

Designação da UFCD: Construções metalomecânicas – maquinação

Código: 6604

Carga Horária: 50 horas

Objetivos:

Identificar e caracterizar as funções tecnológicas das diversas máquinas ferramenta.

Executar peças simples envolvendo operações elementares de torneamento, fresagem e retificação.

Identificar, caracterizar e relacionar os lubrificantes e fluídos de corte usados na maquinação.

Conteúdos:

Torneamento

Tipos de tornos mecânicos, acessórios e ferramentas de corte

Operações elementares de torneamento

Ferramentas e tecnologia de corte

Preparação de trabalho (torneamento)

Fresagem

Tipos de fresadoras mecânicas, acessórios e ferramentas de corte

Sistemas de aperto

Operações elementares de fresagem

Mandrilagem na fresadora

Divisão diferencial

Preparação do trabalho (fresagem)

Retificação

Tipos de retificadoras, acessórios e ferramentas

Operações elementares de retificação

Preparação do trabalho (retificação)

Lubrificantes e fluídos de corte

Nomenclatura e características dos lubrificantes

Lubrificantes

Óleos

Massas

Tipos de fluídos de corte

Funções dos fluídos de corte

Seleção dos fluídos de corte

i - Histórica da Maquinagem

No Período Paleolítico, as facas, pontas de lanças e machados eram produzidos com lascas de grandes pedras.

No Período Neolítico, os artefactos eram obtidos com o desgaste e polimento da pedra (Princípio da Retificação).

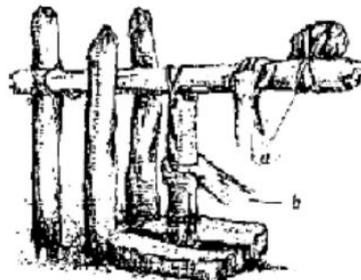


Imagem i1 - Dispositivo da era Neolítica usado no corte de pedras fonte - Tarcísio de Brito,

No fim da pré-história o homem passa a usar metais no fabrico de ferramentas e armas. Os primeiros metais a serem conhecidos foram o cobre e o ouro, em escala menor, o estanho. O ferro foi o último metal que o homem passou a utilizar no fabrico de seus instrumentos.

O torno é a máquina ferramenta mais antiga das utilizadas no fabrico de peças de revolução. Terá surgido na pré-história há cerca de 10000 anos.

O grande avanço deste período foi a transformação do movimento de translação em movimento de rotação (com sentido de rotação invertido a cada ciclo). Este princípio foi aplicado a um dispositivo de nome “Furar de Corda Puxada”.

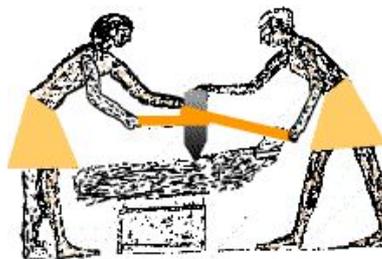


Imagem i2 - pintura encontrada em um túmulo datado de 1450 A.C., fonte - Tarcísio de Brito,

Há cerca de 4000 anos no antigo Egito começou a ser feita a retificação de materiais metálicos.

Desde a pré-história foram inventados tornos mas só em meados do século XIX, é que eles têm um grande desenvolvimento com dois inventores ingleses, Henry Maudslay e Joseph Whitworth, eles colocaram vários acessórios nos tornos da época, o que proporcionou um grande avanço na produção de peças torneadas. Eles criaram o porta-ferramentas (que possibilitou trabalhar com materiais mais duros pois o torneiro não precisaria mais segurar as peças com as mãos), engrenagens e fuso para avanços automáticos, acoplaram o torno a um motor a vapor e adicionaram uma polia escalonada para fazer troca de rotações. Mais tarde o vapor seria substituído pela energia eléctrica. Os tornos são as máquinas mais importantes pois são a base de fabrico de outras máquinas.

Foi com a 1ª e 2ª guerras mundiais que as máquinas tiveram um grande desenvolvimento.

ii - Introdução à Maquinagem - Numa operação de maquinagem o material é removido com auxílio de uma ferramenta de corte produzindo a peça, obtendo-se assim uma peça com as formas e dimensões desejadas. De um modo geral, as principais operações de maquinagem podem ser classificadas como:

Aplainamento (uso de plaina limadora ou de mesa, mas não faz parte desta UFCD);

Furação (não faz parte desta UFCD, ver a UFCD 6635 - *Conjuntos mecânicos – operações de bancada*);

Torneamento (para complemento ver a UFCD 874 - *Torneamento - tecnologia e operações*);

Fresamento;

Retificação;

Na operação de aplainamento, o corte gera superfícies planas. O movimento da ferramenta de corte é de translação enquanto a peça permanece estática, ou vice-versa. Na plaina de mesa, a peça é que se movimenta.



Imagem ii1 - Plaina limadora (conhecido por limador), fonte - IPB



Imagem ii2 - Plaina de mesa, fonte - <https://pt.slideshare.net/Juancagarciauru/aplainamento-nova>

1 - Torneamento – tipos de tornos mecânicos

Torno de placa - Indicado para trabalhar peças de grande diâmetro, a altura da ponta em relação ao barramento é bem grande, é um torno horizontal especial.



Imagem 1 - Torno de placa, fonte - EESC - USP

Torno vertical - É utilizado para trabalhar peças pesadas, com um diâmetro elevado, como flanges, polias e rodas dentadas. Recebe este nome devido ao seu eixo da árvore estar na vertical.



Imagem 2 - Torno vertical, fonte – Ricardo Santos

Torno revolver - É um torno semi-automatizado. Possui uma torre rotativa que aloja várias ferramentas, o que traz grande rapidez durante a sua operação.



Imagem 3 - Torno revolver, marca AMA, modelo TR-4

Torno horizontal ou universal - É o tipo mais utilizado hoje em dia. Serve para uma grande variedade de aplicações, apresentando muita versatilidade.



Imagem 4- Torno universal marca Quantum D320x920 SG, de Mário Loureiro

Torno copiador - Copia uma peça modelo, fazendo movimento com o porta-ferramenta, produzindo assim uma peça idêntica com as mesmas dimensões.



Imagem 5 - Torno copiador automático TCA-800, fonte <http://maquinaslampe.com.br>

Torno CNC - É um torno horizontal que trabalha em conjunto com um unidade de comando, um computador. Interpretando uma linguagem específica, a máquina fabrica a peça programada.



Imagem 6 - Torno CNC, ROMI - Galaxy 50. Fonte - www.romi.com.br

1.1 - Definição de Torno (do latim *tornus*, e do grego τὸρνος, gire, *vuelta*)

O torno mecânico é uma máquina extremamente versátil utilizada no fabrico ou acabamento em peças, nas zonas de revolução. Estas máquinas funcionam fazendo, girar a peça a tornear presa em um cabeçote centrado enquanto uma ou diversas ferramentas de corte são pressionadas em movimento regulável de encontro à superfície da peça, removendo material de acordo com as condições técnicas adequadas.

O torno mecânico possibilita a transformação do material em estado bruto, peças com secções circulares, e quaisquer combinações destas secções.

Através do torno mecânico é possível confeccionar eixos, polias, pinos, qualquer tipo possível e imaginável de roscas, peças cilíndricas internas e externas, além de cones, esferas e os mais diversos e estranhos formatos.

Com o acoplamento de diversos acessórios, o torno mecânico pode ainda desempenhar as funções de outras máquinas ferramentas, como fresadora, plaina, retificadora ou furadora.

O torno mecânico pode executar o maior número de obras do que qualquer outro tipo de máquina ferramenta. É considerado fundamental na civilização moderna, pois dele derivaram todas as outras máquinas e ferramentas.



Imagem 7 - Peças feitas ao torno a partir de varão sextavado ou redondo. Fonte - Eraldo Silva

1.2 - Constituição do torno universal

Basicamente é composto de uma unidade em forma de caixa que sustenta uma estrutura chamada cabeçote fixo. A constituição da máquina contém ainda duas superfícies orientadoras chamadas barramento, que por exigências de durabilidade e precisão são temperadas e retificadas. O barramento é a base de um torno, pois sustenta a maioria de seus acessórios, como lunetas, cabeçote fixo e móvel, etc.

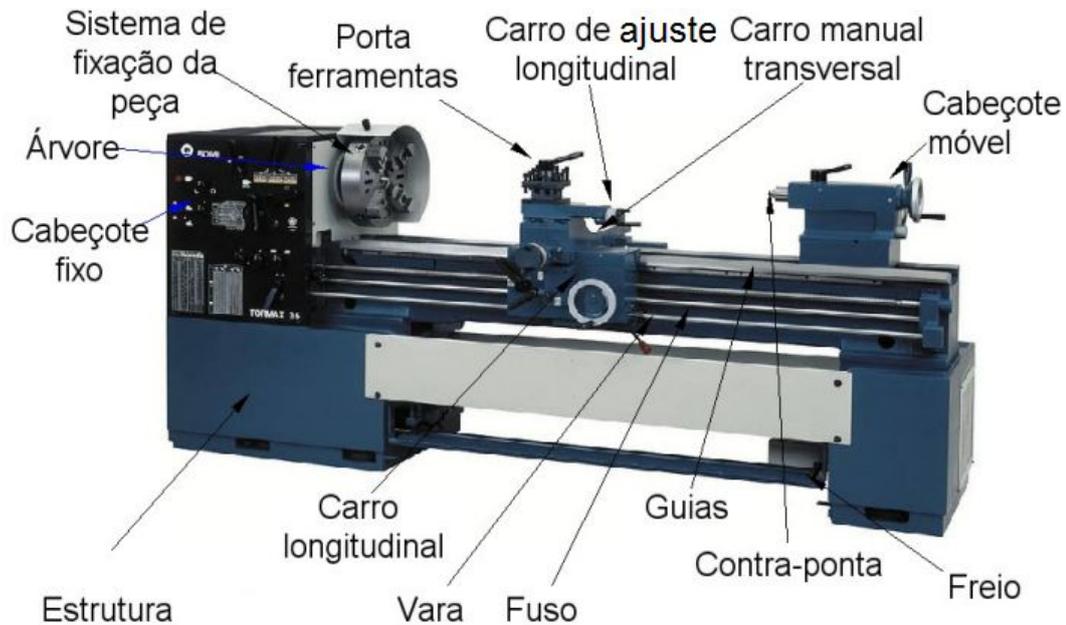


Imagem 8 - Constituição/terminologia de torno universal. Fonte - Delmer Mariano

1.2.1 - Partes fundamentais do torno universal:

Barramento - é a parte que sustenta os elementos fixos e móveis, garantindo o alinhamento da máquina.

A parte B da imagem seguinte são prismas onde desliza o carro principal e o cabeçote móvel de ponto.

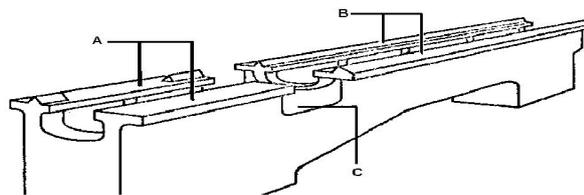


Imagem 9 - Barramento. Fonte - João Babosa

Árvore - a árvore está situada no cabeçote fixo e é o veio principal do sistema de transmissão de movimento onde é acoplado o sistema de fixação da peça.

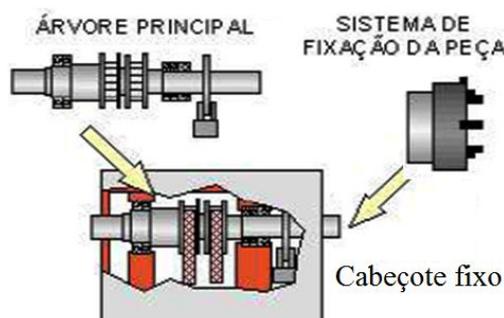


Imagem 10 - árvore. Fonte - Eraldo Silva

Caixa de velocidades - sistema de transmissão do movimento de rotação do cabeçote fixo, para a árvore e desta para a caixa Norton, contendo rodas dentadas, com alavancas para escolher a rotação de trabalho. As caixas têm uma tabela com as rotações de saída, em função da posição de cada alavanca, ver imagem seguinte.



Imagem 11 – Caixa de velocidades. Fonte - PowerED

Caixa de avanços (Norton) - conhecida como caixa Norton, é formada por eixos, carretos e alavancas ou manípulos ou rodas recartilhadas, que servem para transmitir o movimento do avanço desde a rotação da árvore para o carro com o avanço pretendido. Estas caixas têm uma tabela com as rotações de avanço em relação à árvore, que é em função da posição de cada alavanca.



Imagem 12 – Caixa de avanços. Fonte - PowerED

A interligar as duas caixas em alguns modelos de tornos, há rodas dentadas de trocar (de cambiar por isso no Brasil diz-se recambio) para conseguir fazer certos avanços, é o caso do torno Quantum D320x920 SG, ver imagem seguinte.

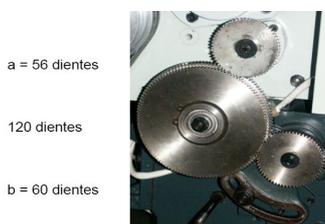


Imagem 13 – Rodas dentadas de trocar (cambiar). Fonte - Quantum D320x920 SG

Carro Principal: é formado pela mesa, carro transversal, carro superior e porta-ferramenta. O avanço do carro pode ser manual ou automático sobretudo para acabamento sendo obrigatório para a roscagem.



Imagem 14 – carro principal. Fonte - PowerED

Carro Transversal - está situado por cima do carro principal e é responsável pelo movimento transversal, ele pode ser automático, (com o veio ligado de rotação e a alavanca posicionada no carro principal ele pode avançar ou recuar automaticamente), ou avanço manual (por um volante).

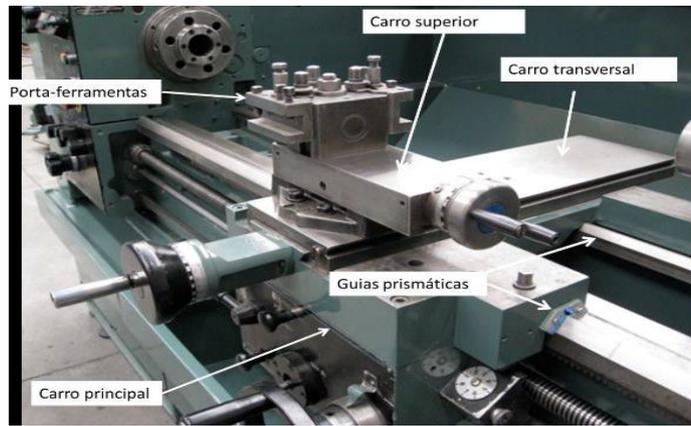
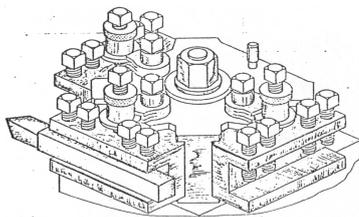


Imagem 15 – Os vários carros. Fonte - Eraldo Silva

Carro Superior - é uma base giratória que permite torner em ângulos, ou seja fazer cones, está situado por cima do carro transversal. Ver imagem anterior.

Porta-ferramenta (torre) - é o local onde são fixados os suportes de ferramentas, presos por meio de parafuso de aperto. A torreta é um porta ferramentas para troca rápida dos ferros de corte. Para afinar a altura do ferro de corte, nas torres antigas, usa-se chapas a fazer de calço, ver imagem 18, já nas torretas há afinação sem necessitar de usar calções de chapa ou bandinha.



Torreta de mudança rápida de ferramentas

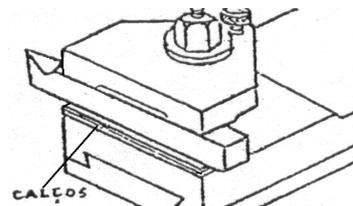
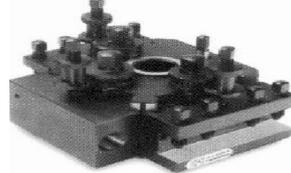


Imagem 16 e 17 - Torretas para mudança rápida de ferramenta

Imagem 18 - Porta ferramentas

Cabeçote móvel ou contraponto - que se desloca sobre o barramento, está oposto ao cabeçote fixo, do lado direito, tem o eixo coincidente com o eixo da árvore ou bucha quando aplicada. É de fixar ao barramento.

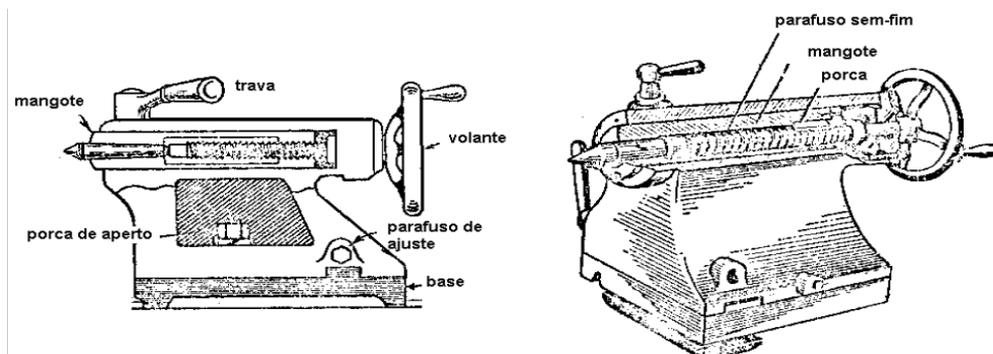


Imagem 19 - Cabeçote móvel antigo e moderno

Os cabeçotes modernos são de fixar por alavanca tendo que se afinar a porca situada debaixo dele, para que a alavanca fique numa posição adequada.

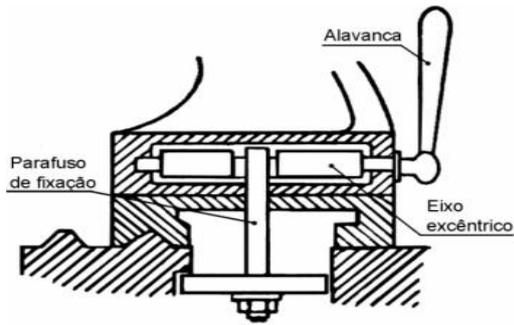


Imagem 20 - Afinação da alavanca de aperto do carro móvel. Fonte - EEEP



Imagem 21 - Ponto fixo e ponto rotativo para enfiar nos cabeçotes móveis. Fonte - Carlos Sousa

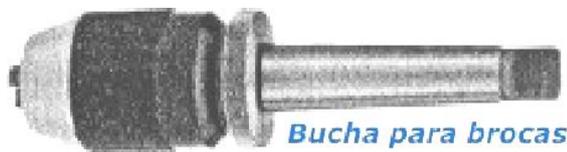


Imagem 22 - Bucha para furação com brocas de enfiar nos cabeçotes móveis. Fonte - Carlos Sousa

1.2.2 - Movimentos no torno

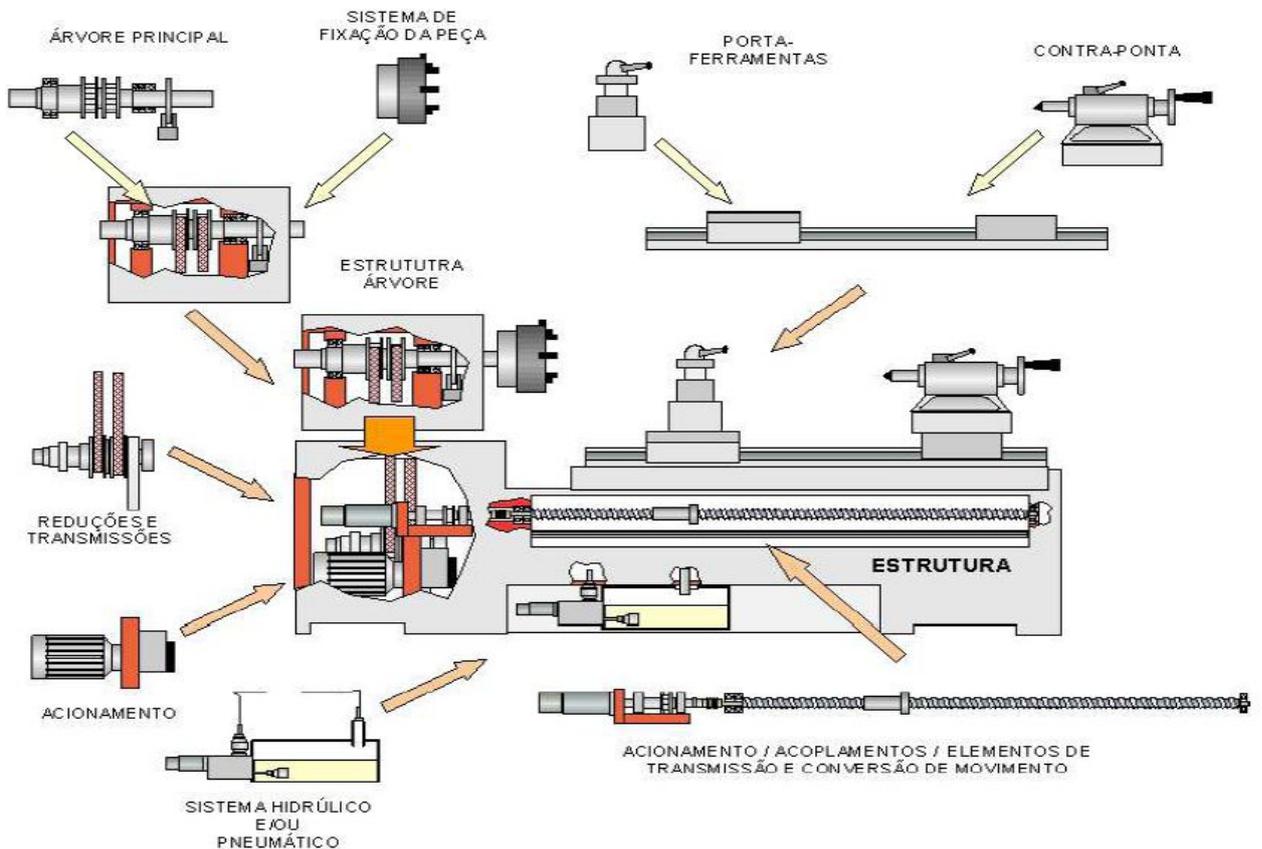


Imagem 23 - Pormenores de movimentos no torno. Fonte - Eraldo silva

1.2.3 - Acessórios principais do torno

Bucha - Um dos sistemas mais usados para fixar as peças a tornear que é fixa à árvore. Usa jogos de 3 ou 4 grampos, uns como na imagem seguintes ou outros grampos que ficam voltados ao contrário. Elas são numeradas pois têm uma ordem de entrada na bucha, a nº 1 é a 1ª a entrar. As buchas de 4 grampos servem para torneiar varão quadrado mas não servem para varão sextavado.



Imagem 24 - Buchas de torno. Fonte - Carlos Sousa

A parte exterior dos grampos servem para fixar anéis com alguma dimensão.



Imagem 25 - O interior da bucha de torno. Fonte - Eraldo Silva

O outro conjunto de grampos, ver imagem seguinte, serve para fixar cilindros com alguma dimensão.



Imagem 26 - Bucha com o conjunto de grampos montados para peças de grande diâmetro. Fonte - Gladimir Silva

Prato ou placa arrastadora - sistema para torneiar peças entre pontos, geralmente veios.

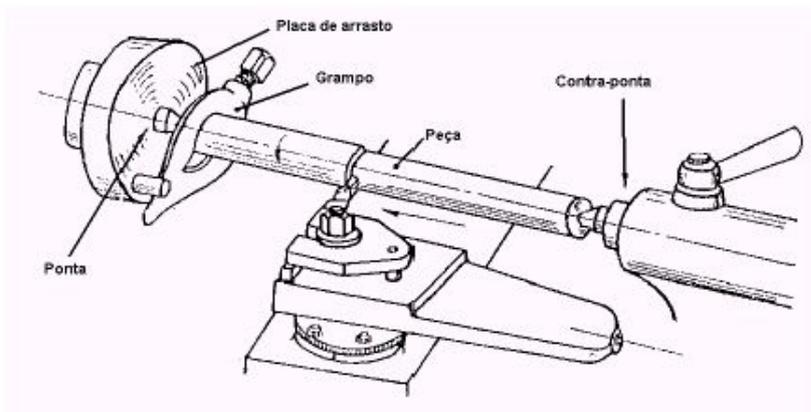


Imagem 27 - Torneiar ente pontos. Fonte - João Barbosa

Resumo de buchas e placas (pratos).



Imagem 28 - Sistemas de fixação das peças, buchas e placas (pratos). Fonte - Delmer Mariano

Luneta - Serve para segurar veios ou tubos compridos e finos evitando flexão e oscilação.

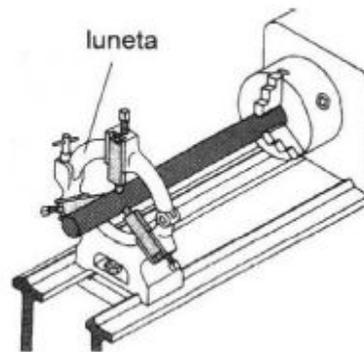


Imagem 29 - Luneta fixa. Fonte - Alessandro Rodrigues

Pinças - constituem o sistema mais preciso de fixação de peças, usado na produção em série.

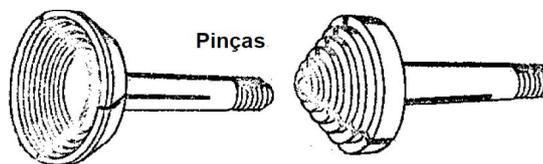


Imagem 30 - Fonte - João Barbosa

1.3 - Torneamento - Processo mecânico de maquinação destinado à obtenção de superfícies de revolução com auxílio de uma ou mais ferramentas monocortantes. Para tanto, a peça gira em torno do eixo principal de rotação da máquina e a ferramenta se desloca simultaneamente segundo uma trajetória coplanar (que está no mesmo plano) com o referido eixo.

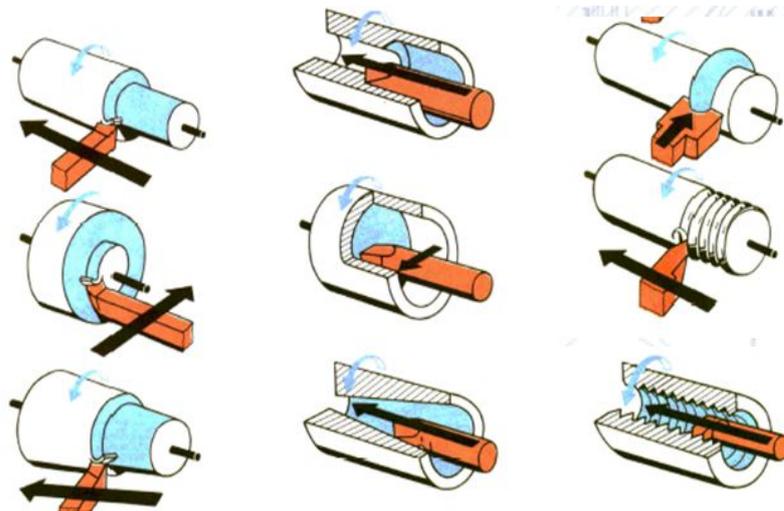


Imagem 31 - Exemplo dos tipos de torneamento em função dos avanços, fonte - Eraldo Silva

1.3.1 - Tipos de torneamento

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

1 - Torneamento cilíndrico - Processo de torneamento no qual a ferramenta se desloca segundo uma trajetória paralela ao eixo principal de rotação da máquina. Pode ser externo, ver, a) da imagem seguinte ou, b) interno. Quando o torneamento cilíndrico visa obter na peça um entalhe circular, na face perpendicular ao eixo principal de rotação da máquina, o torneamento é denominado sangramento axial, c). Pode ser chamado helicoidal quando é para abertura de rosca (roscagem).

2 - Torneamento cónico - Processo de torneamento no qual a ferramenta se desloca segundo uma trajetória retilínea, inclinada em relação ao eixo principal de rotação da máquina. Pode ser externo, d) ou interno, e).

3 - Torneamento radial - Processo de torneamento no qual a ferramenta se desloca segundo uma trajetória retilínea, perpendicular ao eixo principal de rotação da máquina. Quando o torneamento radial visa a obtenção de uma superfície plana, o torneamento é denominado torneamento de facejamento, f). Quando o torneamento radial visa a obtenção de um entalhe circular, o torneamento é denominado sangramento radial, g).

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

Torneamento curvilíneo - Processo de torneamento, no qual a ferramenta se desloca segundo uma trajetória curvilínea, só para tornos copiadores e CNC.

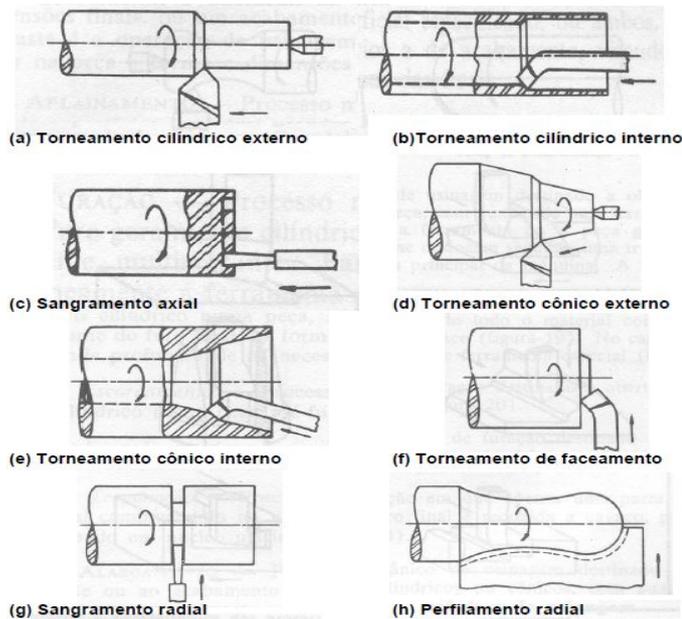


Imagem 32 - Tipos de torneamento, fonte - Reginaldo Coelho

1.3.1 - Operações de torneamento

O torneamento é a operação realizada pelo torno. Trata-se da combinação de dois movimentos: rotação da peça e movimento de avanço da ferramenta. Em alguns tornos, a peça pode ser estacionária, com a ferramenta girando ao seu redor para cortá-la, mas basicamente o princípio é o mesmo.

O movimento de avanço da ferramenta pode ser ao longo da peça, o que significa que o diâmetro da peça será torneado para um tamanho menor. Alternativamente a ferramenta pode avançar em direção ao centro, para o final da peça, o que significa que a peça será facejada.

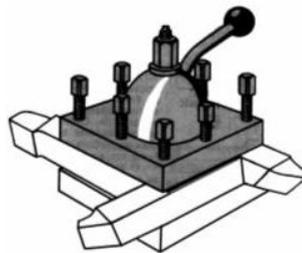


Imagem 33 - A torre pode ser equipada até 4 ferros de corte. Fonte - EEEP

1.3.1.1 - Desbaste ou torneamento cilíndrico - Neste caso o movimento de avanço da ferramenta dá-se no sentido longitudinal, ou seja ao longo do barramento, usando sobretudo o carro principal.

Quando a peça é comprida ou fina há necessidade de evitar a flexão e oscilação da mesma, pelo que tem de se trabalhar com o ponto do carro móvel a fixar a peça, ver imagem seguinte.



Imagem 34 - desbaste c/ ponto rotativo. Fonte - Tecnologia II

1.3.1.2 - Facejamento - Neste caso o movimento de avanço da ferramenta dá-se no sentido normal ao eixo de rotação da peça. Tem por finalidade obter uma superfície plana, perpendicular ao eixo de rotação.

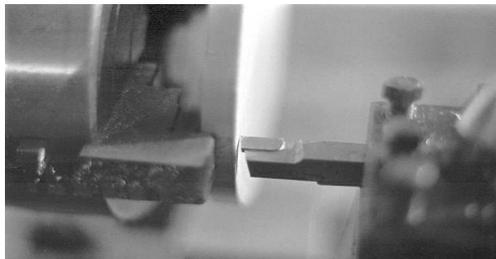


Imagem 35 – Facejamento de peça. Fonte - Tecnologia II

1.3.1.3 - Cones - Para fazer um cone, desapertar o carro superior (mas cuidado que há tornos como o da ESAB que pode cair o perno sendo muito difícil a reposição do mesmo), rodar até o ângulo pretendido e apertar. Depois o avanço longitudinal é feito pelo volante do carro superior, já o avanço ou recuo da ferramenta de corte é feita pelo carro transversal.

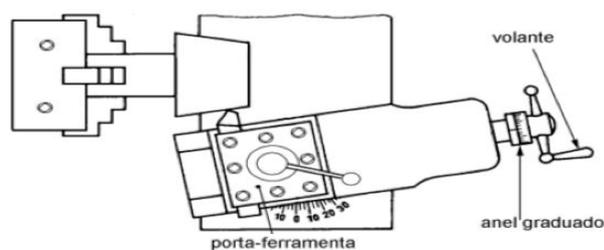


Imagem 36 – Para fazer cone, fonte - Eraldo Silva

Para fazer um cone ligeiro em veio comprido, desafina-se o ponto, para isso desaperta-se o parafuso da frente e aperta-se o parafuso posterior do carro móvel, ver imagem seguinte.

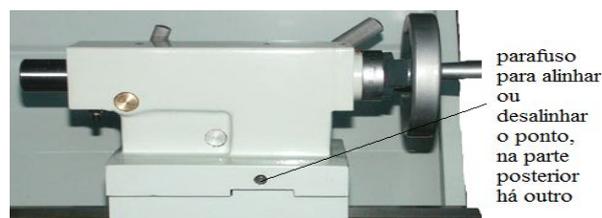


Imagem 37 – Desafinar para fazer cone ligeiro, fonte - Quantum

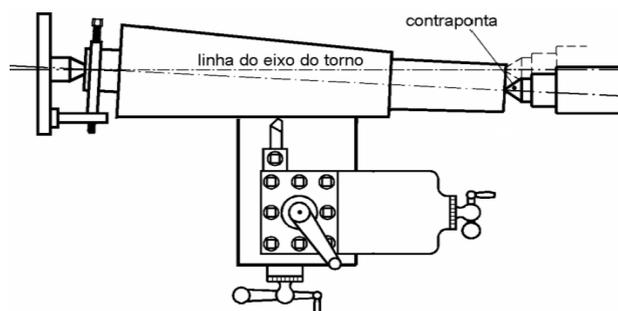


Imagem 38 – A fazer cone ligeiro, fonte - EEEP

1.3.1.4 - Furação - O torno pode furar barras de aço com grande espessura, em especial furos com mais de 10 mm, mantendo a barra encostada ao barramento e empurrando com o volante do carro móvel mas este está sem ponto ou bucha, a broca fica segura na bucha do torno, contudo há riscos de operação, convém haver uma pessoa a ligar a máquina e outra a segurar a peça, todavia só se não houver máquina de furar que consiga fazer esta operação, pois o torno pode trabalhar a pouca rotação e com muita potencia o que não acontece com a maioria de furadeiras. Todavia é aconselhável usar uma broca craniana se possível com pastilhas de corte cerâmicas, pois o material a cortar é menor havendo economia de tempo.

O normal no torno é furar veios, iniciando com a broca de ponto e de seguida usar uma broca, por exemplo de 5 mm e ir aumentando o diâmetro progressivamente até o diâmetro desejado.



Imagem 39 - Brocas de ponto p/iniciar o furo

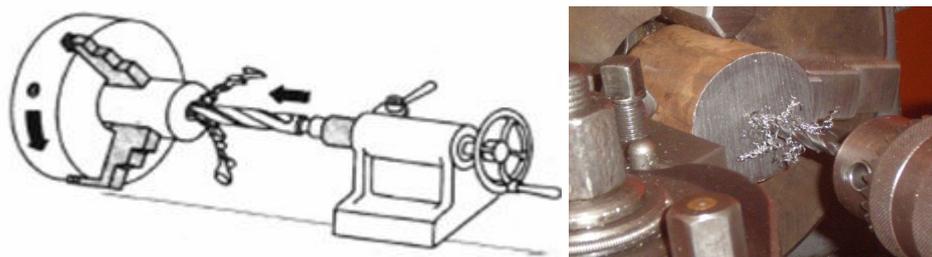


Imagem 40 e 41 - Furação com broca de encravado cónico e broca normal em bucha cónica, fonte - alunos de EFA da ESAB

1.3.1.5 - Roscagem - neste caso, a velocidade de corte e avanço são tais a promover o desbaste da peça a trabalhar com um passo desejado. Para isto, é preciso engrenar a árvore do cabeçote fixo com o fuso de avanço por meio de engrenagens no passo desejado.

Roscagem externa - Processo de abertura de rosca executado em superfícies externas cilíndricas ou cónicas de revolução. O normal é a ferramenta avançar devagar para a esquerda durante a operação mas com o cuidado de não passar a zona da rosca, há o risco de partir a ferramenta ou destruir a peça.



Imagem 42 - Roscagem Externa. Fonte - Tecnologia II

Roscagem interna - Processo de abertura de rosca executado em superfícies internas cilíndricas.



Imagem 43 - Roscagem Interna, fonte alunos de EFA da ESAB

1.3.1.6 - Sangramento - operação onde uma ferramenta com perfil de faca de sangrar, avança perpendicularmente ao eixo de rotação da peça. No caso de ser aço é uma operação que exige cuidado, devendo a ferramenta de corte ter ângulos laterais para facilitar a operação que chega a ser barulhenta.

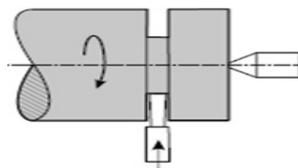


Imagem 44 - Sangramento radial, fonte -

1.3.1.7 - Recartilhar - Operação obtida quando se desejam tornar uma superfície áspera, como cabos de ferramentas, usando-se uma ferramenta que possa imprimir na superfície a forma desejada, através de pressão com avanço manual ou automático mas lento, pode e deve-se fazer várias passagens.

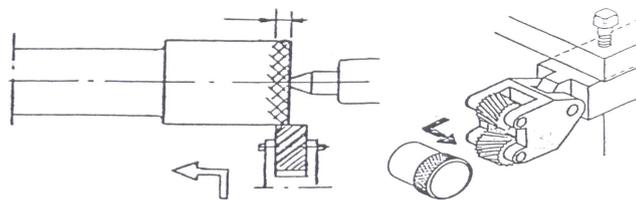


Imagem 45 - Operação de recartilhar

1.3.1.8 - Chanfrar ou bolear arestas

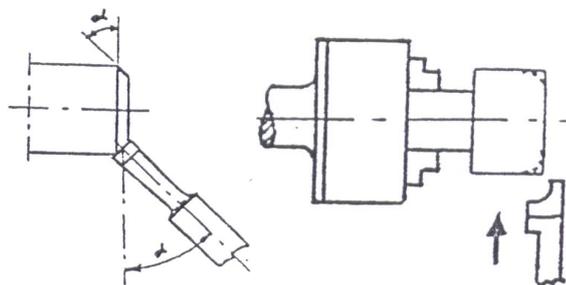


Imagem 46 - operação de chanfrar por ferramenta de topo ou ferro de corte em chanfro

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

dimensões próximas das finais. Se necessário tem de usar o rugosímetro para ver se o acabamento cumpre as exigências especificadas para a peça.

1.4 - Ferramentas de corte

Ferramentas de corte, conhecidas por ferros de corte, além de terem que possuir resistência necessária ao material a toronar, para desempenhar a sua função devem possuir uma geometria específica, apropriada a cada operação em particular.

As principais finalidades das ferramentas usadas no torno mecânico podem ser apresentadas da seguinte maneira:

- 1) Desbastar à esquerda
- 2) Desbastar para ambos os lados
- 3) Facear à direita
- 4) Sangrar e cortar
- 5) Facear à esquerda
- 6) Desbastar à esquerda
- 7) Alisar para ambos os lados
- 8) Desbastes de acabamento

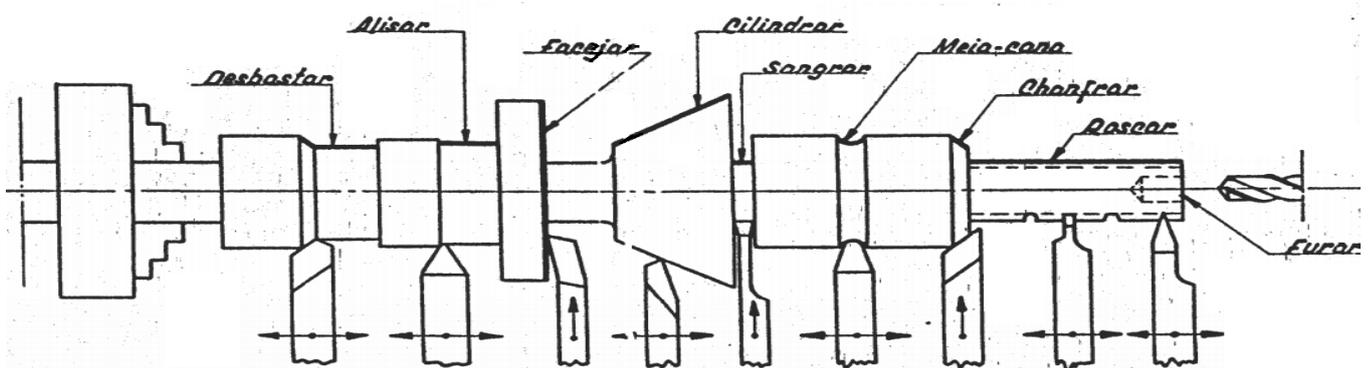


Imagem 47 - Resumo dos tipos de torneamento e ferros de corte respetivos

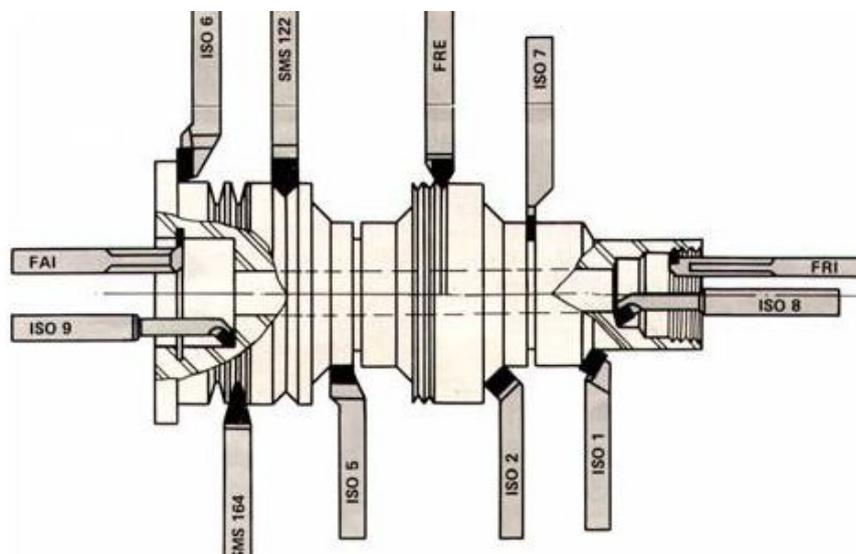


Imagem 48 - ferramentas de corte com pastilhas cerâmicas, mais usuais, fonte - EEEP

O bico da ferramenta deve estar nivelado com o eixo de rotação ou 1% acima deste com defende Carlos Sousa.

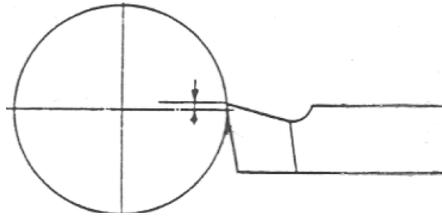


Imagem 49 - Fonte - Carlos Sousa

A ferramenta deve estar saída da torre, distância (l) da imagem seguinte, cerca de 2 x a sua altura, ver imagem 53, com recomenda Carlos Sousa, mas por vezes podemos de precisar de maior comprimento o que obriga a trabalhar com avanços menores e menos penetração.

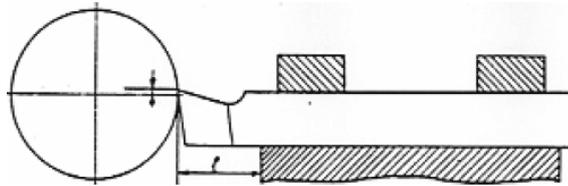


Imagem 50 - Fonte - Carlos Sousa

As ferramentas de corte têm vários ângulos conforme o material e dureza do mesmo.

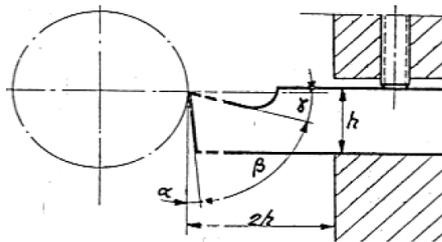


Imagem 51 - ângulos de corte Fonte - Carlos Sousa

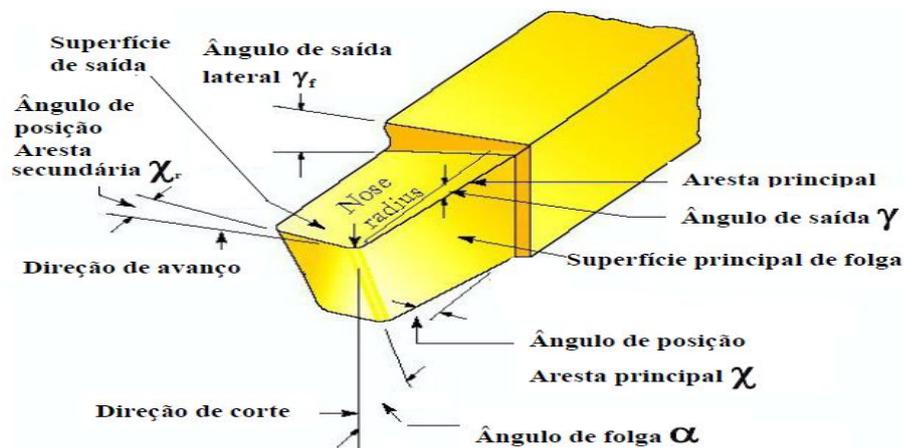


Imagem 52 - ângulos de corte. Fonte - Reginaldo Coelho



Imagem 53 - Pastilhas para ferro de corte - fonte - IPB

Designação do material a maquinar	Ferramentas em aço rápido			Ferramentas em carbonetos duros		
	Ângulo de entrada	Ângulo de saída	Ângulo do gume	Ângulo de entrada	Ângulo de saída	Ângulo do gume
Alumínio e ligas leves	10°	35°	45°	10°	30°	50°
Duralumínio	8°	20°	62°	6°	15°	69°
Latão	6°	15°	69°	4°	10°	76°
Bronze	6°	0°	84°	4°	0°	86°
Bronze fosforoso	8°	10°	72°	5°	10°	75°
Ferro fundido (< 200 Brinell)	6°	10°	74°	5°	8°	77°
Ferro fundido (> 200 Brinell)	6°	5°	79°	4°	5°	81°
Aço macio (< 50 kgf/mm2)	6°	25°	59°	5°	14°	71°
Aço semiduro (70 kgf/mm2)	6°	10°	74°	4°	10°	76°

Tabela 1 - ângulos de corte da ferramenta. Fonte - Carlos Sousa

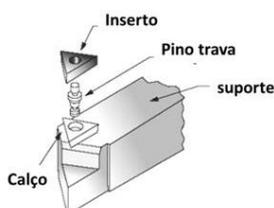


Imagem 54 - Pastilha para ferro de corte - fonte - EESC-USP

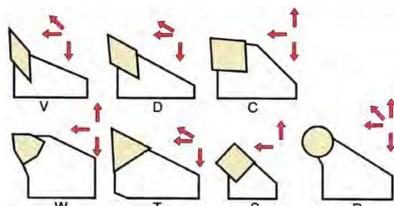


Imagem 55 - Tipos de pastilhas para ferro de corte - fonte - EESC-USP

1.5 - Preparação de trabalho

Atenção nos avanços automáticos - é preciso muito cuidado pois o torno não tem fins de curso para desligar ao chegar ao fim de curso pelo que destrói o interior do carro.

Na furação se usarmos uma broca de pequeno diâmetro, por exemplo de 3 mm, temos de ter cuidado com a força de avanço pois a broca pode partir por pressão elevada e ficar presa dentro da peça sem sair.

Para operar o torno sem o danificar e o conservar mais tempo com menos desgaste devemos fazer:

- 1-Limpeza da máquina diária;
- 2-Lubrificação diária;
- 3-Fixar corretamente a peça a cortar;
- 4-Verificar a velocidade de corte da máquina e ajustar a velocidade de rotação dependendo do tipo de material a empregar, para não forçar a máquina ou as ferramentas de corte;
- 5-Usar refrigerante/lubrificante (óleo solúvel em água) só quando necessário;

Cada torno depois de limpo deve ser lubrificado o barramento e pelos pontos próprios com enjector.

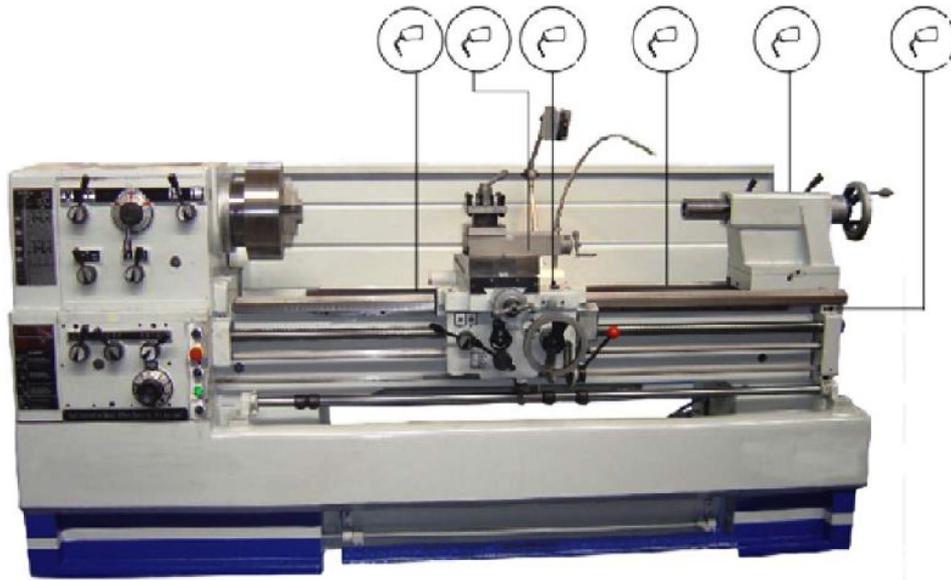


Imagem 56 - Pontos de lubrificação diária de torno. Fonte - PowerED

Para mais informação sobre torneamento consulte a UFCD 874 - Torneamento - tecnologia e operações

2 - Fresagem

A fresagem é um processo de maquinação mecânica, feito por fresadoras e ferramentas especiais chamadas fresas. A fresagem consiste na retirada de metal da superfície de uma peça, a fim de dar a esta uma forma e até acabamento desejados.

Na fresagem, a remoção do metal da peça é feita pela combinação de dois movimentos, efetuados ao mesmo tempo. Um dos movimentos é o de rotação da ferramenta, a fresa. O outro é o movimento da mesa da máquina, onde é fixada a peça a ser usinada, ou o avanço da fresa.

2.1 - Tipos de fresadoras mecânicas,

Fresadora horizontal - A fresadora é horizontal quando seu eixo-árvore é paralelo à mesa da máquina.

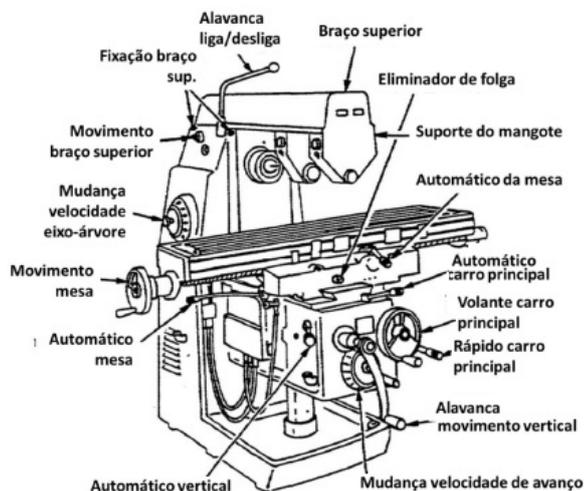


Imagem 2.1 - Terminologia da fresadora horizontal fonte - EESC-USP



Imagem 2.2 - fresadora horizontal, fonte - Rodrigo Stoeterau

Fresadora vertical - o eixo-árvore é perpendicular à mesa da máquina.

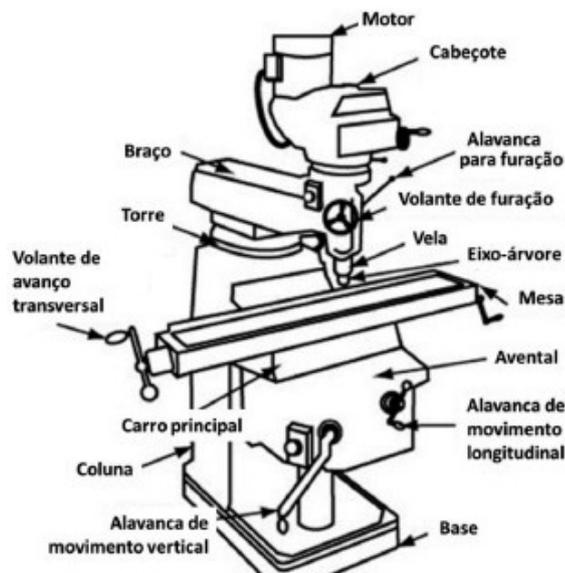


Imagem 2.3 - Terminologia da fresadora vertical, fonte - EESC-USP



Imagem 2.4 - Fresadora vertical do IPB



Imagem 2.5 - fresadora vertical da ESAB

Fresadora universal - dispõe de dois eixos-árvore, um horizontal e outro vertical. O eixo vertical situa-se no cabeçote, parte superior da máquina. O eixo horizontal localiza-se no corpo da máquina.



Imagem 2.6 - fresadora universal, fonte - Rodrigo Stoeterau

2.2 - Acessórios e Sistemas de aperto

2.2.1 - Mandrilagem (uso de mandris)

Fixação de fresas - Há mandris para pinças, cones com três cortes no seu comprimento, ver imagem seguinte, com vários diâmetros, cada para uma gama de diâmetros de fresas, que servem para as fixar. Os sistemas de fixação em cone ou mandril mas não confundir com o mandril de mandricular.



Imagem 2.7 - Pinça, fonte - Rodrigo Stoeterau

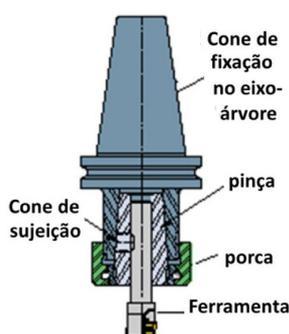


Imagem 2.8 - Fixação por meio de mandril/pinça, fonte - EESC-USP

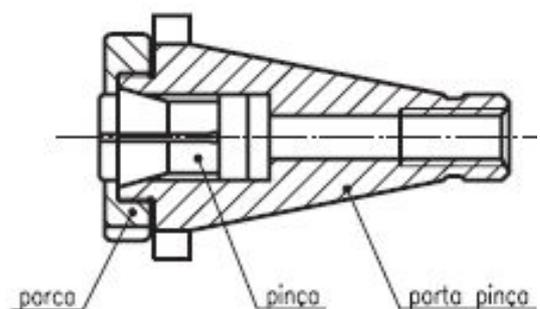


Imagem 2.9 - Mandril, Fonte - SENAI

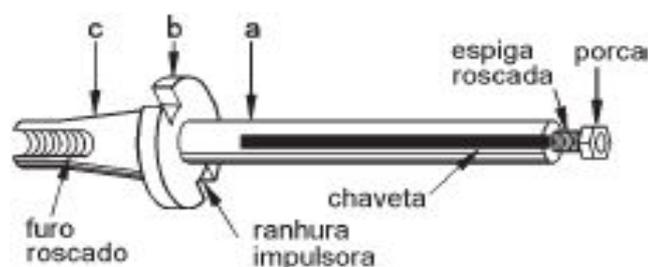


Imagem 2.10 - eixo porta-fresas (haste longa), Fonte - SENAI

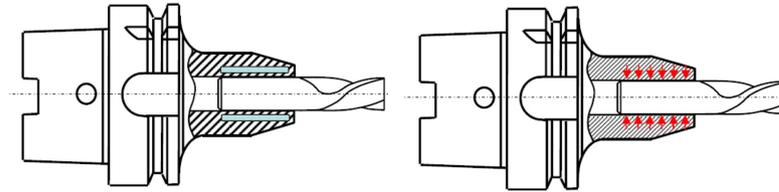


Imagem 2.11 - Fixação usando mandris de contração térmica, fonte - EESC-USP

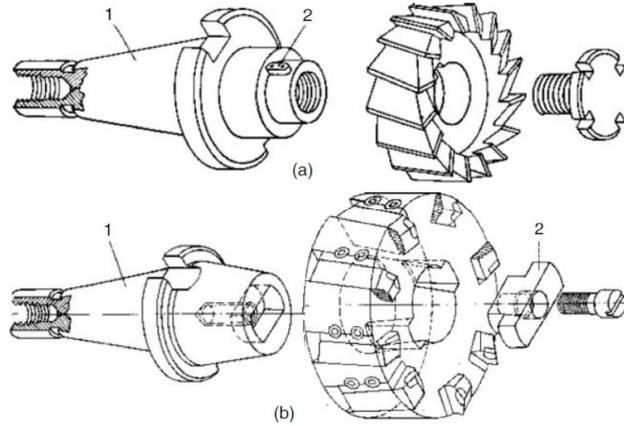


Imagem 2.12 - Fixação usando mandris, fonte - EESC-USP



(a) BT50

(b) CAT50

(c) ISO30

(d) HSK50A

Imagem 2.13 - Vários tipos de mandris (cone de conexão ao eixo-árvore), fonte - EESC-USP

2.2.2 - Fixação das peças

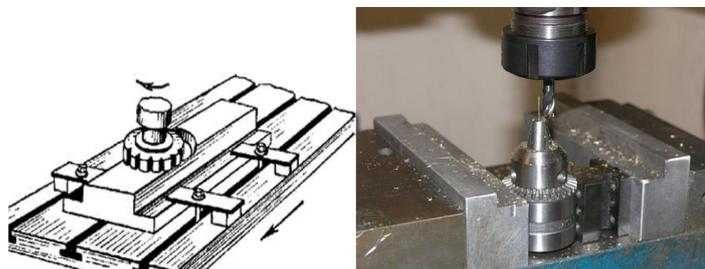
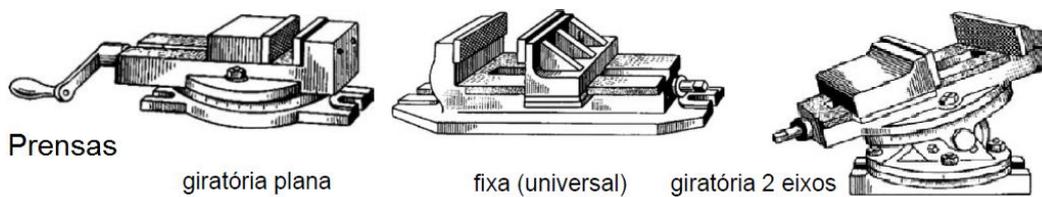


Imagem 2.14 - Fixação sobre a mesa e uso de prensa fixa, fonte - EESC-USP



Prensas

giratória plana

fixa (universal)

giratória 2 eixos

Imagem 2.15 - Tipo de prensas, fonte - EESC-USP



Imagem 2.16 - Divisor universal, fonte - www.neboluz.com.br



Imagem 2.17 - Cabeçote divisor universal BS-2 - BT, fonte - www.inoveferramentas.com.br

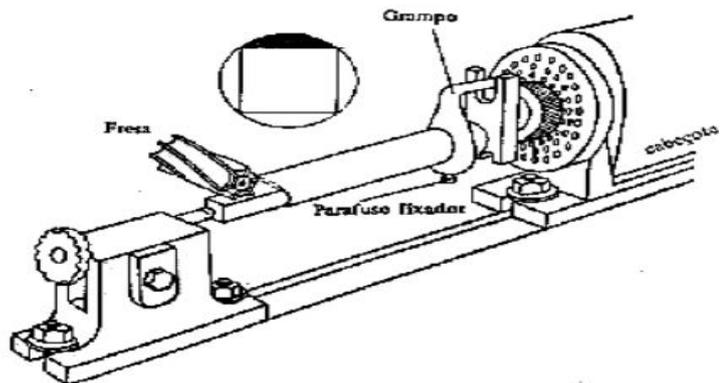


Imagem 2.18 - Cabeçote divisor e contraponto, fonte - EESC-USP

2.3 - Ferramentas de corte



Imagem 2.19 - Fresas HSS e com pastilhas, fonte - EESC-USP

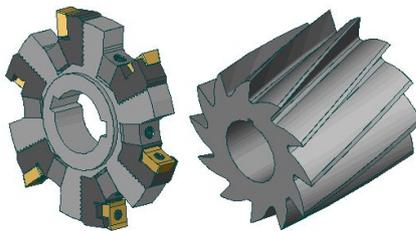


Imagem 2.20 - Fresas para fresamento tangencial. Fonte - IPB

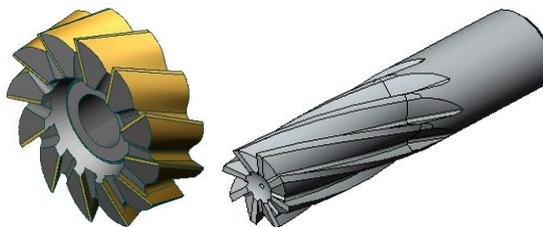


Imagem 2.21 - Fresas para fresamento de topo. Fonte - IPB

2.3-1 - Parâmetros de corte - os parâmetros que descrevem o movimento da ferramenta e/ou peça são: movimento de rotação, velocidade de corte e velocidade de avanço.

As dimensões do corte são profundidade de corte e penetração de trabalho.

Outros parâmetros são: diâmetro da ferramenta e o número de dentes (gumes principais), taxa de remoção de material e o tempo de corte.

Para definição e medição dos ângulos da ferramenta e outros parâmetros, utiliza-se um ponto selecionado sobre o gume como referência.

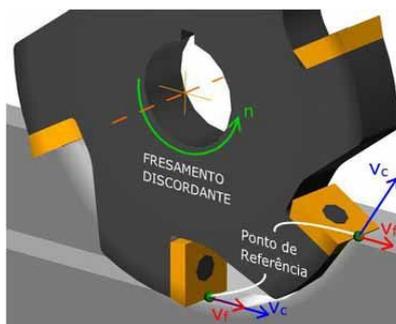


Imagem 2.22 - Ponto de referência, velocidade de corte e avanço. Fonte - IPB

As definições, os símbolos e as unidades dos parâmetros para o fresamento são as seguintes:

Movimento de rotação (n) [rpm] - É o número de voltas por unidade de tempo que a fresa dá em torno do seu eixo.

Velocidade de corte (v_c) [m/min] - É a velocidade instantânea do ponto selecionado sobre o gume em relação a peça. No fresamento, o movimento de corte é proporcionado pela rotação da ferramenta. A velocidade de corte é, então, uma velocidade tangencial. As grandezas relacionadas ao movimento de corte recebem o índice "c". (Ex: v_c)

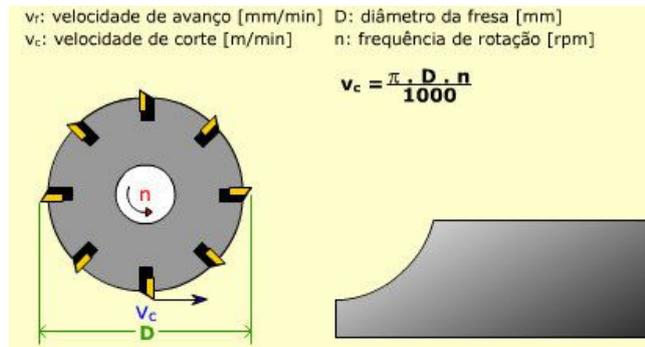


Imagem 2.23 - velocidade de corte. Fonte - IPB

Avanço por rotação (f) [mm] - No fresamento, o avanço é a distância linear percorrida por um conjunto de dentes que compõem uma ferramenta durante uma rotação completa dessa ferramenta. É medido no plano de trabalho. As grandezas relacionadas ao movimento de avanço recebem o índice "f". (Ex: v_f):

- **Avanço por dente (f_z)** [mm/dente] - É a distância linear percorrida por um dente da ferramenta no intervalo em que dois dentes consecutivos entram em corte. Também é medido no plano de trabalho.

- **Velocidade de avanço (v_f)** [mm/min] - É a velocidade instantânea do ponto selecionado sobre o gume em relação à peça. No fresamento, o movimento de avanço é provocado pela translação da ferramenta sobre a peça ou vice-versa. A direcção da velocidade de avanço é, então, radial ao eixo da ferramenta.

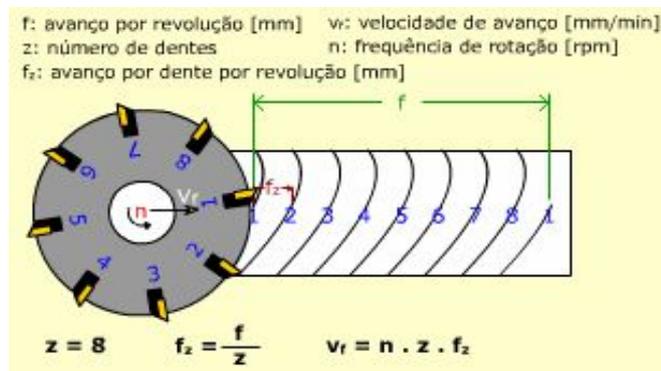


Imagem 2.24 - Velocidade de avanço. Fonte - IPB

Diâmetro (D) [mm] - É o diâmetro da fresa.

Número de dentes (z) - É o número total de dentes que a fresa contém.

Profundidade de corte (Penetração passiva) (a_p) [mm] - É a quantidade que a ferramenta penetra na peça, medida perpendicularmente ao plano de trabalho (na direcção do eixo da fresa). No fresamento frontal, a_p corresponde à profundidade de corte e no fresamento periférico, à largura de corte.

Penetração de trabalho (a_e) [mm] - É a quantidade que a ferramenta penetra na peça, medida no plano de trabalho e perpendicular à direcção de avanço.

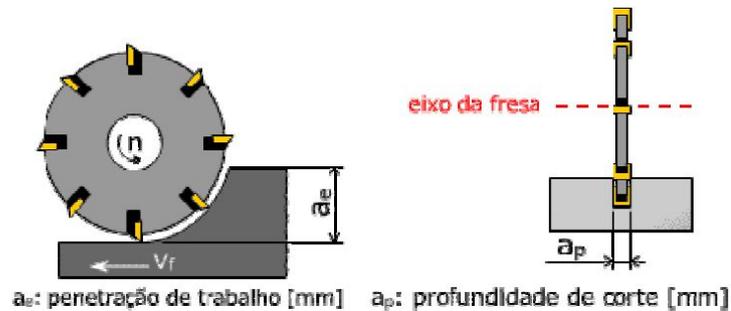


Imagem 2.25 - Penetração. Fonte - IPB

Tempo de corte (t_c) [min] - É o tempo em que a ferramenta está efetivamente em corte.

Taxa de remoção de material (Q) [mm^3/min] - É o volume de material removido por unidade de tempo.

2.4 - Operações elementares de fresagem

Distinguem-se dois métodos de fresamento, o frontal e o periférico ou tangencial, cada um com vantagens e desvantagens.

Quanto à relação entre o sentido das velocidades de corte e de avanço, distingue-se o fresamento concordante e discordante.

Para fazer essa distinção, considera-se que a fresa apenas tem rotação enquanto que a peça apenas avança contra a ferramenta. Esta é a situação mais comum no fresamento convencional.

Fresamento tangencial - No fresamento periférico ou tangencial, a superfície maquinada encontra-se, de modo geral, paralela ao eixo da fresa. Também a profundidade de corte a_p é significativamente maior que a penetração de trabalho a_e .



Imagem 2.26 - Fresamento tangencial. Fonte - IPB

Fresamento periférico concordante (ou apenas fresamento concordante) - os sentidos das velocidades de corte e de avanço são, em média, os mesmos, a espessura da apana decresce durante a sua formação.

Como se pode ver na imagem abaixo, a espessura da apana é máxima no início do corte e mínima no final (teoricamente zero). Assim, na saída do gume, ocorre o esmagamento do material e maior atrito entre o gume e a superfície de corte.

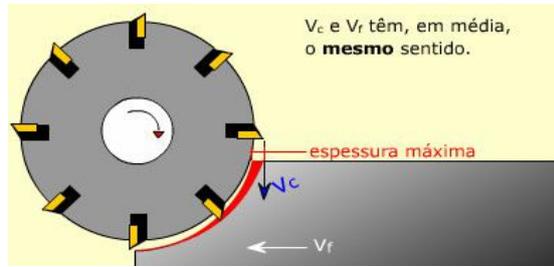


Imagem 2.27 - Fresamento tangencial concordante. Fonte - IPB

Fresamento periférico discordante (ou apenas fresamento discordante) - ocorre o contrário. Os sentidos das velocidades de corte e de avanço são, em média, opostos. A espessura da apana cresce durante a sua formação. Neste caso, a espessura da apana é mínima no início do corte e máxima no final. Se ocorrer fresamento discordante puro, como ilustrado na imagem seguinte, a espessura inicial é teoricamente zero. Assim, no momento da entrada do gume, não há corte, apenas o esmagamento de material. Consequentemente os esforços e a tendência a vibrações na ferramenta são maiores.

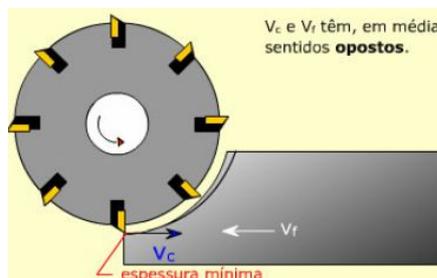


Imagem 2.28 - Fresamento tangencial discordante. Fonte - IPB

As vantagens do fresamento concordante, quando comparado com o discordante, são:

- Menor desgaste e, como consequência, maior vida da ferramenta;
- Melhor qualidade superficial;
- Menor potência requerida para o corte;
- A força resultante empurra a peça contra a mesa onde esta está fixa, reduzindo os efeitos de vibração.

Mas deve-se preferir o fresamento discordante nas seguintes situações:

- Quando existe folga no fuso da mesa da máquina-ferramenta;
- Quando a superfície da peça tiver resíduo de areia de fundição, for muito irregular ou o material for proveniente do processo de forjamento.

Fresamento frontal ou de topo - neste a superfície maquinada é gerada pelo gume secundário e encontra-se normalmente perpendicular ao eixo da fresa. A penetração de trabalho a_e é consideravelmente maior que a profundidade de corte a_p .

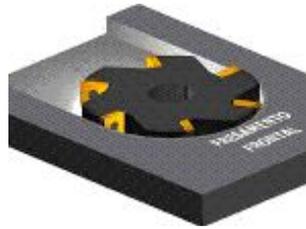


Imagem 2.29 - Fresamento de topo. Fonte - IPB

Neste fresamento ocorre simultaneamente fresamento concordante e discordante. Analisando apenas a trajetória de um dente, primeiro começa como fresamento discordante. A espessura da apara cresce até um valor na linha que passa pelo centro da fresa e com direção igual à do avanço. A partir deste ponto o corte passa a ser concordante. A espessura da apara decresce até o gume sair da peça.

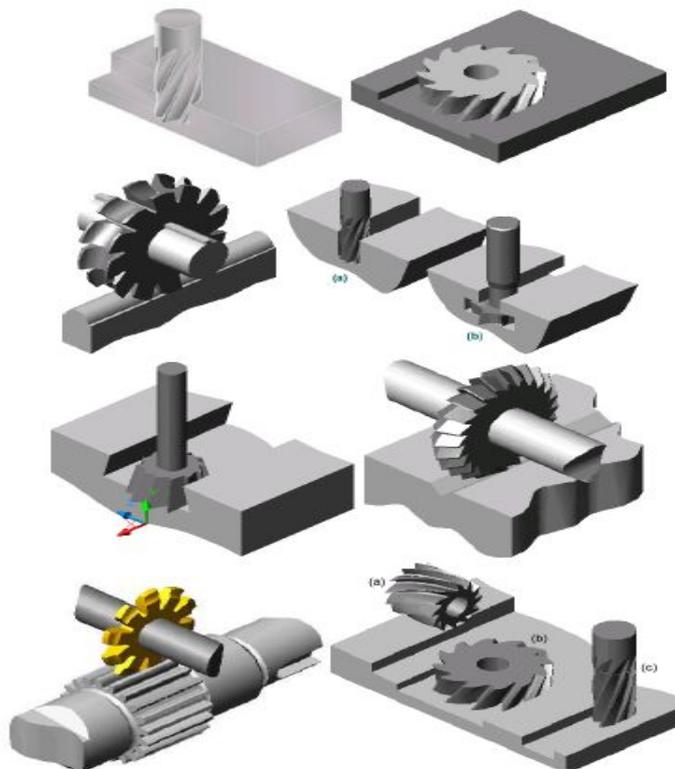


Imagem 2.30 - Vários exemplos de maquinagem em fresadoras. Fonte - IPB



Imagem 2.31 - Divisão do processo de fresamento - DIN 8589, fonte - Rodrigo Stoeterau

Fresagem por geração - Processo de fresamento onde a fresa reproduz a cinemática do engrenamento, gerando geometrias corretas no perfil dos dentes da engrenagem fabricada.

A fresa e a peça estão em rotações distintas mas sincronizadas e a mesa também é sincronizada com a fresa, está a avançar ou está a subir ou a baixar conforme a situação. Usa-se o cabeçote divisor para fixar a peça, e este recebe o movimento da árvore da fresa ou mesa. Estes movimentos de rotação e de avanço sincronizados (geração) devem ser calculados recorrendo a uma folha de cálculo. O autor quando frequentava o 12º na ESAB, fabricou rodas dentadas por este processo, mas levou dias a consultar as equações envolvidas e a fazer os respetivos cálculos, mais recentemente um professor na ESAB fez uma folha de cálculo em Excel para facilitar os cálculos.

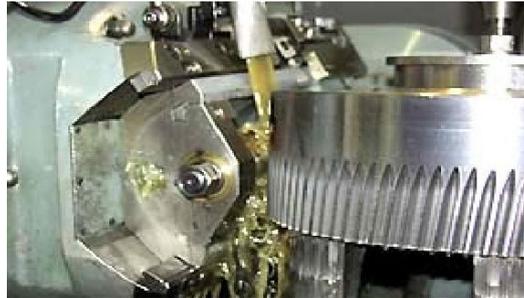


Imagem 2.32 - Fresagem por geração, fonte - Rodrigo Stoeterau



Imagem 2.33 - Fresas para fresagem por geração, fonte - Rodrigo Stoeterau

2.5 - Divisão na fresagem

Aparelho divisor - é um acessório utilizado na máquina fresadora para fazer divisões no movimento de giro da peça, ver imagem 2.17. As divisões são muito úteis, quando se quer fresar com precisão superfícies, que devem guardar uma distância angular igual à distância angular de uma outra superfície, tomada como referência. Pode ter um divisor direto mas é limitado pelo tem um divisor por disco com furos, para fazer uma divisão indireta.

Divisão indireta - Este método de divisão obtêm-se de uma forma indireta rodando a manivela que está solidária com um parafuso sem-fim (Z_1) que engrena com uma roda de coroa que está solidária com a árvore do cabeçote divisor (Z_2). A relação de transmissão (i) entre a roda de coroa e o parafuso sem-fim é habitualmente de 40/1 (temos de dar 40 voltas). Esta relação é designada constante do divisor.

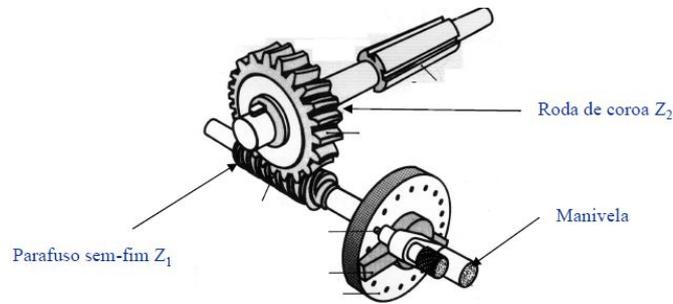


Imagem 2.34 - Movimento do divisor, fonte - ISEC



Imagem 2.35 - Disco divisor, com séries de 15, 18 20, 23, 27, 31, 37, 41 e 47 furos, fonte - ISEC

Assim, o aparelho divisor permite fresar quadrados, hexágonos, rodas dentadas ou outros perfis, que dificilmente poderiam ser obtidos de outra maneira.

A fresadora através do uso do cabeçote divisor permite fazer rodas dentadas, dente a dente, pode também fazer furos equidistantes com grande precisão usando brocas, pois as fresas não servem para furar, ver peça que se pretende furar na imagem seguinte.

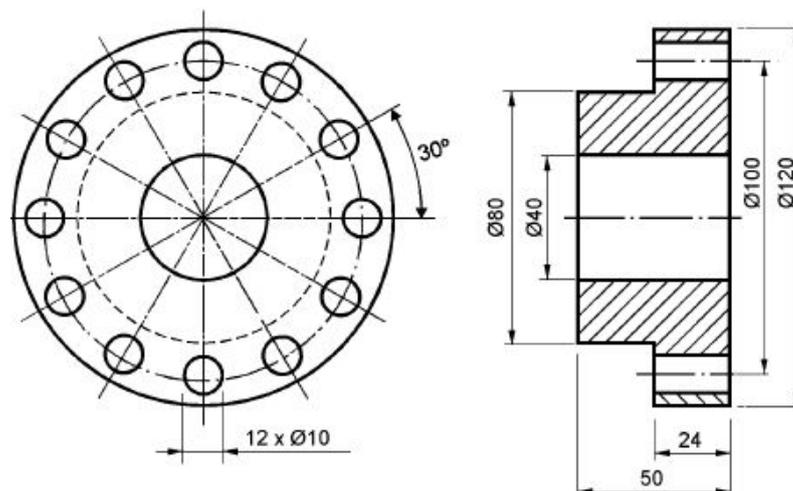


Imagem 2.36 - Peça para furar na fresadora. Fonte - SENAI

Para calcular a divisão angular, você utiliza a seguinte equação:

$$V_m = \frac{c \cdot \alpha}{360^\circ}$$

em que:

V_m = número de voltas do manípulo

c = número de dentes da coroa do divisor

a = ângulo a ser deslocado

360° = ângulo de uma volta completa

Usando um cabeçote divisor de 40 voltas, vem:

$V_m = 40 \times 30 / 360 = 1200 / 360$, o que seria 3,33333... ou seja vamos ter de dar 3 voltas + ? furos de cada vez que se vai fazer um furo, assim temos de calcular quanto a acrescentar, vem:

$$V_m = 3 + 120 / 360$$

Simplificando, dividem-se os dois membros por um número comum 20, pelo que vem:

$$V_m = 3 + 6 / 18$$

O resultado mostra que para fazer furos, distantes 30° uns dos outros, você vai precisar dar três voltas completas no manípulo e avançar 6 furos no disco de 18 furos.

Roda dentada - Por exemplo para fazer uma roda dentada de 25 dentes com divisor usa-se a equação:

$$N = RD / Z$$

Com RD - Relação do divisor e $z = n^\circ$ de dentes

Então para fazer uma roda dentada de 25 dentes com um divisor de 40/1, substituindo vem:

$$N = 40/25$$

$$\text{Ou seja } \begin{array}{r} 40 \quad | \quad 25 \text{ --- discos} \\ \hline 15 \quad | \quad 1 \text{ --- volta} \end{array}$$

Com o resultado obtido, tem-se que é preciso dar uma volta e mais 15 furos em um disco de 25 furos. Como não existe no disco série de 25 furos, é necessário encontrar uma fração equivalente a 15/25. Veja:

$$(15/25) / (5/5) = 3/5$$

Com a fração obtida leva a outra fração equivalente. Isto vai permitir escolher no disco um número de furos normalizados. Veja:

$$3/5 \times 3/3 = 9/15$$

Rodas dentadas retas - Para se fazerem rodas dentadas de dente reto usam-se fresas com um certo módulo.

Nº DA FRESA MÓDULO	Nº DE DENTES DA ENGRENAGEM (Z)
1	12 e 13
2	14 a 16
3	17 a 20
4	21 a 25
5	26 a 34
6	35 a 54
7	55 a 134
8	135 para cima e cremalheira

Tabela 2.1 - Nº de módulo da fresa para rodas dentadas, Fonte - SENAI

Divisão diferencial - Este método de divisão diferencial é utilizado normalmente, para fazer divisões de números primos, quando a divisão indireta não tem capacidade de divisão através dos meios disponíveis.

O princípio da divisão diferencial consiste em escolher uma divisão qualquer d' próximo da divisão a fazer d , criando-se assim um erro que deve ser corrigido pela colocação em rotação do “disco de orifícios” num ou noutro sentido, através de um conjunto de rodas intermutáveis. Estas rodas intermutáveis têm como função eliminar um espaço caso o número fictício escolhido seja maior que o real e criar um espaço para abertura de mais uma divisão, caso o número fictício escolhido seja menor que o real.

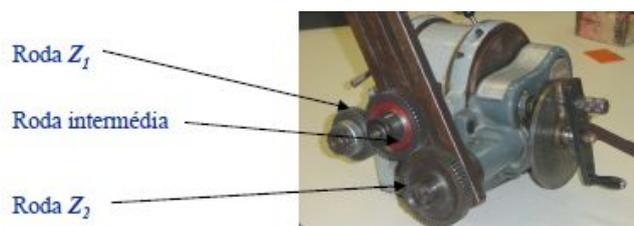


Imagem 2.37 - Divisão diferencial, fonte - ISEC

Para cálculo da divisão utiliza-se a seguinte fórmula:

$$ni = \frac{K}{d'}$$

Para o cálculo das rodas intermutáveis utiliza-se:

$$\frac{K(d' - d)}{d'} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

ni - Número de voltas da manivela ou frações de volta.

i (K) - Constante do divisor.

d' - Número fictício de divisões a abrir.

d - Número real de divisões a abrir.

2.7 - Preparação do trabalho (fresagem)

A máquina tem de ser regulada na rotação e avanço de acordo para não ultrapassar a velocidade de corte máxima para cada tipo de fresa, há tabelas para os vários metais, apresenta-se das fresas em HSS.

MATERIAL a ser cortado	Velocidade de corte em m/min		
	Desbaste até a profundidade de		Acaba- mento 1,5 mm
	8 mm	5 mm	
Aço até 60 kgf/mm ²	16 - 20	22 - 26	32 - 36
Aço de 60-90 kgf/mm ²	14 - 16	20 - 24	26 - 30
Aço de 90-110 kgf/mm ²	12 - 14	18 - 22	22 - 26
Aço acima de 110 kgf/mm ²	8 - 12	14 - 16	16 - 20
Ferro fundido até 180 HB	18 - 22	24 - 28	18 - 32
Ferro fundido acima de 180 HB	10 - 14	12 - 18	18 - 22
Latão	32 - 48	46 - 72	60 - 120
Metais leves	220 - 320	280 - 480	400 - 520
Cobre	40 - 50	60 - 80	80 - 100

Tabela 2.2 - Escolha da velocidade de corte para fresas HSS, fonte - SENAI

MATERIAL a ser cortado	TIPO da fresa	AVANÇO em milímetro por dente		
		desbaste		acab. até 1 mm
		até 8mm	até 5mm	
Aço até 60 kgf/mm ²	Cilindrica DIN 884	0,22	0,26	0,10
Aço de 60-90 kgf/mm ²		0,20	0,24	0,08
Aço de 90-110 kgf/mm ²		0,17	0,22	0,06
Aço acima de 110 kgf/mm ²		0,10	0,12	0,04
Ferro fundido, até 180HB		0,22	0,30	0,08
Ferro fundido, acima de 180HB		0,18	0,20	0,06
Latão		0,24	0,28	0,10
Metais leves		0,10	0,12	0,04
Cobre	0,26	0,26	0,08	
Aço até 60 kgf/mm ²	de topo DIN 841 DIN 1880	0,25	0,30	0,12
Aço de 60-90 kgf/mm ²		0,22	0,27	0,10
Aço de 90-110 kgf/mm ²		0,22	0,24	0,08
Aço acima de 110 kgf/mm ²		0,12	0,14	0,06
Ferro fundido, até 180 HB		0,25	0,34	0,10
Ferro fundido, acima de 180HB		0,18	0,22	0,08
Latão		0,25	0,30	0,10
Metais leves		0,12	0,16	0,06
Cobre	0,26	0,30	0,10	
Aço até 60 kgf/mm ²	Circulares dentes retos DIN 885B	0,08	0,12	0,05
Aço de 60-90 kgf/mm ²		0,07	0,11	0,04
Aço de 90-110 kgf/mm ²		0,06	0,10	0,03
Aço acima de 110 kgf/mm ²		0,05	0,09	0,03
Ferro fundido, até 180 HB		0,08	0,12	0,06
Ferro fundido, acima de 180 HB		0,06	0,10	0,03
Latão		0,08	0,12	0,05
Metais leves		0,10	0,14	0,06
Cobre	0,10	0,14	0,05	
Aço até 60 kgf/mm ²	Circulares dentes cruzados DIN 885A	0,13	0,19	0,08
Aço de 60-90 kgf/mm ²		0,12	0,18	0,07
Aço de 90-110 kgf/mm ²		0,10	0,16	0,05
Aço acima de 110 kgf/mm ²		0,09	0,15	0,04
Ferro fundido, até 180 HB		0,13	0,19	0,08
Ferro fundido, acima de 180 HB		0,10	0,16	0,05
Latão		0,13	0,19	0,08
Metais leves		0,15	0,22	0,09
Cobre	0,15	0,22	0,09	

Tabela 2.3 - Escolha do avanço por dente para fresas HSS, fonte - SENAI

Caso a largura da fresa não seja suficiente para usinar toda a extensão da superfície da peça, monte duas ou mais fresas, com a inclinação das hélices ou facas laterais de corte invertidas, isto é, uma hélice com inclinação à esquerda e a outra à direita. Veja imagem abaixo.

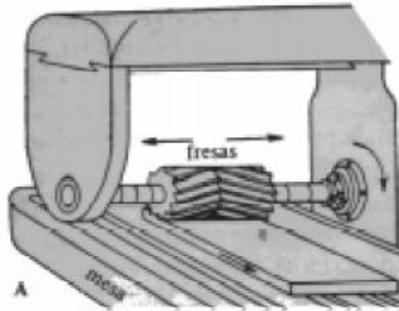


Imagem 2.38 - Fresar peça larga usa-se 2 ou mais fresas, fonte - SENAI

Na operação de fresar rasgos de chaveta, ver imagem seguinte, o avanço da ferramenta deve ser manual e lento, para evitar a quebra da fresa. Ainda, a refrigeração deve ser contínua e abundante, para evitar excessivo aquecimento da ferramenta e possibilitar a remoção dos cavacos. Com isto, evita-se também a quebra da ferramenta.

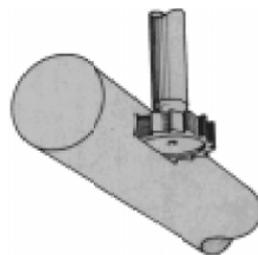
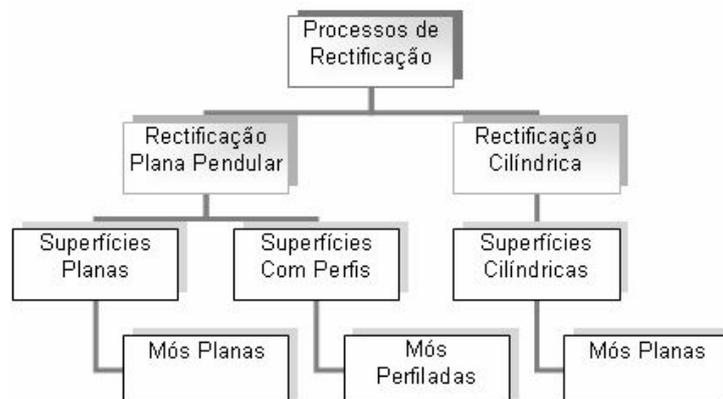


Imagem 2.39 - Fazer rasgo para chaveta, fonte - SENAI

3 - Retificação

O processo de retificação é um processo de arranque de apana por abrasão destinado à obtenção de superfícies com auxílio de ferramenta abrasiva de revolução. A ferramenta de corte utilizada na retificadora é a mó, apresenta-se constituída de grãos de óxido de alumínio ou de carboneto de silício, entre outros. A ferramenta gira e a peça, ou a ferramenta, desloca-se segundo uma trajetória determinada, podendo a peça girar ou não. A retificação pode ser exterior ou interior, para tal existem retificadoras planas e cilíndricas.

A retificação plana pendular com mó plana é o processo mais vulgar.



Organigrama 3.1 - Organização dos processos de retificação, fonte - Isabel Faria

3.1 - Retificadora - Normalmente, este tipo de maquinagem é posterior ao torneamento e ao fresamento, para um melhor acabamento de superfície. O metal deixado para o processo de retificação é de 0,2 a 0,5 mm, porque a retificadora é uma máquina de custo elevado e a sua utilização encarece o produto. A retificação é um processo de maquinagem por abrasão que retifica a superfície de uma peça. Retificar significa corrigir irregularidades de superfícies de peças. Assim, a retificação tem por objetivo:

- a) Reduzir rugosidades ou saliências e reentrâncias de superfícies maquinadas com máquinas-ferramenta, como furadora, torno, plaina, fresadora;
- b) Dar à superfície da peça a precisão necessária, de modo que se possa obter peças semelhantes, permitindo a substituição de umas pelas outras;
- c) Retificar peças que tenham sido deformadas ligeiramente durante um processo de tratamento térmico;
- d) Remover camadas finas de material endurecido por têmpera ou cementação.

3.1.1 - Tipos de retificadoras, acessórios e ferramentas

Há basicamente três tipos de retificadora, a plana, a cilíndrica universal e a cilíndrica sem centros (*centerless*). Quanto ao movimento, em geral as retificadoras podem ser manuais, semiautomáticas e automáticas. No caso da *centerless*, ela é automática, pois trata-se de uma máquina utilizada para a produção em série.

Retificadora plana - Retifica todos os tipos de superfícies planas paralelas, perpendiculares ou inclinadas.

A retificadora plana pode ser tangencial de eixo horizontal e de topo de eixo vertical.

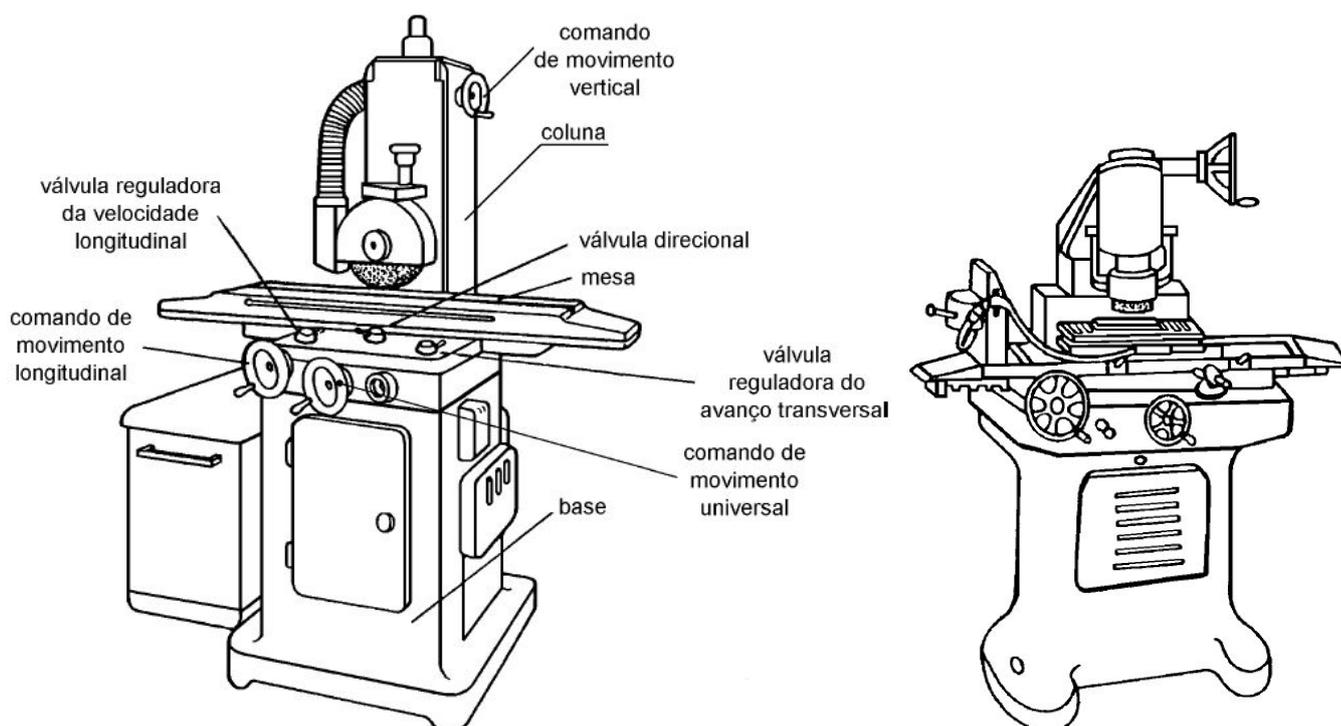


Imagem 3.1 - Retificadora plana tangencial e plana vertical. Fonte - SENAI

Retificadora cilíndrica universal - esta retifica superfícies cilíndricas, externas ou internas. A peça é fixa, por exemplo, a uma placa universal como a utilizada no torno, que é dotada de um movimento de rotação. A mó com movimento de rotação entra em contacto com a peça e remove o material.

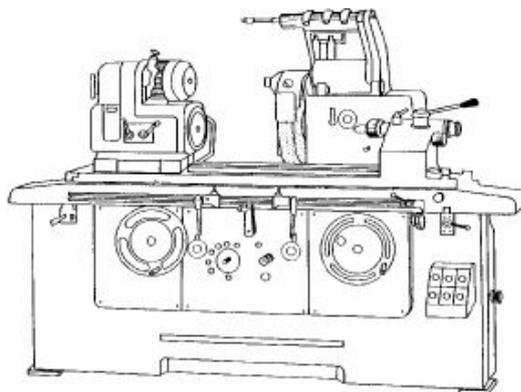


Imagem 3.2 - Retificadora cilíndrica universal. Fonte - IPB

Retificadora sem centros (centerless) - Esse tipo de retificadora é muito utilizado na produção em série. A peça é conduzida pela mó e pelo disco de arraste. O disco de arraste roda devagar e serve para imprimir movimento à peça e para produzir o avanço longitudinal. Por essa razão, o disco de arraste possui inclinação de 3 a 5 graus, que é responsável pelo avanço da peça.

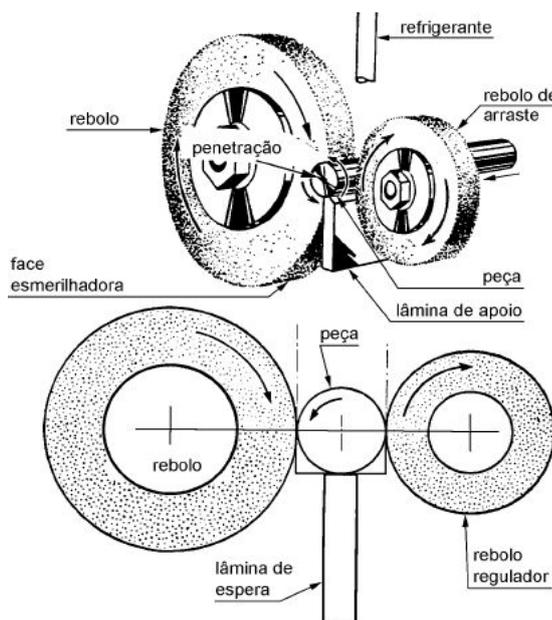


Imagem 3.3 - Retificadora *centerless*. Fonte - SENAI



Imagem 3.4 - *Centerless* SC456A - Ricavi. Fonte - www.nei.com.br

3.1.1- Ferramentas - mós ou discos

Para a escolha das mós são levados em conta: abrasivos, grãos, dureza, estrutura e aglomerantes.

Atualmente, são utilizados para confecção de mós, grãos abrasivos obtidos artificialmente, já que os de origem natural deixaram de ser aplicados pelo seu alto custo. Os principais são Óxido de alumínio (Al_2O_3), Carboneto de silício (SiC), Carboneto de boro (B_4C) e Diamante.

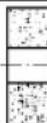
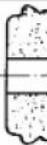
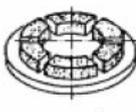
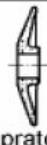
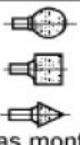
Forma	Aplicação	Forma	Aplicação
 disco reto	Afição de brocas e ferramentas diversas	 copo reto	Afição de fresas frontais, fresas de topo, fresas cilíndricas, machos, cabeçotes porta-bits.
 perfilado	Peças perfiladas	 copo cônico	Afição de fresas angulares, rebaixadores, broca de 3 e 4 arestas cortantes, fresas frontais, fresas de topo.
 disco	Afição de machos, brocas	 segmentos	Retificação plana de ataque frontal no faceamento de superfícies.
 prato	Afição de fresas de forma, fresas detalonadas, fresas cilíndricas, fresas frontais, fresas de disco.	 pontas montadas	Ferramenta de corte e estampos em geral.

Tabela 3.1 – Formas e aplicações das mós. Fonte - IPB

Os fabricantes de discos adotam um código internacional, constituído de letras e números para indicar as especificações do disco, conforme tabela seguinte.

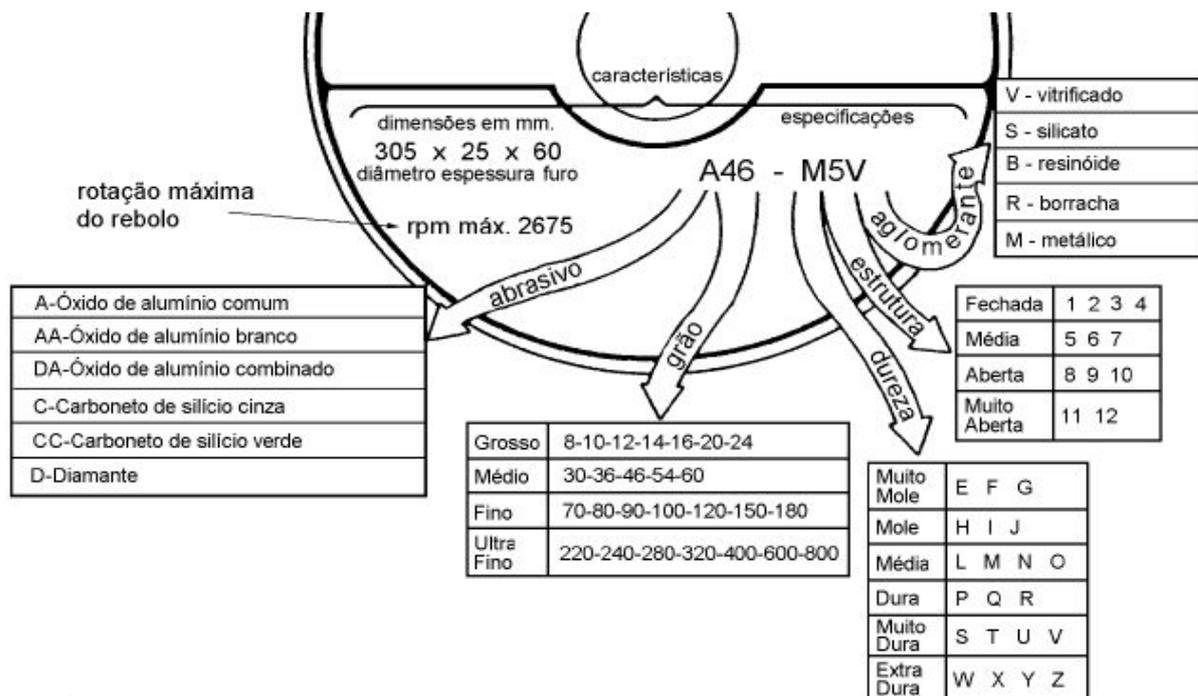


Tabela 3.2 – especificações do disco, fonte - SENAI

3.2 - Operações elementares de retificação

RETIFICAÇÃO	
<p>RETIFICAÇÃO CILÍNDRICA EXTERNA COM AVANÇO LONGITUDINAL</p>	<p>RETIFICAÇÃO CILÍNDRICA INTERNA COM AVANÇO LONGITUDINAL</p>
<p>RETIFICAÇÃO CILÍNDRICA EXTERNA COM AVANÇO RADIAL</p>	<p>RETIFICAÇÃO CILÍNDRICA INTERNA COM AVANÇO CIRCULAR</p>
<p>RETIFICAÇÃO CÔNICA EXTERNA COM AVANÇO LONGITUDINAL</p>	<p>RETIFICAÇÃO DE PERFIL COM AVANÇO RADIAL</p>
<p>RETIFICAÇÃO DE PERFIL COM AVANÇO LONGITUDINAL</p>	<p>RETIFICAÇÃO TANGENCIAL PLANO COM MOV. RETILÍNEO DA PEÇA</p>

Tabela 3.3 -. Fonte - Oswaldo Agostinho

Tabela 3.4 - Retificações cilíndricas. Fonte - SENAI

3.3 - Preparação do trabalho (retificação)

É preciso preparar a retificadora antes de iniciar a operação. Esses procedimentos referem-se à escolha e calibragem do rebolo (não ficar excêntrico o que iria provocar vibrações e má retificação), sua montagem na máquina retificadora, à retificação do rebolo e medidas de segurança, que devem ser tomadas pelo operador.

Rebolo (definição) - pequena mó que gira em torno de um eixo e serve para amolar objetos cortantes.

Escolha e preparação das mós - Temos de escolher o disco conforme a tabela 3.2.

Primeiro, é preciso verificar se o disco está partido (com alguma fenda). Para isso, é preciso suspender o rebolo pelo furo e submetê-lo a pequenos e suaves golpes, dados com um maço ou cabo de chave de fenda. Se o disco não estiver com fenda(s), ele produzirá um leve som “metálico”. Se tiver fendas, o som será “apagado”. Neste caso, o disco deve ser substituído por outro em bom estado.

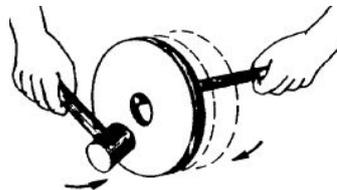


Imagem 3.5 – Verificar a ressonância do disco, para ser se não está partido, fonte – SENAI

Os discos possuem um rótulo de papel em suas laterais. Esses rótulos não devem ser retirados, pois servem para melhorar o assentamento dos flanges, visto que no processo de fabricação do disco, as superfícies ficam irregulares. No momento do aperto dos flanges, sem o rótulo pode ocorrer má fixação ou até mesmo a quebra do disco.

Em seguida, o disco deve ser montado no flange. Coloca-se o flange superior de maneira que as dois meios-flanges sejam unidos com parafusos de fixação.

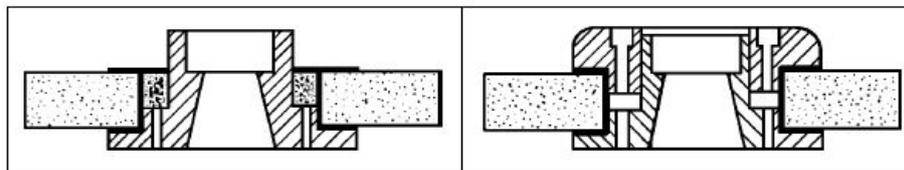


Imagem 3.6 – Flange para fixar o disco, fonte – SENAI

O rebolo, assim preparado, é colocado sobre o eixo de balanceamento e o conjunto disco-eixo é assentado sobre as régua do dispositivo de balanceamento.

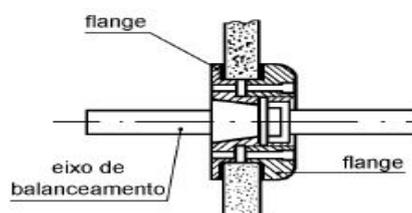


Imagem 3.7 – Eixo auxiliar para calibrar (balanceamento), fonte – SENAI

O dispositivo de balanceamento deve estar nivelado, para que a inclinação das réguas de apoio não influencie no balanceamento do rebolo.

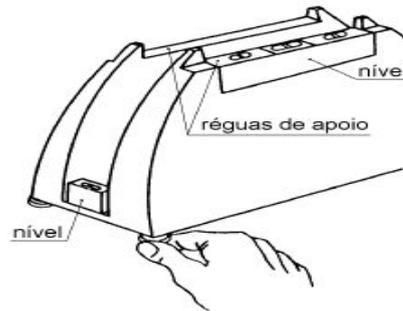


Imagem 3.8 – dispositivo de balanceamento para rebolos, fonte – SENAI

Calibrar o disco (remover excentricidades) - Os flanges possuem ranhuras onde são colocados contrapesos para balancear o rebolo. É como balancear a roda de um carro em que são colocados pequenos pesos. Esses pequenos pesos podem ser movimentados dentro da ranhura. Se um lado do rebolo estiver mais pesado, ele vai girar ao se colocar o rebolo com o eixo de balanceamento sobre as réguas do dispositivo. Movimentamos os três contrapesos a fim de equilibrá-los. Quando o peso estiver equilibrado, o rebolo ficará parado em três posições diferentes, a 120° , uma em relação à outra. Nesse momento, o balanceamento está concluído.

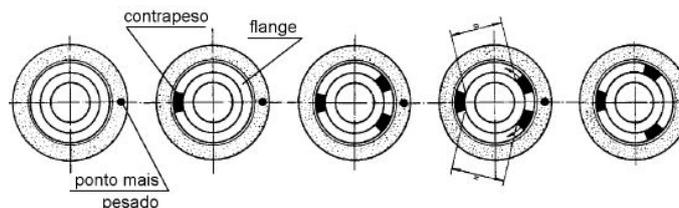


Imagem 3.9 – Balancear e calibrar a excentricidade, fonte – SENAI

O primeiro passo é fixar bem o rebolo no eixo da retificadora da máquina. Neste momento, deve-se observar também a folga radial, que não deve ultrapassar 0,005 mm, e a folga axial, a qual não deve ser maior que 0,02 mm.

Em seguida, fixamos o diamante de retificação na mesa da retificadora, geralmente com uma placa magnética.

Liga-se o rebolo e faz-se com que ele tangencie o diamante. Nesse momento, é preciso ter muito cuidado, pois a posição do diamante em relação ao rebolo não deve permitir que o rebolo “puxe” o diamante para baixo de si. Caso contrário, isso pode provocar a quebra do rebolo e trazer riscos para o operador.

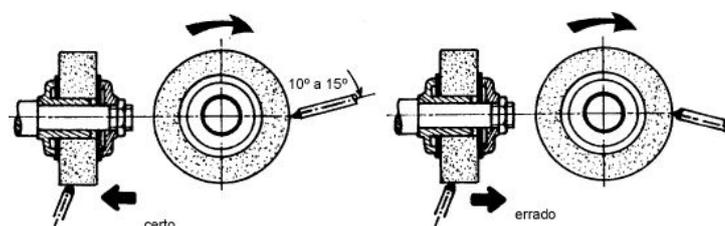


Imagem 3.10 – Retificar com diamante o disco, fonte – SENAI

A velocidade de corte do rebolo é de grande importância e depende do tipo do aglomerante. Numa velocidade muito baixa, haverá desperdício de abrasivo e pouco rendimento do trabalho. Uma velocidade muito alta pode causar rompimento do rebolo.

Geralmente, as máquinas têm rotações fixas que correspondem à velocidade de corte ideal. De modo geral, na prática, são adotadas as seguintes velocidades, segundo o aglomerante:

AGLOMERANTE	VELOCIDADE DE CORTE
Vitrificado	até 33 m/s
Resina	até 45 m/s
Borracha	até 35 m/s
Metálico	até 30 a 35 m/s

Tabela 3.5 – Velocidade de corte por aglomerante do disco, fonte – SENAI

Deve-se empregar sempre a velocidade indicada pelo fabricante para cada tipo de rebolo.

Nota - Não ligue o refrigerante antes de ligar o rebolo para evitar que ele se encharque e prejudique o balanceamento. Durante a retificação do disco o fluido de corte deve cobrir sempre a área de contato do diamante com o disco.

3.4 - Medidas de segurança - Para prevenir ferimentos, o operador deve observar os seguintes procedimentos:

Ao iniciar a rotação, ficar de lado e não em frente do rebolo; usar óculos de proteção e luvas.

Em caso de usinagem a seco, ajustar um coletor de aspiração de pó junto ao protetor e usar máscara contra pó, para evitar inalação de poeira, prejudicial ao aparelho respiratório;

A peça é presa a uma placa magnética, fixa à mesa da retificadora.

Durante a maquinagem, a mesa desloca-se num movimento retilíneo da direita para a esquerda e vice-versa, fazendo com que a peça ultrapasse o contacto com a peça em aproximadamente 10 mm.

Há deslocamento transversal da mesa. O movimento transversal junto com o movimento longitudinal permitem alcançar toda a superfície a ser maquinada.

O valor do deslocamento transversal depende da largura da peça.

3.5 - Fluido de retificação - Dependendo do tipo de maquinagem a ser executada, o fluido de corte ou de retificação tem uma ou mais das seguintes funções: arrefecimento da ferramenta, peça a maquinar, e apara; lubrificação (reduzindo o atrito e minimizando a erosão na ferramenta); controlar a formação de apara aderente; remover as aparas da zona de corte; proteger a peça a maquinar e a ferramenta da corrosão. Os fluidos de retificação desempenham várias das mesmas funções que os fluidos de corte. Os fluidos de retificação também lubrificam a interface entre o provete e a mó, enquanto que reduz o calor gerado e a potência requerida para uma dada taxa de remoção de material. A principal diferença entre as funções dos dois tipos de fluidos é que a lubrificação é mais importante na retificação que no corte convencional.

Geralmente, as emulsões à base da água, com uma vasta gama de esteres, amidos, compostos de sulfato e de cloro, são uma boa opção para a formulação destes fluídos. As soluções à base de óleo são muitas vezes escolhidas quando a lubrificação da mó é um critério crítico da retificação

4 - Os Fluídos de Corte

Fluídos de corte são aqueles líquidos e gases aplicados na ferramenta e no material que está a ser maquinado, para facilitar a operação de corte.

Chamam-se de lubrificantes ou refrigerantes tendo em conta a sua função na maquinagem:

- a) Reduzir o atrito entre a ferramenta e a superfície de corte (lubrificação);
- b) Diminuir a temperatura na zona de corte (refrigeração);



Imagem 4.1 - Fluído de corte na maquinagem.

4.1 A sua utilização

A utilização correta dos fluídos de corte nos processos de maquinagem traz muitos benefícios, observados tanto na qualidade como na produtividade.

Por outro lado, se não forem utilizados e tratados corretamente, eles podem ser nocivos para a saúde e para o meio ambiente.

A correta escolha de um fluído de corte está diretamente ligada à qualidade do acabamento superficial das peças, à produtividade, aos custos operacionais, à saúde dos operadores e ao meio ambiente.

4.1.1 Funções e finalidades dos fluídos de corte

Os fluídos de corte cumprem, nas suas aplicações, uma ou mais das seguintes funções:

- a) Refrigerar a região de corte;
- b) Lubrificar as superfícies em atrito;
- c) Arrastar a aparada da zona de corte;
- d) Proteger a ferramenta, a peça e a máquina contra a oxidação e a corrosão.

Refrigerar - A refrigeração desempenha um papel fundamental na maquinagem.

Uma das principais funções dos fluídos de corte é refrigerar, ou seja, remover o calor gerado durante a operação. Isso ajuda a prolongar a vida útil das ferramentas e a garantir a precisão dimensional das peças pela redução dos gradientes térmicos.

A imagem seguinte representa a distribuição típica de temperaturas na região de corte. De maneira geral, quanto maior for a velocidade de corte (v_c), maior será a temperatura e maior a necessidade de refrigeração.

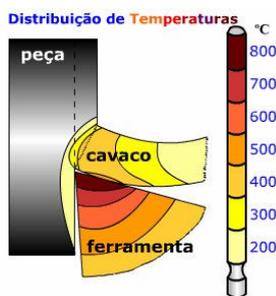


Imagem 4.2 - Distribuição da temperatura.

Na maquinagem com ferramenta de geometria definida, a maior parte do calor gerado vai para a peça. A imagem seguinte exemplifica uma distribuição de calor na zona de corte.

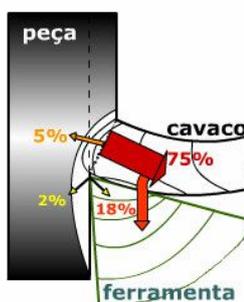


Imagem 4.3 - Distribuição do calor gerado.

Na maioria dos casos, é benéfico diminuir temperaturas tão altas. Nesses casos, se o calor não for removido, ocorrerão distorções térmicas nas peças e alterações prejudiciais na estrutura da ferramenta. Como resultado, tem-se o desgaste prematuro e trocas mais frequentes de ferramenta.

No gráfico seguinte pode-se observar o efeito da temperatura na dureza de alguns materiais de ferramenta. Observe a nítida diminuição da dureza dos materiais, com o aumento da temperatura.

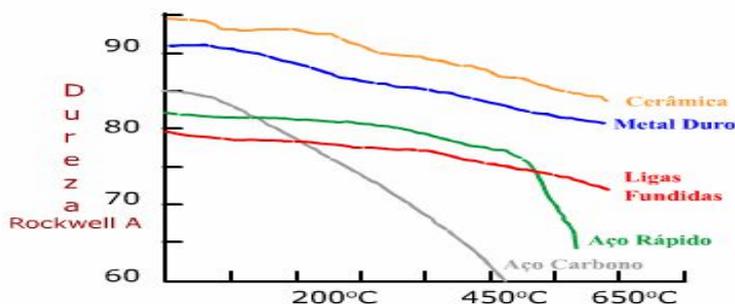


Gráfico 4.1 - Perda da dureza em função da temperatura.

Por outro lado, há casos onde as temperaturas elevadas facilitam o corte da peça em virtude da redução de dureza. Nesses casos, é importante utilizar uma ferramenta com temperatura crítica maior.

Um fator importante na vida da ferramenta é que, a temperatura, especialmente do gume, não ultrapasse o valor crítico, para o qual se verifica uma grande redução da dureza. A imagem seguinte indica temperaturas críticas para diferentes materiais de ferramenta.

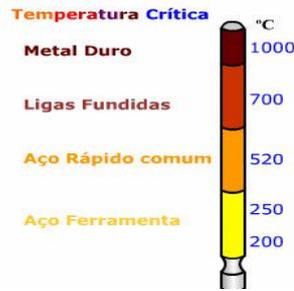


Imagem 4.4 - Temperatura crítica.

Lubrificação - Nos processos de maquinagem, a lubrificação nas interfaces ‘peça ferramenta avara’ é difícil e complexa, em virtude das elevadas pressões de contacto. Outro agravante é a dificuldade de levar esse lubrificante até à posição desejada.

A eficiência do lubrificante vai depender das características e da sua habilidade em penetrar na zona entre a avara e a ferramenta, formando um filme com resistência ao corte menor que a resistência do material na interface. Tanto a superfície da avara como a da ferramenta não são perfeitamente lisas. São rugosas, ou seja, apresentam minúsculas saliências em forma de picos e vales na ordem dos microns. Os picos mais salientes, provocam atrito entre a ferramenta provocando desgaste, gerando calor e uma força de atrito. Com a progressão do desgaste, pequenas partículas soldam-se no gume da ferramenta, formando o gume postiço.

Para reduzir esse atrito, o fluido de corte penetra na interface rugosa. Como consequência, reduz-se uma parcela da geração de calor. Também se reduz o consumo de energia, a força necessária ao corte e praticamente elimina-se o gume postiço.

Transporte da avara - Em alguns processos de maquinagem é muito importante considerar o destino da avara após a sua formação. A avara formada deve ser retirada da área de trabalho para não riscar ou comprometer o acabamento da peça, danificar a ferramenta ou impedir a própria maquinagem.

Na furação profunda, por exemplo, a avara formada no fundo do furo tende a acumular-se excessivamente, dificultando o corte e a formação de mais avara. Até mesmo no torneamento externo, avaras em forma de fitas longas podem enroscar-se na peça e na ferramenta e atrapalhar o trabalho. Por isso os fluidos de corte são empregues também como transporte de avara da área de trabalho. Isso pode ocorrer de 3 formas:

- a) O escoamento de alta vazão do fluido ajuda a carregar ou empurrar a avara para longe;
- b) O arrefecimento brusco da avara fragiliza-a e facilita a sua quebra ou fragmentação;
- c) Ao utilizarem-se fluidos de corte os parâmetros de maquinagem podem ser ajustados de modo a facilitar a obtenção de avaras menores;

4.1.2 Tipos de fluidos de corte

Meios lubri-refrigerantes miscíveis com a água.

Soluções (fluidos sintéticos) - As soluções são misturas de água e produtos orgânicos e inorgânicos especiais que lhe conferem propriedades úteis para a sua utilização como fluido de corte. As soluções não contêm óleo na sua composição.

Emulsões ("óleos solúveis" e fluidos semissintéticos) - A denominação "óleo solúvel" é imprópria porque o óleo não está solubilizado na água, mas sim disperso.

As emulsões também contêm aditivos que melhoram ou conferem novas propriedades ao fluido.

Os fluidos semissintéticos apresentam uma menor concentração de óleo na emulsão. Isso aumenta a vida do fluido e diminui os riscos de saúde.

Meios lubri-refrigerantes não miscíveis com a água.

Óleos (fluidos integrais) - Os óleos (ou fluidos) integrais são constituídos basicamente de óleos alimentares e óleos minerais, que podem ser utilizados puros ou misturados, ou com aditivos.

Os óleos alimentares, de origem animal ou vegetal, foram os primeiros óleos integrais, mas a sua rápida deterioração e o alto custo fizeram com que eles fossem substituídos por outros produtos. Atualmente são utilizados como aditivos de óleos minerais.

Óleos minerais são derivados do petróleo. São obtidos em refinarias, onde formarão a base dos fluidos integrais.

Gases e Névoas - O ar é o fluido gasoso mais comum e mais utilizado, estando presente até mesmo na maquinaria a seco. O ar comprimido é utilizado para retirar o calor e expulsar a apanha da zona de corte. Os fluidos gasosos, como têm menor viscosidade, são mais eficientes na capacidade de penetrar até à zona activa da ferramenta. Outros gases como o hélio, nitrogénio e dióxido de carbono também são utilizados para refrigerar e proteger contra a oxidação, porém apenas em casos específicos, visto ser esta uma maquinaria pouco económica.

Névoas e gases são utilizados em operações de mecânica de precisão, maquinaria de alta velocidade e de QMFC (quantidade mínima de fluido de corte).

O termo QMFC é empregue em sistemas de névoa onde o consumo durante a operação permanece abaixo de 50 ml/h de fluido de corte. Nesse tipo de aplicação o fluido é disperso na forma de spray sobre a região que se quer refrigerar ou lubrificar.

Vantagens:

- a) Menor consumo de óleo, o que reduz os custos e os impactos no meio ambiente;
- b) Melhor visibilidade;
- c) Melhora a vida da ferramenta.

Desvantagens:

- a) Capacidade de lubrificação e refrigeração limitadas;
- b) É necessário um sistema de exaustão.

Sólidos - É uma pasta que pode ser aplicada na superfície de saída da ferramenta com um pincel. Pelas suas características lubrificantes em condições de extrema pressão, tem excelentes resultados.

4.1.3 - Qualidades e propriedades desejáveis nos fluídos de corte

Os fluídos de corte são modificados com os aditivos – compostos químicos que melhoram propriedades inerentes aos fluídos ou lhes atribuem novas características. Em geral, esses aditivos dividem-se em:

- a) Aqueles que afetam uma propriedade física, como a viscosidade;
- b) Aqueles cujo efeito é puramente químico, como anticorrosivos e antioxidantes;

Por exemplo, óleos com aditivos de extrema pressão (EP) são compostos de enxofre ou fósforo, que reagem a altas temperaturas (200 a 1000 °C), formando na zona de contacto uma película, que minimiza a formação do gume postiço.

As qualidades exigidas variam de acordo com a aplicação e, às vezes, são contraditórias. Não existe um fluído de características universais, que atenda a todas as exigências. No desenvolvimento de meios lubri-refrigerantes, a melhoria de certas qualidades, por exemplo a utilização de aditivos, faz com que outras propriedades já existentes piorem. Daí a necessidade do estudo de cada caso por especialistas, para a seleção do tipo de lubri-refrigerante mais adequado.

Em adição às propriedades de lubrificar e refrigerar, os fluídos de corte devem ter ainda as seguintes:

- a) Propriedades anticorrosivas;
- b) Propriedades anti espumantes;
- c) Propriedades antioxidantes;
- d) Compatibilidade com o meio ambiente;
- e) Propriedades de lavagem;
- f) Alta capacidade de absorção de calor;
- g) Boas propriedades anti desgaste;
- h) Boas propriedades anti solda (formação de aresta postiça);
- i) Ausência de odor forte e/ou desagradável;
- j) Ausência de precipitados sólidos ou outros de efeito negativo;
- k) Viscosidade adequada;
- l) Transparência, se possível.

4.1.5 Critérios de seleção

Escolher o fluído de corte ideal para cada situação é tão complexo como escolher o material e o tipo da ferramenta. Para isso, é fundamental conhecer o processo de produção. O técnico deve saber qual o objetivo a ser alcançado com a utilização do fluído, maior produção, vida de ferramenta mais longa ou precisão dimensional, etc.

São muitos os fatores que influenciam a escolha de um fluído de corte.

A seguir estão os mais comuns.

Processo de maquinagem

Variáveis de Corte

Como regra geral:

- a) maquinabilidade baixa > baixa vc > Lubrificação > Fluídos integrais.
- b) maquinabilidade alta > alta vc > Refrigeração > Soluções ou Emulsões.

Material da Peça

- Magnésio: Nunca usar fluído à base de água > risco de ignição.
- Ferro Fundido: cinzento e o Maleável > geralmente maquinagem a seco.

Esferoidal > Emulsão.

Alumínio: Geralmente a seco ou com refrigeração para controlar a dilatação térmica.

Al + Zn > não utilizar soluções > risco de incêndio.

Aço: maquinabilidade muito abrangente > admite todos os tipos de fluído de corte.

Material da Ferramenta

Aço Rápido: qualquer fluído. Para utilização de altas velocidades de corte (vc) > refrigeração.

Metal Duro: maquinagem a seco ou refrigerante para aumentar a vida da ferramenta e proporcionar alta velocidade de corte (seleção criteriosa).

Cerâmica: geralmente a seco (evitar a utilização de refrigerante para não ocorrer choque térmico)

Diamante: refrigeração por soluções.

Máquina Ferramenta utilizada:

- a) Operações específicas e exigentes - Fluídos especialmente aditivados. Ex.: roscar.
- b) Operações variadas - Fluídos de utilização geral, de grande compatibilidade. Ex.: Centros de maquinagem.

Produção (diversidade de produtos e matérias)

A variedade de produtos e o volume de produção numa indústria também devem ser considerados na escolha dos fluídos de corte. Uma produção abrangente tende a exigir vários tipos de fluídos de corte. Neste caso, para reduzir custos, procura-se um fluído que atenda às várias exigências da fábrica simultaneamente.

Operadores - Saúde:

- a) Não irritar a pele;
- b) Não formar névoa (fumaça);
- c) Resistir a bactérias;

Recomendações dos Fabricantes - Os fabricantes de fluídos de corte são um grande auxílio na escolha de um produto. Mas também se deve considerar as recomendações dos fabricantes de máquinas e ferramentas.

Nota - Lubrificantes para o funcionamento interno de máquinas não são aqui tratados.

5 - Bibliografia

Alessandro R. Rodrigues, *Processo de Torneamento*, USP, DEM, São Paulo, Brasil;
Carlos A. B. de Sousa, *Torneamento*, Cenfim;
Delmer R. Mariano et al, apresentação - TIPOS DE TORNOS, Kroton, Brasil;
Eraldo J. da Silva, et all, *Fundamentos de Processos de Produção II – Maquinação dos Metais*, Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Paulo, Brasil;
Gladimir P. da Silva, *Torneamento*, Instituto Federal Sul-rio-grandense, Brasil, 2010;
Isabel M. A. M. Faria, *Rectificação de Materiais Metálicos*, IST, Lisboa, 2007;
João P. Barbosa, *Torno Mecânico*, CEFETES, Brasil;
Maquinação com Máquinas Convencionais, Escola Estadual de Educação Profissional, Ceará, Brasil;
Mário Loureiro, *UFCD 874 - Torneamento - tecnologia e operações*, Coimbra, 2021;
Oswaldo L. Agostinho et all, *Processos de Fabricação e Planeamento de Processos*, Universidade Estadual de Campinas, Brasil, 2004;
Tarcísio G. de Brito, *Introdução a usinagem*, CEFET, CAMPUS VIII, Varginha- MG, Brasil, 2014;
Tecnologia II, Instituto Politécnico de Bragança (IPB), Escola Superior de Tecnologia e de Gestão, 2004;
Ricardo A. dos Santos, Apresentação de torneamento, Universidade UTFPR, Brasil;
Rodrigo L. Stoeterau, *Usinagem com Ferramentas de Geometria Definida*, Escola Politécnica da USP, Brasil;
SENAI, Manuais de mecânica, Telecurso 2000 Profissionalizante , São Paulo, Brasil;

web

<http://mundosegundohistoria.blogspot.com/2016/02/historico-do-torno-mecanico.html>

http://www.geocities.ws/cmovbr73/ProcFabr_Cap8_Torneamento.pdf

Índice

i - Histórica da Maquinagem	2
ii - Introdução à Maquinagem	3
1 - Torneamento - tipos de tornos mecânicos	3
1.1 - Definição de Torno	5
1.2 - Constituição do torno universal	5
1.2.1 - Partes fundamentais do torno universal	6
1.2.2 - Movimentos no torno	9
1.2.3 - Acessórios principais do torno	10
1.3 - Torneamento	11
1.3.1 - Tipos de torneamento	12
1.3.1 - Operações de torneamento	13
1.3.1.2 - Facejamento	14
1.3.1.3 - Cones	14
1.3.1.4 - Furação	15
1.3.1.5 - Roscagem	15
1.3.1.6 - Sangramento	16
1.3.1.7 - Recartilhar	16
1.3.1.8 - Chanfrar ou bolear arestas	16
1.4 - Ferramentas de corte	17
1.5 - Preparação de trabalho	19
2 - Fresagem	20
2.1 - Tipos de fresadoras mecânicas,	20
2.2 - Acessórios e Sistemas de aperto	22

2.2.1 - Mandrilagem (uso de mandris)	22
2.2.2 - Fixação das peças	23
2.3 - Ferramentas de corte	24
2.3-1 - Parâmetros de corte	25
2.4 - Operações elementares de fresagem	27
2.5 - Divisão na fresagem	30
2.7 - Preparação do trabalho (fresagem)	33
3 - Retificação	35
3.1 - Retificadora	36
3.1.1 - Tipos de retificadoras, acessórios e ferramentas	36
3.1.1- Ferramentas - mós ou discos	38
3.2 - Operações elementares de retificação	39
3.3 - Preparação do trabalho (retificação)	40
3.4 - Medidas de segurança	42
3.5 - Fluido de retificação	42
4 - Os Fluidos de Corte	43
4.1 A sua utilização	43
4.1.1 Funções e finalidades dos fluidos de corte	43
4.1.2 Tipos de fluidos de corte	45
4.1.3 - Qualidades e propriedades desejáveis nos fluidos de corte	47
4.1.5 Critérios de seleção	47
8 - Bibliografia	49

Mário Loureiro

Faz manutenção desde 1974 a veículos incluindo pesados, máquinas, hidráulicos, pneumáticos, guas, equipamentos de elevação, geradores, aparelhos electrónicos e de som, automatismos...

Fabrica desde 1980 aparelhos electrónicos, colunas de som, quadros eléctricos, automatismos,...

Instala e faz manutenção a instalações eléctricas/águas, sistemas solares térmicos e fotovoltaicos, iluminação a LED desde 2013, ...

Curso Secundário Tecnológico de Mecânica, Escola Secundária Avelar Brotero (ESAB) 1979-1982.

Formador externo desde 1996 (FORSIVA) e professor no Ministério da Educação desde 1998.

Licenciatura em engenharia mecânica pela Universidade de Coimbra (UC), 1997.

Inscrito na Ordem dos Engenheiros (OE) desde 20/12/1998.

Mestre em Eng.^a Mecânica (pré-Bolonha), pela UC, 2008.

Engenheiro sénior da OE, 2013.

Técnico responsável de instalações eléctricas e geradores, inscrito na DGEG desde 2013.

Aluno do mestrado em Eng.^a Electrotécnica, UC, de 2015 a 2017, (do 5º ano só falta a dissertação).

Doutorando em Construções Metálicas e Mistas, Eng.^a Civil, UC, de 2013 a 2017.

Realizou 70 cadeiras do ensino superior, incluindo 5 de doutoramento com média de 15 valores.

Especialista em Engenharia de Segurança da OE, 2021.

Coimbra 05/03/2021

Este e outros manuais estão disponíveis em www.marioloureiro.net/EnsinoFormacao.htm