

INFORMAÇÕES TÉCNICAS

SOLUÇÃO DE PROBLEMAS PARA TORNEAMENTO	Q002
CONTROLE DE CAVACO PARA TORNEAMENTO	Q004
EFEITOS DAS CONDIÇÕES DE CORTE PARA TORNEAMENTO.....	Q005
FUNÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DAS FERRAMENTAS PARA TORNEAMENTO.....	Q007
FÓRMULAS PARA POTÊNCIA DE CORTE	Q011
SOLUÇÃO DE PROBLEMAS PARA FRESAMENTO DE FACE	Q012
FUNÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DAS FERRAMENTAS PARA FRESAMENTO DE FACE...	Q013
FÓRMULAS PARA FRESAMENTO DE FACE	Q016
SOLUÇÃO DE PROBLEMAS PARA FRESAS DE TOPO	Q018
TERMINOLOGIA DAS FRESAS DE TOPO	Q019
TIPOS E FORMATOS DE FRESAS DE TOPO	Q020
SELEÇÃO DO PASSO DO AVANÇO DE PICO	Q021
SOLUÇÃO DE PROBLEMAS PARA FURAÇÃO	Q022
DESGASTES DA BROCA E DANOS DA ARESTA DE CORTE	Q023
TERMINOLOGIA DAS BROCAS E CARACTERÍSTICAS DE USINAGEM	Q024
FÓRMULAS PARA FURAÇÃO	Q027
LISTA DE REFERÊNCIA CRUZADA DE MATERIAIS METÁLICOS	Q028
AÇOS PARA MOLDES E MATRIZES	Q032
RUGOSIDADE SUPERFICIAL	Q034
TABELA DE COMPARAÇÃO DE DUREZA	Q035
TABELA DE TOLERÂNCIA DE ENCAIXE (FUROS).....	Q036
TABELA DE TOLERÂNCIA DE ENCAIXE (EIXOS)	Q038
DIÂMETROS DAS BROCAS PARA FUROS ROSCADOS	Q040
DIMENSÃO DO FURO PARA A CABEÇA DO PARAFUSO HEXAGONAL.....	Q041
CONE STANDARD	Q042
SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES.....	Q043
DESGASTES E DANOS EM FERRAMENTAS	Q044
MATERIAIS DAS FERRAMENTAS DE CORTE.....	Q045
CLASSES MITSUBISHI	Q046
TABELA DE COMPARAÇÃO DE CLASSES	Q047
TABELA DE COMPARAÇÃO DE QUEBRA-CAVACOS.....	Q053

SOLUÇÃO DE PROBLEMAS PARA TORNEAMENTO

Problemas			Soluções		Seleção da Classe do Inserto				Condições de Corte				Geometria da Ferramenta					Máquina e Fixação																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
					Selecione uma classe mais dura	Selecione uma classe mais tenaz	Selecione uma classe mais resistente ao choque térmico	Selecione uma classe mais resistente à adesão	Velocidade de corte	Avanço	Profundidade de corte	Refrigeração		Revise o quebra-cavaco	Ângulo de saída	Raio da ponta	Ângulo de posição	Resistência da aresta / Preparação da aresta	Classe do inserto	Aumente a rigidez da ferramenta	Aumente a rigidez de fixação da ferramenta e da peça	Reduza o balanço do suporte	Reduza a potência de corte e a folga da máquina																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
			Aumente ↗	Diminua ↘								Não utilize óleo Solúvel em água Usinagem com ou sem refrigeração																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
									Aumente ↗		Diminua ↘																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Fatores																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Deterioração da vida da ferramenta	Rápido desgaste do inserto	Classe inadequada	●																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			

Problemas			Soluções		Seleção da Classe do Inserto				Condições de Corte				Geometria da Ferramenta						Máquina e Fixação					
					Selecione uma classe mais dura	Selecione uma classe mais tenaz	Selecione uma classe mais resistente ao choque térmico	Selecione uma classe mais resistente à adesão	Velocidade de corte	Avanço	Profundidade de corte	Refrigeração		Selecione quebra-cavacos	Ângulo de saída	Raio da ponta	Ângulo de posição	Resistência da aresta / Preparação da aresta	Classe do inserto	Aumente a rigidez da ferramenta	Aumente a rigidez de fixação da ferramenta e da peça	Reduza o balanço do suporte	Reduza a potência de corte e a folga da máquina	
			Aumente ↗									Diminua ↘												Aumente ↗
						Fatores						Aumente ↗	Diminua ↘	Não utilize óleo Solúvel em água Usinagem com ou sem refrigeração										
Rebarbas, Lascamento, etc.	Rebarbas (aço, alumínio)	Entalhe	●																					
		Condições de corte impróprias					↙●	↗●			●Refrig.													
		Geometria inadequada da aresta de corte										●	↗●	↘●	↘●	↘●								
	Lascamento da peça (ferro fundido)	Condições de corte impróprias						↘●	↘●															
		Geometria inadequada da aresta de corte										●	↗●	↗●	↗●	↘●								
		Ocorrência de vibrações																●		●		●		●
	Rebarbas (aço baixo carbono)	Classe inadequada				●																		
		Condições de corte impróprias					↗●				●	●Refrig.												
		Geometria inadequada da aresta de corte										●	↗●			↘●								
		Ocorrência de vibrações																●		●		●		●
	Controle de Cavacos	Cavacos longos	Condições de corte impróprias					↙●	↗●	↗●		●Refrig.												
			Grande campo de controle de cavacos										●											
Geometria inadequada da aresta de corte														↘●	↘●									
Cavacos são curtos e dispersos		Condições de corte impróprias						↘●	↘●		●sem refrigeração.													
		Pequeno campo de controle de cavacos										●												
		Geometria inadequada da aresta de corte												↗●	↗●									

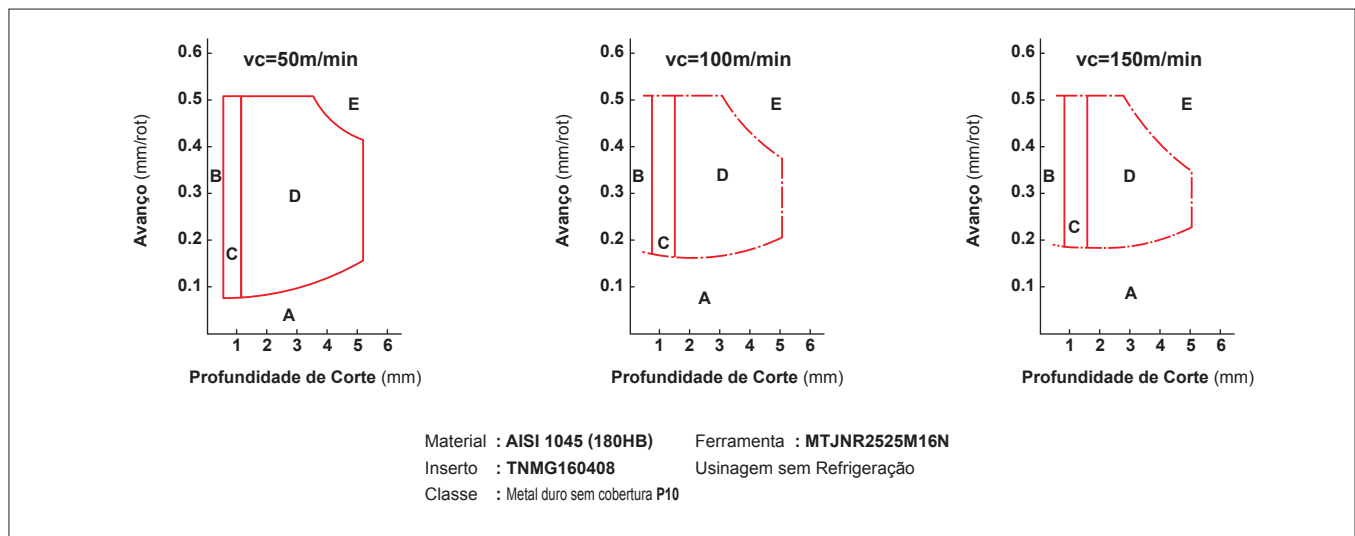
CONTROLE DE CAVACO PARA TORNEAMENTO

CONDIÇÕES DE CONTROLE DE CAVACOS NO TORNEAMENTO DE AÇO

Tipo	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D	Tipo E
Pequena Profundidade de Corte $d < 7\text{mm}$					
Grande Profundidade de Corte $d = 7-15\text{mm}$					
Comprimento da espiral (I)	Sem Espiral	$I \geq 50\text{mm}$	$I \leq 50\text{mm}$ 1-5 Espirais	≈ 1 Espiral	Menos que 1 Espiral Meia espiral
Notas	● Forma irregular e contínua. ● Emaranhado à peça e à ferramenta.	● Forma regular e contínua. ● Cavacos longos.	Bom	Bom	● Dispersão dos cavacos. ● Trepidação ● Acabamento ruim. ● Limite de esforço da ferramenta.

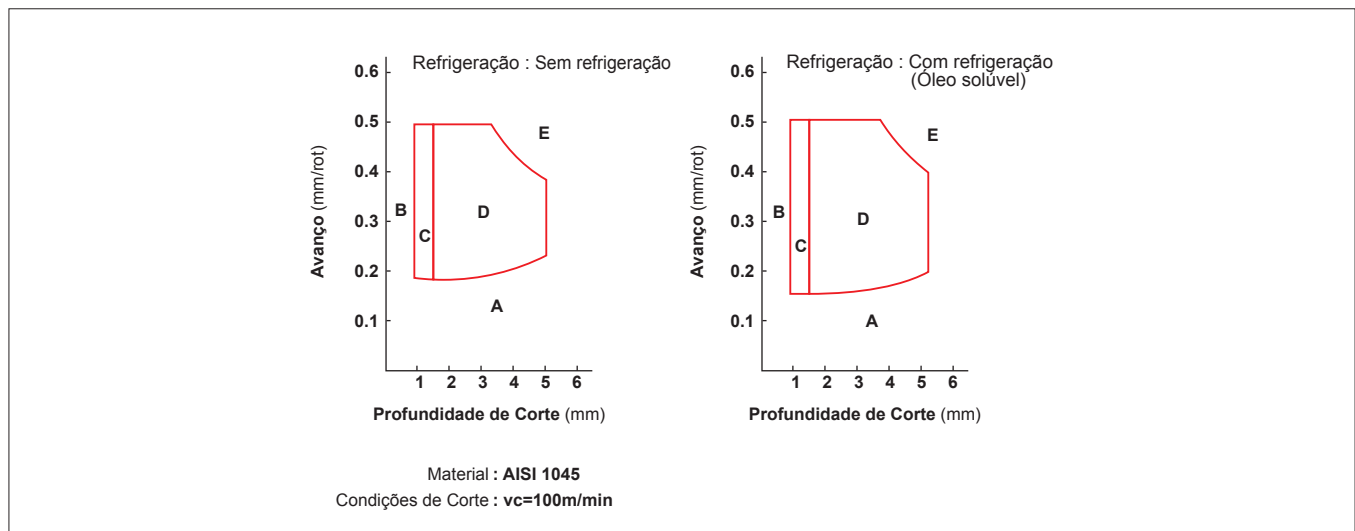
Efeitos da velocidade de corte no campo de controle de cavacos

Em geral, quando a velocidade de corte aumenta, o campo de controle de cavacos tende a diminuir.



Efeitos do fluido refrigerante no campo de controle de cavacos

Com a velocidade de corte constante, o campo de controle de cavacos varia dependendo do uso ou não do fluido refrigerante.



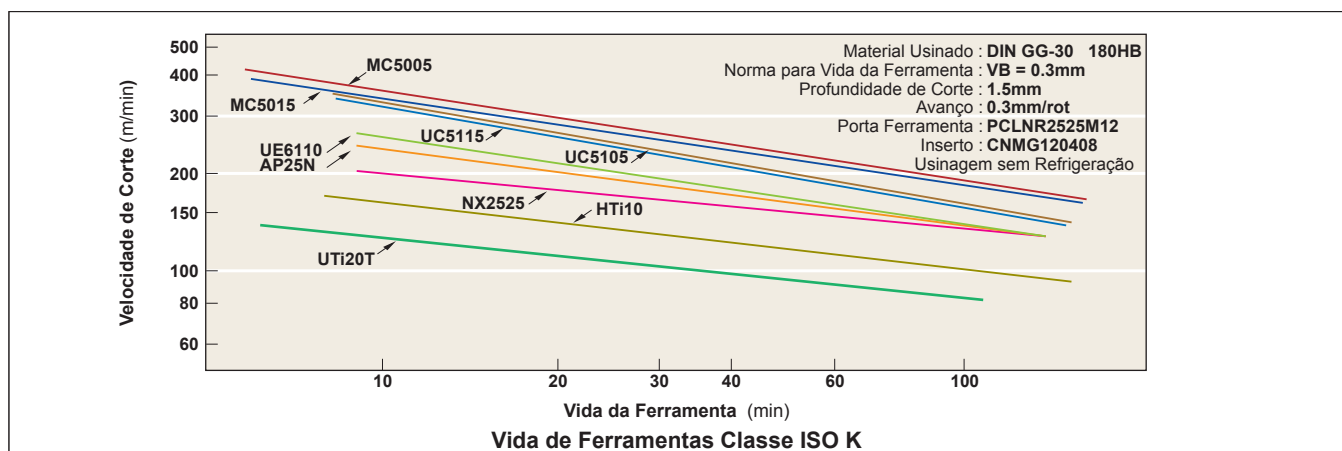
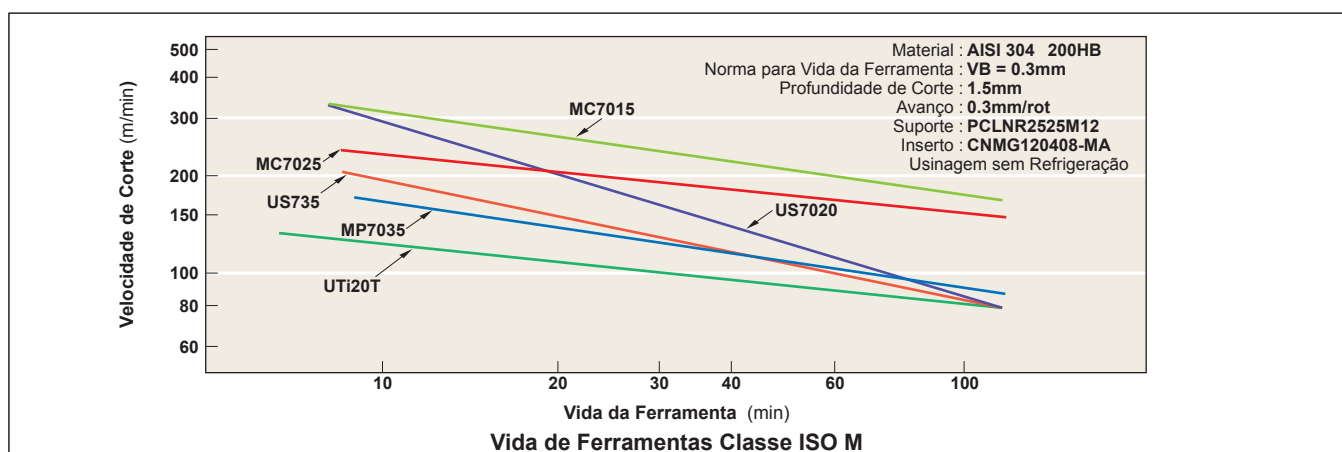
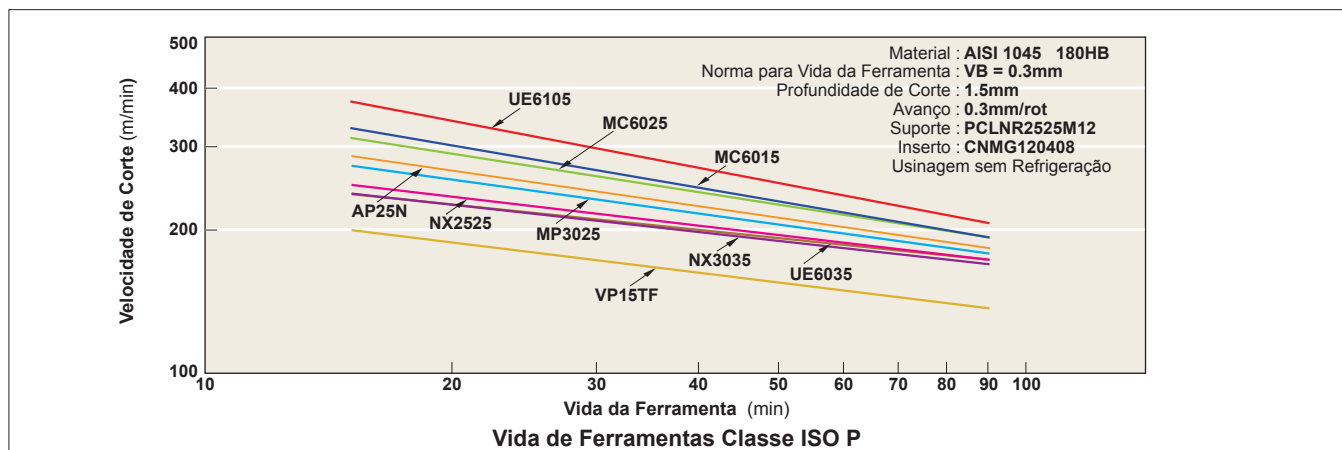
EFEITOS DAS CONDIÇÕES DE CORTE PARA TORNEAMENTO

EFEITOS DAS CONDIÇÕES DE CORTE PARA TORNEAMENTO

Condições ideais para usinagem são: o menor tempo de corte, a maior vida da ferramenta e a usinagem mais precisa. Para obter estas condições é necessário a seleção eficiente de condições de corte e ferramentas; baseada no material usinado, dureza e formato da peça e capacidade da máquina.

VELOCIDADE DE CORTE

A velocidade de corte afeta diretamente a vida da ferramenta. Aumentando a velocidade de corte, a temperatura de usinagem aumenta, resultando na diminuição da vida da ferramenta. A velocidade de corte varia dependendo do tipo e dureza da peça usinada. É necessário selecionar uma classe adequada à velocidade de corte.



Efeitos da Velocidade de Corte

1. Aumentando a velocidade de corte em 20% a vida da ferramenta diminui para 1/2. Aumentando a velocidade de corte em 50% a vida da ferramenta diminui para 1/5.
2. Usinagens em baixas velocidades de corte (20—40m/min) tendem a causar trepidação. Portanto diminuem a vida da ferramenta.

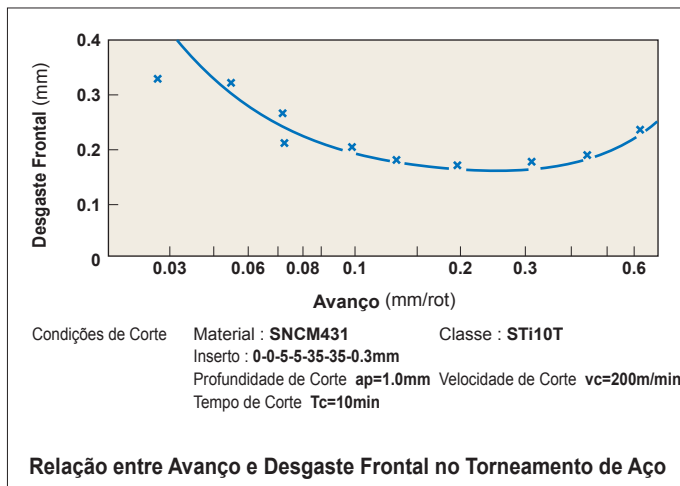
EFEITOS DAS CONDIÇÕES DE CORTE PARA TORNEAMENTO

AVANÇO

Em usinagem com suportes em geral, avanço é a distância percorrida pelo porta ferramenta em cada rotação da peça. Em fresamento, avanço é a distância percorrida pela mesa da máquina em uma rotação da fresa dividida pelo número de cortes da ferramenta, isto é indicado em avanço por dente.

EFEITOS DO AVANÇO

1. Diminuir o avanço resulta em desgaste frontal e diminuição da vida da ferramenta.
2. Aumentar o avanço aumenta a temperatura de usinagem e o desgaste frontal. No entanto, o efeito na vida da ferramenta é mínimo se comparado ao efeito da velocidade de corte.
3. Aumentando o avanço aumenta a produtividade da máquina.

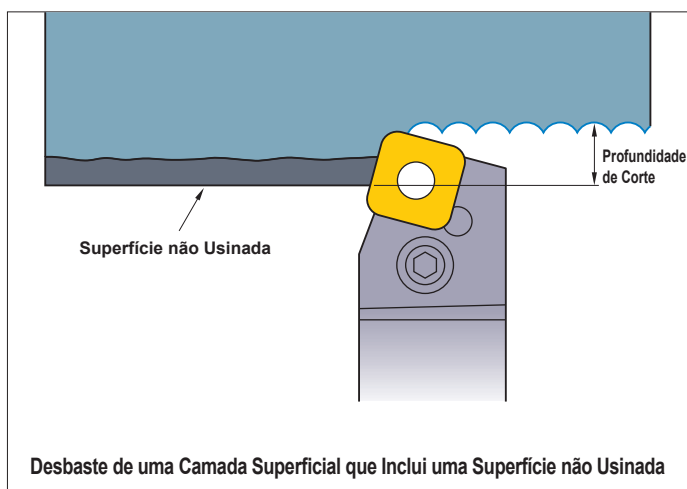
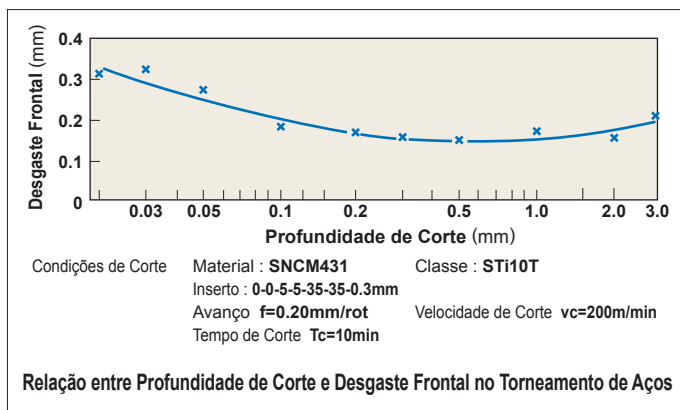


PROFUNDIDADE DE CORTE

A profundidade de corte é determinada de acordo com o material a ser removido, formato da peça usinada, potência e rigidez da máquina e rigidez da ferramenta.

Efeitos da Profundidade de Corte

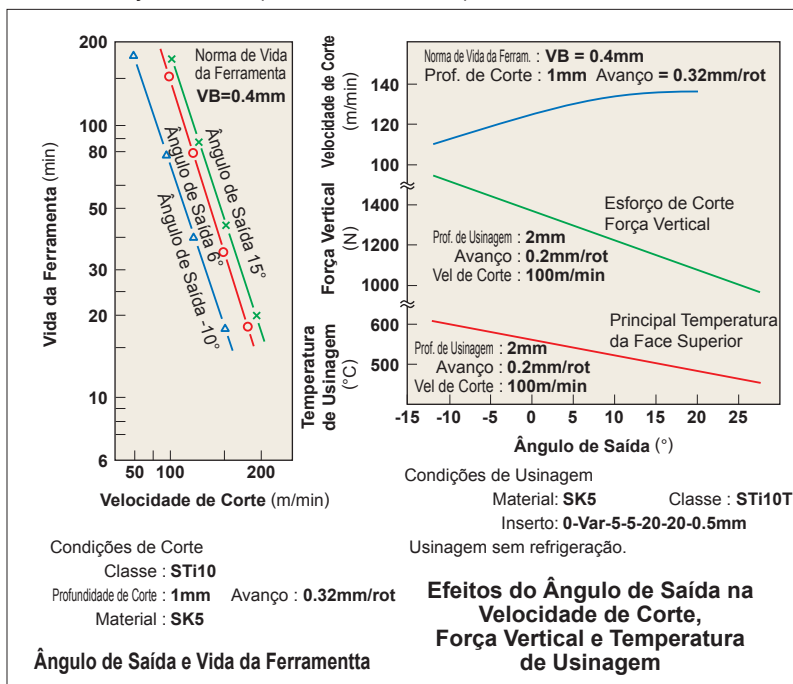
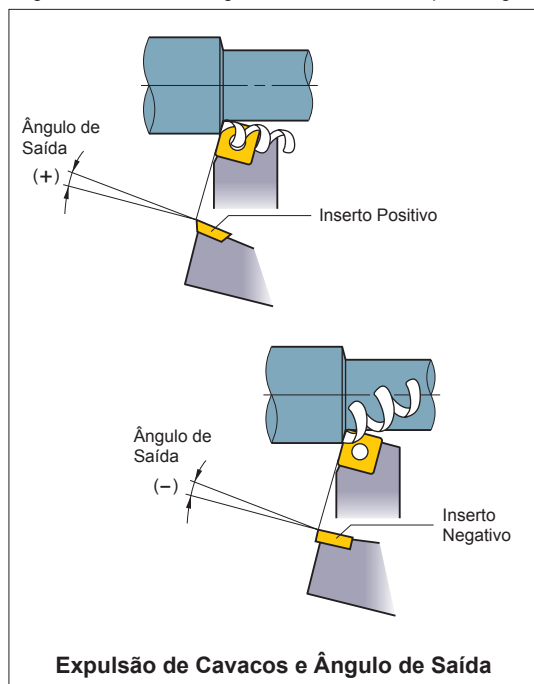
1. Mudanças na profundidade de corte não alteram muito a vida da ferramenta.
2. Pequena profundidade de corte resulta em fricção e usinagem da camada mais dura da peça. Portanto, menor vida da ferramenta.
3. Quando usinamos uma superfície em bruto ou de ferro fundido, a profundidade de corte precisa ser aumentada enquanto a potência da máquina permitir, para evitar a usinagem de impurezas e pontos de incrustação da camada mais dura da peça com ponta da aresta de corte, e prevenir desgastes anormais e microlascas.



FUNÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DAS FERRAMENTAS PARA TORNEAMENTO

ÂNGULO DE SAÍDA

Ângulo de saída é um ângulo da aresta de corte que tem grande efeito no esforço de corte, expulsão de cavacos, temperatura de corte e vida da ferramenta.



Efeito do Ângulo de Saída

1. Aumentando o ângulo de saída na direção positiva (+), reduz o esforço de corte.
2. Aumentando o ângulo de saída na direção positiva (+) em 1° diminui o consumo de potência em 1% aproximadamente.
3. Aumentando o ângulo de saída na direção positiva (+) diminui a resistência da aresta de corte e na direção negativa (-) aumenta o esforço de usinagem.

Quando Aumentar o Ângulo de Saída no Sentido Negativo (-)

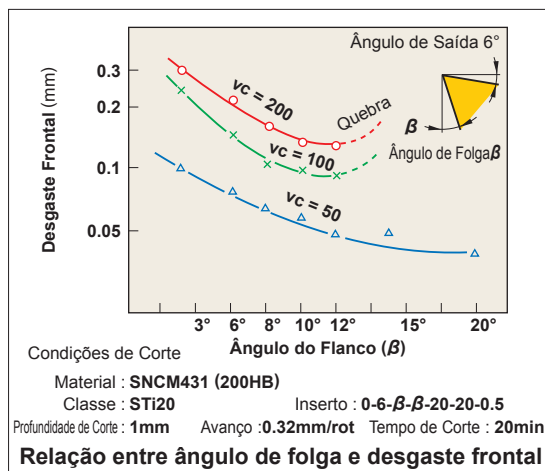
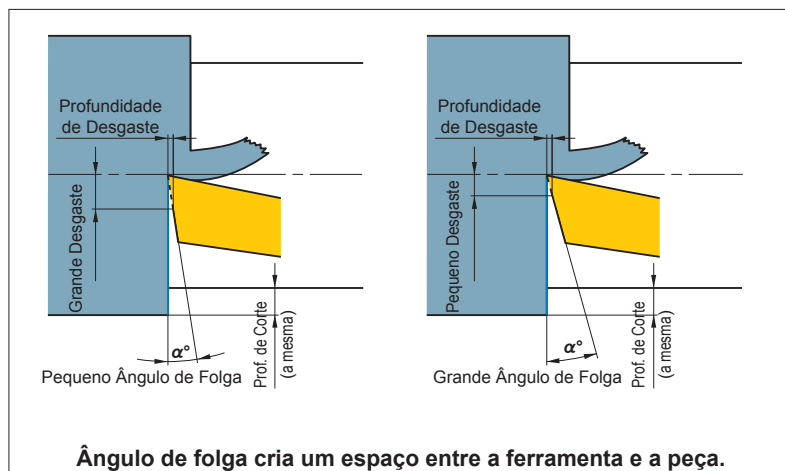
- Material usinado é duro.
- Quando exigir maior resistência da aresta de corte, como no corte interrompido e usinagem de superfícies em bruto.

Quando Aumentar o Ângulo de Saída no Sentido Positivo (+)

- Material de baixa dureza.
- Material de alta usinabilidade.
- Quando a peça usinada ou a máquina tem baixa rigidez.

Ângulo de Folga

Ângulo de folga previne a fricção entre face lateral da ferramenta e a peça usinada o que facilita o avanço.



Efeito do Ângulo de Folga

1. Aumentando ângulo de folga diminui a ocorrência de desgaste frontal.
2. Aumentando ângulo de folga diminui a resistência da aresta de corte.

Quando Diminuir o Ângulo de Folga

- Material usinado é duro.
- Quando é necessário reforçar a aresta de corte.

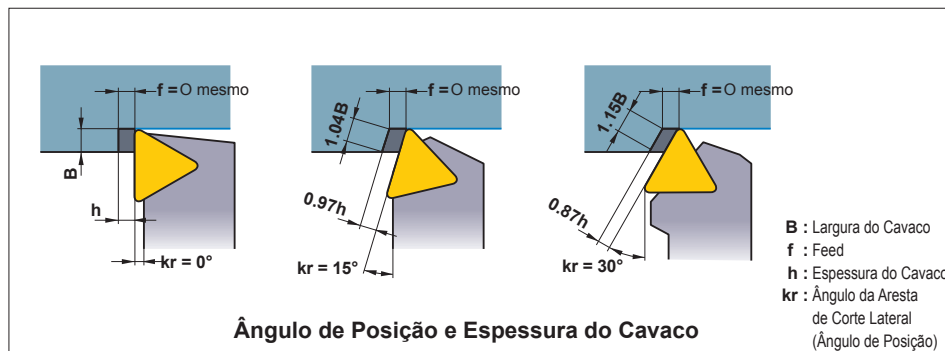
Quando Aumentar o Ângulo de Folga

- Material de baixa dureza.
- Materiais com facilidade de encruamento.

FUNÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DAS FERRAMENTAS PARA TORNEAMENTO

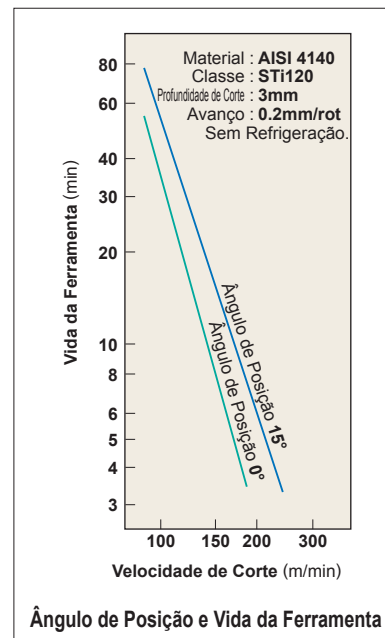
ÂNGULO DA ARESTA DE CORTE LATERAL (ÂNGULO DE POSIÇÃO)

O ângulo de posição reduz o impacto de entrada na usinagem e afeta a força de avanço, a força de reação e a espessura do cavaco.



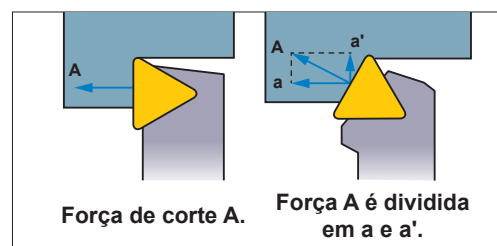
Efeitos do Ângulo de Posição

1. Com o mesmo avanço, aumentando o ângulo de posição aumenta o comprimento de contato do cavaco na aresta e diminui a espessura do cavaco. Como resultado, a força de usinagem é dispersada em uma aresta de corte mais longa e a vida útil é prolongada.
2. Aumentando o ângulo de posição aumenta a força a' . Portanto, peças longas e delgadas, em alguns casos, podem sofrer deformação.
3. Aumentando o ângulo de posição piora o controle de cavacos.
4. Aumentando o ângulo de posição diminui a espessura do cavaco e aumenta a largura do cavaco. Portanto, quebrar os cavacos é mais difícil.



Quando Diminuir o Ângulo
○ Acabamentos com pequenas profundidades de corte. ○ Peças longas e delgadas. ○ Quando a máquina tem pouca rigidez.

Quando Diminuir o Ângulo
○ Materiais duros que produzem altas temperaturas de usinagem. ○ Quando desbastamos uma peça usinada de diâmetro grande. ○ Quando a máquina tem alta rigidez.

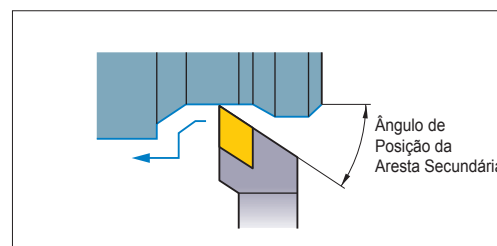


ÂNGULO DE POSIÇÃO DA ARESTA SECUNDÁRIA

O ângulo de posição da aresta secundária evita a interferência entre a superfície usinada e a ferramenta (aresta de corte secundária). Geralmente 5°—15°.

Efeitos do Ângulo de Posição da Aresta Secundária

1. Diminuindo o ângulo de posição da aresta secundária aumenta a resistência da aresta de corte, mas também, aumenta a temperatura da aresta de corte.
2. Diminuindo o ângulo de posição da aresta secundária aumenta a força de reação e pode resultar em trepidação e vibração durante a usinagem.
3. Pequeno ângulo de posição da aresta secundária para desbaste e grande ângulo para acabamento é o recomendado.

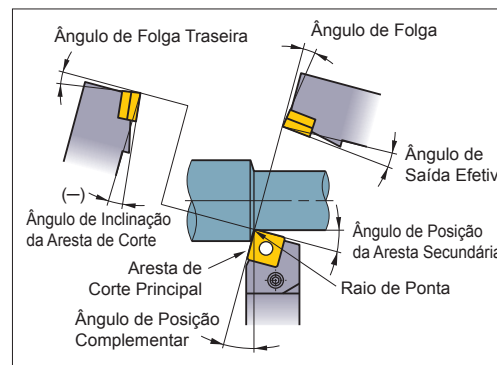


ÂNGULO DE INCLINAÇÃO DA ARESTA DE CORTE

A inclinação da aresta de corte indica a inclinação da face de saída. Em usinagem pesada, a aresta de corte recebe um choque extremamente grande no início da usinagem. A inclinação da aresta de corte previne a aresta de receber este choque e quebrar. 3°—5° em torneamento e 10°—15° em faceamento são as recomendações.

Efeitos da Inclinação da Aresta de Corte

1. Ângulo de inclinação da aresta negativo (—) direciona o cavaco na direção da peça usinada, e positivo (+) direciona o cavaco na direção oposta.
2. Ângulo de inclinação da aresta negativo (—) aumenta a resistência da aresta, mas também aumenta a força de reação dos esforços de usinagem.

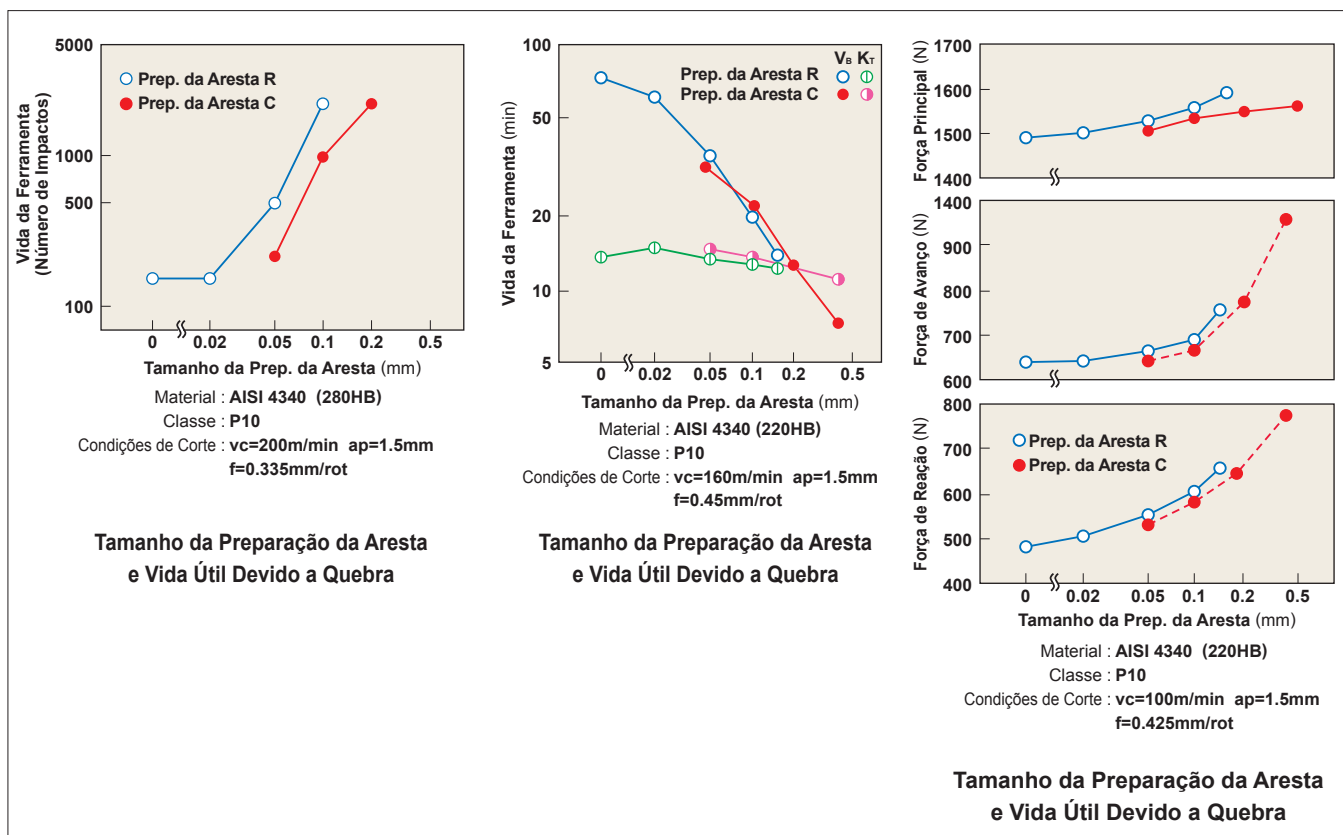
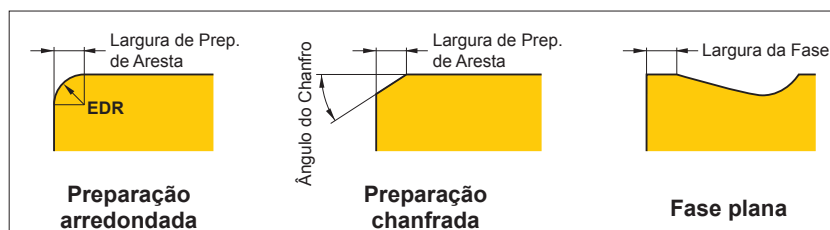


PREPARAÇÃO DA ARESTA E FASE PLANA

A preparação da aresta e a fase plana têm grande influência sobre a resistência da aresta de corte.

A preparação da aresta pode ser arredondada e/ou chanfrada. O tamanho ideal da largura da preparação é de aproximadamente 1/2 do avanço.

A fase plana é uma estreita área plana na superfície de saída.



Efeito da Preparação de Aresta

1. Aumentar a preparação de aresta, aumenta a vida útil da ferramenta e reduz as quebras.
2. Aumentar a preparação de aresta, aumenta a ocorrência de desgaste frontal e reduz a vida da ferramenta. O tamanho da preparação de aresta não afeta o desgaste na face de saída.
3. Aumentar a preparação de aresta aumenta os esforços de usinagem e a trepidação.

Quando Diminuir o Tamanho da Prep. de Aresta

- Em acabamentos com pequena profundidade de corte e pequeno avanço.
- Materiais de baixa dureza.
- Quando a peça usinada e/ou a máquina tem baixa rigidez.

Quando Aumentar o Tamanho da Prep. de Aresta

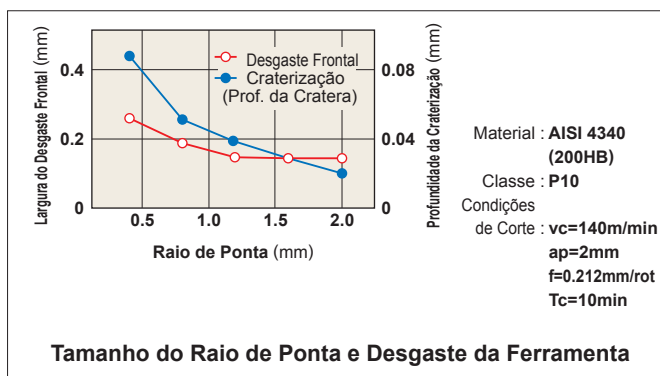
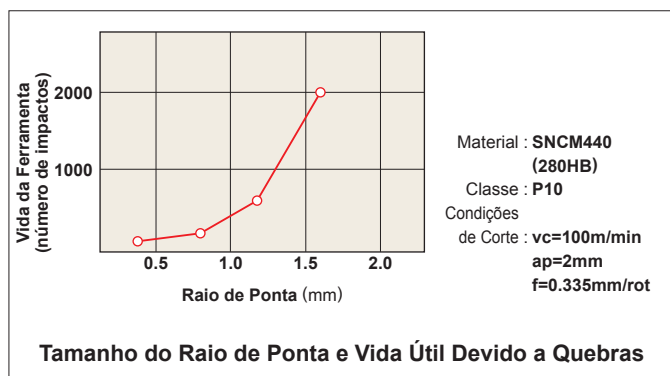
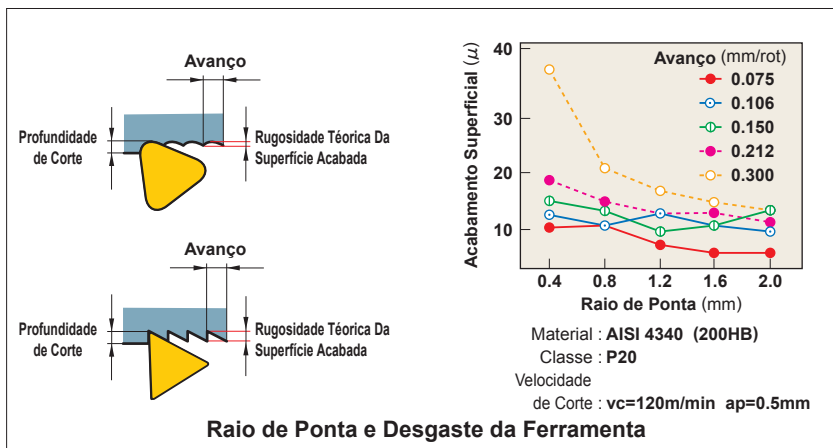
- Materiais usinados duros.
- Quando exigir maior resistência da aresta de corte, como no corte interrompido e usinagem de superfícies em bruto.
- Quando a máquina tem boa rigidez.

* Insertos de metal duro sem cobertura, com cobertura CVD e de cermet já têm preparação da aresta (honing) arredondado.

FUNÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DAS FERRAMENTAS PARA TORNEAMENTO

RAIO DA PONTA

O raio da ponta afeta a resistência da aresta de corte e o acabamento da superfície. Em geral é recomendado um raio de ponta 2-3 vezes maior que o avanço.



Efeitos do Raio da Ponta

1. Aumentando o raio de ponta melhora a rugosidade do acabamento da superfície.
2. Aumentando o raio de ponta melhora a resistência da aresta de corte.
3. Aumentando muito o raio de ponta, aumentam os esforços de usinagem e causa trepidações.
4. Aumentado o raio de ponta diminuem os desgastes frontal e da face de saída.
5. Aumentando muito o raio de ponta resulta em um controle de cavacos ruim.

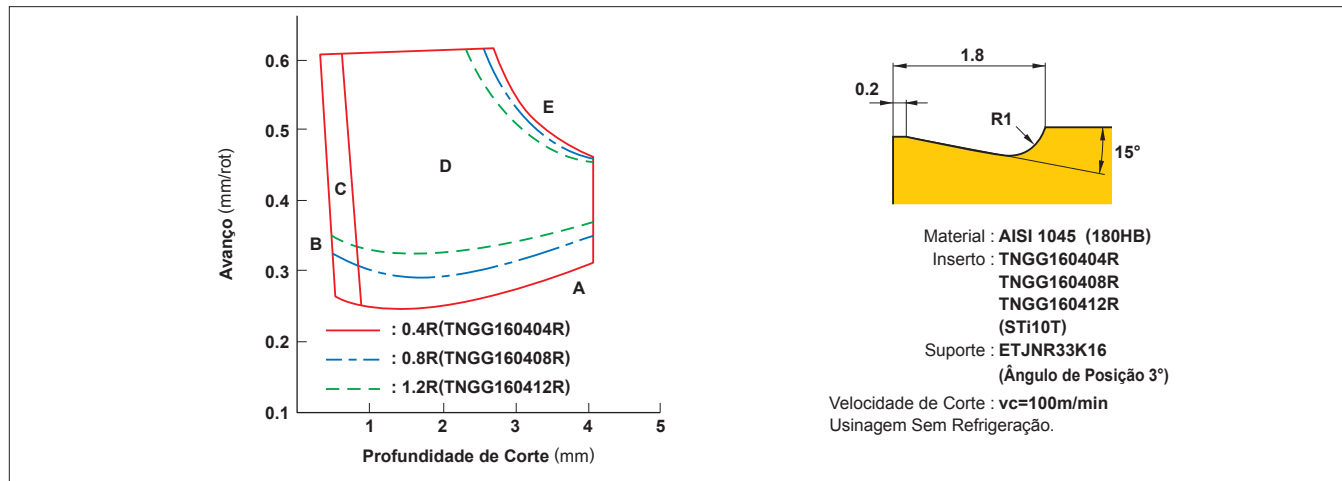
Quando Diminuir o Raio de Ponta

- Acabamentos com pequenas profundidades de corte.
- Peças longas e delgadas.
- Quando a máquina tem pouca rigidez.

Quando Aumentar o Raio de Ponta

- Quando exigir maior resistência da aresta de corte, como no corte interrompido e usinagem de superfícies em bruto.
- Em desbastes de peças com diâmetros grandes.
- Quando a máquina tem boa rigidez.

Raio de Ponta e Área de Controle de Cavacos



(Nota) Verifique a página Q004 para formato de cavacos (A, B, C, D, E).

FÓRMULAS PARA POTÊNCIA DE CORTE

POTÊNCIA DE CORTE (Pc)

$$P_c = \frac{ap \cdot f \cdot vc \cdot K_c}{60 \times 10^3 \cdot \eta} \text{ (kW)}$$

P_c (kW) : Potência de Usinagem Efetiva
f (mm/rot) : Avanço por Rotação
K_c (MPa) : Coeficiente de Força Específica de Corte
ap (mm) : Profundidade de Corte
vc (m/min) : Velocidade de Corte
η : (Coeficiente da Eficiência da Máquina)

(Problema) Qual é a potência de usinagem necessária para usinar aço baixo carbono com velocidade de corte 120m/min, profundidade de corte 3mm e avanço 0.2mm/rot (Eficiência da máquina 80%) ?

(Resposta) Substitua o coeficiente de força específica de corte K_c=3100MPa na fórmula.

$$P_c = \frac{3 \times 0.2 \times 120 \times 3100}{60 \times 10^3 \times 0.8} = 4.65 \text{ (kW)}$$

● K_c

Material	Resistência à Tração e Dureza (MPa)	Coeficiente de Força Específica de Corte K _c (MPa)				
		0.1 (mm/rot)	0.2 (mm/rot)	0.3 (mm/rot)	0.4 (mm/rot)	0.6 (mm/rot)
Aço Baixo Carbono (com ligas especiais)	520	3610	3100	2720	2500	2280
Aço Baixo Carbono	620	3080	2700	2570	2450	2300
Aço Duro	720	4050	3600	3250	2950	2640
Aço Ferramenta	670	3040	2800	2630	2500	2400
Aço Ferramenta	770	3150	2850	2620	2450	2340
Aço Cromo-Manganês	770	3830	3250	2900	2650	2400
Aço Cromo-Manganês	630	4510	3900	3240	2900	2630
Aço Cromo-Molibidênio	730	4500	3900	3400	3150	2850
Aço Cromo-Molibidênio	600	3610	3200	2880	2700	2500
Aço Níquel Cromo-Molibidênio	900	3070	2650	2350	2200	1980
Aço Níquel Cromo-Molibidênio	352HB	3310	2900	2580	2400	2200
Ferro Fundido Duro	46HRC	3190	2800	2600	2450	2270
Ferro Fundido Meehanite	360	2300	1930	1730	1600	1450
Ferro Fundido Cinzento	200HB	2110	1800	1600	1400	1330

VELOCIDADE DE CORTE (vc)

$$vc = \frac{\pi \cdot Dm \cdot n}{1000} \text{ (m/min)}$$

vc (m/min) : Velocidade de Corte
Dm (mm) : Diâmetro da Peça
π (3.14) : Pi
n (min⁻¹) : Rotação do Eixo Principal

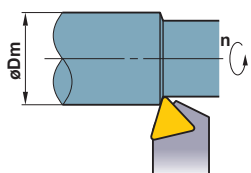
*Dividido por 1,000 para converter mm em m.

(Problema) Qual é a velocidade de corte quando a rotação do eixo principal é 700 min⁻¹ e o diâmetro da peça Ø50 ?

(Resposta) Substitua na fórmula π=3.14, Dm=50, n=700.

$$vc = \frac{\pi \cdot Dm \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \times 50 \times 700}{1000} = 110 \text{ m/min}$$

Velocidade de Corte é 110m/min.



AVANÇO (f)

$$f = \frac{l}{n} \text{ (mm/rot)}$$

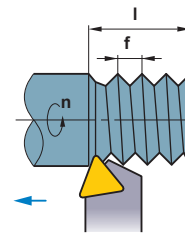
f (mm/rot) : Avanço por Rotação
l (mm/min) : Compr. Usinado por Min.
n (min⁻¹) : Rotação do Eixo Principal

(Problema) Qual é o avanço por rotação quando a rotação do eixo principal é 500min⁻¹ e comprimento usinado por minuto é 120 mm/min.?

(Resposta) Substitua n=500, l=120 na fórmula

$$f = \frac{l}{n} = \frac{120}{500} = 0.24 \text{ mm/rot}$$

A resposta é 0.24mm/rot.



TEMPO DE CORTE (Tc)

$$T_c = \frac{l_m}{f} \text{ (min)}$$

T_c (min) : Tempo de Corte
l_m (mm) : Comprimento da Peça
f (mm/min) : Compr. Usinado por Min.

(Problema) Qual é o tempo de corte quando 100mm da peça são usinados a 1000min⁻¹ com avanço=0.2mm/rot ?

(Resposta) Primeiro calcule o comprimento usinado por min. baseado no avanço e na rotação.

$$l = f \cdot n = 0.2 \times 1000 = 200 \text{ mm/min}$$

Substitua a resposta acima na fórmula.

$$T_c = \frac{l_m}{f} = \frac{100}{200} = 0.5 \text{ min}$$

0.5x60=30(seg.) A resposta é 30 seg.

RUGOSIDADE TEÓRICA DA SUPERFÍCIE ACABADA (h)

$$h = \frac{f^2}{8RE} \times 1000 (\mu\text{m})$$

h (μm) : Rugosidade da Superfície Acabada
f (mm/rot) : Avanço por Rotação
RE (mm) : Raio de Ponta do Inserto

(Problema) Qual é a rugosidade teórica da superfície acabada quando o raio de ponta do inserto é 0.8mm e o avanço é 0.2 mm/rot ?

(Resposta) Substitua na fórmula f=0.2 mm/rot, R=0.8.

$$h = \frac{0.2^2}{8 \times 0.8} \times 1000 = 6.25 \mu\text{m}$$

A Rugosidade teórica da superfície acabada é 6 μm.

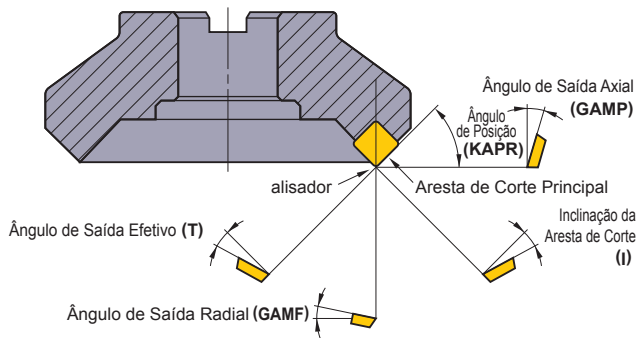


SOLUÇÃO DE PROBLEMAS PARA FRESAMENTO DE FACE

Problemas			Soluções	Seleção da Classe do Inserto				Condições de Corte				Geometria da Ferramenta								Máquina e Fixação					
				Selecione Uma Classe Mais Dura	Selecione Uma Classe Mais Tenaz	Selecione uma classe mais resistente ao choque térmico	Selecione uma classe mais resistente à adesão	Velocidade De Corte	Avanço	Profundidade De Corte	Ângulo de engajamento	Refrigeração		Ângulo De Saída	Raio Da Ponta	Resistência da aresta / Preparação da aresta	Diâmetro Da Ferramenta	Número De Dentes	Bolsão De Cavacos Mais Amplo	Uso de um inserto alisador	Reduza o batimento	Aumente a rigidez da ferramenta	Aumente a rigidez de fixação da ferramenta e da peça	Reduza o balanço	Reduza a potência de corte e a folga da máquina
												Aumente ↗	Diminua ↘												
Fatores																									
Deterioração da vida da ferramenta	Rápido desgaste do inserto	Classe inadequada	●																						
		Geometria inadequada da aresta de corte																		●					
	Velocidade de corte inadequada						↘					● Refrig.													
	Microlascamento e fratura da aresta de corte	Classe inadequada		●																					
		Condições de corte impróprias							↘	↘															
		Necessidade de uma aresta de corte mais resistente.														↗									
Ocorrência de trincas térmicas				●			↘	↘	↘		●	● sem refrigeração.													
Formação de aresta postiça			●			↘	↘			●	● Refrig.														
Baixa rigidez																				●	●	●	●		
Deterioração do Acabamento	Acabamento superficial ruim	Condições de corte impróprias	●					↘	↘	↘															
		Ocorrência de soldagem				●		↘				● Refrig.		↗			↘								
		Batimento elevado																	●	●					
		Trepidação						↘	↘	↘	↗			↗			↘				●	●	●	●	
	Superfície não paralela ou irregular	Flexão da peça						↘	↘	↘				↗	●	↘	↘		↘			●			
		Folga da ferramenta																			●	●	●	●	
Grande força de reação														↗	●	↘	↘		↘						
Rebarbas e Lascamento da Peça	Rebarbas, lascas etc.	Espessura do cavaco é muito grande						↗	●	↘	↘														
		Diâmetro da fresa é muito grande									↗						↘								
		Baixa agudez												↗	●		↘								
		Ângulo de posição complementar grande													↘										
	Microlascas e quebras da aresta de corte	Condições de corte impróprias							↘	↘															
		Baixa agudez													↗	●		↘							
Ângulo de posição complementar pequeno															↗	●									
Trepidação							↘	↘	↘	↗				↗	●		↘			●	●	●	●		
Controle de Cavacos	Cavacos emaranhados, obstrução por cavacos	Ocorrência de soldagem						↗	●																
		Espessura do cavaco é muito fina						↗	●																
		Diâmetro da fresa é muito pequeno															↘								
		Controle de cavacos ruim										● Refrig.						↘	●	●					

FUNÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DAS FERRAMENTAS PARA FRESAMENTO DE FACE

FUNÇÃO DE CADA ÂNGULO DA ARESTA DE CORTE EM FRESAS DE FACEAR

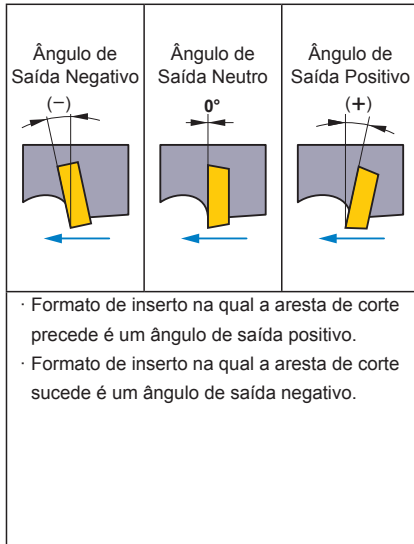


Cada Ângulo da Aresta de Corte em Fresas de Facear

Tipo de Ângulo	Símbolo	Função	Efeito
Ângulo de Saída Axial	GAMP	Determinar expulsão de cavacos.	Positivo : Excelente usinabilidade.
Ângulo de Saída Radial	GAMF	Determinar esforço de corte.	Negativo : Excelente Expulsão de cavacos.
Ângulo de Posição	KAPR	Determinar espessura do cavaco.	Pequeno : Cavacos finos e pequeno impacto de usinagem, grande força de reação.
Ângulo de Saída Efetivo	T	Determinar esforço de corte efetivo.	Positivo (grande) : Excelente usinabilidade. Minimiza aresta postiça. Negativo (grande) : Usinabilidade ruim. Aresta de corte reforçada.
Inclinação da Aresta de Corte	I	Determinar direção de expulsão de cavacos.	Positivo (grande) : Excelente Expulsão de cavacos. Baixa resistência de aresta.

INSERTOS STANDARD

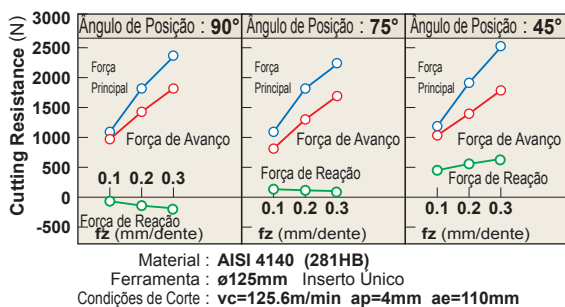
Ângulo de Saída Positivo e Negativo



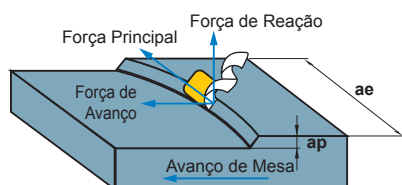
Formatos Standard da Aresta de Corte

Combinações Standard da Aresta de Corte	(+) Ângulo de Saída Axial	(-) Ângulo de Saída Axial	(+) Ângulo de Saída Axial
	Ângulo de Saída Radial (+)	Ângulo de Saída Radial (-)	Ângulo de Saída Radial (-)
	Duplo Positiva (Aresta Tipo DP)	Duplo Negativa (Aresta Tipo DN)	Negativa/Positiva (Aresta Tipo NP)
Ângulo de Saída Axial (GAMP)	Positivo (+)	Negativo (-)	Positivo (+)
Ângulo de Saída Radial (GAMF)	Positivo (+)	Negativo (-)	Negativo (-)
Inserto Utilizado	Inserto Positivo (Uma Face de Uso)	Inserto Negativo (Dupla face de Uso)	Inserto Positivo (Uma Face de Uso)
Material	Aço	●	-
	Ferro Fundido	-	●
	Ligas de Alumínio	●	-
	Materiais de Difícil Usinabilidade	●	-

ÂNGULO DE POSIÇÃO (KAPR) E CARACTERÍSTICAS DE USINAGEM



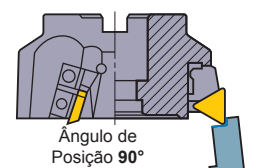
Comparação entre Esforços de Corte e Formatos de Insertos Diferentes



As Três Forças dos Esforços de Corte em Fresamento

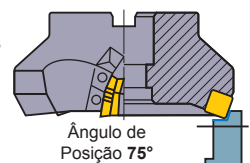
Ângulo de Posição 90°

A menor força de reação. Pode levantar a peça quando a fixação não é rígida.



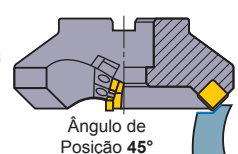
Ângulo de Posição 75°

O ângulo de posição de 75° é recomendado para faceamento de peças com baixa rigidez, como paredes finas.



Ângulo de Posição 45°

A maior força de reação. Em peças finas: flexão e diminuição da precisão de usinagem.
 * Previne microlasclas da aresta da peça em usinagem de ferro fundido.



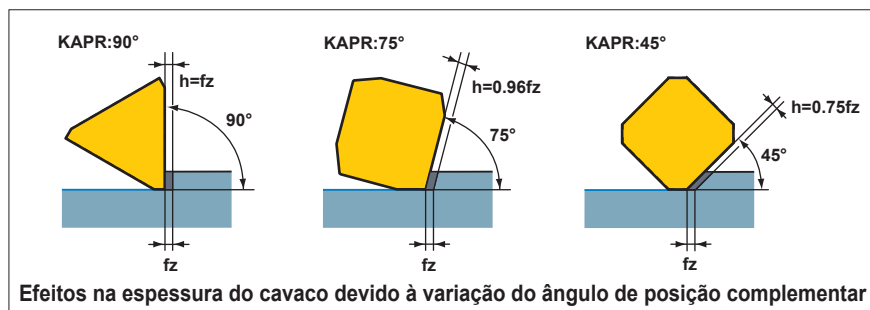
- * Força principal: Força oposta ao sentido de rotação da fresa.
- * Força de reação: Força que reage na direção axial.
- * Força de avanço: Força no sentido oposto ao avanço.

FUNÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DAS FERRAMENTAS PARA FRESAMENTO DE FACE

■ ÂNGULO DE POSIÇÃO E VIDA ÚTIL DA FERRAMENTA

● Ângulo de posição e espessura do cavaco

Com a profundidade de corte e o avanço por dente f_z constantes, quanto menor o KAPR, menor será a espessura do cavaco h (KAPR 45° corresponde a aproximadamente 75% de KAPR 90°), o que reduz o esforço de corte e prolonga a vida útil. Por outro lado, quanto maior a espessura do cavaco, maior será o esforço de corte, o que pode causar vibrações e redução da vida útil.



● Ângulo de posição e desgaste da ferramenta

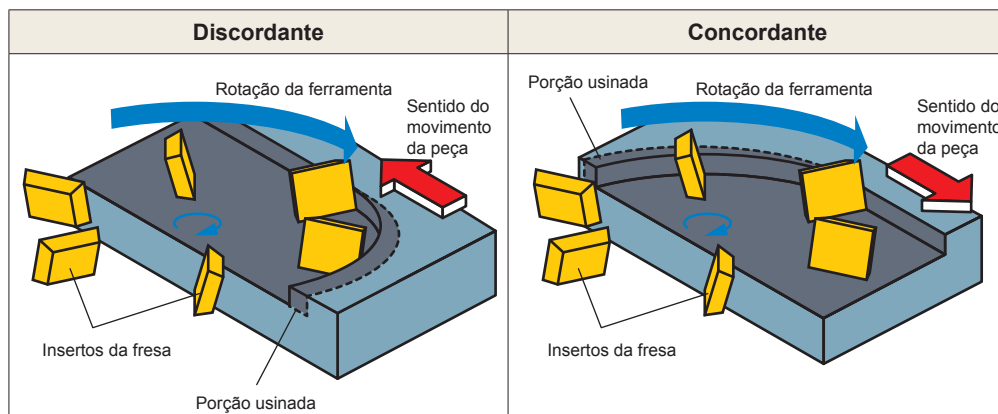
A tabela a seguir apresenta padrões de desgaste para diferentes ângulos de posição. Comparando os ângulos de posição de 90° e 45°, percebe-se claramente que a craterização é mais severa com o ângulo de posição de 90°.

	Ângulo de Posição 90°	Ângulo de Posição 75°	Ângulo de Posição 45°
vc=100m/min Tc=69min			
vc=125m/min Tc=55min			
vc=160m/min Tc=31min			

Material : **SNCM439 287HB**
 Fresa : **DC=125mm**
 Inserto : Metal Duro sem Cobertura M20
 Condições de Corte : **ap=3.0mm**
ae=110mm
fz=0.2mm/dente
 Usinagem Sem Refrigeração.

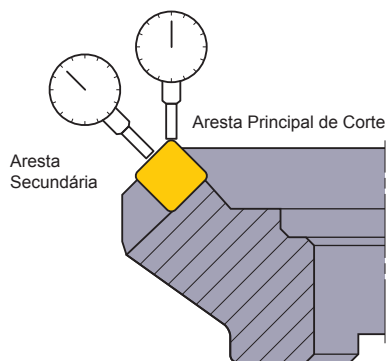
■ FRESAMENTO DISCORDANTE E CONCORDANTE

Para selecionar o método de usinagem entre o fresamento discordante e o concordante, é preciso considerar as condições da máquina-ferramenta, da ferramenta e a aplicação. Em termos de vida da ferramenta, o fresamento concordante geralmente é mais vantajoso.



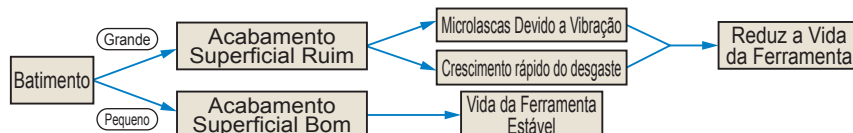
ACABAMENTO SUPERFICIAL

Precisão do Batimento da Aresta de Corte

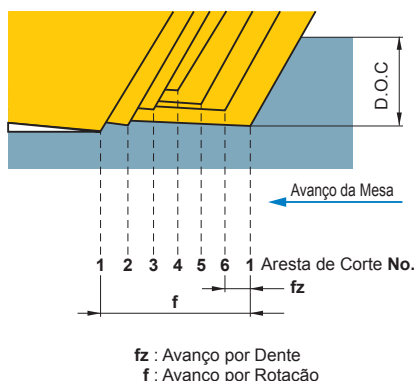


Precisão e Batimento em Fresas de Facear

Precisão do batimento da aresta de corte de insertos intercambiáveis no corpo de uma ferramenta, afeta diretamente a precisão do acabamento da superfície e a vida da ferramenta.



Melhora da Rugosidade Superficial Acabada



Batimento da Aresta de Corte Secundário e Acabamento da Superfície

Como a aresta de corte secundária (fase alisadora) da Mitsubishi Materials possui normalmente 1.4mm, teoricamente a precisão do acabamento superficial deve ser mantida, se o avanço por rotação for menor que o comprimento da aresta secundária.

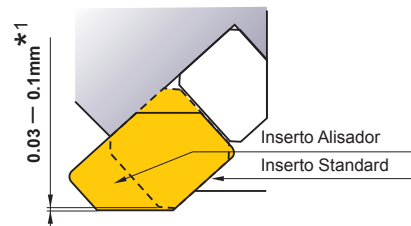
Problemas reais

- Batimento da aresta de corte.
- Inclinação da aresta secundária.
- Precisão do corpo da fresa.
- Precisão de componentes da fresa.
- Aresta postiça, vibração, trepidação.

Sugestão de Solução

Inserto Alisador

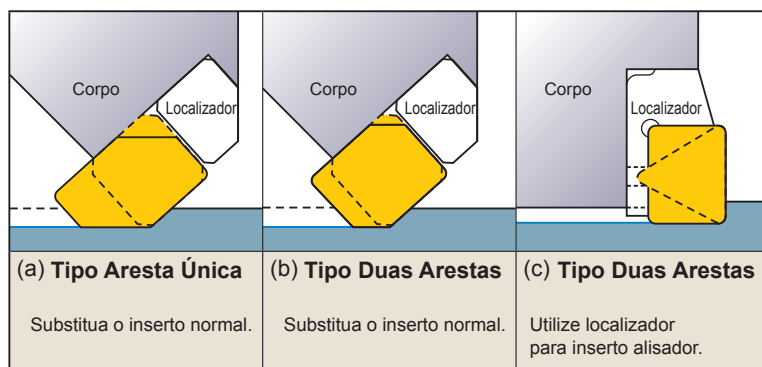
* O acabamento superficial será melhor se a usinagem com inserto alisador for realizada sobre uma superfície pré-usinada.



- Substitua um ou dois insertos normais por insertos alisadores.
- Insertos alisadores devem ser montados de 0.03—0.1mm acima dos insertos normais.

*1. Os valores podem variar dependendo da combinação entre a fresa e o inserto.

Como Montar um Inserto Alisador



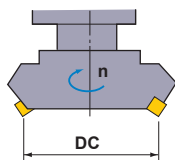
- O comprimento da aresta alisadora não deve ser maior que o avanço por rotação.
- A aresta alisadora muito grande causa trepidação.
- Quando o diâmetro da fresa é grande e o avanço por rotação é maior que o comprimento da aresta de corte do inserto alisador, utilize dois ou três insertos alisadores.
- Quando utilizar mais que um inserto alisador, elimine o batimento entre eles.
- Utilize classes com alta resistência ao desgaste para insertos alisadores.

FÓRMULAS PARA FRESAMENTO DE FACE

VELOCIDADE DE CORTE (vc)

$$v_c = \frac{\pi \cdot DC \cdot n}{1000} \text{ (m/min)}$$

★Dividido por 1,000 para converter mm em m.



v_c (m/min) : Velocidade de Corte
 π (3.14) : Pi
 DC (mm) : Diâmetro da Ferramenta
 n (min⁻¹) : Rotação do Eixo Principal

(Problema) Qual é a velocidade de corte quando a rotação do eixo principal é 350min⁻¹ e o diâmetro da ferramenta é $\phi 125$?

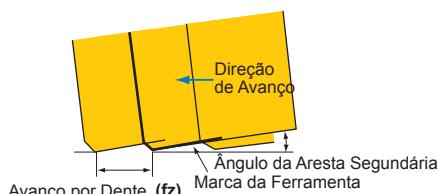
(Resposta) Substitua na fórmula $\pi=3.14$, $DC=125$, $n=350$.

$$v_c = \frac{\pi \cdot DC \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \times 125 \times 350}{1000} = 137.4 \text{ m/min}$$

A velocidade é 137.4m/min.

AVANÇO POR DENTE (fz)

$$f_z = \frac{v_f}{z \cdot n} \text{ (mm/dente)}$$



f_z (mm/dente): Avanço por Dente.
 v_f (mm/min) : Avanço por Mesa
 n (min⁻¹) : Rotação do Eixo Principal (Avanço por Rotação $f = z \times f_z$)
 z : Número de Insertos

(Problema) Qual é o avanço por dente quando a rotação é 500min⁻¹, o número de insertos é 10 e o avanço da mesa é de 500mm/min ?

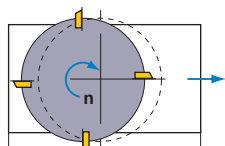
(Resposta) Substitua os valores acima na fórmula.

$$f_z = \frac{v_f}{z \cdot n} = \frac{500}{10 \times 500} = 0.1 \text{ mm/dente}$$

A resposta é 0.1mm/dente.

AVANÇO DA MESA (vf)

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n \text{ (mm/min)}$$



v_f (mm/min) : Avanço da Mesa.
 f_z (mm/dente): Avanço por Dente.
 n (min⁻¹) : Rotação do Eixo Principal da Peça
 z : Número de Insertos

(Problema) Qual é o tempo de avanço da mesa quando o avanço por dente é 01mm/dente,

o número de insertos é 10 e a rotação é de 500min⁻¹ ?

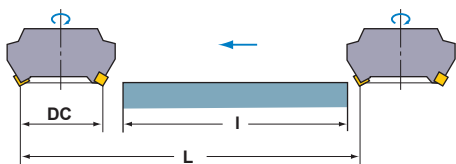
(Resposta) Substitua os valores acima na fórmula.

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0.1 \times 10 \times 500 = 500 \text{ mm/min}$$

O avanço da mesa é 500mm/min.

TEMPO DE CORTE (Tc)

$$T_c = \frac{L}{v_f} \text{ (min)}$$



T_c (min) : Tempo de Corte.
 v_f (mm/min): Avanço da Mesa.
 L (mm) : Comprimento Total do Avanço da Mesa (Comprimento da Peça (l) + Diâmetro da Ferramenta (DC))

(Problema) Qual o tempo de corte necessário para o acabamento de 100mm de largura e 300mm de comprimento em uma superfície de ferro fundido (FC200), quando o diâmetro da ferramenta é $\phi 200$, o número de insertos é 16, a velocidade de corte é 125m/min, e o avanço por dente é 0.25 mm? (rotação da ferramenta é 200min⁻¹)

(Resposta) Calcule o avanço da mesa $v_f=0.25 \times 16 \times 200=800 \text{ mm/min}$
 Calcule o comprimento total do avanço da mesa. $L=300+200=500 \text{ mm}$
 Substitua as respostas acima na fórmula.

$$T_c = \frac{500}{800} = 0.625 \text{ (min)}$$

$0.625 \times 60 = 37.5$ (seg). A resposta é 37.5 segundos.

POTÊNCIA DE CORTE (Pc)

$$P_c = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f \cdot K_c}{60 \times 10^6 \times \eta}$$

P_c (kW) : Potência de Corte Efetiva

a_e (mm) : Largura de Corte

K_c (MPa) : Coeficiente de Força Específica de Corte

a_p (mm) : Profundidade de Corte

v_f (mm/min) : Avanço da Mesa

η : Coeficiente da Eficiência da Máquina

(Problema) Qual é a potência de corte necessária para fresar aço ferramenta com velocidade de corte de 80m/min; profundidade de corte de 2mm; largura de corte 80mm, avanço da mesa 280mm/min com uma fresa de $\phi 250$ e 12 insertos. Eficiência da máquina 80%.

(Resposta) Primeiro, calcule a rotação da ferramenta para obter o avanço por dente.

$$n = \frac{1000 v_c}{\pi D C} = \frac{1000 \times 80}{3.14 \times 250} = 101.91 \text{ min}^{-1}$$

$$\text{Avanço por Dente } f_z = \frac{v_f}{z \times n} = \frac{280}{12 \times 101.9} = 0.228 \text{ mm/dente}$$

Substitua a força específica de corte na fórmula.

$$P_c = \frac{2 \times 80 \times 280 \times 1800}{60 \times 10^6 \times 0.8} = 1.68 \text{ kW}$$

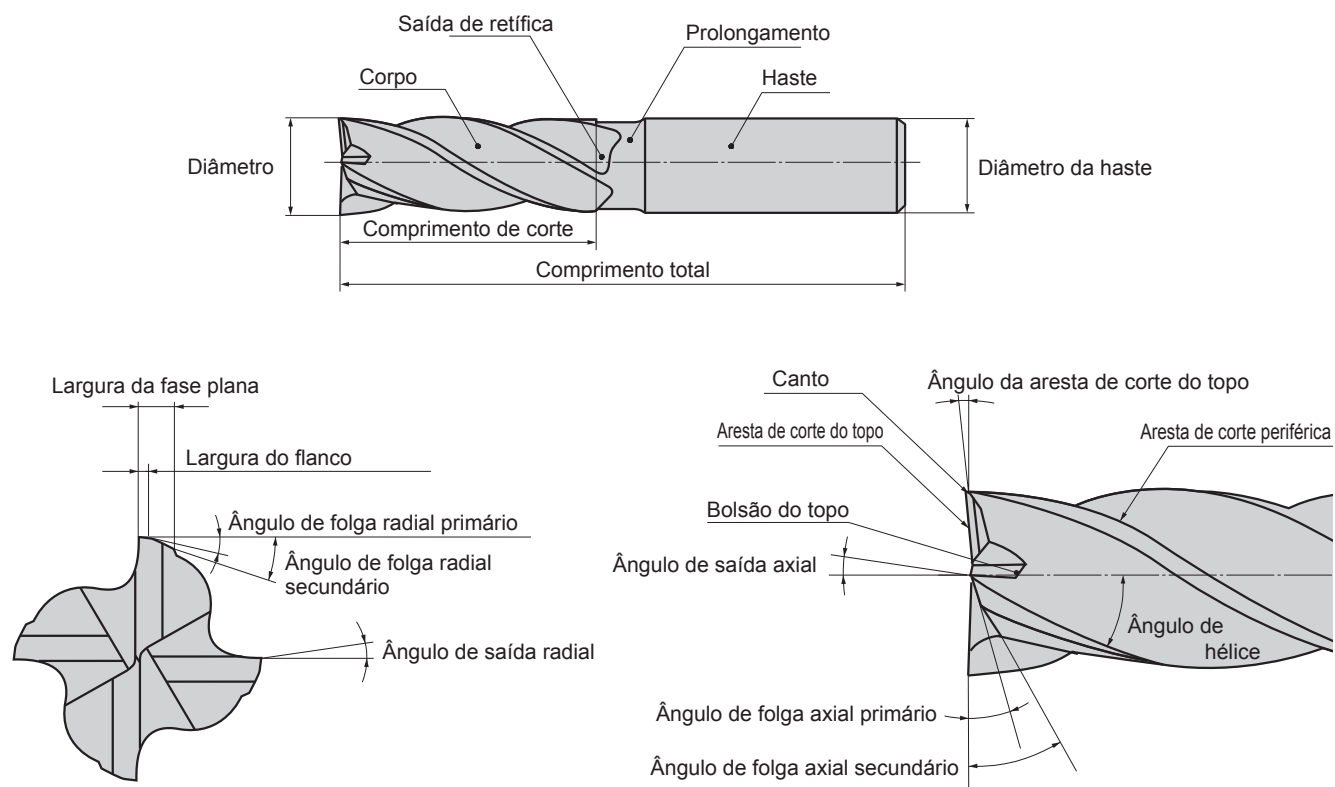
K_c

Material	Resistência à Tração e Dureza (MPa)	Coeficiente de Força Específica K _c (MPa)				
		0.1mm/dente	0.2mm/dente	0.3mm/dente	0.4mm/dente	0.6mm/dente
Aço Baixo Carbono (com ligas especiais)	520	2200	1950	1820	1700	1580
Aço Baixo Carbono	620	1980	1800	1730	1600	1570
Aço Duro	720	2520	2200	2040	1850	1740
Aço Ferramenta	670	1980	1800	1730	1700	1600
Aço Ferramenta	770	2030	1800	1750	1700	1580
Aço Cromo-Manganês	770	2300	2000	1880	1750	1660
Aço Cromo-Manganês	630	2750	2300	2060	1800	1780
Aço Cromo-Molibidênio	730	2540	2250	2140	2000	1800
Aço Cromo-Molibidênio	600	2180	2000	1860	1800	1670
Aço Níquel Cromo-Molibidênio	940	2000	1800	1680	1600	1500
Aço Níquel Cromo-Molibidênio	352HB	2100	1900	1760	1700	1530
Aço Inoxidável Austenítico	155HB	2030	1970	1900	1770	1710
Ferro Fundido	520	2800	2500	2320	2200	2040
Ferro Fundido Meehanite	46HRC	3000	2700	2500	2400	2200
Ferro Fundido Duro	360	2180	2000	1750	1600	1470
Ferro Fundido Cinzento	200HB	1750	1400	1240	1050	970
Latão	500	1150	950	800	700	630
Ligas Leves (Al-Mg)	160	580	480	400	350	320
Ligas Leves (Al-Si)	200	700	600	490	450	390
Ligas Leves (Al-Zn-Mg-Cu)	570	880	840	840	810	720

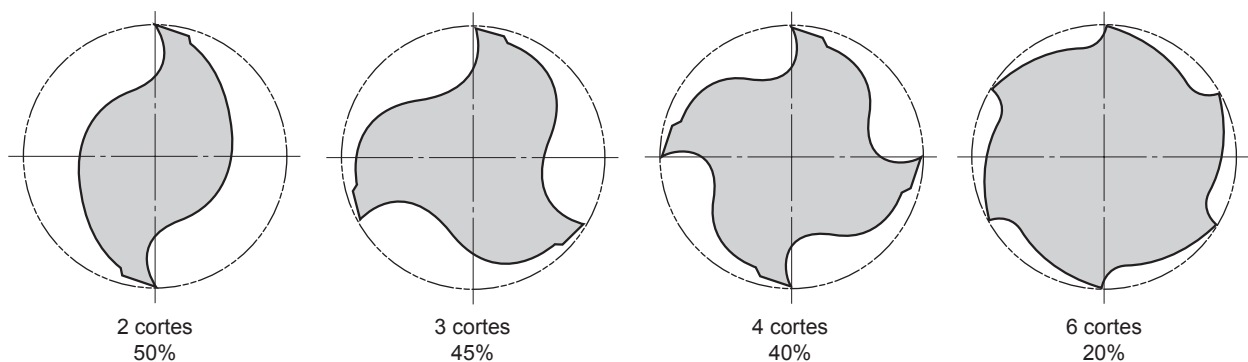
INFORMAÇÕES TÉCNICAS

TERMINOLOGIA DAS FRESAS DE TOPO

TERMINOLOGIA DAS FRESAS DE TOPO



COMPARAÇÃO DA SEÇÃO DO BOLSÃO DE CAVACOS

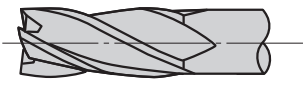
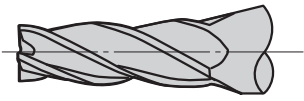
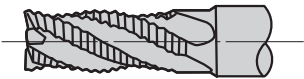
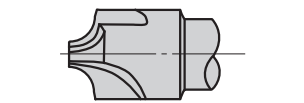


CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES DE FRESAS DE TOPO COM DIFERENTES NÚMEROS DE CORTE

		2 cortes	3 cortes	4 cortes	6 cortes
Característica	Vantagem	Escoamento de cavaco é excelente. Indicada para mergulho. Baixo esforço de corte.	Escoamento de cavaco é excelente. Indicado para mergulho.	Alta rigidez.	Alta rigidez. Durabilidade superior da aresta de corte.
	Desvantagem	Baixa rigidez.	Diâmetro não é fácil de medir.	Baixo escoamento de cavaco.	Baixo escoamento de cavaco.
Aplicação		Rasgo, contorno, mergulho, etc. Amplo campo de utilização.	Rasgo, contorno. Desbaste, acabamento.	Pequenos rebaixos, contorno. Acabamento.	Material com Alta Dureza. Pequenos rebaixos, contorno.

TIPOS E FORMATOS DE FRESAS DE TOPO

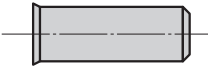
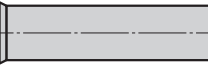
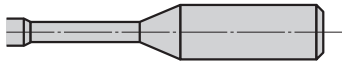
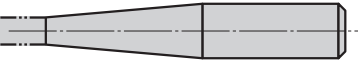
Aresta de Corte Periférica

Tipo	Formato	Característica
Cilíndrico		O tipo cilíndrico é utilizado mais frequentemente para rasgo, contorno e fresamento a 90°, etc. Pode ser utilizado para desbaste, semiacabamento e acabamento.
Cônico		Pode ser utilizado para fresamento de ângulo de extração de moldes.
Desbaste		Devido à aresta de corte em formato ondulado, produz cavacos pequenos e o esforço de corte é reduzido, sendo indicado para operações de desbaste. Não é indicado para acabamento.
Forma		Refere-se à aresta de corte com o formato específico a ser gerado na área usinada. Geralmente são fabricadas sob encomenda. Como exemplo, a figura ao lado apresenta uma fresa de topo para geração de raio.

Configuração do topo

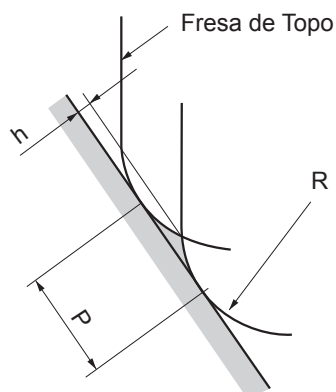
Tipo	Formato	Característica
Topo reto (Com furo de centro)	 	Geralmente é utilizado para rasgo, contorno e fresamento. Não pode realizar mergulho. Obtém precisão na reafiação devido à presença do furo de centro.
Topo reto (Com corte central)	   	Geralmente é utilizado para rasgo, contorno e fresamento de paredes. Pode realizar usinagem vertical. Permite reafiação.
Topo esférico	  	Indicado para usinagem de contorno e cópia.
Topo com raio	 	Para fresamento de raio e contorno. Eficiente na usinagem de raios de canto devido à rigidez da fresa de diâmetro grande com pequeno raio na ponta.

Tipos de haste

Tipo	Formato	Característica
Standard (Haste cilíndrica)		Para uso geral.
Haste longa		Para rasgos profundos. Devido à haste longa, permite ajustar o balanço conforme a aplicação.
Com prolongamento paralelo		Para rasgos profundos e fresas de topo com pequenos diâmetros, também indicado para mandrilamento.
Com prolongamento cônico		Para melhor desempenho em grandes balanços.

SELEÇÃO DO PASSO DO AVANÇO DE PICO

AVANÇO DE PICO DE FRESAMENTO (CONTORNO) COM FRESAS DE TOPO ESFÉRICO E FRESAS DE TOPO COM RAIO



$$h = R \cdot \left[1 - \cos \left\{ \sin^{-1} \left(\frac{P}{2R} \right) \right\} \right]$$

R : Raio do Topo Esférico(PRFRAD), Raio da Ponta(RE)

P : Avanço do Pico

h : Altura do Pico

RAIO DA PONTA R DAS FRESAS DE TOPO E ALTURA DO PICO PELO AVANÇO DE PICO

Unidade : mm

R \ P	Passo do Avanço de Pico (P)									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.5	0.003	0.010	0.023	0.042	0.067	0.100	—	—	—	—
1	0.001	0.005	0.011	0.020	0.032	0.046	0.063	0.083	0.107	—
1.5	0.001	0.003	0.008	0.013	0.021	0.030	0.041	0.054	0.069	0.086
2	0.001	0.003	0.006	0.010	0.016	0.023	0.031	0.040	0.051	0.064
2.5	0.001	0.002	0.005	0.008	0.013	0.018	0.025	0.032	0.041	0.051
3		0.002	0.004	0.007	0.010	0.015	0.020	0.027	0.034	0.042
4		0.001	0.003	0.005	0.008	0.011	0.015	0.020	0.025	0.031
5		0.001	0.002	0.004	0.006	0.009	0.012	0.016	0.020	0.025
6		0.001	0.002	0.003	0.005	0.008	0.010	0.013	0.017	0.021
8			0.001	0.003	0.004	0.006	0.008	0.010	0.013	0.016
10			0.001	0.002	0.003	0.005	0.006	0.008	0.010	0.013
12.5			0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.008	0.010

R \ P	Passo do Avanço de Pico (P)									
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
0.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.5	0.104	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	0.077	0.092	0.109	—	—	—	—	—	—	—
2.5	0.061	0.073	0.086	0.100	—	—	—	—	—	—
3	0.051	0.061	0.071	0.083	0.095	0.109	—	—	—	—
4	0.038	0.045	0.053	0.062	0.071	0.081	0.091	0.103	—	—
5	0.030	0.036	0.042	0.049	0.057	0.064	0.073	0.082	0.091	0.101
6	0.025	0.030	0.035	0.041	0.047	0.054	0.061	0.068	0.076	0.084
8	0.019	0.023	0.026	0.031	0.035	0.040	0.045	0.051	0.057	0.063
10	0.015	0.018	0.021	0.025	0.028	0.032	0.036	0.041	0.045	0.050
12.5	0.012	0.014	0.017	0.020	0.023	0.026	0.029	0.032	0.036	0.040

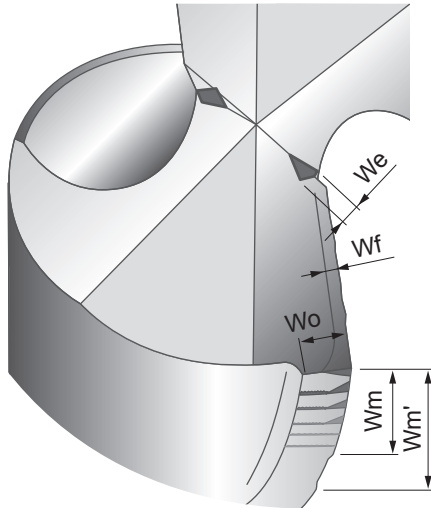
SOLUÇÃO DE PROBLEMAS PARA FURAÇÃO

Soluções			Condições de Corte									Geometria da Ferramenta							Máquina e Fixação						
			Velocidade De Corte	Avanço	Diminua O Avanço Do Início da Usinagem	Reduza o avanço na saída do furo passante	Paradas No Avanço	Aumente a precisão do pré-furo e a profundidade	Refrigeração			Largura da aresta transversal	Largura Da Prep. da Aresta	Espessura Do núcleo	Encurte o comprimento do canal	Reduza a diferença entre arestas	Use broca com refrigeração interna	Substitua por uma broca com adagalcamento em X	Aumente a precisão de fixação da ferramenta	Diminua O Balanço da Ferramenta	Usine um rebaixo perpendicular ao eixo da broca	Aumente a rigidez de fixação da peça	Reduza a folga da máquina e aumente a rigidez		
									Aumente ↗	Diminua ↘	Aumente A Parte de Óleo													Aumente A Vazão	Aumente A Pressão
Problemas			Fatores						Aumente ↗			Diminua ↘													
Deterioração da vida da ferramenta	Quebra da broca	Baixa rigidez da broca												↗											
		Condições de corte impróprias		↘																					
		Grande deflexão do suporte																	●						
		A superfície da peça é inclinada																			●				
	Grande desgaste na periferia do topo e na guia cilíndrica	Condições de corte impróprias	↘																						
		Aumento da temperatura no ponto de corte							●		●							●							
	Microlascamento da periferia do topo	Batimento elevado																		●					
		Condições de corte impróprias		↘				●																	
Microlascamento da aresta transversal	Grande deflexão do suporte																		●						
	Vibração, trepidação																				●				
	A largura da aresta transversal é muito grande											↘													
	Contato inicial ineficiente				●																				
Deterioração da precisão do furo	Aumento do diâmetro do furo	Vibração, trepidação																							
		Baixa rigidez da broca												↗	●	●									
	Redução do diâmetro do furo	Geometria inadequada da broca														●									
		Aumento da temperatura no ponto de corte								●		●						●							
	Retilidade precária	Condições de corte impróprias	↘																						
		Geometria inadequada da broca															●								
	Baixa precisão de posição, cilíndricidade e acabamento superficial do furo	Baixa rigidez da broca												↗	●	●									
		Contato inicial ineficiente																	●						
Controle de Cavacos	Rebarbas	Condições de corte impróprias																							
		Geometria inadequada da broca												↘											
	Cavacos longos	Condições de corte impróprias		↗				●																	
		Expulsão de cavaco precária									●	●					●								
	Obstrução por cavacos	Condições de corte impróprias	↘	↘				●																	
		Expulsão de cavaco precária									●	●					●								

DESGASTES DA BROCA E DANOS DA ARESTA DE CORTE

CONDIÇÃO DE DESGASTE DA BROCA

A figura abaixo mostra um desenho simples representando o desgaste da aresta de corte de uma broca. A formação e a intensidade do desgaste variam de acordo com o material da peça e os parâmetros de corte adotados. Mas o desgaste periférico é, em geral, o maior e determina a vida de uma broca. Na reafiação, o desgaste frontal na ponta deve ser removido completamente. Portanto, quanto maior o desgaste, mais material precisa ser removido para renovar a aresta de corte.



W_e : Desgaste da aresta transversal

W_f : Desgaste Frontal (Diâmetro médio)

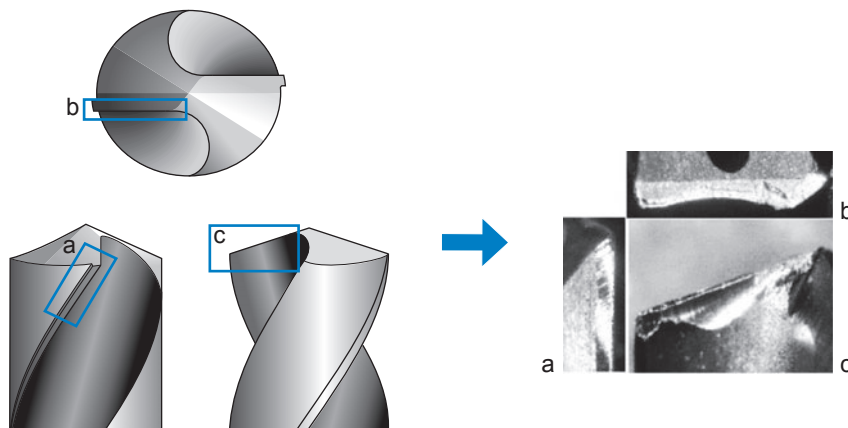
W_o : Desgaste periférico

W_m : Desgaste na guia cilíndrica

W_m' : Desgaste na guia cilíndrica (Aresta periférica)

DANOS DA ARESTA DE CORTE

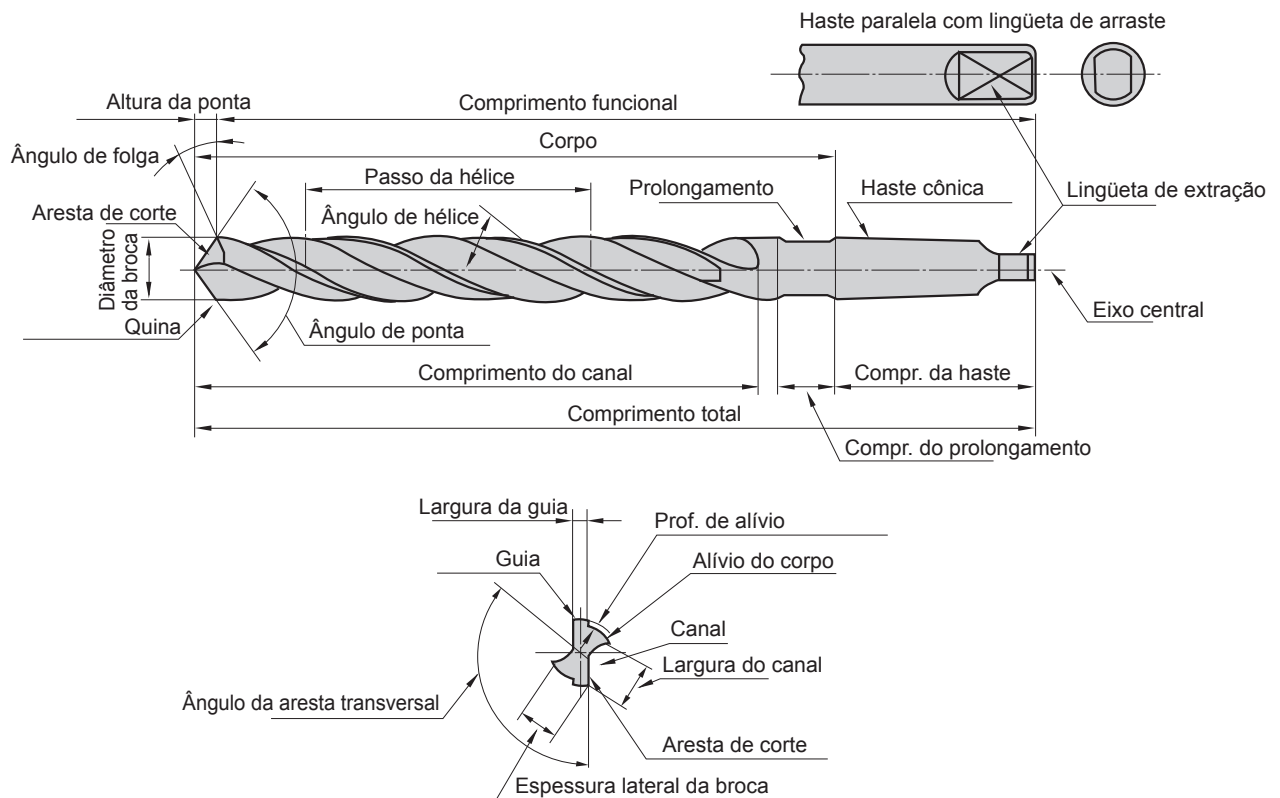
Na furação, a aresta de corte da broca pode sofrer microlascamento, fratura e danos anormais. Nestes casos, é importante observar os danos cuidadosamente, investigar a causa e tomar contramedidas.



Danos da aresta de corte

TERMINOLOGIA DAS BROCAS E CARACTERÍSTICAS DE USINAGEM

NOME DAS PARTES DE UMA BROCA



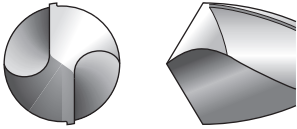
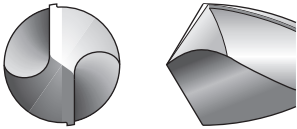
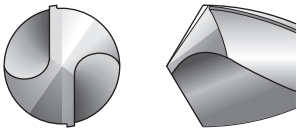
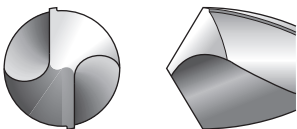
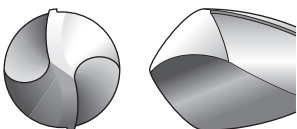
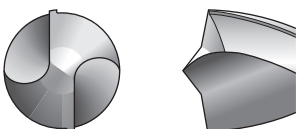
ESPECIFICAÇÃO DE FORMATO E CARACTERÍSTICAS DE USINAGEM

Ângulo de Hélice	É a inclinação do canal conforme a direção axial da broca que corresponde ao ângulo de saída. O ângulo de saída de uma broca varia conforme a posição da aresta de corte e diminui bastante conforme a circunferência atinge o centro. A aresta transversal possui ângulo de saída negativo que esmaga o material. Material de alta dureza Peq. ◀ ◯ ◯ ▶ Âng. de saída ▶ ◯ ◯ ▶ Grande Material de baixa dureza (Alumínio, etc.)
Comprimento do Canal	É determinado pela profundidade do furo, comprimento do mancal e reafiação. Devido à grande influência sobre a vida da ferramenta, é necessário minimizá-lo.
Ângulo de Ponta	Em geral, o ângulo é 118°, mas varia conforme as aplicações. Materiais de baixa dureza e boa usinabilidade Peq. ◀ ◯ ◯ ▶ Âng. de ponta ▶ ◯ ◯ ▶ Grande Para materiais duros e usinagem de alta eficiência
Espessura do núcleo	É um elemento importante que determina a rigidez e a expulsão de cavaco de uma broca. A densidade do centro varia conforme as aplicações. Baixo esforço de corte Baixa rigidez Boa expulsão de cavacos Material de boa usinabilidade Pequena ◀ ◯ ◯ ▶ Espessura do núcleo ▶ ◯ ◯ ▶ Grande Alto esforço de corte Alta rigidez Expulsão de cavacos ruim Material de alta dureza, furo passante, etc.
Guia	A ponta determina o diâmetro da broca e suas funções, como uma broca guia durante a usinagem. A largura da guia é determinada conforme a fricção durante a usinagem do furo. Baixo atrito Peq. ◀ ◯ ◯ ▶ Largura da guia ▶ ◯ ◯ ▶ Grande Boa precisão
Conicidade	Para reduzir o atrito com a parede interna do furo usinado, a broca possui uma leve redução no diâmetro, a partir da ponta em direção à haste. Geralmente é representado pelo montante da redução no diâmetro em relação ao comprimento do canal, que é aproximadamente 0.04—0.1mm. Estes valores podem ser maiores no caso de brocas de alta eficiência e na usinagem de materiais que tendem a fechar o furo.

GEOMETRIA DA ARESTA DE CORTE E SEUS EFEITOS

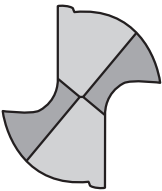
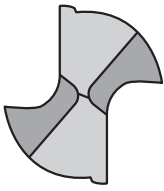
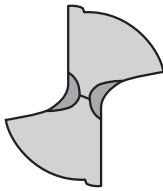
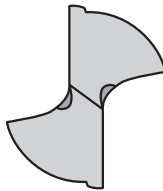
Como mostrado na tabela abaixo, é possível selecionar a geometria da aresta de corte mais adequada para cada aplicação. Com isto, maiores eficiência de usinagem e precisão do furo podem ser obtidos.

Formato Das Arestas De Corte

Tipo de afiação	Formato	Características e aplicações	Aplicação
Detalonado		O flanco é cônico e o ângulo de folga aumenta em direção ao centro da broca.	Uso Geral
1 face		- O flanco é reto. - Fácil afiação.	Principalmente para brocas de diâmetros pequenos.
3 faces		- Como não há aresta transversal, resulta em alta força centrípeta e pequena majoração do furo. - Requer máquina especial para afiação. - Afiação das três superfícies.	Para operações de furação que requerem alta precisão do furo e de posição.
Spiral point		- A afiação cônica combinada à hélice irregular para aumentar o ângulo de folga próximo ao centro da broca. - Aresta transversal tipo S com alta força centrípeta e precisão de usinagem.	Para furação que requer alta precisão.
Ponta curva		- A aresta de corte é retificada radialmente com o intuito de dispersar a carga. - Alta precisão de usinagem e rugosidade da superfície acabada. - Para furos passantes, pequenas rebarbas na base. - Requer máquina especial para afiação.	- Ferro Fundido, Ligas de Alumínio - Para placas de ferro fundido. - Aço
Center point		Esta geometria possui ângulo de ponta em dois estágios para melhor concentricidade e redução do choque na saída do furo.	Para furação de chapas finas.

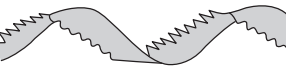
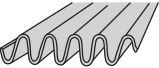
Redução da aresta transversal (adegaçamento)

Quanto mais próximo ao centro da broca, o ângulo de saída da aresta de corte torna-se menor, tornando-se um ângulo negativo na aresta transversal. Durante a furação, o centro da broca esmaga o material, gerando 50—70% do esforço de corte. A redução da aresta transversal é muito efetiva para reduzir o esforço de corte, remover os cavacos gerados na aresta transversal e melhorar o contato inicial.

Formato				
	Tipo X	Tipo XR	Tipo S	Tipo N
Características	A carga de empuxo reduz substancialmente e o desempenho de contato melhora. É efetivo quando o núcleo é espesso.	O desempenho inicial é levemente inferior à de tipo X, mas a aresta de corte é resistente e aplicável a uma grande gama de materiais.	Desenho popular, para usinagens simples.	Efetivo quando o núcleo é comparativamente espesso.
Principais Aplicações	Furação geral e profunda.	Furação geral e de aço inoxidável.	Furação geral para aço, ferro fundido e metais não ferrosos.	Furação profunda.

TERMINOLOGIA DAS BROCAS E CARACTERÍSTICAS DE USINAGEM

CAVACOS DE FURAÇÃO

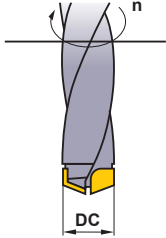
Tipos de Cavacos	Formato	Características
Espiral cônico		À medida que é cortado pela aresta, o cavaco é enrolado no canal da broca. Este tipo de cavaco é comum na usinagem de materiais dúcteis com baixos avanços. A expulsão de cavacos é satisfatória quando o cavaco se rompe com algumas voltas.
Passo longo		Cavaco alongado, geralmente formado na usinagem de materiais maleáveis. Não ocorre o enrolamento do cavaco no canal, sendo expulso da forma como é cortado pela aresta. Este tipo de cavaco pode causar problemas como emaranhamento em torno da broca.
Vírgula		Este é um tipo de cavaco gerado pela restrição causada pelo canal da broca e a parede do furo usinado. É gerado quando a taxa de avanço é alta.
Fragmento cônico		Forma-se inicialmente como um cavaco tipo espiral cônico, mas com a limitação da parede do furo usinado, é quebrado antes de se alongar devido à baixa ductilidade do material. Excelente controle e expulsão de cavacos.
Leque		Cavaco com geometria tipo zigue-zague (com dobras) devido às características do material usinado e à geometria do canal. Este tipo de cavaco pode causar obstrução no canal.
Agulha		Este tipo de cavaco é formado quando o material é frágil ou quando o raio de enrolamento do cavaco é muito pequeno, rompendo-se com as vibrações. A expulsão de cavacos é relativamente boa, mas pode causar obstrução no canal.

FÓRMULAS PARA FURAÇÃO

VELOCIDADE DE CORTE (vc)

$$vc = \frac{\pi \cdot DC \cdot n}{1000} \text{ (m/min)}$$

*Dividido por 1,000 para converter mm em m.



vc (m/min) : Velocidade de Corte
 π (3.14) : Pi
DC (mm) : Diâmetro da Ferramenta
n (min⁻¹) : Rotação do Eixo Principal

(Problema) Qual é a velocidade de corte quando a rotação do eixo principal é 1350min⁻¹ e o diâmetro da ferramenta é 12mm ?

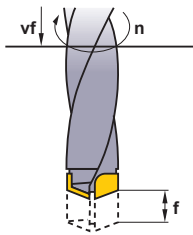
(Resposta) Substitua na fórmula $\pi=3.14$, DC=12, n=1350.

$$vc = \frac{\pi \cdot DC \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \times 12 \times 1350}{1000} = 50.9 \text{ m/min}$$

A velocidade de corte 50.9m/min.

AVANÇO DO EIXO PRINCIPAL (vf)

$$vf = fr \cdot n \text{ (mm/min)}$$



vf (mm/min) : Velocidade de Avanço do Eixo Principal (eixo Z)

fr (mm/rot) : Avanço por Rotação
n (min⁻¹) : Rotação do Eixo Principal

(Problema) Qual o avanço do eixo principal (vf) quando o avanço por rotação é 0.2mm/rot e a rotação do eixo principal é 1350min⁻¹ ?

(Resposta) Substitua f=0.2, n=1350

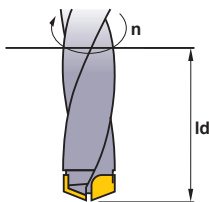
$$vf = f \times n = 0.2 \times 1350 = 270 \text{ mm/min}$$

O avanço do eixo principal é 270mm/min.

TEMPO DE FURAÇÃO (Tc)

$$Tc = \frac{ld \cdot i}{n \cdot fr}$$

Tc (min) : Tempo de Corte
n (min⁻¹) : Rotação do Eixo Principal
ld (mm) : Prof. do Furo
fr (mm/rot) : Avanço por Rotação
i : Número de Furos



(Problema) Qual é o tempo de furação necessário para furar 30mm de profundidade de furo em aço (AISI 4140) com velocidade de corte de 50m/min e avanço 0.15mm/rot?

(Resposta) Rotação do Eixo Principal $n = \frac{50 \times 1000}{15 \times 3.14} = 1061.57 \text{ min}^{-1}$

$$Tc = \frac{30 \times 1}{1061.57 \times 0.15} = 0.188$$

$$= 0.188 \times 60 \approx 11.3 \text{ seg.}$$

LISTA DE REFERÊNCIA CRUZADA DE MATERIAIS METÁLICOS

■ AÇO CARBONO

Japão	Alemanha		Reino Unido		França	Itália	Espanha	Suécia	EUA	China
JIS	W-nr.	DIN	BS	EN	AFNOR	UNI	UNE	SS	AISI/SAE	GB
STKM 12A STKM 12C	1.0038	RSt.37-2	4360 40 C	–	E 24-2 Ne	–	–	1311	A570.36	15
–	1.0401	C15	080M15	–	CC12	C15, C16	F.111	1350	1015	15
–	1.0402	C22	050A20	2C	CC20	C20, C21	F.112	1450	1020	20
SUM22	1.0715	9SMn28	230M07	1A	S250	CF9SMn28	F.2111 11SMn28	1912	1213	Y15
SUM22L	1.0718	9SMnPb28	–	–	S250Pb	CF9SMnPb28	11SMnPb28	1914	12L13	–
–	1.0722	10SPb20	–	–	10PbF2	CF10Pb20	10SPb20	–	–	–
–	1.0736	9SMn36	240M07	1B	S300	CF9SMn36	12SMn35	–	1215	Y13
–	1.0737	9SMnPb36	–	–	S300Pb	CF9SMnPb36	12SMnP35	1926	12L14	–
S15C	1.1141	Ck15	080M15	32C	XC12	C16	C15K	1370	1015	15
S25C	1.1158	Ck25	–	–	–	–	–	–	1025	25
–	1.8900	StE380	4360 55 E	–	–	FeE390KG	–	2145	A572-60	–
–	1.0501	C35	060A35	–	CC35	C35	F.113	1550	1035	35
–	1.0503	C45	080M46	–	CC45	C45	F.114	1650	1045	45
–	1.0726	35S20	212M36	8M	35MF4	–	F210G	1957	1140	–
–	1.1157	40Mn4	150M36	15	35M5	–	–	–	1039	40Mn
SMn438(H)	1.1167	36Mn5	–	–	40M5	–	36Mn5	2120	1335	35Mn2
SCMn1	1.1170	28Mn6	150M28	14A	20M5	C28Mn	–	–	1330	30Mn
S35C	1.1183	Cf35	060A35	–	XC38TS	C36	–	1572	1035	35Mn
S45C	1.1191	Ck45	080M46	–	XC42	C45	C45K	1672	1045	Ck45
S50C	1.1213	Cf53	060A52	–	XC48TS	C53	–	1674	1050	50
–	1.0535	C55	070M55	9	–	C55	–	1655	1055	55
–	1.0601	C60	080A62	43D	CC55	C60	–	–	1060	60
S55C	1.1203	Ck55	070M55	–	XC55	C50	C55K	–	1055	55
S58C	1.1221	Ck60	080A62	43D	XC60	C60	–	1678	1060	60Mn
–	1.1274	Ck101	060A96	–	XC100	–	F.5117	1870	1095	–
SK3	1.1545	C105W1	BW1A	–	Y105	C36KU	F.5118	1880	W1	–
SUP4	1.1545	C105W1	BW2	–	Y120	C120KU	F.515	2900	W210	–

■ AÇO LIGA

Japão	Alemanha		Reino Unido		França	Itália	Espanha	Suécia	EUA	China
JIS	W-nr.	DIN	BS	EN	AFNOR	UNI	UNE	SS	AISI/SAE	GB
SM400A, SM400B SM400C	1.0144	St.44.2	4360 43 C	–	E28-3	–	–	1412	A573-81	–
SM490A, SM490B SM490C	1.0570	St52-3	4360 50 B	–	E36-3	Fe52BFN Fe52CFN	–	2132	–	–
–	1.0841	St52-3	150M19	–	20MC5	Fe52	F.431	2172	5120	–
–	1.0904	55Si7	250A53	45	55S7	55Si8	56Si7	2085	9255	55Si2Mn
–	1.0961	60SiCr7	–	–	60SC7	60SiCr8	60SiCr8	–	9262	–
SUJ2	1.3505	100Cr6	534A99	31	100C6	100Cr6	F.131	2258	ASTM 52100	Gr15, 45G
–	1.5415	15Mo3	1501-240	–	15D3	16Mo3KW	16Mo3	2912	ASTM A204Gr.A	–
–	1.5423	16Mo5	1503-245-420	–	–	16Mo5	16Mo5	–	4520	–
–	1.5622	14Ni6	–	–	16N6	14Ni6	15Ni6	–	ASTM A350LF5	–
–	1.5662	X8Ni9	1501-509-510	–	–	X10Ni9	XBNI09	–	ASTM A353	–
SNC236	1.5710	36NiCr6	640A35	111A	35NC6	–	–	–	3135	–
SNC415(H)	1.5732	14NiCr10	–	–	14NC11	16NiCr11	15NiCr11	–	3415	–
SNC815(H)	1.5752	14NiCr14	655M13	36A	12NC15	–	–	–	3415, 3310	–
SNCM220(H)	1.6523	21NiCrMo2	805M20	362	20NCD2	20NiCrMo2	20NiCrMo2	2506	8620	–
SNCM240	1.6546	40NiCrMo22	311-Type 7	–	–	40NiCrMo2(KB)	40NiCrMo2	–	8740	–
–	1.6587	17CrNiMo6	820A16	–	18NCD6	–	14NiCrMo13	–	–	–
SCr415(H)	1.7015	15Cr3	523M15	–	12C3	–	–	–	5015	15Cr

Japão	Alemanha		Reino Unido		França	Itália	Espanha	Suécia	EUA	China
JIS	W-nr.	DIN	BS	EN	AFNOR	UNI	UNE	SS	AISI/SAE	GB
SCr440	1.7045	42Cr4	–	–	–	–	42Cr4	2245	5140	40Cr
SUP9(A)	1.7176	55Cr3	527A60	48	55C3	–	–	–	5155	20CrMn
SCM415(H)	1.7262	15CrMo5	–	–	12CD4	–	12CrMo4	2216	–	–
–	1.7335	13CrMo4 4	1501-620Gr27	–	15CD3.5 15CD4.5	14CrMo45	14CrMo45	–	ASTM A182 F11, F12	–
–	1.7380	10CrMo910	1501-622 Gr31, 45	–	12CD9 12CD10	12CrMo9 12CrMo10	TU.H	2218	ASTM A182 F.22	–
–	1.7715	14MoV63	1503-660-440	–	–	–	13MoCrV6	–	–	–
–	1.8523	39CrMoV13 9	897M39	40C	–	36CrMoV12	–	–	–	–
–	1.6511	36CrNiMo4	816M40	110	40NCD3	38NiCrMo4(KB)	35NiCrMo4	–	9840	–
–	1.6582	34CrNiMo6	817M40	24	35NCD6	35NiCrMo6(KB)	–	2541	4340	40CrNiMoA
SCr430(H)	1.7033	34Cr4	530A32	18B	32C4	34Cr4(KB)	35Cr4	–	5132	35Cr
SCr440(H)	1.7035	41Cr4	530M40	18	42C4	41Cr4	42Cr4	–	5140	40Cr
–	1.7131	16MnCr5	(527M20)	–	16MC5	16MnCr5	16MnCr5	2511	5115	18CrMn
SCM420 SCM430	1.7218	25CrMo4	1717CDS110 708M20	–	25CD4	25CrMo4(KB)	55Cr3	2225	4130	30CrMn
SCM432 SCCRM3	1.7220	34CrMo4	708A37	19B	35CD4	35CrMo4	34CrMo4	2234	4137 4135	35CrMo
SCM 440	1.7223	41CrMo4	708M40	19A	42CD4TS	41CrMo4	42CrMo4	2244	4140 4142	40CrMoA
SCM440(H)	1.7225	42CrMo4	708M40	19A	42CD4	42CrMo4	42CrMo4	2244	4140	42CrMo 42CrMnMo
–	1.7361	32CrMo12	722M24	40B	30CD12	32CrMo12	F.124.A	2240	–	–
SUP10	1.8159	50CrV4	735A50	47	50CV4	50CrV4	51CrV4	2230	6150	50CrVA
–	1.8509	41CrAlMo7	905M39	41B	40CAD6 40CAD2	41CrAlMo7	41CrAlMo7	2940	–	–
–	1.2067	100Cr6	BL3	–	Y100C6	–	100Cr6	–	L3	CrV, 9SiCr
SKS31 SKS2, SKS3	1.2419	105WCr6	–	–	105WC13	100WCr6 107WCr5KU	105WCr5	2140	–	CrWMo
SKT4	1.2713	55NiCrMoV6	BH224/5	–	55NCDV7	–	F.520.S	–	L6	5CrNiMo
–	1.5662	X8Ni9	1501-509	–	–	X10Ni9	XBNI09	–	ASTM A353	–
–	1.5680	12Ni19	–	–	Z18N5	–	–	–	2515	–
–	1.6657	14NiCrMo134	832M13	36C	–	15NiCrMo13	14NiCrMo131	–	–	–
SKD1	1.2080	X210Cr12	BD3	–	Z200C12	X210Cr13KU X250Cr12KU	X210Cr12	–	D3 ASTM D3	Cr12
SKD11	1.2601	X153CrMoV12	BD2	–	–	X160CrMoV12	–	–	D2	Cr12MoV
SKD12	1.2363	X100CrMoV5	BA2	–	Z100CDV5	X100CrMoV5	F.5227	2260	A2	Cr5Mo1V
SKD61	1.2344	X40CrMoV51 X40CrMoV51	BH13	–	Z40CDV5	X35CrMoV05KU X40CrMoV51KU	X40CrMoV5	2242	H13 ASTM H13	40CrMoV5
SKD2	1.2436	X210CrW12	–	–	–	X215CrW121KU	X210CrW12	2312	–	–
–	1.2542	45WCrV7	BS1	–	–	45WCrV8KU	45WCrSi8	2710	S1	–
SKD5	1.2581	X30WCrV93	BH21	–	Z30WCV9	X28W09KU	X30WCrV9	–	H21	30WCrV9
–	1.2601	X165CrMoV12	–	–	–	X165CrMoV12KU	X160CrMoV12	2310	–	–
SKS43	1.2833	100V1	BW2	–	Y1105V	–	–	–	W210	V
SKH3	1.3255	S 18-1-2-5	BT4	–	Z80WKCV	X78WCo1805KU	HS18-1-1-5	–	T4	W18Cr4VCo5
SKH2	1.3355	S 18-0-1	BT1	–	Z80WCV	X75W18KU	HS18-0-1	–	T1	–
SCMnH/1	1.3401	G-X120Mn12	Z120M12	–	Z120M12	XG120Mn12	X120MN12	–	–	–
SUH1	1.4718	X45CrSi93	401S45	52	Z45CS9	X45CrSi8	F.322	–	HW3	X45CrSi93
SUH3	1.3343	S6-5-2	4959BA2	–	Z40CSD10	15NiCrMo13	–	2715	D3	–
SKH9, SKH51	1.3343	S6/5/2	BM2	–	Z85WDCV	HS6-5-2-2	F.5603	2722	M2	–
–	1.3348	S 2-9-2	–	–	–	HS2-9-2	HS2-9-2	2782	M7	–
SKH55	1.3243	S6/5/2/5	BM35	–	6-5-2-5	HS6-5-2-5	F.5613	2723	M35	–

LISTA DE REFERÊNCIA CRUZADA DE MATERIAIS METÁLICOS

■ AÇO INOXIDÁVEL (FERRÍTICO, MARTENSÍTICO)

Japão	Alemanha		Reino Unido		França	Itália	Espanha	Suécia	EUA	China
JIS	W-nr.	DIN	BS	EN	AFNOR	UNI	UNE	SS	AISI/SAE	GB
SUS403	1.4000	X7Cr13	403S17	–	Z6C13	X6Cr13	F.3110	2301	403	0Cr13 1Cr12
–	1.4001	X7Cr14	–	–	–	–	F.8401	–	–	–
SUS416	1.4005	X12CrS13	416S21	–	Z11CF13	X12CrS13	F.3411	2380	416	–
SUS410	1.4006	X10Cr13	410S21	56A	Z10C14	X12Cr13	F.3401	2302	410	1Cr13
SUS430	1.4016	X8Cr17	430S15	60	Z8C17	X8Cr17	F.3113	2320	430	1Cr17
SCS2	1.4027	G-X20Cr14	420C29	56B	Z20C13M	–	–	–	–	–
SUS420J2	1.4034	X46Cr13	420S45	56D	Z40CM Z38C13M	X40Cr14	F.3405	2304	–	4Cr13
–	1.4003	–	405S17	–	Z8CA12	X6CrAl13	–	–	405	–
–	1.4021	–	420S37	–	Z8CA12	X20Cr13	–	2303	420	–
SUS431	1.4057	X22CrNi17	431S29	57	Z15CNi6.02	X16CrNi16	F.3427	2321	431	1Cr17Ni2
SUS430F	1.4104	X12CrMoS17	–	–	Z10CF17	X10CrS17	F.3117	2383	430F	Y1Cr17
SUS434	1.4113	X6CrMo17	434S17	–	Z8CD17.01	X8CrMo17	–	2325	434	1Cr17Mo
SCS5	1.4313	X5CrNi134	425C11	–	Z4CND13.4M	(G)X6CrNi304	–	2385	CA6-NM	–
SUS405	1.4724	X10CrA113	403S17	–	Z10C13	X10CrA112	F.311	–	405	0Cr13Al
SUS430	1.4742	X10CrA118	430S15	60	Z10CAS18	X8Cr17	F.3113	–	430	Cr17
SUH4	1.4747	X80CrNiSi20	443S65	59	Z80CSN20.02	X80CrSiNi20	F.320B	–	HNv6	–
SUH446	1.4762	X10CrA124	–	–	Z10CAS24	X16Cr26	–	2322	446	2Cr25N
SUH35	1.4871	X53CrMnNiN219	349S54	–	Z52CMN21.09	X53CrMnNiN219	–	–	EV8	5Cr2Mn9Ni4N
–	1.4521	X1CrMoTi182	–	–	–	–	–	2326	S44400	–
–	1.4922	X20CrMoV12-1	–	–	–	X20CrMoNi1201	–	2317	–	–
–	1.4542	–	–	–	Z7CNU17-04	–	–	–	630	–

■ AÇO INOXIDÁVEL (AUSTENÍTICO)

Japão	Alemanha		Reino Unido		França	Itália	Espanha	Suécia	EUA	China
JIS	W-nr.	DIN	BS	EN	AFNOR	UNI	UNE	SS	AISI/SAE	GB
SUS304L	1.4306	X2CrNi1911	304S11	–	Z2CN18.10	X2CrNi18.11	–	2352	304L	0Cr19Ni10
SUS304	1.4350	X5CrNi189	304S11	58E	Z6CN18.09	X5CrNi1810	F.3551 F.3541 F.3504	2332	304	0Cr18Ni9
SUS303	1.4305	X12CrNiS188	303S21	58M	Z10CNF18.09	X10CrNiS18.09	F.3508	2346	303	1Cr18Ni9MoZr
SUS304L	–	–	304C12	–	Z3CN19.10	–	–	2333	–	–
SCS19	1.4306	X2CrNi189	304S12	–	Z2CrNi1810	X2CrNi18.11	F.3503	2352	304L	–
SUS301	1.4310	X12CrNi177	–	–	Z12CN17.07	X12CrNi1707	F.3517	2331	301	Cr17Ni7
SUS304LN	1.4311	X2CrNiN1810	304S62	–	Z2CN18.10	–	–	2371	304LN	–
SUS316	1.4401	X5CrNiMo1810	316S16	58J	Z6CND17.11	X5CrNiMo1712	F.3543	2347	316	0Cr17Ni11Mo2
SCS13	1.4308	G-X6CrNi189	304C15	–	Z6CN18.10M	–	–	–	–	–
SCS14	1.4408	G-X6CrNiMo1810	316C16	–	–	–	F.8414	–	–	–
SCS22	1.4581	G-X5CrNiMoNb1810	318C17	–	Z4CNDNb1812M	XG8CrNiMo1811	–	–	–	–
SUS316LN	1.4429	X2CrNiMoN1813	–	–	Z2CND17.13	–	–	2375	316LN	0Cr17Ni13Mo
–	1.4404	–	316S13	–	Z2CND17.12	X2CrNiMo1712	–	2348	316L	–
SCS16 SUS316L	1.4435	X2CrNiMo1812	316S13	–	Z2CND17.12	X2CrNiMo1712	–	2353	316L	0Cr27Ni12Mo3
–	1.4436	–	316S13	–	Z6CND18-12-03	X8CrNiMo1713	–	2343, 2347	316	–
SUS317L	1.4438	X2CrNiMo1816	317S12	–	Z2CND19.15	X2CrNiMo1816	–	2367	317L	00Cr19Ni13Mo
–	1.4539	X1NiCrMo	–	–	Z6CNT18.10	–	–	2562	UNS V 0890A	–
SUS321	1.4541	X10CrNiTi189	321S12	58B	Z6CNT18.10	X6CrNiTi1811	F.3553 F.3523	2337	321	1Cr18Ni9Ti
SUS347	1.4550	X10CrNiNb189	347S17	58F	Z6CNNb18.10	X6CrNiNb1811	F.3552 F.3524	2338	347	1Cr18Ni11Nb
–	1.4571	X10CrNiMoTi1810	320S17	58J	Z6CNDT17.12	X6CrNiMoTi1712	F.3535	2350	316Ti	Cr18Ni12Mo2T
–	1.4583	X10CrNiMoNb1812	–	–	Z6CNDNb1713B	X6CrNiMoNb1713	–	–	318	Cr17Ni12Mo3Nb

Japão	Alemanha		Reino Unido		França	Itália	Espanha	Suécia	EUA	China
JIS	W-nr.	DIN	BS	EN	AFNOR	UNI	UNE	SS	AISI/SAE	GB
SUH309	1.4828	X15CrNiSi2012	309S24	–	Z15CNS20.12	X6CrNi2520	–	–	309	1Cr23Ni13
SUH310	1.4845	X12CrNi2521	310S24	–	Z12CN2520	X6CrNi2520	F.331	2361	310S	OCr25Ni20
SCS17	1.4406	X10CrNi18.08	–	58C	Z1NCUDU25.20	–	F.8414	2370	308	–
–	1.4418	X4CrNiMo165	–	–	Z6CND16-04-01	–	–	–	–	–
–	1.4568 1.4504	–	316S111	–	Z8CNA17-07	X2CrNiMo1712	–	–	17-7PH	–
–	1.4563	–	–	–	Z1NCUDU31-27-03 Z1CNDU20-18-06AZ	–	–	2584 2378	NO8028 S31254	–
SUS321	1.4878	X12CrNiTi189	321S32	58B, 58C	Z6CNT18.12B	X6CrNiTi18 11	F.3523	–	321	1Cr18Ni9Ti

■ AÇOS RESISTENTES AO CALOR

Japão	Alemanha		Reino Unido		França	Itália	Espanha	Suécia	EUA	China
JIS	W-nr.	DIN	BS	EN	AFNOR	UNI	UNE	SS	AISI/SAE	GB
SUH330	1.4864	X12NiCrSi3616	–	–	Z12NCS35.16	–	–	–	330	–
SCH15	1.4865	G-X40NiCrSi3818	330C11	–	–	XG50NiCr3919	–	–	HT, HT 50	–

■ FERRO FUNDIDO CINZENTO

Japão	Alemanha		Reino Unido		França	Itália	Espanha	Suécia	EUA	China
JIS	W-nr.	DIN	BS	EN	AFNOR	UNI	UNE	SS	AISI/SAE	GB
–	–	–	–	–	–	–	–	0100	–	–
FC100	–	GG 10	–	–	Ft 10 D	–	–	0110	No 20 B	–
FC150	0.6015	GG 15	Grade 150	–	Ft 15 D	G15	FG15	0115	No 25 B	HT150
FC200	0.6020	GG 20	Grade 220	–	Ft 20 D	G20	–	0120	No 30 B	HT200
FC250	0.6025	GG 25	Grade 260	–	Ft 25 D	G25	FG25	0125	No 35 B	HT250
–	–	–	–	–	–	–	–	–	No 40 B	–
FC300	0.6030	GG 30	Grade 300	–	Ft 30 D	G30	FG30	0130	No 45 B	HT300
FC350	0.6035	GG 35	Grade 350	–	Ft 35 D	G35	FG35	0135	No 50 B	HT350
–	0.6040	GG 40	Grade 400	–	Ft 40 D	–	–	0140	No 55 B	HT400
–	0.6660	GGL NiCr202	L-NiCuCr202	–	L-NC 202	–	–	0523	A436 Type 2	–

■ FERRO FUNDIDO NODULAR

Japão	Alemanha		Reino Unido		França	Itália	Espanha	Suécia	EUA	China
JIS	W-nr.	DIN	BS	EN	AFNOR	UNI	UNE	SS	AISI/SAE	GB
FCD400	0.7040	GGG 40	SNG 420/12	–	FCS 400-12	GS 370-17	FGE 38-17	07 17-02	60-40-18	QT400-18
–	–	GGG 40.3	SNG 370/17	–	FGS 370-17	–	–	07 17-12	–	–
–	0.7033	GGG 35.3	–	–	–	–	–	07 17-15	–	–
FCD500	0.7050	GGG 50	SNG 500/7	–	FGS 500-7	GS 500	FGE 50-7	07 27-02	80-55-06	QT500-7
–	0.7660	GGG NiCr202	Grade S6	–	S-NC202	–	–	07 76	A43D2	–
–	–	GGG NiMn137	L-NiMn 137	–	L-MN 137	–	–	07 72	–	–
FCD600	–	GGG 60	SNG 600/3	–	FGS 600-3	–	–	07 32-03	–	QT600-3
FCD700	0.7070	GGG 70	SNG 700/2	–	FGS 700-2	GS 700-2	FGS 70-2	07 37-01	100-70-03	QT700-18

■ FERRO FUNDIDO MALEÁVEL

Japão	Alemanha		Reino Unido		França	Itália	Espanha	Suécia	EUA	China
JIS	W-nr.	DIN	BS	EN	AFNOR	UNI	UNE	SS	AISI/SAE	GB
FCMB310	–	–	8 290/6	–	MN 32-8	–	–	08 14	–	–
FCMW330	–	GTS-35	B 340/12	–	MN 35-10	–	–	08 15	32510	–
FCMW370	0.8145	GTS-45	P 440/7	–	Mn 450	GMN45	–	08 52	40010	–
FCMP490	0.8155	GTS-55	P 510/4	–	MP 50-5	GMN55	–	08 54	50005	–
FCMP540	–	GTS-65	P 570/3	–	MP 60-3	–	–	08 58	70003	–
FCMP590	0.8165	GTS-65-02	P 570/3	–	Mn 650-3	GMN 65	–	08 56	A220-70003	–
FCMP690	–	GTS-70-02	P 690/2	–	Mn 700-2	GMN 70	–	08 62	A220-80002	–

AÇOS PARA MOLDES E MATRIZES

Classificação	JIS (Outros)	Aichi Steel Works	Uddeholm	Kobe Steel, Ltd.	Sumitomo Metal Industries, Ltd.	Daido Steel Co., Ltd.	Nippon Koshuha	Hitachi Metals, Ltd.	Mitsubishi Steel Manufacturing Co., Ltd.
Aço Carbono para Estrutura de Máquina	S50C	AUK1		KTSM2A	SD10	PDS1	KPM1		MT50C
	I			KTSM21	SD17	PXZ			
	S55C			KTSM22	SD21				
Aço Liga para Estrutura de Máquina	SCM440	AUK11		KTSM3A	SD61	PDS3			
	I			KTSM31					
	SCM445		HOLDAX						
Aço Carbono para Ferramentas	SK3	SK3				YK3	K3	YC3	
Aço Liga para Ferramenta (Para Trabalho a Frio)	SKS3	SKS3				GOA	KS3	SGT	
	SKS31					GO31	K31		
	SKS93	SK301				YK30	K3M	YCS3	
	SKD1						KD1	CRD	
	SKD11	SKD11		KAD181		DC11	KD11	SLD	
	SKD11	AUD11				DC3	KD11V	SLD2	
	SKD11						KDQ		
	SKD12		RIGOR			DC12	KD12	SCD	
		SX4							
		SX44							
		SX105V					FH5		
		TCD							
						DC53	KD21	SLD8	
						PD613			
						GO4		ACD37	
						GO5		HMD5	
						GO40F		HPM2T	
								YSM	
								HPM31	
								HMD1	
							KDM5	HMD5	
Aço Liga para Ferramenta (Para Trabalho a Frio e outros)	(P20)		IMPAX	KTSM3M		PX5	KPM30	HPM2	MT24M
	(P20)							HPM7	
	(P21)			KTSM40EF		NAK55	KAP	HPM1	
				KTSM40E		NAK80	KAP2	HPM50	
						GLD2		CENA1	
Aço Liga para Ferramenta (Para Trabalho a Quente)	SKD4					DH4	KD4	YDC	
	SKD5					DH5	KD5	HDC	
	SKD6					DH6	KD6		
	SKD61	SKD61	Over M Suprem			DHA1	KDA	DAC	
	SKD61						MFA		
	SKD62	SKD62				DH62	KDB	DBC	
	SKT4					GFA	KTV	DM	
	SKD7					DH72	KDH1	YEM	
	(H10)					DH73			
	SKD8					DH41	KDF	MDC	
			QRO80M						
								YHD40	
						DH71			
						DH42			
						DH21			
							KDW		
							KDHM		
							AE31		
								YEM4	
								YHD50	
								YHD26	
Aço Liga para Ferramenta (Para Trabalho a Quente)	SKT4	SKT4A							
	6F4	MPH							
	SKT4								
						DH31	KDA1	DAC3	
							KDA5	DAC10	
								DAC40	
						GF78		DAC45	
						DH76		DAC55	
							TD3	FDAC	
						DH2F	KDAS	YHD3	
								MDC-K	
								YEM-K	

Classificação	JIS (Outros)	Aichi Steel Works	Uddeholm	Kobe Steel, Ltd.	Sumitomo Metal Industries, Ltd.	Daido Steel Co., Ltd.	Nippon Koshuha	Hitachi Metals, Ltd.	Mitsubishi Steel Manufacturing Co., Ltd.
Aço Rápido para Ferramenta	SKH51					MH51	H51	YXM1	
	SKH55					MH55	HM35	YXM4	
	SKH57					MH57	MV10	XVC5	
						MH8	NK4	YXM60	
						MH24			
						MH7V1			
						MH64			
						VH54	HV2	XVC11	
							HM3	YXM7	
						MH85	KDMV	YXR3	
						MH88	HM9TL	YXR4	
								YXR7	
								YXR35	
Aço Rápido Sinterizado para Ferramenta			ASP23	KHA32		DEX20		HAP10	
			ASP30	KHA30		DEX40		HAP40	
				KHA3VN		DEX60		HAP50	
				KHA30N		DEX70		HAP63	
				KHA33N		DEX80		HAP72	
				KHA50					
				KHA77					
Aço Inoxidável			ASP60	KHA60					
	SUS403					GLD1			
	SUS420		STAVAX			S—STAR	KSP1	HPM38	
	SUS440C		ELMAX (Sinterizado)	KAS440 (Sinterizado)		SUS440C	KSP3		
	SUS420							SUS420	
	SUS630 (414)					NAK101	U630	PSL	
Aço Maraging						MAS1C	KMS18—20	YAG	DMG300
Ligas Resistentes ao Calor								HRNC	
Forjado								ICD1	
								ICD5	

RUGOSIDADE SUPERFICIAL

RUGOSIDADE SUPERFICIAL

(Refere-se JIS B 0601-1994)

Tipo	Código	Determinação Tipo	Exemplo de Determinação (Figura)
Rugosidade Aritmética Principal	Ra	Ra significa o valor obtido através da seguinte fórmula expressado em micrômetro (μm). Quando tomamos uma amostra de somente um comprimento de referência da curva de rugosidade na direção da linha principal. Tomamos o eixo-X na direção da linha principal e o eixo-Y na direção de magnificação longitudinal desta parte da amostra e a curva de rugosidade é expressa por: $Ra = \frac{1}{\ell} \int_0^{\ell} f(x) dx$	
Altura Máxima	Rz	Rz será somente o comprimento de referência é tomado da curva de rugosidade na direção da linha principal. A distância entre o pico mais alto da linha e o vale mais profundo da linha. Nesta porção da amostra é medida a magnificação longitudinal na direção da curva de rugosidade e o valor obtido é expressado em micrômetro (μm). (Nota) Quando encontrar o Rz, uma relação sem um pico excepcional ou um baixo valor, os quais podem ser considerados como uma falha, é selecionado como o comprimento da amostra. $Rz = R_p + R_v$	
Rugosidade de Dez-Pontos Principais	RzJIS	RzJIS será somente o comprimento de referência tomado da curva de rugosidade na direção de sua linha principal. As médias somadas dos cinco valores absolutos e picos mais altos do perfil (Y_p) e os cinco valores mais profundos do perfil (Y_v). Medidos na direção da magnificação vertical da linha principal desta porção da amostra e esta soma é expressa em micrômetro (μm). $Rz_{JIS} = \frac{(Y_{p1} + Y_{p2} + Y_{p3} + Y_{p4} + Y_{p5}) + (Y_{v1} + Y_{v2} + Y_{v3} + Y_{v4} + Y_{v5})}{5}$	$Y_{p1}, Y_{p2}, Y_{p3}, Y_{p4}, Y_{p5}$: altitudes dos cinco picos mais altos do perfil da porção tomada como amostra correspondente com comprimento de referência. $Y_{v1}, Y_{v2}, Y_{v3}, Y_{v4}, Y_{v5}$: altitudes dos cinco vales mais profundos do perfil da porção tomada como amostra correspondente com comprimento de referência.

RELAÇÃO ENTRE A PRINCIPAL ARITMÉTICA (Ra) E A DESIGNAÇÃO CONVENCIONAL (DADOS DE REFERÊNCIA)

Rugosidade Aritmética Principal Ra		Altura Máxima Rz	Rugosidade de Dez Pontos Principais RzJIS	Comprimento da Amostragem para Rz • RzJIS l (mm)	Marca Convencional de Acabamento
Série Standard	Valor de “Cutoff” λC (mm)	Série Standard			
0.012 a	0.08	0.05s	0.05z	0.08	▽▽▽▽
0.025 a	0.25	0.1 s	0.1 z	0.25	
0.05 a		0.2 s	0.2 z		
0.1 a		0.4 s	0.4 z		
0.2 a	0.8	0.8 s	0.8 z	0.8	▽▽▽
0.4 a		1.6 s	1.6 z		
0.8 a		3.2 s	3.2 z		
1.6 a		6.3 s	6.3 z		
3.2 a	2.5	12.5 s	12.5 z	2.5	▽▽
6.3 a		25 s	25 z		
12.5 a	8	50 s	50 z	8	▽
25 a		100 s	100 z		
50 a		200 s	200 z		
100 a	—	400 s	400 z	—	—

*A correlação entre as três é mostrada por conveniência e não é exata.

*Ra: O comprimento de avaliação de Rz e RzJIS e o valor de "cutoff" e o comprimento de amostragem multiplicado por 5, respectivamente.

TABELA DE COMPARAÇÃO DE DUREZA

NÚMERO DA CONVERSÃO DE DUREZA DE AÇOS																	
Dureza Brinell (HB) Esfera de 10mm Pré-Carga: 3,000 kgf		Dureza Vickers	Dureza Rockwell				Dureza Shore	Resistência à Tração (Aproxim.)	Dureza Brinell (HB) Esfera de 10mm Pré-Carga: 3,000 kgf		Dureza Vickers	Dureza Rockwell				Dureza Shore	Resistência à Tração (Aproxim.)
Esfera Standard	Esfera de Metal Duro		Escala A Pré-Carga:60kgf Ponta de Diamante	Escala B Pré-Carga:100kgf Esfera 1/16"	Escala C Pré-Carga:150kgf Ponta de Diamante	Escala D Pré-Carga:100kgf Ponta de Diamante			Esfera Standard	Esfera de Metal Duro		Escala A Pré-Carga:60kgf Ponta de Diamante	Escala B Pré-Carga:100kgf Esfera 1/16"	Escala C Pré-Carga:150kgf Ponta de Diamante	Escala D Pré-Carga:100kgf Ponta de Diamante		
			(HV)	(HRA)	(HRB)	(HRC)						(HRD)	(HV)	(HRA)	(HRB)		
—	—	940	85.6	—	68.0	76.9	97	—	429	429	455	73.4	—	45.7	59.7	61	1510
—	—	920	85.3	—	67.5	76.5	96	—	415	415	440	72.8	—	44.5	58.8	59	1460
—	—	900	85.0	—	67.0	76.1	95	—	401	401	425	72.0	—	43.1	57.8	58	1390
—	(767)	880	84.7	—	66.4	75.7	93	—	388	388	410	71.4	—	41.8	56.8	56	1330
—	(757)	860	84.4	—	65.9	75.3	92	—	375	375	396	70.6	—	40.4	55.7	54	1270
—	(745)	840	84.1	—	65.3	74.8	91	—	363	363	383	70.0	—	39.1	54.6	52	1220
—	(733)	820	83.8	—	64.7	74.3	90	—	352	352	372	69.3	(110.0)	37.9	53.8	51	1180
—	(722)	800	83.4	—	64.0	73.8	88	—	341	341	360	68.7	(109.0)	36.6	52.8	50	1130
—	(712)	—	—	—	—	—	—	—	331	331	350	68.1	(108.5)	35.5	51.9	48	1095
—	(710)	780	83.0	—	63.3	73.3	87	—	321	321	339	67.5	(108.0)	34.3	51.0	47	1060
—	(698)	760	82.6	—	62.5	72.6	86	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	(684)	740	82.2	—	61.8	72.1	—	—	311	311	328	66.9	(107.5)	33.1	50.0	46	1025
—	(682)	737	82.2	—	61.7	72.0	84	—	302	302	319	66.3	(107.0)	32.1	49.3	45	1005
—	(670)	720	81.8	—	61.0	71.5	83	—	293	293	309	65.7	(106.0)	30.9	48.3	43	970
—	(656)	700	81.3	—	60.1	70.8	—	—	285	285	301	65.3	(105.5)	29.9	47.6	—	950
—	(653)	697	81.2	—	60.0	70.7	81	—	277	277	292	64.6	(104.5)	28.8	46.7	41	925
—	(647)	690	81.1	—	59.7	70.5	—	—	269	269	284	64.1	(104.0)	27.6	45.9	40	895
—	(638)	680	80.8	—	59.2	70.1	80	—	262	262	276	63.6	(103.0)	26.6	45.0	39	875
—	630	670	80.6	—	58.8	69.8	—	—	255	255	269	63.0	(102.0)	25.4	44.2	38	850
—	627	667	80.5	—	58.7	69.7	79	—	248	248	261	62.5	(101.0)	24.2	43.2	37	825
—	—	—	—	—	—	—	—	—	241	241	253	61.8	100	22.8	42.0	36	800
—	—	677	80.7	—	59.1	70.0	—	—	235	235	247	61.4	99.0	21.7	41.4	35	785
—	601	640	79.8	—	57.3	68.7	77	—	229	229	241	60.8	98.2	20.5	40.5	34	765
—	—	640	79.8	—	57.3	68.7	—	—	223	223	234	—	97.3	(18.8)	—	—	—
—	578	615	79.1	—	56.0	67.7	75	—	217	217	228	—	96.4	(17.5)	—	33	725
—	—	607	78.8	—	55.6	67.4	—	—	212	212	222	—	95.5	(16.0)	—	—	705
—	555	591	78.4	—	54.7	66.7	73	2055	207	207	218	—	94.6	(15.2)	—	32	690
—	—	579	78.0	—	54.0	66.1	—	2015	201	201	212	—	93.8	(13.8)	—	31	675
—	534	569	77.8	—	53.5	65.8	71	1985	197	197	207	—	92.8	(12.7)	—	30	655
—	—	533	77.1	—	52.5	65.0	—	1915	192	192	202	—	91.9	(11.5)	—	29	640
—	514	547	76.9	—	52.1	64.7	70	1890	187	187	196	—	90.7	(10.0)	—	—	620
(495)	—	539	76.7	—	51.6	64.3	—	1855	183	183	192	—	90.0	(9.0)	—	28	615
—	—	530	76.4	—	51.1	63.9	—	1825	179	179	188	—	89.0	(8.0)	—	27	600
—	495	528	76.3	—	51.0	63.8	68	1820	174	174	182	—	87.8	(6.4)	—	—	585
(477)	—	516	75.9	—	50.3	63.2	—	1780	170	170	178	—	86.8	(5.4)	—	26	570
—	—	508	75.6	—	49.6	62.7	—	1740	167	167	175	—	86.0	(4.4)	—	—	560
—	477	508	75.6	—	49.6	62.7	66	1740	149	149	156	—	80.8	—	—	23	505
(461)	—	495	75.1	—	48.8	61.9	—	1680	143	143	150	—	78.7	—	—	22	490
—	—	491	74.9	—	48.5	61.7	—	1670	137	137	143	—	76.4	—	—	21	460
—	461	491	74.9	—	48.5	61.7	65	1670	126	126	132	—	72.0	—	—	20	435
444	—	474	74.3	—	47.2	61.0	—	1595	131	131	137	—	74.0	—	—	—	450
—	—	472	74.2	—	47.1	60.8	—	1585	121	121	127	—	69.8	—	—	19	415
—	444	472	74.2	—	47.1	60.8	63	1585	116	116	122	—	67.6	—	—	18	400
—	—	—	—	—	—	—	—	—	111	111	117	—	65.7	—	—	15	385

(Nota 1) A lista acima é a mesma do manual da AMS Metais com resistência à tração em valores métricos aproximados e dureza Brinell além de um campo recomendado.

(Nota 2) 1MPa=1N/mm²

(Nota 3) Figuras entre () são utilizadas raramente e são incluídas somente como referência. Esta lista foi retirada do Manual de Aço I JIS.

TABELA DE TOLERÂNCIA DE ENCAIXE (FUROS)

Classificação das Dimensões Standard (mm)		Classe da Zona de Tolerância de Encaixe															
>	≤	B10	C9	C10	D8	D9	D10	E7	E8	E9	F6	F7	F8	G6	G7	H6	H7
—	3	+180 +140	+85 +60	+100 +60	+34 +20	+45 +20	+60 +20	+24 +14	+28 +14	+39 +14	+12 +6	+16 +6	+20 +6	+8 +2	+12 +2	+6 0	+10 0
3	6	+188 +140	+100 +70	+118 +70	+48 +30	+60 +30	+78 +30	+32 +20	+38 +20	+50 +20	+18 +10	+22 +10	+28 +10	+12 +4	+16 +4	+8 0	+12 0
6	10	+208 +150	+116 +80	+138 +80	+62 +40	+76 +40	+98 +40	+40 +25	+47 +25	+61 +25	+22 +13	+28 +13	+35 +13	+14 +5	+20 +5	+9 0	+15 0
10	14	+220 +150	+138 +95	+165 +95	+77 +50	+93 +50	+120 +50	+50 +32	+59 +32	+75 +32	+27 +16	+34 +16	+43 +16	+17 +6	+24 +6	+11 0	+18 0
14	18																
18	24	+244 +160	+162 +110	+194 +110	+98 +65	+117 +65	+149 +65	+61 +40	+73 +40	+92 +40	+33 +20	+41 +20	+53 +20	+20 +7	+28 +7	+13 0	+21 0
24	30																
30	40	+270 +170	+182 +120	+220 +120	+119 +80	+142 +80	+180 +80	+75 +50	+89 +50	+112 +50	+41 +25	+50 +25	+64 +25	+25 +9	+34 +9	+16 0	+25 0
40	50	+280 +180	+192 +130	+230 +130													
50	65	+310 +190	+214 +140	+260 +140	+146 +100	+174 +100	+220 +100	+90 +60	+106 +60	+134 +60	+49 +30	+60 +30	+76 +30	+29 +10	+40 +10	+19 0	+30 0
65	80	+320 +200	+224 +150	+270 +150													
80	100	+360 +220	+257 +170	+310 +170	+174 +120	+207 +120	+260 +120	+107 +72	+126 +72	+159 +72	+58 +36	+71 +36	+90 +36	+34 +12	+47 +12	+22 0	+35 0
100	120	+380 +240	+267 +180	+320 +180													
120	140	+420 +260	+300 +200	+360 +200													
140	160	+440 +280	+310 +210	+370 +210	+208 +145	+245 +145	+305 +145	+125 +85	+148 +85	+185 +85	+68 +43	+83 +43	+106 +43	+39 +14	+54 +14	+25 0	+40 0
160	180	+470 +310	+330 +230	+390 +230													
180	200	+525 +340	+355 +240	+425 +240													
200	225	+565 +380	+375 +260	+445 +260	+242 +170	+285 +170	+355 +170	+146 +100	+172 +100	+215 +100	+79 +50	+96 +50	+122 +50	+44 +15	+61 +15	+29 0	+46 0
225	250	+605 +420	+395 +280	+465 +280													
250	280	+690 +480	+430 +300	+510 +300	+271 +190	+320 +190	+400 +190	+162 +110	+191 +110	+240 +110	+88 +56	+108 +56	+137 +56	+49 +17	+69 +17	+32 0	+52 0
280	315	+750 +540	+460 +330	+540 +330													
315	355	+830 +600	+500 +360	+590 +360	+299 +210	+350 +210	+440 +210	+182 +125	+214 +125	+265 +125	+98 +62	+119 +62	+151 +62	+54 +18	+75 +18	+36 0	+57 0
355	400	+910 +680	+540 +400	+630 +400													
400	450	+1010 +760	+595 +440	+690 +440	+327 +230	+385 +230	+480 +230	+198 +135	+232 +135	+290 +135	+108 +68	+131 +68	+165 +68	+60 +20	+83 +20	+40 0	+63 0
450	500	+1090 +840	+635 +480	+730 +480													

(Nota) Os valores mostrados na área das respectivas linhas são superiores às tolerâncias dimensionais, enquanto que os valores mostrados na área inferior das respectivas linhas são inferiores às tolerâncias dimensionais.

Classe da Zona de Tolerância de Encaixe

H8	H9	H10	JS6	JS7	K6	K7	M6	M7	N6	N7	P6	P7	R7	S7	T7	U7	X7
+14 0	+25 0	+40 0	± 3	± 5	0 -6	0 -10	-2 -8	-2 -12	-4 -10	-4 -14	-6 -12	-6 -16	-10 -20	-14 -24	—	-18 -28	-20 -30
+18 0	+30 0	+48 0	± 4	± 6	+2 -6	+3 -9	-1 -9	0 -12	-5 -13	-4 -16	-9 -17	-8 -20	-11 -23	-15 -27	—	-19 -31	-24 -36
+22 0	+36 0	+58 0	± 4.5	± 7	+2 -7	+5 -10	-3 -12	0 -15	-7 -16	-4 -19	-12 -21	-9 -24	-13 -28	-17 -32	—	-22 -37	-28 -43
+27 0	+43 0	+70 0	± 5.5	± 9	+2 -9	+6 -12	-4 -15	0 -18	-9 -20	-5 -23	-15 -26	-11 -29	-16 -34	-21 -39	—	-26 -44	-33 -51 -38 -56
+33 0	+52 0	+84 0	± 6.5	± 10	+2 -11	+6 -15	-4 -17	0 -21	-11 -24	-7 -28	-18 -31	-14 -35	-20 -41	-27 -48	—	-33 -54	-46 -67 -56 -77
+39 0	+62 0	+100 0	± 8	± 12	+3 -13	+7 -18	-4 -20	0 -25	-12 -28	-8 -33	-21 -37	-17 -42	-25 -50	-34 -59	-39 -64	-51 -76	—
+46 0	+74 0	+120 0	± 9.5	± 15	+4 -15	+9 -21	-5 -24	0 -30	-14 -33	-9 -39	-26 -45	-21 -51	-30 -60 -32 -62	-42 -72 -48 -78	-55 -85 -64 -94	-76 -106 -91 -121	—
+54 0	+87 0	+140 0	± 11	± 17	+4 -18	+10 -25	-6 -28	0 -35	-16 -38	-10 -45	-30 -52	-24 -59	-38 -73 -41 -76	-58 -93 -66 -101	-78 -113 -91 -126	-111 -146 -131 -166	—
+63 0	+100 0	+160 0	± 12.5	± 20	+4 -21	+12 -28	-8 -33	0 -40	-20 -45	-12 -52	-36 -61	-28 -68	-48 -88 -50 -90 -53 -93	-77 -117 -85 -125 -93 -133	-107 -147 -119 -159 -131 -171	—	—
+72 0	+115 0	+185 0	± 14.5	± 23	+5 -24	+13 -33	-8 -37	0 -46	-22 -51	-14 -60	-41 -70	-33 -79	-60 -106 -63 -109 -67 -113	-105 -151 -113 -159 -123 -169	—	—	—
+81 0	+130 0	+210 0	± 16	± 26	+5 -27	+16 -36	-9 -41	0 -52	-25 -57	-14 -66	-47 -79	-36 -88	-74 -126 -78 -130	—	—	—	—
+89 0	+140 0	+230 0	± 18	± 28	+7 -29	+17 -40	-10 -46	0 -57	-26 -62	-16 -73	-51 -87	-41 -98	-87 -144 -93 -150	—	—	—	—
+97 0	+155 0	+250 0	± 20	± 31	+8 -32	+18 -45	-10 -50	0 -63	-27 -67	-17 -80	-55 -95	-45 -108	-103 -166 -109 -172	—	—	—	—

TABELA DE TOLERÂNCIA DE ENCAIXE (EIXOS)

Classificação das Dimensões Standard (mm)		Classe da Zona de Tolerância de Encaixe														
>	≤	b9	c9	d8	d9	e7	e8	e9	f6	f7	f8	g5	g6	h5	h6	h7
—	3	-140 -165	-60 -85	-20 -34	-20 -45	-14 -24	-14 -28	-14 -39	-6 -12	-6 -16	-6 -20	-2 -6	-2 -8	0 -4	0 -6	0 -10
3	6	-140 -170	-70 -100	-30 -48	-30 -60	-20 -32	-20 -38	-20 -50	-10 -18	-10 -22	-10 -28	-4 -9	-4 -12	0 -5	0 -8	0 -12
6	10	-150 -186	-80 -116	-40 -62	-40 -76	-25 -40	-25 -47	-25 -61	-13 -22	-13 -28	-13 -35	-5 -11	-5 -14	0 -6	0 -9	0 -15
10	14	-150 -193	-95 -138	-50 -77	-50 -93	-32 -50	-32 -59	-32 -75	-16 -27	-16 -34	-16 -43	-6 -14	-6 -17	0 -8	0 -11	0 -18
14	18															
18	24	-160 -212	-110 -162	-65 -98	-65 -117	-40 -61	-40 -73	-40 -92	-20 -33	-20 -41	-20 -53	-7 -16	-7 -20	0 -9	0 -13	0 -21
24	30															
30	40	-170 -232	-120 -182	-80 -119	-80 -142	-50 -75	-50 -89	-50 -112	-25 -41	-25 -50	-25 -64	-9 -20	-9 -25	0 -11	0 -16	0 -25
40	50	-180 -242	-130 -192													
50	65	-190 -264	-140 -214	-100 -146	-100 -174	-60 -90	-60 -106	-60 -134	-30 -49	-30 -60	-30 -76	-10 -23	-10 -29	0 -13	0 -19	0 -30
65	80	-200 -274	-150 -224													
80	100	-220 -307	-170 -257	-120 -174	-120 -207	-72 -107	-72 -126	-72 -159	-36 -58	-36 -71	-36 -90	-12 -27	-12 -34	0 -15	0 -22	0 -35
100	120	-240 -327	-180 -267													
120	140	-260 -360	-200 -300													
140	160	-280 -380	-210 -310	-145 -208	-145 -245	-85 -125	-85 -148	-85 -185	-43 -68	-43 -83	-43 -106	-14 -32	-14 -39	0 -18	0 -25	0 -40
160	180	-310 -410	-230 -330													
180	200	-340 -455	-240 -355													
200	225	-380 -495	-260 -375	-170 -242	-170 -285	-100 -146	-100 -172	-100 -215	-50 -79	-50 -96	-50 -122	-15 -35	-15 -44	0 -20	0 -29	0 -46
225	250	-420 -535	-280 -395													
250	280	-480 -610	-300 -430	-190 -271	-190 -320	-110 -162	-110 -191	-110 -240	-56 -88	-56 -108	-56 -137	-17 -40	-17 -49	0 -23	0 -32	0 -52
280	315	-540 -670	-330 -460													
315	355	-600 -740	-360 -500	-210 -299	-210 -350	-125 -182	-125 -214	-125 -265	-62 -98	-62 -119	-62 -151	-18 -43	-18 -54	0 -25	0 -36	0 -57
355	400	-680 -820	-400 -540													
400	450	-760 -915	-440 -595	-230 -327	-230 -385	-135 -198	-135 -232	-135 -290	-68 -108	-68 -131	-68 -165	-20 -47	-20 -60	0 -27	0 -40	0 -63
450	500	-840 -995	-480 -635													

(Nota) Os valores mostrados na área das respectivas linhas são superiores às tolerâncias dimensionais, enquanto que os valores mostrados na área inferior das respectivas linhas são inferiores às tolerâncias dimensionais.

Classe da Zona de Tolerância de Encaixe

h8	h9	js5	js6	js7	k5	k6	m5	m6	n6	p6	r6	s6	t6	u6	x6
0 -14	0 -25	± 2	± 3	± 5	+4 0	+6 0	+6 +2	+8 +2	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14	—	+24 +18	+26 +20
0 -18	0 -30	± 2.5	± 4	± 6	+6 +1	+9 +1	+9 +4	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	—	+31 +23	+36 +28
0 -22	0 -36	± 3	± 4.5	± 7	+7 +1	+10 +1	+12 +6	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	—	+37 +28	+43 +34
0 -27	0 -43	± 4	± 5.5	± 9	+9 +1	+12 +1	+15 +7	+18 +7	+23 +12	+29 +18	+34 +23	+39 +28	—	+44 +33	+51 +40 +56 +45
0 -33	0 -52	± 4.5	± 6.5	± 10	+11 +2	+15 +2	+17 +8	+21 +8	+28 +15	+35 +22	+41 +28	+48 +35	— +54 +41	+54 +41 +61 +48	+67 +54 +77 +64
0 -39	0 -62	± 5.5	± 8	± 12	+13 +2	+18 +2	+20 +9	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+50 +34	+59 +43	+64 +48 +70 +54	+76 +60 +86 +70	—
0 -46	0 -74	± 6.5	± 9.5	± 15	+15 +2	+21 +2	+24 +11	+30 +11	+39 +20	+51 +32	+60 +41 +62 +43	+72 +53 +78 +59	+85 +66 +94 +75	+106 +87 +121 +102	—
0 -54	0 -87	± 7.5	± 11	± 17	+18 +3	+25 +3	+28 +13	+35 +13	+45 +23	+59 +37	+73 +51 +76 +54	+93 +71 +101 +79	+113 +91 +126 +104	+146 +124 +166 +144	—
0 -63	0 -100	± 9	± 12.5	± 20	+21 +3	+28 +3	+33 +15	+40 +15	+52 +27	+68 +43	+88 +63 +90 +65 +93 +68	+117 +92 +125 +100 +133 +108	+147 +122 +159 +134 +171 +146	—	—
0 -72	0 -115	± 10	± 14.5	± 23	+24 +4	+33 +4	+37 +17	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+106 +77 +109 +80 +113 +84	+151 +122 +159 +130 +169 +140	—	—	—
0 -81	0 -130	± 11.5	± 16	± 26	+27 +4	+36 +4	+43 +20	+52 +20	+66 +34	+88 +56	+126 +94 +130 +98	—	—	—	—
0 -89	0 -140	± 12.5	± 18	± 28	+29 +4	+40 +4	+46 +21	+57 +21	+73 +37	+98 +62	+144 +108 +150 +114	—	—	—	—
0 -97	0 -155	± 13.5	± 20	± 31	+32 +5	+45 +5	+50 +23	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+166 +126 +172 +132	—	—	—	—

DIÂMETROS DAS BROCAS PARA FUROS ROSCADOS

● Rosca Métrica de Passo Normal

Nominal	Diâmetro de Broca	
	HSS	Metal Duro
M1 ×0.25	0.75	0.75
M1.1×0.25	0.85	0.85
M1.2×0.25	0.95	0.95
M1.4×0.3	1.10	1.10
M1.6×0.35	1.25	1.30
M1.7×0.35	1.35	1.40
M1.8×0.35	1.45	1.50
M2 ×0.4	1.60	1.65
M2.2×0.45	1.75	1.80
M2.3×0.4	1.90	1.95
M2.5×0.45	2.10	2.15
M2.6×0.45	2.15	2.20
M3 ×0.5	2.50	2.55
M3.5×0.6	2.90	2.95
M4 ×0.7	3.3	3.4
M4.5×0.75	3.8	3.9
M5 ×0.8	4.2	4.3
M6 ×1.0	5.0	5.1
M7 ×1.0	6.0	6.1
M8 ×1.25	6.8	6.9
M9 ×1.25	7.8	7.9
M10 ×1.5	8.5	8.7
M11 ×1.5	9.5	9.7
M12 ×1.75	10.3	10.5
M14 ×2.0	12.0	12.2
M16 ×2.0	14.0	14.2
M18 ×2.5	15.5	15.7
M20 ×2.5	17.5	17.7
M22 ×2.5	19.5	19.7
M24 ×3.0	21.0	—
M27 ×3.0	24.0	—
M30 ×3.5	26.5	—
M33 ×3.5	29.5	—
M36 ×4.0	32.0	—
M39 ×4.0	35.0	—
M42 ×4.5	37.5	—
M45 ×4.5	40.5	—
M48 ×5.0	43.0	—

● Rosca Métrica de Passo Fino

Nominal	Diâmetro de Broca	
	HSS	Metal Duro
M1 ×0.2	0.80	0.80
M1.1×0.2	0.90	0.90
M1.2×0.2	1.00	1.00
M1.4×0.2	1.20	1.20
M1.6×0.2	1.40	1.40
M1.8×0.2	1.60	1.60
M2 ×0.25	1.75	1.75
M2.2×0.25	1.95	2.00
M2.5×0.35	2.20	2.20
M3 ×0.35	2.70	2.70
M3.5×0.35	3.20	3.20
M4 ×0.5	3.50	3.55
M4.5×0.5	4.00	4.05
M5 ×0.5	4.50	4.55
M5.5×0.5	5.00	5.05
M6 ×0.75	5.30	5.35
M7 ×0.75	6.30	6.35
M8 ×1.0	7.00	7.10
M8 ×0.75	7.30	7.35
M9 ×1.0	8.00	8.10
M9 ×0.75	8.30	8.35
M10 ×1.25	8.80	8.90
M10 ×1.0	9.00	9.10
M10 ×0.75	9.30	9.35
M11 ×1.0	10.0	10.1
M11 ×0.75	10.3	10.3
M12 ×1.5	10.5	10.7
M12 ×1.25	10.8	10.9
M12 ×1.0	11.0	11.1
M14 ×1.5	12.5	12.7
M14 ×1.0	13.0	13.1
M15 ×1.5	13.5	13.7
M15 ×1.0	14.0	14.1
M16 ×1.5	14.5	14.7
M16 ×1.0	15.0	15.1
M17 ×1.5	15.5	15.7
M17 ×1.0	16.0	16.1
M18 ×2.0	16.0	16.3
M18 ×1.5	16.5	16.7
M18 ×1.0	17.0	17.1

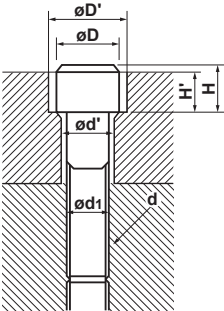
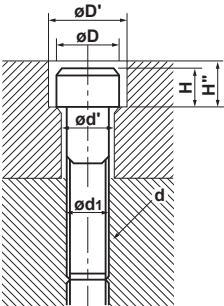
Nominal	Diâmetro de Broca	
	HSS	Metal Duro
M20 ×2.0	18.0	18.3
M20 ×1.5	18.5	18.7
M20 ×1.0	19.0	19.1
M22 ×2.0	20.0	—
M22 ×1.5	20.5	—
M22 ×1.0	21.0	—
M24 ×2.0	22.0	—
M24 ×1.5	22.5	—
M24 ×1.0	23.0	—
M25 ×2.0	23.0	—
M25 ×1.5	23.5	—
M25 ×1.0	24.0	—
M26 ×1.5	24.5	—
M27 ×2.0	25.0	—
M27 ×1.5	25.5	—
M27 ×1.0	26.0	—
M28 ×2.0	26.0	—
M28 ×1.5	26.5	—
M28 ×1.0	27.0	—
M30 ×3.0	27.0	—
M30 ×2.0	28.0	—
M30 ×1.5	28.5	—
M30 ×1.0	29.0	—
M32 ×2.0	30.0	—
M32 ×1.5	30.5	—
M33 ×3.0	30.0	—
M33 ×2.0	31.0	—
M33 ×1.5	31.5	—
M35 ×1.5	33.5	—
M36 ×3.0	33.0	—
M36 ×2.0	34.0	—
M36 ×1.5	34.5	—
M38 ×1.5	36.5	—
M39 ×3.0	36.0	—
M39 ×2.0	37.0	—
M39 ×1.5	37.5	—
M40 ×3.0	37.0	—
M40 ×2.0	38.0	—
M40 ×1.5	38.5	—
M42 ×4.0	38.0	—

Nominal	Diâmetro de Broca	
	HSS	Metal Duro
M42 ×3.0	39.0	—
M42 ×2.0	40.0	—
M42 ×1.5	40.5	—
M45 ×4.0	41.0	—
M45 ×3.0	42.0	—
M45 ×2.0	43.0	—
M45 ×1.5	43.5	—
M48 ×4.0	44.0	—
M48 ×3.0	45.0	—
M48 ×2.0	46.0	—
M48 ×1.5	46.5	—
M50 ×3.0	47.0	—
M50 ×2.0	48.0	—
M50 ×1.5	48.5	—

(Nota) Quando usar brocas com os diâmetros apresentados nesta tabela, a precisão dimensional do furo usinado varia conforme as condição de corte. Portanto, efetue a medição do furo usinado e, caso não esteja adequado como pré-furo, o diâmetro da broca deve ser corrigido.

DIMENSÃO DO FURO PARA A CABEÇA DO PARAFUSO HEXAGONAL

DIMENSÕES DO ALOJAMENTO PARA A CABEÇA E FURO DO PARAFUSO HEXAGONAL														Unidade : mm	
Dimensões nominais da rosca d	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30
d1	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
d'	3.4	4.5	5.5	6.6	9	11	14	16	18	20	22	24	26	30	33
D	5.5	7	8.5	10	13	16	18	21	24	27	30	33	36	40	45
D'	6.5	8	9.5	11	14	17.5	20	23	26	29	32	35	39	43	48
H	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
H'	2.7	3.6	4.6	5.5	7.4	9.2	11	12.8	14.5	16.5	18.5	20.5	22.5	25	28
H''	3.3	4.4	5.4	6.5	8.6	10.8	13	15.2	17.5	19.5	21.5	23.5	25.5	29	32



CONE STANDARD

Fig.1
Cone BT

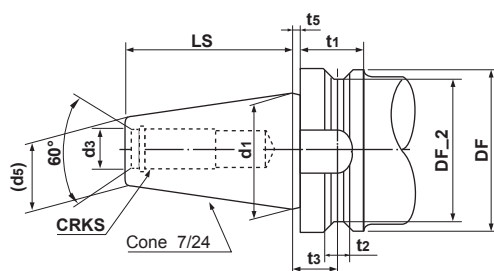
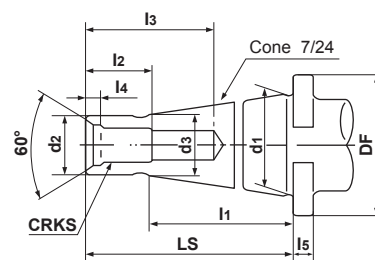


Fig.2
Cone NT



● **Tabela 1 Cone BT (Fig.1)**

Código	DF	DF_2	t1	t2	t3	t5	d1	d3	LS	CRKS	d5
BT35	53	43	20	10	13.0	2	38.1	13	56.5	M12×1.75	21.62
BT40	63	53	25	10	16.6	2	44.45	17	65.4	M16×2	25.3
BT45	85	73	30	12	21.2	3	57.15	21	82.8	M20×25	33.1
BT50	100	85	35	15	23.2	3	69.85	25	101.8	M24×3	40.1
BT60	155	135	45	20	28.2	3	107.95	31	161.8	M30×3.5	60.7

● **Tabela 2 Cone NT (Fig.2)**

Código	d1	d2	LS	l1	CRKS		l2	l3	d3	l4	DF	l5
					Rosca Métrica	Rosca em Polegada						
NT30	31.75	17.4	70	50	M12	W 1/2	24	50	16.5	6	50	8
NT40	44.45	25.3	95	67	M16	W 5/8	30	70	24	7	63	10
NT50	69.85	39.6	130	105	M24	W 1	45	90	38	11	100	13
NT60	107.95	60.2	210	165	M30	W 1 1/4	56	110	58	12	170	15

Fig.3
Cone Morse
(Haste com Arraste)

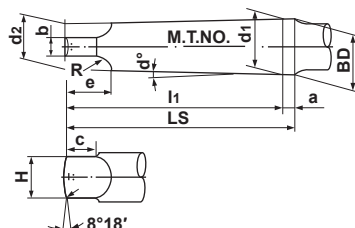
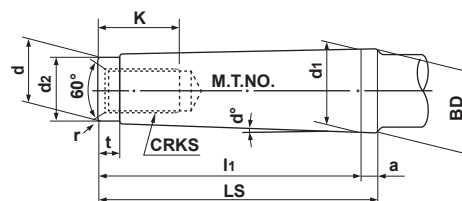


Fig.4
Cone Morse
(Haste com Rosca)



● **Tabela 3 Haste com Arraste (Fig.3)**

Número de Cone Morse	d1	a	BD	d2	H	l1	LS	d	c	e	R	r
0	9.045	3	9.201	6.104	6	56.5	59.5	3.9	6.5	10.5	4	1
1	12.065	3.5	12.240	8.972	8.7	62.0	65.5	5.2	8.5	13.5	5	1.2
2	17.780	5	18.030	14.034	13.5	75.0	80.0	6.3	10	16	6	1.6
3	23.825	5	24.076	19.107	18.5	94.0	99	7.9	13	20	7	2
4	31.267	6.5	31.605	25.164	24.5	117.5	124	11.9	16	24	8	2.5
5	44.399	6.5	44.741	36.531	35.7	149.5	156	15.9	19	29	10	3
6	63.348	8	63.765	52.399	51.0	210.0	218	19	27	40	13	4
7	83.058	10	83.578	68.185	66.8	286.0	296	28.6	35	54	19	5

● **Tabela 4 Haste com Rosca (Fig.4)**

Número de Cone Morse	d1	a	BD	d	d2	l1	LS	t	r	CRKS	K
0	9.045	3	9.201	6.442	6	50	53	4	0.2	—	—
1	12.065	3.5	12.240	9.396	9	53.5	57	5	0.2	M6	16
2	17.780	5	18.030	14.583	14	64	69	5	0.2	M10	24
3	23.825	5	24.076	19.759	19	81	86	7	0.6	M12	28
4	31.267	6.5	31.605	25.943	25	102.5	109	9	1.0	M16	32
5	44.399	6.5	44.741	37.584	35.7	129.5	136	9	2.5	M20	40
6	63.348	8	63.765	53.859	51	182	190	12	4.0	M24	50
7	83.058	10	83.578	70.052	65	250	260	18.5	5.0	M33	80

SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

TABELA DE CONVERSÃO DE UNIDADE para TROCA RÁPIDA de acordo com as UNIDADES SI
(Em negrito indica SI)

Pressão

Pa	kPa	MPa	bar	kgf/cm ²	atm	mmH ₂ O	mmHg ou Torr
1	1×10 ⁻³	1×10 ⁻⁶	1×10 ⁻⁵	1.01972×10 ⁻⁵	9.86923×10 ⁻⁶	1.01972×10 ⁻¹	7.50062×10 ⁻³
1×10 ³	1	1×10 ⁻³	1×10 ⁻²	1.01972×10 ⁻²	9.86923×10 ⁻³	1.01972×10 ²	7.50062
1×10 ⁶	1×10 ³	1	1×10	1.01972×10	9.86923	1.01972×10 ⁵	7.50062×10 ³
1×10 ⁵	1×10 ²	1×10 ⁻¹	1	1.01972	9.86923×10 ⁻¹	1.01972×10 ⁴	7.50062×10 ²
9.80665×10 ⁴	9.80665×10	9.80665×10 ⁻²	9.80665×10 ⁻¹	1	9.67841×10 ⁻¹	1×10 ⁴	7.35559×10 ²
1.01325×10 ⁵	1.01325×10 ²	1.01325×10 ⁻¹	1.01325	1.03323	1	1.03323×10 ⁴	7.60000×10 ²
9.80665	9.80665×10 ⁻³	9.80665×10 ⁻⁶	9.80665×10 ⁻⁵	1×10 ⁻⁴	9.67841×10 ⁻⁵	1	7.35559×10 ⁻²
1.33322×10 ²	1.33322×10 ⁻¹	1.33322×10 ⁻⁴	1.33322×10 ⁻³	1.35951×10 ⁻³	1.31579×10 ⁻³	1.35951×10	1

(Nota) 1Pa=1N/m²

Força

N	dyn	kgf
1	1×10 ⁵	1.01972×10 ⁻¹
1×10 ⁻⁵	1	1.01972×10 ⁻⁶
9.80665	9.80665×10 ⁵	1

Tensão

Pa	MPa ou N/mm ²	kgf/mm ²	kgf/cm ²
1	1×10 ⁻⁶	1.01972×10 ⁻⁷	1.01972×10 ⁻⁵
1×10 ⁶	1	1.01972×10 ⁻¹	1.01972×10
9.80665×10 ⁶	9.80665	1	1×10 ²
9.80665×10 ⁴	9.80665×10 ⁻²	1×10 ⁻²	1

(Nota) 1Pa=1N/m²

Trabalho / Energia / Calor

J	kW•h	kgf•m	kcal
1	2.77778×10 ⁻⁷	1.01972×10 ⁻¹	2.38889×10 ⁻⁴
3.600 ×10 ⁶	1	3.67098×10 ⁵	8.6000 ×10 ²
9.80665	2.72407×10 ⁻⁶	1	2.34270×10 ⁻³
4.18605×10 ³	1.16279×10 ⁻³	4.26858×10 ²	1

(Nota) 1J=1W • s, 1J=1N • m
1cal=4.18605J
(Pela lei de pesos e medidas)

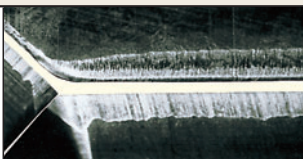
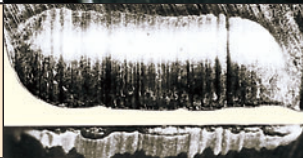
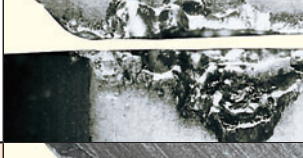
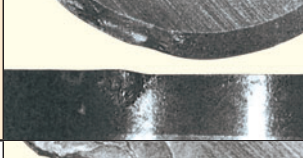
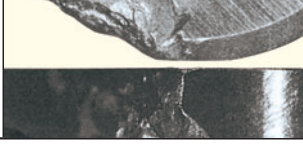
Potência (Taxa de Produção / Força Motora) / Taxa de Fluxo de Calor

W	kgf•m/s	CV	kcal/h
1	1.01972×10 ⁻¹	1.35962×10 ⁻³	8.6000 ×10 ⁻¹
9.80665	1	1.33333×10 ⁻²	8.43371
7.355 ×10 ²	7.5 ×10	1	6.32529×10 ²
1.16279	1.18572×10 ⁻¹	1.58095×10 ⁻³	1

(Nota) 1W=1J/s
1PS=0.7355kW
(Pela lei de pesos e medidas)
1cal=4.18605J

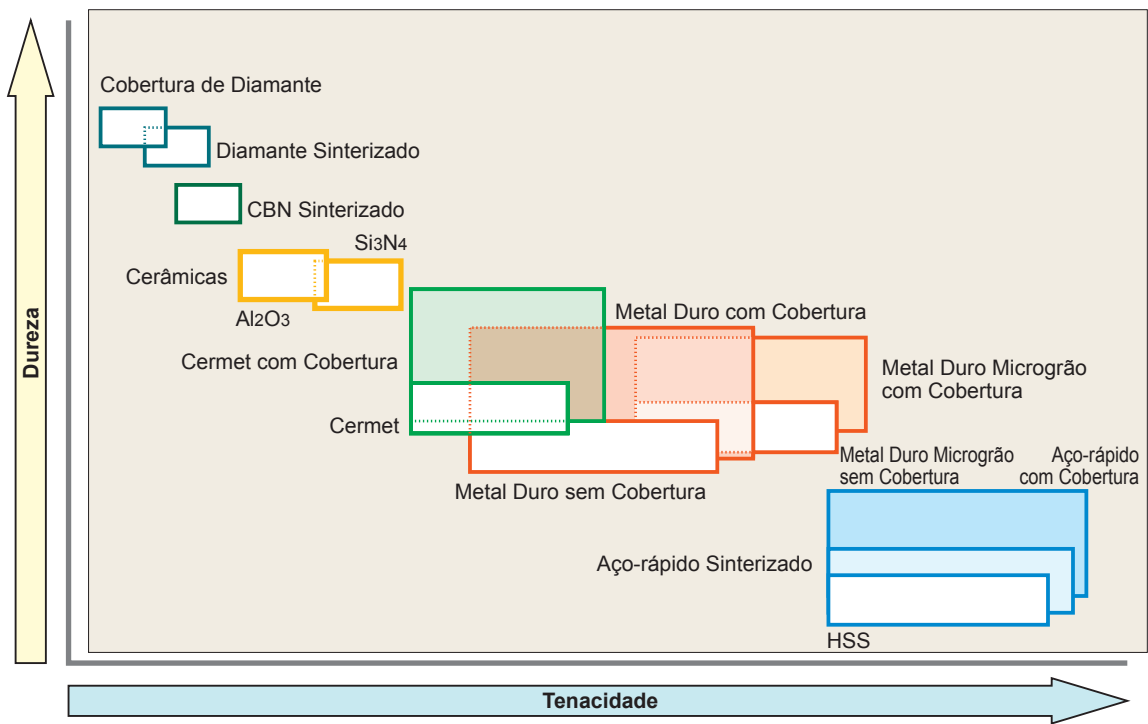
DESGASTES E DANOS EM FERRAMENTAS

CAUSAS E SUGESTÕES PARA SOLUCIONAR PROBLEMAS

Forma do Dano da Ferramenta	Causa	Sugestão de Solução
Desgaste Frontal	 • Classe é muito tenaz. • Velocidade de corte é muito alta. • Ângulo de folga é muito pequeno. • Avanço é extremamente baixo.	• Classe com alta resistência ao desgaste. • Reduzir a velocidade de corte. • Aumentar ângulo de folga. • Aumentar o avanço.
Craterização	 • Classe é muito tenaz. • Velocidade de corte é muito alta. • Avanço é muito alto.	• Classe com alta resistência ao desgaste. • Reduzir a velocidade de corte. • Diminuir o avanço.
Microlascamento	 • Classe é muito dura. • O avanço é muito alto. • É necessário uma aresta de corte mais resistente. • É necessário maior rigidez de suporte e fixação.	• Classe com alta tenacidade. • Diminuir o avanço. • Aumente a preparação da aresta. • Use um diâmetro de haste maior.
Quebras	 • Classe é muito dura. • Avanço é muito alto. • É necessário uma aresta de corte mais resistente. • É necessário maior rigidez de suporte e fixação.	• Classe com alta tenacidade. • Diminuir o avanço. • Aumente a preparação da aresta. • Use um diâmetro de haste maior.
Deformação Plástica	 • Classe é muito tenaz. • Velocidade de corte é muito alta. • Profundidade de corte e avanço são muito grandes. • Temperatura de usinagem é muito alta.	• Classe com alta resistência ao desgaste. • Reduzir a velocidade de corte. • Diminua profundidade de corte e avanço. • Classe com alta condutividade térmica.
Aresta Postiça	 • Velocidade de corte é baixa. • Geometria pouco positiva. • Classe não aplicável	• Aumente a velocidade de corte. (Para aço 1045, velocidade de corte 80m/min.) • Aumente o ângulo de saída. • Classe com baixa afinidade. (Classe de cobertura e cermet)
Trincas Térmicas	 • Dilatação ou contração devido à temperatura da usinagem. • Classe é muito dura. • *Especialmente em fresamento.	• Usinagem sem refrigeração. (Para usinagem com refrigeração, use fluido refrigerante em abundância.) • Classe com alta tenacidade.
Entalhe	 • Superfícies duras ou não usinadas, peças coquilhadas e camada endurecida pela usinagem. • Fricção causada pela forma pontia - guda do cavaco. (Causada por pequenas vibrações).	• Classe com alta resistência ao desgaste. • Aumente o ângulo de saída para aumentar a agudez.
Lascamento	 • Aresta postiça e adesão. • Expulsão de cavacos ruim.	• Aumente o ângulo de saída para aumentar a agudez. • Aumente o bolsão de cavacos.
Fratura por Desgaste Frontal	 • Dano devido a falta de resistência de uma aresta de corte curva. * Dano característico de CBN E PCD	• Aumente a preparação da aresta. • Classe com alta tenacidade.
Fratura por Craterização	 • Classe é muito tenaz. • Esforço de usinagem é muito alto e causa alta temperatura de usinagem. * Dano característico de CBN E PCD	• Diminua a preparação da aresta. • Classe com alta tenacidade ao desgaste.

MATERIAIS DAS FERRAMENTAS DE CORTE

A tabela abaixo mostra a relação entre diversos materiais de ferramenta em relação à dureza no eixo vertical e tenacidade no eixo horizontal. Atualmente, o metal duro com e sem cobertura e o cermet com base TiC-TiN são os principais materiais para ferramentas no mercado, pois possuem o melhor equilíbrio entre dureza e tenacidade.

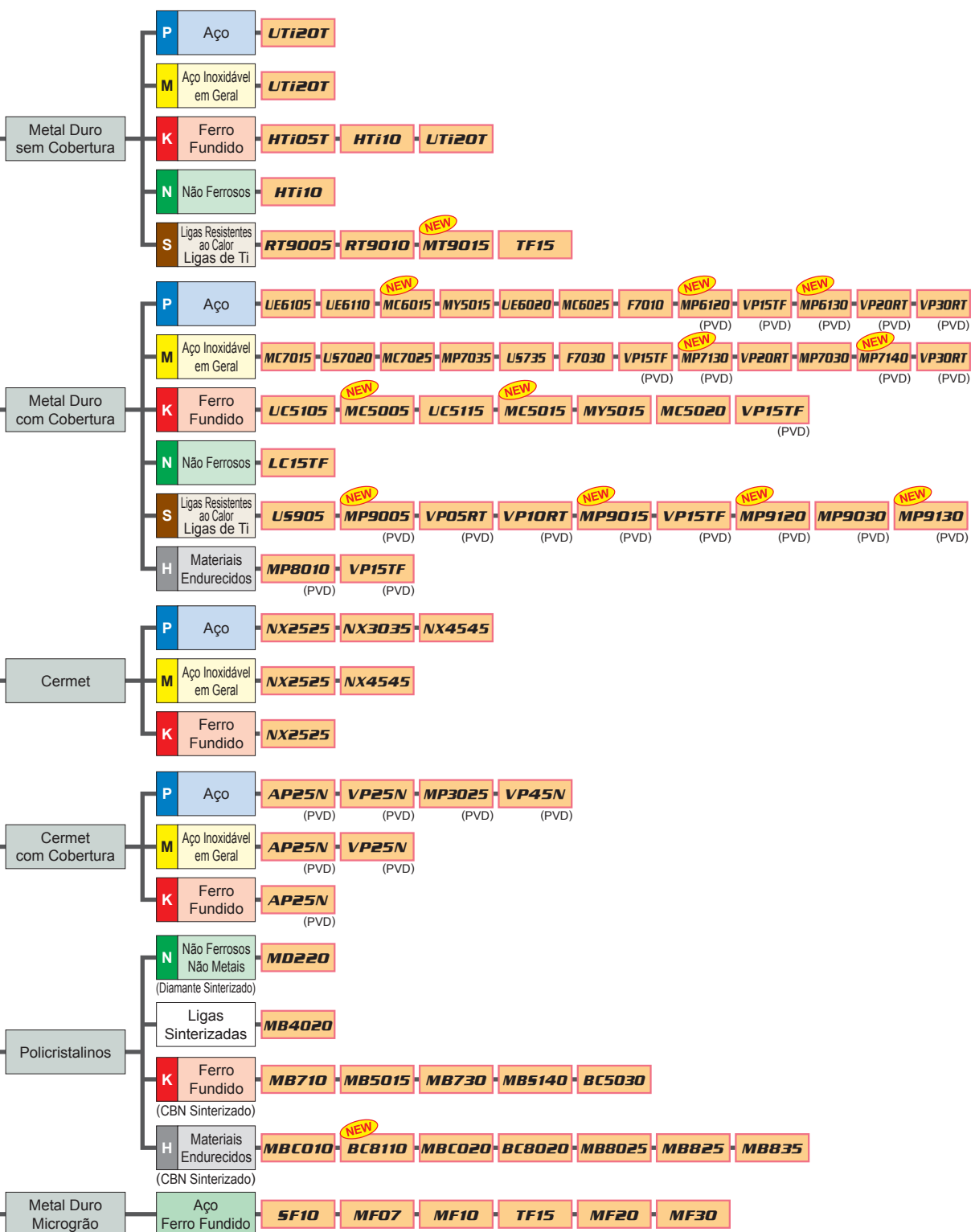


CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS						
Materiais Duros	Dureza (HV)	Energia de Formação Livre (kcal/g • atom)	Solubilidade em Ferro (%.1250°C)	Condutividade Térmica (W/m • k)	Expansão Térmica (×10 ⁻⁶ /k) *	Material da Ferramenta
Diamante	>9000	—	Highly Soluble	2100	3.1	Diamante Sinterizado
CBN	>4500	—	—	1300	4.7	CBN Sinterizado
Si ₃ N ₄	1600	—	—	100	3.4	Cerâmicas
Al ₂ O ₃	2100	-100	≠0	29	7.8	Cerâmicas Metal duro sem cobertura
TiC	3200	-35	< 0.5	21	7.4	Cermet Metal Duro com Cobertura
TiN	2500	-50	—	29	9.4	Cermet Metal Duro com Cobertura
TaC	1800	-40	0.5	21	6.3	Metal duro sem cobertura
WC	2100	-10	7	121	5.2	Metal duro sem cobertura

*1W/m • K=2.39×10⁻³cal/cm • s • °C

CLASSES MITSUBISHI

Para Ferramentas de Corte



Para Resistência ao Desgaste



Para Construção de Ferramentas



TABELA DE COMPARAÇÃO DE CLASSES

METAL DURO SEM COBERTURA

	ISO	Mitsubishi	Sumitomo	Tungaloy	Kyocera	Dijet	Mitsubishi	Sandvik	Kennametal	Seco	Iscar
	Classifi- cação	Símbolo	Materials	Electric			Hitachi Tool			Tools	
Torneamento	P	P01									
		P10		ST10P	TX10S		SRT	WS10			IC70
		P20	UTi20T	ST20E	UX30		SRT DX30	EX35	SMA		IC70 IC50M
		P30	UTi20T	A30	UX30	PW30	SR30 DX30	EX35	SM30		IC50M IC54
		P40		ST40E			SR30	EX45			IC54
	M	M10		EH510 U10E			UMN	WA10B	H10A	KU10 K313 K68	890 IC07
		M20	UTi20T	EH520 U2	UX30		DX25 UMS	EX35	H13A	KU10 K313 K68	IC07 IC08 IC20
		M30	UTi20T	A30	UX30		DX25 UMS	EX45	H10F SM30		IC08 IC20 IC28
		M40					UM40	EX45			IC28
	K	K01	HTi05T	H1 H2	TH03 KS05F		KG03	WH05		KU10 K313 K68	
		K10	HTi10	EH10 EH510	TH10	KW10 GW15	KG10 KT9	WH10	H10 HM	KU10 K313 K68	890 IC20
		K20	UTi20T	G10E EH20 EH520	KS15F KS20	GW25	CR1 KG20	WH20	H13A	KU10 K313 K68	HX IC20
		K30	UTi20T	G10E			KG30				883
	N	N01		H1 H2	KS05F	KW10			H10 H13A		
		N10	HTi10	EH10 EH510	TH10	KW10 GW15	KT9	WH10		KU10 K313 K68	H15 IC08 IC20
		N20		G10E EH20 EH520	KS15F		CR1	WH20		KU10 K313 K68	HX IC08 IC20
		N30									H25
	S	S01	RT9005			SW05	KG03				
		S10	RT9005 RT9010 MT9015	EH10 EH510	KS05F TH10	SW10	FZ05 KG10		H10 H10A H10F H13A	K10 K313 K68	HX IC07 IC08
		S20	RT9010 TF15	EH20 EH520	KS15F KS20	SW25	FZ15 KG20			K10 K313 K68	H25 IC07 IC08
		S30	TF15				KG30				
Fresamento	P	P10					SRT				
		P20	UTi20T	A30N	UX30		SRT DX30	EX35		K125M	IC50M IC28
		P30	UTi20T	A30N	UX30	PW30	SR30 DX30	EX35		GX	IC50M IC28
		P40				PW30	SR30	EX45			IC28
	M	M10					UMN				
		M20	UTi20T	A30N	UX30		DX25 UMS	EX35			IC08 IC20
		M30	UTi20T	A30N	UX30		DX25 UMS	EX45	SM30		IC08 IC28
		M40						EX45			IC28
	K	K01	HTi05T				KG03			K115M,K313	
		K10	HTi10	G10E	TH10	KW10 GW25	KG10	WH10		K115M K313	IC20
		K20	UTi20T	G10E	KS20	GW25	KT9 CR1 KG20	WH20	H13A		HX IC20
		K30	UTi20T				KG30				

(Nota) A tabela acima é baseada em informações publicadas e não autorizadas por cada fabricante.

TABELA DE COMPARAÇÃO DE CLASSES

METAL DURO MICROGRÃO

	ISO	Mitsubishi	Sumitomo	Tungaloy	Kyocera	Dijet	Mitsubishi	Sandvik	Kennametal	Seco
	Classifi- cação	Símbolo	Materials	Electric			Hitachi Tool			Tools
Ferramentas de Corte	Z	Z01	SF10 MF07 MF10	F0	F MD05F MD1508		FZ05 FB05 FB10	NM08	PN90 6UF,H3F 8UF,H6F	
		Z10	HTi10 MF20	XF1 F1 AFU	MD10 MD0508 MD07F	FW30	FZ10 FZ15 FB15	NM15	H10F	890
		Z20	TF15 MF30	AF0 SF2 AF1			FZ15 FB15 FB20	BRM20 EF20N	H15F	890 883
		Z30		A1 CC			FZ20 FB20	NM25		883

CERMET

	ISO	Mitsubishi	Sumitomo	Tungaloy	Kyocera	Dijet	Mitsubishi	Sandvik	Kennametal	Seco	Iscar
	Classifi- cação	Símbolo	Materials	Electric			Hitachi Tool			Tools	
Torneamento	P	P01	AP25N* VP25N*	T110A T1000A	NS520 AT520* GT520* GT720*	TN30 PV30* TN6010 PV7010*	LN10 CX50				IC20N IC520N*
		P10	NX2525 AP25N* VP25N*	T1200A T2000Z* T1500A T1500Z*	NS520 NS730 GT730* NS9530 GT9530*	TN60 PV60* TN6010 PV7010*	CX50 CX75 PX75*	CZ25*	CT5015 GC1525*	KT315 KT125	TP1020 TP1030* CM CMP*
		P20	NX2525 AP25N* VP25N* NX3035 MP3025*	T1200A T2000Z* T3000Z* T1500A T1500Z*	NS530 NS730 GT730* NS9530 GT9530*	TN60 PV60* TN6020 PV7020* PV7025*	CX75 PX75* PX90*	CH550	GC1525*	KT325 KT1120 KT5020*	TP1020 TP1030*
		P30	MP3025* VP45N*	T3000Z*		PV7025* PV90*	PX90*				IC75T
	M	M10	NX2525 AP25N* VP25N*	T110A T1000A T2000Z* T1500Z*	NS520 AT530* GT530* GT720*	TN60 PV60* TN6020 PV7020*	LN10 CX50		GC1525*	KT125	TP1020 TP1030* CM CMP*
		M20	NX2525 AP25N* VP25N*	T1200A T2000Z* T1500A T1500Z*	NS530 GT730* NS730	TN90 TN6020 PV90* PV7020* PV7025*	CX50 CX75	CH550			
		M30									
	K	K01	NX2525 AP25N*	T110A T1000A T2000Z* T1500Z*	NS710 NS520 AT520* GT520* GT720*	TN30 PV30* PV7005* TN6010 PV7010*	LN10				
		K10	NX2525 AP25N*	T1200A T2000Z* T1500A T1500Z*	NS520 GT730* NS730	TN60 PV60* TN6020 PV7020* PV7025*	LN10		CT5015	KT325 KT125	
		K20	NX2525 AP25N*	T3000Z*			CX75				
Fresamento	P	P10	NX2525			TN60	CX75	MZ1000*			C15M
		P20	NX2525	T250A	NS530	TN100M TN60	CX75 CX90	CH550 CH7030 MZ1000* MZ2000*	CT530	KT530M HT7 KT605M	C15M MP1020
		P30	NX4545	T250A T4500A	NS530 NS540 NS740		CX90 CX99	MZ3000* CH7035			IC30N
	M	M10	NX2525			TN60					IC30N
		M20	NX2525		NS530	TN100M	CX75	CH550 CH7030 MZ1000* MZ2000*	CT530	KT530M HT7 KT605M	C15M
		M30	NX4545	T250A	NS540 NS740		CX90 CX99	MZ3000* CH7035			IC30N
	K	K01									
		K10	NX2525		NS530	TN60					
		K20	NX2525				CX75			KT530M HT7	

*Cermet com Cobertura

(Nota) As tabelas acima são baseadas em informações publicadas e não autorizadas por cada fabricante.

CLASSE COM COBERTURA CVD

	ISO Classifi- cação	ISO Símbolo	Mitsubishi Materials	Sumitomo Electric	Tungaloy	Kyocera	Dijet	Mitsubishi Hitachi Tool	Sandvik	Kennametal	Seco Tools	Iscar
Torneamento	P	P01	UE6105	AC810P AC700G	T9105 T9005	CA510 CA5505	JC110V	HG8010	GC4205 GC4005	KCP05 KC9105	TP0500 TP1500	IC9150 IC8150 IC428
		P10	UE6105 MC6015 UE6110 MY5015	AC810P AC700G AC820P AC2000	T9105 T9005 T9115	CA510 CA5505 CA515 CA5515	JC110V JC215V	HG8010 HG8025 GM8020	GC4315 GC4215 GC4015 GC4325	KCP10B KCP10 KCP25 KC9110	TP1500 TP2500	IC9150 IC9015 IC8150 IC8250
		P20	MC6015 UE6110 MC6025 UE6020 MY5015	AC820P AC2000 AC830P	T9115 T9125	CA515 CA5515 CA525 CA5525 CR9025	JC110V JC215V	HG8025 GM8020 GM25	GC4315 GC4215 GC4015 GC4325 GC4225 GC4025	KCP25B KCP25 KC9125	TP2500	IC9015 IC8250 IC9025 IC9250 IC8350
		P30	MC6025 UE6020 UE6035 UH6400	AC830P AC630M	T9125 T9135 T9035	CA525 CA5525 CA530 CA5535 CR9025	JC215V JC325V	GM25 GM8035	GC4325 GC4225 GC4025 GC4235 GC4035	KCP30 KCP40 KC8050	TP3500 TP3000	IC8350 IC9250 IC9350
		P40	UE6035 UH6400	AC630M	T9135 T9035	CA530 CA5535	JC325V JC450V	GM8035 GX30	GC4235 GC4035	KCP30 KCP40 KC9140 KC9040 KC9240 KC9245	TP3500 TP3000	IC9350
	M	M10	MC7015 US7020	AC610M	T9115	CA6515	JC110V		GC2015	KCM15	TM2000	IC9250 IC6015 IC8250
		M20	MC7015 US7020 MC7025	AC610M AC6030M AC630M	T6020 T9125	CA6515 CA6525	JC110V	HG8025 GM25	GC2015	KCM15 KC9225	TM2000	IC9250 IC6015 IC9025 IC656
		M30	MC7025 US735	AC6030M AC630M	T6030	CA6525		GM8035 GX30	GC2025	KCM25 KC9230	TM4000	IC9350 IC6025 IC635
		M40	US735	AC6030M AC630M				GX30	GC2025	KCM35 KC9240 KC9245	TM4000	IC6025 IC9350
	K	K01	MC5005 UC5105	AC405K AC410K	T5105	CA4505 CA4010	JC050W JC105V	HX3505 HG3305	GC3205 GC3210	KCK05	TH1500 TK1001 TK1000	IC5005 IC9007
		K10	MC5015 UC5115 MY5015	AC405K AC410K AC415K AC420K AC700G	T5115	CA4515 CA4010 CA4115	JC050W JC105V JC110V	HX3515 HG3315 HG8010	GC3205 GC3210 GC3215	KCK15B KCK15 KCK20 KC9315	TK1001 TK1000 TK2000 TK2001	IC5005 IC5010 IC9150 IC428 IC4028
		K20	MC5015 UC5115 UE6110 MY5015	AC415K AC420K AC700G AC820P	T5115 T5125	CA4515 CA4115 CA4120	JC110V JC215V	HG8025 GM8020	GC3215	KCK20 KC9110 KC9325	TK2001 TK2000	IC5010 IC8150 IC9150 IC9015 IC418
		K30	UE6110	AC820P	T5125		JC215	HG8025 GM8020		KC9125 KC9325		IC9015 IC418
	S	S01	US905			CA6515 CA6525 CA6535			S05F			
Fresamento	P	P10					JC730U				MP1500	IC9080 IC4100 IC9015
		P20	F7030	ACP100	T3130		JC730U	GX2140	GC4220		MP1500 MP2500	IC5100 IC520M
		P30	F7030	ACP100	T3130			GX2140 GX2160	GC4230	KCPK30 KC930M	MP2500	IC4050
		P40						GX2030 GX30 GX2160	GC4240	KC935M KC530M		
	M	M10										IC9250
		M20	F7030	ACP100	T3130	CA6535	JC730U	GX2140		KC925M	MP2500	IC520M IC9350
		M30	F7030	ACP100	T3130	CA6535		GX2140 GX2160 GX30	GC2040	KC930M	MP2500	IC9350 IC4050
		M40						GX2030 GX2160 GX30		KC930M KC935M		IC635
	K	K01					JC600					
		K10	MC5020	ACK100	T1115 T1015		JC600					
		K20	MC5020	ACK200	T1115 T1015		JC610		GC3220 GC3330 K20W	KC915M	MK1500 MK2000	IC5100 IC9150
		K30					JC610	GX30	GC3330 GC3040	KC920M KC925M KCPK30 KC930M KC935M	MK2000 MK3000	IC4100 IC4050 IC520M

(Nota) A tabela acima é baseada em informações publicadas e não autorizadas por cada fabricante.

TABELA DE COMPARAÇÃO DE CLASSES

CLASSE COM COBERTURA PVD

	ISO	Mitsubishi	Sumitomo	Tungaloy	Kyocera	Dijet	Mitsubishi	Sandvik	Kennametal	Seco	Iscar		
	Classifi- cação Símbolo	Materials	Electric				Hitachi Tool			Tools			
Torneamento	P	P01				PR915 PR1005							
		P10	VP10MF		AH710	PR915 PR1005 PR930 PR1025 PR1115 PR1225 PR1425			GC1525 GC1025	KC5010 KC5510 KU10T	CP200 TS2000	IC250 IC350 IC507 IC570 IC807 IC907 IC908	
		P20	VP10RT VP20RT VP15TF VP20MF		AH710 AH725 AH120 SH730 GH730 GH130	PR930 PR1025 PR1115 PR1225		IP2000	GC1525 GC1025 GC1125	KC5025 KC5525 KC7215 KC7315 KU25T	CP250 TS2500	IC228 IC250 IC308 IC328 IC350 IC354 IC507 IC528 IC570 IC807 IC808 IC907 IC908 IC928 IC1008 IC1028 IC3028	
		P30	VP10RT VP20RT VP15TF VP20MF	AC520U	AH725 AH120 SH730 GH730 GH130 AH740 J740			IP3000	GC1025 GC1125	KC7015 KC7020 KU25T KC7235	CP500	IC228 IC250 IC328 IC330 IC354 IC528 IC1008 IC1028 IC3028	
		P40		AC530U	AH740 J740					KC7040 KC7140 KC7030	CP500	IC228 IC328 IC330 IC528 IC1008 IC1028 IC3028	
	M	M01											
		M10	VP10MF		AH710	PR915 PR1025 PR1225 PR1425	JC5003 JC8015	IP050S	GC1005 GC1025 GC1125 GC1105	KC5010 KC5510 KC6005 KC6015	CP200 TS2000	IC330 IC354 IC507 IC520 IC570 IC807 IC907 IC3028	
		M20	VP10RT VP20RT VP15TF VP20MF	AC520U	AH710 AH725 AH120 SH730 GH730 GH130 GH330 AH630	PR1025 PR1125 PR1225 PR915 PR930	JC5003 JC5015 JC8015	IP100S	GC1005 GC1025 GC1125 GC1105	KC5025 KC5525 KC7020 KC7025	CP250 TS2500 CP500	IC250 IC330 IC354 IC808 IC908 IC1008 IC1028 IC3028	
		M30	VP10RT VP20RT VP15TF VP20MF MP7035	AC520U AC530U	GH330 AH725 AH120 SH730 GH730 GH130 J740 AH645	PR1125	JC5015 JC8015		GC1125 GC2035	KC7030 KC7225	CP500	IC228 IC250 IC328 IC330 IC1008 IC1028 IC3028	
		M40	MP7035	AC530U	J740				GC2035			IC328 IC928 IC1008 IC1028 IC3028	
	K	K01											
		K10		AC510U	GH110 AH110 AH710	PR905				KC5010 KC7210	CP200 TS2000	IC350 IC1008	
		K20	VP10RT VP20RT VP15TF		GH110 AH110 AH710 AH725 AH120 GH730 GH130	PR905				KC7015 KC7215 KC7315	CP200 CP250 TS2000 TS2500	IC228 IC350 IC808 IC908 IC1008	
		K30	VP10RT VP20RT VP15TF		AH725 AH120 GH730 GH130					KC7225	CP500	IC228 IC350 IC808 IC908 IC1008	
	S	S01	MP9005 VP05RT		AH905		JC5003 JC8015					IC507 IC907	
		S10	MP9005 MP9015 VP10RT	AC510U	AH905 SH730 AH110 AH120		JC5003 JC5015 JC8015		GC1105 GC1005 GC1025	KC5010 KC5410 KC5510	CP200 CP250 TS2000 TS2500	IC507 IC903	
		S20	MP9015 MT9015 VP20RT	AC510U AC520U	AH120 AH725	PR1125	JC5015 JC8015		GC1025 GC1125	KC5025 KC5525	CP250 TS2500 CP500	IC300 IC808 IC908 IC928 IC3028 IC806	
		S30	VP15TF	AC520U	AH725	PR1125			GC1125				
	Fresamento	P	P01				JC5003	ATH80D PTH08M PCA08M PCS08M					
			P10		ACP200		PR730 PR830 PR1025 PR1225	JC5003 JC5030 JC8015 JC5015 JC5118	ACS05E CY9020 JX1005 JX1020 PC20M JP4020 PCA12M	GC1010 GC1025	KC715M		IC250 IC350 IC808 IC810 IC900 IC903 IC908 IC910 IC950
			P20	MP6120 VP15TF	ACP200	AH725 AH120 GH330 AH330	PR730 PR830 PR1025 PR1225 PR1230 PR1525	JC5015 JC5030 JC5040 JC6235 JC8015 JC5118 JC6235	CY150 CY15 JX1015	GC1025 GC1010 GC2030	KC522M KC525M	F25M MP3000	IC250 IC300 IC328 IC330 IC350 IC528 IC808 IC810 IC830 IC900 IC908 IC910 IC928 IC950 IC1008

(Nota) A tabela acima é baseada em informações publicadas e não autorizadas por cada fabricante.

	ISO	Mitsubishi	Sumitomo	Tungaloy	Kyocera	Dijet	Mitsubishi	Sandvik	Kennametal	Seco	Iscar	
	Classifi- cação	Símbolo	Materials	Electric			Hitachi Tool			Tools		
Fresamento	P	P30	MP6120 VP15TF MP6130 VP30RT	ACP200 ACP300	AH725 AH120 AH130 AH140 GH130 AH730	PR660 PR1230	JC5015 JC5040 JC8015 JC5118	JS4045 JS4060 CY250 CY25 HC844 JX1045 PTH30E	GC1010 GC1030 GC2030	KC725M KC530M	F25M MP3000 F30M	IC250 IC300 IC328 IC330 IC350 IC528 IC830 IC900 IC928 IC950 IC1008
			P40	VP30RT	ACP300	AH140		JC5040 JC5118	JS4060 PTH40H JX1060 GF30 GX30	GC1030	KC735M	F40M T60M
	M	M01						PCS08M				
		M10				PR730 PR1025 PR1225	JC5118	CY9020 JX1020	GC1025 GC1030	KC715M		IC903
		M20	VP15TF MP7130 MP7030 VP20RT	ACP200	AH725 AH120 GH330 AH330 GH110	PR730 PR660 PR1025 PR1225	JC5015 JC5040 JC5118 JC8015	CY150 CY15 JX1015	GC1025 GC1030 GC1040 GC2030	KC730 KC522M KC525M	F25M MP3000	IC250 IC300 IC808 IC830 IC900 IC908 IC928 IC1008
		M30	VP15TF MP7130 MP7030 VP20RT MP7140 VP30RT	ACP200 ACP300	AH120 AH725 AH130 AH140 GH130 AH730 GH340	PR660 PR1510	JC5015 JC8015 JC8050 JC5118	CY250 CY25 HC844 JM4060 JX1045	GC1040 GC2030	KC725M KC735M	F30M F40M MP3000	IC250 IC300 IC328 IC330 IC830 IC928 IC1008
		M40	MP7140 VP30RT	ACP300	AH140		JC5015 JC5118 JC8050	JX1060 GF30 GX30			F40M	
	K	K01	MP8010		AH110 GH110 AH330		JC5003	ATH80D PTH08M PCA08M PCS08M				
		K10	MP8010		AH110 GH110 AH725 AH120 GH130 AH330	PR1210 PR905	JC5003 JC8015	ASC05E JX1005 JX1020 CY9020 CY100H CY10H	GC1010	KC510M		IC350 IC810 IC830 IC900 IC910 IC928 IC950 IC1008
		K20	VP15TF VP20RT	ACK300	GH130	PR1210 PR905	JC5015 JC5080 JC8015 JC6235	CY150 CY15 PTH13S JX1015	GC1010 GC1020	KC520M KC525M	MK2000	IC350 IC808 IC810 IC830 IC900 IC908 IC910 IC928 IC950 IC1008
		K30	VP15TF VP20RT	ACK300			JC5015 JC8015 JC5080	CY250 GX2030 GX30 CY25 PTH40H PTH30E JX1045	GC1020	KC725M KC735M		IC350 IC808 IC830 IC908 IC928 IC950 IC1008
	S	S01				PR905	JC5003 JC8015 JC5118					
		S10	MP9120 VP15TF	EH520Z EH20Z		PR905	JC5003 JC5015 JC8015 JC5118	PCS08M PTH13S JS1025	C1025	KC510M		IC903
		S20	MP9120 VP15TF MP9130 MP9030	EH520Z EH20Z ACK300 ACP300		PR905	JC8015 JC5015 JC8050 JC5118	CY100H CY10H	GC1025 GC2030 S30T	KC522M KC525M		IC300 IC908 IC808 IC900 IC830 IC928 IC328 IC330
		S30		ACP300			JC8050 JC5118		GC2030	KC725M	F40M	IC830 IC928
	H	H01	MP8010 VP05HT				JC8003 JC8008					IC903
		H10	VP15TF VP10H				JC8003 JC8008 JC8015 JC5118	BH200 BH250	GC1010 GC1030	KC635M	MH1000 F15M	IC900
		H20	VP15TF				JC8015 JC5118	ATH80D PTH08M PCA08M JP4005 JX1005	GC1010 GC1030	KC635M	F15M	IC900 IC808 IC908 IC1008
		H30								KC530M	MP3000 F30M	IC808 IC908 IC1008

(Nota) A tabela acima é baseada em informações publicadas e não autorizadas por cada fabricante.

TABELA DE COMPARAÇÃO DE CLASSES

CBN

	Classifi- cação	ISO	Mitsubishi Materials	Sumitomo Electric	Tungaloy	Kyocera	Dijet	Sandvik	Seco Tools
		Símbolo							
Torneamento	H	H01	BC8110 MBC010 MB810	BNC100 BNX10 BN1000	BXM10 BX310	KBN050M KBN10M KBN510			CBN060K
		H10	BC8110 MBC020 BC8020 MB825 MB8025	BNC160 BNX20 BN2000	BXM20 BX330	KBN25M KBN525	JBN300	CB7015	CBN010
		H20	MBC020 BC8020 MB8025	BNC200 BNX25 BN250	BXM20 BX360	KBN30M	JBN245	CB7025 CB20	CBN150 CBN160C
		H30	BC8020 MB835	BNC300 BN350	BXC50 BX380	KBN35M		CB7525	CBN150 CBN160C
	S	S01	MB730	BN700 BN7000	BX950				CBN170
		S10							
		S20							
		S30							
	K	K01	MB710 MB5015	BN500 BNC500 BN700	BX930 BX910				
		K10	MB730 MB4020	BN7500 BN7000	BX850	KBN60M	JBN795	CB7525	
		K20	MB730 MB4020	BN700 BN7000	BX950	KBN60M	JBN500		CBN200
		K30	BC5030 MBS140	BNS800	BX90S BXC90	KBN900		CB7925	CBN300 CBN400C CBN500
	Ligas Sinterizadas		MB4020 MB835	BN7500 BN7000	BX450 BX470 BX480	KBN65B KBN570 KBN65M KBN70M			CBN200

PCD

	Classifi- cação	ISO	Mitsubishi Materials	Sumitomo Electric	Tungaloy	Kyocera	Dijet	Sandvik	Seco Tools
		Símbolo							
Torneamento	N	N01	MD205	DA90	DX180 DX160	KPD001	JDA30 JDA735	CD05	PCD05
		N10	MD220	DA150	DX140	KPD010		CD10	PCD10
		N20	MD220	DA2200	DX120		JDA715		PCD20
		N30	MD230	DA1000	DX110	KPD230	JDA10		PCD30 PCD30M

(Nota) As tabelas acima são baseadas em informações publicadas e não autorizadas por cada fabricante.

TABELA DE COMPARAÇÃO DE QUEBRA-CAVACOS

INSERTOS TIPO NEGATIVOS

Classificação ISO	Tipo de Usinagem	Mitsubishi Materials	Sumitomo Electric	Tungaloy	Kyocera	Dijet	Mitsubishi Hitachi Tool	Sandvik	Kennametal	Seco Tools	Walter	TaeguTec
P	Acabamento	PK* FH FY	FA FL	O1* TF ZF	DP* GP, PP XP, XP-T, XF		FE	QF LC	FF	FF1, FF2	FP5	FA
	Leve	LP C SA, SH	SU LU SX, SE	NS, 27 TSF, AS	PQ HQ, CQ	PF UR, UA, UT	BE B, CE	XF PF	LF*, FN	MF2	MP3 NF3, NF4	FG
	Leve (Aço Baixo Carbono)	SY		17	XQ, XS							FC
	Leve (Alisador)	SW	LUW, SEW	AFW, ASW	WP, WQ			WL, WF	FW	W-MF2	NF	WS
	Média	MP MA MH	GU UG GE, UX	NM, ZM TM DM, 33, 37, 38	PG, CJ, GS PS, HS PT	PG UB	CT, AB AH AY, AE	PM QM, XM	P MN	MF3 MF5, M3 M5	MP5	PC, MP MT SM
	Média (Alisador)	MW	GUW					WMX, WM	MW, RW	M6, W-M3 W-MF5	NM	WT
	Desbaste	RP GH Std.	MU, MX, ME UZ	TH Std.	PH GT Std.	UD GG	RE	PR, HM XMR	RN, RP	MR6, MR7	RP5 NM6, NM9	RT
	Desbaste	HZ, HL HM, HX HV	MP HG, HP HU, HW, HF	THS TU TUS	PX	UC	HX HE, H	QR, PR HR, MR	MR RM RH	R4, R5, R6 57, RR6, R7 R8, RR9	NR6, NRF NRR	RX, RH HD, HY, HT HZ
M	Acabamento Leve	SH, LM	SU	SS	MQ, GU		MP, AB, BH	MF	FP LF*	MF1	NF4	SF
	Média	MS, GM MM, MA ES	EX, UP GU HM	SA, SF SM S	MS, MU SU, HU, TK ST	SF, SZ SG	PV, DE, SE AH	MM QM K	MP	MF4	NM4	ML EM VF
	Desbaste	GH, RM HZ	MU MP	TH, SH			AE	MR MR	UP, RP	M5, MR7 RR6	NR4, NR5	
K	Acabamento Leve	LK, MA		CF	Std.		VA, AH	KF	FN	MF2, MF5, M3, M4	MK5	
	Média	MK, GK Std.	UZ, GZ, UX	CM Std.	C	PG	V, AE	KM	RP, UN	M5	RK5, NM5	
	Desbaste	RK			PH, GC	GG	RE	KR			RK7	
	Desbaste	Face Plana	Face Plana	CH, Face Plana	ZS, Face Plana	Face Plana	Face Plana		Face Plana	MR3, MR4, MR7 Face Plana	Face Plana	
S	Acabamento	FJ*	EF		MQ			SF	FS, LF*	MF1		
	Leve	LS	SU*					SGF*	MS	MF4, MF5	NF4, NFT	EA
	Média	MS	EG, EX, UP	SA, HMM	MS, MU, TK			NGP*, SM	UP, P, NGP*	M1	NMS, NMT	
	Desbaste	RS, GJ	MU					SR, SMR	RP	M5, MR3, MR4	NRS, NRT	ET

*Inserito tipo retificado.

(Nota) A tabela acima é baseada em informações publicadas e não autorizadas por cada fabricante.

TABELA DE COMPARAÇÃO DE QUEBRA-CAVACOS

INSERTOS TIPO 7° POSITIVOS

Classificação ISO	Tipo de Usinagem	Mitsubishi Materials	Sumitomo Electric	Tungaloy	Kyocera	Dijet	Mitsubishi Hitachi Tool	Sandvik	Kennametal	Seco Tools	Walter	TaeguTec
P	Acabamento	SMG*	FC*, SC*	JS*, 01*	CF*, CK* GQ*, GF*			UM*	LF*			
	Acabamento Leve	FP, FV LP, SV	FP, LU SU	PF, PSF PS, PSS	GP XP		JQ	PF, UF	UF, 11 LF, FP	FF1 F1	PF4	FA FG
	Leve (Alisador)	SW	LUW					WF	FW	W-F1		WS
	Média	MV MP, Std.	MU	23 PM, 24	HQ XQ, GK	FT	JE	PM, UM	MF, MP	F2, MF2, M5	PS5 PM5	PC MT
	Média (Alisador)	MW						WM	MW	W-F2	PM	WT
M	Acabamento Leve	FM LM	FC* LU SU	PF, PSF PS, PSS	CF*, CK* GQ*, GF* MQ		MP	MF	LF, UF FP	F1, F2		
	Média	MM, Std.	MU	PM	HQ, GK			MM	MP			
K	Média	MK, Std. Face Plana	MU, Face Plana	Face Plana, CM	Face Plana*			KF, KM, KR	Face Plana	F1, M3, M5		
N	Média	AZ*	AG*	AL*	AH*			AL*	HP*	AL*	PM2*	SA* FL*
S	Acabamento Leve	FJ*			MQ				LF* HP*			

*Inserito tipo retificado.

(Nota) A tabela acima é baseada em informações publicadas e não autorizadas por cada fabricante.

INSERTOS TIPO 11° POSITIVOS

Classificação ISO	Tipo de Usinagem	Mitsubishi Materials	Sumitomo Electric	Tungaloy	Kyocera	Dijet	Mitsubishi Hitachi Tool	Sandvik	Kennametal	Seco Tools	Walter	TaeguTec
P	Acabamento Leve	FV, SMG* SV	SI LU SU	01* PF, PSF PS, PSS	GP, CF* XP		JQ	PF	UF LF			
	Média	MV	MU	PM 23 24	HQ XQ		JE	PM, UM	MF			
M	Acabamento Leve	SV	SU	PF, PS	GP, CF*		MP	MF				
	Média	MV	MU	PM	HQ			MM				

*Inserito tipo retificado.

(Nota) A tabela acima é baseada em informações publicadas e não autorizadas por cada fabricante.