

Seja bem Vindo!

Curso Mecânica Industrial II

CursosOnlineSP.com.br

Carga horária: 60 hs



Conteúdo programático:

Introdução

Usinagem - Cálculo do desalinhamento da contraponta

Usinagem - Cálculo da aproximação do anel graduado

Usinagem - Cálculo da RPM e o GPM a partir da velocidade de corte

Usinagem - Tipos de Movimentos e Direções das Ferramentas

Usinagem - Cunha de Corte: Termos, Denominações e o Processo

Usinagem - Temperatura de Corte

Usinagem - Força de Usinagem

Usinagem - Potência de Usinagem

Usinagem - Materiais Usados para Ferramentas

Usinagem - Fluidos de Corte

Introdução ao Comando Numérico Computadorizado (CNC)

Programação CNC - Conceitos e Códigos Básicos

Válvulas Pneumáticas - Tipos e Funcionamento

Pneumática - Válvulas Direcionais

Pneumática - Válvulas de Bloqueio

Pneumática - Válvulas de Pressão, regulamento de fluxo e de fechamento

Pneumática - Sequência de Movimentos e Comandos

Eletricidade Industrial - Conceitos e Cuidados Básicos

Eletricidade Industrial - Elementos de Entrada de Sinais

Eletricidade Industrial - Elementos de Processamento de Sinais

Eletricidade Industrial - Elementos de Saída de Sinais

CLP - História e Conceitos Básicos

CLP - Dispositivos de Entrada e Saída

CLP - Terminal de Programação

Manutenção Industrial Preditiva - Execução e Análises

Manutenção Industrial Preditiva – Periodicidade dos Controles

Análise de Falhas de Máquinas

Características Gerais de Danos e Defeitos em Máquinas

Manutenção Eletromecânica

Lubrificação Industrial - Conceito e Aplicação

Lubrificação Industrial - Características dos Óleos e Graxas Lubrificantes

Lubrificação Industrial - Gerenciamento Funcional

Lubrificação Industrial - Controle e Armazenagem

Lubrificação Industrial - Competências de um bom Lubrificador

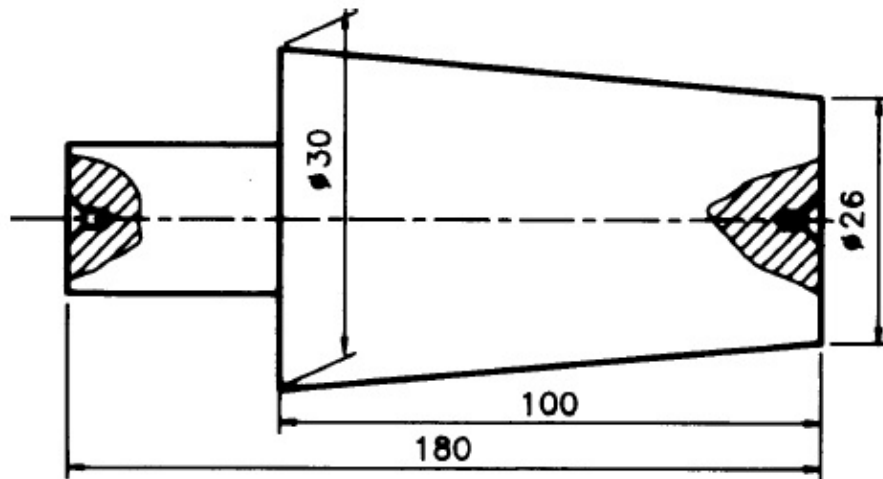
Introdução

Este segundo curso foi criado especialmente para você, que já tem o conhecimento básico na área de mecânica industrial e busca se aprofundar no assunto. Você verá estudos mais aprofundados em usinagem, eletricidade industrial, pneumática, manutenção de máquinas e lubrificação industrial. Além de conhecer o básico de máquinas CNC e máquinas/equipamentos que são operadas por meio de CLP.



Usinagem - Cálculo do desalinhamento da contraponta

Tornear peças cônicas é uma atividade bastante comum na área da Mecânica. Para fazer isso, o torneiro tem duas técnicas a sua disposição: ele pode usar a inclinação do carro superior OU O desalinhamento da contraponta. A inclinação do carro superior é usada para tornear peças cônicas de pequeno comprimento. O desalinhamento da contraponta, por sua vez, é usado para o torneamento de peças de maior comprimento, porém com pouca conicidade, ou seja, até aproximadamente 10° . Para o torneamento com inclinação do carro superior, você precisa calcular o ângulo de inclinação do carro usando a Trigonometria. O desalinhamento da contraponta também exige que você faça alguns cálculos. Vamos supor que você seja um torneiro e receba como tarefa a execução do trabalho mostrado no seguinte desenho.



Analisando o desenho, você percebe que a superfície cônica da peça tem uma medida relativamente grande (100 mm). Por outro lado, o seu torno tem um carro superior com curso máximo de apenas 60 mm. Por causa dessa incompatibilidade de medidas, você terá de empregar a técnica do desalinhamento da contraponta. Seu problema é, então, descobrir qual a medida desse desalinhamento.

Veja a seguir como calcular:

Calculando a medida do desalinhamento da contra ponta: quando a contraponta do torno está perfeitamente alinhada, a peça torneada terá forma cilíndrica.

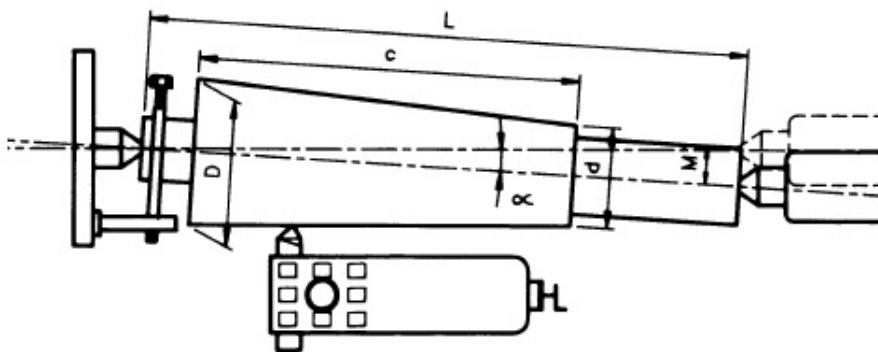
Como já vimos, se necessitamos toronar uma superfície cônica, temos de desalinhar a contraponta. Esse desalinhamento tem uma medida (M). Para descobrir analisaremos a figura a seguir.

Fórmula:

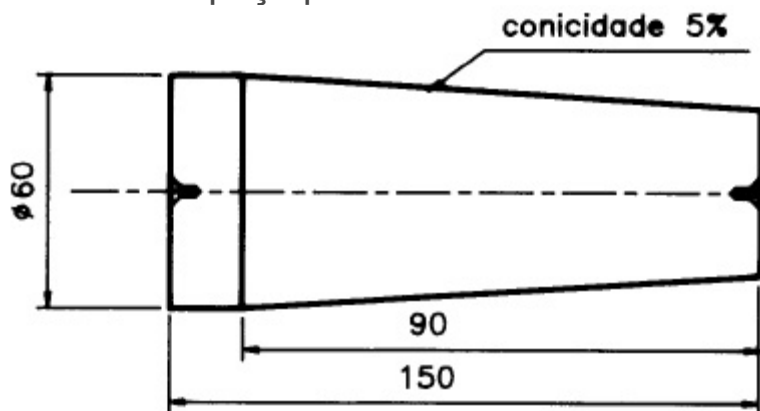
$$M = \{(D - d) \times L\} \div 2c$$

Convenções:

- | | |
|---------------------------------|---|
| L = comprimento total da peça | d = diâmetro menor do cone |
| c = comprimento da parte cônica | M = medida do desalinhamento |
| D = diâmetro maior do cone | α = ângulo de inclinação do cone |



Conicidade percentual: vamos supor que você receba o seguinte desenho de peça para toronar:



Analisando as medidas, você percebe que não dispõe do diâmetro menor. Mas, você tem outro dado: 5% de conicidade. Esse dado se refere à conicidade percentual, que é a variação do diâmetro da peça em relação ao comprimento da parte cônica. Voltando ao valor dado na peça exemplo, que é 5%, vamos encontrar v_d , ou a variação de diâmetro por milímetro de comprimento:

$$5\% = \frac{5}{100} = 0,05 = v_d$$

Por que fizemos isso? Porque, para calcular M, basta apenas multiplicar esse valor pelo comprimento da peça, pois isso dará a variação de diâmetro. O resultado é dividido por dois.

Matematicamente, isso é representado por:

$$M = \frac{vd \times L}{2}$$

Analisando os dados da figura anterior, temos:

$$M = ?$$

$$vd = 0,05$$

$$L = 150$$

Substituindo os valores na fórmula:

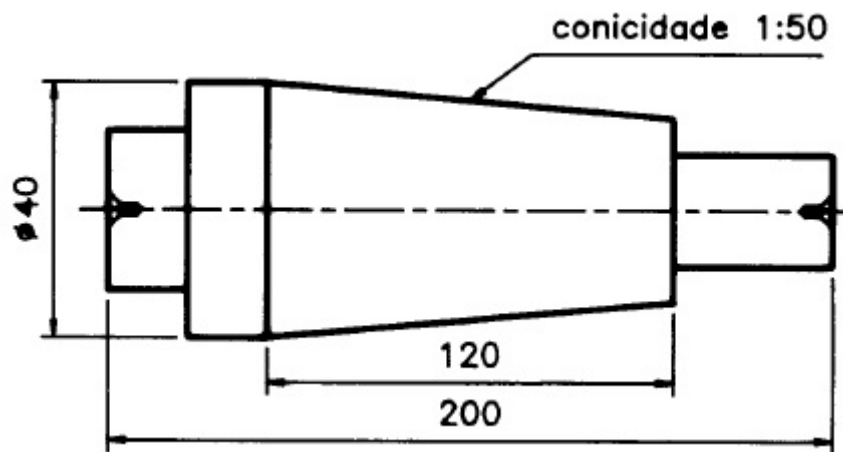
$$M = \frac{0,05 \times 150}{2}$$

$$M = \frac{7,5}{2}$$

$$M = 3,75 \text{ mm}$$

Portanto, o deslocamento da contraponta deve ser de 3,75 mm para que se obtenha a peça com 5% de conicidade.

Conicidade proporcional: Da mesma forma que você pode obter a conicidade pela variação percentual do diâmetro da peça, esta também pode ser fornecida por proporção. Como exemplo, vamos supor que você tenha de torneiar uma peça que apresente os dados mostrados no desenho a seguir.



Analisando os dados, você percebe que, agora, em vez do diâmetro menor ou do percentual de conicidade, você tem a razão 1:50 (1 para 50). Esse dado se refere à conicidade proporcional, que é a variação proporcional do diâmetro da peça em relação ao comprimento do cone. Voltando ao valor dado na peça exemplo, que é de 1:50, vamos encontrar vd , ou a variação de diâmetro por milímetro de comprimento:

A fórmula para o cálculo de M é igual à fórmula da conicidade percentual:

$$M = \frac{vd \cdot L}{2}$$

$$1:50 = \frac{1}{50} = 0,02 = vd$$

Convenções:

M= Deslocamento da contra ponta;

Vd= Variação de diâmetro por milímetro de comprimento;

L= Comprimento total da peça.

Com os dados do desenho, temos: $vd = 0,02$

$L = 200\text{mm}$

$M = ?$

Solução:

$$M = \frac{0,02 \times 200}{2}$$

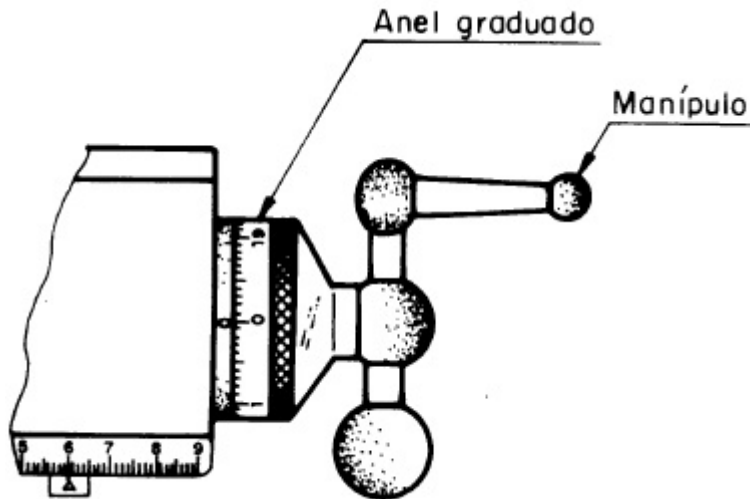
$$M = \frac{4}{2}$$

$$M = 2 \text{ mm}$$

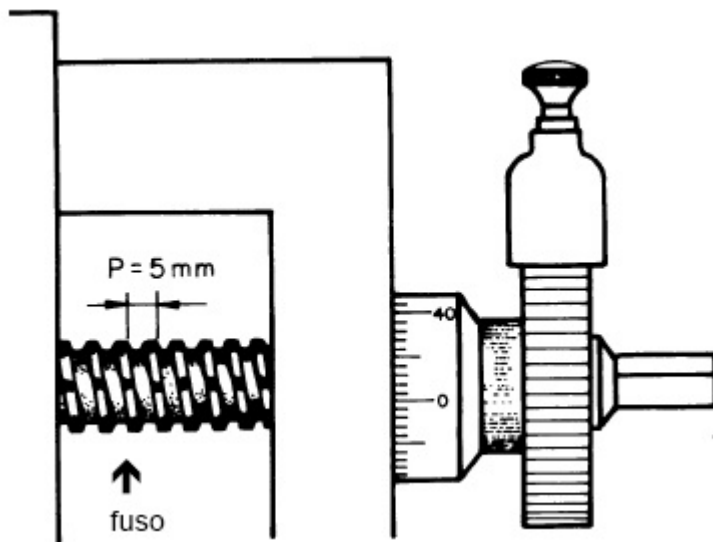
Portanto, o deslocamento da contraponta deve ser de 2 mm, o que corresponde à conicidade proporcional de 1:50.

Usinagem - Cálculo da aproximação do anel graduado

Uma das formas de obter o deslocamento de precisão dos carros e das mesas de máquinas operatrizes convencionais — como plainas, tornos, fresadoras e retificadoras — é utilizar o anel graduado.



Essa operação é necessária sempre que o trabalho exigir que a ferramenta ou a mesa seja deslocada com precisão. Os anéis graduados, como o nome já diz, são construídos com graduações, que são divisões proporcionais ao passo do fuso, ou seja, à distância entre filetes consecutivos da rosca desse fuso. Isso significa que, quando se dá uma volta completa no anel graduado, o carro da máquina é deslocado a uma distância igual ao passo do fuso.



Para um operador de máquina, o problema a ser resolvido é descobrir quantas divisões do anel graduado devem ser avançadas para se obter um determinado deslocamento do carro. Vamos supor, então, que você seja um fresador e precise fazer furos em uma peça com uma distância precisa de 4 mm entre eles. Quantas divisões você deve avançar no anel para obter o deslocamento desejado?

Cálculo da sensibilidade no anel graduado em milímetro: para esse cálculo, precisamos apenas de dois dados: o passo do fuso (pf) e o número de divisões do anel (nº div.). Isso porque, como já dissemos, as divisões do anel são proporcionais ao passo do fuso.

Assim, para calcular o deslocamento, usamos:

$$A = \frac{pf}{n^{\circ}div.}$$

Em que A é a aproximação do anel graduado, ou o deslocamento para cada divisão do anel. Vamos supor, então, que sua fresadora tenha o passo do fuso de 5 mm e 250 divisões no anel graduado. Para calcular A, temos:

Passo do fuso = 5 mm

Número de divisões = 250

Cálculo do número de divisões por avançar no anel graduado em mm.

Fórmulas:

$$Nd = pc \div a$$

Convenções:

Nd = Número de divisões por avançar no anel graduado;

Pc = Profundidade de corte;

a = Avanço correspondente a uma divisão do anel graduado (sensibilidade)

Cálculo da sensibilidade no anel graduado em polegada.

Fórmulas:

$$a = P \div n ; P = 1'' \div N;$$

Convenções:

a = sensibilidade no anel graduado;

P= Passo do fuso da máquina;

n= Número de divisões do anel graduado;

N= Número de fios do fuso da máquina;

Cálculo do número de divisões por avançar no anel graduado em polegada.

Fórmulas:

$$N_d = p_c \div a$$

Convenções:

N_d = Número de divisões por avançar no anel graduado;

P_c = Profundidade de corte;

a = Avanço correspondente a uma divisão do anel graduado (sensibilidade)

Usinagem - Cálculo da RPM e o GPM a partir da velocidade de corte

Para que uma ferramenta corte um material, é necessário que um se movimente em relação ao outro a uma velocidade adequada. Na indústria mecânica, as fresadoras, os tornos, as furadeiras, as retificadoras e as plainas são máquinas operatrizes que produzem peças por meio de corte do metal. Esse processo se chama usinagem. Para que a usinagem seja realizada com máquina de movimento circular, é necessário calcular a rpm da peça ou da ferramenta que está realizando o trabalho. Quando se trata de plainas, o movimento é linear alternado e é necessário calcular o gpm (golpes por minuto). O problema do operador, neste caso, é justamente realizar esses cálculos. Vamos supor que você seja um torneiro e precise tornear com uma ferramenta de aço rápido um tarugo de aço 1020 com diâmetro de 80 mm. Qual será a rpm do torno para que você possa fazer esse trabalho adequadamente?

Velocidade de corte: para calcular a rpm, seja da peça no torno, seja da fresa ou da broca, usamos um dado chamado velocidade de corte. Velocidade de corte é o espaço que a ferramenta percorre, cortando um material, dentro de um determinado tempo. A velocidade de corte depende de uma série de fatores, como:

- Tipo de material da ferramenta;
- Tipo do material a ser usado;
- Tipo de operação a ser realizada;
- Condições da refrigeração;
- Condições da máquina etc.

Embora exista uma fórmula que expressa a velocidade de corte, ela é fornecida por tabelas que compatibilizam o tipo de operação com o tipo de material da ferramenta e o tipo de material a ser usinado. Essas tabelas estão a sua disposição no final deste livro.

Dica: As ferramentas de corte são classificadas em grupos. Para encontrar a velocidade de corte adequada para determinado material com o qual a ferramenta é fabricada, existe um coeficiente para cada tipo de ferramenta. As ferramentas de aço rápido têm o coeficiente 1. Os valores da tabela são para esse coeficiente. Se a ferramenta for de metal duro, o valor da tabela deve ser multiplicado pelo coeficiente 3.

Cálculo de rpm em função da velocidade de corte: Para o cálculo da rpm em função da velocidade de corte, você pode usar duas formulas:

$$N = V \times 318 \div D \text{ (diâmetro)}$$

$$n = \frac{vc \times 1000}{d \times \pi}$$

Em que n é o número de rpm; vc é a velocidade do corte; d é o diâmetro do material, π é 3,14 (constante) e 318 veio da simplificação de $1000/3,14$.

Voltemos ao problema inicial: você precisa tornear um tarugo de aço 1020 com diâmetro de 80 mm. Lembre-se de que a ferramenta é de aço rápido.

Cálculo de gpm em função da velocidade de corte: Quando o trabalho de usinagem é feito por aplainamento e, portanto, o movimento da máquina é linear, calcula-se o gpm, ou seja, o número de golpes que a ferramenta dá por minuto. Para esse cálculo, você também emprega uma fórmula. Ela é:

$$\text{gpm} = \frac{vc \cdot 1000}{2 \cdot c}$$

Em que gpm é o número de golpes por minuto, VC x 1000 já é conhecido, c é o curso da máquina, ou seja, o espaço que ela percorre em seu movimento linear. Esse valor é multiplicado por 2 porque o movimento é de vaivém.

Dica: O curso é igual ao comprimento da peça mais a folga de entrada e saída da ferramenta.

Usinagem - Tipos de Movimentos e Direções das Ferramentas

Para o estudo racional dos ângulos das ferramentas de corte, das forças de corte e das condições de usinagem é imprescindível a fixação de conceitos básicos sobre os movimentos e as relações geométricas do processo de usinagem. Estes conceitos devem ser seguidos pelos técnicos e engenheiros que se dedicam à usinagem e à fabricação das ferramentas de corte e máquinas operatrizes. Desta forma, torna-se necessária a uniformização de tais conceitos, objeto das associações de normas técnicas. Cada país industrializado tem, assim, as suas normas sobre ângulos das ferramentas, formas e dimensões das mesmas, etc. Na falta de norma brasileira sobre esse assunto, vamos seguir a norma DIN 6580, a qual é a mais completa e a que melhor se aplica aos diferentes processos de usinagem. Esta norma contém os fundamentos sobre uma sistemática uniforme de usinagem, constituindo a base para uma série de normas referentes ao corte dos metais. Aplica-se fundamentalmente a todos os processos de

usinagem. Quando resultam limitações através de particularidades sobre certas ferramentas (por exemplo, ferramentas abrasivas), as mesmas são indicadas através de anotações. A numerosidade de conceitos, que servem somente para uma ferramenta ou um processo de corte, não é tratada nesta norma. Por outro lado, a validade universal do conceito para todos os processos de usinagem fornece a possibilidade de reduzir ao mínimo a quantidade de conceitos necessários à prática.

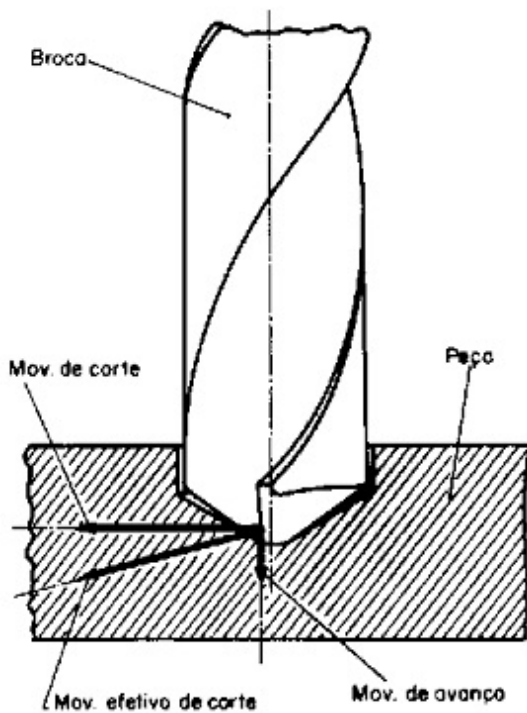
Os conceitos tratados nessa norma se referem a um ponto genérico da aresta cortante, dito ponto de referência. Nas ferramentas de barra este ponto é fixado na parte da aresta cortante próximo à ponta da ferramenta.

MOVIMENTOS ENTRE A PEÇA E A ARESTA CORTANTE: os movimentos no processo de usinagem são movimentos relativos entre a peça e a aresta cortante. Estes movimentos são referidos à peça, considerada como parada.

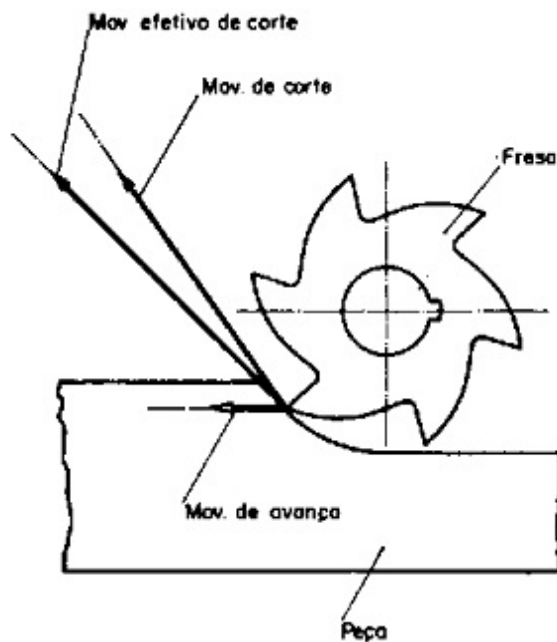
Deve-se distinguir duas espécies de movimentos: os que causam diretamente a saída de cavaco e aqueles que não tomam parte direta na formação do cavaco. Origina diretamente a saída de cavaco o movimento efetivo de corte, o qual na maioria das vezes é o resultante do movimento de corte e do movimento de avanço.

Movimento de corte: o movimento de corte é o movimento entre a peça e a ferramenta, o qual sem o movimento de avanço origina somente uma única remoção de cavaco durante uma volta ou um curso

Furação com broca helicoidal, mostrando os movimentos de corte e avanço:



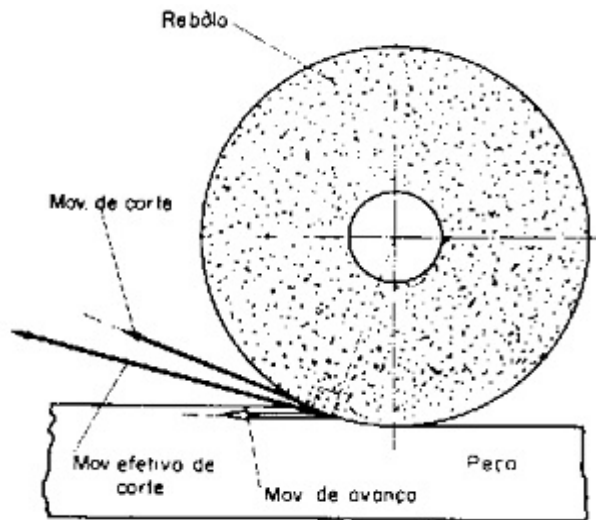
Fresamento com fresa cilíndrica, mostrando os movimentos de corte e avanço:



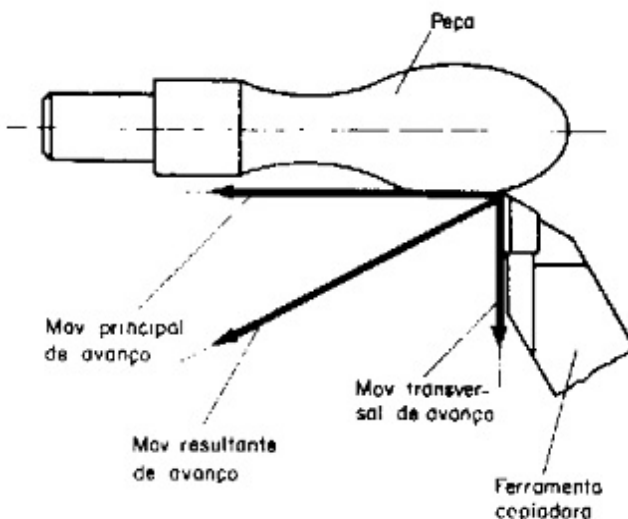
Movimento de avanço: o movimento de avanço é o movimento entre a peça e a ferramenta, que, juntamente com o movimento de corte, origina um levantamento repetido ou contínuo de cavaco, durante várias revoluções ou cursos.

O movimento de avanço pode ser o resultante de vários movimentos componentes, como por exemplo o movimento de avanço principal e o movimento de avanço lateral.

Retificação plana tangencial mostrando os movimentos de corte e avanço.



Copiagem de uma peça mostrando as componentes do movimento de avanço: avanço principal e avanço lateral

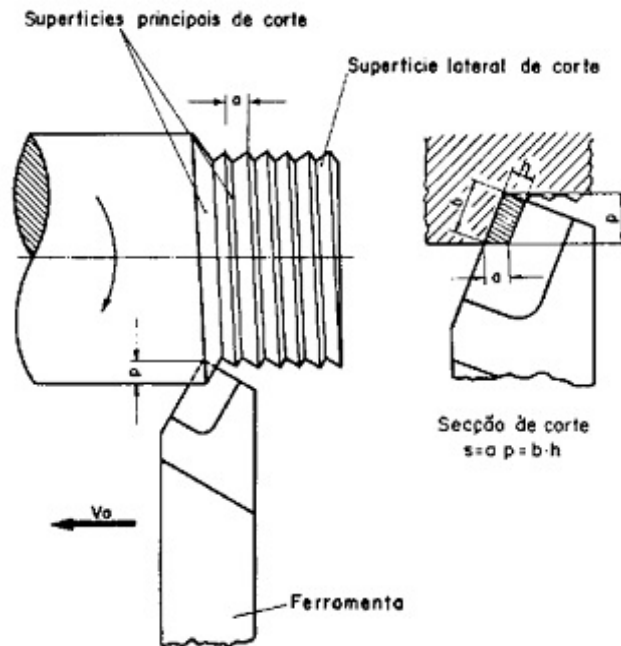


Movimento efetivo de corte: o movimento efetivo de corte é o resultante dos movimentos de corte e de avanço, realizados ao mesmo tempo. Não tomam parte direta na formação do cavaco o movimento de posicionamento, o movimento de profundidade e o movimento de ajuste.

Movimento de posicionamento: é o movimento entre a peça e a ferramenta, com o qual a ferramenta, antes da usinagem, é aproximada à peça. Exemplo: a broca é levada à posição em que deve ser feito o furo.

Movimento de profundidade: é o movimento entre a peça e a ferramenta, no qual a espessura da camada de material a ser retirada é determinada de antemão. Exemplo: fixação, no torno, da profundidade a_p da ferramenta.

Torneamento. Superfície principal e lateral de corte.



Movimento de ajuste: É o movimento de correção entre a peça e a ferramenta, no qual o desgaste da ferramenta deve ser compensado. Exemplo: movimento de ajuste para compensar o desgaste do rebolo na retificação.

DIREÇÕES DOS MOVIMENTOS: Deve-se distinguir a direção de corte, direção de avanço e direção efetiva de corte.

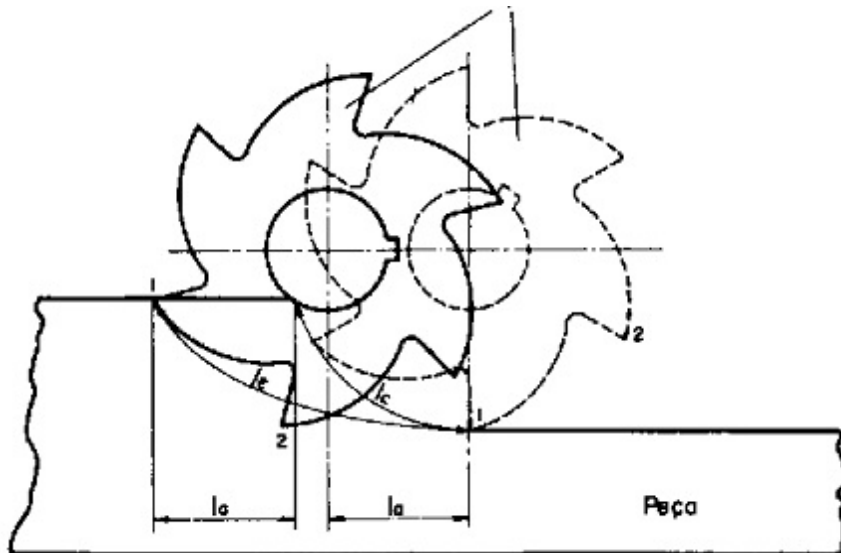
Direção de corte: É a direção instantânea do movimento de corte.

Direção de avanço: É a direção instantânea do movimento de avanço.

Direção efetiva de corte: É a direção instantânea do movimento efetivo de corte.

PERCURSO DA FERRAMENTA EM FRENTE DA PEÇA: Deve-se distinguir o percurso de corte, o percurso de avanço e o percurso efetivo de corte.

Percurso de corte: O percurso de corte l_c , é o espaço percorrido sobre a peça pelo ponto de referência da aresta cortante.



Fresamento tangencial com fresa cilíndrica. Percurso de corte l_c , percurso efetivo de corte l_e ; percurso de avanço l_f (Os dentes 1 e 2 mostram o movimento da fresa).

Percurso de avanço: o percurso de avanço l_f é o espaço percorrido pela ferramenta, segundo a direção de avanço. Deve-se distinguir as diferentes componentes do movimento de avanço.

Percurso efetivo de corte: o percurso efetivo de corte l_e é o espaço percorrido pelo ponto de referência da aresta cortante, segundo a direção efetiva de corte.

VELOCIDADES: deve-se distinguir a velocidade de corte, a velocidade de avanço e a velocidade efetiva de corte.

Velocidade de corte: a velocidade de corte v é a velocidade instantânea do ponto de referência da aresta cortante, segundo a direção a sentido de corte.

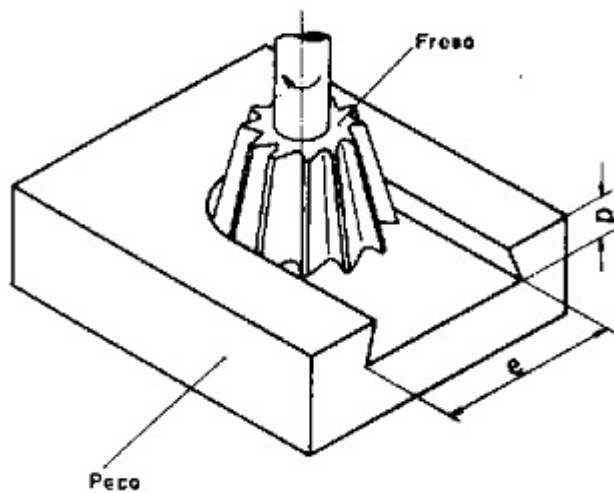
Velocidade do avanço: a velocidade de avanço v_f é a velocidade instantânea da ferramenta segundo a direção e sentido de avanço.

Velocidade efetiva de corte: a velocidade efetiva de corte v_e é a velocidade instantânea do ponto de referência da aresta cortante, segundo a direção efetiva de corte. Pode-se ter ainda, conforme o

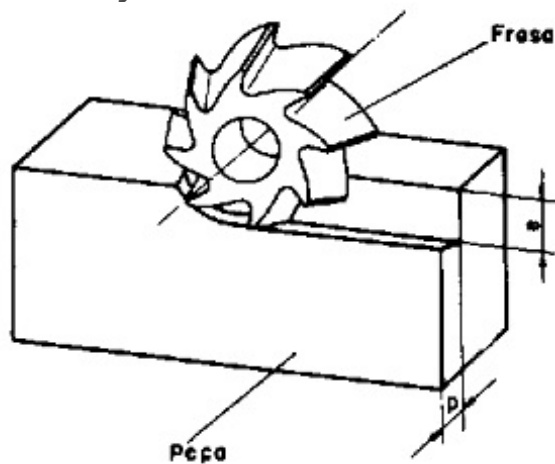
item 2, as velocidades de posicionamento, de profundidade e de ajuste.

GRANDEZAS DE CORTE: As grandezas de corte são as grandezas que devem ser ajustadas na máquina direta ou indiretamente para a retirada do cavaco.

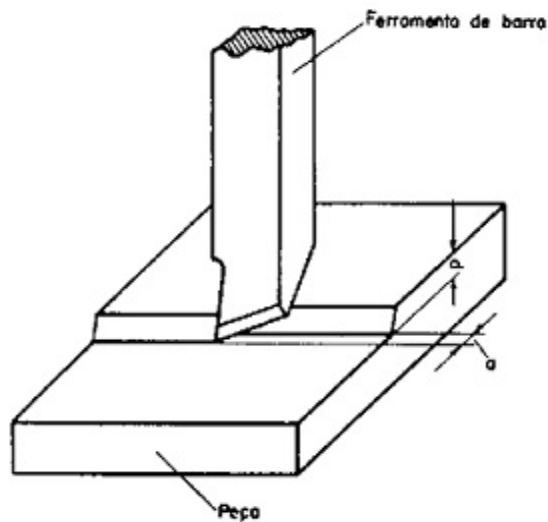
Avanço: o avanço f é o percurso de avanço em cada volta ou em cada curso.



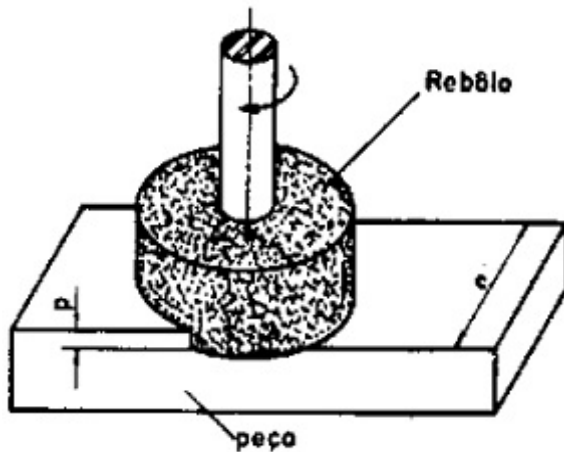
Fresamento tangencial. Largura de corte a_p ; espessura de penetração e .



Fresamento frontal. Profundidade de corte a_p ; espessura de penetração e .



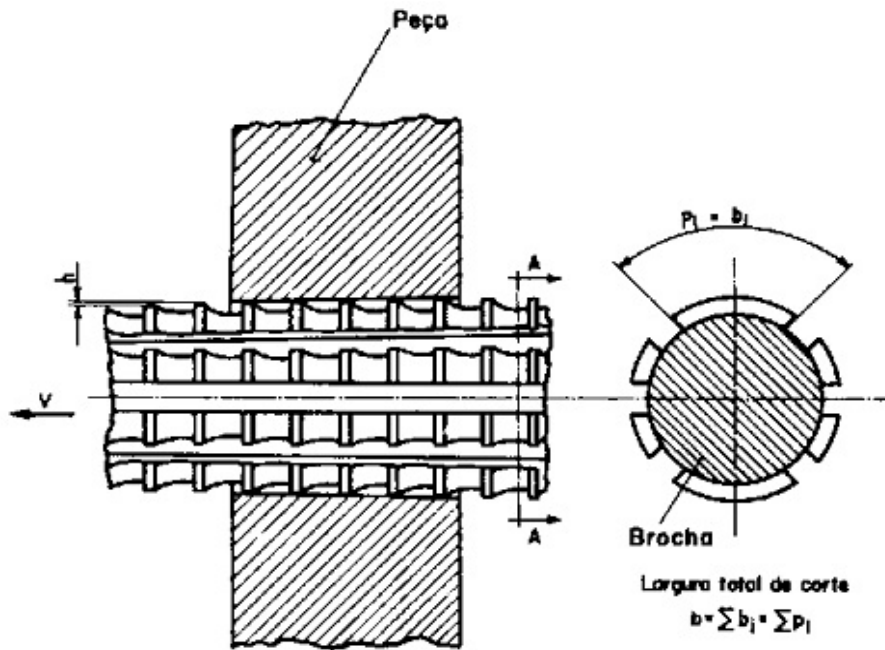
Aplainamento. Profundidade de corte a_p ; avanço $f=f_c$.



Retificação frontal. Profundidade de corte a_p ; espessura de penetração e

Profundidade ou largura de corte: é a profundidade ou largura de penetração da aresta principal de corte, medida numa direção perpendicular ao plano de trabalho (conforme imagens anteriores). No torneamento propriamente dito, faceamento, aplainamento, fresamento frontal e retificação frontal, a_p corresponde à profundidade de corte (conforme imagens anteriores).

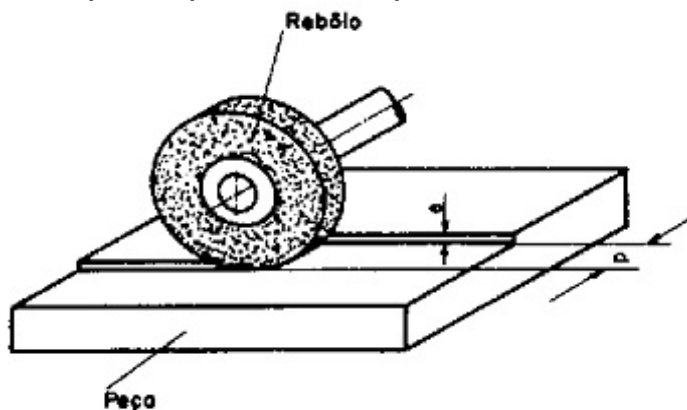
No sangramento, brochamento, fresamento tangencial (em particular fresamento cilíndrico) e retificação tangencial, a_p corresponde à largura de corte.



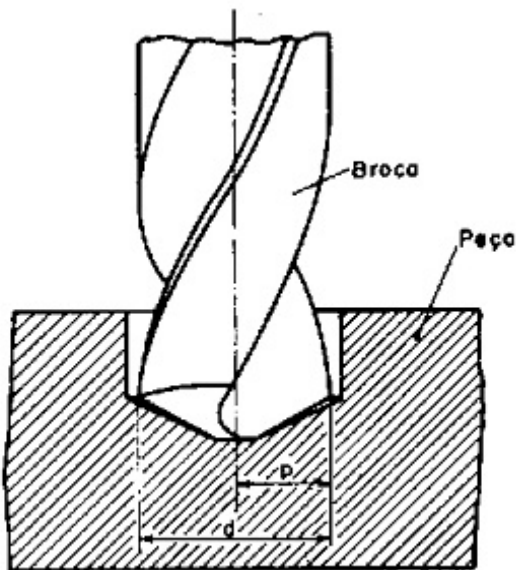
Brochamento

Na furação (sem pré-furação), a_p corresponde à metade do diâmetro da broca.

A grandeza a_p é sempre aquela que, multiplicada pelo avanço de corte f , origina a área da secção de corte s . Ela é medida num plano perpendicular ao plano de trabalho, enquanto que o avanço de corte f_c é medido sempre no plano de trabalho. Em alguns casos recebe a denominação de profundidade de corte, enquanto que noutros casos recebe a denominação de largura de corte; porém, é sempre representada pela letra a_p .



Retificação plana tangencial. Largura de corte a_p ; espessura de penetração e .



Furação. Largura de corte $a_p = d/2$.

Espessura de penetração: A espessura de penetração a_p é de importância predominante no fresamento e na retificação. É a espessura de corte em cada curso ou revolução, medida no plano de trabalho e numa direção perpendicular à direção de avanço.

GRANDEZAS RELATIVAS AO CAVACO: estas grandezas são derivadas das grandezas de corte e são obtidas através de cálculo. Porém, não são idênticas às obtidas através da medição do cavaco, que no momento não nos interessam.

Comprimento de corte: O comprimento de corte b é o comprimento de cavaco a ser retirado, medido na superfície de corte, segundo a direção normal à direção de corte. É, portanto, medido na intersecção da superfície de corte com o plano normal à velocidade de corte, passando pelo ponto de referência da aresta cortante. Em ferramentas com aresta cortante retilínea e sem curvatura na ponta tem-se.

$$b = AP = \frac{a_p}{\sin \kappa}$$

onde κ é o ângulo de posição da aresta principal de corte.

Espessura de corte: a espessura de corte h é a espessura calculada do cavaco a ser retirado, medida normalmente à superfície de corte e segundo a direção perpendicular à direção de corte.

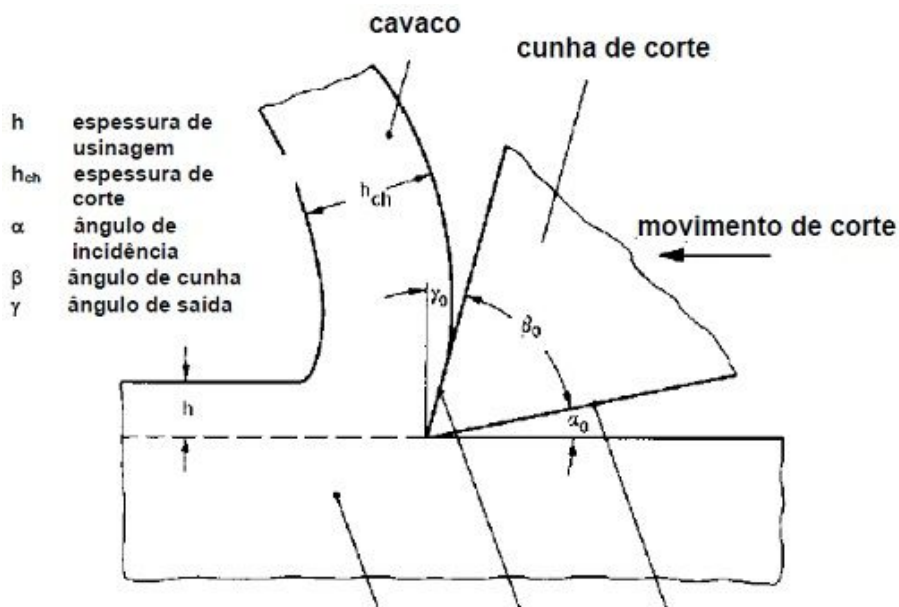
Em ferramentas com aresta cortante retilínea e sem curvatura da ponta, tem-se

$$h = f_e \cdot \text{sen } \kappa$$

Área da secção de corte: A área da secção de corte s (ou simplesmente secção de corte) é a área calculada da secção de cavaco a ser retirado, medida no plano normal à direção de corte.

Usinagem - Cunha de Corte: Termos, Denominações e o Processo

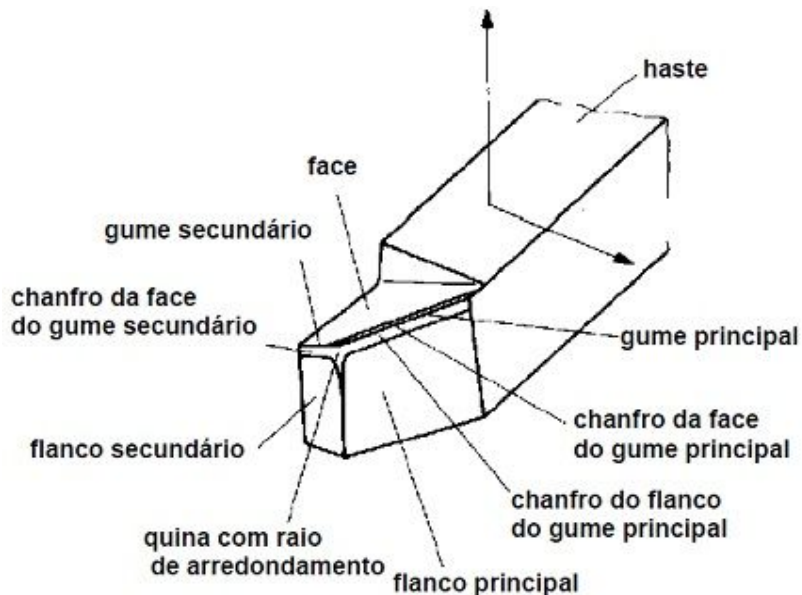
No início do corte, a ponta da cunha penetra no material da peça que se deforma elástica e plasticamente. Após ultrapassar a tensão de cisalhamento máxima do material, este começa a escoar. Em dependência da geometria da cunha de corte, o material deformado passa a formar um cavaco que deslocar sobre a face da cunha de corte, veja imagem a seguir:



Representação esquemática da formação do cavaco.

Em todos os processos de remoção de cavaco, características do processo como formação de cavaco, saída do cavaco, força de corte, desgaste e o resultado do trabalho, são influenciados consideravelmente pela geometria da ferramenta. Em decorrência disto, a geometria da ferramenta deve ser adaptada ao material da

peça, ao material da ferramenta e às condições específicas da máquina ferramenta. Os termos, a denominação e a designação da geometria da cunha, são normalizados pela DIN 6581 e a ISO 302/1. As explanações mostradas a seguir são tiradas destas normas.

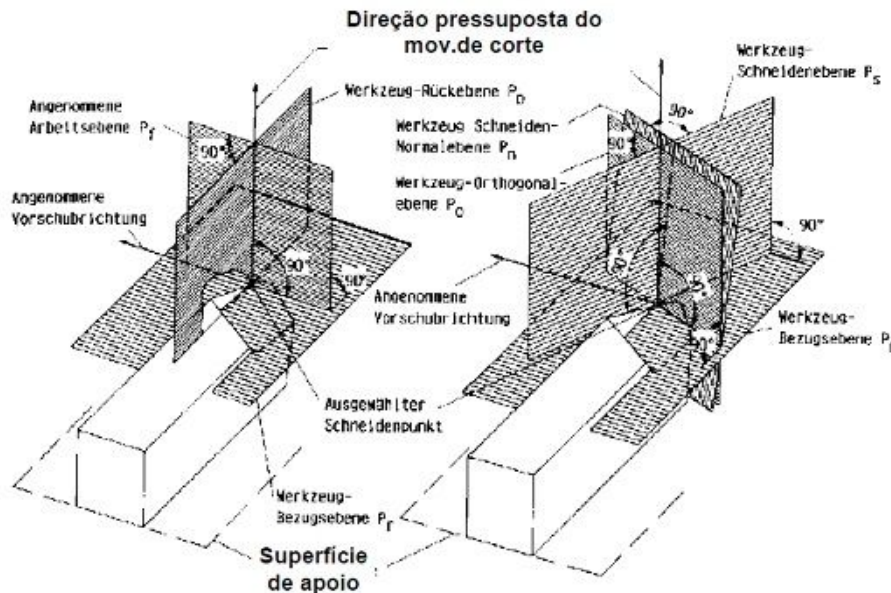


Superfícies, gumes, quina e chanfros, na ferramenta de torneamento ou aplainamento (DIN 6581).

A figura acima mostra uma ferramenta de torneamento ou aplainamento e define as superfícies, gumes, chanfros e quinas. Então, diz-se como sendo cunha de corte, o corpo limitado pela superfície indicada na figura. A intersecção das superfícies mostrada na figura, forma os gumes. O gume que se mostra no sentido da direção de avanço, é denominado de gume principal. Correspondentemente, o gume que tem a cunha normal ao sentido de avanço é denominado de gume secundário. A intersecção dos dois gumes, é denominada de quina da ferramenta e muitas vezes apresenta a forma arredondada.

A face da ferramenta é a superfície sobre a qual sai o cavaco. Designam-se de flancos, as superfícies que se justapõem às superfícies novas formadas durante a usinagem; os flancos são designados como flanco principal e flanco secundário. Se tivermos chanfros nos gumes, designamos estes de chanfro do gume principal e chanfro do gume secundário. Podemos ainda ter chanfros nos flancos, denominando então chanfro do flanco principal e chanfro do flanco secundário.

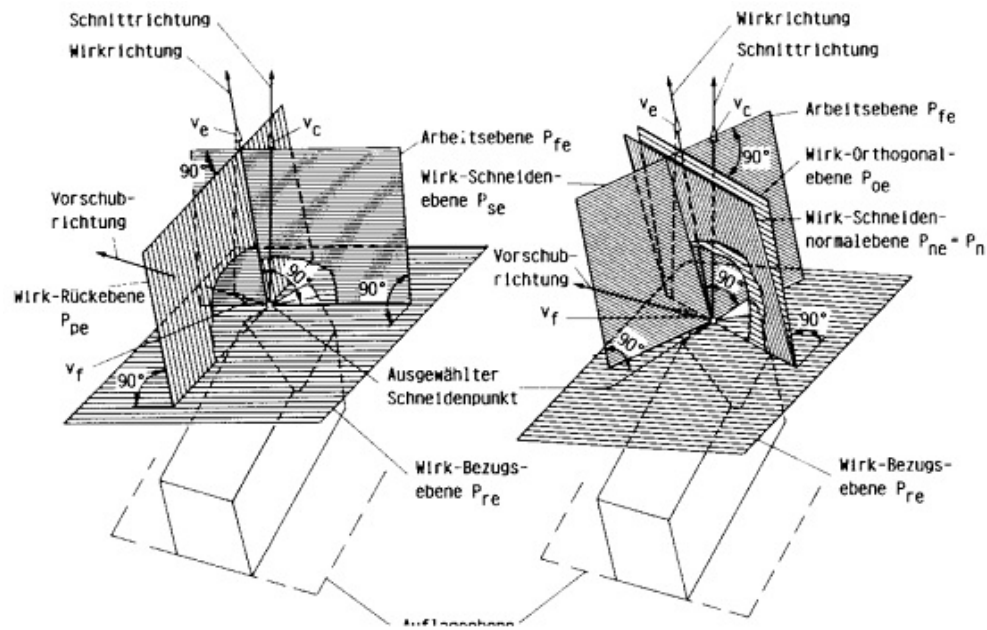
Para o esclarecimento da terminologia e dos ângulos da cunha, é propício distinguir entre o sistema de referência da ferramenta e o sistema de referência efetivo. Ambos os sistemas estão baseados em duas superfícies de referência, que no entanto, não são as mesmas.



Sistema de referência na ferramenta (DIN 6581).

O sistema de referência na ferramenta está mostrado na figura acima e se baseia nas dimensões geométricas da ferramenta estática, sem considerar a cinemática do processo de usinagem. Este sistema é empregado para a fabricação e manutenção, bem como para a descrição da ferramenta de corte.

Com isto, o sistema de referência na ferramenta é colocado de tal forma que a linha de referência passa por um ponto no gume, normal à direção do corte. Em decorrência disto, para ferramentas de torneamento e aplainamento, ela está localizada paralelamente à superfície de apoio da ferramenta de corte. A superfície normal à superfície de referência que passa pelo gume, é denominada de superfície de corte e esta, por sua vez, é normal à superfície de medição da cunha, o terceiro plano no sistema de coordenadas ortogonais.



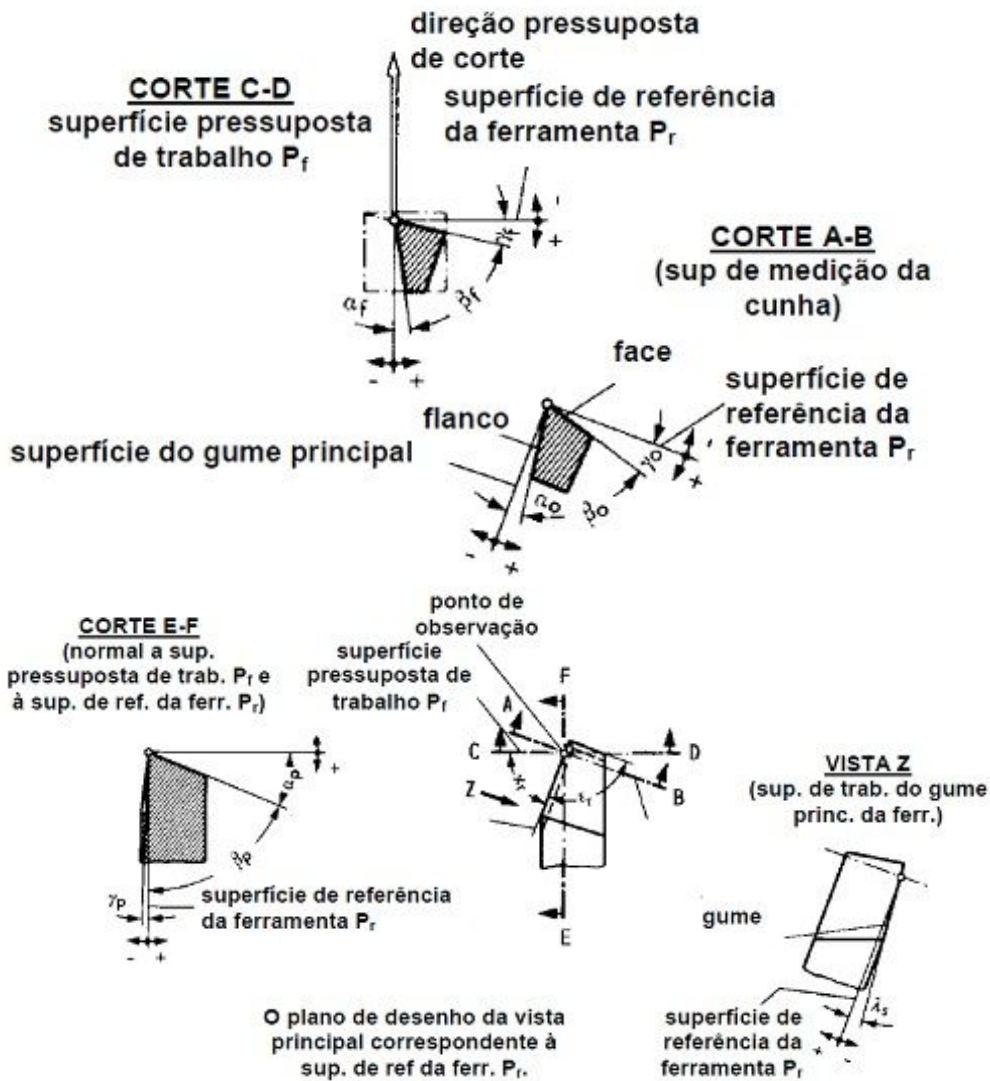
Sistemas de referência efetivos (DIN 6581).

O sistema de referência efetivo, mostrado na figura 2.17, considera a velocidade de avanço durante o processo de usinagem.

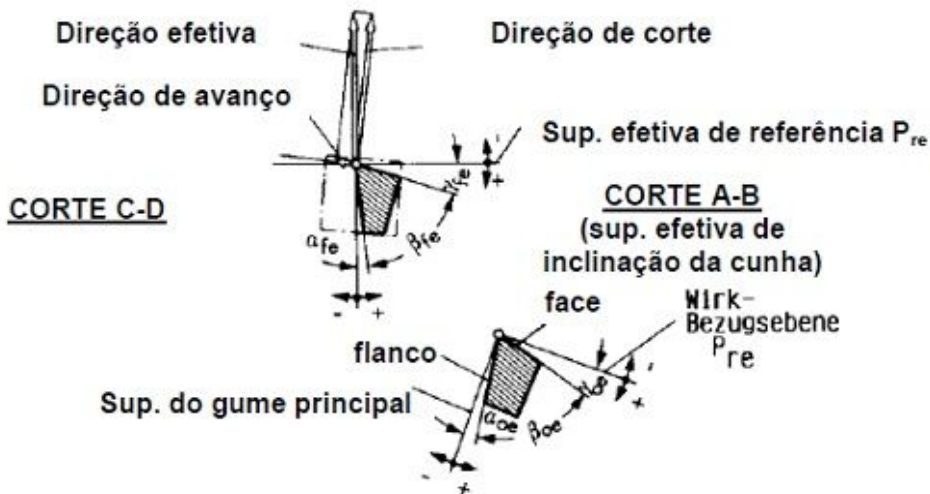
A superfície de referência efetiva em decorrência disto, é normal à direção efetiva do corte que resulta da soma da velocidade de corte e velocidade de avanço. A superfície efetiva de corte e a superfície efetiva de medição de cunha, se orientam da mesma forma que as superfícies no sistema de referência na ferramenta.

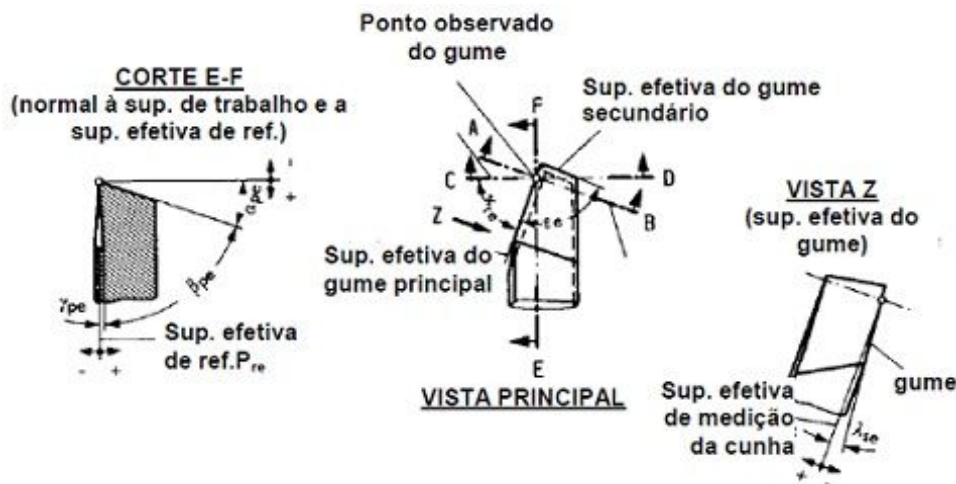
Segundo a DIN 6580, a superfície de trabalho no sistema de referência e no sistema efetivo, são superfícies imaginárias que compreendem a direção da velocidade de corte e a direção da velocidade de avanço. Nela, nós temos a realização de todos os movimentos que estão relacionados com a formação de cavaco. Nas ferramentas de torneamento e aplainamento, ela normalmente é uma superfície normal ou paralela ao suporte da ferramenta.

Os ângulos designados a seguir, servem para a determinação da posição e da forma de uma cunha de corte. Distingue-se entre os ângulos na ferramenta e os ângulos no sistema de referência, figura 2.18 e 2.19. No sistema efetivo os ângulos são acrescentados do termo efetivo com o index "e" (effective).



Ângulos na ferramenta para um ponto no gume principal, de uma ferramenta de torneamento (DIN 6581).





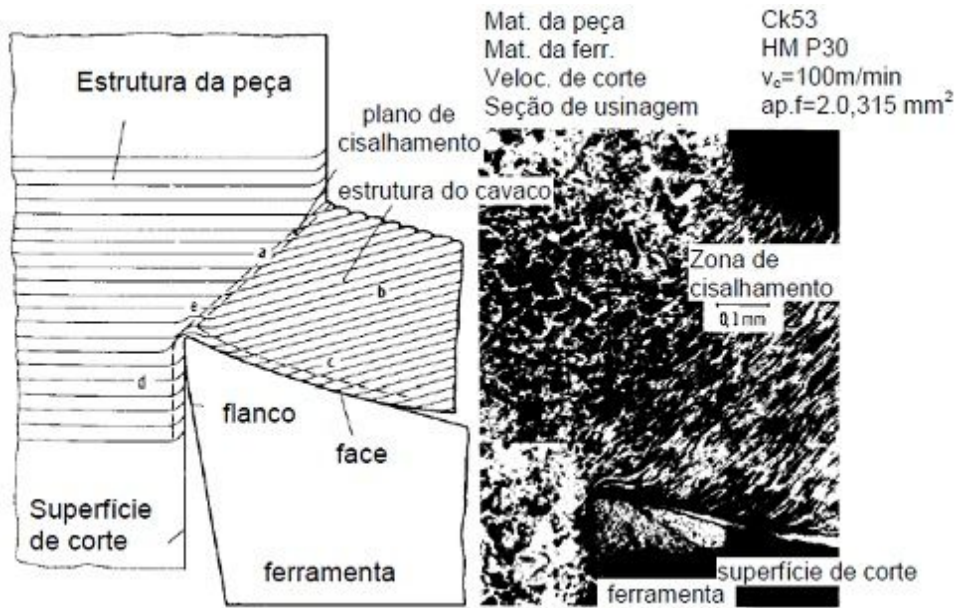
Ângulos efetivos para um ponto que passa pelo gume de uma ferramenta de torneamento (DIN 6581).

A distinção entre os ângulos no gume principal e no gume secundário, ocorre pela caracterização do índice “n” para o gume secundário.

- O ângulo de posição “k” é o ângulo entre a superfície de corte e a superfície de trabalho, medido na superfície de referência.
- O ângulo de quina “e”, é o ângulo entre a superfície do gume principal e do gume secundário, medido na superfície de referência.
- O ângulo de inclinação lateral “l” é o ângulo entre o gume e a superfície de referência, medidos na superfície de corte. Ele pode ser positivo ou negativo, valendo a mesma regra que para o ângulo de saída positivo e negativo.
- O ângulo de incidência “a”, é o ângulo entre o flanco e a superfície de corte, medido na superfície de medição da cunha.
- O ângulo de cunha “b”, é o ângulo entre o flanco e a face, medido na superfície de medição da cunha.
- O ângulo de saída “g”, é o ângulo entre a superfície de saída e a superfície de referência, medido na superfície da cunha. O ângulo de saída é positivo, se a superfície de referência colocada no ponto de intersecção e a superfície de medição de cunha, estão localizadas fora da cunha de corte.

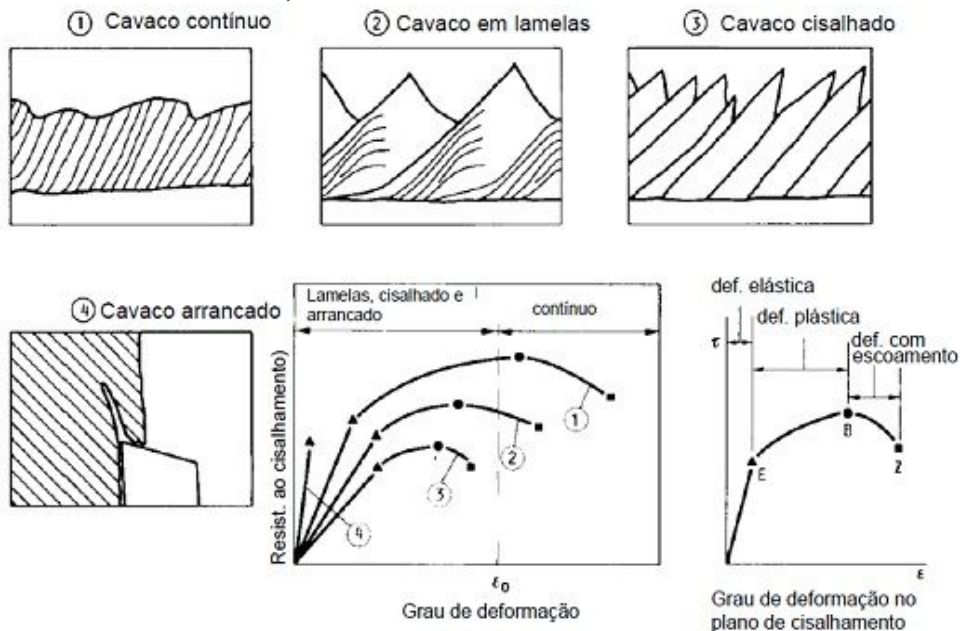
Para a designação dos termos na cunha, foi empregada a geometria de uma ferramenta de torneamento, já que nesta é mais simples de exemplificar os diversos aspectos. As definições aqui representadas, em princípio, valem para todas as ferramentas de corte de geometria definida.

O PROCESSO DE CORTE: A figura a seguir mostra a representação esquemática do mecanismo de formação de cavaco, como ele é visto na micrografia de uma raiz de cavaco (à direita da figura). A representação mostra que a deformação plástica contínua, que se mostra na região de formação de cavaco, pode ser dividida em três regiões. A configuração estrutural na peça (a) por cisalhamento, passa para configuração estrutural do cavaco, em (b). A deformação plástica na região de cisalhamento na usinagem de materiais frágeis, pode levar a separação do material na região por cisalhamento. Se o material no entanto, tem uma capacidade de deformação maior, então a separação só ocorre imediatamente diante do gume na região (e). A solicitação de tração, simultânea a aplicação de uma pressão vertical sobre a ferramenta em combinação com as temperaturas elevadas, leva a deformações na camada superficial da superfície de corte (c) e na superfície de corte (d). No deslizamento sobre a superfície da ferramenta, se formam superfícies limites que também sofrem deformações plásticas complementares. Essas regiões de escoamento (regiões não atacadas, brancas na parte inferior do cavaco na metalografia) que tem uma textura de deformação paralela à face da ferramenta, nos dão a impressão de escoamento viscoso com grau de deformação extremamente elevado.



Raiz de cavaco.

O cavaco que se formou nesse processo acima descrito, é denominado de cavaco em forma de fita. Outras formas de cavaco são o cavaco em lamela, cisalhado e arrancado. Pressupondo que as condições de corte na região de cisalhamento, no máximo podem levar a um grau de deformação ϵ_0 , podemos distinguir a forma do cavaco no diagrama tensão de cisalhamento x deformação da figura a seguir, e concluir sobre os seguintes relacionamentos,



Formas de cavaco em dependência das propriedades dos materiais (Vierregge).

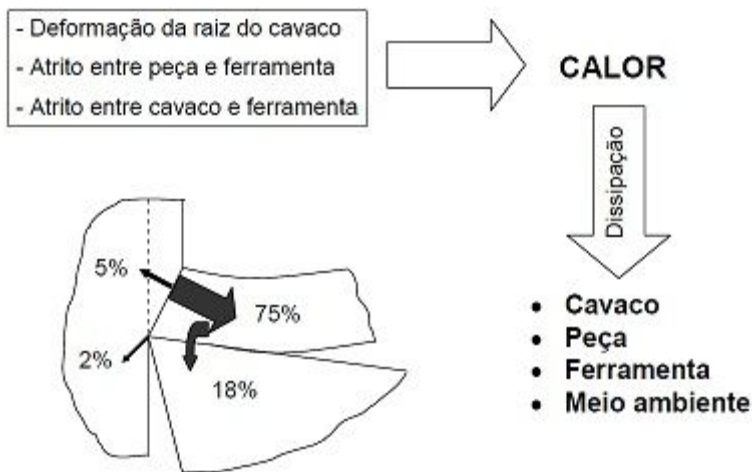
a) Cavacos contínuos: são formados quando o material tem uma capacidade de deformação suficientemente elevada ($e_B > e_0$), a estrutura na região do cavaco é regular e as deformações não levam a encruamentos acentuados na formação de cavacos, e o processo não é restringido por vibrações.

b) Cavacos em forma de lamela: ocorrem quando ($e_B < e_0 < e_z$), que no entanto é maior que ($e_{ruptura}$). Também ocorre se a estrutura do cavaco é irregular e é levado a oscilações em decorrência de vibrações que por sua vez, levam a variações na espessura do cavaco. Cavacos de lamela podem ocorrer tanto para avanços grandes como para altas velocidades de corte.

c) Cavacos cisalhados: constam de segmentos de cavacos, que são seccionados na região de cisalhamento e em parte caldeiam entre si. Eles se formam, se ($e_z < e_0$), de forma que isto não ocorre só para materiais frágeis como ferro fundido, e sim também quando a deformação produz um encruamento acentuado na estrutura do material. Cavacos cisalhados também podem ocorrer para velocidades de corte extremamente baixas (velocidades de corte de 1 a 3 m/min).

d) Cavacos arrancados: normalmente ocorrem na usinagem de materiais frágeis com estrutura irregular como em alguns ferros fundidos e na usinagem de rochas. Os cavacos não são cisalhados e sim arrancados da superfície com o que a estrutura superficial da peça, muitas vezes é danificada por microlascamentos.

Usinagem - Temperatura de Corte



Os valores das proporções variam com:

- o tipo de usinagem: torneamento, fresamento, brochamento, etc.;
- o material da ferramenta e da peça;
- a forma da ferramenta;
- as condições de usinagem.

Exemplo: quantidade de calor gerada na deformação plástica para aços de construção:

$v_c = 50\text{m/min}$ 75% do total do calor gerado

$v_c = 200\text{m/min}$ 25% do total do calor gerado

logo, nos regimes de corte altos, o atrito é a fonte básica de calor.

A temperatura da ferramenta se elevará de acordo com o calor específico e a condutibilidade térmica dos corpos em contato, além das dimensões das seções onde se escoar o calor.

A temperatura é o principal fator limitante da utilização das ferramentas de corte em regimes de trabalho elevados, fixando, portanto as condições máximas de produtividade e duração das ferramentas.

Como as deformações e forças de atrito se distribuem irregularmente, o calor produzido também se distribui de forma irregular.

A quantidade de calor devida ao atrito do cavaco com a superfície de saída e que vai à ferramenta, é relativamente pequena. Porém, como esta superfície de contato é reduzida, desenvolvem-se ali temperaturas significantes.

A quantidade de calor gerada aumenta com a velocidade e com a força de corte. Conseqüentemente, a temperatura cresce com o aumento da velocidade de corte, do avanço e da profundidade.

Este aumento de temperatura é acelerado com o desgaste da ferramenta, o qual aumenta o valor do coeficiente de atrito e conseqüentemente a força de corte.

Para aumentar a produtividade da ferramenta deve-se aumentar a velocidade, o avanço e a profundidade de corte. Todos estes fatores aumentam a temperatura. Portanto deve-se procurar diminuir esta temperatura além de empregar materiais de corte resistentes a altas temperaturas e ao desgaste.

O meio mais barato para a diminuição da temperatura de corte é o emprego de fluidos de corte.

Usinagem - Força de Usinagem

O conhecimento da força de usinagem F ou de suas componentes, força de corte F_c , força de avanço F_f e da força passiva F_p , é a base:

















- para o projeto de uma máquina ferramenta (dimensionamento das estruturas, acionamentos, fixações, etc.);
- para a determinação das condições de corte em condições de trabalho;
- para a avaliação da precisão de uma máquina ferramenta, em certas condições de trabalho (deformação da ferramenta, máquina e peça);
- para a explicação de mecanismos de desgaste.

A força de usinagem é também um critério para a determinação da usinabilidade de um material de peça.

Os componentes da força de usinagem (F_c , F_f e F_p) diminuem com o aumento da velocidade de corte v_c devido à diminuição da resistência do material com o aumento da temperatura.

Os componentes da força de usinagem aumentam com o aumento da profundidade de corte a_p de uma forma proporcional (só vale para a_p maior que o raio de quina).

Influência do ângulo de saída γ e do ângulo de inclinação lateral λ sobre os componentes da força de usinagem:

Influência sobre a força de usinagem por grau			
	F_c	F_f	F_p
 Âng. de saída γ	 1,5%	 5,0%	 4,0%
 Âng. de inclinação lateral λ	 1,5%	 1,5%	 10,0%
 Âng. de saída γ	 1,5%	 5,0%	 4,0%
 Âng. de inclinação lateral λ	 1,5%	 1,5%	 10,0%

Uma variação do ângulo de incidência na faixa de 3° a 12° não tem influência considerável sobre as componentes da força de usinagem.

Uma variação do raio de quina não influencia a força de usinagem, desde que a condição $2r \leq a_p$ seja satisfeita.

A força de usinagem aumenta linearmente com o aumento do teor de carbono da peça e da ferramenta.

Pode-se ter variações consideráveis pela variação dos teores de elementos de liga que atuam sobre a diminuição da força de corte, como por exemplo pelo enxofre.

O tipo de material da ferramenta, atua principalmente no coeficiente de atrito entre cavaco e ferramenta e em decorrência disso, principalmente sobre a força passiva e a força de avanço.

Com o aumento da condutividade térmica do material da ferramenta, em regra geral, verifica-se o aumento da força de corte.

O desgaste de cratera sobre a face da ferramenta que leva à formação de um ângulo de saída mais positivo, em regra, leva à diminuição das componentes da força de usinagem.

O desgaste do flanco da ferramenta aumenta as componentes da força de usinagem devido ao aumento da superfície de atrito entre peça e superfície de incidência.

Usinagem - Potência de Usinagem

A força principal de corte F_c é a base para o cálculo da potência de usinagem. No caso do torneamento, pode-se estabelecer a seguinte relação entre a força de corte e a área da seção de usinagem:

$$F_c = k_c \cdot A = k_c \cdot a_p \cdot f \quad [N]$$

em que k_c é a pressão específica de corte em $[N/mm^2]$.

O valor de k_c é equivalente à energia de corte por unidade de volume e_c , ou seja, a energia necessária para remover uma unidade de volume da peça. Equivale ainda a potência de corte para remover a unidade de volume da peça por unidade de tempo, p_c .

$$k_c [N/mm^2] = e_c [J/cm^3] = p_c [W.s/cm^3]$$

Os valores de k_c para alguns materiais segundo a norma alemã AWF-158 são dados na tabela abaixo:

Valores orientativos das pressões específicas de corte (AWF – 158)

MATERIAIS	σ_r [N/mm ²] (ou dureza)	kc [N/mm ²]			
		Avanço em [mm/rot]			
		0,1	0,2	0,4	0,8
ST3411, St3711, St4211 (ABNT 1015 a 1025)	até 500	3600	2600	1900	1360
ST5011 (ABNT 1030 a 1035)	500 a 600	4000	2900	2100	1520
STR6011 (ABNT 1040 a 1045)	600 a 700	4200	3000	2200	1560
ST7011 (ABNT 1060)	700 a 850	4400	3150	2300	1640
ST 85 (ABNT 1095)	850 a 1000	4600	3300	2400	1720
Aço fundido	300 a 350	3200	2300	1700	1240
	500 a 700	3600	2600	1900	1360
	> 700	3900	2850	2050	1500
Aço Mn, aços Cr-Ni, aços Cr-Mo e outros aços ligados	700 a 850	4700	3400	2450	1760
	850 a 1000	5000	3600	2600	1850
	1000 a 1400	5300	3800	2750	2000
Aço inoxidável	1400 a 1800	5700	4100	3000	2150
	600 a 700	5200	3750	2700	1920
	1500 a 1800	5700	4100	3000	2150
Aço ferramenta	1500 a 1800	5700	4100	3000	2150
Aço manganês-duro	-	6600	4800	2500	2520
Ferro fundido GG12, GG14	HB até 200	1900	1360	1000	720
Ferro fundido GG18, GG26	HB 200 A 250	2900	2080	1500	1080
Ferro fundido ligado	HB 250 A 400	3200	2300	1700	1200
Ferro fundido maleável		2400	1750	1250	920
Ferro fundido duro	Shore 65/90	3600	2600	1900	1360
Cobre		2100	1520	1100	800
Cobre com mica (coletores)		1900	1360	1000	720
Latão	HB 80/120	1600	1150	850	600
Bronze vermelho (10Sn, 4Zn, 86Cu)		1400	1000	700	520
Bronze de fundição		3400	2450	1800	1280
Ligas de zinco		940	700	560	430
Alumínio puro		1050	760	550	400
Ligas de Al, c/ alto teor de Si (11-13%)		1400	1000	700	520
Ligas p/ Al-Si (11-13,5% Si) (tenaz)		1400	1000	700	520
Pistão G Al-Si (11-13,5% Si)		1250	900	650	480
Outras ligas de alumínio para fundição e trabalho a frio	até 300	1150	840	600	430
	300 a 420	1400	1000	700	520
	420 a 580	1700	1220	850	640
Ligas de magnésio		580	420	300	220
Borracha dura, ebonite		480	350	250	180
Baquelite, Pertinax, Novotext (massas isolantes prensadas, isentas de borracha)		480	350	250	180
37.Papel duro		380	280	200	140

A potência de corte P_c é a potência disponível no gume da ferramenta e consumida na operação de remoção de cavacos. É ela que interessa no cálculo de forças e pressões específicas de corte.

A potência de acionamento P_a é a potência fornecida pelo motor à máquina-ferramenta. Ela difere da potência de corte pelas perdas

que ocorrem por atrito nos mancais, engrenagens, sistemas de lubrificação e refrigeração, sistema de avanço, etc.

A potência de avanço, embora seja uma parcela utilizada na operação de corte, é muito pequena em relação à potência de corte, sendo mais prático reuni-la no grupo das “perdas”.

A potência em vazio P_o é a potência consumida pela máquina-ferramenta ligada, com o mecanismo de avanço funcionando, porém sem que tenha lugar qualquer operação de corte.

O rendimento da máquina é dado por:

$$\eta = \frac{P_c}{P_a} \cdot 100 = \frac{P_a - P_o}{P_a} \cdot 100$$

Valores usuais estão entre 60% e 80%.

A potência de corte pode ser calculada pela equação:

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60000} = \frac{k_c \cdot A \cdot v_c}{60000} = \frac{k_c \cdot a_p \cdot f \cdot v_c}{60000} \quad [kW]$$

onde,

P_c = potência de corte necessária no gume da ferramenta [kW].

F_c = força de corte [N].

k_c = pressão específica de corte [N/mm²].

A = seção de corte [mm³].

$A \cdot v_c$ = volume de cavacos produzidos na unidade de tempo [mm³/min]

a_p = profundidade de corte [mm].

f = avanço [mm/rot].

v_c = velocidade de corte [m/min].

As dimensões de corte são o fator de influência preponderante na força e na potência necessária para a usinagem. De um modo geral verifica-se que a pressão específica de corte k_c diminui com as dimensões do cavaco, sendo esta diminuição mais notada para um aumento do avanço do que para um aumento da profundidade de corte.

Com base nas afirmações anteriores, pesquisadores determinaram fatores de correção para k_c , sendo que o que mais se aproxima da realidade é Kienzle, propondo a seguinte fórmula:

$$k_c = k_{c1.1} \cdot h^{-mc}$$

ou seja,

$$F_c = k_{c1.1} \cdot b \cdot h^{1-mc}$$

$$h = f \cdot \operatorname{sen} \kappa \quad [mm] = \text{espessura do cavaco}$$

$$b = a_p \div \operatorname{sen} \kappa \quad [mm] = \text{largura de corte}$$

$k_{c1.1}$ = pressão específica de corte para um cavaco de $A = b \cdot h = 1 \times 1 \text{ mm}^2$.

A fórmula de Kienzle se mostrou válida no cálculo da força de corte nos diversos processos de usinagem com espessura h constante do cavaco (tornear, plainar, furar, brochar) como também em processos com espessura variável (fresagem, serramento, denteamento de engrenagens), utilizando um valor médio h_m .

A tabela abaixo fornece, a título de exemplo, valores de $1-mc$ e $k_{c1.1}$ para alguns materiais.

Material DIN	ABNT equivalente	σ_r [N/mm ²]	$k_{c1.1}$ [N/mm ²]	$1-mc$
St 50	1030/1045	520	1990	0,74
St 60	1040/1045	620	2110	0,83
C 22	1020	500	1800	0,83
Ck 45	1045	670	2220	0,86
Ck 60	1060	770	2130	0,82
65 Si 7	9260	960	1270	0,73
100 Cr 6	52100	640	1600	0,71
100 Cr 6 recozido	52100	710	2400	0,79
GG L 14	F ^o F ^o cinzento com		950	0,79
GG L 18	grafite lamelar	124	750	0,87
GG 26	F ^o F ^o cinzento	HB 200	1160	0,74
GTW, GTS	Maleável branco/preto	> 400	1200	0,79
GS 45	Aço fundido	300...400	1600	0,83
GS 52	Aço fundido	500...700	1800	0,84

Usinagem - Materiais Usados para Ferramentas

EXIGÊNCIAS BÁSICAS PARA UM MATERIAL DE CORTE:

- Elevada dureza a quente;
- Elevada dureza a frio bem superior à da peça usinada;
- Tenacidade para resistir aos esforços de corte e impactos;
- Resistência à abrasão;
- Estabilidade química;
- Facilidade de obtenção a preços econômicos.

Nenhum material dispõe de todas essas características. Deve-se, portanto verificar quais as primordiais e as secundárias.

CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS DE CORTE:

- Aços ferramenta
- Aços rápidos comuns
- Aços rápidos ao cobalto
- Ligas fundidas
- Carbonetos sinterizados
- Cerâmicas de corte
- Diamantes
- Nitreto de boro cristalino cúbico (CBN)

Aços ferramenta: possuem de 0,8% a 1,5 de C e mínima porcentagem de outros elementos de liga. Até 1900 eram os únicos materiais disponíveis para ferramentas. Obtém dureza por tratamento térmico.

Apresentam baixa resistência a quente ($\sim 200^{\circ}\text{C}$), o que permite sua utilização em baixas velocidades de corte ($\sim 25\text{m/min}$), tornando-os impróprios para usinar aços de alta resistência.

São utilizados em aplicações secundárias, tais como: limas, cinzéis, serras para madeira, ferramentas domésticas, ferramentas de forma para usinagem de latão e ligas de alumínio, ferramentas para serem utilizadas uma única vez ou para poucas peças.

Para melhorar a sua qualidade adiciona-se à sua composição pequenas quantidades de Cr, V e W.

Principais vantagens:

- Baixo custo
- Facilidade de usinagem (gumes muito vivos)
- Fácil tratamento térmico
- Quando bem temperado, elevada dureza e resistência ao desgaste
- Boa tenacidade.

Aços rápidos

Aços rápidos comuns: foram criados em 1900, por F.W. Taylor, sendo que originalmente usavam W, Cr e V como elementos de liga além de teores mínimos de Mn para evitar a fragilidade. No decorrer dos anos foram adicionados outros elementos de liga.

Durante a Segunda Guerra Mundial a escassez de tungstênio (W) levou a sua substituição parcial ou total por Mo. Além disso, os aços ao Mo são mais baratos que os ao W.

São ferramentas que mantêm a dureza até temperaturas em torno de 600°C, possuindo maior resistência à abrasão associada à resistência a quente, o que permite a utilização de velocidades de corte maiores que os aços ferramenta.

Apresentam como desvantagens o preço elevado e difícil tratamento térmico.

Aços rápidos com cobalto: surgiram em 1921. O cobalto aumenta a dureza a quente e a resistência ao desgaste, mas diminui a tenacidade, sendo que o teor de Co varia de 5 a 12%.

Aço rápido com revestimento de nitreto de titânio - TiN: a aplicação sobre o aço rápido de um revestimento de TiN (1 a 3 mm de espessura) aplicado por processos PVD (Physical Vapor Deposition) abaixo de 550°C conferem aparência dourada às ferramentas. Este revestimento reduz o desgaste da face e do flanco, pelo aumento da dureza. Além disso, o revestimento resulta numa diminuição do coeficiente de atrito reduzindo a força de corte (F_c) melhorando o acabamento superficial das peças usinadas. O revestimento com TiN protege o metal base contra temperatura, sendo que o sucesso da ferramenta depende mais da adesão do revestimento do que da sua espessura.

O lascamento do revestimento tem sido a principal causa de falha deste tipo de ferramenta.

Apresenta bons resultados em usinagem com corte interrompido (fresamento, plainamento, etc.)

Aço rápido sinterizado: são obtidos por processos de metalurgia do pó (sinterização), o que resulta numa estrutura cristalina muito fina e uniforme, apresentando uma menor deformação na têmpera e no revenido, além de possuírem menor tendência a trincas e tensões internas. Apresentam uma tenacidade um pouco mais alta que os aços rápidos comuns, além de uma vida mais longa e melhor aderência de revestimentos de TiN

Ligas fundidas: foram descobertas por Haynes em 1922. Apresentam altas porcentagens de W, Cr e Co.

As ligas são fundidas e vazadas em moldes, sendo as peças depois limpas de carepas de fundição e retificadas até a medida final.

Apresentam como nomes comerciais: Stellite, Tantung, Rexalloy, Chromalloy, Steltan (Brasil).

Uma composição típica deste tipo de liga é:

W = 17%, Cr = 33%, Co = 44%, Fe = 3%

Possuem elevada resistência a quente permitindo a utilização em temperaturas em torno de 800o C. Apresentam qualidades intermediárias entre o aço rápido e o metal duro.

Metal duro: o tungstênio (W) é o metal de mais alto ponto de fusão (3387° C), maior resistência à tração (4200 N/mm²) e mais baixo coeficiente de dilatação térmica.

A dificuldade de fusão do W levou ao desenvolvimento da metalurgia do pó.

A Osram (fabricante de lâmpadas alemã) cedeu seus estudos sobre o desenvolvimento de filamentos de W para lâmpadas à Krupp, que os usou como base para pesquisas de aplicação do carboneto de tungstênio para a usinagem de metais.

Em 1927 a Krupp lançou o produto Widia (“Wie diamant” – como diamante). Uma composição típica deste material é: 81% de W, 6% de C e 13% de Co.

Técnica de fabricação do metal duro:

1 - O minério Scheelita ou tungstato de cálcio (CaWO₄) é reduzido a trióxido de tungstênio (WO₃).

2 - A redução do trióxido de tungstênio (WO₃) pelo hidrogênio (H₂) dá origem ao tungstênio (W) puro em partículas.

3 - O W é misturado a carbono puro (negro de fumo) e a mistura é levada a um forno onde se obtém carboneto de tungstênio.

4 - O carboneto é moído e misturado em um moinho de bolas com pó muito fino e puro de cobalto (Co).

5 - A mistura é comprimida (~400Mpa) a frio em matrizes obtendo-se pastilhas no formato desejado.

6 - As pastilhas são levadas a um forno de sinterização que trabalha sob vácuo ou em atmosfera de hidrogênio (1350 a 1600°C). O material sofre uma contração de 15 a 22%.

As pastilhas possuem elevada resistência à compressão (3500 N/mm²), dureza de 9,7 Mohs, mantendo elevada dureza até ~1000°C, sendo empregadas com sucesso na usinagem do ferro fundido e de materiais não ferrosos.

Não se prestam para usinagem de aço devido ao forte atrito entre ferramenta e cavaco. O cavaco escorrega com grande pressão e sob elevada resistência, com forte geração de calor, formando-se rapidamente uma cratera sobre a face da ferramenta e lavando o gume ao esfacelamento.

Componentes dos metais duros e suas propriedades: a adição de carboneto de titânio e de tântalo ao metal duro reduz grandemente o atrito. Estes carbonetos apresentam dureza maior que o de tungstênio. Atualmente são usados como componentes dos metais duros:

WC – Co: o carboneto de tungstênio é solúvel no cobalto, e em decorrência disso temos uma alta correspondência entre a resistência de ligação interna com boa resistência de gume. Por outro lado, o carboneto de tungstênio tem limitações de velocidade de corte devido a sua alta afinidade de difusão em temperaturas mais elevadas.

TiC: os carbonetos de titânio têm pouca tendência à difusão, o que resulta em uma maior resistência a quente. No entanto, as ferramentas apresentarão uma menor resistência de ligação interna e uma menor resistência do gume.

Metais duros com altos teores de TiC são frágeis e de fácil fissura, sendo usados para usinagem de materiais ferrosos em altas velocidades de corte.

TaC: pequenas quantidades de carbonetos de tântalo diminuem o tamanho dos grãos aumentando a tenacidade e a resistência do gume.

NbC: os carbonetos de nióbio apresentam efeito semelhante aos TaC.

Elemento	Quantidade relativa	Efeito sobre			
		Resistência ao desgaste	Dureza a quente	Resistência à formação de cratera	Resistência mecânica
Co	Pequena	Aumenta muito	Aumenta	Aumenta ligeiramente	Diminui muito
	Grande	Diminui muito	Diminui	Diminui ligeiramente	Aumenta muito
WC	Pequena	Diminui muito	Diminui	Diminui ligeiramente	Aumenta muito
	Grande	Aumenta muito	Aumenta	Aumenta ligeiramente	Diminui muito
TaC e NbC	Pequena	Aumenta ligeiramente	Aumenta ligeiramente	Aumenta ligeiramente	Aumenta ligeiramente
	Grande	Diminui ligeiramente	Aumenta ligeiramente	Aumenta grandemente	Diminui ligeiramente
TiC	Pequena	Aumenta ligeiramente	Aumenta ligeiramente	Aumenta ligeiramente	Diminui ligeiramente
	Grande	Aumenta grandemente	Aumenta grandemente	Aumenta moderadamente	Diminui grandemente
Grão fino	Pequena	Aumenta ligeiramente	Pequeno efeito	Aumenta ligeiramente	Diminui grandemente
	Grande	Aumenta grandemente	Pequeno efeito	Aumenta consideravelmente	Diminui grandemente
Grão grosseiro	Pequena	Diminui ligeiramente	Pequeno efeito	Diminui ligeiramente	Aumenta ligeiramente
	Grande	Diminui grandemente	Pequeno efeito	Diminui consideravelmente	Aumenta grandemente

Subdivisão dos metais duros: os metais duros convencionais são divididos pela Norma ISO – 153-1975, segundo sua aplicação, em três grupos: P, M e K.

Grupo P: simbolizado pela cor azul, para usinagem de aço, aço fundido, F°F° maleável, nodular, ou ligado, ou seja, materiais de cavaco comprido. Possuem alta resistência a quente e pequeno desgaste abrasivo.

Além de WC tem percentagens mais ou menos elevadas de TiC (até 35%) e de TaC (até 7%).

Grupo M: simbolizado pela cor amarela. Para usinagem de aço, aço fundido, aço ao Mn, F°F° ligado, aços inoxidáveis austeníticos, F°F° maleável e nodular e aços de corte livre, ou seja, para uso universal em condições satisfatórias. Constituem tipos intermediários entre os grupos P e K, apresentando resistência a quente relativamente boa e boa resistência à abrasão.

Grupo K: simbolizado pela cor vermelha. Para usinagem de FoFo comum e coquilhado, FoFo maleável de cavaco curto, aços temperados, não ferrosos, não metálicos, pedra e madeira, ou seja, materiais de cavaco curto.

Possuem menor resistência a quente e alta resistência ao desgaste, sendo constituídos quase que totalmente de WC-Co.

Os metais mais duros são usados para usinagens de acabamento (altas v_c e baixas ap). Em geral, as pastilhas possuem ângulo de saída negativo.

Os menos duros e mais tenazes (alto Co) são usados em cortes pesados de desbaste, baixas vc, cortes interrompidos, vibrações, máquinas velhas, etc.

A tabela a seguir, dá as recomendações de aplicação dos metais duros em função do grupo de aplicação e do grau de dureza.

Metais duros de múltiplas faixas de aplicação: partindo de matérias-primas de maior pureza e maior controle da sinterização, foi possível obter pastilhas de elevada resistência à flexão com mínima perda de dureza devido à granulometria mais fina e uniforme, distribuição mais perfeita dos carbonetos e melhor solubilidade dos carbonetos no metal de ligação.

As pastilhas cobrem mais faixas de aplicação reduzindo os tipos necessários, existindo inclusive estudos para eliminar o grupo M.

Metais duros com uma camada de revestimento: foram desenvolvidos com o objetivo de explorar melhor as vantagens isoladas de alguns materiais de elevada dureza e estabilidade química.

São compostos por uma base de metal duro tenaz sobre a qual se aplica uma ou mais camadas finas, duras, resistentes à abrasão e de fina granulometria de um material composto de carbonetos (TiC, HfC, ZrC, etc.), nitretos (TiN, HfN, ZrN, etc.), carbonitretos (TiCN) ou de óxidos (p. ex. Al_2O_3).

Os revestimentos aumentam várias vezes a vida de ferramenta. Aplicações típicas em torneamento e fresamento.

O processo de revestimento mais utilizado é a deposição de um vapor químico (CVD - Chemical Vapor Deposition).

Grupos de aplicação de metais duros (ISO 153-1975)

Cor	Designação	Materiais a usar	Aplicação e condições de trabalho	Direção de características crescentes
AZUL	P 01	Aço de 500 a 1400 N/mm ² . Aços fundidos com mais de 400 N/mm ² .	Tomeamento e mandrilado de acabamento, dimensões precisas e fino acabamento. Operação isenta de vibrações. v_c =alto, A=pequeno, γ_s =negativo.	
	P 10	Aços de baixo Cr. Aços fundidos.	Tomeamento de acabamento e desbaste leve, operações de cópia, abertura de rosca e fresagem de precisão. v_c =alto, A=pequeno e médio. γ_s =negativo ou moderadamente positivo.	
	P 20	Aços de baixo Cr, aços inoxidáveis, aços fundidos. F ² F ³ maleável de cavaco longo.	Tomear, copiar, fresar, rosquear com v_c e A médios, plainagem com avanços pequenos em máquinas rígidas, γ_s =negativo ou positivo.	
	P 30	Aços inoxidáveis e aços resistentes ao calor F ² F ³ maleável de cavaco longo.	Tomear, fresar, plainar. v_c =média e baixa, A=média a grande. Operações de desbaste e usinagem em condições desfavoráveis*.	
	P 40	Aço Aço fundido com inclusões de areia e cavidades	Trabalhos gerais de desbaste em torno, plaina, fresa de ranhuras. v_c =baixo, A=grande. Usinagem em condições desfavoráveis* em tornos automáticos. γ_s =positivo, mesmo em trabalhos pesados.	
	P 50	Aço, aços fundidos de resistência média e baixa, com inclusões de areia e cavidades. Aços inoxidáveis austeníticos.	Operações que exigem pastilhas muito tenazes; tomear, plainar, fresar ranhuras. v_c =baixo, A=grande, possibilidade de γ =grande. Usinagem em condições desfavoráveis* e trabalhos em tornos automáticos.	
AMARELO	M 10	Aço, aço fundido, aço Mn, F ² F ³ cinzento, F ² F ³ ligado, maleável de cavaco curto, nodular.	Tomeamento com v_c =média e alta e A=pequena ou média.	
	M 20	Aço, aço fundido, aço austenítico ou Mn, F ² F ³ cinzento, F ² F ³ ligado	Tomeamento e fresagem. v_c =média e alta e A=média.	
	M 30	Aço, aço fundido, aço austenítico, F ² F ³ cinzento e ligas resistentes a altas temperaturas.	Trabalhos gerais de torno, fresadora, plaina. v_c =média e A=média a grande. Condições de corte mais severas.	
	M 40	Aços de baixa resistência, aços de corte fácil, materiais não-ferrosos, ligas leves. Aço inoxidável austenítico fundido.	Tomear, corte com bedame, particularmente em tornos automáticos. v_c =baixo e condições desfavoráveis*.	
VERMELHO	K 01	F ² F ³ cinzento muito duro, F ² F ³ coquilhado, ligas de Al com alto Si, aço temperado, plásticos altamente abrasivos, papelão duro, cerâmica.	Tomeamento, usinagem de alta precisão e acabamento, mandrilado, fresagem, rasqueteadado. Apenas cortes contínuos.	
	K 10	F ² F ³ cinzento acima de 220 Brinell, F ² F ³ maleável de cavaco curto, aço temperado, ligas de Al-Si e de cobre, plásticos, vidro, borracha dura, papelão duro, porcelana, pedras.	Uso geral para ferros fundidos. Tomear, fresar, furar, mandrilar, brochar, rasquetear. Desbaste e acabamento.	
	K 20	F ² F ³ cinzento até 220 Brinell, metais não-ferrosos, cobre, latão, alumínio.	Tomear, fresar, plainar, mandrilar, brochar, exigindo pastilhas muito tenazes.	
	K 30	F ² F ³ cinzento de baixa dureza, aço de baixa resistência, madeira comprimida.	Tomear, fresar, plainar, fresar ranhuras. Usinagem em condições desfavoráveis* e com possibilidade de uso de ângulos de corte grandes.	
	K 40	Madeira macia ou dura, materiais fibrosos. Metais não-ferrosos	Como acima, em trabalhos sujeitos a solicitações dinâmicas e condições extremamente desfavoráveis*.	

v_c = velocidade de corte; A = $f_d a_p$ = seção de usinagem; γ_s = ângulo de saída.
* = material ou peças com formas que são difíceis de usar: superfícies de peças fundidas ou forjadas, com incrustações de areia, carepas, dureza variável, etc; cortes de dimensões variáveis, cortes interrompidos, operações sujeitas a vibrações e efeitos dinâmicos.

Para a geração de uma camada de TiC, vaporiza-se uma mistura de tetra-cloreto de titânio (TiCl₄) e metano (CH₄). A mistura gasosa é levada para uma campânula, na qual estão colocadas milhares de pastilhas de metal duro, numa atmosfera protetora de hidrogênio (para evitar a formação de óxidos, que reduzem a aderência entre o revestimento e o metal duro). Numa temperatura de 900 a 1100°C e uma pressão levemente inferior à atmosférica, produz-se uma reação química, na qual é formado TiC. O vapor condensa sobre as pastilhas, produzindo uma camada de revestimento que cresce muito lentamente.

Revestimento com uma camada de carboneto de titânio : TiC: o TiC tem menor coeficiente de atrito que os metais duros convencionais de WC e TiC – Co.

A redução do atrito e o baixo coeficiente de condutibilidade térmica do revestimento, produzem temperaturas mais baixas no gume diminuindo a difusão entre ferramenta e peça. Isto reduz o desgaste por abrasão e difusão.

O TiC é mais duro que o TiN, o que o torna mais resistente ao desgaste por abrasão. Além disso, do seu uso resultam menores forças de usinagem devido ao menor atrito e menor aderência.

O coeficiente de dilatação térmica menor o torna vantajoso em operações com variações de temperatura, como o fresamento.

A espessura das camadas vai de 4 a 8 mm.

Revestimento com uma camada de nitreto de titânio : TiN: o TiN é quimicamente mais estável que o TiC, ou seja, tem menor tendência à difusão com aços. Isto reduz o desgaste por formação de crateras na superfície de saída. No entanto, o desgaste do flanco é maior que no TiC, a aderência sobre o material de base não é muito boa.

A espessura da camada vai de 5 a 7 mm e tem a cor dourada.

Revestimento com uma camada de óxido de alumínio : α -Al₂O₃: o uso deste revestimento resulta em uma elevada dureza a quente e numa resistência à oxidação a altas temperaturas e ataques químicos. Isto proporciona uma elevada resistência ao desgaste de cratera. O óxido de alumínio é o mais frágil de todos os materiais duros (pequena resistência a choques e a oscilações de temperatura), e apresenta pouca aderência sobre bases de metal duro.

Metais duros com múltiplas camadas de revestimento: apresentam menor tendência ao lascamento do revestimento que os de camada única.

Revestimentos de carbonitreto de titânio : TiC-Ti (C,N)-TiN : combinam a resistência ao desgaste do flanco do TiC com a resistência ao desgaste de cratera e desgaste por oxidação do TiN.

Sobre o material de base aplica-se uma camada de TiC puro, que assegura uma boa aderência. Aplica-se em seguida uma camada de TiN, gerando-se uma passagem progressiva do TiC para o TiN.

Como o TiN é menos frágil e apresenta menores coeficientes de atrito que o TiC, ocorrem menores forças de usinagem e há condições de utilização em cortes interrompidos, como o fresamento. Aplica-se para usinagem de aço, aço fundido, F^oF^o cinzento, F^oF^o maleável e semelhantes, materiais duros com alta velocidade de corte.

Não são adequados para a usinagem de materiais que tenham afinidade com o TiC ou o TiN, como ligas de alumínio, magnésio e titânio, materiais com altas ligas de níquel, aços de nitretação e alguns aços resistentes à corrosão e aos ácidos.

Revestimentos de TiC-Al₂O₃ : como a aderência do óxido de alumínio puro numa base de metal duro não é perfeita, usa-se aqui uma camada intermediária de TiC. Seu campo principal de aplicação é na usinagem de aço fundido e F^oF^o.

A vida de ferramenta é aproximadamente seis vezes maior que o metal duro não revestido na usinagem de FoFo e três vezes maior para o aço.

Na usinagem de peças forjadas e fundidas, tem-se obtido uma vida da ferramenta 120 a 140% maior.

Cerâmicas de corte : muito importantes nos últimos anos na usinagem em alta velocidade de aço e FoFo.

A velocidade de corte pode ser de 4 a 5 vezes maior que as ferramentas de metal duro (menor tempo de usinagem).

A possibilidade de usar pequenos avanços (da ordem de 0,1 mm/rot) e altas velocidades de corte (da ordem de 1000 m/min) permite excelente acabamento (semelhante à retificação).

Durante muitos anos não obtiveram sucesso comercial por exigirem máquinas-ferramenta de alta velocidade de corte, grande potência e extrema rigidez.

A alta velocidade de corte implica num fluxo intenso de cavacos tornando necessária sua eficiente remoção e proteção do operador.

Classificação dos materiais cerâmicos de corte: as cerâmicas de corte são classificadas segundo o seu teor de óxidos de alumínio em cerâmica óxida e cerâmica mista.

Cerâmica óxida: materiais com óxido de alumínio superior a 90% o que dá a cor branca.

O componente principal é o coríndon (Al_2O_3), o qual é uma forma estável α da alumina.

O material de partida é um pó finíssimo (1 a 10 μm), sendo que as peças são obtidas pela prensagem a frio da matéria-prima que pode ser Al_2O_3 com 99,98% de pureza, ou então, uma composição de 90 a 99% de coríndon e o restante de óxido de silício, de Mn, de Cr ou de Ni ou, ainda, outros componentes (hoje se adiciona ZrO_2 na cerâmica pura para obter maior tenacidade). O material prensado ainda apresenta-se muito poroso, sendo sinterizado a $\sim 1700^\circ C$. Durante a sinterização o material contrai diminuindo a porosidade.

A qualidade de uma ferramenta de cerâmica depende de sua pequena porosidade associada a pequenos tamanhos de grãos. Isto exige controle rigoroso da sinterização.

Vantagens das ferramentas de cerâmica óxida:

- Alta dureza a quente (maior que as cerâmicas mistas), que se mantém até $\sim 1600^\circ C$, permitindo altas velocidades de corte (5 a 10 vezes maiores que as do metal duro comum).
- Elevada estabilidade química do óxido de alumínio, que se mantém até aproximadamente o seu ponto de fusão ($2050^\circ C$). Não há pois fenômenos de oxidação ou difusão como no metal duro.
- Como a cerâmica é isolante térmico, não há risco de desgaste eletroquímico.
- Alta resistência à compressão.
- Baixo coeficiente de atrito.

- Nenhuma afinidade química com o aço, não se formando gume postiço.
- Excelente acabamento superficial.
- Menor desgaste assegura melhor precisão dimensional.

Problemas na aplicação de ferramentas de cerâmica óxida: grande fragilidade, o que a torna deficiente na usinagem interrompida, no emprego em máquinas pouco rígidas, grandes balanços das ferramentas, vibrações. Condutibilidade térmica muito baixa, o que a torna sensível a variações bruscas de temperatura. Por isso, não se recomenda o uso de fluidos refrigerantes.

Quase todos os materiais podem ser usinados com cerâmica. As poucas exceções são:

Alumínio, que reage quimicamente com Al_2O_3 .

Ligas de titânio, com alto teor de Ni e materiais resistentes ao calor, pela tendência a reações químicas.

Magnésio, berílio e zircônio, que são inflamáveis na temperatura de trabalho da cerâmica

Cerâmicas mistas: possuem teor de Al_2O_3 menor que 90%, com adição de óxidos e carbonetos metálicos, especialmente o TiC e o WC. Também denominados CERMETS (cerâmica+metal).

São obtidas por prensagem a quente, o que produz uma estrutura mais fechada, sendo geralmente de cor preta.

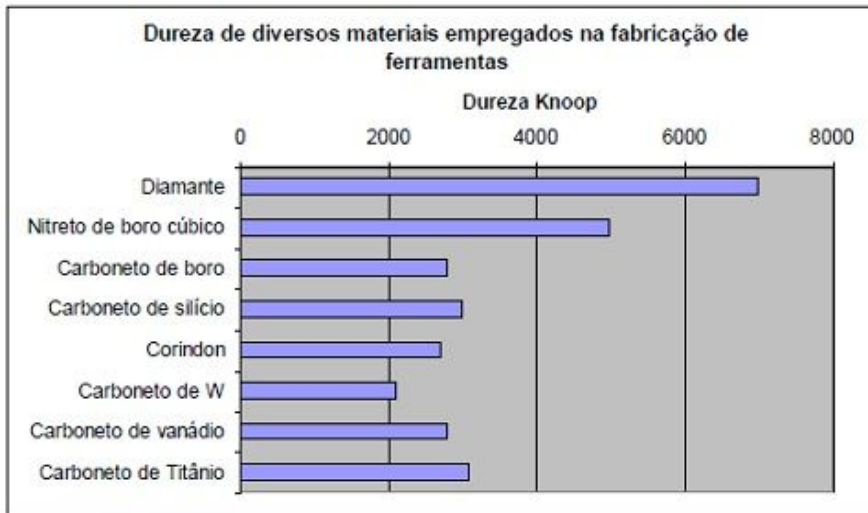
A presença de carbonetos de titânio e outros óxidos inibe o crescimento dos grãos. Isto dá elevada dureza, maior tenacidade e resistência a impactos, ao desgaste do gume e à formação de crateras.

São condutores elétricos, tem razoável condutibilidade térmica e são menos frágeis. São menos sujeitas as trincas térmicas do que as cerâmicas óxidas.

Empregada para desbaste e acabamento de ferro fundido duro, ferro fundido maleável, esferoidal e cinzento até dureza de 700HB

e de aços (aços de cementação, beneficiamento, aço rápido e aço de alta liga) com dureza até 64 HRC.

Diamante: é o material mais duro conhecido.



Classificam-se em diamantes naturais e sintéticos

Diamantes naturais: são classificados em Carbonos, Ballos e Borts.

Os carbonos ou diamantes negros são aparentemente “amorfos” e perdem a dureza por aquecimento. São empregados em aplicações especiais, como ferramentas para afiar rebolos, pontas de brocas para minas, assim como para trabalhar fibras, borrachas e plásticos.

Os ballos são diamantes claros, de crescimento irregular; especialmente duros em função de sua estrutura. Por serem redondos, não se aplicam à fabricação de ferramentas de corte e de rebolos.

O bort, especialmente o africano, é claro. Seu valor depende da dureza, da qualidade e do número de bordos naturais de trabalho que oferece. Os gumes podem ser lapidados em ângulos apropriados.

São monocristalinos e anisotrópicos (as propriedades mecânicas variam com a direção) e tem 4 direções preferenciais de clivagem. A lapidação deve ser feita na direção de menor dureza. A montagem no porta-ferramenta deve ser feita na direção de máxima dureza.

São indicados para usinagens de metais leves, bronze, cobre, ligas de estanho, borracha dura e mole, vidro, plásticos e pedras.

Aplicam-se para a usinagem fina (grande precisão e qualidade superficial semelhante ao polimento).

A usinagem de aço e F°F° não é possível, em virtude da afinidade do ferro com o carbono. Na zona de contato da peça com a ferramenta o carbono, devido à alta temperatura, transforma-se em grafite e reage com o ferro. Isto leva a um rápido desgaste do gume.

A velocidade de corte praticamente não tem limite superior. Velocidades de 2000 m/min foram experimentadas com sucesso.

A velocidade de corte mínima é de 100 m/min, avanços entre 0,02 e 0,06 mm/rot, profundidades de corte entre 0,01 e 0,2 mm (excepcionalmente 1mm).

Diamante sintético: em 1973 foi apresentada uma ferramenta revestida com uma camada de diamante sintético policristalino.

A matéria-prima é partículas muito finas de diamantes sintéticos, de granulação muito definida para se obter o máximo de homogeneidade e densidade.

A camada de diamante policristalino é produzida pela sinterização de partículas de diamante com cobalto num processo de alta pressão (6000 a 7000 Mpa) e alta temperatura (1400 a 2000°C).

A camada de 0,5mm de espessura, ou é aplicada diretamente sobre a pastilha de metal duro pré-sinterizado ou então é ligada ao metal duro através de uma fina camada intermediária de um metal de baixo módulo de elasticidade.

A camada é isotrópica e nunca atinge a dureza do diamante monocristalino na direção de máxima dureza.

São usados na usinagem de metais leves, latão, cobre, bronze, estanho, plásticos, asbesto, fibras reforçadas de vidro carbono, carvão grafite, metal duro pré sinterizado, em operações de acabamento e desbaste.

Especial aplicação na usinagem de ligas alumínio-silício, que são de difícil usinagem.

Nitreto de boro cúbico cristalino (CBN): depois do diamante é o material mais duro que se conhece.

É obtido sinteticamente pela reação de halogenetos de boro com amoníaco.

Como no diamante existe uma forma macia, hexagonal, de estrutura cristalina igual a da grafite e uma forma dura, cúbica, de estrutura igual a do diamante.

O CBN foi obtido pela primeira vez em 1957, pela transformação do nitreto de boro de estrutura hexagonal em estrutura cúbica sob pressões de 5000 a 9000 Mpa e temperaturas de 1500 a 1900°C, na presença de um catalisador, geralmente lítio.

O CBN é quimicamente mais estável que o diamante, especialmente contra a oxidação.

Sob pressão atmosférica o CBN é estável até 2000°C, o diamante grafitiza ao redor de 900°C.

As pastilhas de CBN são fabricadas da mesma forma que as de diamante policristalino. Uma camada de 0,5mm de espessura, de partículas de CBN é sinterizada num processo de alta pressão e altas temperaturas, na presença de uma fase ligante, sobre uma base de metal duro.

São empregadas na usinagem de aços duros (45 a 65 HRc), mesmo em condições difíceis, aço rápido, ligas resistentes a altas temperaturas a base de Ni e Co, revestimentos duros com altas porcentagens de WC ou Cr-Ni.

Velocidades de corte de 50 a 200m/min, avanços de 0,1 a 0,3mm. E profundidade ap£ 2,5mm.

Pela sua resistência ao impacto podem ser usados em cortes interrompidos, abrasivos, peças forjadas e fundidas e peças de F°F° coquilhado, para cortes interrompidos, desbaste e acabamento, usinagem fina, obtendo rugosidades inferiores a 1mm, dispensando retificação.

Usinagem - Fluidos de Corte

A busca por valores maiores de velocidade de corte sempre foi almejada em virtude de uma maior produção de peças, e isso foi possível devido ao surgimento de novos materiais de corte (metal duro, cerâmicas, ultra-duros “PCB” e “PCD”) capazes de usinar os materiais com altíssimas v_c (velocidade de corte), em contrapartida grandes valores de temperaturas foram geradas na região de corte devido a um grande atrito entre a peça e a ferramenta.

O calor excessivo prejudica a qualidade do trabalho por várias razões:

1. Diminuição da vida útil da ferramenta;
2. Aumento da oxidação da superfície da peça e da ferramenta;
3. Aumento da temperatura da peça, provocando dilatação, erros de medidas e deformações.

Para resolver estes problemas surgiram fluidos de corte, que são materiais compostos por sólidos, gases e, na maioria das vezes, líquidos.

FUNÇÕES DOS FLUIDOS DE CORTE:

As principais funções dos fluidos de corte são:

- Refrigeração a altas velocidades;
- Lubrificação a baixas velocidades.

Outras funções:

- Ajudar a retirar cavaco da zona de corte;
- Proteger a máquina-ferramenta e a peça da corrosão atmosférica.

Como refrigerante o fluido de corte evita que a ferramenta atinja uma temperatura elevada, tanto pela dissipação do calor

(refrigeração), como também pela redução da geração de calor (lubrificação). Quando um fluido de corte é a base de água, a dissipação de calor (refrigeração) é mais importante que a redução de calor (lubrificação).

A eficiência do fluido de corte em reduzir a temperatura diminui com o aumento da velocidade de corte e da profundidade de corte

.

Como lubrificante, o fluido de corte forma um filme (película) entre a ferramenta e a peça, impedindo quase totalmente o contato direto entre os mesmos. O fluido de corte pode também restringir o caldeamento (microssoldagem) de cavacos da superfície de saída da ferramenta e evitar o aparecimento da aresta postiça de corte (APC), isso quando são adicionados certos aditivos apropriados.

À baixas velocidades de corte, a refrigeração é relativamente sem importância, enquanto que a lubrificação é importante para reduzir o atrito e evitar o aparecimento de APC (aresta postiça de corte). Um fluido de corte à base de óleo seria o indicado.

À altas velocidades de corte, as condições não são favoráveis para a penetração do fluido de corte na interface cavaco-ferramenta para que ele exerça o papel lubrificante. Nessas condições a refrigeração se torna mais importante e um fluido à base de água deve ser utilizado.

RAZÕES PARA SE USAR FLUIDOS DE CORTE: Usa-se os fluidos afim de obter um custo total por partes usinadas menor ou um aumento na taxa de produção.

Isto é possível devido aos benefícios que os fluidos de corte podem proporcionar, como por exemplo:

- Aumento da vida útil da ferramenta pela lubrificação e refrigeração (diminuição da temperatura);
- Redução das forças de corte devido a lubrificação e, conseqüentemente, redução de potência;
- Melhora do acabamento superficial;
- Fácil remoção do cavaco da zona de corte;

- Menor distorção da peça pela ação da ferramenta (controle dimensional da peça).

ADITIVOS: certas propriedades especiais são conferidas aos fluidos de corte por meio de aditivos, que são produtos químicos ou orgânicos. Os aditivos mais usados são:

- Antiespumantes: evitam a formação de espuma que poderia impedir a boa visão da região de corte e comprometer o efeito de refrigeração do fluido;

- Anticorrosivos: protegem a peça, a ferramenta e a máquina-ferramenta da corrosão (são produtos à base de nitrito de sódio);

- Antioxidantes: tem a função de impedir que o óleo se deteriore quando em contato com o oxigênio no ar;

- Detergentes: reduzem a deposição de iodo, lamas e borras (composto de magnésio, bário, cálcio, etc);

- Emulgadores: são responsáveis pela formação de emulsões de óleo na água;

- Biocidas: substâncias ou misturas químicas que inibem o crescimento de microorganismos;

- Agentes EP (extrema pressão): para operações mais severas de corte, eles conferem aos fluidos de corte uma lubricidade melhorada para suportarem elevadas temperaturas e pressões de corte reduzindo o contato da ferramenta com o material. Os principais agentes EP são à base de enxofre, cloro e fósforo.

GRUPO DOS FLUIDOS DE CORTE: sem sombras de dúvidas o grupo dos fluidos de corte líquidos é o mais importante e mais amplamente empregado, eles ocupam lugar de destaque por apresentarem propriedades refrigerantes e lubrificantes, enquanto os gasosos (Ar, CO₂ e N) só refrigeram e os sólidos (grafite, bissulfeto de molibdênio) só lubrificam.

Podemos ainda subdividir o grupo dos fluidos refrigerantes em três grandes grupos:

1. Óleos de corte integrais (puros): óleos minerais (derivados de petróleo), óleos graxos (de origem animal ou vegetal), óleos sulfurados (enxofre) e clorados (cloro) que são agentes EP.

2. Óleos emulsionáveis ou solúveis: são fluidos de corte em forma de emulsão composto por uma mistura de óleo e água na proporção de 1:10 a 1:1000. Sua composição é à base de óleos minerais, óleos graxos, emulsificados, agentes EP (enxofre, cloro, fósforo ou cálcio) e água.

3. Fluidos químicos ou sintéticos: não contêm óleo mineral em sua composição, formam soluções transparentes (boa visibilidade no processo de corte). Composto por misturas de água e agentes químicos (amina, nitritos, fosfatos, boratos, sabões, agentes umectantes, glicóis e germicidas).

SELEÇÃO DO FLUIDO DE CORTE: não existe um fluido universal, a escolha do fluido com determinada composição depende do material a ser usinado, do tipo de operação e da ferramenta usada. Os fluidos de corte solúveis e sintéticos são indicados quando a refrigeração for mais importante. Os óleos minerais e graxos usados juntos ou separados, puros ou contendo aditivos especiais, são usados quando a lubrificação for o fator mais determinante.

DICAS TECNOLÓGICAS:

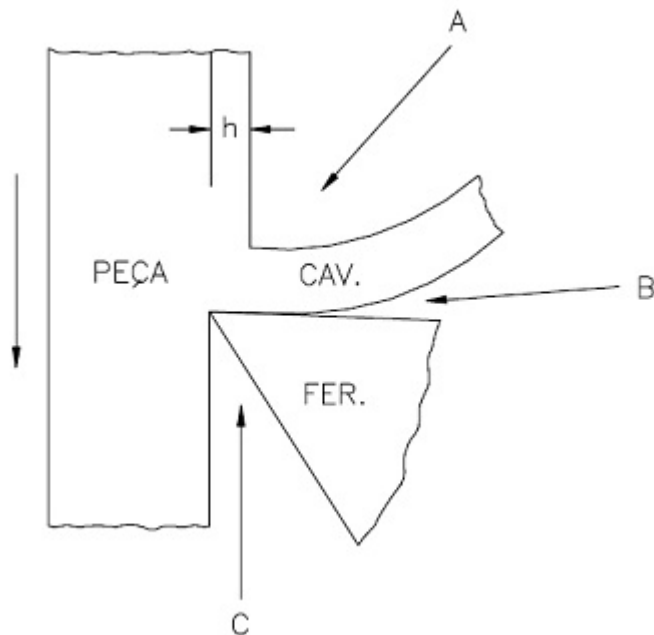
- Fofa cinzento: são normalmente usinados a seco, porém um óleo emulsionável pode ser útil para ajudar a remover o cavaco que é o tipo de ruptura;

- O alumínio e suas ligas podem ser usinados a seco. Para algumas ligas é necessário o fluido de corte, que pode ser uma emulsão com mistura de óleo mineral e graxo e a maioria das emulsões solúveis. Não requer aditivos EP e o enxofre ataca o metal instantaneamente;

- Magnésio e suas ligas normalmente são usinados secos e a altíssimas velocidades de corte, entretanto, um refrigerante pode ser usado. Emulsões são proibidas, pois a água reage com o cavaco para liberar hidrogênio, que apresenta riscos de ignição. O enxofre ataca o metal;

- O cobre e suas ligas geralmente usam óleos solúveis. O enxofre causa descoloração das peças;
- Devido a alta fragilidade das ferramentas cerâmicas, deve-se tomar cuidado ao aplicar um refrigerante, porque os choques térmicos podem causar trincas superficiais.

DIREÇÕES DE APLICAÇÃO DO FLUIDO: existem três direções de aplicação dos fluidos de corte, como mostra a figura a seguir.



As três direções possíveis de aplicação do fluido de corte.

Direção A: Aplicação convencional de fluido na forma de jorro à baixa pressão (sobre-cabeça);

Direção B: Aplicação de fluido entre a superfície de saída da ferramenta e a parte inferior do cavaco. Nesta aplicação, estudada em algumas pesquisas, o fluido é aplicado sob alta pressão;

Direção C: Aplicação do fluido entre a superfície de folga da ferramenta e a peça.

MÉTODOS DE APLICAÇÃO DOS FLUIDOS DE CORTE: existem basicamente três métodos de aplicação do fluido:

- Jorro de fluido à baixa pressão (torneira à pressão normal);

- Pulverização;
- Sistema à alta pressão.

O primeiro sistema é o mais utilizado pela sua simplicidade. O segundo método oferece vantagens sobre o primeiro devido ao maior poder de penetração e velocidade. O terceiro método é mais engenhoso e bons resultados foram obtidos com o seu emprego. A seguir mostra um sistema de aplicação de fluido de corte por jorro a baixa pressão.



Aplicação por jorro do fluido de corte semi-sintético, vazão total de 1230 l/h.

Nos últimos tempos, na tentativa de reduzir custos e atender as normas ambientais, tem-se observado uma necessidade de reduzir o consumo de fluido de corte. A técnica de aplicação de Mínima Quantidade de Fluido de Corte (MQF) tem sido objeto de pesquisas nos últimos anos. Nesta técnica o fluido é aplicado em volumes muito baixos chegando a 10 ml/h. Normalmente, eles são aplicados juntamente com um fluxo de ar (método da pulverização), e direcionados contra a saída do cavaco, ou entre a superfície de folga da ferramenta e a peça.

MANUSEIO DOS FLUIDOS E DICAS DE HIGIENE: providências e cuidados no manuseio de fluidos de corte:

- Armazenamento: local adequado sem variações de temperaturas, limpos e livres de contaminação;
- Alimentação: deve-se aplicar diretamente sobre a aresta de corte, a alimentação deve ser iniciada antes do início do corte;
- Purificação e recuperação: por meio de decantação e filtragem;
- Controle de odor: contornado por meio de limpeza do local e pelo uso de bactericida da emulsão;
- O contato do operador com os fluidos de corte mais os resíduos da usinagem formam compostos que aderem à pele das mãos e dos braços. Essas substâncias entopem os poros e os folículos capilares, impedindo a formação normal do suor e a ação da limpeza natural da pele, o que causa a dermatite. O controle desse problema é mais uma questão de higiene pessoal (vestir um avental a prova de óleo, lavar as áreas da pele que entram em contato com o fluido, sujeiras e partículas metálicas ao menos duas vezes ao dia. Tratar e proteger imediatamente os cortes e arranhões, aplicar cremes adequados as mãos e aos braços antes do início do trabalho e depois de lavá-los, instalar nas máquinas protetores contra salpicos, etc.).

Introdução ao Comando Numérico Computadorizado (CNC)

A sigla CNC significa comando numérico computadorizado e refere-se a máquinas-ferramenta comandadas por computadores. A primeira máquina-ferramenta controlada por computador foi uma fresadora. Ela surgiu em 1952 e destinava-se a usinar peças de geometria complicadas utilizadas em aviões e helicópteros. Na verdade, tratava-se de uma fresadora já existente – fabricada por uma empresa americana chamada Cincinnati – que sofreu modificações em seus componentes mecânicos e recebeu um controlador eletrônico.

Este primeiro controlador eletrônico não lembra, nem de longe, os pequenos e numerosos controladores numéricos atuais. Eles tinham várias vezes o tamanho da própria máquina, consumiam

muita energia elétrica, falhavam frequentemente e sua capacidade de cálculo era muito limitada, se comparada à tecnologia atualmente disponível.

No entanto, apesar dessas limitações, essa fresadora inaugurou a era das máquinas-ferramenta CNC.

Durante cerca de oito anos, entre 1952 e 1960, a utilidade desse novo tipo de tecnologia foi testada nos mercados dos Estados Unidos e da Europa. Os usuários de máquinas-ferramenta, desconfiados da eficiência dos equipamentos e assustados com os preços elevados, não aderiram imediatamente ao novo conceito de produção. Apenas poucas indústrias, como a aeronáutica e a automobilística, tinham condições financeiras para adquirir este tipo de equipamento.

Com a redução progressiva dos custos e o aumento da capacidade de cálculo dos controladores eletrônicos, a tecnologia CNC popularizou-se entre indústrias pequenas e médias.

Hoje, é praticamente impossível imaginar a indústria, principalmente os setores mecânico e metalúrgico, sem a presença de máquinas-ferramenta CNC.

Os benefícios trazidos pela aplicação de comandos numéricos e máquinas-ferramenta foram:

- Fabricação de peças de geometria mais complexas, tolerâncias dimensionais mais estreitas e melhor acabamento superficial;
- Maior repetibilidade das características do produto: já que as peças são produzidas são idênticas umas as outras, independentemente dos fatores humanos;
- Redução da fadiga dos operadores humanos, que passam a ser responsáveis apenas por tarefas de preparação programação e controles de uma grande variedade de peças, sem que para isso sejam necessários ajustes demorados no equipamento;

Contudo, o uso das máquinas CNC trouxe alguns problemas, tais como:

- Necessidade de investimentos relativamente elevados para aquisição dos equipamentos;

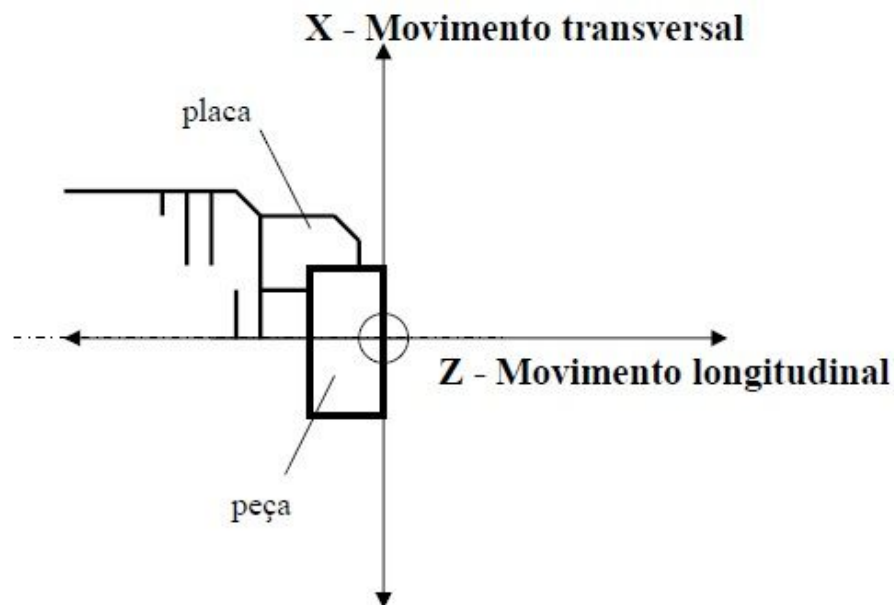
- Necessidade de treinamento e capacitação de mão-de-obra para a utilização de todo o potencial tecnológico das máquinas;
- Desempregos nos segmentos da indústria onde foram instaladas.

Alguns desses problemas, no entanto, poderiam ser solucionados na própria empresa.

Assim, a recapacitação dos operários para novos postos de trabalho ou até sua absorção pelos próprios fabricantes dos equipamentos automáticos são soluções viáveis que dependem basicamente da política social da empresa.

SISTEMAS DE COORDENADAS: Toda geometria de peça é transmitida ao comando com o auxílio de um sistema de coordenadas cartesianas.

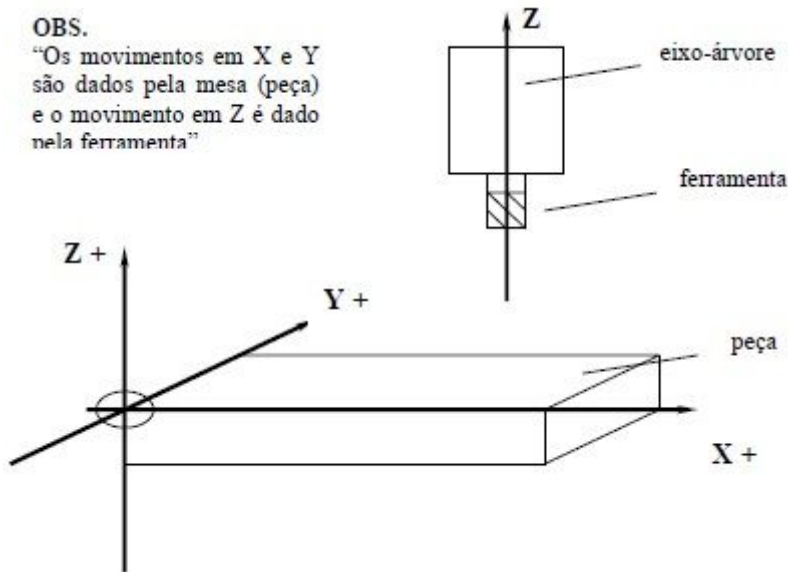
TORNO: OBS. “Os movimentos em X e Z são dados pela ferramenta”.



Eixos programáveis de um torno CNC.

FRESADORA (CENTRO DE USINAGEM)

OBS.
 "Os movimentos em X e Y são dados pela mesa (peça) e o movimento em Z é dado pela ferramenta"



Eixos lineares programáveis de uma fresadora CNC.

O sistema de coordenadas é definido no plano formado pelo cruzamento de uma linha paralela ao movimento longitudinal (Z) com outra paralela ao movimento transversal (X).

Para o torneamento, todo o movimento da ponta da ferramenta é descrito neste plano XZ em relação a uma origem pré-estabelecida (X0, Z0). Sendo assim, é conveniente adotar-se que X é sempre a medida do diâmetro.

Observação: O sinal positivo ou negativo introduzido na dimensão a ser programada é dado pelo quadrante onde a ferramenta esta situada:

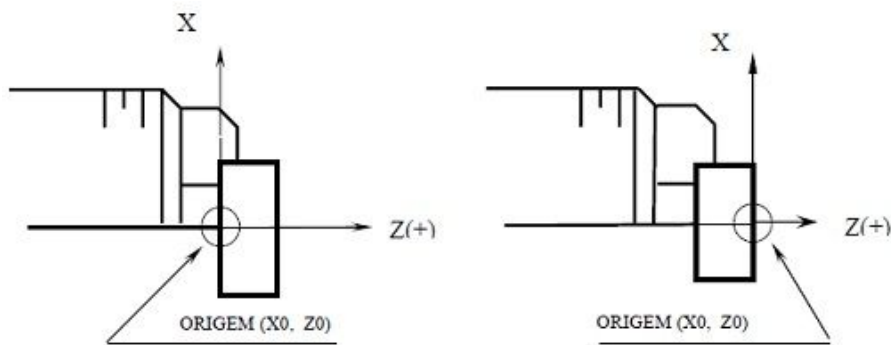


Sinais dos quadrantes para tornos com torres traseira e dianteira.

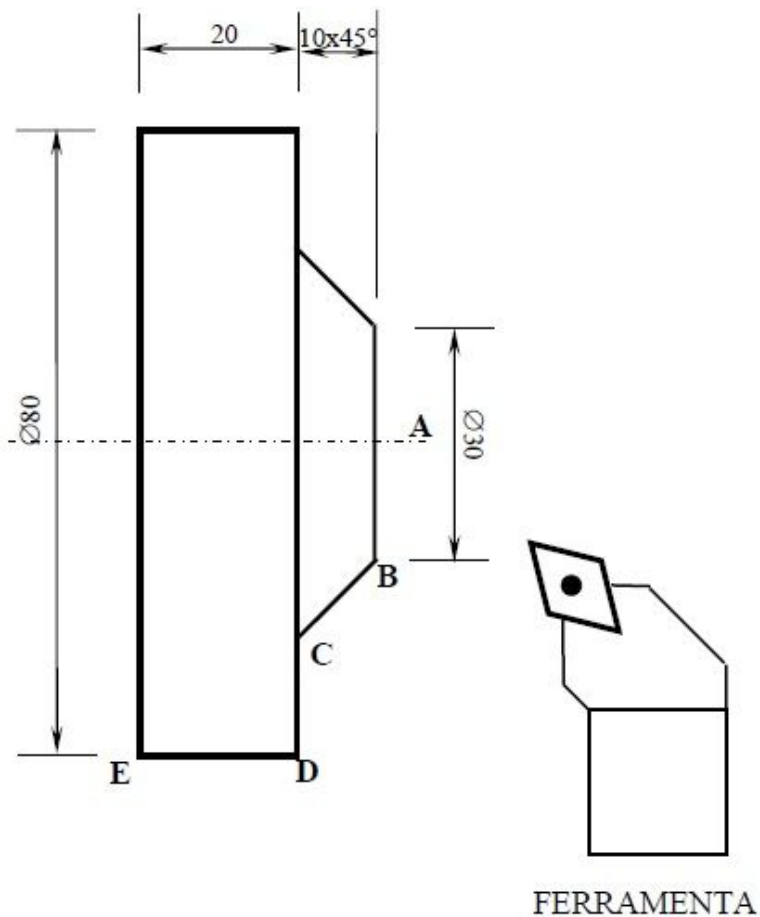
SISTEMA DE COORDENADAS ABSOLUTAS : Neste sistema, a origem é estabelecida em função da peça a ser executada, para tanto, pode-

se estabelece-la em qualquer ponto do espaço facilitando a programação. Este processo denomina-se “Zero Flutuante”. Como vimos, a origem do sistema foi fixada como sendo os pontos X_0, Z_0 . O ponto X_0 é definido pela linha de centro-árvore. O ponto Z_0 é definido por qualquer linha perpendicular à linha de centro do eixo-árvore.

Durante a programação, normalmente a origem (X_0, Z_0) é pré-estabelecida no fundo da peça (encosto das castanhas) ou na face da peça, conforme a ilustração que se segue:



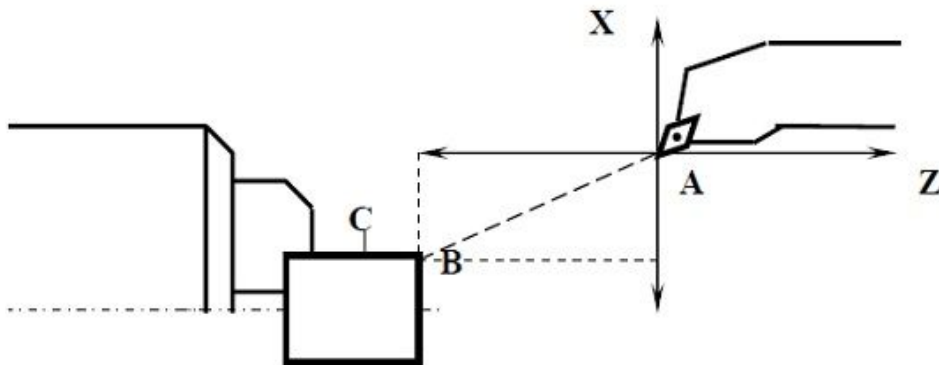
Exemplo de programação:



MOVIMENTO		COORDENADAS ABSOLUTAS	
PARTIDA	META	EIXO	
DE	PARA	X	Z
A	B	30	30
B	C	50	20
C	D	80	20
D	E	80	0

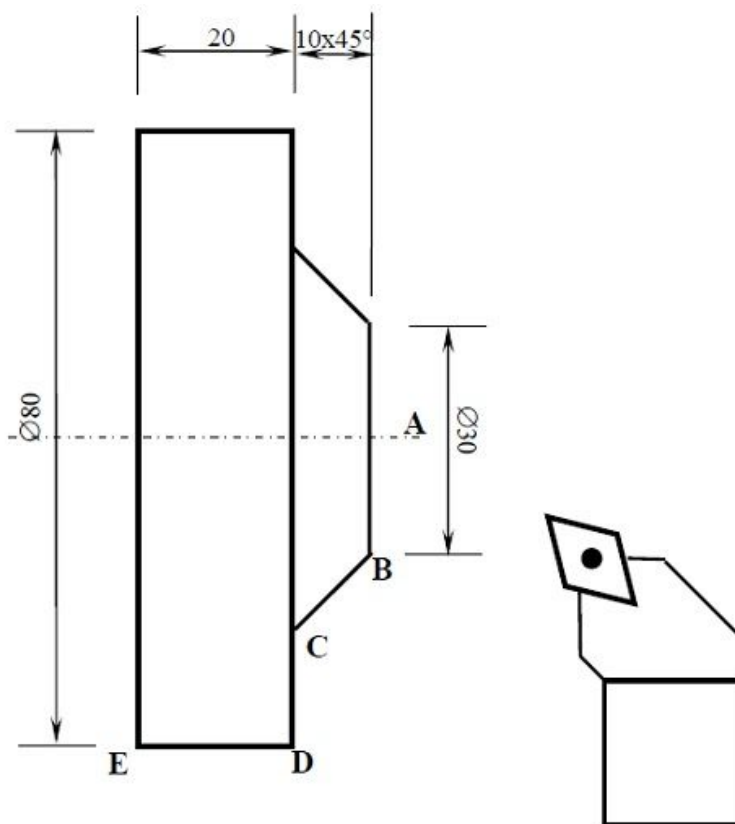
SISTEMAS DE COORDENADAS INCREMENTAIS: a origem deste sistema é estabelecida para cada movimento da ferramenta. Após qualquer deslocamento haverá uma nova origem, ou seja, para qualquer ponto atingido pela ferramenta, a origem das coordenadas passará a ser o ponto alcançado. Todas as medidas são feitas através da distância a ser deslocada.

Se a ferramenta desloca-se de um ponto A até B (dois pontos quaisquer), as coordenadas a serem programadas serão as distâncias entre os dois pontos, medidas (projetadas) em X e Z.



Movimento de uma ferramenta no sistema de coordenadas incrementais Note que o ponto A é a origem do deslocamento para o ponto B. Após a máquina chegar ao ponto B, esse será a origem para o deslocamento até o ponto C, e assim sucessivamente.

Exemplo de programação::



MOVIMENTO		COORDENADAS ABSOLUTAS	
PARTIDA	META	EIXO	
DE	PARA	X	Z
A	B	30	0
B	C	20	-10
C	D	30	0
D	E	0	-20

Programação CNC - Conceitos e Códigos Básicos

Um programa de usinagem CNC é uma lista de instruções codificadas que descrevem como a peça projetada será usinada. Cada linha do programa é chamada de bloco, e estes blocos são executados sequencialmente. Nem todos os códigos estão ainda sob controle da norma internacional ISO. Por isso, o mesmo código pode ter um significado diferente dependendo do comando (Siemens, Fanuc, Mach, Deckel Macho, etc.) ou da mudança de máquina (torno e fresa). A listagem a seguir fornece uma lista de caracteres que vão estar presentes em um programa CNC.

CARACTERE e Significado

- O = Número do programa
- N = Número da linha (bloco)
- G = Função preparatória
- X = Movimento no eixo X
- Y = Movimento no eixo Y
- Z = Movimento no eixo Z
- I = Distância incremental paralela ao eixo X
- J = Distância incremental paralela ao eixo Y
- K = Distância incremental paralela ao eixo Z

R = Raio da trajetória da ferramenta/ Recuo da ferramenta no ciclo de desbaste - torno

M = Função miscelânea

H = Altura da ferramenta

T = Número da ferramenta

S = Rotação do eixo-árvore

F = Avanço

U = Profundidade de corte em X no raio /material deixado em X para acabamento - torno

W = Material deixado em Z para acabamento - torno

P = Número de um subprograma

; ou # = Fim de bloco

Exemplo de um bloco: N20 G01 X20 Y30 Z2 F200 M03 S2000

O fabricante de máquinas de usinagem Denford (com comando Fanuc) traz em seus programas termos chamados de diretivas que são usados nos programas principalmente para auxiliar na geração dos gráficos de simulação, definir o diâmetro e a altura das ferramentas.

Exemplos:

G21

[BILLET X100 Y90 Z20 = Define o tarugo a ser usinado no sistema métrico com 100 mm em X, 90 mm em Y e 20 mm em Z.

[EDGMOVE X0 Y0 = Define o deslocamento do zero peça;

[TOOLDEF T2 D4 = Define a ferramenta 2 com 4 mm de diâmetro

As funções G (preparatórias) e M (miscelâneas) são funções que compõem basicamente um programa CNC. As funções “G”

definem à máquina o que fazer preparando-a para executar movimentos e reconhecer unidades de medida. As funções “M” funcionam como botões liga/desliga; a exemplo temos a função M08 que tem a liga o refrigerante de corte e M09 que desliga.

As tabelas a seguir mostram algumas funções G e M usadas regularmente em programas de usinagem CNC.

CÓDIGO	FUNÇÃO
G00	Posicionamento rápido
G01	Interpolação linear
G02	Interpolação circular anti-horária (torre dianteira)
G03	Interpolação circular horária (torre dianteira)
G20	Sistema métrico em polegadas
G21	Sistema métrico em milímetros
G28	Retorno ao ponto de referência (ponto de troca de ferramenta)
G40	Cancela as funções G41 e G42
G41	Compensação do raio - ferramenta à esquerda da peça
G42	Compensação do raio - ferramenta à direita da peça
G71	Ciclo de desbaste em X
G70	Cancela o ciclo de desbaste e chama o acabamento
G81	Ciclo de furação
G80	Cancela o ciclo de furação
G90	Coordenadas absolutas
G91	Coordenadas incrementais
G94	Avanço por minuto (fresadora)
G95	Avanço por rotação (fresadora)
G96	Velocidade de corte constante
G97	Rotação constante (torno)
G98	Avanço em mm/minuto (velocidade de avanço) (torno)
G98	Retorno à posição inicial do ciclo de furação (fresadora)
G99	Avanço em mm/rotação (torno)
G99	Retorno à posição de referência R no ciclo de furação (fresadora)

CÓDIGO	FUNÇÃO
M00	Parada programada
M03	Ativa a rotação do eixo-árvore no sentido horário
M04	Ativa a rotação do eixo-árvore no sentido anti-horário
M05	Para a rotação do eixo-árvore
M06	Troca automática de ferramentas
M08	Liga o fluido de corte
M09	Desliga o fluido de corte
M30	Finaliza o programa
M98	Chama o subprograma
M99	Encerra o subprograma e volta ao programa principal

As funções “G” podem ser modais e não-modais. As funções modais, uma vez programadas, permanecem na memória do comando, valendo para todos os blocos posteriores. Já as não-

modais, todas as vezes que requeridas, devem ser programadas, ou seja, são válidas somente nos blocos que as contêm.

FUNÇÃO G00: Posicionamento rápido.

Os eixos movem-se para a meta programada com a maior velocidade de avanço disponível para cada modelo de máquina. A função G00 é modal e cancela as funções G1, G2, G3 e G73.

FUNÇÃO G01: Interpolação linear com avanço programável.

Com essa função obtém-se movimentos retilíneos com qualquer ângulo, através de coordenadas e com avanço (F) pré-determinado pelo programador. Geralmente nos tornos CNC utiliza-se o avanço em mm/rotação, podendo também ser utilizado em mm/minuto.

O avanço é um dado importante de corte e é obtido levando-se em conta o material, a ferramenta e a operação a ser executada. A função G1 é modal e cancela as funções G0, G2, G3, e G73.

FUNÇÕES: G2 E G3: Interpolar circular.

Tanto G2 como G3 podem executar operações de usinagem de arcos pré-definidos através de uma movimentação apropriada e simultânea dos eixos.

Na programação de um arco deve-se observar as seguintes regras:

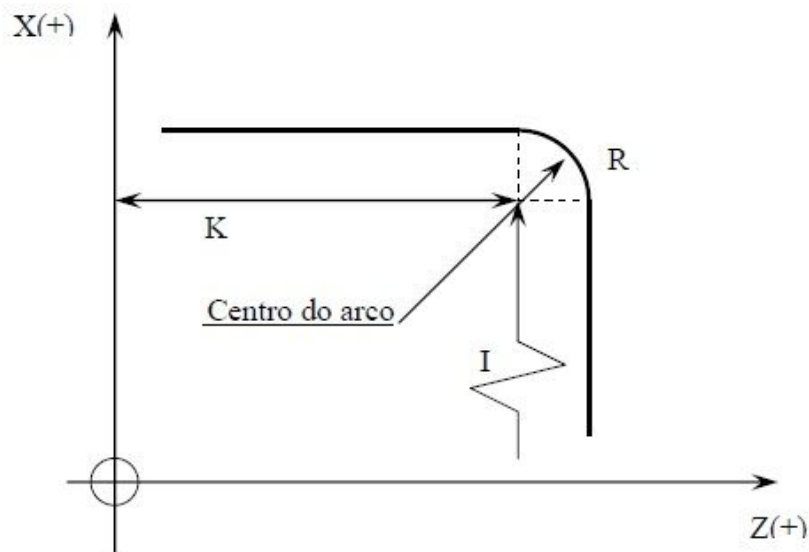
- O ponto de início do arco é a posição de início da ferramenta;
- Programa-se o sentido de interpolação circular (horária ou anti-horária) através dos códigos G2 e G3;
- Juntamente com o sentido do arco programa-se as coordenadas do ponto final do arco X e Z e as funções I e K (coordenadas para o centro do arco), ou então, a função R (valor do raio)
- **FUNÇÃO R:** Definição do raio. É possível programar “interpolação circular” até 180° com o auxílio da função R, definindo o valor do raio sempre com o sinal positivo.

- FUNÇÕES I e K: Coordenadas do centro do arco. As funções I e K definem a posição do centro do arco, no qual:

I é paralelo ao eixo X;

K é paralelo ao eixo Z.

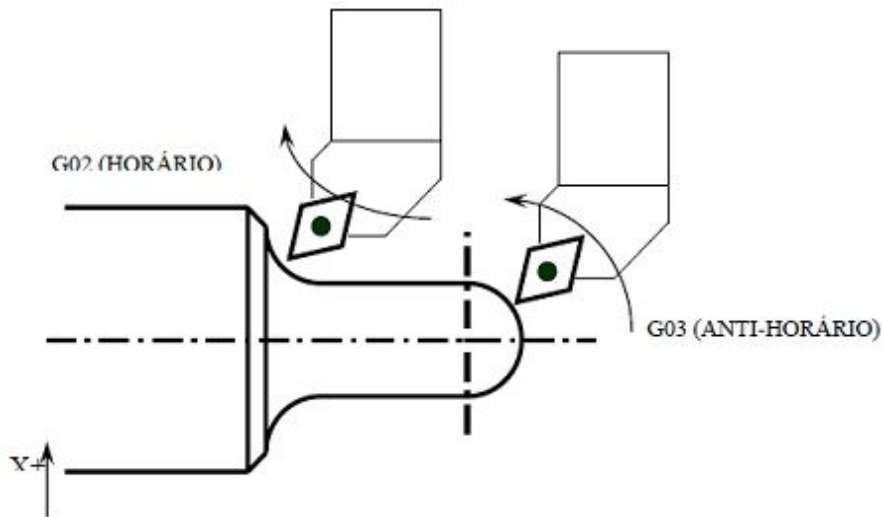
As funções I e K são programadas tomando-se como referência a distância do centro do arco até a origem do sistema de coordenadas.



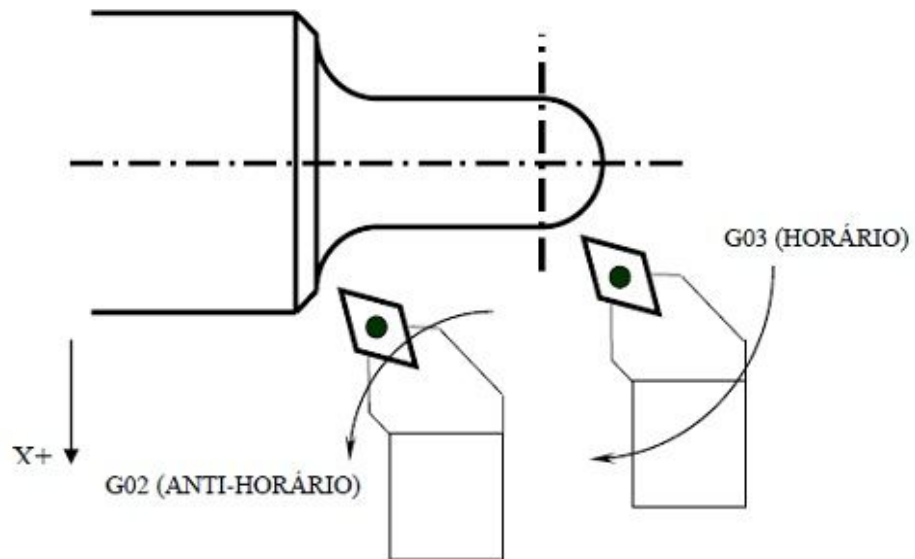
Funções I e K

Observação: A função "I" deve ser programada em diâmetro. Caso o centro do arco ultrapasse a linha de centro deveremos dar o sinal correspondente ao quadrante.

O sentido de execução da usinagem do arco define-se em horário ou anti-horário, conforme as figuras abaixo:

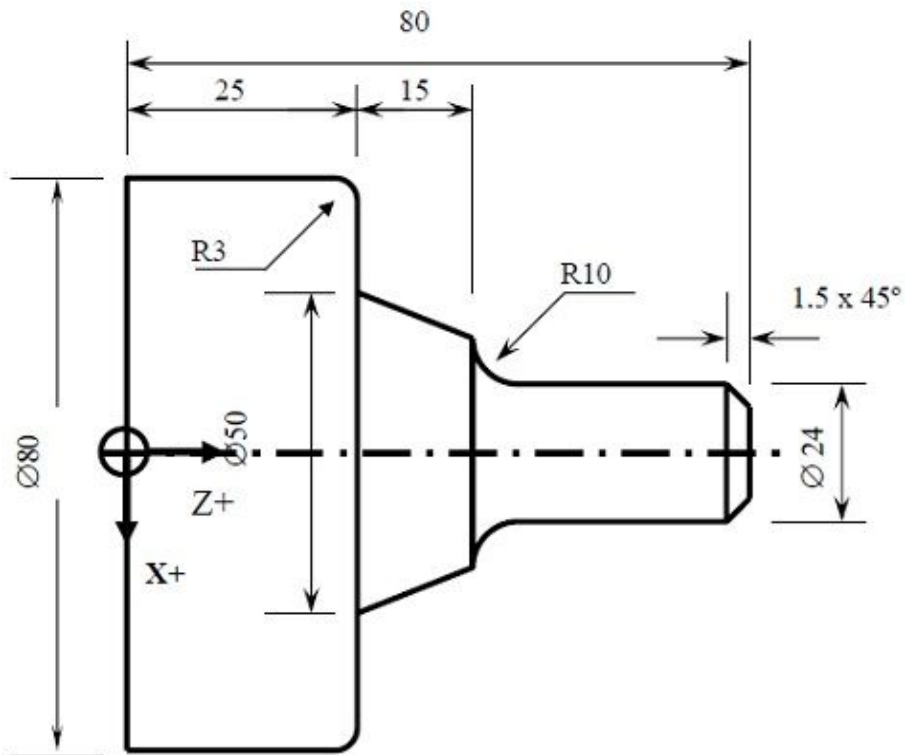


Funções G02 e G03 para torre traseira (quadrante positivo).



Funções G02 e G03 para torre dianteira (quadrante positivo).

Exemplo de um programa CNC:



Código de programação:

N30 G00 X21. Z81#

N40 G1 Z80. F.25#

N50 X24. Z78.5#

N60 Z50.#

N70 G2 X44. Z40. R10.#

Ou

N70 G2 X44. Z40. I44. K50.#

N80 X50. Z25. #

N90 X74.#

N100 G3 X80. Z22. R3.#

Ou

N100 G3 X80. Z22. I74. K22.#

N110 Z#

Importante: antes da execução do bloco contendo a interpolação circular, o comando verifica automaticamente o arco e, se for geometricamente impossível a execução, o comando para mostrando uma mensagem de erro. As funções G2 e G3 não são modais.

Válvulas Pneumáticas - Tipos e Funcionamento

Composição de comandos pneumáticos:

os comandos pneumáticos podem ser subdivididos em:

- elementos de sinais;
- elementos de comando;
- elementos de trabalho

Todos os elementos de comando e de sinais que tem por finalidade influenciar o fluxo de informações ou energia (nesse caso o ar comprimido) são denominados válvulas, independentemente de sua forma construtiva.

As válvulas são subdivididas, segundo as suas funções, em cinco grupos:

- 1.Válvulas direcionais;
- 2.Válvulas de bloqueio;
- 3.Válvulas de fluxo ou de vazão;
- 4.Válvulas de pressão;
- 5.Válvulas de fechamento.

Válvulas direcionais: são elementos que influenciam o percurso de um fluxo de ar, principalmente nas partidas, nas paradas e na direção do fluxo.

Em esquemas pneumáticos, usam-se símbolos gráficos para descrições de válvulas. Estes símbolos não caracterizam os diferentes tipos de construção, mas somente a função das válvulas.

As válvulas direcionais caracterizam-se por:

- a) número de posições;
- b) número de vias;
- c) posição de repouso;
- d) tipo de acionamento;
- e) tipo de retorno;
- f) vazão.

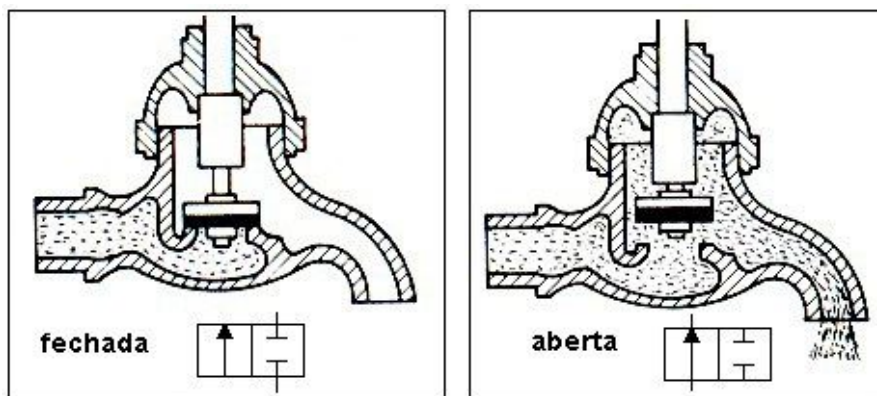
OBS: “Os símbolos dos componentes pneumáticos são representados através da norma: ISO 1219 em substituição à norma: DIN 24300”.

(ISO: *Internacional Standardisation Organisation* – Organização Internacional para Normalização).

(DIN: *Deutsches Institut für normung* – Instituto Alemão para Normalização).

A) Número de posições: as válvulas são simbolizadas graficamente com quadrados. O número de quadrados indica o número de posições ou manobras distintas que uma válvula pode assumir. Para melhor compreensão, tomemos uma torneira comum como exemplo.

Esta torneira poderá estar aberta ou fechada.



No primeiro desenho, a torneira está fechada e não permite a passagem da água.

No segundo desenho, a torneira está aberta e permite a passagem da água.

As duas situações (posições) que a torneira pode se encontrar são representadas graficamente, por dois quadrados.



B) Número de vias: As vias de passagem de uma válvula são indicadas por linhas nos quadrados representativos de posições, e a direção do fluxo, por setas.

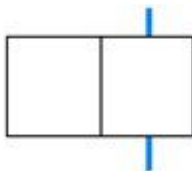


Os fechamentos ou bloqueios de passagem são indicados dentro dos quadrados, com traços transversais.



Traços externos indicam as conexões (entrada e saída) e o número de traços indica o número de vias.

Em geral, as conexões são representadas nos quadrados da direita.



Triângulo no símbolo representa vias de exaustão do ar (escape).



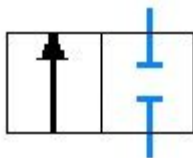
Identificação dos orifícios (vias) das válvulas direcionais:

CONEXÃO	LETRAS	DÍGITOS
Alimentação (pressão)	P	1
utilização	A, B, C	2, 4
escapes de ar	R, S, T	3, 5
pilotagem	X, Z, Y	10, 12, 14

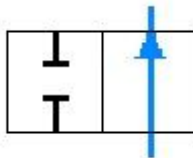
C) **Posição de repouso:** denomina-se posição de repouso ou posição normal da válvula, a posição em que se encontram os elementos internos quando a válvula não está acionada. Geralmente é representada do lado direito do símbolo.

Assim temos:

-Válvula normal fechada (NF) que não permite passagem do fluido na posição normal.



-Válvula normal aberta (NA) que permite passagem do fluido na posição normal.

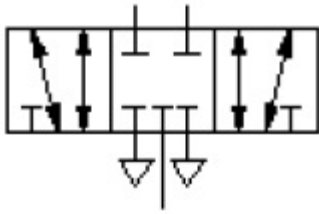


No exemplo da torneira, representado pela figura da página anterior, podemos caracterizar uma válvula de duas vias, duas posições.

Considerando-se que a torneira, na posição normal, não permita a passagem da água, e ela é normal fechada (NF).

Se a mesma torneira, na posição normal, permitir a passagem de água, ela é normal aberta (NA).

Na representação gráfica de válvulas com 3 posições de comando, a posição do meio é considerada como posição de repouso, nesse caso, é nela que representamos as conexões.

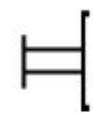


D) Tipos de acionamentos: conforme a necessidade, os mais diferentes tipos de acionamento podem ser adaptados às válvulas direcionais.

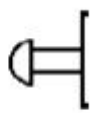
Os símbolos de acionamento são desenhados horizontalmente nos quadrados.

Veja alguns exemplos:

Acionamento por força muscular



Geral



Botão



Alavanca

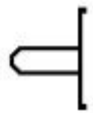


Pedal

Acionamento mecânico



Roleta
apalpador



Apalpador

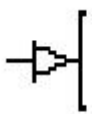


gatilho



mola

Acionamento pneumático (direto):



Pressão positiva

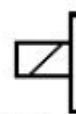


Pressão diferencial

Acionamento pneumático (indireto): Acionamento elétrico

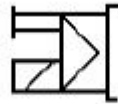


Pressão positiva indireta (servo-pilotado)



(Solenóide).

Acionamento combinado indireto (servo pilotado):



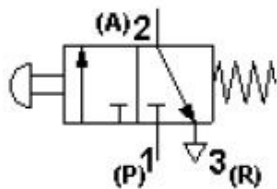
Solenóide ou manual auxiliar e servo pilotada

E) Tipo de retorno: retorno é o desacionamento, que posiciona uma válvula direcional de 2 posições, à posição de repouso. O retorno pode ser feito por uma mola, um piloto, etc., que normalmente é representado do lado direito do símbolo.

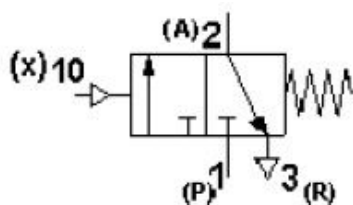


F) Vazão: é especificada de acordo com os métodos de medição da vazão nominal. Os fabricantes de componentes pneumáticos especificam nos catálogos dos produtos, os valores da vazão nominal.

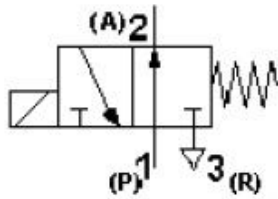
Exemplos de simbologias de válvulas direcionais:



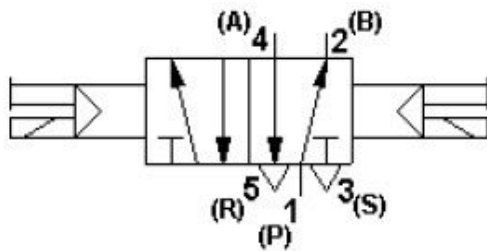
Válvula direcional de 3/2 vias,
(3 vias e 2 posições),
NF(Normal Fechada),
acionada por botão,
retorno por mola.



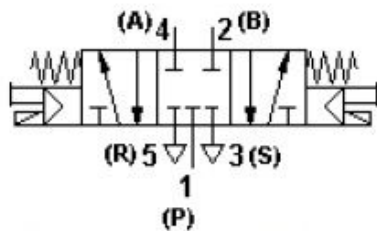
Válvula direcional de 3/2 vias,
(3 vias e 2 posições),
NF (Normal Fechada),
acionada por pressão positiva,
retorno por mola.



Válvula direcional de 3/2 vias,
(3 vias e 2 posições),
NA(Normal Aberta),
acionada por solenóide,
retorno por mola.

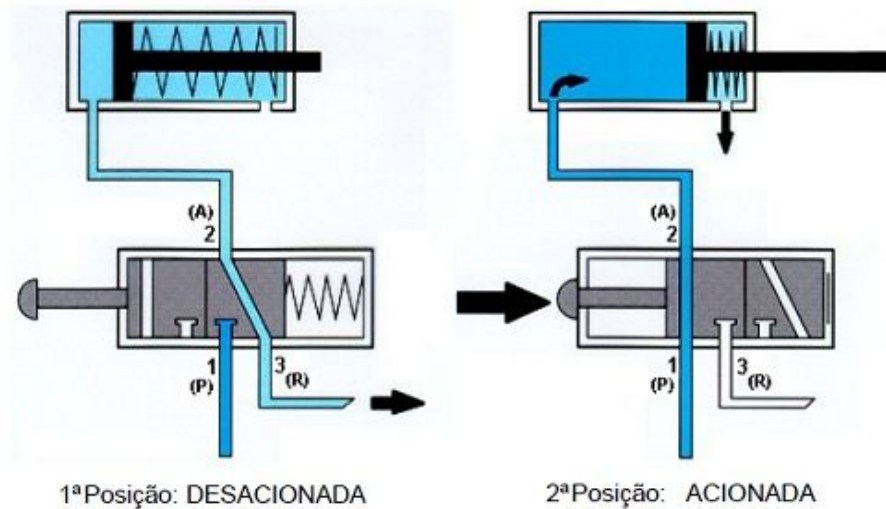


Válvula direcional de 5/2 vias,
acionada por duplo solenóide ou,
manual auxiliar e servo pilotada .



Válvula direcional 5/3vias,
Centrofechado, acionada
por duplo solenóide ou manual
Auxiliar e servo pilotado,
centrada por molas.

Exemplo de aplicação de válvula direcional em sistema pneumático



Pneumática - Válvulas Direcionais

O princípio de construção da válvula determina:

- A força de acionamento;
- A maneira de acionar;
- A possibilidade de ligação;
- O tamanho da construção.

Segundo o tipo de construção, as válvulas distinguem-se em dois grupos:

Válvulas de sede ou de assento

- Cônico
- Prato

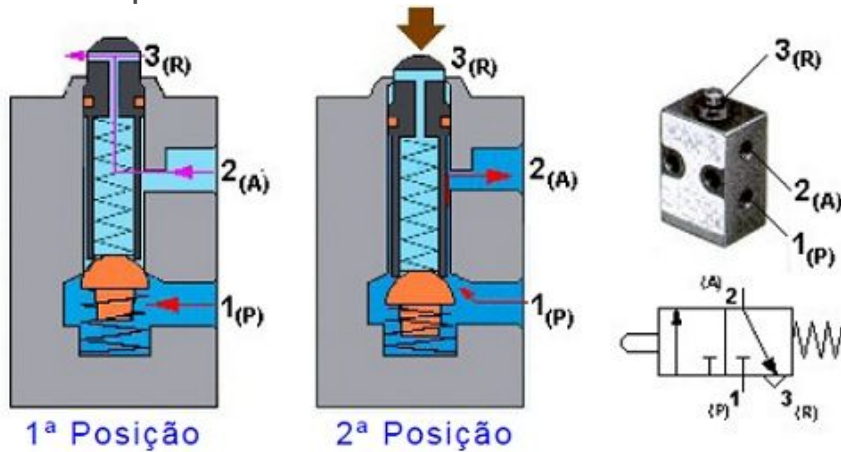
Válvulas corrediças

- Longitudinal (carretel)
- Carretel com assento tipo prato suspenso
- Giratória (disco)

A) Válvulas de sede ou de assento

A.1.) Válvulas de assento cônico

Descrição: Válvula direcional 3/2 vias, NF, acionada por apalpador, retorno por mola.



FUNCIONAMENTO:

1ª Posição de comutação: “DESACIONADA”

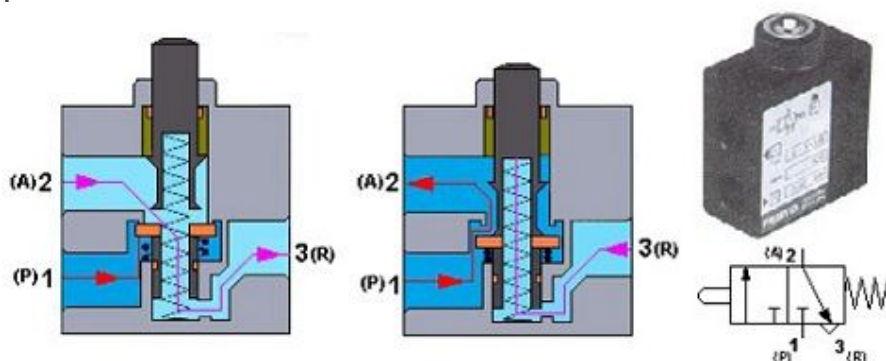
Uma mola pressiona o êmbolo, em formato semiesférico, contra o assento da válvula, bloqueando a passagem de pressão 1(P) para a via 2(A) de utilização, que se encontra interligada à conexão 3(R).

2ª Posição de comutação: “ACIONADA”

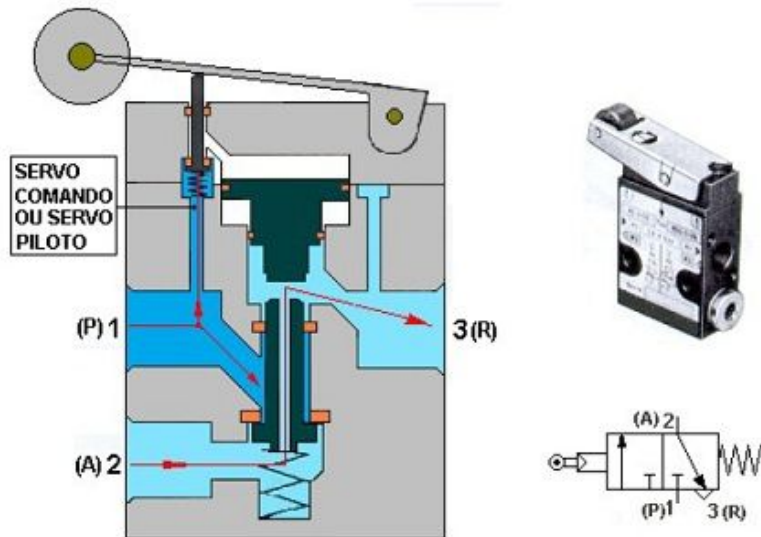
Acionando-se a haste ou apalpador, o êmbolo é deslocado do seu assento, a pressão 1(P) é interligada à via 2(A) gerando um sinal de saída. Nesta posição o escape 3(R) está bloqueado.

A.2.) Válvulas de assento (sede) formato de disco plano ou prato

Descrição: Válvula direcional 3/2 vias, acionada por apalpador, retorno por mola



Descrição: Válvula direcional 3/2vias, NF acionada por rolete, servo comandada (ou servo pilotada), retorno por mola. O servo comando tem por finalidade diminuir a força de acionamento, como acontece em válvulas de comando mecânico.



FUNCIONAMENTO:

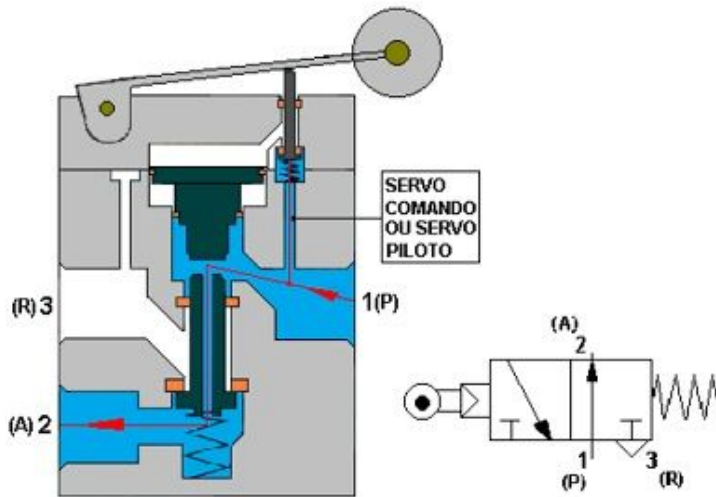
1ª Posição de comutação: “DESACIONADA”. O fluxo de ar de pressão na via 1(P) e do servo piloto estão bloqueados. A via de utilização 2(A) está interligada à via de escape 3(R).

2ª Posição de comutação: “ACIONADA”. Ao acionar-se a alavanca do rolete, abre-se a válvula de servo comando, o ar comprimido flui para a membrana e movimenta o prato da válvula principal para baixo.

Primeiramente, fecha-se a passagem da via 2(A) para a via 3(R), em seguida, abre-se a passagem do fluxo de ar da via 1(P) para a via 2(A), gerando um sinal de saída.

OBSERVAÇÃO: “Este tipo de construção possibilita o seu emprego como válvula normal fechada (NF) ou normal aberta (NA), bastando para isso, girar em 180° o cabeçote de atuação, conforme mostra a figura a seguir.”

Descrição: Válvula direcional 3/2vias, NA, acionada por rolete, servo comandado ou servo pilotada, retorno por mola.

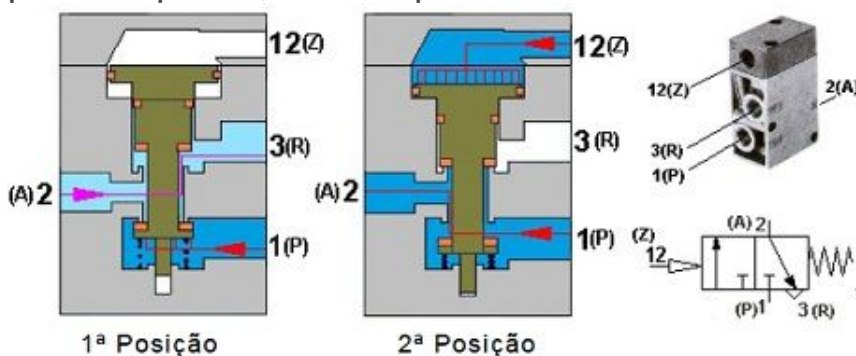


FUNCIÓNAMENTO:

1ª Posição de comutação: “DESACIONADA”. O fluxo de ar de pressão na via 1(P) está interligado à via de utilização 2(A), gerando um sinal de saída, e a pressão de comando que chega na válvula de servo pilotagem está bloqueada. A via de escape 3(R) está obstruída.

2ª Posição de comutação: “ACIONADA”. Ao acionar-se a alavanca do rolete, abre-se a válvula de servo comando, o ar comprimido flui para a membrana e movimenta o prato da válvula principal para baixo. Primeiramente, fecha-se a passagem da via 1(P) para a via 2(A), em seguida, abre-se a passagem do fluxo de ar da via 2(A) para a via 3(R), exaurindo o sinal de saída.

Descrição: Válvula direcional 3/2vias, NF, acionada por simples pressão piloto , retorno por mola.



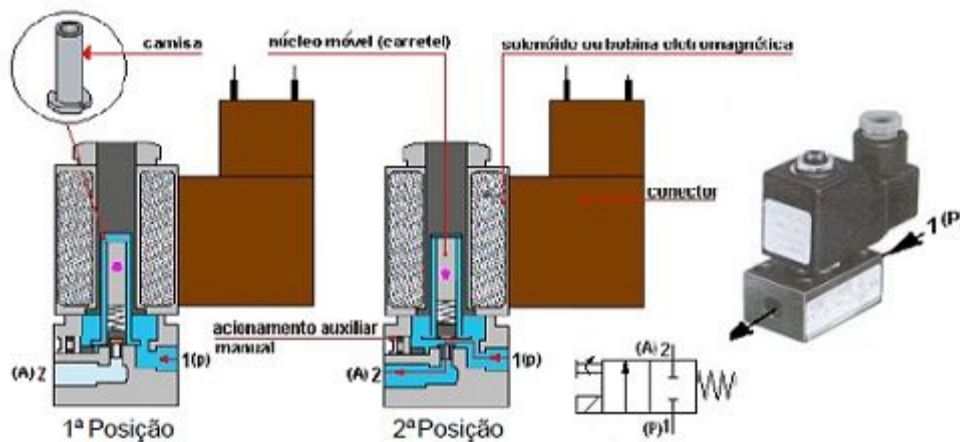
FUNCIÓNAMENTO:

1ª Posição de comutação: “DESACIONADA”. O comando 12(Z) está sem pressão piloto; com isto a mola mantém o prato para

cima, bloqueando a via 1(P). A via de utilização 2(A) está interligada à via de escape 3(R).

2ª Posição de comutação: “ACIONADA”. Injetando-se uma pressão piloto sobre o prato, se dará o seu deslocamento para baixo, desde que esta pressão seja maior que a força da mola. Com isto o fluxo de ar comprimido da via 1(P) será interligado à via 2(A) de utilização. A via 3(R) estará bloqueada.

Descrição: Válvula direcional 3/2vias, NF, acionada por simples pressão piloto , retorno por mola.



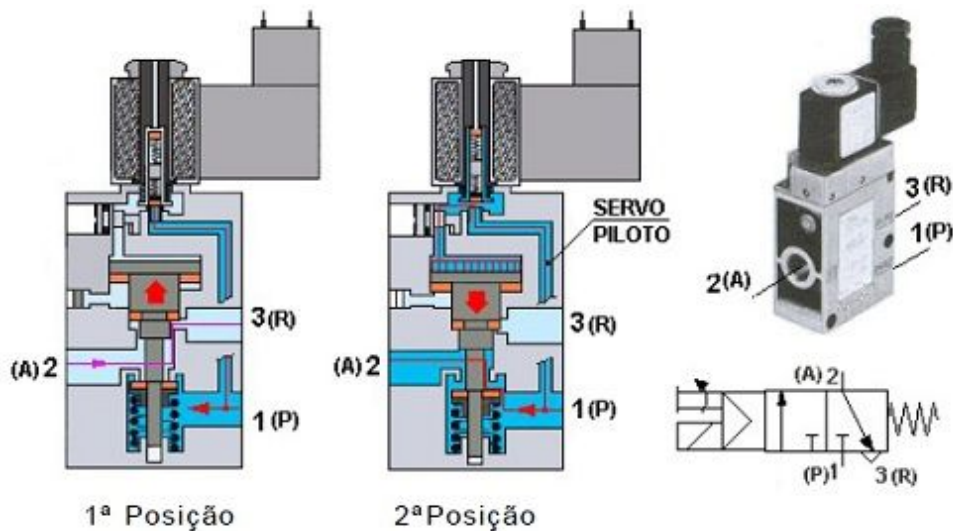
FUNCIONAMENTO:

1ª Posição de comutação: “DESACIONADA”. Na posição de repouso, isto é, com a bobina (campo) eletromagnética desenergizada as molas mantêm a camisa e o carretel para baixo bloqueando a passagem da via de pressão 1(P).

2ª Posição de comutação: “ACIONADA”. Ao energizar-se a bobina, o núcleo móvel será atraído pelo campo eletromagnético, levantando-se do assento de vedação da válvula. Com isto, o fluxo de ar irá passar da via 1(P) para a via 2(A) de utilização.

OBSERVAÇÃO:Válvula direcional 2/2 vias pode ser usada, por exemplo para abertura de passagem de fluxo de vapor, água de refrigeração de equipamentos ou drenagem de condensados.

Descrição: Válvula direcional 3/2 vias; NF; acionada por solenoide ou por acionamento auxiliar manual e servo comandado (pilotada); retorno por mola.



FUNCIONAMENTO:

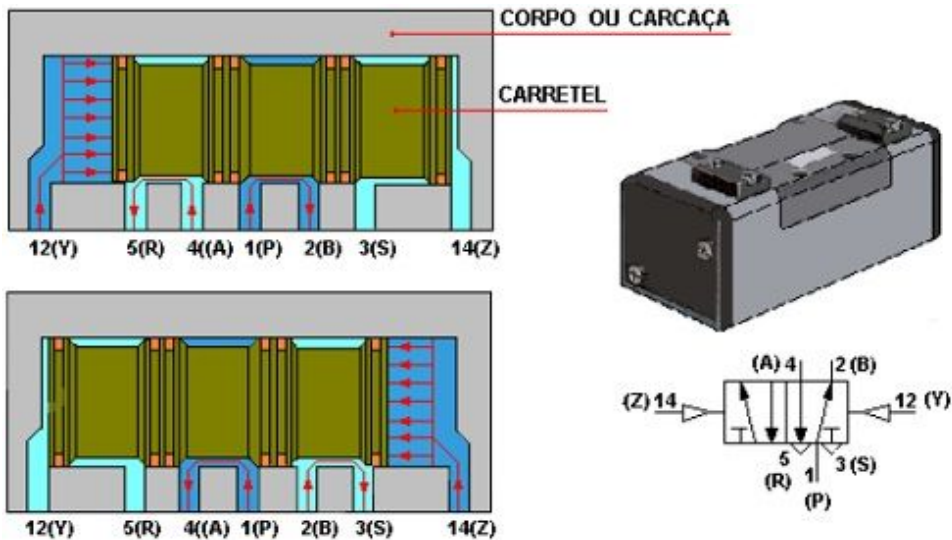
1ª Posição de comutação: “DESACIONADA”. Na posição de repouso, isto é, com a bobina (campo) eletromagnética desenergizada, a camisa e o carretel são mantidos para baixo bloqueando a passagem do servo piloto. Nesta mesma posição, a mola do carretel da válvula principal o mantém bloqueando a passagem da via de pressão 1(P).

2ª Posição de comutação: “ACIONADA”. A bobina ao ser energizada, o núcleo móvel será atraído pelo campo eletromagnético, levantando-se do assento de vedação da válvula. Com isto, o fluxo de ar do servo piloto irá passar e acionar para baixo o carretel da válvula principal, abrindo-se a passagem da via pressão 1(P) para a via de utilização 2(A).

B) Válvulas correções

B.1) Longitudinal (carretel)

Descrição: Válvula direcional 5/2 vias; acionada por duplo piloto (pressão positiva) - Válvula de Memória.



FUNCIONAMENTO:

1ª Posição de comutação: Injetando-se um sinal de impulso de pressão piloto 12(Y), sem a presença de pressão piloto em 14(Z), o carretel é deslocado e mantido à direita e as vias estão interligadas da seguinte forma:

Via 1(P) ligada à via 2(B);

Via 4(A) ligada à via 5(R);

Via 3(S) bloqueada.

2ª Posição de comutação: Injetando-se um sinal de impulso de pressão piloto 14(Z), sem a presença de pressão piloto em 12(Y), o carretel é deslocado e mantido à esquerda e as vias estão interligadas da seguinte forma:

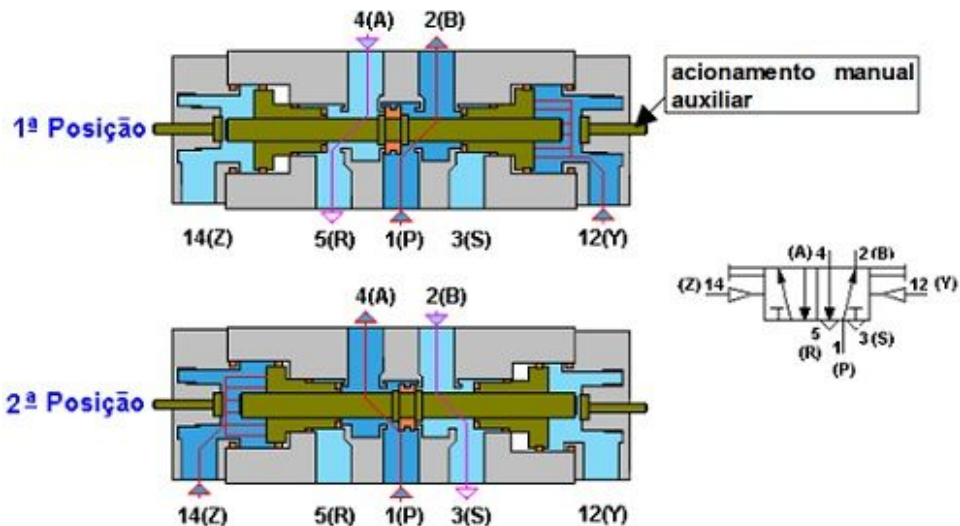
Via 1(P) ligada à via 4(A);

Via 2(B) ligada à via 3(S);

Via 5(R) bloqueada.

B.2.) Carretel com assento tipo prato suspenso

Descrição: Válvula direcional 5/2 vias; acionada por duplo piloto (pressão positiva) ou manual auxiliar - Válvula de Memória.



FUNCIONAMENTO:

1ª Posição de comutação: Injetando-se um sinal de impulso de pressão piloto 14(Z), sem a presença de pressão piloto em 12(Y), o carretel é deslocado e mantido à esquerda e as vias estão interligadas da seguinte forma:

Via 1(P) ligada à via 4(A);

Via 2(B) ligada à via 3(S);

Via 5(R) bloqueada.

2ª Posição de comutação: Injetando-se um sinal de impulso de pressão piloto 12(Y), sem a presença de pressão piloto em 14(Z), o carretel é deslocado e mantido à direita e as vias estão interligadas da seguinte forma:

Via 1(P) ligada à via 2(B);

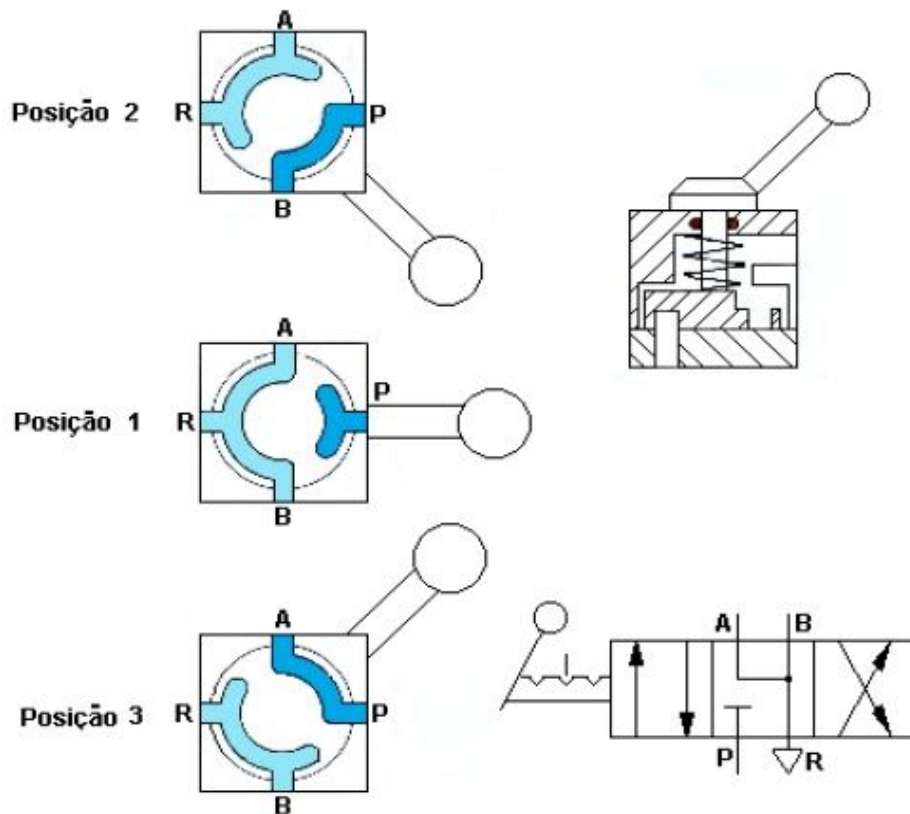
Via 4(A) ligada à via 5(R);

Via 3(S) bloqueada.

Observação: Opcionalmente, esta válvula, também pode ser acionada manualmente. 69 acionamento manual auxiliar

B.3) Válvula corredeira giratória (disco)

Descrição: Válvula direcional 4/3 vias, centro flutuante: (P – bloqueado, A e B – ligados à R), acionada por alavanca, centrada por detente (trava).



FUNCIONAMENTO:

Posição de comutação - 1: Com a alavanca na posição central, as vias estão interligadas da seguinte forma:

Via (P) bloqueada;

Vias (A) e (B) interligadas à via (R) de escape.

OBS: Nesta posição, define-se o tipo de centro da válvula. Na figura acima o centro é denominado: “flutuante”.

Posição de comutação - 2: Nesta posição as vias estão interligadas da seguinte forma:

Via (P) ligada à via (B);

Via (A) ligada à via (R) de escape.

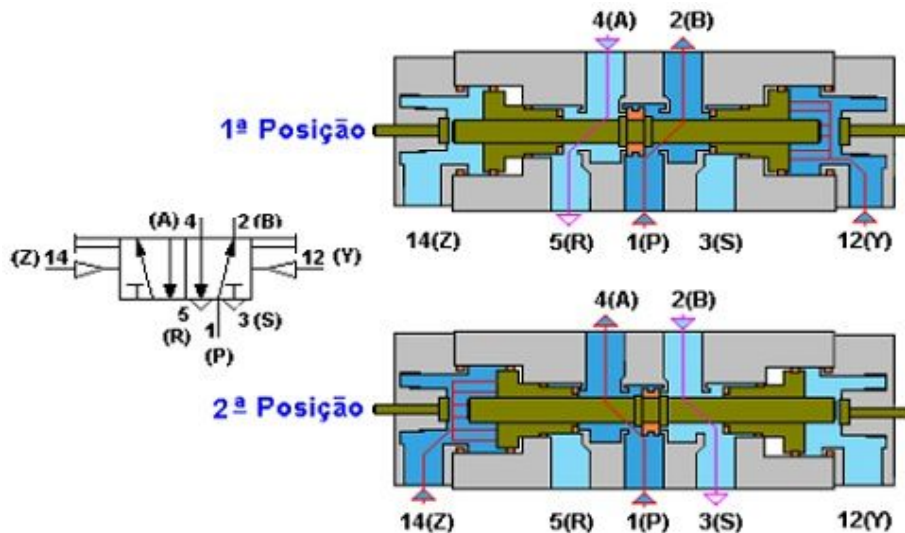
Posição de comutação - 3: Nesta posição as vias estão interligadas da seguinte forma:

Via (P) ligada à via (A);

Via (B) ligada à via (R) de escape.

A próxima figura mostra uma válvula direcional de 5 vias (5/2) dupla piloto, de construção pequena (tipo miniatura), que opera segundo o princípio de assento flutuante.

Válvula direcional 5/2 vias (princípio de assento flutuante)



Esta válvula é comutada através de impulso em Z e Y, mantendo a posição, mesmo sendo retirada à pressão de comando. É uma válvula bi-estável.

Com o impulso em Z, o pistão desloca-se.

No centro do pistão de comando encontra-se um prato com um anel, vedante, o qual seleciona os canais de trabalho A e B, com o canal de entrada de pressão P.

A exaustão efetua-se através dos canais R ou S.

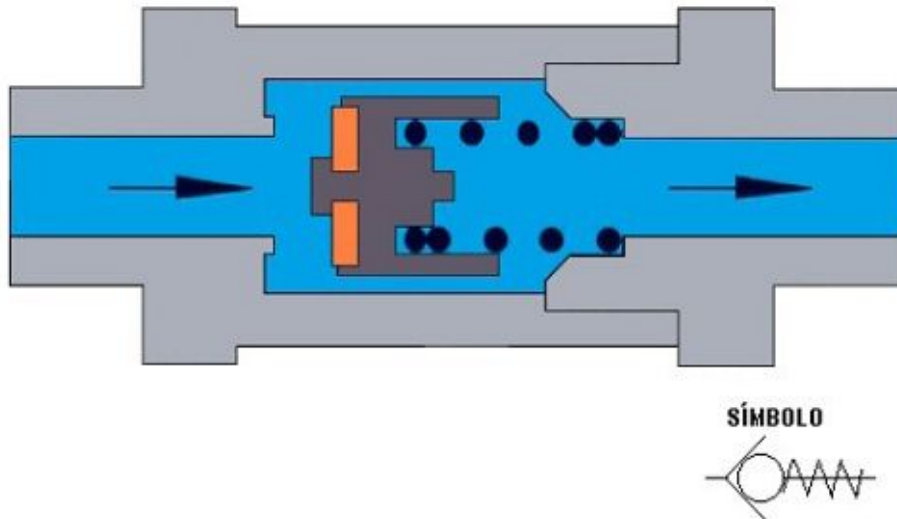
Com impulso em Y, o pistão retorna à posição inicial.

Pneumática - Válvulas de Bloqueio

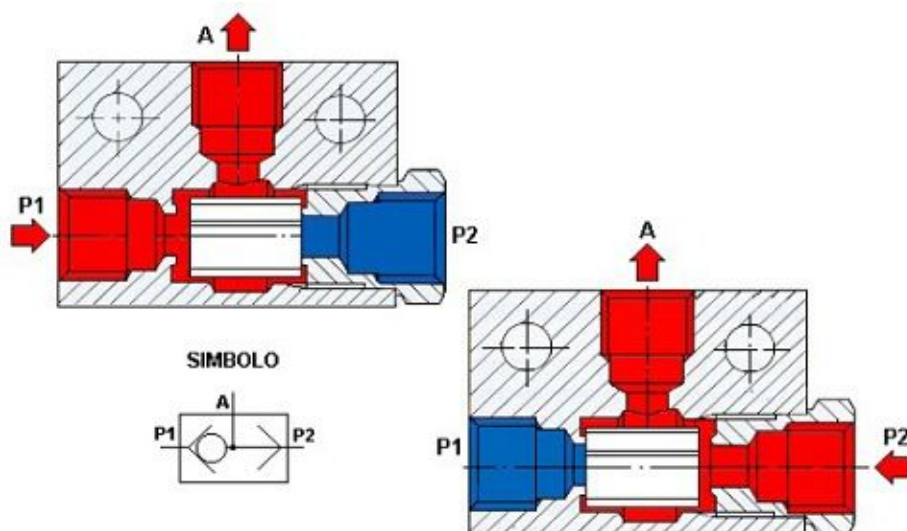
Válvulas de bloqueio são aparelhos que impedem a passagem do fluxo de ar em uma direção, dando passagem na direção oposta.

Internamente, a própria pressão aciona a peça de vedação positiva e ajusta, com isto, a vedação da válvula.

A) **Válvula de retenção:** Esta válvula pode fechar completamente a passagem do ar em um sentido determinado. Em sentido contrário, o ar passa com a mínima queda possível de pressão. O bloqueio do fluxo pode ser feito por cone, esfera, placa ou membrana.



B) **Válvula alternadora (função lógica "OU"):** Esta válvula tem duas entradas P1 e P2 e uma saída, A. Entrando ar comprimido em P1, a peça de vedação fecha a entrada P2 e o ar flui de P1 para A. Quando o ar flui de P2 para A, a entrada P1 é bloqueada. Com pressões iguais e havendo coincidência de sinais P1 e P2, prevalecerá o sinal que chegar primeiro. Em caso de pressões diferentes, a pressão maior fluirá para A.

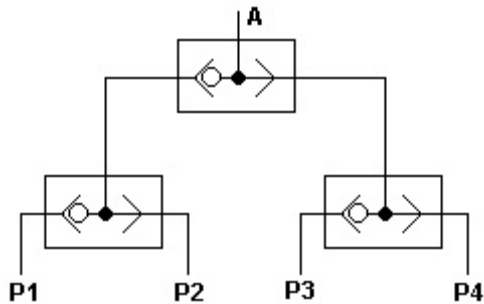


A válvula alternadora é empregada quando há necessidade de enviar sinais de lugares diferentes a um ponto de comando.

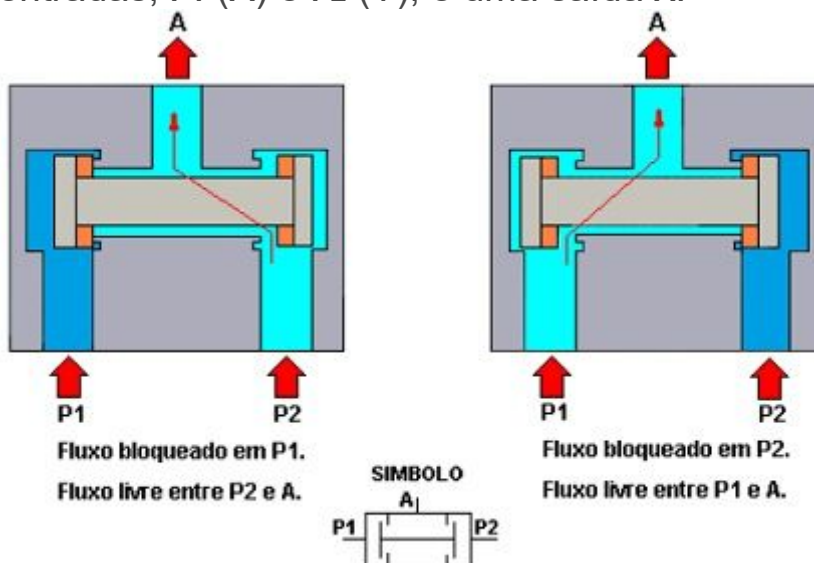
Para determinar a quantidade de válvulas alternadoras necessárias num circuito pneumático, utiliza-se a seguinte regra:

$$N^{\circ} \text{ de válvulas} = n^{\circ} \text{ de sinais menos (-) } 1$$

Ex: 4 sinais (P1, P2, P3, P4) – 1 = 3 ELEMENTOS “OU”



C) Válvula de simultaneidade (função lógica “E”): Também chamada de válvula de duas pressões, esta válvula possui duas entradas, P1 (X) e P2 (Y), e uma saída A.



Para se conseguir pressão contínua na saída de utilização A, é necessário sinal (pneumático) ao mesmo tempo em P1 e P2, ou seja, entrando somente um sinal em P1 ou somente P2, a peça de vedação impede o fluxo de ar para A.

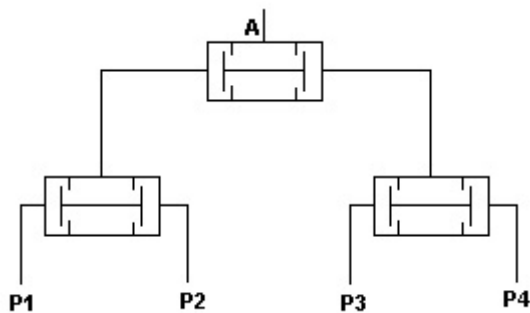
Existindo diferença de tempo entre sinais (simultâneos) de entrada com a mesma pressão, o sinal atrasado vai para a saída A.

Com pressões diferentes dos sinais de entrada, a pressão maior fecha um lado da válvula e a pressão menor vai para a saída **A**. Emprega-se esta válvula principalmente em comando de bloqueio, comandos de segurança e funções de controle em combinações lógicas.

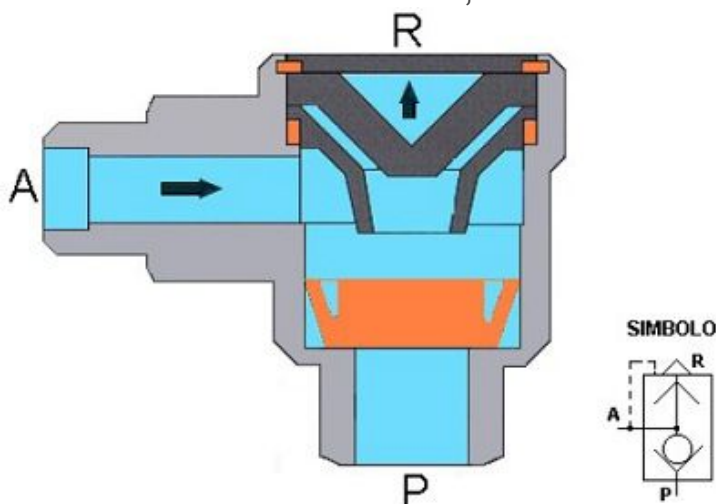
Para determinar a quantidade de válvulas necessárias no circuito, utiliza-se a seguinte regra:

$$N^{\circ} \text{ de válvulas} = n^{\circ} \text{ de sinais menos } (-) 1$$

Ex: 4 sinais (P1, P2, P3, P4) – 1 = 3 ELEMENTOS “E”



D) **Válvula de escape rápido:** Quando se necessita de movimentos rápidos do êmbolo nos cilindros, com velocidade superior àquela desenvolvida normalmente, utiliza-se a válvula de escape rápido



A válvula possui conexões de entrada (P), de saída (R) e de alimentação (A).

Havendo fluxo de ar comprimido em P, o elemento de vedação impede a passagem do fluxo para o escape R e o ar flui para A.

Eliminando a pressão em P, o ar, que retorna por A, desloca o elemento de vedação contra a conexão P e provoca o bloqueio; desta forma, o ar escapa por R, rapidamente, para a atmosfera.

Evita-se, com isso, que o ar de escape seja obrigado a passar por uma canalização longa e de diâmetro pequeno até a válvula de comando.

Observação: Recomenda-se colocar a válvula de escape rápido diretamente no cilindro, ou então, o mais próximo do mesmo.

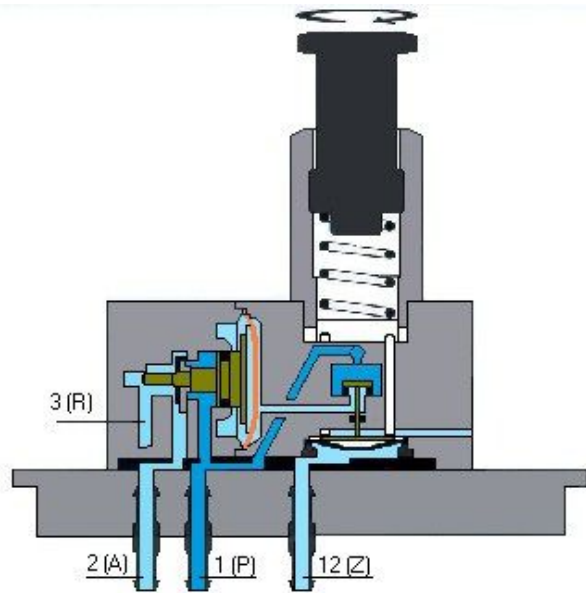
Pneumática - Válvulas de Pressão, regulamento de fluxo e de fechamento

VÁLVULAS DE PRESSÃO:

A) Válvula reguladora de pressão: Este tipo de válvula já foi descrito no capítulo: Unidade de Conservação.

B) Válvula de Sequência: Esta válvula é utilizada em comandos pneumáticos, quando há necessidade de uma pressão determinada para o processo de comando (comandos em dependência da pressão e comandos sequenciais). O cabeçote pressostato (que “monitora” a pressão) é normalmente acoplado a uma válvula base de 3 ou 4 vias.

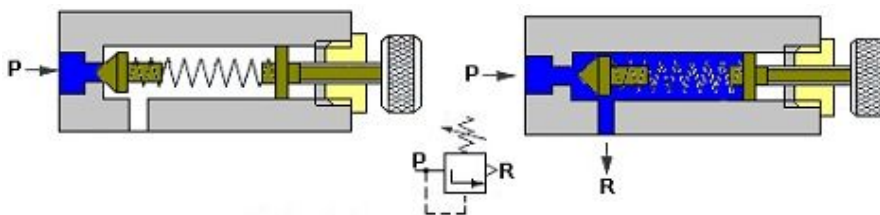
Quando é alcançada no canal de comando Z uma pressão pré-determinada, maior que a pressão regulada na mola do cabeçote, o ar aciona o êmbolo de comando que abre a passagem de P (alimentação) para A (utilização).



C) Válvula limitadora de pressão: Utiliza-se esta válvula, principalmente, como válvula de segurança ou de alívio. Esta não permite que o aumento da pressão no sistema seja acima da pressão admissível (pré-determinada).

Quando é alcançada a pressão máxima na entrada da válvula, o êmbolo é deslocado da sua sede permitindo a exaustão do ar através do orifício de escape.

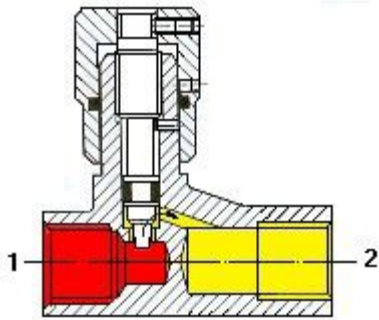
Quando a pressão excedente é eliminada, atingindo o valor de regulagem, a mola recoloca o êmbolo na posição inicial, vedando a passagem ao ar.



VÁLVULA REGULADORA DE FLUXO:

Esta válvula tem por finalidade influenciar o fluxo do ar comprimido. O fluxo será influenciado igualmente em ambas as direções.

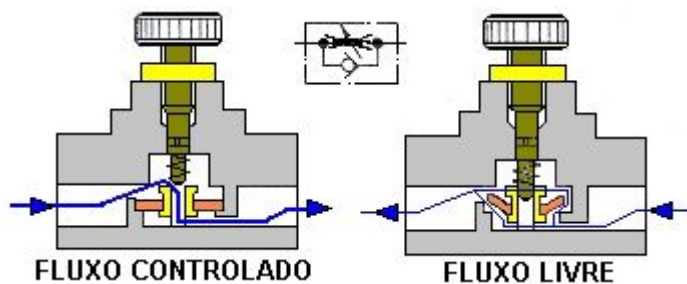
A) Válvulas reguladoras de fluxo bidirecional: O fluxo será influenciado igualmente em ambas as direções.



B) Válvulas reguladoras de fluxo unidirecional: A regulação do fluxo é feita somente em uma direção. Uma válvula de retenção fecha a passagem numa direção e o ar pode fluir somente através da área reguladora.

Em sentido contrário, o ar passa livre através da válvula de retenção aberta.

Empregam-se estas válvulas para regulação da velocidade em cilindros pneumáticos.



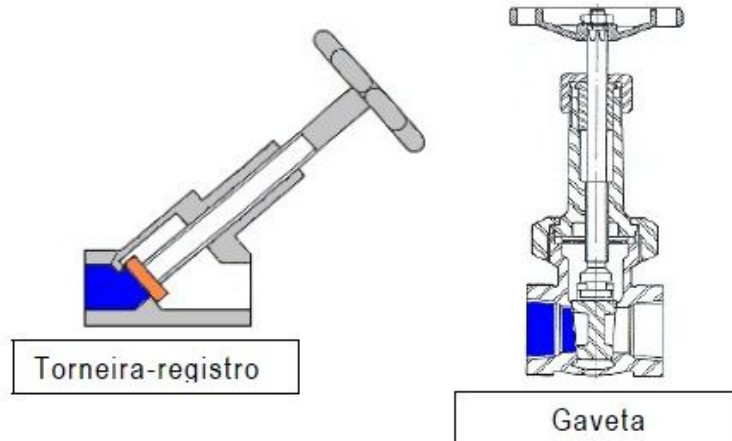
É vantajoso montar as válvulas reguladoras diretamente no cilindro.

VÁLVULAS DE FECHAMENTO:

São válvulas que abrem e fecham a passagem do fluxo de ar comprimido.

Estas válvulas são, em geral, de acionamento manual.

Tipos:



Símbolo:



Pneumática - Sequência de Movimentos e Comandos

Quando os procedimentos de comandos de instalações pneumáticas são complicados, e estas instalações têm de ser reparadas, é importante que o técnico de manutenção disponha de esquemas de comando e sequência, segundo o desenvolvimento de trabalho das máquinas.

A má confecção dos esquemas resulta em interpretação insegura, que torna impossível, para muitos, a montagem ou a busca de defeitos, de forma sistemática.

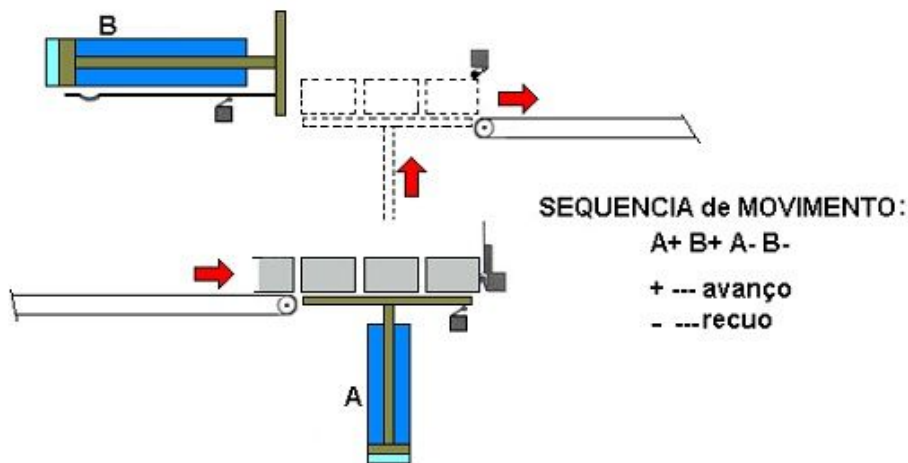
É pouco rentável ter de basear a montagem ou a busca de defeitos empiricamente.

Antes de iniciar qualquer montagem ou busca de defeitos, é importante representar sequências de movimentos e estados de comutação, de maneira clara e correta.

Essas representações permitirão realizar um estudo, e, com ele, ganhar tempo no momento de montar ou reparar o equipamento.

Exemplo:

Pacotes que chegam sobre um transportador de rolos são elevados por um cilindro pneumático A e empurrados por um cilindro B sobre um segundo transportador



Assim, para que o sistema funcione devidamente, o cilindro B deverá retornar apenas quando A houver alcançado a posição final.

Possibilidades de representação da sequência de trabalho, para o exemplo dado:

A) Relação em sequência cronológica:

O cilindro A avança e eleva os pacotes;

O cilindro B avança e empurra os pacotes no transportador;

O cilindro A retorna;

O cilindro B retorna.

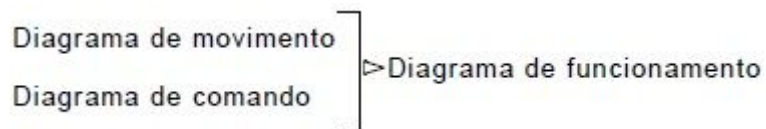
B) Forma de tabela:

Passo de trabalho	Movimento cilindro A	Movimento cilindro B
1	avanço	--
2	--	avanço
3	retorno	--
4	--	retorno

C) Maneira de escrever abreviada:

Avanço +
Retorno -
A+ B+ A- B-

D) Representação gráfica em forma de diagrama:



D.1) Diagrama de movimento: Onde se fixam estados de elementos de trabalho e unidades construtivas.

O diagrama de movimento pode ser:

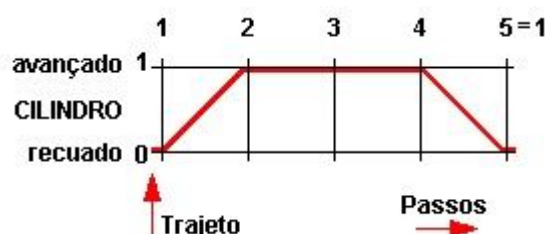
- Diagrama de trajeto e passo
- Diagrama de trajeto e tempo

Diagrama de trajeto e passo: Representa a sequência de operação de um elemento de trabalho e o valor percorrido em cada passo considerado.

Passo é a variação do estado de movimento de qualquer elemento de trabalho pneumático.

No caso de vários elementos de trabalho para comando, estes são representados da mesma maneira e desenhados uns sob os outros.

A correspondência é realizada através de passos.

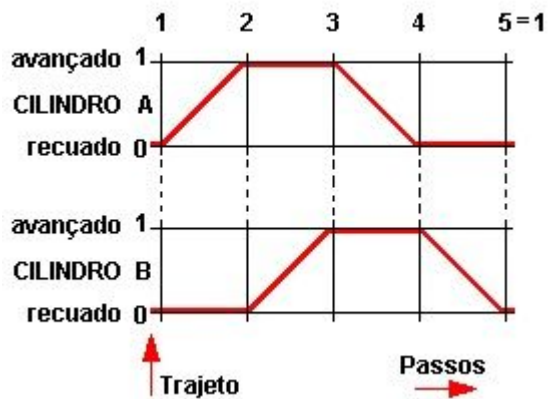


Para o exemplo citado significa que, do passo 1 até o passo 2, a haste do cilindro A avança da posição final traseira para a posição final dianteira, sendo que esta é alcançada no passo 2.

Entre o passo 2 e 4 a haste permanece imóvel.

A partir do passo 4, a haste retorna, alcança a posição final traseira no passo 5, completando um ciclo de movimento.

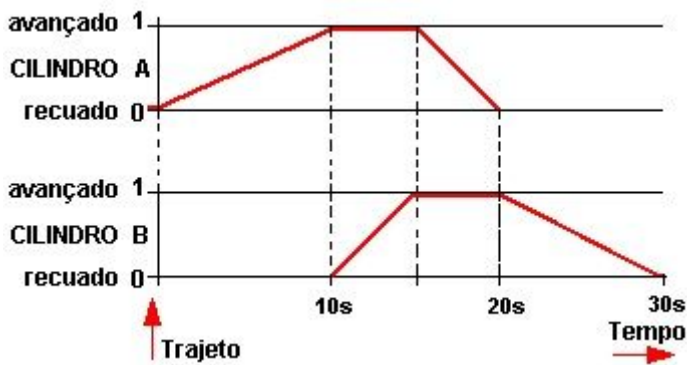
Para o exemplo apresentado, o diagrama de trajeto e passo possui construção segundo a figura a seguir.



Recomendamos que, para a disposição do desenho, observe-se o seguinte:

- Convém representar os passos de maneira linear e horizontalmente;
- O trajeto não deve ser representado em escala, mas com tamanho igual para todas as unidades construtivas;
- Já que a representação do estado é arbitrária, pode-se designar, como no exemplo anterior, através da indicação da posição do cilindro ou através de sinais binários, isto é, 0 para a posição final traseira e 1 ou L para a posição final dianteira;
- A designação da unidade em questão deve ser posicionada à esquerda do diagrama.

Diagrama de trajeto e tempo: Nesse diagrama o trajeto de uma unidade construtiva é representada em função do tempo.



Para representação em desenho, também são válidas as recomendações para o diagrama de trajeto e passo.

Através das linhas pontilhadas (linhas de passo), a correspondência com o diagrama de trajeto e passo torna-se clara, porém, a distância entre os passos está em função do tempo.

Enquanto o diagrama de trajeto e passo oferece a possibilidade de melhor visão das correlações, no diagrama de trajeto e tempo podem ser representadas, mais claramente, sobreposições e diferenças de velocidade de trabalho.

No caso de se desejar construir diagramas para elementos de trabalho rotativo como, por exemplo, motores elétricos e motores a ar comprimido, devem ser utilizados as mesmas formas fundamentais.

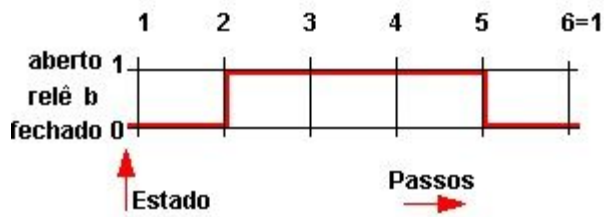
Entretanto, a sequência das variações de estado no tempo não é considerada, isto é, no diagrama de trajeto e passo, uma variação de estado comum, como o ligar de um motor elétrico, não transcorrerá durante um passo inteiro, mas será representada diretamente sobre a linha de passo.

D.2) Diagrama de comando: No diagrama de comando, o estado de comutação de um elemento de comando é representado em dependência dos passos ou dos tempos.

Como o tempo de comutação é insignificante ou praticamente instantâneo, esse tempo não é considerado.

Exemplo:

Estado de abertura de um relé b.



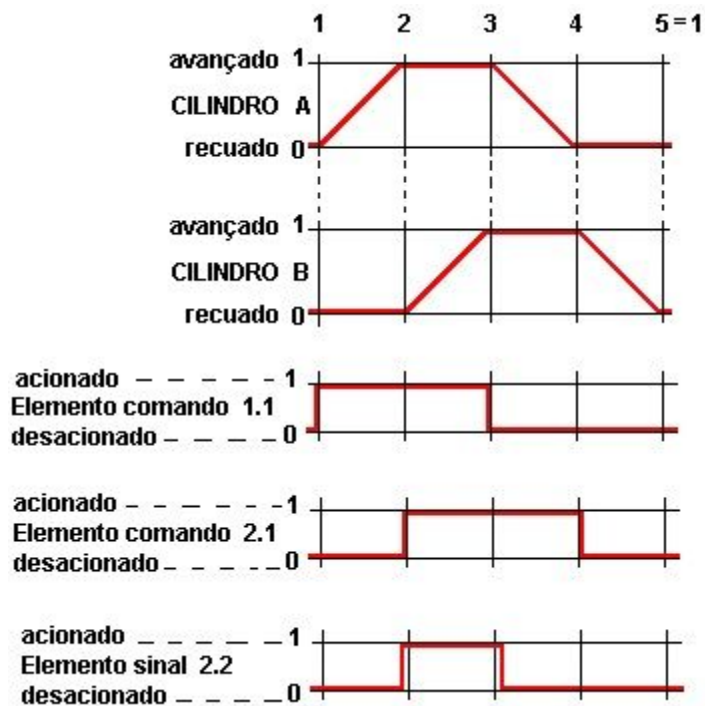
O relé no passo 2 fecha novamente no passo 5.

Na elaboração do diagrama de comando recomenda-se:

- Desenhar, sempre que possível, o diagrama de comando, em combinação com o diagrama de movimento, de preferência em função de passos;
- Que os passos ou tempos sejam representados linear e horizontalmente;
- Que a altura e a distância, que são arbitrárias, sejam determinadas de forma a proporcionar fácil supervisão.

Quando se representa o diagrama de movimento e de comando em conjunto, esta representação recebe o nome diagrama de funcionamento.

O diagrama de funcionamento para o exemplo da página anterior está representado na figura abaixo.



No diagrama, observa-se o estado das válvulas que comandam os cilindros (1.1 para a, 2.1 para B) e o estado de uma chave fim de curso 2.2, instalada na posição dianteira do cilindro A.

Como já mencionado, os tempos de comutação dos equipamentos não são considerados no diagrama de comando.

Entretanto, como mostra a figura acima, (válvula fim de curso 2.2), a linha de acionamento para válvulas (chaves) fim de curso deve ser desenhada antes ou depois da linha de passo, uma vez que, na prática, o acionamento não se dá exatamente no final do curso, mas sim, certo tempo antes ou depois.

Esta maneira de representação determina todos os comandos e seus consequentes movimentos.

Este diagrama permite controlar, com maior facilidade, o funcionamento do circuito e determinar erros, principalmente sobreposição de sinais.

Eletricidade Industrial - Conceitos e Cuidados Básicos

Uma máquina industrial apresentou defeito. O operador chamou a manutenção mecânica, que solucionou o problema. Ao perguntar sobre o tipo de defeito encontrado, o mecânico de manutenção disse que estava na parte elétrica, mas que ele, como mecânico, conseguiu resolver. Onde termina a parte mecânica e começa a parte elétrica?

Nesta lição você aprenderá noções de manutenção de partes eletroeletrônicas existentes em máquinas. Para uma melhor compreensão, é necessário que você tenha [noções de eletricidade](#) e [eletrônica](#).

O que são máquinas eletromecânicas?

São combinações de engenhos mecânicos com circuitos elétricos e eletrônicos capazes de comandá-los. Defeitos nessas máquinas tanto podem ser puramente mecânicos como mistos, envolvendo também a parte eletroeletrônica, ou então puramente elétricos ou eletrônicos.

Com três áreas tecnológicas bem distintas nas máquinas, uma certa divisão do trabalho de manutenção é necessária. Há empresas que mantêm os mecânicos de manutenção, os eletricitistas e os eletrônicos em equipes separadas.

É interessante notar que a boa divisão do trabalho só dá certo quando as equipes mantêm constante a troca de informações e ajuda mútua. Para facilitar o diálogo entre as equipes, é bom que elas conheçam um pouco das outras áreas.

Um técnico eletrônico com noções de mecânica deve decidir bem melhor quanto à natureza de um defeito do que aquele desconhecedor da mecânica. O mecânico com alguma base eletroeletrônica tanto pode diferenciar melhor os defeitos como até mesmo resolver alguns problemas mistos.

Conhecimentos sobre tensão, corrente e resistência elétricas são imprescindíveis para quem vai fazer manutenção em máquinas eletromecatrônicas.

Vamos relembrar:

Tensão elétrica (U): é a força que alimenta as máquinas. A tensão elétrica é medida em volt (V). As instalações de alta-tensão podem atingir até 15.000 volts. As mais comuns são as de 110V, 220V e 380V. Pode ser contínua (a que tem polaridade definida) ou alternada.

Corrente elétrica (I): É o movimento ordenado dos elétrons no interior dos materiais submetidos a tensões elétricas. A corrente elétrica é medida em ampère (A). Sem tensão não há corrente, e sem corrente as máquinas elétricas param. A corrente elétrica pode ser contínua (CC) ou alternada (CA).

Resistência elétrica (R): É a oposição à passagem de corrente elétrica que todo material oferece. Quanto mais resistência, menos corrente. Máquinas elétricas e componentes eletrônicos sempre apresentam uma resistência característica. A medida da resistência, cujo valor é expresso em ohm (Ω), é um indicador da funcionalidade das máquinas e de seus componentes.

Para se medir a tensão, a corrente e a resistência elétricas com o uso de aparelhos elétricos, devem ser tomadas as seguintes providências:

- escolher o aparelho com escala adequada;
- conectar os dois fios ao aparelho;
- conectar as duas pontas de prova (fios) em dois pontos distintos do objeto em análise.

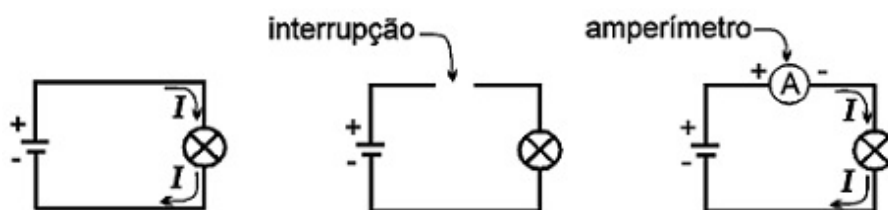
Medida de tensão: a medida de tensão elétrica é feita conectando as pontas de prova do aparelho aos dois pontos onde a tensão aparece. Por exemplo, para se medir a tensão elétrica de uma pilha com um multímetro, escolhe-se uma escala apropriada para medida de tensão contínua e conecta-se a ponta de prova positiva (geralmente vermelha) ao polo positivo da pilha, e a ponta negativa (geralmente preta) ao polo negativo.

Em multímetros digitais, o valor aparece direto no mostrador. Nos analógicos, deve-se observar o deslocamento do ponteiro sobre a escala graduada para se determinar o valor da tensão.

Nas medidas de tensão alternada, a polaridade das pontas de prova não se aplica.

Medida de corrente: a corrente elétrica a ser medida deve passar através do aparelho. Para isso, interrompe-se o circuito cuja corrente deseja-se medir: o aparelho entra no circuito, por meio das duas pontas de prova, como se fosse uma ponte religando as partes interrompidas.

Em sistemas de corrente contínua, deve-se observar a polaridade das pontas de prova.



Em circuitos de alta corrente, muitas vezes é inconveniente e perigosa a interrupção do circuito para medições. Em casos assim,

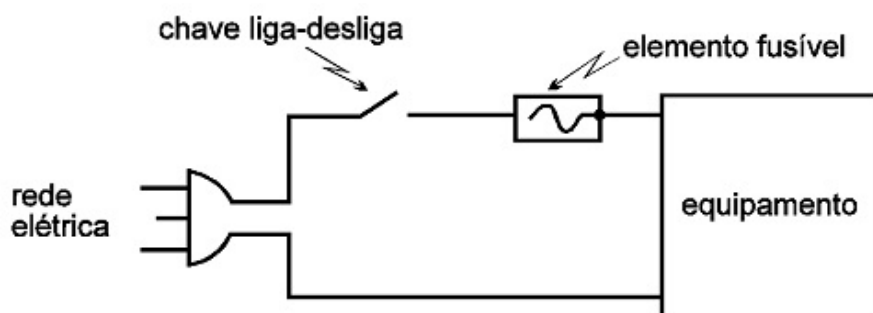
faz-se uma medição indireta, utilizando um modelo de amperímetro denominado “alicate”, que abraça o condutor percorrido por corrente. O aparelho capta o campo eletromagnético existente ao redor do condutor e indica uma corrente proporcional à intensidade do campo.

Medida de resistência: as medidas de resistência devem ser feitas, sempre, com o circuito desligado, para não danificar o aparelho. Conectam-se as pontas de prova do aparelho aos dois pontos onde se deseja medir a resistência.

O aparelho indica a resistência global do circuito, a partir daqueles dois pontos. Quando se deseja medir a resistência de um componente em particular, deve-se desconectá-lo do circuito.

Pane elétrica: diante de uma pane elétrica, deve-se verificar primeiramente a alimentação elétrica, checando a tensão da rede e, depois, os fusíveis.

Os fusíveis são componentes elétricos que devem apresentar baixa resistência à passagem da corrente elétrica. Intercalados nos circuitos elétricos, eles possuem a missão de protegê-los contra as sobrecargas de corrente.



De fato, quando ocorre uma sobrecarga de corrente que ultrapassa o valor da corrente suportável por um fusível, este “queima”, interrompendo o circuito.

Em vários modelos de fusível, uma simples olhada permite verificar suas condições. Em outros modelos é necessário medir a resistência.

Em todos os casos, ao conferir as condições de um fusível, deve-se desligar a máquina da rede elétrica.

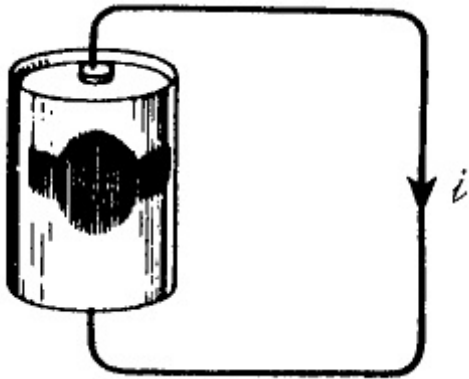
Fusível “queimado” pode ser um sintoma de problema mais sério. Por isso, antes de simplesmente trocar um fusível, é bom verificar o que ocorreu com a máquina, perguntando, olhando, efetuando outras medições e, se necessário, pedir auxílio a um profissional especializado na parte elétrica.

Resistência de entrada: a resistência elétrica reflete o estado geral de um sistema.

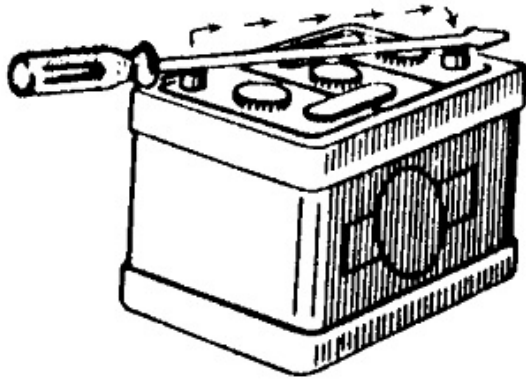
Podemos medir a resistência geral de uma máquina simplesmente medindo a resistência a partir dos seus dois pontos de alimentação. Em máquinas de alimentação trifásica, mede-se a resistência entre cada duas fases por vez. Essa resistência geral é denominada de resistência de entrada da máquina.

Qual a resistência elétrica de entrada de uma máquina em bom estado? Esta pergunta não tem resposta direta. Depende da máquina, porém, duas coisas podem ser ditas.

A) Se a resistência de entrada for zero, a máquina está em curto-circuito. Isto fatalmente levará à queima de fusível quando ligada. Assim, é natural que o curto-circuito seja removido antes de ligar a máquina. Para compreender o conceito de curto-circuito, observe a figura a seguir.



Podemos ver pela figura que a corrente elétrica sai por um dos terminais da fonte elétrica (pilha ou bateria), percorre um fio condutor de resistência elétrica desprezível e penetra pelo outro terminal, sem passar por nenhum aparelho ou instrumento. Quando isso ocorre, dizemos que há um curto-circuito. O mesmo se dá, por exemplo, quando os polos de uma bateria são unidos por uma chave de fenda, ou quando dois fios energizados e desencapados se tocam.



Quando ocorre um curto-circuito, a resistência elétrica do trecho percorrido pela corrente é muito pequena, considerando que as resistências elétricas dos fios de ligação são praticamente desprezíveis. Assim, pela lei de Ohm, se U (tensão) é constante e R (resistência) tende a zero, necessariamente I (corrente) assume valores elevados. Essa corrente é a corrente de curto-circuito.

Circuito em curto pode se aquecer exageradamente e dar início a um incêndio. Para evitar que isso aconteça, os fusíveis do circuito devem estar em bom estado para que, tão logo a temperatura do trecho “em curto” aumente, o filamento do fusível funda e interrompa a passagem da corrente.

B) Se a resistência de entrada for muito grande, a máquina estará com o circuito de alimentação interrompido e não funcionará até que o defeito seja removido.

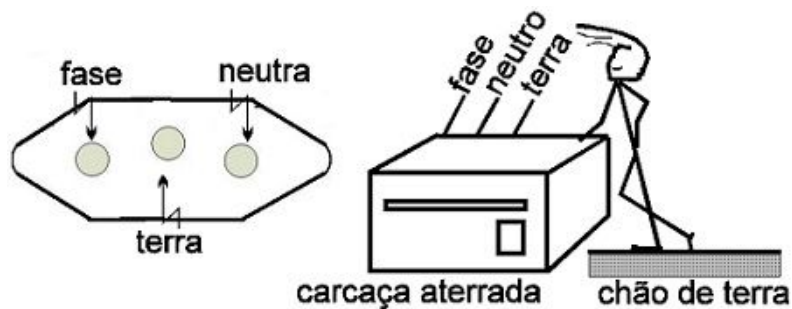
Vimos a importância da medida da resistência na entrada de alimentação elétrica. No caso em que a resistência for zero, podemos dizer ainda que a máquina está sem isolamento entre os pontos de alimentação. Sim, pois o termo curto-circuito significa que os dois pontos de medição estão ligados eletricamente, formando assim um caminho curto para passagem de corrente entre eles. Contudo, o teste de isolamento pode ser aplicado também em outras circunstâncias.

Aterramento: Instalações elétricas industriais costumam possuir os fios “fase”, “neutro” e um fio chamado de “terra”. Trata-se de um fio que de fato é ligado à terra por meio de uma barra de cobre em uma área especialmente preparada. O fio neutro origina-se de uma ligação à terra no poste da concessionária de energia elétrica. A resistência ideal entre neutro e terra deveria ser zero, já que o

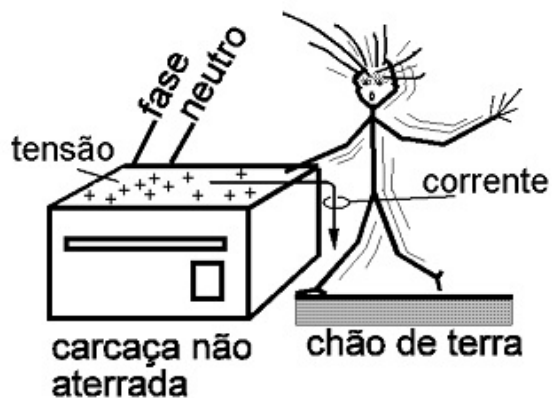
neutro também se encontra ligado à terra; mas a resistência não é zero.

Até chegar às tomadas, o fio neutro percorre longos caminhos. Aparece uma resistência entre neutro e terra, que todavia não deve ultrapassar uns 3 ohms, sob pena de o equipamento não funcionar bem. Assim, um teste de resistência entre neutro e terra pode ser feito com ohmímetro, porém, sempre com a rede desligada.

O fio terra cumpre uma função de proteção nas instalações. As carcaças dos equipamentos devem, por norma, ser ligadas ao fio terra. Assim, a carcaça terá sempre um nível de tensão de zero volt comparado com o chão em que pisamos. Nesse caso, dizemos que a carcaça está aterrada, isto é, no mesmo nível elétrico que a terra.

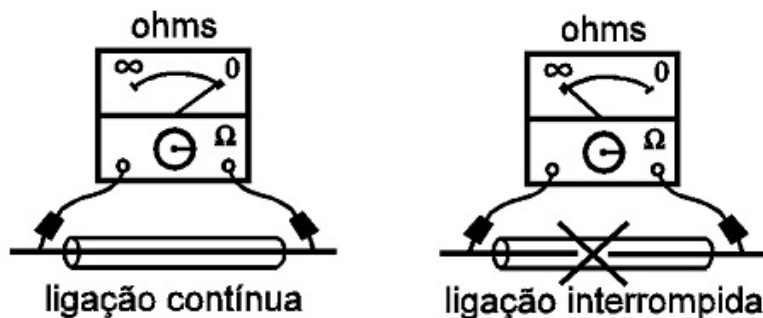


Opostamente, uma carcaça desaterrada pode receber tensões elétricas acidentalmente (um fio desencapado no interior da máquina pode levar a isso) e machucar pessoas. Por exemplo, se alguém tocar na carcaça e estiver pisando no chão (terra), fica submetido a uma corrente elétrica (lembre-se de que a corrente circula sempre para o neutro, isto é, para a terra), levando um choque, que poderá ser fatal, dependendo da intensidade da corrente e do caminho que ela faz ao percorrer o corpo.



O isolamento entre a carcaça dos equipamentos e o terra pode ser verificada medindo-se o valor da resistência que deve ser zero. Nas residências, é sempre bom manter um sistema de aterramento para aparelhos como geladeiras, máquinas de lavar e principalmente chuveiros. Um chuveiro elétrico sem aterramento é uma verdadeira cadeira elétrica!

Continuidade: outros problemas simples podem ser descobertos medindo a resistência dos elementos de um circuito. Por exemplo, por meio da medida da resistência, pode-se descobrir se há mau contato, se existe um fio quebrado ou se há pontos de oxidação nos elementos de um circuito. Resumindo, para saber se existe continuidade em uma ligação, basta medir a resistência entre suas pontas. Esse procedimento é recomendado sempre que se tratar de percursos não muito longos.



Eletricidade Industrial - Elementos de Entrada de Sinais

Na eletricidade industrial basicamente os componentes elétricos utilizados nos circuitos são distribuídos em três categorias:

- os elementos de entrada de sinais elétricos,
- os elementos de processamento de sinais,
- os elementos de saída de sinais elétricos.

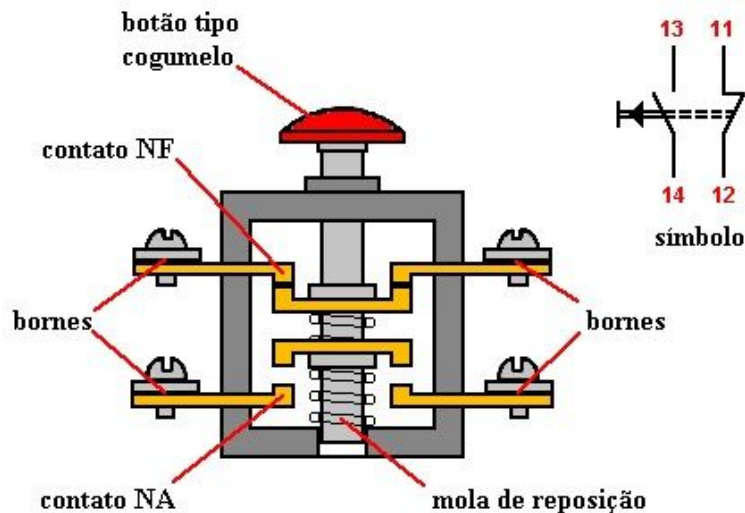
Vejamos a função de cada um:

Elementos de Entrada de Sinais

Os componentes de entrada de sinais elétricos são aqueles que emitem informações ao circuito por meio de uma ação muscular, mecânica, elétrica, eletrônica ou combinação entre elas. Entre os

elementos de entrada de sinais podemos citar a botoeiras, a chave fim de curso, o sensor de proximidade e o pressostato, entre outros, todos destinados a emitir sinais para energização ou desenergização do circuito ou parte dele.

Botoeira: a botoeira é uma chave elétrica acionada manualmente que apresenta, geralmente, um contato aberto e outro fechado. De acordo com o tipo de sinal a ser enviado ao comando elétrico, a botoeira é caracterizada como pulsadora ou com trava.



BOTÃO PULSADOR TIPO COGUMELO

As botoeiras pulsadoras invertem seus contatos mediante o acionamento de um botão e, devido a ação de uma mola, retornam à posição inicial quando cessa o acionamento.



botão liso tipo pulsador

Essa botoeira possui um contato aberto e um contato fechado, sendo acionada por um botão pulsador liso e reposicionada por mola. Enquanto o botão não for acionado, os contatos 11 e 12 permanecem fechados, permitindo a passagem da corrente elétrica, ao mesmo tempo em que os contatos 13 e 14 se mantêm abertos, interrompendo a passagem da corrente. Quando o botão é acionado, os contatos se invertem de forma que o fechado abre e o aberto fecha. Soltando-se o botão, os contatos voltam à posição inicial pela ação da mola de retorno.

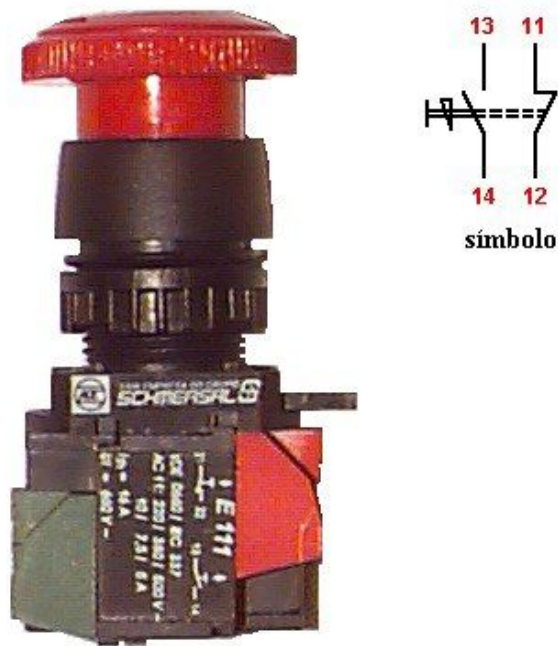
As botoeiras com trava também invertem seus contatos mediante o acionamento de um botão, entretanto, ao contrário das botoeiras pulsadoras, permanecem acionadas e travadas mesmo depois de cessado o acionamento.



botão giratório com trava

Esta botoeira é acionada por um botão giratório com uma trava que mantém os contatos na última posição acionada. Como o corpo de contatos e os bornes são os mesmos da figura anterior e apenas o cabeçote de acionamento foi substituído, esta botoeira também possui as mesmas características construtivas, isto é, um contato fechado nos bornes 11 e 12 e um aberto 13 e 14. Quando o botão é acionado, o contato fechado 11/12 abre e o contato 13/14 fecha e se mantêm travados na posição, mesmo depois de cessado o acionamento. Para que os contatos retornem à posição inicial é necessário acionar novamente o botão, agora no sentido contrário ao primeiro acionamento.

Outro tipo de botoeira com trava, muito usada como botão de emergência para desligar o circuito de comando elétrico em momentos críticos, é acionada por botão do tipo cogumelo.



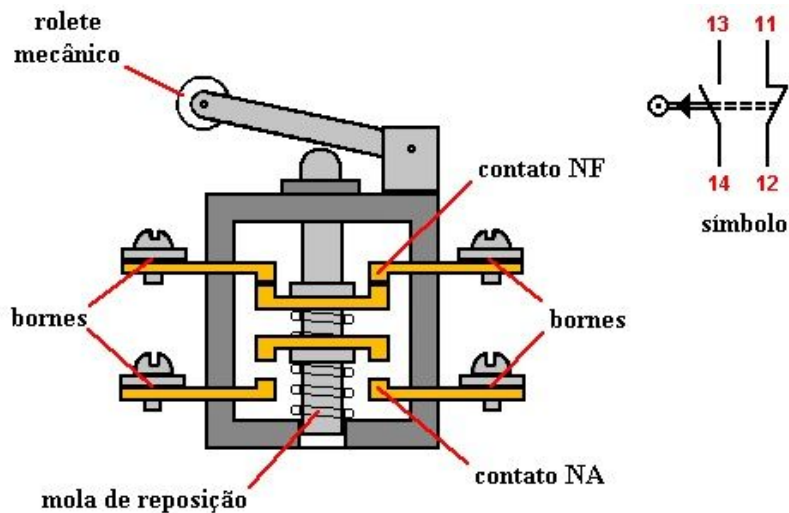
botão tipo cogumelo com trava (botão de emergência)

Mais uma vez, o corpo de contatos e os bornes são os mesmos, sendo trocado apenas o cabeçote de acionamento. O botão do tipo cogumelo, também conhecido como botão soco-trava, quando é acionado, inverte os contatos da botoeira e os mantém travados. O retorno à posição inicial se faz mediante um pequeno giro do botão no sentido horário, o que destrava o mecanismo e aciona automaticamente os contatos de volta a mesma situação de antes do acionamento.

Outro tipo de botão de acionamento manual utilizado em botoeiras é o botão flip-flop, também conhecido como divisor binário, o qual alterna os pulsos dados no botão, uma vez invertendo os contatos da botoeira, outra trazendo-os à posição inicial.

Chaves Fim de Curso: as chaves fim de curso, assim como as botoeiras, são comutadores elétricos de entrada de sinais, só que acionados mecanicamente. As chaves fim de curso são, geralmente, posicionadas no decorrer do percurso de cabeçotes móveis de máquinas e equipamentos industriais, bem como das hastes de cilindros hidráulicos e ou pneumáticos.

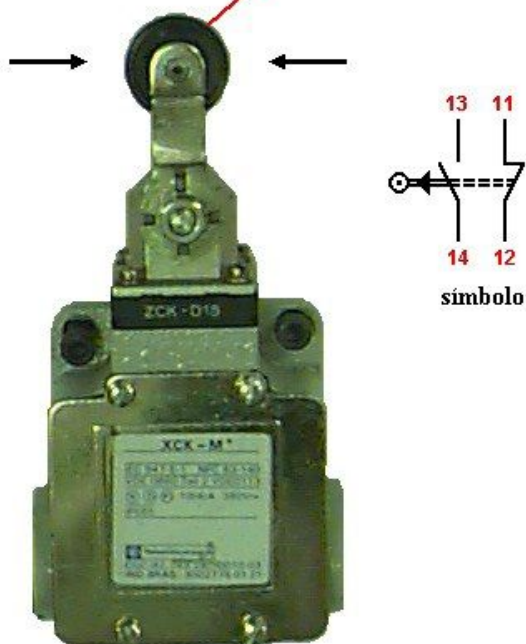
O acionamento de uma chave fim de curso pode ser efetuado por meio de um rolete mecânico ou de um rolete escamoteável, também conhecido como gatilho. Existem, ainda, chaves fim de curso acionadas por uma haste apalpadora, do tipo utilizada em instrumentos de medição como, por exemplo, num relógio comparador.



CHAVE FIM DE CURSO

Esta chave fim de curso é acionada por um rolete mecânico e possui um contato comutador formado por um borne comum 11, um contato fechado 12 e um aberto 14. Enquanto o rolete não for acionado, a corrente elétrica pode passar pelos contatos 11 e 12 e está interrompida entre os contatos 11 e 14. Quando o rolete é acionado, a corrente passa pelos contatos 11 e 14 e é bloqueada entre os contatos 11 e 12. Uma vez cessado o acionamento, os contatos retornam à posição inicial, ou seja, 11 interligado com 12 e 14 desligado.

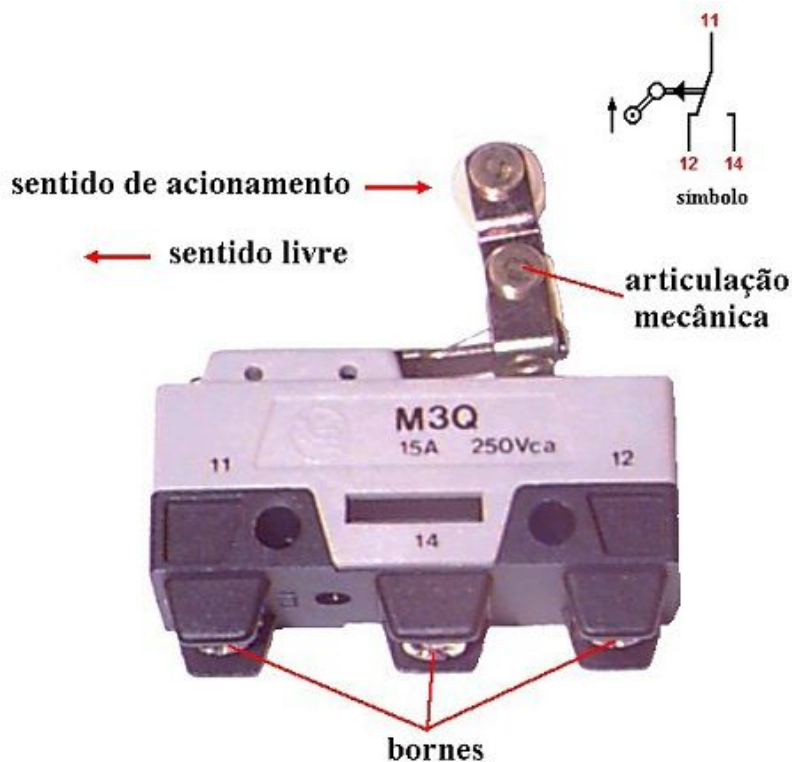
**o rolete pode ser acionado
em qualquer sentido**



chave fim de curso tipo rolete

Esta outra chave fim de curso também é acionada por um rolete mecânico mas, diferentemente da anterior, apresenta dois contatos independente sendo um fechado, formado pelos bornes 11 e 12, e outro aberto, efetuado pelos bornes 13 e 14. Quando o rolete é acionado, os contatos 11 e 12 abrem, interrompendo a passagem da corrente elétrica, enquanto que os contatos 13 e 14 fecham, liberando a corrente.

Os roletes mecânicos acima apresentados podem ser acionados em qualquer direção que efetuarão a comutação dos contatos das chaves fim de curso. Existem, porém, outros tipos de roletes que somente comutam os contatos das chaves se forem acionados num determinado sentido de direção. São os chamados roletes escamoteáveis, também conhecidos na indústria como gatilhos.



chave fim de curso tipo gatilho

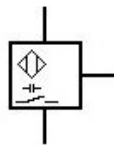
Esta chave fim de curso, acionada por gatilho, somente inverte seus contatos quando o rolete for atuado da esquerda para a direita. No sentido contrário, uma articulação mecânica faz com que a haste do mecanismo dobre, sem acionar os contatos comutadores da chave fim de curso. Dessa forma, somente quando o rolete é acionado da esquerda para a direita, os contatos da chave se invertem permitindo que a corrente elétrica passe pelos contatos 11 e 14 e seja bloqueada entre os contatos 11 e 12. Uma vez cessado o acionamento, os contatos retornam à posição inicial, ou seja, 11 interligado com 12 e 14 desligado.

Sensores de Proximidade: os sensores de proximidade, assim como as chaves fim de curso, são elementos emissores de sinais elétricos os quais são posicionados no decorrer do percurso de cabeçotes móveis de máquinas e equipamentos industriais, bem como das haste de cilindros hidráulicos e ou pneumáticos. O acionamento dos sensores, entretanto, não dependem de contato físico com as partes móveis dos equipamentos, basta apenas que estas partes aproximem-se dos sensores a uma distância que varia de acordo com o tipo de sensor utilizado.

Existem no mercado diversos tipos de sensores de proximidade os quais devem ser selecionados de acordo com o tipo de aplicação e do material a ser detectado. Os mais empregados na automação de máquinas e equipamentos industriais são os sensores capacitivos, indutivos, ópticos, magnéticos e ultrassônicos, além dos sensores de pressão, volume e temperatura, muito utilizados na indústria de processos.

Basicamente, os sensores de proximidade apresentam as mesmas características de funcionamento. Possuem dois cabos de alimentação elétrica, sendo um positivo e outro negativo, e um cabo de saída de sinal. Estando energizados e ao se aproximarem do material a ser detectado, os sensores emitem um sinal de saída que, devido principalmente à baixa corrente desse sinal, não podem ser utilizados para energizar diretamente bobinas de solenoides ou outros componentes elétricos que exigem maior potência.

Diante dessa característica comum da maior parte dos sensores de proximidade, é necessária a utilização de relés auxiliares com o objetivo de amplificar o sinal de saída dos sensores, garantindo a correta aplicação do sinal e a integridade do equipamento.

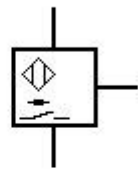


símbolo



sensor capacitivo

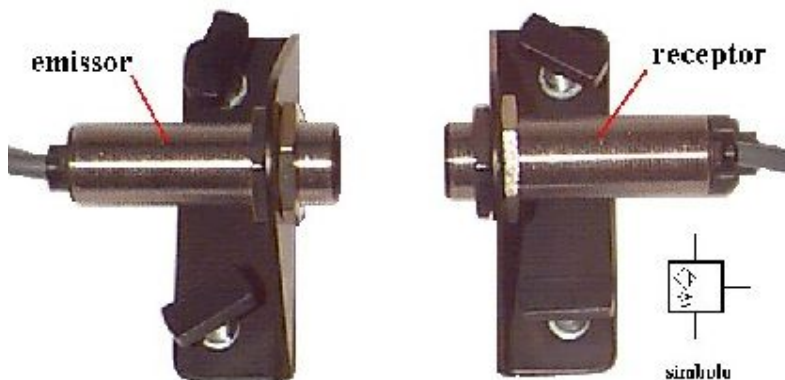
Os sensores de proximidade capacitivos registram a presença de qualquer tipo de material. A distância de detecção varia de 0 a 20 mm, dependendo da massa do material a ser detectado e das características determinadas pelo fabricante.



símbolo

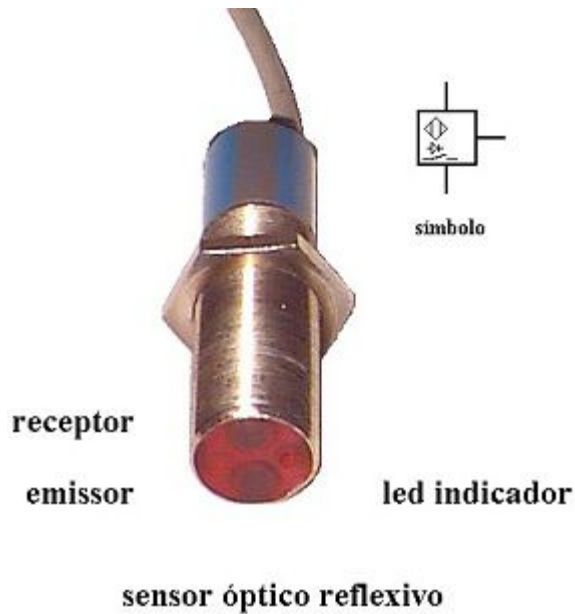
sensor indutivo

Os sensores de proximidade indutivos são capazes de detectar apenas materiais metálicos, a uma distância que oscila de 0 a 2 mm, dependendo também do tamanho do material a ser detectado e das características especificadas pelos diferentes fabricantes.

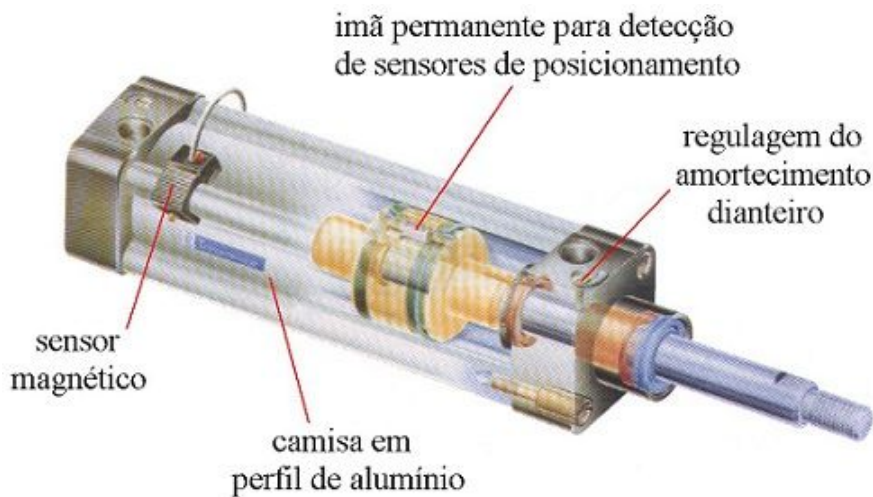


sensor óptico por barreira fotoelétrica

Os sensores de proximidade ópticos detectam a aproximação de qualquer tipo de objeto, desde que este não seja transparente. A distância de detecção varia de 0 a 100 mm, dependendo da luminosidade do ambiente. Normalmente, os sensores ópticos por barreira fotoelétrica são construídos em dois corpos distintos, sendo um emissor de luz e outro receptor. Quando um objeto se coloca entre os dois, interrompendo a propagação da luz entre eles, um sinal de saída é então enviado ao circuito elétrico de comando.



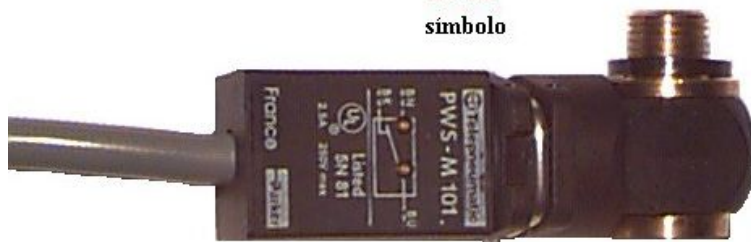
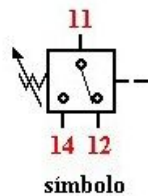
Outro tipo de sensor de proximidade óptico, muito usado na automação industrial, é o do tipo reflexivo no qual emissor e receptor de luz são montados num único corpo, o que reduz espaço e facilita sua montagem entre as partes móveis dos equipamentos industriais. A distância de detecção é entretanto menor, considerando-se que a luz transmitida pelo emissor deve refletir no material a ser detectado e penetrar no receptor o qual emitirá o sinal elétrico de saída.



Os sensores de proximidade magnéticos, como o próprio nome sugere, detectam apenas a presença de materiais metálicos e magnéticos, como no caso dos ímãs permanentes. São utilizados com maior frequência em máquinas e equipamentos pneumáticos e são montados diretamente sobre as camisas dos cilindros dotados de êmbolos magnéticos. Toda vez que o êmbolo

magnético de um cilindro se movimenta, ao passar pela região da camisa onde externamente está posicionado um sensor magnético, este é sensibilizado e emite um sinal ao circuito elétrico de comando.

Pressostato: os pressostatos, também conhecidos como sensores de pressão, são chaves elétricas acionadas por um piloto hidráulico ou pneumático. Os pressostatos são montados em linhas de pressão hidráulica e ou pneumática e registram tanto o acréscimo como a queda de pressão nessas linhas, invertendo seus contatos toda vez em que a pressão do óleo ou do ar comprimido ultrapassar o valor ajustado na mola de reposição.



**pressostato pneumático
(captador de pressão)**

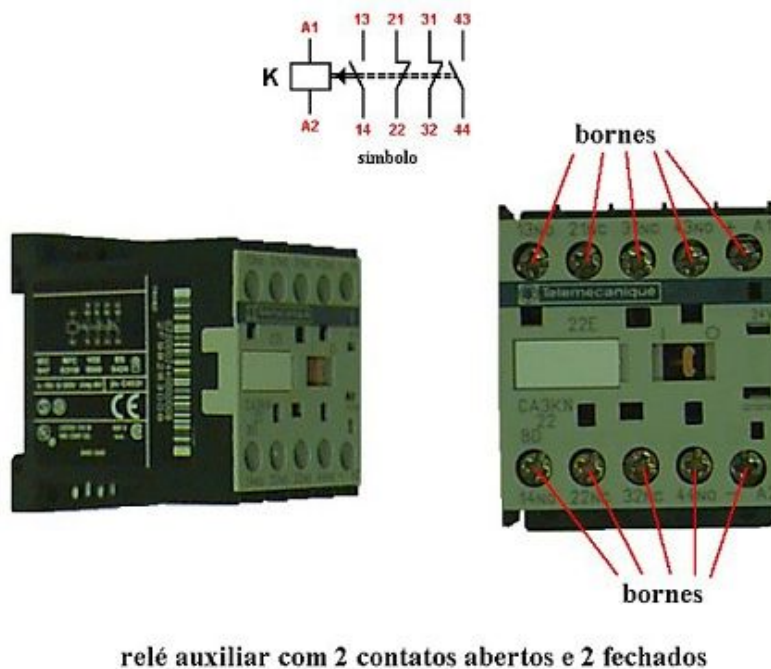
Se a mola de regulação deste pressostato for ajustada com uma pressão de, por exemplo, 7 bar, enquanto a pressão na linha for inferior a esse valor, seu contato 11/12 permanece fechado ao mesmo tempo em que o contato 13/14 se mantém aberto. Quando a pressão na linha ultrapassar os 7 bar ajustado na mola, os contatos se invertem abrindo o 11/12 e fechando o 13/14.

Eletricidade Industrial - Elementos de Processamento de Sinais

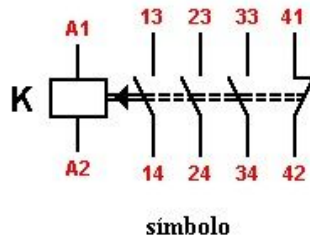
Os componentes de processamento de sinais elétricos são aqueles que analisam as informações emitidas ao circuito pelos elementos de entrada, combinando-as entre si para que o comando elétrico apresente o comportamento final desejado,

diante dessas informações. Entre os elementos de processamento de sinais podemos citar os relés auxiliares, os contatores de potência, os relés temporizadores e os contadores, entre outros, todos destinados a combinar os sinais para energização ou desenergização dos elementos de saída.

Relés Auxiliares: os relés auxiliares são chaves elétricas de quatro ou mais contatos, acionadas por bobinas eletromagnéticas. Há no mercado uma grande diversidade de tipos de relés auxiliares que, basicamente, embora construtivamente sejam diferentes, apresentam as mesmas características de funcionamento.

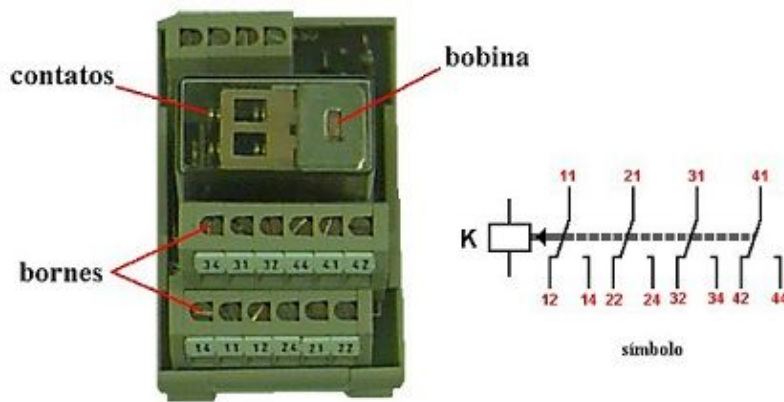


Este relé auxiliar, particularmente, possui 2 contatos abertos (13/14 e 43/44) e 2 fechados (21/22 e 31/32), acionados por uma bobina eletromagnética de 24 Vcc. Quando a bobina é energizada, imediatamente os contatos abertos fecham, permitindo a passagem da corrente elétrica entre eles, enquanto que os contatos fechados abrem interrompendo a corrente. Quando a bobina é desligada, uma mola recoloca imediatamente os contatos nas suas posições iniciais.



relé auxiliar com 3 contatos NA e 1 NF

Além de relés auxiliares de 2 contatos abertos (NA) e 2 contatos fechados (NF), existem outros que apresentam o mesmo funcionamento anterior mas, com 3 contatos NA e 1 NF.

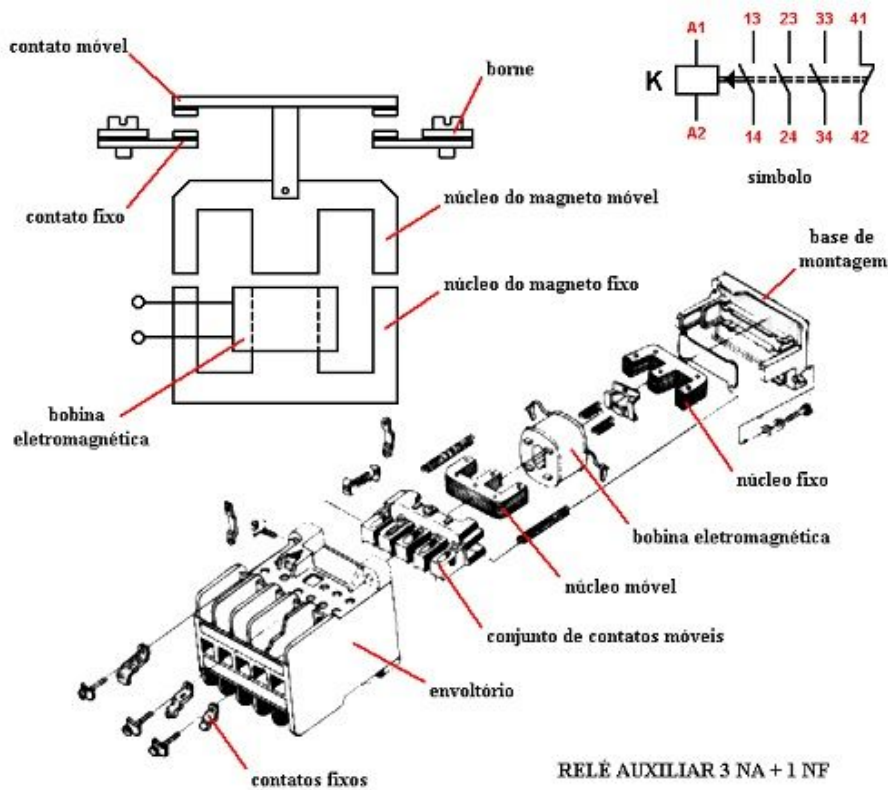


relé auxiliar com contatos comutadores

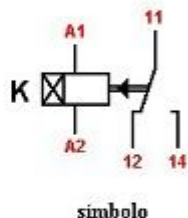
Este outro tipo de relé auxiliar utiliza contatos comutadores, ao invés dos tradicionais contatos abertos e fechados. A grande vantagem desse tipo de relé sobre os anteriores é a versatilidade do uso de seus contatos.

Enquanto nos relés anteriores a utilização fica limitada a 2 contatos Na e 2 NF ou 3 NA e 1 NF, no relé de contatos comutadores pode-se empregar as mesmas combinações, além de, se necessário, todos os contatos abertos ou todos fechados ou ainda qualquer outra combinação desejada. Quando a bobina é energizada, imediatamente os contatos comuns 11, 21, 31 e 41 fecham em relação aos contatos 13, 24, 34 e 44, respectivamente, e abrem em relação aos contatos 12, 22, 32 e 42. Desligando-se a bobina, uma mola recoloca novamente os contatos na posição inicial, isto é, 11 fechado com 12 e aberto com 14, 21 fechado com 22 e aberto com 24, 31 fechado com 32 e aberto com 34 e, finalmente, 41 fechado com 42 e aberto em relação ao 44.

Contatores de Potência: Os contatores de potência apresentam as mesmas características construtivas e de funcionamento dos relés auxiliares, sendo dimensionados para suportarem correntes elétricas mais elevadas, empregadas na energização de dispositivos elétricos que exigem maiores potências de trabalho.

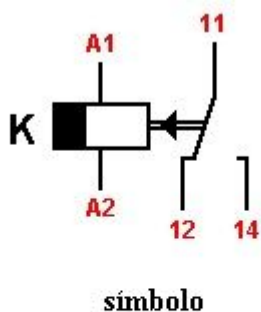


Relés Temporizadores: Os relés temporizadores, também conhecidos como relés de tempo, geralmente possuem um contato comutador acionado por uma bobina eletromagnética com retardo na ligação ou no desligamento.



**relé temporizador
com retardo na ligação**

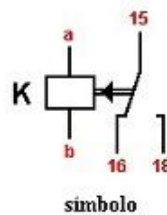
Este relé temporizador possui um contato comutador e uma bobina com retardo na ligação, cujo tempo é ajustado por meio de um potenciômetro. Quando a bobina é energizada, ao contrário dos relés auxiliares que invertem imediatamente seus contatos, o potenciômetro retarda o acionamento do contato comutador, de acordo com o tempo nele regulado. Se o ajuste de tempo no potenciômetro for, por exemplo, de 5 segundos, o temporizador aguardará esse período de tempo, a partir do momento em que a bobina for energizada, e somente então os contatos são invertidos, abrindo 11 e 12 e fechando 11 e 14. Quando a bobina é desligada, o contato comutador retorna imediatamente à posição inicial. Trata-se, portanto, de um relé temporizador com retardo na ligação.



**relé temporizador com
retardo no desligamento**

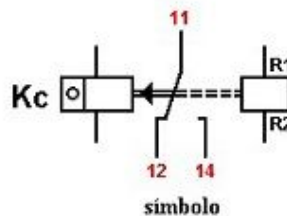
Este outro tipo de relé temporizador apresenta retardo no desligamento. Quando sua bobina é energizada, seu contato comutador é imediatamente invertido. A partir do momento em que a bobina é desligada, o período de tempo ajustado no potenciômetro é respeitado e somente então o contato comutador retorna à posição inicial.

Outro tipo de relé temporizador encontrado em comandos elétricos é o cíclico, também conhecido como relé pisca-pisca. Este tipo de relé possui um contato comutador e dois potenciômetros que controlam individualmente os tempos de retardo de inversão do contato. Quando a bobina é energizada, o contato comutador é invertido ciclicamente, sendo que o potenciômetro da esquerda controla o tempo de inversão do contato, enquanto que o da direita o tempo de retorno do contato a sua posição inicial.



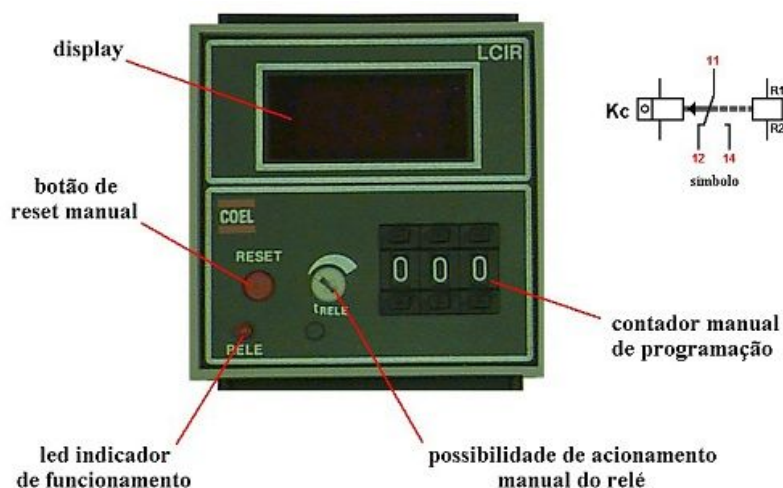
relé temporizador cíclico

Contadores Predeterminadores: os relés contadores registram a quantidade de pulsos elétricos a eles enviados pelo circuito e emitem sinais ao comando quando a contagem desses pulsos for igual ao valor neles programados. Sua aplicação em circuitos elétricos de comando é de grande utilidade, não somente para contar e registrar o número de ciclos de movimentos efetuados por uma máquina mas, principalmente, para controlar o número de peças a serem produzidas, interrompendo ou encerrando a produção quando sua contagem atingir o valor neles determinado.



contador predeterminador

Este contador predeterminador registra em seu display o número de vezes em que sua bobina for energizada ou receber um pulso elétrico de um elemento de entrada de sinal, geralmente de um sensor ou chave fim de curso. Através de uma chave seletora manual, é possível programar o número de pulsos que o relé deve contar, de maneira que, quando a contagem de pulsos for igual ao valor programado na chave seletora, o relé inverte seu contato comutador, abrindo 11/12 e fechando 11/14.



Para retornar seu contato comutador à posição inicial e zerar seu mostrador, visando o início de uma nova contagem, basta emitir um pulso elétrico em sua bobina de reset R1/R2 ou, simplesmente

acionar manualmente o botão reset localizado na parte frontal do mostrador.

Eletricidade Industrial - Elementos de Saída de Sinais

Os componentes de saída de sinais elétricos são aqueles que recebem as ordens processadas e enviadas pelo comando elétrico e, a partir delas, realizam o trabalho final esperado do circuito. Entre os muitos elementos de saída de sinais disponíveis no mercado, os que nos interessam mais diretamente são os indicadores luminosos e sonoros, bem como os solenoides aplicados no acionamento eletromagnético de válvulas hidráulicas e pneumáticas.

Indicadores Luminosos: Os indicadores luminosos são lâmpadas incandescentes ou LEDs, utilizadas na sinalização visual de eventos ocorridos ou prestes a ocorrer. São empregados, geralmente, em locais de boa visibilidade que facilitem a visualização do sinalizador.



símbolo

indicador luminoso

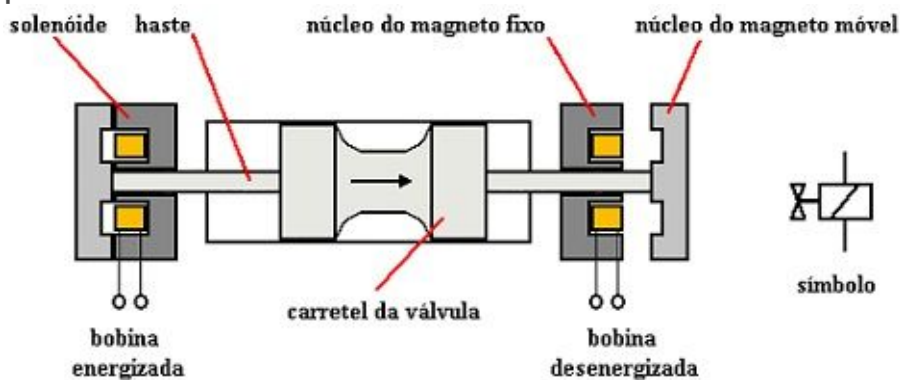
Indicadores Sonoros: os indicadores sonoros são campainhas, sirenes, cigarras ou buzinas, empregados na sinalização acústica de eventos ocorridos ou prestes a ocorrer. Ao contrário dos indicadores luminosos, os sonoros são utilizados, principalmente, em locais de pouca visibilidade onde um sinalizador luminoso seria pouco eficaz.



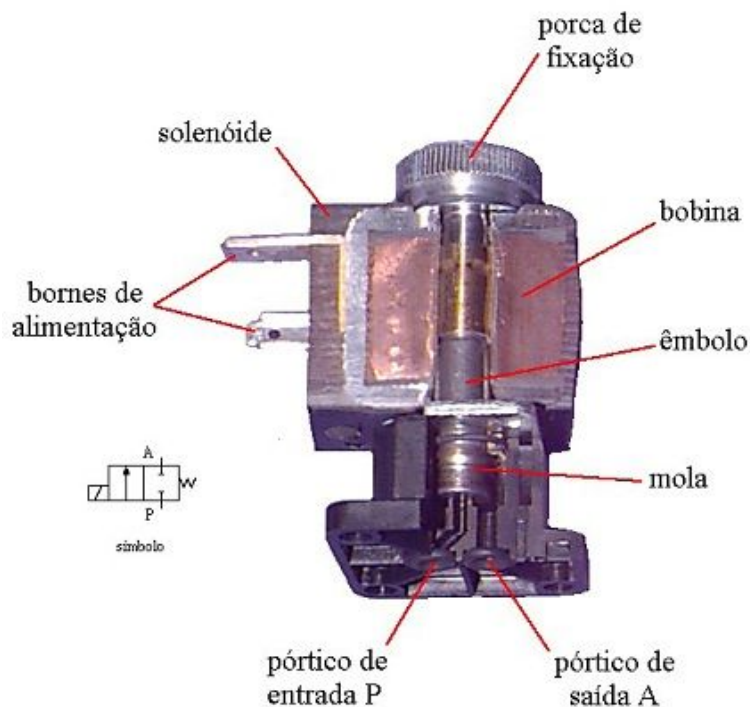
símbolo

sinalizador sonoro

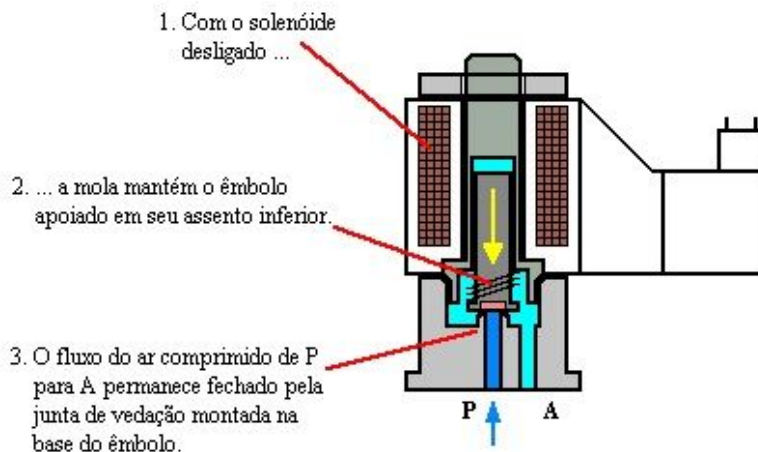
Solenóides: são bobinas eletromagnéticas que, quando energizadas, geram um campo magnético capaz de atrair elementos com características ferrosas, comportando-se como um ímã permanente.



Numa eletroválvula, hidráulica ou pneumática, a bobina do solenoide é enrolada em torno de um magneto fixo, preso à carcaça da válvula, enquanto que o magneto móvel é fixado diretamente na extremidade do carretel da válvula. Quando uma corrente elétrica percorre a bobina, um campo magnético é gerado e atrai os magnetos, o que empurra o carretel da válvula na direção oposta a do solenoide que foi energizado. Dessa forma, é possível mudar a posição do carretel no interior da válvula, por meio de um pulso elétrico.



Em eletroválvulas pneumáticas de pequeno porte, do tipo assento, o êmbolo da válvula é o próprio magneto móvel do solenóide. Quando o campo magnético é gerado, em consequência da energização da bobina, o êmbolo da válvula é atraído, abrindo ou fechando diretamente as passagens do ar comprimido no interior da carcaça da válvula.



CLP - História e Conceitos Básicos

Histórico: o Controlador Lógico Programável, ou simplesmente CLP, surgiu na indústria automobilística, até então um usuário em potencial dos relés eletromagnéticos utilizados para controlar

operações sequenciadas e repetitivas numa linha de montagem. A primeira geração de CLPs utilizou componentes discretos como transistores e CIs com baixa escala de integração. Este equipamento foi batizado nos Estados Unidos como PLC (Programable Logic Control), em português CLP (Controlador Lógico Programável) e este termo é registrado pela Allen Bradley (fabricante de CLPs).

Segundo a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) é um equipamento eletrônico digital com hardware e software compatíveis com aplicações industriais. Definição segundo a NEMA (National Electrical Manufacturers Association) é um aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para o armazenamento interno de instruções para implementações específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, para controlar, através de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos.

Suas Características: basicamente, um controlador programável apresenta as seguintes características:

- Hardware e/ou dispositivo de controle de fácil e rápida programação ou reprogramação, com a mínima interrupção da produção.
- Capacidade de operação em ambiente industrial.
- Sinalizadores de estado e módulos tipo plug-in de fácil manutenção e substituição.
- Hardware ocupando espaço reduzido e apresentando baixo consumo de energia.
- Possibilidade de monitoração do estado e operação do processo ou sistema, através da comunicação com computadores.
- Compatibilidade com diferentes tipos de sinais de entrada e saída.
- Capacidade de alimentar, de forma contínua ou chaveada, cargas que consomem correntes de até 2A.
- Hardware de controle que permite a expansão dos diversos tipos de módulos, de acordo com a necessidade.

- Custo de compra e instalação competitivo em relação aos sistemas de controle convencionais.
- Possibilidade de expansão da capacidade de memória.
- Conexão com outros CLPs através de rede de comunicação.

Aplicações: O controlador programável existe para automatizar processos industriais, sejam de sequenciamento, intertravamento, controle de processos, batelada, etc. Este equipamento tem seu uso tanto na área de automação da manufatura, de processos contínuos, elétrica, predial, entre outras. Praticamente não existem ramos de aplicações industriais onde não se possa aplicar os CLPs, entre elas podemos citar:

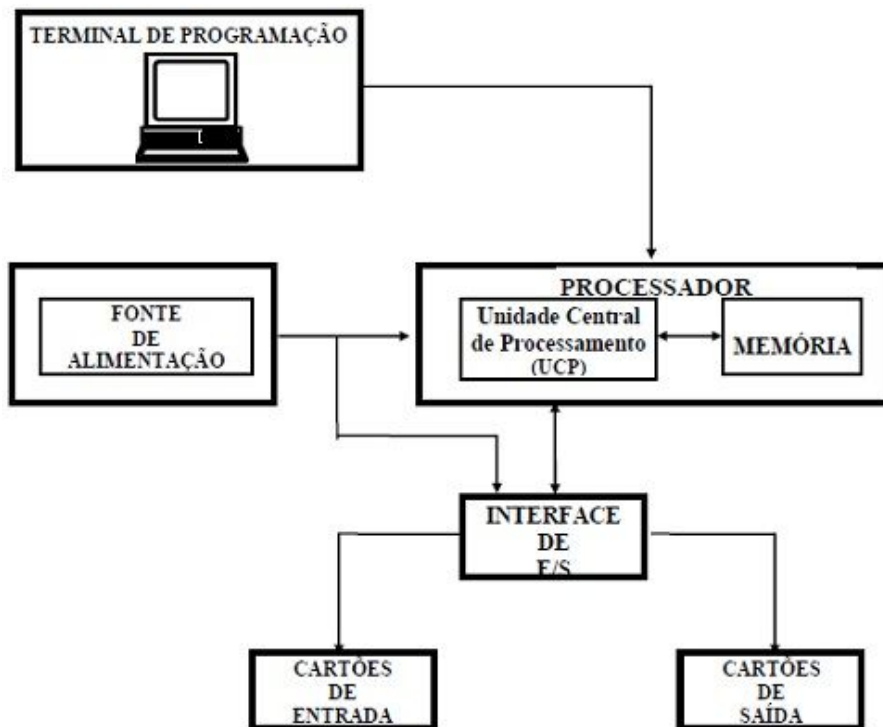
- Máquinas industriais (operatrizes, injetoras de plástico, têxteis, calçados);
- Equipamentos industriais para processos (siderurgia, papel e celulose, petroquímica, química, alimentação, mineração, etc);
- Equipamentos para controle de energia (demanda, fator de carga);
- Controle de processos com realização de sinalização, intertravamento e controle PID;
- Aquisição de dados de supervisão em: fábricas, prédios inteligentes, etc;
- Bancadas de teste automático de componentes industriais;
- e muitos outros.

Com a tendência dos CLPs terem baixo custo, muita inteligência, facilidade de uso e massificação das aplicações, a utilização deste equipamento não será apenas nos processos mas também nos produtos. Poderemos encontrá-lo em produtos eletrodomésticos, eletrônicos, residências e veículos.

Estrutura básica de uma CLP: o controlador programável tem sua estrutura baseada no hardware de um computador, tendo portanto uma unidade central de processamento (UCP), interfaces de

entrada e saída e memórias. As principais diferenças em relação a um computador comum estão relacionadas a qualidade da fonte de alimentação, que possui características ótimas de filtragem e estabilização, interfaces de E/S imune a ruídos e um invólucro específico para aplicações industriais. Temos também um terminal usado para programação do CLP.

O diagrama a seguir ilustra a estrutura básica de um controlador programável:



A Unidade Central de Processamento (UCP) é responsável pelo processamento do programa, isto é, coleta os dados dos cartões de entrada, efetua o processamento segundo o programa do usuário, armazenado na memória, e envia o sinal para os cartões de saída como resposta ao processamento. Geralmente, cada CLP tem uma UCP, que pode controlar vários pontos de E/S (entradas e saídas) fisicamente compactadas a esta unidade - é a filosofia compacta de fabricação de CLPs, ou constituir uma unidade separada, conectada a módulos onde se situam cartões de entrada e saída, - esta é a filosofia modular de fabricação de CLPs. Este processamento poderá ter estruturas diferentes para a execução de um programa, tais como:

- Processamento cíclico;

- Processamento por interrupção;
- Processamento comandado por tempo;
- Processamento por evento.

O sistema de memória é uma parte de vital importância no processador de um controlador programável, pois armazena todas as instruções assim como os dados necessários para executá-las. Existem diferentes tipos de sistemas de memória. A escolha de um determinado tipo depende: do tipo de informação armazenada; da forma como a informação será processada pela UCP. As informações armazenadas num sistema de memória são chamadas palavras de memória, que são formadas sempre com o mesmo número de bits. A capacidade de memória de um CP é definida em função do número de palavras de memória previstas para o sistema.

CLP - Dispositivos de Entrada e Saída

Os dispositivos de entrada e saída são os circuitos responsáveis pela interação entre o homem e a máquina; são os dispositivos por onde o homem pode introduzir informações na máquina ou por onde a máquina pode enviar informações ao homem.

Dispositivos de entrada podemos citar os seguintes exemplos: leitor de fitas magnéticas, leitor de disco magnético, leitor de cartão perfurado, leitor de fita perfurada, teclado, painel de chaves, conversor A/D, mouse, scanner, etc. Estes dispositivos tem por função a transformação de dados em sinais elétricos codificados para a unidade central de processamento.

Dispositivos de saída podemos citar os seguintes exemplos: gravador de fitas magnéticas, gravador de discos magnéticos, perfurador de cartão, perfurador de fita, impressora, vídeo, display, conversor D/A, canal de som, etc. Todos eles tem por função a transformação de sinais elétricos codificados pela máquina em dados que possam ser manipulados posteriormente ou dados que são imediatamente entendidos pelo homem.

Estes dispositivos são conectados à unidade central de processamento por intermédio de "portas" que são interfaces de comunicação dos dispositivos de entrada e saída.

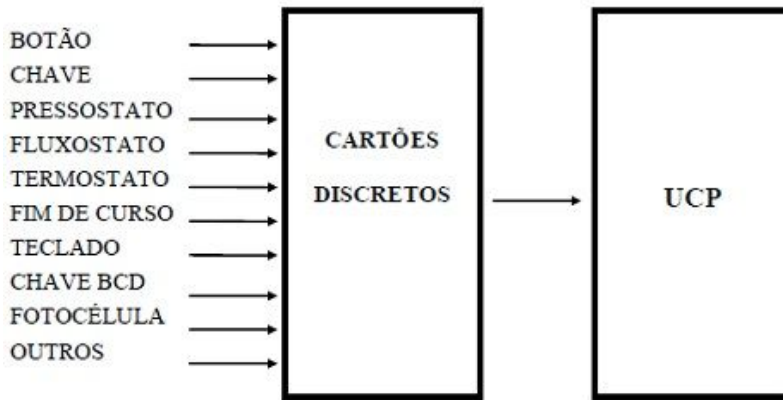
A estrutura de E/S (entradas e saídas) é encarregada de filtrar os vários sinais recebidos ou enviados para os componentes externos do sistema de controle. Estes componentes ou dispositivos no campo podem ser botões, chaves de fim de curso, contatos de relés, sensores analógicos, termopares, chaves de seleção, sensores indutivos, lâmpadas sinalizadoras, display de LEDs, bobinas de válvulas direcionais elétricas, bobinas de relés, bobinas de contadoras de motores, etc.

Em ambientes industriais, estes sinais de E/S podem conter ruído elétrico, que pode causar operação falha da UCP se o ruído alcançar seus circuitos. Desta forma, a estrutura de E/S protege a UCP deste tipo de ruído, assegurando informações confiáveis. A fonte de alimentação das E/S pode também constituir-se de uma única unidade ou de uma série de fontes, que podem estar localizadas no próprio compartimento de E/S ou constituir uma unidade à parte. Os dispositivos do campo são normalmente selecionados, fornecidos e instalados pelo usuário final do sistema do CLP. Assim, o tipo de E/S é determinado, geralmente, pelo nível de tensão (e corrente, nas saídas) destes dispositivos. Os circuitos de E/S são tipicamente fornecidas pelos fabricantes de CLPs em módulos, cada um com 4, 8, 16 ou mais circuitos. Além disso, a alimentação para estes dispositivos no campo deve ser fornecida externamente ao CLP, uma vez que a fonte de alimentação do CLPs é projetada para operar somente com a parte interna da estrutura de E/S e não dispositivos externos.

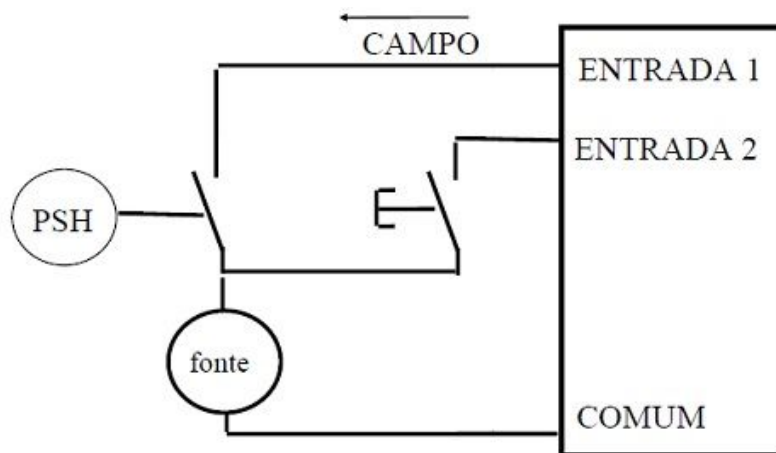
Módulos de entradas: Os módulos de entrada são interfaces entre os sensores localizados no campo e a lógica de controle de um controlador programável. Estes módulos são constituídos de cartões eletrônicos, cada qual com capacidade para receber em certo número de variáveis.

Pode ser encontrado uma variedade muito grande de tipos de cartões, para atender as mais variadas aplicações nos ambientes industriais. Mas apesar desta grande variedade, os elementos que informam a condição de grandeza aos cartões, são do tipo:

- ELEMENTO DISCRETO : Trabalha com dois níveis definidos;
- ELEMENTO ANALÓGICO : Trabalha dentro de uma faixa de valores.
- ELEMENTOS DISCRETOS



A entrada digital com fonte externa é o tipo mais utilizado, também neste caso a característica da fonte de alimentação externa dependerá da especificação do módulo de entrada. Observe que as chaves que acionam as entradas situam-se no campo.



CLP - Terminal de Programação

O terminal de programação é um dispositivo (periférico) que conectado temporariamente ao CLP, permite introduzir o programa do usuário e configuração do sistema. Pode ser um equipamento dedicado, ou seja, um terminal que só tem utilidade como programador de um determinado fabricante de CLP, ou um

software que transforma um computador pessoal em um programador.

Neste periférico, através de uma linguagem, na maioria das vezes, de fácil entendimento e utilização, será feita a codificação das informações vindas do usuário numa linguagem que possa ser entendida pelo processador de um CLP. Dependendo do tipo de Terminal de Programação (TP), poderão ser realizadas funções como:

- Elaboração do programa do usuário;
 - Análise do conteúdo dos endereços de memória;
 - Introdução de novas instruções;
 - Modificação de instruções já existentes;
 - Monitoração do programa do usuário;
 - Cópia do programa do usuário em disco ou impressora.
- Os terminais de programação podem ser classificados em três tipos:
- Terminal Dedicado Portátil;
 - Terminal Dedicado TRC;
 - Terminal não Dedicado;

TERMINAL PORTÁTIL DEDICADO: Os terminais de programação portáteis, geralmente são compostos por teclas que são utilizadas para introduzir o programa do usuário. Os dados e instruções são apresentados num display que fornece sua indicação, assim como a posição da memória endereçada. A maioria dos programadores portáteis são conectados diretamente ao CP através de uma interface de comunicação (serial). Pode-se utilizar da fonte interna do CP ou possuir alimentação própria através de bateria. Com o advento dos computadores pessoais portáteis (Lap-Top), estes terminais estão perdendo sua função, já que pode-se executar todas as funções de programação em ambiente mais amigável, com todas as vantagens de equipamento portátil.

TERMINAL DEDICADO TRC: No caso do Terminal de programação dedicado tem-se como grandes desvantagens seu custo elevado e sua baixa taxa de utilização, já que sua maior utilização se dá na fase de projeto e implantação da lógica de controle. Estes terminais são compostos por um teclado, para introdução de dados/instruções e um monitor (TRC - tubos de raios catódicos) que tem a função de apresentar as informações e condições do processo a ser controlado. Como no caso dos terminais portáteis, com o advento da utilização de computadores pessoais, este tipo de terminal está caindo em desuso.

TERMINAL NÃO DEDICADO - PC: A utilização de um computador pessoal (PC) como terminal de programação é possível através da utilização de um software aplicativo dedicado a esta função. Neste tipo de terminal, tem-se a vantagem da utilização de um micro de uso geral realizando o papel do programador do CLP. O custo deste hardware (PC) e software são bem menores do que um terminal dedicado além da grande vantagem de ter, após o período de implantação e eventuais manutenções, o PC disponível para outras aplicações comuns a um computador pessoal. Outra grande vantagem é a utilização de softwares cada vez mais interativos com o usuário, utilizando todo o potencial e recursos de software e hardware disponíveis neste tipo de computador.

Princípio de Funcionamento de um CLP: Um controlador lógico programável, tem seu funcionamento baseado num sistema de microcomputador onde se tem uma estrutura de software que realiza continuamente ciclos de varredura.

ESTADOS DE OPERAÇÃO: Basicamente a UCP de um controlador programável possui dois estados de operação :

- Programação
- Execução

A UCP pode assumir também o estado de erro, que aponta falhas de operação e execução do programa.

Programação: Neste estado o CP não executa programa, isto é, não assume nenhuma lógica de controle, ficando preparado para ser

configurado ou receber novos programas ou até modificações de programas já instalados. Este tipo de programação é chamada off-line (fora de linha).

Execução: Estado em que o CP assume a função de execução do programa do usuário. Neste estado, alguns controladores, podem sofrer modificações de programa. Este tipo de programação é chamada on-line (em linha).

FUNCIONAMENTO: Ao ser energizado, estando o CP no estado de execução, o mesmo cumpre uma rotina de inicialização gravada em seu sistema operacional. Esta rotina realiza as seguintes tarefas :

- Limpeza da memória imagem, para operandos não retentivos;
- Teste de memória RAM;
- Teste de executabilidade do programa.

Após a execução desta rotina, a UCP passa a fazer uma varredura (ciclo) constante, isto é, uma leitura sequencial das instruções em loop (laço). Entrando no loop, o primeiro passo a ser executado é a leitura dos pontos de entrada. Com a leitura do último ponto, irá ocorrer, a transferência de todos os valores para a chamada memória ou tabela imagem das entradas.

Após a gravação dos valores na tabela imagem, o processador inicia a execução do programa do usuário de acordo com as instruções armazenadas na memória.

Terminando o processamento do programa, os valores obtidos neste processamento, serão transferidos para a chamada memória ou tabela imagem das saídas, como também a transferência de valores de outros operandos, como resultados aritméticos, contagens, etc.

Ao término da atualização da tabela imagem, será feita a transferência dos valores da tabela imagem das saídas, para os cartões de saída, fechando o loop. Neste momento é iniciado um novo loop.

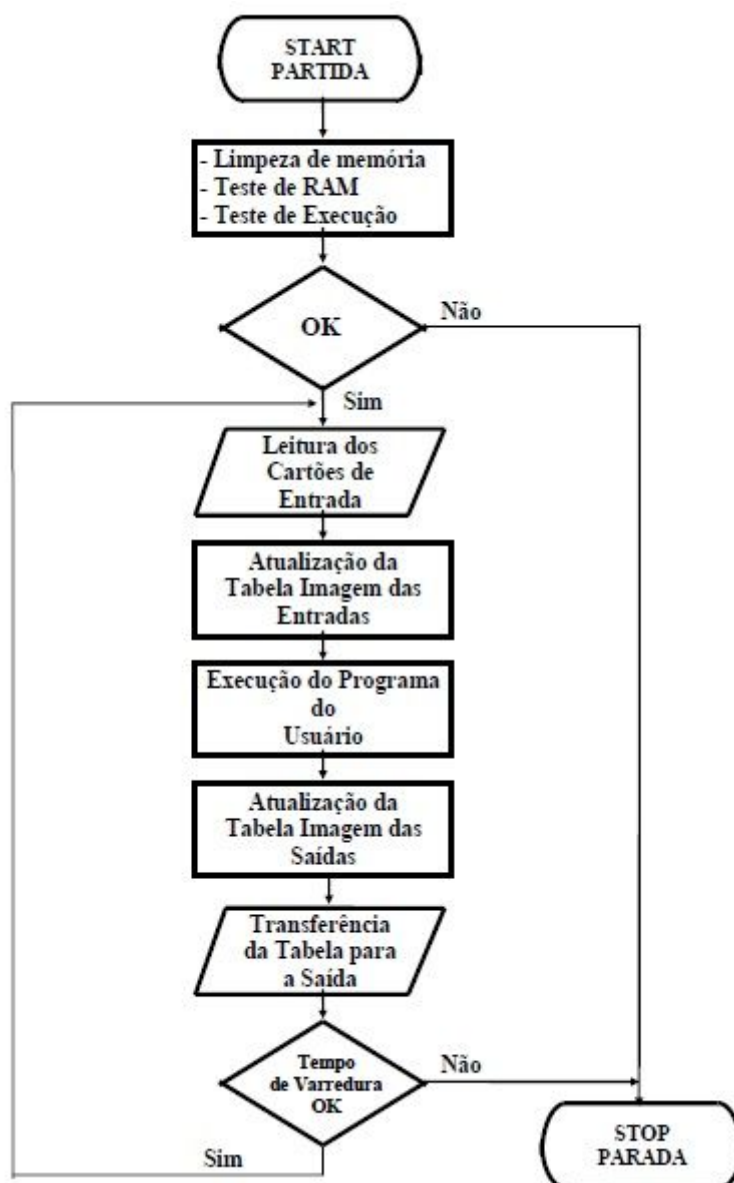
Para a verificação do funcionamento da UCP, é estipulado um tempo de processamento, cabendo a um circuito chamado de

Watch Dog Time supervisioná-lo. Ocorrendo a ultrapassagem deste tempo máximo, o funcionamento da UCP será interrompido, sendo assumido um estado de erro.

O termo varredura ou scan, são usados para um dar nome a um ciclo completo de operação (loop).

O tempo gasto para a execução do ciclo completo é chamado Tempo de Varredura, e depende do tamanho do programa do usuário, e a quantidade de pontos de entrada e saída.

Segue a seguir um fluxograma para você entender melhor o funcionamento de uma CLP



A partir deste ponto em diante teríamos que falar sobre linguagens de programação de uma CLP, programação de rotinas, etc. Porém,

como o foco deste curso é Mecânica Industrial, o assunto referencial sobre CLPs se encerra aqui.

Manutenção Industrial Preditiva - Execução e Análises

Uma empresa vinha desenvolvendo de modo satisfatório um programa de manutenção, porém, o relatório final de produção indicava a possibilidade de aperfeiçoamento no processo. Estudos posteriores revelaram que, para aperfeiçoar o processo com ganhos de produção, era preciso, entre outros procedimentos, incluir a manutenção preditiva no programa de manutenção.

Após muitas reuniões entre dirigentes, gerentes, encarregados, supervisores e operários, chegou-se ao consenso de que a empresa, para instalar um programa de manutenção preditiva, precisaria, antes de qualquer coisa, capacitar uma equipe de manutenção preditiva e orientar todo o pessoal por meio de treinamentos específicos.

Como já visto no curso Mecânica Industrial I, a manutenção preditiva é aquela que indica as condições reais de funcionamento das máquinas com base de dados que informam o seu desgaste ou processo de degradação. Trata-se da manutenção que prediz o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e equipamentos e as condições para que este tempo de vida seja bem aproveitado.

Na Europa, a manutenção preditiva é conhecida pelo nome de manutenção condicional. Já nos Estados Unidos, a manutenção preditiva é conhecida pelo nome de preditiva ou previsional.

Os objetivos da manutenção preditiva são:

- Determinar, antecipadamente, a necessidade de serviços de manutenção numa peça específica de um equipamento
- Eliminar desmontagens desnecessárias para inspeção
- Aumentar o tempo de disponibilidade de equipamentos
- Reduzir o trabalho de emergência não planejado

- Impedir o aumento dos danos
- Aproveitar a vida útil total dos componentes de um equipamento
- Aumentar o grau de confiança no desempenho de um equipamento ou linha de produção
- Determinar previamente as interrupções de fabricação para cuidar dos equipamentos que precisam de manutenção

Por meio destes objetivos, pode-se deduzir que eles estão direcionados a uma finalidade maior e importante: redução de custos de manutenção e aumento da produtividade.

A Execução da Manutenção Preditiva: Para ser executada, a manutenção preditiva exige a utilização de aparelhos adequados, capazes de registrar vários fenômenos, tais como:

- Vibrações das máquinas
- Pressão
- Temperatura
- Desempenho
- Aceleração

Com base no conhecimento e análise dos fenômenos, torna-se possível indicar, com antecedência, eventuais defeitos ou falhas nas máquinas e equipamentos.

A manutenção preditiva, após a análise do fenômeno, adota dois procedimentos para atacar os problemas detectados, estabelece um diagnóstico e efetua uma análise de tendências.

Diagnóstico: Detectada a irregularidade, o responsável terá o encargo de estabelecer, na medida do possível, um diagnóstico referente à origem e à gravidade do defeito constatado. Este diagnóstico deve ser feito antes de se programar o reparo.

– **Análise da tendência da falha:** A análise consiste em prever com antecedência a avaria ou a quebra, por meio de aparelhos que exercem vigilância constante predizendo a necessidade do reparo

Execução: A manutenção preditiva, geralmente, adota vários métodos de investigação para poder intervir nas máquinas e equipamentos. Entre os vários métodos destacam-se os seguintes:

estudo das vibrações; análise dos óleos; análise do estado das superfícies e análises estruturais de peças.

Estudo das Vibrações: Todas as máquinas em funcionamento produzem vibrações que, aos poucos, levam-nas a um processo de deterioração. Esta deterioração é caracterizada por uma modificação da distribuição de energia vibratória pelo conjunto dos elementos que constituem a máquina. Observando a evolução do nível de vibrações é possível obter informações sobre o estado da máquina.

O princípio de análise das vibrações baseia-se na ideia de que as estruturas das máquinas excitadas pelos esforços dinâmicos (ação de forças) dão sinais vibratórios, cuja frequência é igual à frequência dos agentes excitadores.

Se captadores de vibrações forem colocados em pontos definidos da máquina, eles captarão as vibrações recebidas por toda a estrutura. O registro das vibrações e sua análise permitem identificar a origem dos esforços presentes em uma máquina operando.

Por meio da medição e análise das vibrações de uma máquina em serviço normal de produção

detecta-se, com antecipação, a presença de falhas que devem ser corrigidas:

- Rolamentos deteriorados
- Engrenagens defeituosas
- Acoplamentos desalinhados
- Rotores desbalanceados
- Vínculos desajustados
- Eixos deformados
- Lubrificação deficiente
- Folga excessiva em buchas
- Falta de rigidez
- Problemas aerodinâmicos

- Problemas hidráulicos
- Cavitação

Análise dos Óleos: Os objetivos da análise dos óleos são dois: economizar lubrificantes e sanar os defeitos.

Os modernos equipamentos permitem análises exatas e rápidas dos óleos utilizados em máquinas. É por meio das análises que o serviço de manutenção pode determinar o momento adequado para sua troca ou renovação, tanto em componentes mecânicos quanto hidráulicos.

A economia é obtida regulando-se o grau de degradação ou de contaminação dos óleos. Essa regulação permite a otimização dos intervalos de trocas.

A análise dos óleos permite, também, identificar os primeiros sintomas de desgaste de um componente. A identificação é feita a partir do estudo das partículas sólidas que ficam misturadas com o óleo. Tais partículas sólidas são geradas pelo atrito dinâmico entre peças em contato.

A análise dos óleos é feita por meio de técnicas laboratoriais que envolvem vidrarias, reagentes, instrumentos e equipamentos. Entre os instrumentos e equipamentos utilizados temos viscosímetros, centrífugas, fotômetros de chapa, reagentes, espectrômetros, microscópios, etc.. O laboratorista, usando técnicas adequadas, determina as propriedades dos óleos e o grau de contaminantes neles presentes.

As principais propriedades dos óleos que interessam em uma análise são:

- Índice de viscosidade
- Índice de acidez
- Índice de alcalinidade
- Ponto de fulgor
- Ponto de congelamento

Em termos de contaminação dos óleos, interessa saber quanto existe de:

- Resíduos de carbono
- Partículas metálicas
- água

Assim como no estudo das vibrações, a análise dos óleos é muito importante na manutenção preditiva. É a análise que vai dizer se o óleo de uma máquina ou equipamento precisa ou não ser substituído e quando isso deverá ser feito.

Análise do Estado das Superfícies: A análise das superfícies das peças, sujeitas ao desgaste provocados pelo atrito, também é importante para se controlar o grau de deterioração das máquinas e equipamentos.

A análise superficial abrange, além do simples exame visual - com ou sem lupa - várias técnicas analíticas, tais como:

- endoscopia
- holografia
- estroboscopia
- molde e impressão

Análise Estrutural: A análise estrutural de peças que compõe as máquinas e equipamentos também é importante para a manutenção preditiva. É por meio da análise estrutural que se detecta, por exemplo, a existência de fissuras, trincas e bolhas nas peças das máquinas e equipamentos. Em uniões soldadas, a análise estrutural é de extrema importância.

As técnicas utilizadas na análise estrutural são:

- interferometria holográfica
- ultra-sonografia
- radiografia (raios-X)
- gamgrafia (raios gama)
- ecografia

- magnetoscopia
- correntes de Foucault
- infiltração com líquidos penetrantes

Periodicidade dos Controles: A coleta de dados é efetuada periodicamente por um técnico que utiliza sistemas portáteis de monitoramento. As informações recolhidas são registradas numa ficha, possibilitando ao responsável pela manutenção preditiva tê-las em mãos para as providências cabíveis.

A periodicidade dos controles é determinada de acordo com os seguintes fatores:

- número de máquinas a serem controladas
- número de pontos de medição estabelecidos
- duração da utilização da instalação
- caráter “estratégico” das máquinas instaladas
- meios naturais colocados à disposição para a execução dos serviços

Manutenção Industrial Preditiva – Periodicidade dos Controles

A coleta de dados é efetuada periodicamente por um técnico que utiliza sistemas portáteis de monitoramento. As informações recolhidas são registradas numa ficha, possibilitando ao responsável pela manutenção preditiva tê-las em mãos para as providências cabíveis.

A periodicidade dos controles é determinada de acordo com os seguintes fatores:

- número de máquinas a serem controladas
- número de pontos de medição estabelecidos
- duração da utilização da instalação

- caráter “estratégico” das máquinas instaladas
- meios naturais colocados à disposição para a execução dos serviços

Vantagens da Manutenção Preditiva:

- Aumento da vida útil do equipamento
- controle dos materiais (peças, componentes, partes, etc) e melhor gerenciamento
- diminuição dos custos dos reparos
- melhoria da produtividade na empresa
- diminuição dos estoques de produção
- limitação da quantidade de peças de reposição
- melhoria da segurança
- credibilidade do serviço oferecido
- motivação do pessoal da manutenção

Limites Técnicos da Manutenção Preditiva: A eficácia da manutenção preditiva está subordinada à eficácia e à confiabilidade dos parâmetros de medida que a caracterizam.

Análise de Falhas de Máquinas

As origens de falhas das máquinas estão nos danos sofridos pelas peças componentes.

A máquina nunca quebra totalmente de uma só vez, mas para de trabalhar quando alguma parte vital de seu conjunto se danifica.

A parte vital pode estar no interior da máquina, no mecanismo de transmissão, no comando ou nos controles. Pode, também, estar no exterior, em partes rodantes ou em acessórios. Por exemplo, um pneu é uma parte rodante vital para que um caminhão funcione,

assim como um radiador é um acessório vital para o bom funcionamento do motor

A origem dos danos pode ser agrupada da seguinte maneira:

- erros de especificação ou de projeto
- falhas de fabricação
- instalação imprópria
- manutenção imprópria
- operação imprópria

Análise de falhas de máquinas - Origem dos danos

Erros de especificação ou de projeto: a máquina ou alguns de seus componentes não correspondem às necessidades de serviço. Nesse caso os problemas, com certeza, estarão nos seguintes fatores: dimensões, rotações, marchas, materiais, tratamentos térmicos, ajustes, acabamentos superficiais ou, ainda, em desenhos errados.

Falhas de Fabricação: a máquina, com componentes falhos, não foi montada corretamente. Nessa situação pode ocorrer o aparecimento de trincas, inclusões, concentração de tensões, contatos imperfeitos, folgas exageradas ou insuficientes, empeno ou exposição de peças a tensões não previstas no projeto.

Instalação imprópria: trata-se de desalinhamento dos eixos entre o motor e a máquina acionada. Os desalinhamentos surgem devido aos seguintes fatores:

- fundação (local de assentamento da máquina) sujeita a vibrações
- sobrecargas
- trincas
- corrosão

Manutenção Imprópria: trata-se da perda de ajustes e da eficiência da máquina em razão dos seguintes fatores:

- sujeira
- falta momentânea ou constante de lubrificação
- superaquecimento por causa do excesso ou insuficiência da viscosidade do lubrificante
- falta de reparos
- falhas de controle de vibrações

Operação Imprópria: trata-se de sobrecarga, choques e vibrações que acabam rompendo o componente mais fraco da máquina. Esse rompimento, geralmente, provoca danos em outros componentes ou peças da máquina. Salientemos que não estão sendo consideradas medidas preventivas a respeito de projetos ou desenhos, mas das falhas originadas nos erros de especificação, de fabricação, de instalação, de manutenção e de operação que podem ser minimizados com um controle melhor. As falhas são inevitáveis quando aparecem por causa do trabalho executado pela máquina. Nesse aspecto, a manutenção restringe-se à observação do progresso do dano para que se possa substituir a peça no momento mais adequado. É assim que se procede, por exemplo com os dentes de uma escavadeira que vão se desgastando com o tempo de uso.

Análise de danos e defeitos: a análise de danos e defeitos de peças tem duas finalidades:

- apurar a razão da falha, para que sejam tomadas medidas objetivando a eliminação de sua repetição
- alertar o usuário a respeito do que poderá ocorrer se a máquina for usada ou conservada inadequadamente.

Para que a análise possa ser bem-feita, não basta examinar a peça que acusa a presença de falhas.

É preciso, de fato, fazer um levantamento de como a falha ocorreu, quais os sintomas, se a falha já aconteceu em outra ocasião, quanto tempo a máquina trabalhou desde sua aquisição, quando foi realizada a última reforma, quais os reparos já feitos na

máquina, em quais condições de serviço ocorreu a falha, quais foram os serviços executados anteriormente, quem era o operador da máquina e por quanto tempo ele a operou.

Enfim, o levantamento deverá ser o mais minucioso possível para que a causa da ocorrência fique perfeitamente determinada.

Evidentemente, uma observação pessoal das condições gerais da máquina e um exame do seu dossiê (arquivo ou pasta) são duas medidas que não podem ser negligenciadas.

O passo seguinte é diagnosticar o defeito e determinar a sua localização, bem como decidir sobre a necessidade de desmontagem da máquina.

A desmontagem completa deve ser evitada, porque é cara e demorada, além de comprometer a produção, porém, às vezes, ela é inevitável. É o caso típico do dano causado pelo desprendimento de limalhas que se espalham pelo circuito interno de lubrificação ou pelo circuito hidráulico de uma máquina.

Após a localização do defeito e a determinação da desmontagem, o responsável pela manutenção deverá colocar na bancada as peças interligadas, na posição de funcionamento. Na hora da montagem não podem faltar ou sobrar peças!!!

As peças não devem ser limpas na fase preliminar e sim na fase do exame final. A limpeza deverá ser feita pelo próprio analisador, para que não se destruam vestígios que podem ser importantes. Após a limpeza, as peças devem ser etiquetadas para facilitar na identificação e na sequência de montagem da máquina.

Características Gerais de Danos e Defeitos em Máquinas

Os danos e defeitos de peças, geralmente, residem nos chamados intensificadores de tensão, e estes são causados por erro de projeto ou especificações. Se os intensificadores de tensão residem no erro de projeto, a forma da peça é o ponto crítico a ser examinado, porém, se os intensificadores de tensão residem nas especificações, estas são as que influirão na estrutura interna das peças.

O erro mais frequente na forma da peça é a ocorrência dos famosos cantos vivos.

Quanto ocorre mudança brusca de seção em uma peça, os efeitos são praticamente iguais aos provocados por cantos vivos.

Por outro lado, se os cantos forem excessivamente suaves, um único caso é prejudicial. Trata-se do caso do excesso de raio de uma peça em contato com outra.

Por exemplo, a tensão provocada pelo canto de um eixo rolante, com excesso de raio, dará início a uma trinca que se propagará em toda a sua volta.

Cabos de aço: Os cabos de aço, ao serem instalados, não devem apresentar nós nem ser atritados na lateral de polias - por onde passarão - e muito menos no solo! Nós e atritos indesejados diminuem a vida útil dos cabos de aço.

Quando em serviço, os cabos de aço podem apresentar os seguintes defeitos:

- cabo rompido - em caso de rompimento de um cabo novo ou seminovo e o cabo mantendo-se reto, a causa provável é o excesso de carga ou choque

- “gaiola de passarinho” - é provocada pelo choque de alívio de tensão, ou seja, quando a tensão provavelmente excessiva, é aliviada instantaneamente.

- Cabo amassado - o fenômeno ocorre devido ao cruzamento de cabos sobre o tambor ou da subida deles sobre a quina da canaleta das polias. O problema é evitado mantendo o cabo esticado de forma tal que ele tenha um enrolamento perfeito no tambor.

Quebra de fios externos: este fenômeno ocorre em razão das seguintes causas:

- diâmetro da polia ou tambor excessivamente pequenos

- corrosão

- abrasão desuniforme

- excesso de tempo de trabalho do cabo

As causas de quebra de fios externos devem ser eliminadas. Para evitar a corrosão de cabos de aço, estes deverão ser lubrificados e, no caso de cabos que já atingiram o limite de vida útil, devem ser substituídos por novos. Se o problema for incompatibilidade entre o diâmetro da polia ou do tambor com o diâmetro do cabo, deve-se trocar ou o cabo ou a polia, ou o tambor.

Ondulação: trata-se do deslizamento de uma ou mais pernas por causa da fixação imprópria ou do rompimento da alma do cabo de aço. Neste caso a fixação deverá ser corrigida.

Chavetas: chavetas são utilizadas para fixar elementos dos mecanismos sobre eixos. Suas dimensões são, usualmente, mais do que suficientes para a transmissão de forças existentes nas máquinas.

Na substituição de chavetas, é preciso considerar o acabamento superficial, bem como o ajuste e o arredondamento dos cantos para evitar o atrito excessivo.

Os canais de chaveta devem estar em boas condições, principalmente quanto à perpendicularidade, pois além dos esforços de cisalhamento, as chavetas sofrem torção. O esforço de torção tende a virar as chavetas em suas sedes.

Para evitar o efeito de cunha que poderia partir o cubo do elemento colocado no eixo, a chaveta exige um perfeito ajuste no sentido lateral e vertical.

Outro ponto a observar é o acabamento dos cantos, que devem apresentar o chanfro ou o raio reto um pouco maior do que os cantos do rasgo para evitar o surgimento de fissuras e de trincas.

Em condições favoráveis, pode-se trocar uma chaveta paralela por uma do tipo meia-lua. A chaveta tipo meia-lua praticamente elimina problemas com torção, especialmente se o eixo na qual ela irá atuar for temperado.

Molas: uma mola devidamente especificada durará muito tempo. Em caso de abuso, apresentará os seguintes danos: quebra - causada por excesso de flexão ou torção. Recomenda-se aplicar um coxim

ou encosto no fim do curso previsto da mola. Esta medida fará com que a mola dure mais tempo sem quebrar.

Flambagem: ocorre em molas helicoidais longas, por falta de guias. A flambagem pode ser corrigida por meio da verificação do esquadro de apoios. Recomenda-se aplicar guia interno ou externo, devidamente lubrificado

Amolecimento: causado por superaquecimento presente no ambiente ou por esforço de flexão. Recomenda-se diminuir a frequência ou curso de flexões. Recomenda-se, também, aplicar uma mola dupla com seção menor.

Manutenção Eletromecânica

Uma máquina industrial apresentou um defeito. O operador chamou a manutenção mecânica, que solucionou o problema.

Indagado sobre o tipo de defeito encontrado, o mecânico de manutenção disse que estava na parte elétrica, mas que ele, como mecânico, conseguiu resolver.

Máquinas eletromecânicas: são combinações de engenhos mecânicos com circuitos elétricos e eletrônicos capazes de comandá-los. Defeitos nessas máquinas tanto podem ser puramente mecânicos como mistos, envolvendo também a parte eletromecânica, ou então puramente elétricos ou eletrônicos.

Com três áreas tecnológicas bem distintas nas máquinas, uma certa divisão do trabalho de manutenção é necessária. Há empresas que mantêm os mecânicos de manutenção, os eletricistas e os eletrônicos em equipes separadas.

É interessante notar que a boa divisão do trabalho só dá certo quando as equipes mantêm constantes a troca de informação e ajuda mútua. Para facilitar o diálogo entre as equipes, é bom que elas conheçam um pouco das outras áreas.

Um técnico eletrônico com noções de mecânica deve decidir bem melhor quanto à natureza de um defeito do que aquele desconhecedor da mecânica. O mecânico com alguma base

eletrônica tanto pode diferenciar melhor os defeitos como até mesmo resolver alguns problemas mistos.

Conhecimentos sobre tensão, corrente e resistência elétricas são imprescindíveis para quem vai fazer manutenção em máquinas eletromecatrônicas.

Tensão Elétrica (U): É a força que alimenta as máquinas. A tensão elétrica é medida em volt (V). As instalações de alta tensão podem atingir até 15.000 volts. As mais comuns são as de 110V, 220V e 380V. Pode ser contínua (a que tem polaridade definida) ou alternada.

Corrente elétrica (I): É o movimento ordenado dos elétrons no interior dos materiais submetidos a tensões elétricas. A corrente elétrica é medida em ampere (A). Sem tensão não há corrente, e sem corrente as máquinas elétricas param. A corrente elétrica pode ser contínua (CC) ou alternada (CA).

Resistência Elétrica (R): É a oposição à passagem de corrente elétrica que todo material oferece. Quanto mais resistência elétrica, menos corrente. Máquinas elétricas e componentes eletrônicos sempre apresentam uma resistência característica. A medida da resistência, cujo valor é expresso em ohm, é um indicador da funcionalidade das máquinas e de seus componentes.

Aparelhos Elétricos: Os aparelhos elétricos mais utilizados na manutenção eletromecânica são: voltímetro, amperímetro, ohmímetro, multímetro e osciloscópio. Os aparelhos elétricos podem ser digitais ou dotados de ponteiros. Os dotados de ponteiros são chamados de analógicos.

Voltímetro: É utilizado para medir a tensão elétrica tanto contínua (VC) quanto alternada (VA).

Amperímetro: É utilizado para medir a intensidade da corrente elétrica (CC) e alternada (CA).

Ohmímetro: É utilizado para medir o valor da resistência elétrica.

Multímetro: Serve para medir a tensão, a corrente e a resistência elétrica.

Osciloscópio: Permite visualizar gráficos de tensões elétricas variáveis e determinar a frequência de uma tensão alternada.

Medidas Elétricas: Para se medir a tensão, a corrente e a resistência elétricas com o uso de aparelhos elétricos, devem ser tomadas as seguintes providências:

- Escolher o aparelho com a escala adequada
- Conectar os fios ao aparelho
- Conectar as pontas de prova em pontos distintos do objeto em análise

Medida de tensão: A medida de tensão elétrica é feita conectando as pontas de prova do aparelho aos dois pontos onde a tensão aparece. Por exemplo, para se medir a tensão elétrica de uma pilha com um multímetro, escolhe-se uma escala apropriada para medida de tensão contínua e conecta-se a ponta de prova positiva (geralmente vermelha) ao polo positivo da pilha, e a ponta negativa (geralmente preta) ao polo negativo.

Em multímetros digitais o valor aparece diretamente no mostrador. Nos analógicos, deve-se observar o deslocamento do ponteiro sobre a escala graduada para se determinar o valor da tensão. Nas medidas de tensão alternada, a polaridade das pontas de prova não se aplica.

Medida de corrente: A corrente elétrica a ser medida deve passar através do aparelho. Para isso, interrompe-se o circuito cuja corrente deseja-se medir: o aparelho entra no circuito, por meio das duas pontas de prova, como se fosse uma ponte religando as partes interrompidas.

Em sistemas de corrente contínua, deve-se observar a polaridade das pontas de prova.

Em circuitos de alta corrente, muitas vezes é inconveniente e perigosa a interrupção do circuito para medições. Em casos assim, faz-se uma medição indireta, utilizando-se um modelo de amperímetro, denominado “alicate”, que abraça o condutor percorrido por corrente. O aparelho capta o campo eletromagnético existente ao redor do condutor e indica uma corrente proporcional à intensidade do campo.

Medida de resistência: As medidas de resistência devem ser feitas, sempre, com o circuito desligado, para não danificar o aparelho. Conectam-se as pontas de prova do aparelho aos dois pontos onde se deseja medir a resistência.

O aparelho indica a resistência global do circuito, a partir daqueles dois pontos. Quando se deseja medir a resistência de um componente em particular, deve-se desconectá-lo do circuito.

Pane Elétrica: Diante de uma pane elétrica, deve-se verificar primeiramente a alimentação elétrica, checando a tensão da rede e, depois, os fusíveis. Os fusíveis são componentes elétricos que devem apresentar baixa resistência à passagem da corrente elétrica. Intercalados nos circuitos elétricos, eles possuem a missão de protegê-los contra as sobrecargas de corrente.

De fato, quando ocorre uma sobrecarga de corrente que ultrapassa o valor da corrente suportável por um fusível, este “queima”, interrompendo o circuito.

Em vários modelos de fusível, uma simples olhada permite verificar suas condições. Em outros modelos é necessário medir a resistência.

Em todos os casos, ao conferir as condições de um fusível, deve-se desligar a máquina da rede elétrica. Fusível “queimado” pode ser um sintoma de problema mais sério. Por isso, antes de simplesmente trocar um fusível, é bom verificar o que ocorreu com a máquina, perguntando, olhando, efetuando outras medições e, se necessário, pedir auxílio a um profissional especializado na parte elétrica.

Resistência, aterramento e continuidade

Resistência de entrada: A resistência elétrica reflete o estado geral de um sistema. Podemos medir a resistência geral de uma máquina simplesmente medindo a resistência a partir dos seus dois pontos de alimentação. Em máquinas de alimentação trifásica, mede-se a resistência entre cada duas fases por vez. Essa resistência geral é denominada de resistência de entrada na máquina.

Qual a resistência elétrica de entrada de uma máquina em bom estado? Esta pergunta não tem resposta direta. Depende do tipo de máquina, porém, duas coisas podem ser ditas.

1. Se a resistência de entrada for zero, a máquina está em curto-circuito. Isto fatalmente levará à queima de fusível quando ligada. Assim é natural que o curto-circuito seja removido antes de ligar a máquina.

- Quando ocorre um curto circuito, a resistência elétrica do trecho percorrido pela corrente é muito pequena, considerando que as resistências elétricas dos fios de ligação são praticamente desprezíveis. Assim, pela lei de Ohm, se U (tensão) é constante e R (resistência) tende a zero, necessariamente I (corrente) assume valores elevados. Essa corrente é a corrente de curto-circuito.

- Um circuito em curto pode se aquecer exageradamente e dar início a um incêndio. Para evitar que isso ocorra, os fusíveis do circuito devem estar em bom estado para que, tão logo a temperatura do trecho “em curto” aumente, o filamento do fusível funda e interrompa a passagem da corrente.

2. Se a resistência de entrada for muito grande, a máquina estará com o circuito de alimentação interrompido e não funcionará até que o defeito seja removido.

- Vimos a importância da medida da resistência na entrada de alimentação elétrica. No caso em que a resistência for zero, podemos dizer ainda que a máquina está sem isolamento entre os pontos de alimentação.

Aterramento: Instalações elétricas industriais costumam possuir os fios “fase”, “neutro” e um fio chamado de “terra”. Trata-se de um fio

que de fato é ligado à terra por meio de uma barra de cobre em área especialmente preparada.

O fio neutro origina-se de uma ligação à terra no poste da concessionária de energia elétrica. A resistência ideal entre neutro e terra deveria ser zero, já que o neutro também encontra-se ligado à terra, mas a resistência não é zero.

Até chegar às tomadas, o fio neutro percorre longos caminhos. Aparece uma resistência entre o neutro e terra, que todavia não deve ultrapassar 3 ohms, sob pena de o equipamento não funcionar bem. Assim, um teste de resistência entre neutro e terra pode ser feito com ohmímetro, porém, sempre com a rede desligada.

O fio terra sempre cumpre uma função de proteção nas instalações. As carcaças dos equipamentos devem, por norma, ser ligadas ao fio terra. Assim a carcaça terá sempre um nível de tensão de zero volts, comparado com o chão em que pisamos. Nesse caso, dizemos que a carcaça está aterrada, isto é, está no mesmo potencial elétrico que a terra.

Opostamente uma carcaça desaterrada, pode receber tensões elétricas acidentalmente (um fio desencapado no interior da máquina pode leva a isto) e machucar pessoas. Por exemplo, se alguém tocar na carcaça e estiver pisando no chão (terra), fica submetido a uma corrente elétrica (lembre-se de que a corrente circula sempre para o neutro, isto é, para a terra) levando um choque, que poderá ser fatal, dependendo da intensidade da corrente e do caminho que ela faz ao percorrer o corpo.

O isolamento entre a carcaça dos equipamentos e o terra pode ser verificada medindo-se o valor da resistência que deve ser zero. Nas residências, é sempre bom manter um sistema de aterramento para aparelhos como geladeiras, máquinas de lavar e principalmente chuveiros. Um chuveiro elétrico sem aterramento é uma verdadeira cadeira elétrica.

Continuidade: Outros problemas simples podem ser descobertos medindo a resistência dos elementos de um circuito. Por exemplo, por meio da medida de resistência, podemos descobrir se há mau contato, se existe um fio quebrado ou se há pontos de oxidação nos elementos de um circuito. Resumindo, para se saber se existe

continuidade em uma ligação, basta medir a resistência entre as duas pontas. Este procedimento é recomendado sempre que se tratar de percursos não muito longos.

Elementos Eletrônicos

Blocos Eletrônicos: Blocos são conjuntos de circuitos eletrônicos e as máquinas que possuem eletrônica embutida, em geral possuem estes blocos bem distintos.

Em quase todas as máquinas aparece um bloco chamado fonte. A fonte converte a tensão elétrica alternada da rede, em tensões apropriadas para o funcionamento dos outros blocos eletrônicos. Se tivermos acesso à fonte, podemos medir as tensões que ela fornece diretamente no seu conector de saída. Nesse caso, procuramos o terra da fonte, que pode estar sinalizado, ou então medir as tensões em relação à carcaça do aparelho.

A seguir comparamos os valores medidos com os especificados na própria fonte ou em sua documentação. Se houver diferenças nos valores, dois problemas podem estar ocorrendo: ou a fonte está com problemas ou então ela não está suportando a ligação com os outros blocos.

Para saber se a fonte está com defeito, deve-se desconectá-la dos outros blocos e verificar se as diferenças persistem. Se a fonte não estiver suportando a ligação com os outros blocos, ao ser desconectada as tensões voltam ao normal. O defeito, em suma, pode estar na fonte como em alguns dos blocos.

Placas de Controle: São placas de fibra de vidro ou fenolite, nas quais se imprimem trilhas de material condutor, geralmente cobre, para ligações de circuitos. Os componentes eletrônicos, discretos e integrados, são soldados e ficam imóveis na placa. Alguns componentes podem ser colocados por meio de soquetes. As placas de controle podem estar soqueteadas em gabinetes, armários, etc. formando um módulo de controle.

Placas de controle funcionam com baixa tensão (3.3V, 5V, 12V tipicamente) podendo ter valores positivos ou negativos. Formam a parte inteligente de um ciclo realimentado com servomotores, por exemplo. Quando não vão bem, todo o sistema vai mal.

A manutenção das placas de controle começa com a verificação das tensões e das conexões. Maus contatos entre as placas e seus conectores são sanados facilmente, bastando retirar as placas e limpar seus pontos de contato com borracha de apagar lápis. Depois é só recolocá-las no lugar. Se componentes soqueteados apresentarem problemas, basta retirá-los dos soquetes, limpar seus

terminais e recolocá-los novamente nos respectivos soquetes.

Placas de Acionamento: São as placas que contém os circuitos eletrônicos que vão trabalhar com correntes mais altas. Os componentes típicos nestas placas são:

- Transistores – mais empregados em acionamentos com corrente contínua.
- Tiristores (SRC, DIAC, TRIAC) – usados em acionamentos com correntes contínua e alternada.
- Circuitos integrados – são digitais ou analógicos, de baixa ou alta potência.
- Resistores de potência – são normalmente de tamanho grande.

As placas de acionamento podem estar soqueteadas em gabinetes, armários, etc. formando um módulo de acionamento.

A função das placas de acionamento é fornecer as formas de onda e os valores adequados de tensão para fazer as cargas funcionarem bem. Quando não operam adequadamente, as cargas apresentam alguma anormalidade: motores podem disparar, desandar, parar...

Um módulo de acionamento possui, pelo menos três conexões:

- Com a fonte
- Com as placas de controle
- Com as cargas e o sistema de acionamento, se houver.

As tensões de alimentação, bem como a continuidade das conexões de um módulo de acionamento, podem ser verificadas facilmente.

Motores Elétricos: As máquinas elétricas responsáveis pelo movimento são os motores elétricos. Recebem energia elétrica e a convertem em energia mecânica que fica disponível em seu eixo.

Os motores elétricos, quanto à forma de corrente, classificam-se em:

- Motores CC
- Motores CA monofásicos
- Motores CA trifásicos
- Motores universais para CA e CC

Quanto ao movimento, os motores elétricos classificam-se em:

- Motores síncronos (com velocidade proporcional à frequência da rede)
- Motores assíncronos (com velocidade variável de acordo com a carga movimentada)
- Motores de passo (de corrente contínua que gira um passo a cada troca correta nas correntes em seus enrolamentos estatores)
- Servo-motores (com sensoriamento acoplado ao eixo)

Antes de qualquer ação da manutenção em um motor, deve-se verificar o tipo de corrente que o alimenta e como se dará seu movimento.

Em geral, todo motor elétrico possui um rotor (elemento girante) e um estator (elemento estático). A corrente elétrica é aplicada aos enrolamentos do estator e flui também nos enrolamentos do rotor, exceto nos motores de passos cujos estatores não possuem enrolamento.

Podemos verificar as ligações entre os módulos de acionamento e medir as tensões de alimentação. A verificação do movimento do motor, se possível, deve ser feita com carga e sem carga.

Sensoriamento: Os sistemas eletrônicos controlados possuem sensores. Os principais são:

- De contato
- De proximidade
- De carga
- De temperatura
- Fotosensores
- Encoders (em servomotores)
- Resolvers (em servomotores)

O mau funcionamento de um sensor leva a falhas de acionamento. Pense num sistema com sensor de contato para indicar o fim de curso de um pistão hidráulico. Ora, se o sensor estiver com defeito, simplesmente o curso do pistão não é detectado, e uma sequência programada pode ser interrompida

Imagine um encoder que auxilie no controle de velocidade de um servomotor. Ora, se o encoder não fornecer os sinais eletrônicos proporcionais à velocidade do motor, este pode disparar, parar, trabalhar descontroladamente, etc.

Em manutenção, as ligações elétricas entre os sensores e os demais dispositivos podem ser verificadas. Ensaios de simulação com sensores podem ser executados. Por exemplo, consideremos um fotosensor que capta a passagem de peças por uma esteira. Podemos efetuar uma simulação, introduzindo um objeto na esteira, e verificar a resposta elétrica medindo a tensão nos terminais do fotosensor diante desta situação. Isto é possível de ser feito porque todo sensor eletrônico fornece uma variação de tensão a partir de um estímulo externo por ele reconhecido.

Sinalização: São módulos que procuram fornecer sinais úteis para o operador do equipamento ou mesmo para quem vai fazer a manutenção. Os sinais normalmente são luminosos ou sonoros. Diversos equipamentos eletrônicos possuem programas internos de autodiagnóstico. Quando uma falha é detectada, o sistema informa, podendo também dar indicações de possíveis causas, como apontar a placa defeituosa.

Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) possuem LEDs que indicam o estado das saídas (ligada/desligada). Tudo isto fornece pistas do que se passa com um sistema.

Os sistemas devem estar o mais possível livres de poeira, cavacos, fumaça e outros poluentes.

Os terminais metálicos dos fios, cabos ou conectores de ligação entre os módulos devem estar livres de oxidação.

Fios, cabos e chicotes que de qualquer maneira se movimentam na máquina ou no sistema, devem ser revisados periodicamente, pois a continuidade da operação pode ser interrompida por causa da fadiga que o material condutor sofre com o tempo.

Em casos em que o problema seja crítico, as soldas dos componentes também devem ser revistas.

“Conselhos”: Quando se constata um defeito em um módulo, o melhor a fazer é substituí-lo por outro em bom estado. O módulo defeituoso deve ser levado para um laboratório, com os equipamentos necessários para o conserto.

Os módulos eletrônicos são reparados de duas maneiras:

- Primeiro, pode-se medir as resistências elétricas de componentes suspeitos, comparar com os valores de um módulo bom e substituir os defeituosos. Tudo isto com o módulo desligado.

- O segundo caminho consiste em ligar a alimentação e, de posse de esquemas elétricos do módulo – aqui se requer um conhecimento mais profundo de eletrônica – acompanhar as tensões elétricas ao longo dos circuitos até descobrir o(s) componente(s) causador(es) do defeito.

Lubrificação Industrial - Conceito e Aplicação

A lubrificação é uma operação que consiste em introduzir uma substância apropriada entre superfícies sólidas que estejam em contato entre si e que executam movimentos relativos. Essa substância apropriada normalmente é um óleo ou uma graxa que impede o contato direto entre as superfícies sólidas.

Objetivos da Lubrificação: Quando recobertos por um lubrificante, os pontos de atrito das superfícies sólidas fazem com que o atrito sólido seja substituído pelo atrito fluído, ou seja, em atrito entre uma superfície sólida e um fluído. Nessas condições o desgaste entre as superfícies será bastante reduzido.

Além dessa redução do atrito, outros objetivos são alcançados com a lubrificação, se a substância escolhida for selecionada corretamente:

- menor dissipação de energia na forma de calor
- redução da temperatura, pois o lubrificante também refrigera
- redução da corrosão
- redução de vibrações e ruídos
- redução do desgaste

Lubrificantes: Os lubrificantes podem ser:

- gasosos como o ar
- líquidos como os óleos em geral
- semissólidos como as graxas
- sólidos como o talco, a mica a grafita, etc.

Contudo os lubrificantes mais práticos e de uso diário são os líquidos e os semissólidos, ou seja: os ÓLEOS e as GRAXAS

Classificação dos Óleos quanto à origem: quanto à origem, os óleos podem ser classificados em quatro categorias:

- Óleos minerais: são substâncias obtidas a partir do petróleo e, de acordo com sua estrutura molecular, são classificadas em óleos parafínicos ou óleos naftênicos.

- Óleos vegetais: são extraídos de sementes: soja, girassol, milho, algodão, arroz, mamona, oiticica, babaçu, etc. São ecologicamente corretos e se degradam com o tempo
- Óleos animais: são extraídos de animais, como a baleia, o cachalote, o bacalhau, a capivara, etc. Possui pouca aplicação na indústria em geral
- Óleos sintéticos: são produzidos em indústrias químicas que utilizam substâncias orgânicas e inorgânicas para fabricá-los. Estas substâncias podem ser silicones, ésteres, resinas, glicerinas, etc.

Aplicação dos Óleos: Os óleos animais e vegetais raramente são utilizados isoladamente como lubrificantes, por causa da sua baixa resistência à oxidação, quando comparados a outros tipos de lubrificantes.

Em vista disso, eles geralmente são adicionados aos óleos minerais com a função de atuar como agentes de oleosidade. A mistura assim obtida apresenta características eficientes para lubrificação, especialmente em regiões de difícil lubrificação.

Alguns óleos vegetais são utilizados na alimentação humana, também na lubrificação de elementos de máquinas, como engrenagens de redutores de velocidade e diferenciais.

Os óleos sintéticos são de aplicação mais rara em função de seu elevado custo, e são utilizados, principalmente, nos casos em que outros tipos de substâncias não tem mostrado atuação eficiente.

Os óleos minerais são os mais utilizados nos mecanismos industriais, sendo obtidos em larga escala a partir do petróleo.

Lubrificação Industrial - Características dos Óleos e Graxas Lubrificantes

Os óleos lubrificantes, antes de serem colocados à venda pelo fabricante, são submetidos a ensaios físicos padronizados que além de controlarem a qualidade do produto, servem como parâmetros para os usuários.

Ensaio de óleos lubrificantes:

- Viscosidade: determina a resistência ao escoamento oferecida pelo óleo. A viscosidade é inversamente proporcional à temperatura. O ensaio é efetuado em aparelhos denominados viscosímetros. Os viscosímetros mais utilizados são o Saybolt, o Engler, o Redwood e o Ostwald
- Índice de viscosidade: mostra como varia a viscosidade de um óleo conforme as variações de temperatura. Os óleos minerais parafínicos são os que apresentam menor variação da viscosidade quando varia a temperatura e, por isso, possuem índices de viscosidade mais elevados que os naftênicos.
- Densidade relativa: relação entre a densidade do óleo a 20°C e a densidade da água a 4°C ou a relação entre a densidade do óleo a 60°F e a densidade da água a 60°F
- Ponto de Fulgor (flash point): temperatura mínima na qual pode inflamar-se o vapor de óleo, no mínimo, durante 5 segundos. O ponto de fulgor é dado importante quando se lida com óleos que trabalham em altas temperaturas.
- Ponto de combustão: temperatura mínima em que se sustenta a queima do óleo sem presença de chama
- Ponto de mínima fluidez: temperatura mínima em que ocorre o escoamento do óleo por gravidade. O ponto de mínima fluidez é um dado importante quando se lida com óleos que trabalham em baixas temperaturas.
- Resíduos de carvão: resíduos sólidos que permanecem após a destilação destrutiva do óleo

Graxas:

- As graxas são compostos lubrificantes semi-sólidos constituídos por uma mistura de óleo, aditivos e agentes engrossadores chamados sabões metálicos, à base de alumínio, cálcio, sódio, lítio e bário. Elas são utilizadas onde o uso de óleos não é recomendado.

As graxas também passam por ensaios físicos padronizados, como vemos abaixo:

- consistência - dureza relativa, resistência à penetração
- estrutura - tato, aparência
- filimentação - capacidade de formar fios ou filamentos
- adesividade - capacidade de aderência
- ponto de fusão ou gotejo - temperatura na qual a graxa passa para o estado líquido

Tipos de Graxa

- Os tipos de graxa são classificados com base no sabão utilizado em sua fabricação

Graxa à base de alumínio: macia, quase sempre filimentosa, resiste à água, boa estabilidade estrutural quando em uso, pode trabalhar em temperaturas de até 71°C. É utilizada em mancais de rolamento de baixa velocidade e em chassis.

Graxa à base de cálcio: vaselinada, resistente à água, boa estabilidade estrutural quando em uso, deixa-se aplicar facilmente com pistola, pode trabalhar em temperaturas de até 77°C. É aplicada em chassis e em bombas d'água.

Graxa à base de sódio: geralmente fibrosa, em geral não resiste bem à água, boa estabilidade estrutural quando em uso. Pode trabalhar em ambientes com temperaturas até 150°C. É aplicada em mancais de rolamentos, mancais de rodas, juntas universais, etc.

Graxa à base de lítio: baselidada, boa estabilidade estrutural quando em uso, resistente à água, pode trabalhar em temperaturas de até 150°C. É utilizada em veículos automotivos e na aviação

Graxa à base de bário: características gerais semelhantes às graxas à base de lítio

Graxa mista: é constituída por uma mistura de sabões. Assim temos graxas mistas à base de sódio-cálcio, sódio alumínio, etc..

Além das graxas aqui mencionadas há graxas de múltiplas aplicações, graxas especiais e graxas sintéticas, preparadas para aplicações bastante específicas, como a indústria de alimentos.

Lubrificantes Sólidos: Algumas substâncias sólidas apresentam características peculiares que permitem a sua utilização como lubrificantes, em condições especiais de serviço. Entre as características importantes dessas substâncias, merecem ser mencionadas as seguintes:

- baixa resistência ao cisalhamento
- estabilidade a temperaturas elevadas
- elevado limite de elasticidade
- alto índice de transmissão de calor
- alto índice de adesividade
- ausência de impurezas abrasivas

Embora tais características não sejam sempre atendidas por todas as substâncias utilizadas como lubrificantes, elas aparecem de maneira satisfatória nos carbonos cristalinos, como a grafita, e no bissulfeto de molibdênio, que são, por isso mesmo, aquelas mais comumente usadas para tal finalidade.

- A grafita, após tratamentos especiais, dá origem à grafita coloidal, que pode ser utilizada na forma de pó finamente dividido ou em dispersões com água, óleos minerais e animais e alguns tipos de solventes.

- É crescente a utilização de bissulfeto de molibdênio (MoS_2) como lubrificante. A ação do enxofre (S) existente em sua estrutura propicia uma excelente aderência da substância com a superfície metálica, e seu uso é recomendado sobretudo para partes metálicas submetidas a condições severas de pressão e temperaturas elevadas. Pode ser utilizado na forma de pó dividido ou em dispersão com óleos minerais e alguns tipos de solventes.

- A utilização de sólidos como lubrificantes é recomendada para serviços em condições especiais, sobretudo aquelas em que as partes a lubrificar estão submetidas a pressões ou temperaturas elevadas ou se encontram sob a ação de cargas intermitentes ou em meios agressivos. Os meios agressivos são comuns nas refinarias de petróleo, nas indústrias químicas e petroquímicas.

Aditivos: são substâncias que entram em formulação de óleos e graxas para conferir-lhes certas propriedades. A presença de aditivos em lubrificantes tem os seguintes objetivos:

- melhorar as características de proteção contra o desgaste e de atuação em trabalhos sob condições de pressões severas
- aumentar a resistência à oxidação e corrosão
- aumentar a atividade dispersante e detergente dos lubrificantes
- aumentar a adesividade
- aumentar o índice de viscosidade

Lubrificação Industrial - Gerenciamento Funcional

Nesta lição será explicado quais são os princípios de uma correta lubrificação industrial. Será explicado também a importância do acompanhamento e controle das máquinas ou equipamentos após ocorrer a lubrificação e os requisitos básicos para se tornar um bom lubrificador industrial.

‘Uma lubrificação só poderá ser considerada correta quando o ponto de lubrificação recebe o lubrificante certo, no volume adequado e no momento exato’.

A simplicidade da frase acima é apenas aparente mas ela expõe toda a essência da lubrificação. De fato, o ponto só recebe o lubrificante certo quando:

- A especificação de origem (fabricante) estiver correta;
- A qualidade do lubrificante for controlada;

- Não houver erros de aplicação;
- O produto em uso for adequado;
- O sistema de manuseio, armazenagem e estocagem estiverem corretos.

O volume adequado só será alcançado se:

- O lubrificador (homem da lubrificação) estiver habilitado e capacitado;
- Os sistemas centralizados estiverem corretamente projetados, mantidos e regulados;
- Os procedimentos de execução forem elaborados, implantados e obedecidos;
- Houver uma inspeção regular e permanente dos reservatórios

O momento exato será atingido quando:

- Houver um programa para execução dos serviços de lubrificação;
- Os períodos previstos estiverem corretos;
- As recomendações do fabricante estiverem corretas;
- A equipe de lubrificação estiver corretamente dimensionada;
- Os sistemas centralizados estiverem corretamente regulados;

Qualquer falha de lubrificação provoca, na maioria das vezes, desgastes com consequências a médio e longo prazos, afetando a vida útil dos elementos lubrificados. Pouquíssimas vezes a curto prazo.

Estudos efetuados por meio da análise ferrográfica de lubrificantes têm mostrado que as partículas geradas como efeito da má lubrificação são partículas do tipo normal, porém em volumes muito grandes, significando que o desgaste nestas

circunstâncias ocorre de forma acelerada, levando inexoravelmente até a falha catastrófica.

Uma máquina, em vez de durar vinte anos, irá se degradar em cinco anos. Um mancal de um redutor previsto para durar dois anos será trocado em um ano. Os dentes de engrenagens projetados para operarem durante determinado período de tempo terão desgaste prematuro implicando em folgas e ruídos.

Se projetarmos estes problemas para os milhares de pontos de lubrificação existentes, teremos uma ideia do volume adicional de paradas que poderão ser provocadas, a quantidade de sobressalentes consumidos e mão-de-obra utilizada para reparos.

Somente um monitoramento feito por meio de ferrografia, ou outro método de análise dos óleos, poderá determinar os desgastes provocados pela má lubrificação. É muito difícil diagnosticar uma falha catastrófica resultante da má lubrificação. Normalmente se imagina que se a peça danificada estiver com lubrificante, o problema não é da lubrificação. Mas quem poderá garantir a qualidade da lubrificação ao longo dos últimos anos?

Somente a prática da lubrificação correta, efetuada de forma contínua e permanente, garante uma vida útil plena para os componentes da máquina.

Por fim, acrescentamos que, embora não percebida por muitos, a lubrificação correta concorre, também, para a redução no consumo de energia e na preservação dos recursos naturais. Não estamos falando da energia que é economizada como consequência da redução de atrito, mas da energia embutida, isto é, a energia inerente ao processo de fabricação das peças desgastadas e substituídas.

Quando trocamos uma peça prematuramente, estamos consumindo toda a energia embutida no processamento e uma parte nos recursos naturais não renováveis, como os minérios.

Produtividade, qualidade, custo e segurança não são mais fatores isolados para o crescimento das empresas. Estes fatores são inter-relacionados entre si e inter-relacionados com a lubrificação conforme mostra o esquema a seguir.



Por fim, uma lubrificação organizada apresenta as seguintes vantagens:

- Aumenta a vida útil dos equipamentos em até dez vezes ou mais
- Reduz o consumo de energia em até 20%
- Reduz os custos de manutenção em até 35%
- Reduz o consumo de lubrificantes em até 50%

Em qualquer empreendimento industrial, independentemente do seu porte, o estabelecimento de um programa racional de lubrificação é fator primordial para a obtenção da melhor eficiência operacional dos equipamentos.

A existência de um programa racional de lubrificação e sua implementação influem de maneira direta nos custos industriais pela redução no número de paradas para manutenção, diminuição das despesas com peças de reposição e com lubrificantes e pelo aumento da produção, além de melhorar as condições de segurança do próprio serviço de lubrificação.

A primeira providência para a elaboração e instalação de um programa de lubrificação refere-se a um levantamento cuidadoso das máquinas e equipamentos e das suas reais condições de operação.

Para maior facilidade, recomenda-se que tal levantamento seja efetuado por setores da empresa, especificando-se sempre todos os equipamentos instalados, de maneira que eles possam ser identificados de maneira inequívoca.

Uma vez concluído este primeiro passo, deve-se verificar quais os equipamentos cujos manuais do fabricante estão disponíveis e quais os tipos e marcas de lubrificantes para eles recomendados.

De posse dos dados anteriores, deve-se elaborar um plano de lubrificação para cada equipamento, em que ele deve ser identificado. E ainda mencionar todos os seus pontos de lubrificação, métodos a empregar, produtos recomendados e periodicidade da lubrificação.

Para facilitar aos operários encarregados da lubrificação e minimizar a possibilidade de erros nas tarefas de lubrificação (aplicação de produtos indevidos), sugere-se identificar, nas máquinas, todos os pontos de lubrificação com um símbolo correspondente ao do produto a ser nele aplicado. Há várias maneiras de se estabelecer tais códigos, sendo prática a utilização de cores e de figuras geométricas para facilitar a tarefa de identificação.

Lubrificação Industrial - Controle e Armazenagem

- Visando racionalizar o uso de óleos e graxas lubrificantes, sempre que é elaborado um programa geral de lubrificação procura-se reduzir ao máximo a quantidade de produtos recomendados.

- No que se refere ao controle, podem ser elaboradas fichas para cada seção da empresa, nas quais serão mencionados os respectivos equipamentos e anotados dados como: frequência de lubrificação, quantidade de lubrificantes a aplicar etc.

- Tais fichas são distribuídas aos operários encarregados da execução da lubrificação e devem ser devolvidas com as anotações devidas.

- O consumo é controlado, quando possível, por equipamento. Em geral, para métodos de lubrificação manual (almotolia, pistola de graxa, copos graxeiros, copos conta-gotas etc.), fica difícil o controle de consumo por equipamento.

- Recomenda-se, nesse caso, considerar o consumo por seção, dividi-lo pelo número de pontos lubrificados, obtendo-se então um consumo médio por ponto de lubrificação, que multiplicado pelo número de pontos a lubrificar do equipamento, fornece o seu consumo médio no período considerado. Este consumo deverá ser dimensionado de acordo como o porte de cada empresa.

Armazenagem e manuseio de lubrificantes: os óleos lubrificantes são embalados usualmente em tambores de 200 litro, conforme norma do INMETRO.

As graxas são comercializadas em quilogramas e os tambores são de 170 kg ou 180 kg conforme o fabricante.

Em relação ao manuseio e armazenagem de lubrificantes, deve-se evitar a presença de água. Os óleos contaminam-se facilmente com água. A água pode ser proveniente de chuvas ou da umidade do ar. Areia, poeira e outras partículas estranhas também são fatores de contaminação de óleos e graxas.

Outro fator que afeta os lubrificantes, especialmente as graxas, é a temperatura muito elevada, que pode decompô-las.

Quando não houver possibilidade de armazenagem dos lubrificantes em recinto fechado e arejado, devem ser observados os seguintes cuidados:

- manter os tambores sempre deitados sobre ripas de madeira para evitar a corrosão
- nunca empilhar os tambores sobre aterros de escórias, pois estas atacam seriamente as chapas de aço de que eles são feitos
- em cada extremidade de fila, os tambores devem ser firmemente escorados por calços de madeira.
- os bujões devem ficar em fila horizontal.
- fazer inspeções periódicas para verificar se as marcas dos tambores continuam legíveis e descobrir qualquer vazamento
- se os tambores precisarem ficar na posição vertical, devem ser cobertos por um encerado, ou levemente inclinados para evitar acúmulo de líquidos na sua tampa

A armazenagem em recinto fechado e arejado pode ser feita em estantes de ferro apropriadas chamadas racks ou estrados de madeira chamados pallets.

O emprego de racks exige o uso de um mecanismo tipo monorail com talha móvel para a colocação e a retirada dos tambores das

estantes superiores. Para a manipulação dos pallets, é necessária uma empilhadeira com garfo.

Uma outra possibilidade é dispor os tambores horizontalmente e superpostos em até três filas, com ripas de madeira de permeio e calços convenientes, conforme já foi mostrado. A retirada dos tambores é feita usando-se uma rampa formada por duas tábuas grossas colocadas em paralelo, por onde rolam cuidadosamente os tambores.

Panos e estopas sujas de óleo não devem ser deixados nesses locais, porque constituem focos de combustão, além do fator estético.

O almoxarifado de lubrificantes deve ficar distante de poeiras de cimento, carvão, etc. bem como de fontes de calor como fornos e caldeiras.

O piso do almoxarifado de lubrificantes não deve soltar poeira e nem absorver óleo depois de um derrame acidental.

Manejo para retirar óleo lubrificante ou graxa dos tambores:

- pode-se retirar óleo de um tambor em posição vertical usando uma pequena bomba manual apropriada;
- os tambores que estiverem sendo usados devem ficar deitados horizontalmente sobre cavaletes adequados.
- a retirada de óleo é feita, neste caso, por meio de torneiras apropriadas.
- geralmente adapta-se a torneira ao bujão menor. Para o caso de óleos muito viscosos, recomenda-se usar o bujão menor. O bujão com a torneira adaptada deve ficar voltado para baixo, e uma pequena lata deve ser colocada para captar um eventual gotejamento.
- os recipientes e os funis devem ser mantidos limpos, lavados periodicamente com querosene e enxugados antes de voltarem ao uso.
- para graxas que em geral são em número reduzido e cujo consumo é muito menor do que o de óleos, recomenda-se o emprego de bombas apropriadas, mantendo-se o tambor sempre bem fechado.

Lubrificação Industrial - Competências de um bom Lubrificador

A pessoa chave de toda a lubrificação é o lubrificador. De nada adiantam planos de lubrificação perfeitos, programas sofisticados e controles informatizados, se as pessoas que executam os serviços não estiverem devidamente capacitadas e habilitadas para a função.

Um bom lubrificador deve ter conhecimentos e habilidades que lhe permitem discernir entre o que é correto e o que é errado em lubrificação.

O bom lubrificador, deverá saber:

- a forma certa de lubrificar um equipamento;
- quais lubrificantes são utilizados na empresa;
- quais os efeitos nocivos da mistura de lubrificantes;
- quais os equipamentos de lubrificação devem ser utilizados;
- quais as consequências de uma contaminação;
- evitar a contaminação;
- quais procedimentos seguir para a retirada de amostras;
- como estocar, manusear e armazenar lubrificantes;
- qual a relação entre lubrificantes e segurança pessoal;
- quais as funções e principais características dos lubrificantes;
- quais os impactos dos lubrificantes no meio ambiente;
- o que são sistemas de lubrificação;
- como funcionam os sistemas de lubrificação;
- como cuidar dos sistemas de lubrificação;
- quais equipamentos devem ser lubrificados;
- quais os pontos de lubrificação devem receber lubrificante;

Bibliografia

LEITURA E INTERPRETAÇÃO DE DESENHO MECÂNICO
eBook Kindle por Prof. Osmar (Autor), Daiana Cristina Iancoski,
2016

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

TECNOLOGIA ELETROPNEUMÁTICA
nahp (Núcleo de Automação Hidráulica e Pneumática) do SENAI-
SP,

TELECURSO 2000 PROFISSIONALIZANTE
MANUTENÇÃO MECÂNICA

FESTO DIDATIC. Introdução à Pneumática Industrial . São Paulo
1995 .

FRANCO, Sérgio Nobre et al. Comandos Pneumáticos . São
Paulo ,SENAI ,1985 .

MOREIRA, Illo da Silva. Compressores : Instalação ,
Funcionamento e Manutenção. São Paulo, SENAI ,1991. [Série
tecnol.ind. 2]

MARINS, Ailson. Tecnologia Pneumática - Circuitos Pneumáticos
e Comandos Eletropneumáticos, Salto/São Paulo, 2009