

Ligas fundidas

Características

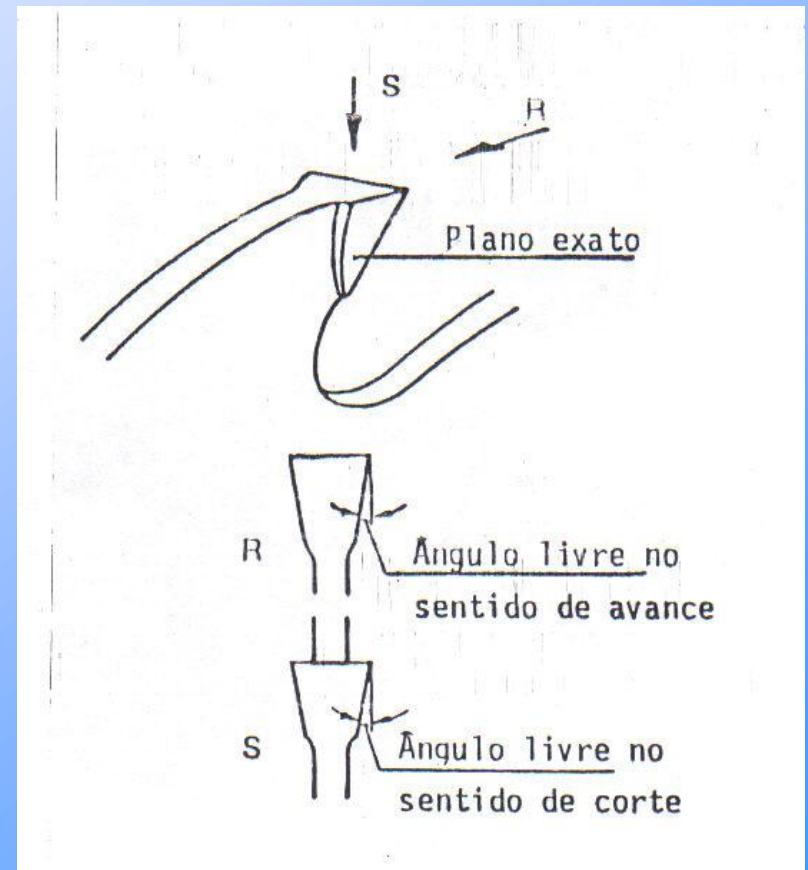
- Composição típica:
 - **3 % Fe**
 - **17 % W**
 - **33 % Cr**
 - **44 % Co**
- Resistem a temperatura entre aproximadamente 700 a 800 °C:
 - **W → Mn, Mo, V, Ti e Ta**
 - **Tratamento térmico complexo**
 - **Preço elevado**

Ligas fundidas

Nomes comerciais: Stellite, Tantung, Rexalloy e Chromalloy

Áreas de aplicação das Ligas Fundidas

- Raro em ferramentas para usinagem de geometria definida
- Material para abrasivos
- Isoladores térmicos, isoladores elétricos
- Fundição de materiais cerâmicos



Sinterização

METALURGIA DO PÓ

A metalurgia do pó é a técnica metalúrgica que consiste em transformar pós de metais, de ligas metálicas e de substâncias não-metálicas, em peças resistentes, sem recorrer-se à fusão, mas apenas pelo emprego de pressão e calor.

*A operação de aquecimento é denominada de **sinterização**.*

Os mais importantes passos no desenvolvimento industrial da técnica foram dados no início do século XX, quando se estudou a possibilidade de fabricação de peças de molibdênio e tungstênio, ditos metais refratários, cujos pontos de fusão são extremamente elevados.

Sinterização

METALURGIA DO PÓ

Produção de ligas duras, a partir de partículas de carboneto de tungstênio aglomeradas com um metal do grupo do ferro (o cobalto), produção de misturas para materiais de contato elétrico, para mancais de lubrificação permanente, para escovas coletoras de corrente e outras, até a época atual, em que praticamente todos os metais e ligas podem ser produzidos pela metalurgia do pó.

MISTURA E COMPACTAÇÃO DE PÓS

A sinterização consiste no aquecimento das peças comprimidas a temperaturas específicas, sempre abaixo do ponto de fusão do metal base da mistura, eventualmente acima do ponto de fusão do metal secundário da mistura, em condições controladas de velocidade de aquecimento, tempo a temperatura, velocidade de resfriamento e atmosfera do ambiente de aquecimento.

A temperatura ideal de sinterização é da ordem de $2/3$ a $3/4$ da temperatura de fusão da liga considerada.

A sinterização é um processo de estado sólido ocorrendo ligação química e metalurgia do pó, no sentido de eliminar ou diminuir a porosidade existente no compactado; formando um corpo coerente provido das propriedades físicas primárias do sinterizado.

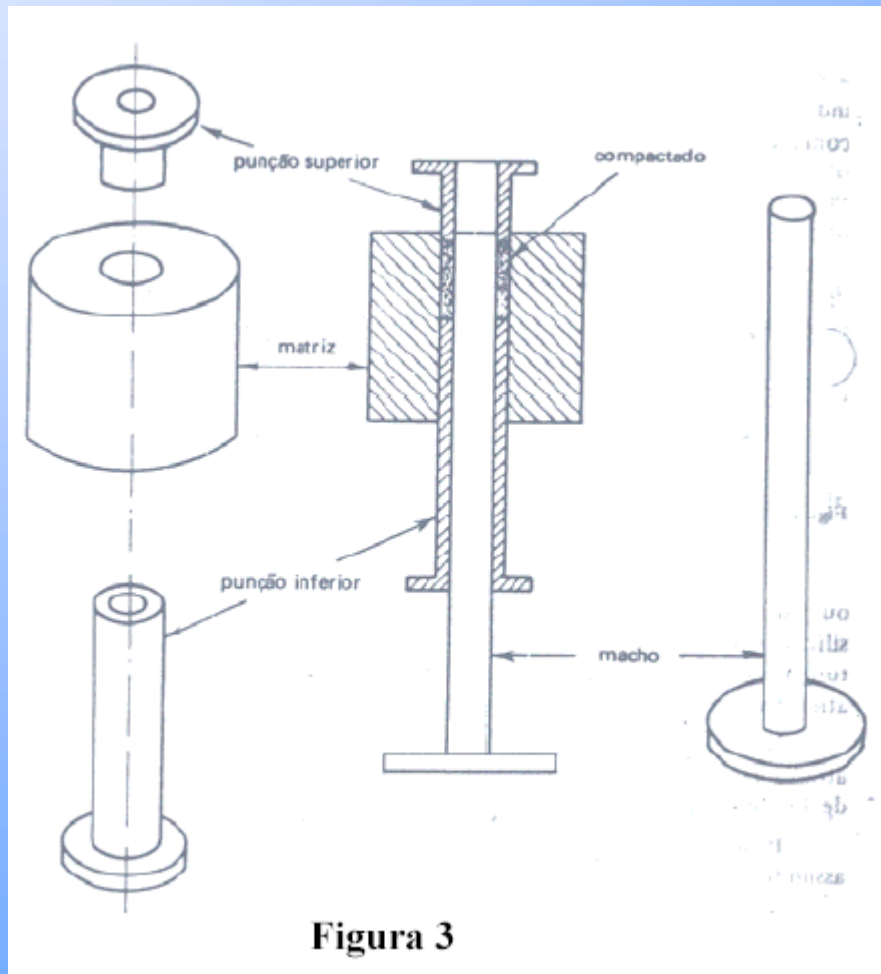
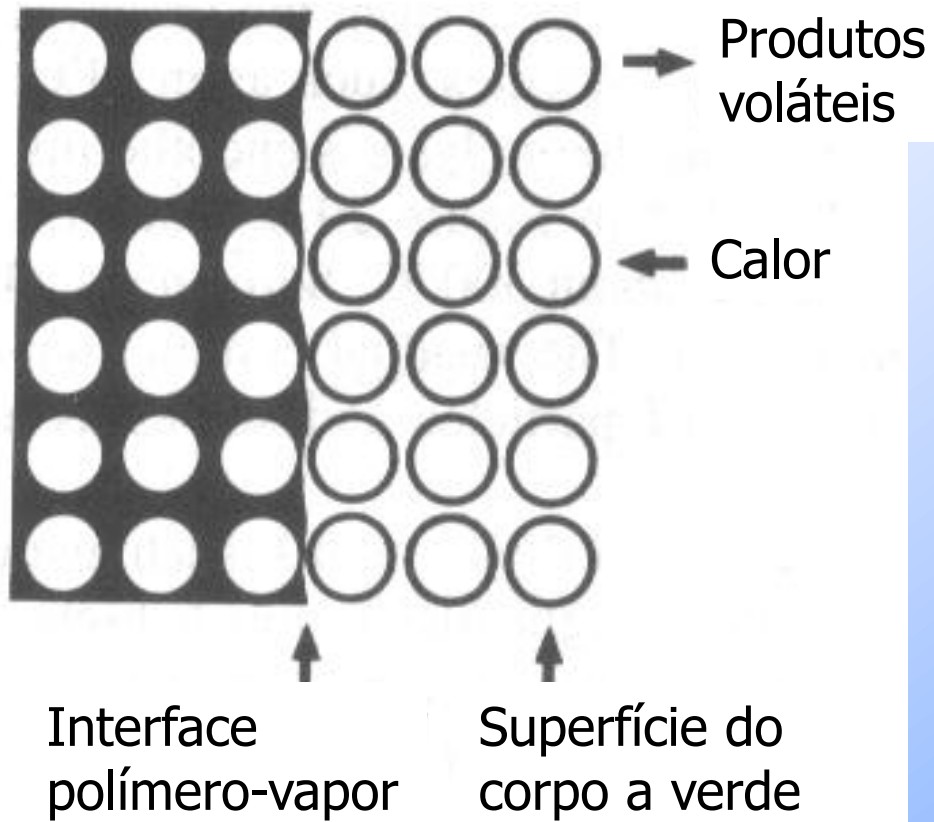
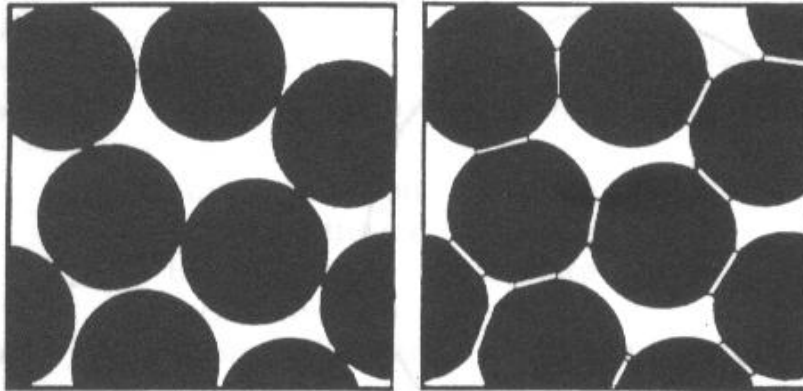


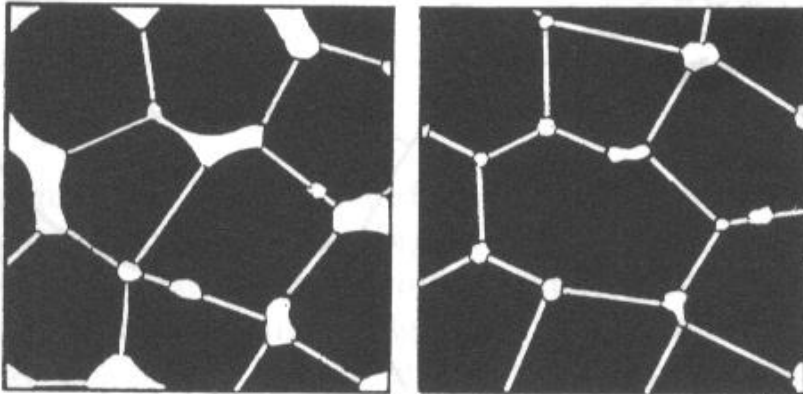
Figura 3

Sinterização no estado sólido: estágios e microestrutura



(a)

(b)



(c)

(d)

- (a) Partículas soltas de pó
- (b) Estágio inicial
- (c) Estágio intermediário
- (d) Estágio final

Aplicações

Entre os produtos que praticamente são exclusivos da metalurgia do pó incluem-se os seguintes:

1. Metais refratários, tais como o W, o Mo e o Ta, impossíveis de serem fabricados por outro processo;
2. **Metal duro** ou carbonetos de metais como W, Ta e Ti, aglomerados com cobalto;
3. Mancais porosos autolubrificantes, de bronze ou ferro, igualmente impossíveis de obter por outros processos.
4. Filtros metálicos de bronze a aço inoxidável;
5. Discos de fricção metálicos, à base de cobre ou ferro, misturados com sustância de alto coeficiente de atrito;
6. Certos tipos de contatos elétricos, W-Ag, W-Cu, Mo-Ag e Mo-Cu;
7. Escovas coletoras de corrente de diversas composições

Metal Duro (*widia*)

Características

- Desenvolvimento 1926 - Leipzig
- Material de ferramenta mais utilizado na indústria
- Indústria automobilística consome cerca de 70% das ferramentas de metal duro produzidas no mundo
- Resistem a temperatura de até aproximadamente 1000°C (mesma dureza que o aço rápido à temperatura ambiente)
- Maiores Vc com relação as ligas fundidas, aços rápidos e aços ferramenta
- Aumento na vida útil das ferramentas na ordem de 200 a 400%

Metal Duro

Características

- Boa distribuição da estrutura
- Boa resistência à compressão
- Boa resistência ao desgaste a quente
- Possibilidade de se obter propriedades específicas
- A princípio utilizado para a usinagem de materiais fundidos
- Anos 70 (século XX)- surgimento de metais duros revestidos
- Primeiros Cermets ® (metais duros à base de TiC)
- Elevadas Vc's -1973

Metal Duro

Composição típica: **81% W**, 6% C e 13% Co – (WC-Co)

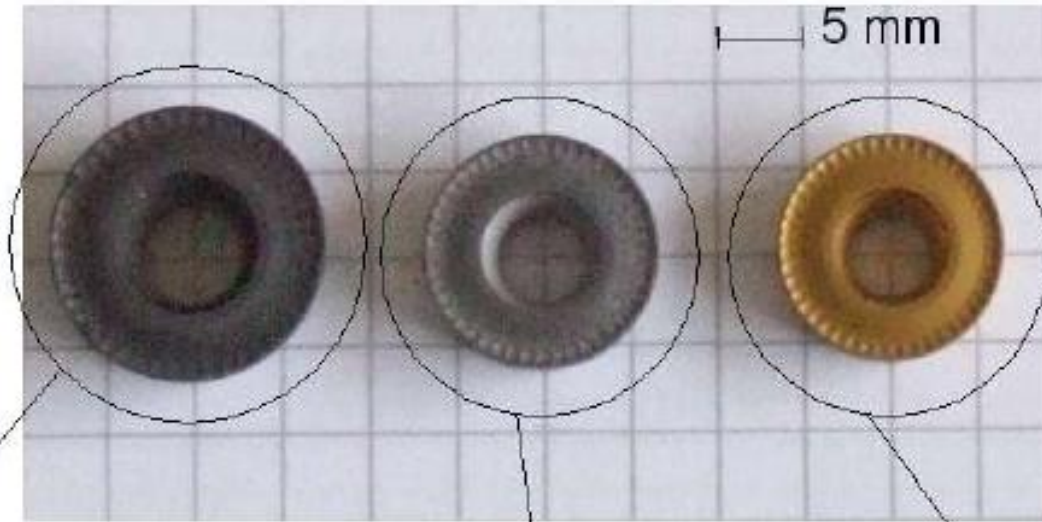
Algumas razões do sucesso deste material:

- Grande variedade de tipos de metal duro (adição de elementos de liga);
- Propriedades adequadas às solicitações em diferentes condições
- Possibilidade de utilização de insertos intercambiáveis
- Estrutura homogênea (processo de fabricação)
- Dureza elevada;
- Resistência à compressão;
- Resistência ao desgaste a quente.

Fabricação do Metal Duro



Fabricação do Metal Duro



Metal duro após a compactação

Metal duro após a sinterização

Metal duro após o revestimento

Metal Duro

Estrutura do Metal Duro

– Carbonetos:

• Fornecem dureza a quente e resistência ao desgaste (WC, TiC, TaC, NbC, ...)

– Ligante metálico:

• Atua na ligação dos carbonetos frágeis (Co ou Ni);
– Obtido por sinterização (ligante + carbonetos)

Metal Duro - Widia

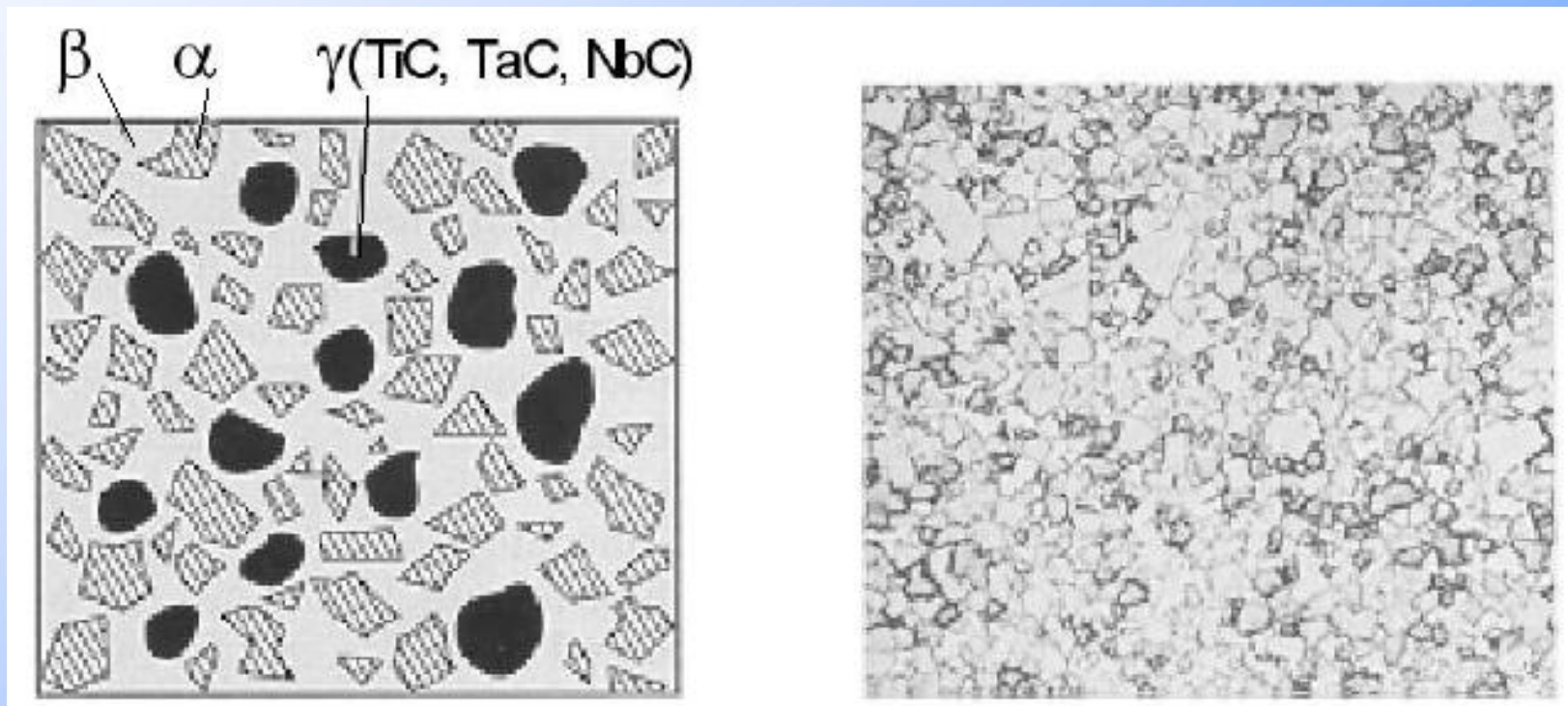
Estrutura do Metal Duro

onde:

a = carbonetos de tungstênio

b = cobalto

g = carbonetos de titânio, tântalo e nióbio



Metal Duro

Propriedades dos componentes do Metal Duro

Carboneto de tungstênio (WC)

- Solúvel em Co \pm alta resistência de ligação interna e de gume
- Boa resistência ao desgaste abrasivo (melhor que TiC e TaC)
- Limitações de vc's devido à tendência à difusão em temperaturas elevadas

Carboneto de Titânio (TiC)

- Baixa tendência à difusão
- Boa resistência à quente
- Os metais duros com alto teor de TiC são frágeis

Metal Duro

Nitreto de titânio (TiN)

- Componente de maior influência nas propriedades dos Cermets
- Menor solubilidade no aço
- Maior resistência à difusão que o TiC
- Alta resistência ao desgaste
- Estrutura de grãos finos

Cobalto (Co)

- Melhor metal de ligação para metais duros com base em WC
- Boa solubilidade do WC
- Bom ancoramento dos cristais de WC

Classificação dos Metais Duros

– Grupo P

Alta resistência a quente

Pequeno desgaste abrasivo

Empregado para usinagem de aços com cavacos longos

– Grupo M

Média resistência a quente

Média resistência à abrasão

Para aços resistentes a altas temperaturas, aço inoxidável, aços resistentes à corrosão

– Grupo K

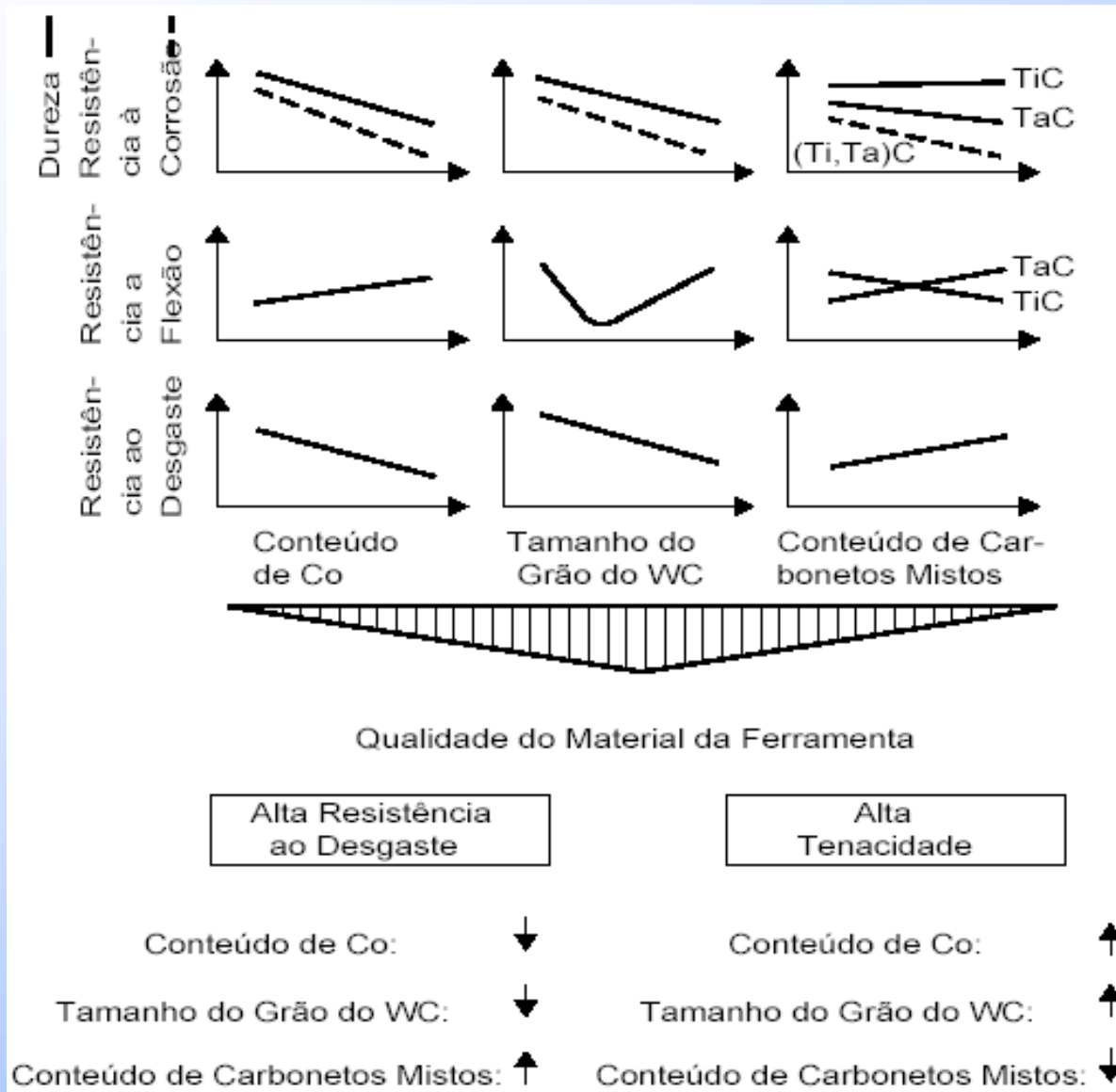
Pouca resistência a quente

Alta resistência ao desgaste

Usinagem de materiais com cavacos curtos, metais não ferrosos, materiais não metálicos

Compostos praticamente somente por WC e Co (pequenas quantidades de TiC, TaC e NbC)

Metal Duro - Grandezas de influência sobre a resistência



Classificação dos Metais Duros

Metais duros à base de WC-Co

Alta resistência à compressão

Aconselháveis para a usinagem de aço mole, materiais de cavaco curto, fundidos, não ferrosos, materiais resistentes ao calor e não metálicos como pedra e madeira

Metais duro à base de WC- (Ti, Ta, Nb)C-Co

Comparados aos metais duros WC-Co possuem melhores propriedades sob altas temperaturas

Aconselháveis para usinagem de aços de cavacos longos

Classificação dos Metais Duros

Metais duros à base de TiC-TiN-Co, Ni (Cermets)

• Grande dureza, baixa tendência à difusão e à adesão, boa resistência a quente

• Apropriados para o acabamento de aços (torneamento e fresamento)

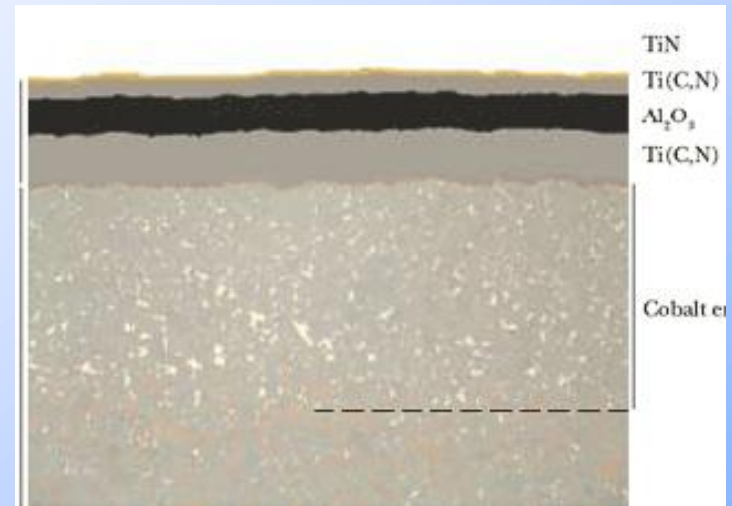
Metais Duros Revestidos

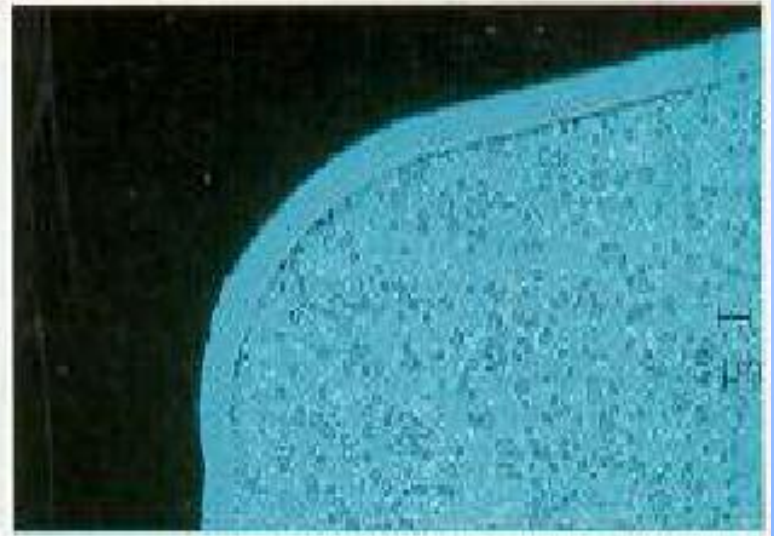
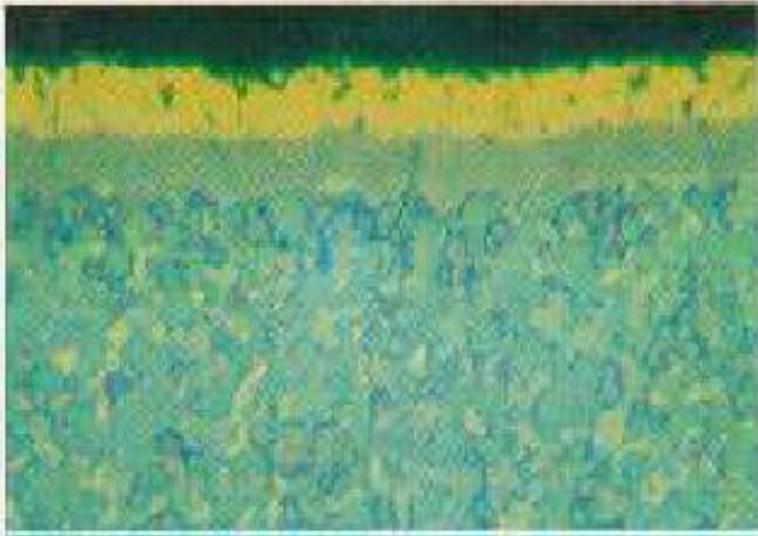
- Substrato tenaz com revestimento duro (TiN, TiAlN, TiCN), combinando-se alta resistência a choques com alta resistência a desgaste (maior vida de ferramenta).
- É freqüente a deposição de várias camadas
- Processos de revestimento
 - CVD (chemical vapour deposition)
 - PVD (physical vapour deposition)
- Exigências aos revestimentos
 - Espessura regular da camada sobre a face e flancos
 - Composição química definida
 - Possibilidade de fabricação em grandes lotes

Metais Duros Revestidos

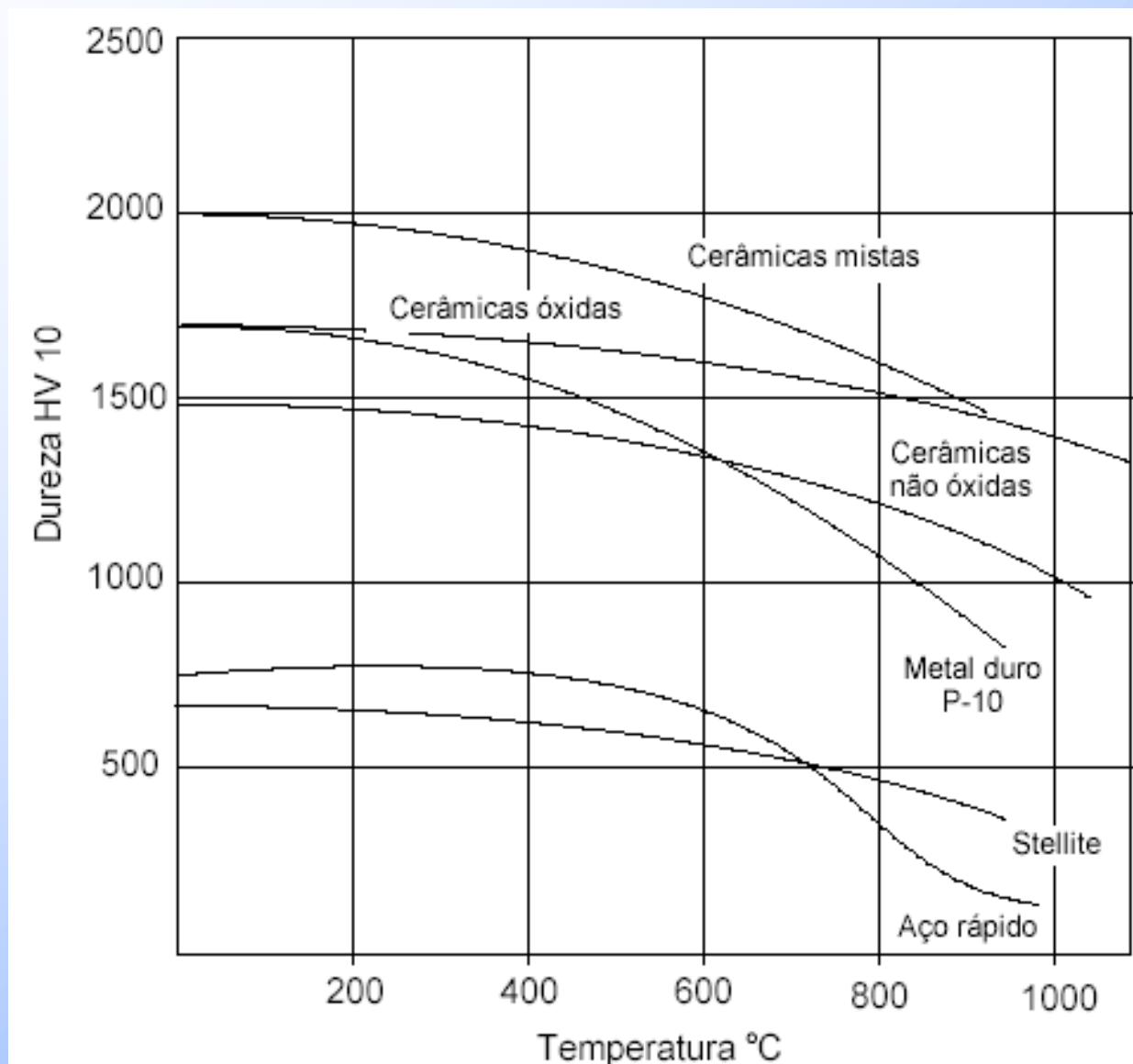
Principais revestimentos

- Carboneto de Titânio (TiC)
- **Nitreto de titânio (TiN)**
- Carbonitreto de titânio (TiCN))
- Nitreto de titânio alumínio (TiAlN)
- Óxido de Alumínio (Al_2O_3)
- Camadas de diamante





Dureza a Quente de Diversos Materiais de Ferramentas



Nitro de Boro – CBN

Características

- Forma mole - hexagonal (mesma estrutura cristalina do grafite)
- Forma dura - cúbica (mesma estrutura do diamante)
- *Wurtzita* - simetria hexagonal (arranjo atômico diferente do grafite)
- Fabricação de Nitreto de boro hexagonal através de reação de halogêneos de boro com amoníaco
- Transformação em nitreto de boro cúbico através de altas pressões (50 a 90 kbar) e temperaturas 1800 a 2200 K



Diamante

Características

- Material de maior dureza encontrado na natureza
- Pode ser natural ou sintético
- Monocristalino (anisotrópico) ou policristalino (isotrópico)

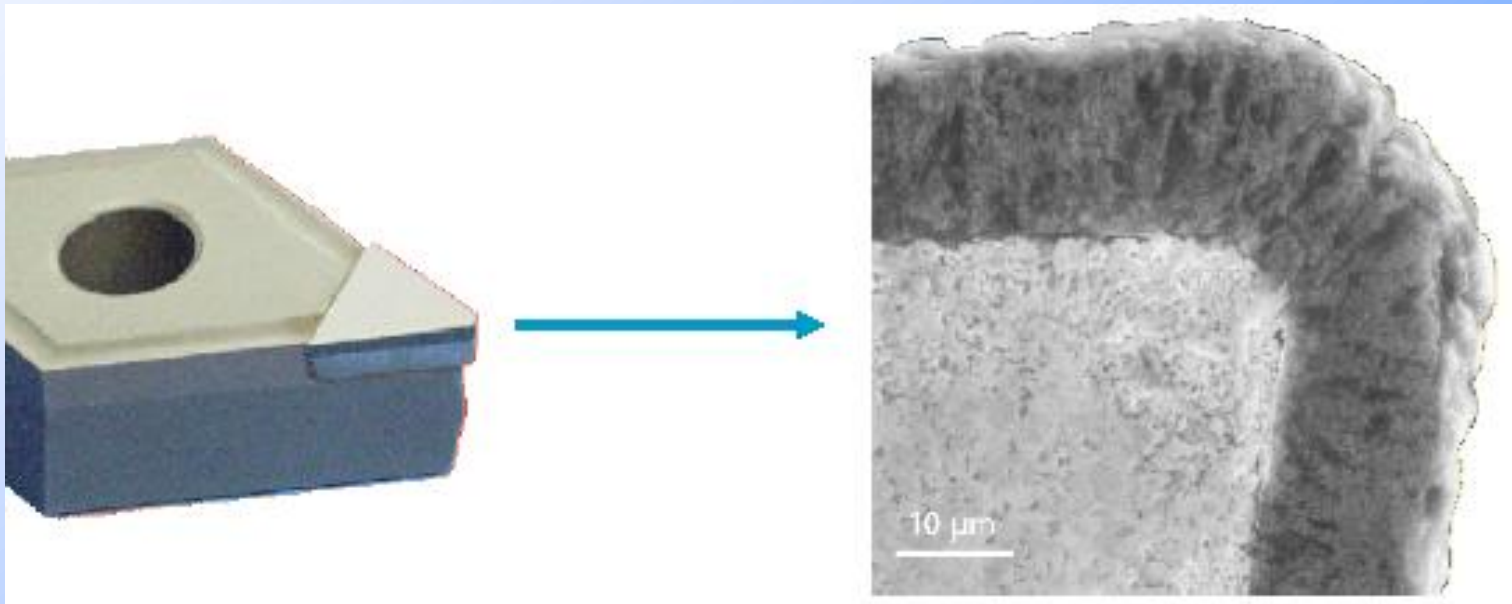
– Diamante policristalino PKD

- Primeira síntese em 1954 (GE)
- Síntese sob 60 a 70 kbar, 1400 a 2000 °C
- Cobalto é usado como ligante
- Substitui metal-duro e diamante monocristalino, em alguns casos

Diamante

Formas de utilização

- policristalino PKD - aglomerado de diamantes
- monocristalino
- revestimento



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

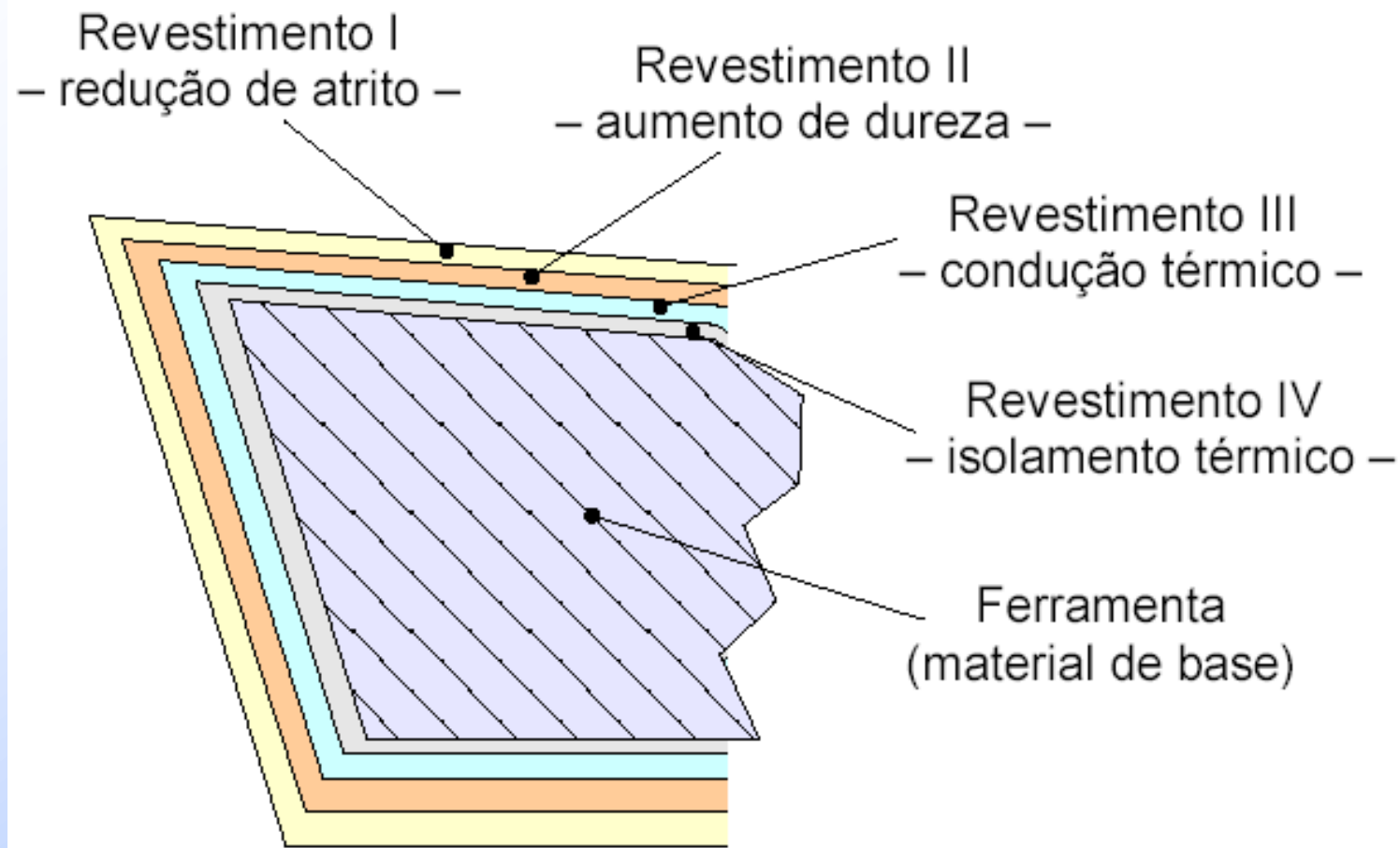
Processos de revestimentos de ferramentas

Dois processos básicos

• Processo CVD – Deposição Química de Vapor

• Processo PVD – Deposição Física de Vapor

Revestimento de Ferramentas



Revestimento de Ferramentas

Nitreto de titânio alumínio ((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

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