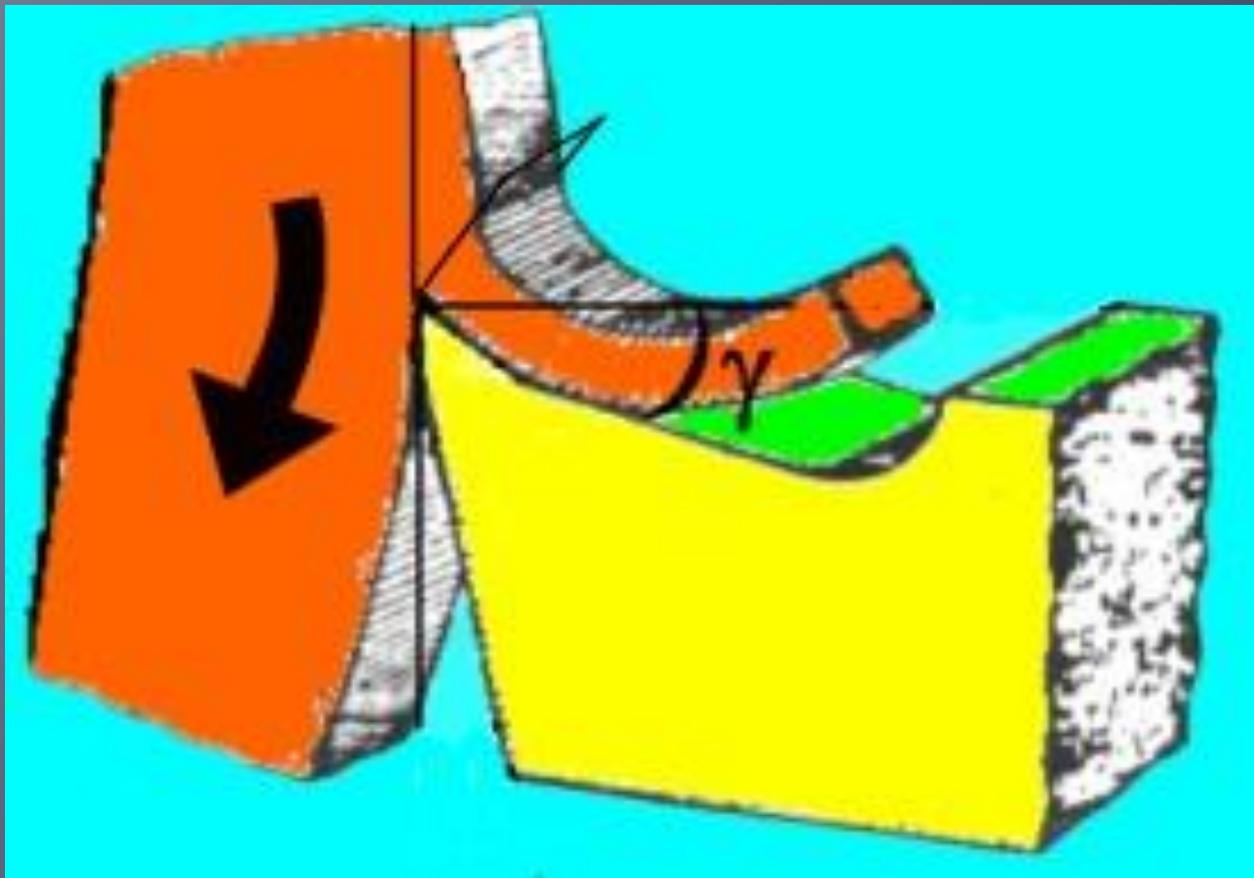
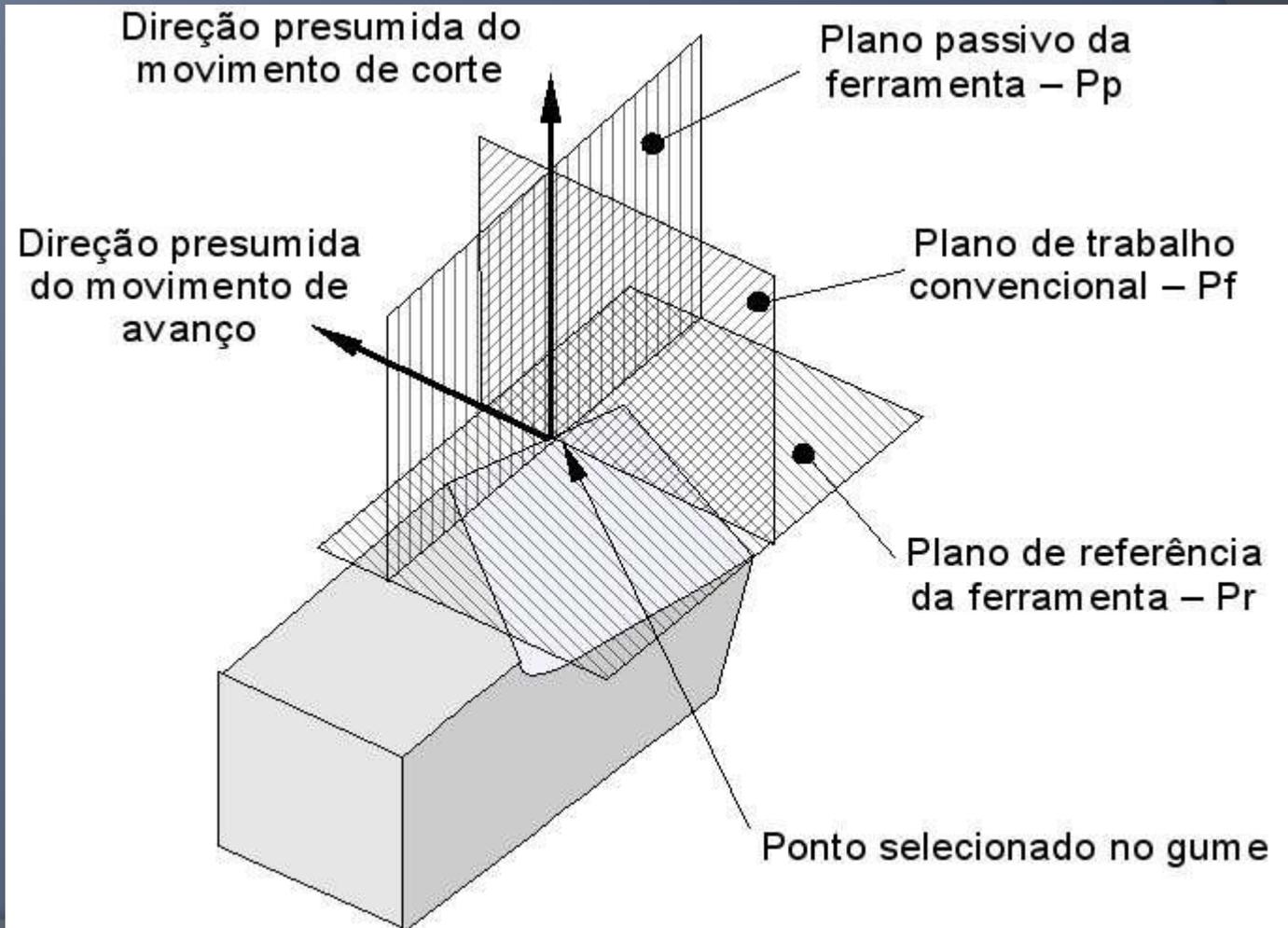


# FUNDAMENTOS DA USINAGEM 2



# PLANOS DA FERRAMENTA DE CORTE

## SISTEMA FERRAMENTA NA MÃO



# PLANOS DA FERRAMENTA DE CORTE

## SISTEMA FERRAMENTA NA MÃO

Para definir os planos e medir os ângulos da ferramenta é preciso selecionar um ponto de referência posicionado em qualquer parte do gume principal.

# PLANOS DA FERRAMENTA DE CORTE

## SISTEMA FERRAMENTA NA MÃO

Pr (Plano de referência da ferramenta): É paralelo à base da ferramenta no ponto selecionado.

Pf (Plano de trabalho convencional): É perpendicular ao Pr e paralelo à direção de avanço.

Pp (Plano passivo da ferramenta): É perpendicular ao Pr e ao Pf.

# PLANOS DA FERRAMENTA DE CORTE

## SISTEMA FERRAMENTA NA MÃO

$P_s$  (Plano do gume da ferramenta): É tangente ao gume no ponto selecionado e perpendicular ao  $P_r$ ;

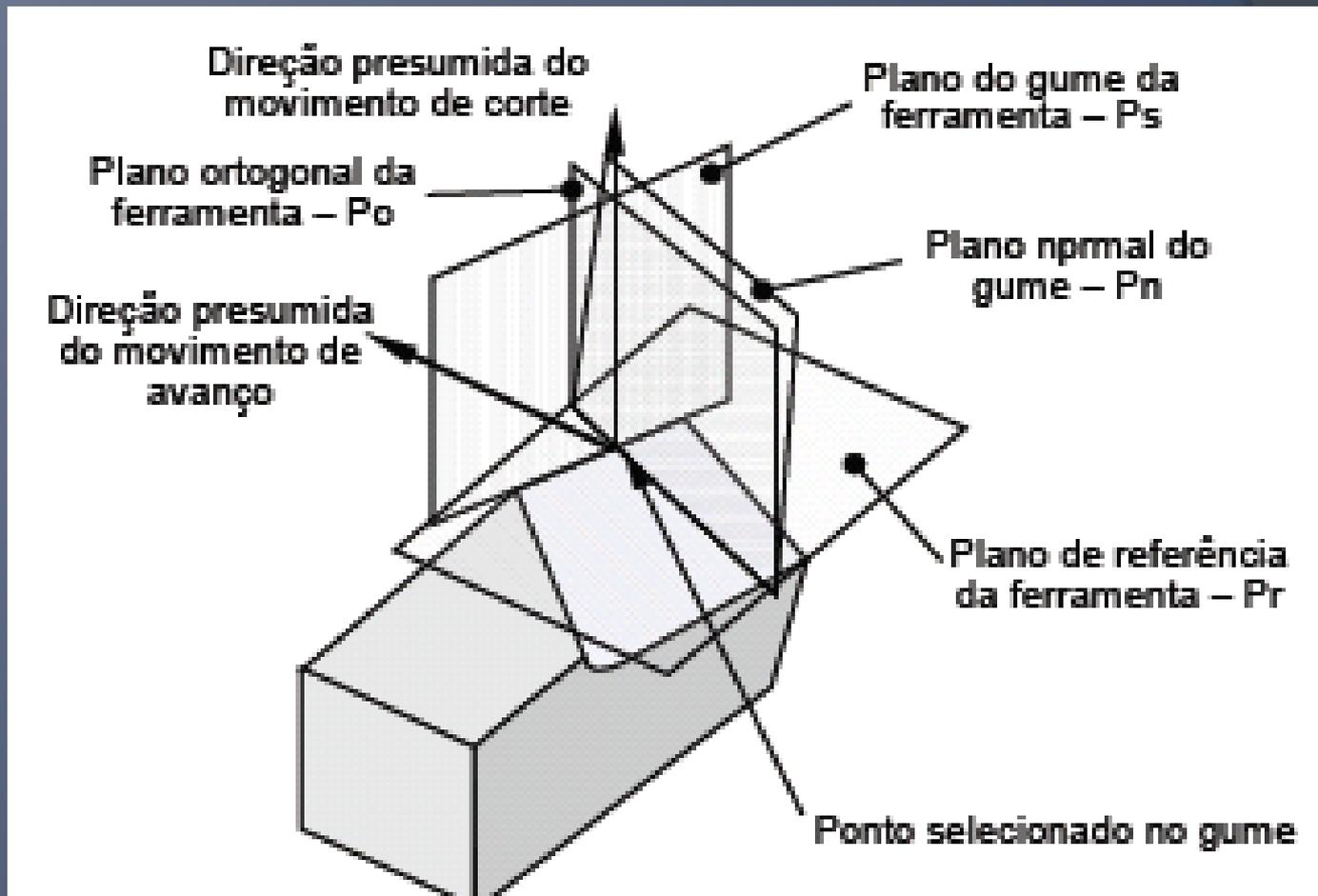
$P_n$  (Plano normal ao gume): É perpendicular ao gume no ponto selecionado;

$P_o$  (Plano ortogonal da ferramenta): É perpendicular ao  $P_r$  e  $P_s$  no ponto selecionado;

Obs.: Os planos  $P_n$  e  $P_o$  são muito parecidos. Perceba que o plano normal é geralmente inclinado em relação ao plano ortogonal.

# PLANOS DA FERRAMENTA DE CORTE

## SISTEMA FERRAMENTA NA MÃO



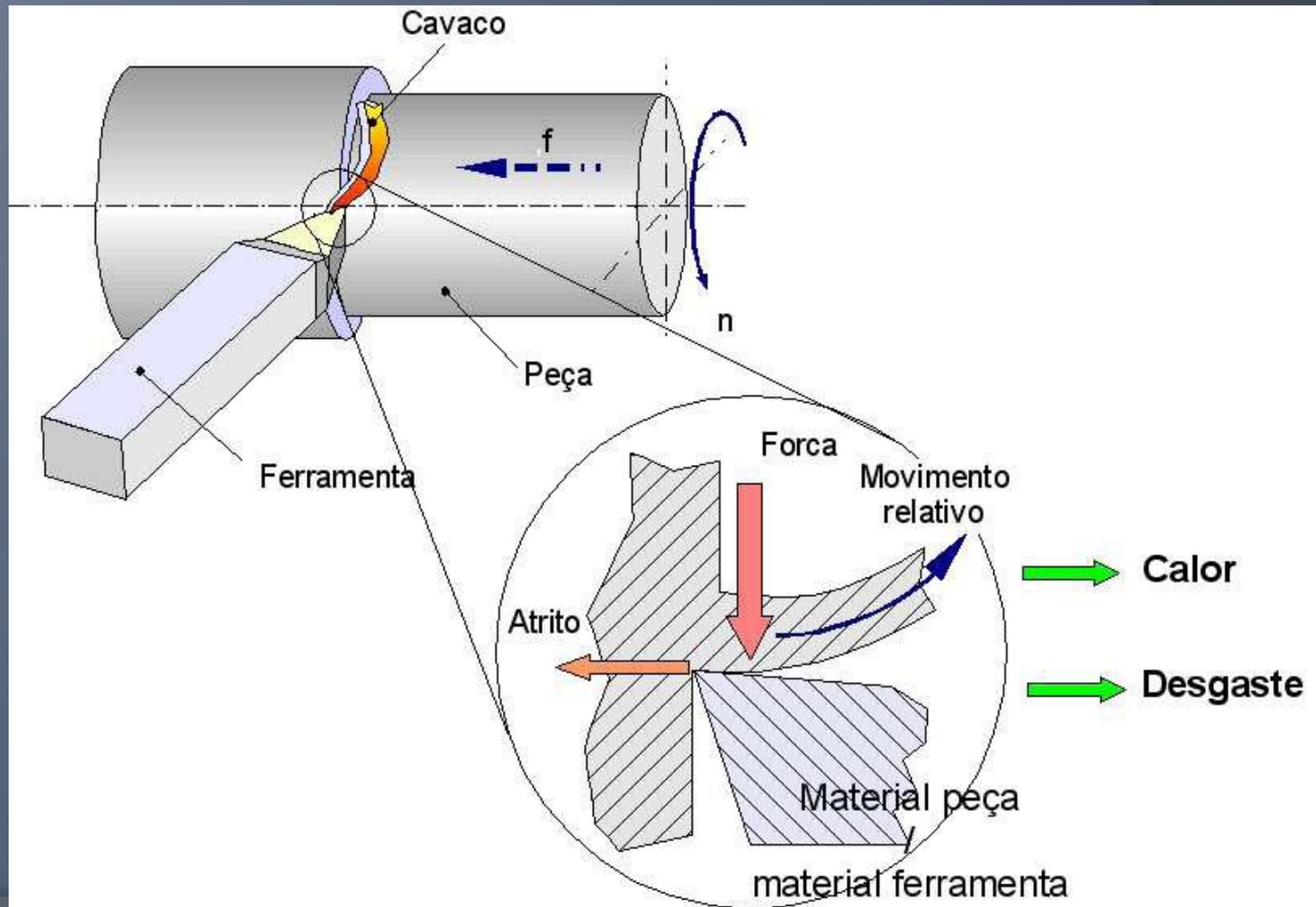
# PLANOS DA FERRAMENTA DE CORTE

## FATORES CONSIDERADOS NA ESCOLHA DA GEOMETRIA DA FERRAMENTA

- Material da ferramenta
- Material da peça
- Condições de corte
- Tipo de operação
- Geometria da peça

# FERRAMENTA DE CORTE

## SOLICITAÇÕES NA CUNHA DE CORTE



# FERRAMENTA DE CORTE

## FORÇAS DE USINAGEM

Força de usinagem = f{condições de corte ( $f$ ,  $v_c$ ,  $a_p$ ), geometria da ferramenta ( $\chi$ ,  $\gamma$ ,  $\lambda$ ), desgaste da ferramenta)

# FERRAMENTA DE CORTE

## FORÇAS DE USINAGEM

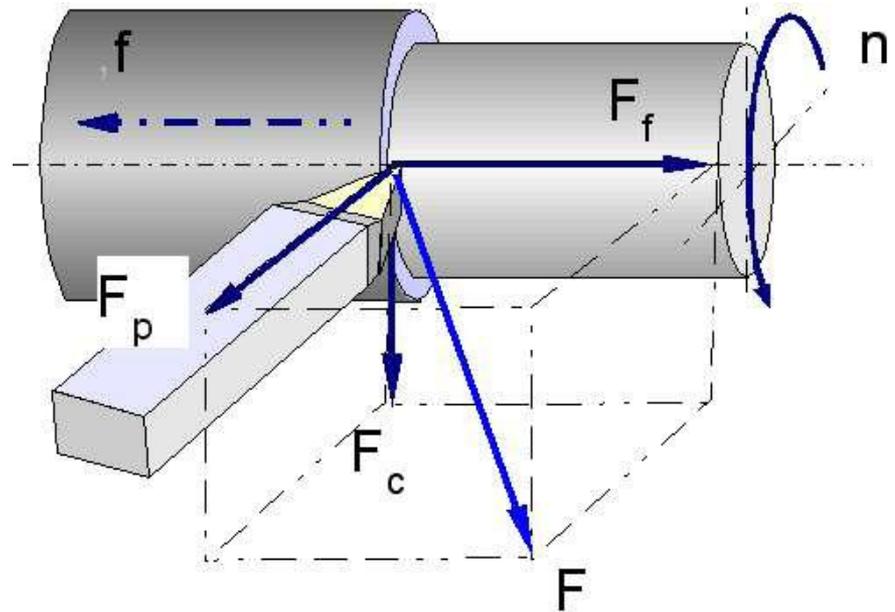
Onde:

$F_c$  = Força de corte

$F_f$  = Força de avanço

$F_p$  = Força de Passiva

$F_c$  e  $F_f$  ~ 250 a 400  
N/mm<sup>2</sup> - aços de  
construção mecânica  
 $F_c$  e  $F_f$  ~1100 N/mm<sup>2</sup>  
- materiais de difícil  
usinabilidade



# FERRAMENTA DE CORTE

## MECANISMO DE FORMAÇÃO DO CAVACO

A formação do cavaco influencia diversos fatores ligados a usinagem, tais como:

- Desgaste da ferramenta
- Esforços de corte
- Calor gerado na usinagem
- Penetração do fluido de corte, etc

# FERRAMENTA DE CORTE

## MECANISMO DE FORMAÇÃO DO CAVACO

## ETAPAS DA FORMAÇÃO DO CAVACO

- 1) recalque (deformação elástica)
- 2) deformação plástica
- 3) ruptura (cisalhamento)
- 4) movimento sobre a superfície de saída.

# FERRAMENTA DE CORTE

## MECANISMO DE FORMAÇÃO DO CAVACO

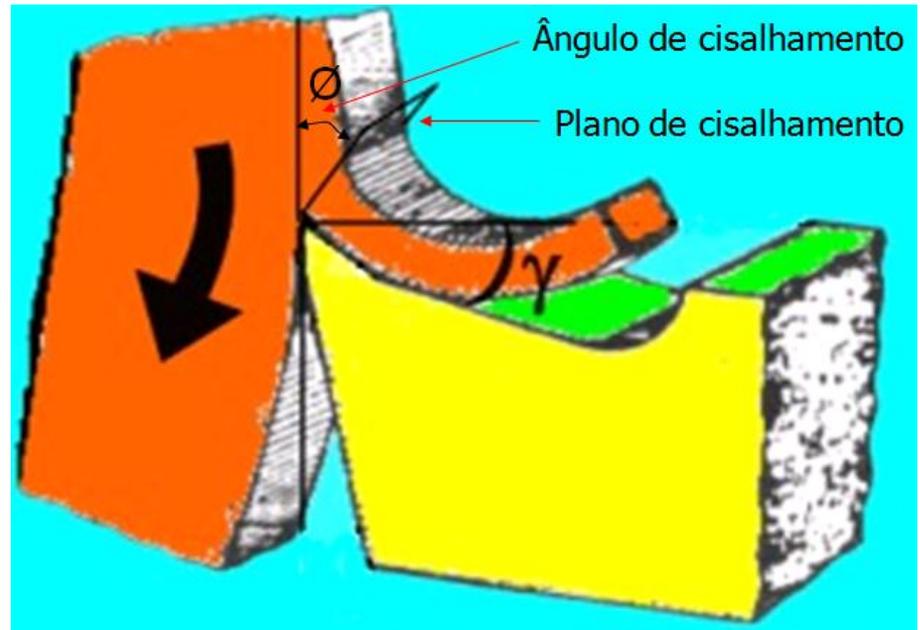
- O corte dos metais envolve o cisalhamento concentrado ao longo de um plano chamado plano de cisalhamento.

- O ângulo entre o plano de cisalhamento e a direção de corte é chamado de ângulo de cisalhamento ( $\phi$ ).

# FERRAMENTA DE CORTE

## MECANISMO DE FORMAÇÃO DO CAVACO

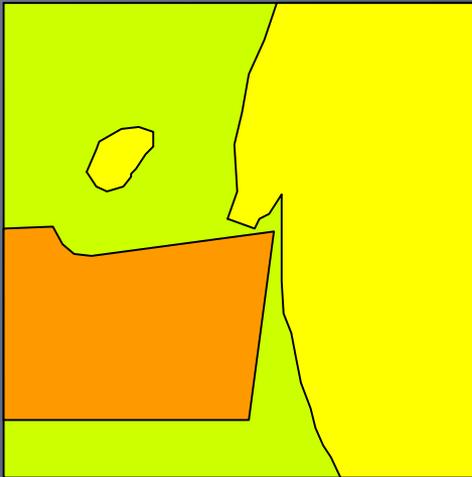
Quanto maior a deformação do cavaco sendo formado, menor será  $\phi$  e maior será o esforço de corte.



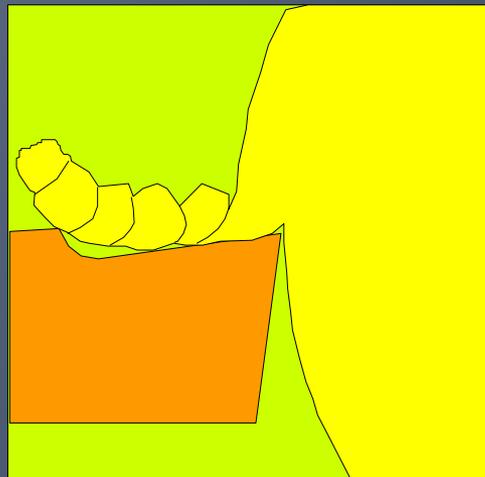
# FERRAMENTA DE CORTE

## TIPOS DE CAVACO

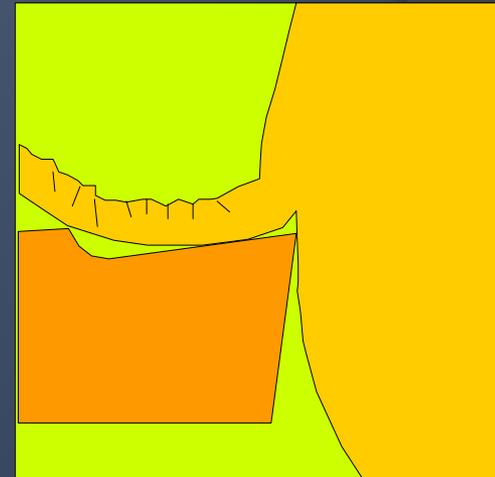
De ruptura



De cisalhamento



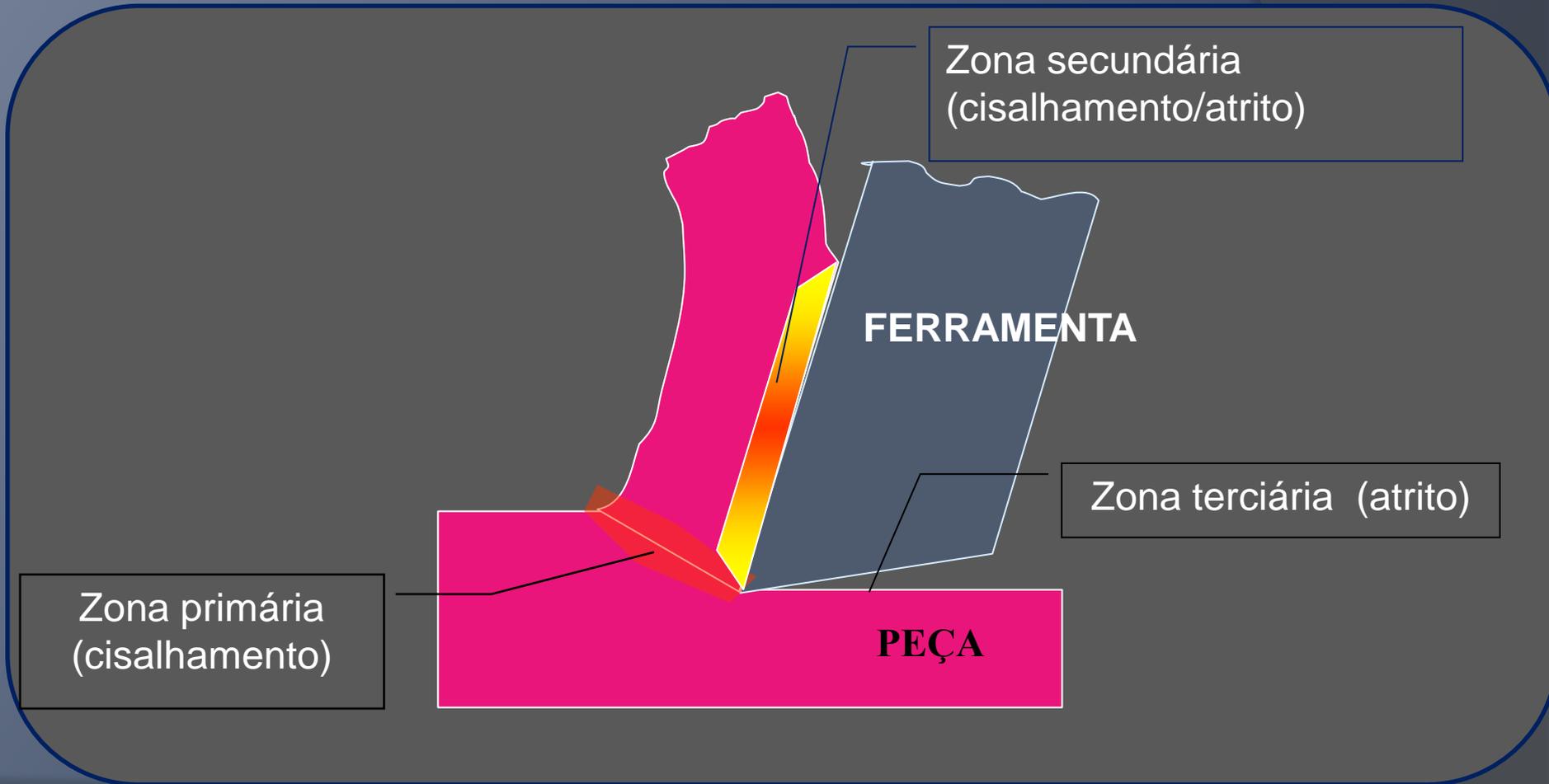
Contínuo



O fenômeno de formação do cavaco é periódico

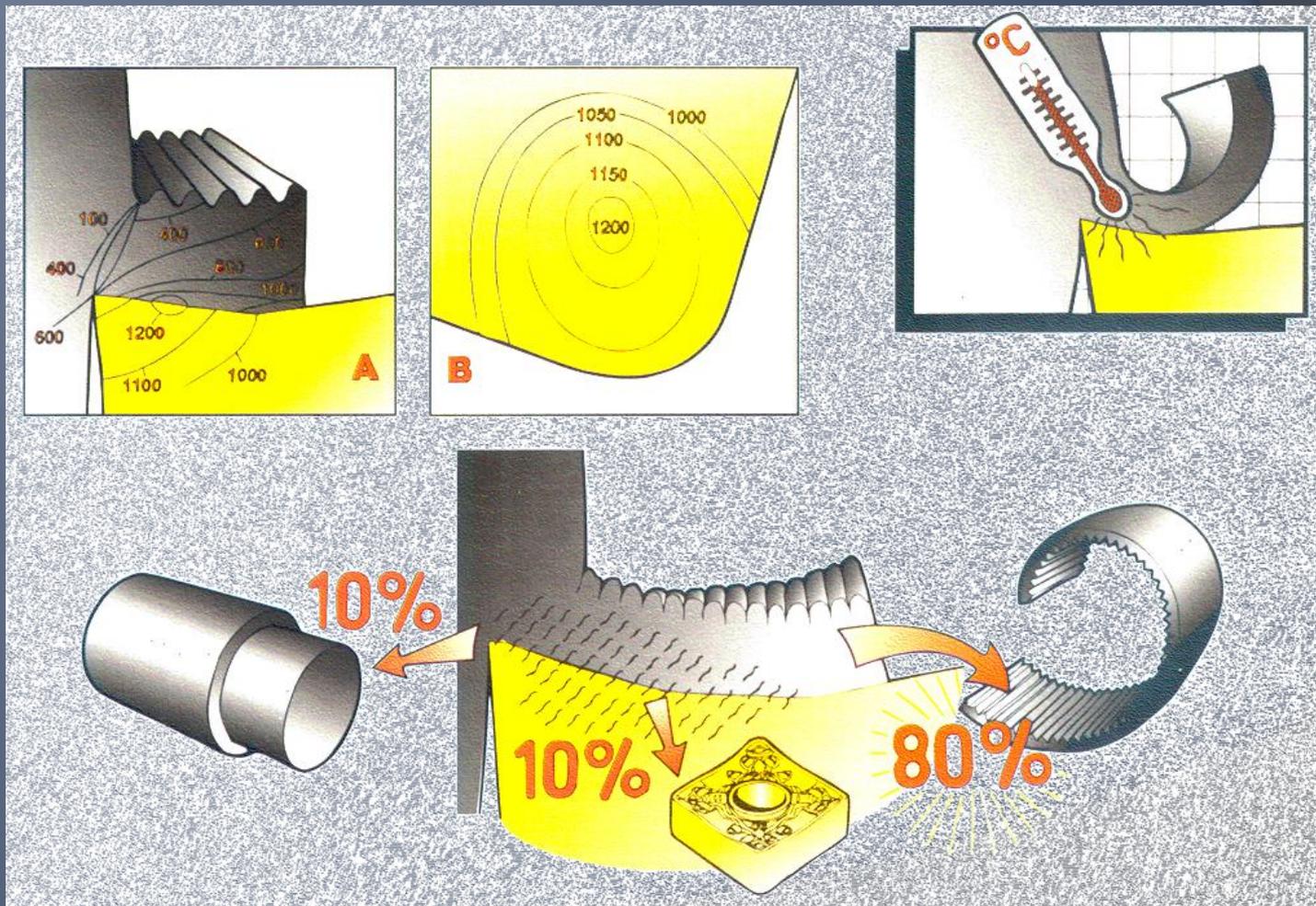
# FERRAMENTA DE CORTE

## FONTES DE CALOR



# FERRAMENTA DE CORTE

## DISTRIBUIÇÃO DO CALOR



# MECANISMO DE FORMAÇÃO DO CAVACO

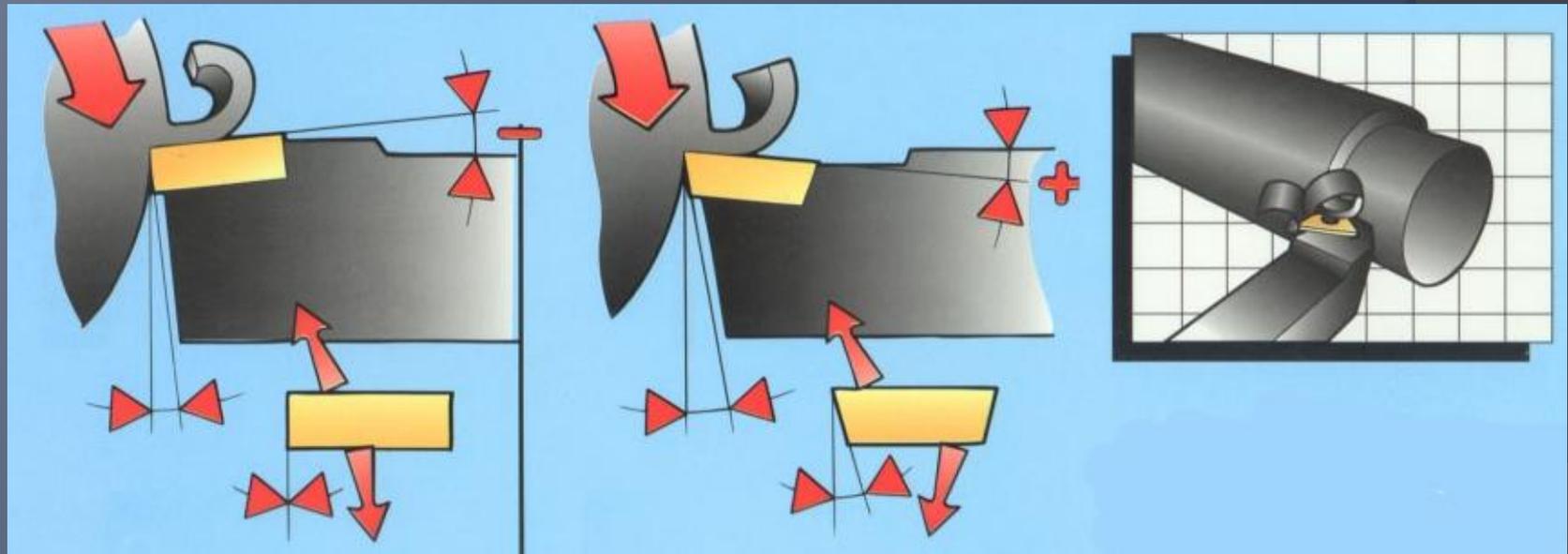
## CONTROLE DA FORMA DO CAVACO

Problemas relacionados à forma do cavaco:

- Segurança do Operador
- Possíveis danos à ferramenta e à peça
- Dificuldades de manuseio e armazenagem do cavaco
- Forças de corte, temperatura e vida da ferramenta

# MECANISMO DE FORMAÇÃO DO CAVACO

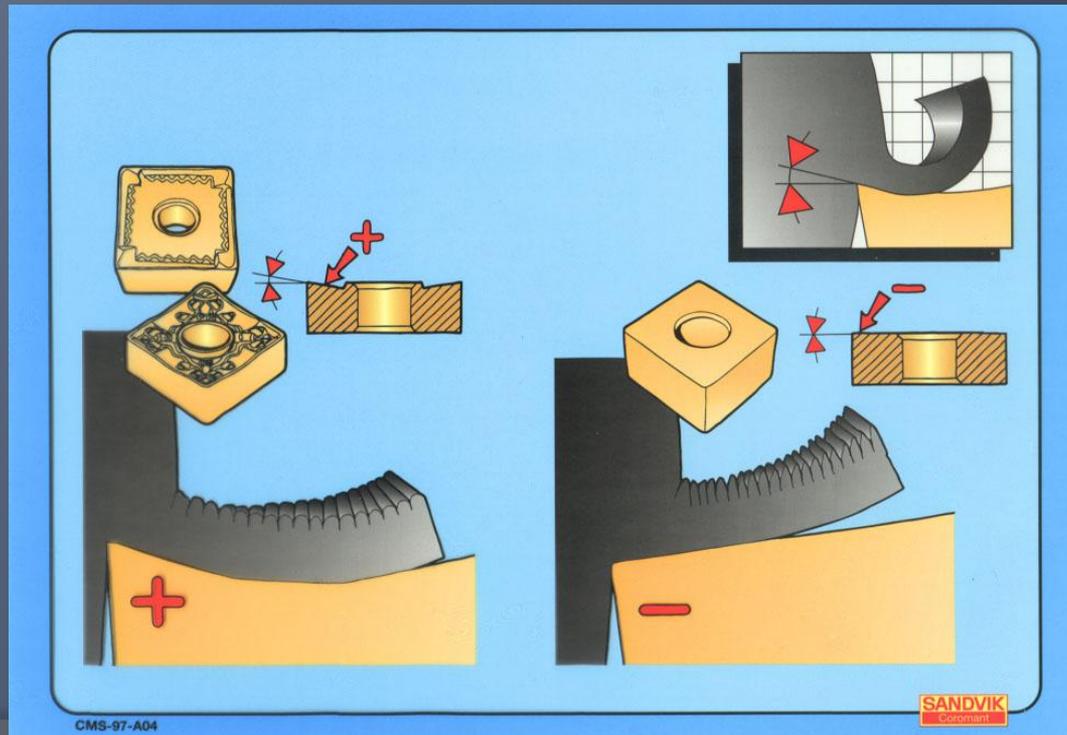
## ÂNGULOS DE SAÍDA POSITIVOS E NEGATIVOS



# MECANISMO DE FORMAÇÃO DO CAVACO

Contínuo: O ângulo de saída deve ser grande

De ruptura: O ângulo de saída deve ser baixo, nulo ou negativo.

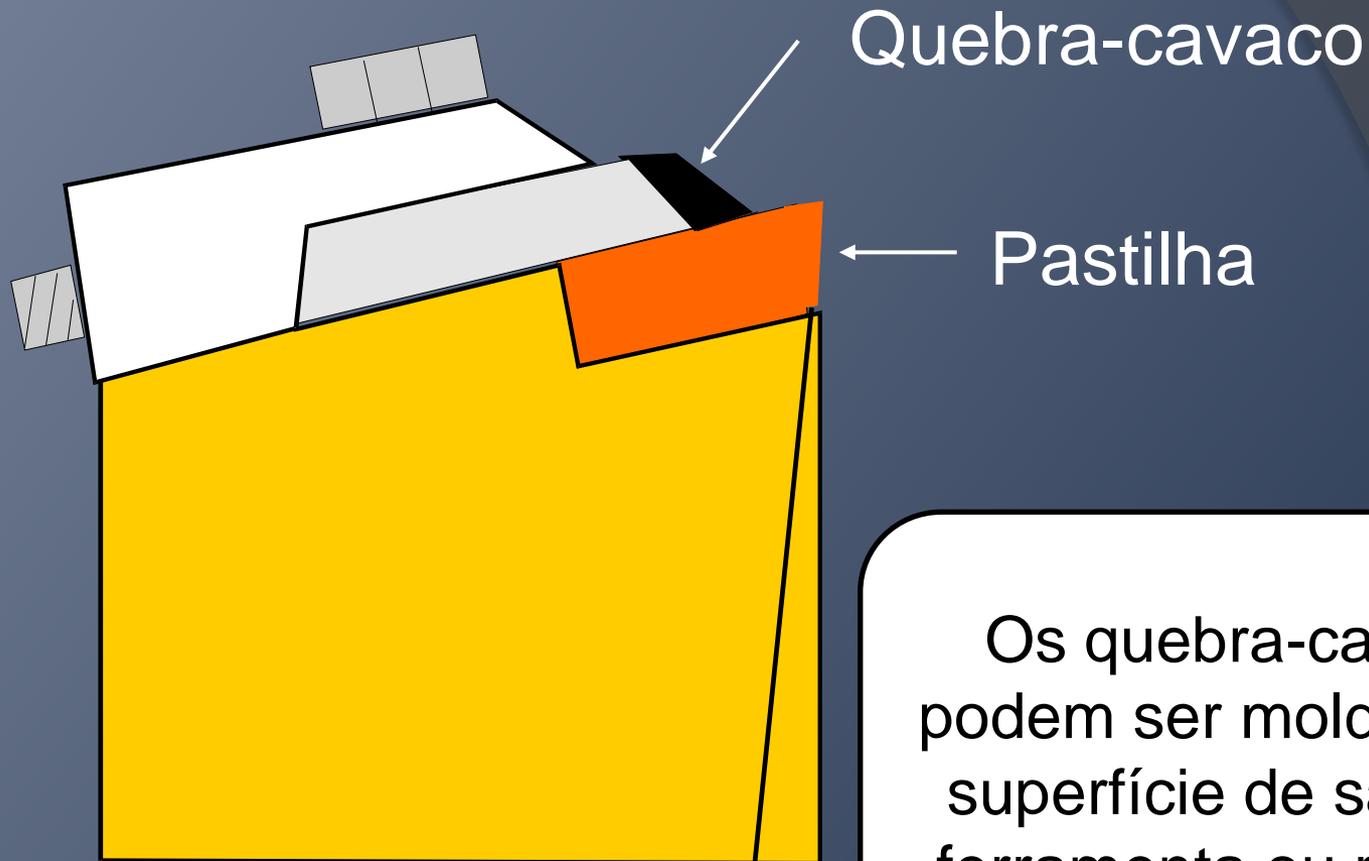


## MECANISMO DE RUPTURA DO CAVACO

A melhor maneira de se promover a curvatura vertical do cavaco, para causar a sua ruptura é a colocação de um obstáculo no caminho do fluxo do cavaco, chamado de quebra-cavaco.

A diminuição do ângulo de saída e/ou inclinação da ferramenta e o aumento do atrito cavaco-ferramenta, também promovem a curvatura vertical

## MECANISMO DE RUPTURA DO CAVACO



# MECANISMO DE RUPTURA DO CAVACO

## INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE DE CORTE NA QUEBRA DO CAVACO

- Em baixas velocidades de corte os cavacos geralmente apresentam boa curvatura, quebrando com facilidade.
- Quando as velocidades aumentam, no caso de materiais dúcteis, pode haver maior dificuldade para a quebra.

# MECANISMO DE RUPTURA DO CAVACO

## INFLUÊNCIA DA PROFUNDIDADE DE USINAGEM NA QUEBRA DO CAVACO

- Grandes profundidades de usinagem facilitam a quebra do cavaco.

- A relação entre o raio da ponta da ferramenta e a profundidade de usinagem influencia na quebra do cavaco:

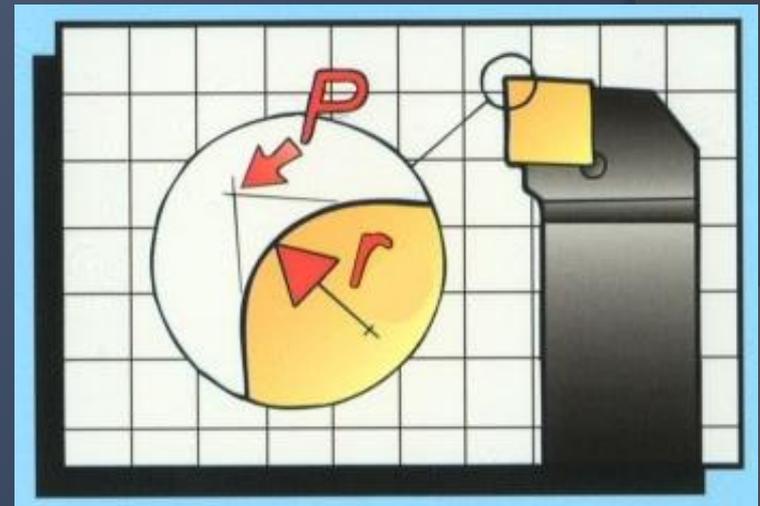
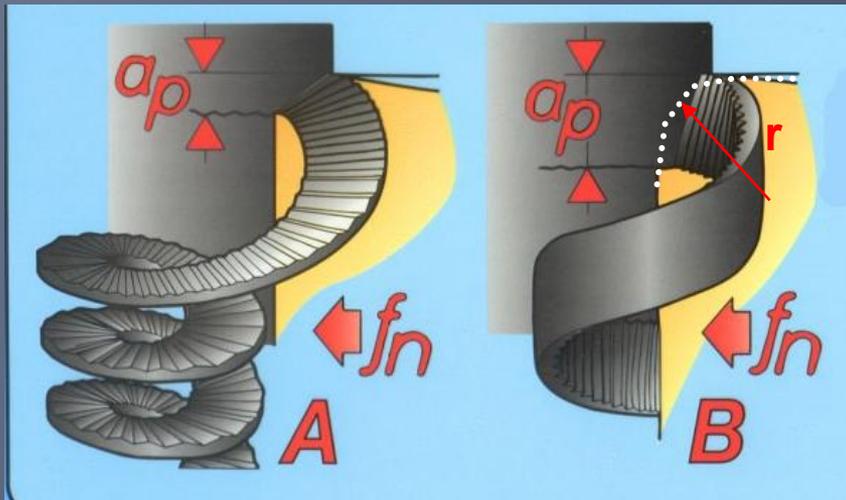
Ap/r pequeno = dificuldade na quebra

ap/r grande = facilidade na quebra

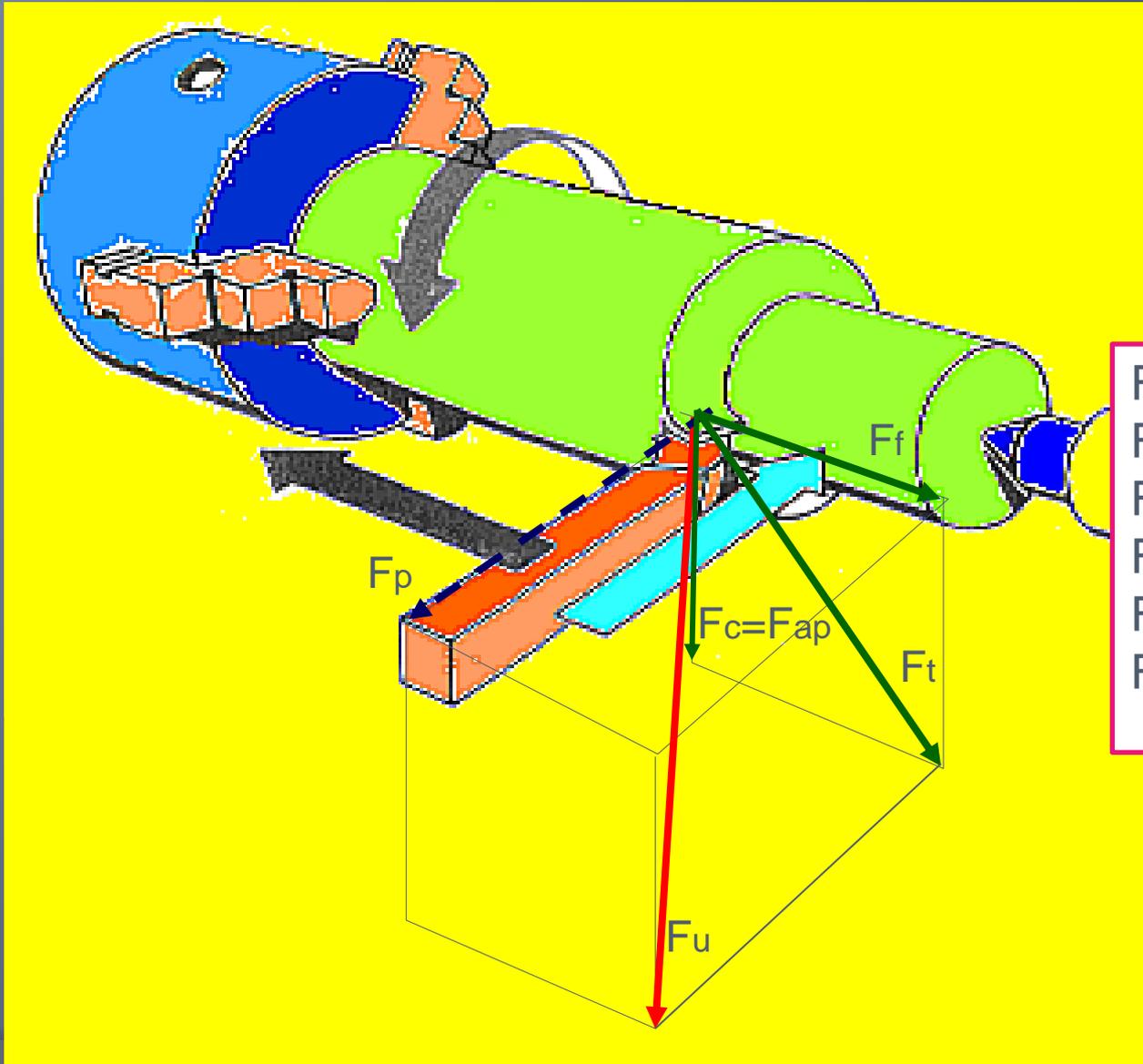
# MECANISMO DE RUPTURA DO CAVACO

## INFLUÊNCIA DA PROFUNDIDADE DE USINAGEM NA QUEBRA DO CAVACO

$a_p/r$  pequeno = dificuldade na quebra  
 $a_p/r$  grande = facilidade na quebra



# FORÇAS DE USINAGEM



$F_U$ =força de usinagem  
 $F_t$ =força ativa.  
 $F_p$ =força passiva  
 $F_c$ =força de corte  
 $F_f$ =força de avanço  
 $F_{ap}$ =força de apoio

## POTÊNCIAS DE USINAGEM

### POTÊNCIA DE CORTE

$$P_c = \frac{F_c \cdot V_c}{60 \cdot 10^3} \text{ [kW]}$$

$F_c$  [N] e  $V_c$  [m/min]

## POTÊNCIAS DE USINAGEM

### POTÊNCIA DE AVANÇO

$$P_f = \frac{F_f \cdot V_f}{60 \cdot 10^6} \text{ [kW]}$$

$F_f$  [N] e  $V_c$  [mm/min]

## POTÊNCIAS DE USINAGEM

Como  $P_f \ll P_c$  costuma-se dimensionar o motor da máquina operatriz apenas pela  $P_c$

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

Potência fornecida pelo motor

$\eta = 60\%$  a  $80\%$  para máquinas convencionais e  $90\%$  para máquinas CNC

## POTÊNCIAS DE USINAGEM

A força de corte pode ser expressa pela relação:

$$F_c = K_s \cdot A$$

$K_s$  = Pressão específica de corte  
 $A = b \cdot h = a_p \cdot f$  = Área da seção de corte

## CÁLCULO DA PRESSÃO ESPECÍFICA DE CORTE - $K_s$

Segundo Kienzle,  $K_s$  é função da espessura de corte  $h$

$$K_s = K_{s1} \cdot h^{-z}$$

$$\therefore F_c = K_s \cdot h \cdot b = K_{s1} \cdot h^{1-z} \cdot b$$

## CÁLCULO DA PRESSÃO ESPECÍFICA DE CORTE - $K_S$

Sendo  $K_{s1}$  e  $(1-z)$  valores tabelados em função do material (ver tabela V.4, página 187 do Dino Ferraresi), e obtidos em ensaios experimentais onde foram usados os seguinte ângulos de saída:

$\gamma_k = 6^\circ$  para torneiar peças de aço

$\gamma_k = 2^\circ$  para torneiar peças de  $f^o f^o$

## CÁLCULO DA PRESSÃO ESPECÍFICA DE CORTE - KS

Para usinagens em que o ângulo de saída usado não coincida com o ângulo de Kienzle, deve ser feita a seguinte correção no valor da força de corte:

$$F_c' = F_c \left[ 1 - (\gamma - \lambda k) \cdot \frac{1.5}{100} \right]$$

## CÁLCULO DA PRESSÃO ESPECÍFICA DE CORTE - KS

Material	$\sigma_t$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1-z	$K_{s1}$
Aço 1030	520	0,74	1990
1040	620	0,83	2110
1050	720	0,70	2260
1045	670	0,86	2220
1060	770	0,82	2130
8620	770	0,74	2100
4320	630	0,70	2260
4140	730	0,74	2500
4137	600	0,79	2240
6150	600	0,74	2220
Fofo	HRC = 46	0,81	2060

## EXERCÍCIO

Determinar a potência do motor de um torno universal que deve fazer um torneamento cilíndrico em uma barra de aço 8620 com diâmetro 50 mm.

Parâmetros de corte:  $V_c = 110$  m/min,  $a_p = 1,4$  mm e  $f = 0,4$  mm/rot.

Ferramenta: Metal duro s/fluido de corte.

Rendimento mecânico da transmissão do motor à árvore principal: 70%.