

Aula 04

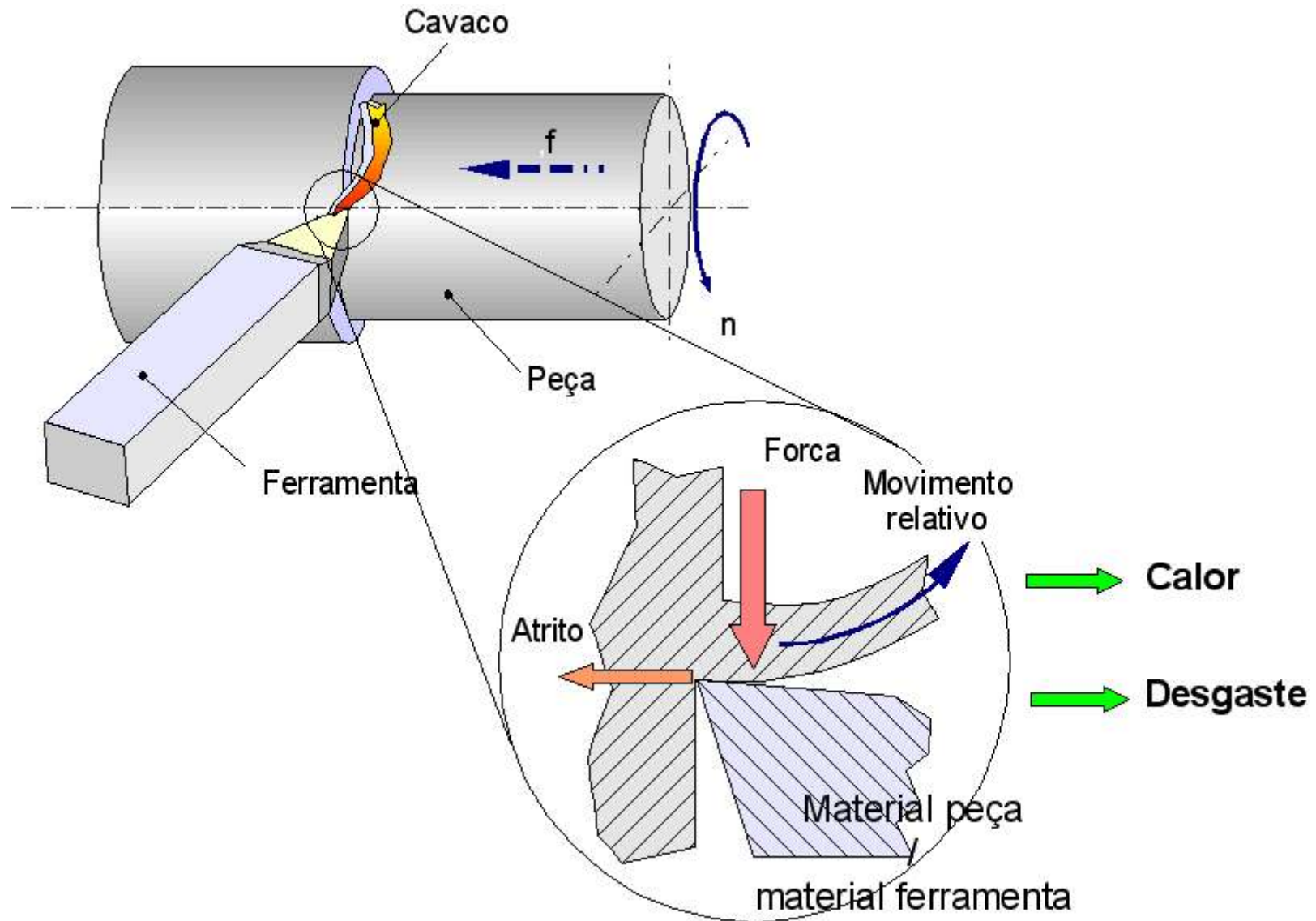
Materiais de Ferramentas

Aula 04

Tópicos

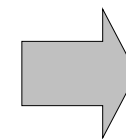
- Materias de ferramentas:
 - Requisitos
 - Evolução
 - Tipos
 - Características
 - Emprego
 - Custos, etc
- Considerações gerais sobre ferramentas de corte

Conseqüência dos esforços na de Ferramenta



- Requisitos desejados em uma ferramentas de corte

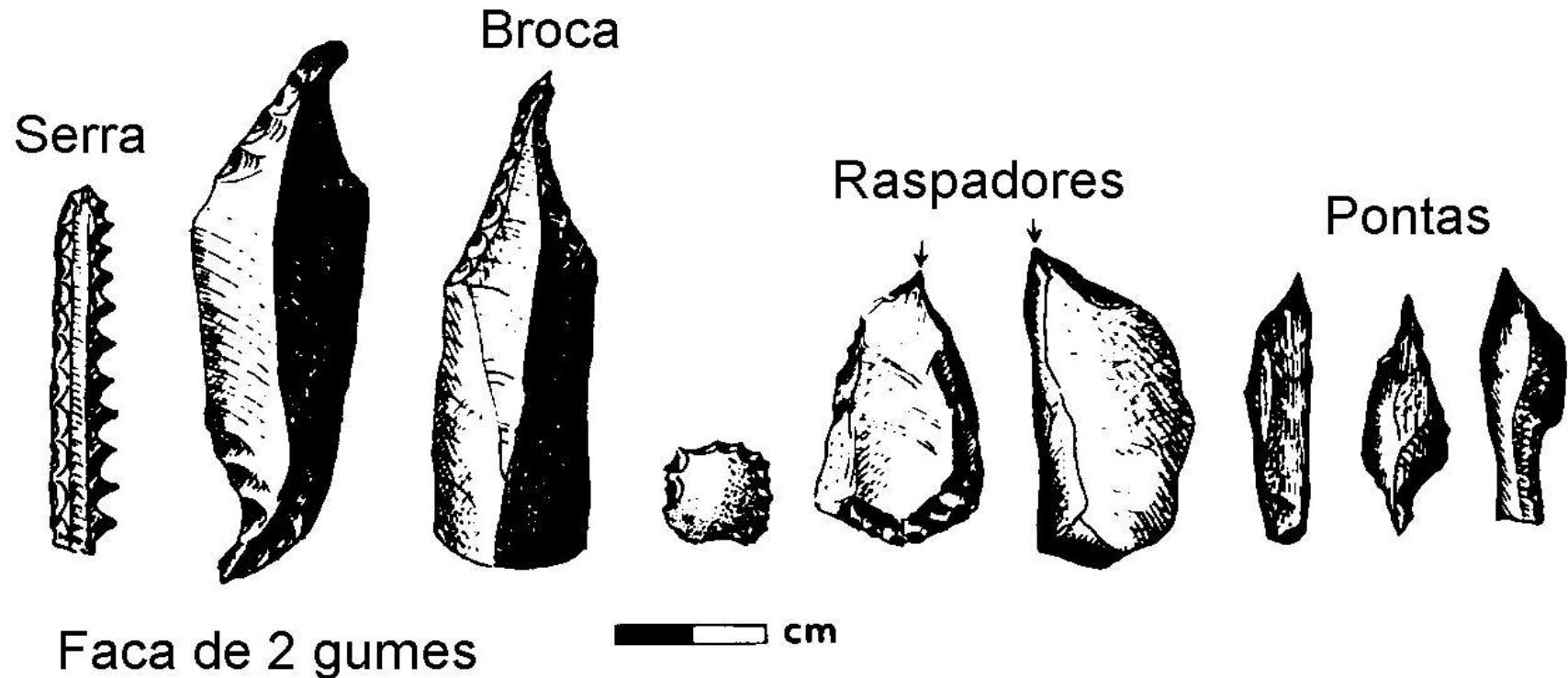
- Resistência à compressão
- Dureza
- Resistência à flexão e tenacidade
- Resistência do gume
- Resistência interna de ligação
- Resistência a quente
- Resistência à oxidação
- Pequena tendência à fusão e caldeamento
- Resistência à abrasão
- Condutibilidade térmica, calor específico e expansão térmica



Nenhum material de ferramenta possui todas estas características

Evolução dos materiais de ferramenta

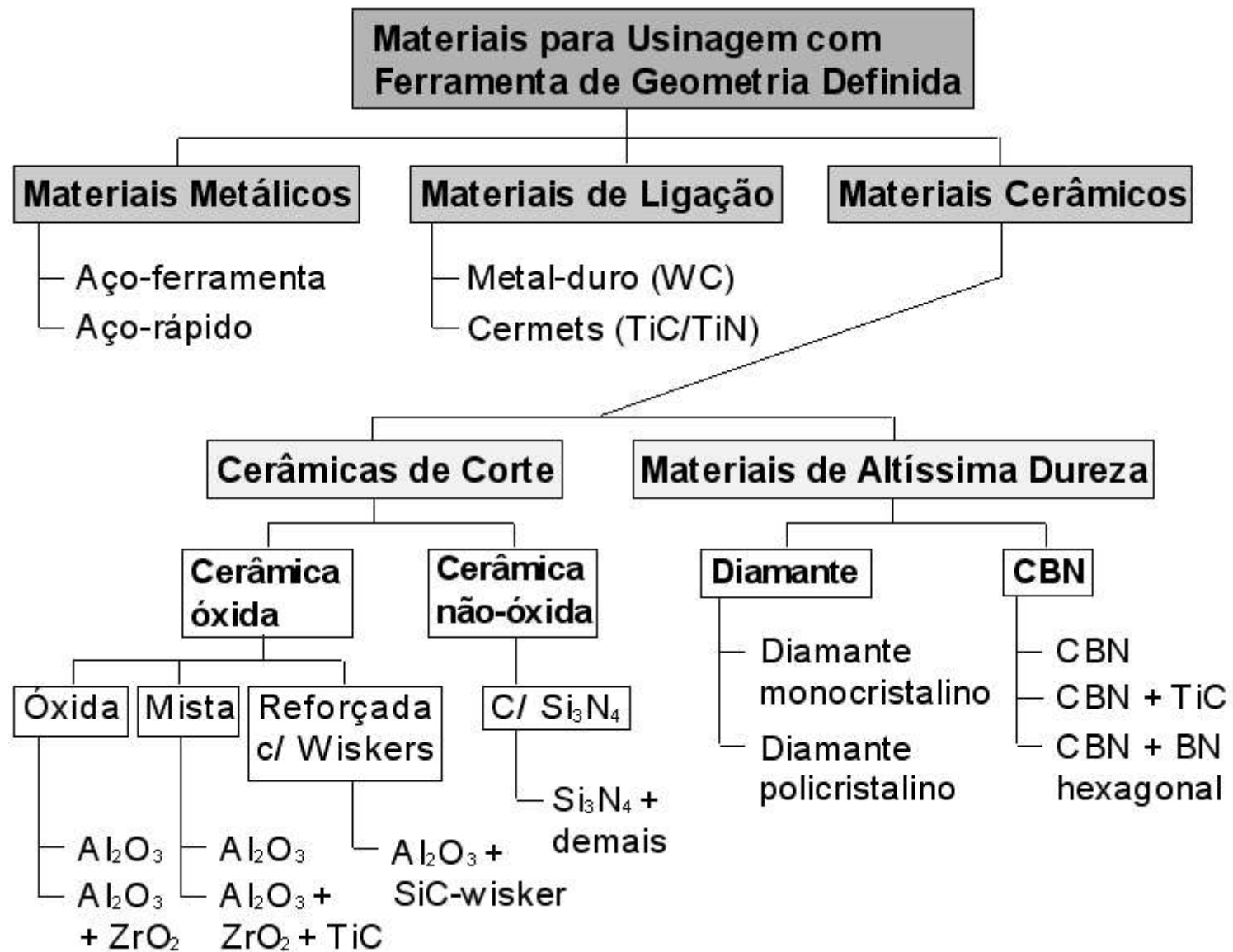
- 50 mil anos atrás (Paleolítico – Pedra Lascada):
 - Emprego de ferramentas de pedra com gumes afiados por lascamento, adaptando a geometria de corte à tarefa a ser realizada.



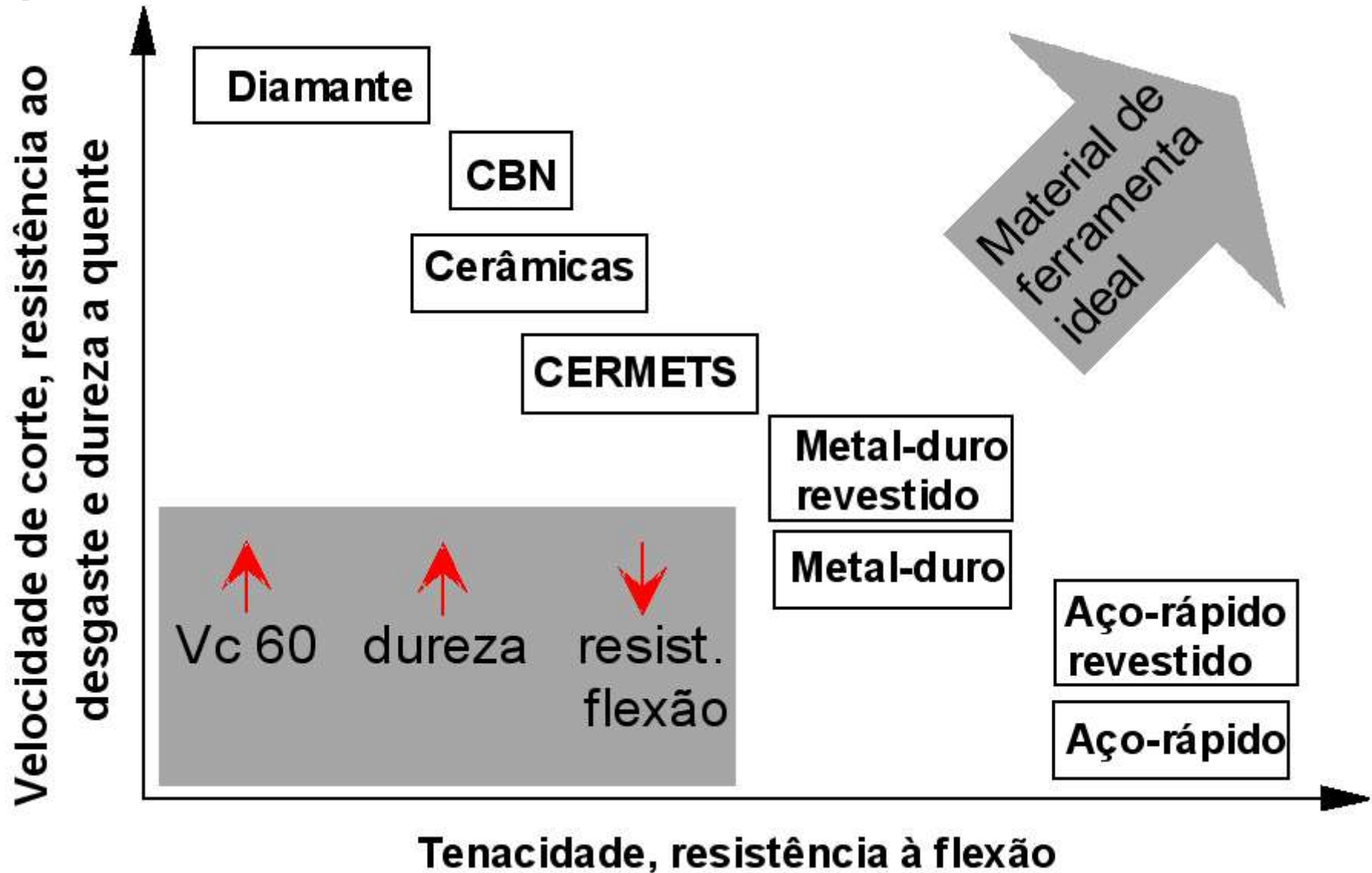
Evolução dos materiais de ferramenta

- 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)
-

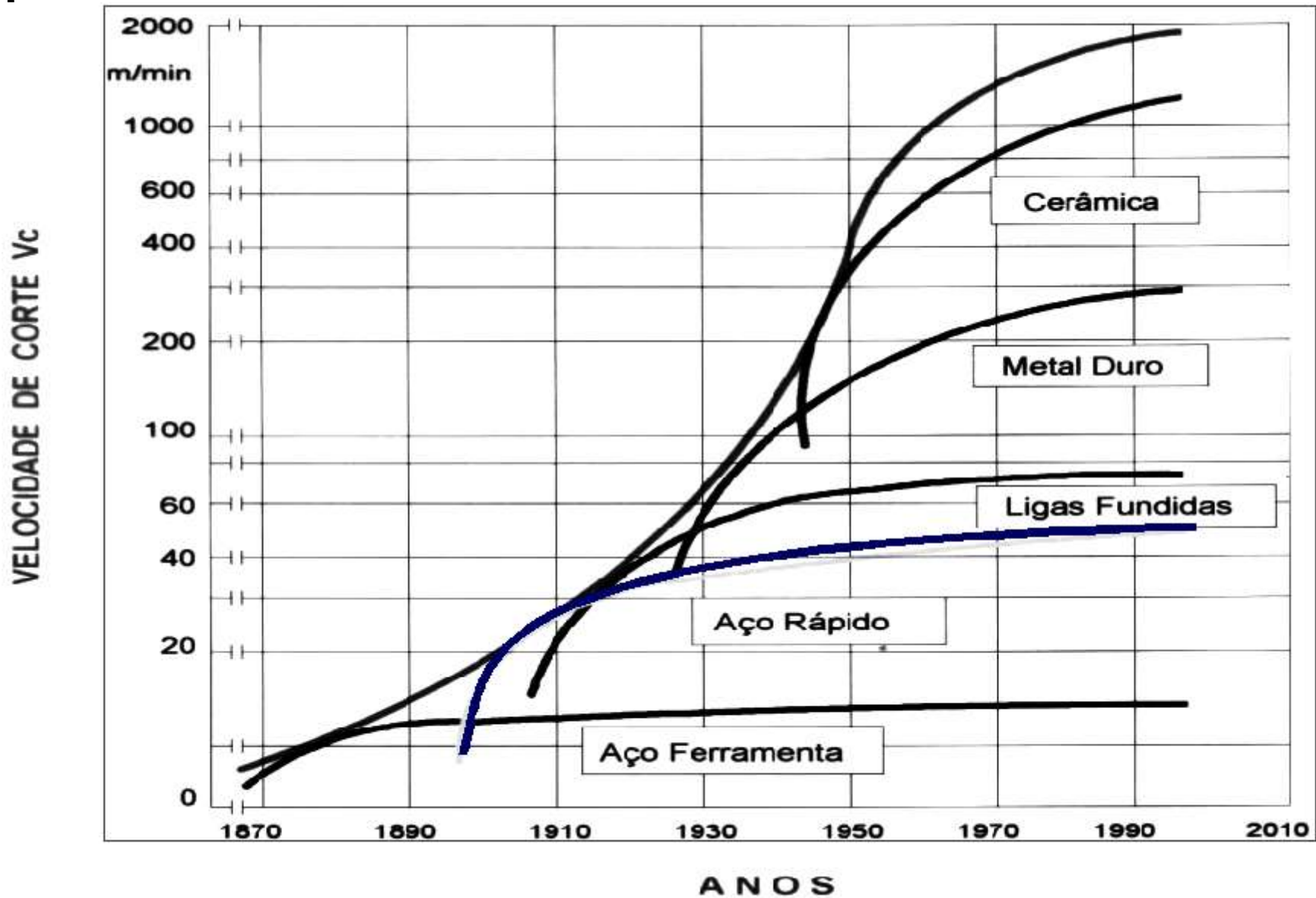
Classificação dos materiais de ferramentas



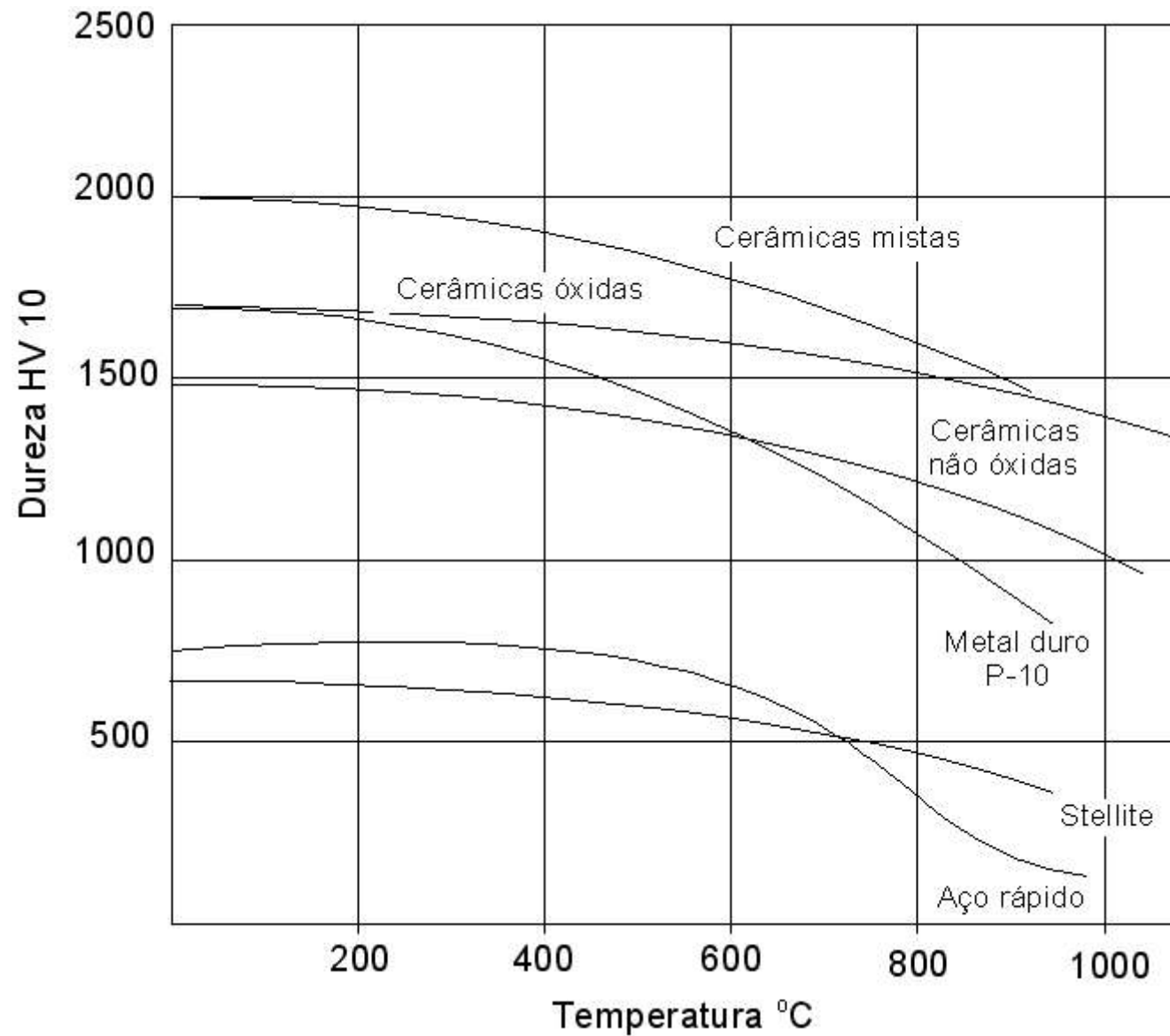
Propriedades dos materiais de ferramentas



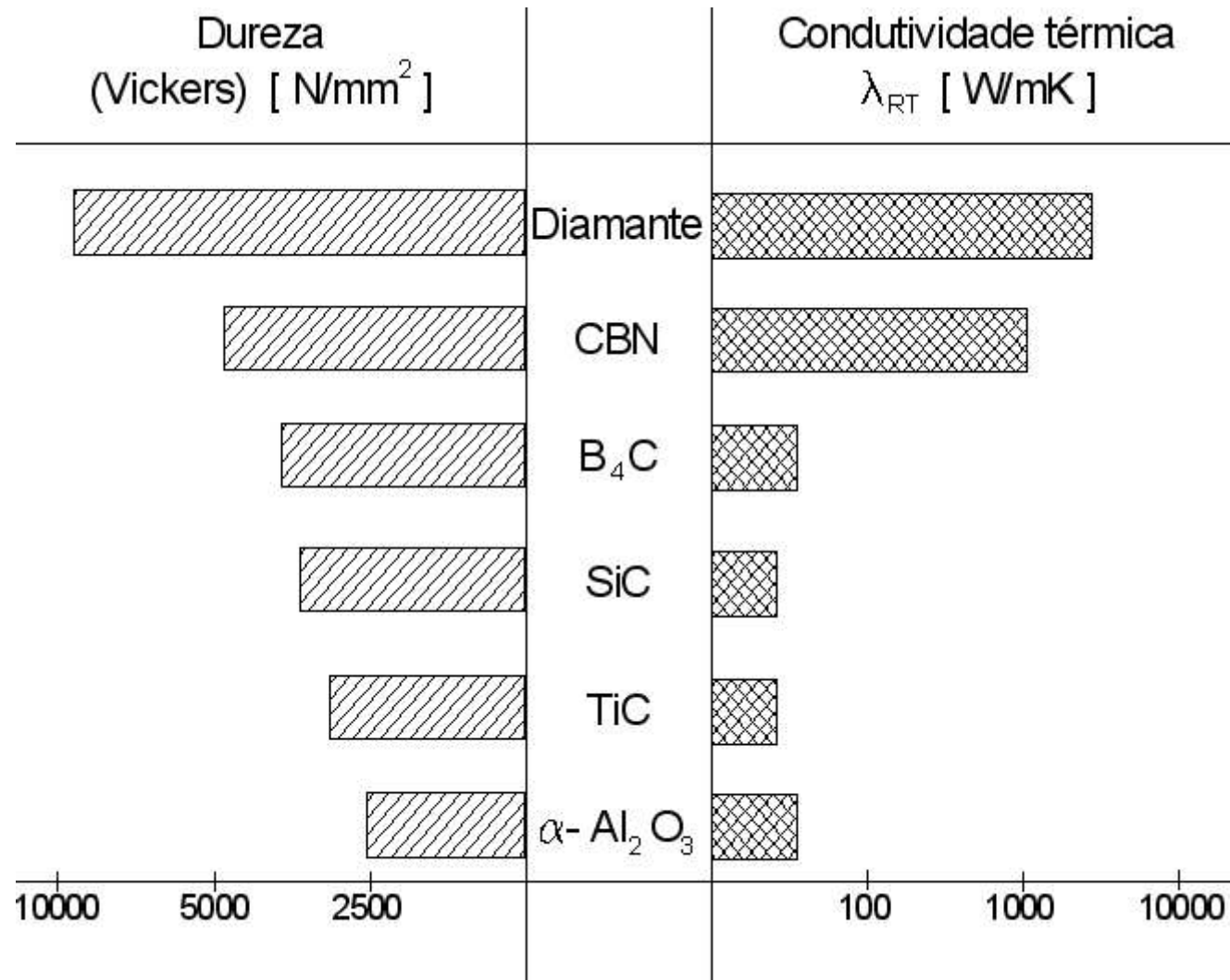
Propriedades dos materiais de ferramentas



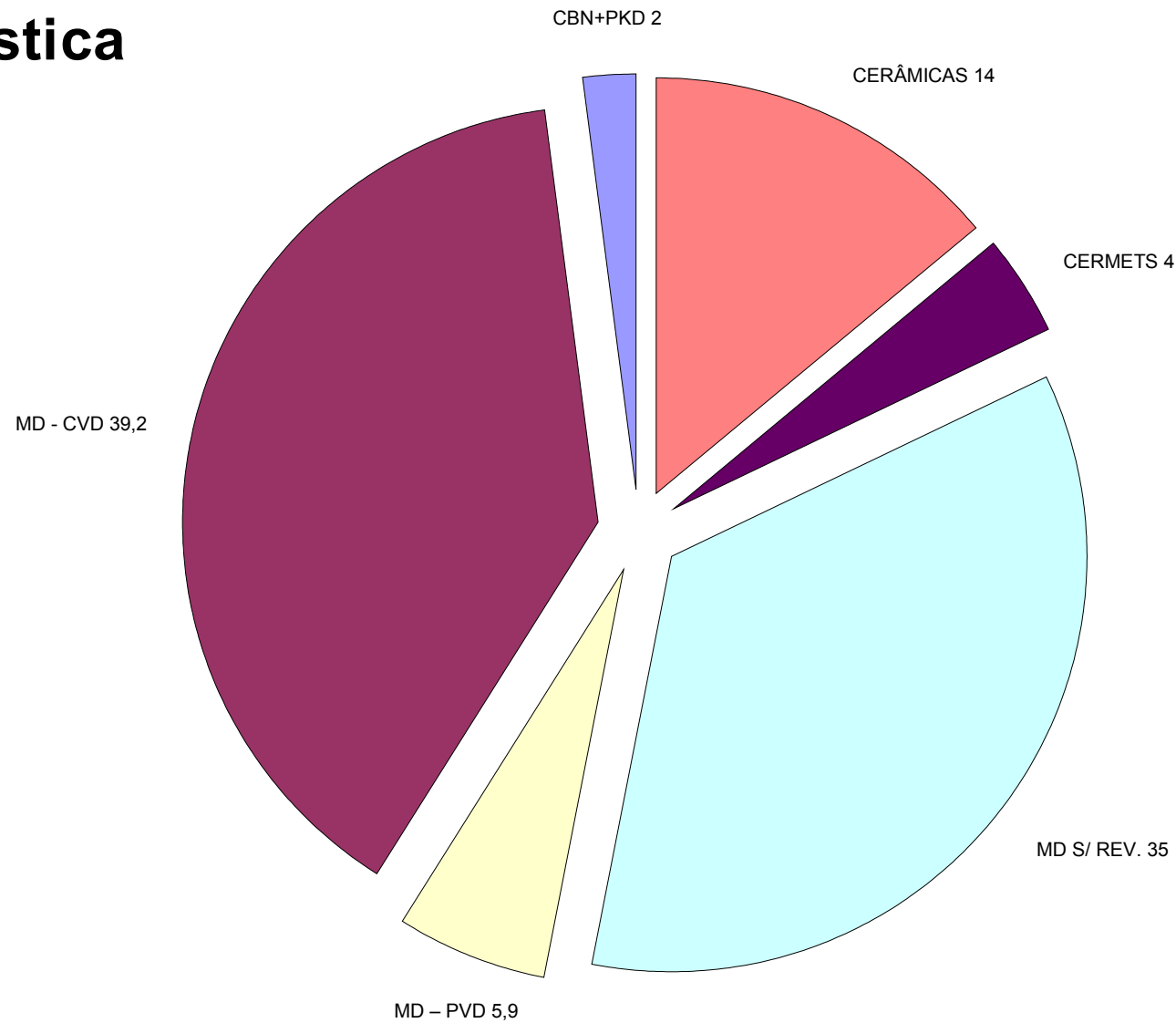
Resistência a quente dos principais materiais de ferramentas



Dureza e condutividade de alguns materiais de corte



Aplicação de materiais de ferramenta na indústria automobilística



Aços ferramenta

Características

- Aços carbono (0,8 a 1,5 % de C)
 - sem ou com mínimos teores de elementos de liga
 - Principal material utilizado até 1900
 - Baixo custo
 - Facilidade de afiação – obtenção de gumes vivos
 - Tratamento térmico relativamente simples \Rightarrow elevada dureza e resistência ao desgaste
 - Resistem a temperatura de até aproximadamente 250°C
-

Aços ferramenta

Áreas de aplicação dos aços-ferramentas

- Materiais de baixa velocidade de corte
 - Usinagem de aços doces com $V_c < 25\text{m/min}$
 - Brocas para uso doméstico – hobby
 - Ferramentas para carpintaria
-

Aços rápidos

Características

- Principais elementos constituintes (W, Mo, Co, V), elementos que conferem alta tenacidade às ferramentas.
 - Dureza de 60 a 67 HRC
 - Resistem a temperatura de até aproximadamente 520 a 600°C
 - Clássico 18 (%W) - 4 (%Cr) – 1 (%V)
 - Aço super rápido adição de Co
 - Tratamento térmico complexo
 - preço elevado
-

Aços rápidos

Características

- Composição química usual (5 a 7% formam carbonetos):
 - ♦ 0,6 a 1,6% C
 - ♦ 4% Cr
 - ♦ 7 a 10% W
 - ♦ 85 a 89% Fe
 - ♦ 4 a 5% Mo
 - ♦ 0,9 a 3% V
 - Designação: HS + % W - Mo - V - Co (ex.: HS 10-4-3-10).
-

Aços rápidos

- Subdivisão em 4 grupos, segundo o teor de W e Mo

Grupo	Nomenclatura W Mo V Co	Para usinagem de aço			
		de médio esforço < 850 N/mm ² > 850 N/mm ²		de alto esforço desbaste / acabamento	
18% W	HS18 – 0 - 1	+	-	-	-
	HS18 – 1 - 2 -5	-	-	+	-
12% W	HS12– 1 - 4 -5	-	-	(+)	+
	HS10 – 4 - 3 -10	-	-	(+)	+
6% W + 5% Mo	HS 6 – 5 - 2	-	+	-	-
	HS 6 – 5 - 3 -5	-	-	(+)	+
	HS 6 – 5 - 2 -5	-	-	+	-
2% W + 9% Mo	HS 2 – 9 - 1	+	-	-	-
	HS 2 – 9 - 2	-	+	-	-
	HS 2 – 10 - 1 8	-	-	+	-

Aços rápidos – Subdivisão

– Grupo 1

- alto teor de W (até 18%)
- bom revenimento
- empregado para desbaste de aço e ferro fundido

– Grupo 2

- teores de W de até 12%
- crescente teor de V
- revenimento um pouco pior que grupo 1
- empregado para acabamento de materiais ferrosos e na usinagem de materiais não-ferrosos
- para ferramentas com forma complexa (boa maleabilidade e tenacidade)

– Grupos 3 e 4

- W + Mo (Mo substitui W)
 - possui tenacidade muito boa
 - empregado para todos tipos de ferramentas
-

Aços rápidos

→ Influência dos elementos de liga

- Aumento no teor de elementos de liga:
 - Maior produtividade destes materiais;
 - Aumento na resistência ao desgaste;
 - Aumento na vida das ferramentas;
 - Porém torna-se mais difícil a fabricação deste material;
 - Maiores custos de produção
-

Aços rápidos

→ Influência dos elementos de liga

- **Tungstênio (W)**

- formador de carbonetos
- melhora revenimento
- melhora resistência ao desgaste

- **Vanádio (V)**

- Formador de carbonetos
- melhora resistência ao desgaste (resist. a quente)
- usado para acabamento

- **Molibdênio (Mo)**

- melhora temperabilidade
- melhora tenacidade
- substitui W

- **Cobalto (Co)**

- eleva temperatura de sensibilização a quente
 - melhora dureza a quente
 - melhor solubilidade de carbonetos
-

Aços rápidos

- Aço-rápido com revestimento (TiC, TiN):
 - Menor atrito;
 - Redução no desgaste;
 - Maior estabilidade química;
 - Proteção térmica do substrato

Aços rápidos

Áreas de aplicação dos aços-rápidos

- Ferramentas para todas as operações de usinagem
 - Ferramentas para desbaste e acabamento
 - Machos e cossinetes de roscas
 - Brocas helicoidais
 - Alargadores
 - Fresas de todos os tipos
 - Ferramentas de plainar
 - Escareadores
 - Ferramentas para trabalho a frio
 - Ferramentas para trabalho em madeira
 - outras.
-

Ligas Fundidas

Características

- Composição típica:
 - 3% Fe
 - 17% W
 - 33% Cr
 - 44% Co
 - Resistem a temperatura entre aproximadamente 700 a 800°C
 - W \Rightarrow 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
 - outros
-

Metal Duro – WIDIA

Características

- Desenvolvimento 1926 - Leipzig
 - Material de ferramenta mais utilizado na indústria
 - Indústria automobilística consome cerca de 50% 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%
-

Duro – WIDIA

- 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.
-

Metal Duro – WIDIA

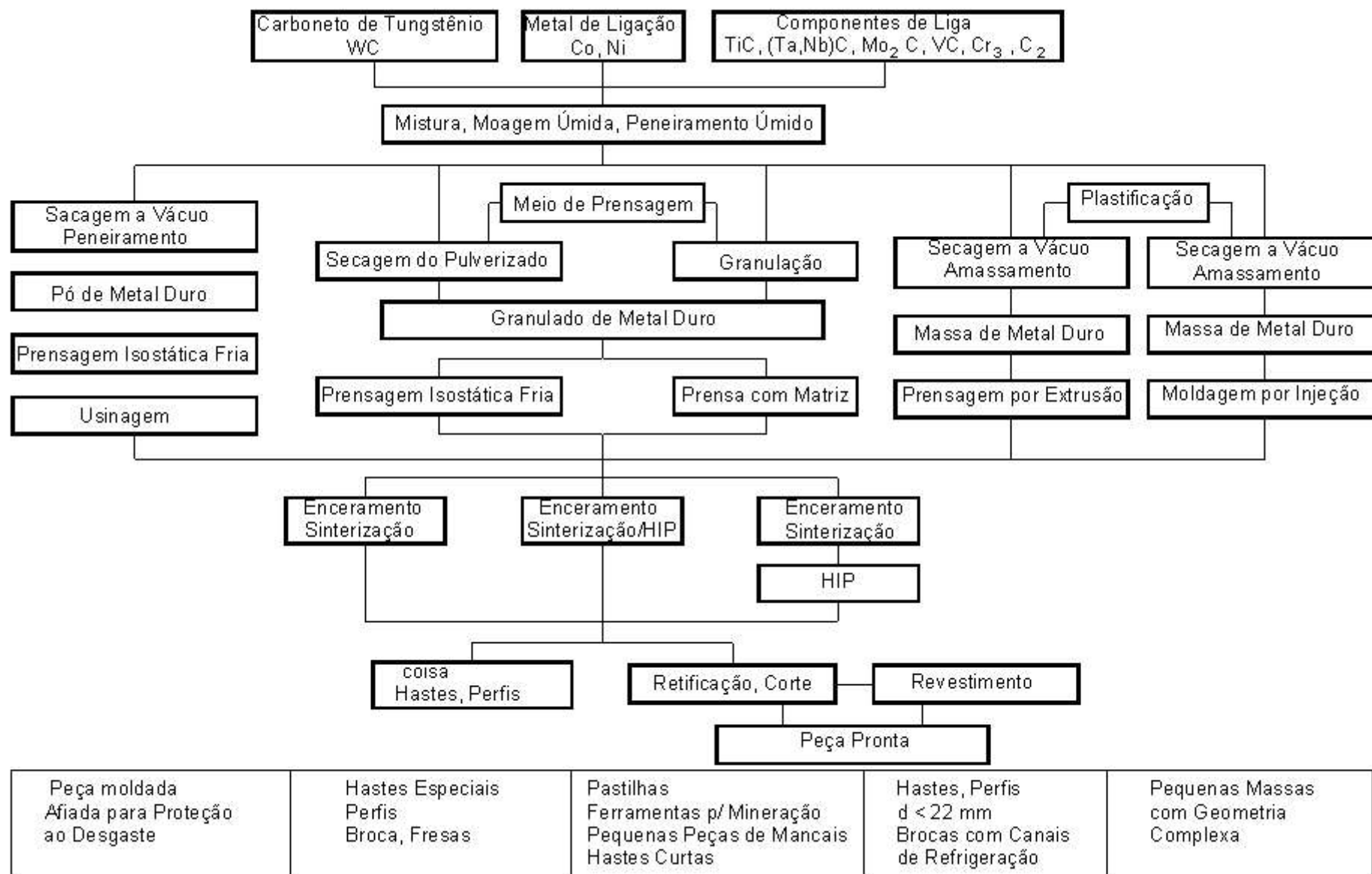
Características

- 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 (seculo XX)- surgimento de metais duros revestidos
 - Primeiros Cermets ® (metais duros à base de TiC)- $\uparrow v_c$'s -1973 - Japão
-

Fabricação do Metal Duro



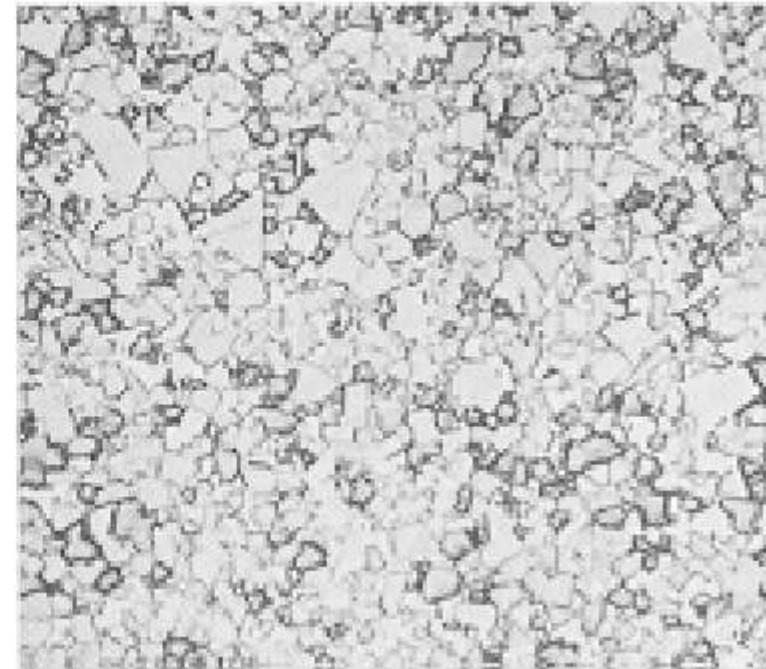
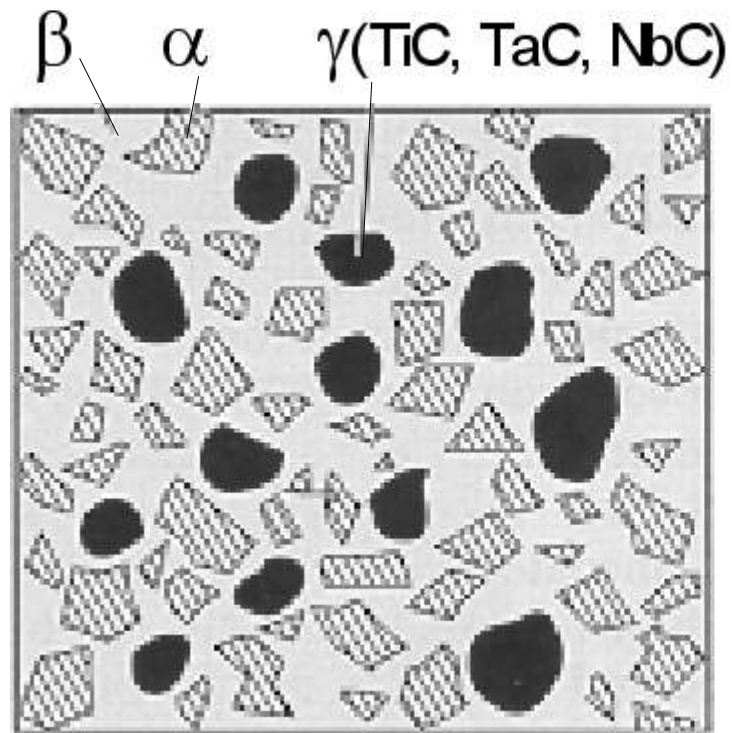
Metal Duro – Fabricação



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)
-

Estrutura do Metal Duro



onde:

α = carbonetos de tungstênio

β = cobalto

γ = carbonetos de titânio, tântalo e nióbio

Propriedades dos componentes do Metal Duro

Carboneto de tungstênio (WC)

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

Carboneto de Titânio (TiC)

- Baixa tendência à difusão
 - Boa resistência à quente
 - Pequena resistência de ligação interna \Rightarrow baixa resistência de gume
 - Os metais duros com alto teor de TiC são frágeis
-

Propriedades dos componentes do Metal Duro

Carboneto de Nióbio (NbC)

- Em pequenas quantidades \Rightarrow refino do grão \Rightarrow proporciona um aumento de tenacidade e de resistência do gume
- A resistência interna do metal duro cai menos do que quando é utilizado TiC

Carboneto de Tântalo (TaC)

- Em pequenas quantidades \Rightarrow refino do grão \Rightarrow proporciona um aumento de tenacidade e de resistência do gume
 - A resistência interna do metal duro cai menos do que quando é utilizado TiC
-

Propriedades dos componentes do Metal Duro

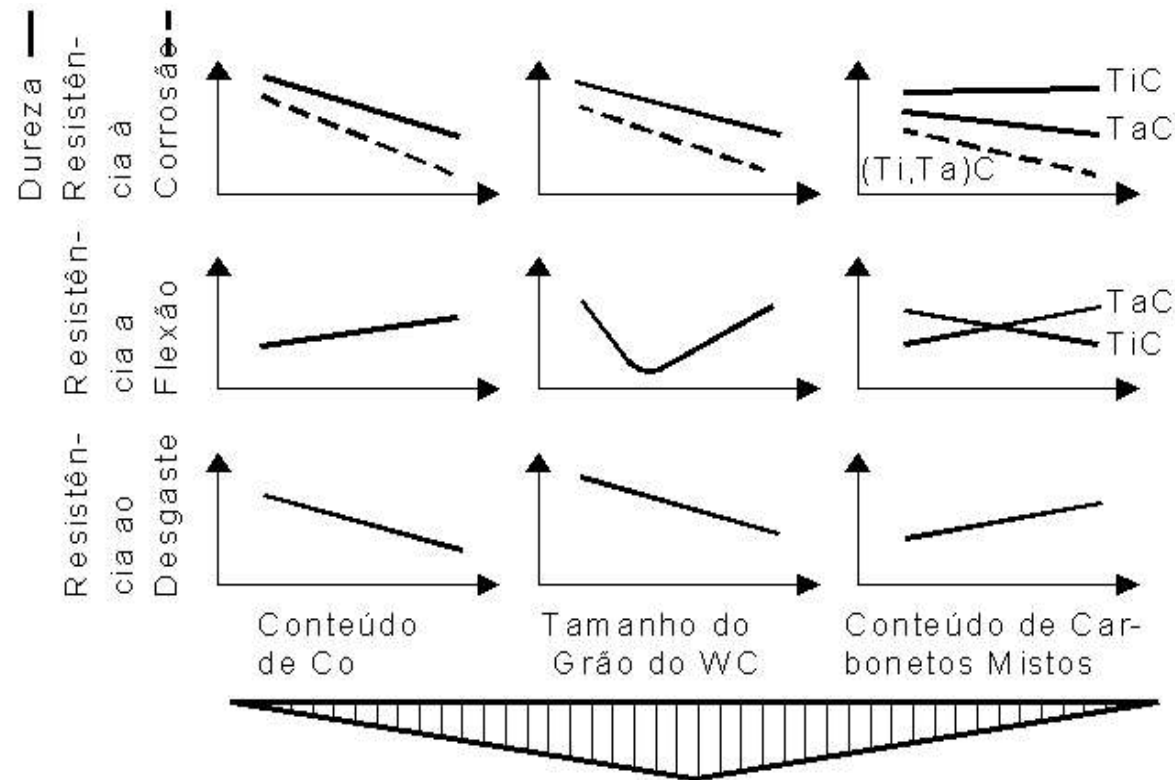
Nitreto de titânio (TiN)

- 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
-

Metal Duro - Grandezas de influência sobre a resistência



Qualidade do Material da Ferramenta

Alta Resistência
ao Desgaste

Alta
Tenacidade

Conteúdo de Co:



Conteúdo de Co:



Tamanho do Grão do WC:



Tamanho do Grão do WC:



Conteúdo de Carbonetos Mistos:

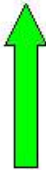



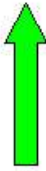



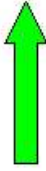





Conteúdo de Carbonetos Mistos:



Classificação dos Metais Duros

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

Cor	Classe	Velocidade	Avanço	Resistência	Tenacidade
Azul	P-01				
	P-10				
	P-20				
	P-30				
	P-40				
	P-50				
Amarelo	M-01				
	M-10				
	M-20				
	M-30				
	M-40				
Vermelho	K-01				
	K-10				
	K-20				
	K-30				
	K-40				

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, Fºº...

– Grupo K

- Pouca resistência a quente
 - Alta resistência ao desgaste
 - Usinagem de materiais com cavacos curtos, Fºº, metais não ferrosos, materiais não metálicos (pedra, madeira, ...) materiais com boa resistência a quente, ...
 - Compostos praticamente somente por WC e Co (pequenas quantidades de TiC, TaC e NbC)
-

Classificação dos Metais Duros

– Metal Duro Polivalente

- Melhores características (material com maior pureza e maior controle na sinterização)
 - Redução da quantidade de insertos diferentes
 - Mais homogêneos, com melhor distribuição dos carbonetos e tamanho dos carbonetos mais uniforme
-

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
-

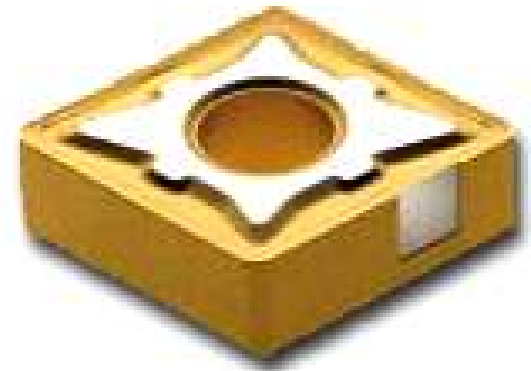
Classificação dos Metais Duros

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

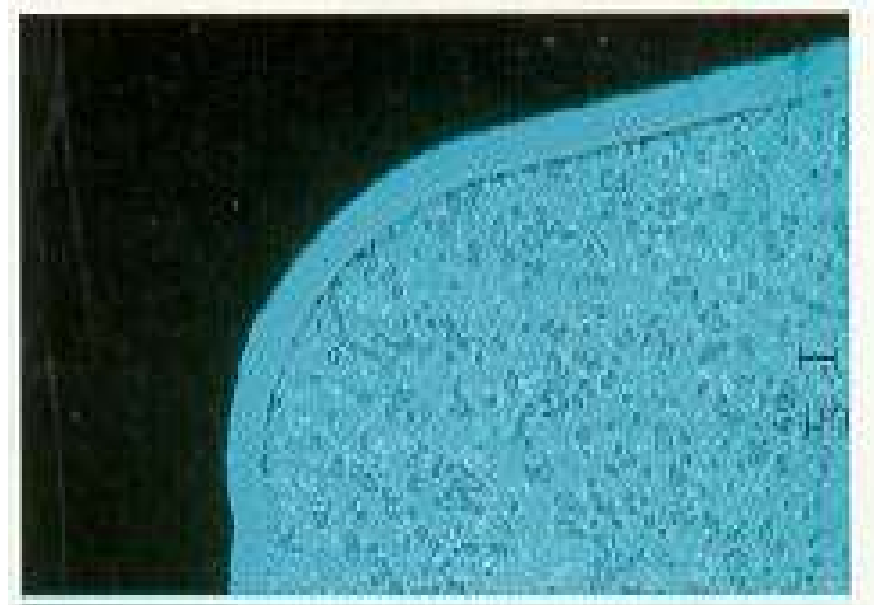
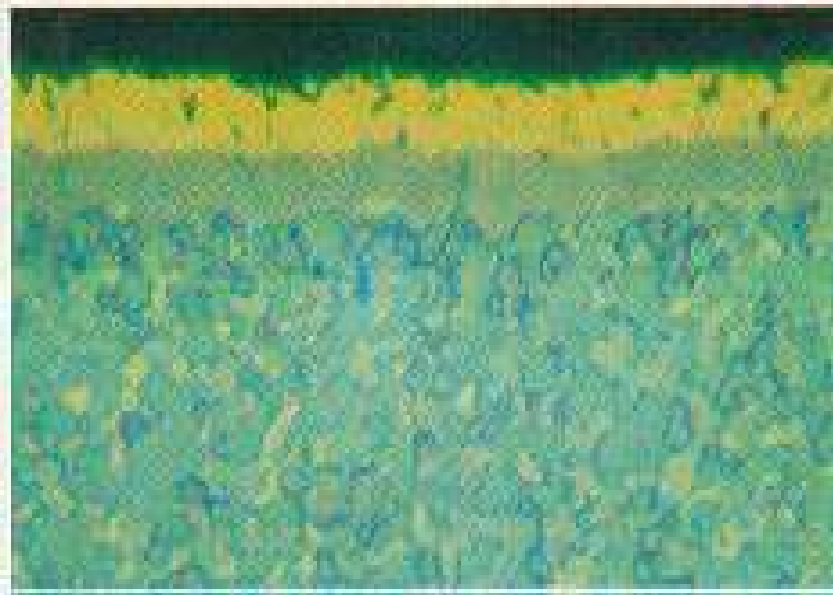
- Grande dureza, baixa tendência à difusão e à adesão, boa resistência a quente
 - Apropriados para o acabamento de aços (torneamento e fresamento)
-

Metais Duros Revestidos

- Substrato tenaz com revestimento duro (TiC, TiN, Ti(C,N), Al_2O_3 , ...), combinando-se assim uma 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



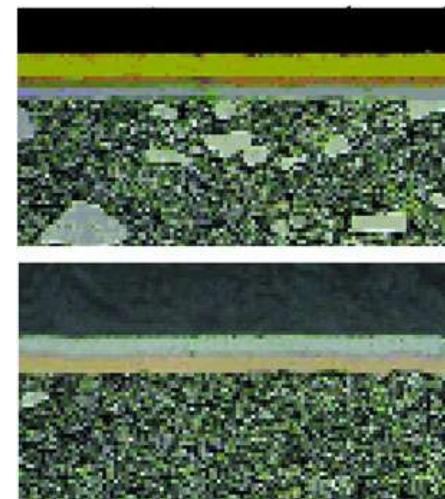
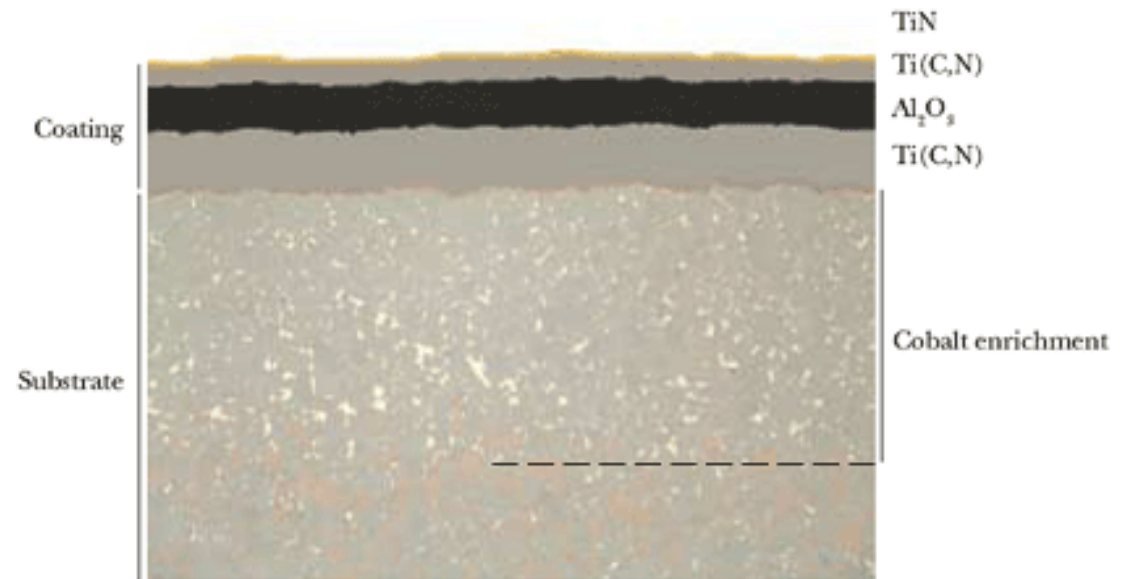
Metais Duros Revestidos



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

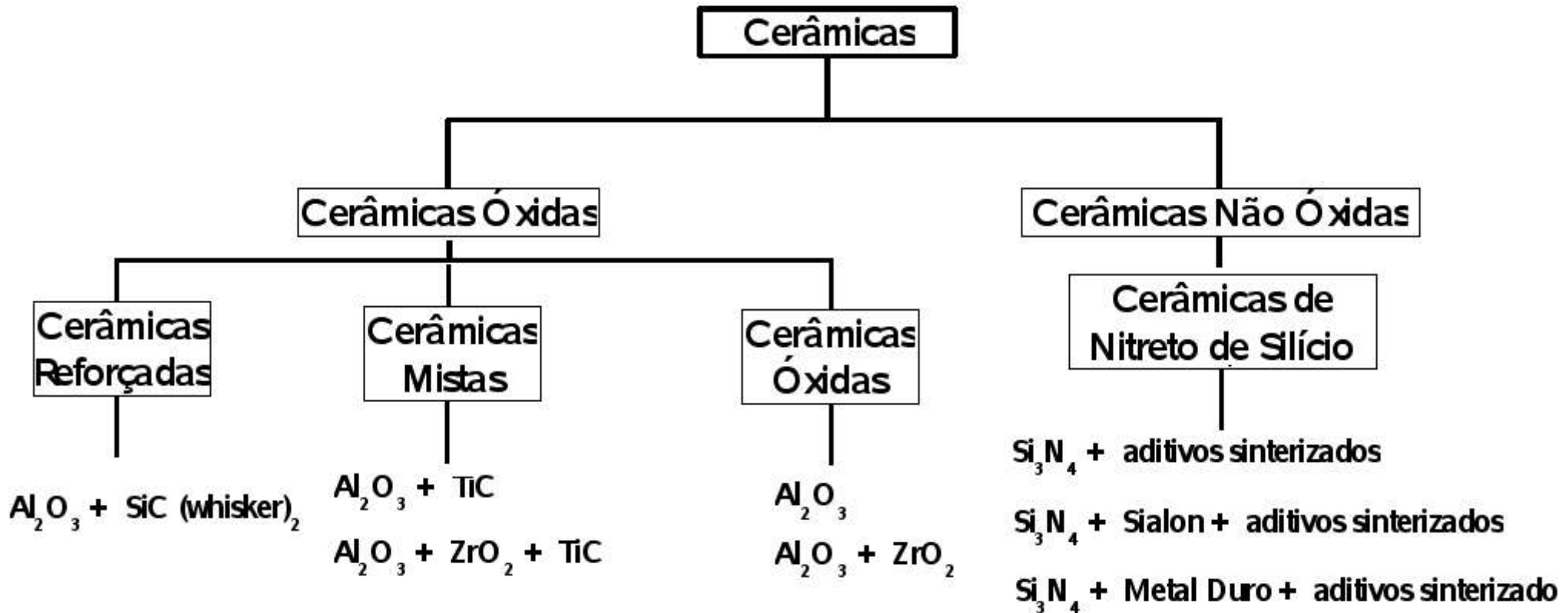


Áreas de aplicação dos Metais Duros

- Ferramentas para quase todas as operações de usinagem (sob a forma de insertos)
 - Ferramentas para desbaste e acabamento
 - Brocas helicoidais
 - Brocas para furação profunda
 - Fresas de topo
 - Brochas
 - Alargadores
 - outros
-

Cerâmicas de Corte

Classificação das cerâmicas de corte



Cerâmicas de Corte

→ Generalidades

- Alta resistência à compressão
 - Alta estabilidade química
 - Limitações na aplicação devido ao comportamento frágil e à dispersão das propriedades de resistência mecânica
 - Indispensável em áreas como fabricação de discos de freio
-

Cerâmicas de Corte

→ Generalidades

- Materiais de importância crescente
 - Melhoria constante na qualidade
 - Empregada na usinagem de aços e ferros fundidos
 - Altas velocidades de corte, altas potências de acionamento
 - Exigem máquinas rígidas e proteção ao operador
-

Cerâmicas de Corte

→ Propriedades e características de cerâmicas

- Resistentes à corrosão e às altas temperaturas
 - Elevada estabilidade química (boa resistência ao desgaste)
 - Resistência à compressão
 - Materiais não-metálicos e inorgânicos
 - Ligação química de metais com não metais
 - Podem ser óxidas ou não óxidas
-

Cerâmicas óxidas

→ Cerâmicas à base de Al_2O_3



Cerâmicas óxidas

→ Cerâmicas à base de Al_2O_3

- Surgiram a partir do final dos anos 30
 - Tradicional – cerâmica branca
 - Percentual de Al_2O_3 maior que 90% (cor branca)
 - Al_2O_3 + óxido de zircônio finamente distribuído
 - Torneamento de desbaste e acabamento de FoFo cinzento, aços cementados, aços temperados e extrudados
 - Apresentam alta dureza a quente
 - Têm pouca resistência à flexão
 - Extremamente sensíveis a choques térmicos (usinagem a seco)
 - Empregadas em ferros fundidos e aços de alta resistência
-

Cerâmicas óxidas

→ Cerâmicas mistas

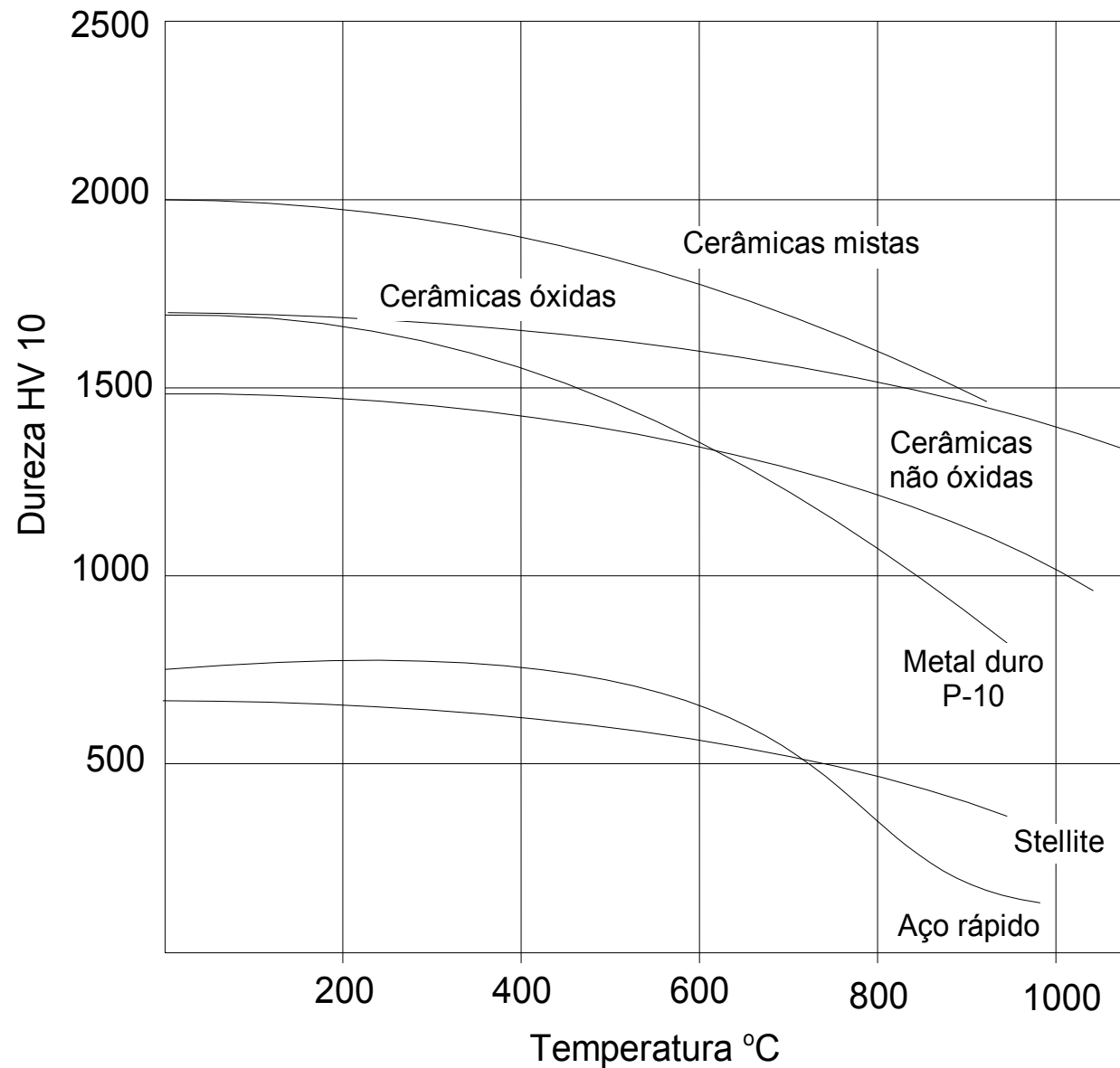
- Teor de Al_2O_3 menor que 90% (cor escura)
 - Contém de 5 a 40% de TiC e/ou TiN
 - Mais tenaz que cerâmica óxida e com maior resistência de canto e gume
 - Mais dura e mais resistente à abrasão que cerâmica óxida
 - Mais resiste a variações de temperatura que cerâmica óxida
 - Grãos finos => melhor tenacidade, resistência ao desgaste e resistência de quina
 - Maior dureza que as óxidas, maior resistência a choques térmicos
 - Torneamento e fresamento leves de FoFo cinzento
 - Usinagem de aços cementados e temperados
-

Cerâmicas óxidas

→ Cerâmicas de corte reforçadas com whiskers

- Whiskers – cristais unitários em forma de agulhas com baixo grau de imperfeição no retículo cristalino
 - A base de Al_2O_3 com aproximadamente 20 até 40% de whiskers de carboneto de silício (SiC)
 - Objetivo de melhorar as propriedades de tenacidade (aumento de 60%).
 - Boa resistência a choques térmicos - corte com fluidos
-

Dureza a Quente de Diversos Materiais de Ferramentas



Cerâmicas não Óxidas

Definição: São cerâmicas a base de carbonetos, nitretos, boretos, silicatos, etc.

- Principalmente a base de Si_3N_4
 - Maior tenacidade e resistência a choques térmicos quando comparadas às cerâmicas óxidas;
 - Elevada dureza a quente e resistência ao calor
-

Cerâmicas não Óxidas

→ Campos de aplicação de cerâmicas de corte não-óxidas

- usinagem do Ferro Fundido Cinzento
 - torneamento de discos de freio
 - desbaste de ligas à base de níquel (grupos II e III)
 - Possuem alta afinidade com ferro e oxigênio (desgastam-se rapidamente na usinagem de aço - sem aplicações);
 - Desgaste na superfície de saída;
 - Gume de corte com tendência ao arredondamento
-

Cerâmicas de Corte Não Óxidas

→ Divisão em relação à composição química

I: Nitreto de silício + materiais de sinterização;

II: Nitreto de Silício + fases cristalinas + materiais de sinterização;

- Sialone - o Si_3N_4 pode conter até 60 % de Al_2O_3 na mistura sólida

III: Nitreto de silício + materiais duros + materiais de sinterização.

- Si_3N_4 com propriedades influenciadas por materiais como TiN,

TiC, óxido de zircônio e *whisker* - SiC

Materiais de corte superduros não-metálicos

- Nitreto de Boro Cúbico – CBN
- Diamante
- Nitrato de Boro

Nitrero de Boro - CBN



Nitrero 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
-

Nitrero de Boro - CBN

→ Características

- Segundo material de maior dureza conhecido
 - Obtido sinteticamente (primeira síntese em 1957), com transformação de estrutura hexagonal para cúbica (pressão + temperatura)
 - Quimicamente mais estável que o diamante (até 2000 graus)
 - Grupos de ferramentas:
 - CBN + fase ligante (PCBN com alto teor de CBN);
 - CBN + carbonetos (TiC + fase ligante);
 - CBN + HBN + fase ligante (maior tenacidade).
-

Nitrero de Boro - CBN

→ Campo de aplicações

- Aços temperados com dureza > 45 HRC:
 - Torneamento, fresamento, furação;
 - Aço-rápido (ferramentas de corte);
 - Aços resistentes a altas temperaturas;
 - Ligas duras (Ni, Co, ...);
 - Emprego em operações severas (corte interrompido), tanto quanto em operações de desbaste e acabamento.
 - Usinagem com ferramentas de geometria não-definida:
 - Possibilidade de usinagem de aços e ferros fundidos, que não são usinados com diamante em função da afinidade química.
-

Diamante

→ Características

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

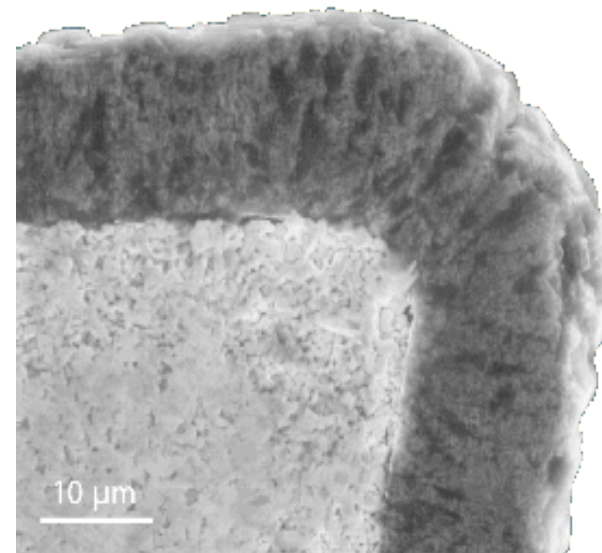
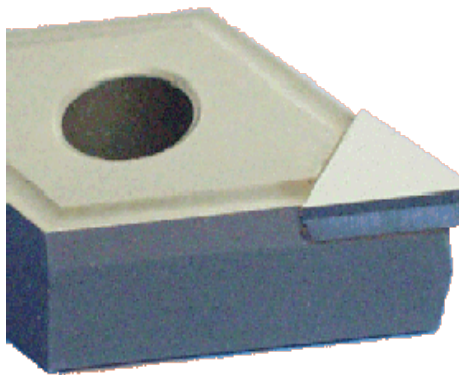
– Diamante policristalino

- Primeira síntese em 1954 (GE)
 - Síntese sob 60 a 70 kbar, 1400 a 2000 graus 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



Diamante

→ Campo de aplicação

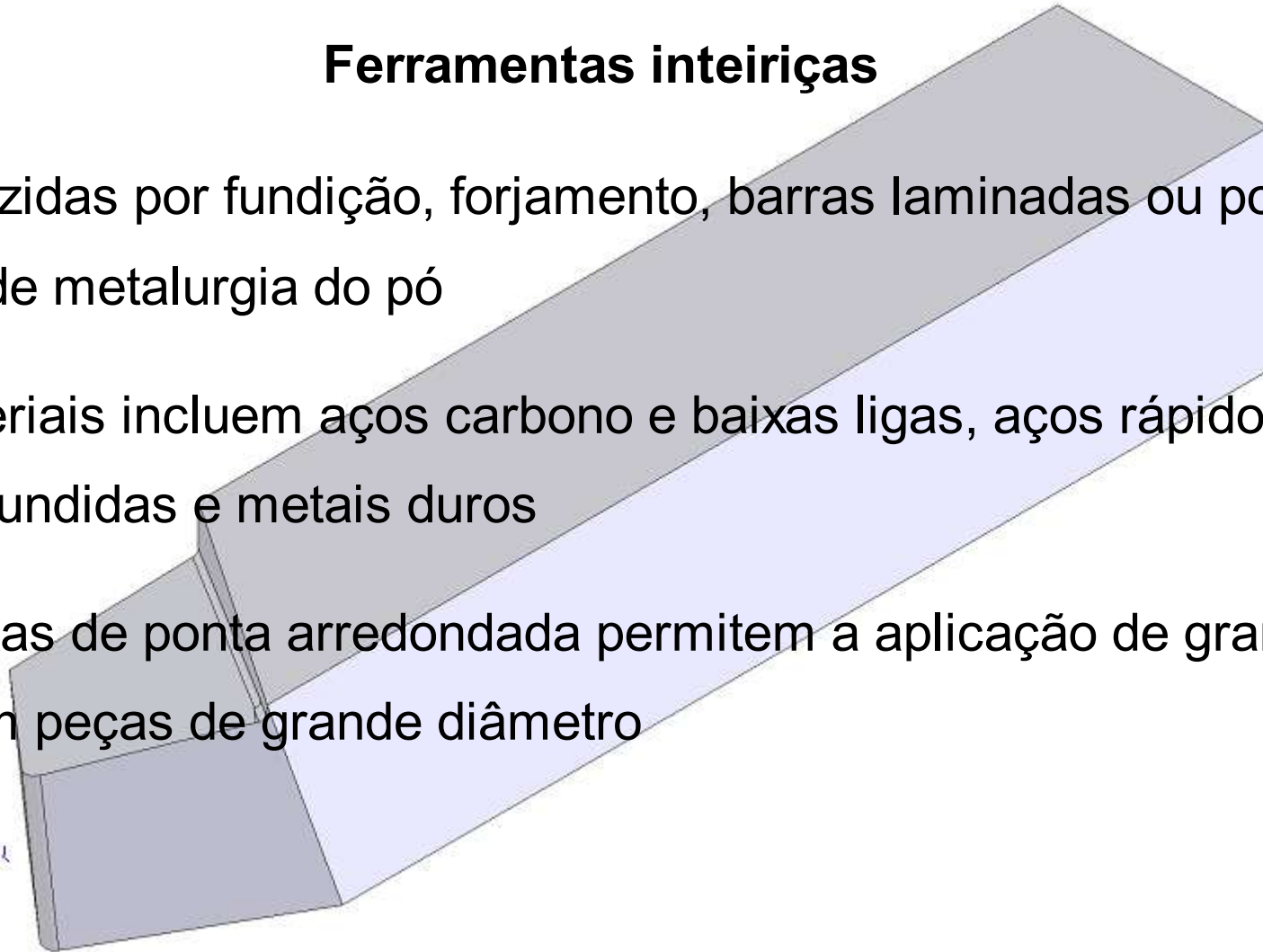
- Usinagem de ferro e aço não é possível (afinidade Fe-C);
 - Usinagem de metais não ferrosos, plásticos, madeira, pedra, borracha, etc.
 - Usinagem de precisão e ultraprecisão
 - Pequenas a_p e f , tolerâncias estreitas (baixa resistência a flexão das ferramentas)
 - Emprego de altas velocidades de corte;
 - Tempos de vida de até 80 vezes maior que os das ferramentas de metal duro;
-

Considerações gerais sobre Ferramentas de corte

Considerações gerais sobre Ferramentas de corte

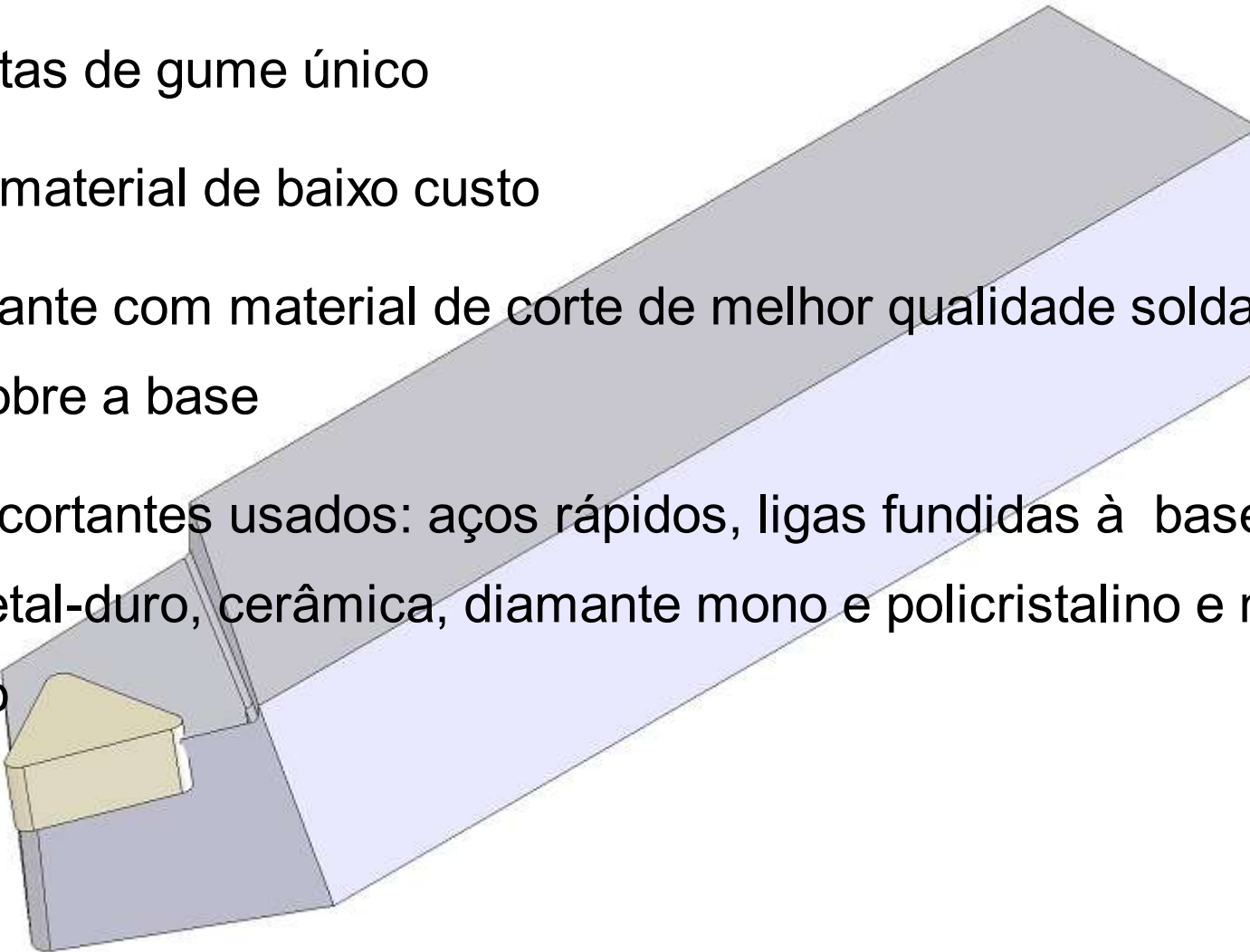
Ferramentas inteiriças

- São produzidas por fundição, forjamento, barras laminadas ou por processos de metalurgia do pó
- Seus materiais incluem aços carbono e baixas ligas, aços rápidos, ligas de cobalto fundidas e metais duros
- Ferramentas de ponta arredondada permitem a aplicação de grandes avanços, em peças de grande diâmetro

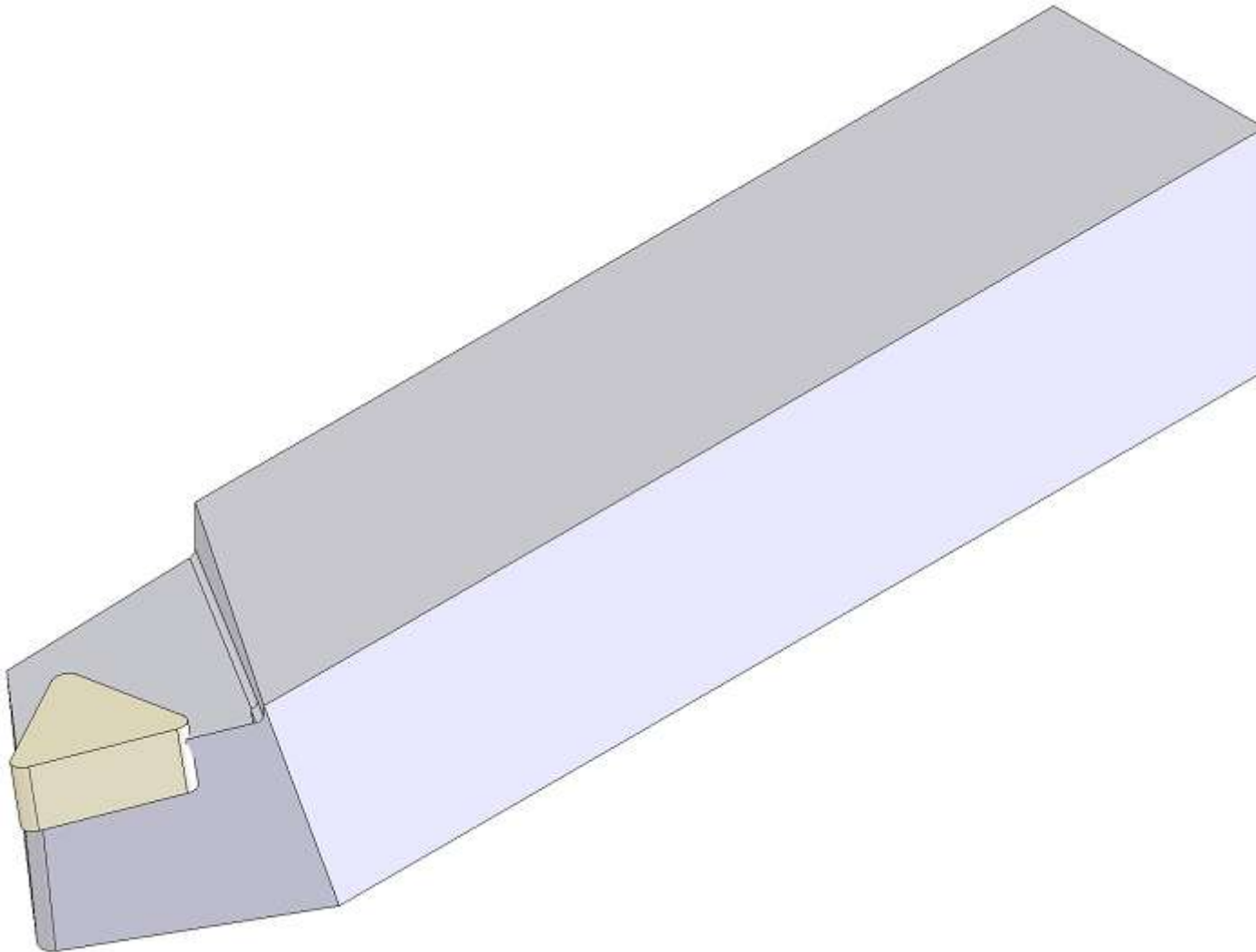


Ferramentas com insertos soldados

- Ferramentas de gume único
- Corpo de material de baixo custo
- Parte cortante com material de corte de melhor qualidade soldado ou montado sobre a base
- Materiais cortantes usados: aços rápidos, ligas fundidas à base de cobalto, metal-duro, cerâmica, diamante mono e policristalino e nitreto de boro cúbico



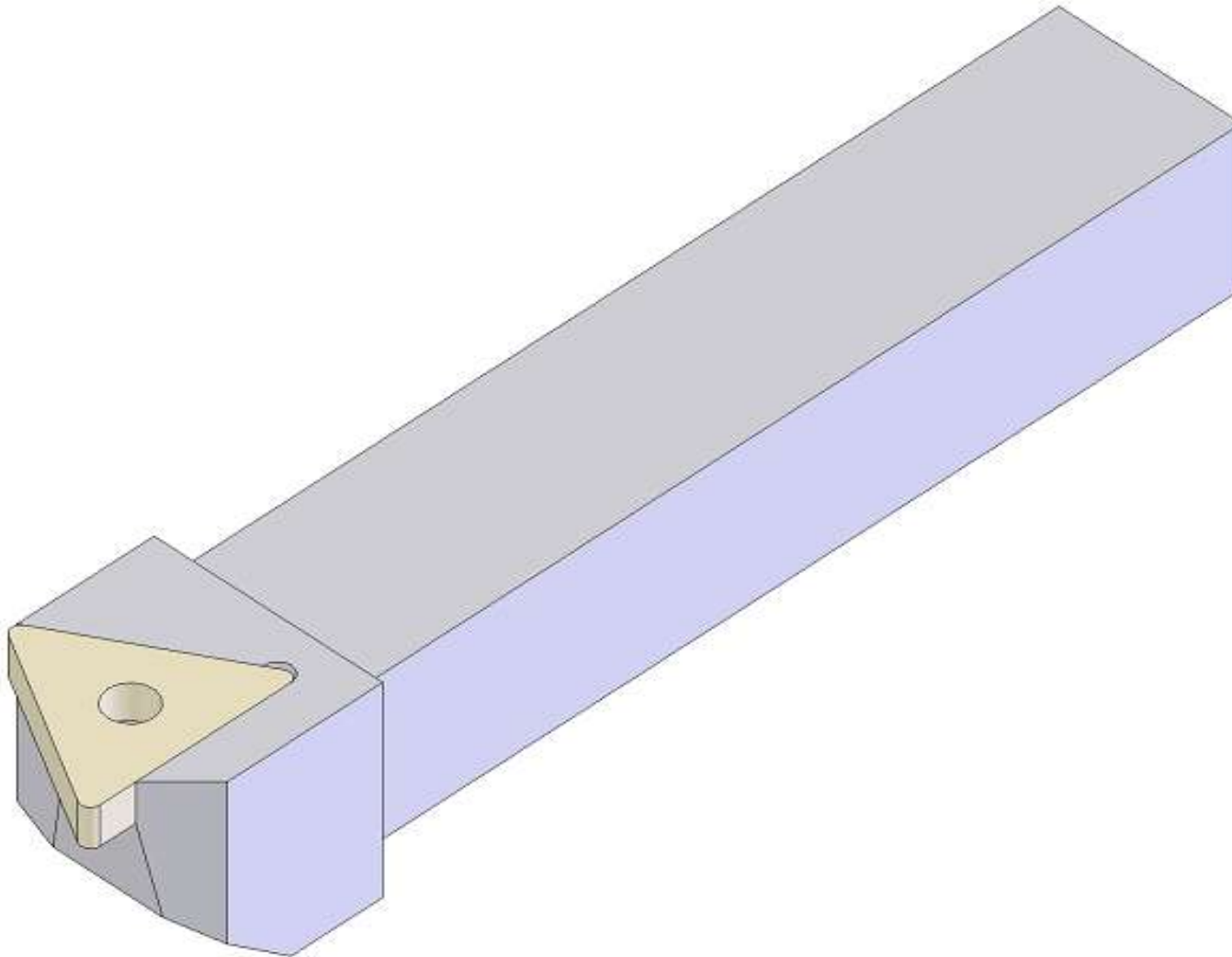
Ferramentas com insertos soldados



Ferramentas com insertos intercambiáveis

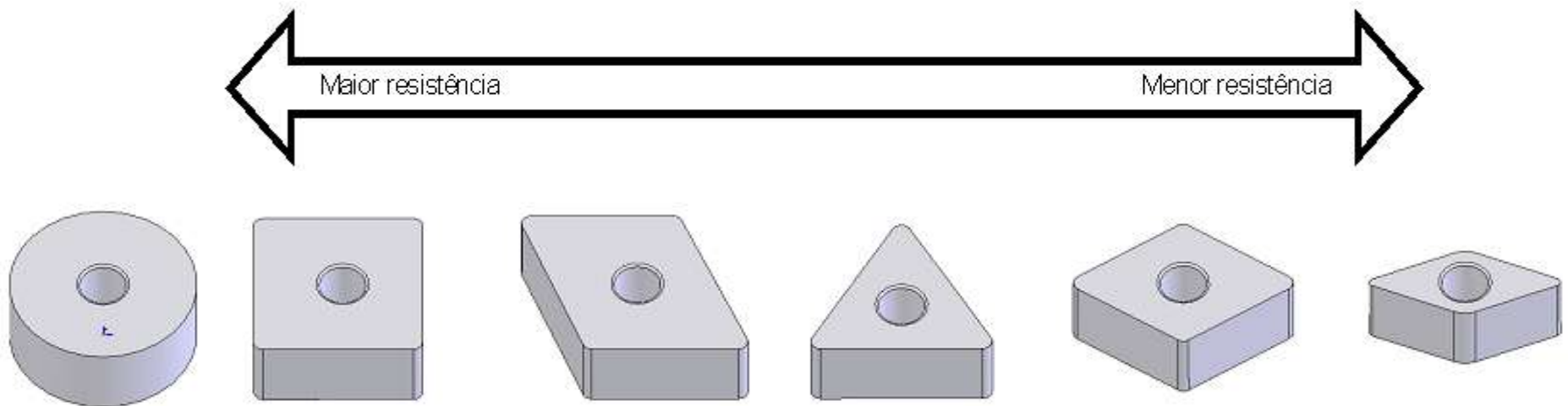
- Ferramentas mais largamente utilizadas em operações de torneamento
 - Insertos de metal-duro predominam, mas insertos de aços rápidos, cerâmicas, diamante e CBN são também usados para muitas aplicações
 - Sistema de identificação normalizado, com base nas características mecânicas e geométricas dos insertos
-

Ferramentas com insertos intercambiáveis



Forma dos insertos

- A geometria da peça, suas tolerâncias, seu material e qualidade superficial definem o formato do inserto
- Há seis formas comuns, com benefícios e limitações, em relação à resistência a tensão



Geometria dos insertos

Insertos com ângulo de saída negativo:

- dobro de superfície de corte e maior resistência,
- avanço e profundidade de corte maiores
- gera um aumento nas forças de corte
- exigem maior potência e rigidez do torno

Insertos com ângulo de saída positivo:

- bons para trabalho em material mais dúctil, como aços de baixo carbono, ligas de alta temperatura e materiais que endurecem durante a usinagem
-

Geometria dos insertos

Insertos positivo-negativos:

- combinam a ação de corte dos positivos com a resistência dos negativos
 - possuem gumes realçados ou sulcos na face
 - em insertos revestidos, são capazes de remover material a altas velocidades e avanços, com aumento do volume de cavacos.
 - há diversos modelos, de diferentes fabricantes, com diferentes formas de sulcos
-

Tamanho dos insertos

- Na maioria das formas padrão de insertos, o tamanho é especificado pelo diâmetro do maior círculo que pode ser inscrito no perímetro do inserto (chamado IC)
 - Por razões econômicas, deve ser selecionado o menor inserto possível, com o qual possa ser empregada a profundidade de corte requerida na operação
 - De modo geral o comprimento do gume deve ser no mínimo o dobro da profundidade de corte
-

Espessura dos insertos

- Depende basicamente da profundidade de corte e do avanço utilizados
 - Com base nestes fatores, a espessura do inserto é selecionada em tabelas de fabricantes, ou através de dados da literatura
-

Raio de quina dos insertos

- Determinado pela configuração da peça e pelos requisitos de qualidade superficial
 - Raios de quina muito pequenos
 - quinas fracas, quebra ou lascamento
 - melhor controle dos cavacos e menos ruídos
 - Raios de quina muito grandes:
 - ruídos ou vibrações (pequena espessura dos cavacos e aumento F_p)
 - máquina-ferramenta e dispositivos devem ter rigidez suficiente
 - Raio de quina apropriado é um dos mais importantes fatores relacionados ao acabamento superficial
 - De modo geral raios de quina maiores produzem melhores superfícies usinadas
-

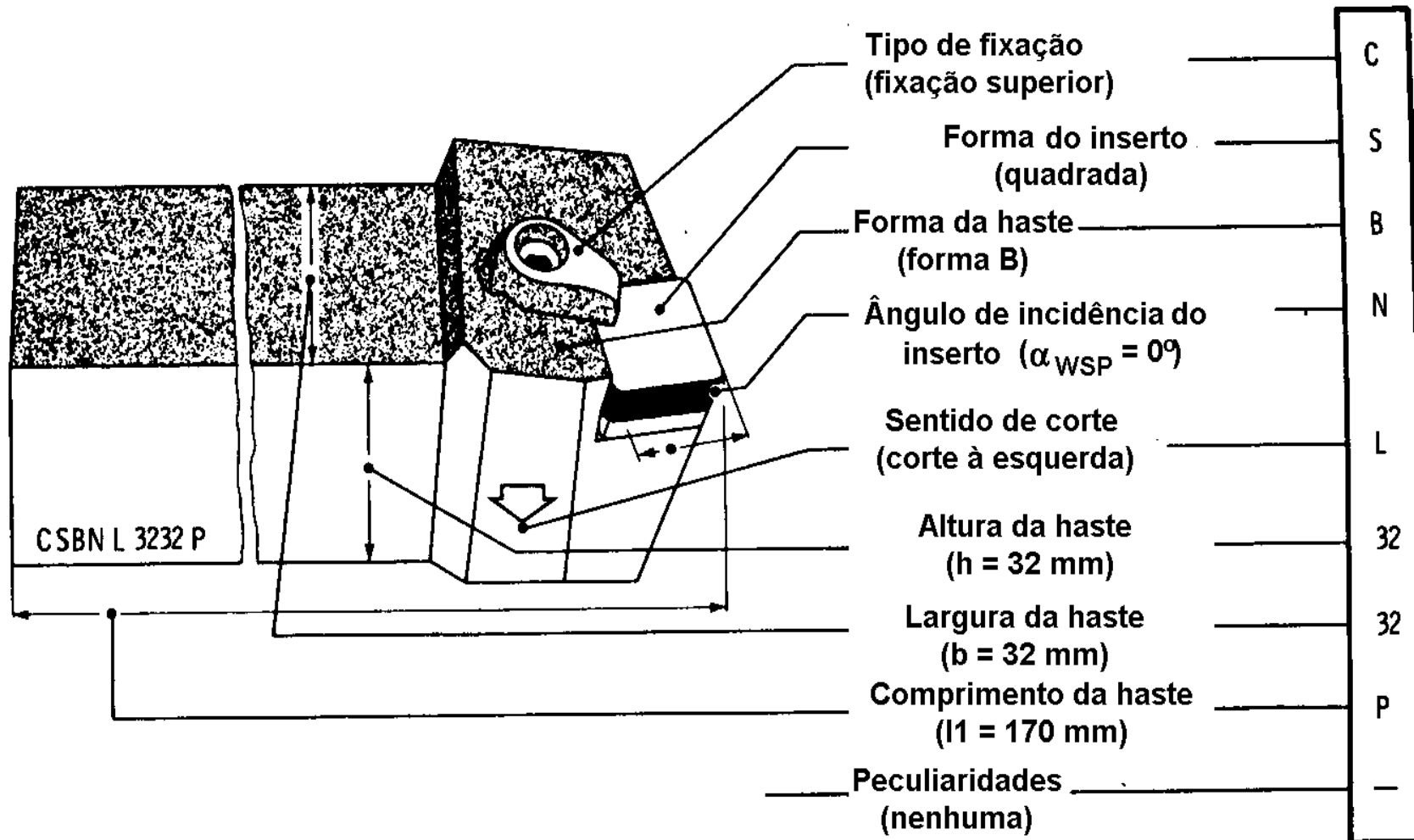
Tolerância dos insertos

Define a precisão de acoplamento

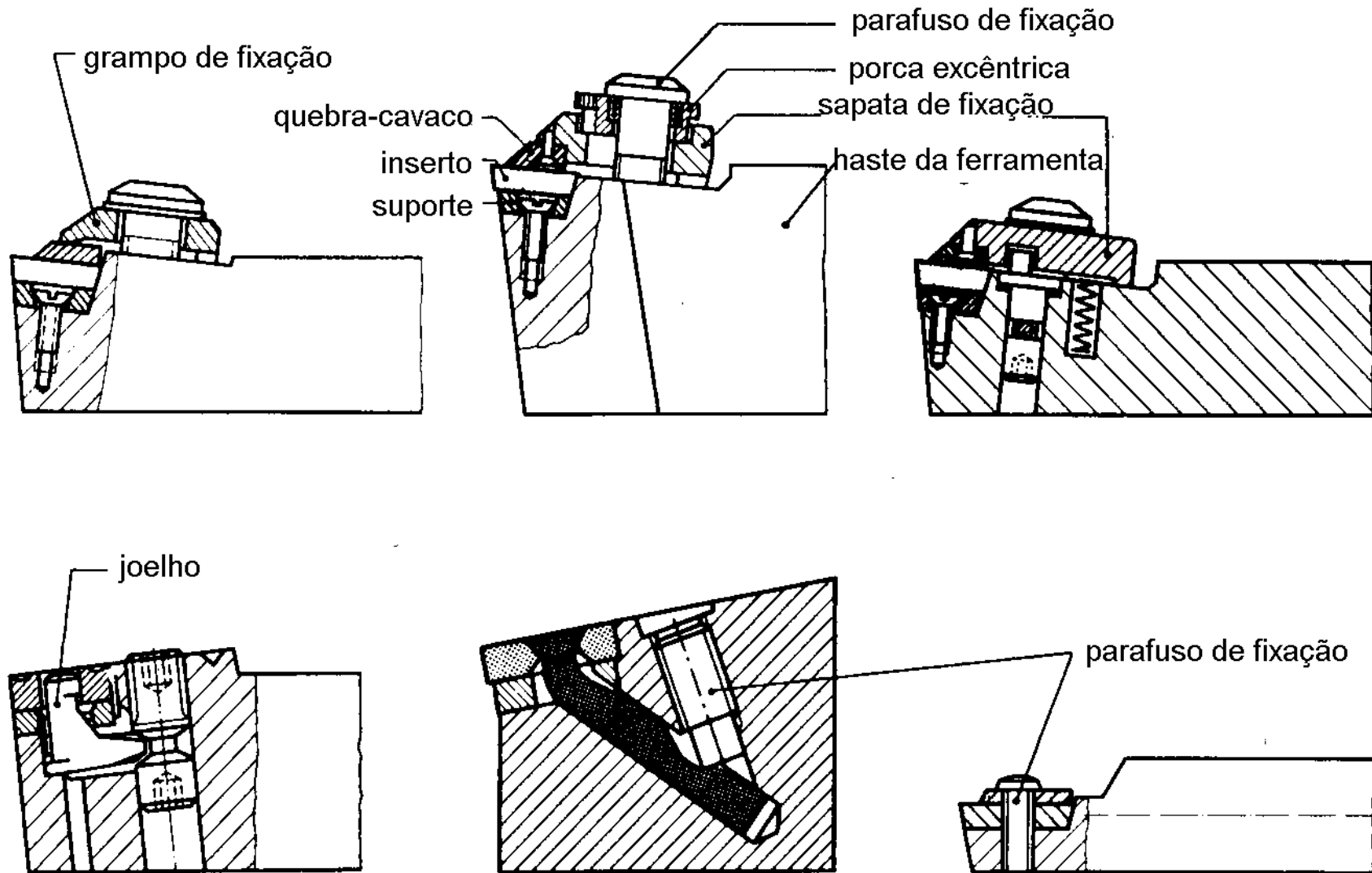
Insertos padrão estão disponíveis em 3 classes de tolerância:

- usual: $\pm 0,1$ a $0,3$ mm
 - precisão: $\pm 0,03$ a $0,05$ mm
 - alta precisão: $\pm 0,013$ mm
-

Ferramenta de torneamento com inserto intercambiável



Sistema de fixação para insertos intercambiáveis



Escolha da geometria da ferramenta

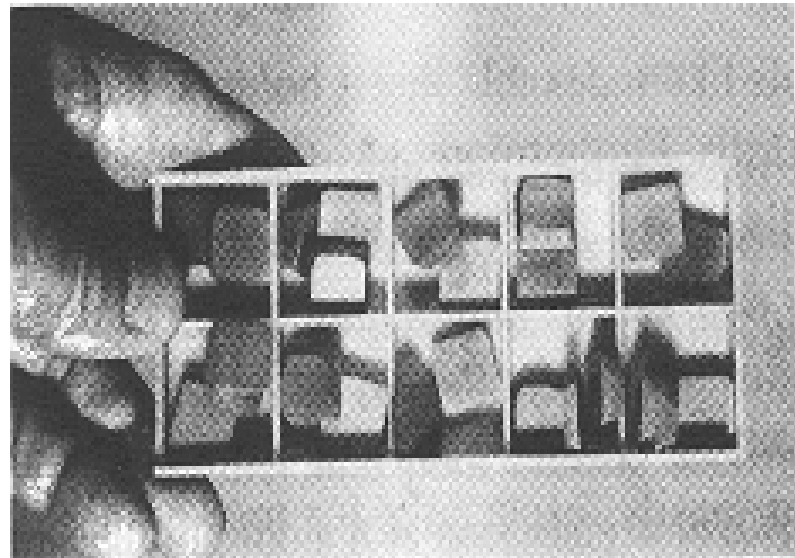
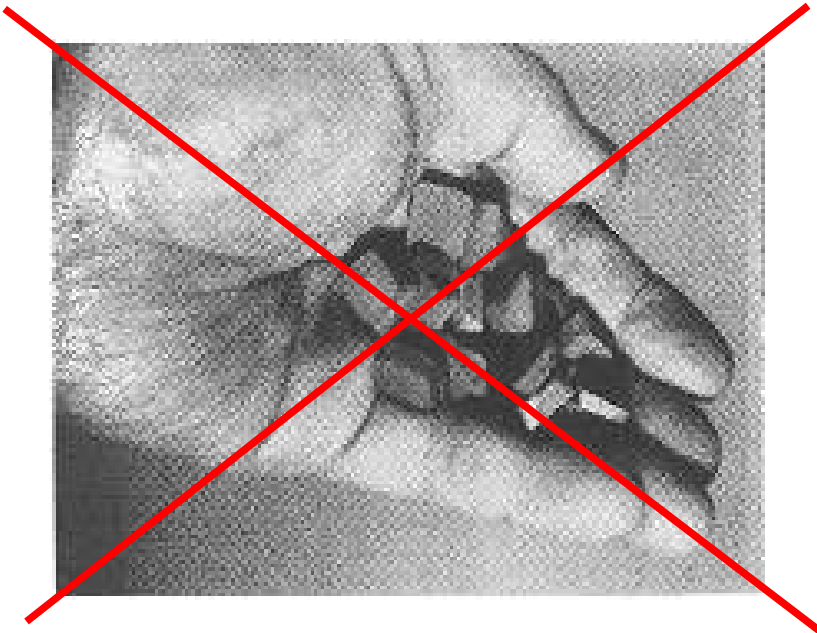
- Material da ferramenta
- Material da peça
- Condições de corte
- Geometria da peça

Geometrias usuais de ferramentas de corte

Geometria da Ferramenta Material da Ferramenta	Ângulo de saída γ	Ângulo de Incidência α	Ângulo de Inclinação λ	Ângulo de Posição χ	Ângulo de Quina ε	Raio da Quina r_ε
Aço Rápido (HSS)	-6° até + 20°	6° até 8°	-6° até +6°	10° até 100°	60° até 120°	0,4 até 2mm
Metal Duro	-6° até + 15°	6° até 12°				

Cuidados com ferramentas de corte

- Manuseio e manutenção de ferramentas de corte
- Evitar o contato entre ferramentas
- Cuidados no armazenamento
- Danificações no manuseio (quebras)



Manutenção e gerenciamento das ferramentas de corte

- Limpeza
- Prevenção contra oxidação

Aplicação de tecnologia de grupo e manutenção de ferramentas de corte

- Ferramentas adequadas aos processos
 - Cuidados no preparo e instalação
 - Condições de corte adequadas
-