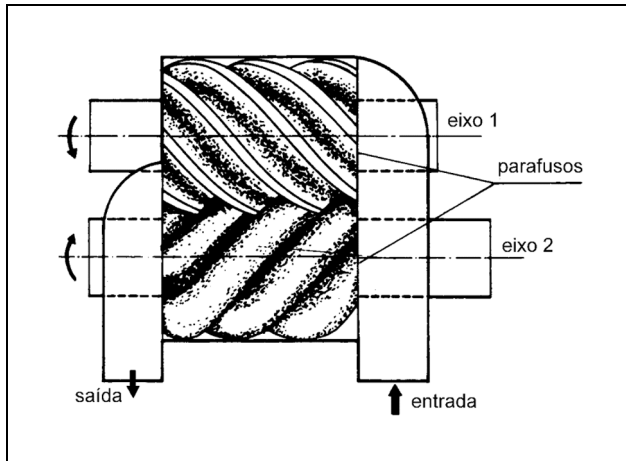
Compressor rotativo

No compressor **rotativo**, os compartimentos se estreitam e comprimem o ar, ou gás, neles contido. Eles são de vários tipos, a saber:

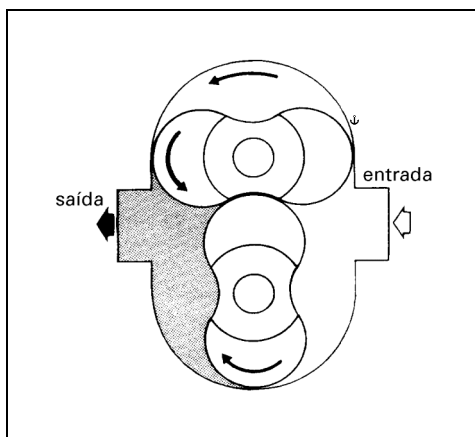
- Compressor **rotativo multicelular** (palheta) que consiste de um compartimento cilíndrico (cárter), com abertura de entrada e saída e no qual gira um rotor montado excentricamente, ou seja, fora de centro. O rotor tem palhetas que, em conjunto com as paredes do cilindro formam pequenos compartimentos (células). As palhetas se movem radialmente nas ranhuras do rotor e são forçadas contra as paredes do cárter pela força centrífuga. Devido à excentricidade de localização do rotor, as células diminuem e aumentam de tamanho, transportando o ar da entrada para a saída. Seu funcionamento contínuo e uniforme garante vazão uniforme de gás ou ar comprimido.



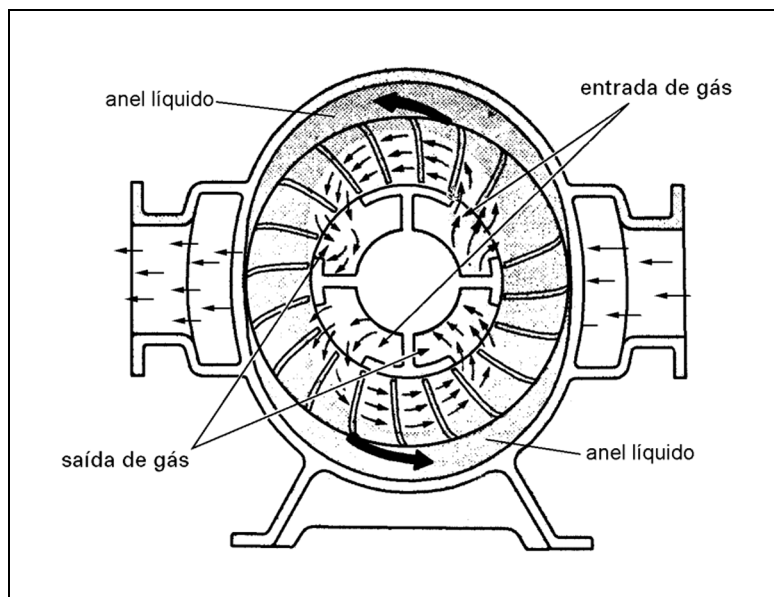
- Compressor **helicoidal de dois eixos** (duplo parafuso) que consiste em um cárter dentro do qual giram dois rotores em sentidos opostos. Um dos rotores possui lóbulos convexos e o outro, lóbulos côncavos, denominados, respectivamente, rotor macho e rotor fêmea. Não há contato entre os rotores nem entre eles e o cárter, dentro da câmara de compressão. Conseqüentemente, estas partes não necessitam de lubrificação e, por isso, o gás comprimido estará completamente isento de óleo.



- Compressor tipo **“Roots”** (lôbulos) que consiste de um cárter, dentro do qual giram dois rotores em sentido contrário. Não há contato entre os rotores e o cárter, portanto, não necessita de lubrificação. Nele, o ar é transportado de um lado para o outro sem alteração de volume. A compressão ocorre cada vez que a extremidade de um dos êmbolos coincide com a concavidade do outro êmbolo. Só pode ser empregado para baixas pressões de trabalho, isto é, até 1kgf/cm^2 . Além disso, seu nível de ruído é muito alto.



- Compressor **de anel líquido**, no qual a admissão e descarga do gás se efetuam através de duas ou quatro aberturas existentes no distribuidor central, ligadas às tubulações de aspiração e descarga. A compressão é obtida pelo giro do rotor em torno do distribuidor central, que está parcialmente cheio de líquido. A força centrífuga agindo sobre este líquido provoca a formação de um selo líquido, que evita fuga de gases para a descarga. Essa máquina pode ser usada para comprimir um gás ou aspirá-lo (bomba de vácuo) e só pode ser usada quando o líquido do anel não reage e não contamina o gás que está sendo comprimido. Neste caso particular, quase todo o calor da compressão fica no líquido, e isto exige a circulação e a refrigeração do líquido.

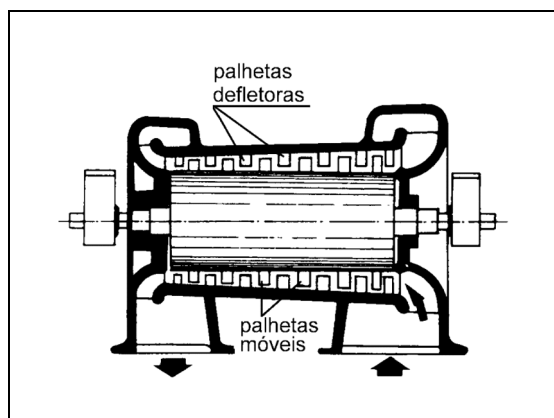


Compressores de deslocamento dinâmico

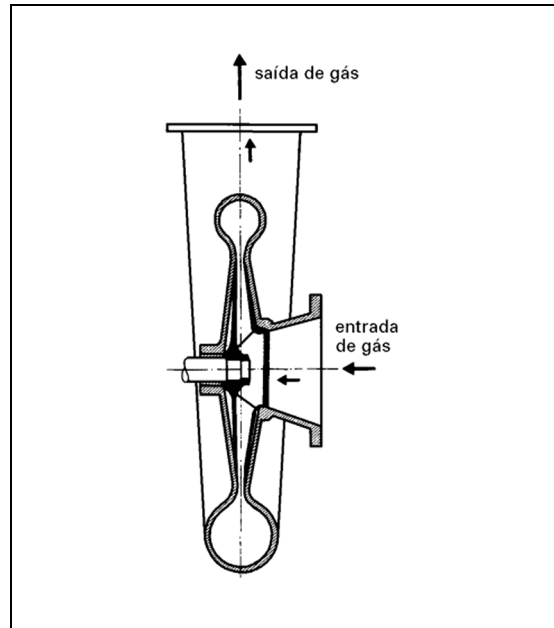
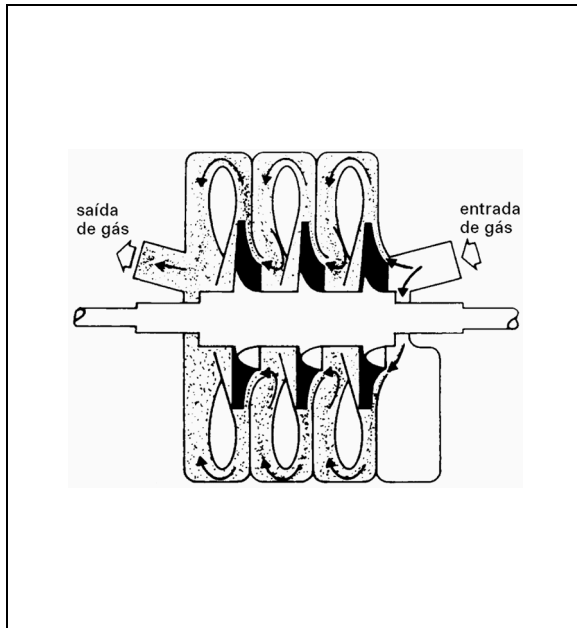
Nos compressores de deslocamento dinâmico, o aumento de pressão é devido à aceleração e posterior transformação da energia cinética em energia de pressão. Nessa categoria se enquadram os **turbocompressores** que trabalham segundo o princípio de aceleração de massa e são adequados para o fornecimento de grandes vazões.

Nos turbocompressores, que podem ser de um ou vários estágios, o gás é colocado em movimento por um ou mais rotores, que transformam a energia do movimento em energia de pressão. Eles são construídos em duas versões:

- Turbocompressor axial, que emprega conjuntos móveis de palhetas (no rotor) e conjuntos estacionários, fixados à carcaça, para converter a energia cinética do fluido em energia de pressão, em um difusor na extremidade da descarga.



- Turbocompressor radial, ou centrífugo, no qual a compressão se processa pela aceleração do ar aspirado de câmara para câmara, em direção à saída. O ar é impelido axialmente para as paredes da câmara e, posteriormente, em direção ao eixo. Daí, no sentido radial, para a próxima câmara, e assim sucessivamente. O gás comprimido fornecido por esse compressor é isento de óleo. Para capacidades acima de 500 m³ a uma pressão de 7kgf/cm², esse tipo de compressor é bastante econômico.



Limites de operação

O ponto de surgência (surge) de um compressor centrífugo é aquele abaixo do qual a máquina é instável. A vazão mínima correspondente a este ponto resulta em *head* máximo, ou seja, máximo trabalho cedido a cada unidade de peso do fluido no processo de compressão

A surgência é ocasionada pelo retorno momentâneo do gás, através do impelidor. Isto produz um efeito de pulsação no gás que está passando na câmara de compressão.

Muitas máquinas podem operar seguramente em surgência, mas não é aconselhável e não se deve operar nestas condições, devido à vibração e ao ruído das tubulações, e o risco de empenamento do rotor.

Usualmente controla-se a surgência por meio de controladores de fluxo mínimo por *bypass* (ou **desvio**), que faz passar gás automaticamente da descarga para a sucção, prevenindo dessa maneira que a máquina caia no ponto de surgência.

Operação

O compressor **alternativo** deve partir despressurizado (em vazio), com a recirculação toda aberta.

A seqüência operacional de partida é a seguinte:

1. Verificar o óleo de lubrificação, completando o nível se for necessário.
2. Alinhar água de refrigeração para a camisa do pistão e para os resfriadores da descarga.
3. Abrir as válvulas de bloqueio geral da sucção e descarga. O compressor parte vazio, sem carga.
4. Verificar o nível do tambor de sucção, pois, se entrar líquido no compressor, pode estourar o anel e, mesmo, a camisa.
5. Ligar a bomba de óleo para pressurizar a rede de lubrificação e dar a partida no compressor.
6. Após a partida, iniciar a carga no compressor abrindo a válvula de admissão. Para compressores de duplo estágio deve-se abrir as válvulas de forma a balancear as forças. Não se deve abrir todas válvulas de uma vez pois a pressão pode subir muito.
7. Observar o desempenho da máquina quanto à circulação do óleo, vibrações e barulhos estranhos. Para quaisquer anormalidades, devem ser tomadas as devidas providências.

Parada

Todo compressor alternativo deve parar em carga, principalmente aqueles acionados por turbina a vapor, por causa do problema da velocidade crítica da turbina.

Cuidados na partida e parada de compressores

Nos compressores alternativos e centrífugos não se pode permitir a presença de líquido dentro do compressor.

Para evitar que o líquido entre no compressor, em geral coloca-se um tambor ou vaso (chamado "*knock out drum*") na sucção, o qual retém o eventual líquido arrastado pelo gás. Esse tambor tem um dreno, por onde sai o líquido acumulado.

Caso o nível no tambor atinja valores muito altos, há alarmes que previnem o operador. Em certos casos, conforme o valor atingido, há dispositivos que desligam a máquina automaticamente.

Partida de um compressor centrífugo

Quando se trata de um motor, é interessante que a partida se dê com a menor vazão possível. Para o compressor ocorre o oposto, isto é, a vazão deve ser a maior possível para evitar o **surge**, isto é, retorno instantâneo de gás através do impelidor, o que causa ruído, vibração e até danos mecânicos ao conjunto. Geralmente, parte-se com a válvula de descarga fechada mantendo-se a recirculação aberta, abrindo-se a válvula de descarga assim que a rotação nominal do conjunto seja atingida.

Observação

Todos os compressores e turbinas são projetados para uma determinada velocidade máxima. Acima desta velocidade máxima, a força centrífuga torna-se tão grande que pode chegar a destruir o rotor. Um dispositivo mecânico é instalado em cada máquina para desligá-la quando se atinge a velocidade máxima. Esse dispositivo é denominado “sistema de *trip*” do compressor.

Se a pressão do óleo lubrificante diminuir, ocorrerá um aumento na temperatura dos mancais, o que poderá causar sérios danos ao equipamento em questão de segundos. Para evitar que isso ocorra, existe um sistema que desliga o compressor automaticamente, quando a pressão do óleo cair abaixo de um determinado valor.

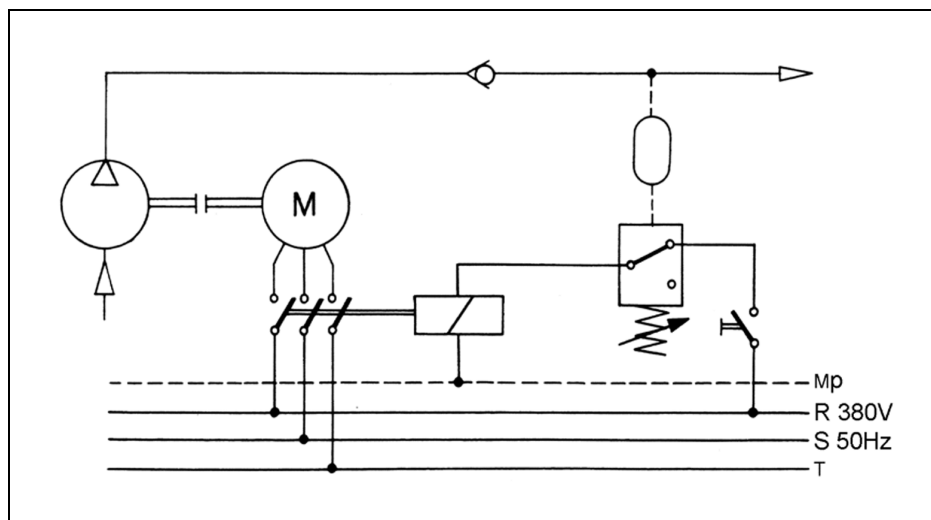
Controle de capacidade dos compressores

O problema de controle do compressor aparece quando o sistema consumidor necessita de vazão diferente daquela dada pelo compressor em condições normais de operação.

Em geral, por facilidade, controla-se a pressão de descarga do compressor numa certa faixa. Quando a pressão cai, o sistema está exigindo maior vazão. Opostamente, quando a pressão sobe, isso pode significar que ele está sobrecarregado.

Parada e partida do motor elétrico que aciona o compressor

O sistema de controle de partida e parada do motor elétrico está associado a um pressostato instalado na descarga do compressor.



Descarga para a atmosfera

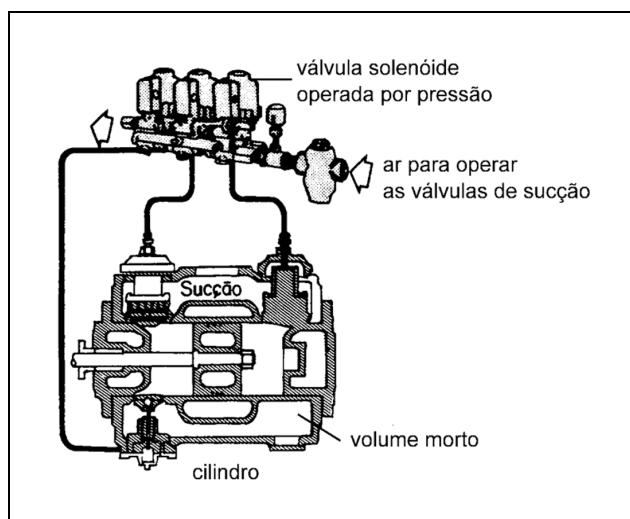
A descarga na atmosfera é um sistema usado apenas para compressores que comprimem ar. Nesse sistema, o motor não liga e desliga, e o controle é feito através de uma válvula que descarrega para a atmosfera, comandada pela pressão no reservatório ou na linha de descarga do compressor.

Recirculação

A recirculação é empregada em alguns compressores a gás. Ela utiliza o mesmo sistema que o de descarga na atmosfera. A diferença, neste caso, está no fato de que a válvula descarrega na sucção do compressor.

Sistema de alívio nas válvulas de sucção

Neste sistema usamos válvulas tipo solenóides, que provocam a abertura constante da válvula de sucção, mesmo durante a compressão, reduzindo a capacidade do estágio a zero.



Regulagem por fechamento

Nesta regulagem, fecha-se o lado da sucção, ou a válvula de sucção até o mínimo recomendado pelo projeto para evitar superaquecimento da máquina.

Manutenção de compressor

O compressor deve ser instalado em uma base nivelada, preferencialmente sobre vibra-stop. Em hipótese alguma chumbe o compressor, pois a vibração poderá danificar seus pés de apoio.

O local deve-se ser seco, arejado e o lado do volante do compressor deve estar afastado da parede no mínimo 80cm para permitir uma ventilação eficiente da Unidade Compressora, pois, o volante, também tem a função de ventilar a unidade.

Lubrificação

No caso do compressor novo (ou reformado), as trocas de óleo do cárter devem ser feitas conforme orientação do manual do fabricante ou da seguinte maneira:

1ª Troca – Troque o óleo as primeiras 20 horas de trabalho.

2ª Troca – Troque o óleo as primeiras 60 horas de trabalho.

3ª Troca – Troque o óleo as primeiras 200 horas ou 02 meses, o que ocorrer primeiro.

Teste hidrostático

É de responsabilidade do usuário final realizar um novo teste hidrostático no reservatório após 5 (cinco) anos a contar da data de fabricação constante em sua plaqueta de identificação, ou quando ocorrer avaria mecânica ou química que possa comprometer a resistência do mesmo. O teste deve ser realizado mediante inspeção e aprovação de um engenheiro responsável (profissional habilitado) de acordo com a NR13 do Ministério do Trabalho. Os períodos subsequentes serão determinados pelo próprio engenheiro responsável.

Recomendamos a troca do reservatório por um novo a cada 10(dez) anos ou a critério do engenheiro responsável.

Conservação

A limpeza da unidade deve ser feita semanalmente.

O acúmulo de óleo e sujeira na máquina formam uma camada isolante, prejudicando a dissipação normal de calor, o que provoca a queda de eficiência.

Verificar periodicamente o funcionamento do pressostato e da válvula de segurança.

O filtro de admissão de ar deve ser removido e limpo uma vez por mês, ou mais freqüentemente se condições externas de sujeiras estiverem presentes.

O elemento filtrante do filtro de ar deve ser limpo com um jato de ar comprimido seco e sem óleo, com pressão não superior 60Lbs, na superfície interna, isto é, sentido contrário ao fluxo de admissão de ar.

Troque o elemento pelo menos três vezes ao ano.

O reservatório deve ser drenado diariamente, e de preferencia na parte da manhã. O acúmulo de água no reservatório diminui sua capacidade, além de provocar a corrosão interna do mesmo.

Verificar periodicamente a presença de vazamentos nas juntas, válvulas, conexões e tubulações, para evitar perda de ar.

Verificar as juntas do cárter para evitar perda de óleo.

Verificar a fixação das serpentinas para evitar que trabalhando soltas, sejam quebradas pelas vibrações.

Verificar a tensão das correias. Correias esticadas erradamente ou de comprimento diferentes, introduzem vibrações prejudiciais ao equipamento.

Sistemas de refrigeração

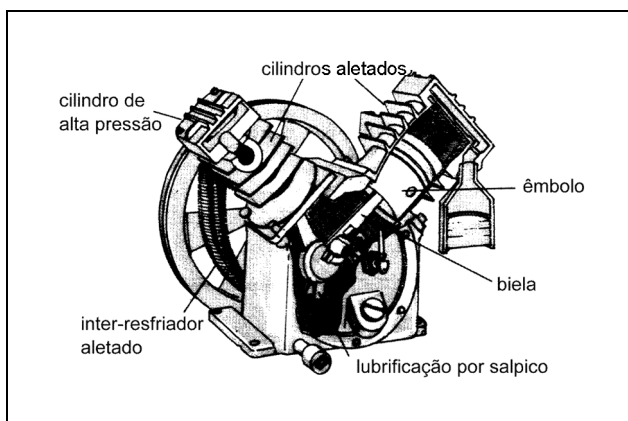
Os compressores devem ser resfriados para:

- a. Manter baixa a temperatura das válvulas, do óleo lubrificante e do gás a ser comprimido;
- b. Evitar a deformação do cilindro por alta temperatura.

Conforme o nível de temperatura e o porte do compressor, é necessário escolher o sistema de refrigeração mais adequado. Ele pode ser a ar ou a água.

Refrigeração a ar

Em compressores pequenos, utiliza-se a refrigeração **a ar**. Para que isso ocorra, serão suficientes apenas as **aletas de ventilação** para que o calor seja dissipado.



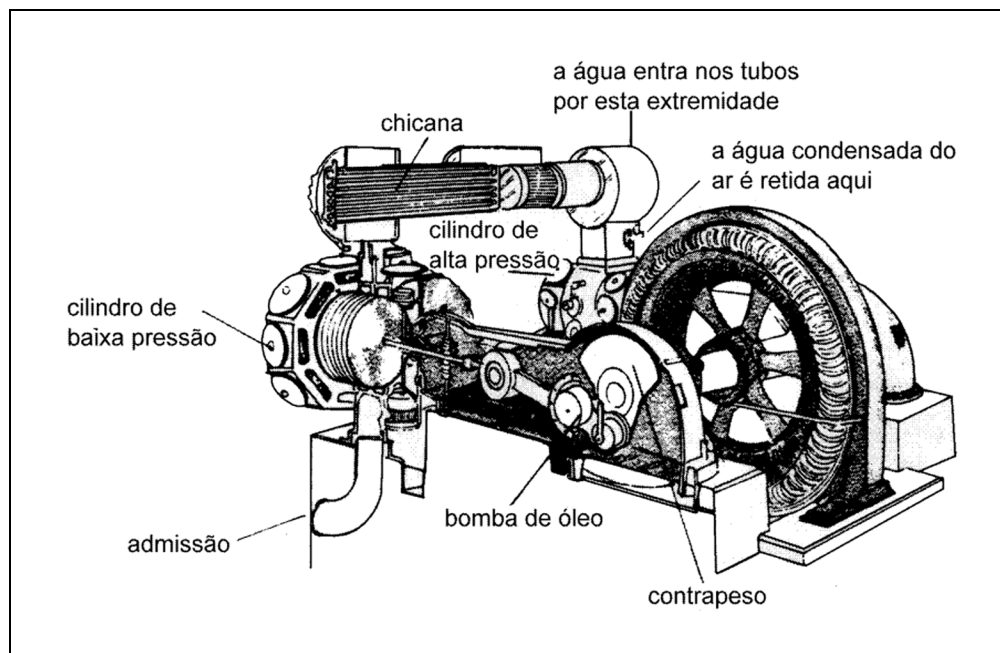
No compressor resfriado a ar, as aletas estão fixadas no próprio cilindro. Trata-se de um pequeno compressor de dois estágios, de simples efeito.

Para dissipar o calor dos compressores de porte médio, empregam-se ventiladores auxiliares ou ainda refrigeração a água (inter-resfriador ou “*intercooler*”).

Refrigeração a água

Quando se trata de estação de compressores de alta potência, o sistema de refrigeração mais adequado é aquele que usa a água circulante ou água corrente contínua.

A água entra pela extremidade próxima ao cilindro de alta pressão, e vai às camisas dos cilindros. O ar comprimido, ou gás, sai do cilindro de baixa pressão e, ao caminhar ao cilindro de alta pressão, passa por alguns obstáculos denominados chicanas, que estão alojados no interior do trocador de calor.



Dentro do compressor alternativo, devido às pequenas folgas existentes, não se pode de modo algum permitir condensação do fluido compressível, pois haveria sérios danos à máquina. Dessa maneira, quando houver este risco, devemos usar a água de refrigeração com temperatura acima da temperatura de entrada do gás no compressor.

No sistema de refrigeração, é recomendável que a água entre por baixo e saia por cima para ocupar todo o recipiente e para arrastar as bolhas de ar presentes.

Compressão em vários estágios

Com o intuito de reduzir o trabalho de compressão, esta é feita em vários estágios, com resfriamento intermediário entre cada estágio. Outra vantagem de se fazer compressão em vários estágios é que isso não aumenta em demasia a temperatura dos gases, pois, em geral, os lubrificantes usados se inflamam acima de 220°C.

Muitas vezes, o resfriamento intermediário é feito com o objetivo de retirar o condensado formado, fazendo com que a carga de gás para o segundo estágio seja menor.

Devido ao aumento de pressão em cada estágio subsequente, o volume diminui. Por causa disso, os cilindros têm tamanhos diferentes em cada estágio.

Lubrificação

A lubrificação do compressor tem por finalidade reduzir o atrito entre as peças móveis em contato, reduzindo o desgaste e resfriando o compressor.

Há dois tipos de lubrificação:

- Por salpico, na qual o virabrequim ao girar, faz com que a biela mergulhe no óleo lubrificante armazenado no cárter do compressor, salpicando óleo nas peças móveis.
- Forçada na qual, uma bomba é acionada pelo eixo do compressor e pressuriza óleo lubrificante para suas partes móveis.

Em compressores com lubrificação por salpico, deve-se verificar diariamente o nível do óleo, o que é feito através de visores apropriados.

Em compressores com lubrificação forçada, usam-se pressostatos de óleo como dispositivos de segurança. Assim, caso haja queda de pressão de lubrificação, o pressostato desliga o compressor automaticamente.

Em qualquer tipo de lubrificação, deve-se usar no cárter do compressor óleo específico para compressores, ou seja, óleo mineral não-detergente com inibidores de oxidação e com viscosidade SAE 30.

Com relação à lubrificação, há dois tipos de compressores:

- Sem lubrificação,
- Com lubrificação.

Os compressores **sem lubrificação** são aqueles nos quais todas as partes móveis são lubrificadas com exceção do pistão do compressor que **não é lubrificado**.

Em geral, esses compressores são usados nas centrais de ar para instrumentos, as quais não permitem a presença de óleo misturado ao ar. São usados também como compressor de oxigênio, pois, se houvesse óleo, haveria explosão por combustão espontânea.

Os compressores sem lubrificação nos anéis do pistão apresentam algumas desvantagens em relação ao compressor lubrificado, a saber:

- Menor vida dos anéis e do cilindro;
- Maior atrito;
- Exigem menor rotação por unidade de tempo;
- Maior folga: o gás pode escapar de um estágio para outro;
- Maior manutenção.

No compressor **com lubrificação**, uma pequena quantidade de óleo é injetada em cada cilindro, geralmente por meio de uma pequena bomba acionada por motor elétrico.

Em ambos os tipos citados, a diferença está nos anéis do pistão.

No caso de compressores **sem lubrificação**, este anel é feito de material auto-lubrificante, como o carvão ou o teflon.

Aspectos de segurança no compressor

Por se tratar de um equipamento de grande importância nas unidades industriais, alguns compressores são dotados de sistemas de alarme e proteção, que desligam o equipamento automaticamente em determinadas situações de emergência, tais como:

- Temperatura elevada do gás na descarga;
- Falhas no sistema de lubrificação (filtro sujo, parada da bomba, temperatura alta, vazamentos, etc.);
- Amperagem alta no motor do acionador provocada por anormalidades no circuito do gás comprimido;
- Falhas no circuito de refrigeração do compressor;

Apesar dos diversos dispositivos de proteção existentes, é fundamental a presença do operador executando as rotinas diárias de sua função, dentre as quais destacam-se:

- Leitura e registro das variáveis do processo: pressão, temperatura, níveis dos tambores, vazões, etc.;
- Acompanhamento de vibração através de uma inspeção visual e auditiva da unidade dos compressores e adjacências;
- Execução de pequenas intervenções operacionais de ajuste e regulação;
- Manutenção da limpeza e organização da área dos compressores;

- Verificação da existência de vazamentos nos circuitos de óleo, gás, refrigeração, etc.;
- Limpeza de filtros do sistema de lubrificação em função do diferencial de pressão, ou de acordo com rotina interna da empresa;
- verificação do sistema de óleo de lubrificação, avaliando variações de pressão, de temperatura, etc..
- Conhecimento dos procedimentos de segurança e utilização dos EPIs adequados para situações de emergência (vazamentos de gases, falha de energia, etc.).

Aspectos de segurança no vaso

As falhas que podem ocorrer em vasos de pressão podem causar ruptura, desgaste ou deformação em seu corpo.

Estas falhas podem ser provocadas por:

- Descontrole operacional com variação excessiva da pressão interna do vaso;
- Falha de atuação dos dispositivos de alívio ou segurança;
- Falha provocada por esforços cíclicos;
- Deformação por fluência, provocada por descontrole de temperatura;
- Desgaste por corrosão ou erosão;
- Falhas em regiões soldadas do vaso que possuem menor resistência mecânica.

Para minimizar a probabilidade do aparecimento destas falhas, é necessário:

- Ter operadores treinados e habilitados para o desempenho da função;
- Inspeccionar os equipamentos após terem sido entregues pela manutenção para evitar distúrbios operacionais na partida e na operação normal.
- Ter os instrumentos e dispositivos de segurança e alívio, testados e calibrados nos prazos recomendados;
- Fazer inspeção periódica de acordo com os prazos recomendados pela Norma Regulamentadora ou nos prazos estabelecidos pelo órgão de inspeção;
- Realizar manutenção preventiva e corretiva com pessoal qualificado;
- Manter controle constante das condições operacionais dos equipamentos;
- Recomendar as ações corretivas necessárias para modificação de projeto e condições operacionais dos vasos.

Motores elétricos

Motores elétricos são máquinas que transformam energia elétrica em energia mecânica. É muito aplicado na indústria pois é simples, possui baixo custo e alto rendimento, além da facilidade de fácil adaptação nos sistemas de acionamentos. Podem ser de corrente contínua ou de corrente alternada.

Tipos de motores

Os motores diferem-se pelo tipo de corrente que utilizam:

- Corrente contínua;
- Corrente alternada.

Corrente contínua C.C.	Corrente alternada C.A.	
<ul style="list-style-type: none"> • Motor série • Motor shunt • Motor compound 	Trifásico <ul style="list-style-type: none"> • Motor síncrono • Motor assíncrono ou de indução 	Monofásico: <ul style="list-style-type: none"> • Motor de indução • Motor série

Motores de corrente contínua

Motores que necessitam de uma fonte de corrente contínua, ou de um dispositivo que converta a corrente alternada comum em contínua.

Podem funcionar com velocidade ajustável entre amplos limites e se prestam a controles de grande flexibilidade e precisão. Por isso, seu uso é restrito a casos especiais em que estas exigências compensam o custo elevado da instalação.

Motores de corrente alternada

Motores mais utilizados exatamente porque necessitam de corrente alternada, que é o tipo de energia elétrica normalmente distribuída.

Os principais tipos são:

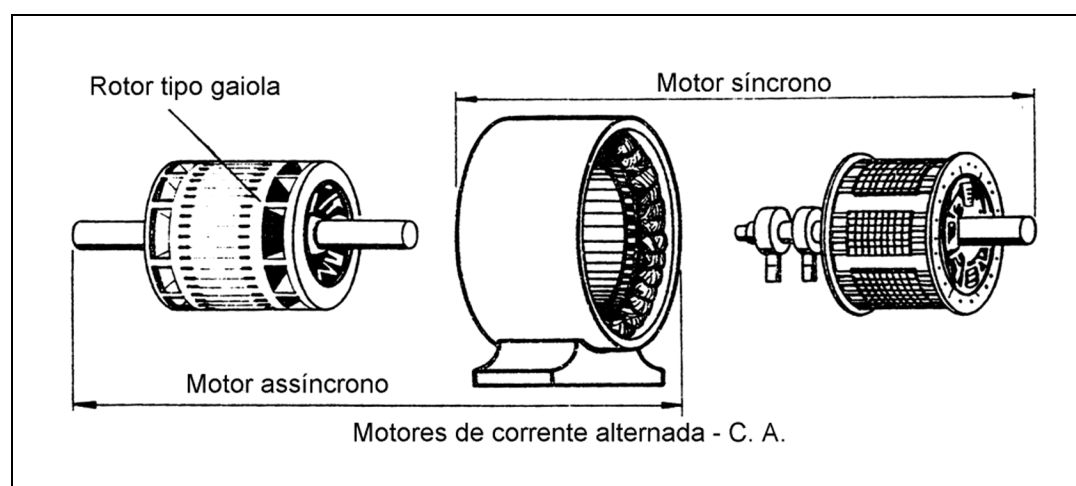
- Motor síncrono
Funciona com velocidade fixa; utilizado somente para grandes potências (devido ao seu alto custo em tamanhos menores) ou quando se necessita de velocidade invariável.
- Motor de indução
Funciona normalmente com velocidade constante, que varia ligeiramente com a carga mecânica aplicada ao eixo. Devido à sua grande simplicidade, robustez e baixo custo é o motor mais utilizado e, atualmente, com a utilização de inversores de frequência, é possível controlar sua velocidade.

O sentido de rotação de um motor de C.C. pode ser alterado com a inversão das ligações do campo ou com a inversão das ligações da armadura, nunca de ambas ao mesmo tempo.

Motores trifásicos

Motor síncrono

Um motor síncrono usa um estator para gerar um campo magnético girante e um rotor eletromagnético alimentado por C.C. O rotor é um ímã, que é atraído pelo campo girante do estator. Esta atração exerce um torque sobre o rotor e faz com que ele gire em sincronismo com o campo.



O motor síncrono não é auto-suficiente na partida e deve ser trazido próximo à velocidade de síncrona antes de poder continuar girando com seus próprios recursos.

É utilizado para serviços que exigem velocidade constante ou onde se deseja corrigir o fator de potência da rede elétrica.

Motor assíncrono ou de indução

Quando se aplica C.A. aos enrolamentos do estator, produz-se um campo magnético rotativo. Este campo rotativo corta os condutores do rotor, neles induzindo corrente.

Esta corrente induzida gera um campo magnético de sentido contrário, que é atraído pelo campo magnético girante.

O rotor do motor de indução não pode girar com a mesma velocidade do campo magnético, pois, se a velocidade for a mesma, não haverá deslocamento relativo e, em consequência, não haverá corrente induzida no rotor. Sem corrente induzida não se cria um campo magnético contrário para ser atraído.

O rotor do motor a plena carga apresenta um escorregamento de 3 a 6% em relação à velocidade de sincronismo do campo giratório e, por isso, é denominado também de motor assíncrono.

O motor de indução é o motor de uso mais comum por causa de sua simplicidade, construção robusta e baixo custo de fabricação. Estas vantagens provêm do fato de ser o rotor isolado, que não necessita de conexões externas.

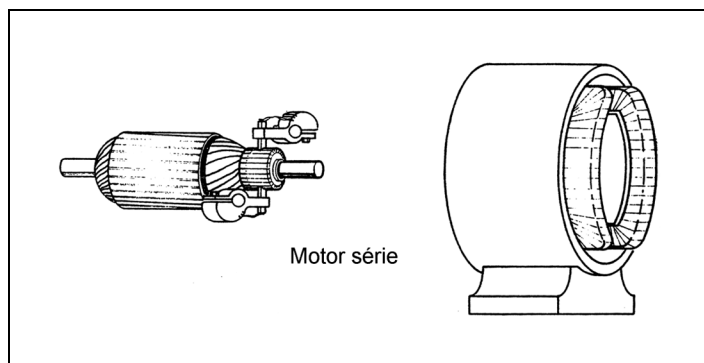
Motores monofásicos

Os motores monofásicos possuem apenas uma fase e são alimentados por uma C.A. monofásica. São muito usados sempre que se quer um motor pequeno e pouca potência. A principal vantagem é baixo custo para pequenas potências.

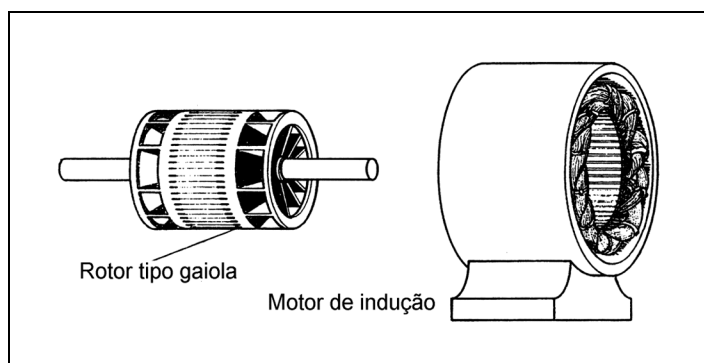
Eliminam também a necessidade de alimentação trifásica. Os motores monofásicos são usados em equipamentos de comunicações, ventiladores, refrigeradores, máquinas portáteis de furar, esmeris, etc.

Os motores monofásicos são divididos em dois grupos: motores série e motores de indução.

Os motores série lembram os motores de C.C. porque possuem comutador e escovas.



Os motores de indução usam rotor do tipo gaiola, com um dispositivo especial para a partida. Esse dispositivo especial é um enrolamento de partida adicionado ao estator.



Quando esse enrolamento de partida é usado de modo que a corrente no estator fique defasada em relação à corrente no enrolamento principal, será produzido um campo magnético girante e o rotor irá girar. Com o rotor na velocidade normal, o circuito do enrolamento de partida pode ser desligado e o motor continua funcionando como um motor monofásico.

Parâmetros mecânicos de motores

Para usar uma máquina elétrica, é necessário conhecer, além de suas propriedades elétricas, seus parâmetros mecânicos, tais como a rpm, o torque e a potência mecânica.

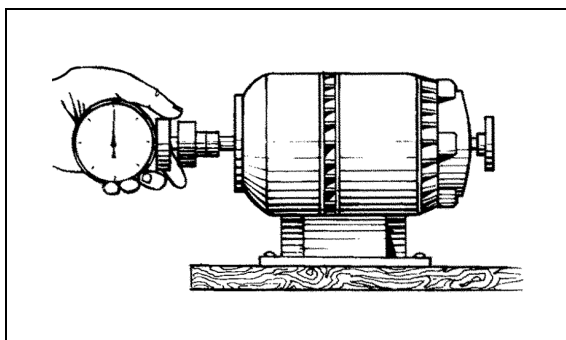
Rpm

A rpm "n" de uma máquina é igual ao número de revoluções do rotor em um determinado tempo e que se mede em revoluções por minuto.

Instrumentos de medição de rpm

Em aplicações técnicas, empregam-se diversos dispositivos para medir a rotação. O mais simples é o tacômetro manual.

Com ele, é possível medir diretamente a rotação aplicando o instrumento ao eixo da máquina. A rotação é transmitida mediante uma embreagem de borracha.



Outro instrumento para a medição da rpm é o gerador taquimétrico (ou tacométrico) que se aplica diretamente à máquina cuja rotação se quer medir.

Dependendo do tipo de gerador usado, este pode:

- Gerar uma tensão contínua cujo valor depende da rotação;
- Gerar uma tensão alternada cuja frequência depende da rotação e, embora nesse caso meça-se a frequência, o resultado que aparece no mostrador é a rpm.

Para obter tensão alternada dependente da rotação, podem ser usadas barreiras óticas (células fotoelétricas) em lugar do gerador taquimétrico. Essas células são usadas em combinação com discos perfurador ou geradores Hall juntamente com ímãs.

Cálculo da rpm

Para realizar o cálculo da rpm, é necessário conhecer a frequência da rede e a quantidade de pólos do motor. A fórmula para esse cálculo é:

$$n = \frac{f \cdot 60}{p}$$

Onde:

n = rpm;

f = frequência;

p = pares de pólos.

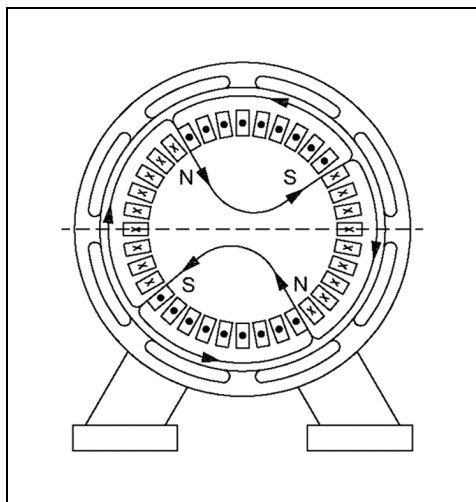
Exemplo

Calcular as rpm de um motor de 2 pólos, ligado a uma rede de 60Hz.

$$n = \frac{60 \cdot 60}{1} = 3.660\text{rpm}$$

Cálculo de rotação do campo girante

Se, em um estator, forem colocadas seis bobinas defasadas de 60° uma da outra, ao ligá-las à rede trifásica, obtém-se um campo giratório de 4 pólos.



Quando se trata de um motor de 2 pólos, o campo giratório precisa do tempo de um período para dar um volta completa, ou seja 360°.

O motor de 4 pólos precisa de um tempo que equivale ao dobro do de 2 pólos, ou seja, dois períodos de 360°.

Isto significa que a rotação do campo girante depende da frequência da corrente e do número de pares de pólos do campo.

A fórmula para esse cálculo é a mesma da rpm, ou seja:

$$n = \frac{f \cdot 60}{p}$$

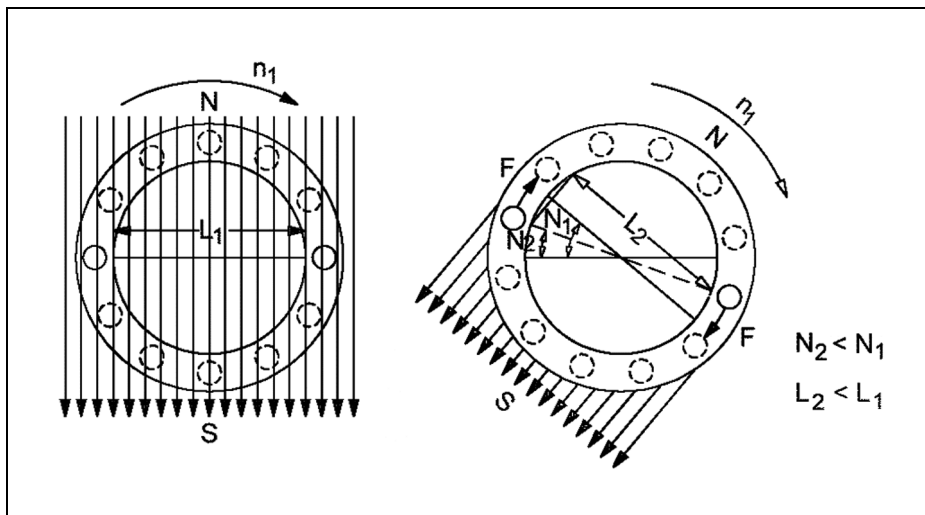
Exemplo

Calcular a rotação do campo girante de um motor de quatro pólos ligado a uma rede de 60Hz.

$$n = \frac{60 \cdot 60}{2} = \frac{3.600}{2} = 1.800$$

Cálculo de deslizamento ou escorregamento(s)

Sobre o rotor de um motor trifásico assíncrono aparece um torque que atua no sentido do campo giratório. O rotor gira com uma velocidade menor que o campo giratório.



Assim, velocidade de deslizamento (n_s) é a velocidade relativa entre o rotor n e o campo girante n_f , ou seja, $n_s = n_f - n$

Deslizamento (s) (ou escorregamento) é o quociente entre a velocidade de deslizamento e a velocidade do campo giratório:

$$s = \frac{n_f - n}{n_f}$$

O deslizamento pode ser indicado em percentual da velocidade do campo giratório:

$$s = \frac{n_f - n}{n_f} \cdot 100\%$$

Exemplo

Calcular o deslizamento percentual de um motor assíncrono trifásico de 4 pólos que recebe uma freqüência de excitação de 60Hz, cujo rotor gira a uma velocidade de 1.440rpm.

$$n_f = \frac{f \cdot 60}{p} = \frac{60 \cdot 60}{2} = \frac{3.600}{2} = 1.800\text{rpm}$$

$$n_s = n_f - n = 1.800 - 1.440 = 360$$

$$s = \frac{n_f - n}{n_f} = \frac{1.800 - 1.440}{1.800} = \frac{360}{1.800} = 0,2$$

$$s\% = \frac{n_f - n}{n_f} \cdot 100 = 20\%$$

Observação

Quando o rotor está em repouso, podemos considerar o motor assíncrono trifásico como um transformador trifásico.

O valor da tensão no enrolamento do rotor em repouso, ou seja, a tensão com rotor travado só depende do quociente entre os números de espiras do rotor e do estator. Quando o rotor gira, sua tensão vai reduzindo proporcionalmente ao deslizamento.

Para a velocidade sincronismo, ou seja, quando as duas velocidades são iguais, até a tensão induzida será nula.

Com o rotor travado, a freqüência da tensão no rotor é igual à freqüência da tensão do estator. Quando o rotor gira, a freqüência de sua tensão também decresce proporcionalmente ao deslizamento até fazer-se nula para a velocidade de sincronismo.

Torque ou momento

Torque (M) (ou momento) é a força (F) atuando sobre um corpo e causando seu movimento através de uma distância (s).

Mesmo que esse corpo não gire, o torque existe como produto daquela força pela distância radial em relação ao centro do eixo da rotação, ou seja, torque é o produto da força pelo comprimento do braço da alavanca. Matematicamente, isso significa:

$$M = F \cdot s$$

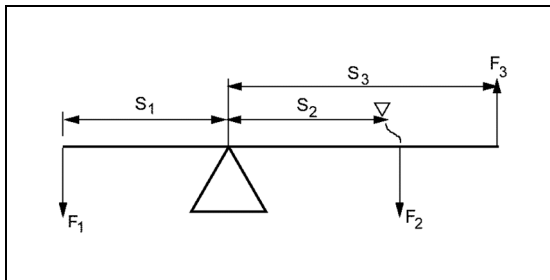
Onde:

M = torque ou momento em Newtons por metro;

F = força em Newtons;

s = comprimento em metros.

Quando os torques de giro à direita e à esquerda são iguais, a alavanca se encontra em equilíbrio ou repouso. Se os torques são diferentes, a alavanca gira no sentido do torque maior.



Torques de giro à esquerda = torques de giro à direita
(torques) $M = F \cdot s$

Já sabemos que um campo magnético de fluxo Φ origina-se no estator das máquinas elétricas rotativas.

Sabemos também que o rotor se compõe de um tambor de ferro doce magnético com ranhuras nas quais são colocados os condutores. Esses condutores dentro de um campo magnético e percorridos por uma corrente elétrica estão submetidos a uma força. O valor dessa força é:

$$F = \Phi \cdot I \cdot l$$

Onde:

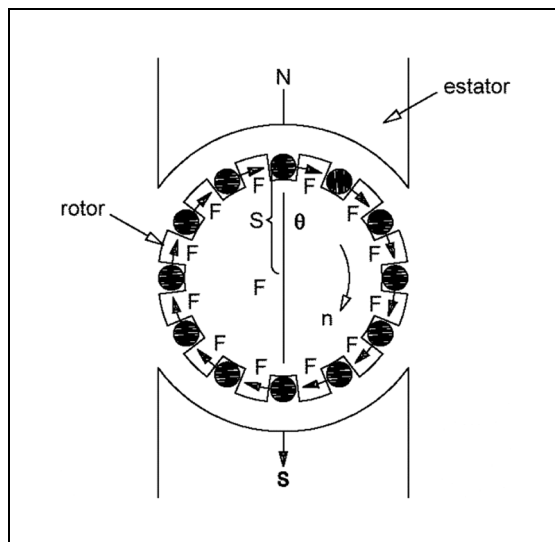
F: força em Newtons;

Φ : indução magnética em teslas;

I : corrente em ampères;

l: comprimento do condutor em metros.

Essa força é aplicada ao condutor a uma distância(s) do eixo do rotor.



Quando esse torque for igual ou suficiente para que o rotor (que possui um movimento resistente) gire, obtém-se uma rotação constante.

Obtenção do torque

Nas máquinas elétricas, o torque se mede com a ajuda de freios, como por exemplo, o freio de corrente de Foucault.

No motor elétrico o torque (M) e as rotações (n) estão relacionados, pois a rotação diminui quando se aumenta o torque.

Na partida, a rotação é zero e o torque, que atua sobre o eixo nesse instante, é chamado de torque de arranque.

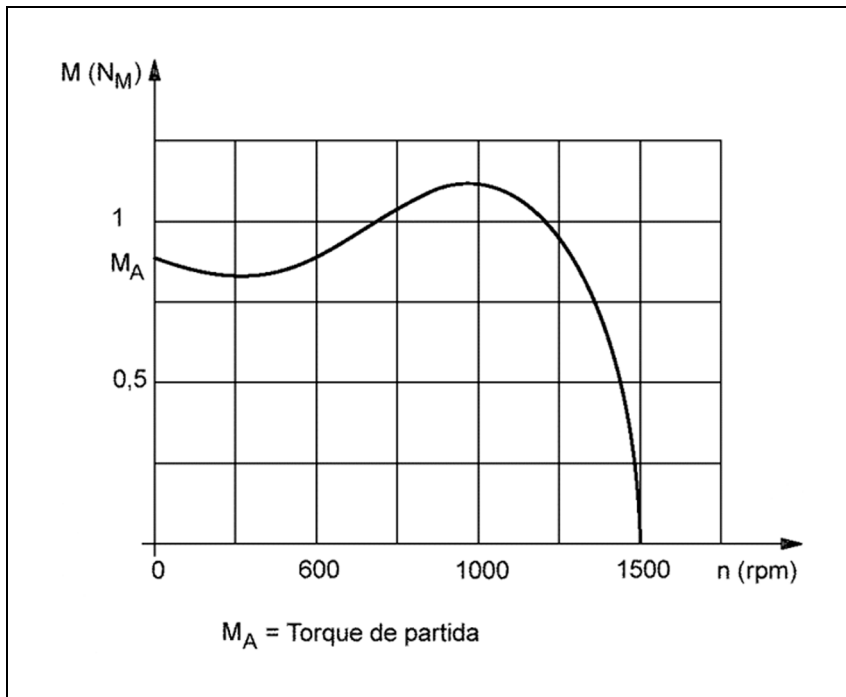
Como obter o torque

1. Dá-se partida no motor sem carga;
2. Coloca-se carga partindo do zero. À medida que a carga aumenta, anota-se o torque e a rotação:

Exemplo

Torque	0	0,25	0,5	0,75	1	1,1	0,85	0,9
Rotação	1500	1470	1430	1375	1200	1000	100	0

Monta-se o gráfico;



Observação

Para qualquer motor CA de indução tipo gaiola, o torque de partida é apenas função da tensão aplicada ao enrolamento do estator. Quando se reduz à metade a tensão nominal aplicada por fase durante a partida, o torque de partida produzido é 1/4 do que seria produzido a plena tensão.

Potência

A potência está relacionada com a rotação e o torque desenvolvidos pela máquina. O eixo de uma máquina que gira com uma rotação n transmite um torque.

Com estes dois parâmetros, calcula-se a potência mecânica da máquina a partir da seguinte fórmula:

$$P = \frac{2}{60 \cdot 100} \cdot n \cdot M$$

Onde:

P é a potência;

2 é a constante;

n são as rotações em rpm;

M é o torque em Nm.

$$\text{Ou: } P = \frac{n \cdot M \cdot 10^{-3}}{3}$$

Manutenção de motores

Na prática podemos dizer que o elemento que mais apresenta falhas são os rolamentos dos mancais. Porém, é necessário fazer um acompanhamento das condições de funcionamento dos motores durante a operação, e fora de operação, para evitar paradas de surpresa.

Ensaio em motores com carga

- Fator de potência;
- Rendimento;
- Rpm;
- Corrente de partida;
- Corrente de trabalho;
- Potência ativa;
- Potência aparente;
- Análise de vibração;
- Termografia.

Ensaio em motores sem carga

- Fator de potência;
- Rendimento;
- Rpm;
- Corrente de partida;
- Corrente nominal;
- Potência ativa;
- Potência aparente;
- Resistência de isolamento;
- Resistência do conjugado.

Bombas centrífugas e helicoidais

Bombas Centrífugas são bombas hidráulicas que têm como princípio de funcionamento a força centrífuga através de palhetas e impulsos que giram no interior de uma carcaça estanque, jogando líquido do centro para a periferia do conjunto girante. Consta carcaça, dentro da qual gira uma peça, o rotor, que impulsiona o líquido através da voluta. No interior da carcaça, a energia de velocidade é transformada em energia de pressão, o que possibilita o líquido alcançar o ponto final do recalque. É no seu interior que está instalado o conjunto girante (eixo-rotor) que torna possível o impulsionamento do líquido.

Podem ser acionadas das seguintes formas:

- Motores elétricos;
- Turbinas;
- Motores a combustão.

Também podem ser classificadas em duas categorias:

- Bombas de deslocamento positivo (ou volumétricas);
- Bombas centrífugas (ou turbo-bombas).

Bombas de deslocamento positivo

São aquelas em que a movimentação do líquido é diretamente causada pela movimentação de um órgão mecânico da bomba que obriga o líquido a executar o mesmo movimento. Nesse caso, o fluido desloca o mesmo volume que realiza o órgão mecânico.

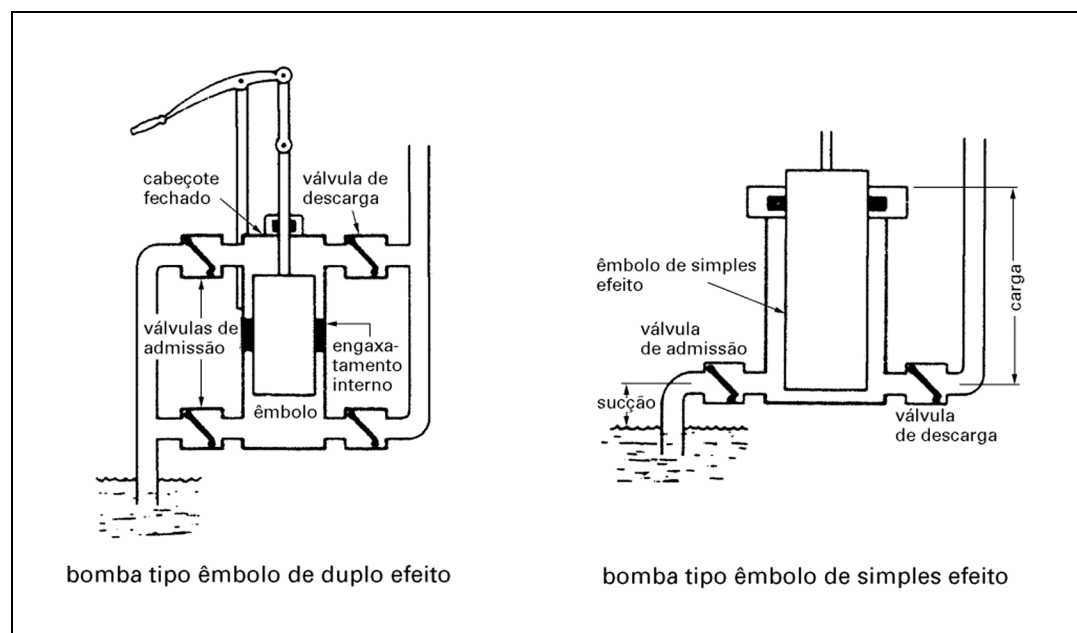
Em função do órgão mecânico utilizado na bomba (engrenagem, êmbolo, parafuso, etc.) podemos classificá-las em:

- Bombas alternativas;
- Bombas rotativas.

Bombas alternativas

Nessas bombas, o movimento do fluido é produzido por um pistão que se move alternadamente, onde a entrada e a saída do fluido são controladas por válvulas. As que controlam a entrada do líquido são chamadas de **válvulas de admissão ou sucção** e as que controlam a saída do líquido, são chamadas de **válvula de descarga**.

Este tipo de bomba é aplicado para sistemas que exigem alta pressão e pequena capacidade, operam com líquidos viscosos e realizam dosagem de produtos químicos.



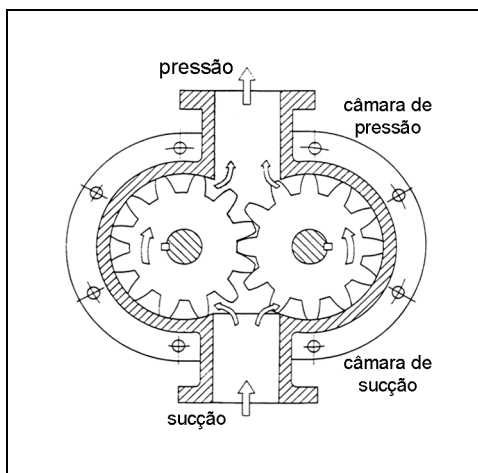
Bombas rotativas

Este tipo de bomba não tem válvula de entrada e saída, como as bombas alternativas, ela aprisiona uma quantidade de fluido na entrada e faz a descarga na saída. Podem bombear quase todos os tipos de líquidos não corrosivos e são utilizadas no bombeamento de líquidos viscosos.

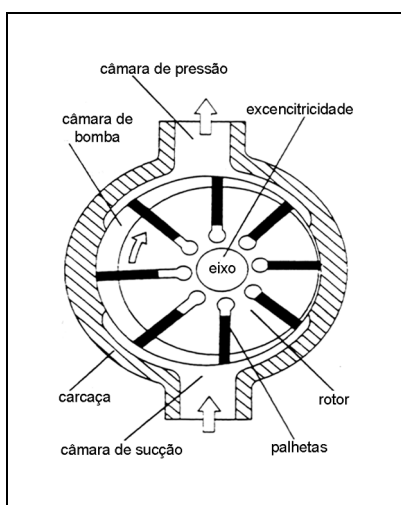
Essas bombas podem manter uma quantidade de líquido praticamente constante, contra qualquer pressão dentro dos limites do projeto da bomba.

Os tipos mais usuais de bombas rotativas são:

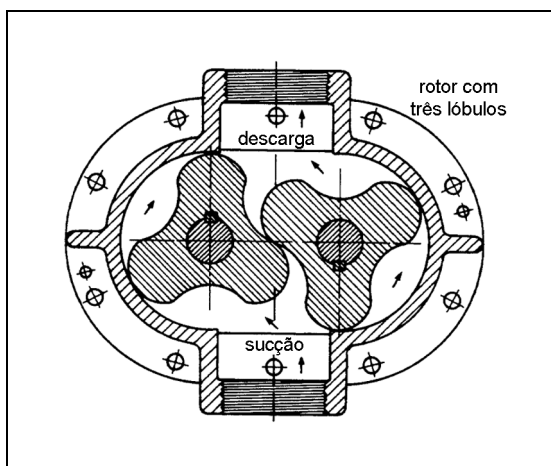
- Bomba de engrenagem;
- Bomba de parafuso;
- Bomba de palheta;
- Bomba de lóbulo.



Bomba de engrenagem



Bomba de palheta



Bomba de lóbulos

Partidas de bombas alternativas e rotativas

Nessas bombas, a pressão de descarga, caso a válvula de descarga esteja fechada, é sempre crescente e pode atingir valores tão altos a ponto de danificar a tubulação ou a própria bomba.

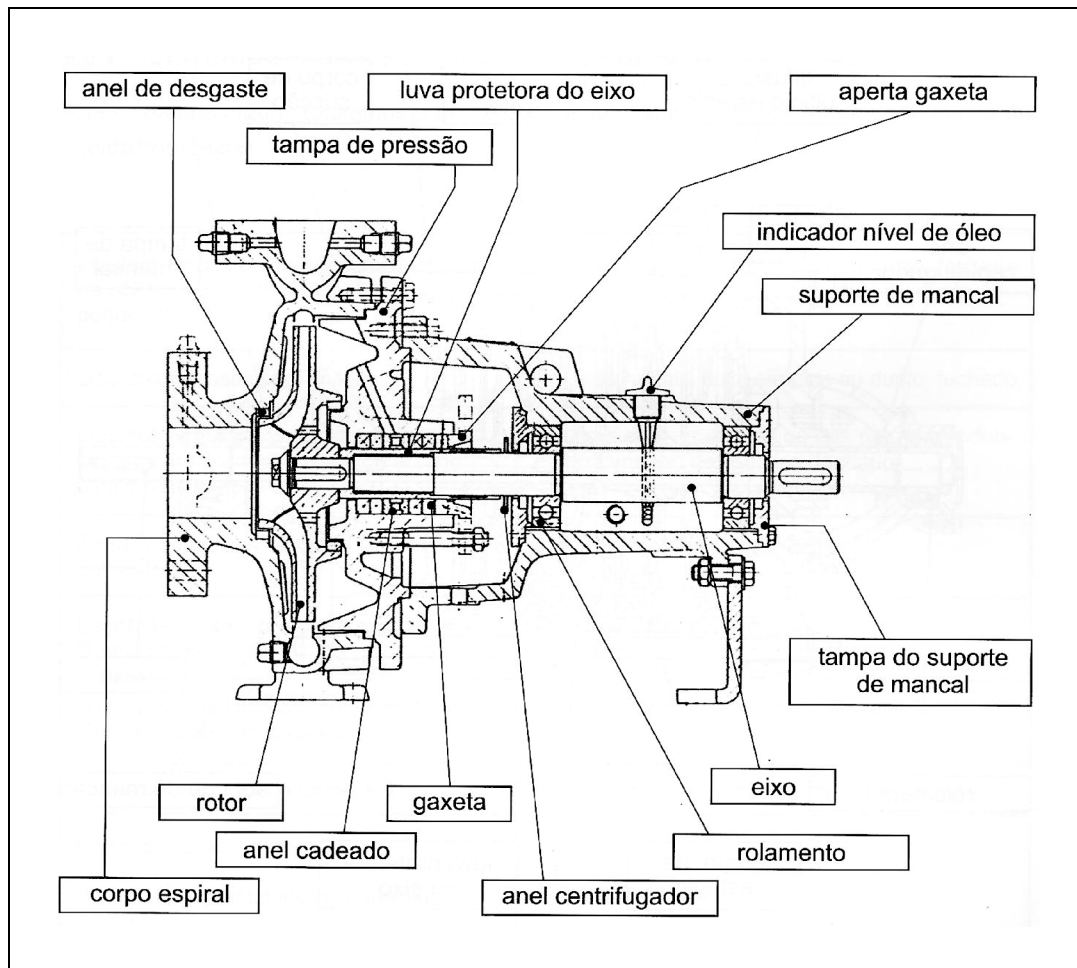
Para que isto seja evitado existe uma válvula de alívio na descarga dessas bombas. Essas válvulas são reguladas para evitar que se atinjam pressões acima de determinado valor, considerando o limite de pressão aceitável para a instalação.

É importante observar que, as bombas alternativas e algumas rotativas, requerem sempre que a válvula de descarga esteja aberta na partida.

Bombas centrífugas

Bombas centrífugas são bombas hidráulicas que têm como princípio de funcionamento a força centrífuga através das lâminas de um rotor (chamadas palhetas) que giram dentro de uma carcaça. No centro do rotor forma-se uma zona de menor pressão, na qual a tubulação de sucção. Na parte de saída do líquido está a voluta, na qual a seção vai aumentando e o líquido vai perdendo velocidade e aumentando sua pressão.

Existem bombas centrífugas com difusor, peça que auxilia a ação da voluta e serve também para dirigir o fluxo para a saída.



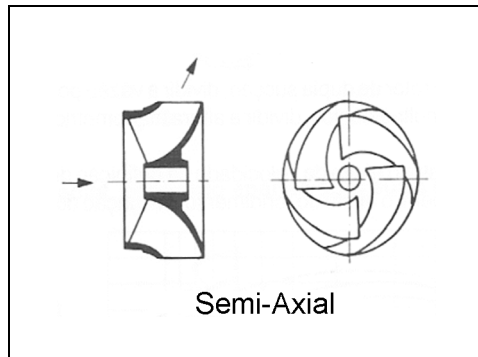
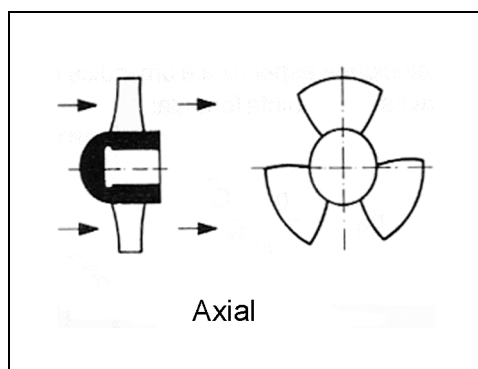
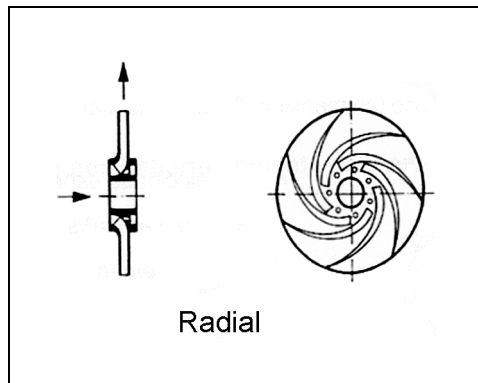
Rotor

É um componente rotativo, dotado de palhetas (ou pás) que tem a função de transformar a energia mecânica em energia de pressão.

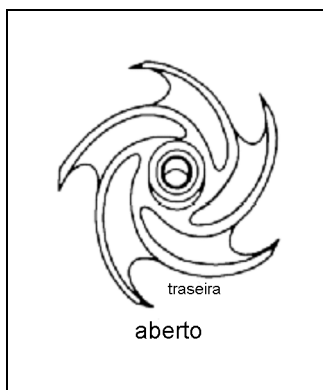
Os fatores a serem considerados na escolha do tipo de rotor são:

- Características físicas e químicas do fluido;
- Velocidade específica da bomba.

Tipos de rotor em função da velocidade da bomba

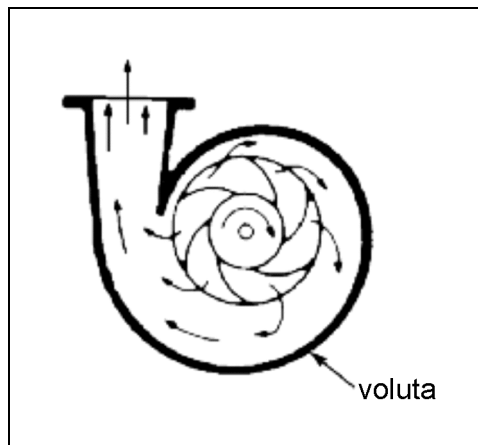


Tipos de rotor em função do líquido bombeado:



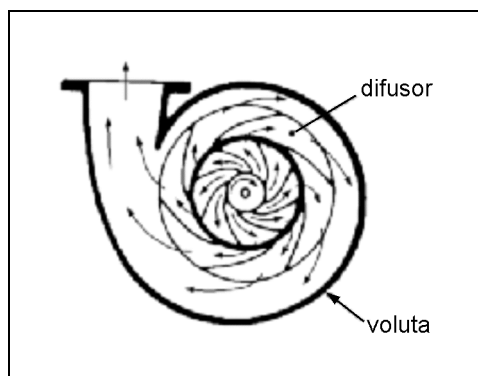
Voluta (ou corpo espiral)

É a região da carcaça da bomba que tem um formato em espiral, é responsável pelas contenção do líquido bombeado e transforma energia cinética em energia de pressão.



Difusor

O difusor é um componente instalado dentro da carcaça e serve principalmente para direcionar o fluido da saída de um rotor para a entrada do próximo rotor. São usados em bombas de múltiplos estágios com rotores radiais. Devem ser montados e fixados radialmente para impedir seu giro dentro da carcaça.



Eixo

É a peça responsável em transmitir torque ao rotor. O material escolhido para o eixo deve possuir boa resistência à deflexão para evitar que as folgas preestabelecidas sejam alteradas, provocando desgaste prematuro dos componentes. Outra característica a ser considerada é a resistência do material às variações de temperatura, isso nos casos de bombas que trabalhem com líquidos quentes.

Para líquidos corrosivos, os eixos devem ser vedados ou construídos com material resistente ao ataque do fluido bombeado. Em muitos casos são utilizados luva de proteção para proteger o eixo na área do engaxetamento. Essas luvas giram com o eixo e são fixadas por chavetas ou rosqueadas no eixo.

Mancais

Os mancais suportam o conjunto eixo-rotor e as forças radiais e axiais que ocorrem durante a operação. O mancal mais comum é o mancal de rolamento e, dependendo da carga de trabalho utiliza os seguintes rolamentos:

- Rolamento rígido de esferas;
- Rolamentos autocompensadores de esferas;
- Rolamentos de rolos cilíndricos;
- Rolamentos de contato angular.

Anéis de desgaste

São componentes montados na carcaça e no rotor com a finalidade de controlar as folgas entre as partes e também proteger as peças mais caras, evitando a necessidade de substituí-las. O aumento excessivo das folgas nos anéis provoca uma queda na eficiência da bomba, ou seja, permite o retorno do fluido da descarga.

Quando o desgaste for excessivo, é necessário reusinizar o eixo e a carcaça para restabelecer as folgas necessárias.

Caixa de selagem

A função da caixa de selagem é evitar vazamentos através do eixo da bomba. Normalmente a selagem é feita através de gaxetas ou selo mecânico.

No caso de vedação por gaxetas, o ajuste dos anéis deve permitir um pequeno vazamento para lubrificar e refrigerar a área de atrito como eixo da bomba.

Em alguns casos é necessário a utilização do anel cadeado ou anel lanterna, principalmente quando o líquido possuir partículas sólidas em suspensão ou quando não é aconselhável perder parte do fluido bombeado. O líquido injetado no anel lanterna pode ser o próprio fluido bombeado através de uma derivação na boca de recalque da bomba, ou de fonte externa.

Nas situações em que, por alguma razão, deve ser evitado o vazamento do líquido bombeado é recomendado a selagem por selo mecânico.

Características da bomba centrífuga

A bomba centrífuga é uma unidade versátil na área de processos, pois é de fácil controle e fluxo contínuo. Apresenta as seguintes características:

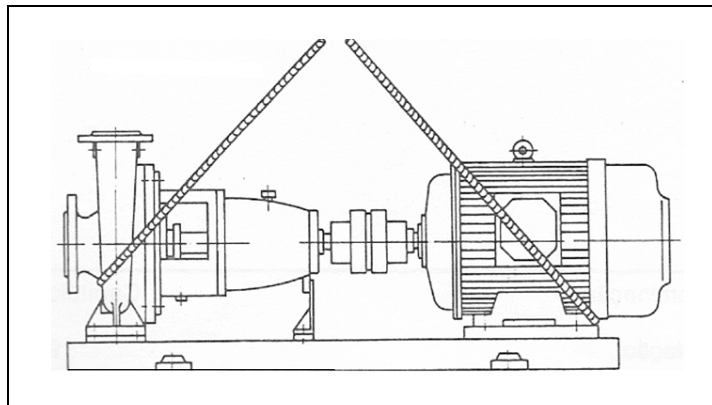
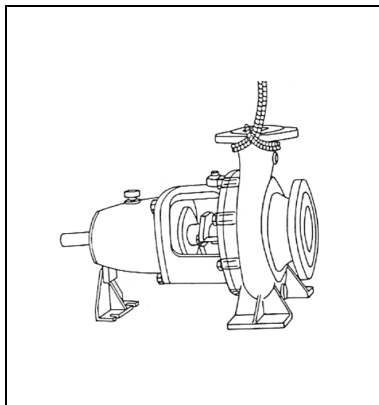
- Opera em grande faixa de vazão, de pressão e com fluidos de características diferentes;
- É facilmente acoplada diretamente aos acionadores (motor elétrico ou turbina);
- Ocupa pequeno espaço;
- Custo relativamente baixo;
- Difícil obter vazões baixas com pressões moderadas e altas;
- Imprime turbulência ao fluido.

Inspeção e transporte

Antes de instalar a bomba, inspecionar todos os componentes para se certificar que não há danos no equipamento.

O transporte deve ser feito dentro de normas de segurança e com cuidado para não danificar o conjunto.

Nunca içar a bomba pelo olhal do motor.



Armazenamento

Caso a bomba ficar armazenada por curto prazo (3 meses) antes da instalação, deve-se tomar os seguintes cuidados:

- O local deve estar limpo e isento de umidade;

- Proteger os mancais e acoplamentos;
- Proteger os bocais de sucção e recalque;
- Armazenar a bomba sem os anéis de gaxeta;
- Girar o eixo semanalmente para evitar oxidação.

Instalação

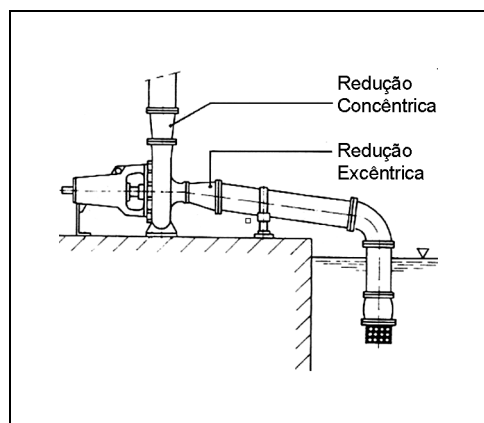
O local de instalação deve permitir fácil acesso para a manutenção, ser bem ventilado e estar acima do nível de inundação.

Para que a bomba opere em condições adequadas, recomenda-se utilizar uma base comum para bomba e motor, fabricada com chapa de aço estrutural e instalada sobre uma fundação bem dimensionada. Essa base deve suportar os esforços de trabalho da bomba, não permitindo flexões e vibrações durante a operação.

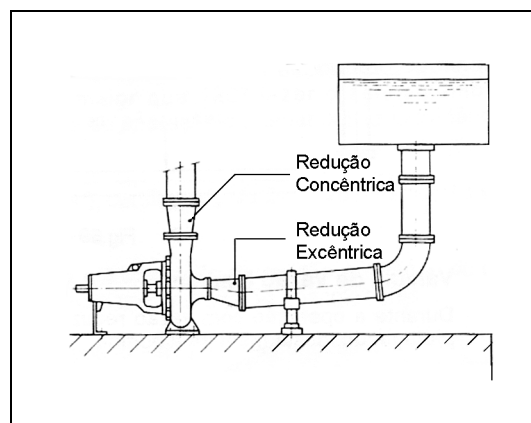
Nivelar e alinhar o conjunto atendendo às recomendações do fabricante.

Tubulações da linha de sucção

- A tubulação de sucção deve ser bem dimensionada para evitar perdas de carga, utilizando-se o mínimo de conexões, e totalmente estanque para impedir a entrada de ar. O diâmetro deve ser suficiente para que a velocidade de sucção seja menor ou igual a 1,6m/s.
- Para que a tubulação de sucção fique livre de bolsa de ar, a redução a ser utilizada na entrada da bomba deve ser excêntrica e montada com o cone para baixo, assim como a parte horizontal da tubulação, quando for negativa, deve possuir um ligeiro declive no sentido bomba-tanque e, quando for positiva, um ligeiro aclive.



Sucção negativa



Sucção positiva

- A flange da tubulação deve estar livre de tensões e a bomba não deve ser ponto de apoio para a tubulação.
- Caso o líquido bombeado sofrer grandes variações de temperatura, deve-se usar juntas de expansão para absorver os esforços provocados pelo efeito de dilatação e contração da tubulação.
- No caso de sucção positiva, é recomendável a instalação de um registro para interromper o fluxo quando necessário. Em operação esse registro deve permanecer totalmente aberto.
- Para facilitar a manutenção da instalação, utilizar sempre que necessário juntas de montagem comum ou tirantadas.

Tubulações da linha de recalque

- A tubulação de recalque deve ser dimensionada para que a velocidade esteja entre 0,5 e 2m/s, e ser a mais curta e reta possível.
- A redução na saída deve ser concêntrica.
- Caso houver necessidade de expurgar o ar, deverá ser instalada válvulas ventosas nas partes altas da tubulação.
- Observar a necessidade de instalação de válvula de controle de golpe de aríete.
- Instalar registro após a boca de recalque para evitar sobrecarga no motor e possibilitar a regulação de pressão e vazão do bombeamento.
- Utilizar curvas de raio longo e médio pois oferecem menores perdas de cargas.
- Após a fixação das tubulações, verificar o alinhamento do acoplamento.

Operação de bombas centrífugas

Para entrar em funcionamento, uma bomba centrífuga deve ter sempre o corpo e a tubulação de sucção completamente cheios do líquido que se vai bombear. Esse processo de enchimento da bomba e tubulações para eliminar ar é chamado de escorva.

Para realizar a escorva, deve-se considerar duas situações:

- Nível de líquido abaixo da bomba.
- Nível de líquido acima da bomba (bomba afogada).

Quando o nível do líquido esta abaixo da bomba, tanto a bomba quanto a linha de sucção devem ser enchidas. Se a tubulação de sucção for equipada com um dispositivo auxiliar chamado válvula de pé, a escorva poderá ser feita manualmente.

Quando o nível do líquido esta acima da bomba, a escorva pode ser feita pela ação da gravidade, abrindo-se o “vent” da carcaça e a válvula de sucção. Quando começar o vazamento do líquido pela abertura, fecha-se o “vent”.

Partida da bomba

A partida da bomba centrífuga se dá na seguinte seqüência operacional:

- Registro de sucção deve estar totalmente aberto;
- Os drenos e “vents” devem estar fechados;
- Escorvar a bomba;
- Partir a bomba;
- Ajustar a pressão e vazão abrindo-se lentamente o registro de recalque;
- Controlar corrente consumida pelo motor;
- Observar a presença de vibrações e ruídos anormais;
- Ajustar gotejamento em bombas com gaxetas;

Parada da bomba

A parada da bomba centrífuga se dá na seguinte seqüência operacional:

- Fechar válvula de recalque;
- Desligar o acionador;
- Fechar válvula de sucção;
- Fechar tubulações e conexões auxiliares.

Recomendações

- Obedecida esta seqüência, não é necessário nova escorva da bomba para reiniciar a operação, porém, se houver evaporação ou vazamento do líquido, nova escorva deverá ser providenciada.
- Em qualquer situação, nunca se deve dar partida em uma bomba sem verificar a escorva.
- Também não se deve permitir que uma bomba funcione com a descarga fechada pois causara superaquecimento da bomba.
- A bomba centrífuga nunca deve ser regulada por estrangulamento da válvula de sucção, ou seja, a sucção deve estar sempre totalmente aberta.

Controle de bombas centrífugas

As bombas centrífugas podem ser controladas por:

- **Variação de rotação**
É um método fácil de controlar uma bomba se o acionador for uma turbina, pois, a rotação de uma turbina pode ser variada dentro de uma grande faixa de rotação.
- **Estrangulamento da válvula de descarga**
É o método mais usual por ser mais simples. É feito por meio de maior ou menor abertura na válvula de descarga da bomba.

Resfriamento

O resfriamento do mancal e de outras partes possivelmente afetadas pelas temperaturas é feito quando a bomba trabalha com líquido quente. Ele é feito por meio de camisas de resfriamento.

Normalmente, o fluido utilizado para resfriamento é a água, que deve ser tratada para evitar depósitos e corrosão.

Para alimentar o sistema, a válvula deve ser aberta com aproximadamente 30 segundos antes da partida da bomba. A distribuição do fluido é controlada visualmente por um manômetro e um pressostato instalados no sistema da bomba.

Associação de bombas centrífugas

Para aumentar a eficiência do processo, é possível associar um conjunto de bombas. Elas podem ser associadas de dois modos:

- **Associação em paralelo**
É usada em instalações onde a vazão necessária varia em uma grande faixa. Uma só bomba grande seria suficiente para a vazão máxima, mas ineficiente para pequenas vazões.

Nesta situação o melhor é associar duas bombas de capacidade menor em paralelo pois:

- As pressões de descarga continuam praticamente as mesmas;
- As capacidades são somadas.

- Associação em série

Algumas vezes é vantajoso, economicamente, usar duas ou mais bombas em série. Nesta situação, a pressão de descarga da primeira bomba é a pressão de sucção da segunda.

Assim, consegue-se uma maior pressão na descarga embora a vazão seja a mesma que a da menor das bombas associadas, pois:

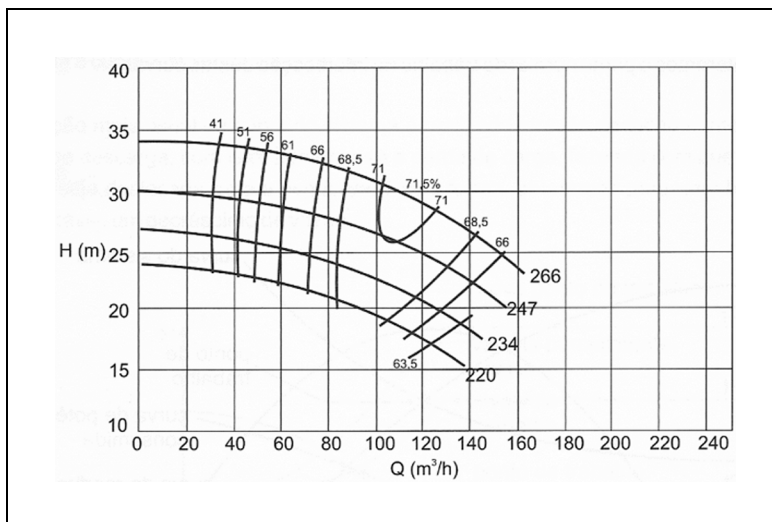
- As capacidades permanecem iguais;
- As pressões são somadas.

Curvas características das bombas

São representações gráficas que traduzem a altura que uma bomba centrífuga eleva um determinado líquido para cada vazão especificada. A pressão de descarga da bomba é igual à pressão onde o fluido é descarregado, desde que não haja perda de energia na tubulação, para uma dada vazão.

As bombas são projetadas para uma determinada rotação e uma determinada altura manométrica. Nestas condições a eficiência da bomba é máxima.

Normalmente, os manuais do fabricante da bomba apresentam curvas características que são obtidas através de banco de provas equipados para esse fim. Os diâmetros dos rotores são alterados para um mesmo equipamento, obtendo assim valores diferentes.



Cavitação

O movimento realizado pelas bombas centrífugas provocam áreas de pressão tão reduzidas que chegam a atingir níveis de pressão de vapor. Esse fenômeno, aliado à temperatura em que se encontra o líquido, podem provocar a formação de bolhas de gás na entrada da bomba. Mais à frente, no rotor, a pressão se eleva e as bolhas se condensam. A esse fenômeno de vaporização e condensação sucessiva, chamamos de cavitação.

A cavitação provoca barulhos anormais, mudanças na curva característica e danos no material da bomba (pitting), principalmente no rotor, carcaça e difusor.

A cavitação pode ser evitada com enchimento total da bomba e manutenção de uma pressão de sucção adequada, que de uma margem de segurança sobre a pressão de vapor do líquido. A esta margem de pressão dá-se o nome de NPSH (*Net Positive Suction Head*) ou CPS (Carga Positiva de Pressão).

Quanto aos danos no material, é importante que se faça uma análise criteriosa para identificar a causa do problema visto que podem ocorrer processos de erosão, provocados por características físicas do líquido, e corrosão, provocada por características químicas do líquido.

Análise de componentes das bombas

Periodicamente as bombas são desmontadas para uma análise dos componentes e correção de possíveis problemas. Normalmente os componentes que apresentam problemas devem ser analisados para identificar as possíveis causas.

Manutenção preditiva

Normalmente nas bombas são adotadas técnicas preditivas para detecção e acompanhamento de falhas nos rolamentos, nos acoplamentos e no corpo espiral.

As técnicas utilizadas são:

- Análise vibratória;
- Termografia;
- Ultra-som.

Aspectos de segurança

Na operação de bombas, alguns aspectos devem ser observados:

- A vibração pode ocorrer por diversas causas tais como: desalinhamento de conjuntos/eixos, desbalanceamento, falha nos rolamentos, etc...;
- Observar o sentido de rotação da bomba;
- Antes de partir uma bomba que acionará líquidos quentes, ela deve ser pré-aquecida. O aquecimento deve ser feito com drenos e “vents” abertos;
- Ao colocarmos em operação uma bomba de produtos criogênicos, esta deve ser resfriada pois do contrario, produto se evapora e não é bombeado;
- Observar a temperatura do fluido antes de iniciar o bombeamento, evitando a vaporização que pode causar cavitação;
- Evitar que bombas operem em vazio, devido ao risco de superaquecimento e/ou incêndio;
- Nunca dar partida em bombas de deslocamento positivo com a descarga fechada;
- Utilizar sinalização adequada para bombas em manutenção;
- Verificar níveis de óleo na lubrificação dos mancais;
- Verificar as gaxetas, ajustando ou substituindo quando necessário;
- Providenciar a limpeza freqüente dos filtros instalados na linha de sucção;
- Observar ruídos anormais no funcionamento da bomba.

Máquinas de usinagem

As máquinas e equipamentos são concebidos desde a sua fase de projeto, para atuarem sob condições previamente estabelecidas, as quais podem determinar o nível da performance operacional do equipamento.

Daí a importância da obediência as especificações determinadas pelos fabricantes, no tocante a diversos parâmetros dos quais podemos salientar: fundação, amarração, isolamento contra vibração, localização física, nivelamento, alinhamento geométrico, condições ambientais, etc.

Com respeito a instalação, as máquinas devem trabalhar sob condições específicas de rigidez e equilíbrio, por isto, se faz necessário a confecção de uma base ou fundação adequada, com isolamento contra vibração, obrigatório em função da precisão da máquina ou ainda pela influência provocada pelo funcionamento de outros equipamentos nas proximidades.

Por exemplo desaconselha-se a instalação de uma retífica de precisão, nas proximidades de prensas, martelos mecânicos, etc, principalmente se não foi construída uma fundação adequada, com os devidos cuidados contra a propagação de vibrações.

Recuperação de máquinas e equipamentos

A recuperação de um determinado equipamento, ou conjunto mecânico, tem sua fase inicial, quando se toma a decisão de efetuar a desmontagem. Nesse momento, alguns fatores passam a se constituírem em diretrizes a serem tomadas e seguidas, para a recuperação efetiva desse conjunto, tais como: a forma de desmontagem, a tomada de decisão sobre quais elementos devem ser aproveitados, a análise do conjunto de cada

um dos componentes em termos de nível de desgaste e da própria gravidade da avaria.

Antes mesmo de se efetuar a desmontagem, já se deve ter estabelecido, o que se pretende do equipamento, após realizada a recuperação. Essa decisão, deve caracterizar o nível de recuperação, tanto para cada componente como também para o próprio conjunto. A decisão depende quase que exclusivamente do estudo da relação dos fatores custo/benefício.

Assim sendo, faz-se a análise dos elementos que exigem a recuperação. Nesse momento, a decisão é crítica e deve seguir a filosofia traçada para o conjunto das pretensões de suas funções. Deve-se analisar as condições técnicas necessárias para recuperar o conjunto de acordo com suas características originais. Se o serviço pode ser feito pela manutenção interna ou se será necessário contratar uma empresa especializada.

Limpeza

Os equipamentos quando liberados para a manutenção, se apresentam com todos os detritos oriundos da própria produção, ou do local próximo do equipamento. As máquinas operatrizes apresentam-se com cavacos incrustados entre as partes deslizantes, principalmente quando inadvertidamente é usado o ar comprimido na limpeza diária.

Nas retificadoras é comum se encontrar grãos abrasivos em todos os cantos da máquina.

O primeiro passo a ser dado quando a máquina fica disponível é executar o desengraxamento, de preferência com solventes alifáticos, por terem a vantagem de solubilizarem bem as graxas e óleos pesados. Seu emprego contudo deve ser feito tomando-se certos cuidados, tais como, o arejamento do ambiente para impedir a alta concentração de materiais e normalmente combustíveis. Alguns deles são desaconselhados em função da sua toxidez e ação nociva à pele.

Desmontagem do equipamento

A desmontagem deve ser efetuada de forma programada, tendo sido previamente estabelecido os objetivos da recuperação. No momento da desmontagem, a primeira análise é verificar como se realizou o acoplamento. Este pode ocorrer com um ou mais sistemas de fixação. Caso se verifique mais de um sistema, por exemplo, rebite

juntamente com solda, ou parafuso com cabeça recalcada ou ainda encaixe e solda, o processo exige uma avaliação, do estado em que se encontra o conjunto e as possibilidades de se utilizar técnicas mais atuantes, tais como cortes por arco elétrico ou oxi-acetilênico, onde deve-se avaliar o efeito do aquecimento no conjunto. Na operação de desmontagem deve-se considerar os seguintes aspectos:

Análise dos subconjuntos

A identificação e análise dos subconjuntos vem a constituir o primeiro passo, quando se deseja proceder a desmontagem.

Deve-se ter cuidado com os pontos onde as partes estáticas suportam as partes dinâmicas, tais como, assentos de mancais e as superfícies que servem de apoio as partes deslizantes como por exemplo, os barramentos. Via de regra, tais partes determinam as separações dos diferentes subconjuntos.

Tendo-se os mancais como pontos de separação entre os componentes estáticos e dinâmicos, são normalmente separados em duas partes, o que facilita a sua remoção. Quando são mancais de rolamento, que se fixam diretamente pela capa sob pressão no corpo da máquina, deve-se ter a devida precaução para não danificar a estrutura do mesmo.

Recuperação de subconjuntos com movimentos

Na recuperação de subconjuntos que possuem movimentos, deve-se ter em conta, não só o aspecto de resistência estática, como também as condições dinâmicas do conjunto.

Como solicitações dinâmicas devemos considerar, não só as características de resistência, como também, de desbalanceamento e de desgaste por ação do atrito, de acordo com as condições operacionais de trabalho.

Nesse sentido passa a ser importante não apenas a escolha do material que atenda essas características, como também, do tratamento térmico e até a própria geometria da peça.

Outra característica que não deve ser desconsiderada é o acabamento superficial e a precisão dimensional nas regiões onde se verifica o movimento relativo, entre os componentes do conjunto.

A peça, após a recuperação deve ser testada, tanto dimensionalmente, como também, em aspectos metalúrgicos necessários.

Eixo

Como os eixos são peças sujeitas a movimentos, onde atuam as mais diferentes formas de solicitações, vários parâmetros devem ser definidos para a sua recuperação.

De uma certa forma a análise das condições de trabalho deve ser efetuada antes mesmo de se iniciar o estudo da recuperação.

Rotações, condições operacionais de trabalho, condições do meio, presença eficiente de lubrificação, pressões específicas, são alguns pontos a serem observados.

Tendo todas as características de solicitação, e da forma de trabalho, partimos para a determinação do material e do processo.

Tratamentos térmicos localizados

Em determinadas regiões os eixos sofrem pressões específicas elevadas. Para esses casos, é comum realizar tratamentos térmicos localizados. A têmpera superficial apresenta dureza elevada na superfície, diminuindo rapidamente na direção do centro da peça. Dessa forma se consegue um eixo que tem alta resistência ao atrito e ao mesmo tempo alta resistência a impactos.

Recuperação de eixo

Ao se recuperar os eixos pelo processo de soldagem, é necessário que se faça toda uma preparação da junta, ou seja, com chanfro adequado, rebaixamento suficiente para recondicionar, e até mesmo tratamento térmicos prévios.

A recuperação do eixo por soldagem passa por três fases básicas a saber:

- Preparação do eixo;
- Escolha do material de adição e do processo de soldagem;
- Procedimento de soldagem.

Recuperação por deposição metálica

Para a recuperação de eixos desgastados pelo trabalho, pode-se vir a utilizar a deposição metálica a quente ou ainda a deposição eletrolítica. Para tal é necessário também uma preparação prévia da superfície e a ser recuperada, pois, deve estar em

condições de cilindridade e acabamento compatíveis com o processo de recuperação a ser realizado.

No caso de deposição de cromo duro deve-se retificar a superfície para uma maior regularidade da película a depositar. Quando da deposição do cromo duro deve-se levar em conta inclusive o material, e as condições de beneficiamento do mesmo, para a garantia de que a película que é dura e frágil, não venha romper, quando solicitadas por pressões específicas elevadas.

Outro aspecto a ser observado é a espessura da película, que não pode ser muito fina, pois poderá permitir um “descascamento” durante o serviço, o que nos obriga a efetuar um rebaixamento no eixo, que permita uma maior espessura de deposição.

Ajustes e montagem

No momento de se realizar o acabamento final de retificação do eixo, quer seja novo ou recuperado, deve-se examinar a concentricidade das superfícies, a rugosidade superficial e se as dimensões estão dentro do especificado.

Se for para mancal de rolamento, suas dimensões são especificadas pelos fabricantes. No caso do mancal ser de deslizamento, deve ser verificada a forma do ajuste final. Poderá inclusive ser necessário proceder a um rasqueteamento, para ajustagem final, e portanto, deve se prever um sobremetal para tal fim, embora de espessura mínima.

A montagem deve ser feita em uma seqüência preestabelecida, verificando as folgas ou ajustes estão dentro do especificado para o correto funcionamento do conjunto.

Mancal

As máquinas e equipamentos que dispõem de movimento são constituídas de uma parte móvel (eixo) e uma parte fixa (mancal). Se houver, na interface entre essas partes um deslizamento, o assento se denomina de “mancal de deslizamento”. Se houver entre essas partes um rolamento o mancal se denomina, “mancal de rolamento”.

Os mancais de deslizamento têm a vantagem de distribuir a força peso do eixo por uma grande área de ação, levando a superfície a uma pressão específica baixa. Isso significa que podem suportar cargas mais elevadas. Por outro lado, é mais difícil de se

conseguir sua construção dentro de determinada precisão. Pelo fato de ser de deslizamento, seu desgaste em serviço é maior e sua recuperação exige a utilização de mão-de-obra especializada. Também os sistemas de lubrificação são mais sofisticados pela abrangência de superfície de contato eixo/mancal mantendo um filme de lubrificante.

Os mancais de rolamento por sua vez, tem uma área de contato muito menor, reduzindo violentamente o atrito e permitindo ajustes mais precisos. O fato de se ter superfícies menores de contato, determina a existência de pressões específicas mais elevadas, obrigando assim a um controle mais rigoroso dos tratamentos térmicos, e dos materiais de sua confecção.

Dois pontos são críticos nos mancais; um é o atrito, que promove o desgaste e aquece o mancal, o outro são as pressões específicas que, pelas suas altas compressões, levam a região a uma solitação acima das características de resistência do material.

O atrito se verifica mais acentuadamente nos mancais de deslizamento, exige a formação de uma película quer seja de óleo, ar ou mesmo magnética, o que requer, a instalação de uma bomba para lubrificação forçada ou até a geração de campos magnéticos de alta intensidade.

Nos mancais de rolamento procuramos aumentar os pontos de contato de forma a distribuir mais esforços reduzindo as pressões, através do aumento do número de carreiras de esferas ou pela aplicação de rolamentos de rolos.

Recuperação de engrenagens

Sabe-se que praticamente a totalidade das engrenagens utilizadas, tem como perfil do dente uma envolvente de círculo. Esse perfil possui a característica de ter durante o engrenamento, a componente da resultante das forças, normais ao próprio perfil, levando sempre um atrito de rolamento. Por outro lado a construção de perfil de envolvente são facilmente obtidas, quando cortadas por sistema de cremalheiras, que na realidade, são perfis de envolve de raio infinito. O corte das engrenagens por fresas caracóis ou por pentes, estão entre estes conseguindo-se praticamente a perfeição.

A necessidade contudo de se normalizar as dimensões das engrenagens, nos obriga a estabelecer os módulos ou Diametral Pitch de valores inteiros normalizados, o que

determina diâmetros primitivos bem definidos em relação ao número de dentes. Em outras palavras, estabelecido o número de dentes, bem como o módulo normalizado que atenda as características de resistência, o diâmetro primitivo se torna estabelecido.

Outra variação permissível é no ângulo de pressão, que embora altere as características de espessura do dente, não altera as dimensões do diâmetro primitivo.

Quando se necessita montar um trem de engrenagens, porém, se tem problemas com as distâncias entre eixos preestabelecidas, tem-se duas opções. Uma delas é utilização de módulos fracionários para as engrenagens, a outra solução para o caso seria corrigir os dentes.

De acordo com as necessidades, podemos corrigir a altura da cabeça do dente, conservando o passo normalizado na altura do diâmetro primitivo, ou corrigirmos a altura total do dente, alterando as dimensões do passo no primitivo e neste caso aumentamos o atrito de escorregamento.

Quando houver necessidade de se obter dentes com as características de resistência, sem possibilidades de se alterar o passo, é comum adotar-se uma correção conhecida como dente STUB, onde a espessura é dimensionada por um módulo e o passo por outro. Neste caso se trata de uma correção de projeto e não do dente.

Não devemos nos esquecer que todas as correções, levam a um engrenamento em condições não ideais, quer pela variação dimensional da largura do dente na raiz, na cabeça, do dente, ou no seu todo, o que vem a prejudicar o engrenamento.

Recuperação de peças de ferro fundido por soldagem

Muitas vezes ocorrem problemas de trincas ou fraturas em peças de máquinas feitas de ferro fundido. Como se sabe, o ferro fundido não possui uma soldabilidade das melhores, normalmente é de difícil soldagem em função de suas características metalúrgicas, onde a sua alta instabilidade e o elevado teor de carbono aliado a um baixo alongamento e baixa resistência à tração, trazem normalmente grandes problemas às juntas soldadas.

Soldagem a frio de ferros fundidos

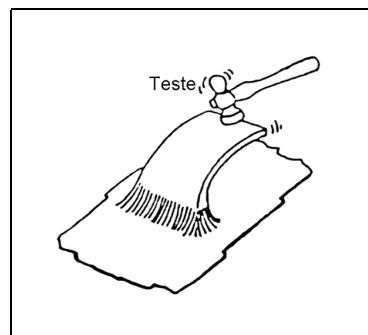
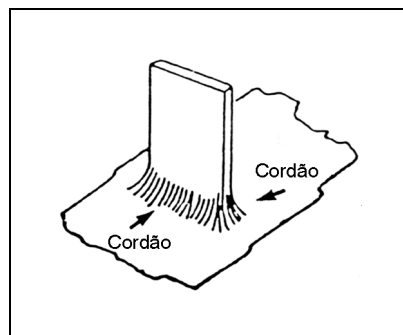
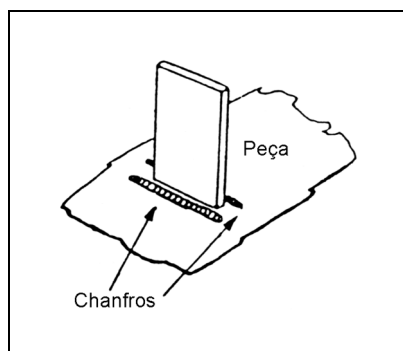
Para que se execute a soldagem a frio de peças de ferro fundido deve-se prover inicialmente uma limpeza eficiente da região a ser soldada, uma vez que, os órgãos de máquinas normalmente vêm para manutenção totalmente impregnados de óleos, graxas e geralmente impurezas. Em alguns casos é necessário a remoção de crostas de óxidos ou pinturas onde podem ser utilizadas lixadeiras ou mesmo jateamento de areia.

Teste de soldabilidade

Sempre que se iniciar um trabalho de soldagem em peças de ferro fundido e desejar-se proceder o reconhecimento rápido de qual o melhor eletrodo para esse tipo específico de ferro fundido. Deve-se seguir o seguinte procedimento técnico e seqüência.

Em um lugar da peça, de preferência o mais “próximo” ao local a ser soldado coloca-se sobre a peça, de topo, uma pequena barra de aço de baixo teor de carbono de aproximadamente uns 4 a 5 cm de comprimento, e de 2,5 a 3 cm de largura de com 6 mm de espessura.

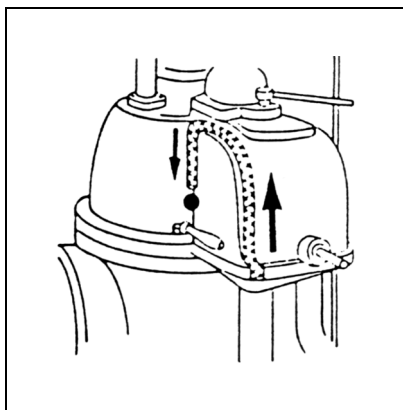
Com o eletrodo que se pretende utilizar, deposita-se um filete de solda unindo-se a barra à peça de ferro fundido. Depois de resfriada normalmente, utiliza-se um martelo para golpear a barra, procurando com isso separá-la do ferro fundido.



Examina-se então, a zona onde se verificou a ruptura, que forçosamente estará localizada entre a solda efetuada e a própria peça. Se a solda trouxer consigo parte do metal base, isso significa que houve fusão e o eletrodo está aprovado. No caso da solda se romper completamente sem contudo trazer parte do metal base, significa que não houve a fusão adequada e deve-se então repetir a experiência com outro tipo de eletrodo, até que se encontre um mais compatível.

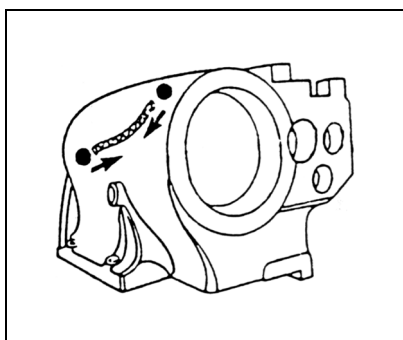
Chanfrar a peça

A peça deve ser chanfrada de furo a furo, eliminando-se assim toda a trinca em sua profundidade. Quando a trinca avançar de um lado externo para o centro da peça, iniciar no sentido do centro para o lado externo, figura abaixo.

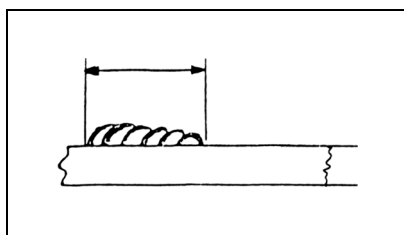


Soldar a peça

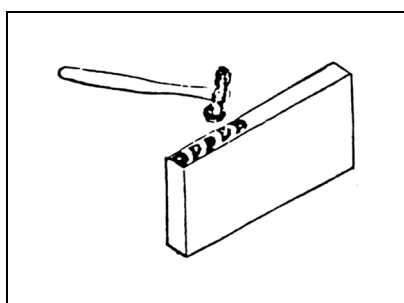
Quando a trinca for central, iniciar e avançar a soldagem, simultaneamente, das duas extremidades, figura abaixo.



A junta deve ser executada em cordões pequenos de aproximadamente 5 cm no máximo de comprimento e sem tecimento, como na figura abaixo.



O cordão depositado deve ser martelado toda vez que ele for interrompido, deve ser utilizado o martelo de bola, como na figura abaixo.



Martelamento do cordão para alívio de tensões

Esse martelamento é efetuado com o objetivo de se promover o alívio de tensões no cordão de solda.

Soldagem a meia temperatura

Essa técnica de soldagem para ser realizada deve seguir a seguinte seqüência:

1. Seguir as mesmas indicações anteriormente referentes à limpeza;
2. Executar o teste de soldabilidade;
3. Executar o pré aquecimento, colocando a peça em um forno ou estufa aquecendo-a a uma temperatura em torno de 350 a 400 C;
4. Manter essa temperatura durante o processo de soldagem com auxílio de maçaricos tipo chuveiro;
5. Repetir os itens 3, 4, 5 e 6 da técnica anterior;
6. Soldar executando cordões contínuos e sem martelamento;
7. Resfriar, lentamente, no próprio forno ou em meio isolante, como cal, cinza, etc. colocada próximo ao forno e, preferivelmente com ligeiro aquecimento;
8. Quando for empregado um forno improvisado, cobrir a solda executada com um material isolante qualquer.

Técnica de soldagem em alta temperatura (para processo oxi-acetilênico)

Essa técnica é a indicada para soldagens que devam apresentar a mesma tonalidade do material base, ou que devam receber um acabamento como esmaltagem, etc.

1. Executar a limpeza como nas técnicas anteriores;
2. Empregar varetas de ferro fundido de composição similar se possível, e utilizar-se de fluxo de soldagem como meio auxiliar;
3. Colocar a peça em um forno ou estufa e aquecê-la até uma temperatura de 600 C;
4. Manter a temperatura durante a soldagem com auxílio de maçaricos tipo chuveiro;
5. Repetir os itens 5, 6, 7 e 8 da técnica anterior.

Eletrodos para soldagem de manutenção e reparo

O metal de adição é um elemento muito importante quando se deseja executar uma solda com qualidade, portanto é muito importante a sua seleção observando-se os seguintes tipos de mais comuns:

- Tipo Fe-Ni
eletrodo para ferro fundido com depósitos usináveis, resistentes a trincas;
- Tipo Ni
eletrodo para ferro fundido com depósitos usináveis, mínima penetração e diluição no metal base, ideal para enchimentos;
- Tipo Ferríticos
eletrodos ferroso isento de Níquel para ser usado como almofada e camada tampão em ferro fundido de difícil soldagem em função da baixa soldabilidade.

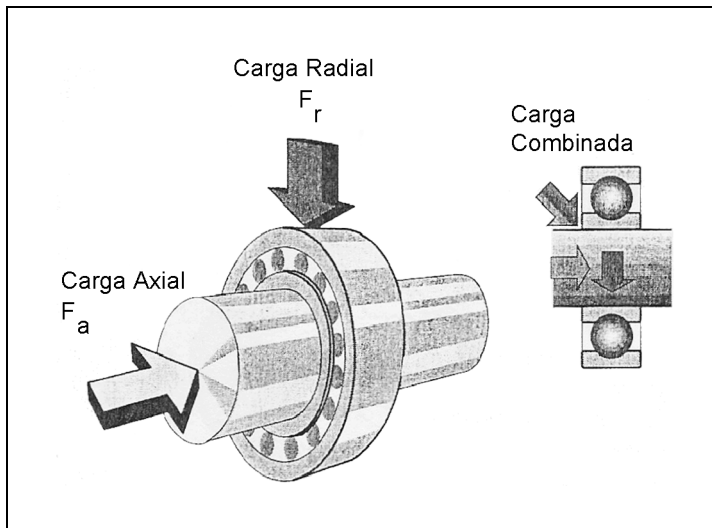
Ao se desejar executar soldagens em manutenção de peças em ferro fundido ou em materiais de difícil soldagem, existe uma série de eletrodos já desenvolvidos por empresas especializadas em consumíveis de soldagem, inclusive os diversos fluxos. Tais empresas têm o maior interesse em fornecer orientações, quanto a utilização de qualquer desses produtos, que geralmente possuem nomenclatura própria dos diversos fabricantes.

Mancais de rolamento

Tipos e finalidades

Rolamentos são elementos de máquinas que foram desenvolvidos para reduzir o atrito, suportar cargas e guiar partes móveis das máquinas e equipamentos. Podem suportar cargas radiais, axiais e combinadas.

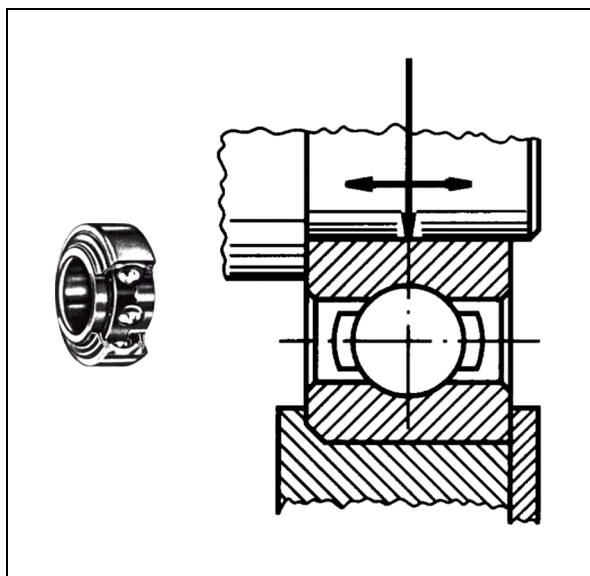
Quanto à sua construção, podem ser de diversos tipos: rígido de esferas, de esferas de contato angular, autocompensador de esferas, de rolo cilíndrico, autocompensador de rolos, de rolos cônicos, axial de esfera, axial autocompensador de rolos, de agulha.



Rolamento rígido de esferas

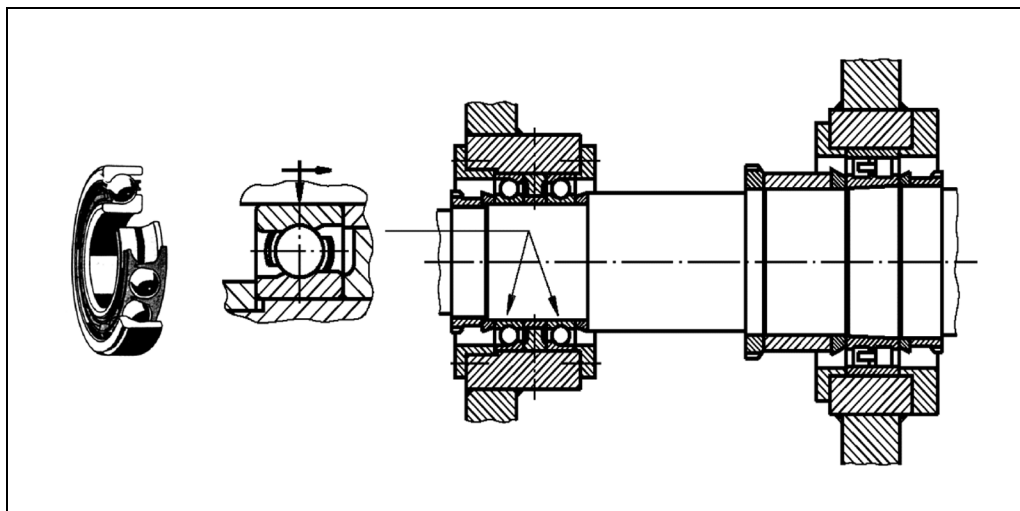
É o mais comum dos rolamentos. Suporta cargas radiais e pequenas cargas axiais e é apropriado para rotações mais elevadas.

Sua capacidade de ajustagem angular é limitada. É necessário um perfeito alinhamento entre o eixo e os furos da caixa.



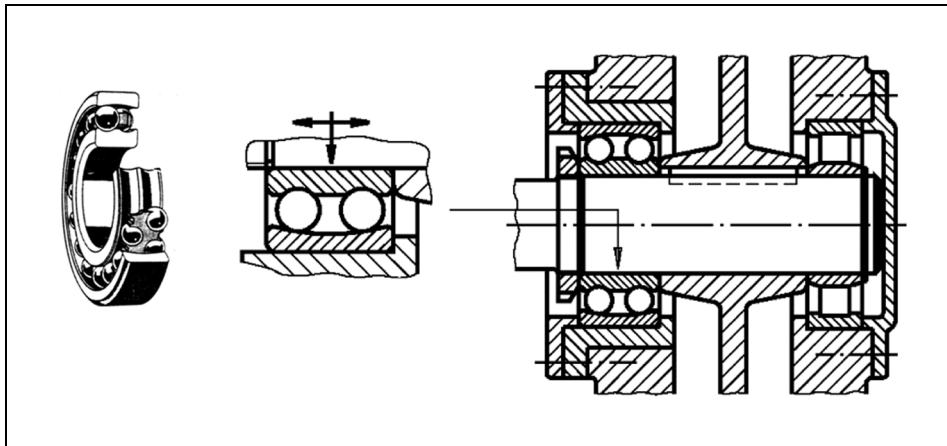
Rolamento de esferas de contato angular

Admite cargas axiais somente em um sentido e deve sempre ser montado contra outro rolamento que possa receber a carga axial no sentido contrário.



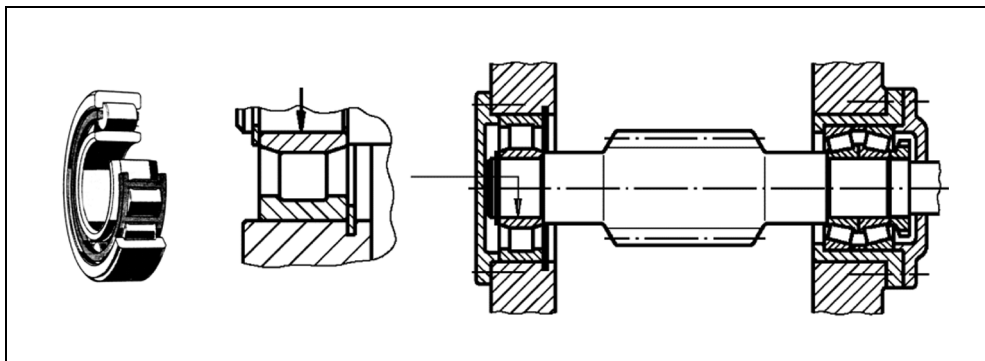
Rolamento autocompensador de esferas

É um rolamento de duas carreiras de esferas com pista esférica no anel externo, o que lhe confere a propriedade de ajustagem angular, ou seja, de compensar possíveis desalinhamentos ou flexões do eixo.



Rolamento de rolos cilíndricos

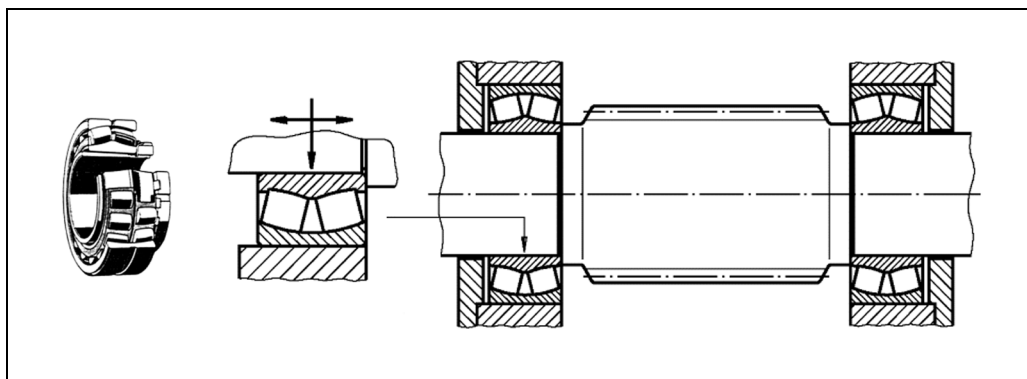
É apropriado para cargas radiais elevadas. Seus componentes são separáveis, o que facilita a montagem e desmontagem.



Rolamento autocompensador de rolos

É um rolamento adequado aos mais pesados serviços. Os rolos são de grande diâmetro e comprimento.

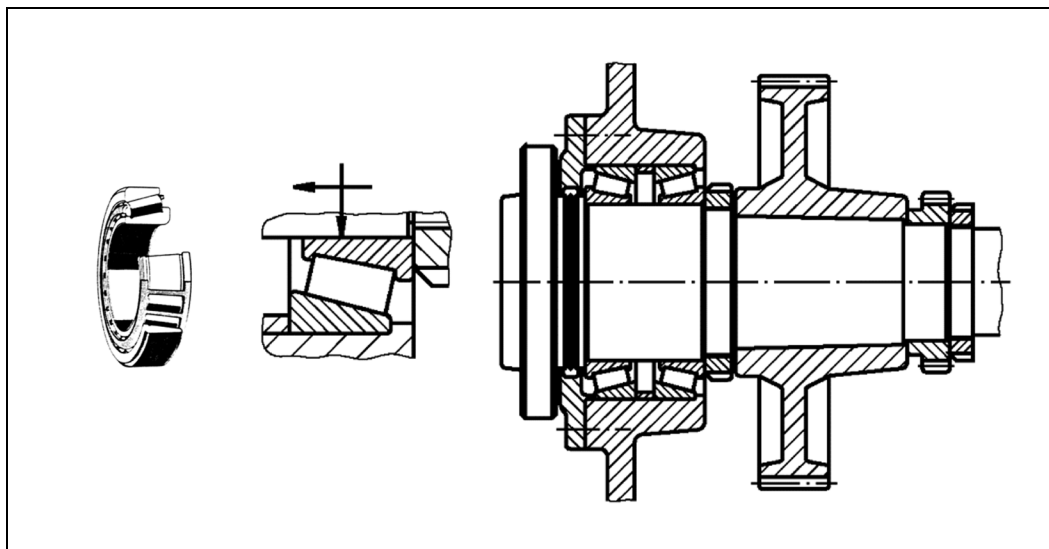
Devido ao alto grau de oscilação entre rolos e pistas, existe uma distribuição uniforme da carga.



Rolamento de rolos cônicos

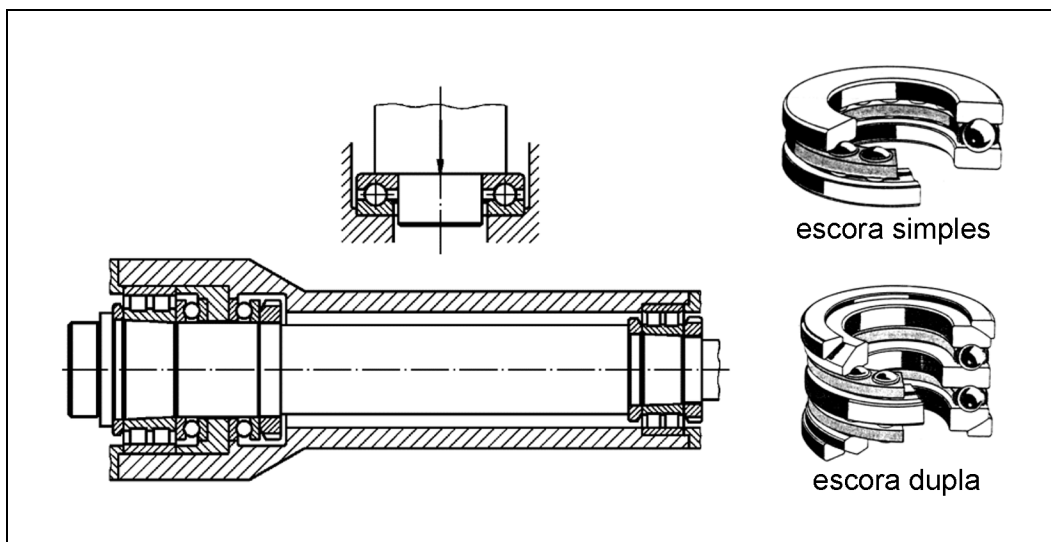
Além de cargas radiais, os rolamentos de rolos cônicos também suportam cargas axiais em um sentido.

Os anéis são separáveis. O anel interno e o externo podem ser montados separadamente. Como só admitem cargas axiais em um sentido, torna-se necessário montar os anéis aos pares, um contra o outro.



Rolamento axial de esfera

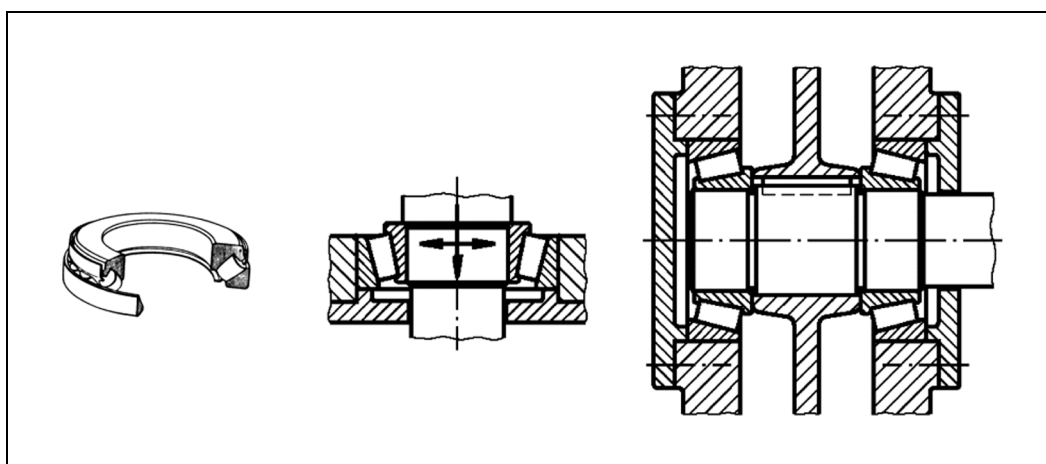
Ambos os tipos de rolamento axial de esfera (escora simples e escora dupla) admitem elevadas cargas axiais, porém, não podem ser submetidos a cargas radiais. Para que as esferas sejam guiadas firmemente em suas pistas, é necessária a atuação permanente de uma carga axial mínima.



Rolamento axial autocompensador de rolos

Possui grande capacidade de carga axial devido à disposição inclinada dos rolos. Também pode suportar consideráveis cargas radiais.

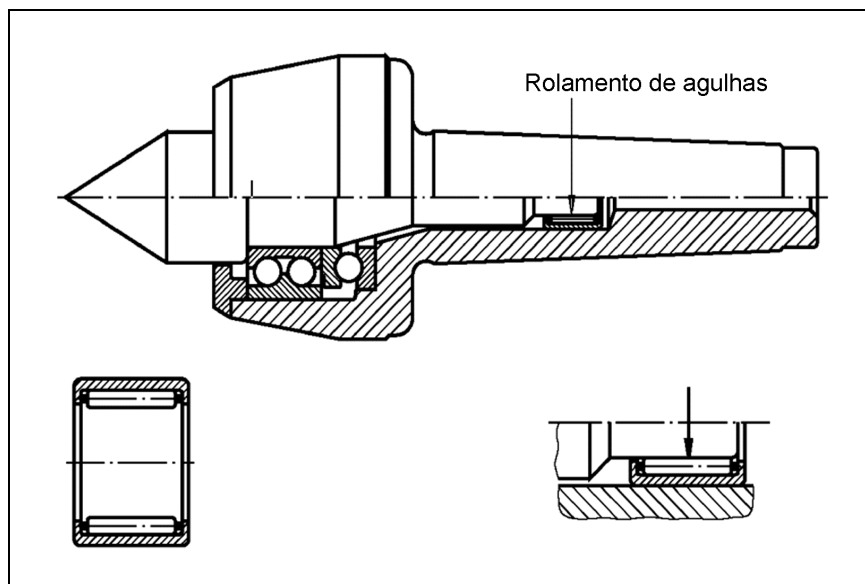
A pista esférica do anel da caixa confere ao rolamento a propriedade de alinhamento angular, compensando possíveis desalinhamentos ou flexões do eixo.



Rolamento de agulha

Possui uma seção transversal muito fina em comparação com os rolamentos de rolos comuns.

É utilizado especialmente quando o espaço radial é limitado.

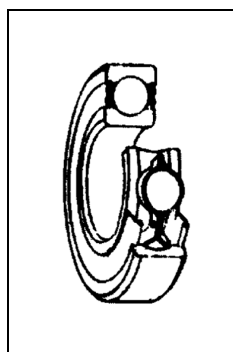


Rolamentos com proteção

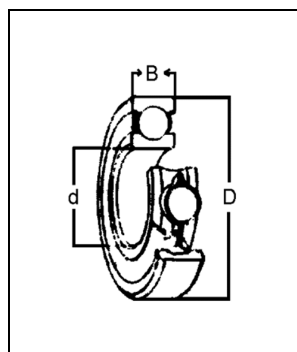
São assim chamados os rolamentos que, em função das características de trabalho, precisam ser protegidos ou vedados.

A vedação é feita por blindagem (placa). Existem vários tipos.

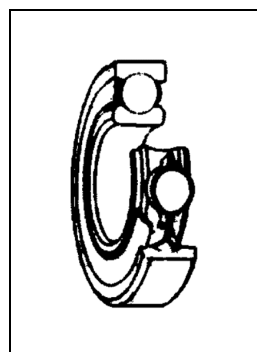
Os principais tipos de placas são:



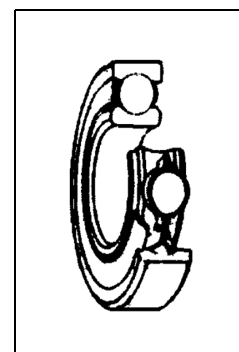
*Execução Z 1
placa de
proteção*



*Execução 2Z2
placas de proteção*



*Execução RS1 1
placa de vedação*



*Execução 2RS1
2 placas de
vedação*

As designações Z e RS são colocadas à direita do número que identifica os rolamentos. Quando acompanhados do número 2 indicam proteção de ambos os lados.

Designação de rolamentos

Cada rolamento possui uma designação que indica o tipo e as dimensões padronizadas. Essas designações podem ser de 3, 4 ou 5 dígitos ou uma combinação de letras e números.

Essa designação normalmente vem gravada na face do anel interno ou externo do rolamento. Caso a gravação esteja ilegível, a identificação poderá ser obtida através das dimensões do diâmetro interno, diâmetro externo e largura e em seguida consulte o catálogo do fabricante.

Exemplo

Rolamento 2 1 3 0 9

- Primeiro dígito (2) indica o tipo de rolamento
- Segundo e terceiro (13) indicam a serie de dimensões , respectivamente, largura ou altura e diâmetro externo.
- Os dois últimos números (09) multiplicados por 5, identificam o diâmetro do furo do rolamento.

Observação

Esta regra serve para rolamentos com diâmetros de furo de 20mm até 480mm ou seja, os dois últimos números vão de 04 a 96.

Fixação radial dos rolamentos

Normalmente, os anéis dos rolamentos devem estar fixados radialmente para evitar que deslizem sobre o eixo. Porém, outros fatores devem ser considerados para definir o ajuste radial dos rolamentos, tais como:

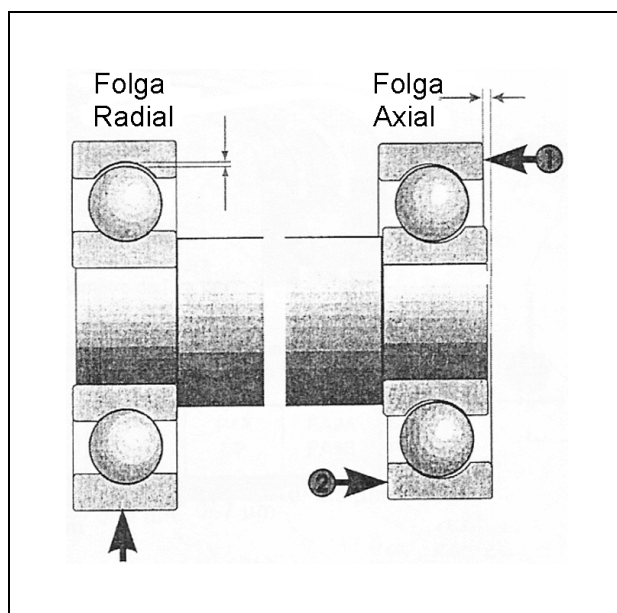
- Condições de rotação: carga rotativa, carga fixa, carga variada ou vibração.
- Intensidade da carga: Quanto maior a carga, maior o ajuste interferente.
- Folga interna: Quanto maior o ajuste interferente, maior a folga radial.

- Temperatura: Pode afrouxar o ajuste no eixo ou dificultar o deslocamento do anel externo.
- Precisão de giro: Utilizar tolerâncias especificadas pelo fabricante.
- Material do eixo e da caixa: Em alojamentos com paredes finas ou de liga leve e eixos ocos. Deve-se utilizar ajustes com interferências maiores. Para caixas bipartidas, os limites de tolerância para o anel externo não devem exceder os grupos H ou J.
- Facilidade de montagem e desmontagem: Selecionar arranjos que facilitem a manutenção. Para facilitar a montagem e desmontagem, pode-se utilizar rolamentos separáveis ou rolamentos montados sobre bucha de fixação ou de desmontagem.
- Rolamento livre: São arranjos em que é necessário permitir um deslocamento axial do rolamento.

Folga interna

A folga interna radial de um rolamento é um fator determinante para o bom desempenho durante o trabalho. A folga interna antes da montagem é maior que a folga em trabalho pois os anéis são expandidos ou comprimidos por ajustes com interferência e também ou devido às dilatações térmicas dos componentes.

Para situações em que as temperaturas de trabalho são críticas, o rolamento selecionado deve possuir folgas especificadas para facilitar o controle da folga residual.



A classificação de folga interna radial é identificada seguinte forma:

- C1: Folga menor que C2;
- C2: Folga menor que Normal;
- Normal: Não vem gravada no rolamento;
- C3: Folga maior que Normal;
- C4: Folga maior que C3;
- C5: Folga maior que C4.

Os valores mínimos e máximos das folgas constam nos manuais dos fabricantes de rolamentos.

Procedimentos para desmontagem de rolamentos

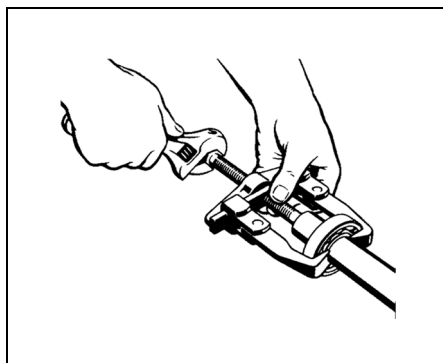
Antes de iniciar a desmontagem de um rolamento é necessário analisar se realmente é necessário sua remoção. Um dos grandes problemas na manutenção de rolamentos é a contaminação, portanto, é preciso que a atividade seja realizada em um ambiente limpo e organizado.

Caso o rolamento removido for reutilizado, recomenda-se como primeiro passo, marcar a posição relativa de montagem, ou seja, marcar o lado do rolamento que está para cima e o lado que está de frente.

Os rolamentos apresentam diferentes tipos de arranjos de fixação tais como: assento cilíndrico, assento cônico e montagens sobre buchas. Para tanto, pode-se escolher o melhor método de desmontagem: mecânica, hidráulica, dispositivos de injeção de óleo e aquecimento. A escolha do melhor método vai depender do tamanho do rolamento.

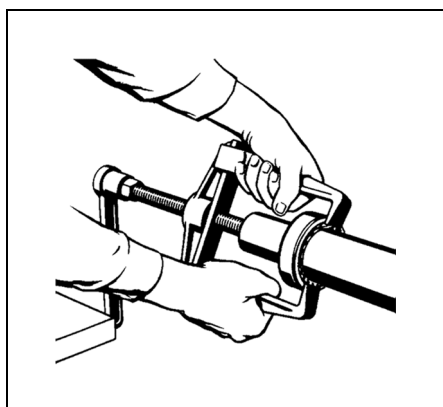
Desmontagem de rolamento com interferência no eixo

A desmontagem de rolamento com interferência no eixo é feita com um saca-polias. As garras desta ferramenta deverão ficar apoiadas diretamente na face do anel interno.

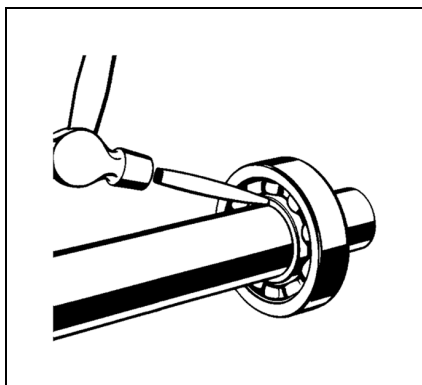


Quando não for possível alcançar a face do anel interno, o saca-polias deverá ser aplicado na face do anel externo, conforme figura abaixo. Entretanto, é importante que o anel externo seja girado durante a desmontagem. Esse cuidado garantirá que os esforços se distribuam pelas pistas, evitando que os corpos rolantes (esferas ou roletes) as marquem.

Na operação, o parafuso deverá ser travado ou permanecer seguro por uma chave. As garras é que deverão ser giradas com a mão ou com o auxílio de uma alavanca.

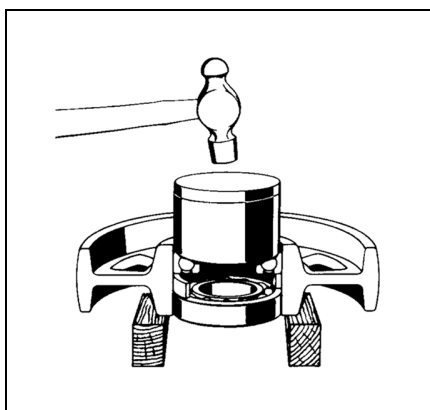


Na falta de um saca-polias, pode-se usar um punção de ferro ou de metal relativamente mole, com ponta arredondada, ou uma outra ferramenta similar. O punção deverá ser aplicado na face do anel interno. O rolamento não deverá, em hipótese alguma, receber golpes diretos do martelo. Esse método exige bastante cuidado, pois há riscos de danificar o rolamento e o eixo.

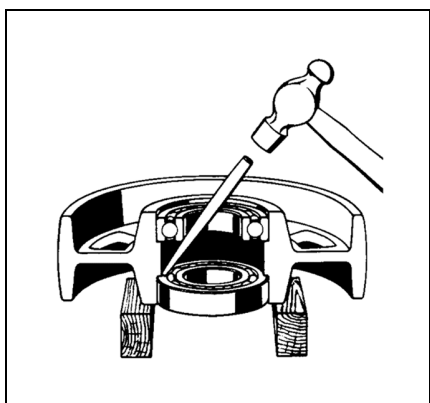


Desmontagem de rolamento com interferência na caixa

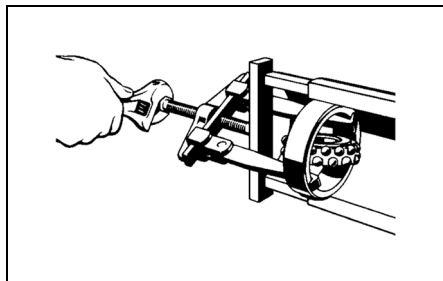
Quando o rolamento possui ajuste com interferência na caixa, como em uma roda, ele poderá ser desmontado com o auxílio de um pedaço de tubo metálico com faces planas e livres de rebarbas. Uma das extremidades do tubo é apoiada no anel externo, enquanto a extremidade livre recebe golpes de martelo. Os golpes deverão ser dados ao longo de toda a extremidade livre do tubo.



Caso haja ressaltos entre os rolamentos, deve-se usar um punção de ferro ou de metal relativamente mole, com ponta arredondada, ou ferramenta similar. Os esforços deverão ser aplicados sempre no anel externo.



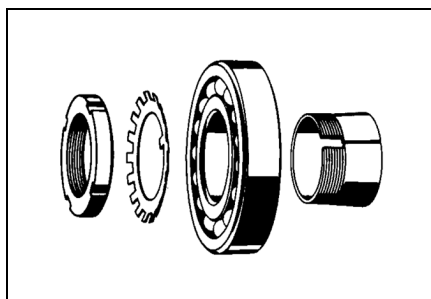
O conjunto do anel interno de um rolamento autocompensador de rolos ou de esferas pode ser desalinhado. O desalinhamento permite o uso de um saca-polias no anel externo.



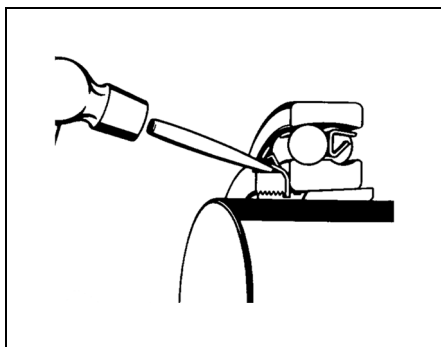
Desmontagem de rolamentos montados sobre buchas

Os rolamentos autocompensadores de rolos ou esferas são geralmente montados com buchas de fixação. Essas buchas apresentam a vantagem de facilitar a montagem e a desmontagem dos rolamentos, uma vez que o assento do eixo, com o uso dessas buchas, passa a não necessitar de uma usinagem precisa.

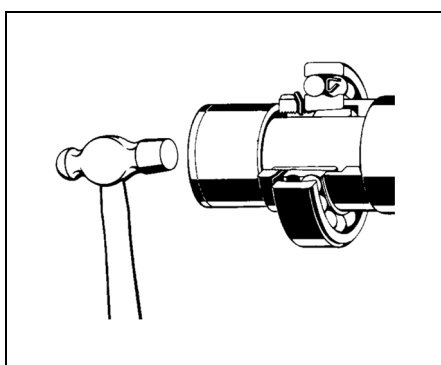
A ilustração mostra, da esquerda para a direita, os seguintes elementos: porca de fixação, arruela de trava, rolamento e bucha de fixação.



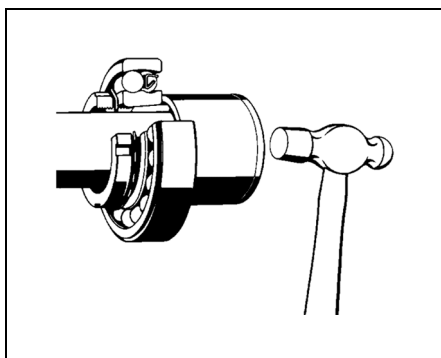
A desmontagem de rolamentos montados sobre buchas de fixação deve ser iniciada após se marcar a posição da bucha sobre o eixo. A orelha da arruela de trava, dobrada no rasgo da porca de fixação, deve ser endireitada, e a porca deverá ser solta com algumas voltas.



A seguir, o rolamento deverá ser solto da bucha de fixação por meio da martelagem no tubo metálico, conforme explicado anteriormente.



Quando a face da porca estiver inacessível, ou quando não existir um espaço entre o anel interno e o encosto do eixo, a ferramenta deverá ser aplicada na face do anel interno do rolamento.

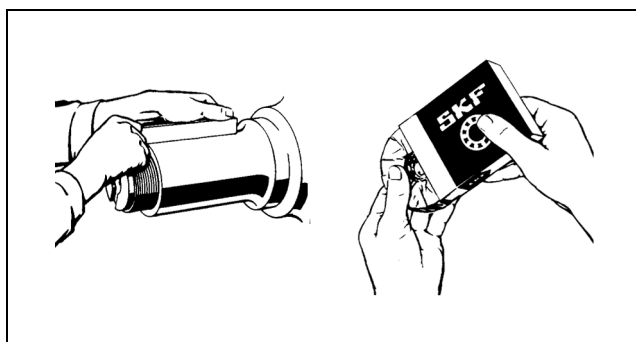


Montagem de rolamentos

A montagem de rolamentos deve pautar-se nos seguintes princípios:

- escolher o método correto de montagem;
- observar as regras de limpeza do rolamento;

- limpar o local da montagem que deverá estar seco;
- selecionar as ferramentas adequadas que deverão estar em perfeitas condições de uso;
- inspecionar cuidadosamente os componentes que posicionarão os rolamentos;
- remover as rebarbas e efetuar a limpeza do eixo e encostos;
- verificar a precisão de forma e dimensões dos assentos do eixo e da caixa;
- verificar os retentores e trocar aqueles que estão danificados;
- retirar o rolamento novo, em caso de substituição, da sua embalagem original somente na hora da montagem. A embalagem apresenta um protetor antiferruginoso.

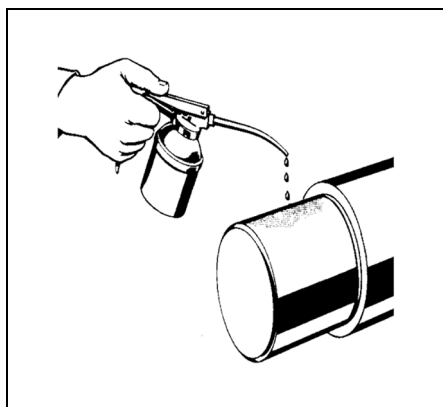


A aplicação desses princípios permite montar, corretamente, os rolamentos com interferência no eixo e com interferência na caixa.

Montagem de rolamentos com interferência no eixo

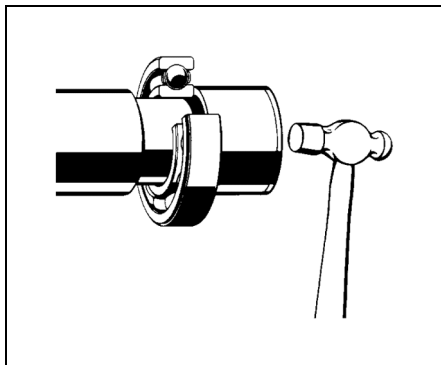
A montagem de rolamentos com interferência no eixo segue os seguintes passos:

- Lubrificar o assento do rolamento.

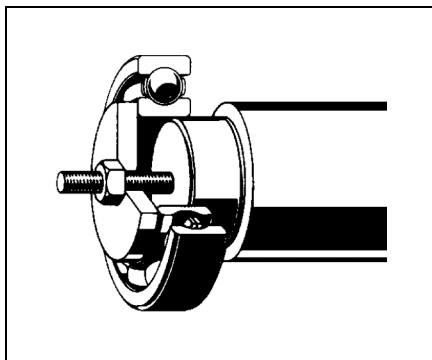


- Posicionar o rolamento sobre o eixo com o auxílio de um martelo.

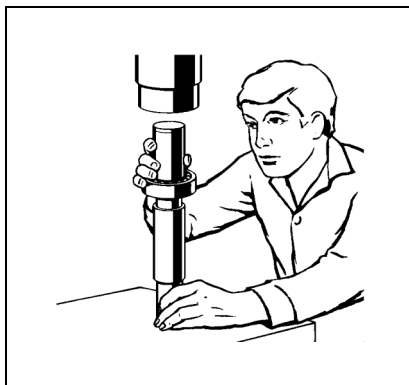
- Os golpes não devem ser aplicados diretamente no rolamento e sim no tubo metálico adaptado ao anel interno.



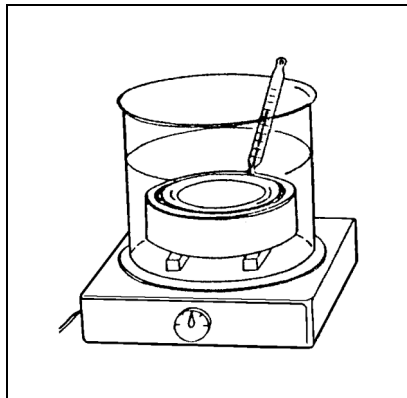
- Usar as roscas internas ou externas, porventura existentes no eixo, para a montagem.



- Usar prensas mecânicas ou hidráulicas para montar rolamentos pequenos e médios.



- Aquecer os rolamentos grandes em banho de óleo numa temperatura entre 100°C e 120° C e colocá-los rapidamente no eixo antes de esfriarem.



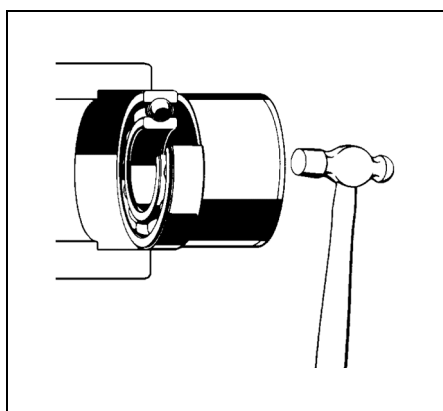
Se o rolamento for do tipo que apresenta lubrificação permanente, ele não deverá ser aquecido conforme descrito anteriormente. O aquecimento remove o lubrificante e o rolamento sofrerá danos.

Para rolamentos que apresentam lubrificação permanente, recomenda-se esfriar o eixo onde eles serão acoplados. A contração do eixo facilitará a colocação dos rolamentos; contudo, convém salientar que há aços que sofrem modificações estruturais permanentes quando resfriados.

Montagem de rolamentos com interferência na caixa

Os passos para a montagem de rolamentos com interferência na caixa, basicamente, são os mesmos recomendados para a montagem de rolamentos com interferência no eixo:

- Usar um pedaço de tubo metálico contra a face do anel externo após a lubrificação das partes a serem montadas.



- Cuidar para que o rolamento não fique desalinhado em relação à caixa.
- Utilizar uma prensa hidráulica ou mecânica.
- Aquecer a caixa para a montagem de rolamentos grandes

Falhas de rolamentos e suas causas

As falhas em rolamentos podem ocorrer por diversas causas e variam muito em função dos diferentes tipos de plantas industriais.

De maneira geral, as principais causas são:

- Fadiga do material;
- Lubrificação inadequada;
- Contaminação;
- Montagem inadequada;
- Manuseio incorreto;
- Desalinhamento de eixos.

As falhas, em estágio primário, dão origem às falhas em estágio secundário, ou seja, aos descascamentos e trincas.

Mesmo as falhas em estágio primário podem fazer com que o rolamento venha a ser sucateado. Por exemplo, se o rolamento apresentar vibrações, ou excessiva folga interna ou muitos ruídos, ele estará condenado.

De um modo geral, um rolamento danificado, freqüentemente, apresenta uma combinação de falhas em estágio primário e secundário.

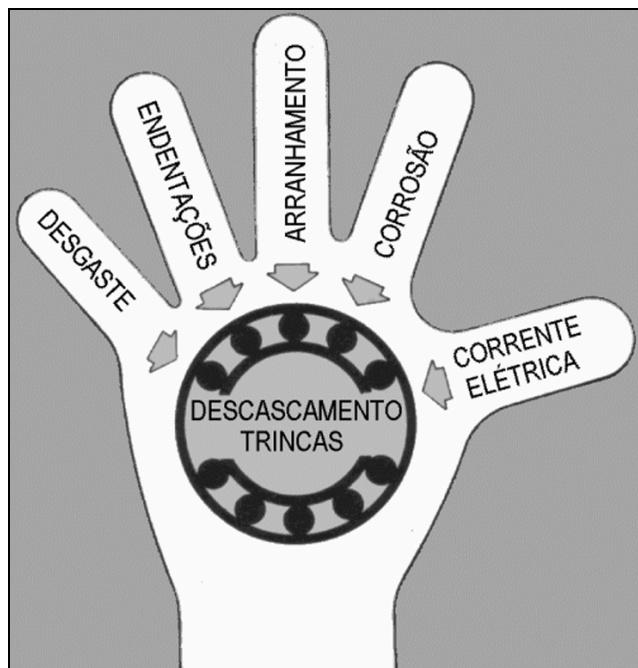
Falhas em estágio primário:

- desgaste;
- endentações;
- arranhamento;
- deterioração de superfície;
- corrosão;
- dano por corrente elétrica.

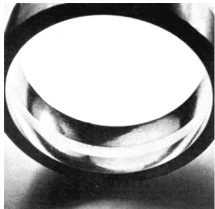
Falhas em estágio secundário:

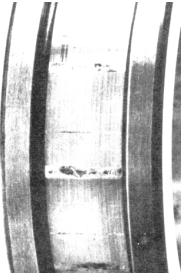
- descascamento;
- trincas.


A ilustração abaixo resume as falhas de rolamentos.

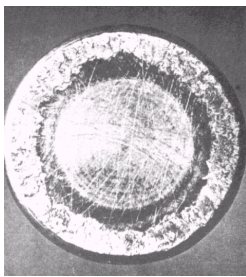


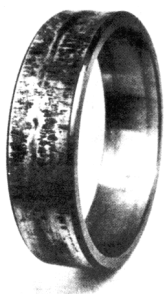
Vamos estudar, a seguir, cada uma das falhas que podem aparecer em um rolamento.


Desgaste causado por lubrificação inadequada			
Exemplo ilustrativo	Aparência	Causa	Correção
	<p>Superfícies desgastadas, freqüentemente espelhadas. Em estágio avançado, as superfícies apresentam-se na cor azulada ou na cor marrom.</p>	<p>O lubrificante tornou-se gradualmente escasso ou foi perdendo suas propriedades lubrificantes.</p>	<p>Verificar se o lubrificante está chegando ao rolamento. Relubrificar mais freqüentemente o rolamento.</p>


Desgaste causado por vibrações			
Exemplo ilustrativo	Aparência	Causa	Correção
	<p>Depressões nas pistas. Estas depressões são oblongas em rolamentos de rolos e circulares em rolamentos de esferas. Elas são brilhantes ou oxidadas no seu fundo.</p>	<p>O rolamento foi exposto a vibrações quando parado.</p>	<p>Trave o rolamento durante o transporte através de pré-carga radial. Arranje uma base que amortee as vibrações. Use, se possível, rolamentos de esferas em vez de rolos. Empregue, quando possível, banho de óleo.</p>

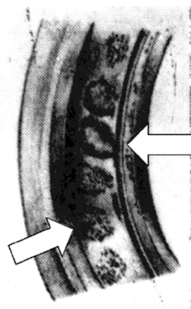
Endentações			
Exemplo ilustrativo	Aparência	Causa	Correção
	<p>Endentações nas pistas dos anéis externo e interno, com espaçamento igual ao dos corpos rolantes.</p>	<p>Pressão inadequada aplicada no anel durante a montagem. Deslocamento excessivo em assento cônico. Sobrecarga enquanto o rolamento não gira.</p>	<p>Aplicar a pressão para montagem no anel com ajuste interferente. Seguir cuidadosamente as instruções do fabricante para a montagem de rolamentos com furo cônico. Evitar sobrecarga ou usar um rolamento com maior capacidade de carga estática.</p>

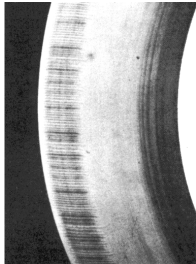
Arranhamento			
Exemplo ilustrativo	Aparência	Causa	Correção
	<p>Topo dos rolos e faces do flange arranhados e com coloração diferente.</p>	<p>Escorregamento sob carga axial pesada e com lubrificação inadequada.</p>	<p>Uma lubrificação mais adequada.</p>

Arranhamento de superfícies externas			
Exemplo ilustrativo	Aparência	Causa	Correção
	<p>Furo ou exterior do anel machucado e descorado.</p>	<p>Rotação do anel em relação ao eixo ou à caixa.</p>	<p>Escolher ajuste com maior interferência.</p>

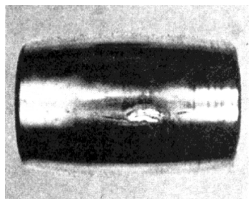
Deterioração de superfície			
Exemplo ilustrativo	Aparência	Causa	Correção
	<p>Inicialmente o dano não é visível a olho nu. Um estágio mais avançado é indicado por crateras pequenas e rasas, com fraturas na estrutura cristalina.</p>	<p>Lubrificação inadequada ou insuficiente.</p>	<p>Melhorar a lubrificação.</p>

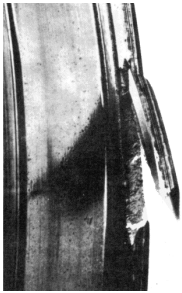
Corrosão			
Ferrugem profunda			
Exemplo ilustrativo	Aparência	Causa	Correção
	<p>Marcas escuras ou acinzentadas nas pistas, coincidindo em geral com o espaçamento dos corpos rolantes. Em estágio avançado, cavidades nas pistas e outras superfícies de rolamento.</p>	<p>Presença de água, umidade ou substância corrosiva no rolamento por um longo período de tempo.</p>	<p>Melhorar a vedação. Usar lubrificante com propriedade inibidora à corrosão.</p>

Corrosão de contato			
Exemplo ilustrativo	Aparência	Causa	Correção
	<p>Áreas de ferrugem na superfície externa do anel externo ou no furo do anel interno. Marca de trabalho na pista fortemente assinalada nas regiões correspondentes à corrosão de contato.</p>	<p>Ajuste muito folgado. Assento do eixo ou da caixa com erros de forma.</p>	<p>Corrigir os assentos.</p>

Danos causados por corrente elétrica			
Exemplo ilustrativo	Aparência	Causa	Correção
	<p>Estrias ou ondulações na cor marrom escuro ou preto-acinzentado. Crateras nas pistas e rolos. As esferas apresentam somente coloração escura. As pistas dos rolamentos de esferas apresentam, às vezes, queimaduras em ziguezague. As pistas e corpos rolantes também podem apresentar queimaduras localizadas.</p>	<p>Passagem de corrente elétrica através do rolamento em rotação ou parado.</p>	<p>Desviar a corrente evitando passá-la pelo rolamento. Quando soldar, escolher o “terra” adequado para evitar que a corrente elétrica passe pelo rolamento.</p>

Descascamento ocorre quando o rolamento atingiu o fim de sua vida útil. Contribui para o descascamento a aplicação de cargas inadequadas, as endentações, a ferrugem profunda, o arranhamento etc.

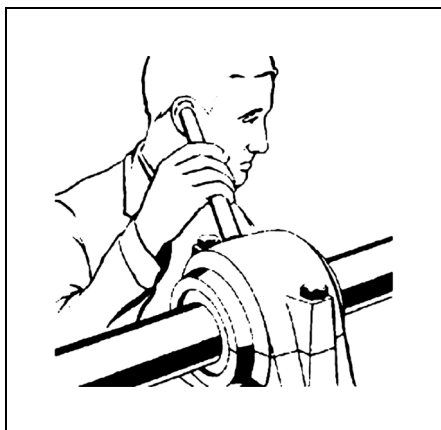
Descascamento causado por corrosão profunda			
Exemplo ilustrativo	Aparência	Causa	Correção
	<p>Descascamento originário de dano por corrosão</p>	<p>Corrosão profunda.</p>	<p>Trocar o rolamento.</p>

Trincas			
Trincas provocadas por tratamento grosseiro			
Exemplo ilustrativo	Aparência	Causa	Correção
	Trincas ou pedaços quebrados, geralmente em uma das faces do anel do rolamento.	Golpes com martelo ou punção temperado, diretamente no anel, durante a montagem do rolamento.	Usar sempre um punção mole e evitar a aplicação de golpes diretos no rolamento.

O que verificar durante o funcionamento

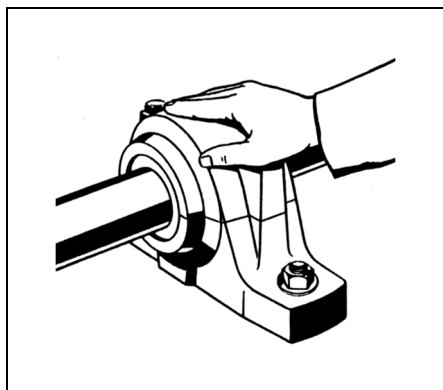
Nos rolamentos montados em máquinas deve-se verificar, regularmente, se sua parada pode causar problemas. Os rolamentos que não apresentam aplicações muito críticas, ou que não são muito solicitados, não precisam de atenção especial.

Na rotina de verificação são usados os seguintes procedimentos: ouvir, sentir, observar.



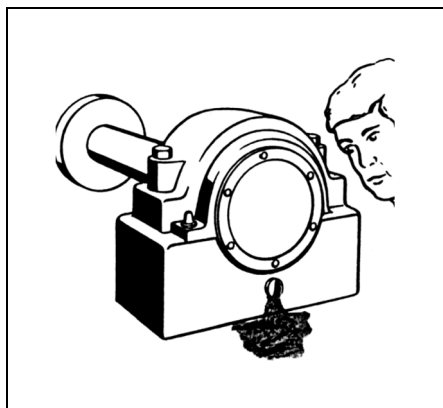
Para ouvir o funcionamento do rolamento usa-se um bastão de madeira, uma chave de fenda ou objetos similares o mais próximo possível do rolamento. Coloca-se o ouvido junto à outra extremidade do objeto. Se o ruído for suave é porque o rolamento está em bom estado. Se o ruído for uniforme mas apresentar um som metálico, é necessário lubrificar o rolamento. Atualmente, existe o analisador de vibração que permite identificar a folga e a intensidade da vibração do rolamento.

Com a mão, verifica-se a temperatura. Se ela estiver mais alta que o normal, algo está errado: falta ou excesso de lubrificação, sujeira, sobrecarga, fadiga, folga, pressão ou calor nos retentores, vindos de uma fonte externa. Mas é preciso lembrar que logo após a lubrificação é normal ocorrer um aumento da temperatura, que pode durar de um a dois dias.



Atualmente, existe um termômetro industrial para medir temperatura.

Pela observação, pode-se verificar se há vazamento de lubrificante através dos vedadores ou de bujões. Geralmente, sujeiras mudam a cor do lubrificante, tornando-o mais escuro. Nesse caso, é preciso trocar os vedadores e o óleo. Quando o sistema de lubrificação for automático deve-se verificar, regularmente, seu funcionamento.

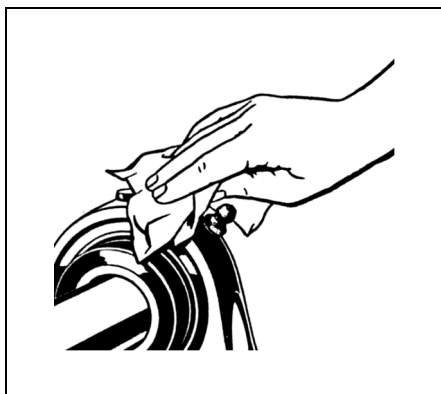


Lubrificantes

Com graxa

A lubrificação deve seguir as especificações do fabricante da máquina ou equipamento. Na troca de graxa, é preciso limpar a engraxadeira antes de colocar

graxa nova. As tampas devem ser retiradas para limpeza. Se as caixas dos rolamentos tiverem engraxadeiras, deve-se retirar toda a graxa e lavar todos os componentes.



Quantidade de graxa para lubrificar:

Mancal

- Até 50 rpm: Preencher com graxa todo espaço livre.
- Acima de 50 rpm: Preencher com graxa de 30 a 50% do espaço livre.

Rolamento

- Preencher com graxa todo o espaço livre.

Para sistemas com rolamentos abertos, é necessário definir os intervalos de relubrificação que vai depender dos seguintes fatores: velocidade (rpm), diâmetro do furo, tipo do rolamento, temperatura de trabalho e posição de trabalho.

A quantidade de graxa para relubrificação é determinada pela fórmula:

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

G= Quantidade de graxa em gramas.

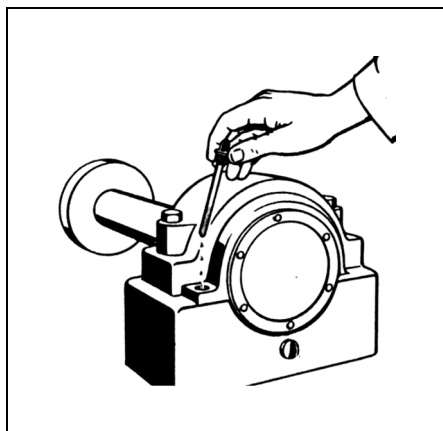
D= Diâmetro externo do rolamento.

B= Largura do rolamento

Com óleo

Olhar o nível do óleo e completá-lo quando for necessário. Verificar se o respiro está limpo. Sempre que for trocar o óleo, o óleo velho deve ser completamente drenado e todo o conjunto lavado com o óleo novo. Na lubrificação em banho, geralmente se faz a troca a cada ano quando a temperatura atinge, no máximo, 50°C e sem

contaminação; acima de 50°C, quatro vezes ao ano; acima de 100°C, uma vez por mês; acima de 120°C, uma vez por semana, ou a critério do fabricante.



Instalação de máquinas

Fundação/fixação

Para que as máquinas possam oferecer os melhores resultados, é essencial que o assentamento seja feito sobre uma base sólida e isolada dos efeitos da vibração. A profundidade da base dependerá de alguns fatores, tais como: tipo de solo, características da máquina e local da instalação.

A base deve ser fundida em concreto de boa resistência, com pontos para instalação de chumbadores e, após a secagem, posiciona-se a máquina e faz-se a concretagem dos chumbadores.

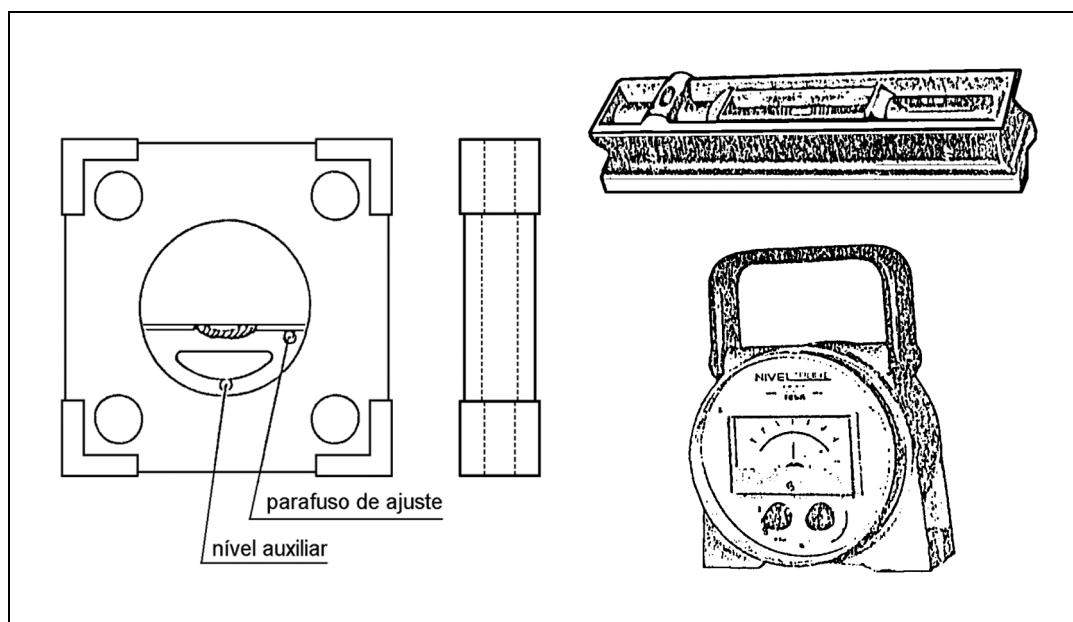
Nivelamento de máquinas e equipamentos

O bom nivelamento das máquinas e equipamentos é outro importante fator a ser considerado em termos de alinhamento geométrico e de trabalho eficiente, e qualidade de produto.

De fato, uma máquina ou equipamento bem nivelados trabalham sem esforços adicionais, e operam segundo o previsto.

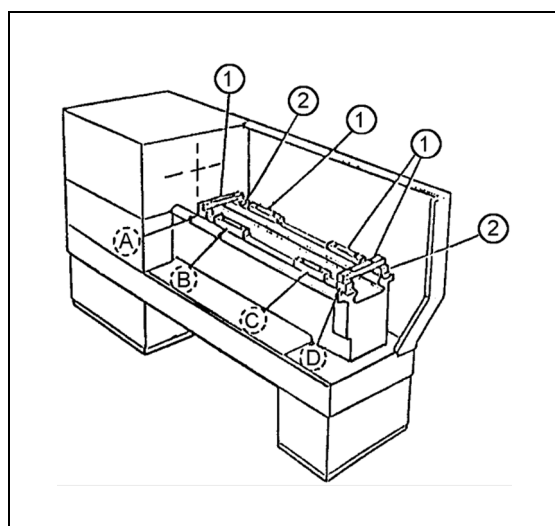
Os instrumentos mais comuns para se efetuar o nivelamento de máquinas e equipamentos são os seguintes: nível de bolha de base plana; nível de bolha quadrangular, nível eletrônico e nível digital.

A figura a seguir mostra como são esses instrumentos.



Como nivelar?

O nivelamento de uma máquina ou equipamento segue procedimentos e parâmetros normalizados e deve ser feito inicialmente no sentido longitudinal e, posteriormente, no sentido transversal.



Havendo necessidade de efetuar acertos, o que é muito comum, trabalha-se acionando os niveladores da base.

Estando o equipamento nivelado, deve-se efetuar o aperto dos parafusos de fixação. Após essa operação, volta-se a conferir o nivelamento para checar se ocorreu alteração do nivelamento anterior.

Constatadas alterações, volta-se a nivelar; porém, sem desapertar totalmente os parafusos. Ao se atingir novamente as condições desejadas, confere-se o aperto final. Esse procedimento deverá ser repetido até que se atinja o nivelamento correto com o aperto final dos parafusos de fixação.

Após o nivelamento da máquina, é conveniente colocá-la para funcionar em vazio durante um certo período. Após esse período, o nivelamento deverá ser conferido novamente para novos ajustes, se necessário.

Pode ocorrer que uma determinada máquina não permita que se obtenha um nivelamento de acordo com as especificações. Nesse caso, uma análise dos fatores interferentes deverá ser realizada. Esses fatores interferentes poderão ser:

- uma torção da própria estrutura da máquina causada por transporte inadequado;
- tensões internas do próprio material utilizado na fabricação da máquina;
- instabilidade da fundação onde a máquina encontra-se assentada;
- presença de forças desbalanceadas provocadas pelo assentamento irregular dos elementos de fixação.

Eliminando-se esses fatores interferentes, o nivelamento adequado poderá ser obtido.

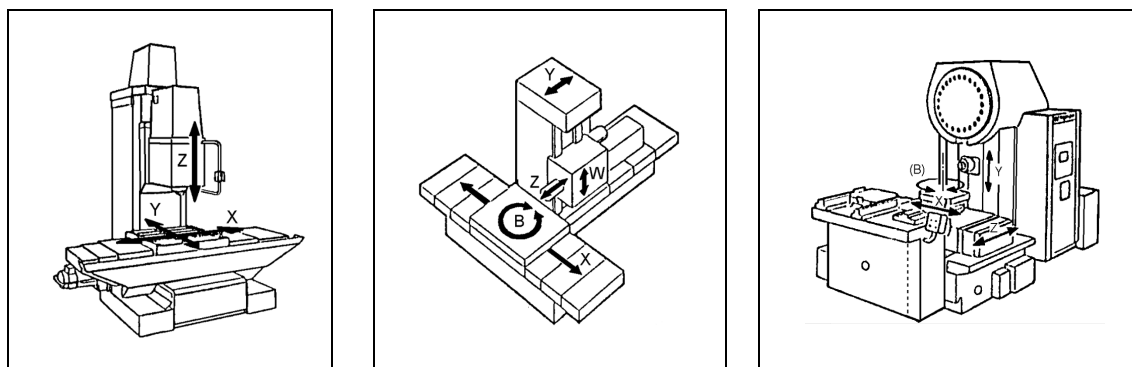
Alinhamento geométrico

As máquinas e os equipamentos em geral precisam estar alinhados geometricamente e nivelados para poderem operar de forma adequada e com o máximo de eficiência.

O alinhamento geométrico pode ser compreendido como sendo a relação existente entre os planos geométricos de todos os elementos constituintes de uma máquina.

A importância do alinhamento geométrico reside no fato de que deve haver harmonia entre os diversos conjuntos mecânicos existentes nas máquinas, e que executam movimentos relativos entre si, para que o todo funcione de modo eficaz. Caso contrário, ocorrerá comprometimento dos elementos em termos de exatidão e durabilidade.

As ilustrações a seguir mostram algumas máquinas alinhadas geometricamente. Observe a harmonia entre os eixos de trabalho que os conjuntos mecânicos executam.

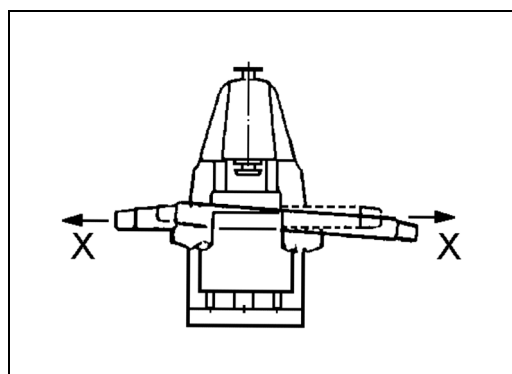


Peso dos componentes das máquinas e equipamentos

Quando uma máquina ou equipamento é projetado, dois fatores importantes são levados em consideração: o centro de gravidade da máquina, ou centro de massa, e o dimensionamento do seu curso de trabalho. O centro de gravidade é o local onde está o ponto de equilíbrio do peso de todo o conjunto.

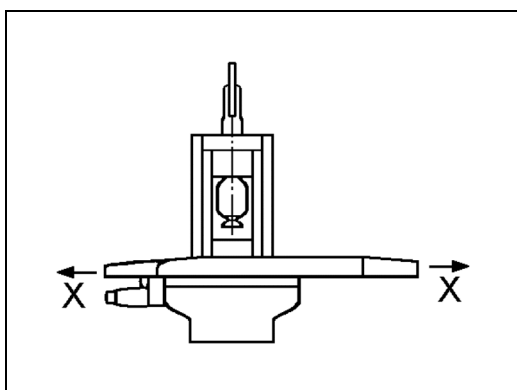
Se uma máquina ou equipamento tiver algum problema com seu centro de gravidade e erros no dimensionamento de seu curso, surgirão desgastes de conjuntos e estruturas, quebras, peças mal executadas, resistências indesejáveis etc.

Na ilustração abaixo, mostramos uma máquina cujo centro de gravidade está deslocado por causa da não simetria na distribuição de massa da mesa na direção x. A mesa do lado direito da figura possui mais massa e, conseqüentemente, mais peso desse lado. Nessas condições, o alinhamento geométrico fica prejudicado, pois a condição de apoio do sistema não satisfaz as necessidades.



Hoje em dia, as máquinas modernas apresentam configurações arrojadas e se deslocam sobre bases mais estáveis e robustas, o que lhes garante maior rigidez. O centro de gravidade dessas máquinas é mais estável, garantindo o alinhamento geométrico desejado.

Observe na figura abaixo que na direção x a mesa se mantém perfeitamente alinhada, apesar do lado direito ser maior que o esquerdo. É um projeto de engenharia bem executado que garante o perfeito alinhamento da máquina.



Resumindo, os elementos relacionados entre si devem ser nivelados e alinhados geometricamente nos planos horizontais e verticais, e esses planos devem ser nivelados e alinhados entre si.

Instrumentos utilizados no alinhamento geométrico

Há vários instrumentos que são utilizados no alinhamento geométrico de máquinas e equipamentos. Esses instrumentos variam em complexidade e exatidão.

Exemplos

- Relógio comparador;
- Relógio com apalpador de precisão;
- Régua padrão calibrada;
- Bases calibradas para suporte de instrumentos;
- Acessórios de verificação;
- Nível de bolha;
- Nível de bolha quadrangular;
- Nível eletrônico;
- Teodolito;
- Autocolimador óptico-visual;

- Autocolimador fotoelétrico;
- Autocolimador a laser.

Aspectos técnicos do alinhamento geométrico

As partes estruturais das máquinas, como o barramento, por exemplo, sempre foram um problema de difícil solução para os projetistas. A dificuldade reside no comportamento que essas partes estruturais exibem quando estão em trabalho, fugindo de todas as condições consideradas nos cálculos. Os fatores que contribuem para esse comportamento aleatório são os seguintes:

- surgimento de esforços durante a usinagem de peças;
- esforços atuantes de outros componentes em trabalho;
- vibrações do corte;
- vibrações de componentes como árvores e rolamentos;
- efeitos de agentes externos como a temperatura que causa dilatações.

O somatório desses fatores, principalmente a temperatura, atuando nas máquinas, pode provocar torções no conjunto e causar deslocamentos de difícil controle.

As bases das máquinas foram e ainda são construídas, embora em menor número, em blocos compactos de ferro fundido. Muitas máquinas modernas apresentam suas bases na forma de conjuntos soldados de aço em vez de ferro fundido. Esse avanço tecnológico permite um melhor dimensionamento do peso dessas máquinas e uma localização mais racional para nervuras e reforços estruturais.

As guias de deslizamento eram e ainda são, em muitos casos, usinadas no próprio corpo da base de muitas máquinas. Tais guias são retificadas para que o alinhamento atenda às especificações normalizadas.

Uma máquina com guias de deslizamento feitas no próprio corpo da base pode trazer problemas. Se ocorrerem desvios, a base da máquina deverá ser retirada; as guias precisarão sofrer uma nova usinagem para corrigir as imperfeições; os demais componentes da máquina deverão ser ajustados de acordo com as novas dimensões das guias e toda a máquina deverá ser alinhada segundo as novas condições.

Na atualidade, com a evolução das máquinas que desenvolvem elevadas velocidades de corte, é cada vez mais freqüente a presença de guias lineares rolamentadas padronizadas e de fácil montagem, alinhamento, reposição e manutenção. As guias lineares rolamentadas permitem uma regulagem da pré-carga dos elementos rolantes.

Outra inovação no campo da fabricação de máquinas é a utilização de resinas como elemento de revestimento de superfícies. Essas resinas, em geral diamantadas, possuem uma elevada dureza e reduzem grandemente o atrito entre as superfícies em contato. As superfícies que recebem resinas passam por uma preparação prévia para que a aderência seja perfeita.

O ajuste dimensional e o alinhamento prévio dos conjuntos envolvidos são realizados com dispositivos e instrumentos adequados antes do preenchimento, moldagem e cura das resinas. As correções posteriores, quando necessário, são efetuadas por meio de rasqueteamento.

A inconveniência do calor em máquinas

Como já foi discutido em aulas anteriores, as máquinas em operação geram uma certa quantidade de calor. Esse calor é proveniente das forças de atrito que surgem entre elementos mecânicos que estão em contato e realizam movimentos relativos entre si.

Por exemplo, o calor pode ser gerado pelo atrito entre:

- ferramentas de corte e peças em usinagem;
- engrenagens em movimento;
- eixos movimentando-se apoiados em mancais;
- polias e correias;
- pinhão e cremalheira.

Uma possível adição extra de calor na máquina poderá ter sua origem no meio ambiente em que ela está instalada.

Todo esse aumento de temperatura se transmite a todos os elementos da máquina, e isso, inevitavelmente, influirá na geometria dos conjuntos mecânicos.

Máquinas e equipamentos com exatidão dimensional são fabricados e operam normalmente em condições ambientais controladas. Além do controle da temperatura, controla-se a umidade do ar. É uma necessidade quando se pensa em qualidade e eficiência.

Equipamentos de levantamento e transporte

Na indústria é comum a utilização de meios para movimentação e transporte de máquinas e equipamentos para manutenção. Na maioria das vezes, o mecânico é o único responsável pela movimentação e precisa estar preparado para que o trabalho seja realizado de forma segura.

Equipamento de proteção individual - EPI

Para que a atividade seja realizada com segurança, uma das condições fundamentais é, sem dúvida, o uso correto dos equipamentos de proteção, tais como:

- óculos de proteção;
- sapato de segurança;
- capacete;
- luvas.

Preparação para a movimentação

Antes de realizar a movimentação é necessário tomar algumas medidas para evitar acidentes:

- Identificar as características da carga: peso, centro de gravidade, formas dimensionais, etc.;
- Definir o tipo de equipamento a ser utilizado para içamento/movimentação;
- Preparar os acessórios necessários para a movimentação;
- Preparar o local por onde ocorrerá a movimentação;
- Sinalizar o local.

Análise do estado dos componentes

Os equipamentos a serem utilizados devem ser inspecionados quanto à capacidade de carga, condições de uso, quantidade, etc. São eles:

- **Lingas**
cabo de aço, cintas, cordas sintéticas, correntes, etc.;
- **Acessórios**
ganchos, manilhas, grampos, olhais, etc.;
- **Dispositivos**
garras especiais, travessões, eletroimãs, etc.

Sinalização do local

Após análise do equipamento a ser transportado e do percurso de movimentação, é necessário sinalizar ou até isolar o ambiente, alertar os envolvidos na movimentação sobre possíveis dificuldades, e comunicar o cronograma da atividade a todos que estiverem na área de risco.

Cuidados para uma movimentação segura

- Certifique-se da capacidade dos componentes utilizados no içamento;
- Nunca utilize lingas ou acessórios avariados;
- Ao descarregar a carga, utilize calços para evitar o contato com o piso e facilitar no momento da elevação;
- Proteger as cintas e cabos de aço de cantos agudos ou cortantes.

Equilíbrio de cargas

Para se movimentar cargas de forma segura, é necessário conhecer dois fatores fundamentais: o peso e o centro de gravidade.

Muitos elementos trazem o peso indicado através plaquetas ou pintura, e até nos manuais de operação e manutenção. Caso não esteja identificado o peso, o movimentador deve procurar ajuda para calcular ou criar mecanismos que possibilite a pesagem. De qualquer forma, a segurança na movimentação vai depender deste fator que não deve ser negligenciado.

Outro fator fundamental é determinar o centro de gravidade. Alguns manuais trazem instruções sobre os pontos para gancho e as formas de içamento. A dificuldade é quando não há orientação e o componente a ser movimentado é assimétrico. Nestes

casos, o centro de gravidade fica deslocado, desequilibrando a carga e causando situações de risco de acidente. Diante disso, é preciso experiência e conhecimento para distribuir melhor os pontos para elevação e realizar um trabalho seguro.

Tipos de lingas

Cordas e cintas sintéticas

São utilizadas em peças acabadas e pintadas, superfícies escorregadias, componentes que podem sofrer amassamentos e outros.

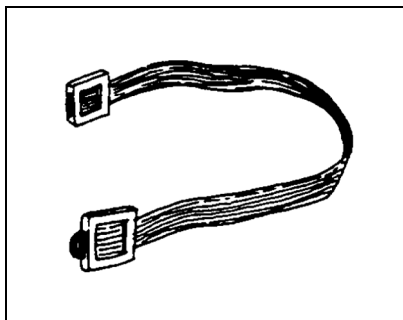
Exemplo

Eixos acabados, cilindros, componentes prontos, etc.

Podem ser fabricadas a partir de fibras de poliéster, polipropileno, poliamida e náilon que é a fibra mais resistente. Cada tipo de fibra possui características diferentes, portanto, aplicação específica.

Regras para utilização de cintas:

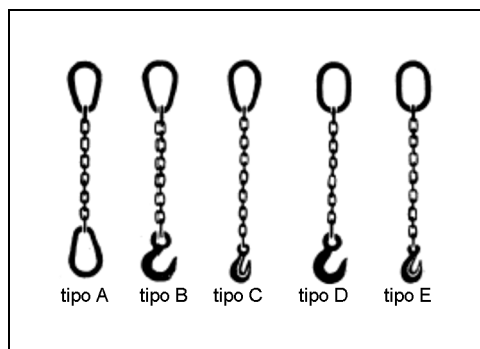
- Não devem ser usadas em locais que apresentem cantos vivos;
- Nunca dar nó nas cintas;
- ângulo de abertura da cinta não deve ser maior que 120°;
- Descartar cintas avariadas.



Correntes de aço

São utilizadas para transportar componentes com alta temperatura, conjuntos montados, peças com cantos vivos, e outros.

Preferencialmente deve ser utilizada com auxílio de grampos, ganchos e olhais.

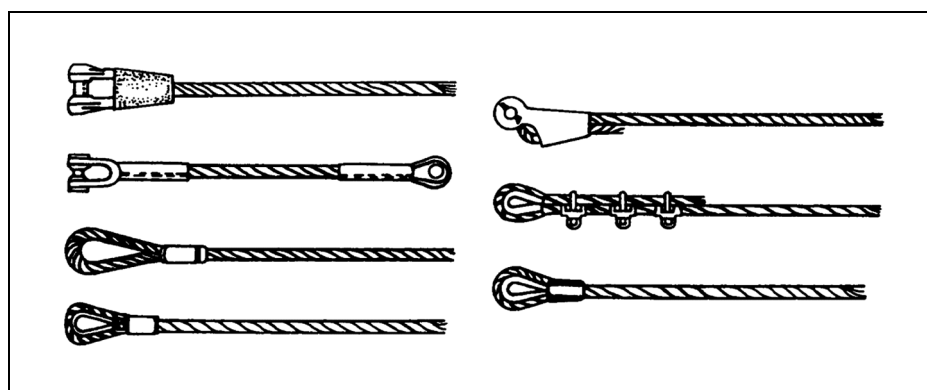


Cabos de aço

Servem para transporte de componentes muito pesados, peças aquecidas e conjuntos complexos. As pontas devem ser equipadas com sapatilhas para facilitar o manuseio e dar mais segurança no serviço.

Os cabos de aço devem estar sempre lubrificados com óleo adequado.

Tipos de laço:



Além das lingas citadas, existem também algumas com materiais combinados que facilitam o manuseio e prolongam a vida útil do elemento.

Acessórios para amarração

Manilha forjada

É um acessório muito útil na movimentação de cargas, pode ser usado diretamente nos laços ou em olhais fixados na carga.



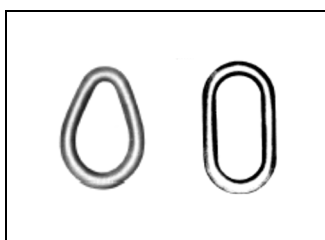
Grampo

Serve para fixar laços em cabos de aço ou como olhal de levantamento.



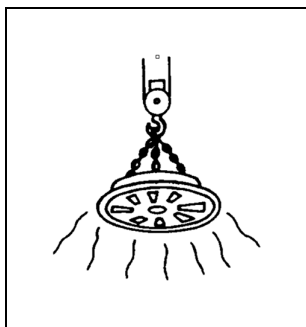
Anéis de aço

São anéis fabricados em aço carbono, com alta resistência à tração e muito úteis em movimentação de carga.



Eletroimã

É utilizado para transportar material sujeito ao magnetismo e não-combustível, como por exemplo sucata, chapas de aço, etc. Após a utilização do eletroimã, deve-se colocá-lo sobre uma chapa de aço aterrada para descarregar o campo magnético.



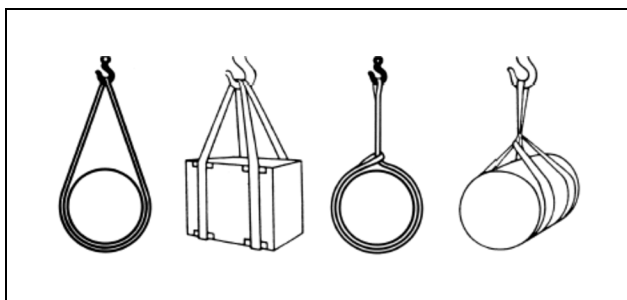
Cuidados na fixação e amarração dos cabos

- Os cabos que envolvem a carga devem formar um polígono por cujo centro de gravidade deve passar a linha vertical criada pela corrente da talha;
- Os cabos devem ser dispostos de tal modo que a carga não possa deslizar ou desequilibrar-se e provocar a ruptura do cabo por causa da sobrecarga num local do centro de gravidade;
- Os nós da amarração (se houver) não devem nem deslizar nem despertar durante a movimentação da carga.

Técnicas de içamento

Para elevar e movimentar cargas, devem ser considerados o tipo e a disposição das lingas utilizadas.

As cintas normalmente são utilizadas para os quatro tipos diferentes de levantamento abaixo.



As lingas de correntes e cabos de aço podem ser simples ou múltiplas e sua capacidade de carga deve ser consultada conforme tabela do fabricante.

No caso de lingas combinadas, a capacidade de carga deve ser identificada em plaquetas e de acordo com a parte mais frágil do conjunto.

Depois de definir o tipo de linga a ser utilizado, é necessário definir a disposição para poder calcular a quantidade de pernas para o levantamento. Vale lembrar que a capacidade identificada na linga se refere a uma posição perpendicular à carga.

Princípios básicos para dimensionar a linga

- Para arranjos perpendiculares à carga e com distribuição igual de força, as capacidades de cada perna da linga podem ser somadas;
- Quanto maior o ângulo formado pelas pernas, menor é a capacidade de carga;
- O ângulo de abertura das pernas da linga não deve exceder 60°.

Portanto, para arranjos em ângulo ou com centro de gravidade deslocado, é necessário maior atenção no dimensionamento da linga e na quantidade de pontos de elevação.

Método de movimentação de cargas

Para fazer a movimentação das cargas devem-se seguir os seguintes passos:

- Aproximar a talha acima da carga, depois de verificar se a capacidade da talha é compatível com a carga a ser movimentada;
- Escolher o cabo adequado;
- Fixar e amarrar os cabos, prendendo um cabo à carga, se necessário, o que permitirá orientá-la durante a manobra;
- Levantar lentamente a carga até 20cm do chão com auxílio da talha;
- Verificar o comportamento dos cabos, da amarração e da proteção da carga;
- Descer o conjunto e fazer as correções necessárias, caso a carga não esteja bem equilibrada;
- Levantar a carga até a altura desejada, transportando-a sem oscilação, a fim de não submeter o cabo a um esforço suplementar, e pousá-la lentamente.

Observação

- Quando a carga tem um gancho para a movimentação, utiliza-se uma **linga** (cabo de aço ou cânhamo de pequeno comprimento).
- Quando a carga apresenta saliências, é possível fazer a amarração por meio de duas correntes ou cordas sem fim (corda ou cabo de aço com as pontas emendadas).
- Se não houver saliência, usa-se uma corda sem fim com um calço de espaçamento.
- No caso de não haver saliência, pode-se também realizar a fixação clássica por meio de uma corda, isto é, amarra-se uma extremidade da corda no gancho da talha, passando-a por baixo da carga, dando uma volta até atingir o gancho sem amarrar, desce-se do lado oposto da carga, passando o cabo por baixo e subindo novamente para, por fim, amarrar no gancho.

Sistemas para movimentação

Ponte rolante

É um equipamento muito utilizado para movimentação dentro da indústria, funciona através uma viga suspensa por onde o trole e se movimenta sobre dois trilhos aéreos, instalados em um vão livre. Pode movimentar diversos tipos de cargas, mesmo as ultra pesadas e permite que se faça movimentação em uma ampla área de trabalho.

Operação com ponte rolante

O bom operador de ponte rolante usa os controles de maneira a aplicar corretamente a aceleração e a frenagem, sem danificar seus componentes.

Ao se operar a ponte para pegar cargas próximas às extremidades das vigas deve-se, antes de atingi-las, parar completamente a ponte e depois, com movimentos curtos e lentos, completar-se o trajeto até que os pára-choques da ponte e das vigas se toquem levemente.

Quando a ponte é equipada com controles manuais, deve ser acelerada movendo-se a manípula gradativamente na direção desejada. A aceleração correta elimina a patinação das rodas da ponte, permite à carga pendurada adquirir impulso quase na mesma proporção que a ponte e evita, a ela e ao motor, esforços desnecessários.

Quando o controle é magnético, a manípula pode ser levada de uma só vez até o fim, pois a aceleração é automática e se processa por meio de relés adequados.

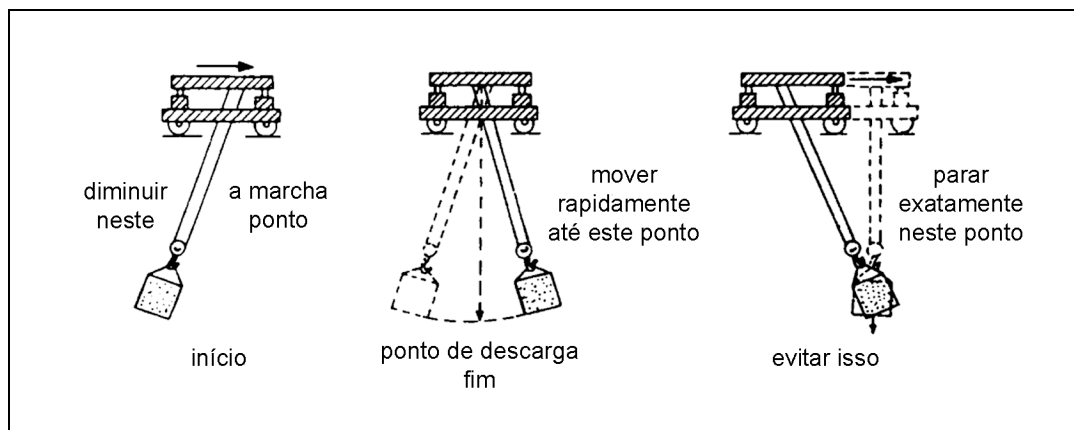
Não se deve operar a ponte a longas distâncias pelas vigas de rolamento com a manípula de comando mal ajustada entre as posições neutra e toda força. Isso resulta em desperdício de energia e aquece o controle.

O balanço da carga

O balanço da carga é o resultado da conexão flexível entre a ponte e a carga (cabo de aço da ponte). Quando se liga o motor da ponte, ela imediatamente se movimenta, porém a carga fica ligeiramente para trás, com o cabo de aço formando um ângulo com a perpendicular. O mesmo acontece quando se diminui a marcha; nesse caso o impulso da carga traciona a ponte. O operador experiente tira vantagem desse movimento (balanço avançado da carga) para evitar que a carga balance quando a ponte estiver totalmente parada.

Em lugar de deixar que a carga passe do ponto e depois voltar atrás até atingir o prumo, o operador deve:

- parar a ponte antes do local de descarga;
- quando a carga balançar, acelerar a ponte rapidamente para a frente, acompanhando o balanço da carga, de maneira que tanto a ponte como a carga possam ter seus movimentos simultaneamente interrompidos quando atingirem o local de descarga.



Sinais manuais para movimentação

IÇAR CARGA	BAIXAR CARGA	USAR MOITÃO PRINCIPAL	GIRAR LANÇA PARA DIREITA	GIRAR LANÇA PARA ESQUERDA	PARA GIRO
USAR GLINCHO AUXILIAR	ELEVAR LANÇA	BAIXAR LANÇA	EXTENDER LANÇA TELESCÓPICA	EXTENDER LANÇA TELESCÓPICA	
MOVIMENTO SUAVE	ELEVAR LANÇA BAIXAR CARGA	BAIXAR LANÇA IÇAR CARGA	RECOLHER LANÇA TELESCÓPICA	RECOLHER LANÇA TELESCÓPICA	PARAR A FAINA

Pórtico

É um sistema semelhante à ponte rolante, porém, sua estrutura é sustentada através de trilhos instalados no piso ou rodízios instalados na base. Podem funcionar em áreas internas e externas e possuem capacidade de carga superior às pontes rolantes. A desvantagem deste sistema está na segurança, tanto do operador quanto da carga, oferecida durante a atividade.

Carrinhos porta-paleta

São carrinhos manuais com acionamento de carga hidráulico que servem para movimentar pequenas cargas acondicionadas em paletes. São seguros de operar desde que se respeite as condições seguras e capacidade de carga do equipamento.

Empilhadeira

Podem ser elétricas ou a combustão e são muito versáteis para movimentar cargas. Funcionam com garfos porta-paletes e são seguras de operar.

Referências bibliográficas

FIESP; FUNDAÇÃO ROBERTO MARINHO. **Mecânica (Elementos de máquina I)** do Telecurso 2000 Profissionalizante. Por Antonio Scaramboni et. alli. São Paulo, Globo, 1996.

