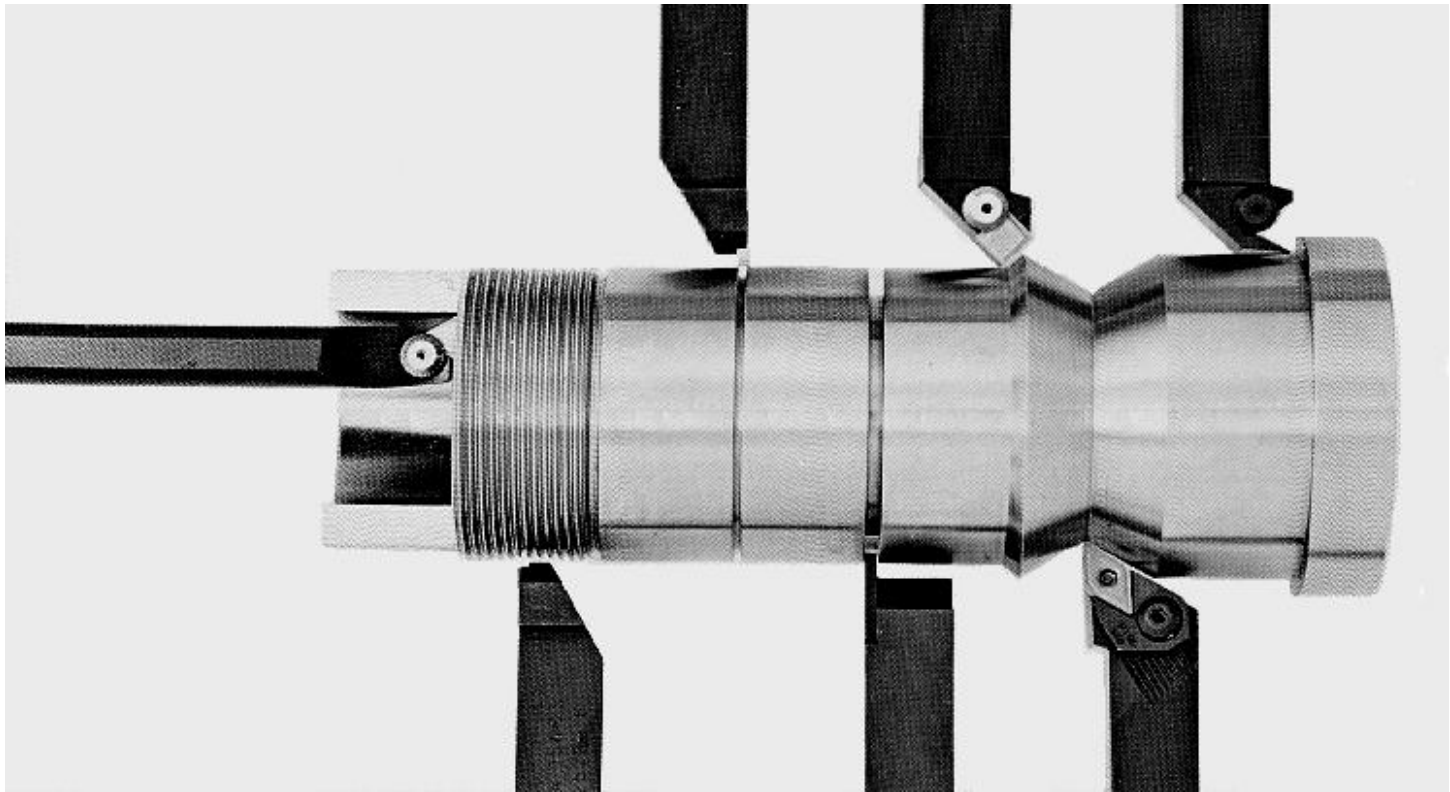


# FERRAMENTAS DE USINAGEM



# USINAGEM

Tipos de Ferramentas

Ferramentas de desbaste

Nas operações de desbaste a remoção de material é grande, portanto os momentos resultantes sobre a ferramenta são grandes, o que exige maior robustez da máquina operatriz e da ferramenta em si.

# USINAGEM

Tipos de Ferramentas

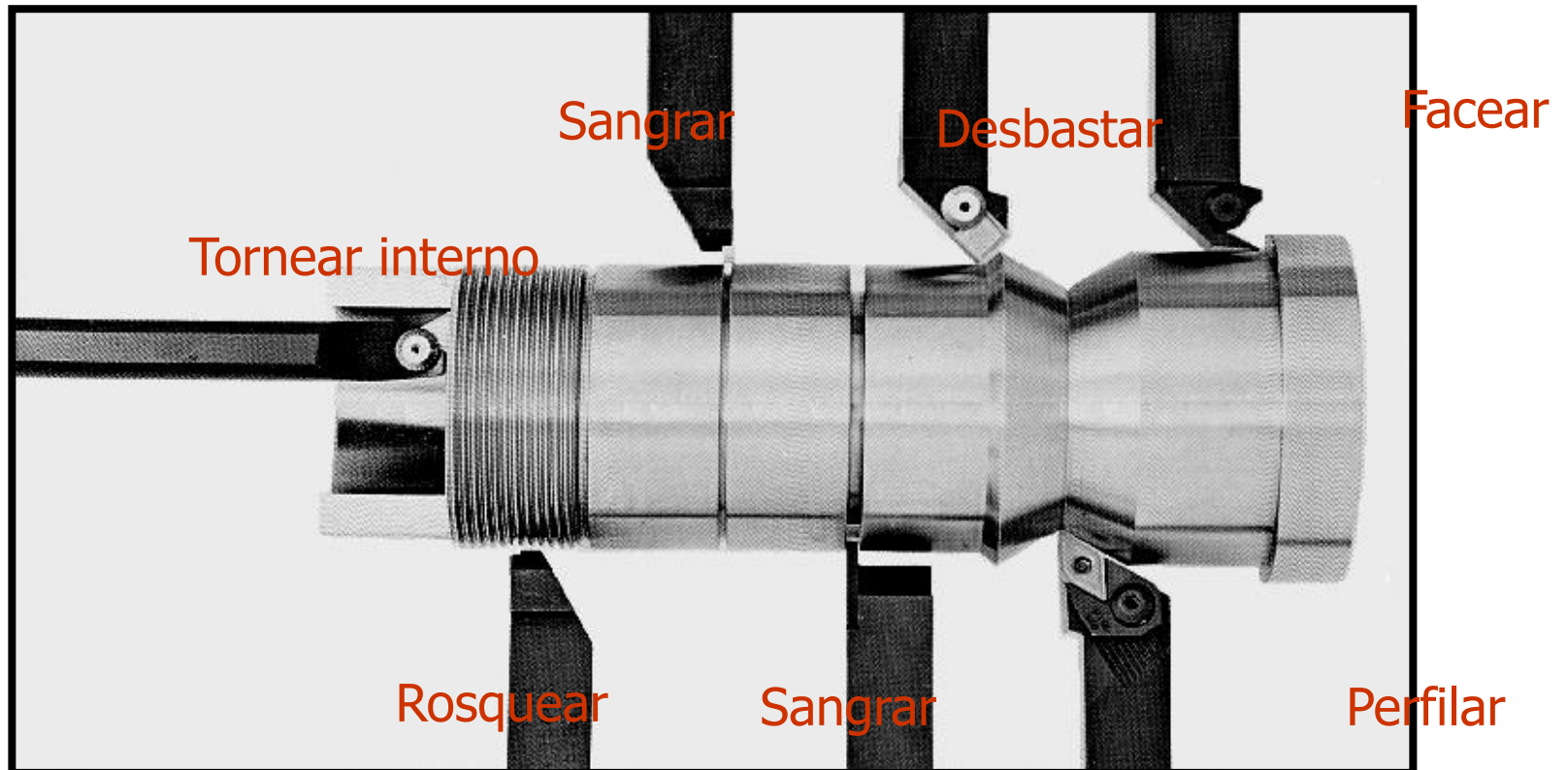
Ferramentas de acabamento

As operações de desbastes deixam um pequeno sobremetal. Para ser retirado com uma maior velocidade de corte e menor avanço, o que resulta num menor esforço sobre a ferramenta de corte.

Nessa operação de acabamento é que se garante a precisão e qualidade superficial do componente.

# USINAGEM

## Tipos de Ferramentas de Torneiar



# Exigências básicas para um material de corte

- **Elevada dureza a frio e a quente.**
- É a resistência oferecida pelo material à penetração, ao desgaste, e ao atrito.
- A dureza da ferramenta deve ser adequada a sua finalidade, sem ser frágil.

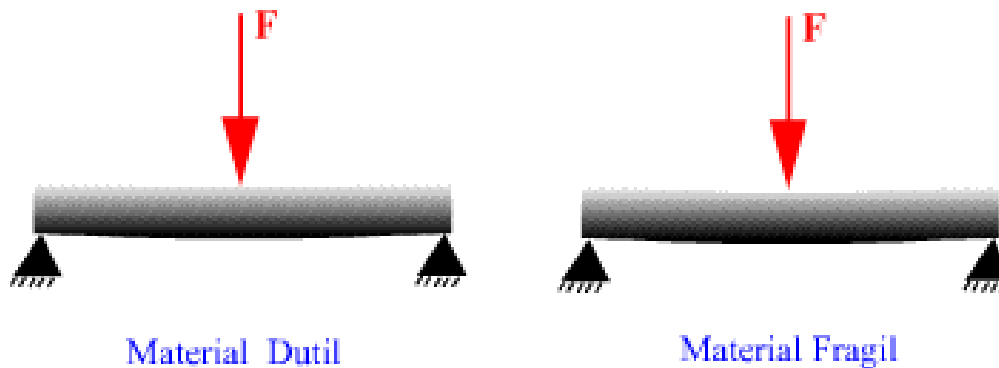
# Exigências básicas para um material de corte

- **Tenacidade**

É a capacidade que o material tem de absorver energia, deformar-se, até fraturar, incluindo a deformação plástica.

- O material deve ter uma boa tenacidade para resistir aos choques/impactos que ocorrem durante a usinagem, evitando com isso o surgimento de trincas e lascamentos na ferramenta.

# Exigências básicas para um material de corte



# Exigências básicas para um material de corte

- **Resistência ao desgaste por abrasão**

Na região de contato peça-ferramenta-cavaco ocorrem elevadas pressões e presença de partículas muito duras. Essas partículas, devido ao movimento relativo entre os componentes causa o rápido desgaste por abrasão da ferramenta, caso ela não possua elevada resistência.



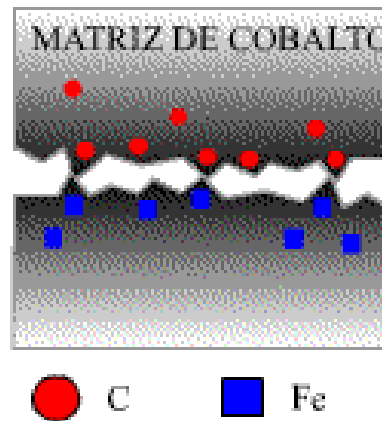
# Exigências básicas para um material de corte

- **Estabilidade química**

Na usinagem a ferramenta e a peça apresentam diferentes composições químicas e estão submetidas a elevadas temperaturas, formando assim uma condição favorável para o surgimento de reações. Estas reações podem resultar em desgaste e perdas de propriedades da ferramenta.

# Exigências básicas para um material de corte

- Estabilidade química



# Exigências básicas para um material de corte

- **Custo e facilidade de obtenção.**

Existem materiais para ferramenta que são fáceis de fabricar e apresentam baixo custo de produção. No entanto, não apresentam todas as propriedades desejadas e por isto tem seu uso limitado, exemplo: aço ferramenta.

Por outro lado, tem-se a disposição materiais com excelentes propriedades dentre as quais dureza e resistência ao desgaste, porém com elevado custo. Portanto o balanço qualidade-custo deverá ser adequado às necessidades específicas.

# Materiais Empregados na Fabricação de Ferramentas

- Aço Ferramenta
- Aço Rápido
- Ligas Fundidas
- Metal Duro
- Cermet
- Cerâmica
- Nitreto de Boro Cúbico Cristalino
- Diamante

# Materiais Empregados na Fabricação de Ferramentas

- **Aço ferramenta**

De acordo com a literatura, denomina-se aço ferramenta todos os aços utilizados em sua fabricação.

Foi o único material (aço) empregado na confecção de ferramentas de corte até 1900.

# Materiais Empregados na Fabricação de Ferramentas

## **Composição:**

Composição: 0.8 a 1.5% de carbono.

## **Limitação:**

Temperatura de trabalho: até 250°C, acima desta temperatura a ferramenta perde sua dureza.

# Materiais Empregados na Fabricação de Ferramentas

## ■ Aplicação

Após o surgimento do aço rápido seu uso reduziu-se a aplicações secundárias, tais como:

- Reparos, uso doméstico e de lazer.
- Ferramentas usadas uma única vez ou para fabricação de poucas peças.
  - Ferramenta de forma.

# Materiais Empregados na Fabricação de Ferramentas

## ■ Aplicação

São ainda atualmente usados pelas seguintes características:

- São os materiais mais baratos.
- Facilidade de obtenção de gumes vivos.
- Tratamento térmico simples.
- Quando bem temperado obtém-se elevada dureza e resistência ao desgaste.



# Materiais Empregados na Fabricação de Ferramentas

## ■ Aço Rápido

Desenvolvido por Taylor e apresentado publicamente em 1900 na Exposição Mundial em Paris.

### **Composição:**

- Elementos de Liga: tungstênio, cromo e vanádio como elementos básicos de liga e pequena quantidade de manganês para evitar fragilidade.
  - Em 1942 devido a escassez de tungstênio provocada pela guerra, este foi substituído pelo molibdênio.

# Materiais Empregados na Fabricação de Ferramentas

## ■ Características

- temperatura limite de 520 a 600°C;
- maior resistência à abrasão em relação ao aço ferramenta;
  - preço elevado;
- tratamento térmico complexo.

# Materiais Empregados na Fabricação de Ferramentas

## ■ Aço Rápido com Cobalto

O aço rápido ao cobalto, denominado de aço super-rápido, apareceram pela primeira vez em 1921.

### **Característica**

- maior dureza a quente;
- maior resistência ao desgaste;
- menor tenacidade.

# Materiais Empregados na Fabricação de Ferramentas

- **Aço Rápido com Revestimento de nitreto de titânio – TiN**

O revestimento de TiN é aplicado pelo processo PVD (deposição física a vapor) conferindo uma aparência dourada a ferramenta.

# Materiais Empregados na Fabricação de Ferramentas

## ■ Características

- Redução do desgaste na face e no flanco da ferramenta;
- Proteção do metal de base contra altas temperaturas pelo baixo coeficiente de transmissão de calor do TiN.
  - Baixo atrito;
  - Não há formação de aresta postiça.

# Materiais Empregados na Fabricação de Ferramentas

- **Ligas fundidas**

Desenvolvidas por Elwood Haynes em 1922.

- **Características**

- elevada resistência a quente;
- temperatura limite de 700 a 800oC;
- qualidade intermediária entre o aço rápido e o metal duro.

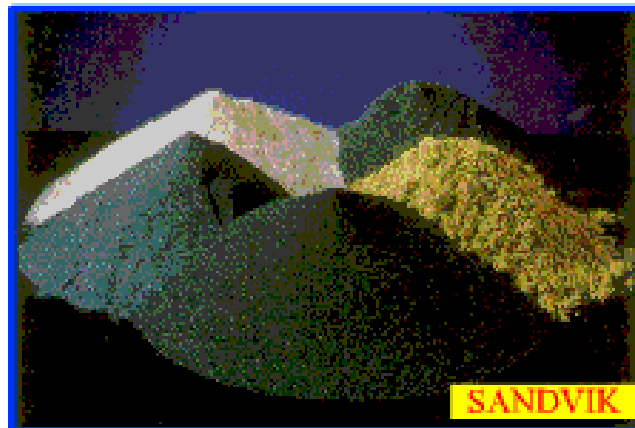
# Materiais Empregados na Fabricação de Ferramentas

## ■ **Composição**

- tungstênio, cromo e vanádio;
- no lugar de tungstênio pode-se: usar em partes, manganês, molibdênio, vanádio, titânio e tântalo; no lugar do cobalto o níquel.

# Materiais Empregados na Fabricação de Ferramentas

- O **Metal Duro** (Carbonetos Sinterizados) surgiram em 1927 com o nome de widia (wie diamant - como diamante), com uma composição de 81% de tungstênio, 6% de carbono e 13% de cobalto.





# METAL DURO

- **Característica**

- Elevada dureza;
- Elevada resistência à compressão;
- Elevada resistência ao desgaste;
- Possibilidade de obter propriedades distintas nos metais duros pela mudança específica dos carbonetos e das proporções do ligante.
  - Controle sobre a distribuição da estrutura.

# METAL DURO

## **Propriedades**

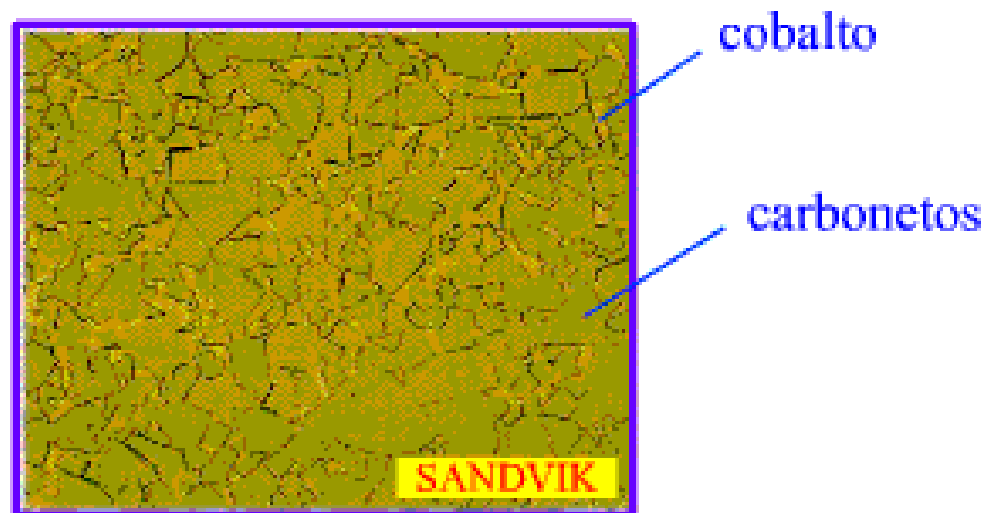
Variam com:

- tipo e tamanho das partículas
- tipo e propriedades dos ligantes
  - técnica de manufatura.
- quantidade de elementos de liga

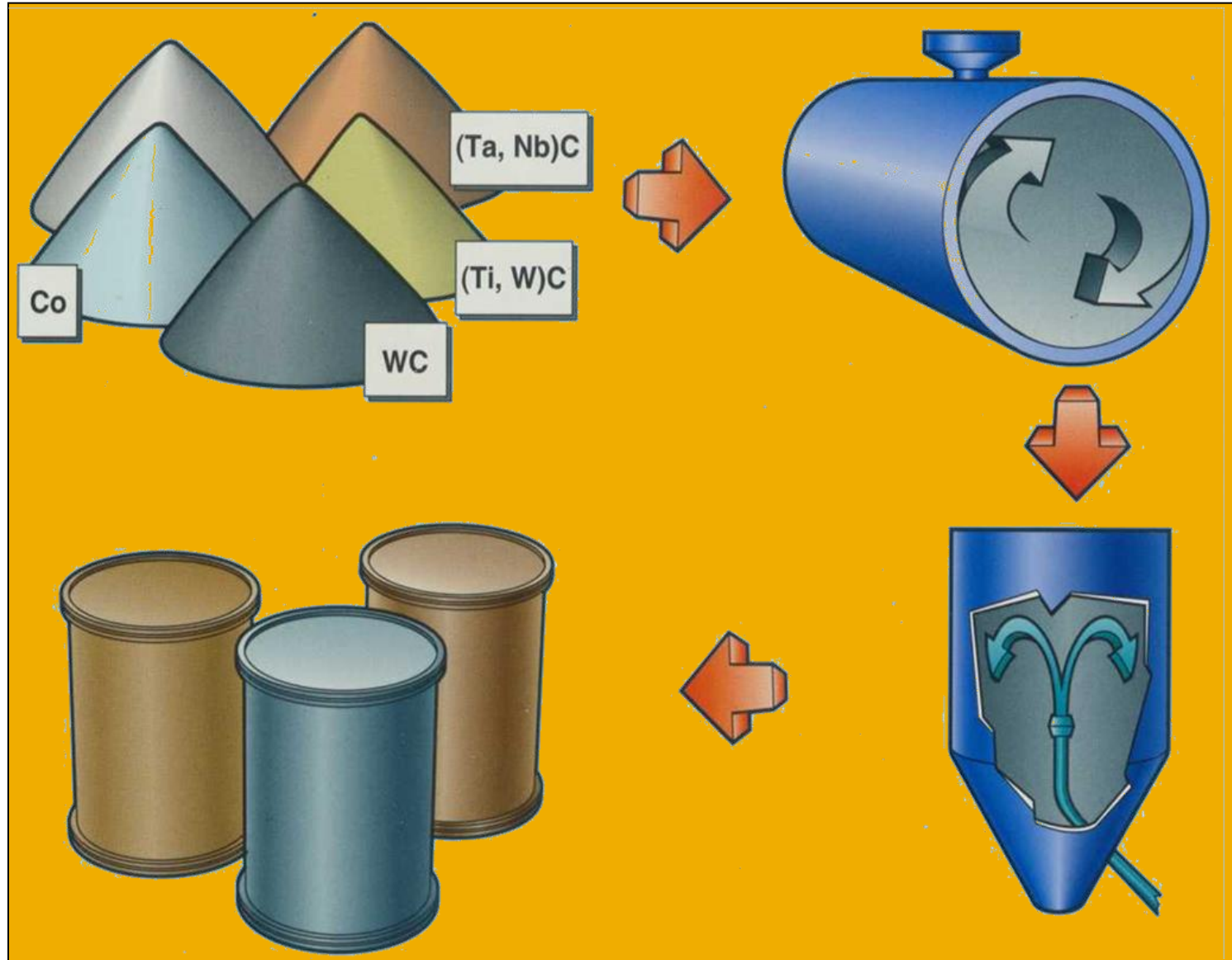
# METAL DURO

## ■ Composição

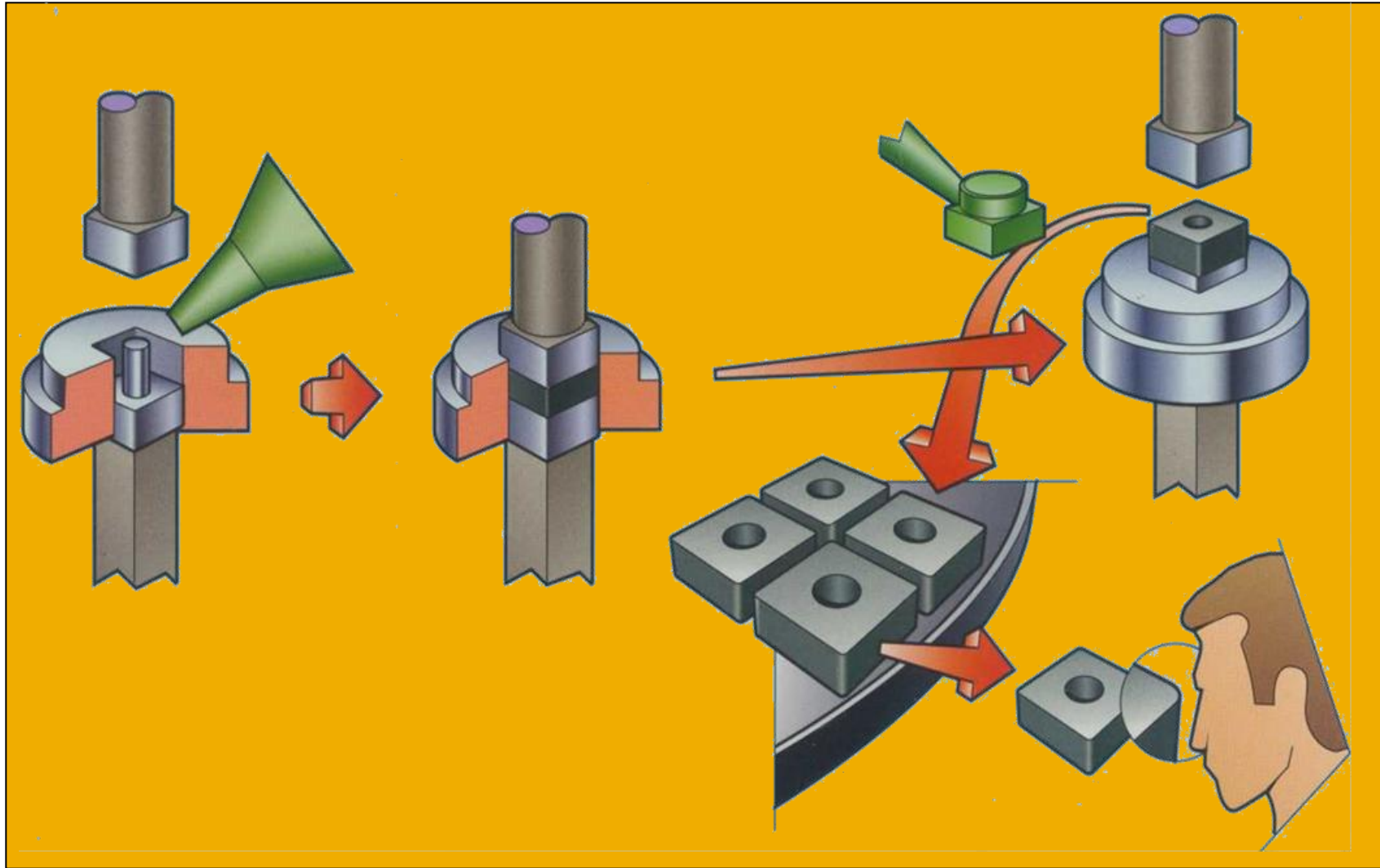
O metal duro é composto de carbonetos e cobalto responsáveis pela dureza e tenacidade, respectivamente



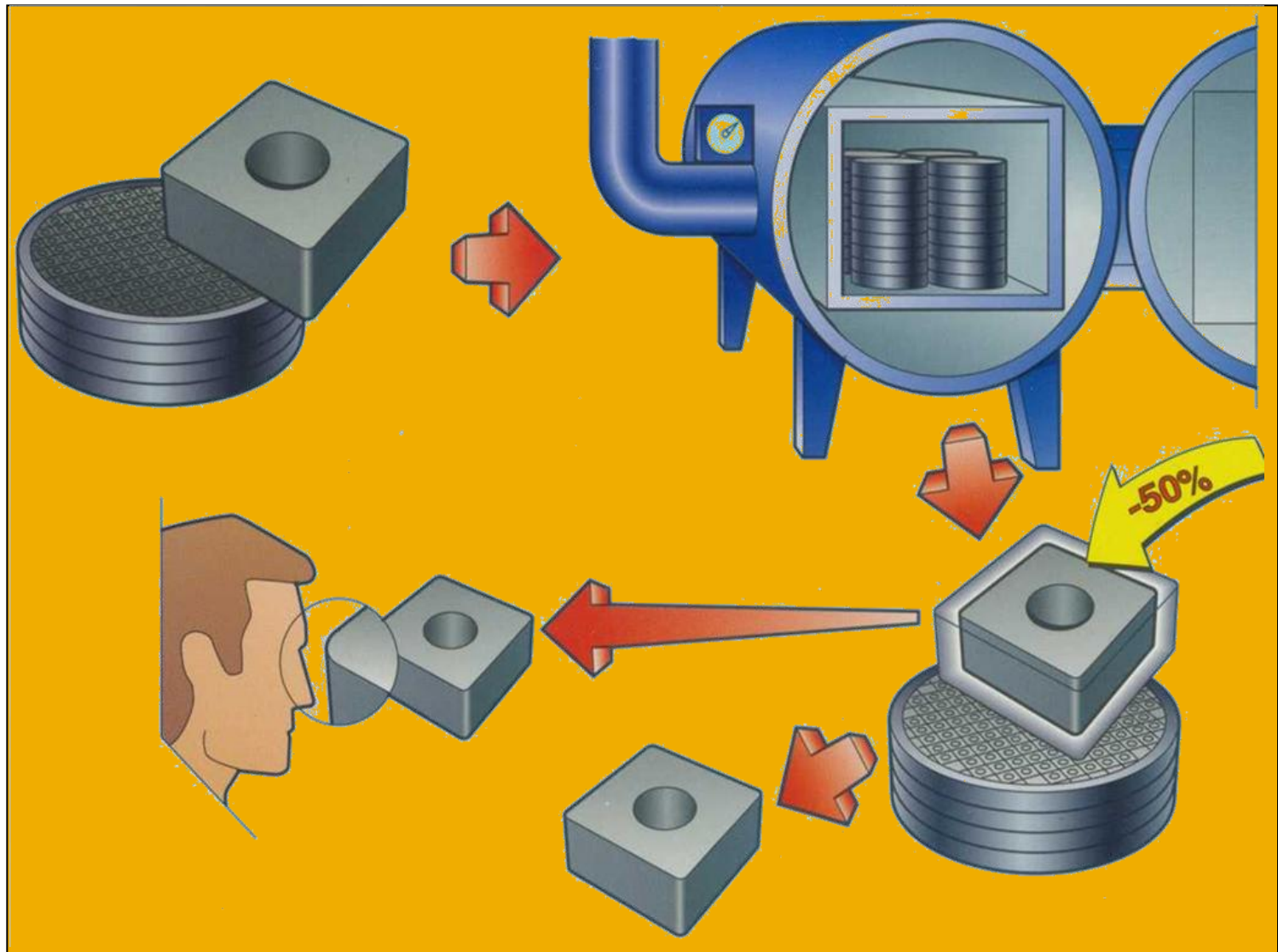
# FABRICAÇÃO DA PASTILHA DE METAL DURO



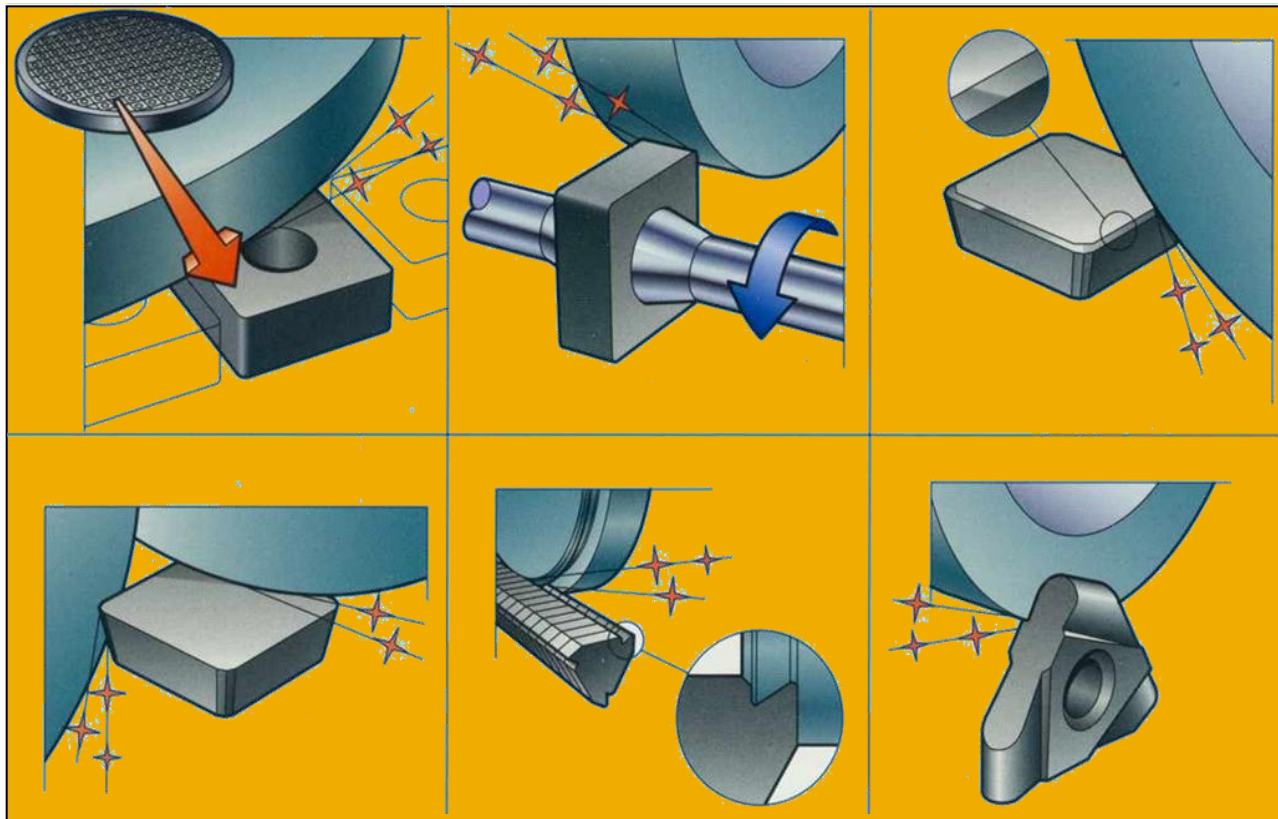
# Prensagem



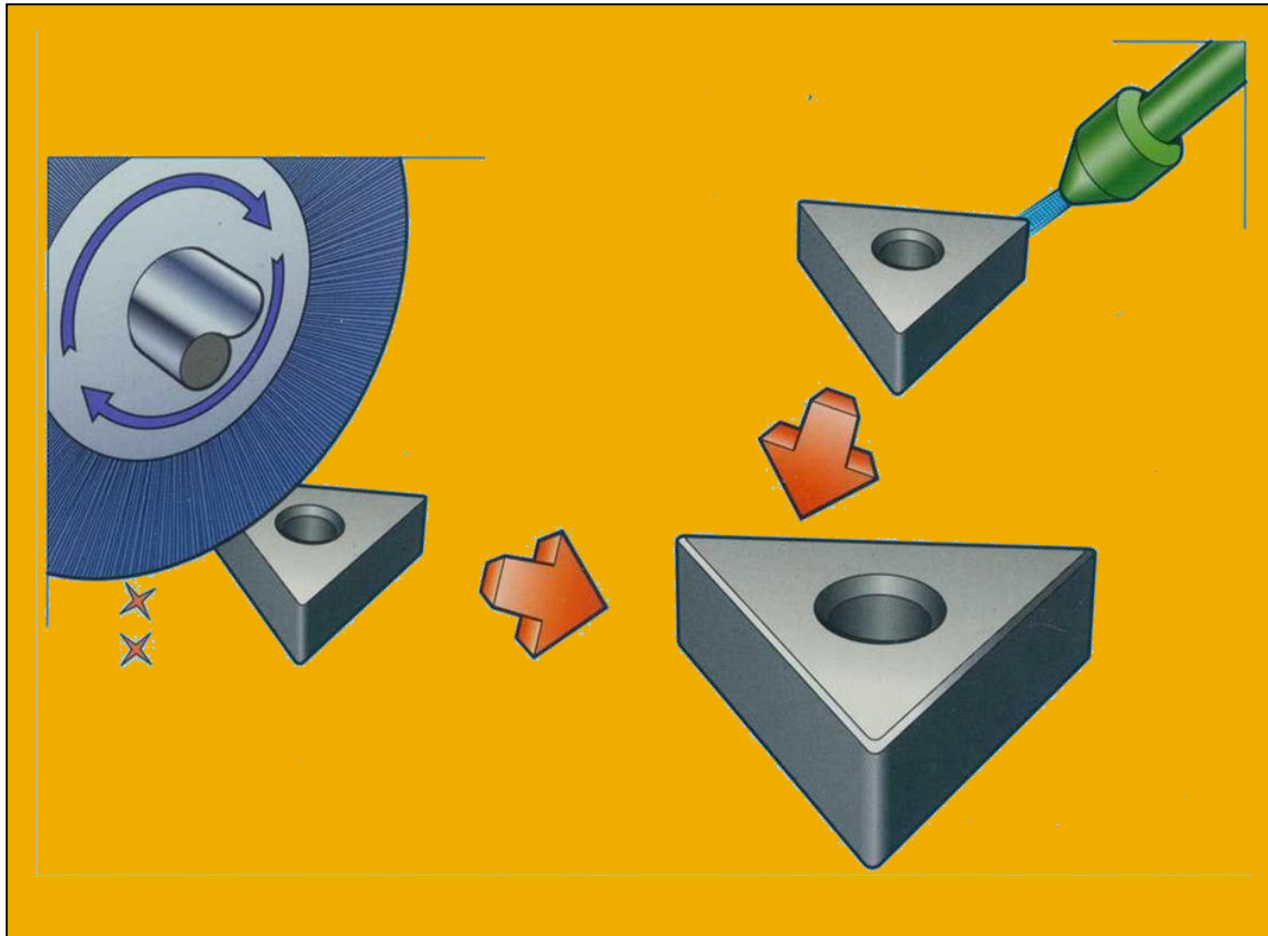
# Sinterização



# Retífica

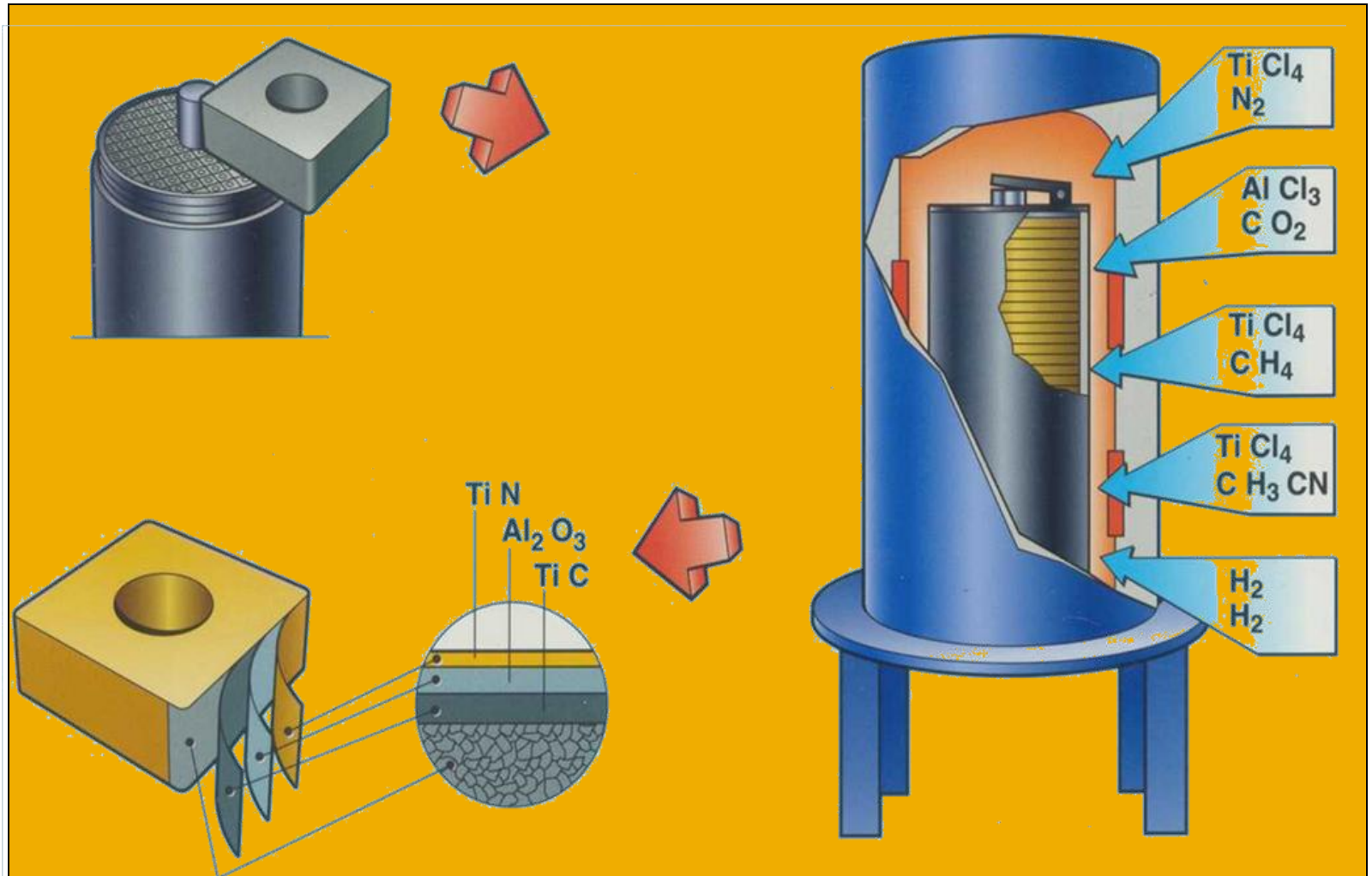


# Escova



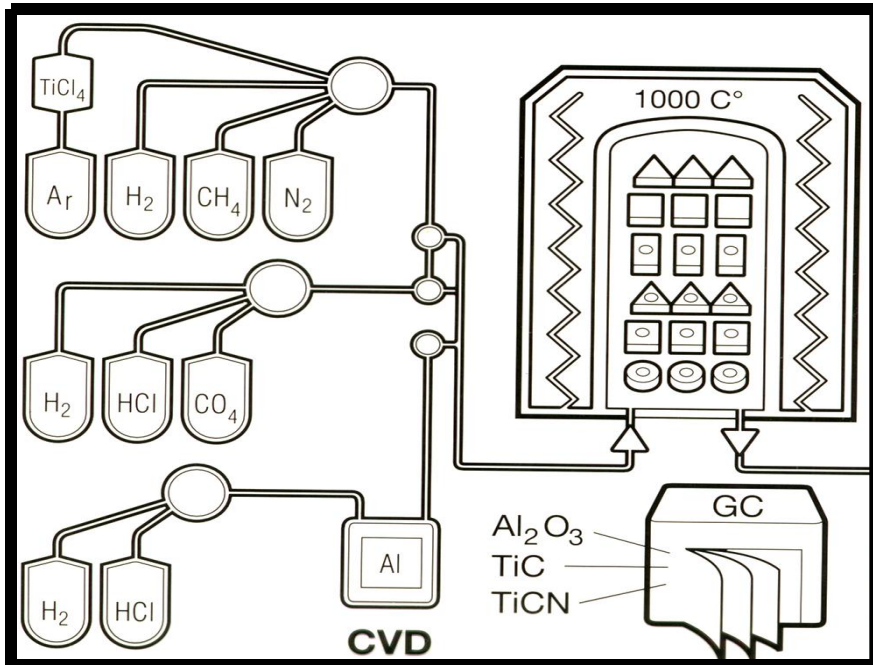


# Cobertura CVD / PVD



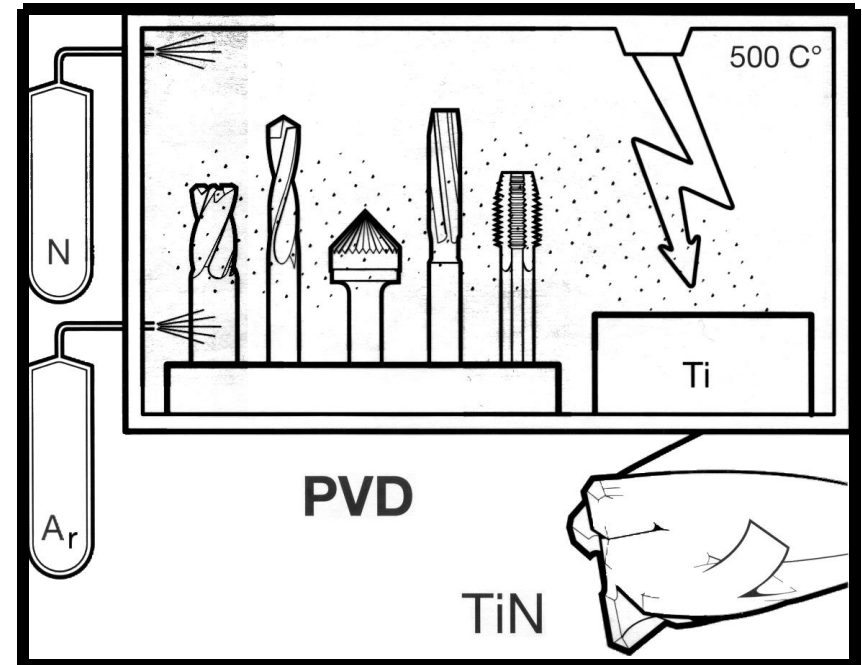
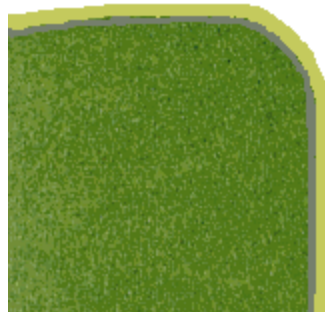
# Cobertura CVD / PVD

## Processos de revestimentos para ferramentas



Deposição  
química  
a vapor

**CVD**

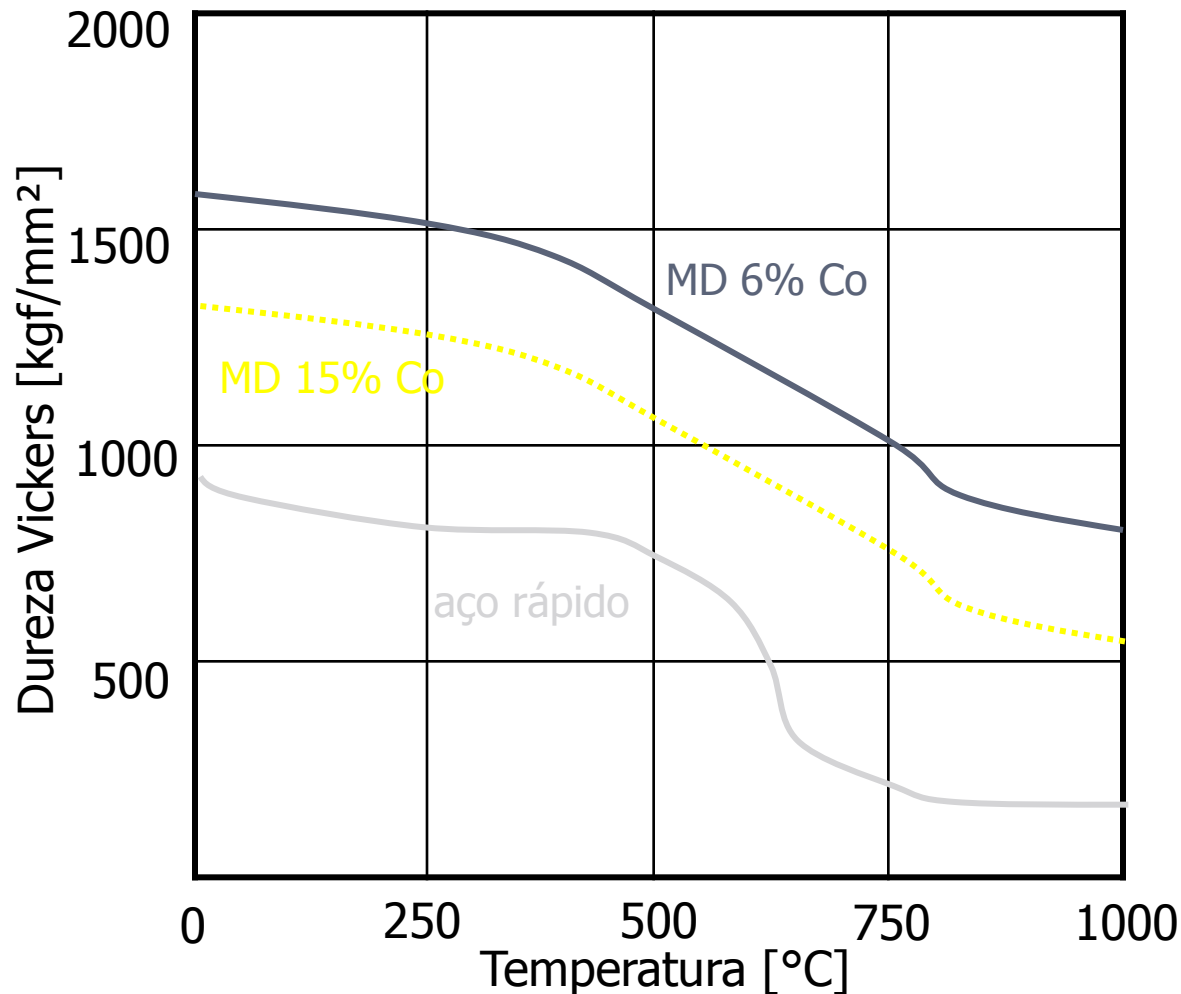


Deposição  
física  
a vapor

**PVD**

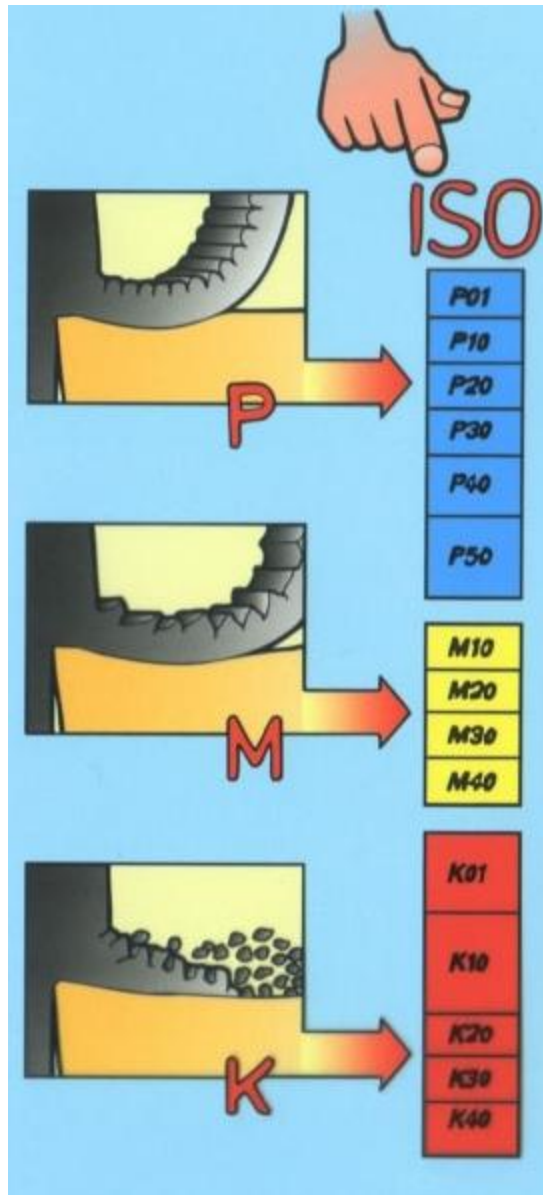


# Variação da Dureza do Metal Duro com a Temperatura



# Seleção da Pastilha de Metal Duro

- **Seleção**
- Principais fatores que afetam a escolha da pastilha:
- Material da peça: Aço, aço inox, ferro fundido
- Operação: Acabamento, usinagem média, desbaste
- Condições de usinagem: Boas, médias, difíceis



AÇO E MATERIAIS DÚCTEIS

AÇO INÓX E MATERIAIS DE DUREZA INTERMEDIÁRIA

FERRO FUNDIDO E LATÕES



# Materiais Empregados na Fabricação de Ferramentas

## ■ CERMET

**Cermet** é um composto formado por cerâmica e metal (**CER**âmica/**Metal**).

O cermet é um metal duro à base de titânio. Durante a década de 1930, os primeiros cermets (Ti/Ni) eram muito frágeis e pouco resistentes à deformação plástica.

Durante os anos quarenta e cinquenta, os cermets avançaram com a adição de materiais e com o aprimoramento da tecnologia de sinterização.

# CERMET

## ■ Característica

- baixa tendência a formação de gume postiço;
  - boa resistência a corrosão;
  - boa resistência ao desgaste;
- resistência a temperatura elevada;
  - alta estabilidade química;



# CERMET

## ■ Aplicação

Ao longo da história da usinagem, os cermets ganharam fama de suscetíveis à repentina e imprevisível falha das pastilhas.

Os cermets são usados no fresamento de materiais de peças duros com êxito. Mas não há diretrizes bem definidas sobre onde os cermets se encaixam na usinagem.

# Materiais Empregados na Fabricação de Ferramentas

## ■ CERÂMICA

Inicialmente cerâmica era o nome atribuído a ferramentas de óxido de alumínio.

Na tentativa de diminuir a fragilidade destas ferramentas, os insertos passaram por considerável desenvolvimento, diferindo atualmente dos iniciais.

# Materiais Empregados na Fabricação de Ferramentas

## ■ CERÂMICA

- Hoje encontramos dois tipos básicos de cerâmica:  
base de óxido de alumínio.  
base de nitreto de silício.

### ■ **Característica**

- Alta dureza à quente (1600°C)
- Não reage quimicamente com o aço;
- Longa vida da ferramenta;
- Usado com alta velocidade de corte;
- Não forma gume postiço.

# CERÂMICA

- **Característica da cerâmica não metálica em relação ao aço**
  - 1/3 da densidade do aço;
  - alta resistência a compressão;
  - muito quebradiço;
  - módulo de elasticidade em torno de 2 vezes ao do aço;
  - baixa condutividade térmica;
  - velocidade de 4 à 5 vezes a do metal duro;
  - baixa deformação plástica;

## **Aplicação**

- Ferro Fundido;
- Aço endurecido; (hard steels)
- Ligas resistentes ao calor. (Heat resistant alloys)

# CERÂMICA

- **Fabricação**

Pó finíssimo de  $Al_2O_3$  (entre 1 e 10 microns), mais  $ZrO_2$  (confere tenacidade a ferramenta de corte) é prensado, porém apresenta-se muito poroso. Para eliminar os poros, o material é sinterizado a uma temperatura de  $1700^{\circ}C$  ou mais. Durante a sinterização as peças experimentam uma contração progressiva, fechando os canais e diminuindo a porosidade.

- **Exigência**

- Máquina Ferramenta com extrema rigidez e potência disponível

# CERÂMICA

- **Recomendações**

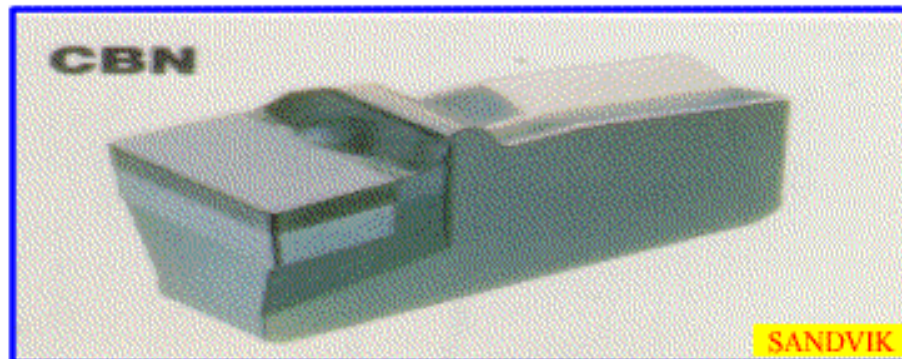
- Usinagem a seco para evitar choque térmico;
  - Evitar cortes interrompidos;
  - Materiais que não devem ser usinados:
- Alumínio, pois reage quimicamente;
  - Ligas de titânio e materiais resistentes ao calor, pela tendência de reagir quimicamente, devido a altas temperaturas envolvidas durante o corte;
  - Magnésio, berílio e zircônio, por inflamarem na temperatura de trabalho da cerâmica.

# Materiais Empregados na Fabricação de Ferramentas

- CBN

## Nitretos de Boros Cúbicos Cristalinos

Material relativamente jovem, introduzido nos anos 50 e mais largamente nos anos 80, devido a exigência de alta estabilidade e potência da máquina-ferramenta.



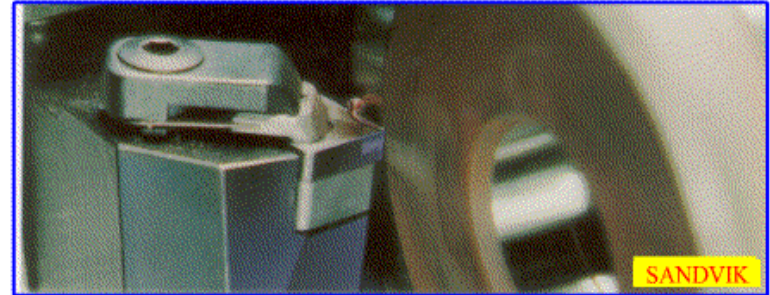
# CBN

- **Característica**

- São mais estáveis que o diamante, especialmente contra a oxidação;
- Dureza elevada;
- Alta resistência à quente;
- Excelente resistência ao desgaste;
- Relativamente quebradiço;
- Alto custo;
- Excelente qualidade superficial da peça usinada;
- Envolve elevada força de corte devido a necessidade de geometria de corte negativa, alta fricção durante a usinagem e resistência oferecida pelo material da peça.



# CBN

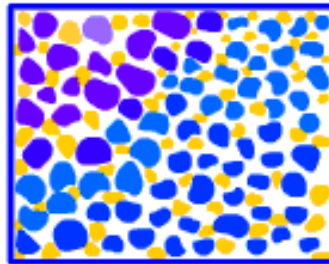


- **Aplicação:**

- Usinagem de aços duros;
- Usinagem de desbaste e de acabamento;
- Cortes severos e interrompidos;
- Peças fundidas e forjadas;
- Peças de ferro fundido coquilhado;
- Usinagem de aços forjados
- Componentes com superfície endurecida;
- Ligas de alta resistência a quente(heat resistant alloys);
- Materiais duros (98HRC). Se o componente for macio (soft), maior será o desgaste da ferramenta.

# CBN

- **Fabricação**
- - Os cristais de boro cúbico são ligados por cerâmica ou ligante metálico, através de altas pressões e temperatura.
- - As partículas orientadas a esmo, conferem uma densa estrutura policristalina similar a do diamante sintético.
- As propriedades do CBN podem ser alteradas através do tamanho do grão, teor e tipo de ligante.



# CBN

- **Recomendações**

- Alta velocidade de corte e baixa taxa de avanço (low feed rates);
- Usinagem a seco para evitar choque térmico.

- **Nomes comerciais**

- Amborite;
- Sumiboron;
- Borazon.

# Materiais Empregados na Fabricação de Ferramentas

## ■ DIAMANTE

### Monocristalino

- Tipos: Carbonos, ballos e Borts.
- Característica marcante: são os materiais que apresentam maior dureza.
- Materiais em que podem ser empregados: usinagem de ligas de metais, latão, bronze, borracha, vidro, plástico, etc.

Parâmetros de corte permitido para uma ferramenta de corte:

- Velocidade de corte permitida: 100 a 3000m/min;
- Avanço: 0,002 a 0,06 mm;
- Profundidade de corte: 0,01 a 1,0 mm;

# DIAMANTE

## ■ Limitação

- Ferramentas de diamante não podem ser usadas na usinagem de materiais ferrosos devido a afinidade do C com o ferro;
- Não pode ser usado em processos com temperaturas acima de 900°C devido a grafitização do diamante.

## Aplicação

- Usinagem fina, pois é o único material para ferramenta de corte que permite graus de afiação do gume até quase o nível de um raio atômico de carbono.
- Usinagem onde é exigido ferramentas com alta dureza, por exemplo, furação de poços de petróleo.

# Materiais Empregados na Fabricação de Ferramentas

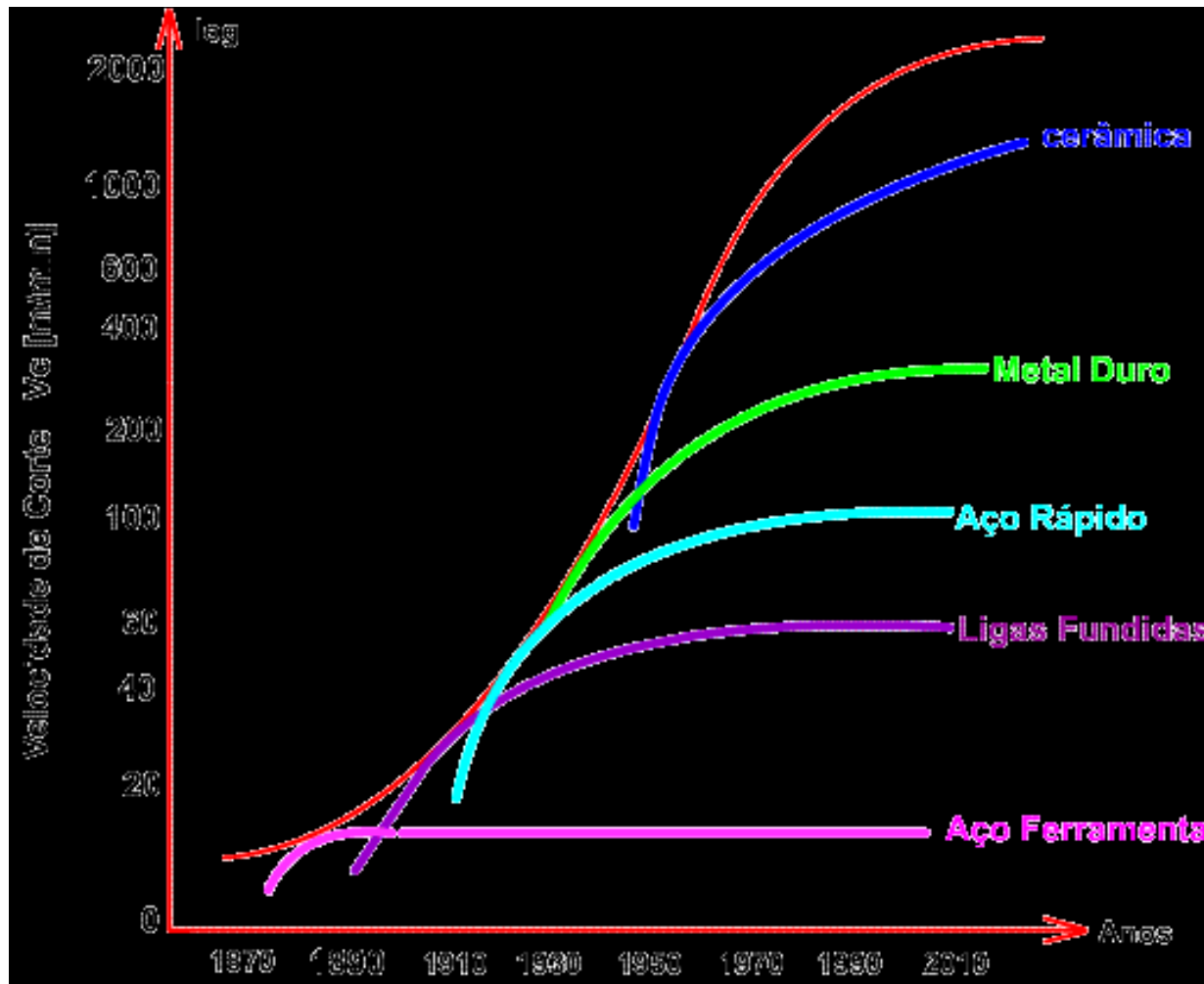
- **Diamante Policristalino**

- Material sintético obtido em condições de extrema pressão e temperatura;
- Propriedades semelhante ao encontrado no diamante natural, porém mais homogêneo;
- São usados na usinagem de materiais não ferrosos e sintéticos;
- Ocorre grafitização para uma determinada condição de corte.

# Materiais Empregados na Fabricação de Ferramentas



# Materiais Empregados na Fabricação de Ferramentas



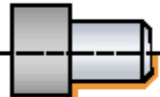













# Classes

**Escolha a classe de acordo com o material de trabalho, tipo de aplicação e condições de corte**

- **ISO P = Aços**
- **ISO M = Aços inoxidáveis**
- **ISO K = Ferros fundidos**
- **ISO N = Alumínio e materiais não-ferrosos**
- **ISO S = Super ligas resistentes ao calor**
- **ISO H = Materiais endurecidos**

# O formato da pastilha depende da operação

Usinagem externa		Formato da pastilha							
		80°	55°	-	90°	60°	80°	35°	55°
Operação	Torneamento/faceamento longitudinal 								
	Perfilamento 		♦♦	♦		♦		♦	♦
	Faceamento 	♦	♦	♦	♦♦	♦	♦		♦
	Mergulho 			♦♦		♦			

- ♦♦ Formato de pastilha recomendado
- ♦ Formato alternativo da pastilha

# Seleção do tamanho da pastilha









- **Acabamento**
- **Operações com baixas profundidades de corte e baixos avanços**
- **$f = 0,1 - 0,3$  mm/rot**
- **$a_p = 0,5 - 2,0$  mm**

# Seleção do tamanho da pastilha

- **Usinagem Média**
- **Operações de desbaste médio a leve.**
- **Uma ampla gama de combinações de profundidades de corte e faixas de avanço.**
- **$f = 0,2 - 0,5$  mm/rot**
- **$a_p = 1,5 - 5,0$  mm**

# Seleção do tamanho da pastilha

- **Usinagem Média**
- **Operações de desbaste médio a leve.**
- **Uma ampla gama de combinações de profundidades de corte e faixas de avanço.**
- **$f = 0,2 - 0,5$  mm/rot**
- **$a_p = 1,5 - 5,0$  mm**

Formato da pastilha	Tamanho da pastilha		Tipo de aplicação																
			Profundidade máxima de corte $a_p$ , mm																
			Acabamento	Usinagem Média				Desbaste											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
<b>Rômbica 80°</b> 	<b>C</b>	06																	
		09																	
		12																	
		16																	
		19																	
		25																	
<b>Rômbica 55°</b> 	<b>D</b>	06																	
		11																	
		15																	
<b>Redonda</b> 	<b>R</b>	06																	
		08																	
		10																	
		12																	
		15																	
		16																	
		19																	
		20																	
		25																	
		32																	
<b>Quadrada</b> 	<b>S</b>	09																	
		12																	
		15																	
		19																	
		25																	
		31																	
<b>Triangular</b> 	<b>T</b>	11																	
		16																	
		22																	
		27																	
		33																	
<b>Rômbica 35°</b> 	<b>V</b>	11																	
		16																	
		22																	
<b>Trigonal 80°</b> 	<b>W</b>	06																	
		08																	
<b>KNUX/KNMX 55°</b> 	<b>K</b>	16																	