Seja bem Vindo!

Curso Mecânica Industrial I

CursosOnlineSP.com.br

Carga horária: 60 hs

Conteúdo programático:

Introdução
Como é Feito o Aço e Suas Propriedades
Unidades de Medidas Utilizadas
Entendendo a Dilatação Térmica dos Materiais
Desenho Técnico – Cálculo de Comprimento de Peças
Desenho Técnico – Calculando Medidas Desconhecidas
Desenho Técnico – O Cálculo da RPM
Desenho Técnico – Cálculo de Engrenagens Cilíndricas
Processos de Usinagem - Introdução
Processos de Usinagem - Torneamento
Processos de Usinagem - Aplainamento
Processos de Usinagem - Furação
Processos de Usinagem - Alargamento
Processos de Usinagem - Rebaixamento
Processos de Usinagem - Mandrilamento
Processos de Usinagem - Fresamento
Processos de Usinagem - Serramento
Processos de Usinagem – Brochamento e Roscamento
Processos de Usinagem – Limagem, Rasqueteamento e Tamboreamento
Processos de Usinagem – Retífica
Processos de Usinagem – Tipos de Acabamento
Pneumática – Produção de Ar Comprimido e Tipos de Compressores
Pneumática – Visão Geral e Armazenamento
Pneumática – Autuadores (Cilindros Pneumáticos)
Pneumática – Motores Pneumáticos Utilizados na Indústria
Hidráulica – Conceitos Básicos
Hidráulica – Fluídos Hidráulicos
Hidráulica – Reservatório e Filtros de Fluido
Hidráulica – Mangueiras e Conexões
Bombas Hidráulicas – Conceito, Funcionamento e Termos Técnicos
Hidráulica – Atuadores Hidráulicos e Válvulas de Vazão
Eletricidade Industrial
Operações com Máquinas e Equipamentos Industriais
Manutenção Industrial – Introdução e Conceitos Estratégicos
Manutenção Industrial – Métodos de Manutenção
Bibliografia

Introdução

O profissional de mecânica industrial tem a possibilidade de atuar nas áreas de montagem, construção, reparo e manutenção de equipamentos mecânicos. Também pode trabalhar na supervisão de produtos e materiais mecânicos, utilização de equipamentos de precisão para averiguar as condições de produção desses materiais e prestar assistência técnica para venda e compra de máquinas.

Também realiza manutenções preventivas, inspeções de sistemas de manufaturas e componentes de máquinas. Também faz modificações e lubrificações em todos os tipos de equipamentos que estejam dentro do seu campo de conhecimento. Pode ainda trabalhar com automação e desenvolvimento de projetos empresariais.

Vamos iniciar este curso conhecendo primeiramente as propriedades do aço e para qual finalidade são usadas. Em seguida, os processos de usinagem e suas particularidades. Será apresentando também uma introdução ao desenho técnico mecânico, para você entender o que é o desenho de uma peça e como aplicar. Em seguida apresentaremos demais atividades técnicas e com máquinas que o profissional de mecânica industrial poderá atuar.

Como é Feito o Aço e Suas Propriedades

Em geral, o que chamamos de ferro, é, na verdade, aço. O ferro não tem resistência mecânica e é usado em grades, portões, e guarda-corpos decorativos em que se aproveita a plasticidade do material, trabalhando no estado líquido, permitindo a moldagem de desenhos ricamente detalhados.

Já o aço, é empregado quando a responsabilidade estrutural entra em jogo.

A fronteira entre o ferro e o aço foi definida na Revolução Industrial, com a invenção de fornos que permitiam não só corrigir as impurezas do ferro, como adicionar-lhes propriedades como resistência ao desgaste, ao impacto, à corrosão, etc. Por causa dessas propriedades e do seu baixo custo, o aço passou a representar cerca de 90% de todos os metais consumidos pela civilização industrial. Basicamente, o aço é uma liga de ferro e carbono. O ferro é encontrado em toda crosta terrestre, fortemente associado ao oxigênio e à sílica. O minério de ferro é um óxido de ferro, misturado com areia fina. O carbono é também relativamente abundante na natureza e pode ser encontrado sob diversas formas. Na siderurgia, usa-se carvão mineral, e em alguns casos, o carvão vegetal.

O carvão exerce duplo papel na fabricação do aço. Como combustível, permite alcançar altas temperaturas (cerca de 1.500º Celsius) necessárias à fusão do minério. Como redutor, associa-se ao oxigênio que se desprende do minério com a alta temperatura, deixando livre o ferro. O processo de remoção do oxigênio do ferro para ligar-se ao carbono chama-se redução e ocorre dentro de um equipamento chamado alto forno. Antes de serem levados ao alto forno, o minério e o carvão são previamente preparados para melhoria do rendimento e economia do processo. O minério é transformado em pelotas e o carvão é destilado, para obtenção do coque, dele se obtendo ainda subprodutos carboquímicos. No processo de redução, o ferro se liquefaz e é chamado de ferro gusa ou ferro de primeira fusão. Impurezas como calcário, sílica etc. formam a escória, que é matéria-prima para a fabricação de cimento. A etapa seguinte do processo é o refino. O ferro gusa é levado para a aciaria, ainda em estado líquido, para ser transformado em aço,

mediante queima de impurezas e adições. O refino do aço se faz em fornos a oxigênio ou elétricos. E finalmente, a terceira fase clássica do processo de fabricação do aço é a laminação. O aço, em processo de solidificação, é deformado mecanicamente e transformado em produtos siderúrgicos utilizados pela indústria de transformação, como chapas grossas e finas, bobinas, vergalhões, arames, perfilados, barras etc. Com a evolução da tecnologia, as fases de redução, refino e laminação estão sendo reduzidas no tempo, assegurando maior velocidade na produção.

Veja agora as propriedades do aço quanto a sua posterior utilização na indústria:

- A Conformação: é de alterar a geometria do material através de forças aplicadas por ferramentas adequadas que podem variar desde pequenas matrizes até grandes cilindros, como os empregados na laminação. Em função da temperatura e do material utilizado a conformação mecânica pode ser classificada como trabalho a frio, a morno e a quente.
Ex.:Forjamento,Extrusão,Trefilação,Laminação.

Além dos processos de Conformação de Chapas: Embutimento, Estiramento, Corte e Dobramento.

- A Tenacidade: é a capacidade que o material possui de absorver energia total (elástica e plástica) por unidade de volume até atingir a ruptura (fratura).

- A Dureza: é a resistência que o material oferece à penetração de um corpo duro. Determina-se a dureza com o auxílio de máquinas especiais, existindo diferentes métodos e escalas, que relacionam a amplitude de penetração com um valor numérico da propriedade dureza.

- A Resistência Mecânica: Tensão que se opõe à deformação mecânica dos materiais.

- A Têmpera: É o tratamento térmico mais importante dos aços, principalmente os que são utilizados em construção mecânica. As condições de aquecimento são muito semelhantes às que ocorrem no recozimento e na normalização. O resfriamento, entretanto, é

muito rápido, empregando geralmente meios líquidos para resfriar as peças. Este tratamento resulta em modificações muito intensas nos aços, que levam a um grande aumento da dureza, da resistência ao desgaste, da resistência à tração, ao mesmo tempo em que as propriedades relacionadas à ductilidade sofrem uma apreciável diminuição. Além disso, tensões internas são geradas em grande intensidade. Os inconvenientes causados por essas tensões internas geradas, associadas à excessiva dureza e quase total ausência de ductilidade, exigem um tratamento térmico posterior chamado revenido, que melhora a ductilidade e a tenacidade. A têmpera é um processo bastante geral e pode ser aplicado a uma grande variedade de aços.

- A Ductilidade: Capacidade dos materiais de se deformarem sem se romperem. Pode ser medida por meio da estricção (redução na área da seção transversal de um corpo de prova), ou por meio do alongamento. Quanto mais dúctil o material, maior será a redução da área da seção transversal e maior será o alongamento antes da ruptura. Logo, a ductilidade é uma medida da extensão da deformação que ocorre até a fratura.

- A Resistência ao Desgaste: Estabilidade do material contra deformações e desintegração física. A deformação plástica depende diretamente do movimento das discordâncias internas na estrutura do material. Quanto maior a facilidade de movimento, menos resistente é o material. Para aumentar a resistência, procura-se restringir o movimento das discordâncias. De uma forma geral, os mecanismos básicos para isso são: redução do tamanho de grão; solução sólida; deformação a frio (encruamento, trabalho a frio).

Unidades de Medidas Utilizadas

Quando você vai a uma loja de autopeças ou material hidráulico para comprar alguma peça, tudo que precisa é ter é o nome da peça, a marca de preferência, o modelo ou tipo e o tamanho da mesma. Com essas informações, o vendedor é capaz de fornecer exatamente o que a pessoa deseja em poucos minutos. Isso acontece devido à normatização, isto é, por causa de um conjunto de normas estabelecidas de comum acordo entre fabricantes e consumidores. Essas normas simplificam o processo de produção e garantem um

produto confiável, que atende às necessidades do consumidor. Um dos dados mais importantes para a normatização é exatamente a unidade de medida. Graças a ela, você tem certeza de que o parafuso quebrado que prendia a roda de seu carro poderá ser facilmente substituído, uma vez que é fabricado com unidades de medida também padronizadas.

Na Mecânica, o conhecimento das unidades de medida é fundamental para a realização de qualquer tarefa específica nessa área. Por exemplo, vamos fazer de conta que você é um torneiro e recebeu o desenho de uma peça para fabricar. No desenho, você nota que não está escrita a unidade de medida usada pelo desenhista. Você sabe por quê? Não? Então estude esta lição, porque nela daremos a resposta a essa e a outras perguntas que talvez você tenha sobre este assunto.

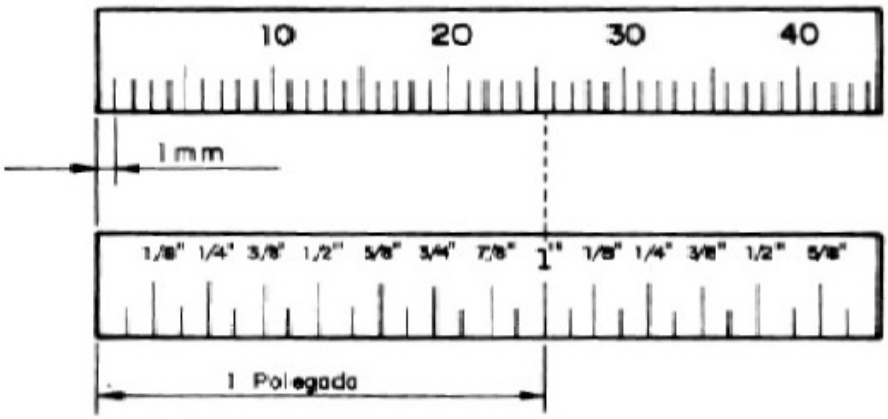
- Milímetro: na matemática, você já aprendeu que, para medir as coisas de modo que todos entendam, é necessário adotar um padrão, ou seja, uma unidade de medida. Em Mecânica, a unidade de medida mais comum é o milímetro, cuja abreviação é mm. Ela é tão comum que, em geral, nos desenhos técnicos, essa abreviação (mm) nem aparece. O milímetro é a milésima parte do metro, ou seja, é igual a uma parte do metro que foi dividido em 1.000 partes iguais. Provavelmente, você deve estar pensando: “Puxa! Que medida pequenininha! Imagine dividir o metro em 1.000 partes!”. Pois, na Mecânica, essa unidade de medida é ainda considerada enorme, quando se pensa no encaixe de precisão, como no caso de rolamentos, buchas, eixos. E essa unidade é maior ainda para instrumentos de medição, como calibradores ou blocos-padrão.
Assim, a Mecânica emprega medidas ainda menores que o milímetro, como mostra a tabela a seguir:

Submúltiplos do milímetro	Representação	Correspondência
Décimo de milímetro	0,1 mm	1/10
Centésimo de milímetro	0,01 mm	1/100
Milésimo de milímetro	0,001 mm (1µm)	1/1000

Na prática, o milésimo de milímetro também é representado pela letra grega µ (lê-se mi). Assim, o milésimo de milímetro pode também ser

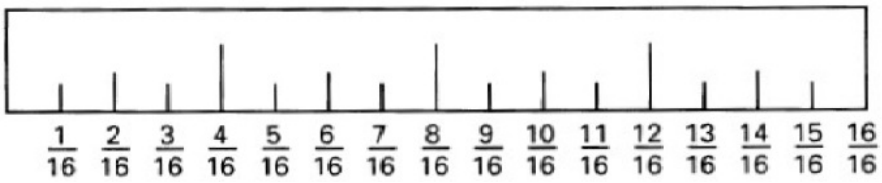
chamado de micrometro ou, simplesmente, de mícron (0,001mm = 1mm = 1m.)

- Polegada: outra unidade de medida muito utilizada em Mecânica, principalmente nos conjuntos mecânicos fabricados em países como os Estados Unidos e a Inglaterra. Embora a unificação dos mercados econômicos da Europa, da América e da Ásia tenha obrigado os países a adotarem como norma o Sistema Métrico Decimal, essa adaptação está sendo feita por etapas. Um exemplo disso são as máquinas de comando numérico computadorizado, ou CNC - Computer Numerical Control, que vêm sendo fabricadas com os dois sistemas de medida. Isso permite que o operador escolha o sistema que seja compatível com aquele utilizado em sua empresa. Por essa razão, mesmo que o sistema adotado no Brasil seja o sistema métrico decimal, é necessário conhecer a polegada e aprender a fazer as conversões para o nosso sistema.
A polegada, que pode ser fracionária ou decimal, é uma unidade de medida que corresponde a 25,4mm.



Observe que, na régua de baixo, os números aparecem acompanhados de um sinal (“). Esse sinal indica a representação de uma medida em polegada ou em fração de polegada. Da mesma forma que o milímetro é uma unidade de medida muito grande para a Mecânica e, por isso, foi dividido em submúltiplos, a polegada também foi dividida. Ela tem subdivisões que podem ser usadas nas medidas de peças de precisão. Assim, a polegada foi dividida em 2, 4, 8, 16, 32, 64 e 128 partes iguais. Nas escalas graduadas em polegada, normalmente a menor divisão corresponde a 1/16". Essas subdivisões são chamadas de polegadas fracionárias. Dê mais uma olhada na figura acima. Você deve ter percebido que a escala

apresenta as frações 1/8", 1/4", 3/8"... e assim por diante. Observe que os numeradores das frações são sempre números ímpares. Como se chegou a essas frações? Para obter essa resposta, vamos representar uma escala de uma polegada de comprimento e verificar como as subdivisões foram feitas:



Você que estudou frações em Matemática já sabe que algumas das que estão na escala mostrada acima podem ser simplificadas. Por exemplo:

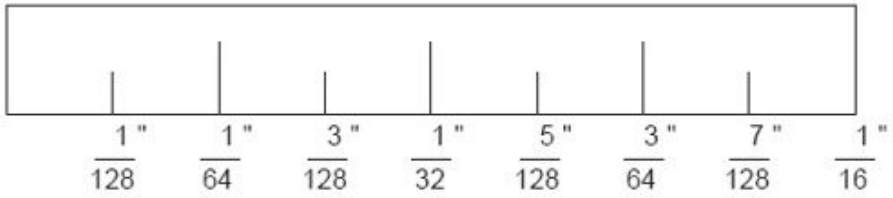
$$\frac{2\,.\,2}{16\,.\,2} = \frac{1}{8}''$$

$$\frac{8\,.\,8}{16\,.\,8} = \frac{1}{2}''$$

Esse procedimento é realizado até obtermos a fração final da escala. Os resultados dos exemplos acima mostram as subdivisões mais comuns da polegada fracionária.

Para medidas menores, o procedimento será o mesmo. “As subdivisões são obtidas a partir da divisão de 1/16”, e seus valores em ordem crescente serão:

$$\frac{1}{128}'' ; \frac{1}{64}'' ; \frac{3}{128}'' ; \frac{1}{32}'' ; \frac{5}{128}'' ; \frac{3}{64}'' ; \frac{7}{128}'' ; \frac{1}{16}'' ;$$



A representação da polegada em forma decimal é tão usada na Mecânica quanto a fracionária. Ela aparece em desenhos, aparelhos de medição, como o paquímetro e o micrômetro, e permite medidas menores do que a menor medida da polegada fracionária, que é 1/128". Uma polegada decimal equivale a uma polegada fracionária, ou seja, 25,4 mm. A diferença entre as duas está em suas subdivisões: em vez de ser subdividida em frações ordinárias, a polegada decimal é dividida em partes iguais por 10, 100, 1.000 etc.

A divisão mais comum é por 1.000. Assim, temos, por exemplo:

1/2" correspondente a 0,5" (ou 5 décimos de polegada)

1/4" correspondente a 0,25" (ou 25 centésimos de polegada)

1/8" correspondente a 0,125" (ou 125 milésimos de polegada)

Transformação de unidades de medida: o cálculo para transformação é necessário quando um operador recebe materiais cujas dimensões estão em polegadas e será necessário construir uma peça ou dispositivo cujo desenho apresenta as medidas em milímetros ou frações de milímetros, situações estas bem corriqueiras na indústria.

Converter polegadas em milímetros: transformar uma medida em polegadas para milímetros, basta apenas multiplicar a fração por 25,4 mm, ou seja, 1 pol = 25,4mm.

Converter milímetros em polegadas: converter uma determinada medida de milímetros para polegadas, será necessário alguns conhecimentos com operações aritméticas e simplificação de frações. Esse processo de transformação de medidas tem os seguintes passos:

1. Multiplique o valor em milímetros por 128.

2. Divida o resultado por 25,4.

3. Monte a fração de modo que o resultado dessa divisão corresponda ao numerador da fração da polegada. O denominador é sempre 128.

4. Simplifique a fração resultante.

Converter polegada fracionária em decimal: vamos supor agora que o desenho que você recebeu tem as medidas em polegadas fracionárias e o seu instrumento de medida está em polegada decimal. Nesse caso, você vai ter de fazer a conversão das medidas. Para isso, basta apenas dividir o numerador da fração por seu denominador.
Como exemplo, vamos converter 3/4" para polegada decimal. Efetuando se a divisão 3 ÷ 4 = 0,75. Esse resultado corresponde a 0,750".

Converter polegada decimal em fracionária: para converter polegada decimal em fracionária, basta transformar a polegada decimal em uma fração na qual o numerador é o valor que você quer converter, multiplicado por 10, 100, 1.000 etc. O denominador é o número que você usou na multiplicação (10, 100, 1.000etc.), dependendo do número decimal a ser convertido. Após a montagem da fração, procede-se à sua simplificação.

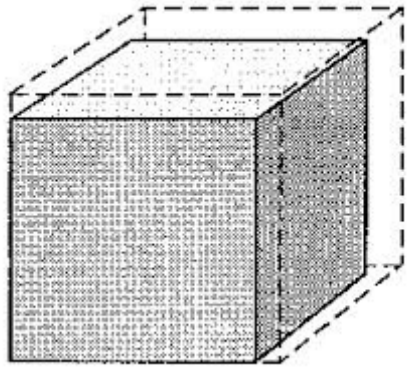
Entendendo a Dilatação Térmica dos Materiais

Um encaixe forçado não é dádiva divina, é apenas o resultado da aplicação de conhecimentos de dilatação térmica.

Dilatação térmica é a mudança de dimensão, isto é, de tamanho, que todos os materiais apresentam quando submetidos ao aumento da temperatura. Por causa dela, as grandes estruturas de concreto, como prédios, pontes e viadutos, são construídas com pequenos vãos, ou folgas, entre as lajes, para que elas possam se acomodar nos dias de muito calor.

Por que isso acontece? Porque, com o aumento da temperatura, os átomos que formam a estrutura dos materiais começam a se agitar mais e, por isso, ocupam mais espaço físico.

A dilatação térmica ocorre sempre em três dimensões: na direção do comprimento, da largura e da altura.



Quando a dilatação ocorrer nessas três dimensões ao mesmo tempo, ela é chamada de dilatação volumétrica. Se apenas duas dimensões são consideradas, a dilatação é superficial. Quando apenas uma das dimensões é considerada, ela é chamada de linear. Esta variação de tamanho que os materiais apresentam quando aquecidos depende de uma constante característica de cada material. Essa constante é conhecida por coeficiente de dilatação térmica, representada pela letra grega α. E é um dado que se obtém na tabela a seguir.

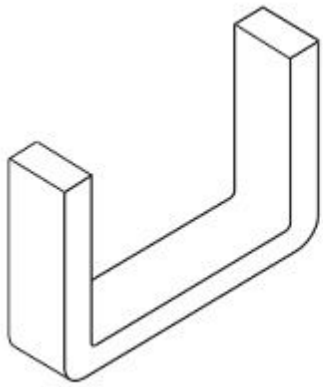
TABELA DE COEFICIENTES DE DILATAÇÃO TÉRMICA POR °C	
MATERIAL	**COEFICIENTE DE DILATAÇÃO LINEAR**
Aço	0,000 012
Alumínio	0,000 024
Antimônio	0,000 011
Chumbo	0,000 029
Cobre	0,000 017
Ferro fundido	0,000 010 5
Grafite	0,000 007 8
Ouro	0,000 014
Porcelana	0,000 004 5
Vidro	0,000 000 5

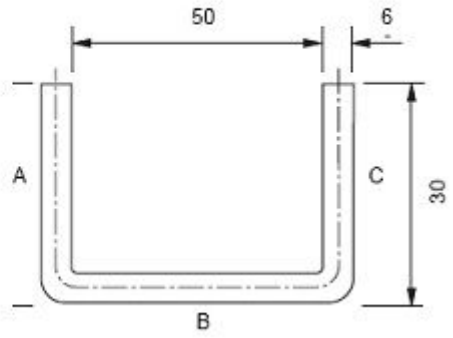
Onde podemos aplicar a dilatação térmica no encaixe forçado?

Vamos usar o fato de que os materiais em geral, e o aço em particular, mudam de dimensões quando aquecidos, para realizar o ajuste forçado. Para isso, você aquece a peça fêmea, ou seja, a que possui o furo (por exemplo, uma coroa), que se dilatará. Enquanto a peça ainda está quente, você monta a coroa no eixo. Quando a coroa esfriar, o ajuste forçado estará pronto. O que você vai ter de saber, para fazer isso corretamente, é qual a temperatura adequada para obter a dilatação necessária para a montagem do conjunto.

Desenho Técnico – Cálculo de Comprimento de Peças

O Cálculo para Peças dobradas: calcular o comprimento das peças antes que sejam dobradas, não é um problema tão difícil de ser resolvido. Basta apenas empregar conhecimentos de Matemática referentes ao cálculo de perímetro (*Perímetro: é a medida do contorno de uma figura geométrica plana*).
Analise o desenho abaixo e pense em um modo de resolver o problema:





Basicamente, são três segmentos de reta (A, B, C). A e C são iguais e correspondem à altura da peça. B, por sua vez, é a base. O que pode ser feito com eles em termos de cálculo?

Você tem duas alternativas de solução:

A) Calcular o comprimento da peça pela linha média da chapa.
B) Multiplicar a altura (30 mm) por 2 e somar com a medida interna (50 mm).

Vamos fazer o cálculo pelo método da **alternativa A**.
Essa alternativa considera a linha média da chapa. Se usarmos as medidas externas da peça, ela ficará maior que o necessário. Da mesma forma, usar as medidas internas, ela ficará menor. Assim, pela lógica, deve-se usar a linha média.Tomando-se a linha média como referência, o segmento B corresponde à medida interna mais duas vezes a metade da espessura da chapa. Então, temos:

50 + 2 x 3 =

50 + 6 = 56 mm

Com esse valor, obteve-se o comprimento da linha média da base da peça. Agora, vamos calcular a altura dos segmentos A e C. Pelo desenho acima a altura da peça é 30 mm. Desse valor, precisamos subtrair metade da espessura da chapa, para encontrarmos a medida que procuramos.

30 - 3 = 27 mm

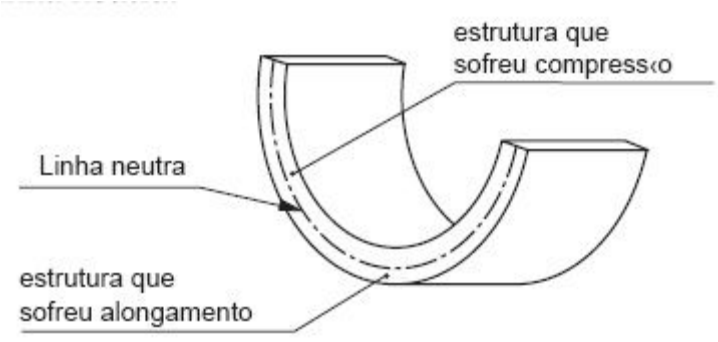
Com isso, obtemos as três medidas: A = 27 mm, B = 56 mm e C = 27 mm. O comprimento é obtido pela soma das três medidas.

27 + 56 + 27 = 110 mm

Portanto, a chapa de que você necessita deve ter 110 mm de comprimento.

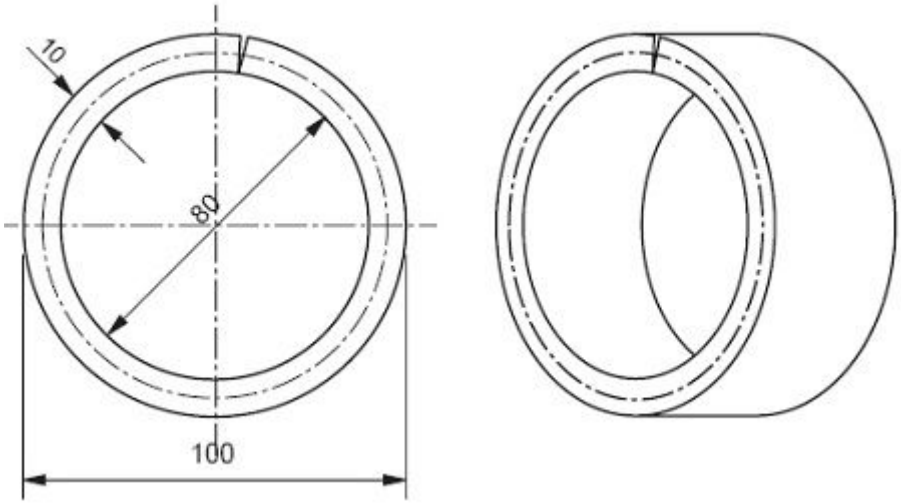
Vamos fazer agora o cálculo pelp método da **alternativa B**: Multiplicar a altura (30 mm) por 2 e somar com a medida interna (50 mm) ou seja:
(30 x 2) + 50 = 110mm

O Cálculo para Peças Curvadas Circulares: para entendermos melhor o cálculo em peças curvadas circulares vamos usar como referência um anel. Por causa de sua deformação, o diâmetro interno não pode ser usado como referência para o cálculo, porque a peça ficará menor do que um tamanho solicitado ou especificado. Usamos neste tipo de peça para fins de cálculo a linha neutra, que não sofre deformação quando a peça é curvada. A figura a seguir dá a ideia do que é essa linha neutra.



Mas como se determina a posição da linha neutra? Esta linha é determinada pelo método que chamamos ensaio, ou seja, um estudo do comportamento do material, realizado com o auxílio de equipamentos apropriados. Caso este método não seja possível realizar outra solução seria fazer um cálculo aproximado do diâmetro médio do anel. Para achar essa média, é necessário somar os valores do diâmetro externo e do diâmetro interno do anel e dividir o resultado por 2.

Exemplo:



Com as medidas do diâmetro interno e do diâmetro externo do desenho acima, faz-ze a conta:

100 + 80 = 180 mm, divide por 2 = 90mm

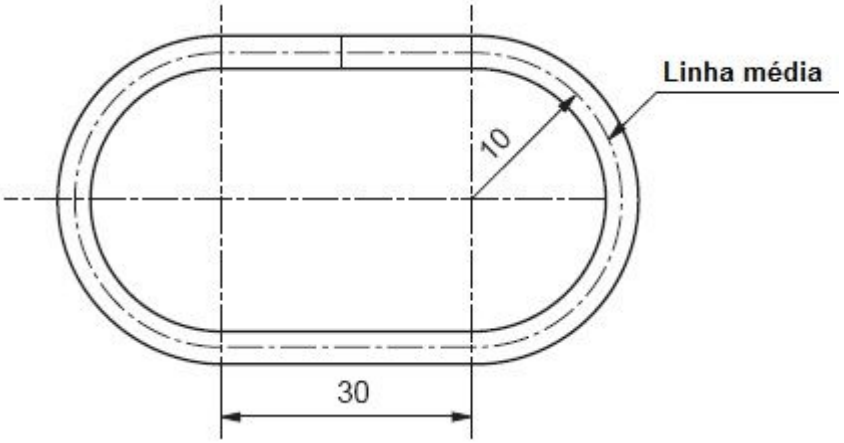
O diâmetro médio é, portanto, de 90 mm corresponde aproximadamente ao diâmetro da circunferência formada pela linha neutra, o qual será usada para calcular a matéria-prima necessária. Como o comprimento do material para a fabricação do anel corresponde mais ou menos ao perímetro da circunferência formada pela linha média, precisamos encontrar o valor desse perímetro.

A fórmula para calcular o perímetro da circunferência é P = D. p, em que D é o diâmetro da circunferência e p é a constante igual a 3,14.

P = 90 x 3,14

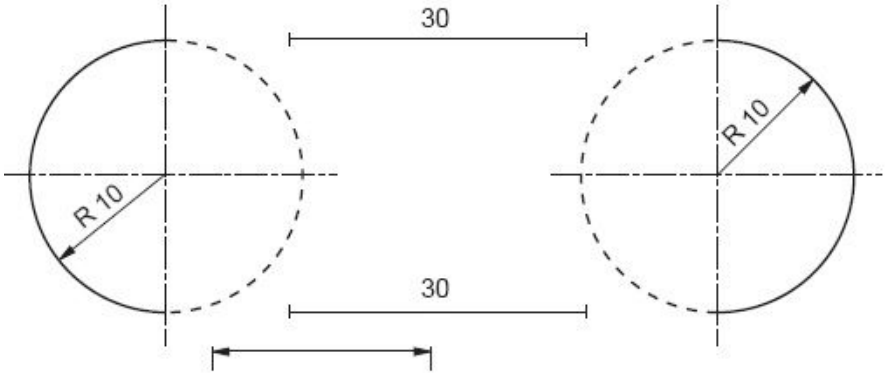
P = 282,6 mm

O Cálculo para Peças Curvadas Semicirculares: peças semicirculares possuem sempre diferentes elementos geométricos. No desenho a seguir podemos exemplificar na prática de como calcular as medidas da peça:



Primeiramente devemos analisar o desenho e descobrir quais os elementos geométricos contidos no mesmo.

Podemos observar no desenho acima duas semicircunferências e dois segmentos de reta. Explicando ainda mais em detalhes veja o desenho a seguir:



As linhas pontilhadas formam duas circunferências absolutamente iguais podendo se fazer os cálculos baseado apenas nas medidas de uma delas. E como temos a medida do raio dessa circunferência (R 10), basta calcular o seu perímetro e somar com o valor dos dois segmentos de reta.

Vale lembrar que para o cálculo do perímetro, temos que usar a fórmula P = 2 x π x R.

Vamos ao cálculo:

P = 2 x Π x R

Substituímos os valores:

P = 2 x 3,14 x 10

P = 6, 28 x 10

P = 62,8 mm

Temos no momento apenas o valor das duas semicircunferências. Precisamos ainda adicionar o valor dos dois segmentos de reta.

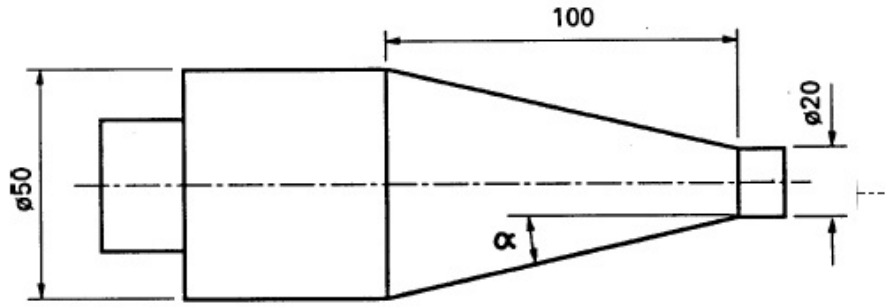
62,8 + 30 + 30 = 122,8 mm

Portanto, o comprimento do material necessário para a fabricação desse elo de corrente é aproximadamente 122,8 mm.

Desenho Técnico – Calculando Medidas Desconhecidas

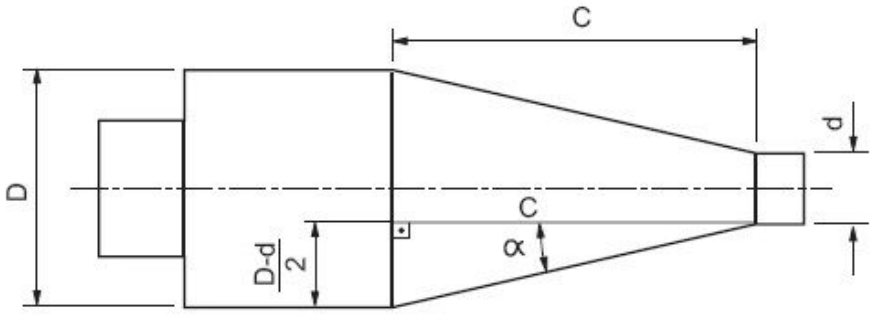
Uma das operações mais comuns que o torneiro realiza é o torneamento cônico. Quando é necessário tornear peças cônicas, uma das técnicas utilizadas é a inclinação do carro superior do torno.

Para que isso seja feito, é preciso calcular o ângulo de inclinação do carro. E esse dado, muitas vezes, não é fornecido no desenho da peça. Vamos fazer o cálculo do desenho a seguir em que não foi informado o ângulo.



E agora, quais serão os cálculos necessários para descobrir o ângulo de inclinação do carro do torno?

Inicialmente vamos analisar o desenho e visualizar o triângulo retângulo. Através da relação entre os lados e ângulos que você se encontra a medida que falta. Vamos ver, então, onde poderia estar o triângulo retângulo no desenho da peça:



Vamos às fórmulas:

$$tg\alpha = \frac{\text{cat.oposto}}{\text{cat.adjacente}} \text{ ou } \frac{co}{ca} \leftrightarrow tg\alpha = \frac{\frac{D-d}{2}}{c} \leftrightarrow tg\alpha = \frac{D-d}{2c}$$

Onde:

a = Ângulo de inclinação do carro superior (ângulo de inclinação do cone);

C= Comprimento do cone;

D= Diâmetro maior do cone;

d= Diâmetro menor do cone.

Desenho Técnico – O Cálculo da RPM

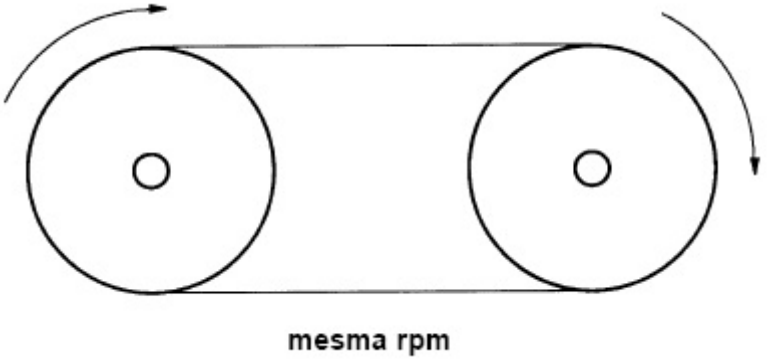
Os conjuntos formados por polias e correias e os formados por engrenagens são responsáveis pela transmissão da velocidade do motor (seja elétrico ou a combustão) para a máquina. Geralmente, os motores possuem velocidade fixa.

Estes conjuntos transmissores de velocidade são capazes também de modificar a velocidade original do motor para atender às necessidades operacionais da máquina. Assim, podemos ter um motor que gire a 600 rotações por minuto (RPM) movimentando uma máquina que necessita de apenas 60 rotações por minuto. Isso é possível graças aos diversos tipos de combinações de polias e correias ou de engrenagens, que modificam a relação de transmissão de velocidade entre o motor e as outras partes da máquina.

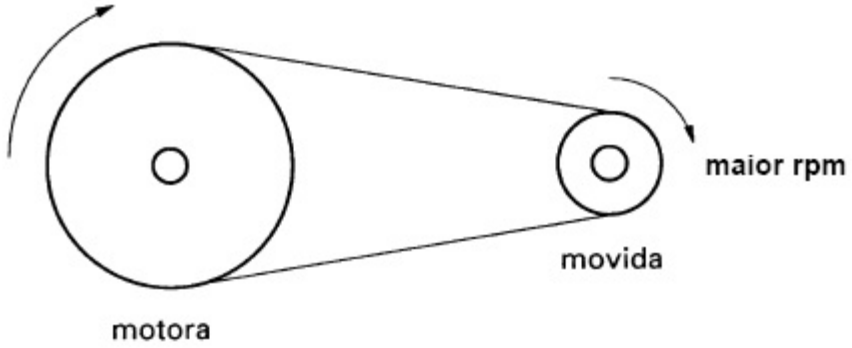
Em operações de manutenção ou reforma de máquinas, o mecânico às vezes encontra máquinas sem placas que identifiquem sua RPM. Ele pode também estar diante da necessidade de repor polias ou engrenagens cujo diâmetro ou número de dentes ele desconhece,

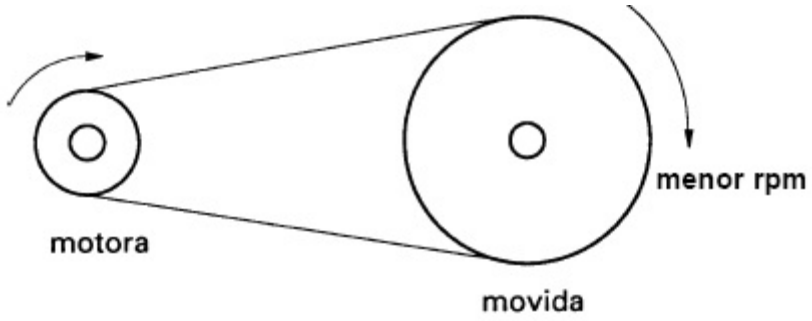
mas que são informações fundamentais para que se obtenha a RPM operacional original da máquina.

A velocidade dos motores é dada em rpm. Esta sigla quer dizer rotação por minuto. Como o nome já diz, a rpm é o número de voltas completas que um eixo, ou uma polia, ou uma engrenagem dá em um minuto. A velocidade fornecida por um conjunto transmissor depende da relação entre os diâmetros das polias. Polias de diâmetros iguais transmitem para a máquina a mesma velocidade (mesma rpm) fornecida pelo motor.



Polias de tamanhos diferentes transmitem maior ou menor velocidade para a máquina. Se a polia motora, isto é, a polia que fornece o movimento, é maior que a movida, isto é, aquela que recebe o movimento, a velocidade transmitida para a máquina é maior (maior rpm). Se a polia movida é maior que a motora, a velocidade transmitida para a máquina é menor (menor rpm).



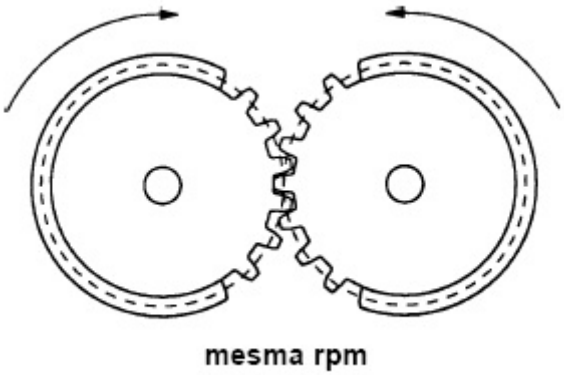


Existe uma relação matemática que expressa esse fenômeno:

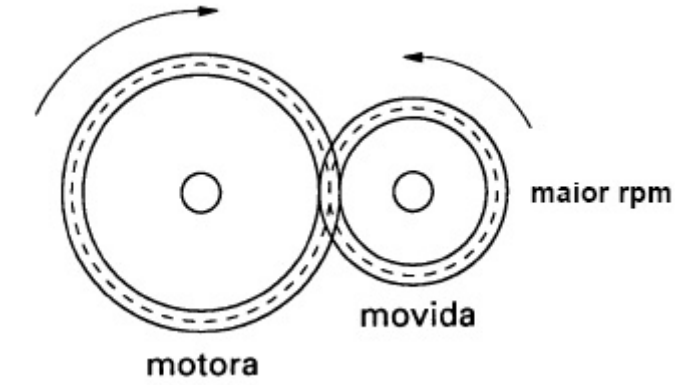
$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

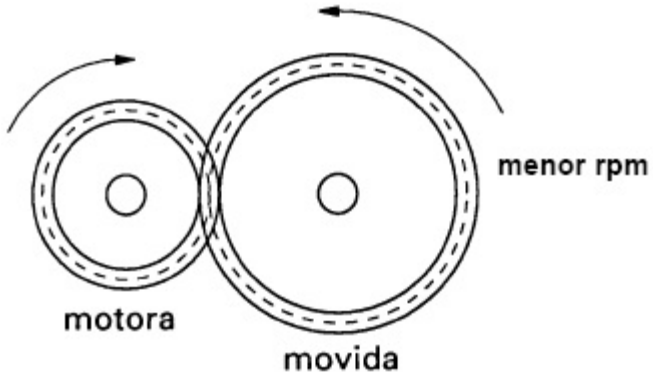
Em que n1 e n2 são as rpm das polias motora e movida, respectivamente, e D 2 e D1 são os diâmetros das polias movida e motora. Da mesma forma, quando o conjunto transmissor de velocidade é composto por engrenagens, o que faz alterar a rpm é o número de dentes. É importante saber que, em engrenagens que trabalham juntas, a distância entre os dentes é sempre igual.

Desse modo, engrenagens com o mesmo número de dentes apresentam a mesma rpm.



Engrenagens com números diferentes de dentes apresentam mais ou menos rpm, dependendo da relação entre o menor ou o maior número de dentes das engrenagens motora e movida.



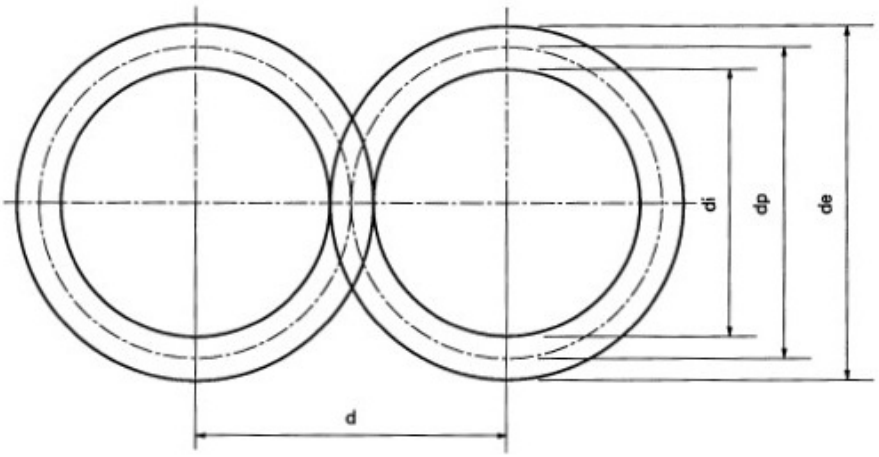


Desenho Técnico – Cálculo de Engrenagens Cilíndricas

A engrenagem cilíndrica de dentes retos é a mais comum que existe.

Para a sua construção é necessário considerar uma série de dados, a saber:

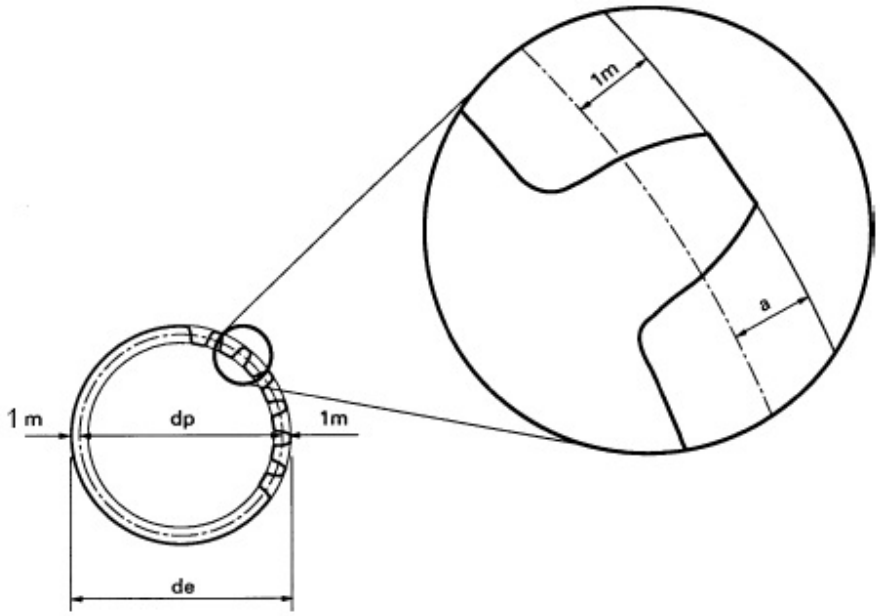
- Número de dentes (Z)
- Diâmetro externo (de)
- Módulo (m)
- Diâmetro primitivo (dp)
- Diâmetro interno (di)
- Altura do dente (h)
- Altura da cabeça (a)
- Altura do pé do dente (b)
- Passo (p)



Cálculo do módulo: é a medida que representa a relação entre o diâmetro primitivo (dp) dessa mesma engrenagem e seu número de dentes (Z). Essa relação é representada matematicamente do seguinte modo: M= dp ÷ Z, ou M= p ÷ Π e ainda M= De ÷ (Z + 2)
Com o módulo e o número de dentes determina-se a ferramenta a ser usada para fresar a engrenagem.O módulo também auxilia nos cálculos para se encontrar todas as outras dimensões da engrenagem já citadas. Por causa disso, na realidade, é possível calcular o módulo partindo de qualquer medida conhecida da engrenagem a ele relacionada. Por exemplo,você pode calcular o módulo a partir da medida do diâmetro externo e do número de dentes da engrenagem. Então, vamos voltar ao problema inicial: você juntou os fragmentos da engrenagem e contou o número de dentes:

Z = 60. Depois você mediu o diâmetro externo e obteve: de = 124 mm. Guarde esses dados para usar daqui a pouco.

Cálculo do diâmetro externo: o diâmetro externo é igual ao diâmetro primitivo (dp) mais duas vezes a altura da cabeça do dente (a) que, por sua vez, é igual a um módulo. Isso é fácil de verificar, se você observar o desenho a seguir.



Matematicamente, isso corresponde a: de = dp + 2 x m ou também de= m (z+2)

Cálculo da altura total do dente: antes de iniciar o cálculo da altura do dente, é necessário saber qual norma ela usa, veja:

DIN/ ABNT	ASA (USA)	ISO (UNE 10.016)
$2{,}166 \times m$	$2{,}157 \times m$	$2{,}25 \times m$

Vamos supor que para executar sua tarefa, você vai usar a norma DIN/ABNT e a = 20°. Qual deve ser então o valor de h?

Você tem que:

h = 2,166 x m

Substituindo vem:

h = 2,166 x 3

h = 6,498 mm

Assim, a altura do dente é de 6,498 mm. Isso significa que a fresa deve penetrar no blanque nesta profundidade.

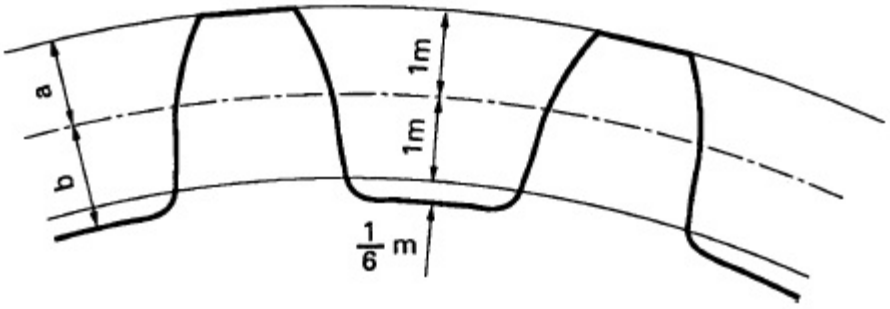
Cálculo da altura do pé do dente da engrenagem: A altura do pé do dente da engrenagem (b) é 1m+1/6 m, ou seja:

$$h = 1\ m + \frac{1}{6}\ m$$

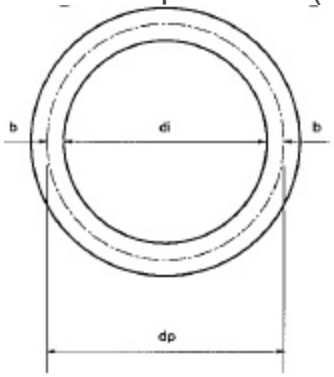
$$h = \frac{6}{6}\ m + \frac{1}{6}\ m$$

$$h = \frac{7}{6}\ m$$

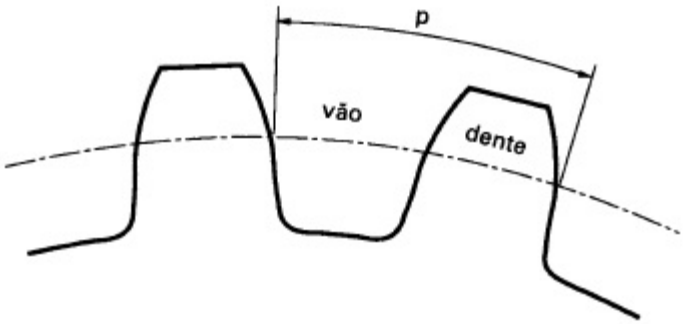
$$\mathbf{h = 1,166 \cdot m}$$



Cálculo de diâmetro interno: o diâmetro interno (di) é igual ao diâmetro primitivo (dp) menos 2 vezes a altura do pé do dente (b).



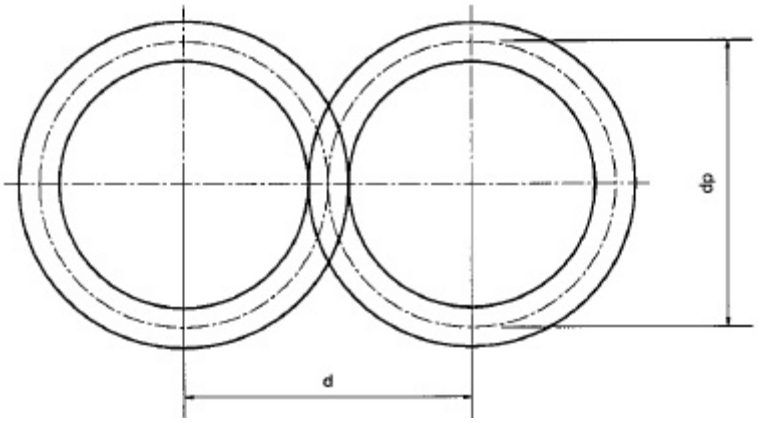
Cálculo do passo: é a medida do arco da circunferência do diâmetro primitivo que corresponde a um dente e a um vão da engrenagem.



Ele é calculado a partir do perímetro da circunferência do diâmetro primitivo (dp · Π) dividido pelo número de dentes da engrenagem, porque o número de dentes corresponde ao número de passos.

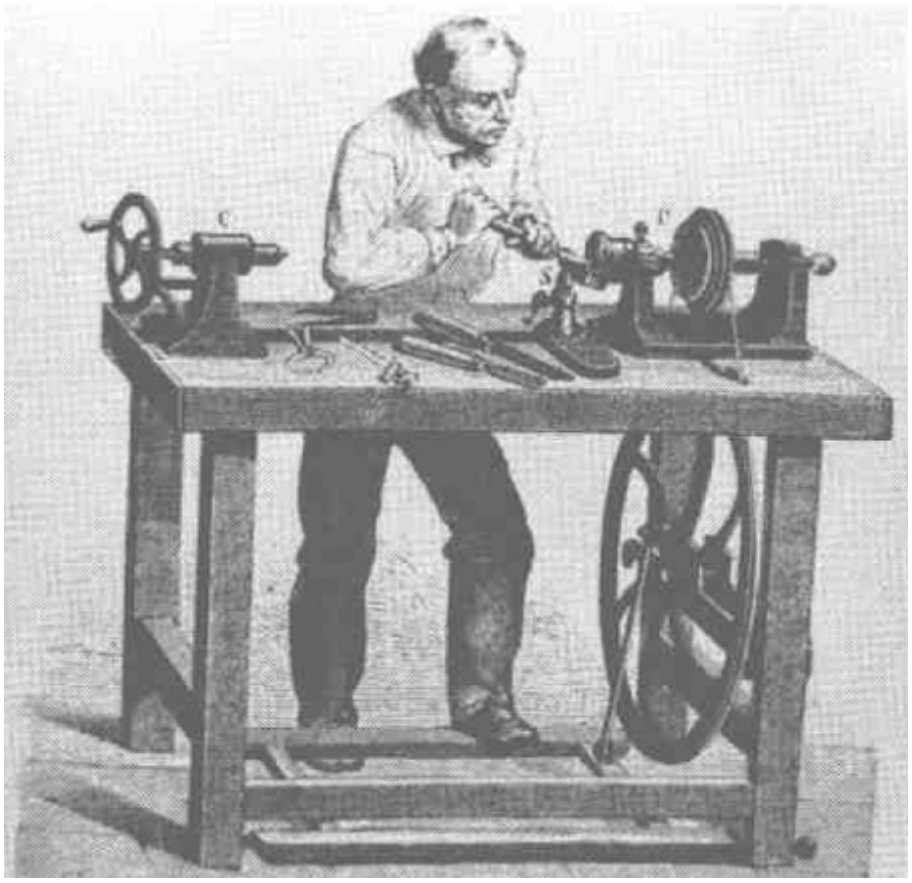
$$p = \frac{dp \cdot p}{Z}$$

Cálculo da distância entre eixos: uma engrenagem jamais irá trabalhar sozinha. Tendo isso em mente, dá para perceber que, além das medidas que já calculamos, precisamos conhecer também a distância entre os centros dos eixos que apóiam as engrenagens. Essa medida se baseia no ponto de contato entre as engrenagens. Esse ponto está localizado na tangente das circunferências que correspondem aos diâmetros primitivos das engrenagens.



Portanto $d = \frac{dp_1}{2} + \frac{dp_2}{2}$ ou $d = \frac{dp_1 + dp_2}{2}$,

Processos de Usinagem – Introdução



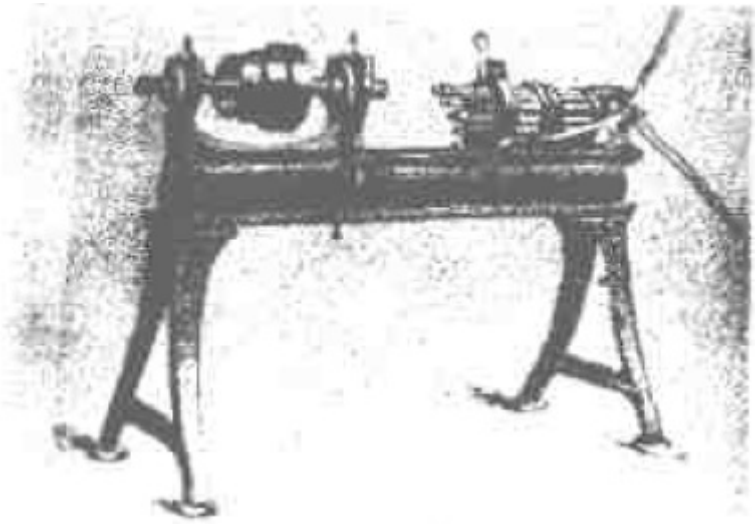
Vamos iniciar falando da origem do que hoje conhecemos por usinagem:

Até a revolução industrial, em meados do século XVIII, o principal material utilizado na construção mecânica era a madeira, sendo facilmente trabalhada com ferramentas de aço carbono.

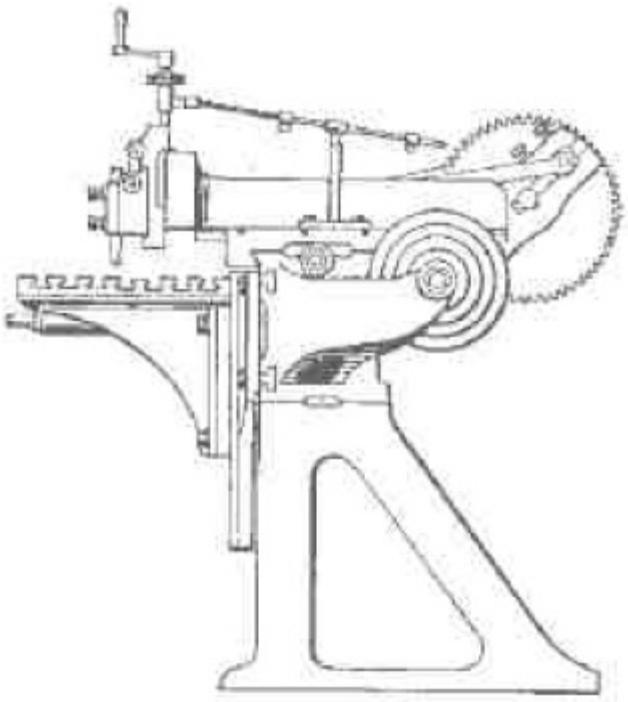
Porém, durante a revolução industrial, com a criação das máquinas a vapor, surgiu a necessidade de trabalhar materiais mais resistentes como o latão, bronze e os ferros fundidos, dessa forma, impulsionado o desenvolvimento de materiais para ferramentas e de máquinas operatrizes.

A primeira máquina significativa foi construída em 1774 e se tratava de uma mandriladora para mandrilar cilindros de máquinas a vapor.

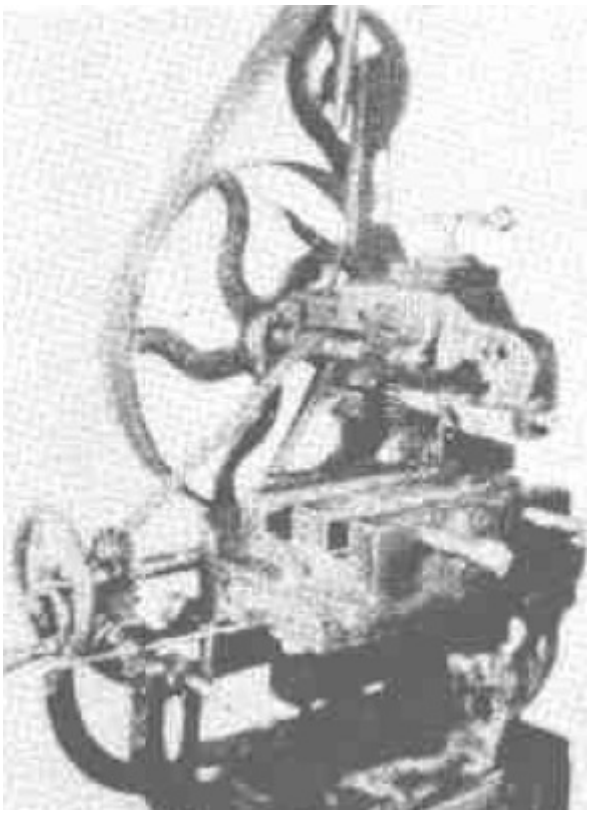
Em 1797 foi desenvolvido o primeiro torno com avanço automático e logo em seguida surgiu a plaina limadora.



Em 1860 foi criada a retificadora.



Em 1862 foi criada a primeira fresadora universal.



A partir do século XX surgiram produtos feitos de materiais mais duráveis e, consequentemente, mais difíceis de serem usinados. O advento das ferramentas de aço rápido, e mais tarde de carboneto de tungstênio, assim como do aperfeiçoamento das máquinas ferramentas, permitiram a usinagem de aços mais duros e outros materiais metálicos com alta produtividade.

O desenvolvimento das máquinas automáticas e de máquinas com comando numérico tiveram papel fundamental no avanço da produtividade.

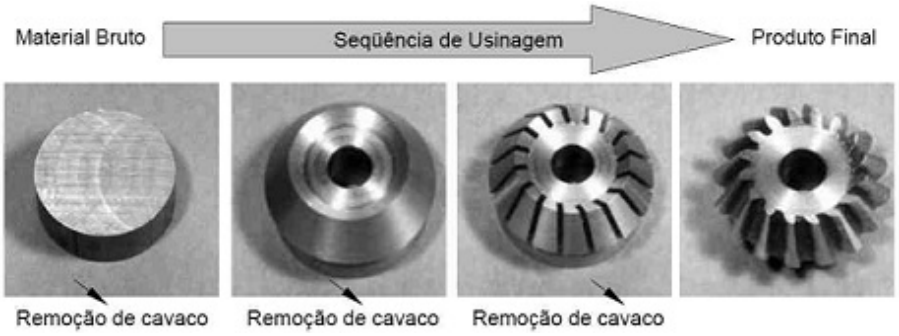
A partir da década de 1940 os processos não convencionais de usinagem passaram a ganhar importância pela capacidade de produzir peças de geometria complexa em materiais de difícil usinabilidade, garantindo elevada qualidade.

Com o passar dos anos, os metais duros sinterizados e os materiais de ferramentas baseados em materiais oxicerâmicos são outros, resultados de uma pesquisa intensiva na área de materiais para ferramentas. Porém, até hoje, ainda não foi concluído a busca por um material com dureza infinita, mas existe uma melhora constante; isto referido à fabricação e utilização de materiais para ferramentas,

como por exemplo os materiais nitreto de boro cúbico e ferramentas de diamante.

Para poder satisfazer as exigências crescentes quanto à qualidade das peças e a viabilidade econômica do processo de fabricação, as ferramentas devem ser usadas de forma econômica para que todas as grandezas que participam no processo de usinagem como, geometria da ferramenta, condições de corte, material da peça e materiais auxiliares, tenham a sua influência e seu efeito sobre o resultado do trabalho considerados. O conhecimento da interdependência funcional dos diversos fatores, permite o aproveitamento das reservas tecnológicas disponíveis.

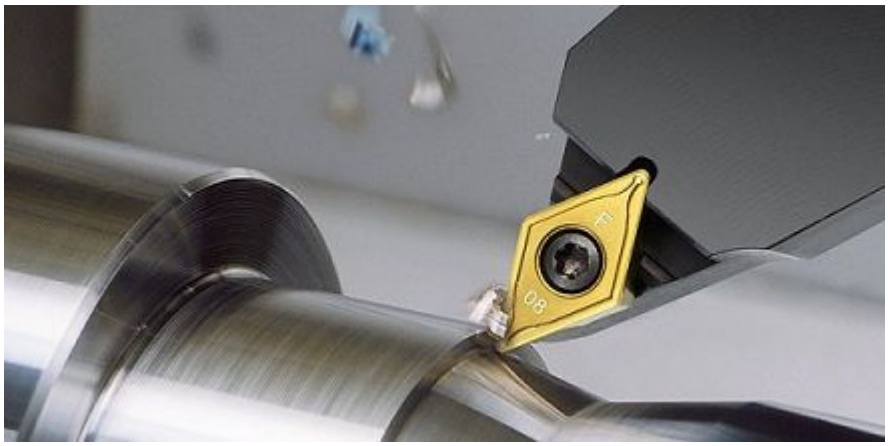
Operações de usinagem, entendemos aquelas que, ao conferir à peça a forma, ou as dimensões ou o acabamento, ou ainda uma combinação qualquer destes três bens, produzem cavaco.



Definimos cavaco como a porção de material da peça, retirada pela ferramenta, caracterizando-se por apresentar forma geométrica irregular. Além desta característica, estão envolvidos no mecanismo da formação do cavaco alguns fenômenos particulares, tais como o recalque, a aresta postiça de corte, a craterização na superfície de saída da ferramenta e a formação periódica do cavaco (dentro de determinado campo de variação da velocidade de corte).

Como operações de conformação entendemos aquelas que visam conferir à peça a forma ou as dimensões, ou o acabamento específico, ou ainda qualquer combinação destes três bens, através da deformação plástica do metal. Devido ao fato da operação de corte em chapas estar ligada aos processos de estampagem profunda, dobra e curvatura de chapas, essa operação é estudada no grupo de operações de conformação dos metais.

Processos de Usinagem – Torneamento

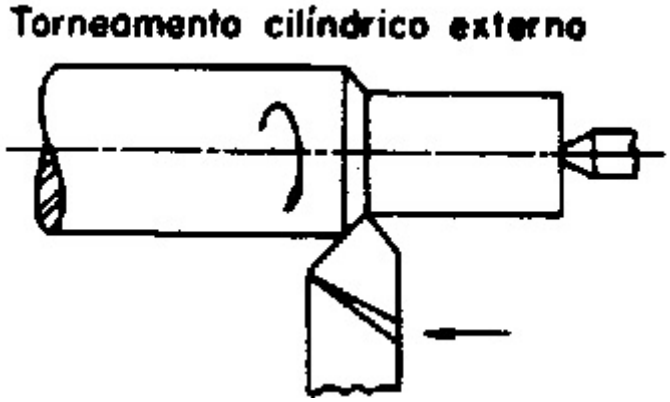


O Torneamento é um processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de superfícies de revolução com auxílio de uma ou mais ferramentas monocortantes. Para tanto, a peça gira em torno do eixo principal de rotação da máquina e a ferramenta se desloca simultaneamente segundo uma trajetória coplanar com o referido eixo.

Quanto à forma da trajetória, o torneamento pode ser retilíneo ou curvilíneo.

Torneamento retilíneo: Processo de torneamento no qual a ferramenta se desloca segundo uma trajetória retilínea. O torneamento retilíneo pode ser:

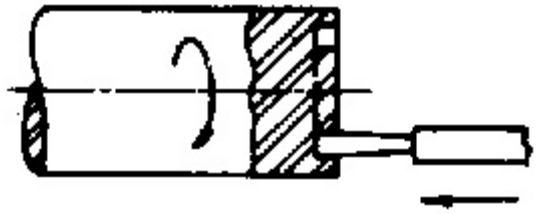
Torneamento cilíndrico: Processo de torneamento no qual a ferramenta se desloca segundo uma trajetória paralela ao eixo principal de rotação da máquina. Pode ser externo ou interno.



Torneamento cilíndrico interno

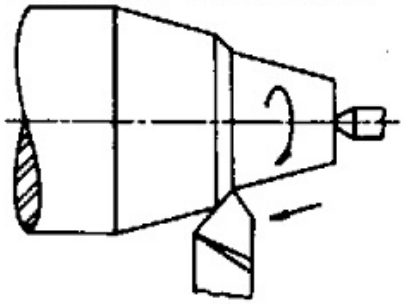
Quando o torneamento cilíndrico visa obter na peça um entalhe circular, na face perpendicular ao eixo principal de rotação da máquina, o torneamento é denominado sangramento axial.

Sangramento axial

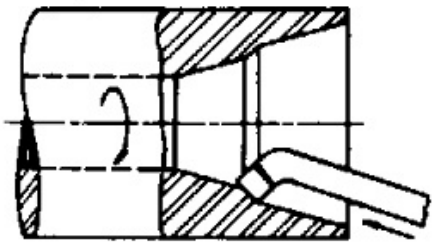


Torneamento cônico: Processo de torneamento no qual a ferramenta se desloca segundo uma trajetória retilínea, inclinada em relação ao eixo principal de rotação da máquina. Pode ser externo ou interno.

Torneamento cônico externo



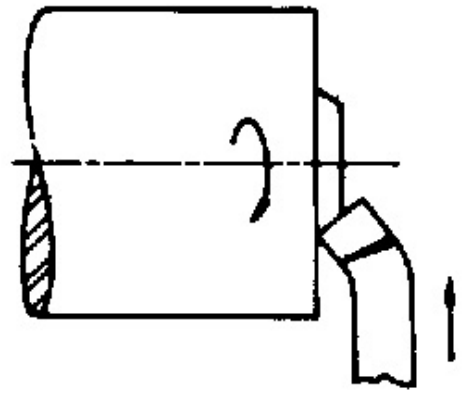
Torneamento cônico interno



Torneamento radial: Processo de torneamento no qual a ferramenta se desloca segundo uma trajetória retilínea, perpendicular ao eixo principal de rotação da máquina.

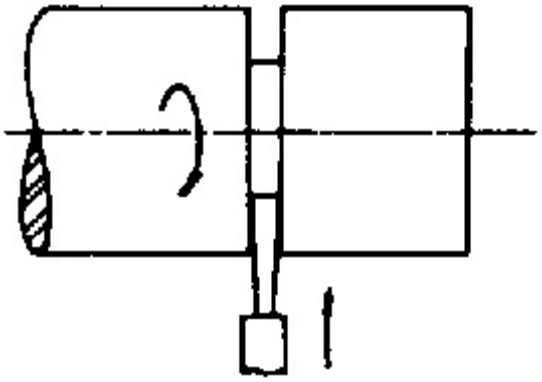
Quando o torneamento radial visa a obtenção de uma superfície plana, o torneamento é denominado torneamento de faceamento.

Torneamento de faceamento



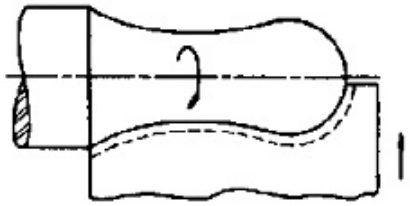
Quando o torneamento radial visa a obtenção de um entalhe circular, o torneamento é denominado sangramento radial.

Sangramento radial

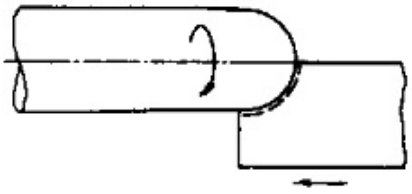


Perfilamento: Processo de torneamento no qual a ferramenta se desloca segundo uma trajetória retilínea radial ou axial, visando a obtenção de uma forma definida, determinada pelo perfil da ferramenta.

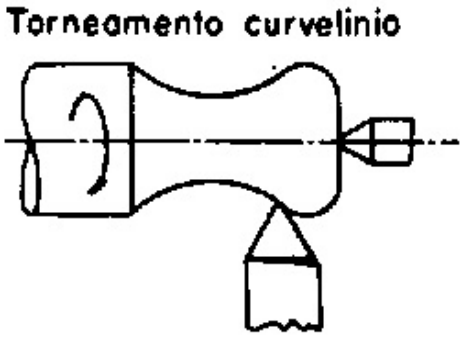
Perfilamento radial



Perfilamento axial



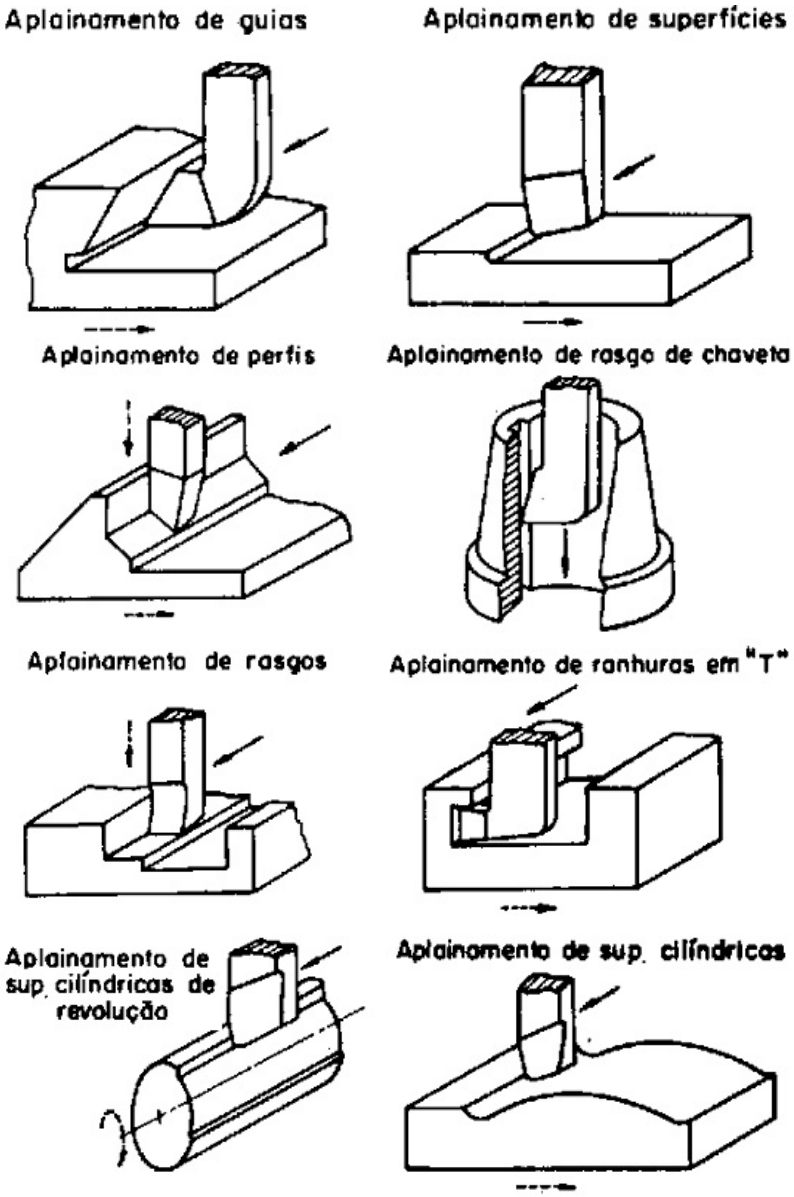
Torneamento curvilíneo: Processo de torneamento, no qual a ferramenta se desloca segundo uma trajetória curvilínea.



Quanto à finalidade, as operações de torneamento podem ser classificadas ainda em torneamento de desbaste e torneamento de acabamento. Entende-se por acabamento a operação de usinagem destinada a obter na peça as dimensões finais, ou um acabamento superficial especificado, ou ambos. O desbaste é a operação de usinagem, anterior a de acabamento, visando a obter na peça a forma e dimensões próximas das finais.

Processos de Usinagem – Aplainamento

O Aplainamento é um processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de superfícies regradas, geradas por um movimento retilíneo alternativo da peça ou da ferramenta. O aplainamento pode ser horizontal ou vertical, vejas as imagens a seguir:

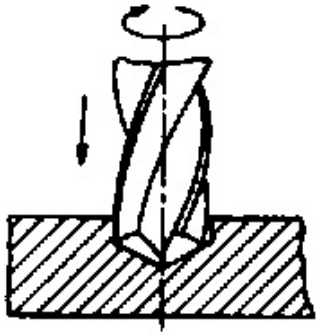


Quanto à finalidade, as operações de aplainamento podem ser classificadas ainda em aplainamento de desbaste a aplainamento de acabamento.

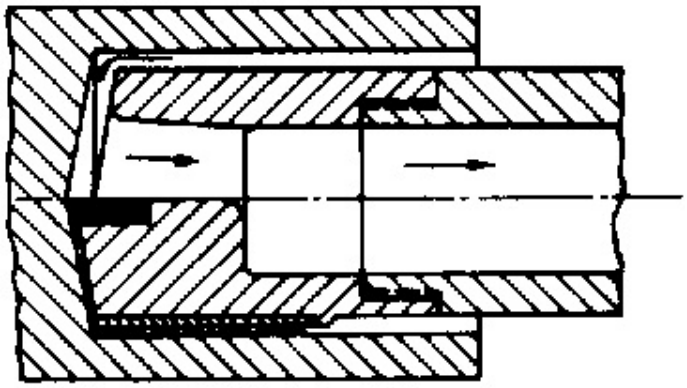
Processos de Usinagem – Furação

Processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de um furo geralmente cilíndrico numa peça, com auxílio de uma ferramenta geralmente multicortante. Para tanto, a ferramenta ou a peça giram e simultaneamente a ferramenta ou a peça se deslocam segundo uma trajetória retilínea, coincidente ou paralela ao eixo principal da máquina. A furação subdivide-se nas operações:

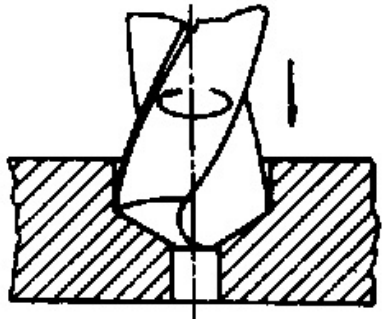
Furação em cheio: destinado à abertura de um furo cilíndrico numa peça, removendo todo o material compreendido no volume do furo final, na forma de cavaco.



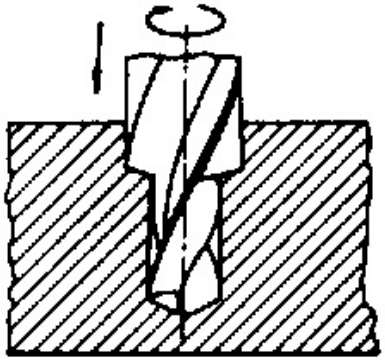
No caso de furos de grande profundidade há necessidade de ferramenta especial.



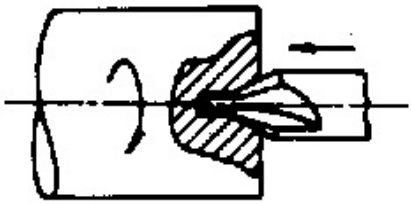
Escareamento: destinado à abertura de um furo cilíndrico numa peça pré-furada.



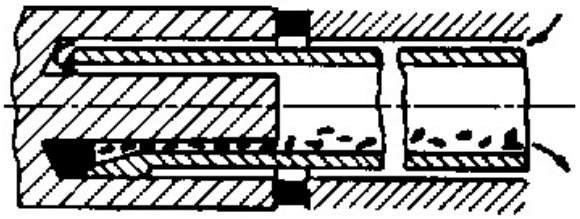
Furação escalonada: Processo de furação destinado à obtenção de um furo com dois ou mais diâmetros, simultaneamente



Furação de centros: destinado à obtenção de furos de centro, visando uma operação posterior na peça.



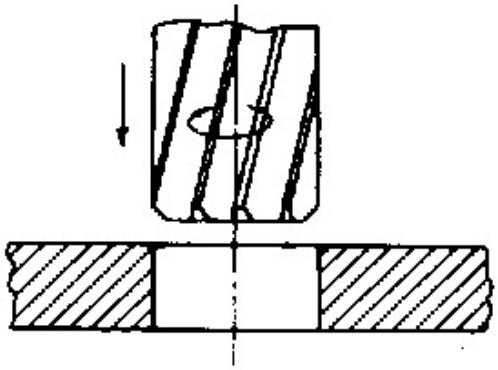
Trepanação: é um processo de furação em que apenas uma parte de material compreendido no volume do furo final é reduzida a cavaco, permanecendo um núcleo maciço.



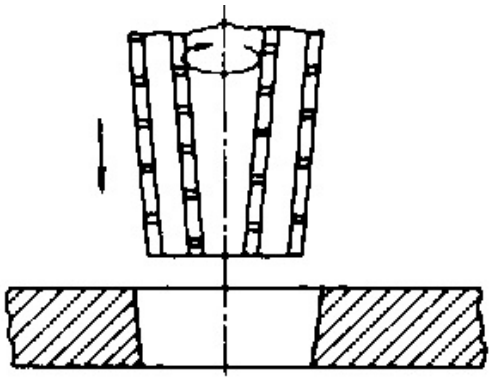
Processos de Usinagem – Alargamento

É um processo de usinagem destinado ao desbaste ou ao acabamento de furos cilíndricos ou cônicos, com auxílio de ferramenta geralmente multicortante. Para tanto, a ferramenta ou a peça giram e a ferramenta ou a peça se deslocam segundo uma trajetória retilínea, coincidente ou paralela ao eixo de rotação da ferramenta. O alargamento pode ser:

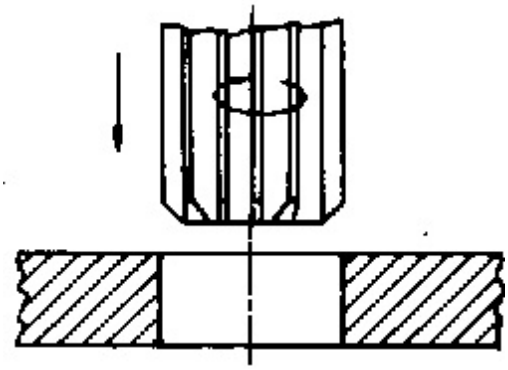
Alargamento de desbaste: destinado ao desbaste da parede de um furo cilíndrico.



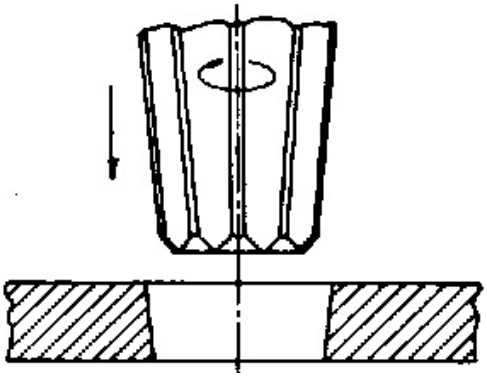
Ou furo cônico.



Alargamento de acabamento: destinado ao acabamento da parede de um furo cilíndrico



Ou furo cônico.

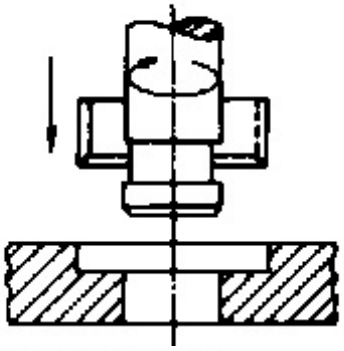


Processos de Usinagem – Rebaixamento

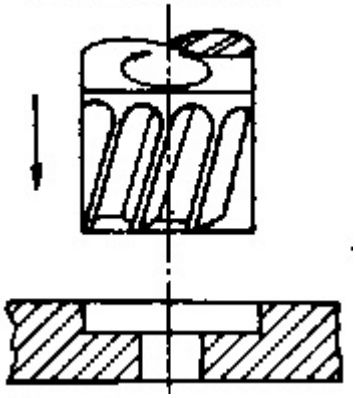
É um processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de uma forma qualquer na extremidade de um furo. Para tanto, a ferramenta ou a peça giram e a ferramenta ou a peça se deslocam segundo uma

trajetória retilínea, coincidente ou paralela ao eixo de rotação da ferramenta. Veja a seguir os tipos de rebaixamento mais comuns:

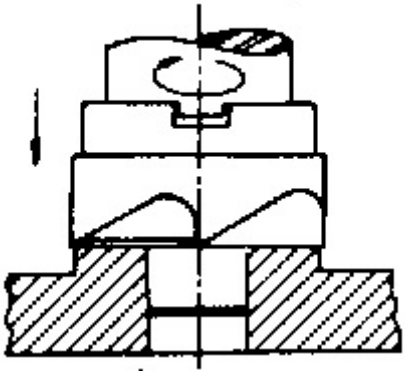
Rebaixamento guiado



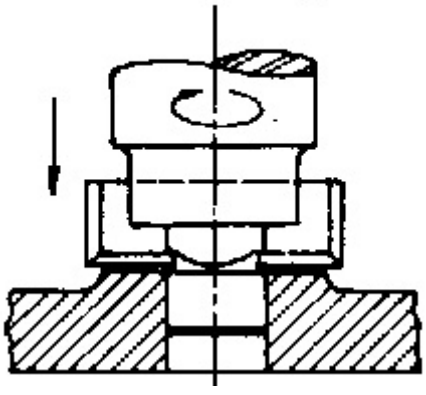
Rebaixamento

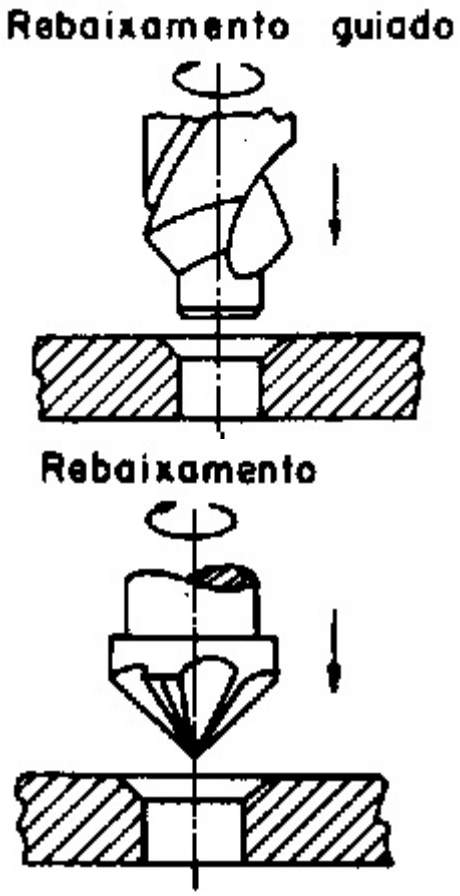


Rebaixamento guiado



Rebaixamento guiado

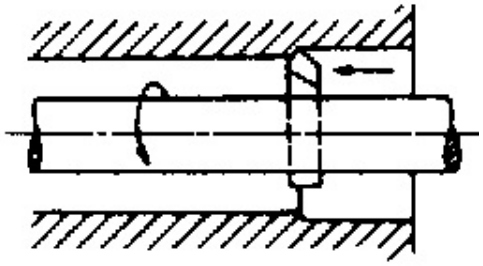




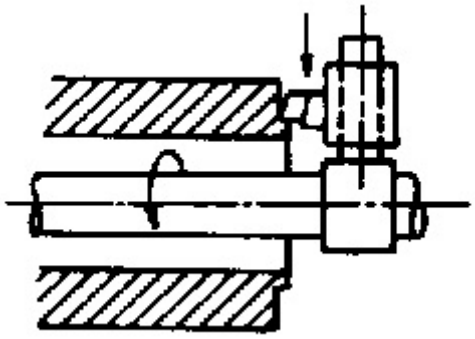
Processos de Usinagem – Mandrilamento

Processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de superfícies de revolução com auxílio de uma ou várias ferramentas de barra. Para tanto, a ferramenta gira e a peça ou a ferramenta se deslocam simultaneamente segundo uma trajetória determinada.

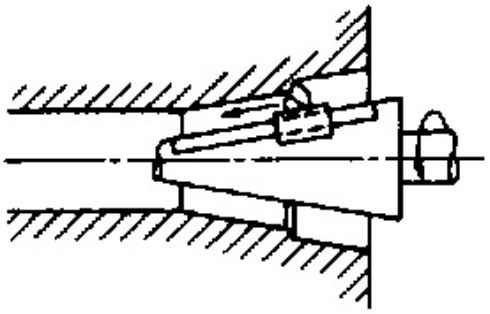
Mandrilamento cilíndrico: processo de mandrilamento no qual a superfície usinada é cilíndrica de revolução, cujo eixo coincide com o eixo em torno do qual gira a ferramenta.



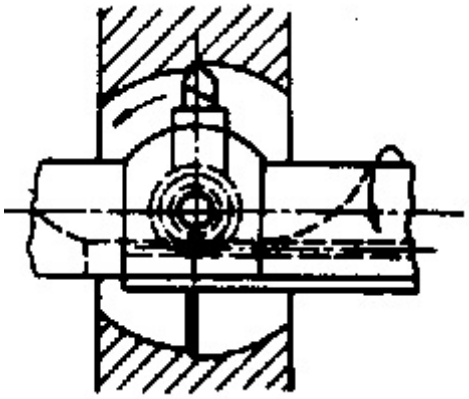
Mandrilamento radial: processo de mandrilamento no qual a superfície usinada é plana e perpendicular ao eixo em torno do qual gira a ferramenta.



Mandrilamento cônico: processo de mandrilamento no qual a superfície usinada é cônica de revolução, cujo eixo coincide com o eixo em torno do qual gira a ferramenta.



Mandrilamento de superfícies especiais: processo de mandrilamento no qual a superfície usinada é uma superfície de revolução, diferente das anteriores, cujo eixo coincide com o eixo em torno do qual gira a ferramenta. Exemplos: mandrilamento esférico, mandrilamento de sangramento, etc..

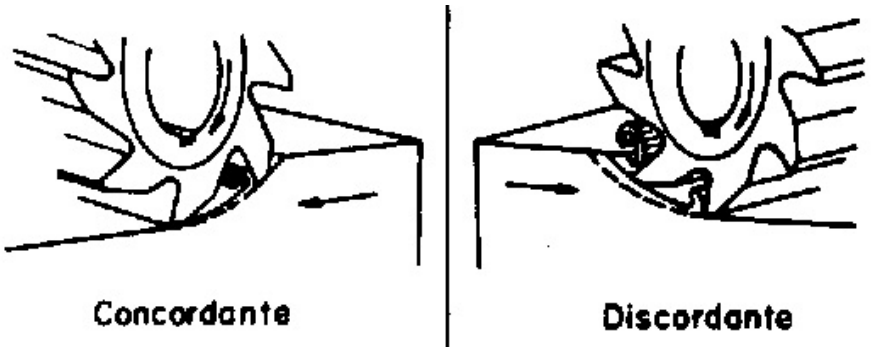


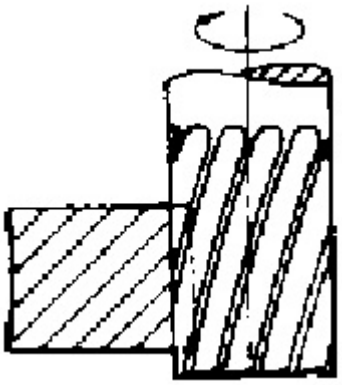
Quanto à finalidade, as operações de mandrilamento podem ser classificadas ainda em mandrilamento de desbaste e mandrilamento de acabamento.

Processos de Usinagem – Fresamento

É um processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de superfícies quaisquer com o auxílio de ferramentas geralmente multicortantes. Para tanto, a ferramenta gira e a peça ou a ferramenta se deslocam segundo uma trajetória qualquer. Distinguem-se dois tipos básicos de fresamento:

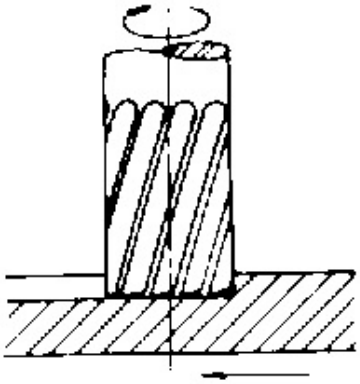
Fresamento cilíndrico tangencial: destinado à obtenção de superfície plana paralela ao eixo de rotação da ferramenta.



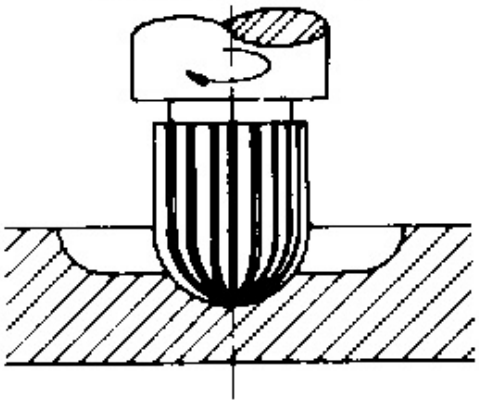


Quando a superfície obtida não for plana ou o eixo de rotação da ferramenta for inclinado em relação à superfície originada na peça, será considerado um processo especial de fresamento tangencial. Veja as imagens a seguir:

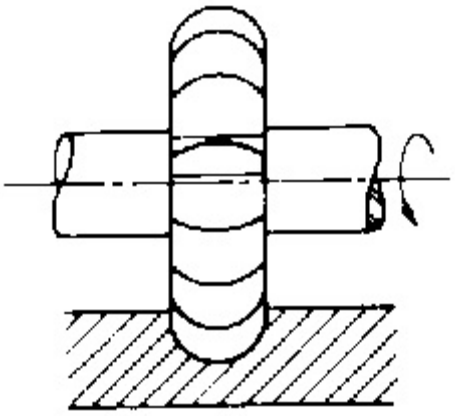
Fresamento frontal de canuletas com fresa de topo



Fresamento frontal (caso especial)

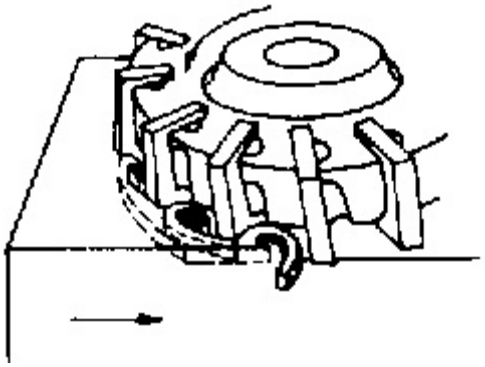


Fresamento tangencial de perfil

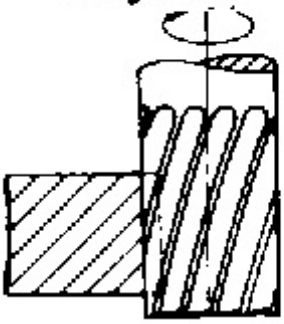


Fresamento frontal: destinado à obtenção de superfície plana perpendicular ao eixo de rotação da ferramenta.

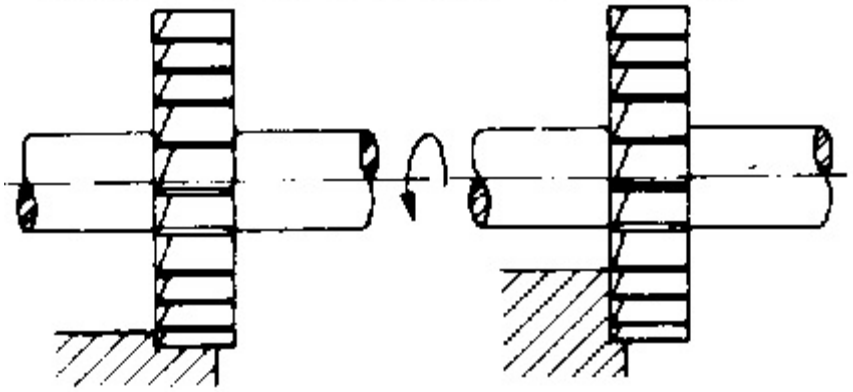
Fresamento frontal



Fresamento cilíndrico tangencial



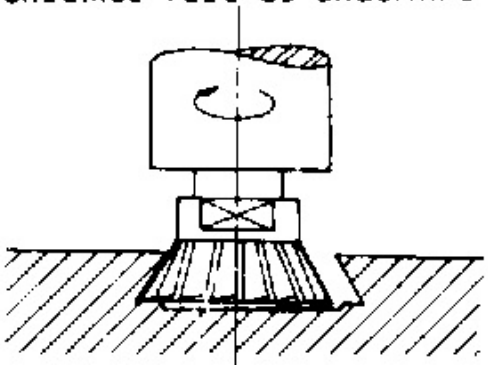
Fresamento de duas superfícies ortogonais



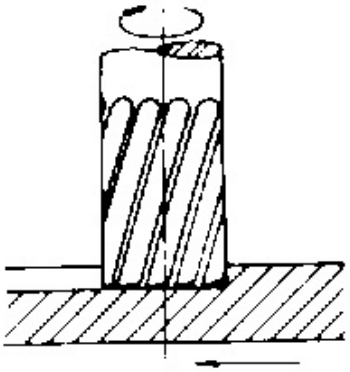
Predominantemente tangencial

Predominantemente frontal

Fresamento tangencial de encaixes "rabo de andorinha"

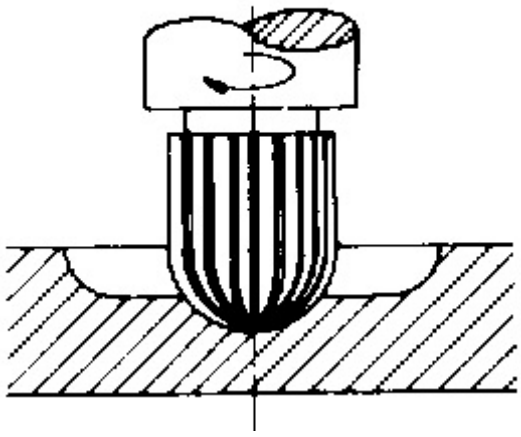


Fresamento frontal de canuletas com fresa de topo

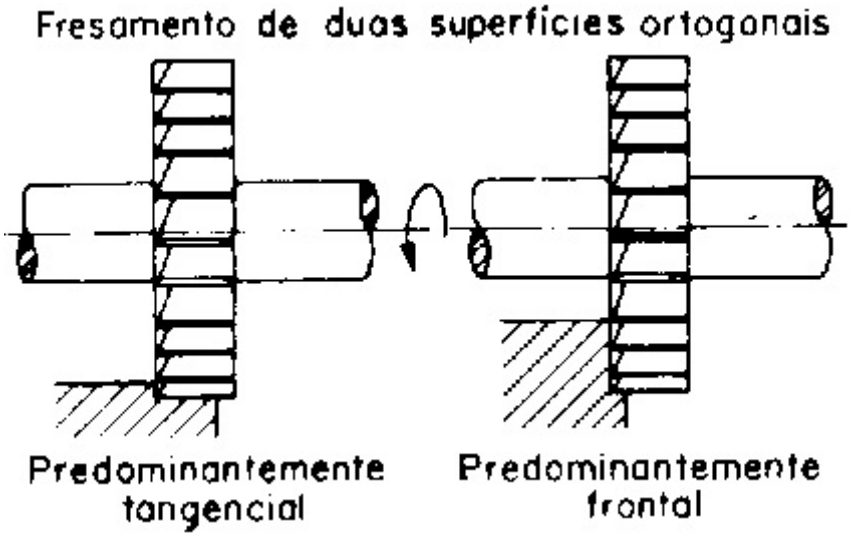


O caso de fresamento indicado na figura a seguir é considerado como um caso especial de fresamento frontal.

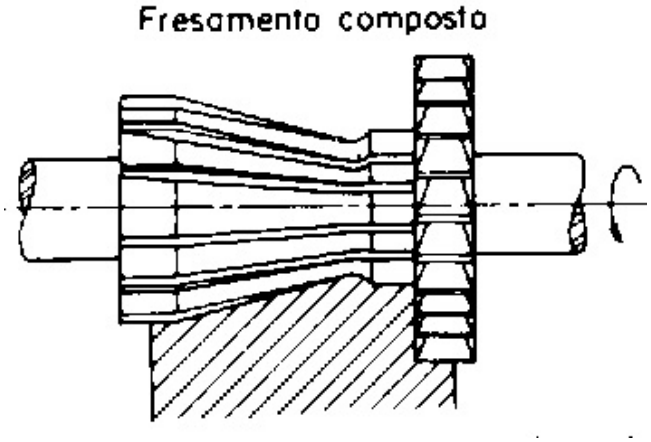
Fresamento frontal (caso especial)



Existem casos que os dois tipos básicos de fresamento comparecem simultaneamente, podendo haver ou não predominância de um sobre outro.



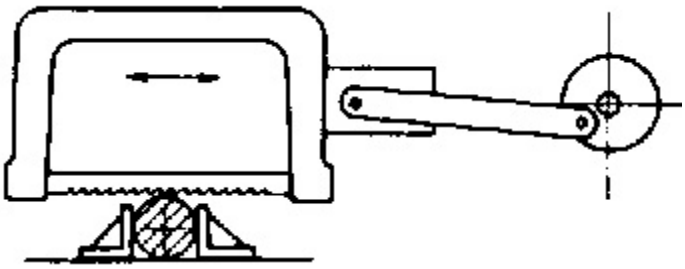
A operação indicada na próxima figura pode ser considerada como um fresamento composto.



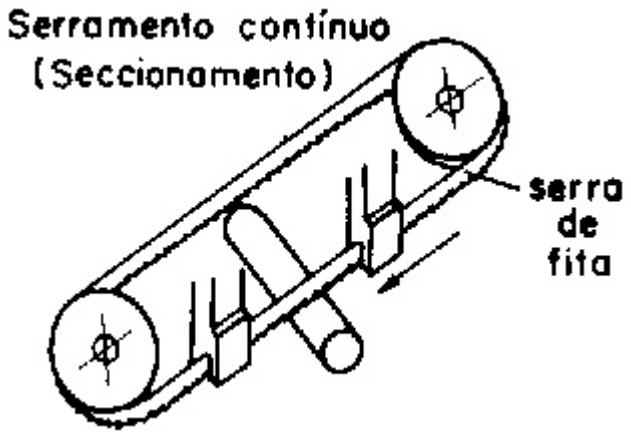
Processos de Usinagem – Serramento

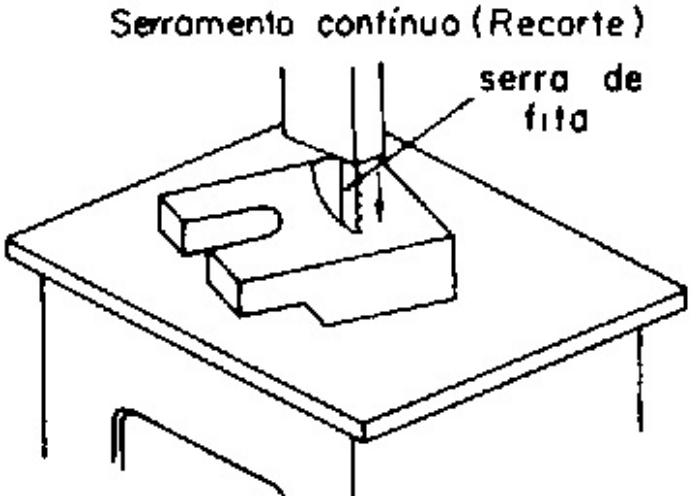
É um processo mecânico de usinagem destinado ao seccionamento ou recorte com auxílio de ferramentas multicortantes de pequena espessura. Para tanto, a ferramenta gira ou se desloca, ou executa ambos os movimentos e a peça se desloca ou se mantém parada. O serramento pode ser:

Serramento retilíneo: processo em que a ferramenta se desloca segundo uma trajetória retilínea com movimento alternativo ou não.
Exemplo de serramento retilíneo alternativo;

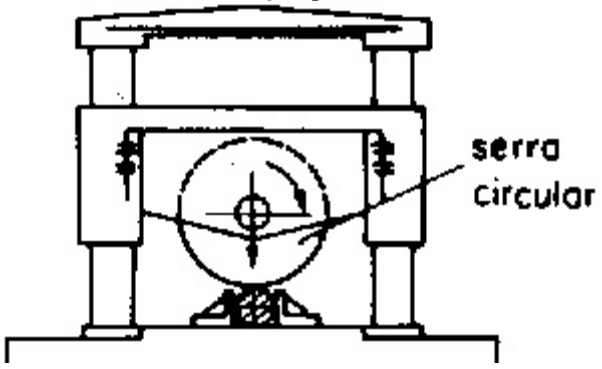


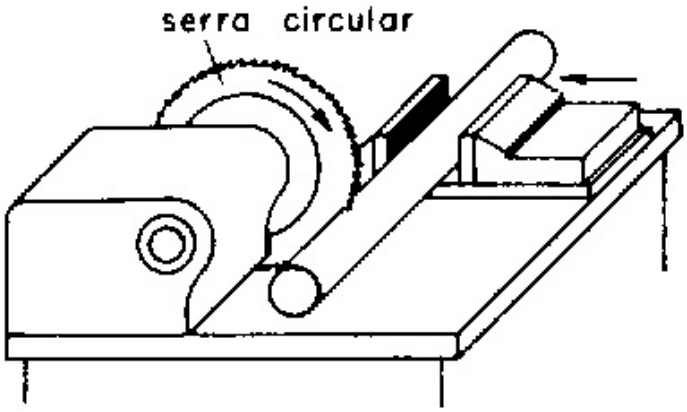
Exemplos de serramento retilíneo contínuo:

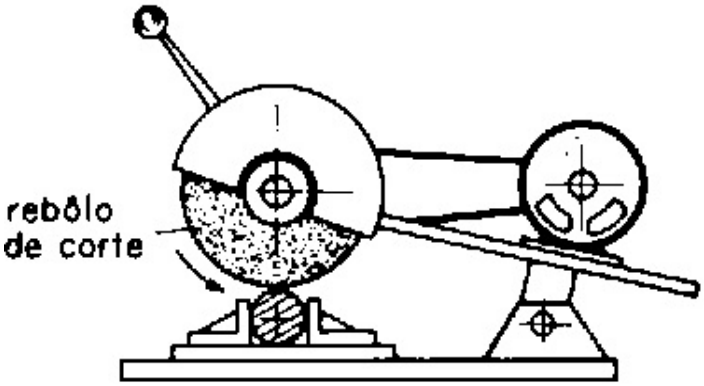




Serramento circular: processo em que a ferramenta gira ao redor de seu eixo e a peça ou ferramenta se desloca



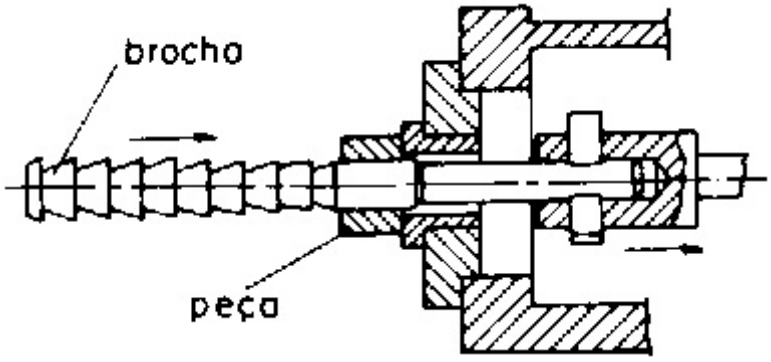




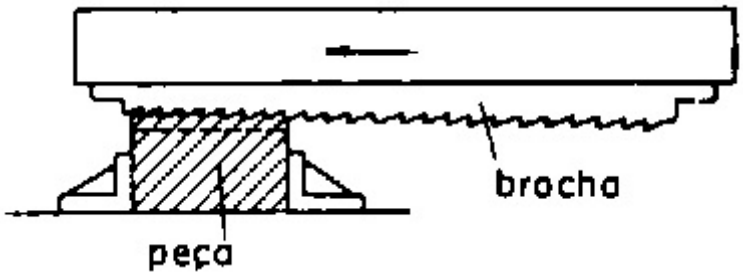
Processos de Usinagem – Brochamento e Roscamento

O **Brochamento** é um processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de superfícies quaisquer com auxílio de ferramentas multicortantes. Para tanto, a ferramenta ou a peça se deslocam

segundo uma trajetória retilínea, coincidente ou paralela ao eixo da ferramenta. O brochamento pode ser:
Brochamento interno: Veja exemplo do processo de brochamento executado num furo passante da peça.



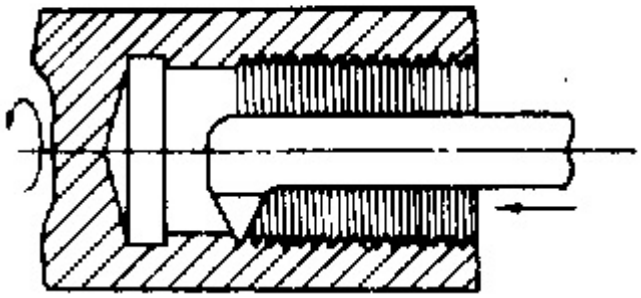
Brochamento externo: Veja exemplo do processo de brochamento executado numa superfície externa da peça.



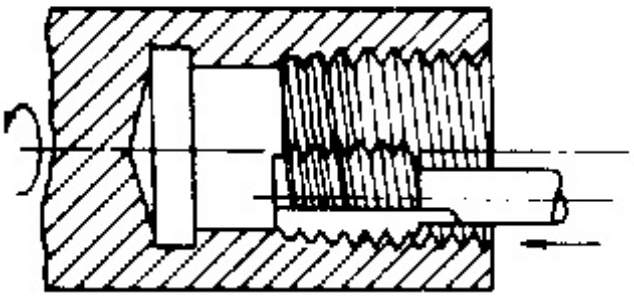
O **Rosqueamento** é um processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de filetes, por meio da abertura de um ou vários sulcos helicoidais de passo uniforme, em superfícies cilíndricas ou cônicas de revolução. Para tanto, a peça ou a ferramenta gira e uma delas se desloca simultaneamente segundo uma trajetória retilínea paralela ou inclinada ao eixo de rotação. O roscamento pode ser interno ou externo.

Roscamento interno: Veja exemplos do processo de roscamento executado em superfícies internas cilíndricas ou cônicas de revolução.

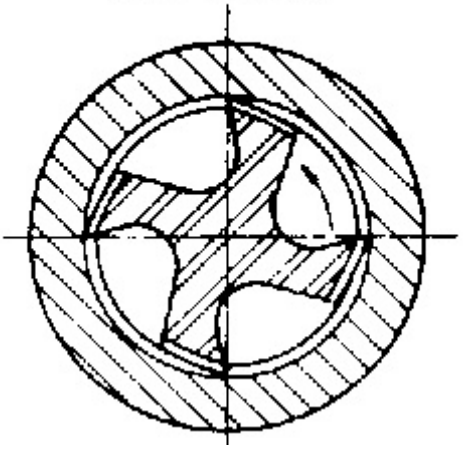
Roscamento interno com ferramenta de perfil único



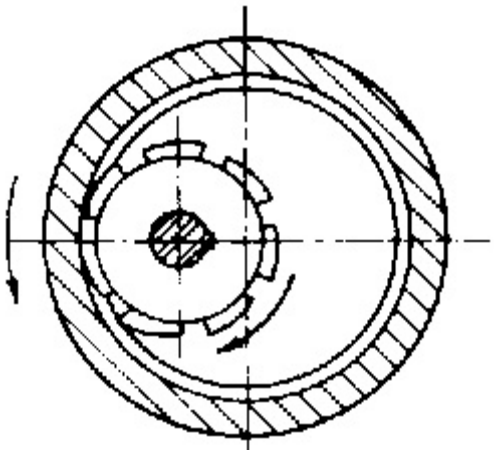
Roscamento interno com ferramenta de perfil múltiplo



Roscamento interno com macho

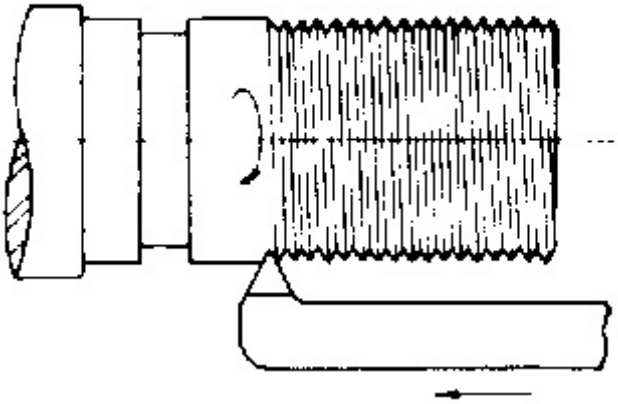


Roscamento interno
com fresa

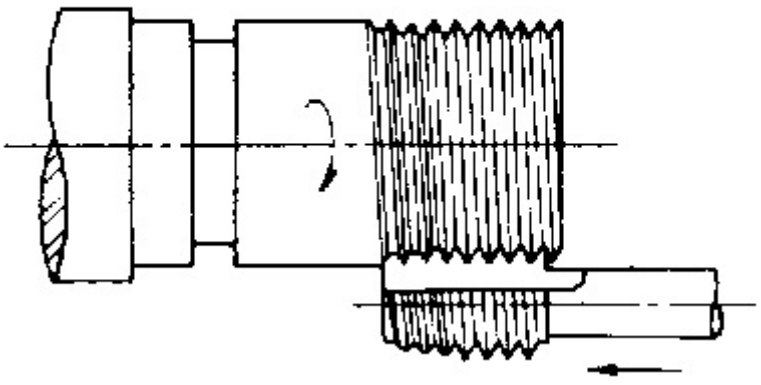


Roscamento externo: Veja exemplos do processo de roscamento executado em superfícies externas cilíndricas ou cônicas de revolução

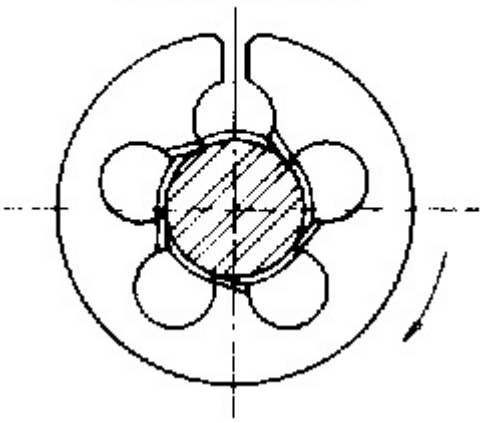
Roscamento externo com
ferramenta de perfil único



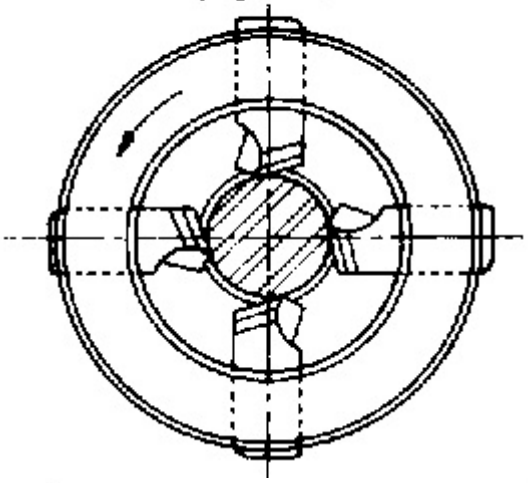
Roscamento externo com ferramenta
de perfil múltiplo



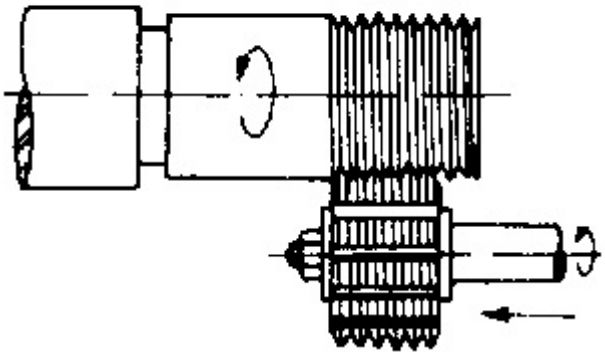
Roscamento externo
com cossinete

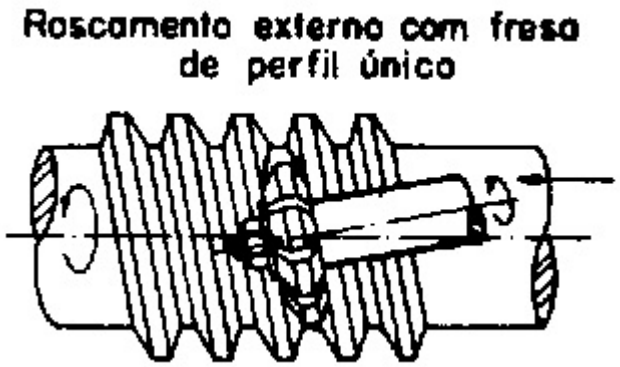


Roscamento externo
com jôgo de pentes



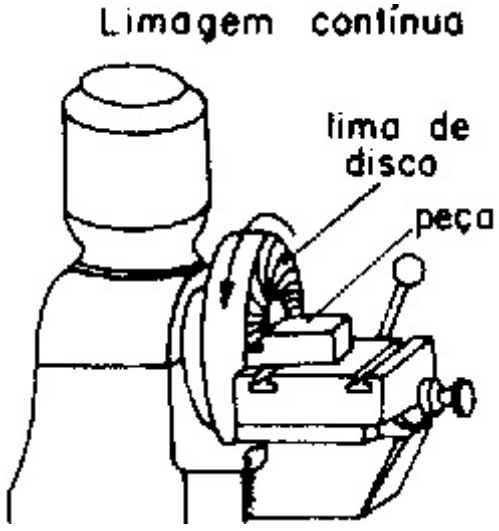
Roscamento externo com fresa de perfil múltiplo

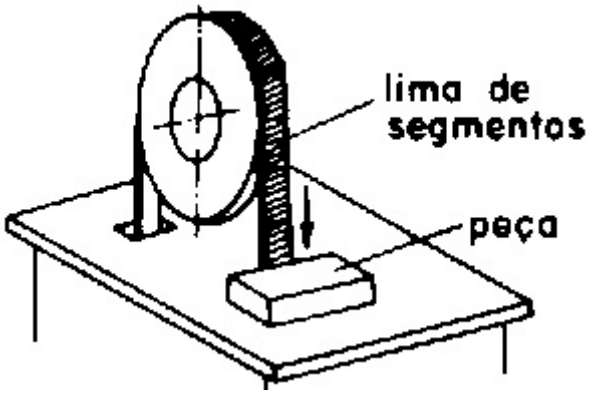




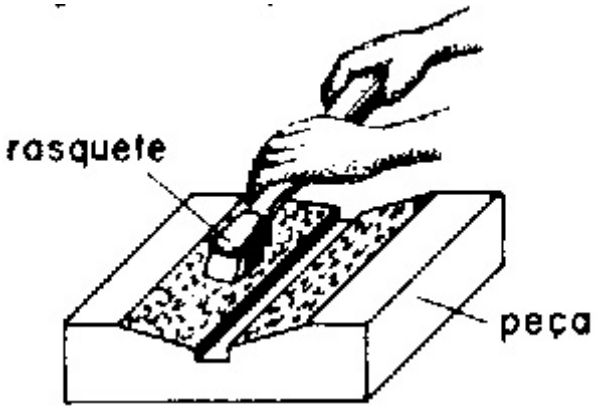
Processos de Usinagem – Limagem, Rasqueteamento e Tamboreamento

A **Limagem** é um processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de superfícies quaisquer com auxílio de ferramentas multicortantes (elaboradas por picagem) de movimento contínuo ou alternativo.

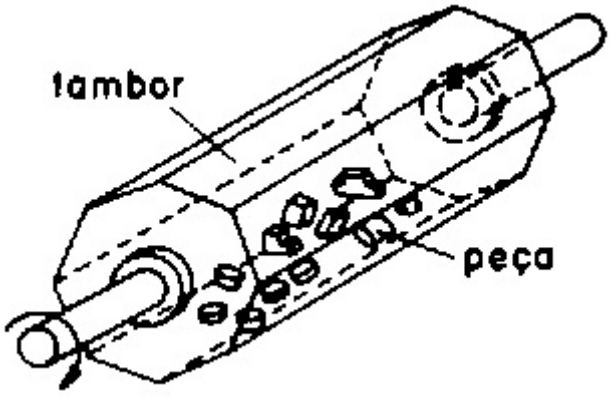




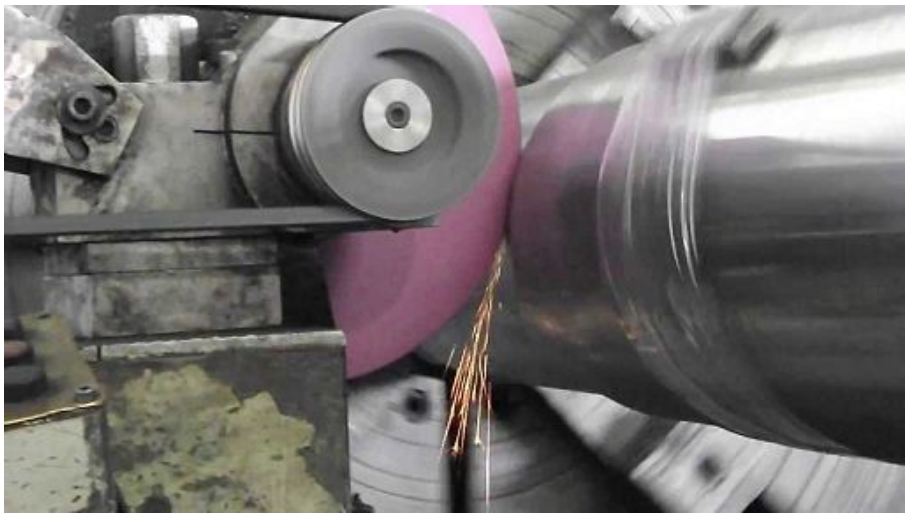
Já o **Rasqueteamento** é um processo manual de usinagem destinado à ajustagem de superfícies com auxílio de ferramenta monocortante



E por fim o **Tamboreamento** é um processo mecânico de usinagem no qual as peças são colocadas no interior de um tambor rotativo, juntamente ou não com materiais especiais, para serem rebarbadas ou receberem um acabamento.



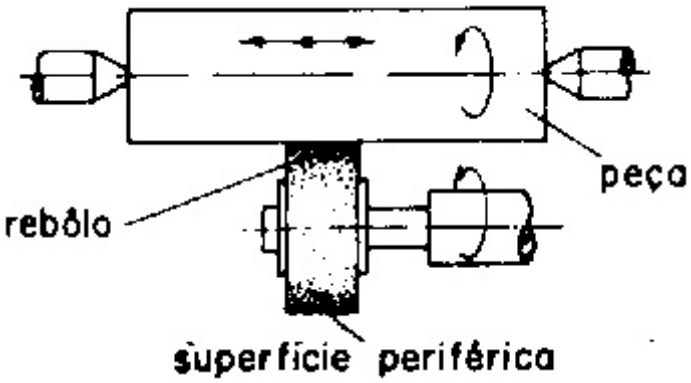
Processos de Usinagem – Retífica



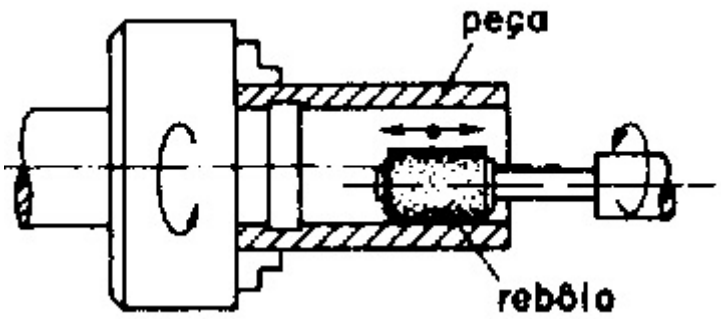
A Retificação é um processo de usinagem por abrasão destinado à obtenção de superfícies com auxílio de ferramenta abrasiva de revolução. Para tanto, a ferramenta gira e a peça ou a ferramenta se desloca segundo uma trajetória determinada, podendo a peça girar ou não.

A retificação pode ser tangencial ou frontal.

Retificação tangencial: executado com a superfície de revolução da ferramenta.



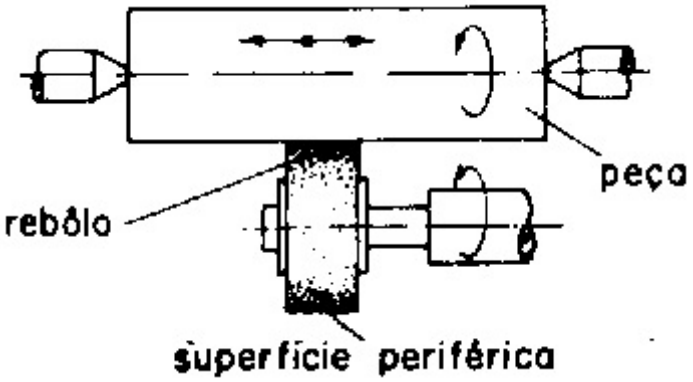
Retificação cilíndrica: executado na qual a superfície usinada é uma superfície cilíndrica.



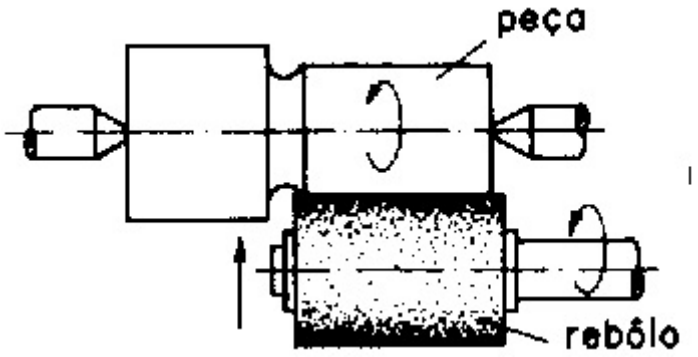
Esta superfície pode ser externa ou interna, de revolução ou não.

Quanto ao avanço automático da ferramenta ou da peça, a retificação cilíndrica pode ter os seguintes tipos de avanços:

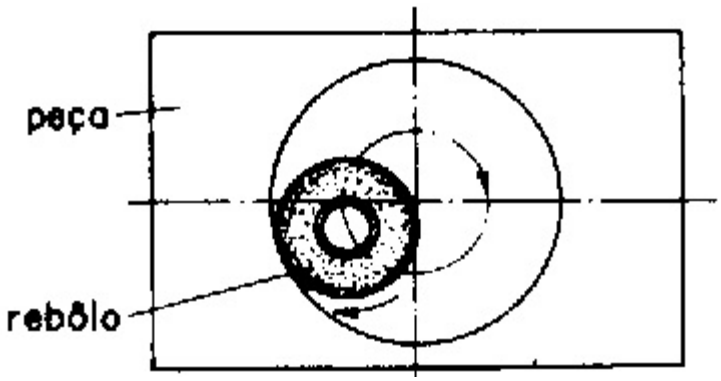
Avanço longitudinal da peça



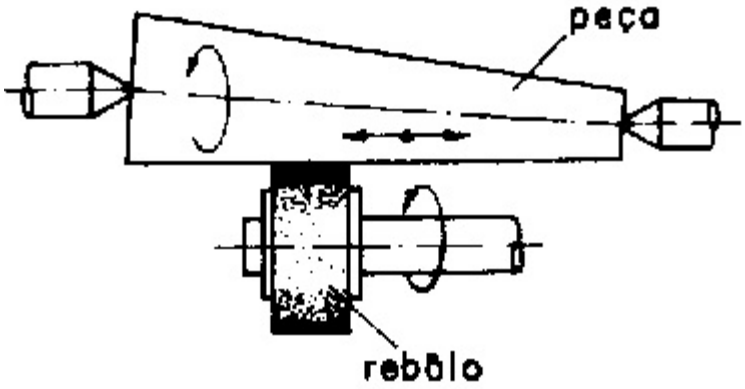
Avanço radial do rebolo,



Avanço circular do rebolo ou com avanço longitudinal do rebolo.



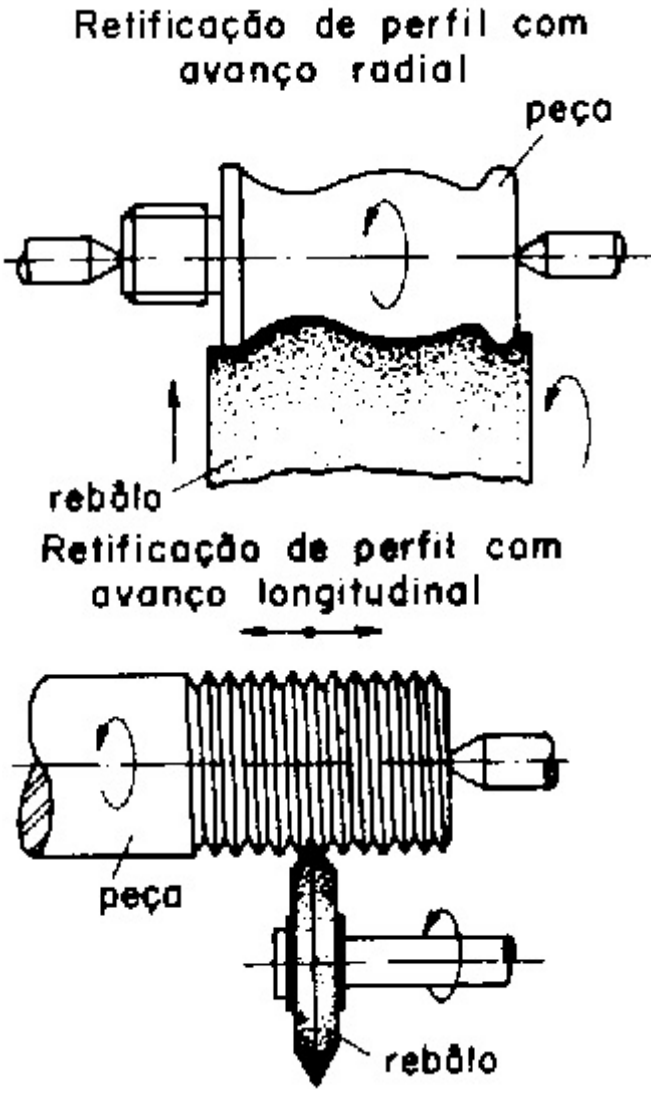
Retificação cônica: Processo de retificação tangencial no qual a superfície usinada é uma superfície cônica.



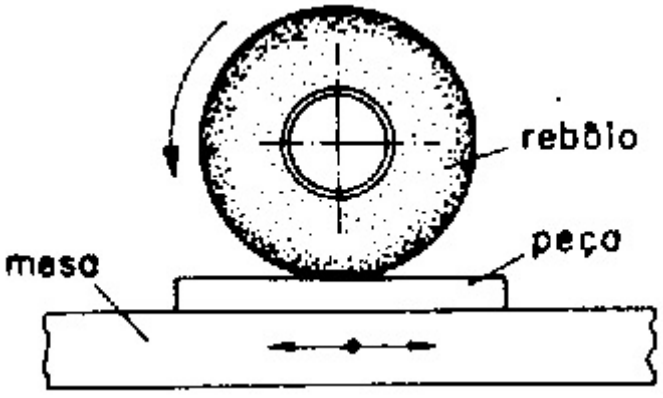
Esta superfície pode ser interna ou externa.

Quanto ao avanço automático da ferramenta ou da peça, a retificação cônica pode ser com avanço longitudinal da peça , com avanço radial do rebolo, com avanço circular do rebolo ou com avanço longitudinal do rebolo.

Retificação de perfis: Processo de retificação tangencial no qual a superfície usinada é uma superfície qualquer gerada pelo perfil do rebolo.



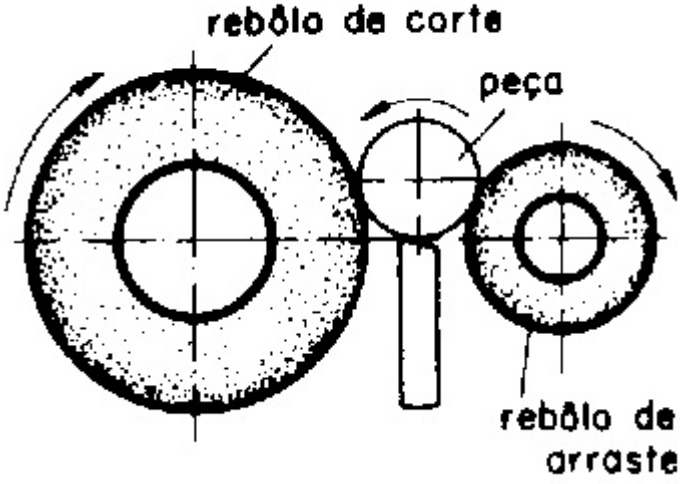
Retificação tangencial plana: Processo de retificação tangencial no qual a superfície usinada é uma superfície plana.



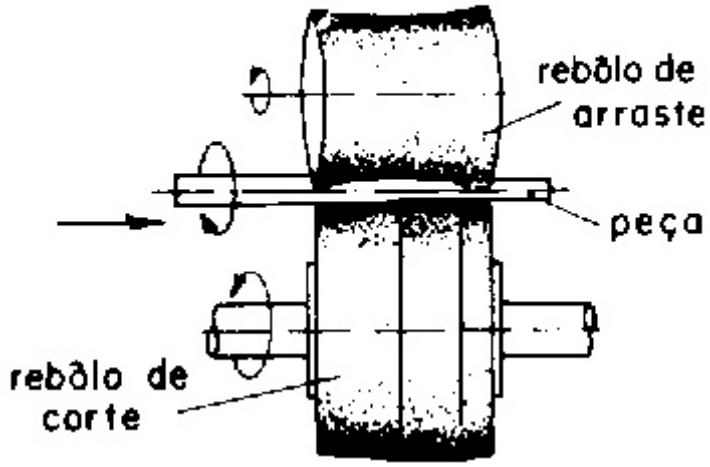
Retificação cilíndrica sem centros: Processo de retificação cilíndrica no qual a peça sem fixação axial é usinada por ferramentas

abrasivas de revolução, com ou sem movimento longitudinal da peça. Vejam os exemplos:

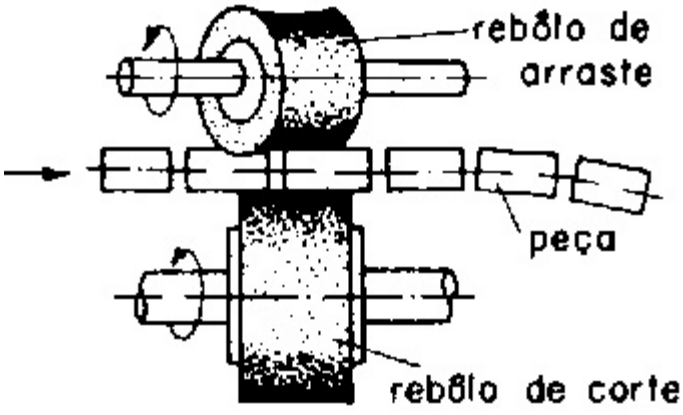
Retificação cilindrica sem centros



Retificação cilindrica sem centros c/ avanço long. contínuo da peça



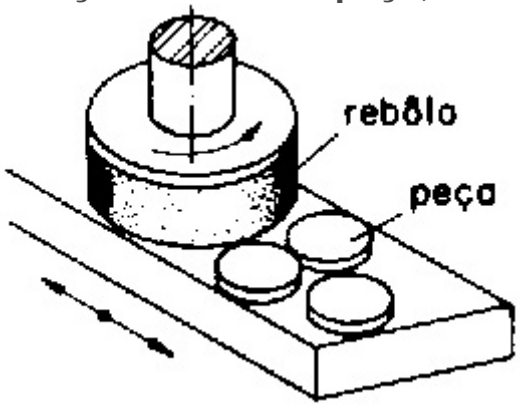
Retificação cilíndrica sem centros com avanço em "fileira de peças"



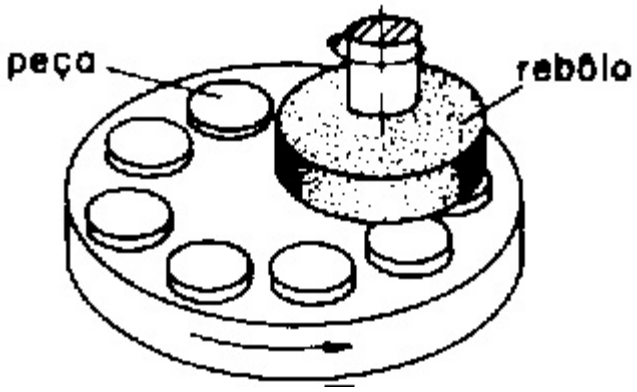
A retificação sem centros pode ser com avanço longitudinal da peça (retificação de passagem) ou com avanço radial do rebolo (retificação em mergulho).

Retificação frontal: Processo de retificação executado com a face do rebolo. É geralmente executada na superfície plana da peça, perpendicularmente ao eixo do rebolo.
A retificação frontal pode ser com dois tipos de avanço:

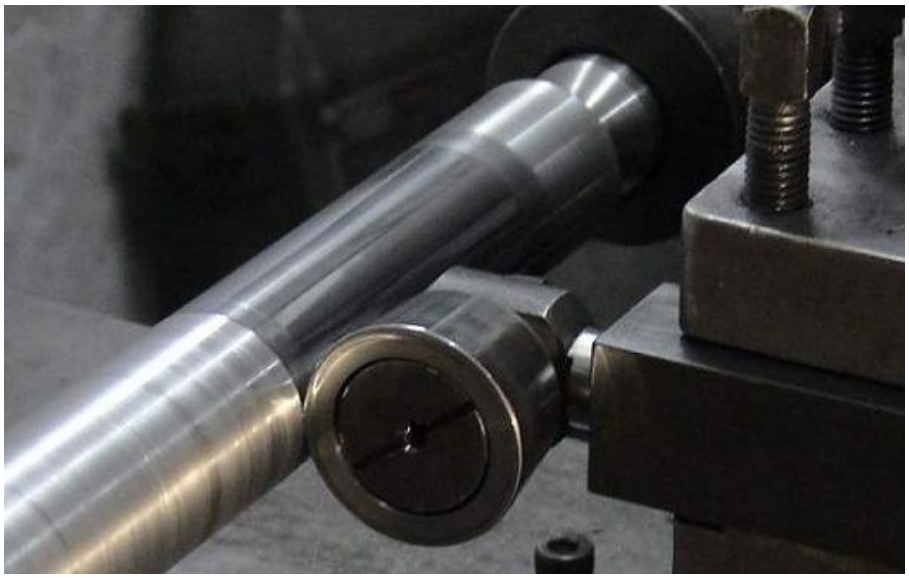
Avanço retilíneo da peça,



Avanço circular da peça.

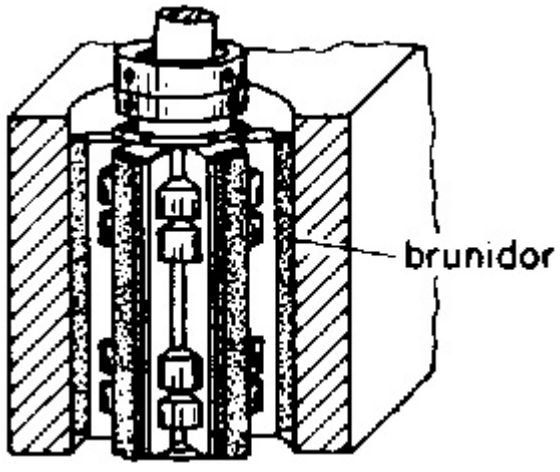


Processos de Usinagem – Tipos de Acabamento



Nesta lição, iremos apresentar os diversos tipos de acabamento em metais utilizados durante o processo de usinagem. Este acabamento normalmente faz-se necessário para garantir a qualidade do produto final e atender especificações técnicas. Veja a seguir:

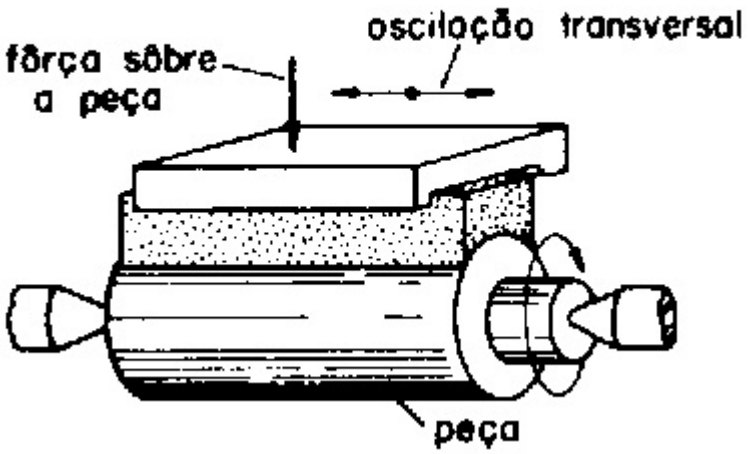
O **Brunimento** é um processo mecânico de usinagem por abrasão, empregado no acabamento de furos cilíndricos de revolução, no qual todos os grãos ativos da ferramenta abrasiva estão em constante contato com a superfície da peça e descrevem trajetórias helicoidais. Para tanto, a ferramenta ou a peça gira e se desloca axialmente com movimento alternativo.



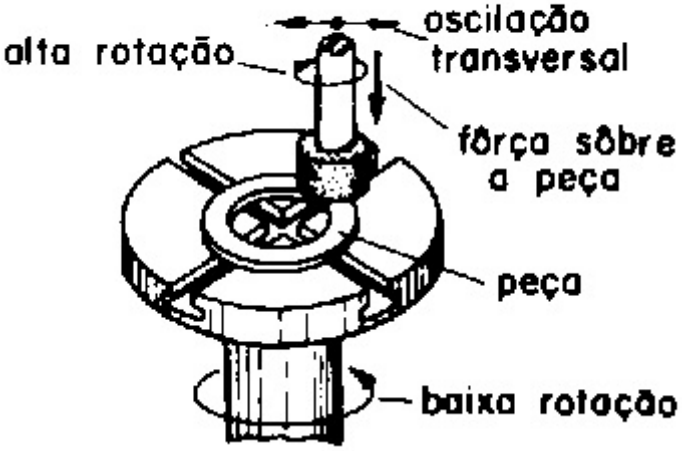
O **Superacabamento** é um processo mecânico de usinagem por abrasão empregado no acabamento de peças, no qual os grãos ativos da ferramenta abrasiva estão em constante contato com a superfície da peça. Para tanto, a peça gira lentamente e, a ferramenta

se desloca com movimento alternativo de pequena amplitude e frequência relativamente grande.

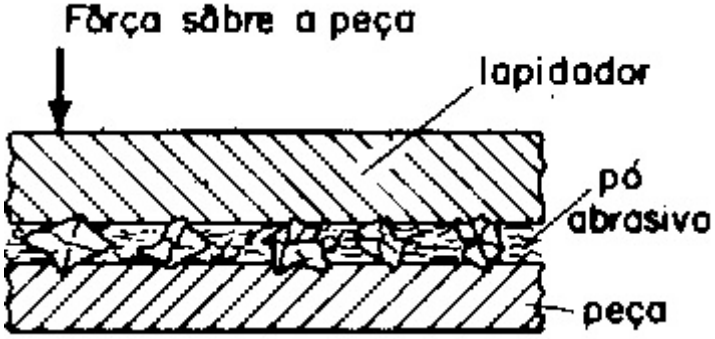
Super-acabamento cilíndrico



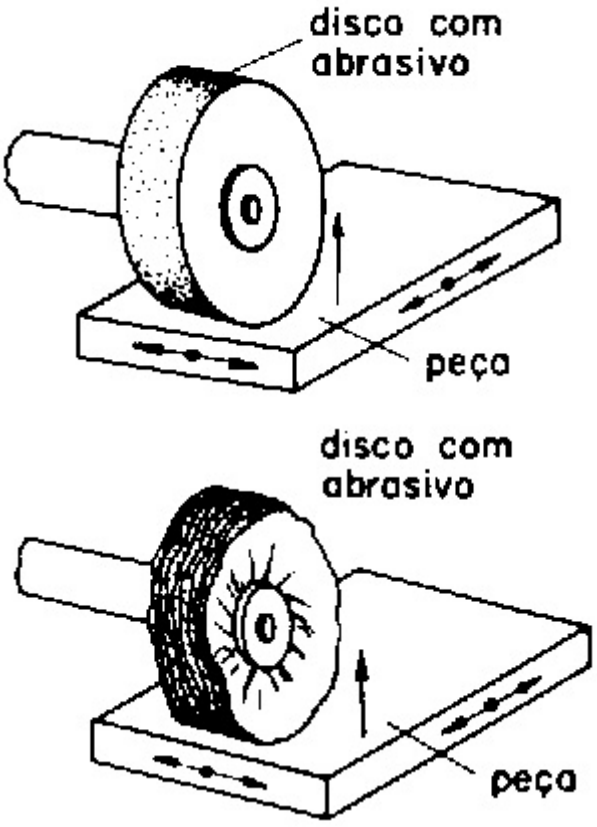
Super-acabamento plano



A **Lapidação** é processo mecânico de usinagem por abrasão executado com abrasivo aplicado por porta-ferramenta adequado, com objetivo de se obter dimensões especificadas da peça.

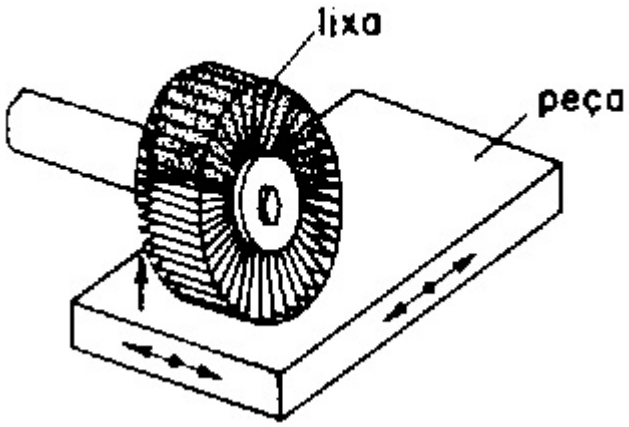


O **Espelhamento** é um processo mecânico de usinagem por abrasão no qual é dado o acabamento final da peça por meio de abrasivos, associados a um porta-ferramenta específico para cada tipo de operação, com o fim de se obter uma superfície especular.
O **Polimento** é um processo mecânico de usinagem por abrasão no qual a ferramenta é constituída por um disco ou conglomerado de discos revestidos de substâncias abrasivas.

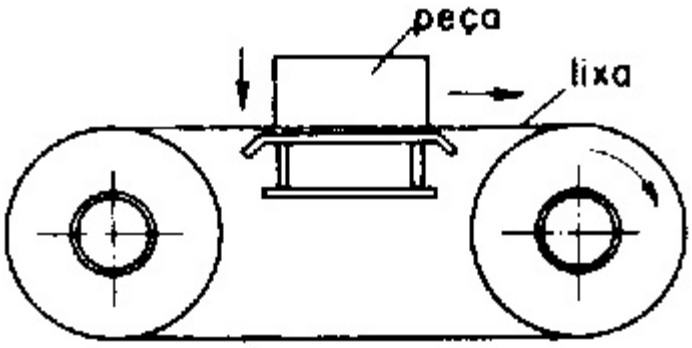


O **Lixamento** é um processo mecânico de usinagem por abrasão executado por abrasivo aderido a uma tela e movimentado com pressão contra a peça.

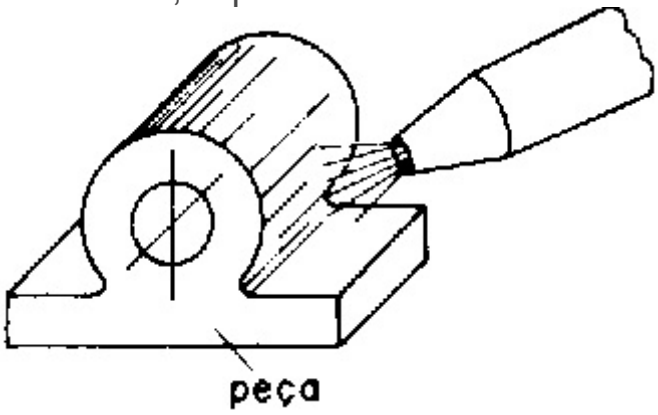
Lixamento com fôlhas abrasivas



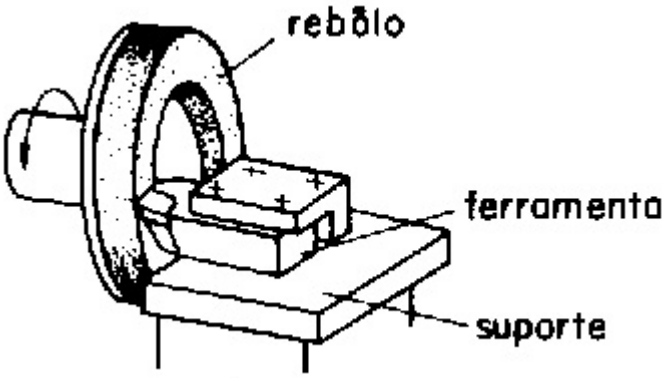
Lixamento com fita abrasiva



O **Jateamento** é um processo mecânico de usinagem por abrasão no qual as peças são submetidas a um jato abrasivo, para serem rebarbadas, asperizadas ou receberem um acabamento.



A **Afiação** é um processo mecânico de usinagem por abrasão, no qual é dado o acabamento das superfícies da cunha cortante da ferramenta, com o fim de habilitá-la desempenhar sua função. Desta forma, são obtidos os ângulos finais da ferramenta.



O **Denteamento** é um processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de elementos denteados. Pode ser conseguido basicamente de duas maneiras: formação e geração.
A formação emprega uma ferramenta que transmite a forma do seu perfil à peça com os movimentos normais de corte a avanço.

A geração emprega uma ferramenta de perfil determinado, que com os movimentos normais de corte, associados aos característicos de geração, produz um perfil desejado na peça.

O estudo deste processo não é feito aqui, por fugir do nosso objetivo de fornecer os conhecimentos gerais dos processos de usinagem.

Pneumática – Produção de Ar Comprimido e Tipos de Compressores

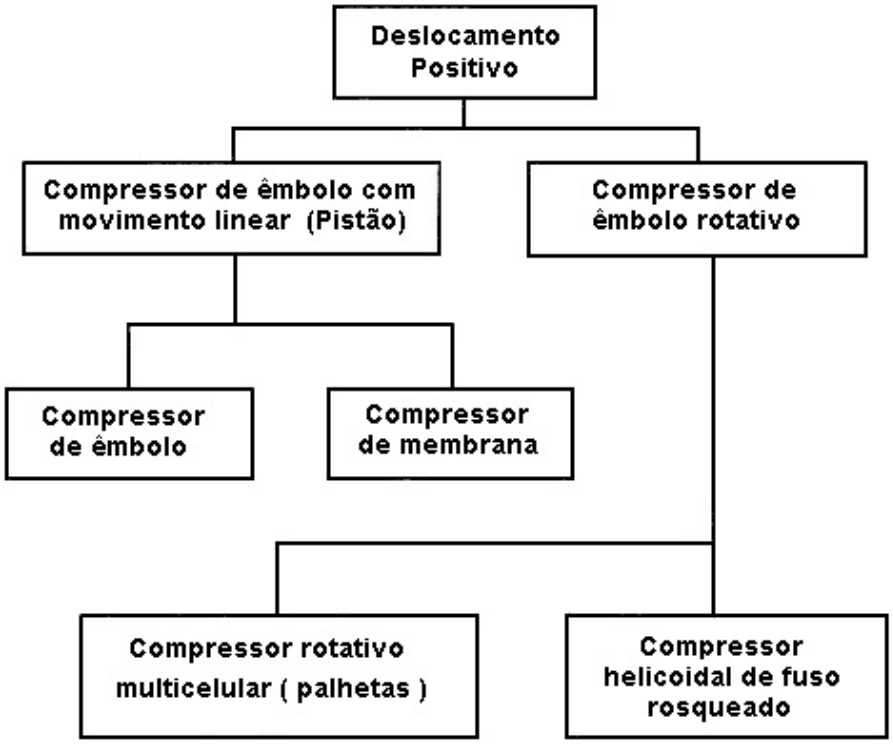
Nesta lição, será apresentado como o ar comprimido é produzido, armazenado e utilizado na indústria.

Ao se projetar a produção ou consumo de ar comprimido, deverão ser considerados possíveis ampliações e futuras aquisições de equipamentos pneumáticos.

Uma estação compressora fornece o ar comprimido para os equipamentos, através de uma tubulação, e uma ampliação posterior da instalação torna-se cara.

Os vários tipos de compressores estão relacionados diretamente com a pressão de trabalho e a capacidade de volume, exigidas para atender às necessidades da indústria.

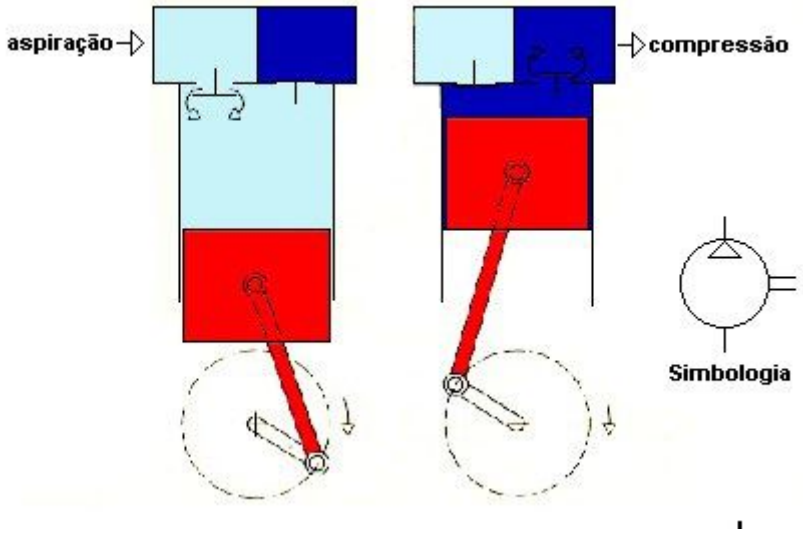
Veja os tipos de compressores mais utilizados na indústria:



Vamos agora entender cada um dos modelos de compressores acima mencionados;

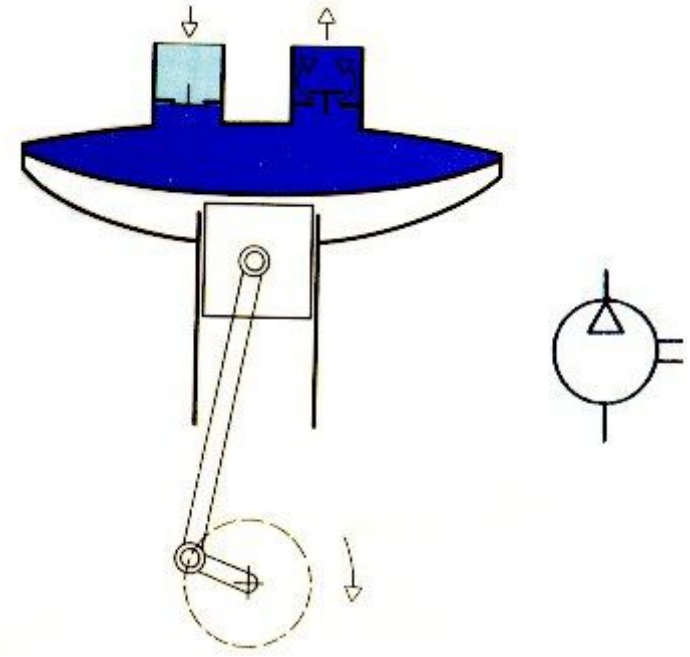
Compressor de êmbolo com movimento linear

- **Compressor de êmbolo**: Baseia-se no princípio de redução de volume. Isto significa que o ar da atmosfera é aspirado para um ambiente fechado (Câmara de compressão) onde um pistão (êmbolo) comprime o ar sob pressão.



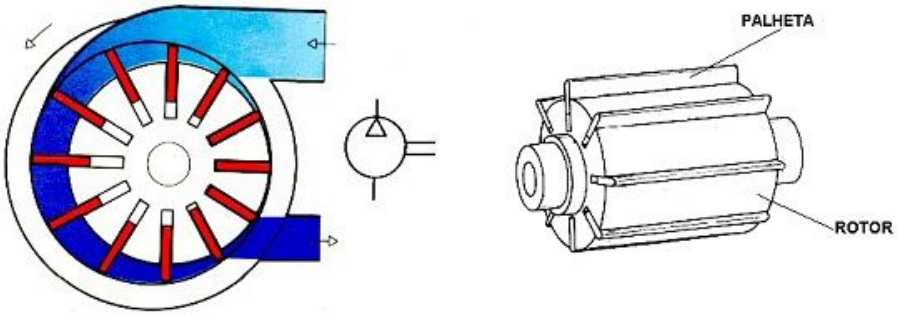
- **Compressor de membrana**: O êmbolo fica separado, por uma membrana, da câmara de sucção e compressão, isto é, o ar não entra

em contato com as partes deslizantes. Assim, o ar fica isento de resíduos de óleo, e por essa razão, esses compressores são os preferidos das indústrias alimentícias, químicas e farmacêuticas.

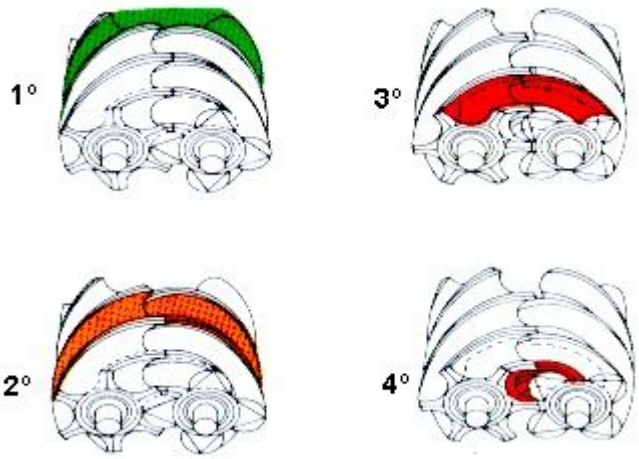


Compressores de êmbolo rotativo

- Compressor rotativo multicelular (palhetas): Dotado de um compartimento cilíndrico, com aberturas de entrada e saída, onde gira um rotor fora de centro.



- **Compressor de fuso rosqueado (parafuso)**: Dois parafusos helicoidais, de perfis côncavo e convexo, comprimem o ar, que é conduzido axialmente.



Pneumática – Visão Geral e Armazenamento

Agora que já vimos os diferentes tipos de produção de ar comprimido, precisamos ver algumas informações mais técnicas para prosseguir com o estudo.

O que é volume de ar fornecido? É a quantidade de ar fornecido pelo êmbolo do compressor em movimento.
Existem duas indicações de volume fornecido.

-teórico (volume interno x rpm)

-efetivo (volume teórico – perdas)

O que é a pressão quando falamos de ar comprimido?
Bom, existe a pressão de Regime, que é a pressão fornecida pelo compressor, e que vai da rede distribuidora até o consumidor na indústria.

E temos também a pressão de Trabalho, que é a pressão necessária nos postos de trabalho. Essa pressão é geralmente de 6 bar, e os equipamentos de trabalho são normalmente construídos para essa faixa de trabalho, considerada também pressão normal ou econômica.

O Acionamento: em instalações industriais, na maioria dos casos, o acionamento se dá por motor elétrico.
Quando for uma estação móvel, o acionamento geralmente é por motor a explosão (gasolina, óleo diesel).

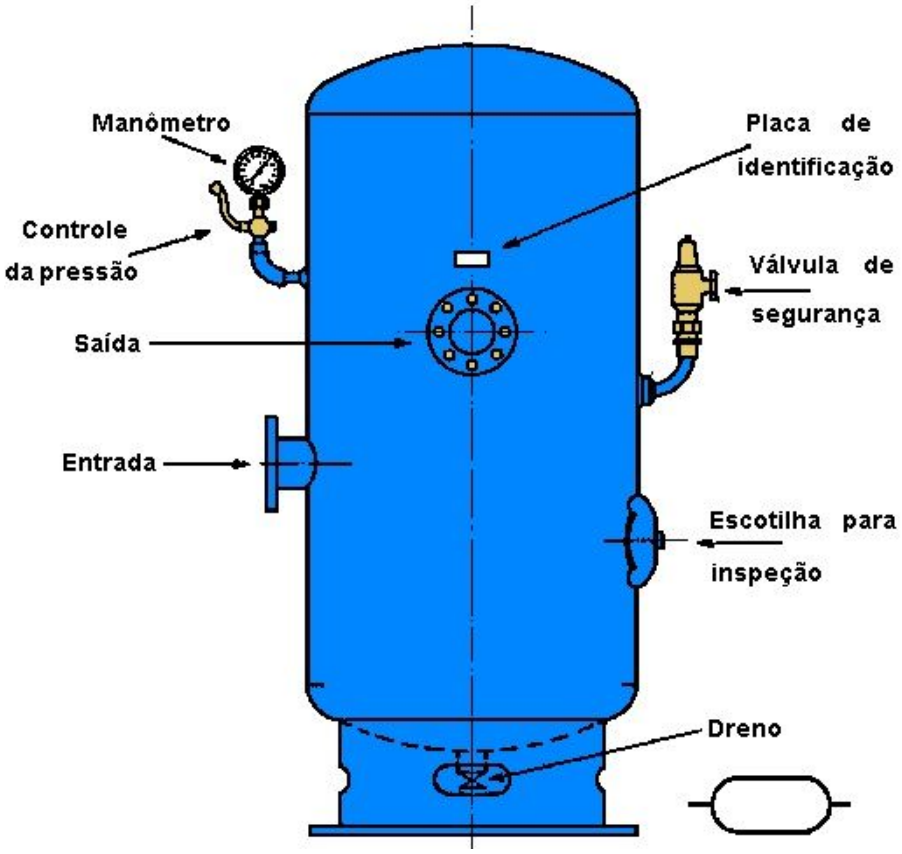
A Regulagem do Ar: para combinar o volume de fornecimento com o consumo de ar, é necessária uma regulagem do compressor (mecânica ou elétrica), a partir de dois valores limites pré-estabelecidos: pressão máxima e mínima.

Refrigeração durante a compressão do ar: o aquecimento ocorre em razão da compressão do ar e do atrito, e esse calor deve ser dissipado.
É necessário escolher o tipo de refrigeração mais adequado, conforme o grau de aquecimento do compressor. Em compressores pequenos, serão suficientes palhetas de aeração para que o calor seja dissipado. Compressores maiores serão equipados com ventilador, e em alguns casos, devem ser equipados com refrigeração a água circulante ou água corrente contínua.

Local de instalação e manutenção: a estação de compressores deve ser montada dentro de um ambiente fechado, com proteção acústica, boa aeração e o ar sugado deve ser fresco, seco e livre de poeira. A manutenção do compressor é um fator muito importante, pois dela depende o seu bom funcionamento e a sua rentabilidade. Portanto, é imprescindível elaborar planos de manutenção e seguir as instruções recomendadas pelo fabricante.
No plano deverá constar, obrigatoriamente, a verificação do nível do óleo de lubrificação nos locais apropriados, e particularmente nos mancais do compressor, motor e cárter, bem como a limpeza dos filtros de ar e da válvula de segurança do reservatório de ar, pois, se

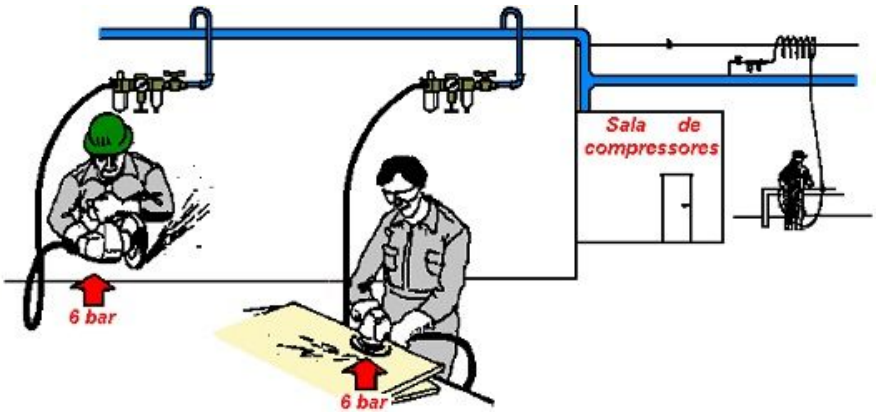
a mesma falhar, haverá perigo de explosão do reservatório, ou danificação da máquina.

Reservatório de Ar Comprimido (Tanque): a principal função dessa espécie de tanque de ar comprimido é de estabilizar a distribuição do ar comprimido, eliminar as oscilações de pressão na rede distribuidora e, quando há um momentâneo alto consumo de ar, é uma garantia de reserva.



A grande superfície do reservatório refrigera o ar suplementar; assim, parte da umidade é condensada e separa-se do ar no reservatório, saindo pelo dreno.

A rede de ar comprimido: a rede ou linha de ar comprimido como é conhecido é responsável pela distribuição do ar armazenado no tanque, mantendo a mesma pressão ou pressões mais baixas por meio de reguladores de pressão.
Cada máquina, cada dispositivo requer quantidades adequadas de ar, que é fornecida pelo compressor, através da rede distribuidora.



O diâmetro da tubulação deve ser escolhido de maneira que, mesmo com um consumo de ar crescente, a queda de pressão, do reservatório até o equipamento não ultrapasse 0,1 bar; uma queda maior de pressão prejudica a rentabilidade do sistema e diminui consideravelmente a sua capacidade.

O diâmetro da tubulação não é realizada por quaisquer fórmulas empíricas ou para aproveitar tubos por acaso existentes em depósito, mas sim considerando fatores como:

- Volume corrente (vazão);

- Comprimento da rede;

- Queda de pressão admissível;

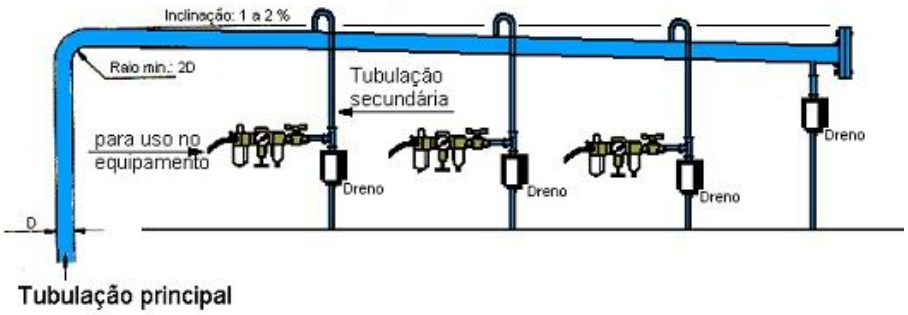
- Pressão de trabalho;

- Número de pontos de estrangulamento na rede.

- Estar atento a possíveis vazamentos na rede, para que não haja perdas de pressão e elevação nos custos.

A montagem da rede de distribuição de ar comprimido: Em uma rede de distribuição é importante não somente o correto dimensionamento mas também a montagem das tubulações. As tubulações de ar comprimido requerem manutenção regular, razão pela qual as mesmas não devem, se possível, ser montadas dentro de paredes ou de cavidades estreitas.
Rede de distribuição em circuito aberto: as tubulações, em especial nas redes em circuito aberto, devem ser montadas com um declive de 1% a 2%, na direção do fluxo.

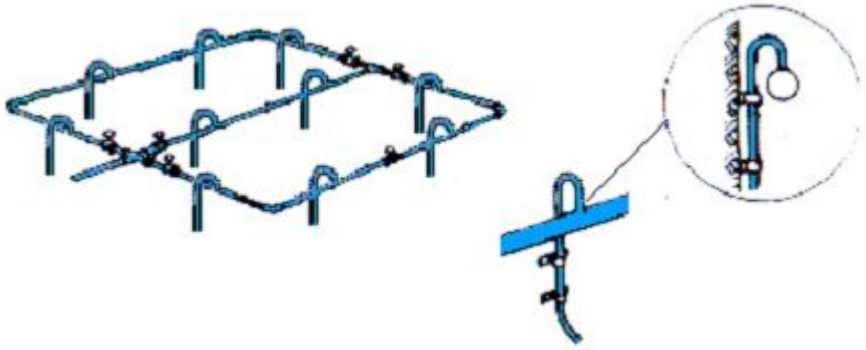
Por causa da formação de água condensada, é fundamental, em tubulações horizontais, instalar os ramais de tomadas de ar na parte superior do tubo principal.



Tubulação principal

Com a inclinação da rede principal, evita-se que a água condensada que eventualmente esteja na tubulação principal possa chegar às tomadas de ar através dos ramais. A drenagem da água condensada deve ser feita instalando derivações com drenos na parte inferior na tubulação principal.

Rede de distribuição em circuito fechado: partindo da tubulação principal, são instaladas as ligações em derivação. Quando o consumo de ar é muito grande, consegue-se, mediante esse tipo de montagem, uma manutenção de pressão uniforme.
O ar flui em ambas as direções.

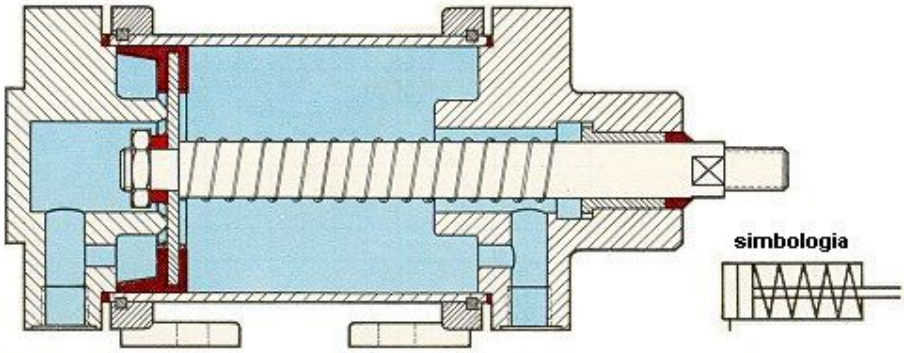


Pneumática – Autuadores (Cilindros Pneumáticos)

O atuador linear é um elemento de máquina que transforma a energia pneumática em movimentos retilíneos. Também são chamados normalmente de cilindros pneumáticos e muito usados em prensas, fechamento de válvulas, etc.

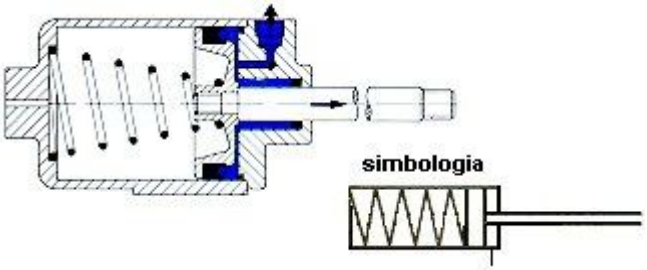
Veja os tipos mais comuns de cilindros pneumáticos utilizados na indústria:

Lineares de simples ação: esses atuadores são acionados por ar comprimido de um só lado e, portanto, trabalham em uma só direção. O retrocesso efetua-se mediante uma força externa ou por mola. A força da mola é calculada para que ela possa fazer o pistão retroceder a posição inicial, com uma velocidade suficientemente alta, sem dispender grande energia.



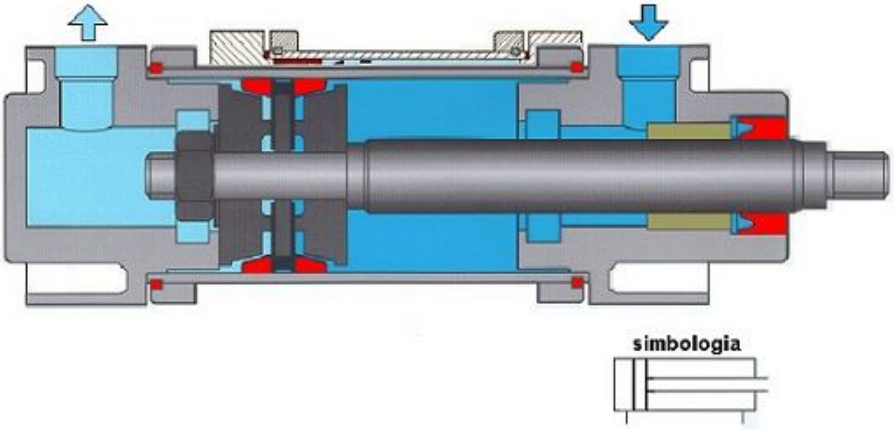
Em atuadores com mola montada, o curso do êmbolo é limitado pelo comprimento da mola. Por essa razão, são fabricados com comprimentos até aproximadamente 100mm. Empregam-se esses elementos de trabalho principalmente para fixar, expulsar, prensar, elevar, alimentar, etc.

Quando o atuador possuir mola na câmara traseira, poderá ser usado para travamento.



A grande vantagem é o efeito de freio, empregado em caminhões, carretas, vagões ferroviários, etc.

Linear de dupla ação: os movimentos de avanço e retorno nos atuadores de dupla ação são produzidos pelo ar comprimido e, por isso, podem realizar trabalho nos dois sentidos de seu movimento.



Estes atuadores podem, em princípio, ter curso limitado, porém, deve-se levar em consideração as possibilidades de deformação por flexão e flambagem.

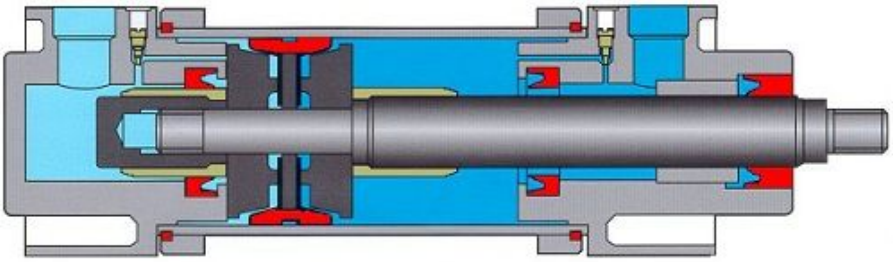
São encontrados, normalmente, com curso até 2000mm.

Os atuadores de dupla ação, também designados por duplo efeito, são empregados em todos os casos em que é necessária força nos dois sentidos do movimento, devendo-se, entretanto observar que os esforços de flexão sobre a haste dos cilindros devem ser evitados ao máximo, através do uso de guias, fixações oscilantes, etc., para que não haja desgaste acentuado de bucha, gaxeta do mancal e gaxeta do êmbolo.

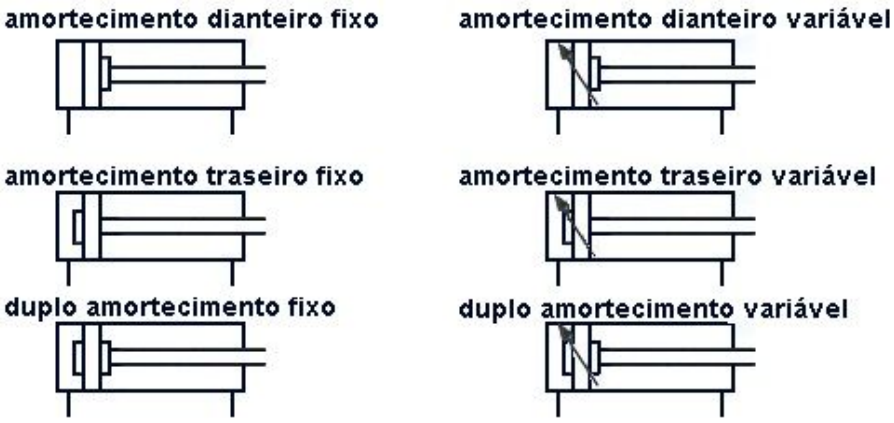
Linear com amortecimento nos fins de curso: quando volumes grandes e pesados são movimentados por um atuador, emprega-se um sistema de amortecimento para evitar impactos secos e danificação das partes.
Antes de alcançar a posição final, um êmbolo de amortecimento interrompe o escape direto do ar, deixando somente uma passagem pequena, geralmente regulável.

Com o escape de ar restringido, cria-se uma sobrepressão que, para ser vencida, absorve grande parte da energia, o que resulta em perda de velocidade nos fins de curso.

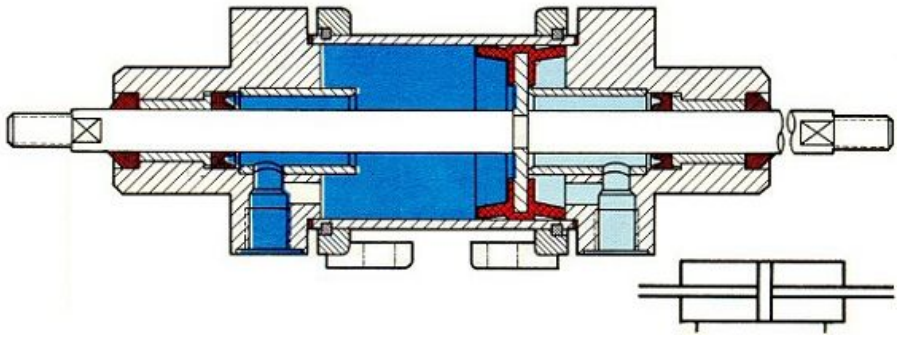
Invertendo o movimento do êmbolo, o ar entra sem impedimento, pelas válvulas, no cilindro, e o êmbolo pode retroceder com força e velocidade totais.



Existem inúmeros tipos de amortecimento no fim de curso, dentre eles destacamos os mais usados:



Linear de haste dupla (haste passante): a haste é mais bem guiada devido aos dois mancais de guia, o que possibilita a admissão de uma ligeira carga lateral.

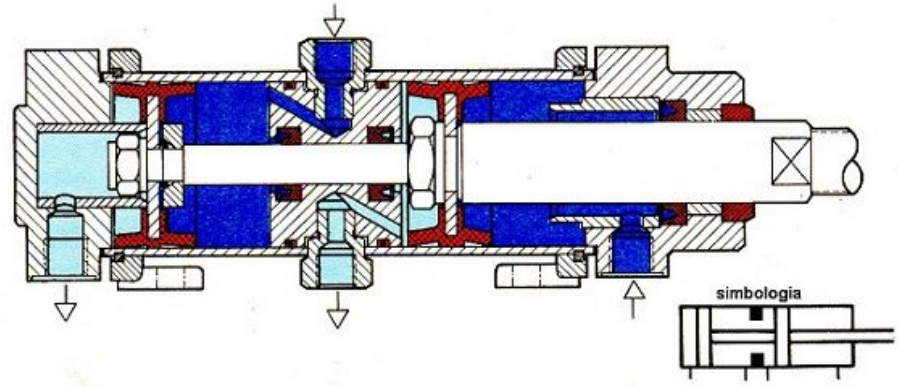


Os elementos sinalizadores podem ser montados na parte livre da haste do êmbolo.

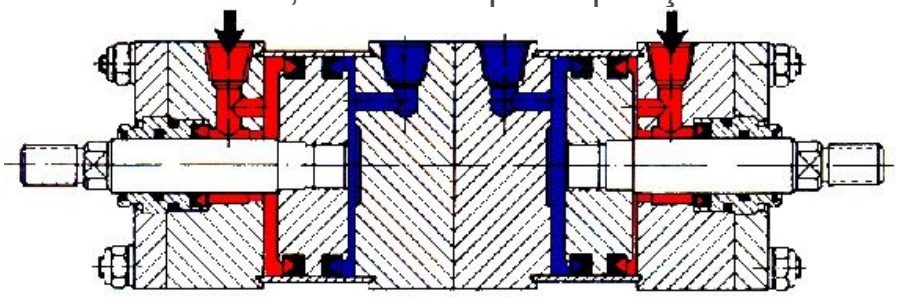
Neste caso, força é igual em ambos os lados (mesma área de pressão).

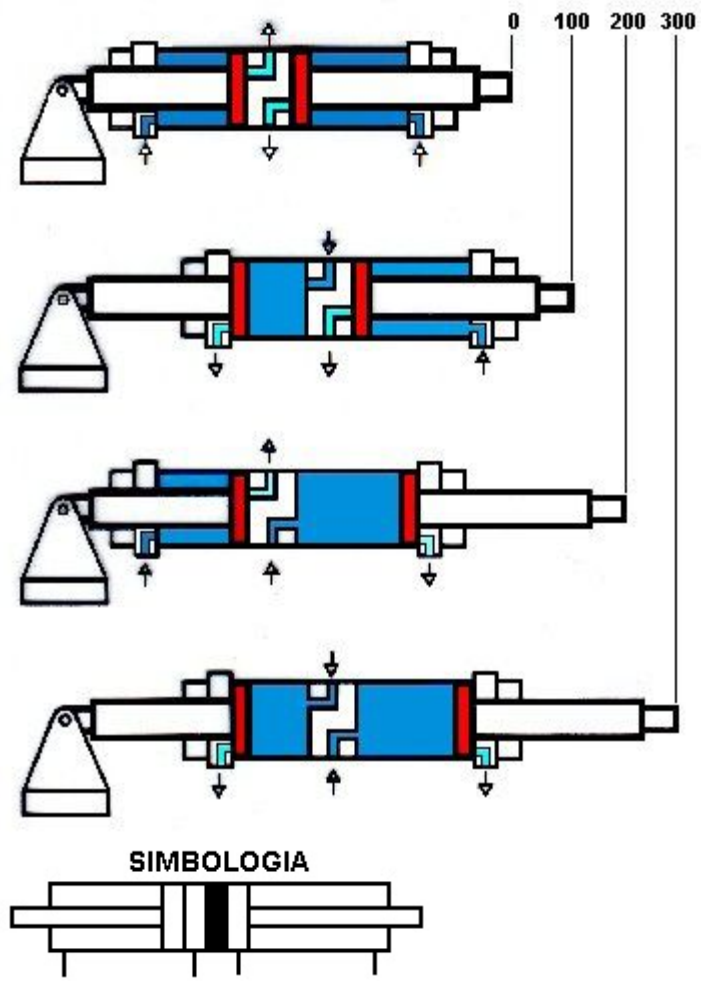
Linear tipo tandem (geminado): trata-se de dois atuadores de dupla ação que formam uma só unidade. Assim, com pressão simultânea

nos dois êmbolos, a força será a somada. Recomendado para obter grande desempenho quando a área útil do atuador é pequena.



Linear de posição múltipla: Este atuador é formado por dois ou mais atuadores de dupla ação. Os elementos estão unidos um ao outro como mostra a ilustração. Os atuadores movimentam-se individualmente, conforme o lado de pressão. Com dois atuadores de cursos diferentes, obtêm-se quatro posições.

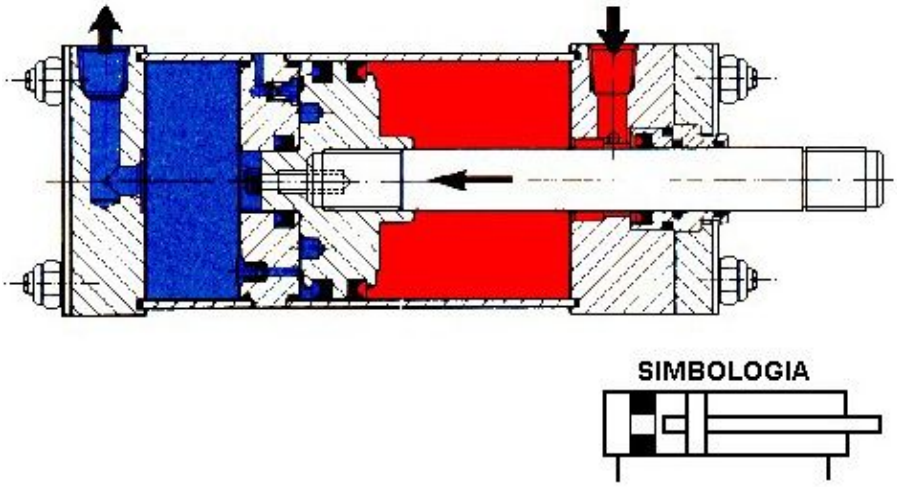




É muito utilizado para carregar estantes com esteira transportadora, acionar alavancas e como dispositivo selecionador.

Linear de impacto: recebe esta denominação devido à força a ser obtido pela transformação de energia cinética. É um atuador de dupla ação especial com modificações. Dispõe internamente de uma pré-câmara (reservatório)

O Êmbolo, na parte traseira, é dotado de um prolongamento. Na parede divisória da pré-câmara, existem duas válvulas de retenção. Estas modificações permitem que o atuador desenvolva impacto, devido à alta energia cinética obtida pela utilização da pressão imposta ao ar.



Ao ser comandado, o ar comprimido enviado ao atuador é retido inicialmente e acumulado na pré-câmara interna, atuando sobre a pequena área da secção do prolongamento do êmbolo.

Quando a pressão atinge um valor suficiente, inicia-se o deslocamento do pistão, que avança lentamente, até que em determinado instante o prolongamento do êmbolo se desaloja da parede divisória, permitindo que todo o ar armazenado flua rapidamente, atuando sobre a área do êmbolo.

No instante em que ocorre a expansão brusca do ar, o pistão adquire velocidade crescente até atingir a faixa onde deverá ser mais bem empregado.

O impacto é produzido através da transformação da energia cinética fornecida ao pistão, acrescida da ação do ar comprimido sobre o êmbolo.

Quando se necessita de grandes forças durante curtos espaços de tempo, como é o caso de rebitagens, gravações, cortes, etc., este é o equipamento que melhor se adapta. No entanto, ele não se presta a trabalhos com grandes deformações. Sua velocidade tende a diminuir após certo curso, em razão da resistência oferecida pelo material ou pela existência de amortecimento no cabeçote dianteiro.

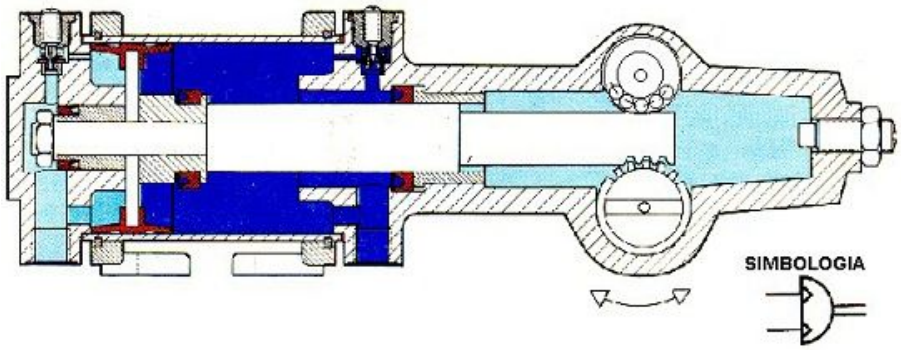
As duas válvulas de retenção mencionadas possuem funções distintas.

Uma delas permite que o atuador retorne totalmente à posição inicial; o prolongamento do êmbolo veda a passagem principal do ar.

A outra válvula permite que a pressão atmosférica atue sobre o êmbolo, evitando uma soldagem entre a parede divisória e o êmbolo,

devido à eliminação quase que total do ar entre os dois, o que tenderia à formação de um vácuo parcial.

Rotativo de giro limitado (cremalheira): na execução com atuador de dupla ação, a haste do êmbolo tem um perfil dentado (cremalheira).



A haste do êmbolo aciona, com esta cremalheira, uma engrenagem, transformando o movimento linear em movimento rotativo, à esquerda ou à direita, sempre segundo a direção do curso.

De acordo com a necessidade, o movimento rotativo poderá ser de 45º, 90º, 180º e até 320º.

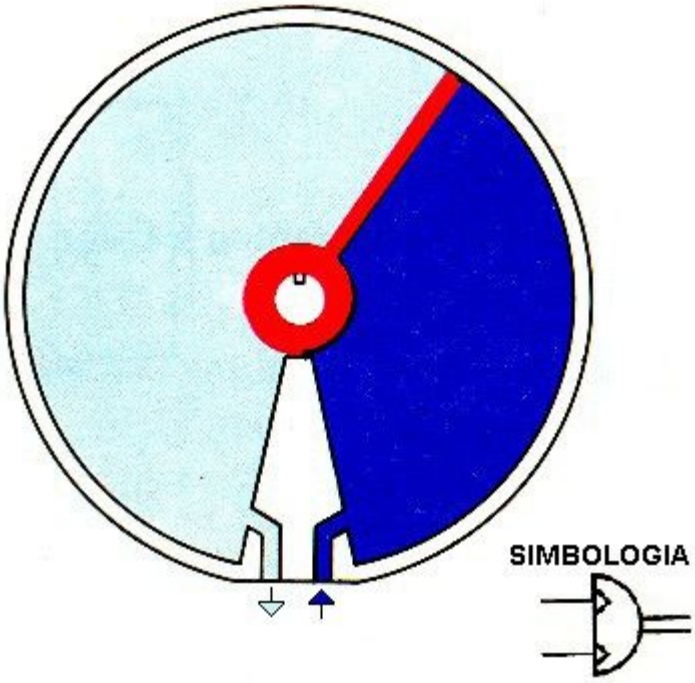
Um parafuso de regulagem possibilita a determinação do campo de rotação parcial dentro da rotação total.

O momento de torção depende da pressão, da área do êmbolo e da relação de transmissão.

O acionamento giratório emprega-se para virar peças, curvar tubos, regular instalações de ar condicionado, acionar válvulas de fechamento, válvulas borboleta, etc.

Rotativo de giro limitado (aleta giratória): como nos atuadores rotativo tipo cremalheira, já descritos, também nos atuadores tipo aleta giratória é possível um giro angular limitado.
O movimento angular raramente vai além de 300º

A vedação é problemática e o diâmetro em relação à largura, em muitos casos, somente possibilita pequenos momentos de torção (torque).



Pneumática – Motores Pneumáticos Utilizados na Indústria

O motor pneumático com campo angular ilimitado é um dos elementos pneumáticos mais usados na indústria moderna. Seu campo de aplicação é dos mais diversos.

Com motor pneumático, pode-se executar operações tais como parafusar, lixar, furar, polir, roscar, rebitar entre outros.

Algumas características dos motores pneumáticos:

- trabalham normalmente nas piores condições ambientais, dispensando qualquer tipo de proteção;

- especialmente indicados para áreas classificadas com risco de explosão;

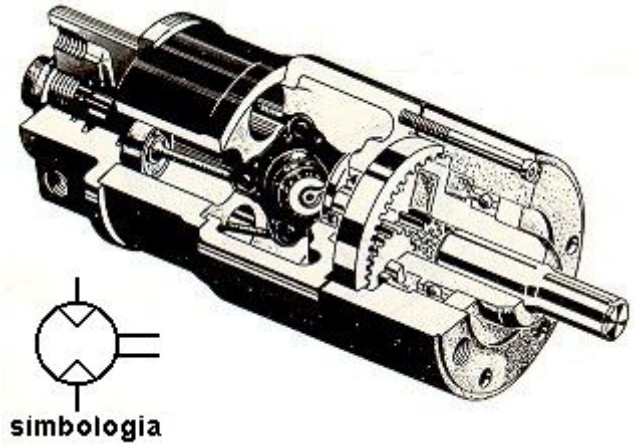
- eliminam o risco de choques elétricos, faíscas e superaquecimento, normais nos similares acionados por energia elétrica;

- sentido de rotação fácil de inverter;

- regulagem sem escala de rotação e do momento de torção.

Selecionamos os tipos de motores pneumáticos mais utilizados:

Motor de pistão axial: a capacidade do motor depende da pressão de entrada, número de pistões, área dos pistões e curso dos mesmos. O modo de trabalho dos motores de pistão axial é similar aos motores de pistão radial. Um disco oscilante transforma a força de 5 cilindros, axialmente posicionados, em movimento giratório. Dois pistões são alimentados simultaneamente com ar comprimido. Com isso, obter-se-á um momento de inércia equilibrado, garantindo um movimento uniforme e sem vibrações do motor.

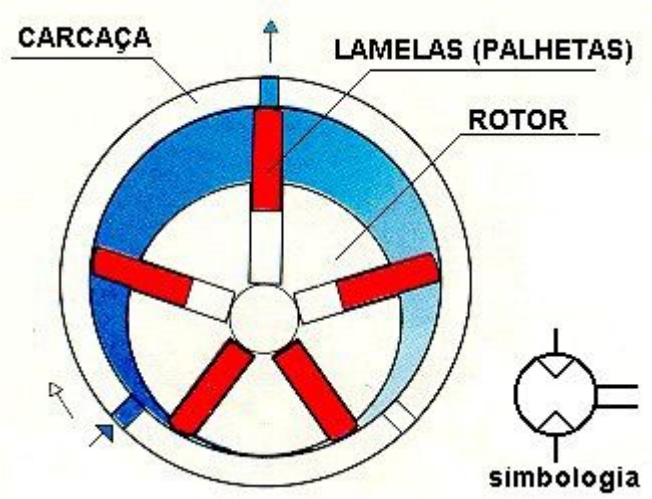


Motor de palhetas (Lamelas): graças à sua construção simples e pequeno peso, geralmente os motores pneumáticos são fabricados como máquinas rotativas, com lamelas. Estes seguem princípio inverso ao dos compressores de células múltiplas (compressor rotativo).
O rotor é fixado excentricamente em um espaço cilíndrico e é dotado de ranhuras. As palhetas colocadas nas ranhuras serão, afastadas pela força centrífuga, contra a parede interna do cilindro, e assim a vedação individual das câmaras estará garantida

Por meio de pequena quantidade de ar, as palhetas serão afastadas contra a parede interna do cilindro, já antes de acionar o motor.

Em tipo de construção diferente, o encosto de palhetas é feito por pressão de molas.

Motores deste tipo têm, geralmente de três a dez palhetas, que formam câmaras de trabalho no motor, nas quais pode atuar o ar, sempre de acordo com o tamanho da área de ataque das palhetas. O ar entra na câmara menor, expandindo-se na medida do aumento da câmara.



Hidráulica – Conceitos Básicos

Para compreendermos a hidráulica e suas aplicações, se faz necessário o conhecimento básico de conceitos físicos.

Força: é qualquer influência capaz de produzir uma alteração no movimento de um corpo. Temos como unidade de medida de força o NEWTON (N).

Resistência: é a força que pode parar ou retardar o movimento de um corpo é uma resistência. Exemplos de resistência são: o atrito e a inércia.

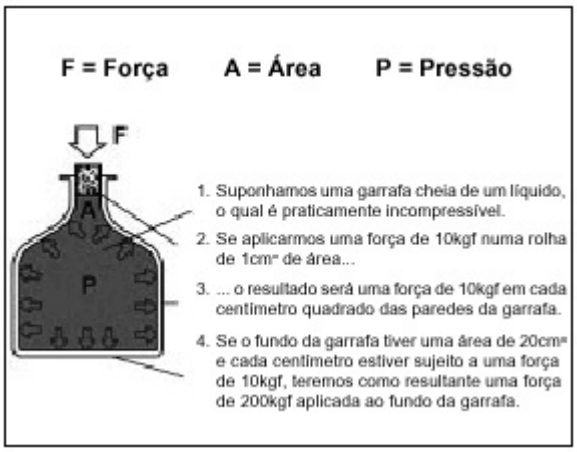
O Atrito como Resistência: a resistência por atrito ocorre sempre que dois objetos estejam em contato e que as suas superfícies se movam uma contra a outra.

Energia: uma força que pode causar o movimento de um corpo é energia.

Definição de Pressão: é a força exercida por unidade de superfície. Em hidráulica, a pressão é expressa em kgf/cm 2 , atm ou bar.
A pressão também poderá ser expressa em psi (*pound per square inch*) que significa libra força por polegada quadrada, abrevia-se lbf/pol 2 .

Lei de Pascal: a pressão exercida em um ponto qualquer de um líquido estático é a mesma em todas as direções e exerce forças iguais em áreas iguais.

Vamos supor um recipiente cheio de um líquido, o qual é praticamente incompressível.



Quando aplicamos uma força de 10 kgf em uma área de 1 cm 2 , obtemos como resultado uma pressão interna de 10 kgf/cm 2 agindo em toda a parede do recipiente

com a mesma intensidade.

Este princípio, descoberto e enunciado por Pascal, levou à construção da primeira prensa hidráulica no princípio da Revolução Industrial. Quem desenvolveu a descoberta de Pascal foi o mecânico Joseph Bramah.

Fatores de Conversão de Unidades de Pressão
Conservação de Energia: Relembrando um princípio enunciado por Lavoisier, onde ele menciona: "Na natureza nada se cria e nada se perde, tudo se transforma."

Realmente não podemos criar uma nova energia e nem tão pouco destruí-la e sim transformá-la em novas formas de energia.

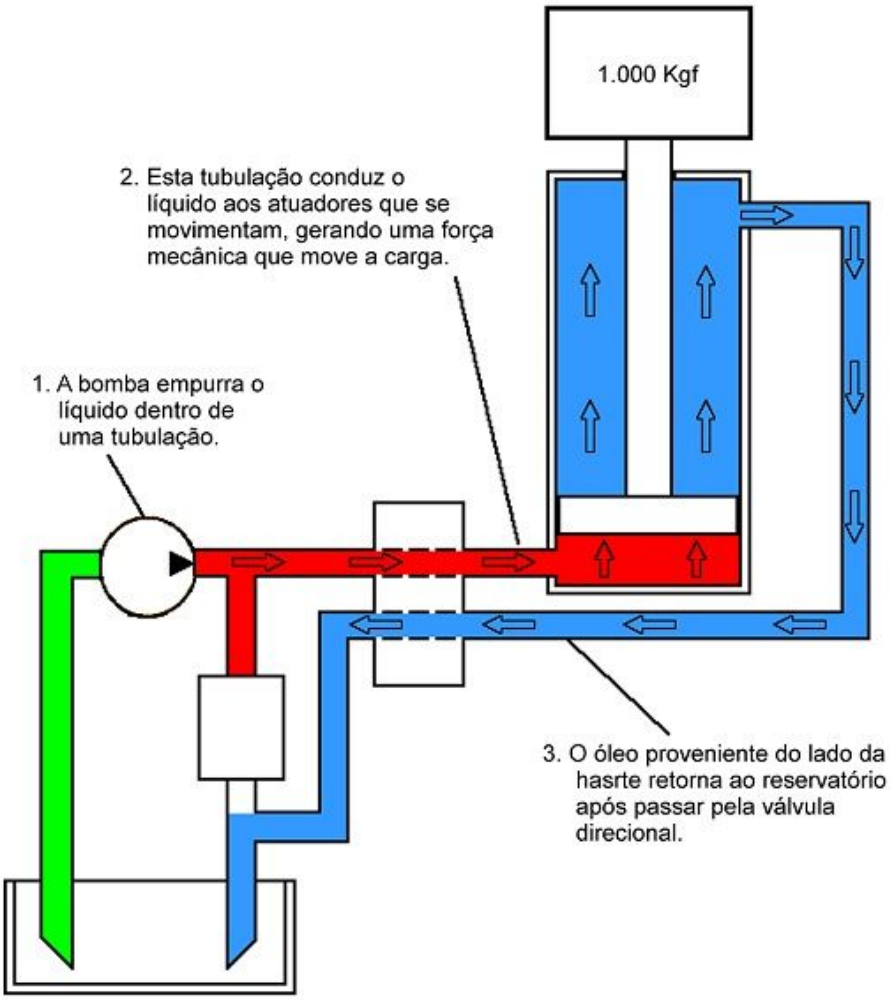
Quando desejamos realizar uma multiplicação de forças significa que teremos o pistão maior, movido pelo fluido deslocado pelo pistão menor, sendo que a distância de cada pistão seja inversamente proporcional às suas áreas. O que se ganha em relação à força tem que ser sacrificado em distância ou velocidade.

Quando o pistão de área = 1 cm 2 se move 10 cm desloca um volume de 10cm 3 para o pistão de área = 10 cm 2 . Consequentemente, o mesmo movimentará apenas 1 cm de curso.

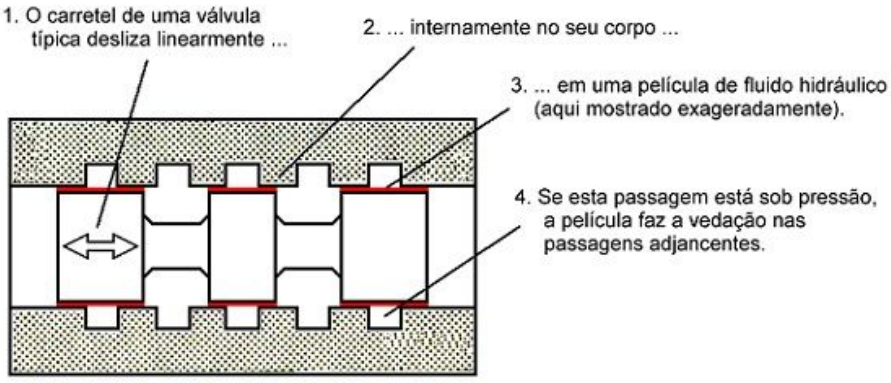
Hidráulica – Fluídos Hidráulicos

O fluido hidráulico é o elemento vital de um sistema hidráulico industrial. Ele é um meio de transmissão de energia, um lubrificante, um vedador e um veículo de transferência de calor. O fluido hidráulico à base de petróleo é o mais comum.

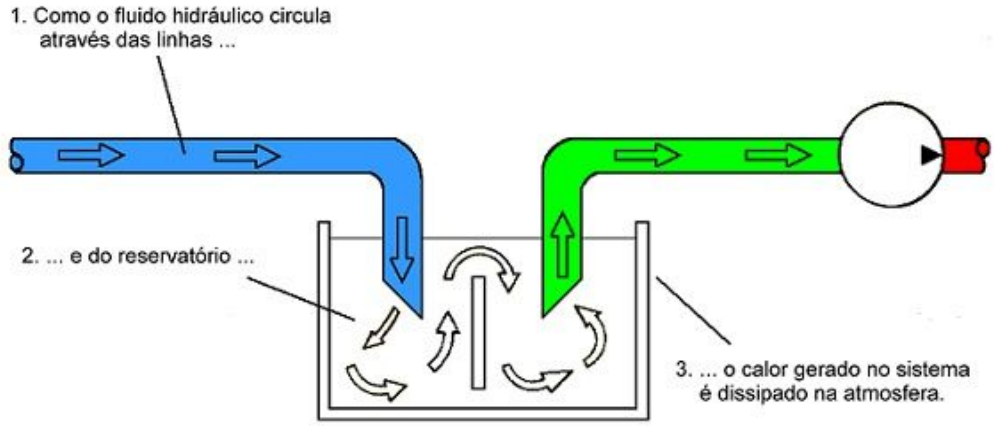
As funções do fluido: o fluido hidráulico tem quatro funções primárias:
- Transmitir energia;



- Lubrificar peças móveis;



- Vedar folgas entre essas peças;
- Resfriar ou dissipar o calor.



Os principais fluidos hidráulicos:

Água: empregada principalmente em velhos e pesados sistemas, como pontes levadiças, comportas, etc.
A água é encontrada em abundância na natureza e é o mais barato dos fluidos conhecidos.

Praticamente não apresenta variação de viscosidade com a temperatura, é quimicamente compatível com quase todos os materiais de retentores e tem a vantagem de quase não sofrer aumento de temperatura em operação, graças ao seu poder refrigerante.

Entretanto, seu emprego como meio hidráulico é restrito, devido às desvantagens que apresenta, tais como: provocar a corrosão, possuir propriedades lubrificantes insignificantes e só poder ser empregada em uma faixa de temperatura relativamente pequena.

Óleo mineral: é o fluido hidráulico (a base de petróleo) mais usado e, fora a água, o mais barato, sendo compatível com a maioria dos materiais encontrado nos sistemas. Suas propriedades lubrificantes são bastante conhecidas e a faixa de temperatura para sua utilização é ampla.
Apresenta, também, compressibilidade superior à da água.

Fluidos sintéticos: compostos químicos que podem trabalhar acima dos limites dos óleos minerais. São eles: éteres complexos, silicatos,

silicones e aromáticos de alto peso molecular (polifenilas e éteres de fenila).
São fluidos de custo elevado, devido aos problemas de fabricação, e, dentro de certos limites, satisfazem plenamente a todas necessidades dos sistemas hidráulicos.

Ao contrário dos óleos minerais, os fluidos sintéticos podem não ser compatível com alguns componentes dos sistemas.

Por essa razão, é preciso cuidado na escolha do fluido sintético a ser usado.

Fluidos resistentes ao fogo: muitos compostos químicos se enquadram nessa categoria. Porém, são mais comumente utilizados emulsões de óleo em água, soluções de glicol em água e fluidos não-aquosos.
As emulsões de óleo em água são usadas algumas vezes em sistema hidráulicos normais, enquanto os outros são empregados em casos específicos.

A Escolha do fluido hidráulico correto
Na seleção do fluido hidráulico, devem-se verificar, inicialmente, as condições a que o mesmo será submetido e o tipo de sistema em que será usado.

Os registros básicos para a utilização de um fluido como meio hidráulico são que ele seja virtualmente incompreensível e suficientemente fluido, de modo a permitir uma eficiente transmissão de energia.

Além disso, é também essencial que tenha boas propriedades lubrificantes.

Completando essas funções, podem ser exigidas outras qualidades de um fluido hidráulico, tais como:

- Prevenir a formação de ferrugem;

- Prevenir a formação de lodo, goma e verniz;

- Diminuir a formação de espuma;

- Manter sua estabilidade e reduzir o custo de substituição;

- Manter um índice de viscosidade relativamente estável, numa faixa larga de variações de temperatura;

- Prevenir contra a corrosão e erosão;

- Separar-se da água;

- Ser compatível com vedadores e gaxetas.

Frequentemente, são incorporados aditivos aos fluidos para melhorar as características acima citadas.

Também se costuma empregar aditivos para prevenir o desgaste dos componentes mecânicos do sistema.

Uso de aditivos

Os aditivos comerciais adicionados aos fluidos hidráulicos dão a esses fluidos propriedades desejáveis como: índice de viscosidade, fluidez, resistência à oxidação, etc.

Entretanto, os fabricantes chamam a atenção alertando que os aditivos a serem incorporados ao óleo, para torná-lo adequado a um sistema hidráulico, devem ser compatíveis entre si bem como com o óleo utilizado.

A compatibilidade deve ser determinada pelo fabricante do fluido, que indicará os aditivos adequados a serem utilizados, salvo se houver condições de se determinar essa compatibilidade através de análises de laboratório.

Viscosidade

Viscosidade é a medida de resistência do fluido ao se escoar, ou seja, é uma medida inversa à de fluidez.

Se um fluido escoa facilmente, sua viscosidade é baixa e pode-se dizer que o fluido é fino ou lhe falta corpo.

Um fluido que escoa com dificuldade tem alta viscosidade.

Neste caso, diz-se que é grosso ou tem bastante corpo.

A característica mais importante a ser observada na escolha de um fluido hidráulico é a viscosidade.

A bomba é o coração do sistema hidráulico e sua eficiência depende, essencialmente, da viscosidade do fluido bombeado, que deve estar dentro dos limites especificados pelo fabricante da bomba.

De modo geral, são aceitáveis as seguintes faixas de viscosidade:

- Bomba de palhetas: de 100 a 300SUS a 100ºF;

- Bomba de engrenagens: de 300 a 500SUS a 100ºF;

- Bomba de pistão: de 250 a 900SUS a 100ºF.

Observação

100ºF = 37,5ºC.

Determinação da viscosidade

Alguns métodos para se determinar a viscosidade, em ordem decrescente de precisão, são:

- Viscosidade absoluta - Poise;

- Viscosidade cinemática - Centistokes;

- Viscosidade relativa - SUS e SAE.

A viscosidade dos fluidos hidráulicos normalmente é dada em SUS ou SAE.

Viscosidade SUS: Para efeito prático, na maioria dos casos, conhecer a viscosidade relativa já é suficiente.
Determina-se a viscosidade relativa cronometrando-se o escoamento de uma dada quantidade de fluido, através de um orifício, a uma determinada temperatura.

Há vários métodos em uso, mas o mais aceito ainda é o do viscosímetro de Saybolt, apresentado na figura seguinte, em que a viscosidade é medida em Saybolt Universal Seconds (SUS) e é igual ao tempo gasto, em segundos, para o fluido escoar-se.

Número SAE: Os números SAE foram estabelecidos pela Sociedade do Engenheiros das Indústrias Automobilísticas Americanas para especificar as faixas de viscosidade SUS de óleos nas temperaturas de testes SAE.
Os números para óleos de inverno (5W, 10W, 20W) são determinados pelos testes a 0ºF (-17ºC).

Os números para óleos de verão (20, 30, 40, 50, etc) designam a faixa SUS a 210oF (100o).

Hidráulica – Reservatório e Filtros de Fluido

Reservatórios ou tanques têm por finalidade básica armazenar e facilitar a manutenção do fluido utilizado nos sistemas hidráulicos.

O reservatório pode ser projetado para cumprir várias funções, desde que não haja problemas quanto à sua localização ou ao seu tamanho.

Porém, é fundamental que o reservatório apresente, no mínimo, as seguintes características:

- Ter espaço para separação do ar do fluido;

- Permitir que os contaminadores se assentem;

- Ajudar a dissipar o calor gerado pelo sistema;

- Facilitar a manutenção.

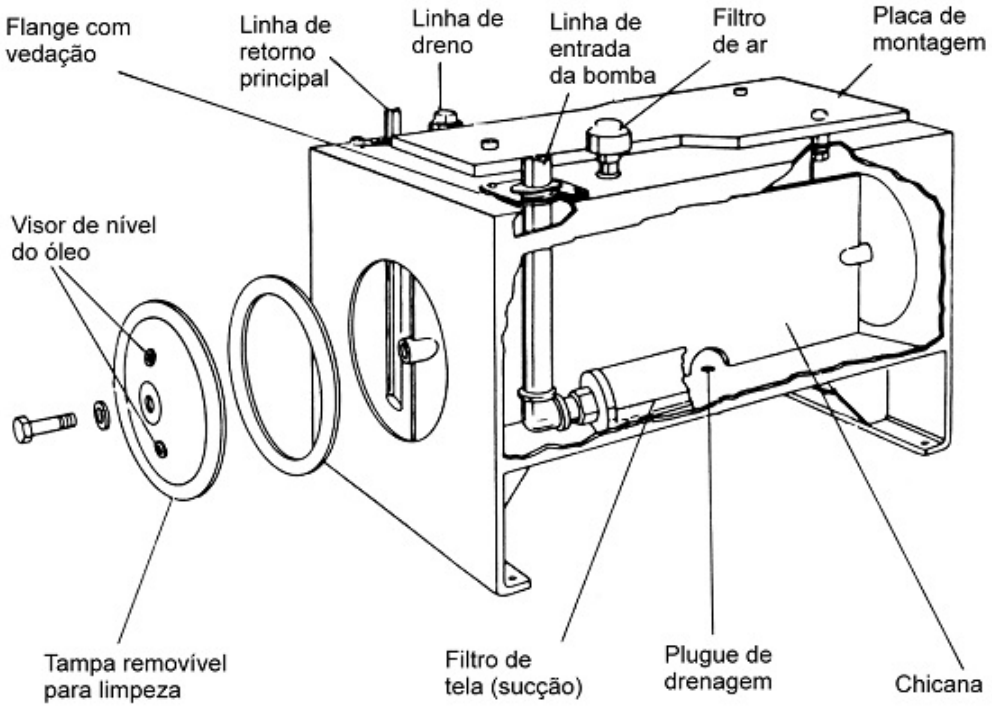
Dentre os sistemas hidráulicos (industriais, aeronáuticos e de equipamento móvel), é na elaboração dos projetos dos sistemas hidráulicos industriais que o desenho do reservatório apresenta maior flexibilidade.

O reservatório é construído com placas de aço, soldadas, mantendo-se um espaço entre o reservatório e o piso através de suportes colocados na sua parte inferior.

Na construção do reservatório, a observância de alguns cuidados e a colocação de determinados componentes são recomendáveis para o seu perfeito funcionamento, como por exemplo:

Cuidados: O interior do tanque deve ser pintado com tinta especial para reduzir a ferrugem que possa resultar da condensação da umidade. A tinta utilizada no interior do tanque tem que ser compatível com o fluido usado.

Componentes de um reservatório:



Visores: são utilizados para facilitar as verificações do nível do fluido.
Plugue de drenagem: o fluido do tanque possibilita, pelo seu formato, que o fluido seja drenado através de um plugue.

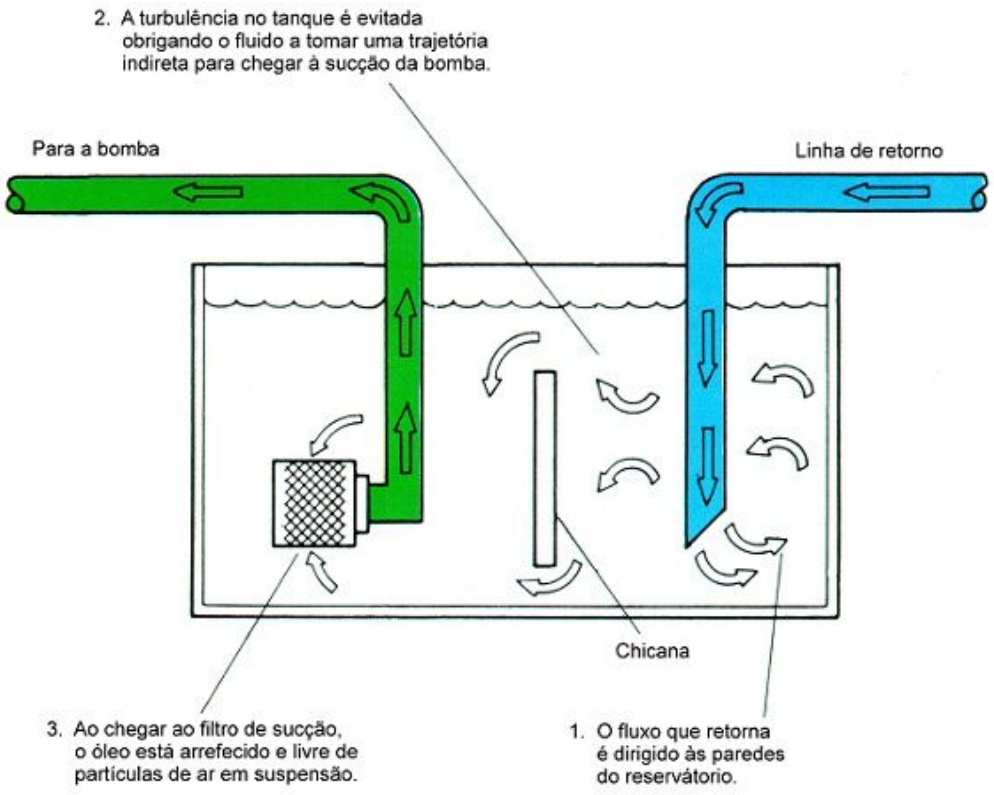
Tampas: as tampas devem ser de fácil remoção para facilitar a limpeza do tanque.

Filtro de tela: na abertura para abastecimento do fluido, deve ser colocada uma tela filtrante para evitar a contaminação do fluido.

Respirador: o tampão para respiro deve ter um filtro de ar para manter a pressão atmosférica na interior do reservatório, esteja ele cheio ou vazio. Em geral, quanto maior for a vazão, tanto maior deve ser o respirador.

Válvula para regular a pressão atmosférica: essa válvula é utilizada somente nos reservatórios pressurizados, em substituição ao respirador.

Chicana: a chicana ou placa de separação controla a direção do fluxo no tanque através da separação da linha de entrada da linha de retorno, evitando, assim, a recirculação contínua do mesmo óleo. A chicana deve ter uma altura de 2/3 do nível do fluido.



A chicana apresenta as seguintes funções básicas:

- Evitar turbulência no reservatório;

- Permitir o assentamento de impurezas;

- Ajudar a dissipar o calor através das paredes do tanque.

Os Filtros de fluido

Todos os fluidos hidráulicos contêm uma certa quantidade de contaminantes. A necessidade do filtro, no entanto, não é reconhecida na maioria das vezes, pois o acréscimo deste componente particular não aumenta, de forma aparente, a ação da máquina. Mas o pessoal experiente de manutenção concorda que a grande maioria dos casos de mau funcionamento de componentes e sistemas é causada por contaminação. As partículas de sujeira podem fazer com que máquinas caras e grandes falhem.

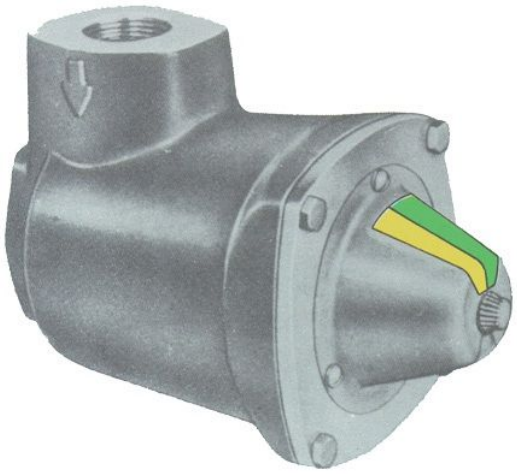
A contaminação interfere com a transmissão de energia vedando pequenos orifícios nos componentes hidráulicos. Nesta condição, a ação das válvulas não é apenas imprevisível e improdutiva, mas também insegura.

Devido à viscosidade, atrito e mudanças de direção, o fluido hidráulico gera calor durante a operação do sistema. Quando o líquido retorna ao reservatório, transfere calor às suas paredes. As partículas contaminantes interferem no esfriamento do líquido, por formar um sedimento que torna difícil a transferência de calor para as paredes do reservatório.

Provavelmente, o maior problema com a contaminação num sistema hidráulico é que ela interfere na lubrificação.

A falta de lubrificação causa desgaste excessivo, resposta lenta, operações não-sequenciadas, queima da bobina do solenóide e falha prematura do componente.

O **Filtro** é um dispositivo que tem a função de reter, por meio de material poroso (elemento filtrante), os contaminadores insolúveis de um fluido.

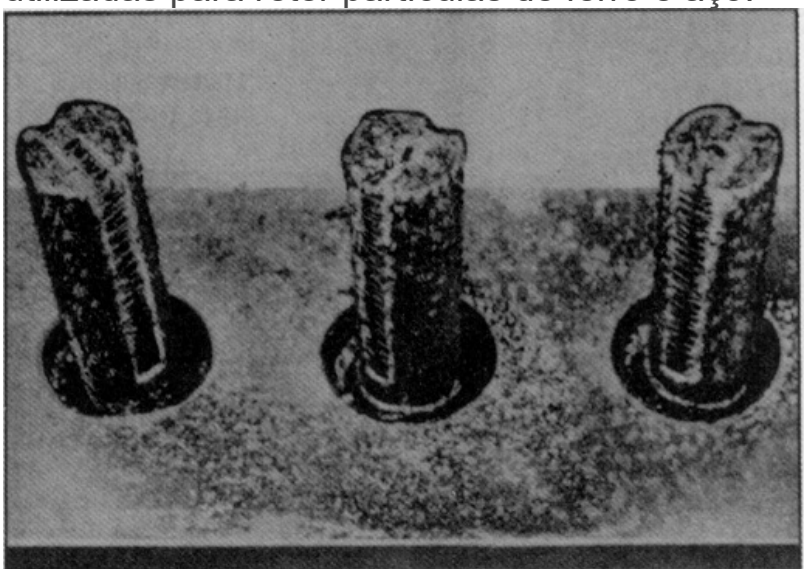


Um filtro com indicador a cores mostra quando é necessária a sua limpeza.

Já a **Peneira** é um dispositivo feito de arame (malha) que tem funções semelhantes às do filtro.

Filtro de sucção feito de malha de arame fino

Temos também os **Plugues Magnéticos**, que são placas imantadas utilizadas para reter partículas de ferro e aço.



A função dos dispositivos seja filtro ou peneira, é reter os contaminadores quando da passagem do fluido.

Vejamos agora os diferentes sistemas de filtros utilizados:

Filtros para linhas de retorno: São filtros que retêm as partículas finas antes que o fluido retorne para o reservatório.

São úteis, principalmente, em sistemas que não têm grandes reservatórios que permitam o assentamento dos contaminadores.

O filtro de retorno é de uso quase obrigatório em sistema que utilize uma bomba de alto rendimento, pois a mesma possui pequenas tolerâncias em suas peças e não pode ser suficientemente protegida, apenas, por um filtro de sucção.

Filtros para linhas de pressão: Existem filtros desenhados para uso nas linhas de pressão que podem deter partículas bem menores que os filtros de sucção. Um filtro assim pode ser aplicado onde certos componentes, como válvulas, toleram menos sujeira do que uma bomba.
Estes filtros precisam resistir à pressão do sistema e são instalados nas saídas das bombas.

Relações nominais e absolutas: Quando se especifica um filtro em tantos mícrons, refere-se à relação nominal do filtro.
Um filtro de 10 mícrons, por exemplo, deterá a maioria das partículas de 10 mícrons ou de tamanho maior.

Sua capacidade absoluta, entretanto, será um pouco maior, provavelmente ao redor de 25 mícrons.

A capacidade absoluta é o tamanho da abertura ou da maior porosidade do filtro e é um fator importante, somente, quando for condição determinante que nenhuma partícula de um tamanho especificado possa circular no sistema.

Relação entre malha e mícron: Uma tela simples ou peneira de arame é classificada pela capacidade de filtrar, por um número de malha ou seu equivalente.
Quanto mais alto for o número da malha ou peneira, mais fina será a tela.

Os filtros feitos de outro material, sem ser tela de arame, são classificados pelo tamanho mícron.

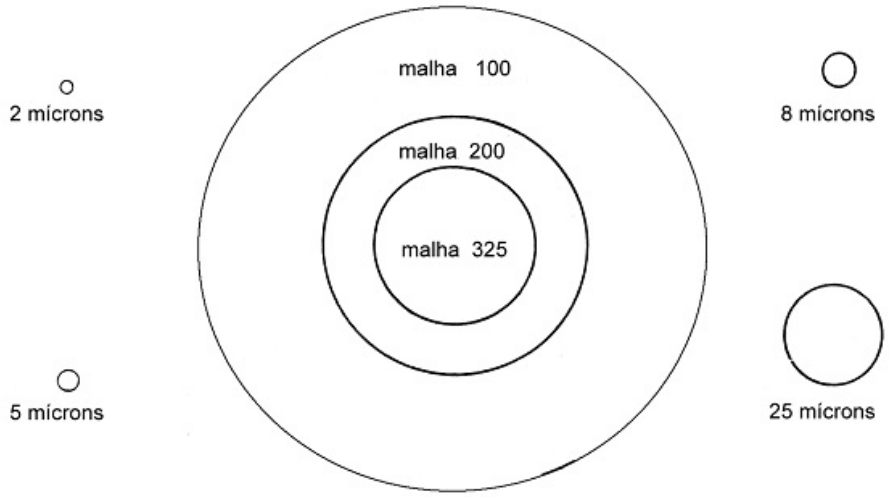
Um mícron equivale a um milionésimo (1/1000000) de um metro.

A menor partícula que o olho humano pode ver tem, aproximadamente, 40 mícrons.

A figura seguinte faz a comparação entre vários tamanhos em mícrons com malhas e peneiras padronizadas.

As peneiras são usadas, geralmente, para linhas de entrada ou sucção.

Os filtros micrônicos são mais usados em linhas de retorno.

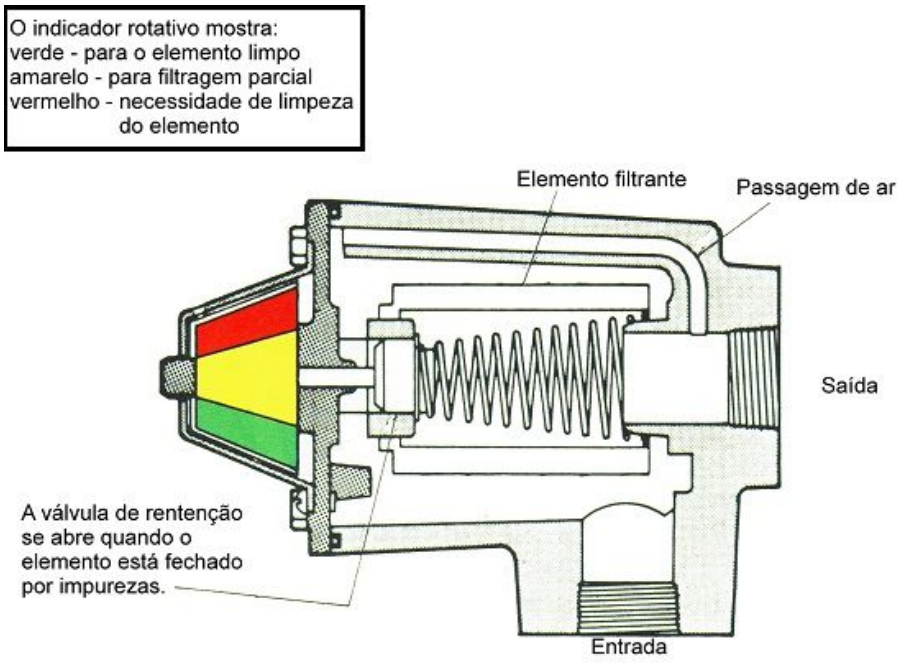


Filtros do tipo indicador: Os filtros indicadores são projetados para assinalar ao operador quando se deve limpar o elemento. Havendo acúmulo de sujeira, a pressão negativa aumenta, movimentando, assim, o elemento.

Em uma extremidade desde está conectado um indicador que mostra ao operador o estado do elemento.

Outra característica deste tipo de filtro é a facilidade com que se remove ou substitui o elemento.

A maioria dos filtros indicadores é projetada para uso na linha de entrada, como se observa na figura a seguir.



Hidráulica – Mangueiras e Conexões

As linhas flexíveis para condução de fluidos são necessárias na maior parte das instalações onde a compensação de movimento e absorção de vibrações se fazem presentes. Um exemplo típico de linhas flexíveis são as mangueiras, cuja aplicação visa atender a três propostas básicas:

1) conduzir fluidos líquidos ou gases;

2) absorver vibrações;

3) compensar e/ou dar liberdade de movimentos.

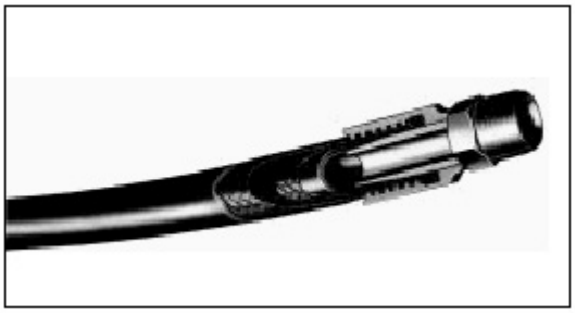
Basicamente todas as mangueiras consistem em três partes construtivas:

Tubo Interno ou Alma de Mangueira

Deve ser construído de material flexível e de baixa porosidade, ser compatível e termicamente estável com o fluido a ser conduzido.

Reforço ou Carcaça: considerado como elemento de força de uma mangueira, o reforço é quem determina a capacidade de suportar pressões. Sua disposição sobre o tubo interno pode ser na forma trançado ou espiralado.

Cobertura ou Capa: disposta sobre o reforço da mangueira, a cobertura tem por finalidade proteger o reforço contra eventuais agentes externos que provoquem a abrasão ou danificação do reforço.



Classificação das Mangueiras: a Sociedade dos Engenheiros Automotivos Americanos (Society of Automotive Engineers - SAE), ao longo do tempo tem tomado a dianteira na elaboração de normas construtivas para mangueiras, e por ser pioneira e extremamente atuante, as especificações SAE são amplamente utilizadas em todo o mundo.
As especificações construtivas das mangueiras permitem ao usuário enquadrar o produto escolhido dentro dos seguintes parâmetros de aplicação:

- Capacidade de Pressão Dinâmica e Estática de trabalho;

- Temperatura Mínima e Máxima de trabalho;

- Compatibilidade química com o fluido a ser conduzido;

- Resistência ao meio ambiente de trabalho contra a ação do Ozônio (O3), raios ultravioleta, calor irradiante, chama viva, etc.;

- Vida útil das manueiras em condições Dinâmicas de trabalho (impulse-test);

- Raio Mínimo de curvatura.

Conexões para Mangueiras (Terminais de Mangueiras): por meio de uma capa rosqueável, descascando a extremidade da mangueira

(tipo SKIVE). Por meio de uma capa rosqueável, sem descascar a extremidade da mangueira (tipo NO-SKIVE). As conexões para mangueiras podem ser classificadas em dois grandes grupos: Reusáveis e Permanentes.

Conexões Reusáveis: classificam-se como conexões reusáveis todas aquelas cujo sistema de fixação da conexão à mangueira permite reutilizar a conexão, trocando-se apenas a mangueira danificada. Apesar de ter um custo um pouco superior em relação às conexões permanentes, sua relação custo/benefício é muito boa, além de agilizar a operação de manutenção e dispensar o uso de equipamentos especiais. As conexões reusáveis são fixadas às mangueiras.

Conexões Permanentes: classificam-se como conexões permanentes todas aquelas cujo sistema de fixação da conexão à mangueira não permite reutilizar a conexão quando a mangueira se danifica. Este tipo de conexão necessita de equipamentos especiais para montagem. As conexões permanentes podem ser fixadas às mangueiras pelas seguintes formas:
Conexões prensadas que não necessitam descascar a extremidade da mangueira (tipo NO-SKIVE).

Recomendações na Aplicação: ao projetar ou reformar um circuito de condução de fluidos, sempre que possível tenha em consideração as seguintes recomendações:
- Evitar ao máximo utilizar conexões e mangueiras: sempre que possível utilize tubos, pois a perda de carga em tubos é menor;

- Procurar evitar ampliações ou reduções bruscas no circuito, a fim de evitar o aumento da turbulência e de temperatura;

- Evitar utilizar conexões fora de padrão em todo o circuito e em especial as conexões (terminais) de mangueira, pois estas deverão ser trocadas com maior freqüência nas operações de manutenção;

- Evitar especificar conjuntos montados de mangueira com dois terminais macho fixo de um lado e fêmea/macho giratório do outro lado;

- Mesmo que aparentemente mais caras, procure especificar mangueiras que atendam os requisitos do meio ambiente externo de trabalho, evitando assim a necessidade de acessórios especiais tais como: armaduras de proteção, luva antiabrasão, entre outros.

Bombas Hidráulicas – Conceito, Funcionamento e Termos Técnicos

As bombas são utilizadas nos circuitos hidráulicos, para converter energia mecânica em energia hidráulica.A ação mecânica cria um vácuo parcial na entrada da bomba, o que permite que a pressão atmosférica force o fluido do tanque, através da linha de sucção, a penetrar na bomba.A bomba passará o fluido para a abertura de descarga, forçando-o através do sistema hidráulico. As bombas são classificadas, basicamente, em dois tipos: hidrodinâmicas e hidrostáticas. As bombas hidráulicas são classificadas como positivas (fluxo pulsante) e não-positivas (fluxo contínuo).

Bombas Hidrodinâmicas: são bombas de deslocamento não-positivo, usadas para transferir fluidos e cuja única resistência é a criada pelo peso do fluido e pelo atrito. Essas bombas raramente são usadas em sistemas hidráulicos, porque seu poder de deslocamento de fluido se reduz quando aumenta a resistência e também porque é possível bloquear-se completamente seu pórtico de saída em pleno regime de funcionamento da bomba.

Bombas Hidrostáticas: são bombas de deslocamento positivo, que fornecem determinada quantidade de fluido a cada rotação ou ciclo. Como nas bombas hidrostáticas a saída do fluido independe da pressão, com exceção de perdas e vazamentos, praticamente todas as bombas necessárias para transmitir força hidráulica em equipamento industrial, em maquinaria de construção e em aviação são do tipo hidrostático. As bombas hidrostáticas produzem fluxos de forma pulsativa, porém sem variação de pressão no sistema.

Especificação de Bombas: as bombas são, geralmente, especificadas pela capacidade de pressão máxima de operação e

pelo seu deslocamento, em litros por minuto, em uma determinada rotação por minuto.

Relações de Pressão: a faixa de pressão de uma bomba é determinada pelo fabricante, baseada na vida útil da bomba.

Observação: Se uma bomba for operada com pressões superiores às estipuladas pelo fabricante, sua vida útil será reduzida.

Deslocamento: é o volume de líquido transferido durante uma rotação e é equivalente ao volume de uma câmara multiplicado pelo número de câmaras que passam pelo pórtico de saída da bomba, durante uma rotação da mesma. O deslocamento é expresso em centímetros cúbicos por rotação e a bomba é caracterizada pela sua capacidade nominal, em litros por minuto.

Capacidade de Fluxo: a capacidade de fluxo pode ser expressa pelo deslocamento ou pela saída, em litros por minuto.

Eficiência volumétrica: teoricamente, uma bomba desloca uma quantidade de fluido igual a seu deslocamento em cada ciclo ou revolução. Na prática, o deslocamento é menor, devido a vazamentos internos. Quanto maior a pressão, maior será o vazamento da saída para a entrada da bomba ou para o dreno, o que reduzirá a eficiência volumétrica. A eficiência volumétrica é igual ao deslocamento real dividido pelo deslocamento teórico, dada em porcentagem. Veja a fórmula do cálculo de eficiência:

$$\text{Eficiência volumétrica} = \frac{\text{deslocamento real}}{\text{deslocamento teórico}} \times 100\%$$

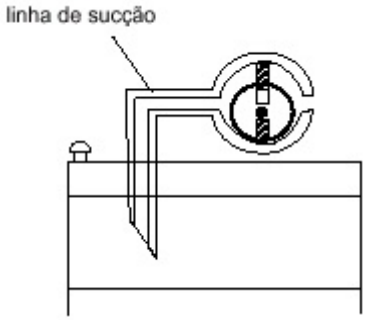
Ou seja, uma bomba a 70kgf/cm 2 de pressão deve deslocar, teoricamente, 40 litros de fluido por minuto e desloca apenas 36 litros por minuto, sua eficiência volumétrica, nessa pressão, é de 90%, como se observa aplicando os valores na fórmula:

$$\text{eficiência} = \frac{36 \text{ l/min}}{40 \text{ l/min}} \times 100\% = 90\%$$

As bombas hidráulicas atualmente em uso são, em sua maioria, do tipo rotativo, ou seja, um conjunto rotativo transporta o fluido da

abertura de entrada para a saída. De acordo com o tipo de elemento que produz a transferência do fluido, as bombas rotativas podem ser de engrenagens, de palhetas ou de pistões.

Localização da Bomba: Muitas vezes, num sistema hidráulico industrial, a bomba está localizada sobre a tampa do reservatório que contém o fluido hidráulico do sistema. A linha ou duto de sucção conecta a bomba com o líquido no reservatório. O líquido, fluindo do reservatório para a bomba, pode ser considerado um sistema hidráulico separado. Mas, neste sistema, a pressão menor que a atmosférica é provocada pela resistência do fluxo. A energia para deslocar o líquido é aplicada pela atmosfera. A atmosfera e o fluido no reservatório operam juntos, como no caso de um acumulador.



Medição da Pressão Atmosférica: Nós geralmente pensamos que o ar não tem peso. Mas, o oceano de ar cobrindo a terra exerce pressão sobre ela. Torricelli, o inventor do barômetro, mostrou que a pressão atmosférica pode ser medida por uma coluna de mercúrio. Enchendo-se um tubo com mercúrio e invertendo-o em uma cuba cheia com mercúrio, ele descobriu que a atmosfera padrão, ao nível do mar, suporta uma coluna de mercúrio de 760 mm de altura.

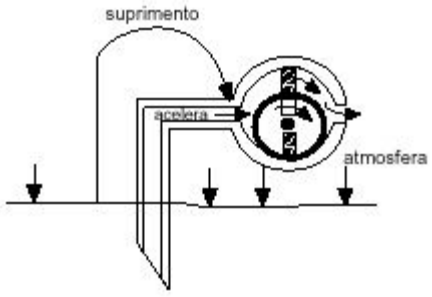
A pressão atmosférica ao nível do mar mede ou é equivalente a 760 mm de mercúrio. Qualquer elevação acima desse nível deve medir evidentemente menos do que isso. Num sistema hidráulico, as

pressões acima da pressão atmosférica são medidas em kgf/cm^2 . As pressões abaixo da pressão atmosférica são medidas em unidade de milímetros de mercúrio.

Operação no Lado de Sucção da Bomba: Quando uma bomba não está em operação, o lado de sucção do sistema está em equilíbrio. A condição de "sem fluxo" existe e é indicada pelo diferencial de pressão zero entre a bomba e a atmosfera. Para receber o suprimento de líquido até o rotor, a bomba gera uma pressão menor do que a pressão atmosférica. O sistema fica desbalanceado e o fluxo ocorre.

O uso da Pressão Atmosférica: A pressão aplicada ao líquido pela atmosfera é usada em duas fases:
1. Suprir o líquido à entrada da bomba.

2. Acelerar o líquido e encher o rotor que está operando a alta velocidade.



Cavitação: Cavitação é a evaporação de óleo a baixa pressão na linha de sucção.
1. Interfere na lubrificação.

2. Destrói a superfície dos metais.

No lado de sucção da bomba, as bolhas se formam por todo o líquido. Isso resulta num grau reduzido de lubrificação e num conseqüente aumento de desgaste. Conforme essas cavidades são expostas à alta pressão na saída da bomba, as paredes das cavidades se rompem e geram toneladas de força por centímetro quadrado. O desprendimento da energia gerada pelo colapso das cavidades desgasta as superfícies do metal. Quando a pressão de vapor se iguala à pressão atmosférica, as moléculas do líquido entram livremente na atmosfera. Isso é conhecido como ebulição.

Ar em Suspensão: O fluido hidráulico, ao nível do mar, é constituído de 10% de ar. O ar está em suspensão no líquido. Ele não pode ser visto e, aparentemente, não acrescenta volume ao líquido. A capacidade de qualquer fluido hidráulico ou líquido de conter ar dissolvido diminui quando a pressão agindo sobre o mesmo decresce. Por exemplo: se um recipiente com fluido hidráulico que tenha sido exposto à atmosfera fosse colocado numa câmara de vácuo, o ar dissolvido borbulharia para fora da solução. Escapando durante o processo de cavitação, o ar dissolvido sai da solução e contribui para prejudicar a bomba. Se a cavitação continuar, a vida da bomba será bastante reduzida e os cavacos desta migrarão para as outras áreas do sistema, prejudicando os outros componentes.
Indicação de Cavitação

A melhor indicação de que a cavitação está ocorrendo é o ruído. O colapso simultâneo das cavidades causa vibrações de alta amplitude, que são transmitidas por todo o sistema e provocam ruídos estridentes gerados na bomba.

Durante a cavitação, ocorre também uma diminuição na taxa de fluxo da bomba, porque as câmaras da bomba não ficam completamente cheias de líquido e a pressão do sistema se desequilibra.

Causa da Formação da Cavitação: As cavidades formam-se no interior do líquido porque o líquido evapora. A evaporação, nesse caso, não é causada por aquecimento, mas ocorre porque o líquido alcançou uma pressão atmosférica absoluta muito baixa.

Pressão de Vapor afetada pela Temperatura: A pressão de vapor de um líquido é afetada pela temperatura. Com o aumento da temperatura, mais energia é acrescentada às moléculas do líquido. As moléculas se movem mais rapidamente e a pressão de vapor aumenta. colapso da cavidade

Aeração: é a entrada de ar no sistema através da sucção da bomba. O ar retido é aquele que está presente no líquido, sem estar dissolvido no mesmo. O ar está em forma de bolhas. Se ocorrer de a bomba arrastar fluido com ar retido, as bolhas de ar terão, mais ou

menos, o mesmo efeito da cavitação sobre a bomba. Contudo, como isso não está associado com a pressão de vapor, vamos nos referir a esta ação como sendo uma pseudocavitação.
Muitas vezes, o ar retido está presente no sistema devido a um vazamento na linha de sucção. Uma vez que a pressão do lado da sucção da bomba é menor que a pressão atmosférica. Qualquer abertura nesta região resulta na sucção do ar externo para o fluido e consequentemente para a bomba. Qualquer bolha de ar retida que não puder escapar enquanto o fluido está no tanque irá certamente para a bomba.

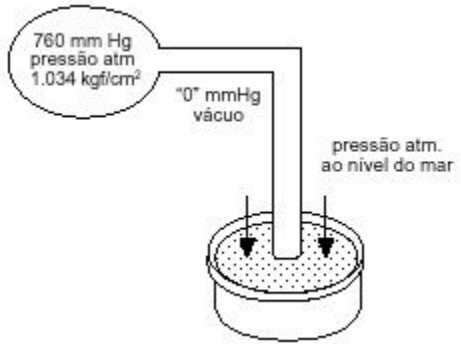
Especificação de Cavitação: A cavitação é muito prejudicial, tanto para a bomba como para o sistema. Por essa razão os fabricantes especificam as limitações dos seus produtos. Os fabricantes de bombas de deslocamento positivo geralmente especificam a pressão menor que a
atmosférica, que deve ocorrer à entrada da bomba para encher o mecanismo de bombeamento. Contudo, as especificações para essas pressões não são dadas em termos da escala de pressão absoluta, mas em termos da escala de pressão do

Escala de Pressão do Vácuo: O vácuo é qualquer pressão menor que a atmosférica. A pressão de vácuo causa uma certa confusão, uma vez que a escala inicia-se à pressão atmosférica, mas opera de cima para baixo em unidade de milímetros de mercúrio (Hg).

Como é determinado o Vácuo: Na ilustração, um recipiente com mercúrio aberto à atmosfera é conectado por meio de um tubo a um frasco, que tem a mesma pressão que a atmosférica. Uma vez que a pressão no frasco é a mesma pressão agindo sobre o mercúrio do recipiente, uma coluna de mercúrio não pode ser suportada no tubo. Zero centímetro de mercúrio indica uma condição de nenhum vácuo no frasco.

Vacuômetro: O vacuômetro é calibrado de 0 a 760. Ao nível do mar, para se determinar a pressão absoluta com um vacuômetro, subtraia o valor do vácuo em mmHg de 760 mmHg. Por exemplo, um vácuo

de 178 mmHg corresponde na verdade a uma pressão absoluta de 582 mmHg.



Especificações de Sucção dadas em Termos de Vácuo: Os melhores fabricantes de bombas dão suas especificações de sucção em termos de valores de vácuo em relação ao nível do mar. Quando a bomba deve ser usada a uma elevação acima do nível do mar, a pressão barométrica naquele nível deve ser levada em conta. Se um fabricante especifica não mais do que um vácuo de 178 mmHg na entrada da bomba, isto quer dizer que o fabricante deseja ter uma pressão absoluta ou barométrica na entrada da bomba, de pelo menos 582 mmHg para que se possa acelerar o líquido para o mecanismo de bombeamento. Se a pressão absoluta na entrada da bomba for um pouco menor que 582 mmHg, a bomba pode ser danificada. Naturalmente, isso depende do fator de segurança do projeto na faixa permitida para operação no vácuo.

Bombas de Engrenagem: A bomba de engrenagem consiste basicamente de uma carcaça com orifícios de entrada e de saída, e de um mecanismo de bombeamento composto de duas engrenagens. Uma das engrenagens, a engrenagem motora, é ligada a um eixo que é conectado a um elemento acionador principal. A outra engrenagem é a engrenagem movida.

Como funciona uma Bomba de Engrenagem: No lado da entrada, os dentes das engrenagens desengrenam, o fluido entra na bomba, sendo conduzido pelo espaço existente entre os dentes e a carcaça, para o lado da saída onde os dentes das engrenagens engrenam e forçam o fluido para fora do sistema. Uma vedação positiva neste tipo de bomba é realizada entre os dentes e a carcaça, e entre os próprios

dentes de engrenamento. As bombas de engrenagem têm geralmente um projeto não compensado.

Características das bombas de engrenagem: As bombas de engrenagem são de deslocamento fixo. Podem deslocar desde pequenos até grandes volumes.
Por serem do tipo não–balanceado, são geralmente unidades de baixa pressão.

Porém, existem bombas de engrenagem que atingem até 200kg/cm2 de pressão.

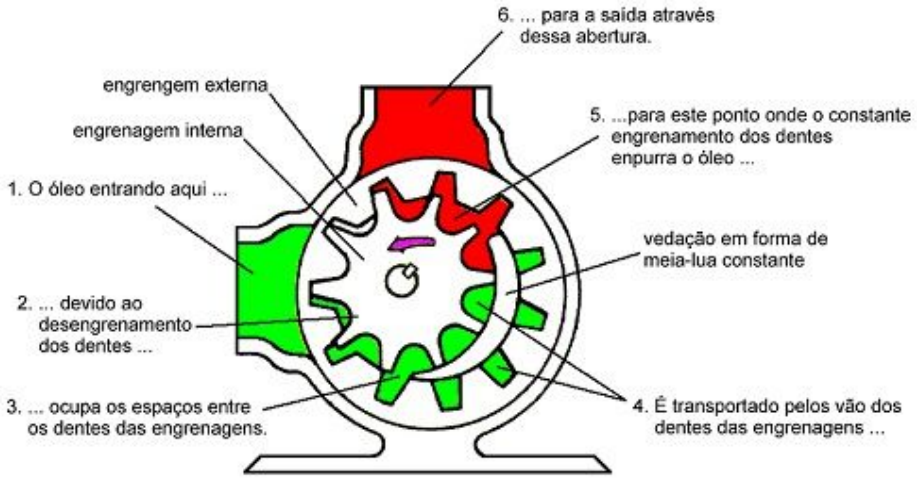
Com o desgaste, o vazamento interno aumenta.

Entretanto, as unidades são razoavelmente duráveis e toleram a sujeira mais do que outros tipos.

Uma bomba de engrenagem, com muitas câmaras de bombeamento, gera freqüências altas e, portanto, tende a fazer mais barulho.

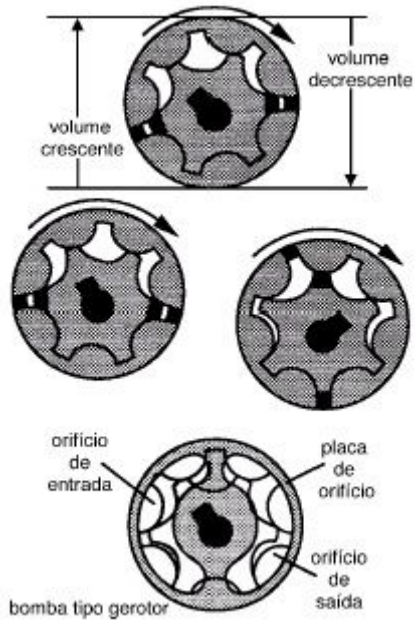
Bomba de Engrenagem Externa
A bomba de engrenagem que foi descrita acima é uma bomba de engrenagem externa, isto é, ambas as engrenagens têm dentes em suas circunferências externas. Estas bombas são às vezes chamadas de bombas de dentes-sobre-dentes. Há basicamente três tipos de engrenagens usadas em bombas de engrenagem externa; as de engrenagens de dentes retos, as helicoidais e as que têm forma de espinha de peixe. Visto que as bombas de engrenagem de dentes retos são as mais fáceis de fabricar, este tipo de bomba é o mais comum.

Bomba de Engrenagem Interna: Uma bomba de engrenagem interna consiste de uma engrenagem externa cujos dentes se engrenam na circunferência interna de uma engrenagem maior. O tipo mais comum de bomba de engrenagem interna nos sistemas industriais é a bomba tipo gerotor.



Bomba Tipo Gerotor: A bomba tipo gerotor é uma bomba de engrenagem interna com uma engrenagem motora interna e uma engrenagem movida externa. A engrenagem interna tem um dente a menos do que a engrenagem externa. Enquanto a engrenagem interna é movida por um elemento acionado, ela movimenta a engrenagem externa maior. De um lado do mecanismo de bombeamento forma-se um volume crescente, enquanto os dentes da engrenagem desengrenam. Do outro lado da bomba é formado um volume decrescente. Uma bomba tipo gerotor tem um projeto não compensado.

O fluido que entra no mecanismo de bombeamento é separado do fluido de descarga por meio de uma placa de abertura. Enquanto o fluido é impelido da entrada para a saída, uma vedação positiva é mantida, conforme os dentes da engrenagem interna seguem o contorno do topo das cristas e vales da engrenagem externa.



Volume Variável de uma Bomba de Engrenagem: O volume que sai de uma bomba de engrenagem é determinado pelo volume de fluido que cada dente de engrenagem desloca multiplicado pela rpm. Consequentemente, o volume que sai das bombas de engrenagem pode ser alterado pela substituição das engrenagens originais por engrenagens de dimensões diferentes, ou pela variação da rpm. As bombas de engrenagens, quer de variedade
interna ou externa, não podem ser submetidas à variação no volume deslocado enquanto estão operando. Nada pode ser feito para modificar as dimensões físicas de uma engrenagem enquanto ela está girando. Um modo prático, então, para modificar o fluxo de saída de uma bomba de engrenagem é modificar a taxa do seu elemento acionador. Isso pode muitas vezes ser feito quando a bomba está sendo movida por um motor de combustão interna. Também pode ser realizado eletricamente, com a utilização de um motor elétrico de taxa variável.

Bombas Duplas de Engrenagem
Dados de Rendimento

Vantagens:

1) Eficiente e projeto simples;

2) Excepcionalmente compacta e leve para sua capacidade;

3) Eficiente à alta pressão de operação;

4) Resistente aos efeitos de cavitação;

5) Alta tolerância à contaminação dos sistemas;

6) Resistente em operações a baixas temperaturas;

7) Construída com mancal de apoio no eixo;

8) Compatibilidade com vários fluidos.

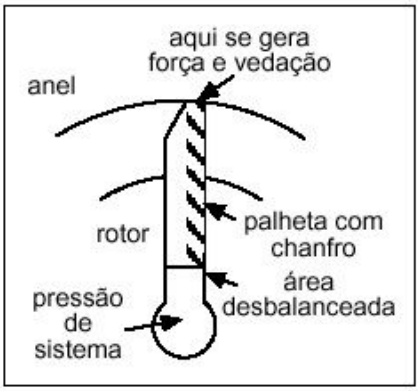
Bombas de Palheta: As bombas de palheta produzem uma ação de bombeamento fazendo com que as palhetas acompanhem o contorno de um anel ou carcaça. O mecanismo de bombeamento de uma bomba de palheta consiste de: rotor, palhetas, anel e uma placa de orifício com aberturas de entrada e saída.

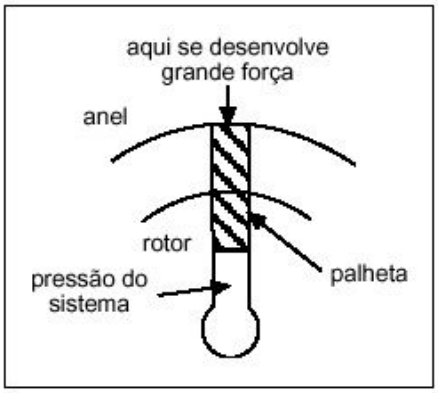
Montagem de Conjunto da Bomba: O mecanismo de bombeamento das bombas de palheta industriais é geralmente uma unidade integral a que se dá o nome de montagem de conjunto da bomba. O conjunto montado consiste de palhetas, rotor e um anel elíptico colocado entre as duas placas de orifício (observe que as placas de entrada da montagem do conjunto são algo diferente em seu projeto das placas de entrada previamente ilustradas). Uma das vantagens de se usar um conjunto montado é a de fácil manutenção da bomba. Depois de um certo tempo, quando as peças da bomba naturalmente se gastam, o mecanismo de bombeamento pode ser facilmente removido e substituído por uma nova montagem.

Também, se por alguma razão o volume da bomba precisar ser aumentado ou diminuído, um conjunto de bombas com as mesmas dimensões externas, mas com volume adequado, pode rapidamente substituir o mecanismo de bombeamento original.

Carregamento de Palheta: Antes que uma bomba de palheta possa operar adequadamente, um selo positivo deve existir entre o topo da palheta e o anel. Quando uma bomba de palheta é ligada, pode-se contar com uma força de inércia para “arremessar” as palhetas e conseguir a vedação. É por esta razão que a velocidade mínima de operação, para a maior parte das bombas de palheta, é de 600 rpm. Logo que uma bomba for girada e a pressão do sistema começar a crescer, deve ocorrer uma vedação mais justa para que o vazamento não aumente em direção ao topo da palheta. Para gerar uma vedação melhor a pressões mais altas, as bombas de palheta industriais direcionam a pressão do sistema para o lado inferior da palheta. Com esse arranjo, quanto mais alta for a pressão do sistema, mais força será desenvolvida para empurrar contra o anel.
Este modo de carregamento hidráulico de uma palheta desenvolve uma vedação muito justa no topo da palheta. Mas, se a força que carrega a palheta for muito grande, as palhetas e o anel podem ficar excessivamente desgastados e as palhetas podem ser uma fonte de arrasto. Para conseguirem a melhor vedação e ocasionarem o mínimo arrasto e desgaste, os fabricantes projetam as suas bombas de forma que as palhetas sejam carregadas só parcialmente.

O uso de palhetas com um chanfro ou cantos quebrados é um modo pelo qual a alta sobrecarga na palheta é eliminada. Com estas palhetas, toda a área inferior da palheta é exposta à pressão do sistema, como também uma grande parte da área no topo da palheta. Isto resulta no equilíbrio da maior parte da palheta. A pressão que atua na área desbalanceada é a força que carrega a palheta.





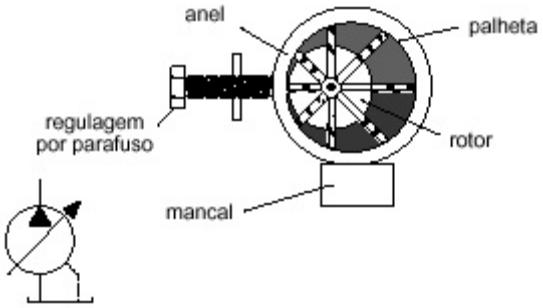
Como trabalha uma Bomba de Palheta: O rotor de uma bomba de palheta suporta as palhetas e é ligado a um eixo que é conectado a um acionador principal. À medida que o rotor é girado, as palhetas são “expulsas” por inércia e acompanham o contorno do cilindro (o anel não gira). Quando as palhetas fazem contato com o anel, é formada uma vedação positiva entre o topo da palheta e o anel. O rotor é posicionado fora do centro do anel. Quando o rotor é girado, um volume crescente e decrescente é formado dentro do anel. Não havendo abertura no anel, uma placa de entrada é usada para separar o fluido que entra do fluido que sai. A placa de entrada se encaixa sobre o anel, o rotor e as palhetas. A abertura de entrada da placa de orifício está localizada onde o volume crescente é formado. O orifício de saída da placa de orifício está localizado onde o volume decrescente é gerado.
Todo o fluído entra e sai do mecanismo de bombeamento através da placa de orifício (as aberturas de entrada e de saída na placa de orifício são conectadas respectivamente às aberturas de entrada e de saída na carcaça das bombas).

Consequentemente, uma bomba de palheta balanceada consiste de um anel de forma elíptica, um rotor, palhetas e uma placa de orifício com aberturas de entrada e de saída oposta umas às outras (ambas as aberturas de entrada estão conectadas juntas, como estão as aberturas de saída, de forma que cada uma possa ser servida por uma abertura de entrada ou uma abertura de saída na carcaça da bomba). As bombas de palheta de deslocamento positivo e de volume constante, usadas em sistemas industriais, são geralmente de projeto balanceado.

Bombas Duplas: A bomba de palheta que foi descrita é conhecida como bomba simples, isto é, ela consiste de uma entrada, uma saída

e uma montagem do conjunto rotativo. As bombas de palheta também estão disponíveis na condição de bomba dupla. Uma bomba de palheta dupla consiste numa carcaça com duas montagens de conjuntos rotativos, uma ou duas entradas e duas saídas separadas. Em outras palavras, uma bomba dupla consiste de duas bombas em uma carcaça. Uma bomba dupla pode descarregar duas taxas de fluxo diferentes em cada saída. Pelo fato de ambos os
conjuntos rotativos da bomba estarem conectados a um eixo comum, só um motor elétrico é usado para acionar toda a unidade. As bombas duplas são usadas muitas vezes em circuitos alto-baixo e quando duas diferentes velocidades de fluxo provêm da mesma unidade de força. As bombas duplas expelem o dobro de fluxo de uma bomba simples sem um aumento apreciável no tamanho da unidade.

Bombas de Palheta de Volume Variável: Uma bomba de palheta de deslocamento positivo imprime o mesmo volume de fluído para cada revolução. As bombas industriais são geralmente operadas a 1.200 ou 1.800 rpm. Isso indica que a taxa de fluxo da bomba se mantém constante. Em alguns casos, é desejável que a taxa de fluxo de uma bomba seja variável. Um modo de se conseguir isso é variar a taxa do elemento acionador, o que é economicamente impraticável. A única alternativa, então, para variar a saída de uma bomba, é modificar o seu deslocamento. A quantidade de fluido que uma bomba de palheta desloca é determinada pela diferença entre a distância máxima e mínima em que as palhetas são estendidas e a largura das palhetas. Enquanto a bomba está operando, nada pode ser feito para modificar a largura de uma palheta. Entretanto, uma bomba de palheta pode ser projetada de modo que a distância de deslocamento das palhetas possa ser modificada, sendo essa conhecida como uma bomba de palheta de volume variável.

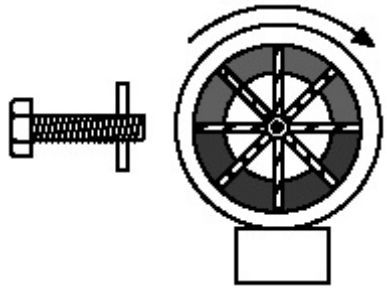


O mecanismo de bombeamento de uma bomba de palheta de volume variável consiste basicamente de um rotor, palhetas, anel, que é livre

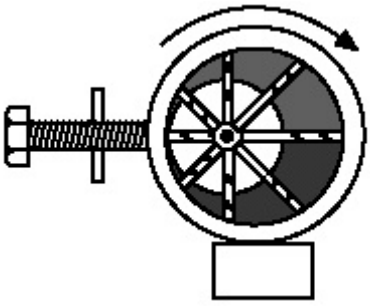
para se movimentar, placa de orifícios, um mancal para guiar um anel e um dispositivo para variar a posição do anel. Em nossa ilustração é usado um parafuso de regulagem. As bombas de palheta de volume variado são bombas desbalanceadas. Seus anéis são

circulares e não têm a forma de elipse. Visto que o anel deste tipo de bomba deve ser livre para se deslocar, o mecanismo de bombeamento não vem como um conjunto montado.

Como trabalha uma Bomba de Palheta de Volume Variável



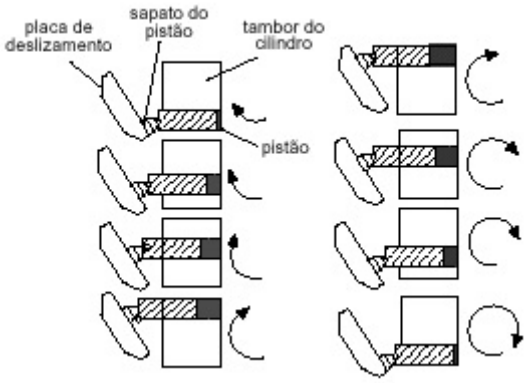
Com o parafuso regulado, o anel é mantido fora do centro com relação ao rotor. Quando o rotor é girado, um volume de fluxo é gerado, ocorrendo o bombeamento.



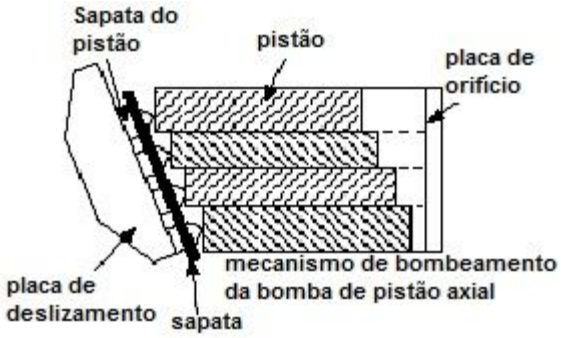
Recuando-se o parafuso de regulagem há uma redução da excentricidade do anel em relação ao rotor e, consequentemente, redução do volume de óleo bombeado. Com o parafuso todo recuado o anel está centrado e o deslocamento da bomba é nulo.

Bomba de Pistão: As bombas de pistão geram uma ação de bombeamento, fazendo com que os pistões se alterem dentro de um tambor cilíndrico. O mecanismo de bombeamento de uma bomba de pistão consiste basicamente de um tambor de cilindro, pistões com sapatas, placa de deslizamento, sapata, mola de sapata e placa de orifício.

Como funciona uma Bomba de Pistão: No exemplo da ilustração anterior, um tambor de cilindro com um cilindro é adaptado com um pistão. A placa de deslizamento é posicionada a um certo ângulo. A sapata do pistão corre na superfície da placa de deslizamento.



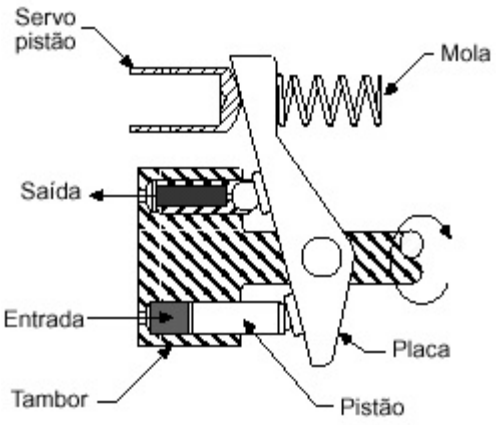
Quando um tambor de cilindro gira, a sapata do pistão segue a superfície da placa de deslizamento (a placa de deslizamento não gira). Uma vez que a placa de deslizamento está a um dado ângulo o pistão alterna dentro do cilindro. Em uma das metades do ciclo de rotação, o pistão sai do bloco do cilindro e gera um volume crescente. Na outra metade do ciclo de rotação, este pistão entra no bloco e gera um volume decrescente.



Na prática, o tambor do cilindro é adaptado com muitos pistões. As sapatas dos pistões são forçadas contra a superfície da placa de deslizamento pela sapata e pela mola. Para separar o fluido que entra do fluido que sai, uma placa de orifício é colocada na extremidade do bloco do cilindro, que fica do lado oposto ao da placa de deslizamento. Um eixo é ligado ao tambor do cilindro, que o conecta ao elemento acionado. Este eixo pode ficar localizado na extremidade do bloco, onde há fluxo, ou, como acontece mais comumente, ele pode ser posicionado na extremidade da placa de deslizamento. Neste caso, a placa de deslizamento e a sapata têm um furo nos seus centros para receber o eixo. Se o eixo estiver posicionado na outra extremidade, a placa de orifício tem o furo do eixo.

A bomba de pistão que foi descrita acima é conhecida como uma bomba de pistão em linha ou axial, isto é, os pistões giram em torno do eixo, que é coaxial com o eixo da bomba. As bombas de pistão axial são as bombas de pistão mais populares em aplicações industriais. Outros tipos de bombas de pistão são as bombas de eixo inclinado e as de pistão radial.

Bombas de Pistão Axial de Volume Variável: O deslocamento da bomba de pistão axial é determinado pela distância que os pistões são puxados para dentro e empurrados para fora do tambor do cilindro. Visto que o ângulo da placa de deslizamento controla a distância em uma bomba de pistão axial, nós devemos somente mudar o ângulo da placa de deslizamento para alterar o curso do pistão e o volume da bomba. Com a placa de deslizamento posicionada a um ângulo grande, os pistões executam um curso longo dentro do tambor do cilindro.



Com a placa de deslizamento posicionada a um ângulo pequeno, os pistões executam um curso pequeno dentro do tambor do cilindro. Variando-se um ângulo da placa de deslizamento, o fluxo de saída da bomba pode ser alterado. Vários meios para variar o ângulo da placa de deslizamento são oferecidos por diversos fabricantes. Estes meios vão desde um instrumento de alavanca manual até uma sofisticada servoválvula.

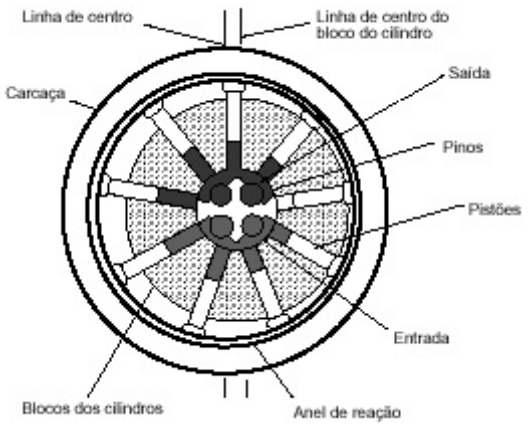
Eficiência Volumétrica: Enquanto gira a uma velocidade constante, nós geralmente imaginamos que uma bomba de deslocamento positivo libere uma taxa de fluxo constante, seja qual for o sistema de pressão. Isto não é inteiramente verdadeiro. Quando aumenta a pressão do sistema, aumenta o vazamento interno dos vários

mecanismos de bombeamento. Isto resulta num fluxo de saída menor. O grau em que isso acontece é conhecido como eficiência volumétrica.
A expressão que descreve a eficiência volumétrica é:

$$\text{Eficiência Volumétrica (\%)} = \frac{\text{Saída Real} \times 100}{\text{Saída Teórica}}$$

Por exemplo, se uma bomba específica tivesse uma saída teórica de 40 litros/min a 1.200 rpm, mais uma saída real de 36 litros/min a 70 kgf/cm2, a eficiência volumétrica seria de 90%. Tipicamente, as bombas de pistão têm uma eficiência volumétrica inicial que alcança 90%. Os equipamentos de palheta e engrenagem têm uma eficiência volumétrica que varia de 85% a 95%.

Bombas de Pistões Radiais: Neste tipo de bomba, o conjunto gira em um pivô estacionário por dentro de um anel ou rotor. Conforme vai girando, a força centrífuga faz com que os pistões sigam o controle do anel, que é excêntrico em relação ao bloco de cilindros. Quando os pistões começam o movimento alternado dentro de seus furos, os pórticos localizados no pivô permitem que os pistões puxem o fluido do pórtico de entrada quando estes se movem para fora, e descarregam o fluido no pórtico de saída quando os pistões são forçados pelo contorno do anel, em direção ao pivô. O deslocamento de fluido depende do tamanho e do número de pistões no conjunto, bem como do curso dos mesmos. Existem modelos em que o deslocamento de fluido pode variar, modificando-se o anel para aumentar ou diminuir o curso dos pistões. Existem, ainda, controles externos para esse fim.



Hidráulica – Atuadores Hidráulicos e Válvulas de Vazão

Os atuadores hidráulicos convertem a energia de trabalho em energia mecânica. Eles constituem os pontos onde toda a atividade visível ocorre, e são uma das principais coisas a serem consideradas no projeto da máquina. Os atuadores hidráulicos podem ser divididos basicamente em dois tipos: lineares e rotativos.

Cilindros: Cilindros hidráulicos transformam trabalho hidráulico em energia mecânica linear, a qual é aplicada a um objeto resistivo para realizar trabalho. Os cilindros foram citados brevemente há pouco. Um cilindro consiste de uma camisa de cilindro, de um pistão móvel e de uma haste ligada ao pistão. Os cabeçotes são presos ao cilindro por meio de roscas, prendedores, tirantes ou solda (a maioria dos cilindros industriais usa tirantes). Conforme a haste se move para dentro ou para fora, ela é guiada por embuchamentos removíveis chamados de guarnições. O lado para o qual a haste opera é chamado de lado dianteiro ou "cabeça do cilindro". O lado oposto sem haste é o lado traseiro. Os orifícios de entrada e saída estão localizados nos lados dianteiro e traseiro.

Força do Cilindro: Através do curso do cilindro, a energia de trabalho hidráulica é aplicada à área do seu pistão. O componente da pressão da energia de trabalho aplicada ao pistão será não mais do que a resistência que a carga oferece. Muitas vezes, é preciso conhecer qual é a pressão que deve ser aplicada no cilindro de certo tamanho para se desenvolver uma dada força na saída. Para determinar a pressão, a fórmula usada é a seguinte:

$$\text{Pressão} = \frac{\text{Força}}{\text{Área}}$$

Quando a fórmula foi usada anteriormente, a área e a pressão, ou a área e a força, foram dadas. Mas muitas vezes somente o tamanho do cilindro (diâmetro) é conhecido, e a área deve ser calculada. Este cálculo é tão fácil quanto calcular a área de um quadrado.

Área de um Círculo: É verdade que a área de um círculo é exatamente 78.54% da área de um quadrado, cujos lados têm o

comprimento igual ao do diâmetro do círculo (D). Para determinar a área de um círculo, multiplique o diâmetro do círculo por si mesmo e, em seguida, por 0.7854.

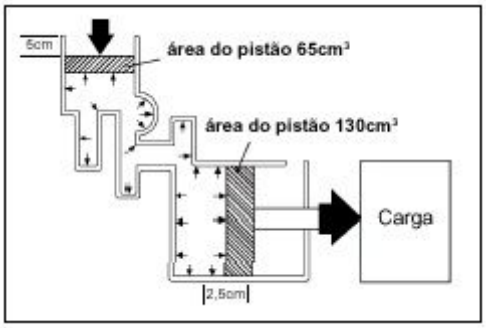
$$\text{Área do Círculo} = (\text{diâmetro})^2 \times 0.7854$$

Curso do Cilindro: A distância através da qual a energia de trabalho é aplicada determina quanto trabalho será realizado. Essa distância é o curso do cilindro. Já foi ilustrado que um cilindro pode ser usado para multiplicar uma força pela ação da pressão hidráulica agindo sobre a área do pistão. Quando se multiplica uma força, hidraulicamente tem-se a impressão de que se está recebendo alguma coisa de graça. Parece que uma pequena força pode gerar uma força grande sob as circunstâncias certas, e que nada foi sacrificado. Isto é relativamente válido em um sistema estático. Mas, se a força deve ser multiplicada e deslocada ao mesmo tempo, alguma coisa deve ser sacrificada - à distância.

Volume do Cilindro: Cada cilindro tem um volume (deslocamento), que é calculado multiplicando-se o curso do pistão, em cm, pela área do pistão. O resultado dará o volume em cm 3 .

$$\underset{cm^3}{\text{Volume do Cilindro}} = \underset{cm^2}{\text{Área do Pistão}} \times \underset{cm}{\text{Curso}}$$

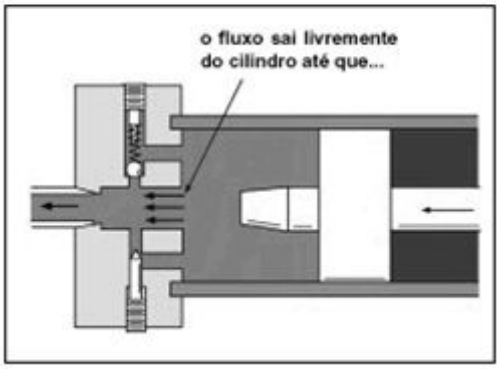
Na ilustração, o pistão superior deve avançar a uma distância de 5,0 cm para fazer o pistão inferior avançar 2,5 cm. O pistão superior desloca 325 cm 3 de líquido e o pistão inferior desloca a mesma quantidade.



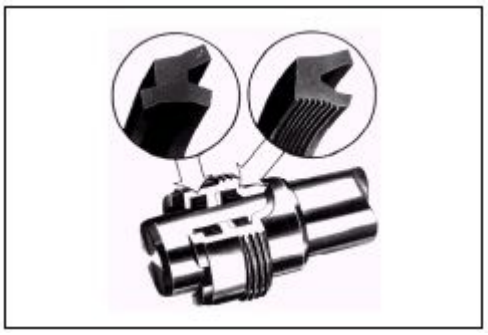
Velocidade da Haste: A velocidade da haste de um cilindro é determinada pela velocidade com que um dado volume de líquido pode ser introduzido na camisa, para empurrar o pistão. A expressão que descreve a velocidade da haste do pistão é:

$$\text{Velocidade da Haste} = \frac{\text{Vazão (l/min) x 1.000}}{\text{Área do Pistão cm}^2}$$

cm/min



Guarnições: Para uma operação apropriada, uma vedação positiva deve existir em toda a extensão do pistão do cilindro, tanto quanto na haste. Os pistões do cilindro são vedados com as guarnições elásticas ou anéis de vedação de ferro fundido. Os anéis de pistão são duráveis mas permitem vazamento na ordem 15 a 45 cm 3 por minuto em condições de operação normal. Guarnições tipo "U" elásticas não vazam em condições normais, mas são menos duráveis. As guarnições elásticas da haste são fornecidas em muitas variedades. Alguns cilindros são equipados com guarnições com formato em "V" ou em "U", fabricadas de couro, poliuretano, borracha nitrílica ou viton, e uma guarnição raspadora que previne a entrada de materiais estranhos no cilindro.



Um tipo comum de guarnição elástica consiste de uma guarnição primária com a lateral dentada em formato de serra na parte interna. As serrilhas contatam a haste e continuamente raspam o fluido, limpando-a. Uma guarnição secundária retém todo o fluido da guarnição primária e ainda previne contra a entrada de sujeiras quando a haste recua.

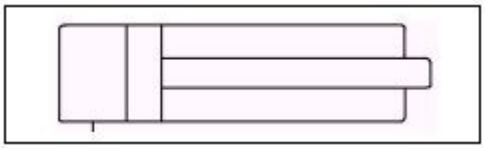
Choque Hidráulico: Quando a energia de trabalho hidráulica que está movendo um cilindro encontra um obstáculo (como o final de

curso de um pistão), a inércia do líquido do sistema é transformada em choque ou batida, denominada de choque hidráulico. Se uma quantidade substancial de energia é estancada, o choque pode causar dano ao cilindro.

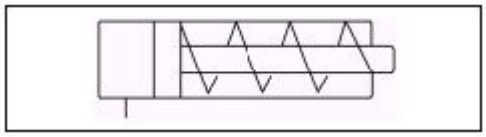
Amortecimentos: Para proteger os cilindros contra choques excessivos, os mesmos podem ser protegidos por amortecimentos. O amortecimento diminui o movimento do cilindro antes que chegue ao fim do curso. Os amortecimentos podem ser instalados em ambos os lados de um cilindro. Um amortecimento consiste de uma válvula de agulha de controle de fluxo e de um plugue ligado ao pistão. O plugue de amortecimento pode estar no lado da haste (nesta posição ele é chamado de colar), ou pode estar no lado traseiro (onde é chamado de batente de amortecimento).

Funcionamento: Conforme o pistão do cilindro se aproxima do seu fim de curso, o batente bloqueia a saída normal do líquido e obriga o fluido a passar pela válvula controle de vazão. Nesta altura, algum fluxo escapa pela válvula de alívio de acordo com a sua regulagem. O fluido restante adiante do pistão é expelido através da válvula controle de vazão e retarda o movimento do pistão. A abertura da válvula controle de vazão determina a taxa de desaceleração. Na direção inversa, o fluxo passa pela linha de bypass da válvula de controle de vazão onde está a válvula de retenção ligada ao cilindro. Como regra geral, os amortecimentos são colocados em cilindros cuja velocidade da haste exceda a 600 cm/min.

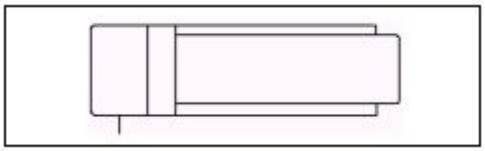
Tipos Comuns de Cilindros:
Cilindros de ação simples: um cilindro no qual a pressão de fluido é aplicada em somente uma direção para mover o pistão.



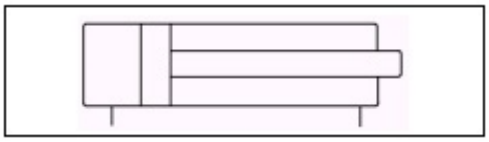
Cilindro com retorno com mola: um cilindro no qual uma mola recua o conjunto do pistão.



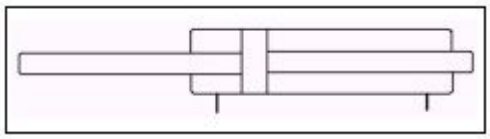
Cilindro martelo: um cilindro no qual o elemento móvel tem a mesma área da haste do pistão.



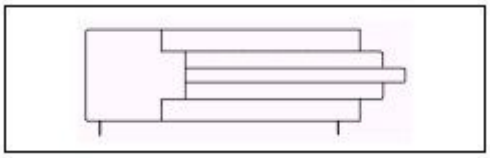
Cilindro de dupla ação: um cilindro no qual a pressão do fluido é aplicada ao elemento móvel em qualquer uma das direções.



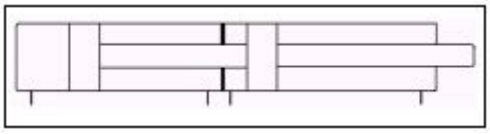
Cilindro de haste dupla: um cilindro com um pistão simples e uma haste ligada a cada lado



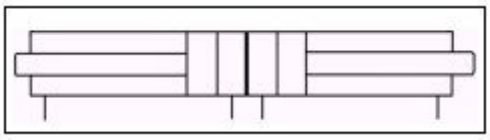
Cilindro telescópico ou de múltiplo estágio: um cilindro com arranjo multitubular da haste, que provê um curso longo com uma camisa curta na retração.



Cilindro duplex contínuo ou cilindro *Tandem*: consiste de dois ou mais cilindros montados em linha com pistões interligados por uma haste comum. As guarnições são montadas entre os cilindros para permitir a ação dupla de operação de cada cilindro. Um cilindro Tandem fornece uma força resultante maior quando o diâmetro do pistão é limitado, mas o seu curso não é.



Cilindro duplex: consiste de dois cilindros montados em linha e com hastes múltiplas (uma para cada cilindro). As guarnições são montadas entre os cilindros para permitir dupla ação de cada cilindro. Os cilindros duplex dão uma capacidade de três posições.



São utilizados para:

- Manuseio de Material
- Máquina Ferramenta
- Maquinaria de Borracha e Plástico
- Equipamento Móbil
- Robótica
- Empacotamento
- Comutação de Válvula
- Indústria Múltiplo-Processo
- Marinha Comercial/Militar
- Processamento de Alimento
- Fabricação de Componentes Eletrônicos
- Linhas de Transferência

As Válvulas de Pressão

As válvulas, em geral, servem para controlar a pressão, a direção ou o volume de um fluido nos circuitos hidráulicos. As válvulas que estudaremos nesta lição são do tipo controladoras de pressão, que são usadas na maioria dos sistemas hidráulicos industriais.

Essas válvulas são utilizadas para:

- Limitar a pressão máxima de um sistema;

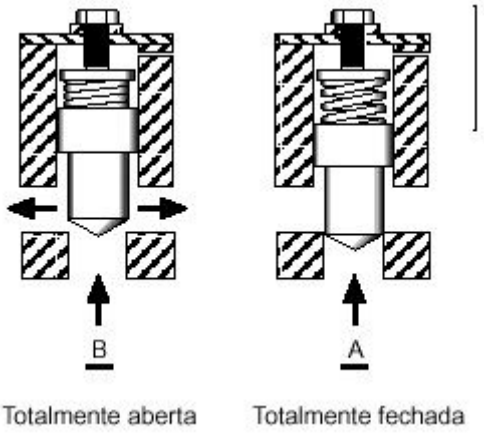
- Regular a pressão reduzida em certas partes dos circuitos;

- Outras atividades que envolvem mudanças na pressão de operação.

São classificadas de acordo com o tipo de conexão, pelo tamanho e pela faixa de operação.

A base de operação dessas válvulas é um balanço entre pressão e força da mola.

A válvula pode assumir várias posições, entre os limites de totalmente fechada a totalmente aberta.



As válvulas controladoras de pressão são usualmente assim chamadas por suas funções primárias como:

- Válvula de Segurança

- Válvula de Seqüência

- Válvula de Descarga

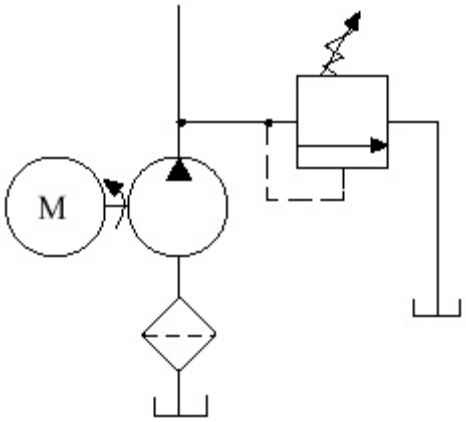
- Válvula Redutora de Pressão

- Válvula de Frenagem

- Válvula de Contrabalanço

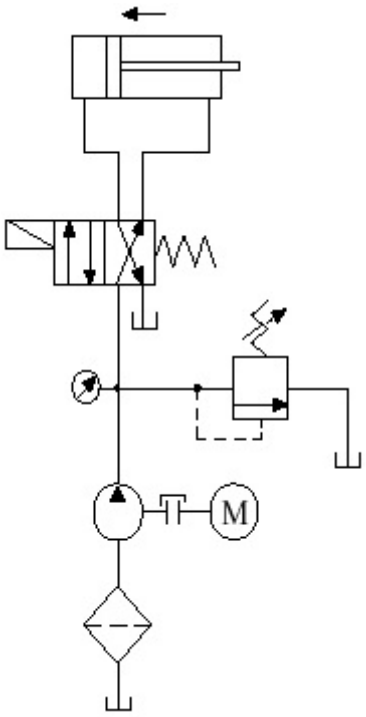
Limitadora de Pressão: a pressão máxima do sistema pode ser controlada com o uso de uma válvula de pressão normalmente fechada. Com a via primária da válvula conectada à pressão do sistema e a via secundária conectada ao tanque, o carretel no corpo

da válvula é acionado por um nível predeterminado de pressão, e neste ponto as vias primárias e secundárias são conectadas e o fluxo é desviado para o tanque. Esse tipo de controle de pressão normalmente fechado é conhecido como válvula limitadora de pressão.



Ajuste de Pressão: numa válvula de controle de pressão, a pressão da mola é usualmente variada pela regulagem de um parafuso que comprime ou descomprime a mola.

Uso de uma Válvula de Pressão Normalmente Fechada: as válvulas de controle de pressão normalmente fechadas têm muitas aplicações num sistema hidráulico. Além de a válvula ser usada como um alívio do sistema, um controle de pressão normalmente fechado pode ser usado para fazer com que uma operação ocorra antes da outra. Pode também ser usada para contrabalancear forças mecânicas externas que atuam no sistema.



Oservação: Devido à complexidade do tema os demais tipos de válvulas e seu funcionamento serão explicados no curso Mecânica Industrial II onde são abordados assuntos mais aprofundados em hidráulica industrial e seu funcionamento.

Eletricidade Industrial

Quando falamos em eletricidade é importante deixar claro que toda atividade que envolva instalação, manutenção e operação com eletricidade deverá ser feita por profissional capacitado e habilitado. Uma simples falta de atenção ou falha durante o manuseio com a eletricidade pode ser fatal.

Portanto, é de extrema importância para você que está buscando conhecimento em eletricidade industrial fazer o curso de NR-10 do Cursos Online SP.

O curso "NR-10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade" foi feito baseado na Norma NR-10 do Ministério do Trabalho e Emprego e apresenta todas as particularidades, cuidados, padrões corretos utilizados e muitos outros temas diretamente relacionados à Norma NR-10.

Operações com Máquinas e Equipamentos Industriais

Primeiramente, a Mecânica Industrial é toda e qualquer atividade relacionada a reparos de máquinas e equipamentos. Porém, antes de iniciar qualquer atividade de manutenção seja preventiva ou corretiva é de suma importância conhecer as operações e o funcionamento da máquina. Novamente, como é um assunto muito extenso para ser explicado em somente algumas lições, os Cursos Online SP, tem o curso baseado na Norma NR-12 do Ministério do Trabalho e Emprego que trata sobre a segurança no trabalho em máquinas e equipamentos.

Esta norma estabelece as medidas preventivas de segurança e higiene do trabalho a serem adotadas pelas empresas em relação à instalação, operação e manutenção de máquinas e equipamentos. O seu principal objetivo é a prevenção de acidentes do trabalho.

Manutenção Industrial – Introdução e Conceitos Estratégicos

Introdução

No início da década de 90 a produtividade industrial dos Estados Unidos crescia a uma taxa anual de 6,1 %, superando os índices da maioria das nações industrializadas.

Como era possível a produtividade de determinados países industrializados superar outros com posição semelhante no contexto econômico? Nestes casos, o mercado interno de determinados países estava limitado para oferecer o aumento de oportunidades, sendo o acesso aos mercados estrangeiros essencial para o desenvolvimento. As nações com recursos reduzidos de matéria prima se beneficiam com a obtenção destes materiais de países com recursos naturais abundantes. Desde o fim da segunda guerra mundial, muitas regiões iniciaram a formação de mercados comuns, facilitando o intercâmbio comercial. Esta reorganização estrutural do mercado permitiu o desenvolvimento e as nações industrializadas tiveram vantagens com a disponibilidade de emprego e educação, obtenção de matérias primas e transporte de bens e serviços.

Um outro fator que influenciou na produtividade foi à introdução das novas tecnologias. No ano de 1820 um fazendeiro americano

conseguia produzir o suficiente para alimentar a si próprio e mais três pessoas, que consistia o tamanho da típica família americana. Atualmente o fazendeiro americano é capaz de alimentar a si próprio e mais 40 ou 50 pessoas. Novos fertilizantes e métodos de cultivo, a invenção das colheitadeiras, o desenvolvimento em biotecnologia proporcionou um grande incremento na produtividade agrícola. Estes fatores permitiram o deslocamento de grande parte da população das zonas rurais para as cidades, aumentando a disponibilidade de mão de obra para as indústrias.

A produtividade permitiu grandes avanços em outros setores industriais. Na década de 80 a garantia típica para um carro novo era de “três anos ou 30 mil milhas” no mercado americano. O mercado americano sofre intensa competição com os países estrangeiros. Após a implementação de inúmeros programas de qualidade, na década de 90 o carro americano dobrou as condições de garantia, atingindo para alguns modelos a garantia de “sete anos ou 70 mil milhas”. O TQM (Total Quality Management) e o TQC (Total Quality Control) representam os programas de qualidade que tiveram grande impacto nas indústrias dos países desenvolvidos.

Durante este período a manutenção industrial passou a receber atenção especial, tornando-se uma grande oportunidade para o aumento da produtividade industrial. O investimento em alta tecnologia possibilitou o desenvolvimento de equipamentos com elevada confiabilidade, permitindo a eliminação das redundâncias sem sacrificar a disponibilidade. A estimativa para o setor industrial americano é de uma possibilidade de economia de USD 200 bilhões/ano com a manutenção dos equipamentos.

A identificação de oportunidades de redução de custos e melhoria da qualidade de produto mostrou a necessidade de maior atenção para as atividades de manutenção. Para alcançar os novos objetivos foram necessárias reestruturações da função manutenção e o investimento em tecnologias preditivas e técnicas proativas.

Conceitos Estratégicos para Manutenção Industrial

A manutenção da empresa moderna tem como finalidade garantir a sua capacidade de produção e competitividade. A simples mudança de nomes para os departamentos não garante os resultados. A implantação da reestruturação deve alterar as regras de trabalho,

através de uma organização dinâmica, que garanta um processo contínuo de evolução.

A introdução das novas estratégias de organização começaram a ser empregadas nos anos recentes. A “Total Productive Maintenance” (TPM), “Reliability Centered Maintenance” (RCM) e mais recentemente a “Reliability Based Maintenance” (RBM), passaram a ser utilizadas com grandes perspectivas de retorno para as empresas. Porém, as resistências impostas pelos métodos tradicionais podem retardar o processo de mudanças.

A seguir são apresentadas as principais características destas novas estratégias, que estão presentes nas estruturas da manutenção das empresas modernas, com diferentes graus de intensidade e diferentes aspectos de utilização.

O TPM. (*Total Productive Maintenance*): consiste em um procedimento de administração da manutenção que teve início por volta dos anos 50 e apresentou resultados expressivos na economia Japonesa na década de 70. A grande ascensão do Japão no cenário mundial, tornando-se a segunda potência econômica, chamou a atenção dos outros países, sendo atribuído ao TPM uma parcela ao sucesso econômico Japonês.
Os cinco pilares do TPM, descritos por um de seus pioneiros (*Seiichi Nakajima*), são:
1. Maximização da Eficiência dos Equipamentos

2. Envolvimento dos Operadores nas tarefas diárias da Manutenção

3. Implementação da eficiência da Manutenção

4. Treinamento permanente para melhora do desempenho

5. Fortalecimento da prevenção

Os componentes principais do TPM estabelecem um envolvimento dos operadores dos equipamentos nas atividades de rotina e remove as fronteiras entre manutenção e operação com objetivo de atingir o aumento de disponibilidade. Com estas novas medidas é possível alcançar a falha zero e a quebra zero dos equipamentos, fatores que

permitem uma perda zero de produção ao lado do defeito zero do produto.

Evidentemente para alcançar os benefícios do TPM são necessárias mudanças na estrutura organizacional das empresas e na mentalidade das pessoas. As características principais destas mudanças são:

- A manutenção deve estar presente em todo o ciclo de vida útil dos equipamentos;

- Deve existir uma participação conjunta da Engenharia, Produção e Manutenção;

- Todos os níveis hierárquicos da empresa devem atuar no processo;

- Devem ser tomadas medidas motivacionais para incentivar a participação de todos.

Com a implantação do TPM o significado da Manutenção passa a ser o de manter e conservar o ritmo das melhorias, mudanças e transformações.

Para alcançar os objetivos do TPM as empresas devem utilizar outras ferramentas administrativas que dependerão do estágio de evolução das empresas. Os principais elementos associados à implantação de TPM são:

1) Gestão da Qualidade Total: TQC e TQM: Processo que estabelece a “satisfação do cliente”, atuando diretamente no produto da empresa.

2)
5S: *Seiri* (Utilização), *Seiton* (Ordenação), *Seiso* (Limpeza), *Seiketsu* (Asseio) e *Shitsuke* (Disciplina). O 5S deve ser utilizado por empresas que têm problemas de ordem, limpeza, organização, desperdícios e meio ambiente. Esta técnica é fundamental para a preparação na implantação do TPM. Veja mais detalhes desta ferramenta no curso Programa 5S dos Cursos Online SP.

3) Kaizen: Melhoria contínua. Através desta metodologia é possível atuar diretamente no processo produtivo da empresa e não apenas no produto.

4) Just in Time: O cumprimento dos prazos com a racionalização de recursos e atendimento das condições de qualidade do produto representam o conceito de Just in Time que esta diretamente relacionado com o TPM.

5) ISO 9000: A International Standardization Organization criou a série 9000 de normas que são aceitas em diversos países para estabelecer a certificação da qualidade das empresas. As certificações das empresas pela ISO 9000 permitem um grande avanço no gerenciamento da qualidade que criam facilidades para a implantação do TPM.

A tabela a seguir apresenta os principais itens de controle que fazem parte do processo e implantação do TPM e serve para avaliar os benefícios alcançados com a implementação do programa.

Fator	Item de Controle
Qualidade	Redução de defeitos Redução de produtos fora de especificação Redução do número de reclamações internas e externas Redução da taxa de rejeito Redução dos custos das medidas de correção de defeitos Redução do retrabalho
Produtividade	Aumento do volume de produção por operadores Aumento do volume de produção por equipamento Aumento da disponibilidade do equipamento Aumento do TMEF Diminuição do TMPR Redução das paradas em emergência
Custo	Redução do custo de energia Redução do custo de manutenção ao longo do tempo Redução das horas trabalhadas de manutenção Simplificação do processo Redução do volume estocado
Atendimento	Redução dos atrasos Redução do estoque final Redução do estoque em processo Redução do prazo de entrega Redução do estoque de sobressalentes Aumento da rotatividade dos estoques
Moral	Aumento do número de sugestões de melhorias Aumento do número de lições de um ponto Redução do absenteísmo Redução/eliminação dos acidentes de trabalho
Segurança e Meio Ambiente	Zero Acidentes Zero Poluição Redução do número de paradas por acidentes Eliminação de incidentes

O RCM (*Reliability Centered Maintenance*): fatores como o desgaste, corrosão, fadiga, fenômenos físico-químicos e acidentes, que ocorrem nas partes ou componentes de qualquer equipamento alteram as suas condições normais. Esses fenômenos e eventos que

ocorrem durante o uso podem degradar essas condições o suficiente para que os componentes e equipamentos não mais apresentem o desempenho requerido atingindo a falha.
A manutenção esta diretamente envolvida com o processo de falha do equipamento. Para isso a função da manutenção é conhecer e dominar estes processos de falha e saber quando e como intervir para atender as necessidades dos usuários.

Durante muitos anos a ação da manutenção foi baseada na troca de componentes, evitando assim a quebra em emergência. Essa fase gerou o conceito de que os equipamentos tornam-se menos confiáveis na medida em que o tempo de operação, ou idade, aumenta. Assim a grande preocupação da manutenção era conhecer a idade na quais os itens iriam falhar – vida útil – para estabelecer ações de manutenção que se antecipasse à quebra. Este conceito estabelecia que a confiabilidade estivesse diretamente relacionada com o tempo de uso. Neste período o número de modos de falhas eram reduzidos e bem conhecidos.

Esta metodologia foi amplamente utilizada no setor aeronáutico durante muitos anos. Dentro de uma sistemática bastante regulamentada a manutenção de aeronaves obedecia a um rígido calendário de tarefas de inspeção, trocas e revisões.

No início da década de 60, com o aumento da complexidade dos sistemas das aeronaves, os custos desta prática de manutenção levaram as empresas a uma análise crítica desta metodologia. Além disso, as novas gerações de aeronaves desta década exigiam padrões de confiabilidade mais elevados, em função do número de passageiros transportados e percursos de vôo.

Após análises de informações obtidas em inúmeros componentes ficou constatado que vários tipos de falhas não eram evitadas mesmo com o aumento da quantidade de manutenção. A evolução tecnológica aumentou significativamente os modos de falhas, o que tornava extremamente difícil eliminar as incertezas do comportamento dos itens.

Os projetistas de aeronaves procuravam não apenas evitar as falhas dos itens era necessário garantir as funções do equipamento, principalmente o que envolvia a segurança de vôo. A proteção das funções essenciais eram protegidas cada vez mais com o uso de projetos de redundâncias.

O primeiro programa de manutenção desenvolvido com base nos conceitos iniciais da manutenção centrada na confiabilidade foi no Boeing 747, que se mostrou adequado para o alcance dos objetivos; alta confiabilidade operacional e um custo de manutenção adequado ao mercado.

Outros programas foram implementados, sendo em 1978 consagrada à denominação de *Reliability Centered Maintenance* – RCM, consolidando os conceitos desta nova metodologia de manutenção.
O estudo da Probabilidade de Falha x Tempo de Uso desenvolvido pela United Airlines para todos os tipos de componentes das aeronaves pretendia verificar a influência das frequências de revisões na confiabilidade geral dos seus equipamentos.

O resultado deste trabalho influenciou a adoção de uma nova abordagem dos equipamentos para o planejamento da manutenção. Todos os componentes foram incluídos em seis modelos básicos, que evidencia a existência de dois tipos básicos de relacionamento entre Taxa de Falha x Idade. A Figura 2.1 apresenta as curvas obtidas e as respectivas porcentagens de participação no total de falhas analisadas para este equipamento.

Os Tipos A, B e C correspondem aos componentes que possuem uma elevada influência do tempo de utilização. Os modos predominantes de falhas destes componentes são: fadiga, corrosão e oxidação. A porcentagem destes componentes é relativamente pequena para o tipo de equipamento analisado.

Os Tipos D, E e F não demonstram uma influência do tempo na taxa de falhas. Os modos de falhas são diversificados e o tempo de utilização não evidencia mudança significativa da taxa de falha. Este tipo de situação ocorre em componentes eletrônicos e de sistemas hidráulicos. No equipamento analisado englobam a grande maioria dos componentes.

Embora esses dados tenham tido origem na observação do comportamento de itens de aeronaves, o nível de automação dos nossos processos e a tecnologia aplicada nos leva a deduzir que cada vez mais esses padrões e seus níveis de ocorrência aconteçam nos demais equipamentos, modificando o conceito tradicional da “Curva da Banheira” representada pelos componentes do Tipo A.

A implementação da RCM tem como objetivo alcançar a confiabilidade e a segurança inerentes aos equipamentos, com o mínimo custo, identificando quais tarefas de manutenção são tecnicamente aplicáveis e adequadas para detectar e evitar, ou mesmo reduzir, a conseqüência das falhas nas funções do equipamento. Esta metodologia requer o envolvimento das pessoas que dominam o processo em análise e o sucesso depende do cumprimento de passos preliminares, tomando-se como referência os métodos do TPM.

A aplicação do RCM requer um elevado grau de domínio do processo em análise, a seguir são apresentados alguns fatores que devem ser considerados:

- Seleção do sistema;

- Definição das funções e padrões de desempenho;

- Determinação das falhas funcionais e de padrões de desempenho;

- Análise dos modos e efeitos das falhas;

- Histórico de manutenção e revisão da documentação técnica;

- Determinação de ações de manutenção – Política, Tarefas, Frequência.

Para enquadrar qualquer item nesta técnica, recomenda-se a aplicação das sete perguntas a seguir:

1. Quais são as funções e padrões de desempenho do item no seu contexto operacional atual?

2. De que forma ele falha em cumprir suas funções?

3. O que causa cada falha operacional?

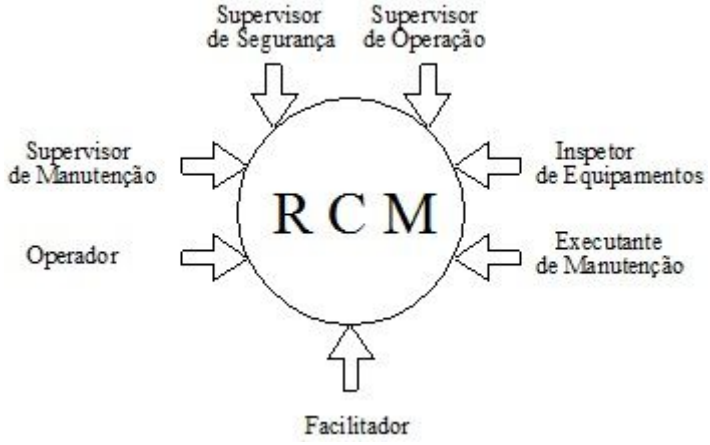
4. O que acontece quando ocorre cada falha?

5. De que forma cada falha tem importância?

6. O que pode ser feito para prevenir cada falha?

7. O que deve ser feito, se não for encontrada uma tarefa preventiva apropriada?

Para responder as sete questões básicas deve ser criada uma equipe multidisciplinar, com pessoas da operação, manutenção, inspeção e segurança. Para o desenvolvimento dos trabalhos deve fazer parte do grupo um facilitador que seja especialista em RCM.



Os principais resultados obtidos com a implantação do RCM são:

1. Melhoria da compreensão do funcionamento do equipamento ou sistema, proporcionando uma ampliação e conhecimentos aos participantes.

2. Desenvolvimento do trabalho em grupo com reflexos altamente positivos na análise, solução de problemas e estabelecimento de programas de trabalho.

3. Definição de como o item pode falhar e das causas básicas de cada falha, desenvolvendo mecanismos de evitar falhas que possam ocorrer espontaneamente ou causadas por atos das pessoas.

4. Elaboração dos planos para garantir a operação do item em um nível de performance desejado. Esses planos englobam: Planos de Manutenção, Procedimentos Operacionais e Lista de modificações ou melhorias.

Os benefícios do RCM podem ser resumidos na obtenção da maior confiabilidade dos equipamentos, com redução de custos e domínio tecnológico do processo produtivo da empresa.

O RBM (*Reliability Based Maintenance*): a incorporação de técnicas preditivas aos métodos modernos de manutenção criou a manutenção baseada na condição. Estas técnicas permitem o monitoramento das condições reais do equipamento permitindo a identificação prematura de sintomas que podem levar o equipamento até a falha. Esta identificação torna possível à tomada de decisões que podem evitar a falha ou informar o momento ideal de atuação da manutenção.
Esta técnica deve ser aplicada em combinação com o TPM e a RCM para atingir os níveis máximos de desempenho (benchmarking) dentro do atual estágio de desenvolvimento.

A metodologia preditiva é composta por diversas tecnologias que podem trazer resultados positivos para a manutenção. As técnicas preditivas mais utilizadas nos serviços de manutenção são:

- Análise de Vibração
- Tribologia e Lubrificação
- Temperatura e Termografia
- Medição de Vazão
- Testes Elétricos e Análise de Motores Elétricos
- Detecção de Vazamentos
- Monitoramento de Corrosão
- Monitoramento de Parâmetros de Processo
- Análise Visual a outros Sensores.

Manutenção Industrial – Métodos de Manutenção

As características dos equipamentos de um processo produtivo moderno podem definir diferentes critérios para a seleção do método de manutenção a ser utilizado. Diversas considerações sobre a escolha do método de manutenção são realizadas dentro dos novos conceitos de manutenção.

Os métodos de manutenção podem ser divididos nos seguintes grupos: corretiva, preventiva, preditiva e produtiva (proativa). As considerações sobre cada um destes métodos são apresentadas a seguir:

A Manutenção Corretiva: este método consiste em uma situação não planejada para a execução da manutenção. A intervenção somente irá ocorrer quando o equipamento perder a sua função. A manutenção corretiva também é conhecida como “Run To Failure” (RTF), que significa “operar até quebrar”.
Nas instalações industriais a utilização racional deste método esta limitada a equipamentos em que a consequência da falha não seja significativa para o processo produtivo, como por exemplo: motores de pequena potência (7,5 HP), ar condicionado para conforto pessoal e exaustores de restaurantes.

Quando o uso da manutenção corretiva é praticada de forma inadequada em uma instalação podem-se ter as seguintes consequências: perda de produção, destruição catastrófica, planejamento ineficiente de mão de obra, excesso de peças em estoque, baixa disponibilidade dos equipamentos, riscos de segurança e queda da qualidade.

A Manutenção Preventiva: a Manutenção Preventiva consiste na aplicação de um programa regular de inspeção, ajustes, limpeza, lubrificação, troca de peças, calibração e reparo de componentes e equipamentos. Este método é conhecido como manutenção baseada no tempo, sendo aplicada sem considerar as condições do equipamento.

A atuação periódica da inspeção e manutenção com intervalos pré-determinados pode reduzir os níveis de falhas em emergência e melhorar a disponibilidade dos equipamentos.

Para a definição dos períodos de atuação pode ser utilizado o TMEF (Tempo Médio Entre Falhas). Porém, nem sempre é possível alcançar bons resultados com este critério, pois muitos componentes apresentam falhas aleatórias.

A utilização da Manutenção Preventiva com ação periódica pode resultar em custos excessivos devido às paradas desnecessárias de equipamentos, gastos excessivos com componentes e riscos de danos no equipamento devido à montagem incorreta.

A Manutenção Preditiva: a Manutenção Preditiva é também conhecida como manutenção baseada na condição, com a utilização de técnicas de inspeção é possível monitorar a evolução do estado do equipamento e atuar no momento mais adequado.
A aplicação da Manutenção Preditiva é possível quando o componente apresenta um “sintoma” que pode caracterizar o seu processo de falha. Os principais fatores que determinam à falha dos componentes são: alteração do nível de vibração, calor, alteração de espessura, trinca e desgaste.

Diversas tecnologias foram desenvolvidas para a avaliação do estado dos equipamentos. As principais são as seguintes: Análise de Vibração, Emissão Acústica, Análise do Óleo, Termografia, Ensaios Não Destrutivos, Medidas de Fluxo, Análise de Motores Elétricos, Detecção de Vazamento, Monitoramento da Corrosão, Análise Visual e de Ruído.

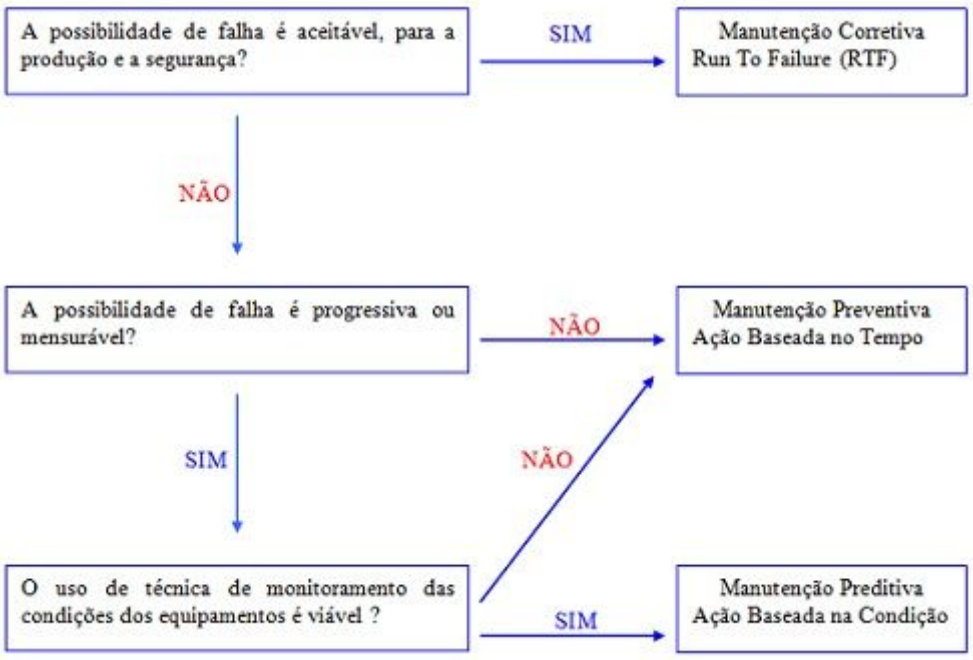
A aplicação correta de um programa de Manutenção Preditiva pode trazer os seguintes benefícios: disponibilidade máxima das máquinas, planejamento efetivo da mão de obra, reposição de peças do estoque, segurança operacional, qualidade da manutenção e gerenciamento global dos recursos.

A limitação do uso da Manutenção Preditiva está na disponibilidade de uma técnica efetiva de monitoramento e nos custos/benefícios da implantação deste método.

A Manutenção Produtiva (Proativa): a atuação da manutenção para melhorar o desempenho das máquinas tornou-se muito importante com o aumento da competitividade entre as empresas. A Manutenção Produtiva aplica inúmeras técnicas e ferramentas de análise para alcançar níveis de desempenho superior das máquinas e equipamentos.
Neste método a manutenção deve atuar em todos os estágios da vida de um equipamento, podendo ser aplicado em conjunto com os métodos anteriores, procurando o aumento da confiabilidade. Os conceitos da Manutenção Produtiva estão em sintonia com os conceitos atuais da manutenção.

Todas as vantagens dos métodos anteriores podem ser obtidas com a Manutenção Produtiva garantindo uma melhoria contínua dos parâmetros da manutenção e da operação.

O fluxograma a seguir apresenta uma metodologia para a escolha do método de manutenção mais adequado para cada ocasião:



Bibliografia

FERRARESI, D. Fundamentos da Usinagem dos Metais.
4 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1977. 751p.

KÖNIG, W. Fertigunsverfahren
Band 1. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1990. 416p.

SENAI. SP
Hidráulica / SENAI. SP - São Paulo
Escola SENAI “Humberto Reis Costa”, 2010.