

Parâmetros de corte

Na aula passada, você aprendeu que usinagem é todo o processo de fabricação pelo qual o formato de uma peça é modificado pela remoção progressiva de cavacos ou aparas de material. Você aprendeu, também, que peças metálicas brutas produzidas por outros processos como fundição e forjamento, normalmente passam por operações de usinagem que lhes conferem tanto exatidão de formas e de dimensões quanto acabamento de superfície.

Um bom exemplo disso é o bloco de motor, que é fundido e depois tem os alojamentos das camisas (dentro das quais se movimentarão os pistões), as faces e os mancais usinados com limites de exatidão muito rigorosos. Para que isso aconteça, uma ferramenta de corte em forma de cunha é forçada através do metal para remover cavaco da superfície. O resultado obtido são superfícies geometricamente perfeitas.

Mas (existe sempre um “mas”) dentro desse princípio aparentemente simples, muitas informações tecnológicas estão contidas. Por exemplo: vamos supor que em uma operação de furar algum material, o operador perceba que, ao retirar a broca do furo, ela mudou de cor. Ficou azulada. Quando a operação foi iniciada, ela estava perfeita. O que será que aconteceu?

Você só vai saber a resposta, se estudar esta aula.

Os parâmetros

Toda empresa, quando fabrica alguma coisa, visa lucro. Para que isso aconteça, é preciso que ela produza bem e barato. E produ-

zir bem e barato significa não só ter bons funcionários, boas instalações e maquinário moderno. É necessário que todo esse patrimônio seja usado da maneira mais produtiva possível. Um dos modos de garantir isso é aplicando o conhecimento tecnológico ligado ao processo de fabricação adotado.

Por exemplo, se a empresa produz peças por usinagem, muitos dados técnicos devem ser considerados para um bom resultado em termos de produto. A pergunta de nossa aula é “por que a broca ficou azulada”? Por enquanto não vamos dar a resposta, mas podemos adiantar que o erro do operador foi deixar de considerar uma série de dados antes de começar a operação. Esses dados são os **parâmetros de corte**.

Parâmetros de corte são grandezas numéricas que representam valores de deslocamento da ferramenta ou da peça, adequados ao tipo de trabalho a ser executado, ao material a ser usinado e ao material da ferramenta. Os parâmetros ajudam a obter uma perfeita usinagem por meio da utilização racional dos recursos oferecidos por determinada máquina-ferramenta.

Para uma operação de usinagem, o operador considera principalmente os parâmetros:

- velocidade de corte, identificada por **vc**;
- avanço, identificado pelas letras **s**, ou **f**.

São esses os parâmetros que estudaremos com mais detalhes nesta aula.

Além desses, há outros parâmetros mais complexos tecnicamente e usados em nível de projeto. Eles são:

- profundidade de corte, identificada pela letra **a**. É uma grandeza numérica que define a penetração da ferramenta para a realização de uma determinada operação, permitindo a remoção de uma certa quantidade de cavaco;
- área de corte, identificada pela letra **A**;
- pressão específica de corte, identificada pelas letras **Ks**. É um valor constante que depende do material a ser usinado do estado de afiação, do material e da geometria da ferramenta, da

área de seção do cavaco, da lubrificação e de velocidade de corte. É um dado de tabela;

- força de corte, identificada pela sigla **F_c**;
- potência de corte, ou **P_c**.

A determinação desses parâmetros depende de muitos fatores: o tipo de operação, o material a ser usinado, o tipo de máquina-ferramenta, a geometria e o material da ferramenta de corte.

Além disso, os parâmetros se inter-relacionam de tal forma que, para determinar um, geralmente, é necessário conhecer os outros. Como e quando determinar a velocidade de corte e o avanço da máquina é o assunto da próxima parte desta aula. Antes disso, leia esta primeira parte e faça os exercícios a seguir.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

1. Responda.

- a) O que é necessário para uma empresa produzir bem e barato?
- b) O que o operador deve considerar antes de iniciar a operação de corte?
- c) O que são parâmetros de corte?
- d) Quais são os dois parâmetros que o operador **não** pode deixar de considerar ao realizar uma operação de usinagem?

2. Relacione a coluna **A** (parâmetros) com a coluna **B** (representação do parâmetros).

Coluna A	Coluna B
a) () Potência de corte	1. s ou f
b) () Área de corte	2. vc
c) () Avanço	3. P _c
d) () Força de corte	4. a
e) () Profundidade de corte	5. A
f) () Pressão específica de corte	6. F _c
g) () Velocidade de corte	7. K _s

Velocidade de corte

De certa forma, o corte dos materiais para construção mecânica se parece com o corte de uma fatia de pão. Para cortar o pão, a faca é movimentada para frente e para trás, e a cada “passada” penetra um pouco mais no pão até finalmente cortá-lo.

Na usinagem, o metal (ou outro material) é cortado mais ou menos do mesmo modo. Dependendo da operação, a superfície da peça pode ser deslocada em relação à ferramenta, ou a ferramenta é deslocada em relação à superfície da peça. Em ambos os casos, tem-se como resultado o corte, ou desbaste do material. E para obter o máximo rendimento nessa operação, é necessário que tanto a ferramenta quanto a peça desenvolvam **velocidade de corte** adequada.

Velocidade de corte é o espaço que a ferramenta percorre, cortando um material dentro de um determinado tempo. Uma série de fatores influenciam a velocidade de corte:

- tipo de material da ferramenta;
- tipo de material a ser usinado;
- tipo de operação que será realizada;
- condições de refrigeração;
- condições da máquina etc.

Embora exista uma fórmula que expressa a velocidade de corte, ela é fornecida por tabelas que compatibilizam o tipo de operação com o tipo de material da ferramenta e o tipo de material a ser usinado. Essas tabelas são encontradas no livro **Cálculo Técnico** do Telecurso 2000.

Quando o trabalho de usinagem é iniciado, é preciso ajustar a rpm (número de rotações por minuto) ou o gpm (número de golpes por minuto) da máquina-ferramenta. Isso é feito tendo como dado básico a velocidade de corte.

Recordar é aprender

Para calcular o número de rpm de uma máquina, emprega-se a fórmula:

$$\text{rpm} = \frac{vc \cdot 1000}{d \cdot \pi}$$

Para calcular o número de gpm, emprega-se a fórmula:

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

A escolha de velocidade de corte correta é importantíssima tanto para a obtenção de bons resultados de usinagem quanto para a manutenção da vida útil da ferramenta e para o grau de acabamento.

A velocidade de corte incorreta pode ser maior ou menor que a ideal. Quando isso acontece, alguns problemas ocorrem. Eles estão listados a seguir.

Velocidade maior

1. Superaquecimento da ferramenta, que perde suas características de dureza e tenacidade.
2. Superaquecimento da peça, gerando modificação de forma e dimensões da superfície usinada.
3. Desgaste prematuro da ferramenta de corte.

Velocidade menor

1. O corte fica sobrecarregado, gerando travamento e posterior quebra da ferramenta, inutilizando-a e também a peça usinada.
2. Problemas na máquina-ferramenta, que perde rendimento do trabalho porque está sendo subutilizada.

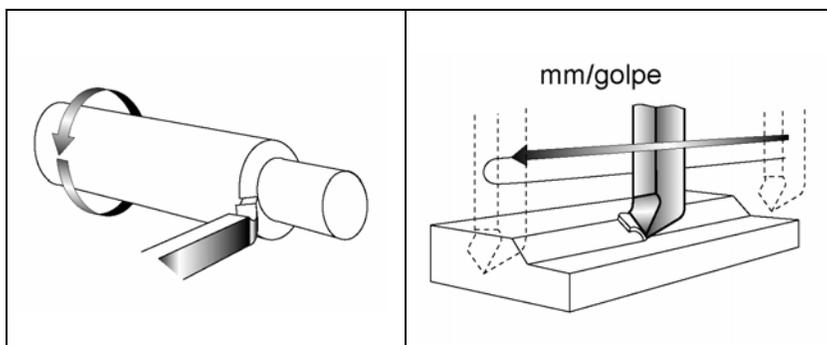
Mas, voltemos à broca do início da aula. Agora, você já pode arriscar um palpite sobre o motivo que fez a broca ficar azulada. Isso mesmo! A velocidade de corte usada era muito alta. Por isso, a temperatura de corte aumentou excessivamente e alterou as características de ferramenta, ou seja, ela perdeu a dureza.

Avanço

Voltemos ao exemplo inicial do corte da fatia de pão. Da mesma forma que não se pode obter a fatia do pão de um só golpe, o

trabalho de usinagem também não é realizado de uma só vez. Isso acontece porque a ferramenta é muito mais estreita que a superfície a ser trabalhada. Por isso, é necessário que a ferramenta percorra várias vezes seu trajeto, à pequena distância e paralelamente ao percurso anterior.

Assim, uma vez estabelecida a velocidade de corte, o operador deve compatibilizá-la com o **avanço** da ferramenta ou da peça. O avanço nada mais é que a velocidade de deslocamento de uma em relação à outra a cada rotação do eixo da máquina (mm/rotação). O avanço pode, também, se referir ao espaço em que a peça ou a ferramenta se desloca uma em relação à outra a cada golpe do cabeçote da máquina-ferramenta (mm/golpe).



Esses valores estão reunidos em tabelas, publicadas em catálogos fornecidos pelos fabricantes das ferramentas. Eles estão relacionados com o material a ser usinado, a ferramenta e a operação de usinagem.

É preciso lembrar que a primeira condição para a usinagem é que a ferramenta cortante seja mais dura do que o material usinado. Assim, usando a ferramenta de corte correta e os parâmetros adequados, não há como errar. Além disso, é necessário que o cavaco se desprenda de tal maneira que a superfície apresente as características de acabamento e exatidão de medidas adequados à finalidade da peça.

Você que está superligado nesta aula, deve ter percebido que o cavaco já foi citado algumas vezes. Ele é mesmo muito importante na usinagem. Por isso, ele vai ficar para a próxima parte desta aula.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

3. Responda às seguintes perguntas.
 - a) O que é velocidade de corte?
 - b) Cite ao menos três fatores dos quais a velocidade de corte sofre influência.
 - c) Cite ao menos três problemas que ocorrem na usinagem por causa da velocidade de corte inadequada.

4. Complete as seguintes afirmações.
 - a) Bons resultados de usinagem como maior da ferramenta e melhor grau de da peça são obtidos com a escolha da de corte correta.
 - b) Na usinagem, a ferramenta deve ser sempre mais em relação ao usinado.
 - c) Avanço da ferramenta é o deslocamento da ou da, uma em relação à outra a cada rotação do eixo da máquina(...../.....), ou o espaço em que a peça ou a ferramenta se desloca uma em relação a outra a cada golpe da máquina (...../.....).

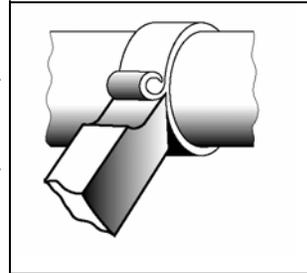
Olha o cavaco aí, gente!

O cavaco é o resultado da retirada do sobremetal da superfície que está sendo usinada. Pelo aspecto e formato do cavaco produzido, é possível avaliar se o operador escolheu a ferramenta com critério técnico correto e se usou os parâmetros de corte adequados. A quebra do cavaco é necessária para evitar que ele, ao não se desprender da peça, prejudique a exatidão dimensional e o acabamento da superfície usinada. Para facilitar a quebra do cavaco, é necessário que o avanço e a profundidade de corte estejam adequados.

Em condições normais de usinagem, a formação do cavaco ocorre da seguinte maneira:

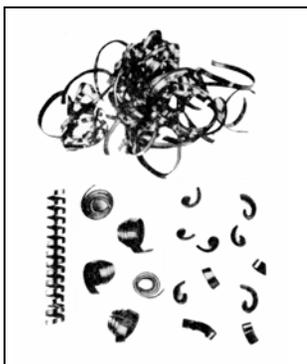
1. Durante a usinagem, por causa da penetração da ferramenta na peça, uma pequena porção de material, (ainda preso à peça) é recalçada, isto é, fica presa contra a superfície da saída da ferramenta.

2. O material recalçado sofre uma deformação plástica que aumenta progressivamente, até que as tensões de cisalhamento se tornam suficientemente grandes para que o deslizamento comece.



3. Com a continuação do corte, há uma ruptura parcial ou completa na região do cisalhamento, dando origem aos diversos tipos de cavacos.
4. Na continuação da usinagem e devido ao movimento relativo entre a ferramenta e a peça, inicia-se o desprendimento do cavaco pela superfície de saída da ferramenta. Simultaneamente outro cavaco começa a se formar.

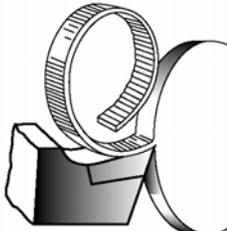
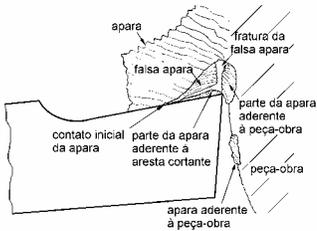
Os cavacos podem ser diferenciados por seu formato em quatro tipos básicos:



- a) cavaco em fita;
- b) cavaco helicoidal;
- c) cavaco espiral;
- d) cavaco em lascas ou pedaços.

O cavaco em fita pode provocar acidentes, ocupa muito espaço e é difícil de ser transportado. O formato de cavaco mais conveniente é o helicoidal.

Além do formato, quatro tipos básicos de cavacos podem ser formados de acordo com as características físicas do material e os parâmetros de corte usados. O quadro a seguir resume as informações sobre esses tipos.

Tipos de cavaco	Formação	Material
<p>Cisalhado</p> 	Forma-se na usinagem de materiais dúcteis e tenazes, com o emprego de grandes avanços e velocidades de corte geralmente inferiores a 100 m/min.	Aços liga e aço-carbono
<p>De ruptura</p> 	Forma-se na usinagem de materiais frágeis com avanço e velocidade de corte inferiores aos anteriores.	Ferro fundido, bronze duro, latão
<p>Contínuo</p> 	Forma-se na usinagem de materiais dúcteis e homogêneos, com o emprego de avanço médio e pequeno da ferramenta, e com velocidade de corte geralmente superior a 60m/min.	Aço com baixo teor de carbono e alumínio.
<p>Cavaco contínuo com aresta postiça (ou gume postiço)</p> 	É constituída por um depósito de material da peça que adere à face de corte da ferramenta, e que ocorre durante o escoamento da apara contínua.	Aço com baixo teor de carbono

Embora inevitável, o cavaco se torna indesejável tão logo é produzido. Sua presença na região de corte pode danificar a ferramenta ou a superfície da peça usinada. Assim, por exemplo, a aresta postiça, ou falsa apara, que é um depósito de material aderido à face da ferramenta, torna-se uma falsa aresta cortante que varia constantemente durante a realização do corte. Ela é devida a um forte atrito entre o cavaco e a ferramenta, que produz o arrancamento de pequenas partículas de metal quente do cavaco e que acabam se soldando no gume da ferramenta.

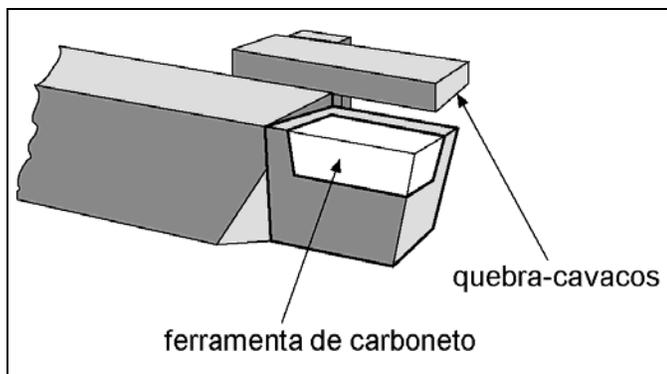
Na usinagem caracterizada por esse tipo de cavaco, a superfície da peça fica coberta de fragmentos adjacentes, compridos e parcialmente aderidos a essa superfície, que fica áspera. O grau de aspereza é tanto maior quanto maiores são os fragmentos. Esse tipo de cavaco pode ser evitado escolhendo-se adequadamente a espessura do cavaco, a temperatura de corte e ângulo de saída, a superfície de saída da ferramenta, e o lubrificante próprio.

O cavaco do tipo contínuo na maioria dos casos é indesejável, porque é muito grande e pode causar acidentes. Além disso, ele:

- prejudica o corte;
- provoca quebra da aresta de corte;
- dificulta a refrigeração direcionada;
- dificulta o transporte;
- faz perder o fluido de corte;
- prejudica o acabamento.

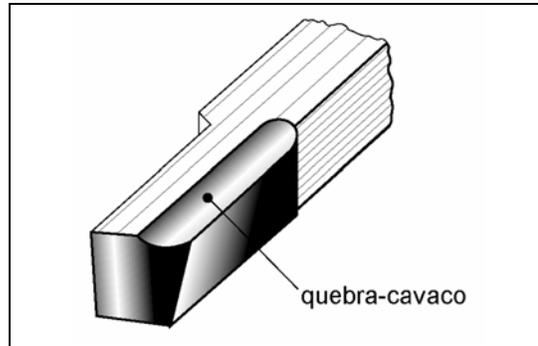
Para atenuar esses efeitos, empregam-se os **quebra-cavacos**, que são ranhuras formadas na face da ferramenta de corte. Ou, então, são peças de metal duro preso à ferramenta.

Na verdade, os quebra-cavacos não “quebram” os cavacos, mas os “encrespam” contra uma obstrução. Essa obstrução quebra os cavacos a intervalos regulares.

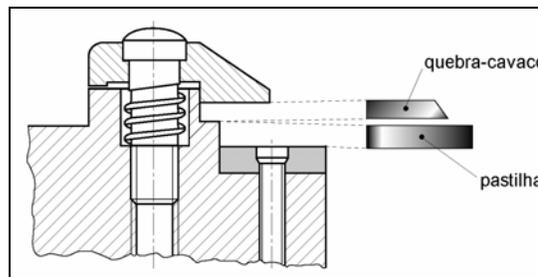


Os tipos mais comuns de quebra-cavacos são:

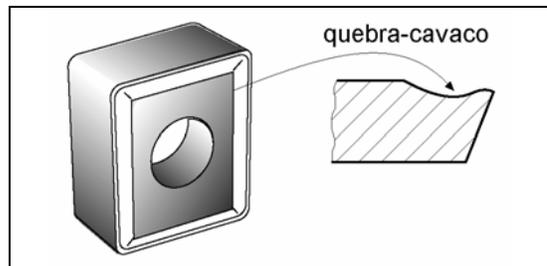
- a) quebra-cavaco usinado diretamente na ferramenta;



- b) quebra-cavaco fixado mecanicamente;



- c) quebra-cavaco em pastilha sinterizada.



Os quebra-cavacos reduzem o contato entre a peça quente e a ferramenta, reduzindo a transferência de calor para a ferramenta. Além disso, as aparas quebradas oferecem uma obstrução muito menor ao fluxo do fluido de corte sobre a aresta de corte. Outras vantagens do uso do quebra-cavacos são o menor risco de acidentes para o operador, a maior facilidade de remoção dos cavacos e sua manipulação mais econômica.

Uma vez estabelecidos os parâmetros de corte e controlado o problema da remoção dos cavacos, o bom resultado da usinagem passa a depender, então, da redução do atrito entre a ferramenta e o cavaco, e o calor gerado durante o corte. Essa é a função dos fluidos de corte. Mas essa é uma outra história que fica para a próxima aula. Por enquanto, fique com os nossos exercícios, e bom estudo!

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

5. Responda às seguintes perguntas.
- O que é cavaco?
 - Que características do cavaco indicam se o operador usou os parâmetros de corte adequados?
 - Quanto ao formato, quais são os tipos de cavacos que existem?
 - Qual a função dos quebra-cavacos?
 - Cite ao menos duas vantagens do uso do quebra-cavaco.
6. Associe o tipo de cavaco (Coluna **A**) com sua formação e material que o produz (Coluna **B**).

Coluna A

Coluna B

- | | |
|------------------|--|
| a) () contínuo | 1. Grandes avanços e vc inferior a 100m/min. Materiais dúcteis, ferro maleável, aço. |
| b) () cisalhado | 2. Avanço e vc pequenos. Materiais frágeis, ferro fundido, latão. |
| c) () ruptura | 3. Depósito de material da peça que adere à ferramenta. Aço de baixo carbono. |
| | 4. Avanço médio e vc superior a 60 m/min. Materiais homogêneos, aço de baixo carbono e alumínio. |

Gabarito

1. a) É necessário fazer com que funcionários, instalações e maquinário moderno sejam usados da maneira mais produtiva possível.
- b) Ele deve considerar os parâmetros de corte.
- c) Parâmetros de corte são grandezas numéricas que representam valores de deslocamento da ferramenta ou da peça, adequados ao tipo de trabalho a ser executado ao material a ser usinado e ao material da ferramenta.
- d) Velocidade de corte e avanço.

2. a) 3; b) 5; c) 1; d) 6;
e) 4; f) 7; g) 2;
3. a) Velocidade de corte é o espaço que a ferramenta percorre, cortando o material dentro de um determinado tempo.
b) Material da ferramenta; material a ser usinado; tipo de operação.
c) Superaquecimento da ferramenta; superaquecimento da peça, corte sobrecarregado.
4. a) vida útil; acabamento; velocidade.
b) dura; material.
c) Ferramenta; peça; mm/rotação, mm/golpe.
5. a) Cavaco é o resultado da retirada do sobremetal da superfície que está sendo usinada.
b) O aspecto e o formato do cavaco.
c) Eles são: cavaco em fita; cavaco helicoidal, cavaco em espiral, cavaco em lascas ou pedaços.
d) O quebra-cavacos atenua os efeitos indesejáveis da formação do cavaco contínuo.
e) O uso do quebra-cavacos reduz o contato entre a peça quente e a ferramenta, reduzindo a transferência de calor para a ferramenta. Também oferece menor obstrução ao fluxo do fluido de corte.
6. a) 4 b) 1 c) 2