

## Introdução

Propriedades que um material de ferramenta de corte deve apresentar:

- Alta dureza;
- Tenacidade suficiente para evitar falha por fratura;
- Alta resistência ao desgaste;
- Alta resistência à compressão;
- Alta resistência ao cisalhamento;
- Boas propriedades mecânicas e térmicas à temperaturas elevadas;
- Alta resistência ao choque térmico;
- Alta resistência ao impacto;
- Ser inerte quimicamente.

## **Evolução dos materiais de ferramenta**

- Aço ferramenta (1868)
- Aço rápido (1900)
- Stellite (1910)
- Metal duro (1926)
- Cerâmicas (1938)
- Nitreto de boro cúbico (década de 50)
- Diamante mono e policristalino (década de 70)

# Usinagem – Material de Ferramentas

## Introdução

1. Aço Carbono
  - Comum
  - com elementos de liga (V, Cr)
2. Aço Semi-Rápido (Baixo W)
3. Aço Rápido (Podem ser fundidos ou fabricadas pela Metalurgia do Pó)
  - sem revestimento
  - com revestimento
4. Aço Super-Rápido (Elevado teor de V)
5. Ligas Fundidas
6. Metal Duro (Podem ser com ou sem revestimento)
 

Classes:

  - P
  - M
  - K
7. Cermets (Podem ser com ou sem revestimento)
8. Cerâmicas
  - Com e sem revestimento
  - A base de  $\text{Si}_3\text{N}_4$
  - A base de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  } SIALON
    - Pura
    - com adições
      - $\text{ZrO}_2$  (branca)
      - TiC (preta ou mista)
      - SiC (whiskers)
9. Ultraduros
  - CBN – PCBN
  - PCD
10. Diamante Natural

Aumento de dureza e resistência ao desgaste

Aumento de tenacidade

# Usinagem – Material de Ferramentas

## Introdução

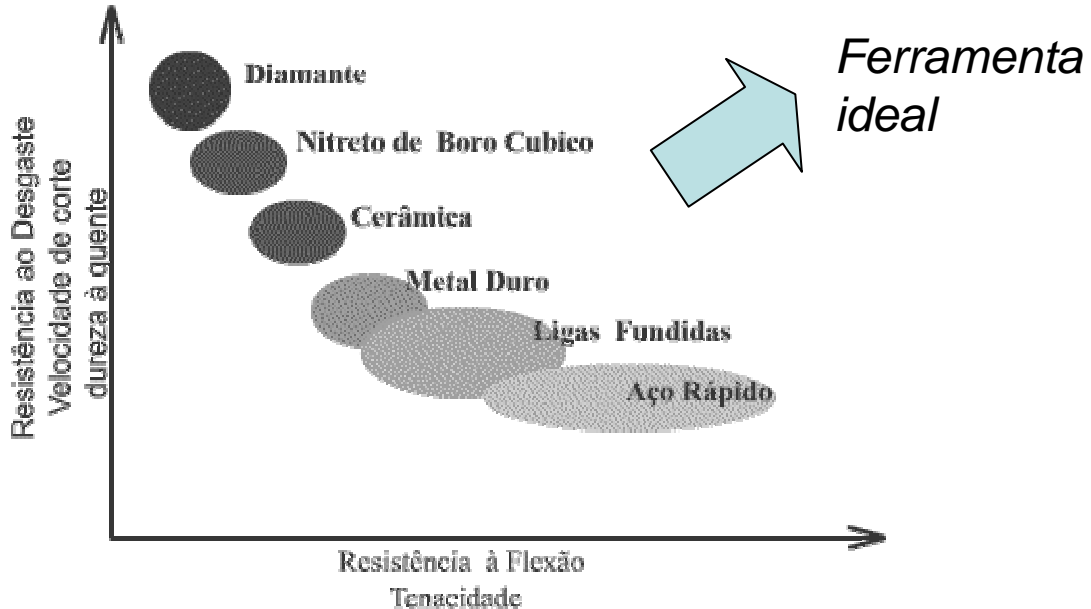


Figura - Comparação dos materiais para ferramentas de corte

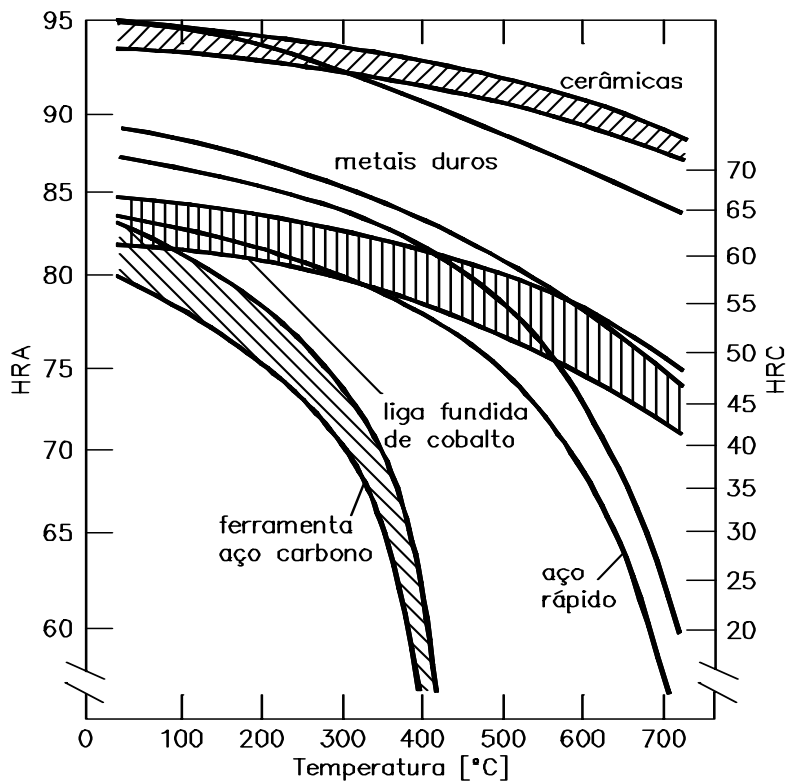


Figura - Variação da dureza de alguns materiais de ferramentas de corte com a temperatura.

# Usinagem – Material de Ferramentas

## Introdução

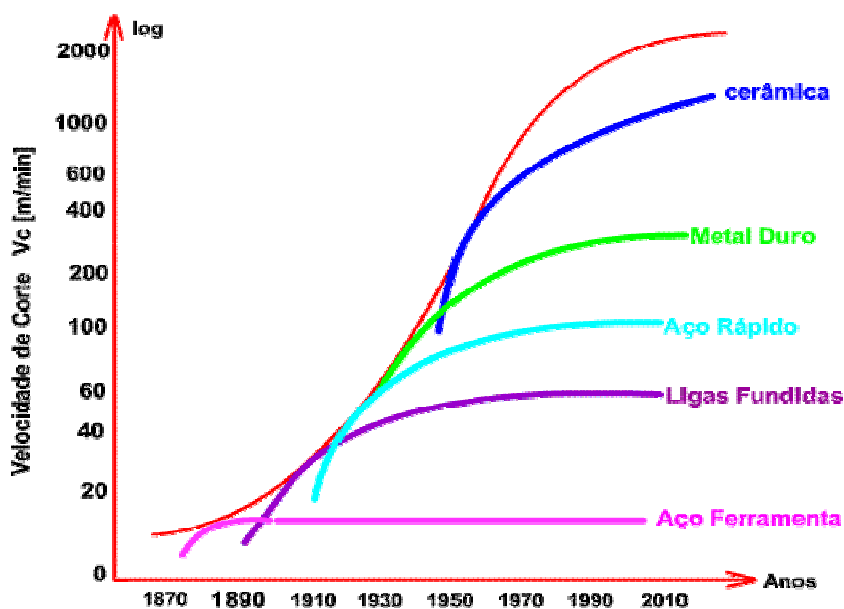


Figura – Evolução da velocidade de corte

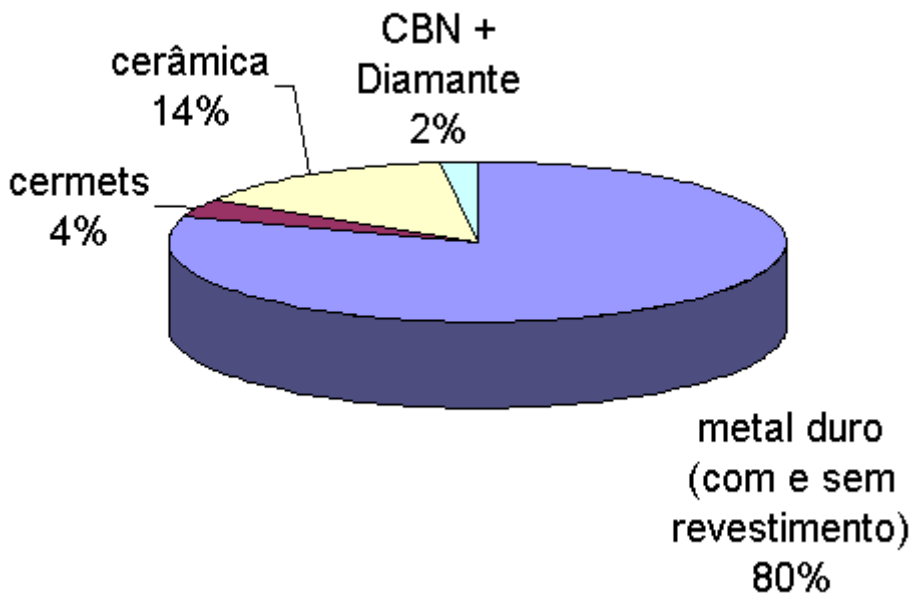


Figura – Aplicação dos materiais de ferramentas na indústria automobilística

# Usinagem – Material de Ferramentas

## 1. Aço carbono

- Principal material utilizado até 1900
- Teor de carbono de 0,8 a 1,5 %
- Baixo custo
- Utilizados em baixíssimos vc, no ajuste de peças.
- Resistem a temperatura de até aproximadamente 250°C
- Atualmente restrito a limas e machos manuais
- Facilidade de afiação – obtenção de gumes vivos
- Tratamento térmico relativamente simples (elevada dureza e resistência ao desgaste)
- Aço ferramenta: adição de elementos de liga, que permitem temperaturas de usinagem de até 400° C (brocas de uso doméstico, machos, ferramentas para carpintaria, etc.)

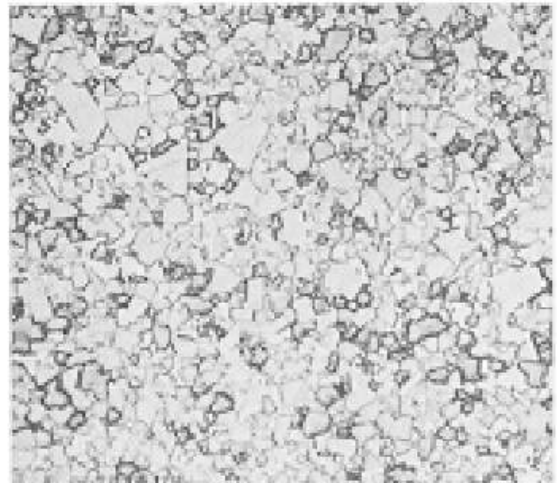
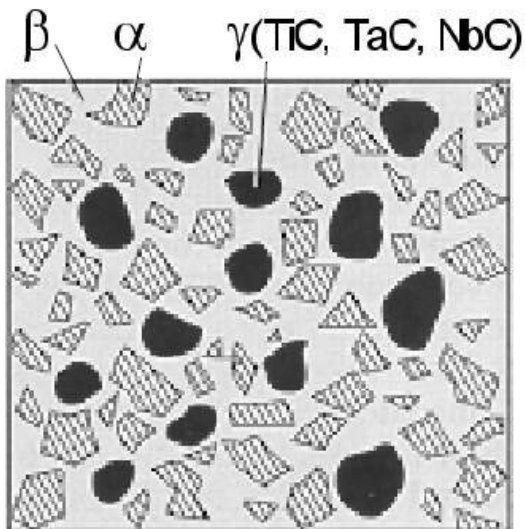
## 2. Aço Rápido

- O 1° grande impulso para materiais para ferramentas de corte.
- Desenvolvido por Taylor e apresentado publicamente em 1900 na exposição mundial de Paris.
- São indicados para operações de baixa e média vc, dureza a quente até 600° C
- Dureza de 60 a 67 HRC
- A dureza deste material é conseguida através da adição de elementos de liga e de tratamentos térmicos
- Seus elementos de ligas são o W, Cr e V. (Clássico 18%W + 4%Cr + 1%V)
- Aço super rápido com adição de Co e Mo
- Aumento no teor de elementos de liga:
  - Maior produtividade destes materiais;
  - Aumento na resistência ao desgaste;
  - Aumento na vida das ferramenta;
  - Torna-se mais difícil a fabricação deste material;
  - Maiores custos de produção

# Usinagem – Material de Ferramentas

## 3. Metal Dura (WIDIA)

- O 2º grande impulso (surgiram em 1927)
- Material de ferramenta mais utilizado na indústria
- Resistem a temperatura de até aproximadamente 1000°C (mesma dureza que o aço rápido à temperatura ambiente)
- Formados por carbeto sinterizados com metais (Co, Ni) (Composição típica: 81%W, 6% C e 13%Co)



onde:

$\alpha$  = carbonetos de tungstênio

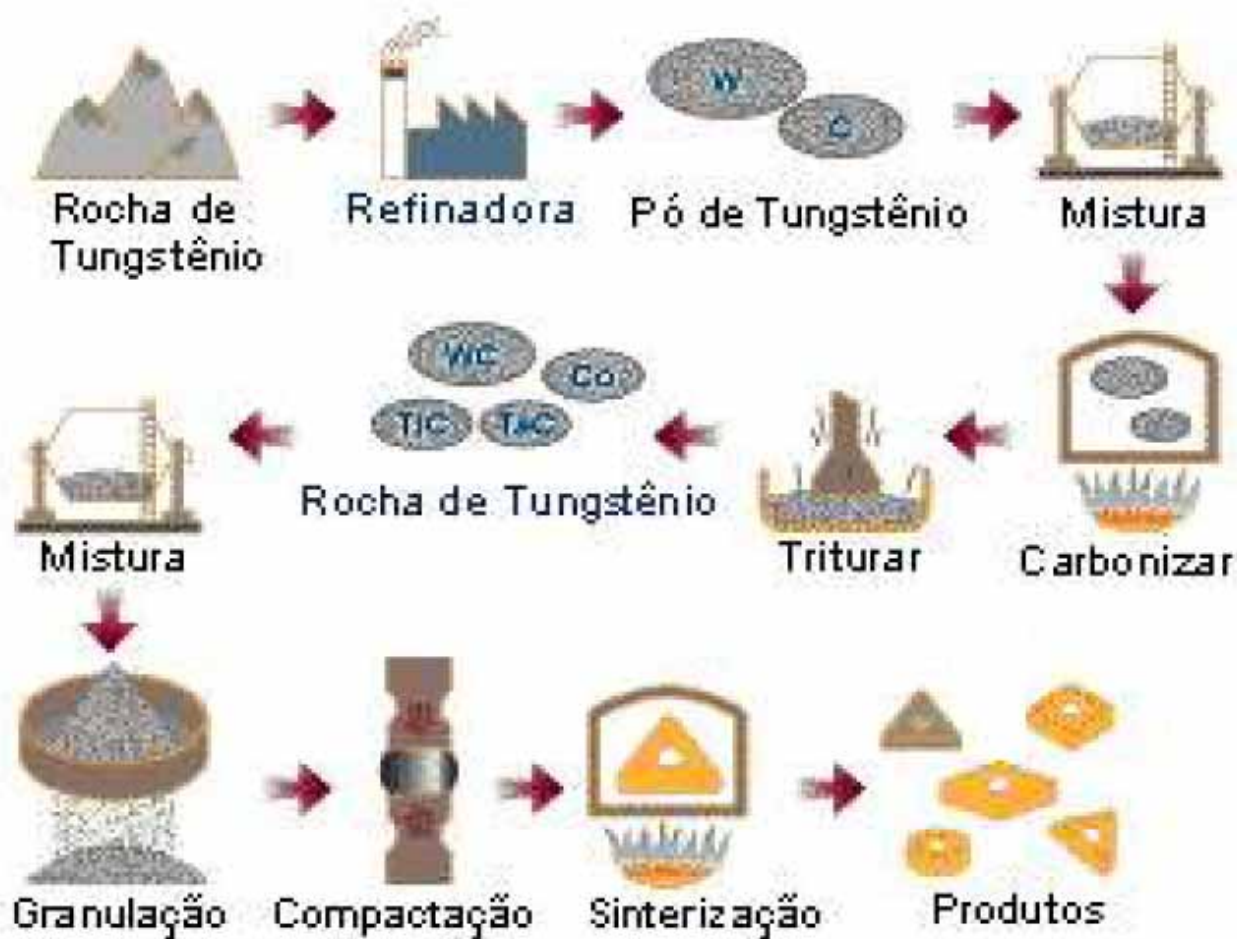
$\beta$  = cobalto

$\gamma$  = carbonetos de titânio, tântalo e nióbio

- Obtido por sinterização (ligante + carbonetos)
  - Carbonetos: fornecem dureza a quente e resistência ao desgaste (WC, TiC, TaC, NbC, ...)
  - Ligante metálico: Atua na ligação dos carbonetos frágeis (Co ou Ni);

## Usinagem – Material de Ferramentas

- Fabricado pelo processo de sinterização (metalurgia do pó: processo pelo qual os pós são misturados e levados à condições controladas de pressão e calor



- Razões do sucesso deste material:
  - Grande variedade de tipos de metal liga
  - Propriedades adequadas às solicitações
  - Possibilidade de utilização de insertos
  - Dureza elevada;
  - Resistência à compressão;
  - Resistência ao desgaste a quente.

## Usinagem – Material de Ferramentas

- Divididos em três grupos (P,K e M) e classificados de acordo com a tenacidade e resistência ao desgaste, seguindo uma numeração (p. ex. P01, P10, ..., K10, ...)

Designação ISO	% WC.	%TiC+ TaC	%Co	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Vc	F	Resistência	Tenacidade
P01	30	64	6	7.2	↑	↓	↑	↓
P10	55	36	9	10.4				
P20	76	14	10	11.9				
P30	82	8	10	13.0				
P40	77	12	11	13.1				
P50	70	14	16	12.9				
M10	84	10	6	13.1				
M20	82	10	8	13.4				
M30	81	10	9	14.4				
M40	78	7	15	13.5				
K10	92	2	6	14.8				
K20	91.5	2.5	6	14.8				
K30	89	2	9	14.5				
K40	88	-	12	14.3				

# Usinagem – Material de Ferramentas

## 4. Cerâmica

- São divididas basicamente em dois grandes grupos:
  - Óxida: A base de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (Alumina)



*Cerâmica branca (pura)*

- A base de  $\text{Si}_3\text{N}_4$  (mesma resistência ao desgaste porém com uma tenacidade superior).
- Principais características das ferramentas cerâmicas:
  - Capacidade de suportar altas temperaturas (material refratário)
  - Alta resistência ao desgaste (alta dureza);
  - Boa estabilidade química (material inerte - evita difusão, o que é muito importante em usinagens a alta velocidade e temperatura).
  - $V_c$  de 3 a 6 vezes maiores que a do metal duro.
  - Baixa condutividade térmica (dificulta transferência de calor);
  - Baixa tenacidade (facilita trincas, lascamento e quebra)
  - Empregada na usinagem de aços e ferros fundidos
- Exigência
  - Máquina Ferramenta com extrema rigidez e potência disponível
- Recomendações
  - Usinagem a seco para evitar choque térmico
  - Evitar cortes interrompidos.

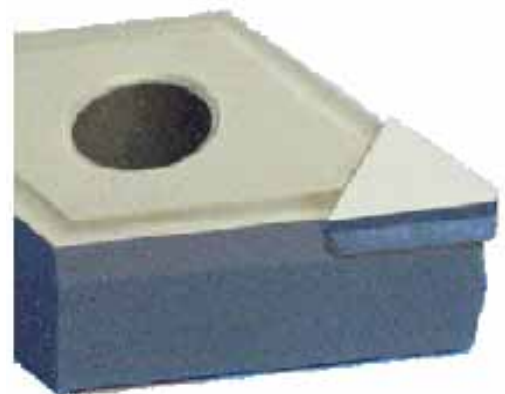
# Usinagem – Material de Ferramentas

## 5. CBN

- Segundo material de maior dureza conhecido
  - Forma mole - hexagonal (mesma estrutura cristalina do grafite)
  - Forma dura - cúbica (mesma estrutura do diamante)
- Obtido sinteticamente (primeira síntese em 1957), com transformação de estrutura hexagonal para cúbica (pressão + temperatura)
  - 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
- Quimicamente mais estável que o diamante (até 2000 graus)
  - Possibilidade de usinagem de aços e ferros fundidos, que não são usinados com diamante em função da afinidade química.
- Emprego em operações severas (corte interrompido), tanto quanto em operações de desbaste e acabamento.
- Usinagem com ferramentas de geometria não-definida

## 6. Diamante

- Material de maior dureza encontrado na natureza
- Pode ser natural (monocristalino) ou sintético (mono ou poli)
- Primeira síntese em 1954 (GE), sob 60 a 70 kbar, 1400 a 2000oC
- Em 1973 foi apresentado pela primeira vez uma ferramenta com uma camada (aprox. 0,5mm) de diamante sintético policristalino (PCD).
- Usinagem de ferro e aço não é possível (afinidade Fe-C)
- Usinagem de metais não ferrosos, plásticos, madeira, pedra, borracha, etc.
- Usinagem de precisão e ultraprecisão (altas velocidades)
- Tempos de vida até 80 vezes maior que uma ferramenta de metal duro.



# Usinagem – Material de Ferramentas

## Revestimentos para ferramentas

- A deposição de revestimentos em ferramentas de corte tem como principais efeitos:
  - Aumento da resistência ao calor e ao desgaste
  - Diminuição do choque térmico no substrato (a baixa condutividade térmica dos revestimentos funciona como uma barreira entre o material da peça e o substrato da ferramenta)
  - Redução do atrito (aumenta a resistência à abrasão)
  - Redução da adesão, a difusão e a oxidação podem ser reduzidos
- As conseqüências são:
  - Aumenta do vida da ferramenta
  - Redução de forças de corte
  - Usinagem com velocidades e avanços mais altos;
  - Possibilidade de corte a seco ou com mínima quantidade de fluido de corte;
  - Melhor acabamento superficial da peça;
- É freqüente a deposição de várias camadas: carbetos/carbonitretos de titânio (TiC), óxidos de alumínio e nitretos de titânio (TiN).

