

Aula 11

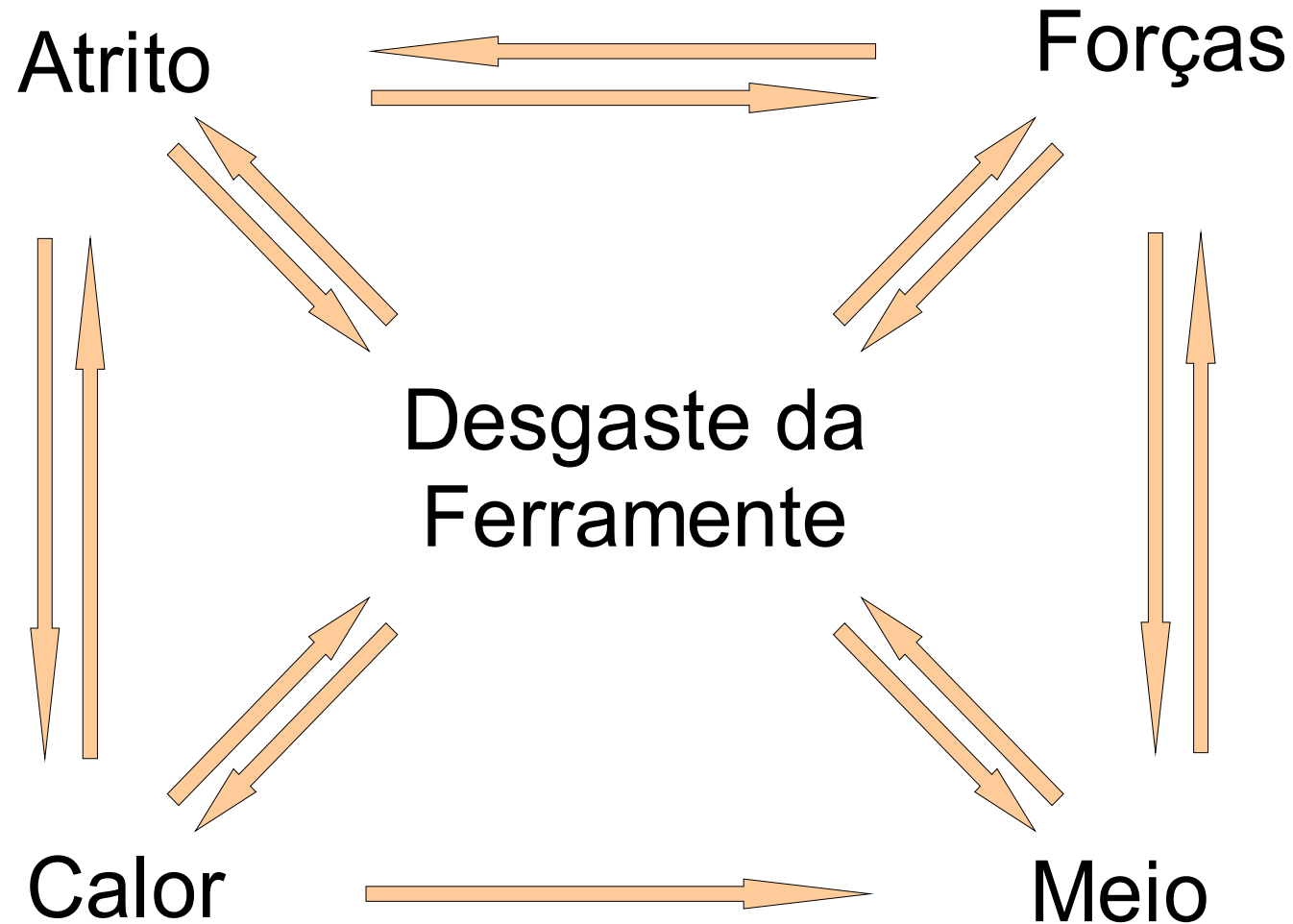
Fluidos de Corte e Revestimentos de ferramentas

Prof. Dr. Eng. Rodrigo Lima Stoeterau

Revestimento de Ferramentas

Revestimento de Ferramentas

Conseqüências do processo sobre a ferramenta

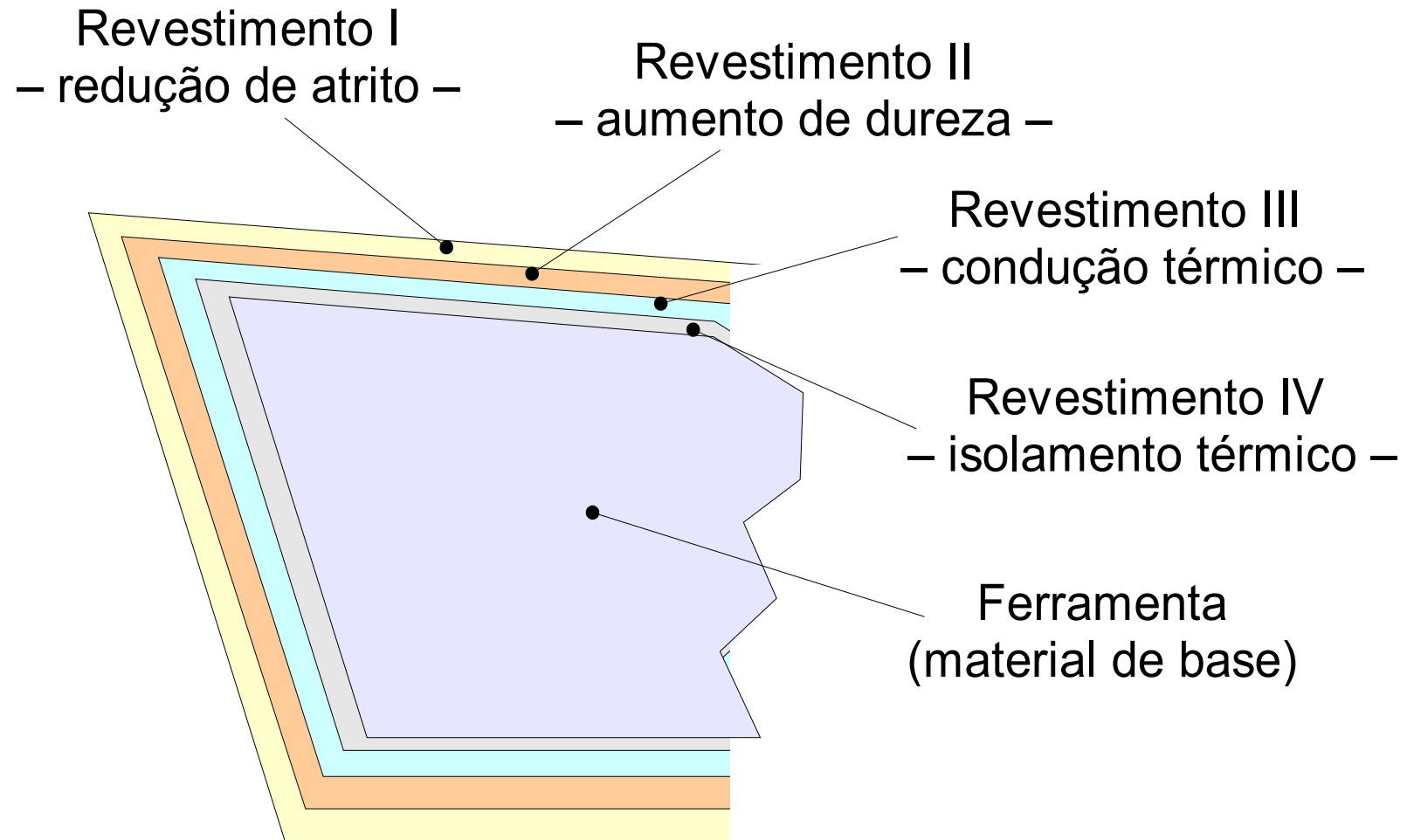


Revestimento de Ferramentas

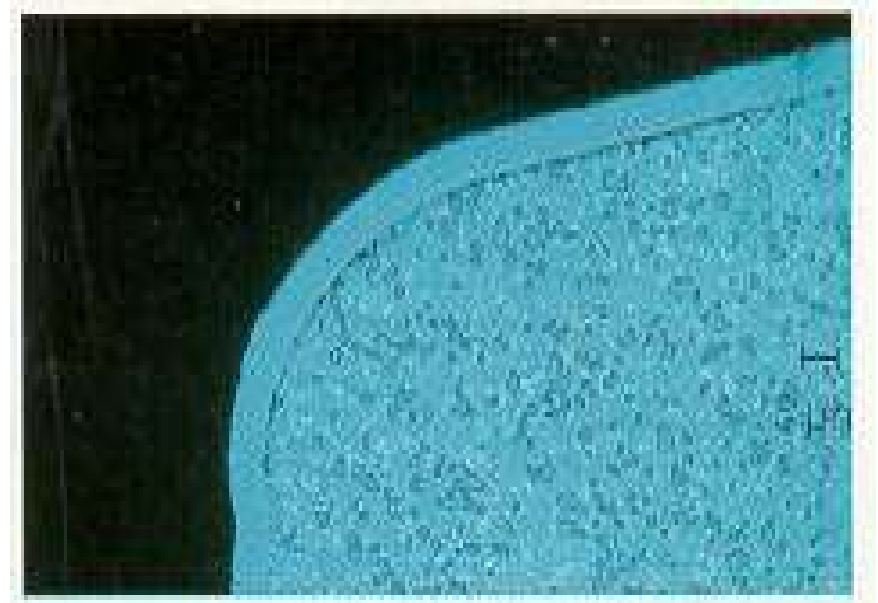
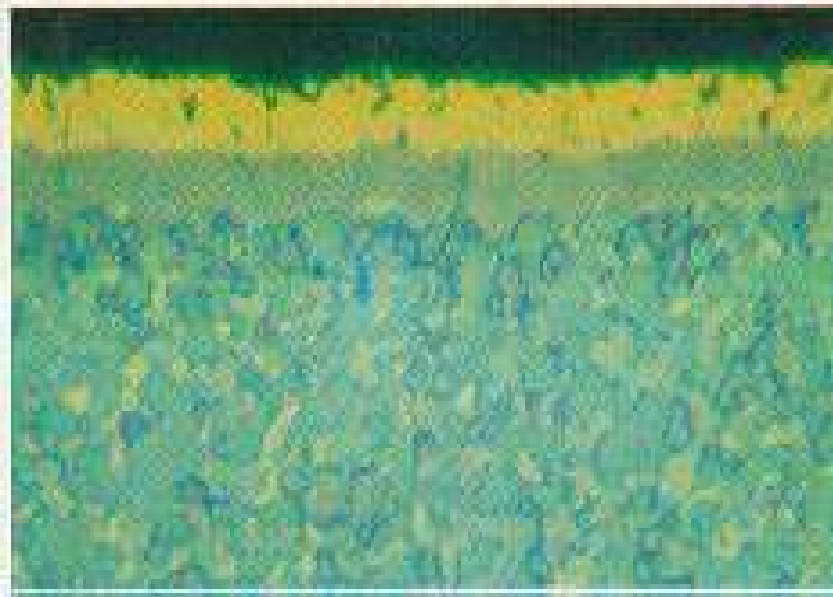
Funções dos revestimentos

- 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



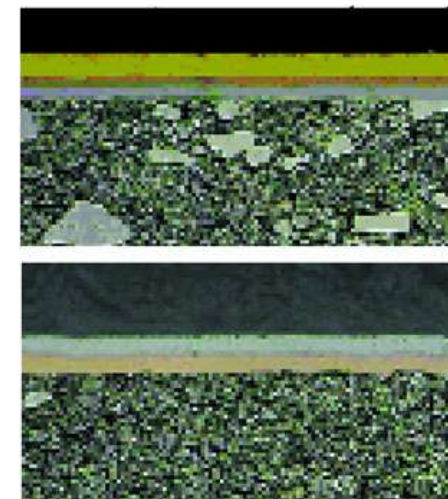
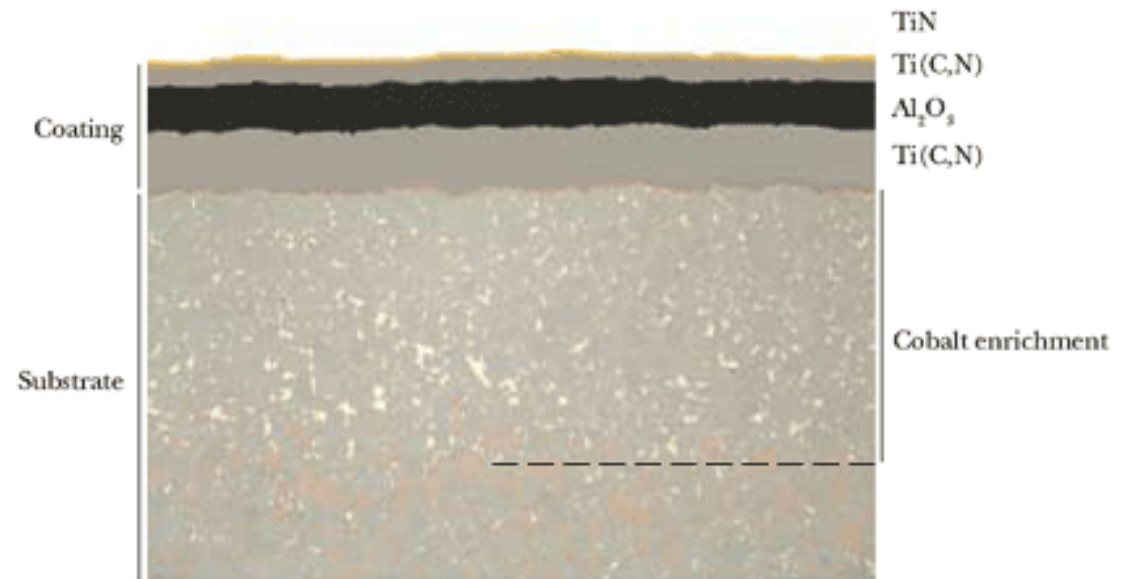
Exemplo de Metais Duros Revestidos



Metais Duros Revestidos

→ Principais revestimentos

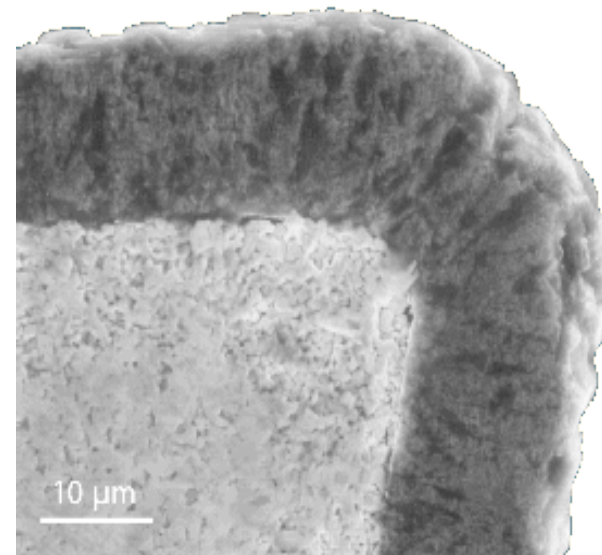
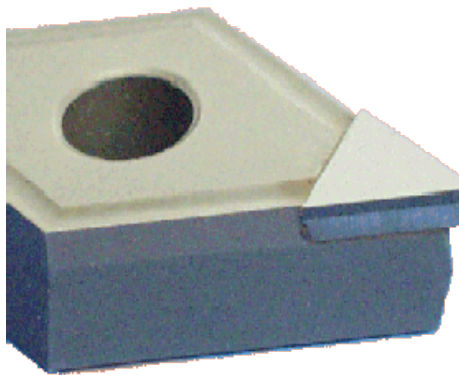
- Carboneto de Titânio (TiC)
- Nitreto de titânio (TiN)
- Carbonitreto de titânio (Ti(C,N))
- Nitreto de alumínio-titânio ((Ti, Al)N)
- Óxido de Alumínio (Al_2O_3)
- Camadas de diamante



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 (Al_2O_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, $\text{Ti}(\text{C}_x\text{N}_y)\text{HfN}$, Al_2O_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
-

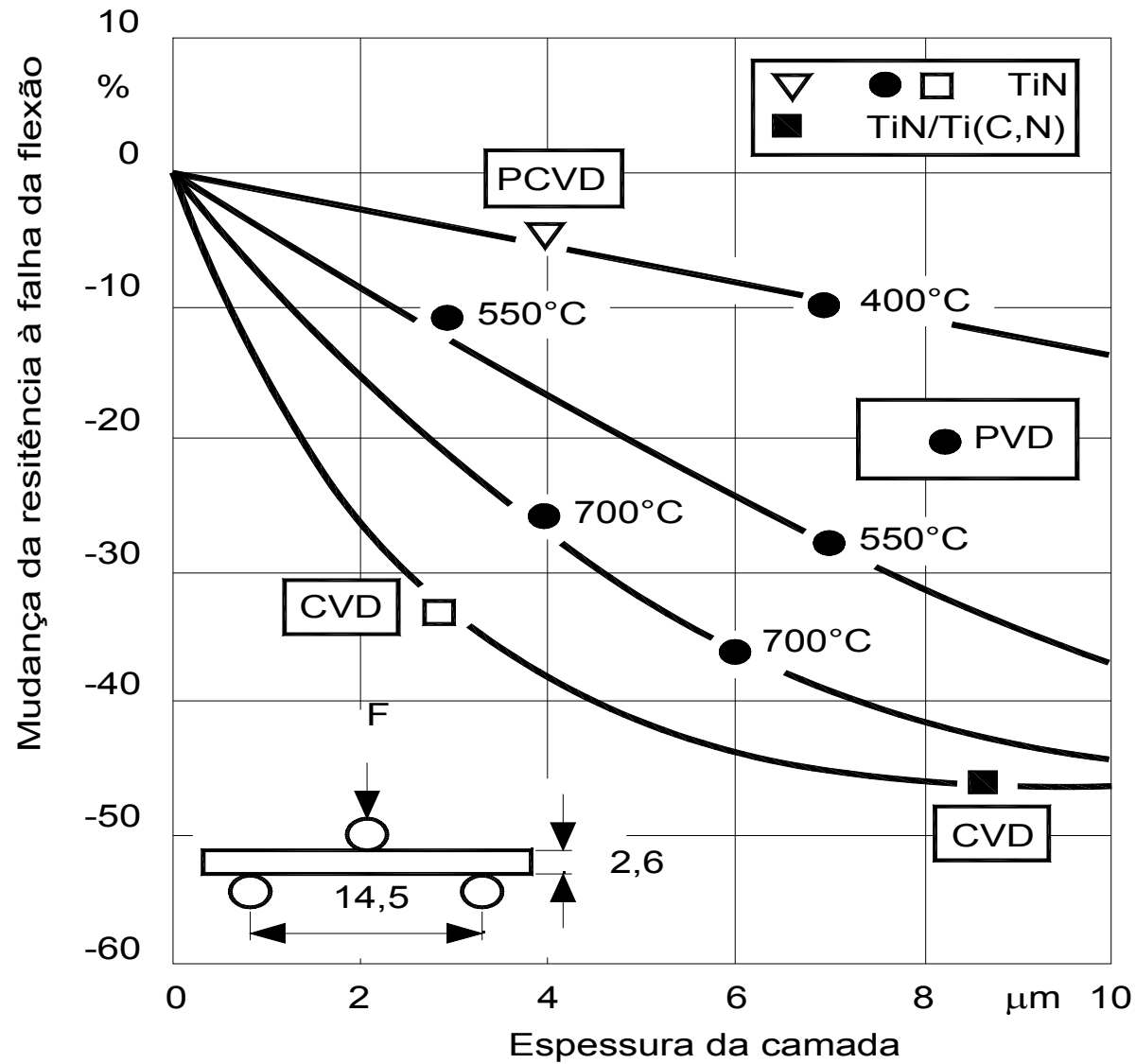
Revestimento de Ferramentas

→ Processo CVD Variações do processo

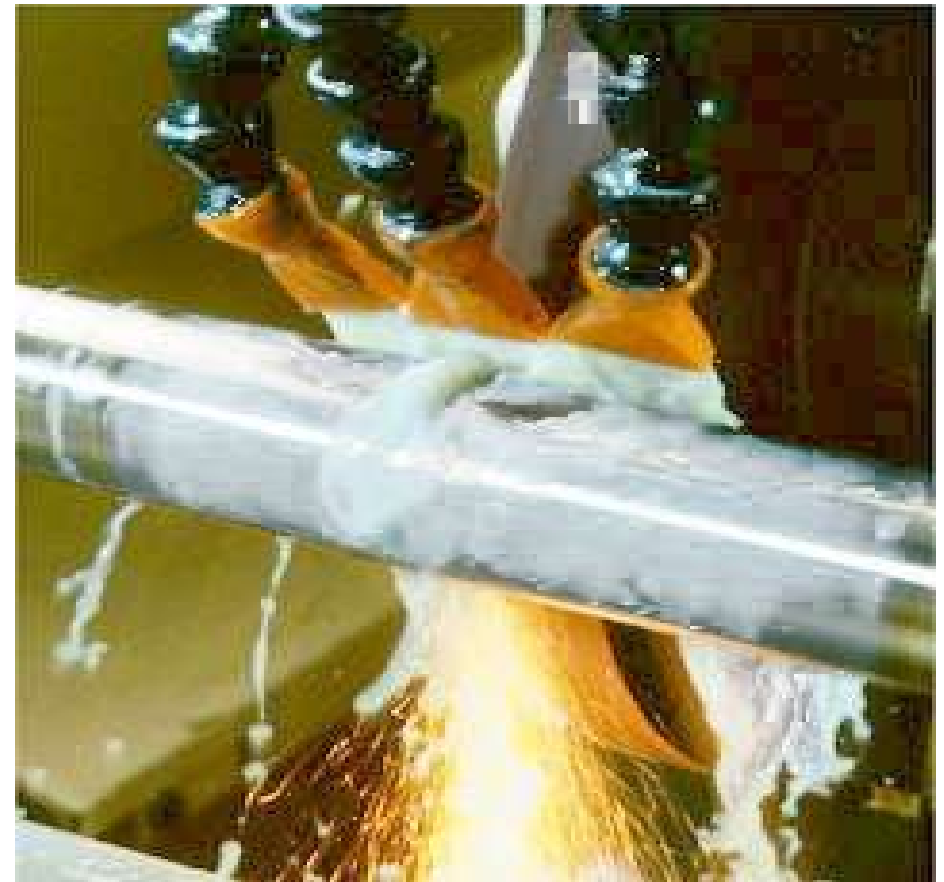
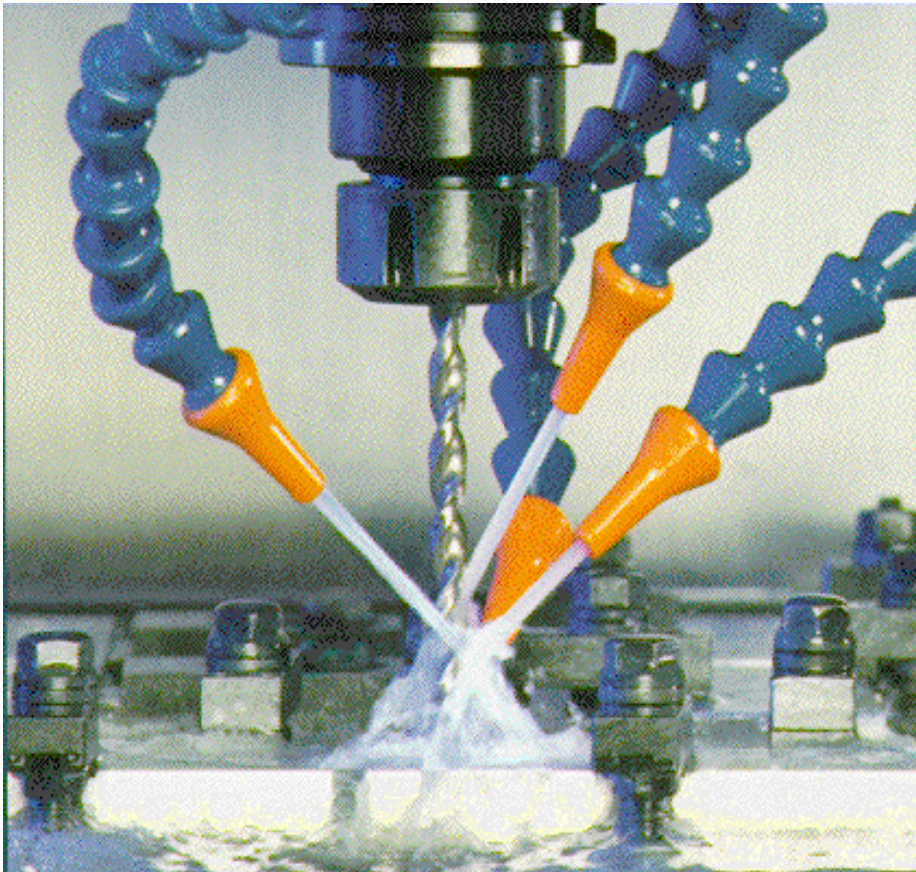
P - CVD (Plasma CVD - 450 - 650 °C)

- 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), Al₂O₃
 - 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?

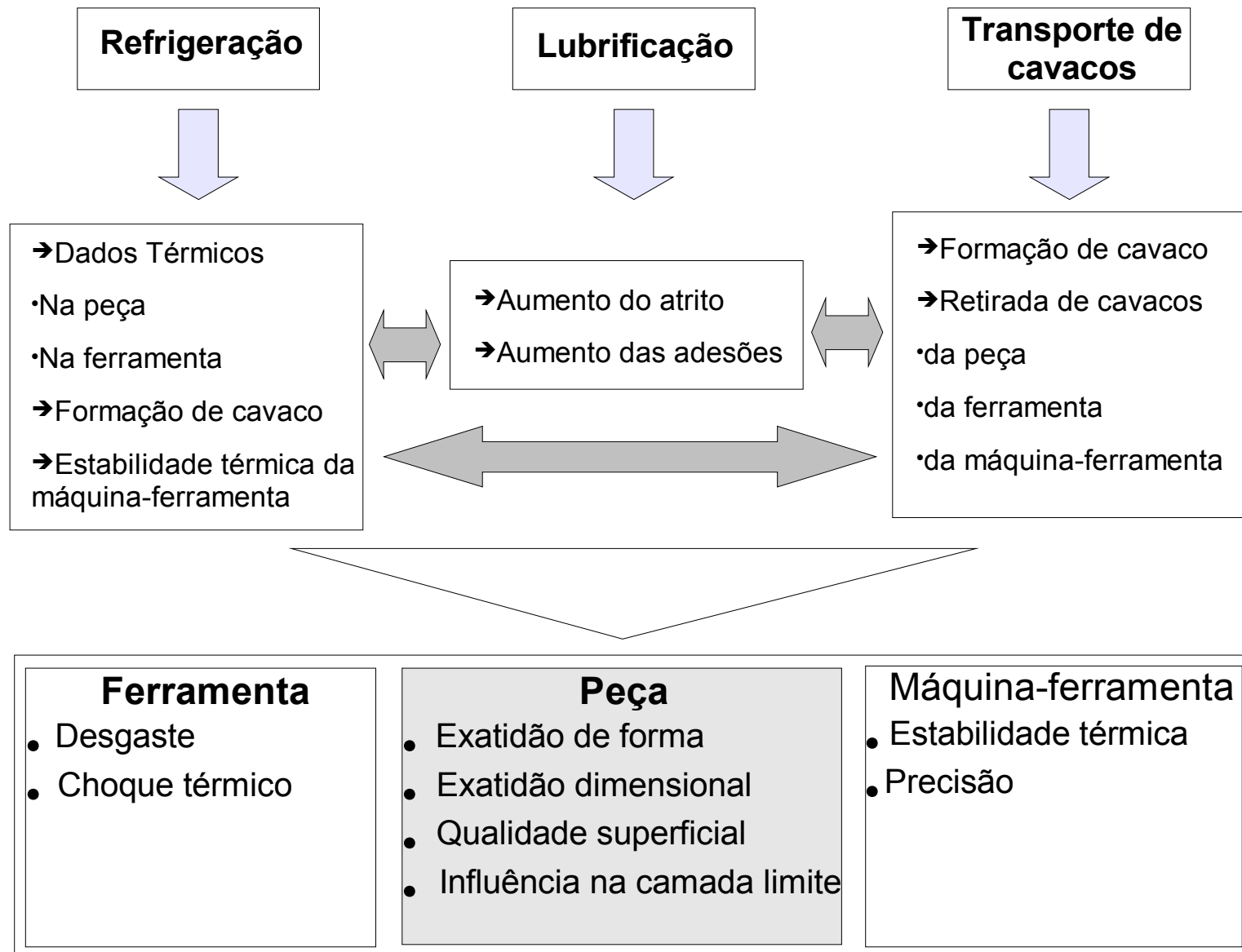
- Custos de manutenção;
 - Legislação ambiental;
 - Quando do emprego de ferramentas que não resistem a choques térmicos (cerâmicas de corte);
 - Reciclagem dos cavacos (operação de limpeza);
 - Contato fluido/operador (problemas de saúde);
-

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

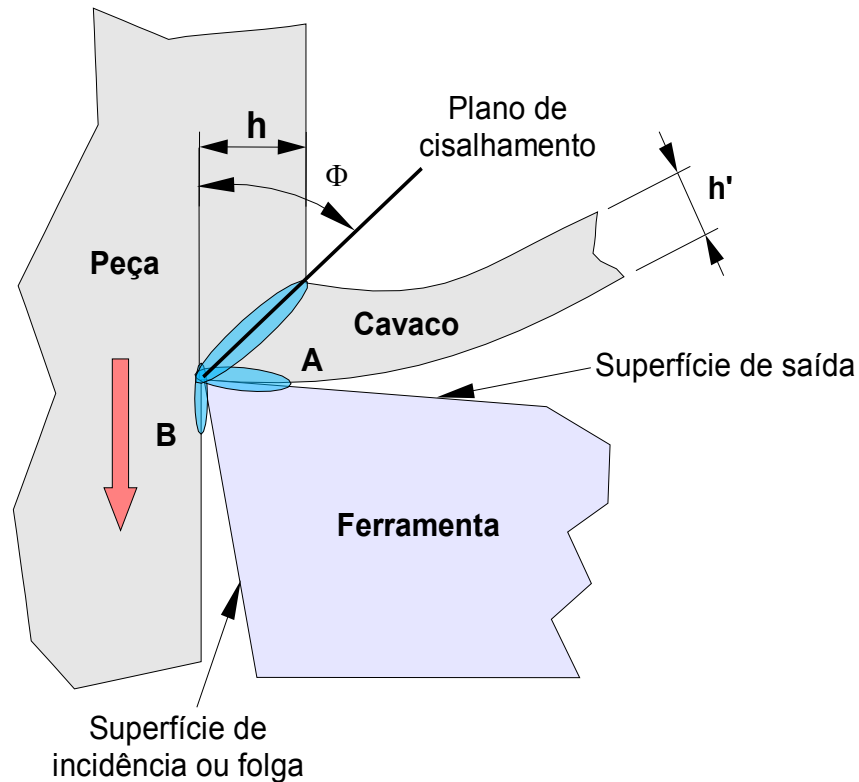
- Água - redução da temperatura
 - Óleos graxos - redução do atrito
 - Óleos minerais - inicialmente na usinagem de latão, ligas não-ferrosas e operações leves com aço
 - Óleos minerais com óleos de toicinho - operações mais severas
 - Surgimento de novos materiais de ferramentas, possibilitando maiores 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)

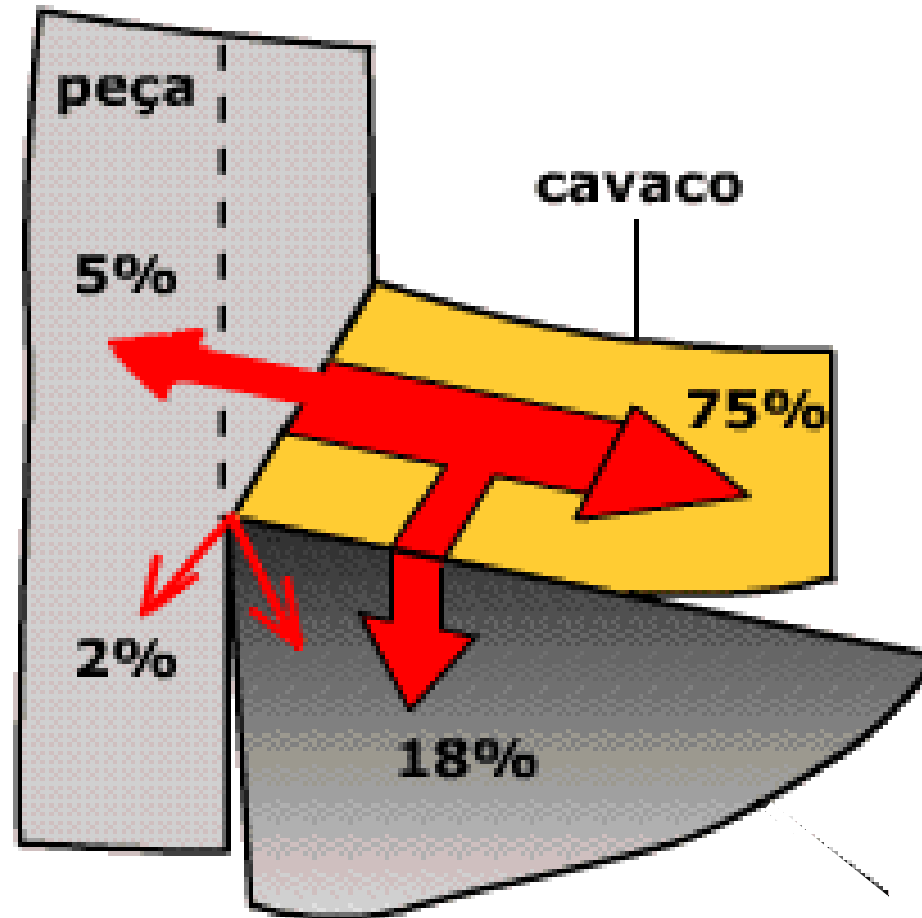
Zona B - diminuição do atrito na interface peça-ferramenta (diminuição do calor gerado)

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



Propriedades dos fluidos de corte

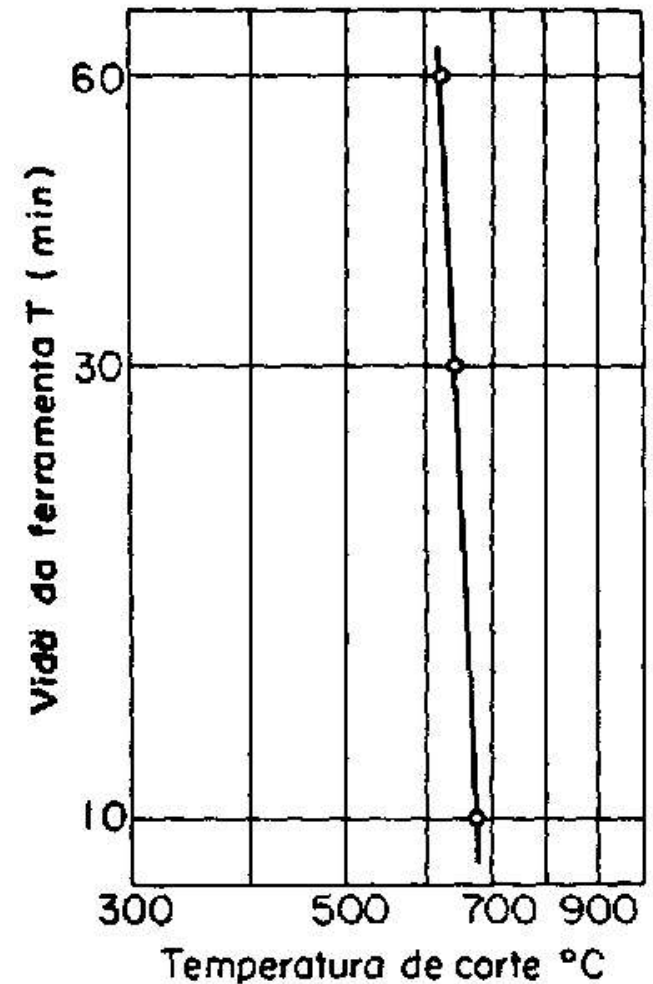
Refrigeração da região de corte



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

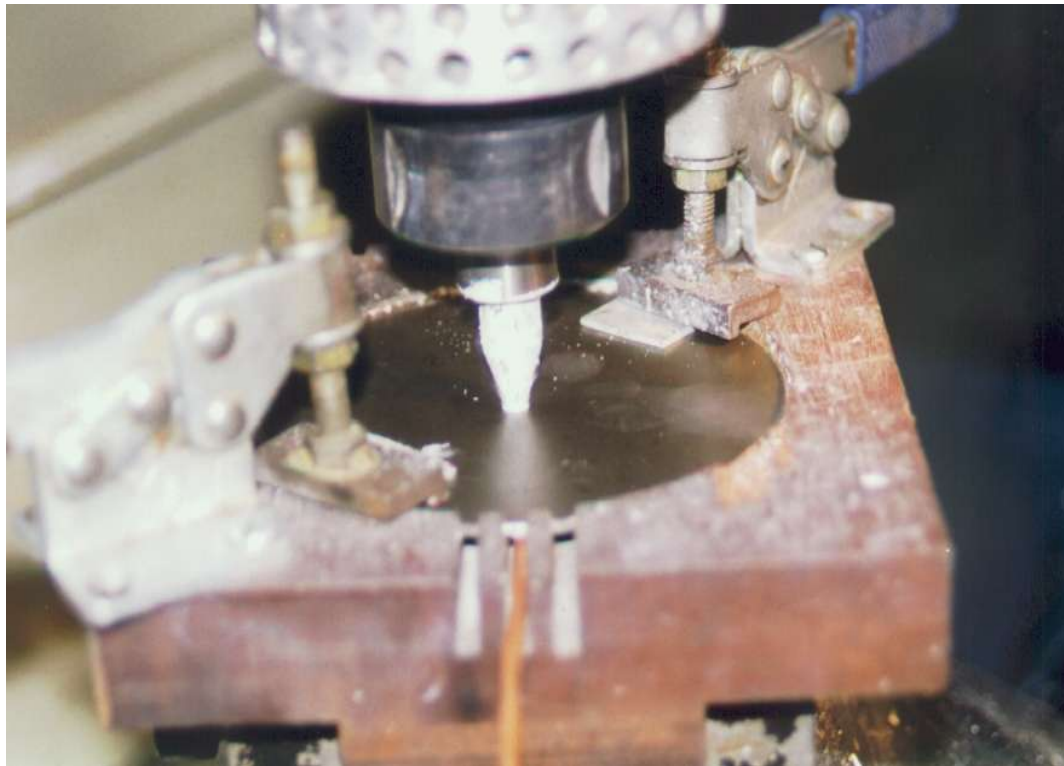
Ar comprimido

- 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

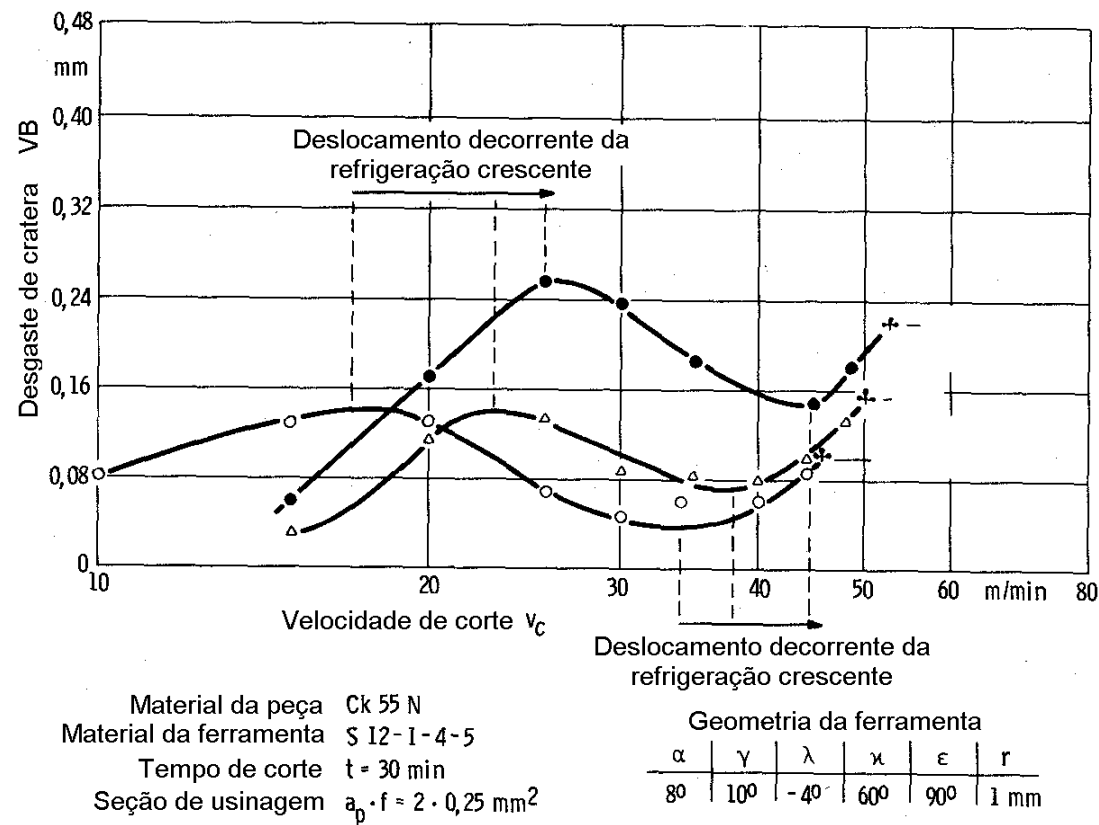
- Desgaste de adesão - efeito de lubrificação - eliminação de pequenos gumes postiços dentro de uma certa faixa de v_c
 - É desejável a formação de graxas resistentes à alta pressão e com baixa resistência ao cisalhamento (aditivos EP)
 - A ação de alguns componentes (enxofre, cloro e fósforo) começa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



Efeitos benéficos do uso de fluidos de corte

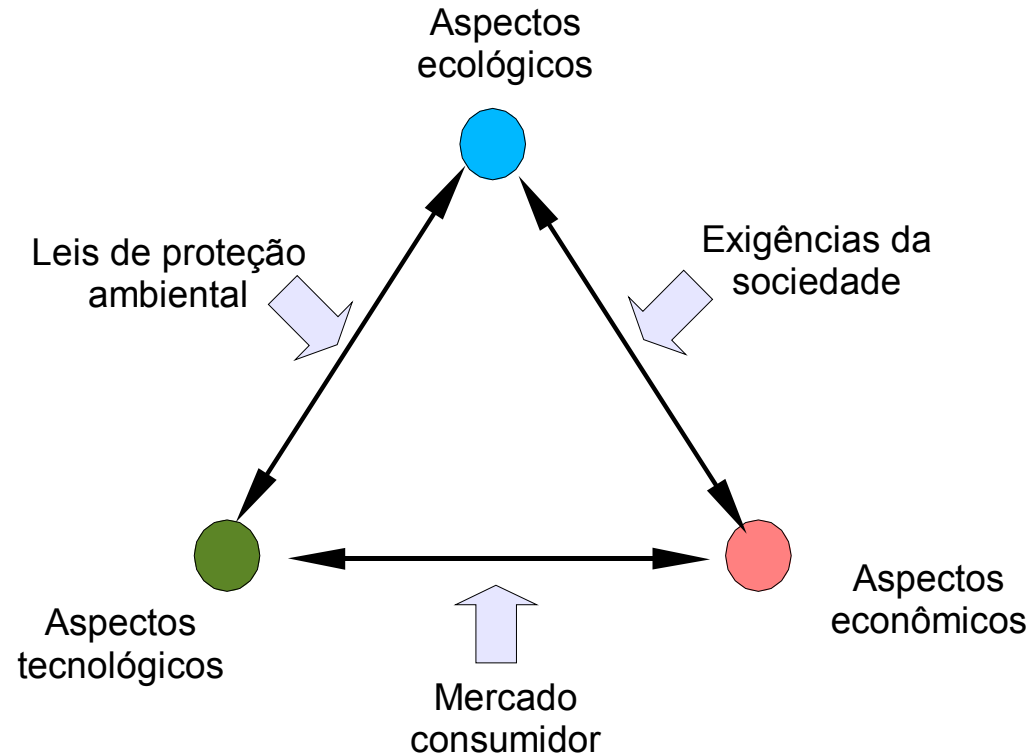
- A emulsão leva a um resfriamento, e conseqüentemente a um aumento da resistência do material
 - Desgaste reduzido - $v_c \text{ máx} \propto \sqrt{VB_{\text{máx}}}$ (percurso total maior)
 - Aumentar a vida com diminuição da temperatura de trabalho (ter condições de temperatura de usinagem no gume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

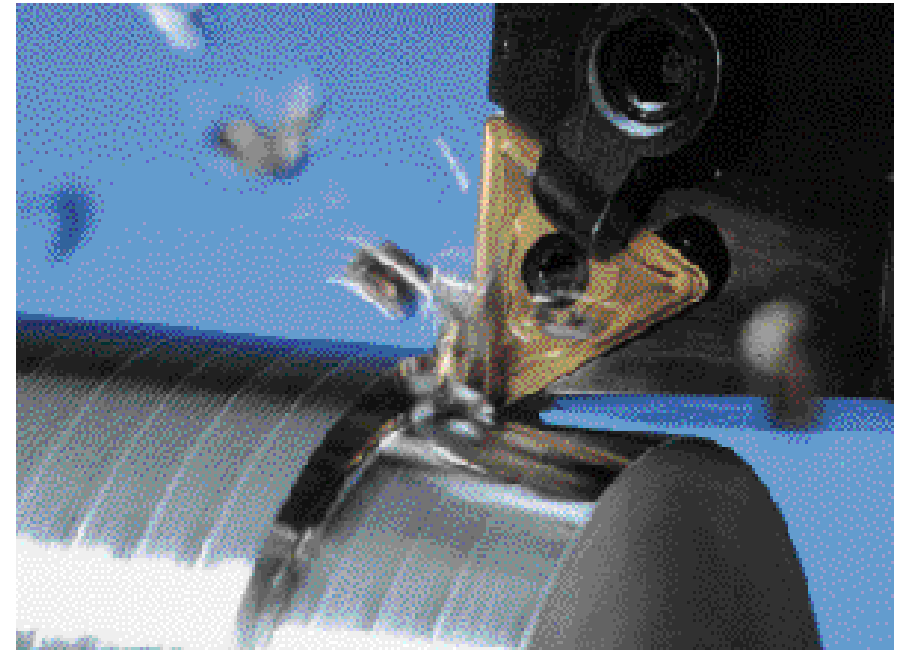
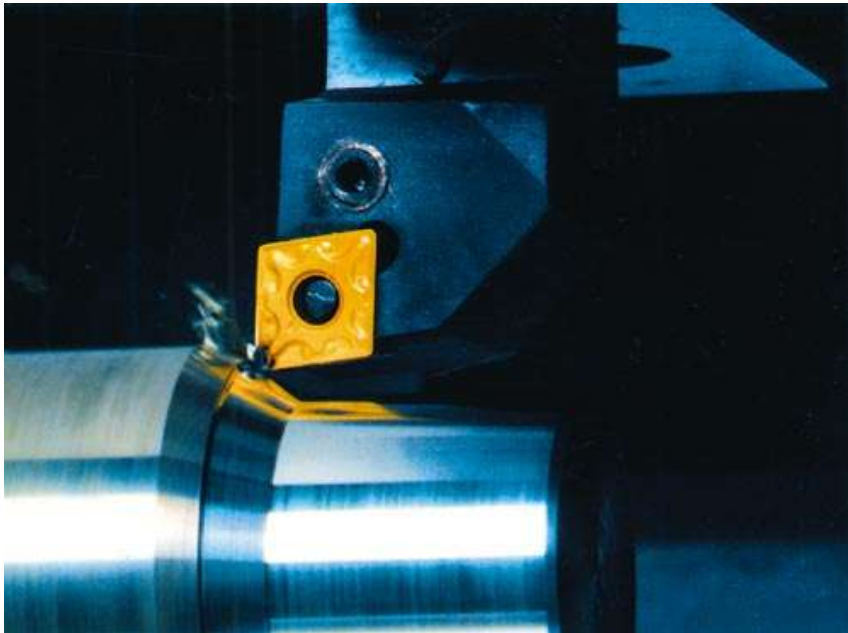
– Usinagem a seco

- 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



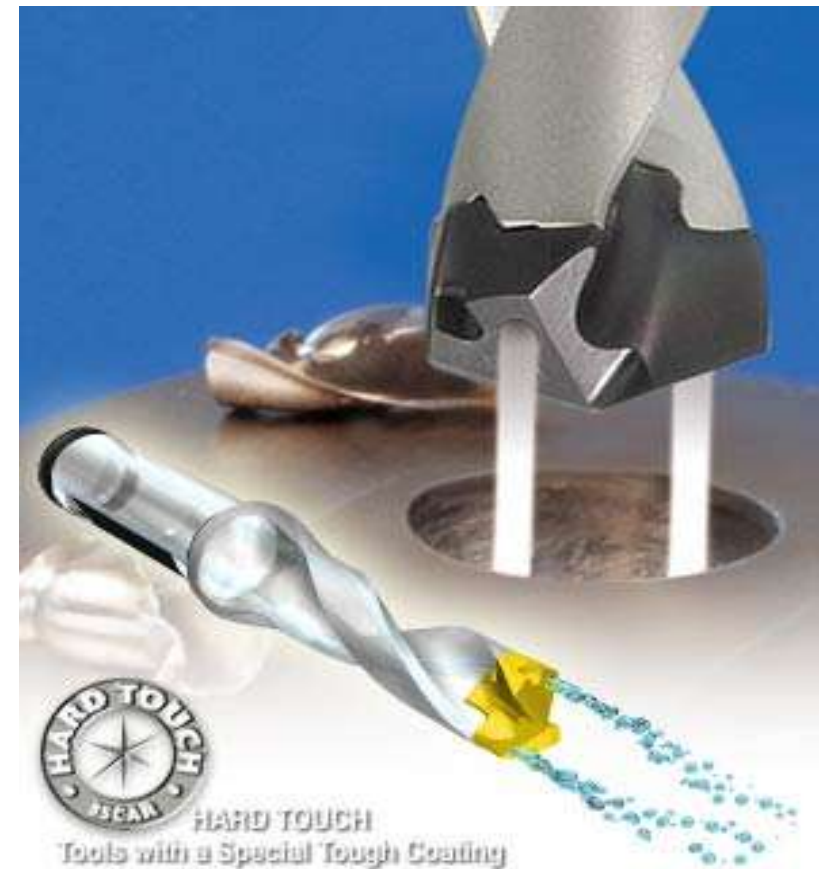
Formas de aplicação

- 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

