

# **Aula 06**

## **Revestimentos de Ferramentas**

### **e**

## **Fluidos de Corte**

## **Aula 06**

### **Tópicos**

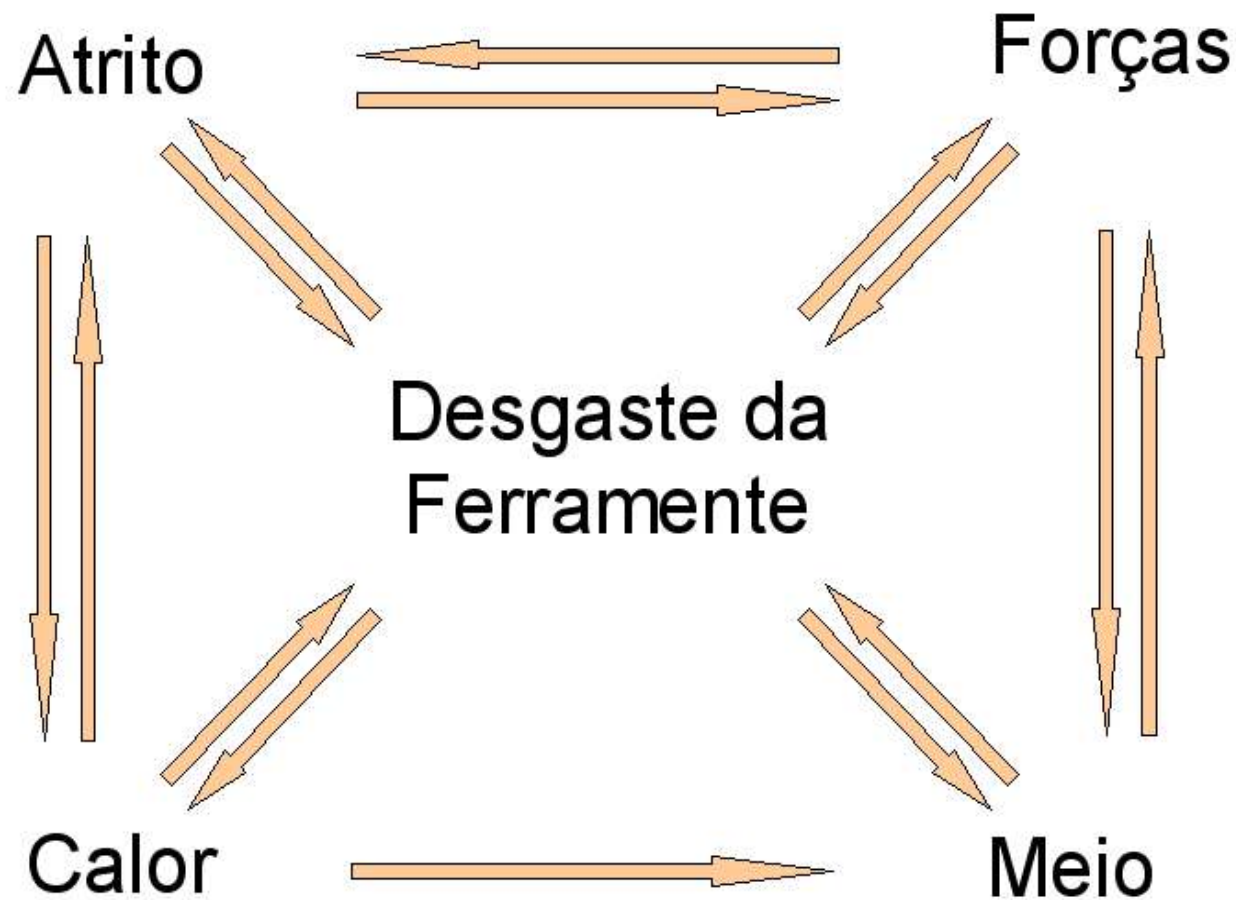
- Revestimento de ferramentas
- Fluidos de corte

# **Revestimento de Ferramentas**

---

## Revestimento de Ferramentas

### Conseqüências do processo sobre a ferramenta

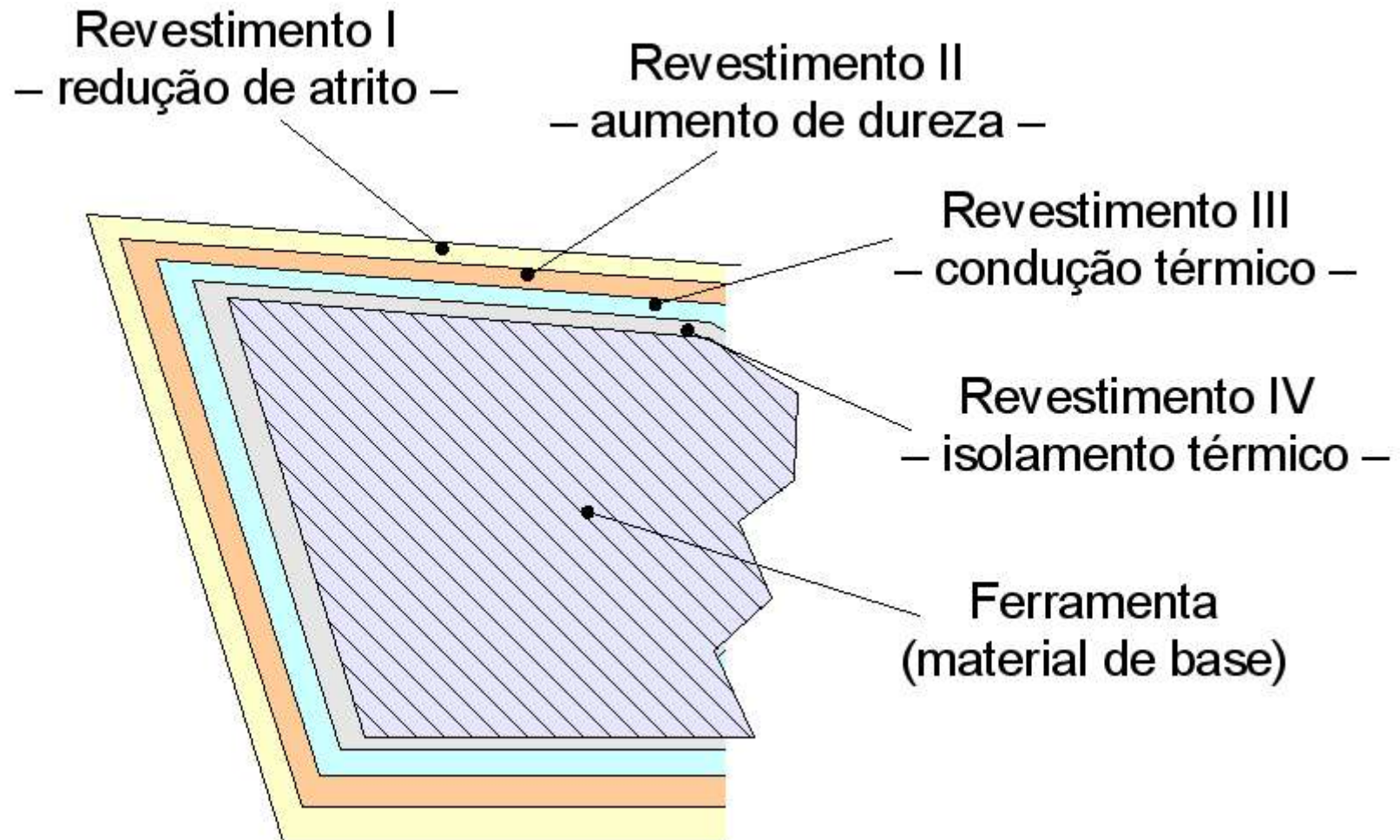


## **Revestimento de Ferramentas**

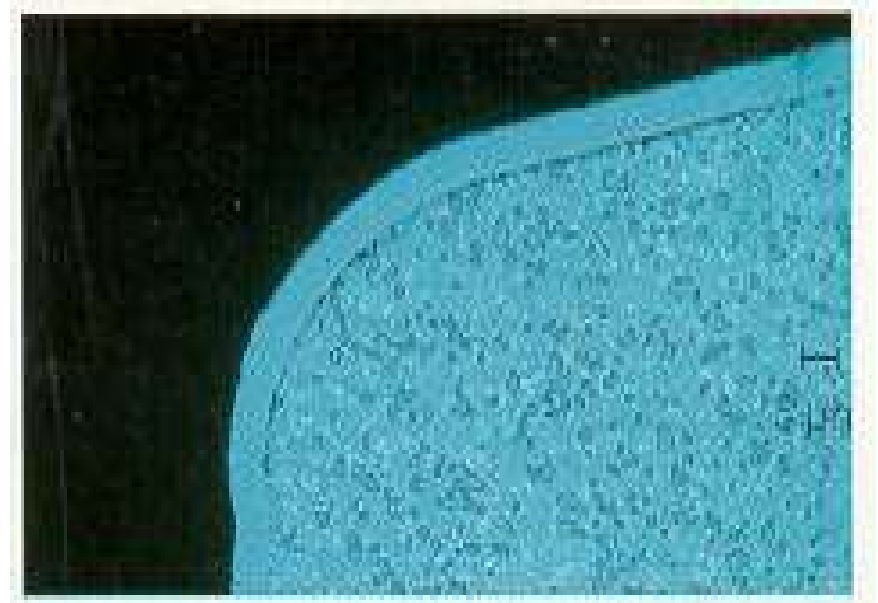
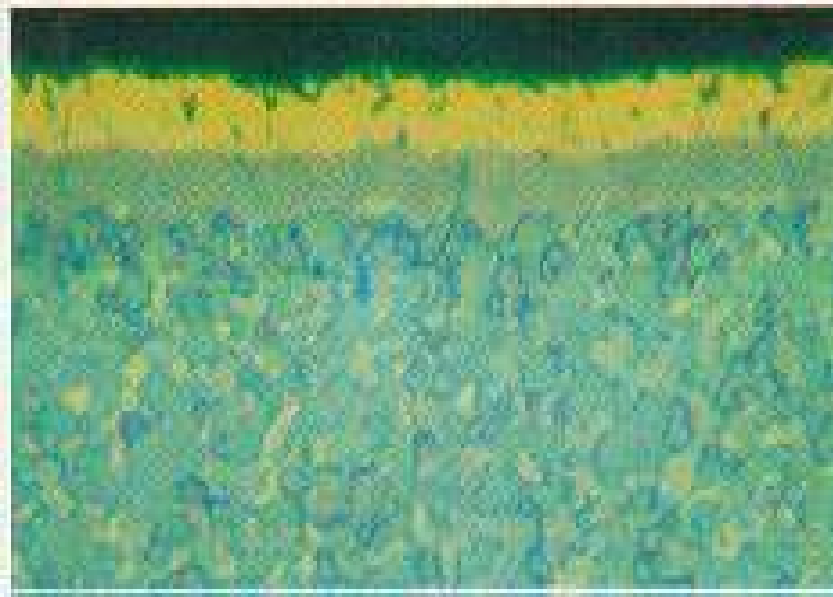
### **Funções dos revestimentos**

- Proteção do material de base da ferramenta
  - Redução de atrito na interface cavaco/ferramenta
  - Aumento da dureza na interface cavaco/ferramenta
  - Condução rápida de calor para longe da região de corte
  - Isolamento térmico do material de base da ferramenta
-

## Revestimento de Ferramentas



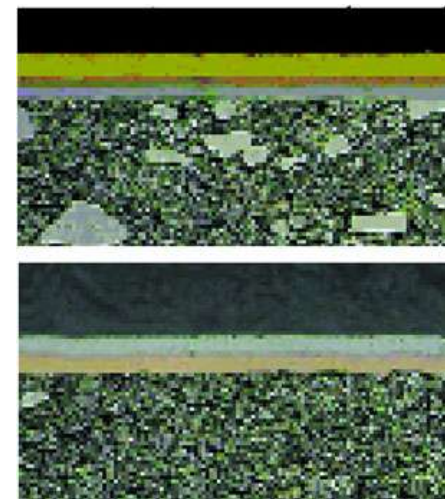
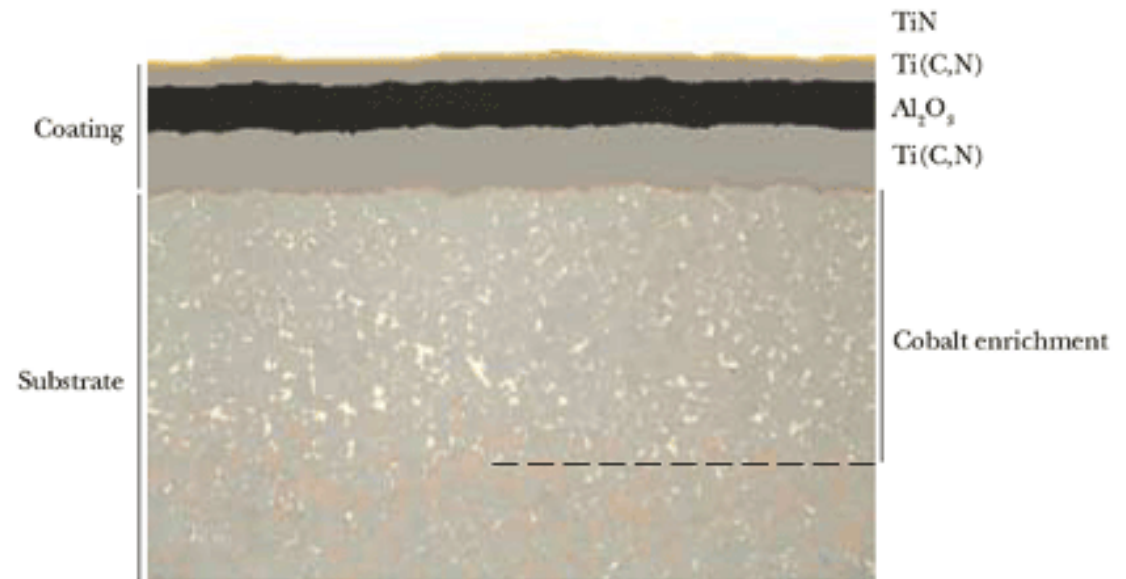
## **Exemplo de Metais Duros Revestidos**



## Metais Duros Revestidos

### → Principais revestimentos

- Carboneto de Titânio (TiC)
- Nitreto de titânio (TiN)
- Carbonitreto de titânio (Ti(C,N))
- Nitreto de alumínio-titânio ((Ti, Al)N)
- Óxido de Alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )
- Camadas de diamante

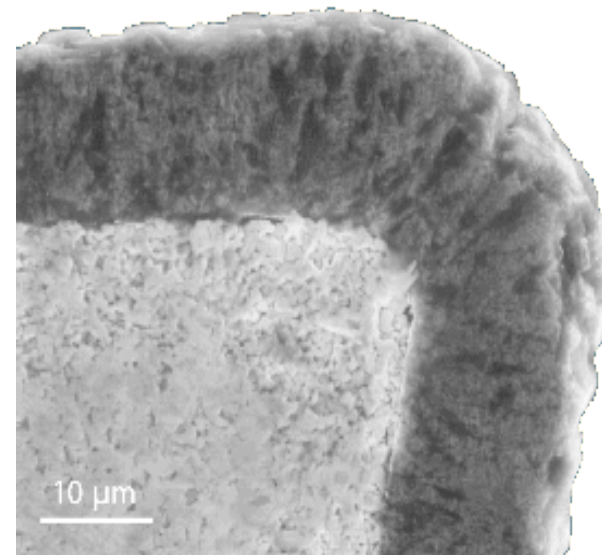
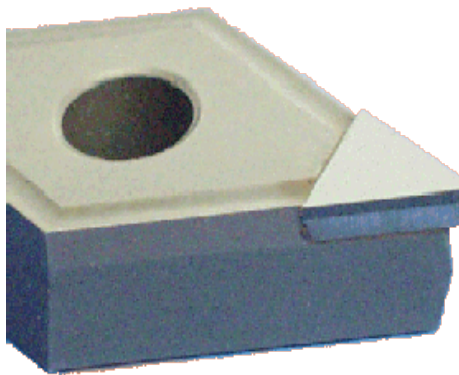




# Diamante

## → Formas de utilização

- policristalino PKD - aglomerado de diamantes
- monocristalino
- revestimento



## **Revestimento de Ferramentas**

### **→ Principais propriedades das camadas de revestimento**

#### **Carboneto de titânio (TiC)**

- alta dureza
- proteção contra o desgaste na superfície de saída
- tendência à difusão relativamente baixa

#### **Nitreto de titânio (TiN)**

- estabilidade termodinâmica
  - baixa tendência à difusão
-

## **Revestimento de Ferramentas**

### **→ Principais propriedades das camadas de revestimento**

#### **Nitreto de Alumínio-titânio ((Ti, Al)N)**

- boa resistência à oxidação
- boa dureza à quente

#### **Óxido de alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )**

- boa resistência à abrasão
  - boa resistência à oxidação
-

## **Revestimento de Ferramentas**

### **→ Processos de revestimentos de ferramentas**

Dois processos básicos

- Processo CVD – Deposição Química de Vapor
- Processo PVD – Deposição Física de Vapor

## **Revestimento de Ferramentas**

### **→ Processo CVD**

#### **- Características Gerais**

- Reações químicas na fase gasosa em alto vácuo (0,01 até 1bar)
  - Os produtos da reação molham o substrato
  - Deposição de materiais como TiC, TiN,  $\text{Ti}(\text{C}_x\text{N}_y)\text{HfN}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , AlON separadamente ou em camadas
  - Revestimento de peças de geometria complexa
-

## **Revestimento de Ferramentas**

### **→ Processo CVD Variações do processo**

#### **HT - CVD (Alta temperatura - 900 - 1100 °C)**

- Revestimento da maioria das ferramentas de metal duro
  - Alta força de aderência ao substrato
  - Confere à ferramenta alta resistência ao desgaste
  - Diminui a tenacidade do substrato
  - Risco de formação de fases frágeis na interface
-

## **Revestimento de Ferramentas**

→ **CVD - MT (Média temperatura - 700 - 900 °C)**

Aplicação de Ti(C,N) de várias formas

### **Vantagens em relação ao HT - CVD:**

- Menor solicitação térmica para os mesmos modos de agregação
  - Diminui o risco de descarbonetação - formação de fases frágeis do substrato
  - Ocorrem menos trincas nas ferramentas e a velocidade de formação de rasgos é menor
-

## **Revestimento de Ferramentas**

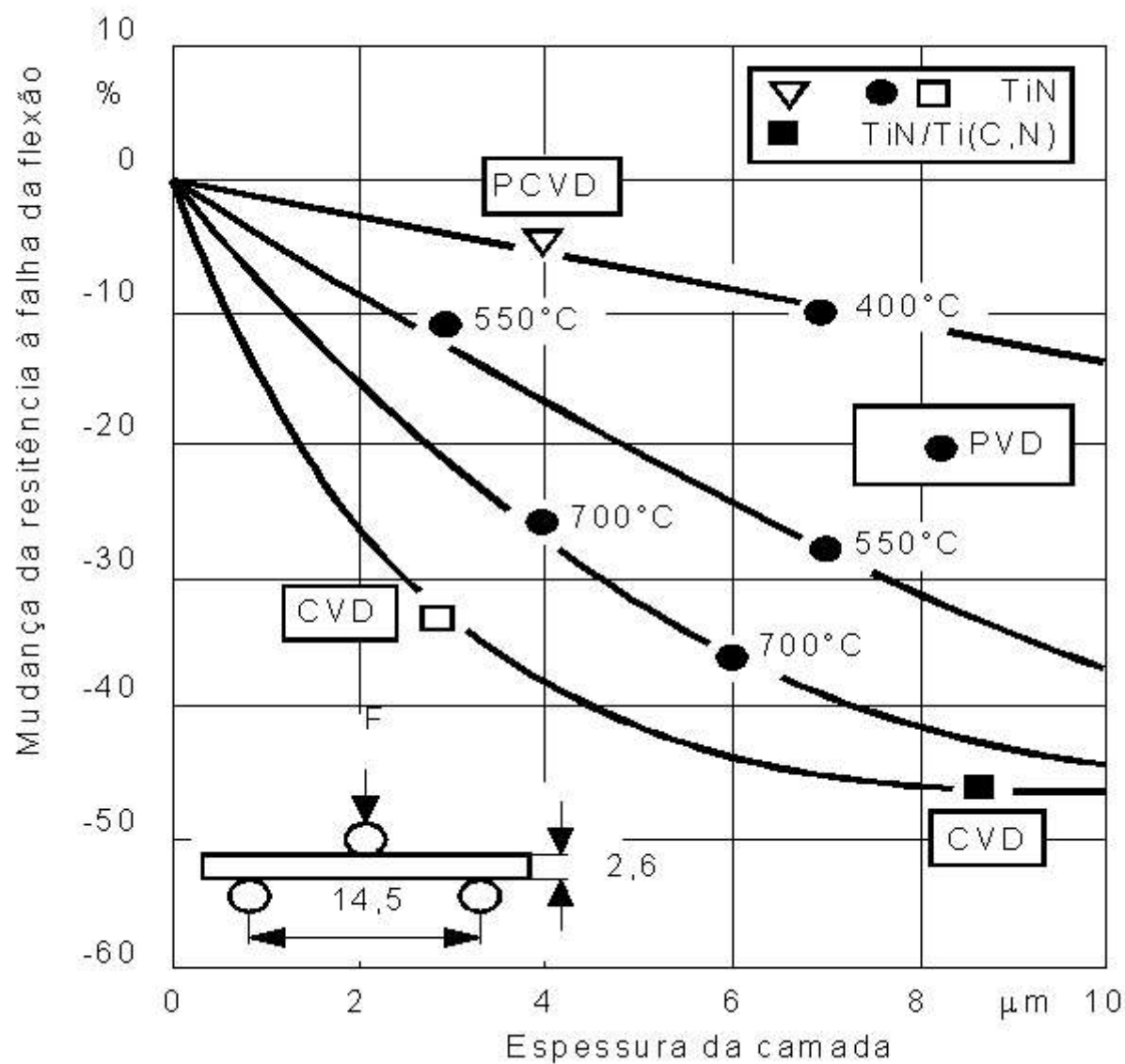
### **→ Processo CVD Variações do processo**

#### **P - CVD (Plasma CVD - 450 - 650 °C)**

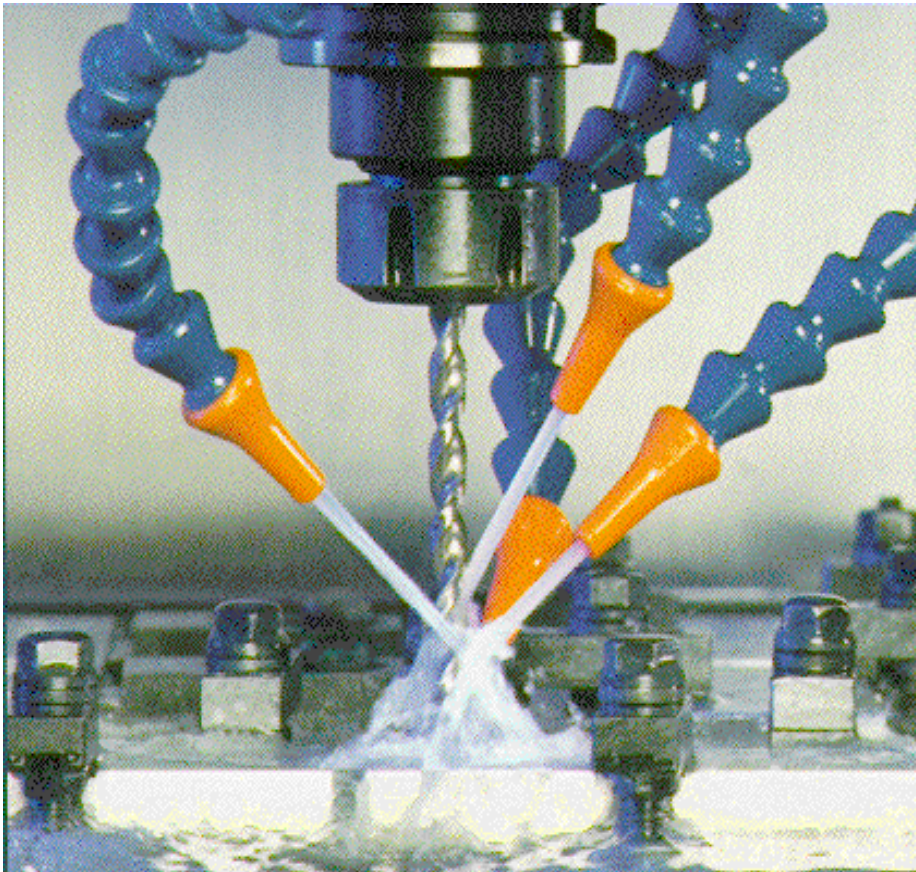
- A temperatura não é suficiente para que ocorram reações químicas na fase líquida
  - Adição de plasma pulsante para se obter energia adicional
  - Camadas de TiN, TiC, Ti(C,N), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
  - Propriedades do substrato inalteradas
-



## Modificação da constituição da camada



# Fluidos de Corte



# Fluidos de corte

## Generalidades

- Há mais de 100 anos - W.H.Northcott - primeira publicação a respeito do aumento de produtividade em usinagem devida ao uso de fluidos de corte
  - 1868 - W.H.Northcott - "A Treatise on Lathes and Turning"
  - 1894 - F.W.Taylor – uso de água na região de corte permite um aumento de  $v_c$  entre 30 – 40%
-

## **Vantagens do emprego de meios lubri-refrigerantes**

Por que estes meios lubri-refrigerantes não são utilizados em alguns casos?

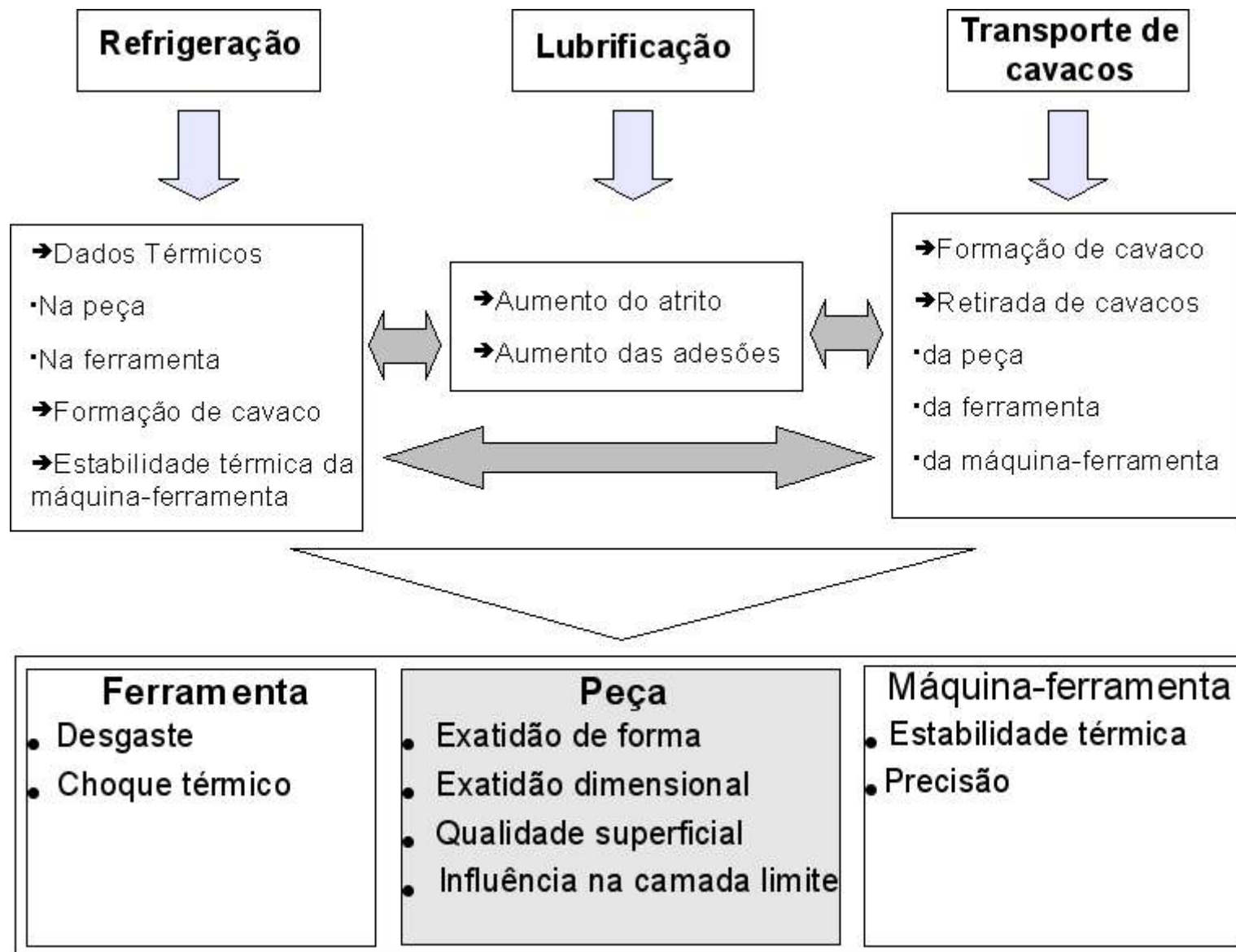
- Custos de manutenção;
  - Legislação ambiental;
  - Quando do emprego de ferramentas que não resistem a choques térmicos (cerâmicas de corte);
  - Reciclagem dos cavacos (operação de limpeza);
  - Contato fluido/operador (problemas de saúde);
-

# Fluidos de Corte

Classificação segundo a norma **DIN 51385**

- Não miscíveis em água (óleos)
- Miscíveis em água (emulsões)

# Função dos Fluidos de Corte



- **Função dos fluidos de corte:**
    - **Caráter Funcional**
      - Redução do atrito entre ferramenta e cavaco
      - Expulsão dos cavacos gerados
      - Refrigeração da ferramenta
      - Refrigeração da peça
      - Melhoria do acabamento da superfície usinada
      - Refrigeração da máquina-ferramenta
    - **Caráter Econômico**
      - Redução do consumo de energia
      - Redução dos custos de ferramenta
      - Diminuição ou eliminação da corrosão na peça
-

## **Principais Fluidos de Corte**

- Água - redução da temperatura
  - Óleos graxos - redução do atrito
  - Óleos minerais - inicialmente na usinagem de latão, ligas não-ferrosas e operações leves com aço
  - Óleos minerais com óleos de toicinho - operações mais severas
  - Surgimento de novos materiais de ferramentas, possibilitando maiores  $v_c$ 's - desenvolvimento dos fluidos
  - Combinações de óleos minerais , óleos graxos e aditivos ( enxofre , cloro , fósforo, etc)
-

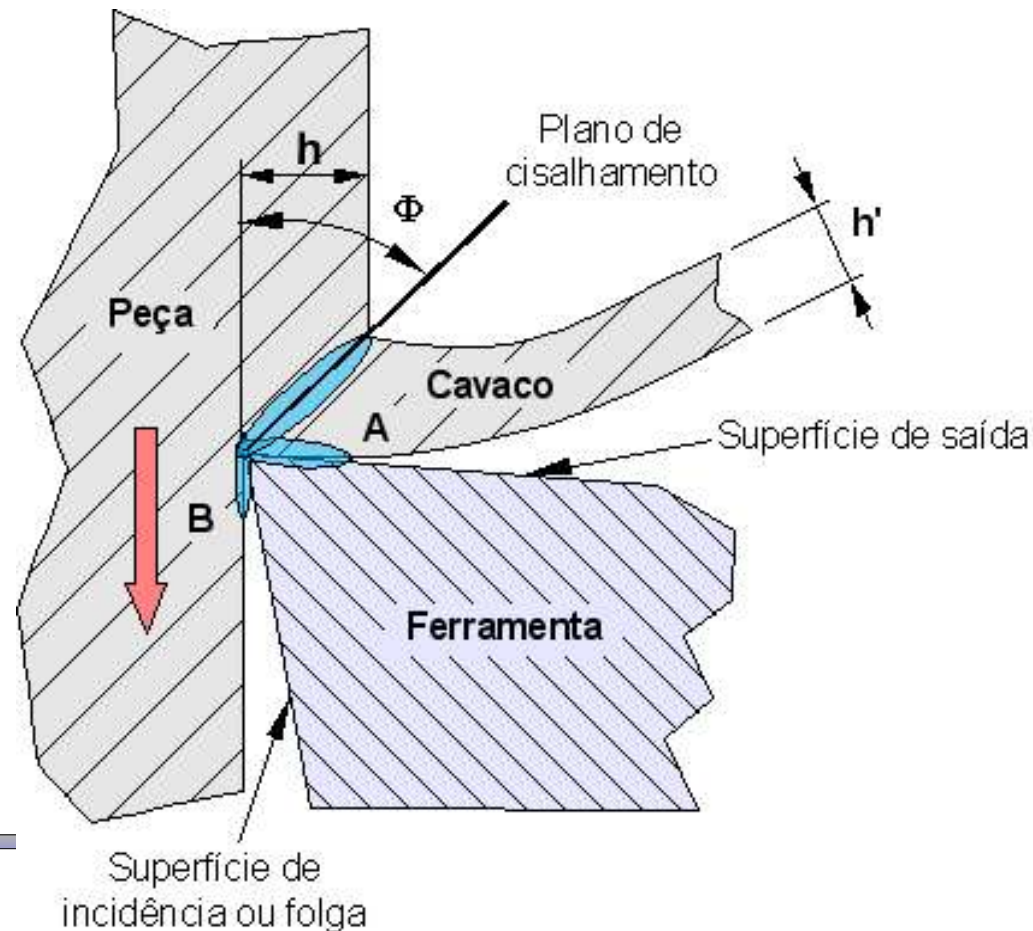


## Regiões de ação do fluido de corte

**Zona A - diminuição do atrito na interface ferramenta-cavaco (diminuição do calor gerado)**

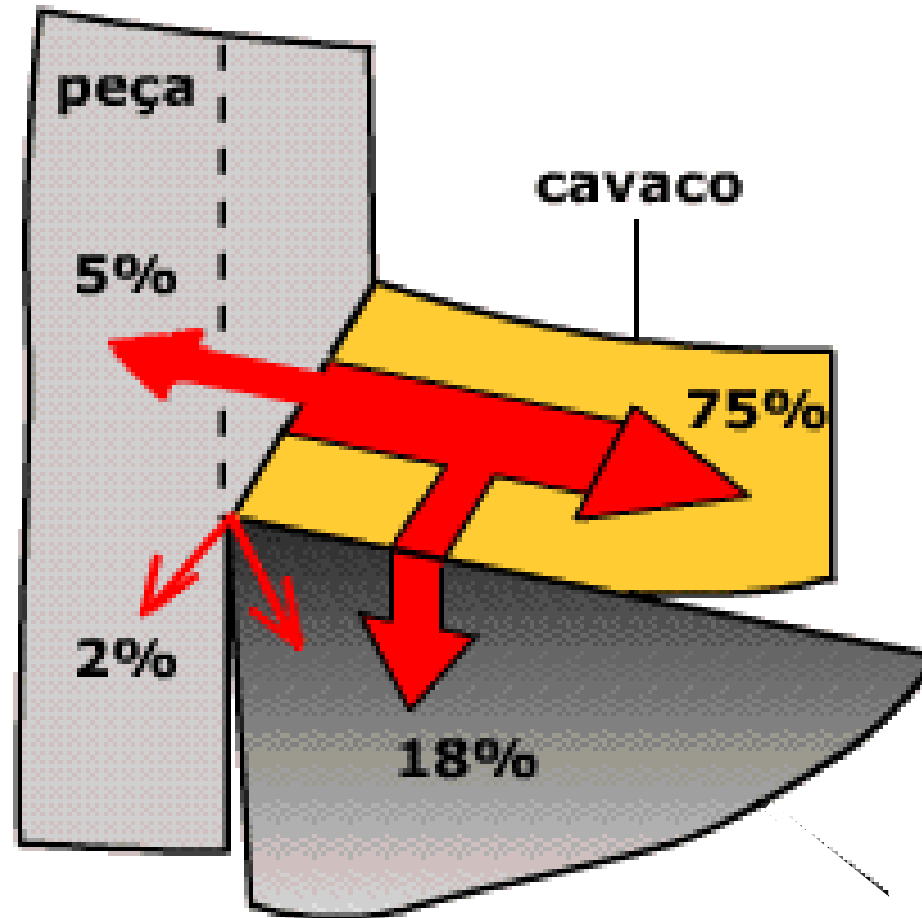
**Zona B - diminuição do atrito na interface peça-ferramenta (diminuição do calor gerado)**

**Zona C - diminuição do atrito entre a ferramenta e o cavaco (aumento do ângulo de cisalhamento  $\phi$  e, diminuição de na taxa de deformação)**



## Propriedades dos fluidos de corte

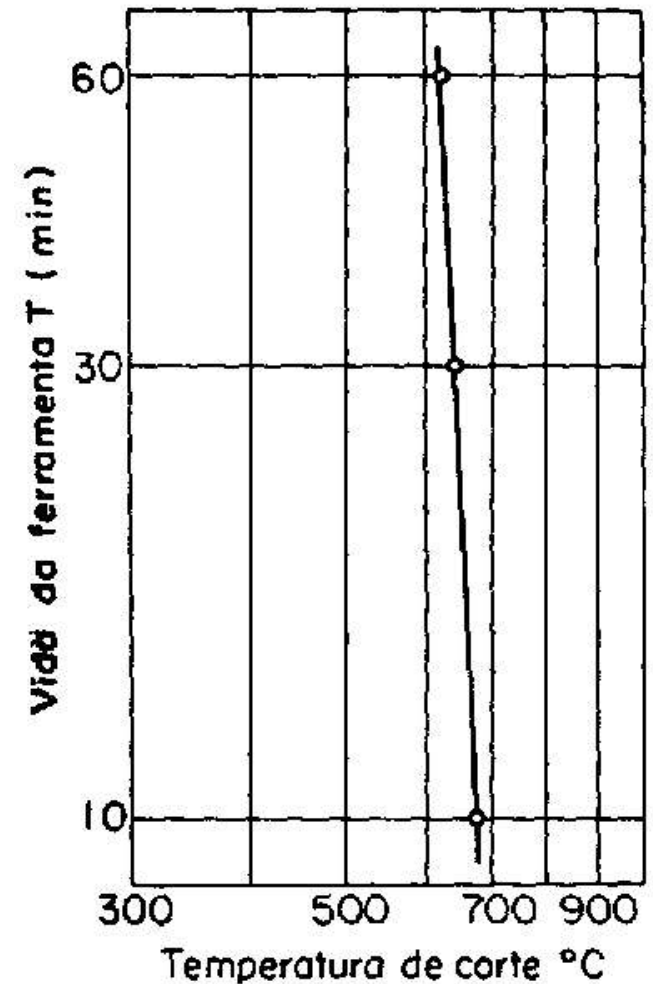
### Refrigeração da região de corte



## Propriedades dos fluidos de corte

### Refrigeração da região de corte – efeito sobre a vida da ferramenta

- As condições na interface ferramenta-cavaco favorecem a difusão metálica (enfraquecimento da superfície ativa)
- A tendência à difusão é diretamente proporcional à variação da temperatura



## **Propriedades dos fluidos de corte**

### **Refrigeração da peça**

- Redução de deformações devidas às tensões oriundas de grandes aquecimentos locais ou mesmo totais
  - Eliminação de cores de revenido na superfície usinada (usinagem por abrasão (retirada de material por atrito), operações de retificação - acabamento da peça
  - Manutenção das medidas da peça em trabalho em operações com tolerâncias estreitas
  - Facilidade para o manuseio da peça usinada
-

## **Propriedades dos fluidos de corte**

## **Refrigeração da máquina-ferramenta**

- Manutenção da precisão da máquina - dimensões e posições de guias e dispositivos

## **Melhorias do acabamento da superfície usinada**

- Diminuição de danos térmicos
  - Diminuição do atrito ferramenta / peça
-

## **Propriedades dos fluidos de corte**

### **Melhorias de caráter econômico**

- Redução do consumo de energia - diminuição do grau de recalque e conseqüentemente da força de usinagem
- Redução dos custos de ferramenta - redução do desgaste  $\Rightarrow$  aumento da vida
- Diminuição ou eliminação da corrosão na peça - proteção do filme de fluido da umidade, vapores, etc

### **Expulsão dos cavacos gerados**

- Muito importante principalmente em processos como furação, furação profunda e alguns tipos de fresamento
-

## **Tipos de fluidos de corte**

### **Óleos de corte**

#### **– Com aditivos ativos**

- Empregados para altas pressões e temperaturas;
- Função de reagir quimicamente com a superfície nascente do cavaco;
- Melhoram condições de atrito (cisalhamento);
- Ex: enxofre e cloro (restrições no emprego do cloro);

#### **– Com outros aditivos (inativos)**

- óleos minerais puros, óleos graxos, compostos de óleo mineral e óleos graxos puros;
  - Anti-fricção, anti-corrosão, anti-oxidante.
-

## **Tipos de fluidos de corte**

### **Óleos emulsionáveis**

**Óleos solúveis** (Água , agentes emulsificantes e aditivos)

Vantagens: - grande redução de calor

- remoção de cavacos

- mais econômico

- melhor aceitação pelo operador

- menos agressivo à saúde e mais benefícios a segurança

---



## **Tipos de fluidos de corte**

### **Fluidos Sintéticos**

Não contém óleos de petróleo, sendo seu uso mais apropriados como fluido refrigerante

#### **Vantagens:**

- alta capacidade de refrigeração
  - vida útil do fluido bastante grande
  - filmes residuais pequenos e de fácil remoção
  - fáceis de misturar
  - relativa facilidade no controle da concentração desejada
-

## **Tipos de fluidos de corte**

### **Fluidos Gasosos**

#### **Ar comprimido**

- Retirada de calor e expulsão dos cavacos da zona de corte
  - Menor viscosidade ==> melhor penetração na zona ativa da ferramenta
  - Principais gases utilizados: Argônio , Hélio , Nitrogênio e Dióxido de Carbono garantem proteção contra oxidação e refrigeração mas proporcionam altos custos
-

## **Tipos de fluidos de corte**

### **Meios sólidos**

- Bissulfeto de Molibdênio, Sulfeto de zinco



## **Efeitos do uso de fluidos de corte**

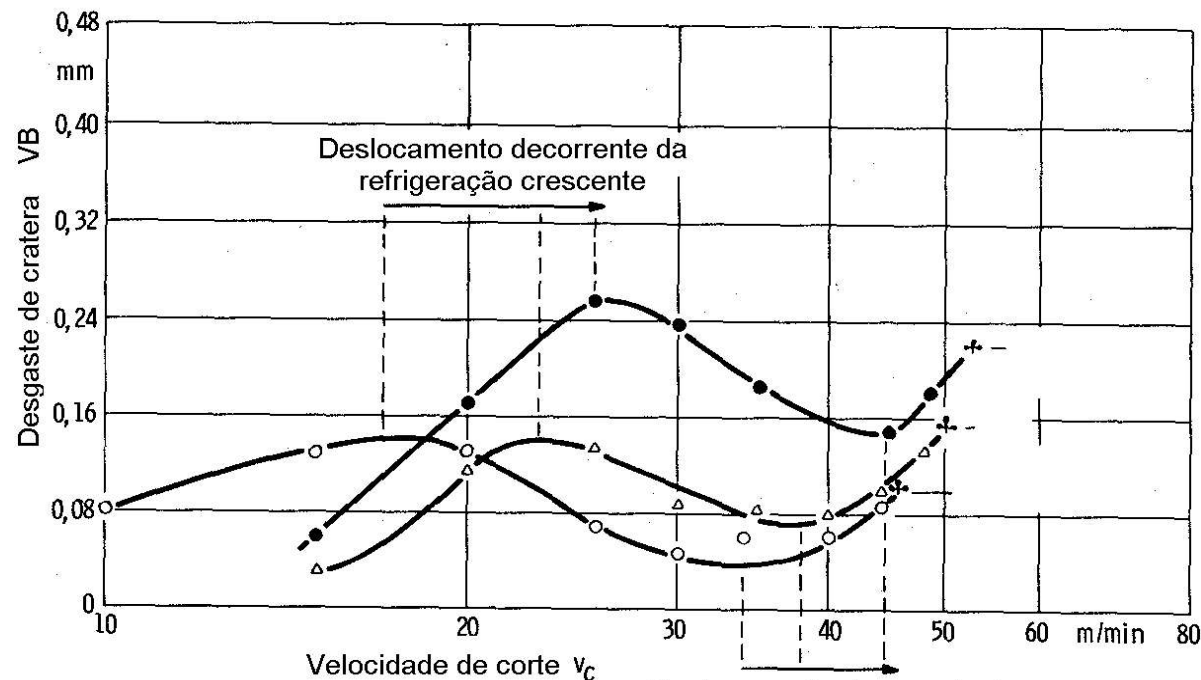
- Desgaste de adesão - efeito de lubrificação - eliminação de pequenos gumes postiços dentro de uma certa faixa de  $v_c$
  - É desejável a formação de graxas resistentes à alta pressão e com baixa resistência ao cisalhamento (aditivos EP)
  - A ação de alguns componentes (enxofre, cloro e fósforo) começa somente a partir de uma certa temperatura
-

## **Efeitos do uso de fluidos de corte**

- Com o aumento de  $v_c$  as condições para a formação do filme de fluido tornam-se desfavoráveis
  - Diminuição do tempo para a reação entre os aditivos e a superfície metálica
  - Aumento de temperatura - deformação da ferramenta e difusão - é necessária a refrigeração na zona de corte
  - A partir de uma certa  $v_c$  a vida da ferramenta é muito mais influenciada pela capacidade de refrigeração do que de lubrificação de um fluido
-

## Efeitos do uso de fluidos de corte

- Curvas desgaste e velocidade de corte para o corte a seco e para a aplicação de diversos fluidos de corte



Material da peça Ck 55 N  
 Material da ferramenta S 12-1-4-5  
 Tempo de corte  $t = 30$  min  
 Seção de usinagem  $a_p \cdot f = 2 \cdot 0,25$  mm<sup>2</sup>

Deslocamento decorrente da refrigeração crescente

Geometria da ferramenta					
$\alpha$	$\gamma$	$\lambda$	$\kappa$	$\epsilon$	$r$
80°	100°	-40°	600°	90°	1 mm

## **Efeitos benéficos do uso de fluidos de corte**

- A emulsão leva a um resfriamento, e conseqüentemente a um aumento da resistência do material
  - Desgaste reduzido -  $v_c \text{ máx} \propto \sqrt{VB_{\text{máx}}}$  (percurso total maior)
  - Aumentar a vida com diminuição da temperatura de trabalho (ter condições de temperatura de usinagem no gume próxima à temperatura de amolecimento)
-

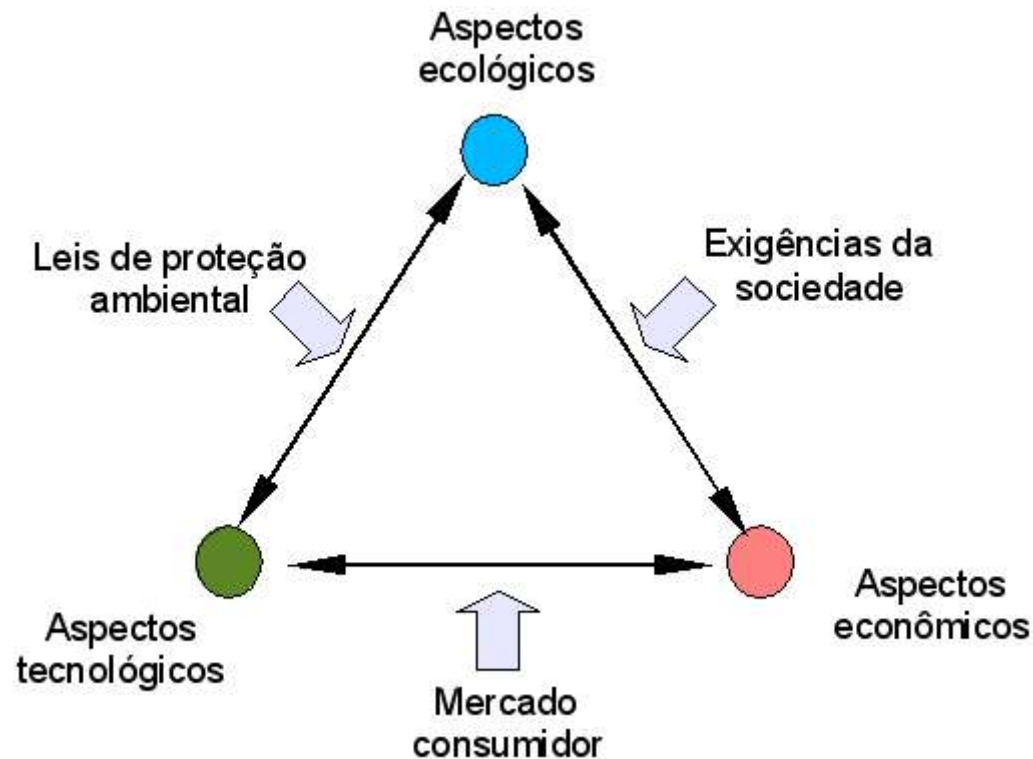
## **Aspectos Nocivos dos Fluidos de Corte**

- Grande parte dos fluidos possui componentes que podem causar, além do impacto ambiental, doenças ao ser humano.
  - Contato do fluido com o operário pode ser direto ou através de vapores, névoa ou subprodutos formados durante a usinagem.
  - Doenças causadas pela ação direta com o fluído de corte
    - Problemas de pele (irritações, dermatites, erupções, ...)
    - Câncer (pele, reto, cólon, bexiga, estômago, esôfago, pulmão, próstata, pâncreas,...)
    - Doenças pulmonares (asma, bronquite, pneumonia, fibroses, redução da capacidade respiratória,...)
-



# Tendências no uso de Fluidos de Corte

## Processos de revestimentos de ferramentas



- Até há poucos anos - minimização de custos e aumento de produção
- Atualmente - custos, produção e preocupação com aspectos ambientais
- No futuro - leis ambientais rígidas

## **Tendências no uso de Fluidos de Corte**

- Aspectos econômicos
    - ◆ Custos com tratamento dos fluidos podem ser o dobro do custo com ferramentas de corte
    - ◆ A redução da utilização de fluidos e otimização dos parâmetros de corte traz benefícios
  - Aspectos tecnológicos
    - ◆ Aumento de produtividade sem o uso de fluido
    - ◆ Novos materiais de ferramentas (mais resistentes) implicam na diminuição da necessidade dos fluidos
-

## **Tendências no uso de Fluidos de Corte**

### **– Aspectos ecológicos**

- ♦ Agente nocivo ao homem e ao meio ambiente
  - ♦ Doenças de pele, câncer, doenças pulmonares
  - ♦ Descarte de fluidos - agressão ao meio ambiente
  - ♦ Novas leis (rígidas) - diminuição do impacto ambiental
  - ♦ Desenvolvimento de processos alternativos
-

## **Tendências no uso de Fluidos de Corte**

- Qual é a tendência?

### **REDUÇÃO OU ELIMINAÇÃO DO EMPREGO DE FLUIDOS LUBRI-REFRIGERANTES NA USINAGEM**

- Necessidade de alternativas para suprir a ausência de fluido

### **ALTERNATIVAS ECOLÓGICAS**

- Pesquisas na área de redução ou eliminação de fluido de corte vêm crescendo muito nos últimos anos.
-

## **Tendências no uso de Fluidos de Corte**

- Usinagem com quantidade mínima de fluidos de corte**
    - Onde não é possível a eliminação      minimização
    - Exige adaptação das características técnicas dos fluidos
    - Definição dos volumes empregados
    - QRFC - quantidade reduzida de fluido de corte
      - Vazão menor que 2 l/min - geometria definida
      - Vazão menor que 1 l/min - retificação
    - QMFC - quantidade mínima de fluido de corte
      - Vazão menor que 50 ml/h
  - Substituição dos processos por processos alternativos**
-

## **Tendências no uso de Fluidos de Corte**

### **Alternativa ecológica**

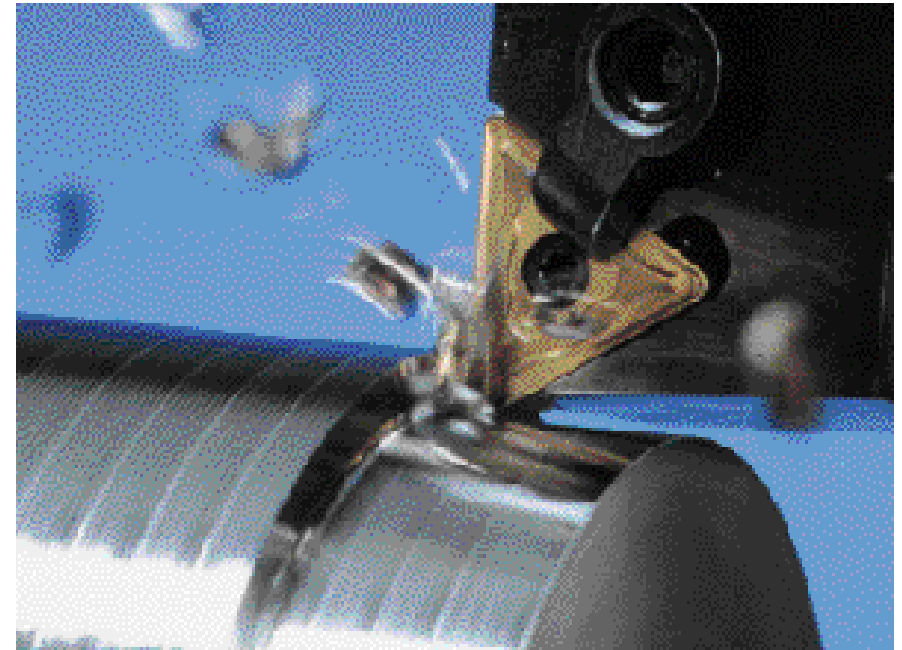
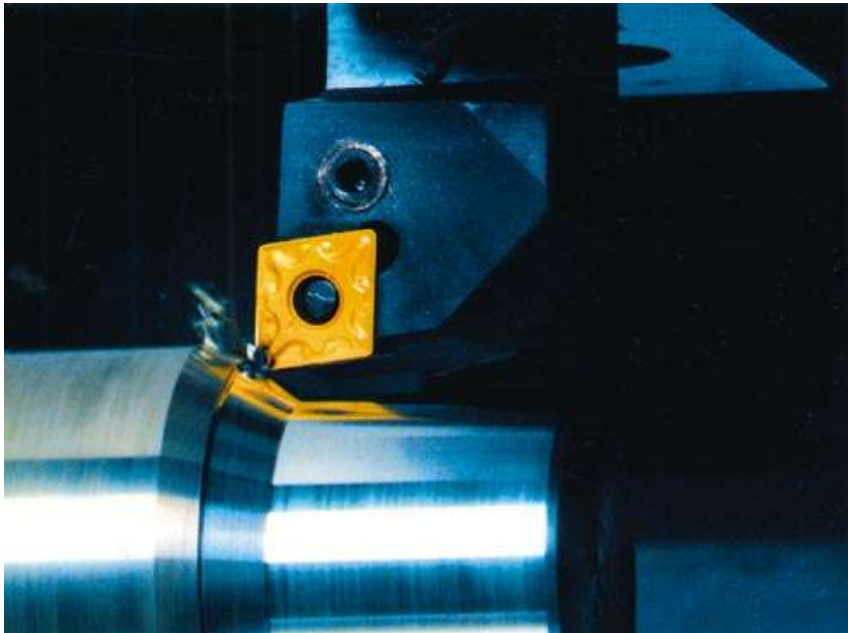
#### **– Usinagem a seco**

- Usinagem extensiva a seco já é empregada no torneamento e fresamento de aços e ferros fundidos com ferramentas de metal-duro revestido, CERMETS, ferramentas cerâmicas e de CBN;
  - Ausência de fluido de corte exige introdução de medidas adequadas que compensem a falta das funções primárias:
    - Sistema de refrigeração da máquina-ferramenta;
    - Sistema de retirada dos cavacos da região de trabalho;
    - Adequação da geometria da ferramenta, entre outras.
-

## **Tendências no uso de Fluidos de Corte**

### **Alternativa ecológica**

- **Usinagem a seco**



## **Formas de aplicação**

- Aplicação direta, com tubeiras direcionadas para a região de corte





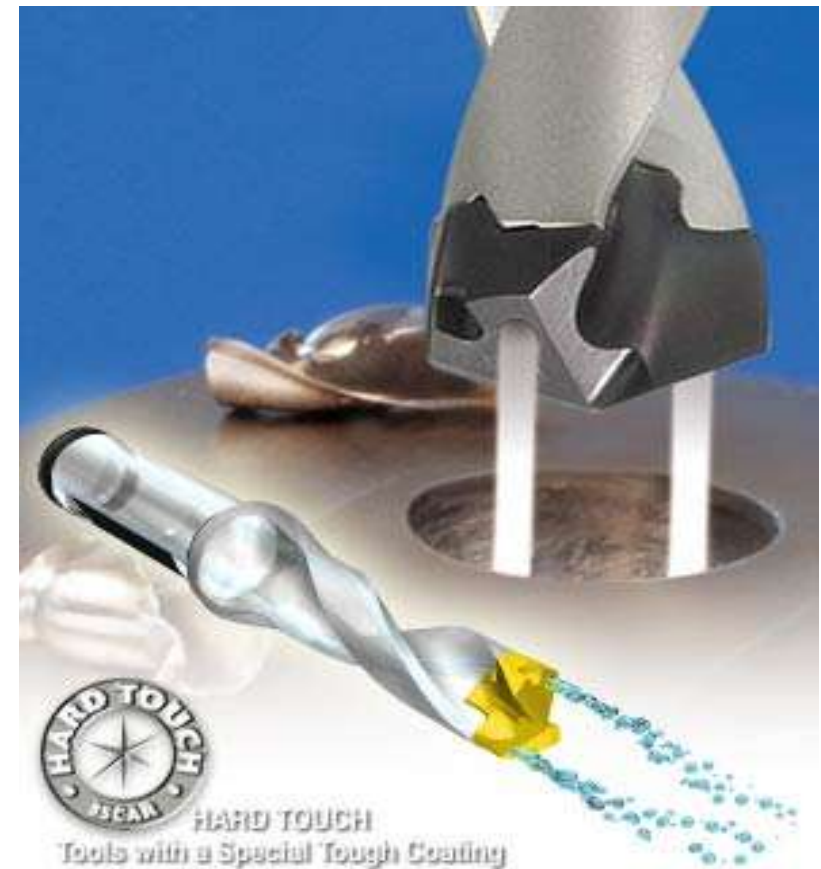
## **Formas de aplicação**

- Aplicação de fluido próximo a região de fixação da ferramenta.



## Formas de aplicação

- Aplicação de fluido internamente pela ferramenta.



## **Formas de aplicação**

- Aplicação em mínima quantidade de fluido lubri-refrigerante

