

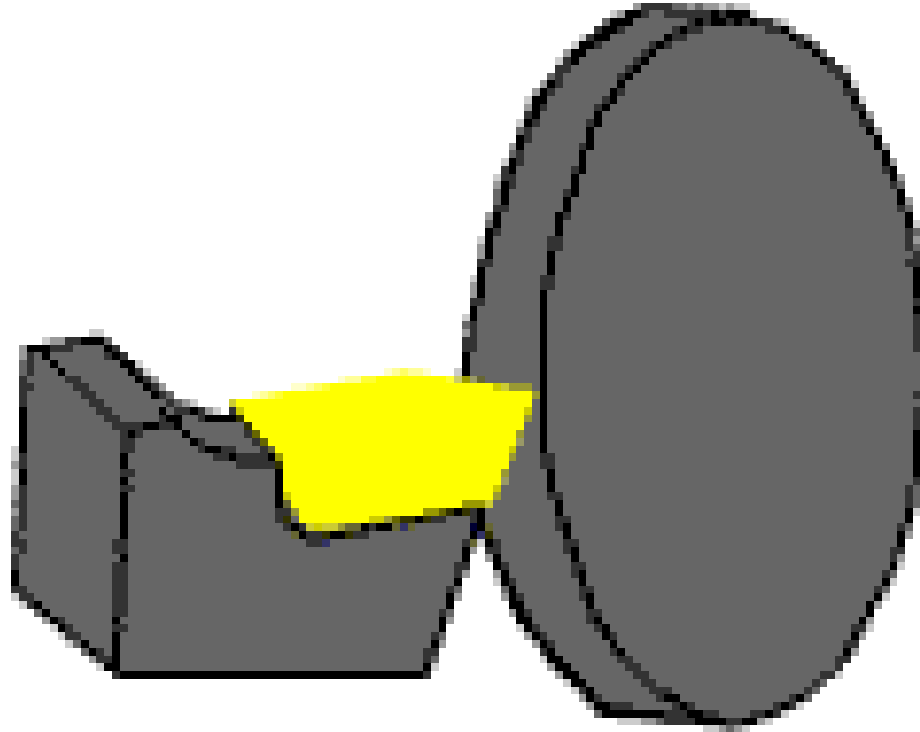


Member IMC Group
Tungaloy

Mecanismo de Formação do Cavaco!



Formação do cavaco



Formação do cavaco:



Formação do cavaco

A formação do cavaco influencia diversos fatores ligados à usinagem:

Desgaste da ferramenta;

Esforços de corte;

Calor gerado na usinagem;

Penetração do fluido de corte;

Formação do cavaco

Aspectos envolvidos com o processo de formação do cavaco:

Econômicos;

Qualidade da peça acabada;

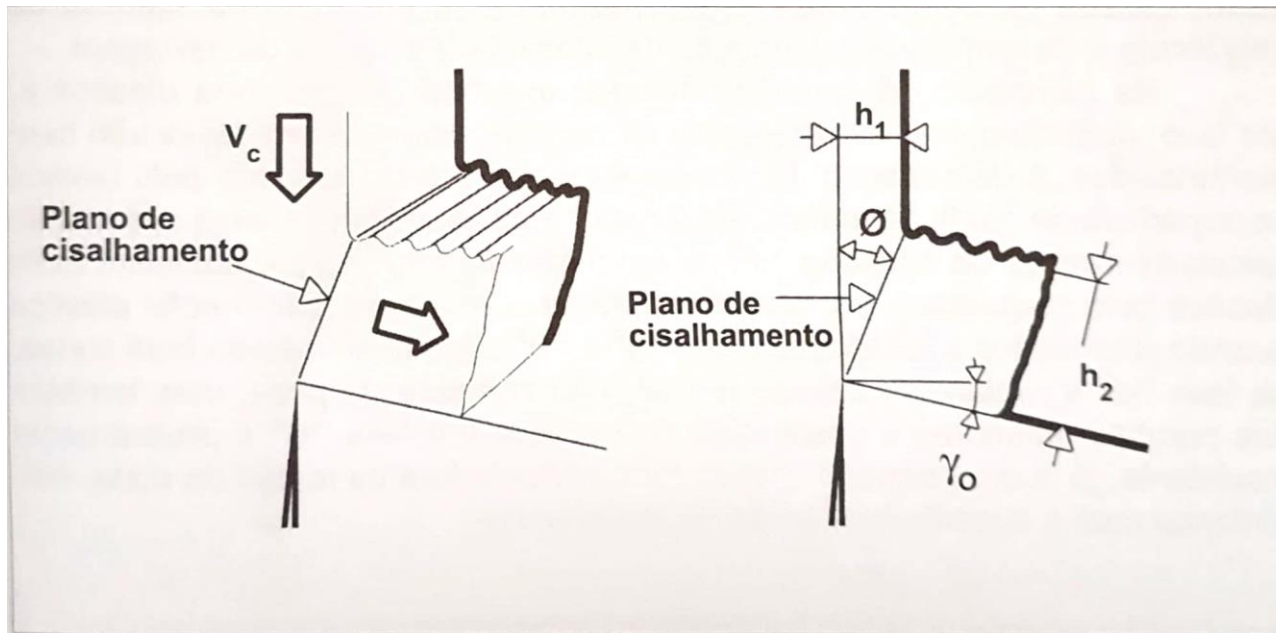
Segurança do operador;

Manutenção da Máquina-ferramenta;

Formação do cavaco

O corte dos metais envolve o cisalhamento concentrado ao longo de um plano chamado plano de cisalhamento (zona primária de cisalhamento).

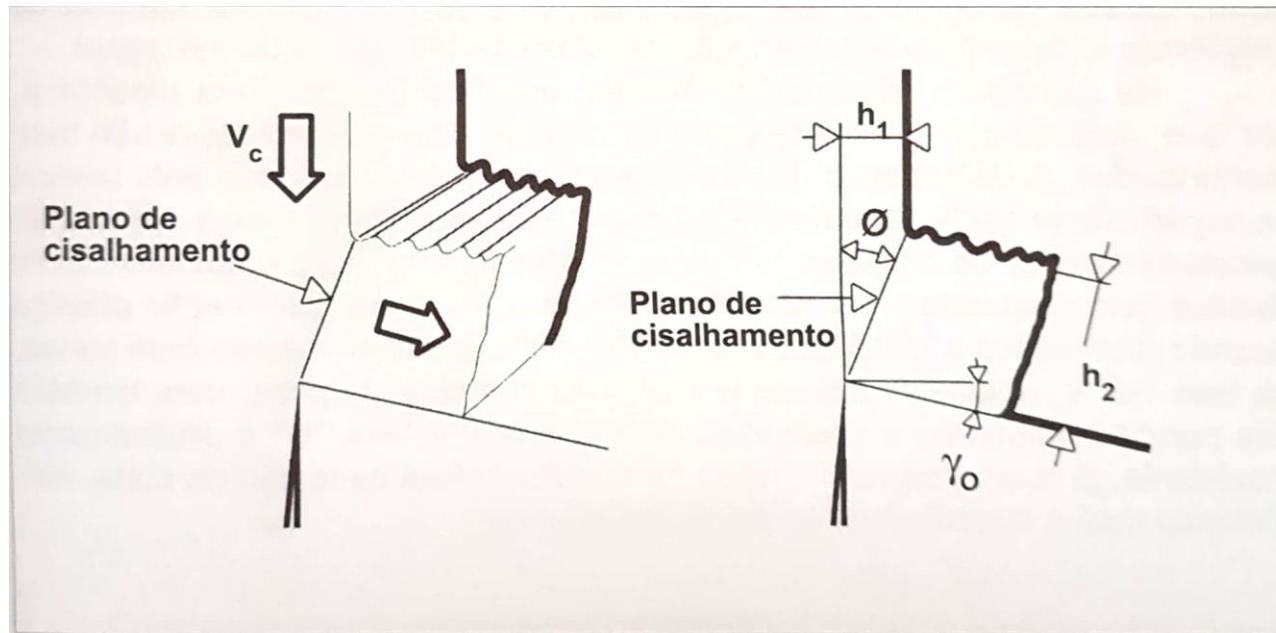
O ângulo entre o plano de cisalhamento e a direção de corte é chamado de ângulo de cisalhamento (ϕ):



Formação do cavaco

Quanto maior a deformação do cavaco sendo formado, menor o ângulo de cisalhamento e maiores são os esforços de corte.

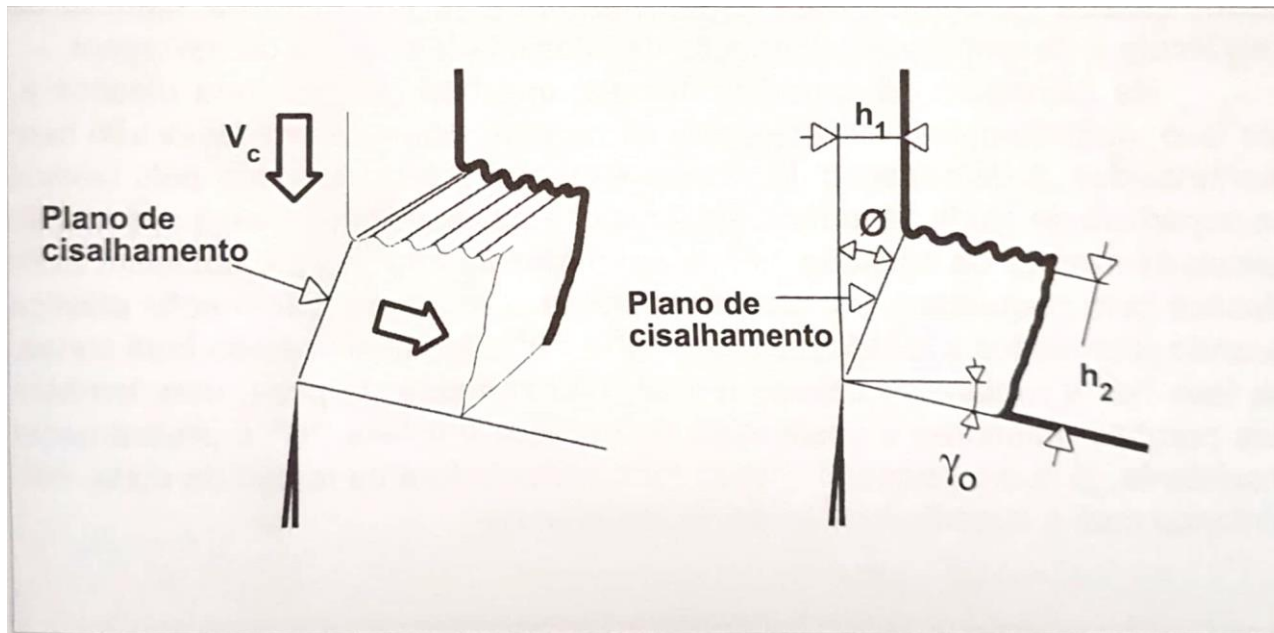
Essa influencia é marcante na usinagem de materiais dúcteis, muito suscetíveis à deformação.



Formação do cavaco

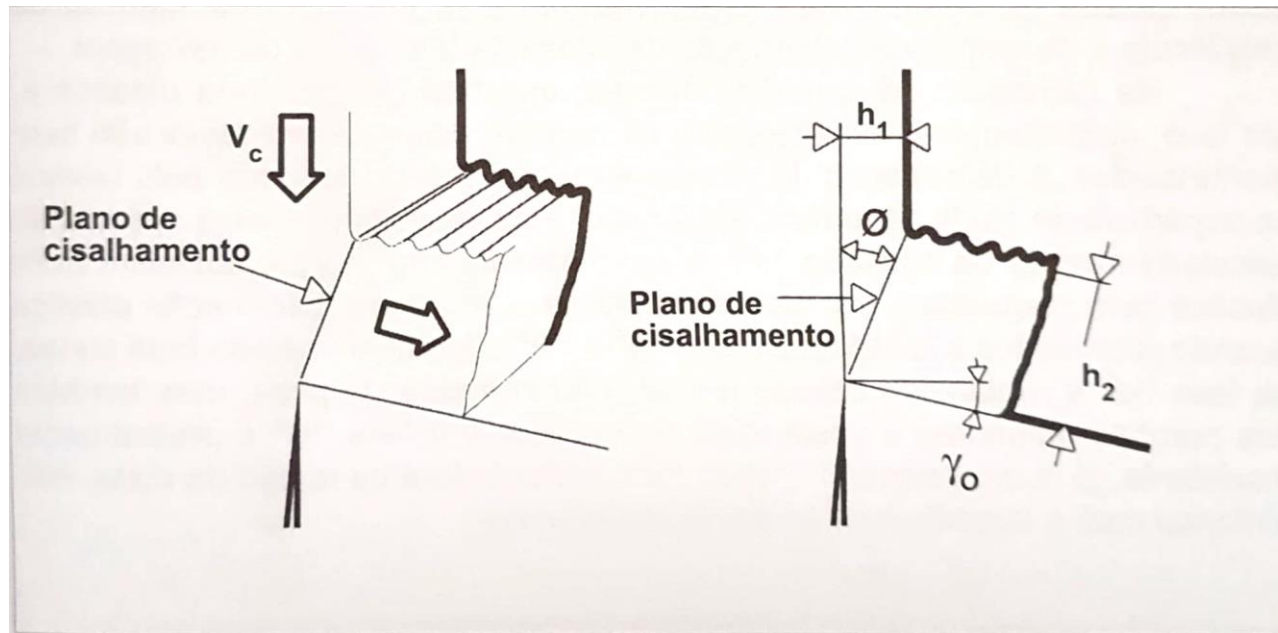
A parte de trás do cavaco é rugosa devido ao fato de a deformação não ser homogênea.

Isso é devido à presença de pontos de baixa resistência ou de concentração de tensão presente no metal usinado.



Formação do cavaco

Um plano de cisalhamento passando através de um ponto de concentração de tensão, causa deformação a um valor de tensão mais baixo que aquele que deforma um ponto que não está sob concentração de tensão.



Formação do cavaco

Em geral, a formação do cavaco nas condições normais de usinagem com ferramentas de metal duro ou de aço rápido se processa da seguinte forma:

Formação do cavaco

1º Uma pequena porção do material (ainda solidária a peça) é recalçada (deformações elástica e plástica) contra a superfície de saída da ferramenta.

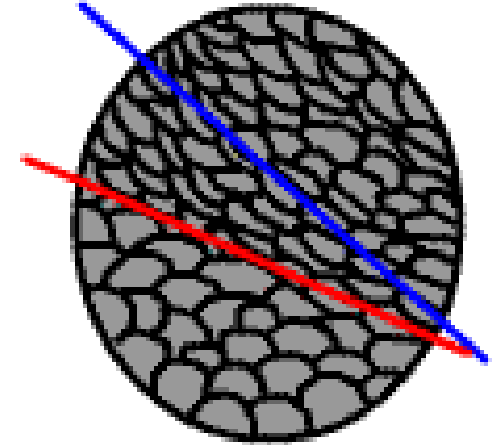
2º Esta deformação plástica aumenta progressivamente, até que as tensões de cisalhamento se tornem suficientemente grandes de modo a se iniciar um deslizamento (sem que haja perda de coesão) entre a porção de material recalçada e a peça.

Formação do cavaco

3º Continuando a penetração da ferramenta, haverá uma ruptura (cisalhamento) parcial ou completa do cavaco, acompanhando o plano de cisalhamento e dependendo da ductilidade do material e das condições de usinagem .

4º Prosseguindo, devido ao movimento relativo entre a ferramenta e a peça, inicia-se um escorregamento da porção do material deformada e cisalhada (cavaco) sobre a superfície de saída da ferramenta. Enquanto isso uma nova porção do material está se formando e cisalhando, a qual irá também escorregar sobre a superfície de saída da ferramenta, repetindo o fenômeno.

Formação do cavaco



Plano de cisalhamento
direção de escoamento

Formação do cavaco

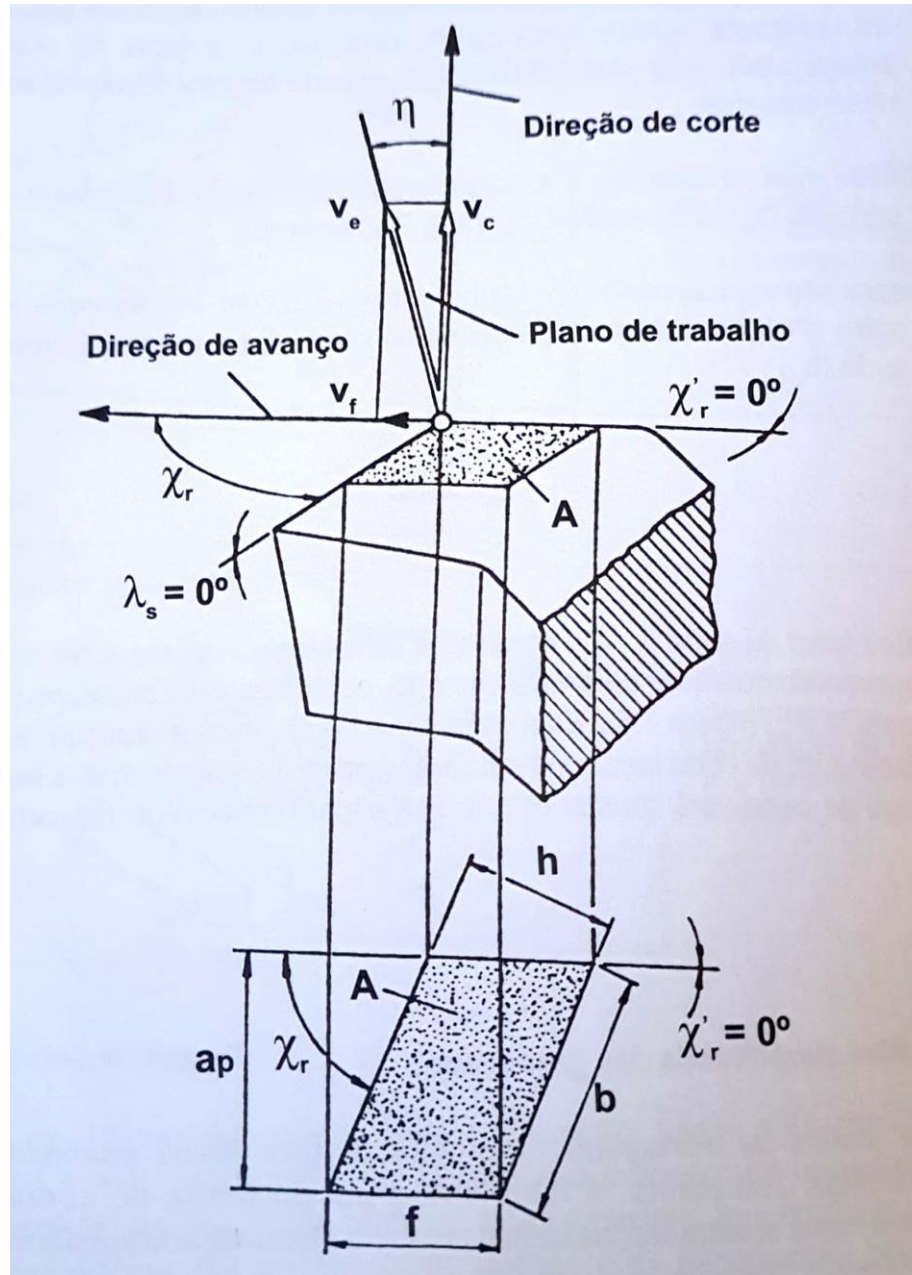
Conclui-se que o fenômeno de formação do cavaco é periódico.

Essa periodicidade foi comprovada experimentalmente por meio de uma medida da frequência e da amplitude de variação de intensidade da força de usinagem.

Na usinagem de materiais dúcteis, que tem grande zona plástica e, por isso, deformam-se bastante antes da ruptura, essas quatro fases são bem pronunciadas.

A deformação do cavaco é tal que a área ocupada pelo cavaco na superfície de saída da ferramenta é maior e as vezes bem maior que aquela calculada na equação a seguir:

Formação do cavaco



Formação do cavaco

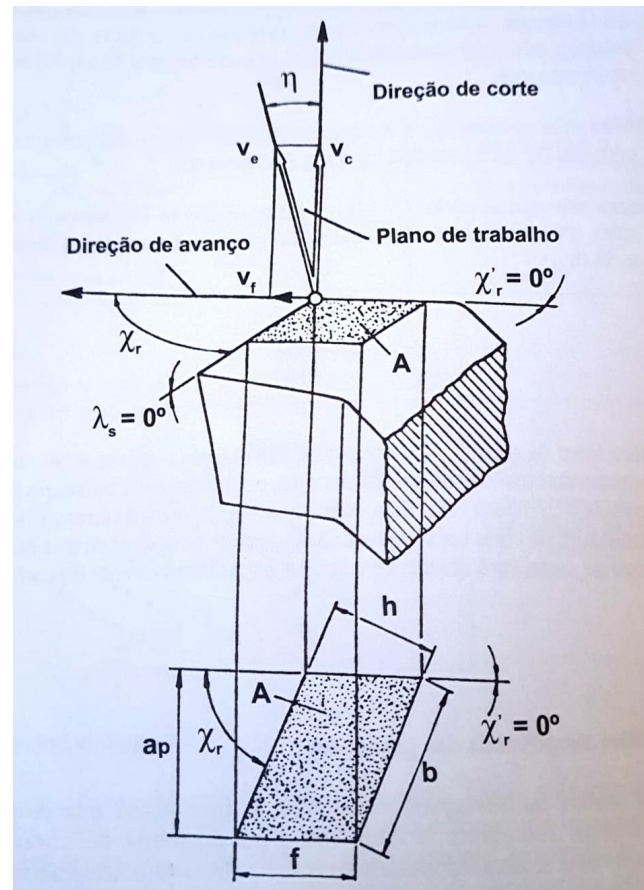
Seção transversal de corte A – é a área da seção transversal calculada de um cavaco a ser removido, medida perpendicularmente à direção de corte no plano de medida. Neste caso é válida a relação:

$$A = a_p \cdot f = b \cdot h$$

Onde:

(b) é a largura de corte

(h) é a espessura de corte



Mecanismo de Formação do Cavaco!

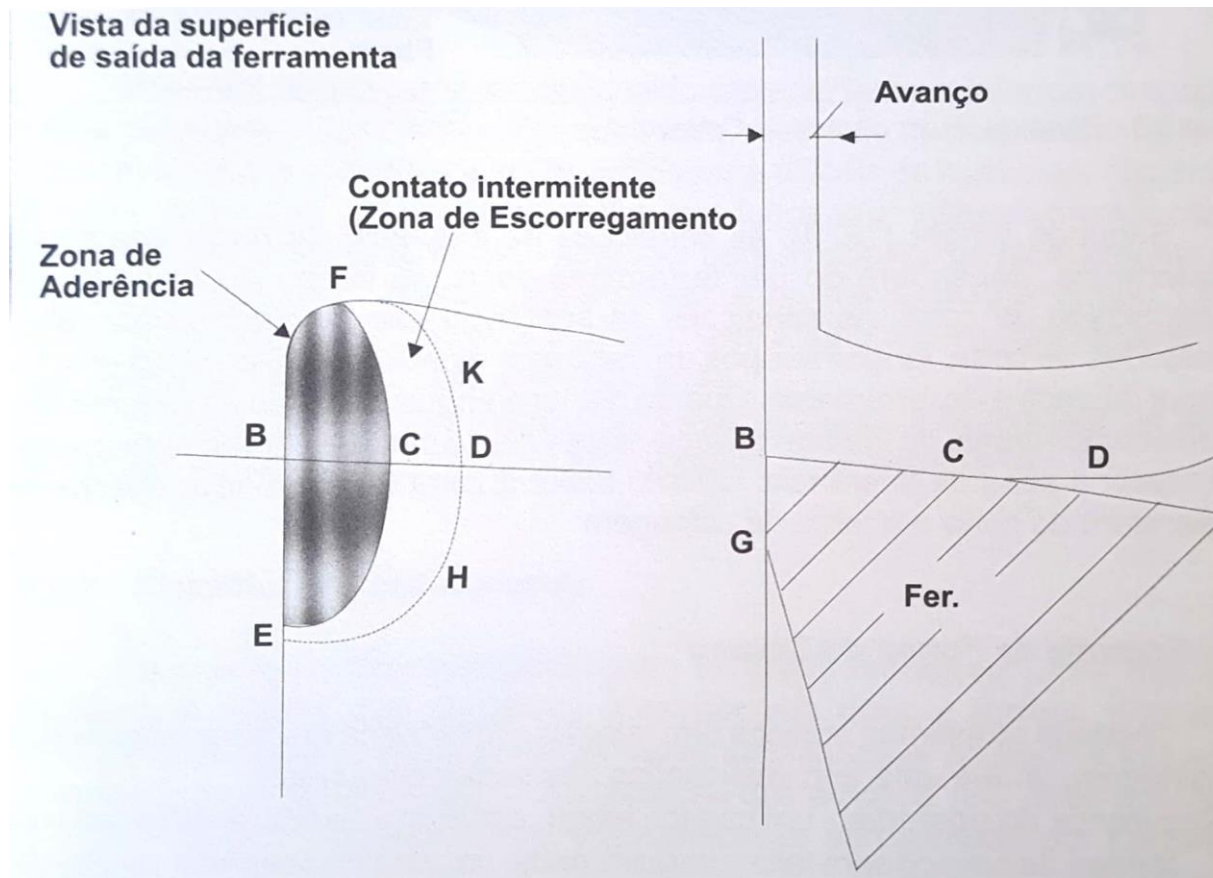


A interface cavaco-ferramenta

O conceito clássico de atrito baseado nas leis de Amonton e Coulomb (a força de atrito é proporcional à força normal – $F_a = \mu \cdot N$) não é adequado na usinagem dos materiais, onde as pressões normais a superfície de saída da ferramenta são muito grandes.

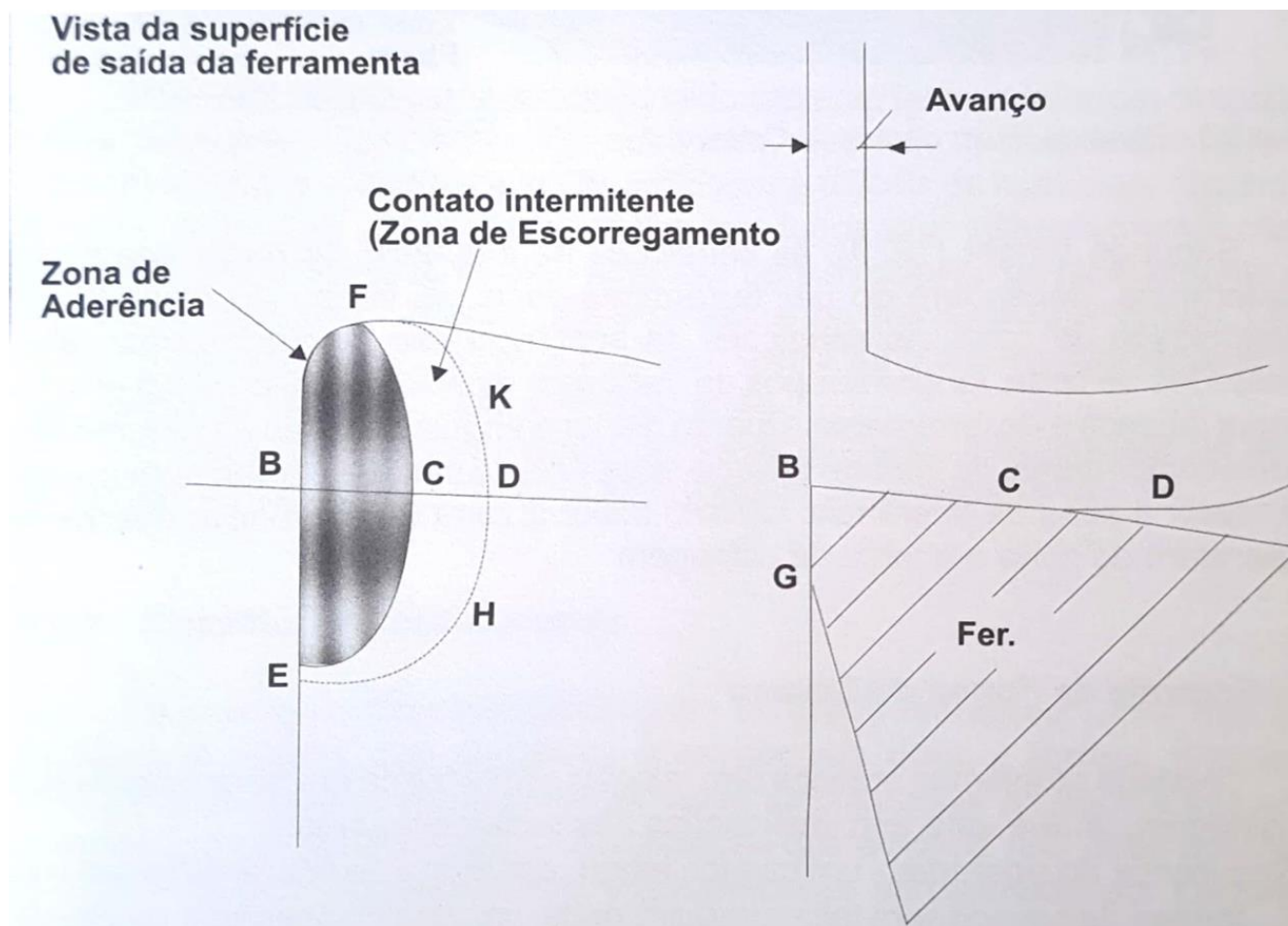
A interface cavaco-ferramenta

Trent e Wright (2.000) defendem a teoria de que, na interface cavaco-superfície de saída da ferramenta, existe uma zona de aderência e, logo após esta, uma zona de escorregamento entre o cavaco e a ferramenta.



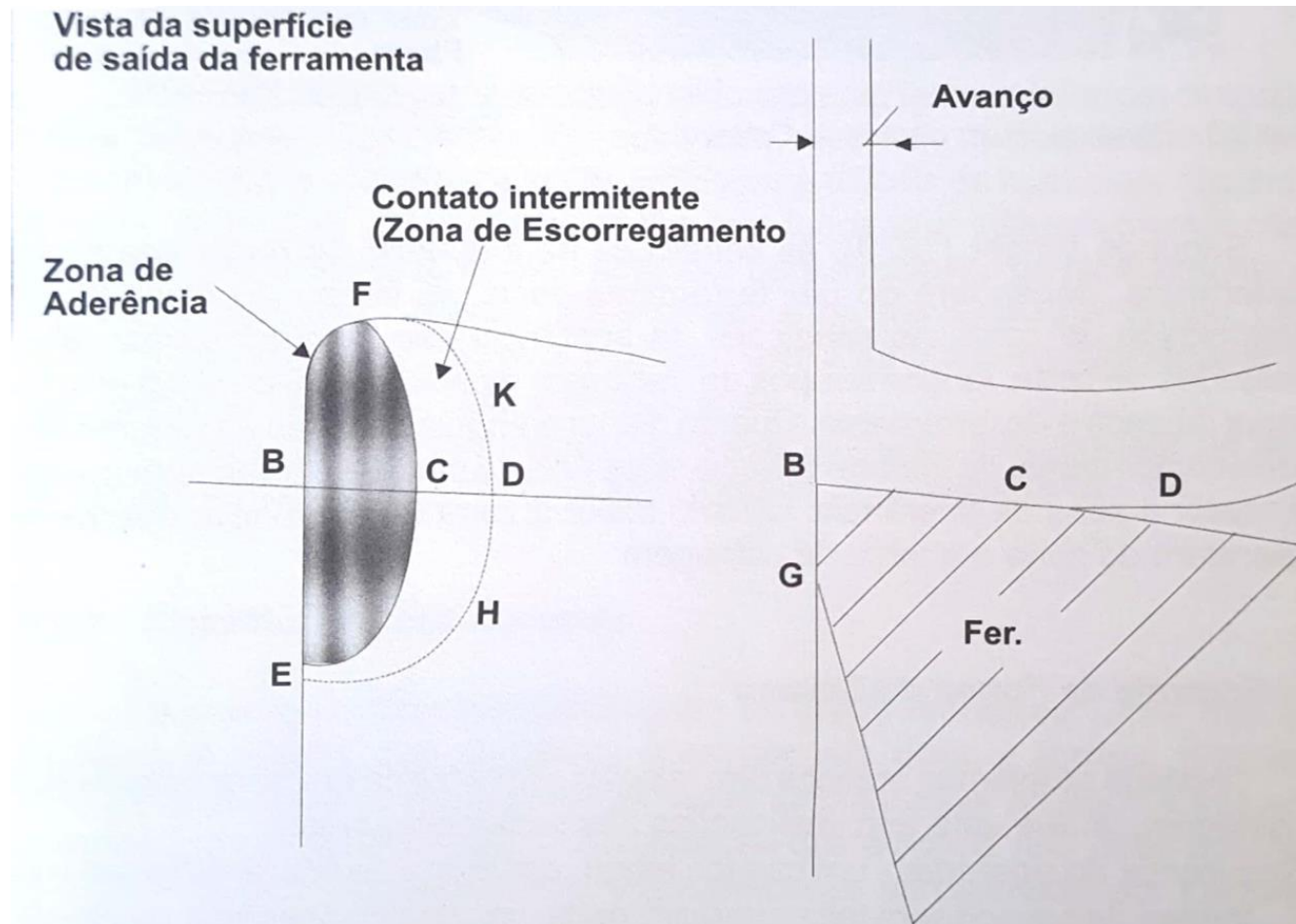
A interface cavaco-ferramenta

Isso ocorre quando na usinagem de vários materiais (os que formam cavacos contínuos) com ferramentas de metal duro ou HSS.



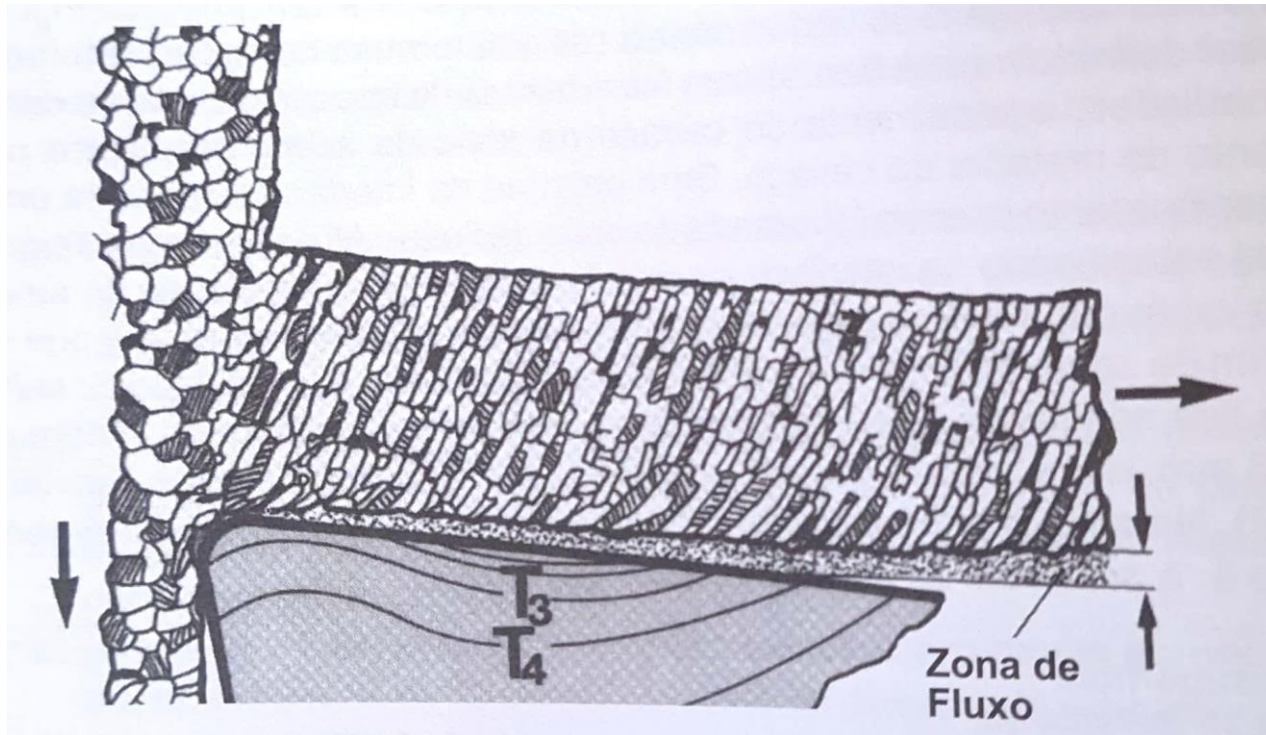
A interface cavaco-ferramenta

Nessas condições, o movimento do cavaco na zona de aderência ocorre por cisalhamento do material do cavaco.



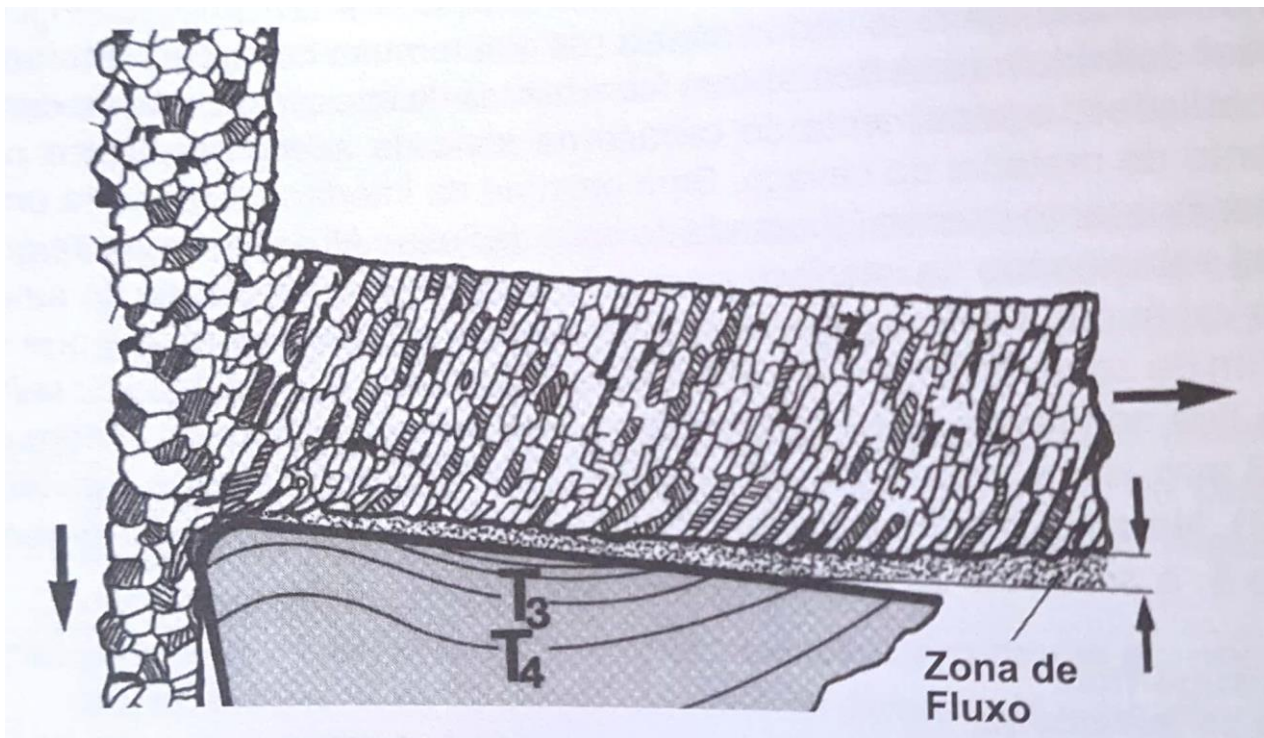
A interface cavaco-ferramenta

Bem próximo da interface é formada uma zona de cisalhamento intenso (chamada de zona de fluxo).



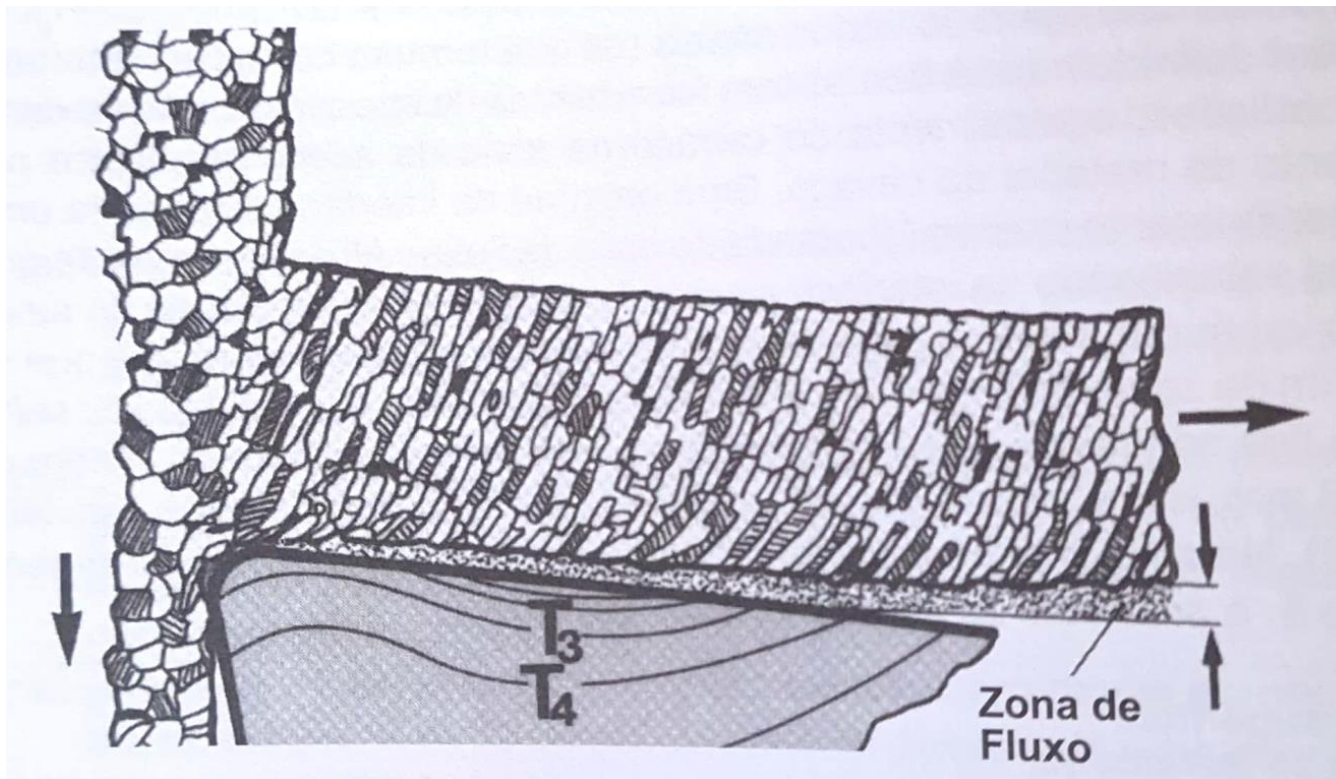
A interface cavaco-ferramenta

Ali existe uma camada de material estacionário na interface cavaco-ferramenta e a velocidade de saída do cavaco vai aumentando a medida que se percorre sua espessura até que se chega ao fim da zona de fluxo, onde acaba o cisalhamento e a velocidade de saída do cavaco fica constante.



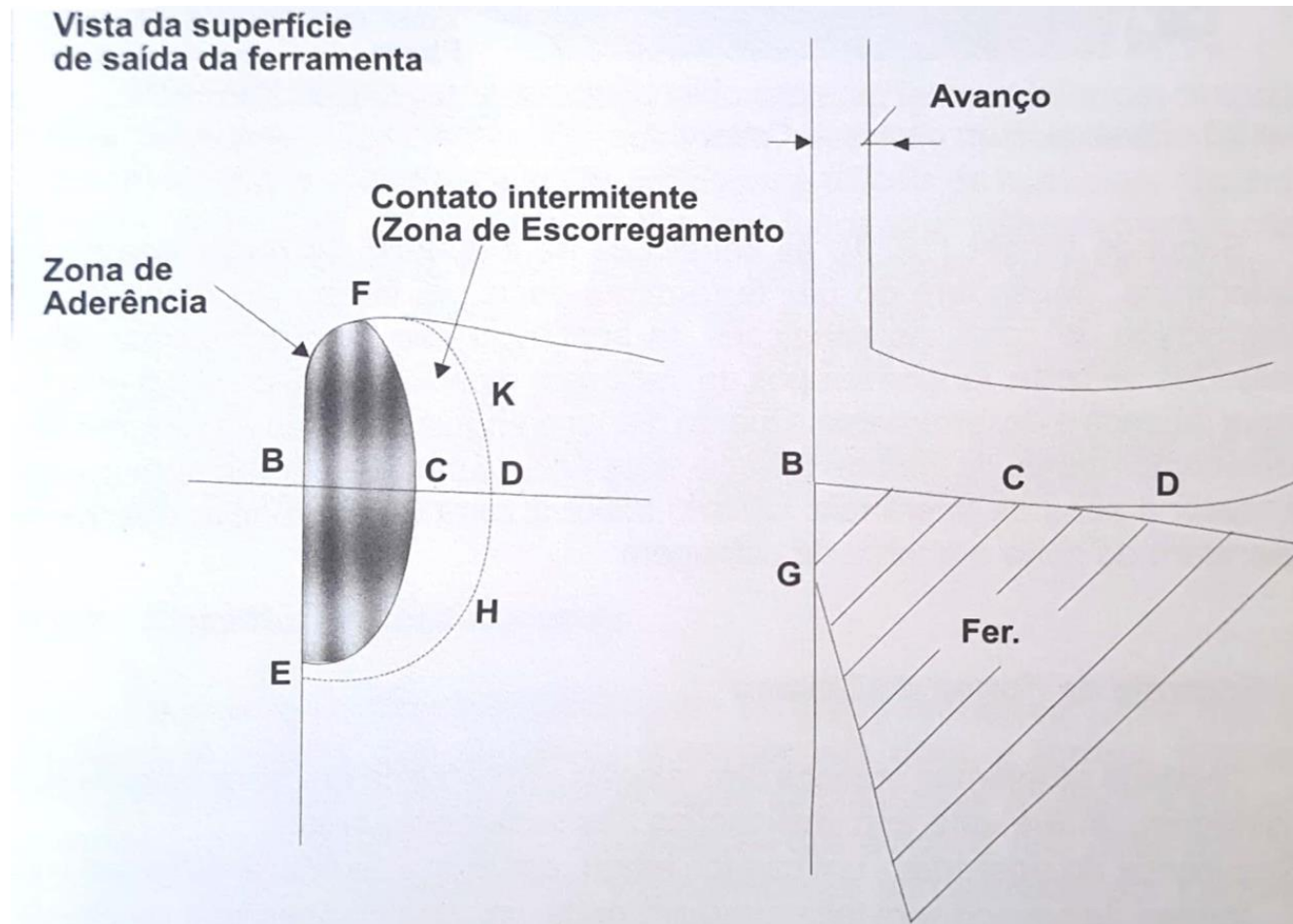
A interface cavaco-ferramenta

Essa zona de fluxo tem uma espessura de ordem de 0,01 a 0,08 mm, isto é, depois disso a velocidade de saída do cavaco se estabiliza.



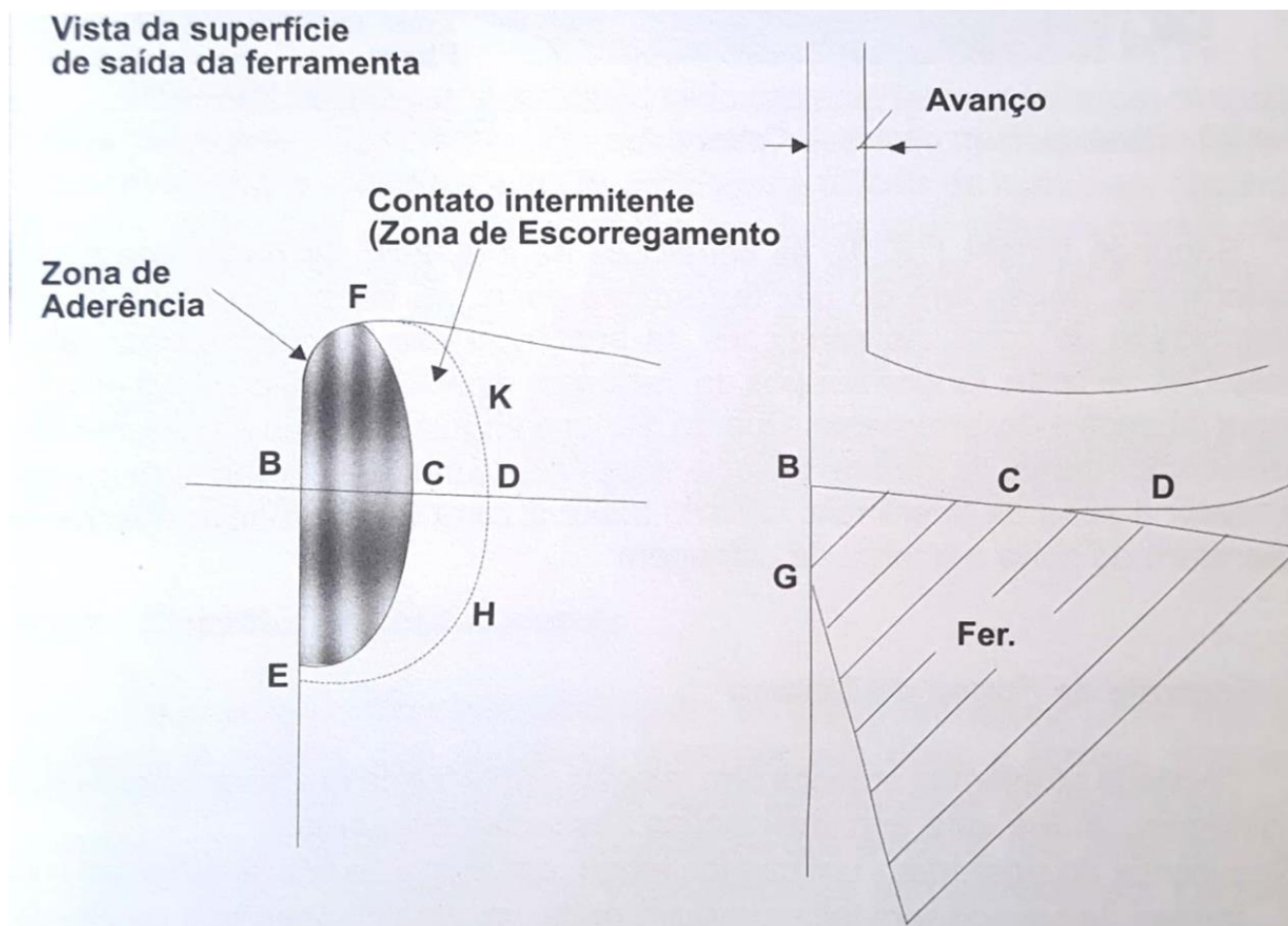
A interface cavaco-ferramenta

Na zona de aderência, a área de contato entre cavaco e ferramenta é total, isto é, a área real é igual à aparente.



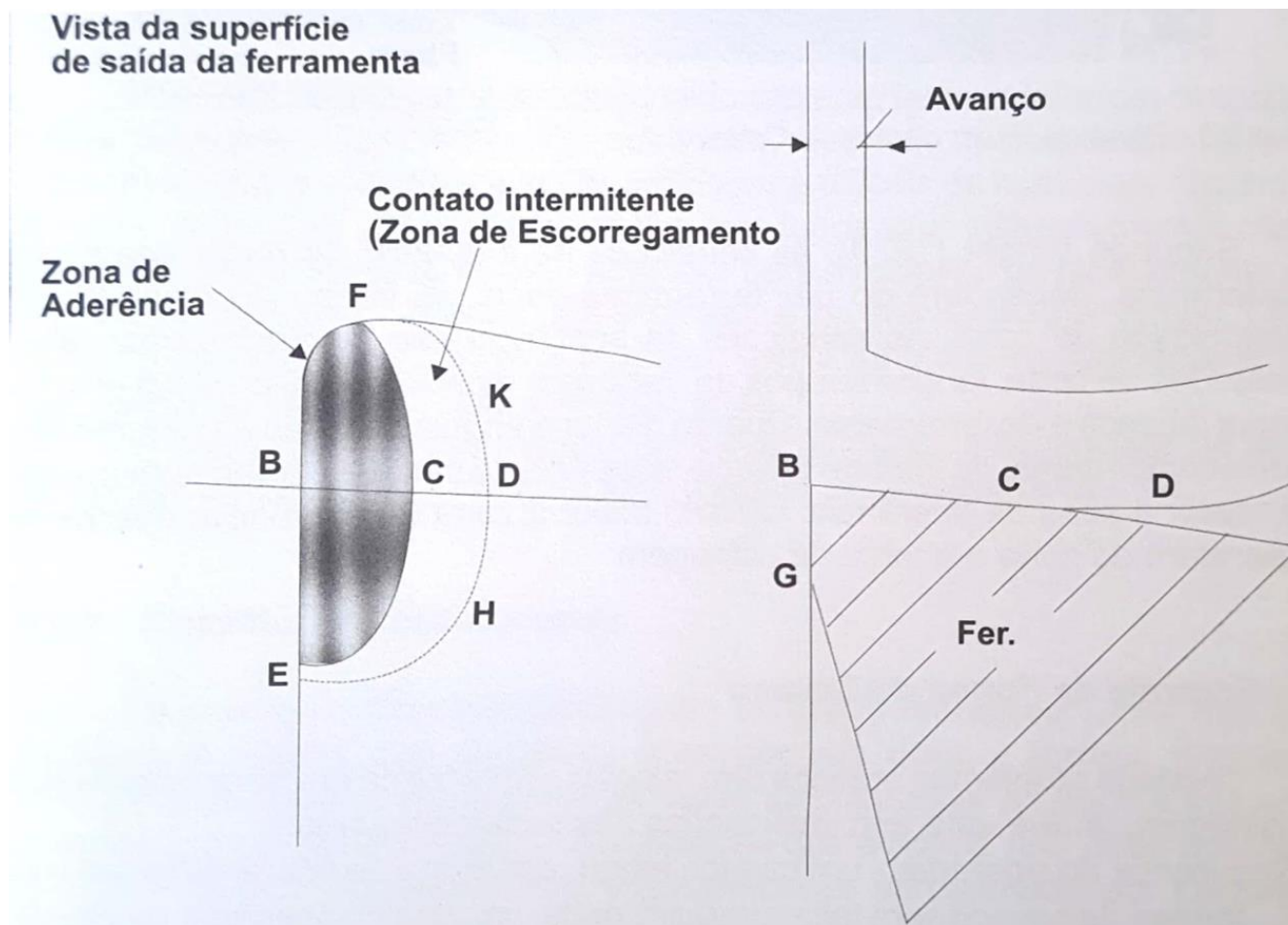
A interface cavaco-ferramenta

Ao lado da zona de aderência acontece uma zona de escorregamento. Ali o contato se dá apenas nos picos das irregularidades das duas superfícies em contato.



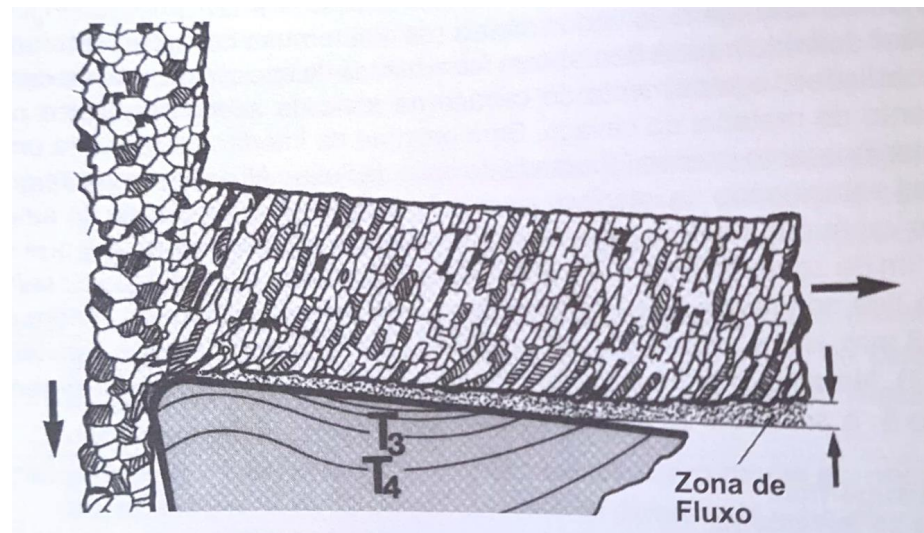
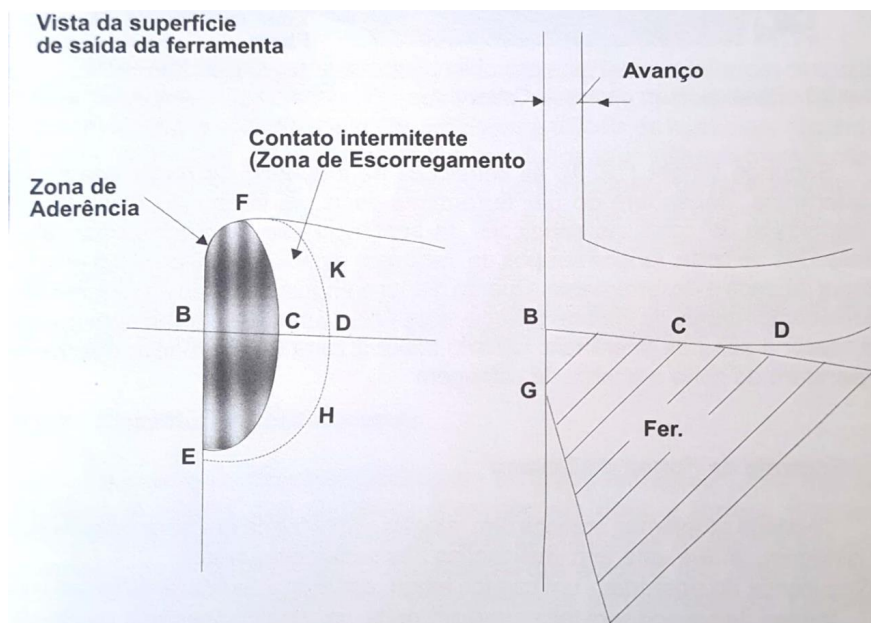
A interface cavaco-ferramenta

A zona de aderência ocorre devido as altas tensões de compressão, às altas taxas de deformação e a pureza do material da peça em contato com a ferramenta.



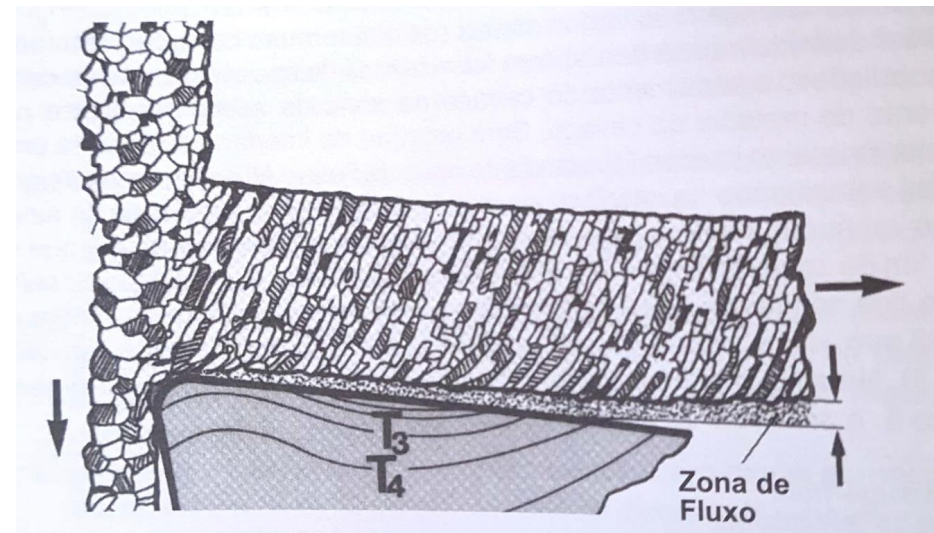
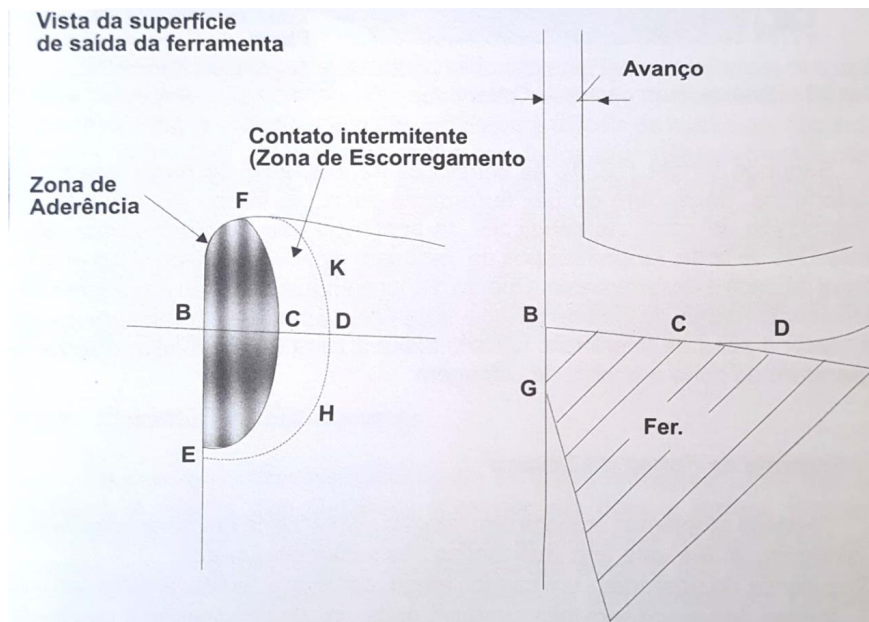
A interface cavaco-ferramenta

Segundo Wright (1979) as condições na interface de escorregamento ou aderência, dependem do par ferramenta-peça, do tempo de usinagem e da velocidade de corte.



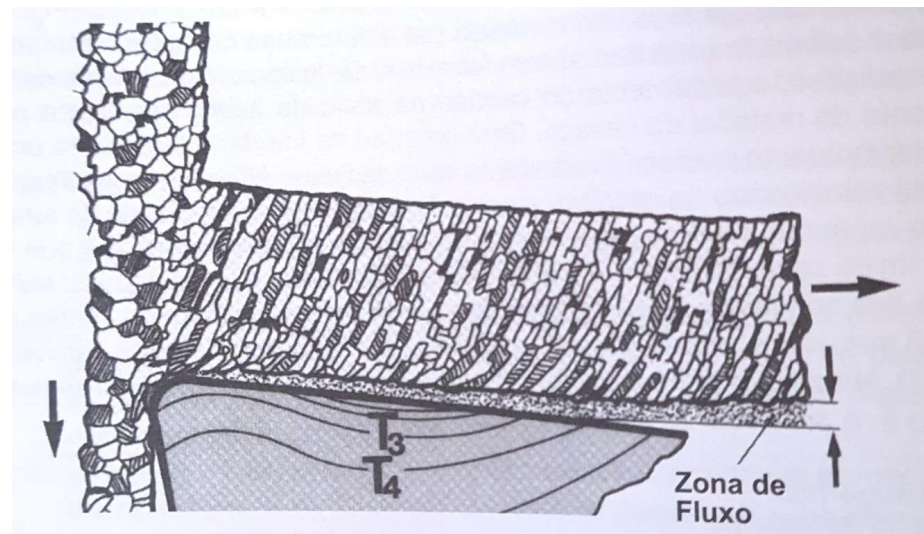
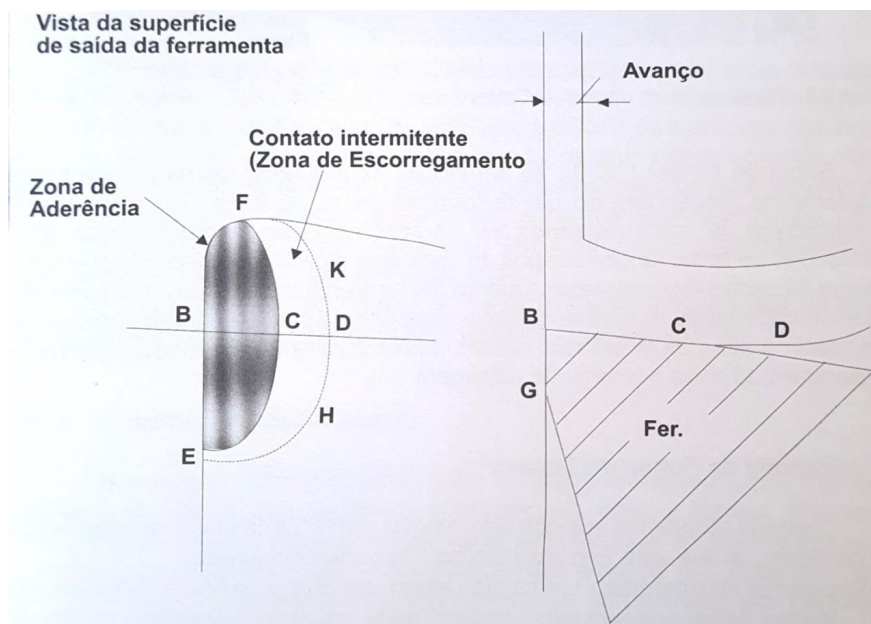
A interface cavaco-ferramenta

As condições de aderência são favorecidas por altas velocidades de corte, longos tempos de usinagem e pequenas diferenças entre o material da peça e da ferramenta.



A interface cavaco-ferramenta

Quanto menor o ângulo de saída da ferramenta, maior o comprimento de contato cavaco-superfície de saída da ferramenta e, com isso, maior a zona de aderência. Quanto maior a zona de aderência, maiores a temperatura de corte e a força de usinagem.



A interface cavaco-ferramenta



Mecanismo de Formação do Cavaco!



Controle da forma do Cavaco

Diversos problemas práticos têm relação com a forma do cavaco produzido na usinagem podendo gerar implicações nas seguintes áreas:

1- Segurança do operador – um cavaco longo em forma de fita, pode ao atingir o operador, machucá-lo seriamente.

2- Possível dano a ferramenta e a peça – um cavaco em forma de fita pode se enrolar na peça, danificando seu acabamento superficial, ou ainda se enrolar na ferramenta provocando a sua quebra.

Controle da forma do Cavaco

Em operações de furação, o cavaco em fita pode, devido ao seu baixo fator de empacotamento e devido a dificuldade de sua expulsão pelo fluido de corte, entupir o canal helicoidal da broca e causar também sua quebra.



Controle da forma do Cavaco

3- Manuseio e armazenagem do cavaco – logicamente um cavaco longo em forma de fita, é muito mais difícil de manipular e requer um volume muito maior para ser armazenado, que um cavaco curto com o mesmo peso.



Controle da forma do Cavaco

4- Forças de corte, temperatura e vida da ferramenta – ao se procurar deformar mais o cavaco visando aumentar sua capacidade de quebra, pode-se aumentar bastante os esforços de corte, com conseqüente aumento da temperatura e diminuição da vida da ferramenta.

Controle da forma do Cavaco

Materiais frágeis como o Ferro Fundido Cinzento –
Tendem a formar cavacos na forma de pequenas
partículas.



Controle da forma do Cavaco

Materiais dúcteis tendem a formar cavacos longos e contínuos que são perigosos e difíceis de manusear.

Quando se formam cavacos longos em forma de fita com todos seus inconvenientes citados anteriormente, é necessário que o operador pare a máquina periodicamente para remover o cavaco amontado. Isso representa um desperdício de tempo.

Outras vezes, o operador tenta remover o cavaco com a máquina em funcionamento, o que representa um risco para sua segurança.

Por isso, muito se tem feito no sentido de aumentar a capacidade de quebra do cavaco de materiais dúcteis.

Mecanismo de Formação do Cavaco!



Classificação dos Cavacos

Os cavacos são classificados de diversas maneiras. Uma das maneiras é aquela que se classifica o cavaco em tipos e formas (Ferraresi, 1977):

Os tipos de cavacos são:

a) Cavaco contínuo – apresenta-se constituído de lamelas justapostas numa disposição contínua. A distinção das lamelas não é nítida. Forma-se na usinagem de materiais dúcteis (o aço por exemplo), onde o ângulo de saída deve assumir valores elevados.

Classificação dos Cavacos

- b) Cavaco de cisalhamento – apresenta-se constituído de lamelas justapostas numa disposição separada.
- c) Cavaco de ruptura – apresenta-se constituído de fragmentos arrancados da peça usinada. A superfície de contato entre o cavaco e a superfície de saída da ferramenta é reduzida, assim como a ação do atrito; o ângulo de saída deve assumir valores baixos, nulos ou negativos.

Classificação dos Cavacos

Não há uma distinção muito nítida entre os cavacos contínuos e de cisalhamento. Conforme as condições de usinagem e a geometria da ferramenta, se estas impuserem uma deformação maior ao cavaco, pode-se passar do cavaco contínuo ao de cisalhamento, mas o principal fator determinante do tipo de cavaco é o material da peça usinada.

Em geral, materiais dúcteis (aços, alumínio) formam cavacos contínuos ou de cisalhamento e materiais frágeis (ferros fundidos e latões) formam cavacos de ruptura.

Classificação dos Cavacos

Pode-se ainda ter um quarto tipo de cavaco que se forma principalmente na usinagem de aços endurecidos, chamado cavaco segmentado ou “dente de serra”. Devido a utilização de ferramentas com ângulo de saída negativo, aparecem na ferramenta e na peça grandes tensões de compressão. Como o material é frágil, essa alta tensão de compressão induz à formação de trincas ao invés da deformação plástica do cavaco.

Classificação dos Cavacos

Essa trinca inicia-se na superfície livre (não sujeita à pressões hidrostáticas) e aprofunda-se na direção da ponta da ferramenta, aliviando a energia armazenada e servindo como uma superfície deslizante para o segmento de material. Simultaneamente ocorre aquecimento e deformação plástica do material.

Após o segmento do cavaco ter deslizado, a pressão de corte é renovada, dando início ao aparecimento de uma nova trinca e reiniciando o ciclo.

Classificação dos Cavacos

Os segmentos de cavaco assim formados, são ligados por uma pequena porção de material a qual foi deformada plasticamente e aquecida a alta temperatura, fazendo com que o cavaco seja longo mas com aparência serrilhada (Konig et al., 1990).

Esse tipo de cavaco ocorre com frequência no torneamento de aços endurecidos.

Bibliografia:

Livro: Tecnologia da Usinagem dos Materiais

Autor: Prof. Anselmo Eduardo Diniz

Francisco Carlos Marcondes.

Editora: ArtLiber.