



Processos de Usinagem

Sumário

Fundamentos	1
Torneamento	2
Classificação quanto a trajetória da ferramenta	3
Torneamento Retilíneo	3
Torneamento Curvilíneo	4
Classificação quanto a finalidade	4
Fresamento	4
Classificação	5
Furação	8
Brocas	9
Material	10
Furação com brocas Helicoidais	11
Retificação	11
Ferramenta de Corte	12
Classificação	13
Mandrilamento	14
Classificação	14
Brunimento	15
Classificação	16
Serramento	17
Roscamento	18
Aplainamento	19
Plainas Limadoras	20
Plainas Limadoras Hidráulicas	20
Plaina de Mesa	20
Plaina Vertical	21
Alargamento	21

Limagem	22
Classificação com relação a forma	23
Classificação quanto à inclinação do picado	24
Classificação quanto ao número e espaçamento dos dentes	24
Limas-Agulha	24
Limas Rotativas	25
Brochamento	25
Lapidação, Tamboreamento e Jateamento	25
Parâmetros de usinagem	26
Movimentos	26
Tempo de corte	29
Taxa de remoção de material	29
Sistema de referência	29
Ângulos	30
Forças e Potência	31
Cavaco	33
Formação do cavaco	33
Forma do cavaco	34
Aresta postiça de corte	35

Fundamentos

O termo usinagem é definido para um conjunto de processos de fabricação onde ocorre a remoção de material da peça bruta. Esse material é chamado de cavaco. Portanto, pode-se dizer que em processos de usinagem sempre há a geração de cavacos.

Estes processos podem ser divididos em:

- **Convencionais:** em tais processos, as operações de corte utilizam energia mecânica para a remoção de material da peça, principalmente, por cisalhamento entre a ferramenta e a peça. São divididos entre processos com ferramenta de geometria definida e com geometria não definida.
- **Não convencionais:** nos processos não convencionais, as operações de corte utilizam outro tipo

de energia, como, por exemplo a termoelétrica. Nesse caso, não são geradas marcas nas superfícies da peça e a taxa de remoção de material é muito menor do que nos processos convencionais. São eles: usinagem com jato de água, jato de água com abrasivo, ultra-som, eletroquímica, eletro-erosão, laser, plasma e feixe de elétrons.

Há ainda uma classificação das operações em processos de desbaste e de acabamento. Nos processos de desbaste, deseja-se é obter uma peça próxima das dimensões da peça final. Já no acabamento, obtém-se a peça nas dimensões finais ou com algum acabamento específico.

Os principais processos convencionais de usinagem com ferramenta de geometria definida são:

- Torneamento

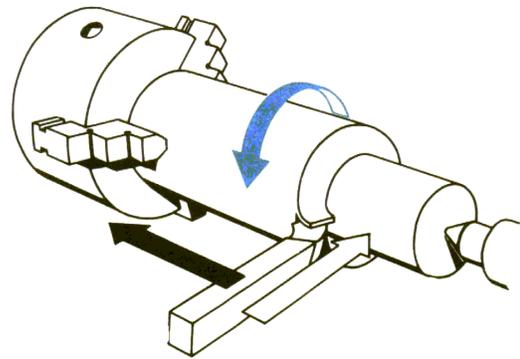
- Fresamento
- Furação
- Roscamento
- Alargamento
- Brochamento
- Serramento
- Aplainamento
- Mandrilamento
- Limagem

Já os principais processos convencionais com ferramenta de geometria não definida são:

- Retificação
- Brunimento
- Lapidação
- Tamboreamento
- Jateamento

Torneamento

O torneamento é um processo de usinagem que se baseia no movimento da peça em torno de seu próprio eixo, cujo objetivo é a confecção de superfícies de revolução com o auxílio de ferramentas destinadas à remoção de material. Enquanto a peça gira em torno do eixo de rotação da máquina, a ferramenta de corte segue uma trajetória coplanar ao eixo de rotação.



Para que ocorra a remoção de material (e a conseqüente formação de cavaco), é necessário que a ferramenta de corte possua uma dureza superior à da peça a ser usinada. Esta ferramenta penetra na

peça e o movimento rotativo desta proporciona um corte contínuo e regular do material.

Nesta operação, a matéria prima (tarrugo) tem inicialmente a forma cilíndrica. Após ser usinada, permanecerá com o formato cilíndrico ou ficará com um formato cônico.

Classificação quanto a trajetória da ferramenta

Quanto a forma da trajetória da ferramenta de corte, o torneamento pode ser classificado em retilíneo ou curvilíneo.

Torneamento Retilíneo

O torneamento retilíneo é o processo onde a ferramenta se desloca seguindo uma trajetória retilínea. Pode ser subdividido em:

- **Cilíndrico:** Neste processo, a ferramenta de corte movimenta-se seguindo uma trajetória paralela ao eixo principal de rotação da

máquina. Esta operação pode ser tanto externa quanto interna.

- **Cônico:** A ferramenta de corte se desloca de acordo com uma trajetória retilínea, porém, inclinada em relação ao eixo de rotação da máquina. Assim como processo de torneamento cilíndrico, o processo retilíneo cônico também pode ser externo ou interno.
- **Radial:** Na operação de torneamento radial, a ferramenta move-se em uma trajetória retilínea e perpendicular ao eixo de rotação. Existem duas variâncias desse processo: torneamento de faceamento (quando visa a obtenção de uma superfície plana) e sangramento radial (aplicado quando se deseja um entalhe circular).
- **Perfilamento:** Durante o perfilamento, a ferramenta acompanha

uma trajetória retilínea radial ou axial, permitindo, assim, que seja obtida uma peça com forma pré-definida, determinado pelo perfil da ferramenta.

Torneamento Curvilíneo

De modo análogo ao torneamento retilíneo, o torneamento curvilíneo caracteriza-se por ser um processo onde a ferramenta de corte se desloca seguindo uma trajetória curvilínea.

Classificação quanto a finalidade

Com relação ao seu objetivo, as operações de torneamento podem ser organizadas em processos de desbaste e processos de acabamento.

Considera-se uma operação como sendo de acabamento quando a usinagem é utilizada para se obter as dimensões finais de uma peça ou/e o seu acabamento superficial especificado no

projeto. Por sua vez, o desbaste é uma operação que precede o acabamento, sendo utilizada para conferir à peça forma e dimensões próximas das finais.

Fresamento

O fresamento é um processo mecânico de usinagem cujo objetivo é a confecção de superfícies quaisquer com o auxílio de ferramentas, geralmente, multicortantes. Para tanto, é necessário que exista um movimento relativo entre a peça e a ferramenta, de modo a promover a remoção de material e a consequente geração da superfície usinada.

Há dois movimentos a serem considerados: a rotação da ferramenta e o avanço da peça. Entretanto, em determinados casos, a ferramenta de corte também pode realizar os dois movimentos (rotação e avanço).

Algumas vantagens deste processo de usinagem são:

- Capacidade de gerar uma grande variedade de formas e superfícies;
- Qualidade do acabamento superficial;
- Alta taxa de remoção de cavaco;
- Grande variedade e flexibilidade de máquinas;
- Larga aplicação na usinagem de peças graças a diversidade de tipos de ferramentas de corte.

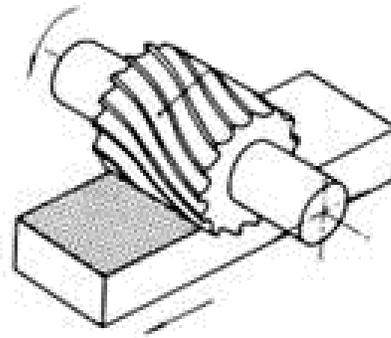
A peça a ser fresada deve possuir a forma prismática ou cilíndrica.

Classificação

Distinguem-se dois tipos básicos: fresamento cilíndrico tangencial e fresamento frontal.

- **Fresamento Cilíndrico Tangencial:**
Também conhecido como fresamento periférico, este processo destina-se à obtenção de superfícies planas paralelas ao eixo de

rotação da ferramenta. Em situações onde a superfície obtida não é plana, ou mesmo quando o eixo de rotação da ferramenta esteja inclinado em relação à superfície originada na peça, considera-se como um processo especial de fresamento tangencial.



O fresamento tangencial pode ser classificado em função do sentido de rotação da ferramenta e o movimento de avanço. Quando o sentido do movimento de avanço é contrário ao movimento rotatório da fresa, classifica-se o processo

como sendo *discordante*. Do contrário, ele é classificado como *concordante*.

Em um processo classificado como discordante, no início do corte, a fresa tem contato com a peça e exerce sobre ela uma carga vertical para baixo, o que tende a afastá-las. Entretanto, na sequência da operação, a força de corte altera seu sentido (agora, apontada para cima), fazendo com que a fresa "puxe" a peça ao seu encontro. Essa variação da intensidade e do sentido da força de corte produz vibrações que prejudicam a tolerância e o acabamento superficial da superfície fabricada.

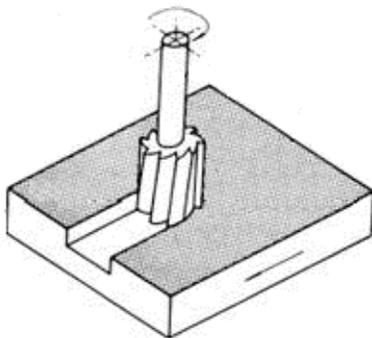
Apesar de não sofrer com o problema descrito anteriormente, já que a componente vertical da força de usinagem possui sentido constante, os processos concor-

dantes também possuem inconvenientes. Neste caso, como a força de avanço possui o mesmo sentido do deslocamento, para que a mesa se movimente em um sentido, os componentes do seu sistema de avanço devem suportar esforços no sentido oposto. Como a força resultante sobre a fresa possui intensidade variável, a força resultante sobre o fuso irá variar não apenas em módulo, mas também em direção, promovendo vibrações. Este problema pode ser corrigido através de manutenção, removendo folgas da máquina, e do uso de fusos de esferas, onde não existe folga.

Outro problema relacionado ao fresamento concordante é que o corte sempre se inicia com a espessura máxima de corte. Se a superfície da peça a ser usinada

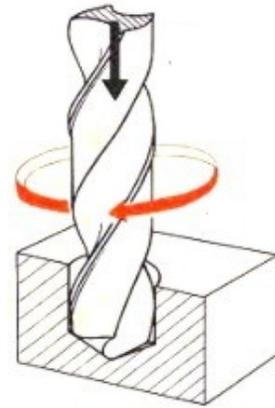
possuir uma camada superficial endurecida (óxido ou sujeira), o contato inicial ferramenta-peça se dará em condições desfavoráveis, causando a redução do tempo de vida útil da ferramenta.

- **Fresamento Frontal:** Por vezes denominado de fresamento de topo, é uma operação destinada à obtenção de superfícies planas perpendiculares ao eixo de rotação da ferramenta. São as arestas secundárias da ferramenta de corte que promovem a remoção de material.



O fresamento frontal pode ainda ser subdividido em simétrico e assimétrico. No primeiro, o deslocamento da fresa se dá sobre o eixo de simetria da peça. Possui melhor contato de cada aresta com a peça, garantindo uma vida maior da ferramenta graças ao menor desgaste que esta sofre. Entretanto, há um impacto maior na entrada do dente da ferramenta de corte devido ao contato inicial se dar com uma espessura de cavaco maior do que o observado para o fresamento frontal assimétrico. Já o corte assimétrico não se dá sobre o eixo de simetria da peça. Este tipo de operação possui maior tendência ao desgaste, porém menor risco de ocorrer o lascamento da ferramenta, já que o impacto sobre os dentes é menor. Possui um corte mais suave

devido ao maior número de dentes em corte simultâneo.



Há ocasiões em que os dois tipos de fresamento aparecem simultaneamente.

Este processo pode ser dividido em:

Furação

A furação é um processo mecânico de usinagem cujo o objetivo é a confecção de um furo, geralmente cilíndrico, numa peça com o auxílio de ferramenta multi ou monocortante, chamada de broca. Para tanto, a peça ou a ferramenta giram e, simultaneamente, se deslocam em uma trajetória retilínea, coincidente ou paralela ao eixo principal da máquina.

- **Furação em cheio:** É uma operação utilizada para a abertura de um furo cilíndrico numa peça, removendo todo o material correspondente ao volume final do furo. Existem uma ferramenta especial para os casos onde é necessário a confecção de furos de grandes profundidades.
- **Furação escalonada:** O processo de furação escalonada destina-se aos casos onde é preciso um furo com dois ou mais diâmetros, sendo

estes confeccionados simultaneamente.

- **Escareamento:** Processo de furação destinado à abertura de um furo cilíndrico numa peça pré-furada.
- **Furação de centros:** Processo adotado quando há a necessidade de furos de centro, visando uma operação posterior na peça.
- **Trepanação:** Diferentemente da furação em cheio, nesta operação apenas parte de material compreendido no volume final do furo é transformada em cavaco, permanecendo um núcleo maciço.

Brocas

A broca é uma ferramenta de corte, geralmente, de forma cilíndrica, destinada à execução de furos cilíndricos. Ela pode ser fixada em máquinas como torno, fresadora, furadeira e mandriladora.

Para fins de fixação e afiação, a broca pode ser dividida em três partes:

- **Haste:** é a seção da broca que fica presa à máquina, podendo ser cilíndrica ou cônica, dependendo de seu diâmetro.
- **Corpo:** é a parte que serve de guia e corresponde ao comprimento útil da ferramenta. Quando se trata de broca helicoidal, o corpo tem dois canais em forma de hélice espiralada.
- **Ponta:** corresponde a extremidade cortante que recebe a afiação. Forma um ângulo de ponta (σ) que varia de acordo com o material a ser furado.

A broca é caracterizada por suas dimensões, pelo material com o qual é fabricada e pelos seguintes ângulos:

1. Ângulo de hélice γ : auxilia no desprendimento do cavaco e no con-

trole do acabamento e da profundidade do furo. Seu valor varia conforme a dureza do material (quanto mais duro for o material, menor será γ). É definido pelo ângulo entre o eixo de simetria da broca e a linha de inclinação da hélice. Conforme o valor de γ , a broca pode ser classificada entre os tipos N, H, W.

2. Ângulo lateral de folga α : tem a função de reduzir o atrito entre a broca e a peça, facilitando a penetração da broca no material. Quanto mais duro é o material a ser usinado, menor é o ângulo de folga.
3. Ângulo de ponta σ : corresponde ao ângulo formado pelas arestas cortantes da broca. Seu valor também é determinado pela resistência do material a ser furado.

Tipo	Aplicação
N	Para materiais duros, tenazes e/ou que produzem cavaco curto (descontínuo), como aço
H	Para materiais de tenacidade e dureza normais, como aços liga e ferro fundido
W	Para materiais macios e/ou que produzem cavaco longo, como alumínio e bronze.

Material

O material de uma broca deve atender os seguintes requisitos:

- Tenacidade;
- Resistência a compressão;
- Resistência a abrasão;
- Resistência térmica;
- Resistência ao choque e a fadiga.

Comumente, são utilizados o aço ferramenta, aço-rápido, ou metal duro.

As brocas de aço ferramenta apresentam baixo custo e são adotadas em aplicações mais simples, raramente em aplicações industriais. Normalmente, são

usadas em peças de materiais de fácil usinagem, como alumínio, plásticos e madeira.

Por sua vez, o aço-rápido é largamente empregado na fabricação de brocas, pois são de fácil reprocessamento e apresentam bons requisitos técnicos. As brocas são temperadas, sofrem tratamento superficial (nitretação) e frequentemente são revestidas.

Por último, o metal duro possui homogeneidade, elevada dureza, resistência à compressão e ao desgaste em altas temperaturas, permitindo que sejam adotadas velocidades de corte até 3 vezes maiores que as utilizadas em ferramentas de aço-rápido.

Além disso, o furo fabricado com brocas desse material possui melhor qualidade (3 classes IT melhores que os obtidos na usinagem com aço rápido). Entretanto, sua aplicação exige máquinas com ca-

racterísticas de velocidade, potência, refrigeração e rigidez adequadas.

Furação com brocas Helicoidais

Os processos de furação utilizando brocas helicoidais como ferramenta de corte são de grande importância, já que representam de 20 a 25% do total de aplicações dos processos de usinagem. A broca helicoidal é a ferramenta mais fabricada e mais difundida para usinagem, existindo, aproximadamente, 150 formas de afiações e uma série de perfis específicos.

Ela é adotada para a confecção de furos curtos ou profundos, nas furações em cheio ou com pré-furo.



Broca helicoidal

Retificação

A retificação é o processo de usinagem com ferramenta de geometria não definida mais utilizado na indústria e tem

como objetivo a confecção de superfícies por meio da ação de uma ferramenta abrasiva de revolução. A ferramenta gira enquanto a peça, ou a ferramenta, desloca-se segundo uma trajetória determinada, podendo a peça girar ou não. A remoção de material ocorre pela ação conjunta de grãos abrasivos ativos.

É muito utilizada para a redução de rugosidades ou saliências de superfícies previamente usinadas em outras máquinas-ferramentas, conferindo, também, maior exatidão dimensional à superfície da peça. Além disso, pode ser usada para corrigir peças que tenham sido deformadas em algum tratamento térmico, promovendo a remoção de camadas finas de material endurecido por têmpera, cementação, entre outros.

Ferramenta de Corte

A ferramenta utilizada na retificação é o rebolo, que, basicamente, é consti-

tuído de um aglomerado de partículas duras (abrasivas), unidas por um material ligante, que mantém as partículas abrasivas em posição no rebolo, além de também ser moldada, conferindo forma ao rebolo.

O grão abrasivo pode ser de óxido de alumínio (para retificar peças de aço em geral, bronzes tenazes, etc.), carbono de silício (possui alta durabilidade e baixo custo, sendo utilizado para a retificação de materiais mais duros, como mármore), diamante ou nitreto de boro cúbico (retificação de aços temperados, aços inoxidáveis e algumas superligas).

Por sua vez, o agente ligante (também conhecido como aglomerante) pode ser um vitrificado (um material cerâmico que é o mais usado na retificação de aço), silicato, resinóide, borracha, goma-laca (material de origem animal, muito usado em trabalhos que exigem muito

polímero, ou mesmo um aglomerado metálico.

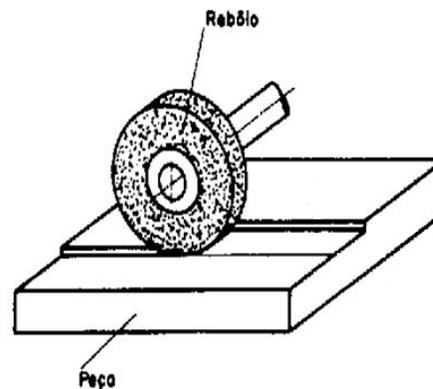
Outros parâmetros importantes dessa ferramenta são:

1. Granulação: tamanho dos grãos abrasivos.
2. Grau de dureza: resistência do aglomerante.
3. Estrutura: porosidade do disco abrasivo.

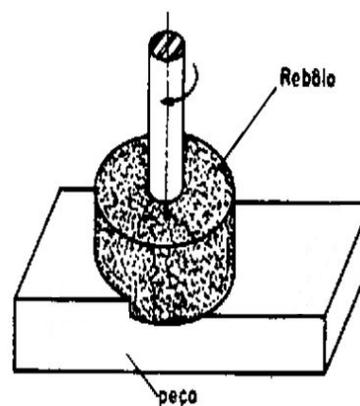
Classificação

A retificação pode ser dividida em dois tipos: tangencial ou frontal.

- **Retificação Tangencial:** nesta operação, o processo de usinagem é executado com a superfície de revolução da ferramenta.



- **Retificação Frontal:** o processo de retificação é efetuado com a face do rebolo. Normalmente, é executada na superfície plana da peça, perpendicularmente ao eixo do rebolo. Esta operação pode ser com avanço retilíneo ou circular da peça.



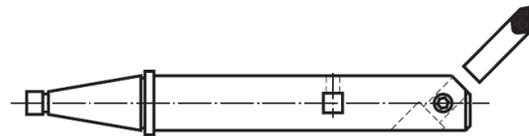
Mandrilamento

Também conhecido como mandrilagem ou broqueamento, o mandrilamento é um processo de usinagem no qual deseja-se obter superfícies de revolução por meio de uma ou mais ferramentas de corte. Apresenta algumas características semelhantes ao torneamento pelo fato da ferramenta remover o cavaco através de uma trajetória circular. Entretanto, no mandrilamento, é a ferramenta que rotaciona enquanto a peça efetua o movimento de avanço, diferentemente do torneamento.

As operações de mandrilamento podem ser usadas para desbaste ou acabamento e são preferencialmente escolhidas para usinagem de peças de grandes dimensões como armações de máquinas, bases de motores, entre outros, para as quais se tornaria difícil e perigoso um posicionamento sobre as placas rotatórias de um torno.

Pelo mandrilamento, pode-se conseguir superfícies cilíndricas ou cônicas, internas, em espaços normalmente difíceis de serem atingidos, com eixos perfeitamente paralelos entre si.

A ferramenta de corte é fixada a uma barra de mandrilar (também chamada de mandril) em um certo ângulo, cujo valor depende da operação a ser realizada. A figura a seguir contém um exemplo de mandril.



Classificação

Dependendo do trabalho, o mandrilamento pode ser:

- **Cilíndrico:** neste processo, a superfície usinada é cilíndrica, sendo o seu eixo de rotação coincidente com o eixo de revolução da ferramenta.

- **Cônico:** operação em que a superfície usinada é cônica e seu eixo de rotação, assim como no mandrilamento cilíndrico, coincide com o eixo em torno do qual a ferramenta gira.
- **Radial:** a superfície usinada é plana e perpendicular ao eixo em torno do qual a ferramenta rotaciona.
- **Esférico:** neste caso, a superfície usinada é esférica e o seu eixo de rotação coincide com o eixo em torno do qual a ferramenta gira.

Brunimento

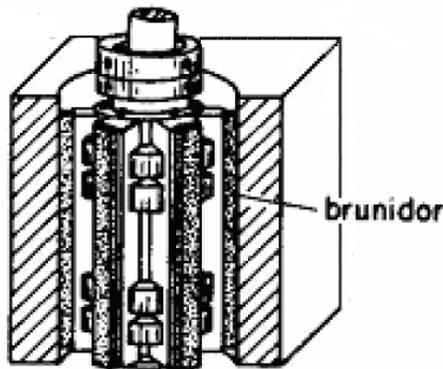
O brunimento é um processo de usinagem por abrasão cujo objetivo é realizar o acabamento de furos cilíndricos. Nesse caso, a peça ou a ferramenta giram e realizam um movimento alternativo de deslocamento axial. A remoção de material ocorre devido a ação cisa-

lhante dos grãos ativos da ferramenta abrasiva que estão em contato com a superfície da peça e descrevem trajetórias helicoidais, sem que ocorra um aumento significativo da temperatura da peça.

Como a ferramenta não possui uma aresta de corte com geometria definida, esta operação é classificada como sendo um processo de usinagem com ferramenta de geometria não definida.

O principal objetivo do brunimento é garantir às peças boa exatidão dimensional e geométrica, além de boa qualidade superficial (rugosidade, integridade e forma). Com ele, é possível obter superfícies pouco rugosas, com características deslizante e impermeabilizante, além de alcançar estreitas tolerâncias de fabricação. Erros provenientes de operações de usinagem ou tratamentos térmicos anteriores, e que são comumente encontrados em peças cilíndricas, podem ser corrigidas por meio de

brunimento sem que haja necessidade de remoção de grande quantidade de material (normalmente, apenas alguns centésimos de milímetro são removidos, mas até 6 *mm* são possíveis).



Devido as características desse processo, o mesmo é aplicado a diversos componentes de máquinas que exigem tolerâncias inferiores e/ou características superficiais especiais, como, por exemplo, componentes automobilísticos (camisas de cilindro, furos de biela, tambores de freio, eixo de comando de válvulas), eixos de uma forma geral, componentes de bombas injetoras, peças para sistemas hidráulicos e pneumáticos (pinos de fixação de pistões e guias), super-

fícies interna e externa de rolamentos, guias de máquinas-ferramenta, réguas, engrenagens, etc.

Apesar de ferro fundido e aço serem os materiais mais comumente brunidos, quase todos os materiais utilizados em engenharia podem atualmente passar por esse processo.

Classificação

Conforme a norma DIN 8589 T14, o brunimento pode ser dividido nos seguintes grupos:

- **Brunimento Plano:** processo destinado a confecção superfícies planas.
- **Brunimento Circular:** operação de usinagem de superfícies circulares.
- **Brunimento em Parafuso:** é o processo aplicado para a obtenção de superfícies helicoidais.

- **Brunimento Laminar:** utilizado para a obtenção de superfícies que se originam de material previamente laminado.
- **Brunimento de Perfis:** o perfil da ferramenta é reproduzido (estampado) em cima da peça.
- **Brunimento de Forma:** esse grupo engloba todos os processos que não se encaixam nas classificações anteriores.

Em contrapartida, a norma VDI 3220 (da associação de engenheiros alemães) divide os processos de brunimento com relação ao curso do cabeçote brunidor ou da peça e à forma e posição do local da usinagem. Dessa forma, de acordo com o curso do cabeçote, tem-se o *brunimento de curso longo* (tipo mais comum, onde o movimento de corte consiste de um movimento de rotação e um movimento de translação longo) e

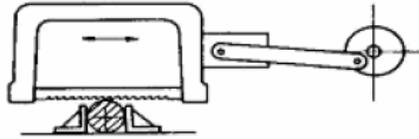
brunimento de curso curto (onde a peça gira enquanto o abrasivo é submetido a pressões pequenas e a um curso curto). Por outro lado, no que diz respeito à forma e posição do local da usinagem, fala-se em *brunimento interno, externo e plano*.

Serramento

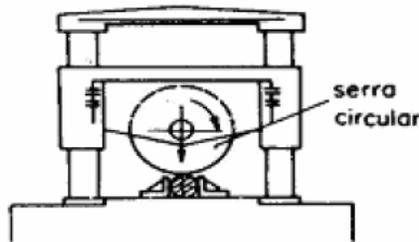
O serramento é um processo mecânico de usinagem destinado ao seccionamento ou recorte de superfícies com o auxílio de ferramentas multicortantes de pequena espessura. Nesse caso, a ferramenta gira e/ou se desloca enquanto a peça também se desloca ou se mantém parada. Esta operação pode ser classificada em:

- **Serramento Retilíneo:** nesta operação, a ferramenta se desloca seguindo uma trajetória retilínea. Pode ainda ser subdividida em ser-

ramento retilíneo alternativo e retilíneo contínuo.



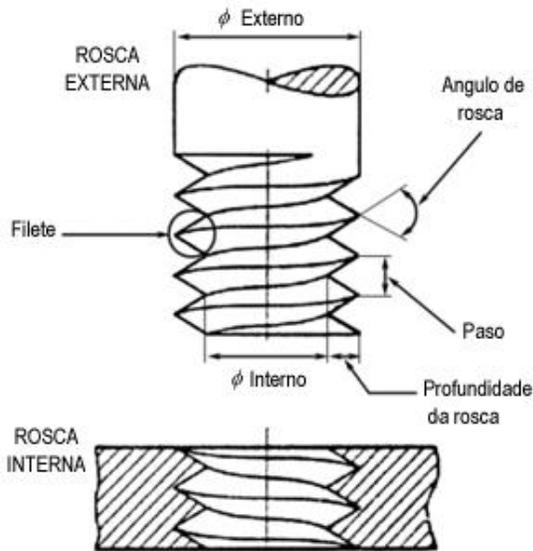
- **Serramento Circular:** a ferramenta executa um movimento de rotação ao redor de seu eixo enquanto a peça ou ferramenta se deslocam.



Roscamento

O roscamento é um processo de usinagem cujo objetivo é a fabricação de roscas em superfícies cilíndricas ou cônicas de revolução. Nesse caso, a peça ou a ferramenta gira e uma delas se desloca

segundo uma trajetória retilínea. Trata-se de um dos processos mais complexos de usinagem, pelo fato das roscas terem algumas medidas que devem se ajustar entre si (o diâmetro maior, diâmetro menor, passo da rosca e ângulo de hélice da rosca) e se uma delas estiver incorreta, o ajuste, a transmissão de forças ou movimentos entre a rosca interna (fêmea) e a rosca externa (peça macho) não serão adequados. Além disso, há um grande número de tipos e formas usadas na indústria, tanto padronizadas como especiais, o que implica em diversas classes de ajuste e precisão a serem utilizadas num estudo para selecionar o melhor processo de rosqueamento e das ferramentas correspondentes.



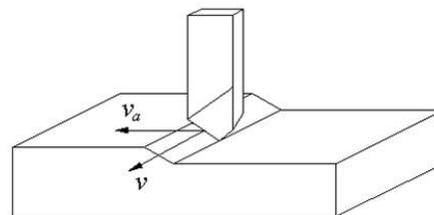
Há diversas operações que podem ser utilizadas para a confecção de roscas:

- Torneamento com ferramenta simples ou múltipla;
- Cabeçotes automáticos com pentes tangenciais, radiais ou circulares;
- Turbilhonamento;
- Utilização de machos e cossinetes;
- Fresagem com fresas simples ou múltiplas;

- Retificação com rebolos de perfil simples ou múltiplo;

Aplainamento

É um processo mecânico de usinagem realizado com máquinas denominadas de plainas, cuja finalidade é a fabricação de superfícies regradas, em posição horizontal, vertical ou inclinada. Estas são geradas por um movimento alternativo retilíneo da peça ou da ferramenta. O aplainamento pode ser horizontal ou vertical. As operações são realizadas com o emprego de ferramentas que têm apenas uma aresta cortante. Quanto à finalidade, as operações de aplainamento podem ser classificadas ainda em aplainamento de desbaste e aplainamento de acabamento.



Este processo possui grandes vantagens na usinagem de réguas, bases, guias e barramentos de máquinas, pois a passada da ferramenta é capaz de retirar material em toda a superfície da peça. Como o corte é feito em um único sentido, o curso de retorno da ferramenta é um tempo perdido, o que torna o processo mais lento do que o fresamento, por exemplo, que corta continuamente. Entretanto, o aplainamento usa ferramentas de corte mais baratas, mais fáceis de afiar e com montagem mais rápida. Desse modo, em geral, é uma operação mais econômica comparada a outras operações de usinagem que utilizam ferramentas com mais de uma aresta de corte.

A seguir são apresentadas os principais tipos de plainas.

Plainas Limadoras

É uma máquina ferramenta utilizada para as operações de aplainamento,

rasgos, estrias, rebaixos e chanfros por meio do movimento retilíneo alternativo da ferramenta sobre a superfície da peça a ser usinada.

Geralmente, é mais adotada para operações de desbaste. As operações são efetuadas, normalmente, à seco. Quando necessário, é colocado emulsão na superfície da peça.

Plainas Limadoras Hidráulicas

Com o óleo em alta pressão se obtém as melhores condições de funcionamento da plainas limadoras, seja na suavidade dos movimentos como também na versatilidade.

Plaina de Mesa

A principal característica que a distingue de outros tipos de plainas está relacionada ao elemento de movimentação. Neste caso, é a peça a ser usinada que executa os movimentos alternados. A ferramenta de corte, por sua vez, faz um

movimento transversal correspondente ao passo do avanço. Sua principal aplicação é na usinagem de peças grandes que não poderiam ser processadas em plainas limadoras, por exemplo.

Existem dois tipos principais de plainas de mesa: as que possuem apenas um montante e as que possuem dois montantes. As plainas de um montante são empregadas usualmente na usinagem de peças de grande porte. Por sua vez, a plaina de mesa com dois montantes é a mais utilizada, pois apresenta maior estabilidade e rigidez de operação.

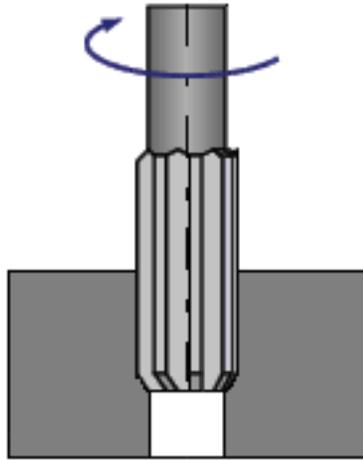
Plaina Vertical

A principal diferença entre a plaina vertical e as demais está relacionada ao fato de o cabeçote (também conhecido como torpedo) estar na posição vertical, e à direção do movimento alternativo do carro porta-ferramentas. Este tipo de plaina é, geralmente, empregada na usinagem de superfícies internas e na con-

fecção de rasgos, chavetas e cubos. Ela não é muito empregada em processos de fabricação em massa, uma vez que as rotinas de usinagem são relativamente demoradas e dispendiosas. Por esse motivo, ela é mais adotada na fabricação de protótipos ou de peças unitárias customizadas.

Alargamento

O alargamento é um processo de usinagem cujo objetivo é realizar o desbaste ou o acabamento de furos cilíndricos ou cônicos, com o auxílio de ferramenta multicortante destinada à remoção de cavaco. Para tanto, a ferramenta ou a peça giram e a ferramenta ou a peça se deslocam segundo uma trajetória retilínea, coincidente ou paralela ao eixo de rotação da ferramenta.



Esta operação pode ser dividida em:

- **Alargamento de desbaste:** processo de alargamento destinado ao desbaste da parede de um furo cilíndrico ou cônico.
- **Alargamento de acabamento:** utilizado para o acabamento da parede de um furo cilíndrico ou cônico.

Limagem

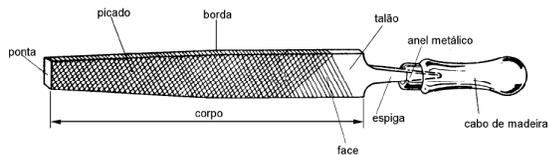
Embora a utilização de máquinas-ferramenta garanta a qualidade e a pro-

ductividade na fabricação de peças em grandes lotes, ainda se faz necessária a execução de algumas operações manuais em situações onde a máquina não é adequada. É o caso da limagem, que é comumente usada na reparação de máquinas, ajustes diversos e trabalhos de usinagem na ferramentaria para a confecção de gabaritos, lâminas, matrizes, guias e chavetas. Trata-se de um processo mecânico de usinagem adotado para a confecção de superfícies quaisquer utilizando-se ferramentas multicortantes (elaboradas por picagem) de movimento contínuo ou alternado.

Sempre que se realiza uma operação de corte qualquer, é praticamente inevitável o aparecimento de rebarbas que precisam ser removidas. A limagem é a operação adotada para retirar essa camada extra e indesejável de material.

Para tanto, usa-se uma ferramenta de corte chamada de lima, que, geralmente,

é fabricada em aço-carbono temperado e possui faces que apresentam dentes cortantes chamados de picado. A figura a seguir apresenta uma lima e os seus componentes.



As limas podem ser organizadas em diferentes classificações, que serão discutidas a seguir.

Classificação com relação a forma

Com relação ao seu formato, as limas podem ser organizadas em:

- **Lima Chata:** possui seção transversal retangular e é utilizada para a confecção de superfícies planas quaisquer e superfícies planas internas em ângulo reto ou obtuso.
- **Lima Quadrada:** apresenta perfil quadrado e é adotada para a usi-

nagem de superfícies planas em ângulo reto, rasgos internos e externos.

- **Lima Redonda:** com seção transversal circular, a lima redonda é a mais indicada quando se trabalha com superfícies côncavas e com pequenos raios.
- **Lima Meia-Cana:** indicada para superfícies côncavas e planas, já que seu perfil é de um segmento circular.
- **Lima Triangular:** como o próprio nome indica, trata-se de uma lima com perfil triangular e utilizada em superfícies com ângulo agudo maior que 60° .
- **Lima Faca:** a lima faca, por sua vez, é escolhida para a usinagem de superfícies em ângulo agudo inferior a 60° .

Classificação quanto à inclinação do picado

Neste caso, as limas são classificadas em dois grupo: *limas com picado simples*, utilizadas em materiais metálicos não-ferrosos, como alumínio e chumbo, e *limas com picado duplo (ou cruzado)*, que são escolhidas para a usinagem de materiais metálicos ferrosos (aços, ferros fundidos, entre outros).

Classificação quanto ao número e espaçamento dos dentes

Com 6 a 8 dentes por *cm*, a lima *bastarda longitudinal* é indicada para o desbaste de peças (remoção de mais de 0,2 *mm* de material). Em contrapartida, a *murça longitudinal* apresenta de 12 a 16 dentes por *cm* e é a escolhida para operações de acabamento (remoção inferior a 0,2 *mm*).

Limas-Agulha

Grupo especial de limas pequenas e inteiras de aço. São usadas em trabalhos especiais como, por exemplo, para a liagem de furos de pequeno diâmetro, construção de ranhuras, acabamento de cantos vivos e outras superfícies de pequenas dimensões nas quais se requer rigorosa exatidão. O comprimento total das limas-agulha pode variar entre 120 e 160mm.

Elas podem ser do tipo:

- Redonda;
- Meia-cana;
- Plana de ponta;
- Amêndoa;
- Faca;
- Quadrada;
- Triangular;
- Plana cerrada;

- Triangular unilateral;
- Ranhurada;
- Rômbica.

Limas Rotativas

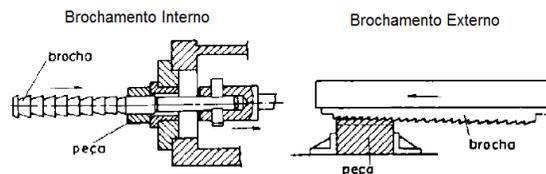
Também conhecidas como fresas-lima, as limas rotativas simplificam a usinagem manual de ajustagem, rebarbamento e polimento. Seus dentes cortantes são semelhantes aos das limas comuns. São acopladas a um eixo flexível e acionadas por meio de um pequeno motor.S

Brochamento

O brochamento é um processo mecânico de usinagem destinado à confecção de superfícies quaisquer com o auxílio de ferramentas multicortantes. A ferramenta ou a peça se desloca em uma trajetória retilínea, coincidente ou paralela ao eixo da ferramenta.

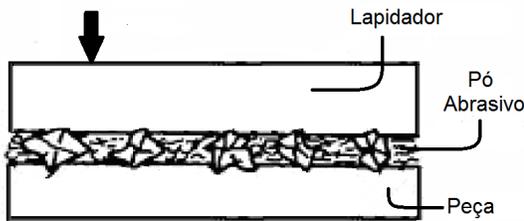
O brochamento pode ser classificado em:

- **Brochamento Interno:** operação executada em furos passantes da peça.
- **Brochamento Externo:** adotado em superfícies externas da peça.

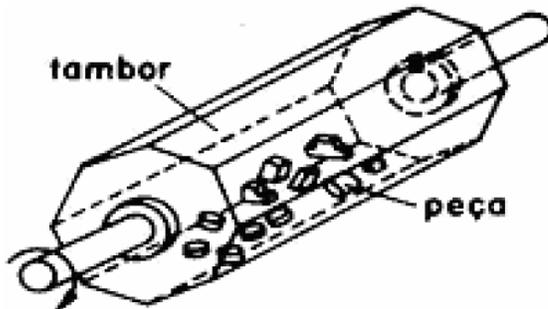


Lapidação, Tamboreamento e Jateamento

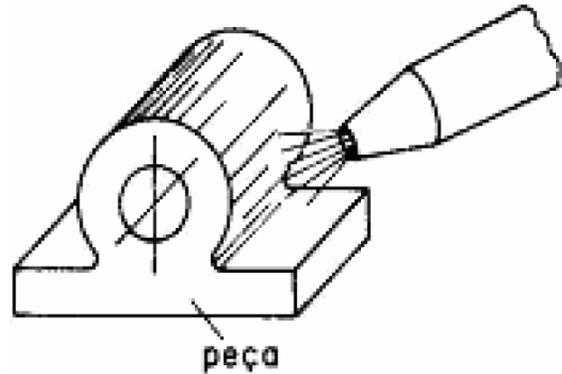
A lapidação é um processo mecânico de usinagem por abrasão executado com um agente abrasivo aplicado por porta-ferramenta adequado, com o objetivo de se confeccionar peças com dimensões específicas.



Por sua vez, o tamboreamento é um processo de usinagem no qual as peças são colocadas no interior de um tambor rotativo, junto ou não de materiais especiais, para serem rebarbados ou receberem um acabamento.



Por fim, o jateamento é um processo por abrasão no qual as peças são submetidas a um jato abrasivo a fim de serem rebarbadas, asperizadas ou receberem um acabamento.



Parâmetros de usinagem

Movimentos

Conforme os conceitos sobre movimentos de usinagem expostos nas normas DIN 6580 e NBR 6162, os movimentos podem ser classificados em ativos e passivos. Os movimentos ativos são aqueles que promovem a remoção de material. Por outro lado, os movimentos passivos não provocam tal acontecimento.

Os movimentos ativos são:

- **Movimento de corte:** movimento relativo entre a ferramenta e a peça que promove a remoção de material em uma única volta ou curso.

- **Movimento de Avanço:** o avanço f_a , dado em $mm/volta$, corresponde ao deslocamento relativo entre a ferramenta de corte e a peça durante o processo de usinagem que, somado ao movimento de corte, propicia a remoção de material. Em processos onde a ferramenta de corte possui mais de uma aresta de corte, como no fresamento, define-se também o avanço por dente (em $mm/dente$) que é dado por:

$$f_z = \frac{v_a}{z \cdot n}$$

onde v_a é a velocidade de avanço, z é o número de dentes da ferramenta e n a rotação da ferramenta.

- **Movimento Efetivo de Corte:** é o resultante dos movimentos de corte e de avanço, realizados simultaneamente.

Já os movimento passivos são:

- **Movimento de Posicionamento:** ocorre quando a ferramenta e a peça se aproximam e são posicionadas antes da usinagem.
- **Movimento de Profundidade:** é o movimento no qual a espessura da camada de material a ser retirada é determinada. A profundidade de corte a_p , ou largura de usinagem, corresponde a largura de penetração da ferramenta em relação a peça, medida perpendicularmente ao plano de trabalho (plano formado pela direção de avanço e direção de corte). Seu valor é dado por:

$$a_p = \frac{D - d}{2}$$

onde D é o diâmetro a ser usinado e d o diâmetro já usinado.

- **Movimento de Ajuste:** é o movimento de correção entre a peça e

a ferramenta, no qual o desgaste da ferramenta deve ser compensado.

Todos os movimentos possuem direção, sentido, velocidade e percurso associados. As mais importantes são:

- **Velocidade de Corte v_c :** É a velocidade periférica da ponta da ferramenta de corte. Este parâmetro é um dos mais importantes quando se deseja avaliar a durabilidade da ferramenta. A seleção da velocidade de corte depende, principalmente, dos materiais da peça e da ferramenta, assim como da taxa de avanço.

Em processos de torneamento, por exemplo, a velocidade de corte (dada, usualmente, em m/min) é determinada por:

$$v_c = \frac{\pi \cdot \bar{d} \cdot n}{1000}$$

onde \bar{d} é o diâmetro da peça (em mm) e n é a rotação da peça (em rpm). O diâmetro a ser usado no cálculo, de acordo com a norma ISO, deve ser o diâmetro médio entre o diâmetro inicial da peça (antes de usinar) e o diâmetro final da peça (depois de ser usinada).

Por sua vez, em processos de fresamento, a mesma equação pode ser usada substituindo \bar{d} pelo diâmetro da ferramenta de corte e n pela rotação do eixo principal.

- **Velocidade de Avanço v_a :** Em operações do tipo aplainamento, corresponde diretamente a velocidade do movimento de deslocamento em cada curso. Em contrapartida, em operações do tipo torneamento, é o produto do avanço pela rotação da ferramenta. A equação a seguir demonstra o cálculo da velocidade de avanço (em

m/min):

$$v_a = f_a \cdot n$$

onde n , assim como na equação da velocidade de corte, corresponde a rotação da peça e f_a é o movimento de avanço.

Tempo de corte

O parâmetro tempo de corte (t_c) engloba os tempos ativos do processo de usinagem, pois ele representa o tempo em que os movimentos de corte e ou de avanço estão efetivamente ocorrendo. Para o processo de torneamento, t_c é dado por:

$$t_c = \frac{l_a}{v_a}$$

onde l_a é o percurso de avanço, em mm , e v_a a velocidade de avanço.

Taxa de remoção de material

A taxa de remoção de material \dot{Q} , em m^3/min , é definida a partir de 3 parâmetros: avanço (f_a), profundidade de corte

(a_p) e a velocidade de corte (v_c).

$$\dot{Q} = v_c \cdot f_a \cdot a_p$$

Sistema de referência

Para a determinação dos ângulos na cunha cortante da ferramenta de corte, adota-se um sistema de referência que é constituído por três planos ortogonais, passando pelo ponto de referência da aresta cortante. São eles: plano de referência, plano de corte e plano de medida. A lista a seguir contém informações mais detalhadas a respeito dos planos da ferramenta utilizados.

- **Plano de referência:** é o plano perpendicular à direção admitida de corte.
- **Plano de corte:** plano perpendicular ao plano de referência e que é tangente, ou contém, a aresta de corte da ferramenta.

- **Plano ortogonal:** é um plano perpendicular aos planos de referência e de corte da ferramenta.
 - **Plano admitido de trabalho:** é perpendicular ao plano de referência da ferramenta e definido pelas direções de avanço e de corte.
 - **Plano normal à aresta de corte:** trata-se de um plano perpendicular à aresta de corte.
3. **Ângulo de Posição (χ):** é o ângulo entre o plano de corte e o plano de trabalho, medido no plano de referência. A partir dele, pode-se controlar o comprimento atuante na aresta de corte da ferramenta. Assim, um ângulo pequeno resulta em um cavaco fino e maior força de corte.
 4. **Ângulo de Ponta (ϵ):** é o ângulo entre os planos principal e lateral de corte, medido no plano de referência.

Ângulos

Os principais ângulos envolvidos em operações de usinagem são:

1. **Ângulo da Direção de Avanço (ϕ):** é o ângulo entre a direção de avanço e a direção de corte.
2. **Ângulo da Direção Efetiva de Corte (η):** é o ângulo entre a direção efetiva de corte e a direção de corte.
5. **Ângulo de Inclinação (λ):** ângulo entre a aresta de corte e o plano de referência, medido no plano de corte.
6. **Ângulo de Folga (α):** também conhecido por ângulo de incidência, é o ângulo formado entre a superfície de folga e o plano de corte,

medido no plano de medida da cunha cortante.

7. Ângulo de Cunha (β): ângulo entre a superfície de folga e a superfície de saída, medido no plano de medida da cunha cortante.

8. Ângulo de Saída (γ): corresponde ao ângulo entre a superfície de saída e o plano de referência, medido no plano de medida da cunha cortante.

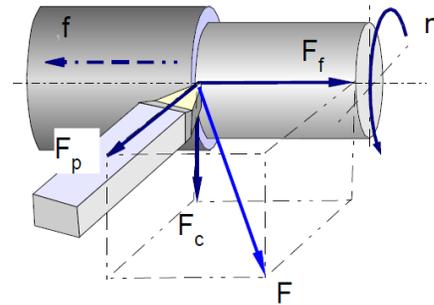
Forças e Potência

A força de usinagem depende das condições de corte (avanço, velocidade de corte e profundidade de corte), da geometria da ferramenta de corte (χ , γ e λ) e de seu desgaste, além do uso de lubrificantes e outros fatores menos relevantes. Ela é resultante da combinação de outras três forças:

1. Força de corte F_c .

2. Força de avanço F_f .

3. Força passiva F_p .



A força de corte é o principal fator de influência na potência necessária para que ocorra a usinagem. Sua intensidade depende, principalmente, do material a ser usinado, das condições efetivas de usinagem, da seção de usinagem e do processo empregado. Independentemente do processo utilizado, a equação da força de corte é:

$$F_c = a_p \cdot f_a \cdot K_c$$

onde a_p corresponde à profundidade de corte, f_a ao avanço da ferramenta em relação a peça e K_c ao parâmetro *pressão específica de corte*, que, por sua vez,

pode ser calculada a partir da seguinte equação:

$$K_c = K_{c1.1} \cdot b \cdot h^{-m}$$

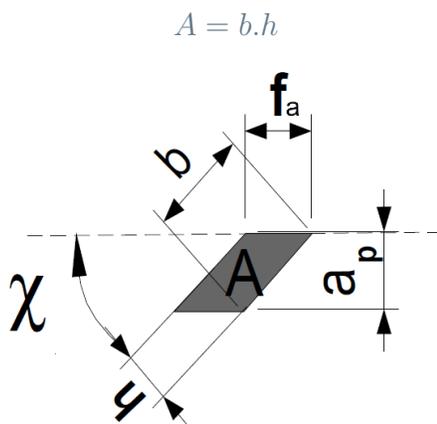
Os fatores b (largura de usinagem) e h (espessura de usinagem) estão relacionados a dimensão da seção usinada, sendo:

$$b = \frac{a_p}{\sin \chi}$$

e

$$h = f_a \cdot \sin \chi$$

Com eles, é possível determinar a seção transversal de corte (A), que corresponde a área da seção transversal de um cavaco a ser retirado.



Já $K_{c1.1}$ representa o valor da pressão específica de corte para a condição em que $b = h = 1 \text{ mm}$. Tanto ele quanto o parâmetro m são retirados de tabelas e gráficos específicos para cada material. O valor da pressão específica de corte depende do material da peça (quando mais duro ele for, maior será seu valor), do material da ferramenta de corte (fator de influência relativamente baixa), da geometria da ferramenta (ângulos de saída e de inclinação χ positivos provocam uma redução de K_c e um ângulo de folga inferior a 5° resulta em um atrito grande entre a ferramenta e a peça, com o consequente aumento de K_c) e da seção de corte (o aumento de A reduz K_c).

Para os casos onde ocorre um desvio em relação a condição padrão de usinagem, alguns fatores também devem ser avaliados para a correção de F_c . São eles:

- K_r : para a correção relacionada ao ângulo efetivo de corte.

- K_v : para a correção relacionada à velocidade de corte.
- K_{Sch} : para a correção relacionada ao material da ferramenta
- K_{Ver} : para a correção relacionada ao desgaste.

Desse modo, a equação da força de corte passa a ser:

$$F_c = a_p \cdot f_a \cdot K_c \cdot K_r \cdot K_v \cdot K_{Sch} \cdot K_{Ver}$$

Assim, a potência de corte P_c , em kW é:

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60000}$$

onde F_c é dado em Newtons (N) e a velocidade de corte em m/min .

Por sua vez, a potência do motor da máquina de usinagem P_a é:

$$P_a = \frac{P_c}{\eta}$$

onde η corresponde à eficiência do motor.

Cavaco

Como operações de usinagem, entendem-se aquelas que, ao conferir forma, dimensões e/ou acabamento à peça através da aplicação de uma tensão acima da tensão de ruptura do material, provocam a produção de cavaco. Define-se cavaco como a porção de material retirada pela ferramenta, caracterizando-se por apresentar forma geométrica irregular. Além desta característica, estão envolvidos no mecanismo da formação do cavaco alguns fenômenos particulares, tais como o recalque, a aresta postiça de corte, a caracterização na superfície de saída da ferramenta e a sua formação periódica.

Formação do cavaco

A formação do cavaco se dá por meio do cisalhamento que ocorre na região denominada plano de cisalhamento (zona primária de cisalhamento), graças ao

contato entre a peça e a ferramenta de corte. Nesta região, o ângulo formado entre o plano de cisalhamento e a direção de corte é denominado de ângulo de cisalhamento. Ele é inversamente proporcional à deformação do cavaco e diretamente proporcional aos esforços de corte, principalmente em materiais dúcteis.

Em condições normais de usinagem com ferramentas de metal duro ou aço rápido, a formação do cavaco segue as seguintes etapas:

1. Uma parcela pequena do material é recalcada contra a superfície da ferramenta de corte, promovendo a sua deformação plástica e elástica.
2. A deformação plástica aumenta e o material desliza sobre a superfície da ferramenta.

3. Conforme a ferramenta prossegue penetrando, ocorre uma ruptura total ou parcial do cavaco no plano de cisalhamento.
4. Este material rompido escorrega sobre a superfície de saída da ferramenta de corte, enquanto uma nova porção de material está se formando e cisalhando, reiniciando o processo.

Forma do cavaco

Observando os cavacos resultantes de um processo de usinagem, verifica-se que os mesmos podem apresentar diversas formas, que variam conforme o avanço de corte, a profundidade de corte, o material que está sendo usinado e a ferramenta de corte.

Com relação a sua forma, podem ser classificados em:

1. **Fitas:** A formação em fita é a mais problemática de todas, pois o ca-

vaco apresenta uma aresta de corte muito afiada, comprometendo a segurança física do operador. Além disso, ele pode se enrolar na peça ou na ferramenta, prejudicando o ritmo de produção. Em alguns casos, pode, inclusive, provocar a quebra da ferramenta de corte. É também o tipo que ocupa mais espaço de armazenamento, tornando-o difícil de ser transportado e descartado.

2. **Helicoidais:** Quando o cavaco apresenta essa forma, o processo de usinagem está ocorrendo com uma elevada taxa de remoção de material, fazendo com que o cavaco deixe rapidamente o espaço entre a ferramenta e a peça, devido às altas velocidades de corte. Assim, torna-se o mais apropriado tipo de cavaco.

3. **Espirais:** Na maioria dos casos, ocorrem quando a ferramenta de corte possui um *quebra cavaco*.
4. **Em lascas ou pedaços:** Estes cavacos possuem esse formato devido à irregularidades no material, ângulo efetivo de corte pequeno, baixa velocidade de corte e elevada profundidade de penetração.

Aresta postiça de corte

A formação da aresta postiça de corte pode ser caracterizada pelo acúmulo de material usinado na superfície de saída da ferramenta, causando a fragmentação e desgaste irregular da aresta de corte. Prejudica, também, o acabamento na peça usinada.

O material usinado aderente à aresta de corte se deforma e encrua, aumentando sua resistência mecânica e fazendo às vezes de aresta de corte.

Ela ocorre devido a fraca ação de corte aplicada durante o processo de usinagem ou, em determinados materiais, devido a afinidade com a composição do metal duro ou da cobertura. A formação da aresta postiça depende de altas forças de corte, baixas velocidades de corte, superfície da pastilha irregular (com linhas de retífica), uso ineficiente da refrigeração ou seleção imprópria de geometria, substrato e/ou cobertura. A medida que a velocidade de corte aumenta, a temperatura também aumenta. Desse modo, quando a temperatura de recristalização do material do cavaco é ultrapassada, não há mais formação de aresta postiça, pois o efeito de encruamento do cavaco é minimizado, sendo

que é este o principal fator para a sua formação.

A velocidade acima da qual não ocorre mais a formação da aresta postiça é chamada de velocidade crítica. Todas as variações feitas no processo que aumentam a temperatura de corte, tais como, o aumento do avanço e da profundidade de usinagem, diminuição dos ângulos de saída e de inclinação da ferramenta, retirada da refrigeração, entre outros, tendem a diminuir a velocidade crítica. Além disso, à medida que a ductilidade da peça diminui, decresce também a ocorrência da aresta postiça, pois os cavacos quebram mais facilmente e atri-tam menos com superfície de saída da ferramenta.



Exemplo

Sabesp - 2012 - Engenheiro Mecânico - 60

A qualidade do acabamento da superfície de uma peça é caracterizada pela rugosidade superficial. Na usinagem de uma peça a rugosidade superficial

- (A) aumenta com o aumento do raio de curvatura da ponta da ferramenta.
- (B) diminui com o aumento do avanço.
- (C) aumenta com o aumento do avanço.
- (D) não é afetada pela velocidade de corte.
- (E) não é afetada pelo avanço.

Solução:

A velocidade de corte influencia diretamente o acabamento superficial, já que, em baixas velocidades, ocorre grande formação de arestas postiças na ferramenta de corte, prejudicando o seu desempenho. Com o aumento da velocidade, aumenta-se a temperatura, dificultando a deposição de material na ponta da ferramenta e reduzindo a dureza da aresta postiça. Sendo assim, (D) está errada. Quando há um aumento no avanço, ocorre uma redução na qualidade superficial graças às relações geométricas com o raio de ponta da ferramenta de corte. Assim, (B) e (E) estão erradas. O raio de ponta deve ser grande o suficiente para reduzir os efeitos das marcas de avanço

Quanto maior o raio, menor torna-se a rugosidade máxima. Portanto, (A) está errada e a afirmativa correta é a apresentada na alternativa (C).

Resposta: C

Exemplo

CODESVAF - 2003 - Engenharia Mecânica - 1

A introdução de fluido de corte num processo de usinagem de tubulações de aço para escoamento de água irá permitir:

- (A) a redução do tempo de vida da ferramenta de corte.
- (B) a diminuição da dureza da ferramenta de corte.
- (C) o aumento da velocidade de corte.
- (D) a tendência à formação da aresta postiça.
- (E) as colorações de revenido na superfície usinada.

Solução:

Quanto maior a velocidade de corte, menor será o tempo de usinagem, o que provoca a redução de custos, já que mais peças poderão ser produzidas em um mesmo intervalo de tempo. Entretanto, o aumento da velocidade de corte provoca o aumento da temperatura de usinagem, reduzindo a vida útil da ferramenta de corte. Como o fluido de corte (líquido ou gás) tem a capacidade de refrigerar, lubrificar, proteger contra a oxidação e limpar a região da usinagem, seu uso reduz a temperatura de usinagem e possibilita o uso de velocidades de corte maiores.

Resposta: C



Caiu no concurso!

IF/TO - 2009 - Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico - Engenharia Mecânica - 30

Assinale, dentre as alternativas abaixo, a que melhor define o processo mecânico de usinagem denominado Brunimento

- (A) Processo mecânico por abrasão empregado no acabamento de furos cilíndricos de revolução, no qual todos os grãos ativos da ferramenta abrasiva estão em constante contato com a superfície da peça e descrevem trajetórias helicoidais. Para tanto, a ferramenta ou a peça gira e se desloca axialmente com movimento alternativo.
- (B) Processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de uma forma qualquer na extremidade de um furo. Para tanto, a ferramenta ou a peça giram e a ferramenta ou a peça se deslocam segundo uma trajetória retilínea, coincidente ou paralela ao eixo de rotação da ferramenta.
- (C) Processo mecânico de usinagem destinado ao seccionamento ou recorte com auxílio de ferramentas multicortantes de pequena espessura.
- (D) Processo de usinagem por abrasão, destinado à obtenção de superfícies com auxílio de ferramenta abrasiva de revolução. Para tanto, a ferramenta gira e a peça ou a ferramenta se desloca segundo uma trajetória determinada, podendo a peça girar ou não.

(E) Processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de filetes, por meio da abertura de um ou vários sulcos helicoidais de passo uniforme, em superfícies cilíndricas ou cônicas de revolução.

Resposta: A



Caiu no concurso!

IF/TO - 2009 - Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico - Engenharia Mecânica - 37

Nos processos para fabricação de peças metálicas, são largamente utilizadas as operações de usinagem, em que uma porção do material é retirada pela ação de uma ferramenta de corte.

As operações de usinagem incluem o fresamento, que consiste na obtenção de:

(A) Filetes, por meio de ferramenta que produz sulcos helicoidais de passo uniforme, em superfícies cilíndricas ou cônicas de revolução.

(B) Superfícies planas, pela ação de uma ferramenta dotada de um único gume cortante que arranca o material com movimento linear.

(C) Superfícies mediante a ação de uma ferramenta giratória de múltiplos gumes cortantes.

(D) Superfícies lisas, pela ação de uma ferramenta abrasiva de revolução.

(E) Superfícies de revolução, mediante a ação de uma ferramenta que se desloca linearmente em relação à peça enquanto esta gira em torno do eixo principal da máquina operatriz.

Resposta: C

Considere o enunciado a seguir para as questões 65 e 66

Julgue os itens que se seguem com relação às máquinas-ferramentas e aos processos de usinagem.



Caiu no concurso!

CETURB/ES - 2010 - Analista em Engenharia Mecânica - 65

Entre os processos de usinagem ditos não-convencionais, incluem-se a usinagem por ultrassom, a retificação e a usinagem por jato de água.

(A) Verdadeiro.

(B) Falso.

Resposta: B



Caiu no concurso!

CETURB/ES - 2010 - Analista em Engenharia Mecânica - 66

As fresadoras devem ser projetadas para altas solicitações estáticas e dinâmicas, com um acionamento contínuo e sem folga da árvore, de forma a evitar vibrações e permitir o aumento da vida média da ferramenta.

(A) Verdadeiro.

(B) Falso.

Resposta: A



Caiu no concurso!

Sabesp - 2012 - Engenheiro Mecânico - 59

Na usinagem de metais, a força principal de corte P_c , pode ser calculada pelo produto da pressão específica de corte k_s pela área da seção de corte s . Isto é $P_c = k_s \cdot s$. Verificou-se experimentalmente que a pressão específica de corte depende do material da peça e de outros fatores. Resultados experimentais indicam que a pressão específica de corte, k_s

(A) não depende da área da seção de corte.

(B) não depende do ângulo de saída da ferramenta.

(C) aumenta com o aumento da área de corte.

(D) diminui com o aumento da área de corte.

(E) não depende da velocidade de corte.

Resposta: D