

DORMER

Manual Técnico



ÍNDICE

Informações Gerais

Fórmulas	4
Forças específicas de corte (valor Kc)	8
Materiais das ferramentas de corte	9
Tratamentos superficiais	13
Materiais usinados	16
Usinagem de aços	19
Usinagem de aços inoxidáveis	20
Usinagem de ferro fundido	21
Usinagem de ligas de alumínio	22
Lubrificantes	23
Geometria geral	25
Tipos de cavacos	25
Tipos de desgaste	26
Dureza e resistência à tração	28
Tolerâncias úteis	29
Equivalentes decimais	30
Tabela de velocidades de corte	32
Descrições e dimensões das hastes	33

Furação

Nomenclatura	38
Dicas gerais para furação	39
Dimensão dos furos	40
Informações sobre produtos de 2 diâmetros	41
Informações sobre a pressão da refrigeração interna	41
Informações sobre desvio radial	41
Informações sobre formas de canal	42
Informações sobre tipos de ponta	42
Informações sobre furação profunda	43
Comprimentos e canais - Norma DIN	44
Comprimentos e canais - Norma ANSI	46
Solução de problemas na furação	49

Alargadores

Nomenclatura	50
Dicas gerais para o uso de alargadores	51
Limites de tolerância	54
Tabela de seleção para alargadores em incrementos de 0,01mm	56
Comprimento total e comprimento dos canais	57
Forma do alargador e designação DIN	59
Solução de problemas no alargamento	60

Rebaixadores e Escareadores

Dicas gerais para o uso de rebaixadores e escareadores	62
Solução de problemas no uso de rebaixadores	63

Rosqueamento com Machos

Nomenclatura	64
Dicas gerais sobre rosqueamento	65

Rosqueamento com machos (continuação)

Geometria dos machos e processos de rosqueamento	66
Tabela de Pontas / Chanfros	69
Geometrias e processos de laminação a frio	69
Anéis coloridos dos machos de aplicação específica Vanguard/Shark	71
Perfis de rosca	72
Tolerâncias	73
Comprimento dos chanfros e machos seriados	75
Diâmetros das brocas para machos de corte	76
Diâmetros das brocas para machos laminadores	79
Descrição de haste	80
Solução de problemas no rosqueamento	83

Fresamento com interpolação de rosca

Nomenclatura	86
Dicas gerais para o fresamento com interpolação de rosca	87
Solução de problemas no fresamento de roscas	90

Rosqueamento com cossinetes

Nomenclatura	92
Dicas gerais para rosqueamento com cossinetes	93
Dimensões antes da usinagem	93
Solução de problemas no rosqueamento com cossinetes	94

Fresamento

Nomenclatura	96
Dicas gerais para fresamento	97
Seleção da fresa de topo e dos parâmetros de fresamento	99
Características da fresa de topo	99
Tipos de fresamento de topo	101
Fresamento convencional x fresamento ascendente	103
Fresas de topo esférico	104
Usinagem em alta velocidade	106
Estratégias no fresamento	107
Solução de problemas no fresamento	109

Bedames

Dicas gerais para operações com bedames	110
---	-----

Porta-ferramentas

Dicas gerais sobre porta-ferramentas	112
Tipos de cones	113
Balanceamento do sistema de porta-ferramentas	118
HSK	120
Dispositivos para rosqueamento	122
Cálculo do torque	125

Reafiação

Brocas	126
Alargadores	137
Escareadores	139
Machos	140
Fresa para interpolação de roscas	142
Fresas	143

Informações Gerais

FÓRMULAS (MÉTRICAS)

FURAÇÃO

RPM

$$n = \frac{V_c * 1000}{\pi * D}$$

n = RPM

V_c = velocidade de corte (m/min.)

D = diâmetro (mm)

Tabela de Avanço

$$V_f = n * fn$$

V_f = avanço (mm/min.)

n = r/min (RPM)

fn = avanço/rot

Força Axial

$$T = 11.4 * K * D * (100 * fn)^{0.85}$$

Potência

$$P = \frac{1.25 * D^2 * K * n * (0.056 + 1.5 * fn)}{100,000}$$

Para converter para HP, multiplique por 1.341

P = Potência (kW)

K = fator do material

T = força axial (N)

D = diâmetro (mm)

V_f = avanço (mm/min.)

n = r/min (RPM)

fn = avanço/rot

FRESAMENTO

RPM

$$n = \frac{V_c * 1000}{\pi * D}$$

n = RPM

V_c = velocidade de corte m/min.

D = diâmetro em mm

Torque

$$M_c = \frac{a_p * a_e * v_f * k_c}{2 \pi * n}$$

M_c = Torque de Corte [Nm]

a_p = profundidade axial [mm]

a_e = profundidade radial [mm]

Tabela de Avanço

$$V_f = n * f_z * z$$

V_f = avanço mm/min.

f_z = avanço/facas

z = no. de facas

Potência

$$P_c = \frac{a_p * a_e * v_f * k_c}{60 * 102 * 9,81}$$

P_c = Potência de Corte [kW]

n = RPM

k_c = força específica de corte [N/mm²]

$$k_c = k_{c1} * h_m^{-z}$$

h_m = espessura média do cavaco [mm ou pol]

z = fator de correção agregado para espessura média do cavaco

k_c = força específica de corte [N/mm²]

k_{c1} = força específica de corte relativa a 1 mm h_m

onde

$$h_m = \frac{f_z * a_e * 360}{D * \pi * \arccos[1 - \frac{2 * a_e}{D}]}$$

Informações Gerais

ROSQUEAMENTO

RPM

$$n = \frac{V_c * 1000}{\pi * D}$$

Cálculos de Torque

$$M_d = \frac{p^2 * D * k_c}{8000}$$

M_d = Torque [Nm]

p = passo [mm]

D = diâm. nominal [mm]

Potência

$$P = \frac{M_d * 2 * \pi * n}{60}$$

k_c = força específica de corte [N/mm²]

n = RPM

P = Potência (kW)

FÓRMULAS (POLEGADAS)

FURAÇÃO

RPM

$$n = \frac{12 * V_c}{\pi * D_c}$$

n = RPM

V_c = velocidade de corte (pés/min.)

D_c = diâmetro de corte (pol)

Tabela de Avanço

$$V_f = n * f_n$$

V_f = avanço (pol/min.)

n = r/min (RPM)

f_n = avanço/rot (pol)

FRESAMENTO

RPM

$$n = \frac{12 * V_c}{\pi * D_c}$$

n = RPM

V_c = velocidade de corte (pés/min.)

D_c = diâmetro de corte (pol)

Tabela de Avanço

$$V_f = f_z * n * z$$

V_f = avanço (pol/min)

f_z = avanço por faca (pol)

n = r/min (RPM)

z = no. de facas

Informações Gerais

FORÇAS ESPECÍFICAS DE CORTE (VALOR K_C)

			Furação	Fresamento		Rosqueamento
			k	k_{C1}	z	k_C
Grupos de Materiais de Aplicação (AMG)			Fator do Material	N/mm ²	Fator de Correção	N/mm ²
1. Aços	1.1	Aços carbono de baixa resistência	1,3	1400	0,18	2000
	1.2	Aços para cementação	1,4	1450	0,22	2100
	1.3	Aços carbono	1,9	1500	0,20	2200
	1.4	Aços liga	1,9	1550	0,20	2400
	1.5	Aços liga beneficiados	2,7	1600	0,20	2500
	1.6	Aços liga beneficiados	3,4	1700	0,20	2600
	1.7	Aço temperado	3,7	1900	0,20	2900
	1.8	Aço temperado	4,0	2300	0,20	2900
2. Aços inoxidáveis	2.1	Aço inox de fácil usinagem	1,9	1300	0,36	2300
	2.2.	Austenítico	1,9	1500	0,32	2600
	2.3	Ferrítico + Austenítico, Ferrítico, Martensítico	2,7	1600	0,24	3000
3. Ferro fundido	3.1	Cinzentos (lamelar)	1,0	900	0,26	1600
	3.2	Cinzentos (lamelar)	1,5	1100	0,26	1600
	3.3	Nodular (maleável)	2,0	1150	0,24	1700
	3.4	Nodular (maleável)	1,5	1450	0,24	2000
4. Titânio	4.1	Titânio não ligado	1,4	900	0,20	2000
	4.2	Ligas de titânio	2,0	1200	0,22	2000
	4.3	Ligas de titânio	2,7	1450	0,22	2300
5. Níquel	5.1	Níquel não ligado	1,3	1100	0,12	1300
	5.2	Ligas de níquel	2,0	1450	0,22	2000
	5.3	Ligas de níquel	2,7	1700	0,22	2000
6. Cobre	6.1	Cobre	0,6	450	0,20	800
	6.2	Latão, Bronze	0,7	500	0,30	1000
	6.3	Latão	0,7	600	0,32	1000
	6.4	Ligas de Cu-Al-Fe, Bronze de alta resistência	1,5	1600	0,36	1000
7. Alumínio Magnésio	7.1	Alumínio, Magnésio, não ligados	0,6	250	0,22	700
	7.2	Ligas de Al, Si : Si < 0.5%	0,6	450	0,18	700
	7.3	Ligas de Al, Si : Si > 0.5% < 10%	0,7	450	0,18	800
	7.4	Ligas de Al, Si : Si > 10% Liga de Magnésio Alumínio reforçado	0,7	500	0,15	1000
8. Materiais sintéticos	8.1	Materiais termoplásticos	0,6	1400	0,15	400
	8.2	Materiais plásticos termoendurecidos	0,6	1400	0,20	600
	8.3	Materiais plásticos reforçados	1,0	1600	0,30	800
9. Materiais duros	9.1	Materiais cerâmicos, cermets	4,0	2600	0,38	>2800
10. Grafite	10.1	Grafite	-	200	0,30	600

MATERIAIS DAS FERRAMENTAS DE CORTE

MATERIAIS DE AÇO RÁPIDO

HSS

Aço Rápido

É um aço rápido de média liga de boa usinabilidade e bom desempenho. HSS apresenta características de dureza, tenacidade e de resistência ao desgaste que o tornam atrativo para uma larga faixa de aplicações, por exemplo, para brocas e machos.

HSSV

Aço Rápido ao Vanádio

É uma composição à base de vanádio que oferece excelente dureza e resistência ao desgaste, além de um bom desempenho. Isto o torna especialmente adequado para a utilização em aplicações de rosqueamento.

HSCo

Aço Rápido ao Cobalto

Este aço rápido contém cobalto para aumentar a dureza a quente. A composição do HSCo é uma boa combinação de tenacidade e dureza. Tem boa usinabilidade e boa resistência ao desgaste, o que o torna aplicável para brocas, machos, fresas e alargadores.

HSS**XS1**

Aço Rápido obtido pela Metalurgia do Pó

Tem uma estrutura granular mais fina e mais consistente que o HSCo, resultando num produto mais tenaz. A durabilidade e resistência ao desgaste da ferramenta é normalmente mais elevada que o HSCo e esta classe tem uma resistência de aresta e rigidez superiores. É utilizado principalmente para fresas e machos.

HSCo**XP**

Aço Rápido Sinterizado com Cobalto

O HSCo-XP é um aço rápido ao cobalto que é produzido utilizando a tecnologia da metalurgia do pó. O aço rápido produzido por este método exibe tenacidade superior e boa afiação. Os machos e as fresas apresentam vantagens especiais quando fabricadas a partir do aço da classe XP.

CS

Aço ao Cromo

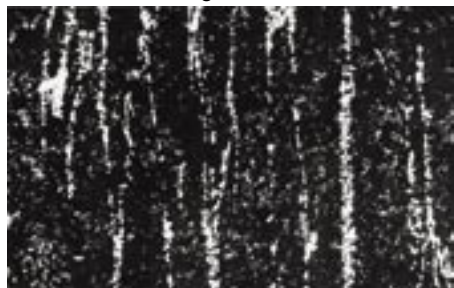
O aço ao cromo é um aço para ferramentas no qual o elemento de liga principal é o cromo. É utilizado somente para a fabricação de machos e cossinetes. Este aço tem propriedades inferiores de dureza a quente quando comparado aos aços rápidos. Adequado para aplicações de rosqueamento manual.

Informações Gerais

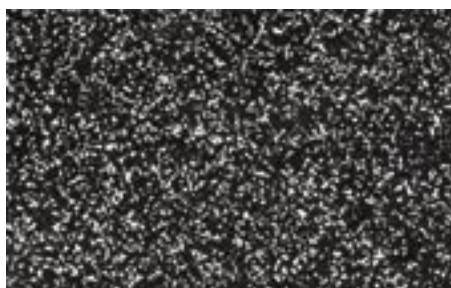
Estruturas dos Materiais

Exemplo de estrutura para diferentes materiais de aço rápido.

Os aços produzidos com a tecnologia de metalurgia do pó (ex. HSCo-XP) possuem uma estrutura de grão mais fina, resultando em um material com maior tenacidade e resistência ao desgaste.



HSS



HSCo-XP

Os principais aços utilizados pela Dormer incluem

	Classe	Dureza (HV10)	C %	W %	Mo %	Cr %	V %	Co %	Norma ISO
	M2	810-850	0,9	6,4	5,0	4,2	1,8	-	HSS
	M9V	830-870	1,25	3,5	8,5	4,2	2,7	-	HSS-E
	M35	830-870	0,93	6,4	5,0	4,2	1,8	4,8	HSS-E
	M42	870-960	1,08	1,5	9,4	3,9	1,2	8,0	HSS-E
	-	830-870	0,9	6,25	5,0	4,2	1,9	-	HSS-PM
	ASP 2017	860-900	0,8	3,0	3,0	4,0	1,0	8,0	HSS-E-PM
	ASP 2030	870-910	1,28	6,4	5,0	4,2	3,1	8,5	HSS-E-PM
	ASP 2052	870-910	1,6	10,5	2,0	4,8	5,0	8,0	HSS-E-PM
	-	775-825	1,03	-	-	1,5	-	-	-

MATERIAIS EM METAL DURO



Materiais em metal duro

Um material produzido por metalurgia de pó sinterizado, consistindo de um composto de carbureto metálico com um material ligante. A matéria prima principal é carbureto de tungstênio (WC). O carbureto de tungstênio contribui para a dureza do material. O WC é complementado com carbureto de tântalo (TaC), carbureto de titânio (TiC) e carbureto de nióbio (NbC), ajustando as propriedades conforme as necessidades. Estes três materiais são chamados de carburetos cúbicos. O cobalto (Co) atua como aglomerante mantendo unidos os materiais.

Os materiais de carburetos caracterizam-se frequentemente por uma elevada resistência à compressão, alta dureza e conseqüentemente elevada resistência ao desgaste, e também, por resistência à flexão e tenacidade limitadas. O metal duro é utilizado em machos, alargadores, fresas, brocas e ferramentas para rosqueamento.

Propriedades	Materiais HSS	Metal Duro	K10/30F (maissado para ferramentas sólidas)
Dureza (HV30)	800-950	1300-1800	1600
Densidade (g/cm³)	8,0-9,0	7,2-15	14,45
Resistência à Compressão (N/mm²)	3000-4000	3000-8000	6250
Resistência à flexão (N/mm²)	2500-4000	1000-4700	4300
Resistência ao Calor (°C)	550	1000	900
Módulo E (KN/mm²)	260-300	460-630	580
Tamanho de Grão (µm)	-	0,2-10	0,8

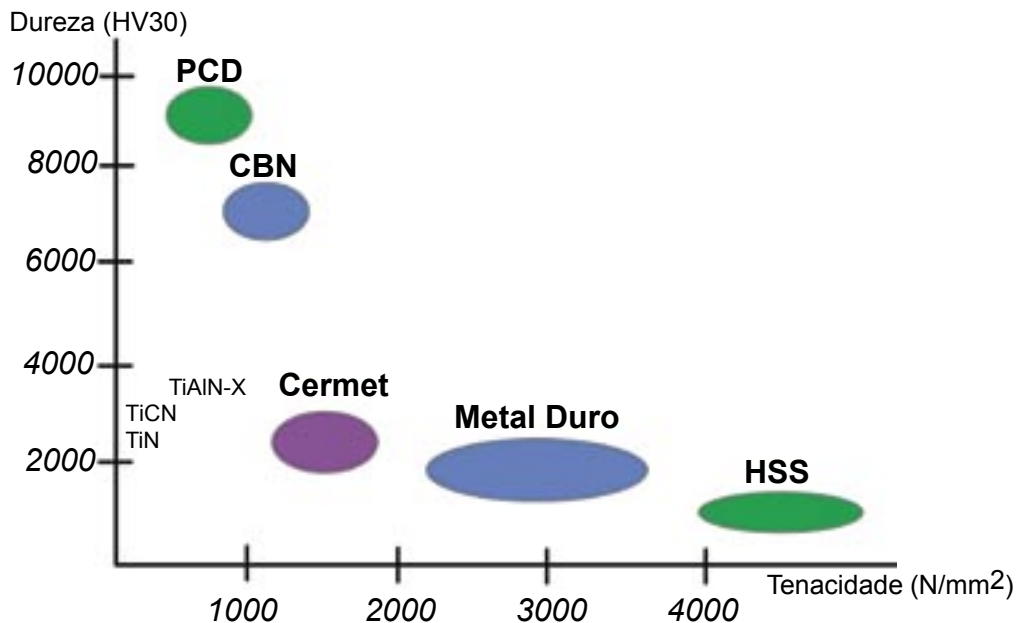
A combinação das partículas duras (WC) com o metal de liga (Co) produz as seguintes alterações nas características.

Características	Maio teor de WC proporciona	Maior teor de Cobalto proporciona
Dureza	Dureza mais elevada	Menor dureza
Resistência à compressão (CS)	Maior CS	Menor CS
Resistência à flexão (BS)	Menor BS	Maior BS

A granulação também influi nas propriedades do material. Granulação pequena significa maior dureza e granulação maior proporciona mais tenacidade.

Informações Gerais

MATERIAIS PARA FERRAMENTAS DE CORTE – DUREZA EM RELAÇÃO À TENACIDADE



Cermet = Metal Cerâmico

CBN = Nitreto Cúbico de Boro

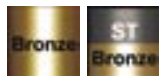
PCD = Diamante Policristalino

TRATAMENTOS SUPERFICIAIS



Revenimento a vapor

O revenimento a vapor proporciona uma superfície de elevada aderência de óxido azul que age retendo o fluido de corte e evita a solda de cavacos à ferramenta, assim eliminando a formação de arestas postigas. O revenimento a vapor pode ser aplicado em qualquer ferramenta retificada, porém é mais eficiente em brocas e machos.



Dourado (Bronze)

Este acabamento dourado é uma camada fina de óxido formada na superfície da ferramenta, sendo aplicada principalmente sobre aços rápidos ao cobalto e vanádio.



Nitretação (FeN)

A nitretação é um processo utilizado para aumentar a dureza e a resistência ao desgaste da superfície de uma ferramenta. É particularmente adequado para machos utilizados em materiais abrasivos tais como ferro fundido, baquelite, etc. A nitretação é utilizada em brocas espirais quando for desejável aumentar a dureza e resistência ao desgaste das superfícies cilíndricas.



Cromo Duro (Cr)

O cromo duro, sob condições específicas, aumenta significativamente a dureza da superfície, atingindo valores de até 68Rc. É especialmente adequado quando do rosqueamento de aços do tipo ligado, aços ao carbono, cobre, latão, etc.

COBERTURAS



Nitreto de Titânio (TiN)

O Nitreto de Titânio é um revestimento cerâmico dourado aplicado através da deposição física de vapor (PVD). A elevada dureza combinada com propriedades de baixo atrito proporciona à ferramenta uma vida consideravelmente mais longa, ou melhor desempenho de corte em comparação às ferramentas que não tenham sido revestidas. O revestimento TiN é utilizado principalmente para brocas e machos.



Carbonitreto de Titânio (TiCN)

O Carbonitreto de Titânio é um revestimento cerâmico aplicado através da tecnologia de revestimento PVD. O TiCN é mais duro que o TiN e tem um coeficiente de atrito mais baixo. A sua dureza e tenacidade em combinação com a boa resistência ao desgaste, faz com que encontre a aplicação principal no campo do fresamento, aprimorando o desempenho das fresas.



Nitreto de Titânio e Alumínio (TiAlN)

O Nitreto de Titânio e Alumínio é um revestimento de camadas múltiplas aplicado através da tecnologia de revestimento PVD, que apresenta elevada tenacidade e estabilidade contra oxidação. Estas propriedades o tornam ideal para velocidades e avanços maiores, ao mesmo tempo melhorando a vida útil da ferramenta. O TiAlN é adequado para furar e roscar. Recomenda-se utilizar TiAlN para usinagem a seco.

Informações Gerais



TiAlN - X

O TiAlN – X é um revestimento de Nitreto de Titânio e Alumínio. O elevado teor de alumínio do revestimento assegura uma combinação única de elevada resistência à temperatura, dureza e tenacidade. Este revestimento é ideal para fresas que operam sem fluido refrigerante e no fresamento de materiais de elevada dureza.



Nitreto de Cromo (CrN)

O CrN é um excelente revestimento para ligas de alumínio, ligas de cobre e aços de baixa liga. O CrN também pode ser utilizado como uma alternativa para as ligas de titânio e níquel. Este revestimento tem uma baixa tendência para formar arestas postiças.



Super-R (Ti, C, N)

O SUPER-R é um revestimento específico para operações de fresamento. Apresenta baixas tensões internas, elevada tenacidade e resistência ao desgaste, junto com uma excelente resistência à oxidação, graças à elevada temperatura de oxidação do revestimento.



Super-G (AlCrN)

O revestimento Super-G é um nitreto de alumínio e cromo utilizado principalmente para fresas. A resistência ao calor e à oxidação do revestimento são duas propriedades únicas. Quando as aplicações em usinagem significam elevadas tensões mecânicas e térmicas, estas características resultam numa resistência suprema ao desgaste.



Nitreto de Zircônio (ZrN)

O Nitreto de Zircônio é um revestimento cerâmico aplicado através da tecnologia de revestimento PVD. Exibe uma combinação de propriedades, tais como uma elevada temperatura de oxidação e baixo coeficiente de atrito, tornando-o atrativo no rosqueamento de alumínio e ligas de alumínio.



Dialub (Revestimento Diamantado)

O Dialub é um revestimento de diamantes amorfos com coeficiente de atrito extremamente baixo e elevada dureza. Este revestimento foi desenvolvido especificamente para rosqueamento de ligas de alumínio com baixo teor de Si, e na perfuração de aços inoxidáveis.



Super-B (TiAlN+WC/C)

O Super-B é um revestimento de camadas múltiplas utilizado para operações de usinagem pesada e apresenta elevada confiabilidade. Sua dureza e baixo coeficiente de atrito o tornam ideal para rosqueamento pesado, na usinagem de materiais com cavacos longos, por exemplo, aço inoxidável.



Diamante

Um revestimento de diamantes policristalinos é especialmente indicado para as exigências de desempenho no processamento de grafite e materiais não ferrosos. As propriedades da estrutura cristalina melhoram dramaticamente o coeficiente de desgaste e a dureza. Este revestimento é utilizado somente para ferramentas de metal duro e especialmente para fresas.

TRATAMENTO SUPERFICIAL / PROPRIEDADES DAS COBERTURAS

Tratamentos superficiais	Cor	Composição da Cobertura	Dureza (HV)	Espessura (μm)	Estrutura	Coefficiente de atrito contra aço	Max. temp. de aplicação (°C)
	Cinza escuro	Fe 304	400	Max. 5	Incorporação na superfície	–	550
	Bronze	Fe 304	400	Max. 5	Incorporação na superfície	–	550
	Cinza	FeN	1300	20	Zona de difusão	–	550
	Prata	Cr	1100	Max. 5	Mono-camada	–	550
	Dourada	TiN	2300	1-4	Mono-camada	0,4	600
	Cinza azulado	TiCN	3000	1-4	Gradiente Multi-Camada	0,4	500
	Cinza chumbo	TiAlN	3300	3	Nano estrutura	0,3-0,35	900
	Cinza violeta	TiAlN	3500	1-3	Mono-camada	0,4	900
	Cinza prata	CrN	1750	3-4	Mono-camada	0,5	700
	Cobre	Ti, C, N	2900	3,5-3,7	Mono-camada	0,3-0,4	475
	Cinza azulado	AlCrN	3200		Mono-camada	0,35	1100
	Preto	TiAlN+WC/C	3000	2-6	Multi-camada lamelar	0,2	800
	Amarelo dourado	ZrN	2800	2-3	Mono-camada	0,2	800
	Preto	a-C:H	6000	1,5-2	Mono-camada	0,1-0,2	600
	Cinza Claro	Diamante Policristalino	8000	6, 12, 20	Mono-camada	0,15-0,20	700

Informações Gerais

MATERIAIS USINADOS

A Dormer classifica os materiais a serem usinados nos Grupos de Materiais de Aplicação (AMG) abaixo. As recomendações de ferramentas baseiam-se nestes AMGs.

GRUPOS DE MATERIAIS DE APLICAÇÃO

Grupos de Materiais de Aplicação (AMG)			Dureza HB	Resistência à tração N/mm ²
1. Aços	1.1	Aços carbono de baixa resistência	< 120	< 400
	1.2	Aços para cementação	< 200	< 700
	1.3	Aços carbono	< 250	< 850
	1.4	Aços liga	< 250	< 850
	1.5	Aços liga beneficiados	> 250 < 350	> 850 < 1200
	1.6	Aços liga beneficiados	> 350	> 1200 < 1620
	1.7	Aço temperado	49-55 HRc	> 1620
	1.8	Aço temperado	55-63 HRc	> 1980
2. Aços inoxidáveis	2.1	Aço inox de fácil usinagem	< 250	< 850
	2.2	Austenítico	< 250	< 850
	2.3	Ferrítico + Austenítico, Ferrítico, Martensítico	< 300	< 1000
3. Ferro fundido	3.1	Cinzentos (lamelar)	> 150	> 500
	3.2	Cinzentos (lamelar)	> 150 ≤ 300	> 500 < 1000
	3.3	Nodular (maleável)	< 200	< 700
	3.4	Nodular (maleável)	> 200 < 300	> 700 < 1000
4. Titânio	4.1	Titânio não ligado	< 200	< 700
	4.2	Ligas de titânio	< 270	< 900
	4.3	Ligas de titânio	> 270 < 350	> 900 ≤ 1250
5. Níquel	5.1	Níquel não ligado	< 150	< 500
	5.2	Ligas de níquel	> 270	> 900
	5.3	Ligas de níquel	> 270 < 350	> 900 < 1200
6. Cobre	6.1	Cobre	< 100	< 350
	6.2	Latão, Bronze	< 200	< 700
	6.3	Latão	< 200	< 700
	6.4	Ligas de Cu-Al-Fe, Bronze de alta resistência	< 470	< 1500
7. Alumínio Magnésio	7.1	Alumínio, Magnésio, não ligados	< 100	< 350
	7.2	Ligas de Al, Si : Si < 0.5%	< 150	< 500
	7.3	Ligas de Al, Si : Si > 0.5% < 10%	< 120	< 400
	7.4	Ligas de Al, Si : Si > 10% Liga de Magnésio Alumínio reforçado	< 120	< 400
8. Materiais sintéticos	8.1	Materiais termoplásticos		
	8.2	Materiais plásticos termoendurecidos		
	8.3	Materiais plásticos reforçados	-	-
9. Materiais duros	9.1	Materiais cerâmicos, cermets	< 550	< 1700
10. Grafite	10.1	Grafite		

Informações Gerais

EXEMPLOS DE MATERIAIS A SEREM USINADOS CONFORME DIFERENTES NORMAS

Uma lista completa de materiais e comparações entre diversas normas podem ser encontrados no Selector, disponível em CD ou no site www.dormertools.com

AMG	EN	W no.	DIN
1.1		1.1015, 1.1013	Rfe60, Rfe100
1.2	EN 10 025 – S235JRG2	1.1012, 1.1053, 1.7131	St37-2, 16MnCr5, St50-2
1.3	EN 10 025 – E295	1.1191, 1.0601	CK45, C60
1.4	EN 10 083-1 – 42 CrMo 4 EN 10 270-2	1.7225, 1.3505 1.6582, 1.3247	42CrMo4, 100Cr6 34CrNiMo6, S2-10-1-8
1.5	EN ISO 4957 – HS6-5-2 EN-ISO 4957 – HS6-5-2-5	1.2510, 1.2713 1.3247, 1.2080	100MnCrW12, 55NiCrMoV6 X210Cr12, S2-10-1-8
1.6	EN-ISO 4957 – HS2-9-1-8	1.2510, 1.2713 1.3247, 1.2080	100MnCrW12 X210Cr12, S2-10-1-8
1.7	EN-ISO 4957 – HS2-9-1-8	1.2510	100MnCrW4
1.8	EN-ISO 4957 – X40CrMoV5-1	1.3343, 1.2344	S6-5-2, GX40CrMoV5-1
2.1	EN 10 088-3 – X14CrMoS17	1.4305, 1.4104	X10CrNiS189, X12CrMoS17
2.2	EN 10 088-2,0 -3 – 1.4301+AT	1.4301, 1.4541 1.4571	X5CrNi189 X10CrNiMoTi1810
2.3	EN 10 088-3 – 1.4460	1.4460, 1.4512 1.4582	XBCrNiMo275, X4CrNiMoN6257
3.1	EN 1561 – EN-JL1030	0.6010, 0.6040	GG10, GG40
3.2	EN 1561 – EN-JL1050	0.6025, 0.6040	GG25, GG40
3.3	EN 1561 – EN-JL2040	0.7040, 0.7070 0.8145, 0.8045	GGG40, GGG70 GTS45-06, GTW45-07
3.4	EN 1561 – EN-JL2050	0.7040, 0.7070 0.8145, 0.8045	GGG40, GGG70 GTS45-06, GTW45-07
4.1		3.7024LN	Ti99,8
4.2		3.7164LN, 3.7119LN	TiAl6V4, TiAl55n2
4.3		3.7164LN 3.7174LN, 3.7184LN	TiAl6V4, TiAl6V5Sn2 TiAl4MoSn2
5.1		2.4060, 2.4066	Nickel 200, 270, Ni99,6
5.2		2.4630LN, 2.4602 2.4650LN	Nimonic 75, Monel 400 Hastelloy C, Inconel 600
5.3		2.4668LN, 2.4631LN 2.6554LN	Inconel 718 Nimonic 80A, Waspaloy
6.1	EN 1652 – CW004A	2.0060, 2.0070	E-Cu57, SE-Cu
6.2	EN 1652 – CW612N	2.0380, 2.0360 2.1030, 2.1080	CuZn39Pb2, CuZn40 CuSn8, CuSn6Zn
6.3	EN 1652 – CW508L	2.0321, 2.0260	CuZn37, CuZn28
6.4			Ampco 18, Ampco 25
7.1	EN 485-2 – EN AW-1070A	3.0255	Al99,5
7.2	EN 755-2 – EN AW-5005	3.1355, 3.3525	AlCuMg2, AlMg2Mn0,8
7.3	EN 1706 – EN AC-42000	3.2162.05, 3.2341.01	GD-AlSi8Cu, G-AlSi5Mg
7.4	SS-EN 1706 – EN AC-47000	3.2581.01	G-AlSi18, G-AlSi12
8.1			
8.2			
8.3			
9,1			
10.1			

Informações Gerais

	BS	SS	USA	UNS
1.1	230Mo7, 050A12	1160	Leaded Steels	G12120
1.2	060A35, 080M40, 4360-50B	1312, 1412, 1914	135, 30	G10100
1.3	080M46, 080A62	1550, 2142, 2172	1024, 1060, 1061	G10600
1.4	708M40/42, 817M40 534A99, BM2, BT42	1672-04, 2090 2244-02, 2541-02	4140, A2, 4340 M42, M2	G41270, G41470 T30102, T11342
1.5	B01, BM2, BT42 826 M40, 830M31	2244-04, 2541-03 2550, 2722, 2723	01, L6, M42, D3, A2 M2, 4140, 8630	G86300, T30102 T11302, T30403 T11342
1.6	801 826 M40, 830M31	2244-05, 2541-05 HARDOX 400	01, L6, M42, D3 4140, 8130	T30403, G41400 J14047
1.7	BO1, BD3, BH13	HARDOX 500		
1.8	BM2, BH13	2242 HARDOX 600		
2.1	303 S21 416 S37	2301, 2312, 2314 2346, 2380	303, 416 430F	S30300, S41600 S43020
2.2	304 S15, 321 S17 316 S, 320 S12	2310, 2333, 2337 2343, 2353, 2377	304, 321, 316	S30400, S32100 S31600
2.3	317 S16, 316 S16	2324, 2387, 2570	409, 430, 436	S40900, S4300, S43600
3.1	Grade150, Grade 400	0120, 0212, 0814	ASTM A48 class 20	F11401, F12801
3.2	Grade200, Grade 400	0125, 0130, 0140, 0217	ASTM A48 class 40 ASTM A48 class 60	F12801, F14101
3.3	420/12, P440/7 700/2, 30g/72	0219, 0717, 0727 0732, 0852	ASTM A220 grade 40010 ASTM A602 grade M4504	F22830 F20001
3.4	420/12, P440/7 700/2, 30g/72	0221, 0223 0737, 0854	ASTM A220 grade 90001 ASTM A602 grade M8501	F26230 F20005
4.1	TA1 to 9	Ti99,8	ASTM B265 grade 1	R50250
4.2	TA10 to 14, TA17	TiAl6V4, TiAl5Sn2	AMS4928	R54790
4.3	TA10 to 13, TA28	TiAl6V5Sn2	AMS4928, AMS4971	R56400, R54790
5.1	NA 11, NA12	Ni200, Ni270	Nickel 200, Nickel 230	N02200, N02230
5.2	HR203 3027-76		Nimonic 75, Monel400 Hastelloy, Inconel600	N06075, N10002 N04400, N06600
5.3	HR8 HR401, 601		Inconel 718, 625 Nimonic 80	N07718, N07080 N06625
6.1	C101	5010	101	C10100, C1020
6.2	CZ120, CZ109, PB104	5168		C28000, C37710
6.3	CZ108, CZ106	5150		C2600, C27200
6.4	AB1 type	5238, JM7-20		
7.1	LMO, 1 B (1050A)	4005	EC, 1060, 1100	A91060, A91100
7.2	LM5, 10, 12, N4 (5251)	4106, 4212	380, 520.0, 520.2, 2024, 6061	A03800, A05200, A92024
7.3	LM2, 4, 16, 18, 21, 22, 24, 25, 26, 27, L109	4244	319.0, 333.0 319.1, 356.0	A03190, A03330 C35600
7.4	LM6, 12, 13, 20, 28, 29, 30	4260, 4261, 4262	4032, 222.1, A332.0	A94032, A02220, A13320
8.1	Polystyrene, Nylon, PVC Cellulose, Acetate & Nitrate		Polystyrene, Nylon PVC	
8.2	Ebonite, Tufnol, Bakelite		Bakelite	
8.3	Kevlar Printed Circuit boards		Kevlar	
9,1	Ferrotic Ferrotitanit			
10.1				

USINAGEM DE AÇOS

ELEMENTOS DE LIGA

Os aços podem ser classificados em aços ao carbono e aços liga.

Os aços ao carbono ou aços sem liga são materiais onde o carbono é o principal elemento de liga. Os aços ao carbono dificilmente têm um teor de carbono acima de 1,3%.

Os aços liga são materiais com outros elementos de liga além de carbono e ferro. O teor total dos elementos de liga pode variar por motivos diferentes tais como resistência, resistência ao desgaste e capacidade para tratamento térmico.

Quanto à classificação de aços carbono e aços liga, o limite entre os dois não é bem definido.

USO PRÁTICO

Os aços também podem ser classificados em função da utilização. Esta classificação é frequentemente feita entre os aços para construção e os aços para ferramentas.

Os aços para construção são materiais utilizados para suportar construções. Estes aços frequentemente são utilizados na mesma condição com que são fornecidos pela aciaria. A resistência à tração, por exemplo, é um dado importante para este grupo. Os aços para construção dificilmente recebem tratamento térmico.

Os aços-ferramenta são utilizados para aplicações em ferramentas tais como ferramentas de corte, facas e ferramentas de conformação. Os fatores importantes para estes materiais são a resistência ao desgaste, a dureza e tenacidade. Em muitos casos os aços ferramenta são temperados em diversos níveis, dependendo da aplicação.

Também na classificação de aços para construção e para ferramentas, o limite entre os dois tipos não é bem definido.

IMPORTANTE NA USINAGEM DE AÇOS

- O grupo de materiais de aço é extenso, tornando importante conhecer as propriedades do material a ser usinado. Utilizar o Selector para encontrar a classificação AMG correta, que por sua vez ajudará você a encontrar a ferramenta correta para a aplicação.
- Em geral um material sem liga ou de baixa liga é macio e aderente. Utilizar ferramentas agudas com geometrias positivas.
- Um aço de alta liga pode ser abrasivo ou duro. Para reduzir o desgaste rápido na superfície de corte, utilizar ferramentas revestidas e ferramentas de metal duro.
- Conforme mencionado, os aços-ferramenta podem ser endurecidos em diversos níveis. É importante observar tanto a classe do material como sua dureza, a fim de selecionar a configuração correta da ferramenta para a aplicação.

Informações Gerais

USINAGEM DE AÇOS INOXIDÁVEIS

Os aços inoxidáveis são aços liga com um teor de cromo normalmente acima de 12%. A resistência à corrosão geralmente aumenta com o teor de Cr. Outros elementos de liga, como Níquel e Molibdênio mudam a estrutura e as propriedades mecânicas do aço.

Os aços inoxidáveis podem ser classificados nos grupos seguintes:

Aços inoxidáveis ferríticos –freqüentemente têm boa resistência e boa usinabilidade.

Aços inoxidáveis martensíticos – relativamente boa usinabilidade.

Aços inoxidáveis austeníticos – caracterizam-se por elevado coeficiente de alongamento.

Usinabilidade média para baixa.

Aços inoxidáveis austeníticos–ferríticos – freqüentemente denominados aços inoxidáveis duplex. Estes aços tem baixa usinabilidade.

POR QUE OS AÇOS INOXIDÁVEIS SÃO CONSIDERADOS COMO DIFÍCEIS DE USINAR?

- A maioria dos aços inoxidáveis se endurecem durante a deformação, vide o processo de produzir um cavaco. O endurecimento sob trabalho diminui rapidamente com a distância crescente desde a superfície. Os valores da dureza próximo à superfície usinada podem aumentar em até 100% do valor da dureza original se for usada uma ferramenta errada.
- Os aços inoxidáveis são maus condutores de calor, o que origina elevada temperatura junto da aresta de corte em comparação com um aço, por exemplo, AMG 1.3 com níveis similares de dureza.
- A tenacidade elevada provoca um torque elevado, que por sua vez resulta numa elevada carga de trabalho para um macho ou uma broca. Quando combinado com os efeitos de encruamento e baixa condução do calor, a ferramenta de corte tem de operar num ambiente relativamente hostil.
- Os materiais têm uma tendência de sujar a superfície da ferramenta de corte.
- Têm problemas de quebrar cavacos e de administrar a sucata devido à elevada tenacidade do aço inoxidável.

IMPORTANTE NA USINAGEM DE AÇOS INOXIDÁVEIS

- Para as operações de furação, utilizar brocas ADX ou CDX com capacidade interna de refrigeração. Isto aliviará o encruamento que ocorre na usinagem de aço inoxidável. Com arrefecimento interno o encruamento é mantido num mínimo, aproximadamente 10%.
- Elevadas taxas de avanço afastam mais calor da área usinada. Isto é uma consideração muito importante para uma operação de usinagem sem problemas.
- Em se tratando de escolher a velocidade de corte correta, sempre partir na parte inferior das recomendações da Dormer. Isto se deve ao fato que diferentes lotes de material poderão exigir velocidades de corte diferentes. Lembrar também que para furos mais profundos a velocidade de corte deverá ser reduzida em 10-20% para a aplicação escolhida.

- Quando abrindo roscas em aço inoxidável DUPLEX ou de alta liga, manter a velocidade de corte na área inferior das recomendações da Dormer.
- Utilizar de preferência um óleo de corte puro. Se a única opção para a operação for uma emulsão, recomenda-se uma concentração mínima de 8%.
- A primeira escolha deverá ser sempre uma ferramenta revestida pois tem uma maior tendência de resistir à formação de arestas postiças.
- Evitar o uso de ferramentas com arestas de corte gastas, pois isto aumentará o encruamento.

USINAGEM DE FERRO FUNDIDO

O ferro fundido consiste de três componentes estruturais básicos:

Ferrítico – Fácil de usinar, baixa resistência e dureza abaixo de 150 HBN. Em baixas velocidades de corte, o ferro fundido pode ser “pegajoso”, resultando em arestas postiças.

Ferrítico/perlítico – Varia de baixa resistência e baixa dureza, de 150 HBN, até alta resistência e uma dureza de 290 HBN.

Perlítico – Sua resistência e dureza dependem da granulidade do seu lamelar. Com lamelar fino o ferro fundido é muito duro e tem uma resistência elevada, causando sujeira e arestas postiças na ferramenta.

ELEMENTOS DE LIGA

O ferro fundido é uma liga ferro-carbono com um teor de carbono geralmente de 2-4% além de outros elementos, como silício (Si), manganês (Mn), fósforo (P) e enxofre (S). Dependendo principalmente na forma em que se apresenta o carbono, os ferros fundidos classificam-se em quatro tipos principais: ferro fundido cinza, ferro fundido nodular, ferro fundido lamelar e ferro fundido ligado.

A utilização, por exemplo, de níquel, cobre, molibdênio e cromo pode afetar a resistência ao calor e à corrosão, a rigidez e a resistência do ferro fundido. Os elementos de liga podem ser divididos em dois grupos: formadores de carburetos e elementos grafitados. As ligas alteram consideravelmente a usinabilidade do ferro fundido.

USO PRÁTICO

Componentes de ferro fundido são usados numa ampla variedade de aplicações, tais como blocos para motores, bombas e válvulas. Os motivos para utilizar o ferro fundido são a combinação de formas complexas e a necessidade de resistência.

IMPORTANTE NA USINAGEM DE FERRO FUNDIDO

- A maioria dos materiais de ferro fundido são de usinagem fácil devido às propriedades de formar cavacos curtos. O motivo é que o grafite torna fácil a quebra dos cavacos e pode melhorar a lubrificação.
- Para ferro fundido são utilizadas geralmente ferramentas com baixos ângulos de incidência.
- A maioria dos materiais são abrasivos, assim os revestimentos melhoram a vida das ferramentas.
- Na maioria das aplicações pode ser utilizada usinagem a seco.
- As dificuldades mais importantes devem-se às formas irregulares das peças fundidas, a presença de superfícies duras e inclusões de areia.

Informações Gerais

USINAGEM DE LIGAS DE ALUMÍNIO

As ligas de alumínio oferecem muitas vantagens na usinagem: alta velocidade de corte, baixas forças de corte, desgaste mínimo das ferramentas, e temperaturas de usinagem relativamente baixas. Quando da usinagem de ligas de alumínio, sempre é aconselhável utilizar ferramentas com configurações geométricas projetadas especificamente para esses materiais. Mesmo que a utilização de ferramentas de uso geral seja satisfatória, é difícil obter um acabamento de superfície aceitável e de evitar a formação de arestas postiças de alumínio nas ferramentas.

ELEMENTOS DE LIGA

Em geral o alumínio está na forma de liga e utilizando diferentes tipos de ligas o alumínio pode ser produzido para apresentar uma ampla faixa de características, por exemplo, resistência à tração, dureza e plasticidade. As ligas mais frequentes são silício (Si), magnésio (Mg), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn). As ligas que contêm um máximo de 1% de ferro e silício no total são consideradas como alumínio puro ou sem liga. As ligas de alumínio geralmente são divididas em ligas forjadas e ligas fundidas. Podem ser ainda divididas nos grupos com tratamento térmico e sem tratamento térmico e que endurecem no trabalho.

As ligas fundidas podem ser para tratamento térmico ou sem o mesmo, assim como fundidas em molde ou em areia. A liga fundida mais comum é o alumínio-silício com 7-12% de silício. O tipo de liga escolhida depende das necessidades do produto e do método pretendido da fundição.

As ligas forjadas em geral podem ou não receber tratamento térmico. Os tratamentos de envelhecimento e de encruamento com tratamentos por solução e precipitação são métodos amplamente utilizados para melhorar as propriedades e obter materiais mais resistentes e duros.

USO PRÁTICO

O alumínio é o segundo metal mais utilizado. O motivo para isto é a combinação das características atrativas tais como baixa densidade, alta condutividade, elevada resistência e facilidade para reciclagem.

O alumínio é utilizado quase em todas partes:

- Equipamentos de transporte: veículos, caminhões, ônibus e trens, onde o alumínio dá a oportunidade de reduzir os pesos. Exemplos de produtos são blocos de motores, pistões e radiadores.
- Indústria mecânica: Numa larga gama de construções e freqüentemente em perfis de alumínio de fabricação especial.
- As ligas de alumínio também são utilizadas nas indústrias eletromecânica, da construção e de grifóricos.

IMPORTANTE NA USINAGEM DE LIGAS DE ALUMÍNIO

- Arestas afiadas e geometrias positivas são importantes para a usinagem das ligas de alumínio com baixo teor de Si.
- Velocidade de corte e avanço corretos são importantes para eliminar a formação de arestas postiças e para melhorar a quebra dos cavacos.
- Para as ligas de alumínio mais abrasivas com teores de Si mais elevados, acima de 6%, recomendam-se ferramentas revestidas.
- Também é importante a utilização de lubrificação na usinagem de ligas de alumínio.

LUBRIFICANTES

Lubrificantes ou refrigerantes são utilizados nas ferramentas de corte para reduzir o atrito ou o calor.

Tipo de Lubrificante	Descrição	Vantagens	Desvantagens
Emulsão	Emulsões ou óleos de corte solúveis em água proporcionam condições de lubrificação combinadas com boas propriedades de arrefecimento. O concentrado de óleo na emulsão contém aditivos que dão diferentes propriedades, como aditivos lubrificantes, preservadores ou EP que melhoram a resistência às cargas.	Reduz o calor. Arrasta os cavacos.	Custos de eliminação. Meio-ambiente.
Lubrificação mínima	A lubrificação mínima é uma pequena quantidade de óleo distribuída com ar comprimido para lubrificar o processo de corte ou de formação.	Baixo custo. Boa lubrificação.	Remoção de cavacos ruim. Exige uma boa montagem de posicionamento do bico.
Óleo	Óleos de corte têm boas propriedades lubrificantes, porém não proporcionam um resfriamento tão bom quanto os fluidos de corte e baseados em água.	Boa lubrificação.	Custo elevado. Meio-ambiente.
Ar seco/ comprimido	Ar comprimido dirigido para o processo de corte.	Processo limpo. Remove cavacos. Custo baixo.	Operacional numa quantidade limitada de aplicações.



Emulsão



Mínima Lubrificação

Informações Gerais

			Grupos-AMG											
Lubrificante	Ferramentas	Sub-grupos	1.1-1.4	1.5-1.8	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Emulsão	Fresas	HM	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
		HSS Ranhurar Desbaste Acabamento	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
		HSS Acabamento (só com cobertura)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
	Fresas para rosqueamento	HM	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
	Brocas	HM	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
		HSS	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
	Machos	HM com cobertura	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
		HSS Retificado	•	•	•	•				•	•	•		
HSS com cobertura		•	•	•	•				•	•	•			
Lubrificação mínima	Fresas	HM	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
		HSS Ranhurar Desbaste Acabamento	•	•	•	•		•	•	•	•	•		
		HSS Acabamento (só com cobertura)	•	•	•	•		•	•	•	•	•		
	Fresas para rosqueamento	HM	•	•	•	•		•	•	•	•			
	Brocas	HM	•	•	•	•		•	•	•	•			
		HSS												
	Machos	HM com cobertura	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
		HSS Fosco								•	•	•		
HSS com cobertura		•		•	•				•	•	•			
Óleo	Machos	HM com cobertura												
		HSS Retificado	•	•	•		•	•				•		
		HSS com cobertura	•	•	•		•	•				•		
Ar seco/ comprimido	Fresas	HM	•	•		•			•		•		•	
		HSS Ranhurar Desbaste Acabamento												
		HSS Acabamento (só com cobertura)	•			•			•					
	Fresas para rosqueamento	HM	•	•		•			•	•	•			
	Brocas	HM com cobertura				•								
		HSS												
	Machos	HM com cobertura	•	•		•			•		•			
		HSS Retificado												
HSS com cobertura					•						•			

GEOMETRIA GERAL



- A. Ângulo de incidência positivo
B. Ângulo de incidência negativo

Ângulo de incidência	Benefícios/ faixa de aplicação	Desvantagens
Baixo ou negativo (-5° – 5°)	Geometria forte. Aresta forte. Opera bem em ferro fundido e aço temperado.	Não funciona em materiais moles ou tensos. Forças de corte elevadas.
Médio (8° – 14°)	Corta bem. Funciona bem na maioria dos materiais, por exemplo, aço e aço inoxidável.	
Alto (20° – 30°)	Força de corte baixa. Funciona melhor em alumínio e outros materiais moles.	Escamação ocorre frequentemente devido à aresta aguda.

TIPOS DE CAVACOS

A formação dos cavacos é causada principalmente pela deformação plástica. Este processo, devido ao atrito gerado durante a usinagem, produz calor. O calor tem o efeito positivo de aumentar a plasticidade do material da peça de trabalho, porém o efeito negativo de aumentar o desgaste da ferramenta. Quando o material da peça de trabalho atinge seu ponto de ruptura, o cavaco é produzido. A sua forma e desenvolvimento dependem de diversos fatores, tais como:

- Compatibilidade química e física entre os materiais da ferramenta e da peça de trabalho
- Operação de corte
- Condições de corte (velocidade, avanço, taxa de remoção de material)
- Geometria da ferramenta
- Coeficiente de atrito (com ou sem cobertura)
- Lubrificação

Informações Gerais

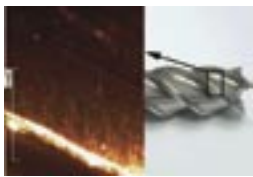
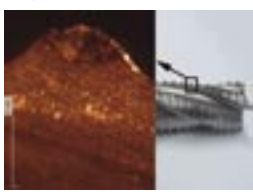
Dependendo das diversas combinações dos fatores anteriormente mencionados, os cavacos podem apresentar-se em muitas formas diferentes (ver ilustração abaixo).



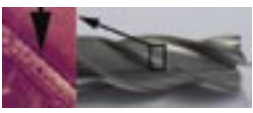
- 1 Cavaco em tira
- 2-3 Cavacos embrulhados
- 4-6 Cavacos tipo anéis
- 7 Cavacos em arcos
- 8-9 Cavacos pequenos

TIPOS DE DESGASTE

O desgaste é gerado por abrasão mecânica, aderência, difusão química e oxidação. Os fatores mais importantes que influenciam os diversos tipos de desgaste são as propriedades mecânicas e químicas dos materiais em contato, as condições de trabalho, e principalmente a velocidade de corte e a temperatura. Em baixas velocidades, o desgaste por abrasão e aderência são mais importantes, enquanto em altas velocidades é a deformação plástica e a difusão. Não é fácil montar um modelo mecânico para prever o desenvolvimento do desgaste das ferramentas de corte. Os tipos de desgaste podem ser resumidos em nove tipos diferentes (ver tabela que segue).

TIPO	ORIGEM	CONSEQUÊNCIA	SOLUÇÕES
Desgaste nos flancos 	Velocidade de corte alta demais.	Alta rugosidade da superfície, tolerâncias inconsistentes, atrito elevado.	Reduzir velocidade de corte. Utilizar uma ferramenta com cobertura. Utilizar ferramenta de material mais resistente ao desgaste.
Desgaste tipo cratera 	Gerado por difusão química devido a elevada temperatura na aresta de corte.	Aresta de corte fraca, rugosidade superficial elevada.	Escolher uma ferramenta com geometria positiva. Reduzir a velocidade de corte e depois o avanço. Utilizar ferramenta com cobertura.

Informações Gerais

TIPO	ORIGEM	CONSEQUÊNCIA	SOLUÇÕES
Deformação plástica 	Temperatura e pressão elevadas.	Controle de cavacos ruim, elevada rugosidade da superfície, desgaste elevado dos flancos.	Utilizar uma ferramenta com uma secção transversal maior. Reduzir a velocidade de corte e depois o avanço.
Desgaste por entalhes 	Oxidação, atrito.	Elevada rugosidade da superfície, quebra da aresta de corte.	Reduzir velocidade de corte. Utilizar ferramenta com cobertura.
Micro-falhas térmicas 	Devidas às variações térmicas causadas pelo corte intermitente ou arrefecimento baixo.	Trincas na aresta de corte, rugosidade da superfície elevada.	Aumentar o fluxo do fluido refrigerante. Utilizar ferramenta de corte com elevada resistência às tensões.
Trincas 	Devidas à fadiga mecânica	Quebra da ferramenta.	Reduzir taxas de avanço. Melhorar a estabilidade do porta ferramentas.
Escamação 	Devida à geometria fraca da ferramenta ou de formação de aresta postiça.	Elevada rugosidade. Desgaste dos flancos	Escolher uma ferramenta com geometria positiva e mais corte. Aumentar a velocidade de corte para reduzir formação de arestas postiças. Reduzir taxa de avanço no primeiro passe de desbaste. Melhorar a estabilidade da máquina.
Quebra da ferramenta 	Carga elevada demais.	Quebra da ferramenta, quebra da peça de trabalho.	Reduzir o avanço e/ou a velocidade. Escolher uma ferramenta com geometria mais forte. Melhorar a estabilidade da máquina.
Formação de aresta postiça 	Geometria negativa. Baixa velocidade de corte. Material da peça de trabalho com tendência à solda (como aço inoxidável ou alumínio).	Material da peça de trabalho desliza sobre a aresta da ferramenta e solda-se à mesma. Alta rugosidade da superfície, escamação.	Aumentar a velocidade de corte. Escolher uma ferramenta com geometria positiva. Aumentar a lubrificação.

Informações Gerais

DUREZA E RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

HV Dureza Vickers No.	HRC Dureza Rockwell Escala C No.	HB Dureza Brinell No.	Resistência à Tração		HV Dureza Vickers No.	HRC Dureza Rockwell Escala C No.	HB Dureza Brinell No.	Resistência à Tração	
			Newton por sq. mm	Tons por sq. in.				Newton por sq. mm	Tons por sq. in.
940	68				434	44	413	1400	91
900	67				423	43	402	1360	88
864	66				413	42	393	1330	86
829	65				403	41	383	1300	84
800	64				392	40	372	1260	82
773	63				382	39	363	1230	80
745	62				373	38	354	1200	78
720	61				364	37	346	1170	76
698	60				355	36	337	1140	74
675	59				350		333	1125	73
655	58		2200	142	345	35	328	1110	72
650		618	2180	141	340		323	1095	71
640		608	2145	139	336	34	319	1080	70
639	57	607	2140	138	330		314	1060	69
630		599	2105	136	327	33	311	1050	68
620		589	2070	134	320		304	1030	67
615	56	584	2050	133	317	32	301	1020	66
610		580	2030	131	310	31	295	995	64
600		570	1995	129	302	30	287	970	63
596	55	567	1980	128	300		285	965	62
590		561	1955	126	295		280	950	61
580		551	1920	124	293	29	278	940	61
578	54	549	1910	124	290		276	930	60
570		542	1880	122	287	28	273	920	60
560	53	532	1845	119	285		271	915	59
550		523	1810	117	280	27	266	900	58
544	52	517	1790	116	275		261	880	57
540		513	1775	115	272	26	258	870	56
530		504	1740	113	270		257	865	56
527	51	501	1730	112	268	25	255	860	56
520		494	1700	110	265		252	850	55
514	50	488	1680	109	260	24	247	835	54
510		485	1665	108	255	23	242	820	53
500		475	1630	105	250	22	238	800	52
497	49	472	1620	105	245		233	785	51
490		466	1595	103	243	21	231	780	50
484	48	460	1570	102	240		228	770	50
480		456	1555	101	235		223	755	49
473	47	449	1530	99	230		219	740	48
470		447	1520	98	225		214	720	47
460		437	1485	96	220		209	705	46
458	46	435	1480	96	215		204	690	45
450		428	1455	94	210		199	675	44
446	45	424	1440	93	205		195	660	43
440		418	1420	92	200		190	640	41

TOLERÂNCIAS ÚTEIS

Valores das Tolerâncias em μm 1 μm = 0.001 mm / 0.000039 polegadas

Tolerância	Diâmetro (mm)							
	> 1 ≤ 3	> 3 ≤ 6	> 6 ≤ 10	> 10 ≤ 18	> 18 ≤ 30	> 30 ≤ 50	> 50 ≤ 80	> 80 ≤ 120
	Diâmetro (polegadas)							
	> 0.039 ≤ 0.118	> 0.118 ≤ 0.236	> 0.236 ≤ 0.394	> 0.394 ≤ 0.709	> 0.709 ≤ 1.181	> 1.181 ≤ 1.968	> 1.968 ≤ 3.149	> 3.149 ≤ 4.724
	Valores das Tolerâncias (μm)							
e8	-14 / -28	-20 / -38	-25 / -47	-32 / -59	-40 / -73	-50 / -89	-60 / -106	-72 / -126
f6	-6 / -12	-10 / -18	-13 / -22	-16 / -27	-20 / -33	-25 / -41	-30 / -49	-36 / -58
f7	-6 / -16	-10 / -22	-13 / -28	-16 / -34	-20 / -41	-25 / -50	-30 / -60	-36 / -71
h6	0 / -6	0 / -8	0 / -9	0 / -11	0 / -13	0 / -16	0 / -19	0 / -22
h7	0 / -10	0 / -12	0 / -15	0 / -18	0 / -21	0 / -25	0 / -30	0 / -35
h8	0 / -14	0 / -18	0 / -22	0 / -27	0 / -33	0 / -39	0 / -46	0 / -54
h9	0 / -25	0 / -30	0 / -36	0 / -43	0 / -52	0 / -62	0 / -74	0 / -87
h10	0 / -40	0 / -48	0 / -58	0 / -70	0 / -84	0 / -100	0 / -120	0 / -140
h11	0 / -60	0 / -75	0 / -90	0 / -110	0 / -130	0 / -160	0 / -190	0 / -220
h12	0 / -100	0 / -120	0 / -150	0 / -180	0 / -210	0 / -250	0 / -300	0 / -350
k10	+40 / 0	+48 / 0	+58 / 0	+70 / 0	+84 / 0	+100 / 0	+120 / 0	+140 / 0
k12	+100 / 0	+120 / 0	+150 / 0	+180 / 0	+210 / 0	+250 / 0	+300 / 0	+350 / 0
m7	+2 / +12	+4 / +16	+6 / +21	+7 / +25	+8 / +29	+9 / +34	+11 / +41	+13 / +48
js14	+/- 125	+/- 150	+/- 180	+/- 215	+/- 260	+/- 310	+/- 370	+/- 435
js16	+/- 300	+/- 375	+/- 450	+/- 550	+/- 650	+/- 800	+/- 950	+/- 1100
H7	+10 / 0	+12 / 0	+15 / 0	+18 / 0	+21 / 0	+25 / 0	+30 / 0	+35 / 0
H8	+14 / 0	+18 / 0	+22 / 0	+27 / 0	+33 / 0	+39 / 0	+46 / 0	+54 / 0
H9	+25 / 0	+30 / 0	+36 / 0	+43 / 0	+52 / 0	+62 / 0	+74 / 0	+87 / 0
H12	+100 / 0	+120 / 0	+150 / 0	+180 / 0	+210 / 0	+250 / 0	+300 / 0	+350 / 0
P9	-6 / -31	-12 / -42	-15 / -51	-18 / -61	-22 / -74	-26 / -86	-32 / -106	-37 / -124
S7	-13 / -22	-15 / -27	-17 / -32	-21 / -39	-27 / -48	-34 / -59	-42 / -72	-58 / -93

Informações Gerais

EQUIVALENTES DECIMAIS

MM	FRAC.	NUM.	POLEGADA	MM	FRAC.	NUM.	POLEGADA	MM	FRAC.	NUM.	POLEGADA	MM	FRAC.	NUM.	POLEGADA
.3			.0118	1.55			.0610	3.797		25	.1495	6.909	I		.2720
.32			.0126	1.588	1/16		.0625	3.8			.1496	7.0			.2756
.343		80	.0135	1.6			.0630	3.861		24	.1520	7.036	J		.2770
.35			.0138	1.613		52	.0635	3.9			.1535	7.1			.2795
.368		79	.0145	1.65			.0650	3.912		23	.1540	7.137	K		.2810
.38			.0150	1.7			.0669	3.969	5/32		.1562	7.144	9/32		.2812
.397	2/64		.0156	1.702		51	.0670	3.988		22	.1570	7.2			.2835
.4			.0157	1.75			.0689	4.0			.1575	7.3			.2874
.406		78	.0160	1.778		50	.0700	4.039		21	.1590	7.366	L		.2900
.42			.0165	1.8			.0709	4.089		20	.1610	7.4			.2913
.45			.0177	1.85			.0728	4.1			.1614	7.493	M		.2950
.457		77	.0180	1.854		49	.0730	4.2			.1654	7.5			.2953
.48			.0189	1.9			.0748	4.216		19	.1660	7.541	19/64		.2969
.5			.0197	1.93		48	.0760	4.3			.1693	7.6			.2992
.508		76	.0200	1.95			.0768	4.305		18	.1695	7.671	N		.3020
.52			.0205	1.984	5/64		.0781	4.366	11/64		.1719	7.7			.3031
.533		75	.0210	1.994		47	.0785	4.394		17	.1730	7.8			.3071
.55			.0217	2.0			.0787	4.4			.1732	7.9			.3110
.572		74	.0225	2.05			.0807	4.496		16	.1770	7.938	5/16		.3125
.58			.0228	2.057		46	.0810	4.5			.1772	8.0			.3150
.6			.0236	2.083		45	.0820	4.572		15	.1800	8.026	O		.3160
.61		73	.0240	2.1			.0827	4.6			.1811	8.1			.3189
.62			.0244	2.15			.0846	4.623		14	.1820	8.2			.3228
.635		72	.0250	2.184		44	.0860	4.7		13	.1850	8.204	P		.3230
.65			.0256	2.2			.0866	4.762	3/16		.1875	8.3			.3268
.66		71	.0260	2.25			.0886	4.8		12	.1890	8.334	21/64		.3281
.68			.0268	2.261		43	.0890	4.851		11	.1910	8.4			.3307
.7			.0276	2.3			.0906	4.9			.1929	8.433	Q		.3320
.711		70	.0280	2.35			.0925	4.915		10	.1935	8.5			.3346
.72			.0283	2.375		42	.0935	4.978		9	.1960	8.6			.3386
.742		69	.0292	2.381	3/32		.0938	5.0			.1969	8.611	R		.3390
.75			.0295	2.4			.0945	5.055		8	.1990	8.7			.3425
.78			.0307	2.438		41	.0960	5.1			.2008	8.731	11/32		.3438
.787		68	.0310	2.45			.0965	5.105		7	.2010	8.8			.3465
.794	1/32		.0312	2.489		40	.0980	5.159	13/64		.2031	8.839	S		.3480
.8			.0315	2.5			.0984	5.182		6	.2040	8.8			.3504
.813		67	.0320	2.527		39	.0995	5.2			.2047	9.0			.3543
.82			.0323	2.55			.1004	5.22		5	.2055	9.093	T		.3580
.838		66	.0330	2.578		38	.1015	5.3			.2087	9.1			.3583
.85			.0335	2.6			.1024	5.309		4	.2090	9.128	23/64		.3594
.88			.0346	2.642		37	.1040	5.4			.2126	9.2			.3622
.889		65	.0350	2.65			.1043	5.41		3	.2130	9.3			.3661
.9			.0354	2.7			.1063	5.5			.2165	9.347	U		.3680
.914		64	.0360	2.705		36	.1065	5.556	7/32		.2188	9.4			.3701
.92			.0362	2.75			.1083	5.6			.2205	9.5			.3740
.94		63	.0370	2.778	7/64		.1094	5.613		2	.2210	9.525	3/8		.3750
.95			.0374	2.794		35	.1100	5.7			.2244	9.576	V		.3770
.965		62	.0380	2.8			.1102	5.791		1	.2280	9.6			.3780
.98			.0386	2.819		34	.1110	5.8			.2283	9.7			.3819
.991		61	.0390	2.85			.1122	5.9			.2323	9.8			.3858
1.0			.0394	2.87		33	.1130	5.944		A	.2340	9.804	W		.3860
1.016		60	.0400	2.9			.1142	5.953	15/64		.2344	9.9			.3898
1.041		59	.0410	2.946		32	.1160	6.0			.2362	9.922	25/64		.3906
1.05			.0413	2.95			.1161	6.045		B	.2380	10.0			.3937
1.067		58	.0420	3.0			.1181	6.1			.2402	10.084	X		.3970
1.092		57	.0430	3.048		31	.1200	6.147		C	.2420	10.1			.3976
1.1			.0433	3.1			.1220	6.2			.2441	10.2			.4016
1.15			.0453	3.175	1/8		.1250	6.248		D	.2460	10.262	Y		.4040
1.181		56	.0465	3.2			.1260	6.3			.2480	10.3			.4055
1.191	3/64		.0469	3.264		30	.1285	6.35	1/4	E	.2500	10.319	13/32		.4063
1.2			.0472	3.3			.1299	6.4			.2520	10.4			.4094
1.25			.0492	3.4			.1339	6.5			.2559	10.49	Z		.4130
1.3			.0512	3.454		29	.1360	6.528		F	.2570	10.5			.4134
1.321		55	.0520	3.5			.1378	6.6			.2598	10.6			.4173
1.35			.0531	3.569		28	.1405	6.629		G	.2610	10.7			.4213
1.397		54	.0550	3.572	9/64		.1406	6.7			.2638	10.716	27/64		.4219
1.4			.0551	3.6			.1417	6.747	17/64		.2656	10.8			.4252
1.45			.0571	3.658		27	.1440	6.756		H	.2660	10.9			.4291
1.5			.0591	3.7			.1457	6.8			.2677	11.0			.4331
1.511		53	.0595	3.734		26	.1470	6.9			.2717				

EQUIVALENTES DECIMAIS

MM.	FRAC.	POLEGADA	MM.	FRAC.	POLEGADA	MM.	FRAC.	POLEGADA	MM.	FRAC.	POLEGADA	MM.	FRAC.	POLEGADA
11.11		.4370	19.05	3/4	.7500	29.75		1.1713	44.053	1 47/64	1.7344	68.00		2.6772
11.112	7/16	.4375	19.25		.7579	29.766	1 11/64	1.1719	44.445	1 3/4	1.7500	68.262	2 11/16	2.6875
11.2		.4409	19.447	49/64	.7656	30.0		1.1811	44.5		1.7520	69.0		2.7165
11.3		.4449	19.5		.7677	30.162	1 3/16	1.1875	44.847	1 49/64	1.7656	69.056	2 23/32	2.7188
11.4		.4488	19.75		.7776	30.25		1.1909	45.0		1.7717	69.85	2 3/4	2.7500
11.5		.4528	19.844	25/32	.7812	30.5		1.2008	45.244	1 25/32	1.7812	70.0		2.7559
11.509	29/64	.4531	20.0		.7874	30.559	1 13/64	1.2031	45.5		1.7913	70.644	2 25/32	2.7812
11.6		.4567	20.241	51/64	.7969	30.75		1.2106	45.641	1 51/64	1.7969	71.0		2.7953
11.7		.4606	20.25		.7972	30.956	1 7/32	1.2188	46.0		1.8110	71.438	2 13/16	2.8125
11.8		.4646	20.5		.8071	31.0		1.2205	46.038	1 13/16	1.8125	72.0		2.8346
11.9		.4685	20.638	13/16	.8125	31.25		1.2303	46.434	1 53/64	1.8281	72.231	2 27/32	2.8438
11.906	15/32	.4688	20.75		.8169	31.353	1 15/64	1.2344	46.5		1.8307	73.0		2.8740
12.0		.4724	21.0		.8268	31.5		1.2402	46.831	1 27/32	1.8438	73.025	2 7/8	2.8750
12.1		.4764	21.034	53/64	.8281	31.75	1 1/4	1.2500	47.0		1.8504	73.819	2 29/32	2.9062
12.2		.4803	21.25		.8366	32.0		1.2598	47.228	1 55/64	1.8594	74.0		2.9134
12.3		.4843	21.431	27/32	.8438	32.147	1 17/64	1.2656	47.5		1.8701	74.612	2 15/16	2.9375
12.303	31/64	.4844	21.5		.8465	32.5		1.2795	47.625	1 7/8	1.8750	75.0		2.9528
12.4		.4882	21.75		.8563	32.544	1 9/32	1.2812	48.0		1.8898	75.406	2 31/32	2.9688
12.5		.4921	21.828	55/64	.8594	32.941	1 19/64	1.2969	48.022	1 57/64	1.8906	76.0		2.9921
12.6		.4961	22.0		.8661	33.0		1.2992	48.419	1 29/32	1.9062	76.2	3	3.0000
12.7	1/2	.5000	22.225	7/8	.8750	33.338	1 5/16	1.3125	48.5		1.9094	76.994	3 1/32	3.0312
12.8		.5039	22.25		.8760	33.5		1.3189	48.816	1 59/64	1.9219	77.0		3.0315
12.9		.5079	22.5		.8858	33.734	1 21/64	1.3281	49.0		1.9291	77.788	3 1/16	3.0625
13.0		.5118	22.622	57/64	.8906	34.0		1.3386	49.212	1 15/16	1.9375	78.0		3.0709
13.097	33/64	.5156	22.75		.8957	34.131	1 11/32	1.3438	49.5		1.9488	78.581	3 3/32	3.0938
13.1		.5157	23.0		.9055	34.5		1.3583	49.609	1 61/64	1.9531	79.0		3.1102
13.2		.5197	23.019	29/32	.9062	34.528	1 23/64	1.3594	50.0		1.9685	79.375	3 1/8	3.1250
13.3		.5236	23.25		.9154	34.925	1 3/8	1.3750	50.006	1 31/32	1.9688	80.0		3.1496
13.4		.5276	23.416	59/64	.9219	35.0		1.3780	50.403	1 63/64	1.9844	80.169	3 5/32	3.1562
13.494	17/32	.5312	23.5		.9252	35.322	1 25/64	1.3906	50.5		1.9882	80.962	3 3/16	3.1875
13.5		.5315	23.75		.9350	35.5		1.3976	50.598	2	2.0000	81.0		3.1890
13.6		.5354	23.812	15/16	.9375	35.719	1 13/32	1.4062	51.0		2.0079	81.756	3 7/32	3.2188
13.7		.5394	24.0		.9449	36.0		1.4173	51.594	2 1/32	2.0312	82.0		3.2283
13.8		.5433	24.209	61/64	.9531	36.116	1 27/64	1.4219	52.0		2.0472	82.55	3 1/4	3.2500
13.891	35/64	.5469	24.25		.9547	36.5		1.4370	52.388	2 1/16	2.0625	83.0		3.2677
13.9		.5472	24.5		.9646	36.512	1 7/16	1.4375	53.0		2.0866	83.344	3 9/32	3.2812
14.0		.5512	24.606	31/32	.9688	36.909	1 29/64	1.4531	53.181	2 3/32	2.0938	84.0		3.3071
14.25		.5610	24.75		.9744	37.0		1.4567	53.975	2 1/8	2.1250	84.138	3 5/16	3.3125
14.288	9/16	.5625	25.0		.9843	37.306	1 15/32	1.4688	54.0		2.1280	84.931	3 11/32	3.3438
14.5		.5709	25.003	63/64	.9844	37.5		1.4764	54.769	2 5/32	2.1562	85.0		3.3465
14.684	37/64	.5781	25.25		.9941	37.703	1 31/64	1.4844	55.0		2.1654	85.725	3 3/8	3.3750
14.75		.5807	25.4	1	1.0000	38.0		1.4961	55.562	2 3/16	2.1875	86.0		3.3858
15.0		.5906	25.5		1.0039	38.1	1 1/2	1.5000	56.0		2.2047	86.519	3 13/32	3.4062
15.081	19/32	.5938	25.75		1.0138	38.497	1 33/64	1.5156	56.356	2 7/32	2.2188	87.0		3.4252
15.25		.6004	25.797	1 1/64	1.0156	38.5		1.5157	57.0		2.2441	87.312	3 7/16	3.4375
15.478	39/64	.6094	26.0		1.0236	38.894	1 17/32	1.5312	57.15	2 1/4	2.2500	88.0		3.4646
15.5		.6102	26.194	1 1/32	1.0312	39.0		1.5354	57.944	2 9/32	2.2812	88.106	3 15/32	3.4688
15.75		.6201	26.25		1.0335	39.291	1 35/64	1.5469	58.0		2.2835	88.9	3 1/2	3.5000
15.875	5/8	.6250	26.5		1.0433	39.5		1.5551	58.738	2 5/16	2.3125	89.0		3.5039
16.0		.6299	26.591	1 3/64	1.0469	39.688	1 9/16	1.5625	59.0		2.3228	90.0		3.5433
16.25		.6398	26.75		1.0531	40.0		1.5748	59.9531	2 11/32	2.3438	91.0	488	3.5625
16.272	41/64	.6406	26.998	1 1/16	1.625	40.084	1 37/64	1.5781	60.0		2.3622	91.0		3.5827
16.5		.6496	27.0		1.0630	40.481	1 19/32	1.5938	60.325	2 3/8	2.3750	92.0		3.6220
16.669	21/32	.6562	27.25		1.0728	40.5		1.5945	61.0		2.4016	92.075	3 5/8	3.6250
16.75		.6594	27.384	1 5/64	1.0781	40.878	1 39/64	1.6094	61.119	2 13/32	2.4062	93.0		3.6614
17.0		.6693	27.5		1.0827	41.0		1.6142	61.912	2 7/16	2.4375	93.662	3 11/16	3.6875
17.066	43/64	.6719	27.75		1.0925	41.275	1 5/8	1.6250	62.0		2.4409	94.0		3.7008
17.25		.6791	27.781	1 3/32	1.0938	41.5		1.6339	62.706	2 15/32	2.4668	95.0		3.7402
17.462	11/16	.6875	28.0		1.1024	41.672	1 41/64	1.6406	63.0		2.4803	95.25	3 3/4	3.7500
17.5		.6890	28.178	1 7/64	1.1094	42.0		1.6535	63.5	2 1/2	2.5000	96.0		3.7795
17.75		.6988	28.25		1.1122	42.069	1 21/32	1.6562	64.0		2.5197	96.838	3 13/16	3.8125
17.859	45/64	.7031	28.5		1.1220	42.466	1 43/64	1.6719	64.294	2 17/32	2.5312	97.0		3.8189
18.0		.7087	28.575	1 1/8	1.1250	42.5		1.6732	65.0		2.5591	98.0		3.8583
18.25		.7185	28.75		1.1319	42.862	1 11/16	1.6875	65.088	2 9/16	2.5625	98.425	3 7/8	3.8750
18.256	23/32	.7188	28.972	1 9/64	1.1406	43.0		1.6929	65.881	2 19/32	2.5938	99.0		3.8976
18.5		.7283	29.0		1.1417	43.259	1 45/64	1.7031	66.0		2.5984	100.0		3.9370
18.653	47/64	.7344	29.25		1.1516	43.5		1.7126	66.675	2 5/8	2.6250	100.012	3 15/16	3.9375
18.75		.7382	29.369	1 5/32	1.1562	43.656	1 23/32	1.7188	67.0		2.6378	101.6	4	4.0000
19.0		.7480	29.5		1.1614	44.0		1.7323	67.469	2 21/32	2.6562			

Informações Gerais

TABELA DE VELOCIDADES DE CORTE

VELOCIDADE DE CORTE PERIFÉRICA																	
Metros/Min Pés/Min	5	8	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	110	150	
	16	26	32	50	66	82	98	130	165	197	230	262	296	330	362	495	
Diâmetro Ferramenta	REVOLUÇÕES POR MINUTO (RPM)																
	mm	polegada															
1,00			1592	2546	3138	4775	6366	7958	9549	12732	15916	19099	22282	25465	28648	31831	35014
1,50			1061	1698	2122	3183	4244	5305	6366	8488	10610	12732	14854	16977	19099	21221	23343
2,00			796	1273	1592	2387	3183	3979	4775	6366	7958	9549	11141	12732	14324	15916	17507
2,50			637	1019	1273	1910	2546	3183	3820	5093	6366	7639	8913	10186	11459	12732	14006
3,00			531	849	1061	1592	2122	2653	3183	4244	5305	6366	7427	8488	9549	10610	11671
3,18	1/8		500	801	1001	1501	2002	2502	3003	4004	5005	6006	7007	8008	9009	10010	11011
3,50			455	728	909	1364	1819	2274	2728	3638	4547	5457	6366	7176	8185	9095	10004
4,00			398	637	796	1194	1592	1989	2387	3183	3979	4775	5570	6366	7162	7958	8754
4,50			354	566	707	1061	1415	1768	2122	2829	3537	4244	4951	5659	6366	7074	7781
4,76	3/16		334	535	669	1003	1337	1672	2006	2675	3344	4012	4681	5350	6018	6687	7356
5,00			318	509	637	955	1273	1592	1910	2546	3183	3820	4456	5093	5730	6366	7003
6,00			265	424	531	796	1061	1326	1592	2122	2653	3183	3714	4244	4775	5305	5836
6,35	1/4		251	401	501	752	1003	1253	1504	2005	2506	3008	3509	4010	4511	5013	5514
7,00			227	364	455	682	909	1137	1364	1819	2274	2728	3183	3638	4093	4547	5002
7,94	5/16		200	321	401	601	802	1002	1203	1604	2004	2405	2806	3207	3608	4009	4410
8,00			199	318	398	597	796	995	1194	1592	1989	2387	2785	3183	3581	3979	4377
9,00			177	283	354	531	707	884	1061	1415	1768	2122	2476	2829	3183	3537	3890
9,53	3/8		167	267	334	501	668	835	1002	1336	1670	2004	2338	2672	3006	3340	3674
10,00			159	255	318	477	637	796	955	1273	1592	1910	2228	2546	2865	3183	3501
11,11	7/16		143	229	287	430	573	716	860	1146	1433	1719	2056	2292	2579	2865	3152
12,00			133	212	265	398	531	663	796	1061	1326	1592	1857	2122	2387	2653	2918
12,70	1/2		125	201	251	376	501	627	752	1003	1253	1504	1754	2005	2256	2506	2757
14,00			114	182	227	341	455	568	682	909	1137	1364	1592	1819	2046	2274	2501
14,29	9/16		111	178	223	334	446	557	668	891	1114	1337	1559	1782	2005	2228	2450
15,00			106	170	212	318	424	531	637	849	1061	1273	1485	1698	1910	2122	2334
15,88	5/8		100	160	200	301	401	501	601	802	1002	1203	1403	1604	1804	2004	2205
16,00			99	159	199	298	398	497	597	796	995	1194	1393	1592	1790	1989	2188
17,46	11/16		91	146	182	273	365	456	547	729	912	1094	1276	1458	1641	1823	2005
18,00			88	141	177	265	354	442	531	707	884	1061	1238	1415	1592	1768	1945
19,05	3/4		84	134	167	251	334	418	501	668	835	1003	1170	1337	1504	1671	1838
20,00			80	127	159	239	318	398	477	637	796	955	1114	1273	1432	1592	1751
24,00			66	106	133	199	265	332	398	531	663	796	928	1061	1194	1326	1459
25,00			64	102	127	191	255	318	382	509	637	764	891	1019	1146	1273	1401
27,00			59	94	118	177	236	295	354	472	589	707	825	943	1061	1179	1297
30,00			53	85	106	159	212	265	318	424	531	637	743	849	955	1061	1167
32,00			50	80	99	149	199	249	298	398	497	597	696	796	895	995	1094
36,00			44	71	88	133	177	221	265	354	442	531	619	707	796	884	973
40,00			40	64	80	119	159	199	239	318	398	477	557	637	716	796	875
50,00			32	51	64	95	127	159	191	255	318	382	446	509	573	637	700

PARA VELOCIDADES PERIFÉRICAS NÃO INDICADAS, RPM PODE SER OBTIDAS POR SIMPLES ADIÇÃO OU SUBTRAÇÃO, ex: Para 120 metros/ min. adicionar os valores 110+10

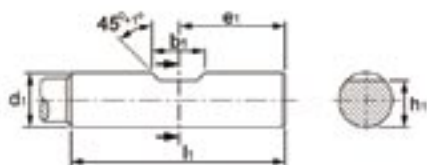
DESCRIÇÕES E DIMENSÕES DAS HASTES

HASTES PARALELAS CONFORME DIN 6535 HA

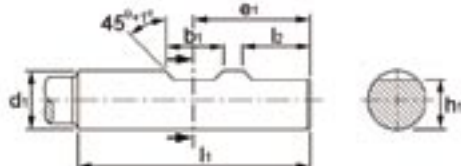


HASTES PARALELAS CONFORME DIN 6535 HB

Para $d_1 = 6$ a 20 mm



Para $d_1 = 25$ a 32 mm

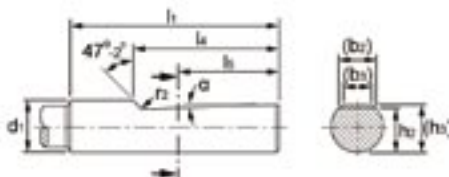
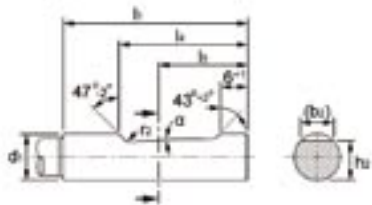


d_1 h6 mm	l_1 +2 mm	b_1 +0,05 mm	e_1 -1 mm	l_2 +1 mm	h_1 h11 mm
2	28	-	-	-	-
3	28	-	-	-	-
4	28	-	-	-	-
5	28	-	-	-	-
6	36	4,2	18	-	5,1
8	36	5,5	18	-	6,9
10	40	7	20	-	8,5
12	45	8	22,5	-	10,4
14	45	8	22,5	-	12,7
16	48	10	24	-	14,2
18	48	10	24	-	16,2
20	50	11	25	-	18,2
25	56	12	32	17	23,0
32	60	14	36	19	30,0

HASTES PARALELAS CONFORME DIN 6535 HE

Para $d_1 = 6$ a 20 mm

Para $d_1 = 25$ a 32 mm



d_1 h6 mm	l_1 +2 mm	l_2 -1 mm	l_3 mm	r_2 mm	α -30° °	(b_2) ≈ mm	(b_3) mm	h_2 h11 mm	(h_3) mm
6	36	25	18	1,2	2°	4,3	-	5,1	-
8	36	25	18	1,2	2°	5,5	-	6,9	-
10	40	28	20	1,2	2°	7,1	-	8,5	-
12	45	33	22,5	1,2	2°	8,2	-	10,4	-
14	45	33	22,5	1,2	2°	8,1	-	12,7	-
16	48	36	24	1,6	2°	10,1	-	14,2	-
18	48	36	24	1,6	2°	10,8	-	16,2	-
20	50	38	25	1,6	2°	11,4	-	18,2	-
25	56	44	32	1,6	2°	13,6	9,3	23,0	24,1
32	60	48	35	1,6	2°	15,5	9,9	30,0	31,2

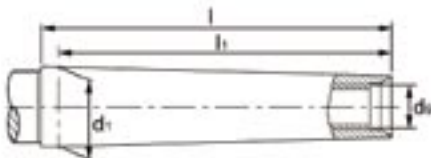
Informações Gerais

HASTES PARALELAS CONFORME DIN 1809



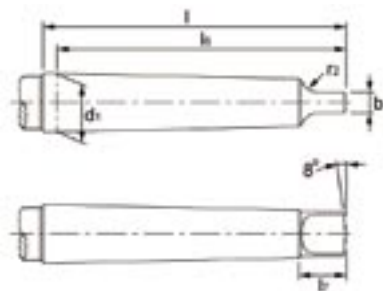
Faixa de Diâmetros d mm		b h12 mm	l ± IT16 mm	r mm
3,0	até 3,5	1,6	2,2	
Acima de 3,5	até 4,0	2	2,2	
Acima de 4,0	até 4,5	2,2	2,5	0,2
Acima de 4,5	até 5,5	2,5	2,5	
Acima de 5,5	até 6,5	3	3	
Acima de 6,5	até 8,0	3,5	3,5	
Acima de 8,0	até 9,5	4,5	4,5	
Acima de 9,5	até 11,0	5	5	
Acima de 11,0	até 13,0	6	6	0,4
Acima de 13,0	até 15,0	7	7	
Acima de 15,0	até 18,0	8	8	
Acima de 18,0	até 21,0	10	10	

HASTES CÔNICAS MORSE CONFORME DIN 228 A



Cone Morse No.	d ₁ mm	d ₂	l ₁ max. mm	l mm	Conicidade por mm sobre o diâm.
0	9,045	-	50	53	0,05205
1	12,065	M6	53,5	57	0,04988
2	17,780	M10	64	69	0,04995
3	23,825	M12	81	86	0,05020
4	31,267	M16	102,5	109	0,05194
5	44,399	M20	129,5	136	0,05263
6	63,348	M24	182	190	0,05214

HASTES CÔNICAS MORSE CONFORME DIN 228 B



Cone Morse No.	d ₁ mm	l ₆ -1 mm	b h13 mm	r ₂ mm	l ₇ max. mm	l mm	Conicidade por mm sobre o diâm.
0	9,045	56,5	3,9	4	10,5	59,5	0,05205
1	12,065	62	5,2	5	13,5	65,5	0,04988
2	17,780	75	6,3	6	16	80	0,04995
3	23,825	94	7,9	7	20	99	0,05020
4	31,267	117,5	11,9	8	24	124	0,05194
5	44,399	149,5	15,9	10	29	156	0,05263
6	63,348	210	19	13	40	218	0,05214

HASTES PARALELAS CONFORME DIN 10



Faixa de Diâmetros d h9 mm	a h11 mm	l mm
Acima de 1,32 até 1,50	1,12	4
Acima de 1,50 até 1,70	1,25	4
Acima de 1,70 até 1,90	1,40	4
Acima de 1,90 até 2,12	1,60	4
Acima de 2,12 até 2,36	1,80	4
Acima de 2,36 até 2,65	2,00	4
Acima de 2,65 até 3,00	2,24	5
Acima de 3,00 até 3,35	2,50	5
Acima de 3,35 até 3,75	2,80	5
Acima de 3,75 até 4,25	3,15	6
Acima de 4,25 até 4,75	3,55	6
Acima de 4,75 até 5,30	4,00	7
Acima de 5,30 até 6,00	4,50	7
Acima de 6,00 até 6,70	5,00	8
Acima de 6,70 até 7,50	5,60	8
Acima de 7,50 até 8,50	6,30	9

Faixa de Diâmetros d h9 mm	a h11 mm	l mm
Acima de 8,50 até 9,50	7,10	10
Acima de 9,50 até 10,6	8,00	11
Acima de 10,6 até 11,8	9,00	12
Acima de 11,8 até 13,2	10,0	13
Acima de 13,2 até 15,0	11,2	14
Acima de 15,0 até 17,0	12,5	16
Acima de 17,0 até 19,0	14,0	18
Acima de 19,0 até 21,2	16,0	20
Acima de 21,2 até 23,6	18,0	22
Acima de 23,6 até 26,5	20,0	24
Acima de 26,5 até 30,0	22,4	26
Acima de 30,0 até 33,5	25,0	28
Acima de 33,5 até 37,5	28,0	31
Acima de 37,5 até 42,5	31,5	34
Acima de 42,5 até 47,5	35,5	38
Acima de 47,5 até 53,0	40,0	42

Informações Gerais

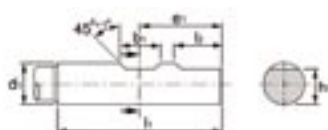
HASTES PARALELAS CONFORME DIN 1835 A



HASTES PARALELAS CONFORME DIN 1835 B

PARA $D_1 = 6$ ATÉ 20 MM

PARA $D_1 = 25$ ATÉ 63 MM



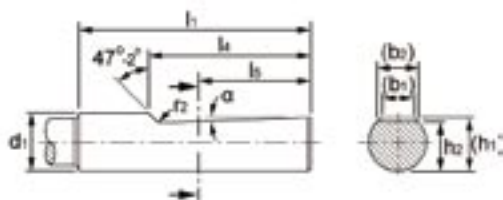
d_1 A=h8, B=h6 mm	l_1 +2 mm	b_1 +0,05 mm	e_1 -1 mm	l_2 +1 mm	h_1 h13 mm
3	28	-	-	-	-
4	28	-	-	-	-
5	28	-	-	-	-
6	36	4,2	18	-	4,8
8	36	5,5	18	-	6,6
10	40	7	20	-	8,4
12	45	8	22,5	-	10,4
16	48	10	24	-	14,2
20	50	11	25	-	18,2
25	56	12	32	17	23
32	60	14	36	19	30
40	70	14	40	19	38
50	80	18	45	23	47,8
63	90	18	50	23	60,8

HASTES PARALELAS CONFORME DIN 1835 D



d_1 h6 mm	l_1 +2 mm	l_3 +2 mm	d dimensão diâmetro nominal	d externo mm	d do núcleo mm
6	36	10	W 5,90-20	5,9	4,27
10	40	10	W 9,90-20	9,9	8,27
12	45	10	W 11,90-20	11,9	10,27
16	48	10	W 15,90-20	15,9	14,27
20	50	15	W 19,90-20	19,9	18,27
25	56	15	W 24,90-20	24,9	23,27
32	60	15	W 31,90-20	31,9	30,27

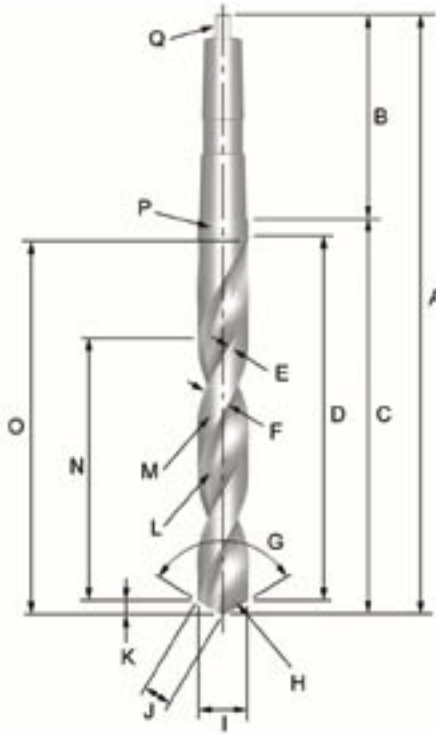
HASTES PARALELAS CONFORME DIN 1835 E



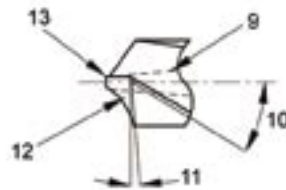
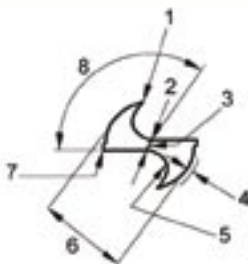
d_1 h6	l_1 +2	l_2 -1	l_3	r_2 min.	α -30'	(b_2)	(b_1) $\approx$	h_2 h13	(h_1)
6	36	25	18	1,2	2°	4,8	3,5	4,8	5,4
8	36	25	18	1,2	2°	6,1	4,7	6,6	7,2
10	40	28	20	1,2	2°	7,3	5,7	8,4	9,1
12	45	33	22,5	1,2	2°	8,2	6,0	10,4	11,2
16	48	36	24	1,6	2°	10,1	7,6	14,2	15,0
20	50	38	25	1,6	2°	11,5	8,4	18,2	19,1
25	56	44	32	1,6	2°	13,6	9,3	23,0	24,1
32	60	48	35	1,6	2°	15,5	9,9	30,0	31,2

Furação

NOMENCLATURA



- A Comprimento Total
- B Haste
- C Corpo
- D Extremidade cônica neste comprimento
- E Largura do Campo
- F Largura das Costas
- G Ângulo da Ponta
- H Aresta Principal de Corte
- I Diâmetro da Broca
- J Comprimento da Aresta Principal de Corte
- K Ponta
- L Face
- M Superfície lateral da Folga
- N Passo
- O Comprimento do Canal
- P Anel de Marcação
- Q Lingüeta de Extração



- 1 Quina
- 2 Espessura do Núcleo
- 3 Aresta Transversal de Corte
- 4 Profundidade
- 5 Canal
- 6 Diâmetro da Superfície Lateral de Folga
- 7 Guia
- 8 Ângulo da Aresta Transversal
- 9 Espessura do Núcleo
- 10 Ângulo da Hélice
- 11 Ângulo Lateral de Folga
- 12 Flanco
- 13 Aresta Transversal de Corte da Guia

DICAS GERAIS PARA FURAÇÃO

1. Selecionar a broca mais adequada para a aplicação, lembrando o material a ser usinado, a capacidade da máquina ferramenta e o fluido refrigerante a ser usado.
2. A flexibilidade entre o componente e o fuso da máquina pode provocar danos na broca, no componente e na máquina –assegurar uma estabilidade máxima sempre. Isto pode ser melhorado selecionando a broca mais curta viável para a aplicação.
3. A fixação da ferramenta é um fator importante na operação de furação e não deve permitir-se o escorregamento ou o movimento da broca no mandril.
4. O uso correto das brocas com Haste Cônica Morse depende de um ajuste eficiente entre as superfícies cônicas da ferramenta e do porta-ferramenta. Deverá ser utilizado um martelo de borracha para prender a broca no porta-ferramenta.
5. Recomenda-se o uso de fluidos refrigerantes e lubrificantes adequados conforme exigido pela operação de furação específica. Quando do uso de fluidos e lubrificantes, assegurar um abastecimento farto, especialmente na ponta da broca.
6. É essencial a evacuação dos cavacos durante a furação para garantir o procedimento correto de furação. Jamais permita que os cavacos permaneçam estacionários nos canais.
7. Quando da reafiação de uma broca, verificar sempre que seja produzida a correta geometria da ponta e que qualquer desgaste tenha sido removido.

SELEÇÃO DO TIPO DA BROCA

A Dormer oferece uma extensa faixa de brocas standard e especiais com materiais e geometrias otimizadas considerando o comportamento da peça de trabalho durante a furação. Por exemplo, as brocas helicoidais lentas são melhores para materiais de cavacos curtos e as brocas helicoidais rápidas são mais adequadas para as ligas dúcteis de cavacos longos.

Para a seleção de uma broca adequada deverão ser considerados os seguintes fatores:

- | | |
|-------------------------------|---|
| • MATERIAL A SER FURADO | • ESCOLHA DO PORTA-FERRAMENTAS |
| • PROFUNDIDADE DO FURO | • ESTABILIDADE DA FIXAÇÃO DA PEÇA DE TRABALHO |
| • CAPACIDADE DA MÁQUINA | • FURAÇÃO HORIZONTAL OU VERTICAL |
| • FLUIDO REFRIGERANTE USADO | • BROCA ESTACIONÁRIA OU GIRATÓRIA |
| • CONDIÇÕES DA MÁQUINA | • CONTROLE DOS CAVACOS |
| • EXIGÊNCIAS DE PRODUTIVIDADE | • EXIGÊNCIAS PARA DIMENSÃO DO FURO |

Furação

SELEÇÃO DE BROCAS, AVANÇOS E VELOCIDADES PARA DIFERENTES MATERIAIS DE APLICAÇÃO

A seleção da broca correta e suas condições de operação recomendadas podem ser encontradas no Catálogo Dormer ou no Selector. Além das considerações mencionadas, diversos outros fatores determinarão uma seleção mais adequada:

Substrato da Broca – Os materiais utilizados para a fabricação das brocas podem ser HSS, HSCo ou Metal Duro. Cada material oferece determinados benefícios na furação de determinados materiais. O HSS, por exemplo, oferece características de elevada tenacidade com propriedades de dureza relativamente baixas. O Metal Duro, por outro lado, tem baixa resistência aos impactos (Tenacidade) porém uma dureza muito elevada.

Geometria da Broca – Com a diversidade dos materiais a serem furados, surge a necessidade de diferentes geometrias nas brocas. Algumas brocas, que são classificadas como de uso geral, podem furar uma larga faixa de materiais. Porém, as brocas de aplicação são ferramentas projetadas para materiais específicos, ex. brocas para aços inoxidáveis, alumínio ou plásticos.

Revestimento da superfície – Há disponível uma seleção de coberturas superficiais duras, ex. Nitreto de Titânio, Nitreto de Titânio e Alumínio. Estes revestimentos são aplicados para melhorar ainda mais o desempenho da broca, oferecendo diferentes níveis de dureza superficial, propriedades térmicas e coeficientes de atrito.

A combinação de todos ou alguns dos fatores mencionados tem gerado uma ampla e abrangente faixa de produtos entre os quais você poderá escolher o mais adequado. Desde uma broca de HSS para utilização geral com geometria standard e sem cobertura, até uma broca de elevado desempenho de Metal Duro com geometria otimizada e revestimento de Nitreto de Titânio e Alumínio.

DIMENSÃO DOS FUROS

Na medida em que as configurações geométricas de substrato e de revestimento avançam, aumenta a capacidade de uma broca produzir dimensões de furos mais exatas. Em geral, uma ferramenta com geometria Standard produzirá um furo com tolerância H12. Porém, conforme a configuração da broca torna-se mais complexa, a dimensão atingível, sob condições favoráveis, poderá ser com uma tolerância tão boa quanto H8.

Para uma melhor visualização, seguem abaixo os tipos de produto e as tolerâncias atingíveis na furação:

Brocas HSS para utilização geral – H12

Brocas HSS / HSCo de Canais Parabólicos para furos profundos (PFX) – H10

Brocas HSS / HSCo de elevado desempenho, revestidas com TiN/ TiAlN (ADX) – H9

Brocas de Metal Duro, de elevado desempenho, revestidas com TiN / TiAlN (CDX) – H8

DIÂMETRO NOMINAL DO FURO (MM)

Ø (mm)	H8	H9	H10	H12
≤ 3	0 / +0.014	0 / +0.025	0 / +0.040	0 / +0.100
> 3 ≤ 6	0 / +0.018	0 / +0.030	0 / +0.048	0 / +0.120
> 6 ≤ 10	0 / +0.022	0 / +0.036	0 / +0.058	0 / +0.150
> 10 ≤ 18	0 / +0.027	0 / +0.043	0 / +0.070	0 / +0.180
> 18 ≤ 30	0 / +0.033	0 / +0.052	0 / +0.084	0 / +0.210

DIÂMETRO NOMINAL DO FURO (POLEGADAS)

Ø (polegada)	H8	H9	H10	H12
≤ .1181	0 / +0.0006	0 / +0.0010	0 / +0.0016	0 / +0.0040
>.1181≤.2362	0 / +0.0007	0 / +0.0012	0 / +0.0019	0 / +0.0048
>.2362≤.3937	0 / +0.0009	0 / +0.0015	0 / +0.0023	0 / +0.0059
>.3937≤.7087	0 / +0.0011	0 / +0.0017	0 / +0.0028	0 / +0.0071
>.7087≤1.1811	0 / +0.0013	0 / +0.0021	0 / +0.0033	0 / +0.0083

Em vista da capacidade de algumas brocas de produzir uma tolerância mais estreita no furo, deverá ser dada a devida consideração para os furos que serão objeto de operações secundárias, ex. rosqueamento, alargamento. O diâmetro da broca deverá ser aumentado com relação ao recomendado para levar em conta o fato de que a dimensão do furo produzido será menor.

GUIA GERAL DE VELOCIDADE E AVANÇO PARA FERRAMENTAS DE 2 DIÂMETROS
Quando do cálculo das velocidades e avanços de brocas de 2 diâmetros, tais como brocas para centrar, brocas escalonadas e brocas de campos variáveis, utiliza-se um compromisso entre os dois diâmetros. O maior diâmetro de corte é utilizado para calcular a velocidade (RPM) e o menor diâmetro para estabelecer o avanço (mm/rev.).

PRESSÃO DO FLUIDO REFRIGERANTE ATRAVÉS DA FERRAMENTA

A utilização de fluido refrigerante através da ferramenta é para manter um farto fluxo do refrigerante diretamente até a ponta da broca, assim reduzindo a quantidade de calor gerada e, conseqüentemente aumentando a vida da ferramenta. As brocas de elevado desempenho exigem um aumento na pressão do refrigerante pois seu fluxo não somente mantém fria a área de corte, mas auxilia com a eficiente evacuação dos cavacos com altas taxas de penetração. Resumindo, quanto maior a pressão do refrigerante, mais eficiente serão os processos de resfriamento e de evacuação dos cavacos. Para elevados desempenhos e produtividade aumentada, a pressão do fluido refrigerante deverá ser de um mínimo de 20 bar.

DESVIO RADIAL

O desvio ou batimento radial é medido na extremidade da ferramenta suportada por uma bucha na haste. A leitura total do indicador (TIR) é tomada girando a ferramenta.

Para Ferramentas de Metal Duro, máx. 0.02mm.

Para ferramentas HSS de Elevado Desempenho, máx. 0.11mm.

Para brocas HSS comuns utilizar o algoritmo $0.01\text{mm} \times (\text{Comprimento Total} / \text{Diâmetro}) + 0.03\text{mm}$

Furação

FORMA DE CANAL

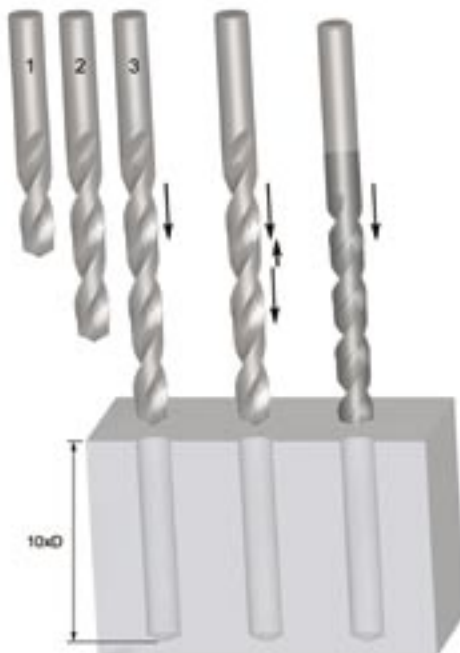
Descrição	Tipo de Canal	Utilizado para
	Tipo H - Espiral Suave (10° a 20° de Ângulo de Hélice)	Brocas de aplicação para plásticos e latão
	Tipo N - Espiral Standard (21° a 34° de Ângulo de Hélice)	Brocas para Serviços Gerais
	Tipo W – Espiral Rápida (35° a 45° de Ângulo de Hélice)	Brocas de Aplicação para Aços Inoxidáveis e Alumínio
	CTW – Adelgaçamento contínuo	Canais tipo N com adelgaçamento integral do núcleo no comprimento total dos canais

TIPO DA PONTA

Descrição	Tipo da ponta
	Ponta de 4 faces
	Standard Aeroespacial Nacional 907. Uma norma reconhecida dentro das Indústrias Aeroespaciais
	Ponta mais fina. Utilizada em brocas de grandes diâmetros com grande aresta transversal de corte
	A ponta PS é a geometria de ponta conforme A001 / A002. É uma designação da Dormer
	SP – Ponta Especial. Também é uma designação da Dormer para descrever as geometrias das pontas ADX e CDX

FURAÇÃO DE FUROS PROFUNDOS

Quando da furação profunda, têm sido adotados diversos métodos para atingir a profundidade exigida. O exemplo abaixo mostra quatro modos de executar um furo com 10 x o diâmetro da broca.



	Furação em Série	Furação em Série	Furação Intermitente	Furação num só Passo
No. de brocas	3 (2,5xD, 6xD, 10xD)	2 (2,5xD, 10xD)	1 (10xD)	1 (10xD)
Tipo de broca	Geometria Standard, uso geral	2,5xD ADX or PFX 10xD PFX	Geometria Standard, uso geral	Geometria PFX e ferramentas para usos específicos
+ / -	Caro. Consome muito tempo	Custo baixo Rápido	Consome muito tempo	Econômica Rápida

Furação

COMPRIMENTOS E CANAIS NORMA DIN



	DIN 1897		DIN 338		DIN 340		DIN 1869						DIN 6537				DIN 345	
d ₁	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
							Séries 1	Séries 2	Séries 3				K	L				
≤ 0,24	19	1,5	19	2,5														
≤ 0,30	19	1,5	19	3														
≤ 0,38	19	2	19	4														
≤ 0,48	19	2,5	20	5														
≤ 0,53	20	3	22	6	32	12												
≤ 0,60	21	3,5	24	7	35	15												
≤ 0,67	22	4	26	8	38	18												
≤ 0,75	23	4,5	28	9	42	21												
≤ 0,85	24	5	30	10	46	25												
≤ 0,95	25	5,5	32	11	51	29												
≤ 1,06	26	6	34	12	56	33												
≤ 1,18	28	7	36	14	60	37												
≤ 1,32	30	8	38	16	65	41												
≤ 1,50	32	9	40	18	70	45												
≤ 1,70	34	10	43	20	75	50	115	75										
≤ 1,90	36	11	46	22	80	53	115	75										
≤ 2,12	38	12	49	24	85	56	125	85	160	110	205	135						
≤ 2,36	40	13	53	27	90	59	135	90	160	110	215	145						
≤ 2,65	43	14	57	30	95	62	140	95	160	110	225	150						
≤ 3,00	46	16	61	33	100	66	150	100	190	130	240	160	62	20	66	28	114	33
≤ 3,20	49	18	65	36	106	69	155	105	200	135	240	170	62	20	66	28	117	36
≤ 3,35	49	18	65	36	106	69	155	105	200	135	240	170	62	20	66	28	120	39
≤ 3,75	52	20	70	39	112	73	165	115	210	145	265	180	62	20	66	28	120	39
≤ 4,25	55	22	75	43	119	78	175	120	220	150	280	190	66	24	74	36	124	43
≤ 4,75	58	24	80	47	126	82	185	125	235	160	295	200	66	24	74	36	128	47
≤ 5,30	62	26	86	52	132	87	195	135	245	170	315	210	66	28	82	44	133	52
≤ 6,00	66	28	93	57	139	91	205	140	260	180	330	225	66	28	82	44	138	57
≤ 6,70	70	31	101	63	148	97	215	150	275	190	350	235	79	34	91	53	144	63
≤ 7,50	74	34	109	69	156	102	225	155	290	200	370	250	79	36	91	53	150	69
≤ 8,50	79	37	117	75	165	109	240	165	305	210	390	265	89	40	103	61	156	75
≤ 9,50	84	40	125	81	175	115	250	175	320	220	410	280	89	40	103	61	162	81

COMPRIMENTOS E CANAIS NORMA DIN



	DIN 1897		DIN 338		DIN 340		DIN 1869						DIN 6537				DIN 345	
d ₁	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
							Séries 1		Séries 2		Séries 3		K		L			
≤ 10,60	89	43	133	87	184	121	265	185	340	235	430	295	102	55	118	70	168	87
≤ 11,80	95	47	142	94	195	128	280	195	365	250			102	55	118	70	175	94
≤ 13,20	102	51	151	101	205	134	295	205	375	260			107	60	124	76	182	101
≤ 14,00	107	54	160	108	214	140							107	60	124	76	189	108
≤ 15,00	111	56	169	114	220	144							115	65	133	82	212	114
≤ 16,00	115	58	178	120	227	149							115	65	133	82	218	120
≤ 17,00	119	60	184	125	235	154							123	73	143	91	223	125
≤ 18,00	123	62	191	130	241	158							123	73	143	91	228	130
≤ 19,00	127	64	198	135	247	162							131	79	153	99	233	135
≤ 20,00	131	66	205	140	254	166							131	79	153	99	238	140
≤ 21,20	136	68			261	171											243	145
≤ 22,40	141	70			268	176											248	150
≤ 23,00	141	70			268	176											253	155
≤ 23,60	146	72			275	180											276	155
≤ 25,00	151	75			282	185											281	160
≤ 26,50	156	78			290	190											286	165
≤ 28,00	162	81			298	195											291	170
≤ 30,00	168	84			307	201											296	175
≤ 31,50	174	87			316	207											301	180
≤ 31,75	180	90															306	185
≤ 33,50	180	90															334	185
≤ 35,50	186	93															339	190
≤ 37,50	193	96															344	195
≤ 40,00	200	100															349	200
≤ 42,50	207	104															354	205
≤ 45,00	214	108															359	210
≤ 47,50	221	112															364	215
≤ 50,00	228	116															369	220

Furação

COMPRIMENTOS E CANAIS NORMA ANSI



Polegadas decimais	Métrico decimal	Série curta		Comprimento normal		Comprimento Cônico		Haste cônica Morse	
d ₁	d ₁	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂
		polegada	polegada	polegada	polegada	polegada	polegada	polegada	polegada
0.0059-0.0079	0.150-0.200			3/4	1/16				
0.0083-0.0100	0.211-0.254			3/4	5/64				
0.0105-0.0130	0.267-0.330			3/4	3/32				
0.0135-0.0145	0.343-0.368			3/4	1/8				
0.0150-0.0157	0.380-0.400			3/4	3/16				
0.0160-0.0200	0.406-0.508			7/8	3/16				
0.0210-0.0225	0.533-0.572			1.	1/4				
0.0236-0.0250	0.600-0.635			1.1/8	5/16				
0.0256-0.0280	0.650-0.711			1.1/4	3/8				
0.0292-0.0330	0.742-0.838			1.3/8	1/2				
0.0335-0.0380	0.850-0.965			1.1/2	5/8				
0.0390-0.420	0.991-1.067	1.3/8	1/2	1.5/8	11/16	2.1/4	1.1/8		
0.0430-0.0469	1.092-1.191	1.3/8	1/2	1.3/4	3/4	2.1/4	1.1/8		
0.0472-0.0625	1.200-1.588	1.5/8	5/8	1.7/8	7/8	3.	1.3/4		
0.0630-0.0635	1.600-1.613	1.11/16	11/16	1.7/8	7/8	3.3/4	2.		
0.0650-0.0781	1.650-1.984	1.11/16	11/16	2.	1.	3.3/4	2.		
0.0785-0.0787	1.994-2.000	1.11/16	11/16	2.	1.	4.1/4	2.1/4		
0.0807-0.0860	2.050-2.184	1.3/4	3/4	2.1/8	1.1/8	4.1/4	2.1/4		
0.0866-0.0938	2.200-2.383	1.3/4	3/4	2.1/4	1.1/4	4.1/4	2.1/4		
0.0945-0.0995	2.400-2.527	1.13/16	13/16	2.3/8	1.3/8	4.5/8	2.1/2		
0.1015-0.1065	2.578-2.705	1.13/16	13/16	2.1/2	1.7/16	4.5/8	2.1/2		
0.1094	2.779	1.13/16	13/16	2.5/8	1.1/2	4.5/8	2.1/2		
0.1100-1.130	2.794-2.870	1.7/8	7/8	2.5/8	1.1/2	5.1/8	2.3/4		
0.1142-0.1160	2.900-2.946	1.7/8	7/8	2.3/4	1.5/8	5.1/8	2.3/4		
0.1181-0.1250	3.000-3.175	1.7/8	7/8	2.3/4	1.5/8	5.1/8	2.3/4	5.1/8	1.7/8
0.1260-0.1285	3.200-3.264	1.15/16	15/16	2.3/4	1.5/8	5.3/8	3.	5.3/8	2.1/8
0.1299-0.1406	3.300-3.571	1.15/16	15/16	2.7/8	1.3/4	5.3/8	3	5.3/8	2.1/8
0.1417-0.1496	3.600-3.800	2.1/16	1.	3.	1.7/8	5.3/8	3	5.3/8	2.1/8
0.1520-0.1562	3.861-3.967	2.1/16	1.	3.1/8	2.	5.3/8	3	5.3/8	2.1/8
0.1570	3.988	2.1/8	1.1/16	3.1/8	2.	5.3/4	3.3/8		
0.1575-0.1719	4.000-4.366	2.1/8	1.1/16	3.1/4	2.1/8	5.3/4	3.3/8	5.3/4	2.1/2
0.1730-0.1820	4.394-4.623	2.3/16	1.1/8	3.3/8	2.3/16	5.3/4	3.3/8	5.3/4	2.1/2
0.1850-0.1875	4.700-4.762	2.3/16	1.1/8	3.1/2	2.5/16	5.3/4	3.3/8	5.3/4	2.1/2
0.1890-0.1910	4.800-4.851	2.1/4	1.3/16	3.1/2	2.5/16	6.	3.5/8	6.	2.3/4
0.1929-0.2031	4.900-5.159	2.1/4	1.3/16	3.5/8	2.7/16	6.	3.5/8	6.	2.3/4
0.2040-0.2188	5.182-5.558	2.3/8	1.1/4	3.3/4	2.1/2	6.	3.5/8	6.	2.3/4

Para a Tabela de Equivalências decimais é favor ver páginas 30-31

COMPRIMENTOS E CANAIS NORMA ANSI



Polegadas decimais	Métrico decimal	Série curta		Comprimento normal		Comprimento Cônico		Haste cônica Morse	
d ₁	d ₁	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂
		polegada	polegada	polegada	polegada	polegada	polegada	polegada	polegada
0.2205-0.2344	5.600-5.954	2.7/16	1.5/16	3.7/8	2.5/8	6.1/8	3.3/4	6.1/8	2.7/8
0.2362-0.2500	6.000-6.350	2.1/2	1.3/8	4.	2.3/4	6.1/8	3.3/4	6.1/8	2.7/8
0.2520	6.400	2.5/8	1.7/16	4.1/8	2.7/8	6.1/4	3.7/8		
0.2559-0.2656	6.500-6.746	2.5/8	1.7/16	4.1/8	2.7/8	6.1/4	3.7/8	6.1/4	3.
0.2660-0.2770	6.756-7.036	2.11/16	1.1/2	4.1/8	2.7/8	6.1/4	3.7/8	6.1/4	3.
0.2795-0.2812	7.100-7.142	2.11/16	1.1/2	4.1/4	2.15/16	6.1/4	3.7/8	6.1/4	3.
0.2835-0.2900	7.200-7.366	2.3/4	1.9/16	4.1/4	2.15/16	6.3/8	4.	6.3/8	3.1/8
0.2913-0.2969	7.400-7.541	2.3/4	1.9/16	4.3/8	3.1/16	6.3/8	4.	6.3/8	3.1/8
0.2992-0.3020	7.600-7.671	2.13/16	1.5/8	4.3/8	3.1/16			6.3/8	3.1/8
0.3031-0.3125	7.700-7.938	2.13/16	1.5/8	4.1/2	3.3/16	6.3/8	4.	6.3/8	3.1/8
0.3150-0.3160	8.000-8.026	2.15/16	1.11/16	4.1/2	3.3/16	6.1/2	4.1/8	6.1/2	3.1/4
0.3189-.03281	8.100-8.334	2.15/16	1.11/16	4.5/8	3.5/16	6.1/2	4.1/8	6.1/2	3.1/4
0.3307-0.3438	8.400-8.733	3.	1.11/16	4.3/4	3.7/16	6.1/2	4.1/8	6.1/2	3.1/4
0.3465-0.3594	8.800-9.129	3.1/16	1.3/4	4.7/8	3.1/2	6.3/4	4.1/4	6.3/4	3.1/2
0.3622-0.3750	9.200-9.525	3.1/8	1.13/16	5.	3.5/8	6.3/4	4.1/4	6.3/4	3.1/2
0.3770-0.3906	9.576-9.921	3.1/4	1.7/8	5.1/8	3.3/4	7.	4.3/8	7.	3.5/8
0.3937-0.3970	10.000-10.084	3.5/16	1.15/16	5.1/8	3.3/4	7.	4.3/8	7.	3.5/8
0.4016-0.4062	10.200-10.320	3.5/16	1.15/16	5.1/4	3.7/8	7.	4.3/8	7.	3.5/8
0.4130-0.4134	10.490-10.500	3.3/8	2.	5.1/4	3.7/8	7.1/4	4.5/8	7.1/4	3.7/8
0.4219	10.716	3.3/8	2.	5.3/8	3.15/16	7.1/4	4.5/8	7.1/4	3.7/8
0.4252-0.4375	10.800-11.112	3.7/16	2.1/16	5.1/2	4.1/16	7.1/4	4.5/8	7.1/4	3.7/8
0.4409-0.4531	11.200-11.509	3.9/16	2.1/8	5.5/8	4.3/16	7.1/2	4.3/4	7.1/2	4.1/8
0.4646-0.4688	11.800-11.908	3.5/8	2.1/8	5.3/4	4.5/16	7.1/2	4.3/4	7.1/2	4.1/8
0.4724-0.4844	12.000-12.304	3.11/16	2.3/16	5.7/8	4.3/8	7.3/4	4.3/4	8.1/4	4.3/8
0.4921-0.5000	12.500-12.700	3.3/4	2.1/4	6.	4.1/2	7.3/4	4.3/4	8.1/4	4.3/8
0.5039-0.5118	12.800-13.000	3.7/8	2.3/8	6.	4.1/2			8.1/2	4.5/8
0.5156-0.5315	13.096-13.500	3.7/8	2.3/8	6.5/8	4.13/16			8.1/2	4.5/8
0.5433-0.5781	13.800-14.684	4.1/8	2.5/8	6.5/8	4.13/16			8.3/4	4.7/8
0.5807-0.5938	14.750-15.083	4.1/8	2.5/8	7.1/8	5.3/16			8.3/4	4.7/8
0.6004-0.6250	15.250-15.875	4.1/4	2.3/4	7.1/8	5.3/16			8.3/4	4.7/8
0.6299-0.6562	16.000-16.669	4.1/2	2.7/8	7.1/8	5.3/16			9.	5.1/8
0.6594-0.6875	16.750-17.462	4.1/2	2.7/8	7.5/8	5.5/8			9.1/4	5.3/8
0.6890	17.500	4.3/4	3.	7.5/8	5.5/8			9.1/2	5.5/8
0.7031-0.7188	17.859-18.258	4.3/4	3.					9.1/2	5.5/8
0.7283-0.7500	18.500-19.050	5.	3.1/8					9.3/4	5.7/8
0.7656-0.7812	19.446-19.845	5.1/8	3.1/4					9.7/8	6.
0.7879-0.8125	20.000-20.638	5.1/4	3.3/8					10.3/4	6.1/8

Para a Tabela de Equivalências decimais é favor ver páginas 30-31

Furação

COMPRIMENTOS E CANAIS NORMA ANSI



Polegadas decimais	Métrico decimal	Série curta		Comprimento normal		Comprimento Cônico		Haste cônica Morse	
d ₁	d ₁	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂
		polegada	polegada	polegada	polegada	polegada	polegada	polegada	polegada
0.8268-0.8750	21.000-22.225	5.3/8	3.1/2					10.3/4	6.1/8
0.8858-0.9062	22.500-23.017	5.5/8	3.5/8					10.3/4	6.1/8
0.9219-0.9375	23.416-23.812	5.3/4	3.3/4					10.3/4	6.1/8
0.9449-0.9688	24.000-24.608	5.7/8	3.7/8					11.	6.3/8
0.9843-1.000	25.000-25.400	6.	4.					11.	6.3/8
1.0039-1.0312	25.500-26.192							11.1/8	6.1/2
1.0433-1.0630	26.500-27.000							11.1/4	6.5/8
1.0781-1.0938	27.384-27.783							12.1/2	6.7/8
1.1024-1.1250	28.000-28.575							12.3/4	7.1/8
1.1406-1.562	28.971-29.367							12.7/8	7.1/4
1.1614-1.1875	29.500-30.162							13.	7.3/8
1.2008-1.2188	30.500-30.958							13.1/8	7.1/2
1.2205-1.2500	31.000-31.750							13.1/2	7.7/8
1.2598-1.2812	32.000-32.542							14.1/8	8.1/2
1.2969-1.3125	32.941-33.338							14.1/4	8.5/8
1.3189-1.3438	33.500-34.133							14.3/8	8.3/4
1.3583-1.3750	34.500-34.925							14.1/2	8.7/8
1.3780-1.4062	35.000-35.717							14.5/8	9.
1.4173-1.4375	36.000-36.512							14.3/4	9.1/8
1.4531-1.4688	36.909-37.308							14.7/8	9.1/4
1.4764-1.5000	37.500-38.100							15.	9.3/8
1.5312	38.892							16.3/8	9.3/8
1.5354-1.5625	39.000-39.688							16.5/8	9.5/8
1.5748-1.5938	40.000-40.483							16.7/8	9.7/8
1.6094-1.6250	40.879-41.275							17.	10.
1.6406-1.8438	41.671-46.833							17.1/8	10.1/8
1.8504-2.0312	47.000-51.592							17.3/8	10.3/8
2.0472-2.1875	52.000-55.563							17.3/8	10.1/4
2.2000-2.3750	56.000-60.325							17.3/8	10.1/8
2.4016-2.500	61.000-63.500							18.3/4	11.1/4
2.5197-2.6250	64.000-66.675							19.1/2	11.7/8
2.6378-2.7500	67.000-69.850							20.3/8	12.3/4
2.7559-2.8125	70.000-71.438							21.1/8	13.3/8

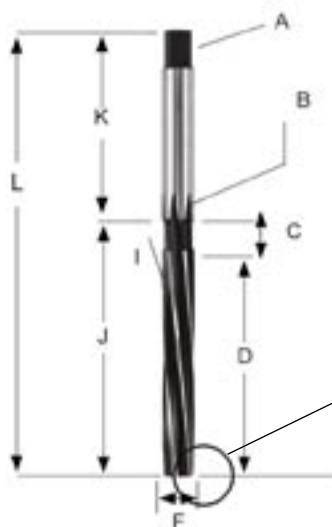
Para a Tabela de Equivalências decimais é favor ver páginas 30-31

SOLUÇÃO DE PROBLEMAS NA FURAÇÃO

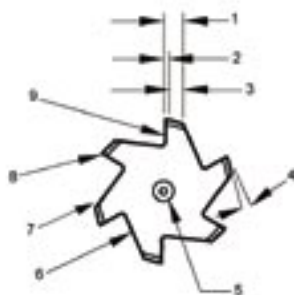
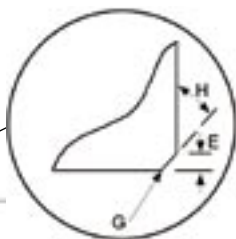
Problema	Causa	Solução
Lingüeta de extração quebrada ou dobrada	Encaixe ruim entre a haste e a bucha	Verificar que a haste e a bucha estejam limpas e livres de danos
Trinca no núcleo	Avanço exagerado	Reduzir o avanço para a taxa ideal
	Folga inicial insuficiente	Reafiar para especificação correta
	Adelgaçamento excessivo do núcleo	Reafiar para especificação correta
	Impacto excessivo na ponta da broca	Evitar impactos na ponta da broca. Ter cuidado com as brocas de haste cônica durante a inserção/ ejeção no fuso
Guias externas gastas	Guias externas gastas	Reduzir velocidade para otimizar – poderá ser possível aumentar o avanço
Guias externas quebradas	Montagem instável do componente	Reduzir movimento do componente
Aresta de corte trincada	Folga inicial excessiva	Reafiar conforme especificação correta
Quebra na descarga do canal	Canais engasgados	Adotar um conceito de furação intermitente/ em série
	Escorregamento da broca	Verificar que a broca esteja presa firmemente no mandril e no fuso
Furo com acabamento em espiral	Avanço insuficiente	Aumentar avanço
	Precisão deficiente da posição	Utilizar uma broca guia antes da apuração
Dimensão do furo grande demais	Geometria da conta incorreta	Verificar a geometria da ponta na seção de reafiação
	Liberação ineficiente dos cavacos	Ajustar velocidade, avanço e comprimento do curso para obter um cavaco melhor administrado

Alargadores

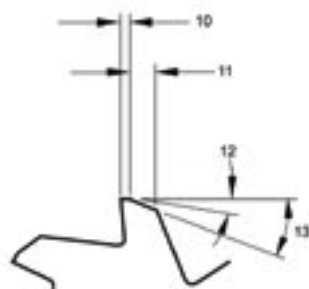
NOMENCLATURA



- A Lingüeta de extração
- B Recesso
- C Comprimento do Recesso
- D Comprimento das Arestas de Corte
- E Comprimento do chanfro de entrada
- F Diâmetro
- G Chanfro de entrada
- H Ângulo do Chanfro de Entrada
- I Ângulo de Hélice
- J Comprimento do corpo
- K Comprimento da Haste
- L Comprimento Total



- 1 Largura do Campo
- 2 Campo Circular
- 3 Folga
- 4 Ângulo de Folga
- 5 Furo Central
- 6 Canal
- 7 Quina
- 8 Aresta de Corte
- 9 Face



- 10 Largura da Folga Primária
- 11 Largura da Folga Secundária
- 12 Ângulo da Folga Primária
- 13 Ângulo da Folga Secundária

DICAS GERAIS PARA O USO DE ALARGADORES

Para obter os melhores resultados na utilização de alargadores é essencial fazer com que “funcionem”. É uma falha comum a de preparar furos para alargamento com pouco material de sobra. Se no furo for deixado material insuficiente antes do alargamento, então o alargador irá derrapar, apresentando desgaste rapidamente e isso resultará numa deficiência de diâmetro. É igualmente importante para o serviço não deixar excesso de material no furo. (Ver Remoção de Material na próxima página).

1. Selecionar o tipo ideal de alargador e as velocidades e avanços ideais para a aplicação. Controlar que os furos previamente feitos tenham o diâmetro correto.
2. A peça de trabalho deve ser montada rigidamente e o fuso da máquina não deverá ter jogo.
3. O mandril que suporta um alargador com haste paralela deverá ser de boa qualidade. Se o alargador escorrega no mandril e o avanço é automático, poderá ocorrer a quebra do alargador.
4. Utilizar sempre um martelo de borracha quando montar um alargador com haste cônica Morse no encaixe, luva ou fuso da máquina. Verificar que exista um bom encaixe entre o alargador e a bucha ou fuso para evitar a ocorrência de desalinhamento e que o alargador corte em medida maior.
5. Manter a projeção da ferramenta com relação ao fuso da máquina num mínimo.
6. Utilizar lubrificantes recomendados para melhorar a vida útil do alargador e para garantir que o fluido chegue até as arestas cortantes. Como o alargamento não é uma operação de corte pesada, uma solução de óleo em proporção de 40:1 é satisfatória normalmente. No caso de ferro fundido cinzento, poderá ser utilizado jato de ar, se a usinagem for a seco.
7. Não permitir que os canais de um alargador fiquem bloqueados com cavacos.
8. Antes de reafiar o alargador, verificar a concentricidade entre pontas. Na maioria dos casos será necessário afiar somente os chanfros de entrada.
9. Manter afiados os alargadores. A reafiação freqüente é uma boa economia, porém é importante compreender que os alargadores cortam somente nos chanfros de entrada e cônicos e não nos campos. Em consequência somente estes chanfros de guia necessitam reafiação. A precisão da reafiação é importante para a qualidade dos furos e a vida útil da ferramenta.

ALARGADORES MANUAIS / PARA MÁQUINAS

Mesmo que tanto os alargadores manuais quanto os de máquina ofereçam a mesma capacidade com relação à dimensão do furo acabado, a utilização de cada um deverá ser considerada de acordo com a aplicação. Um alargador manual, por razões de alinhamento, tem uma guia cônica comprida, enquanto que um alargador de máquina somente tem uma guia de entrada a 45°. Um alargador de máquina corta somente na guia chanfrada, um alargador manual corta na guia no chanfro de entrada e também na guia cônica.

Alargadores

ALARGADORES PARA APLICAÇÕES ESPECÍFICAS

Como na maioria das ferramentas de corte, o substrato e a configuração geométrica dos alargadores é diferente, dependendo do material que deverão cortar. Assim, deverá ser tomado um cuidado para garantir que seja feita a escolha correta do alargador.

Os alargadores NC são fabricados com uma tolerância da haste de h6. Isto permite que o alargador seja utilizado em sistemas de fixação de ferramentas hidráulicos e de contração térmica, oferecendo maior precisão e concentricidade.

ALARGADORES REGULÁVEIS

Existem diversos tipos de alargadores reguláveis, todos oferecendo graus variáveis de regulação do diâmetro. É uma característica importante dos alargadores reguláveis, que sejam seguidos estes procedimentos de montagem:

- Ajustar o alargador para o diâmetro exigido.
- Verificar o alargador entre centros por concentricidade e variações das alturas das arestas de corte.
- Se for necessário, retificar o alargador para eliminar quaisquer variações de excentricidade ou de altura das arestas de corte.
- Verificar novamente o diâmetro.

REMOÇÃO DE MATERIAL

A remoção recomendada de material no alargamento depende do material da aplicação e do acabamento da superfície do furo previamente executado. As linhas gerais para remoção de material são mostradas nas tabelas que seguem:

Dimensão do furo alargado (mm)	Alargamento normal	Alargamento de precisão
Abaixo de 4	0.1	0.1
Acima de 4 a 11	0.2	0.15
Acima de 11 a 39	0.3	0.2
Acima de 39 a 50	0.4	0.3

Dimensão do furo alargado (polegadas)	Alargamento normal	Alargamento de precisão
Abaixo de 3/16	0.004	0.004
3/16 a 1/2	0.008	0.006
1/2 a 1 1/2	0.010	0.008
1 1/2 a 2	0.016	0.010

SELEÇÃO DO TIPO DE ALARGADOR

O alargamento é um método reconhecido para produzir furos dimensionalmente exatos com acabamento de superfície fino. A Dormer oferece uma seleção de alargadores para produzir furos com tolerância H7.

Os alargadores são classificados em diversos tipos:

- Sólido – disponível com dois tipos de hastes, paralelo (cilíndrico) e Cone Morse.
- Concha – para utilização em eixos.
- Expansíveis – com lâminas de HSS ajustáveis e utilizados para serviços leves.

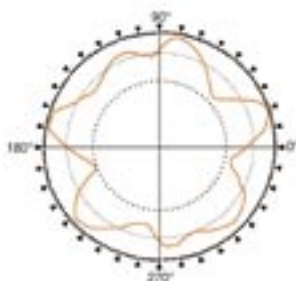
Os tipos mais freqüentes de alargadores têm uma espiral à esquerda, pois as aplicações principais são para furos passantes cujos cavacos devem ser empurrados para frente. Para furos cegos recomendam-se alargadores com canais retos ou espirais à direita.

As condições de alargamento mais eficientes dependem da aplicação, do material, da qualidade requerida para o furo, da remoção de material, da lubrificação e outros fatores. Um guia geral para as velocidades na superfície e avanços para alargadores de máquina é mostrado nas tabelas AMG para alargadores e de avanços (ver Catálogo Dormer ou Selector) e tabelas de remoção de material.

O espaçamento extremamente desigual nos alargadores significa que a divisão da carga não é a mesma para cada dente. Como não há dois dentes diametralmente opostos entre si, o alargador produz um furo com uma variação de cilindridade entre 1 e 2 μm . Isto se compara a uma variação de até 10 μm com espaçamento desigual.

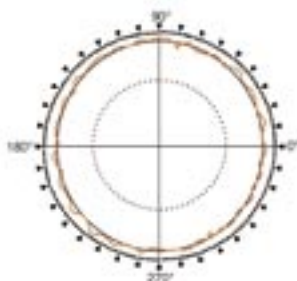
ALARGADORES DE METAL DURO – COMPARAÇÃO DE ESPAÇAMENTOS

espaçamento desigual
erro de cilindridade de até 10 μm



Resultado de cilindridade

espaçamento extremamente desigual
erro de cilindridade entre 1 - 2 μm



Resultado de cilindridade

Alargadores

LIMITES DE TOLERÂNCIA



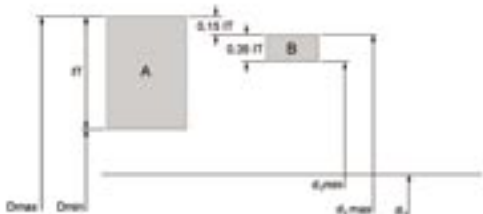
1. OS DIÂMETROS DE CORTE DOS ALARGADORES Standard
O diâmetro (d_1) é medido através do campo circular imediatamente atrás da guia cônica. A tolerância é conforme DIN 1420 e deve produzir furos H7.

TOLERÂNCIAS DOS ALARGADORES			
Diâmetro (mm)		Limites de Tolerância (mm)	
Acima de	Até e incluindo	Alto +	Baixo +
	3	0.008	0.004
3	6	0.010	0.005
6	10	0.012	0.006
10	18	0.015	0.008
18	30	0.017	0.009
30	50	0.021	0.012
50	80	0.025	0.014

2. OS FUROS H7
A tolerância mais freqüente num furo acabado é H7 (ver tabela abaixo). Para quaisquer outras tolerâncias a figura e tabela abaixo do item 3 podem ser utilizadas para calcular a localização e largura da tolerância dos alargadores.

TOLERÂNCIAS DOS FUROS			
Diâmetro (mm)		Limites de Tolerância (mm)	
Acima de	Até e incluindo	Alto +	Baixo +
	3	0.010	0
3	6	0.012	0
6	10	0.015	0
10	18	0.018	0
18	30	0.021	0
30	50	0.025	0
50	80	0.030	0

3. Quando for necessário definir as dimensões de um alargador especial destinado a cortar para uma tolerância específica, ex. D8, pode ser utilizado este guia:



A = Tolerância do furo
 B = Tolerância do Alargador
 IT = Largura da Tolerância
 Dmax = Diâmetro Máx do Furo
 Dmin = Diâmetro Mín do Furo
 d₁ = Diâmetro Nominal
 d₁max = Diâmetro Máx do Alargador
 d₁min = Diâmetro Mín do Alargador

Dimensão da Tolerância	Dimensão da Tolerância no Diâmetro							
	Acima de 1 incl. 3	Acima de 3 incl. 6	Acima de 6 incl. 10	Acima de 10 incl. 18	Acima de 18 incl. 30	Acima de 30 incl. 50	Acima de 50 incl. 80	Acima de 80 incl. 120
IT 5	4	5	6	8	9	11	13	15
IT 6	6	8	9	11	13	16	19	22
IT 7	10	12	15	18	21	25	30	35
IT 8	14	18	22	27	33	39	46	54
IT 9	25	30	36	43	52	62	74	87
IT 10	40	48	58	70	84	100	120	140
IT 11	60	75	90	110	130	160	190	220
IT 12	100	120	150	180	210	250	300	350

Exemplo de um furo de 10mm com tolerância D8

Diâmetro Máximo do furo = 10.062

Diâmetro Mínimo do furo = 10.040

Tolerância do furo (IT8) = 0.022

O limite máximo para o alargador é o limite máximo da dimensão do furo reduzido por 0.15 x a tolerância para o furo. O valor é arredondado para o múltiplo imediatamente acima de 0.001mm.

0.15 x tolerância do furo (IT8) = 0.0033, arredondado para = 0.004

O limite mínimo para o alargador é o limite máximo do alargador reduzido por 0.35 vezes a tolerância para o furo. O valor é arredondado para o múltiplo imediatamente acima de 0.001mm.

0.35 x tolerância do furo (IT8) = 0.0077, arredondado para = 0.008

Limite máximo para o alargador = 10.062 - 0.004 = 10.058

Limite mínimo para o alargador = 10.058 - 0.008 = 10.050

Alargadores

TABELA DE SELEÇÃO PARA ALARGADORES EM INCREMENTOS DE 0.01MM

Exemplo:

Ajuste Exigido:

d = 4,25mm F8

Seleção:

Diâmetro Básico + Valor da Tabela para F8 = alargador 1/100

4,25 + 0,02 = 4,27mm

Ferramenta exigida:

Alargador com Diâmetro 4,27mm

	A 9	A 11	B 8	B 9	B10	B11	C 8	C 9	C10	C11	D 7	D 8	D 9	D10	D11
1 - 3	-	+ 0,31	-	-	+ 0,17	+ 0,18	-	-	+ 0,09	+ 0,10	-	-	-	+ 0,05	+ 0,06
3 - 6	+ 0,29	+ 0,32	+ 0,15	+ 0,16	+ 0,17	+ 0,19	+ 0,08	+ 0,09	+ 0,10	+ 0,12	-	+ 0,04	+ 0,05	+ 0,06	+ 0,08
6 - 10	+ 0,30	+ 0,35	+ 0,16	+ 0,17	+ 0,19	+ 0,22	+ 0,09	+ 0,10	+ 0,12	+ 0,15	-	+ 0,05	+ 0,06	+ 0,08	+ 0,11
10 - 18	+ 0,32	+ 0,37	-	+ 0,18	+ 0,20	+ 0,23	+ 0,11	+ 0,12	+ 0,14	+ 0,18	+ 0,06	+ 0,06	+ 0,08	+ 0,10	+ 0,13
	E 7	E 8	E 9	F 7	F 8	F 9	F 10	G 6	G 7	H 6	H 7	H 8	H 9	H10	H11
1 - 3	-	+ 0,02	+ 0,03	+ 0,01	-	+ 0,02	-	-	-	-	-	-	-	+ 0,03	+ 0,04
3 - 6	-	+ 0,03	+ 0,04	-	+ 0,02	+ 0,03	+ 0,04	-	+ 0,01	-	-	+ 0,01	+ 0,02	+ 0,03	+ 0,05
6 - 10	-	-	+ 0,05	+ 0,02	-	+ 0,03	+ 0,05	-	-	-	-	+ 0,01	+ 0,02	+ 0,04	+ 0,07
10 - 18	+ 0,04	-	+ 0,06	-	+ 0,03	+ 0,04	+ 0,07	-	-	-	+ 0,01	-	+ 0,03	+ 0,05	+ 0,08
	H12	H 13	J 6	J 7	J 8	JS 6	JS 7	JS 8	JS 9	K 7	K 8	M 6	M 7	M 8	N 6
1 - 3	+ 0,08	+ 0,11	-	-	-	-	-	+ 0,00	+ 0,00	-	-	-	-	-	-
3 - 6	+ 0,09	+ 0,14	-	+ 0,00	+ 0,00	-	+ 0,00	+ 0,00	+ 0,00	-	-	-	-	-	-
6 - 10	+ 0,12	+ 0,18	-	+ 0,00	+ 0,00	-	+ 0,00	+ 0,00	+ 0,00	-	-	-	-	- 0,01	-
10 - 18	+ 0,14	+ 0,22	-	+ 0,00	+ 0,00	-	+ 0,00	+ 0,00	+ 0,01	-	-	- 0,01	- 0,01	- 0,01	-
	N 7	N 8	N 9	N10	N11	P 6	P 7	R6	R 7	S 6	S 7	U 6	U 7	U10	Z10
1 - 3	- 0,01	-	-	- 0,02	- 0,02	-	-	-	-	-	- 0,02	-	-	-	- 0,04
3 - 6	- 0,01	- 0,01	- 0,01	- 0,02	- 0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	- 0,04	- 0,05
6 - 10	-	-	-	- 0,02	- 0,02	-	-	-	-	-	-	-	- 0,03	- 0,05	- 0,06
10 - 18	-	-	- 0,02	- 0,02	- 0,03	-	- 0,02	-	-	-	- 0,03	-	-	- 0,05	- 0,07

Notas para utilização da tabela acima

Esta tabela é formulada permitindo a seleção de alargadores com diâmetros em incrementos de 0,01 mm.

Os valores dados consideram como standard as tolerâncias básicas de fabricação.

Estas são:

Até diâmetro 5,50mm + 0,004 / 0

Acima de 5.50mm + 0,005 / 0

Todas as tolerâncias em azul são atingíveis com alargadores com incrementos de 0,01mm, pois correspondem às tolerâncias de fabricação para alargadores conforme DIN 1420.

COMPRIMENTO TOTAL STANDARD E COMPRIMENTO DOS CANAIS



	DIN 9		DIN 206		DIN 208		DIN 212		DIN 311		DIN 859		DIN 1895		DIN 2180	
d ₁	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂
mm	mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm	
≤ 0,24																
≤ 0,30																
≤ 0,38																
≤ 0,48																
≤ 0,53																
≤ 0,60	38	20														
≤ 0,67																
≤ 0,75																
≤ 0,85	42	24														
≤ 0,95																
≤ 1,06	46	28														
≤ 1,18																
≤ 1,32	50	32					34	5,5								
≤ 1,50	57	37	41	20			40	8								
≤ 1,70			44	21			43	9								
≤ 1,90			47	23			46	10								
≤ 2,12	68	48	50	25			49	11								
≤ 2,36			54	27			53	12								
≤ 2,65	68	48	58	29			57	14								
≤ 3,00	80	58	62	31			61	15								
≤ 3,35			66	33			65	16								
≤ 3,75			71	35			70	18								
≤ 4,25	93	68	76	38			75	19			76	38				
≤ 4,75			81	41			80	21			81	41				
≤ 5,30	100	73	87	44	133	23	86	23			87	44			155	73
≤ 6,00	135	105	93	47	138	26	93	26			93	47			187	105
≤ 6,70			100	50	144	28	101	28	151	75	100	50	137	61		
≤ 7,50			107	54	150	31	109	31	156	80	107	54				

Alargadores



	DIN 9		DIN 206		DIN 208		DIN 212		DIN 311		DIN 859		DIN 1895		DIN 2180	
d_1	l_1	l_2	l_1	l_2	l_1	l_2	l_1	l_2	l_1	l_2	l_1	l_2	l_1	l_2	l_1	l_2
mm	mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm	
≤ 8,50	180	145	115	58	156	33	117	33	161	85	115	58			227	145
≤ 9,50			124	62	162	36	125	36	166	90	124	62				
≤ 10,60	215	175	133	66	168	38	133	38	171	95	133	66	142	66	257	175
≤ 11,80			142	71	175	41	142	41	176	100	142	71				
≤ 13,20	255	210	152	76	182	44	151	44	199	105	152	76			315	210
≤ 14,00					189	47	160	47	209	115						
≤ 15,00	280	230	163	81	204	50	162	50	219	125	163	81	173	79		
≤ 16,00					210	52	170	52	229	135					335	230
≤ 17,00			175	87	214	54	175	54	251	135	175	87				
≤ 18,00					219	56	182	56								
≤ 19,00			188	93	223	58	189	58	261	145	188	93				
≤ 20,00	310	250	201	100	228	60	195	60							377	250
≤ 21,20					232	62			271	155	201	100	212	96		
≤ 22,40			215	107	237	64										
≤ 23,60					241	66			281	165	215	107				
≤ 25,00	370	300			268	68									427	300
≤ 26,50			231	115	273	70			296	180	231	115	263	119		
≤ 28,00					277	71										
≤ 30,00	400	320	247	124	281	73			311	195	247	124			475	320
≤ 31,50					285	75			326	210						
≤ 33,50			265	133	317	77			354	210	265	133				
≤ 35,50					321	78										
≤ 37,50			284	142	325	79			364	220	284	142				
≤ 40,00	430	340			329	81			374	230			331	150	495	340
≤ 42,50			305	152	333	82					305	152				
≤ 45,00					336	83										
≤ 47,50			326	163	340	84			384	240	326	163				
≤ 50,00	460	360	347	174	344	86			394	250	347	174			550	360

FORMA DO ALARGADOR E DESIGNAÇÃO DIN

DIN	Forma	Descrição
212	A	Canal Reto $\leq 3.5\text{mm}$ de diâmetro
	B	Canal Helicoidal $\leq 3.5\text{mm}$ de diâmetro
	C	Canal Reto $\geq 4.0\text{mm}$ de diâmetro
	D	Canal Helicoidal $\geq 4.0\text{mm}$ de diâmetro
	E	Hélice Rápida
208 219	A	Canal Reto
	B	Canal Helicoidal
	C	Hélice Rápida
9, 205,206, 859, 8050, 8051, 8093, 8094	A	Canal Paralelo
	B	Canal Helicoidal
1895	C	Canal Helicoidal
	D	Hélice Rápida
	E	Canal Reto

Canal Helicoidal = 7° espiral à esquerda

Hélice Rápida = 45° espiral à esquerda

Alargadores

SOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO ALARGAMENTO

Problema	Causa	Solução
Lingüetas de extração quebradas ou deformadas	Ajuste incorreto entre haste e bucha	Verificar que a haste e a bucha estejam limpas e sem danos
Desgaste Rápido da Ferramenta	Material insuficiente a ser removido	Aumentar a quantidade de material a ser removido (Ver Pág. 52)
Furo além da medida	Varição de altura das arestas de corte	Reafiar conforme especificação correta
	Deslocamento no fuso da máquina	Consertar e retificar o deslocamento do fuso
	Defeitos no porta-ferramenta	Substituir o porta-ferramenta
	Haste da ferramenta danificada	Substituir ou retificar a haste
	Ferramenta com ovalidade	Substituir ou retificar a ferramenta
	Ângulo da aresta guia assimétrico	Reafiar para corrigir conforme especificação
	Avanço ou velocidade de corte elevados demais	Ajustar as condições de corte conforme o Catálogo ou o Selector
Furo abaixo de medida	Material insuficiente a ser removido	Aumentar a quantidade de material a ser removido (ver pág. 52)
	Excesso de calor gerado no alargamento. O furo dilata-se e se contrai	Aumentar o fluxo do fluido refrigerante
	O diâmetro da ferramenta está desgastado e abaixo da dimensão.	Retificar conforme especificação correta.
	Avanço ou velocidade de corte baixos demais	Ajustar as condições de corte conforme o Selector
	Pré-furo é pequeno demais	Diminuir a quantidade de material a ser removido (Ver Pág. 52)
Furos ovais e cônicos	Deslocamento no fuso da máquina	Consertar e corrigir o deslocamento do fuso
	Desalinhamento entre ferramenta e furo	Usar um alargador “ponte”
	Ângulo da aresta guia assimétrico	Reafiar para corrigir conforme especificação

Problema	Causa	Solução
Furo com acabamento ruim	Material excessivo a ser removido	Diminuir a quantidade de material a ser removido (Ver pág. 52)
	Ferramenta gasta	Reafiar conforme especificação
	Ângulo de corte pequeno demais	Reafiar conforme especificação
	Emulsão ou óleo de corte diluídos demais	Aumentar % de concentração
	Avanço e /ou velocidade baixos demais	Ajustar condições de corte de acordo com o Catálogo/ Selector
	Velocidade de corte alta demais	Ajustar condições de corte de acordo com o Catálogo/ Selector
A ferramenta prende e quebra	Ferramenta desgastada	Re-afiar para a especificação correta
	Conicidade traseira da ferramenta é pequena demais	Verificar e substituir/ modificar a ferramenta
	A largura do campo é exagerada	Verificar e substituir/ modificar a ferramenta
	O material da peça de trabalho tende a prender	Utilizar um alargador regulável para compensar o deslocamento
	Pré-furo é pequeno demais	Diminuir a quantidade de material a ser removido (Ver pág. 52)
	Material heterogêneo com inclusões duras	Utilizar alargador de metal duro

Rebaixadores e Escareadores

DICAS GERAIS PARA USO DE REBAIXADORES E ESCAREADORES

REBAIXADORES

O rebaixador é uma ferramenta de corte de ponta que é utilizada para alargar um furo existente quando for necessário um assento plano ou para limpar uma face quando é exigido um acabamento usinado. Pode ter um piloto fixo (modelo sólido) **Fig.1**, ou projetado **Fig. 2** para um piloto intercambiável **Fig. 3**.



Fig.1



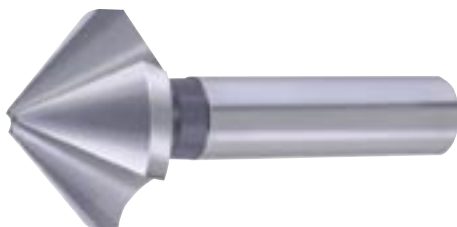
Fig.2



Fig. 3

ESCAREADOR

O escareador é uma ferramenta de corte cônica, geralmente feita com alívio angular, tendo um ou mais canais com arestas de corte conforme o ângulo especificado. É utilizado para chanfrar e escarear furos. O escareador poderá ter uma haste paralela, ou haste especial necessitando um porta-ferramentas especial para prendê-lo numa máquina ou para operação manual.



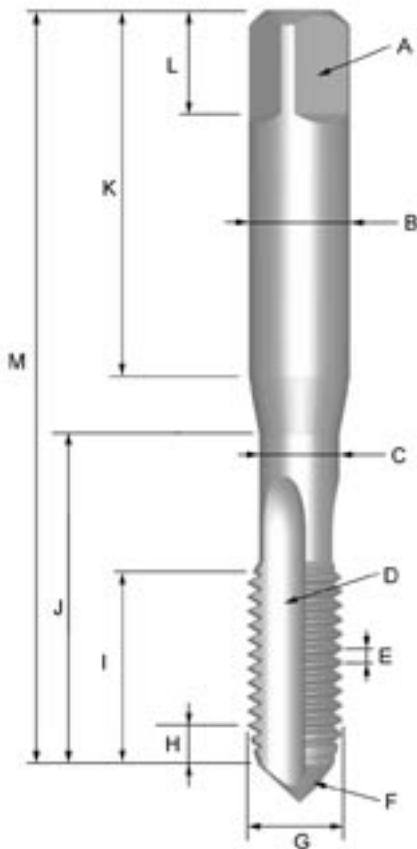
Rebaixadores e Escareadores

SOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO USO DE REBAIXADORES

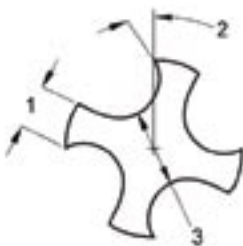
Problema	Causa	Solução
Desgaste excessivo da aresta de corte	Avanços e velocidades incorretos	Aumentar o avanço – especialmente na usinagem de materiais dúcteis ou de usinagem livre. Tentar também reduzir a velocidade.
	Aresta de corte grosseira	Assentar suavemente a aresta cortante com um assentador de diamante de granulidade fina.
	Refrigeração insuficiente	Aumentar o fluxo de refrigerante – reconsiderar o tipo de refrigerante
Escamação	Remoção deficiente dos cavacos	Utilizar ferramenta com maior espaço nos canais – diâmetro maior ou menor quantidade de canais
	Cortando novamente cavacos endurecidos pelo trabalho	Aumentar o fluxo do refrigerante
	Vibração	Aumentar a rigidez da montagem, especialmente porta-ferramentas desgastados
Curta vida útil da ferramenta	Excessiva formação de crateras	Aumentar velocidade ou diminuir avanço
	Material abrasivo	Diminuir velocidade e aumentar avanço. Aumentar fluxo do refrigerante
	Materiais duros	Reduzir velocidade – Rigidez é muito importante.
	Espaço para cavacos insuficiente	Utilizar ferramenta de diâmetro maior
	Reafiação atrasada	Reafiação imediata para a geometria original aumentará a vida da ferramenta.
Reafiação atrasada	Avanço leve demais	Aumentar avanço
	Aresta de corte mal-afiada	Reafiar a ferramenta para a geometria original
	Folga insuficiente	Reafiar a ferramenta com folga maior
Acabamento rugoso	Aresta de corte mal-afiada	Reafiar a ferramenta para a geometria original
	Avanços e velocidades errados	Aumentar velocidade – também tentar reduzir o avanço
Vibração	Potência insuficiente na máquina	Utilizar ferramenta com menos canais visto que os avanços e velocidades corretos têm de ser mantidos
	Vibração	Reafiar a ferramenta com mais folga

Rosqueamento com machos

NOMENCLATURA



- A Quadrado
- B Diâmetro da haste
- C Diâmetro Rebaixado
- D Canal
- E Passo
- F Centro Externo (Macho)
- G Diâmetro da Rosca (Externo)
- H Comprimento de Guia Chanfrado
- I Comprimento da Rosca
- J Comprimento da haste rebaixada
- K Comprimento da haste
- L Comprimento do quadrado
- M Comprimento total
- N Ângulo da hélice
- O Comprimento da ponta helicoidal
- P Ângulo da ponta helicoidal
- Q Ângulo de guia chanfrado



- 1 Largura do campo
- 2 Ângulo da aresta de corte
- 3 Diâmetro do núcleo
- 4 Alívio radial da rosca

Rosqueamento com machos

DICAS GERAIS SOBRE ROSQUEAMENTO

O sucesso de qualquer operação de rosqueamento depende de diversos fatores, todos afetam a qualidade do produto acabado.

1. Selecionar a geometria correta do macho para o material componente e o tipo do furo, por exemplo, passante ou cego, através da tabela de Aplicações por Grupos de Material.
2. Verificar que o componente esteja firmemente fixado – o movimento lateral poderá causar a quebra do macho ou roscas de baixa qualidade.
3. Selecionar a dimensão correta da broca nas tabelas de brocas para rosqueamento (ver páginas 76 - 79). As dimensões corretas da broca também são mostradas nas páginas dos machos no catálogo. Lembrar que as dimensões das brocas para machos laminadores são diferentes. Cuidar sempre que seja mantido no mínimo o endurecimento do material componente, ver parte referente a aços inoxidáveis na seção de Informações Gerais.
4. Selecionar a velocidade de corte correta conforme mostrada no Índice Visual no Catálogo e no Selector.
5. Utilizar o fluido de corte adequado para uma correta aplicação.
6. Nas aplicações NC (Controle Numérico) verificar que o valor do avanço escolhido para o programa esteja correto. Quando for utilizado um dispositivo para rosquear, recomenda-se de 95% a 97% do passo para permitir que o macho produza seu próprio passo.
7. Quando possível, fixar o macho num dispositivo de rosqueamento de boa qualidade com limitação do torque, que assegure o movimento axial livre do macho e que o apresente corretamente com relação ao furo. Isto também protege o macho de uma quebra se atingir acidentalmente o fundo de um furo cego.
8. Controlar a entrada suave do macho no furo, pois um avanço desigual poderá causar um alargamento da rosca.

Rosqueamento com machos

GEOMETRIAS DOS MACHOS E PROCESSO DE ROSQUEAMENTO

Tipo	Variantes	Processo	Descrição	Cavacos
		 	Machos com canais retos Os tipos de machos utilizados mais freqüentemente são os de canais retos. São adequados para utilização na maioria dos materiais, principalmente em aços e ferro fundido de cavacos curtos, e formam a base do programa.	
		 	Machos com rosca interrompida A rosca interrompida proporciona menor atrito e assim menor resistência, o que é particularmente importante quando do rosqueamento de material que é elástico e difícil de usinar (p.ex. alumínio, bronze). É também mais favorável para a penetração do lubrificante até as arestas cortantes, auxiliando na diminuição do torque gerado.	
		 	Machos com ponta helicoidal O macho tem canais retos relativamente rasos e freqüentemente é denominado de macho com ponta de bala ou ponta helicoidal. A ponta deste tipo é projetada para impulsionar os cavacos para frente. Os canais relativamente rasos asseguram que a rigidez do núcleo seja maximizada. Também agem permitindo que o lubrificante chegue às arestas cortantes. Este tipo de macho é recomendado para rosqueamento de furos passantes.	

Rosqueamento com machos

Tipo	Variantes	Processo	Descrição	Cavacos
		 	Machos com entrada somente no chanfro de guia A parte cortante do macho é formada por uma nariz tipo bala na mesma maneira que para o macho de ponta helicoidal, a função é de impulsionar o cavaco para frente afastando-se das arestas cortantes. Essa geometria é extremamente rígida, o que proporciona bons resultados de usinagem. Porém, o curto comprimento da entrada limita sua aplicação a uma profundidade de furo menor que aproximadamente $1.5 \times \varnothing$.	
	   	  	Machos com canal helicoidal Os machos com canal helicoidal destinam-se principalmente para roscas em furos cegos. O canal helicoidal transporta os cavacos para trás afastando-os das arestas cortantes e para fora do furo, assim evitando compactar os cavacos nos canais ou no fundo de furo. Desta maneira minimiza-se o perigo de quebrar o macho ou de danificar a rosca.	
		 	Machos laminadores Os machos para deformação a frio diferenciam-se dos machos de corte em que a rosca é produzida pela deformação plástica do material do componente em vez da ação de corte tradicional. Isto significa que não é produzido qualquer cavaco mediante sua ação. A faixa de aplicações é em materiais com boa capacidade de serem formados. A resistência à tração (R_m) não deverá exceder 1200 N/mm^2 e o fator de alongamento (A_5) não deverá ser menor de 10%. Os machos para laminação a frio, sem canais, são adequados para usinagem normal e são especialmente utilizados quando do rosqueamento vertical de furos cegos. Também disponíveis machos com refrigeração interna.	

Rosqueamento com machos

Tipo	Variantes	Processo	Descrição	Cavacos
		  2,5xD  3xD	Machos com furo de refrigeração interna O desempenho dos machos com furos de refrigeração é mais elevado que os mesmos machos utilizados com lubrificação externa. Este tipo de machos permitem uma melhor evacuação dos cavacos que são afastados da própria área de corte. O desgaste das arestas cortantes é reduzido, pois o efeito de resfriamento na zona de corte é mais elevado que a geração de calor. A lubrificação pode ser mediante óleo, emulsão ou ar comprimido com névoa de óleo. Exige-se uma pressão de trabalho mínima de 15 bar, porém podem ser obtidos bons resultados com uma lubrificação mínima.	
		  D18-20 C 2-3  2xD	Machos para porca Estes machos são utilizados geralmente para rosqueamento de porcas, porém também podem ser utilizados para furos passantes profundos. Estes machos têm um diâmetro de haste menor que o nominal e um comprimento total maior, pois a sua função é de acumular porcas. São utilizados em máquinas especiais projetadas para o rosqueamento de enormes quantidades de porcas. Podem operar em aço e aço inoxidável. O primeiro macho da série tem um chanfro muito comprido a fim de distribuir a carga de corte sobre aproximadamente dois terços do comprimento da rosca.	

Rosqueamento com machos

TABELA DE PONTAS / CHANFROS

O tipo de ponta dos machos deve ser escolhido pelo usuário. Segue uma tabela mostrando as pontas e chanfros que geralmente são utilizadas em produtos da Dormer, classificados conforme o diâmetro do macho.

Tipo de Ponta				
1	2	3	4	
				
Ponta completa	Ponta reduzida	Ponta interna	Ponta removida	

Forma do chanfro					
Macho Ø mm	A 6 - 8	B 3,5 - 5	C 2 - 3	D 18 - 20	E 1,5 - 2
≤ 5	1	1	1	1	1
>5 ≤6	1	1	1, 2	1	1
>6 ≤10	1, 2	1	1, 2, 4	1, 2	1, 4
>10 ≤12	2, 3	2, 3	2, 3	2, 3	2, 3
>12	3	3	3	3	3
ANSI	Cônica	Tampão	Para fundo		

GEOMETRIAS E PROCESSOS DE ROSQUEAMENTO (OU LAMINAÇÃO) A FRIO

Vantagens comparadas com machos de corte

- A laminação a frio é mais rápida que o rosqueamento habitual por corte.
- Os machos laminadores freqüentemente possuem uma vida útil mais longa.
- É um tipo de ferramenta que pode ser usado em materiais diferentes e para furos tanto passantes quanto cegos.
- Os machos laminadores têm uma geometria estável que proporciona um risco de quebra mais baixo.
- São garantidas rosas com as tolerâncias corretas.
- Não há cavacos.
- Fios de rosca mais fortes (mais resistentes), comparados com fios obtidos mediante corte (até 100% mais fortes).
- Menor rugosidade superficial nas rosas obtidas por laminação do que por corte.

Requisitos para uma utilização eficiente:

- Suficiente alongamento do material
 $A_s > 10 \%$
- Furo preparado com diâmetro exato.
- É imperativa uma boa lubrificação.

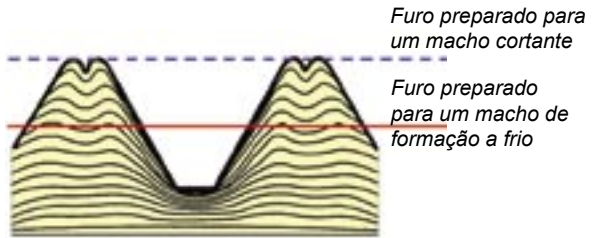
Rosqueamento com machos

FLUXO DO MATERIAL NA FORMAÇÃO DE UMA ROSCA

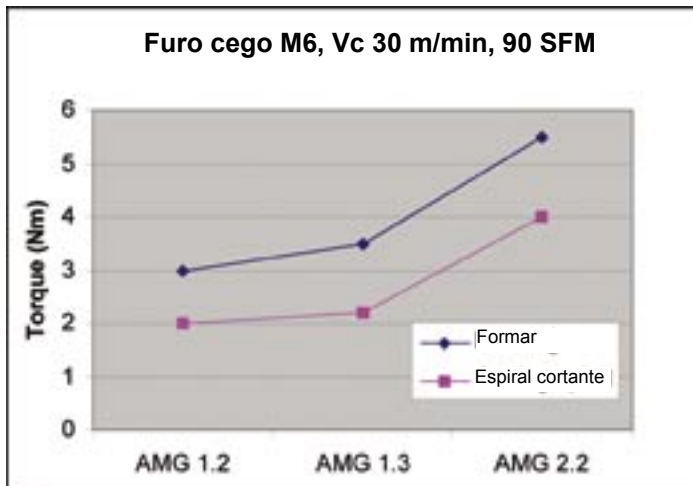
A dimensão de um furo rosqueado depende do material sendo furado, das condições de corte escolhidas e das condições do equipamento que está sendo usado. Se o material é forçado para acima na entrada da rosca do macho, e/ou se a vida do macho for curta demais, selecionar uma broca com diâmetro ligeiramente maior. Se, por outro lado, o perfil da rosca formada for insuficiente, escolher um diâmetro ligeiramente menor da broca.



Corte de rosca obtida através de macho laminador em aço C45



Os machos laminadores exigem maior potência no fuso, comparados com um macho cortante da mesma dimensão, pois exige um torque mais elevado.



Comparação de torque entre machos laminadores e machos de corte em diversos grupos de material.

Rosqueamento com machos

ANÉIS COLORIDOS DOS MACHOS DE APLICAÇÃO ESPECÍFICA VANGARD/SHARK

Cor	Material	Tipos de ferramentas disponíveis
	AMG 1.1 – AMG 1.4	 
	AMG 1.1 – 1.5	
	AMG 1.4 – 1.6	 
	AMG 1.5 – 1.6 AMG 4.2 – 4.3	 
	AMG 2.1 – AMG 2.3	  
	AMG 3.1 – AMG 3.4	
	AMG 5.1 – 5.3	 
	AMG 7.1 – 7.4	   

Rosqueamento com machos

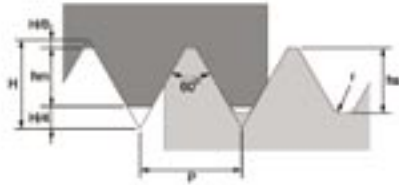
PERFIS DE ROSCAS

Roscas ISO

Roscas Métricas, M

Roscas unificadas, UN

H	=	0,86603 P
Hm	=	5/8H = 0,54127 P
Hs	=	17/24H = 0,613343 P
H/8	=	0,10825 P
H/4	=	0,21651 P
R	=	H/6 = 0,14434P

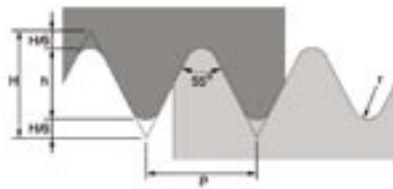


Whitworth W (BSW)

BSF, G, Rp, ADMF, Latão 1/4

BS Conduíte, ME

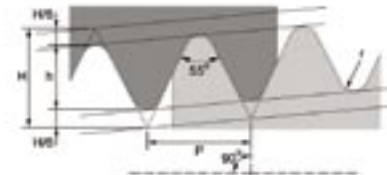
H	=	0,96049 P
H	=	2/3H = 0,64033 P
H/6	=	0,16008 P
R	=	0,13733 P



Roscas Whitworth cônicas para tubos

Rc (BSPT), Conicidade 1:16

H	=	0,96024 P
H	=	2/3H = 0,64033 P
R	=	0,13728 P



Rosca unificada cônica para tubos

NPT, Conicidade 1:16

H	=	0,8668 P
H	=	0,800 P
H/24	=	0,033 P (valor min.)



Roscas para conduíte de Aço

PG (Pr)

H	=	0,59588 P
H	=	0,4767 P
R	=	0,107 P

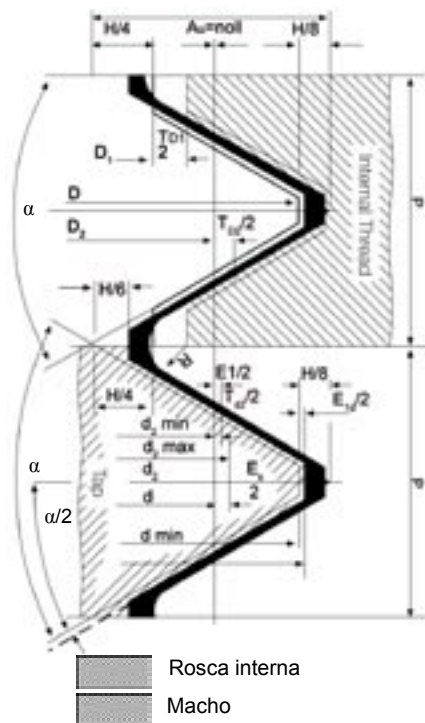


Rosqueamento com machos

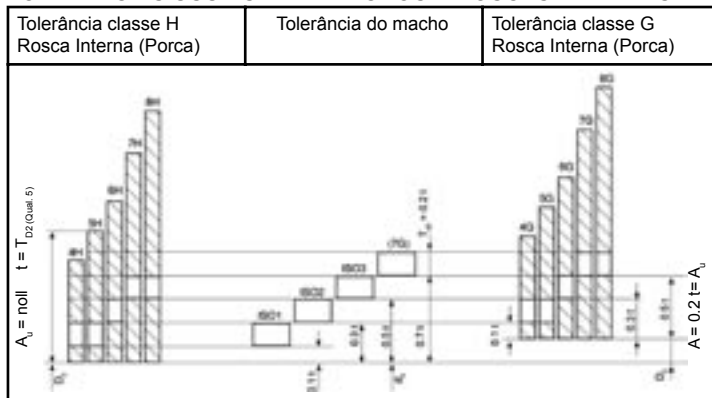
TOLERÂNCIAS

TOLERÂNCIA DE ROSCAS PARA MACHOS COM PERFIL DE ROSCA 60°, ISO MÉTRICO (M+UN)

Rosca interna	Macho
A_u Desvio básico	d Diâmetro básico principal (=D)
D Diâmetro maior básico	d_{min} Diâmetro mínimo principal
D_1 Diâmetro menor básico	d_2 Diâmetro básico do passo
D_2 Diâmetro básico do passo	d_{2max} Diâmetro Max do passo
H Altura do triângulo fundamental	d_{2min} Diâmetro Min do passo
P Passo	E_1 Desvios inferiores sobre d_2
T_{d1} Tolerância para D_1	E_s Desvios superiores sobre d_2
T_{d2} Tolerância para D_2	E_{1d} Desvios inferiores sobre d
α Ângulo do perfil	P Passo
	R Raio da raiz do macho
	T_{d2} Tolerância sobre o diâmetro do passo
	$T_{\alpha/2}$ Tolerância do meio ângulo do perfil
	α Ângulo do perfil
	$\alpha/2$ Meio ângulo do perfil



TOLERÂNCIAS USUAIS PARA MACHOS E ROSCAS INTERNAS



Rosqueamento com machos

TABELA DE TOLERÂNCIAS DE MACHOS VS TOLERÂNCIAS DE ROSCAS INTERNAS (PORCAS)

Classe de Tolerância, macho			Tolerância de Rosca Interna (porca)					Aplicação
ISO	DIN	ANSI BS						
ISO 1	4 H	3 B	4 H	5 H				Ajuste sem folga
ISO 2	6 H	2 B	4 G	5 G	6 H			Ajuste Normal
ISO 3	6 G	1 B			6 G	7 H	8 H	Ajuste com folga grande
-	7 G	-				7 G	8 G	Ajuste solto para tratamento ou revestimento a seguir

As tolerâncias de roscas para machos encontram-se reunidas na norma DIN 13.

Tolerância normal é ISO 2 (6H) para machos, que gera um ajuste de qualidade média entre parafuso e porca. A tolerância mais baixa (ISO 1) gera um ajuste fino sem uma folga nos flancos entre parafuso e porca. A tolerância mais elevada (ISO 3) gera um ajuste grosseiro, com grande folga. É utilizado no caso de uma porca que posteriormente será revestida ou se for preferido um ajuste solto.

Entre as tolerâncias 6H (ISO2) e 6G (ISO3), assim como entre 6G e 7G, o fabricante produz machos com tolerâncias 6HX e 6GX. “X” significa que a tolerância está fora de padrão e que é utilizada para machos trabalhando materiais de elevada resistência ou material abrasivo tal como ferro fundido. Estes materiais não provocam problemas de medidas maiores, de modo que podem ser utilizadas tolerâncias mais elevadas a fim de aumentar a vida das ferramentas. A largura da tolerância é igual entre, por exemplo, 6H e 6HX.

Os machos laminadores geralmente são produzidos com tolerâncias 6HX ou 6GX.

O índice de tolerância para BSW e BSF é médio. Isto se refere ao “ajuste médio” BS 84.

As roscas para tubos com o índice de tolerância “normal” referem-se às seguintes normas:

Roscas G conforme ISO 228-1. Uma classe para rosca interna (macho), e classes A e B para roscas externas (cossinetes).

Roscas R, Rc e R conforme ISO 7-1.

NPT e NPSM conforme ANSI B1.20.1.

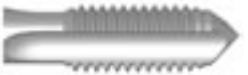
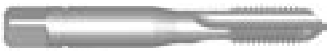
NPTF e NPSF conforme ANSI B1.20.3.

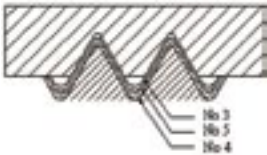
PG conforme DIN 40 430.

Rosqueamento com machos

COMPRIMENTO DOS CHANFROS E MACHOS SERIADOS

O primeiro grupo (No. 1, No. 2, No. 3) inclui machos com perfil completo de rosca e a diferença está no comprimento do chanfro. O segundo grupo (No. 4, No. 5) inclui machos com perfil incompleto de rosca. Estes têm o diâmetro externo menor, comparados com o completo e chanfro mais longo. Após usar estes, deve-se usar um macho No. 3, de acabamento.

No. 1 =	 6-8 x P	
No. 2 =	 4-6 x P	
No. 3 =	 2-3 x P	
No. 4 =	 6-8 x P	
No. 5 =	 3,5-5 x P	

	
Ø ≤ M10	Ø ≥ M12

ISO	Número de código do jogo	Inclui machos Nº
	No. 6	No. 1 + No. 2 + No. 3
	No. 7	No. 2 + No. 3
	No. 8	No. 4 + No. 5 + No. 3
	No. 9	No. 5 + No. 3

DIN	Número de código do jogo	Inclui machos Nº
	No. 8	No.3 (forma C) + No.4 (forma A) + No.5 (forma B)
	No. 9	No.3 (forma C) + No.5 (forma B)

ANSI	Número de código do jogo	Inclui machos Nº
	Macho manual (No. 6)	Desbaste(No.1) + Desbaste(No.2) + Acabamento(No.3)

Rosqueamento com machos

DIÂMETROS DAS BROCAS PARA MACHOS DE CORTE – TABELAS DE RECOMENDAÇÕES

Os Diâmetros das brocas podem ser calculados :

$$D = D_{nom} - P$$

D = Diâmetro da broca (mm)

D_{nom} = Diâmetro nominal do macho (mm)

P = Passo do macho (mm)

ROSCA MÉTRICA GROSSA ISO

Macho	Diâm. Interno	Broca	Broca
M	Passo mm	Máx. mm	Diâm. mm
1.6	0.35	1.321	1.25 3/64
1.8	0.35	1.521	1.45 54
2	0.4	1.679	1.6 1/16
2.2	0.45	1.833	1.75 50
2.5	0.45	2.138	2.05 46
3	0.5	2.599	2.5 40
3.5	0.6	3.010	2.9 33
4	0.7	3.422	3.3 30
4.5	0.75	3.878	3.8 27
5	0.8	4.334	4.2 19
6	1	5.153	5 9
7	1	6.153	6 15/64
8	1.25	6.912	6.8 H
9	1.25	7.912	7.8 5/16
10	1.5	8.676	8.5 Q
11	1.5	9.676	9.5 3/8
12	1.75	10.441	10.3 Y
14	2	12.210	12 15/32
16	2	14.210	14 35/64
18	2.5	15.744	15.5 39/64
20	2.5	17.744	17.5 11/16
22	2.5	19.744	19.5 49/64
24	3	21.252	21 53/64
27	3	24.252	24 61/64
30	3.5	26.771	26.5 1.3/64
33	3.5	29.771	29.5 1.5/32
36	4	32.270	32 1.1/4
39	4	35.270	35 1.3/8
42	4.2	37.799	37.5
45	4.5	40.799	40.5
48	5	43.297	43
52	5	47.297	47

ROSCA MÉTRICA FINA ISO

Macho	Diâm. Interno	Broca	Broca	Macho	Diâm. Interno	Broca
MF	Máx. mm	Diâm. mm	Diâm. polgada	MF	Máx. mm	Diâm. mm
3x0.35	2.721	2.65	37	25X1	24.153	24
3.5x0.35	3.221	3.2	1/8	25X1.5	23.676	23.5
4x0.5	3.599	3.5	29	25x2	23.210	23
5x0.5	4.599	4.5	16	26x1.5	24.676	24.5
5.5x0.50	5.099	5	9	27x1.5	25.676	25.5
6x0.75	5.378	5.3	5	27x2	25.210	25
7x0.75	6.378	6.3	D	28x1.5	26.676	26.5
8x0.75	7.378	7.3	9/32	28x2	26.210	26
8x1	7.153	7	J	30x1.5	28.676	28.5
9x1	8.153	8	O	30x2	28.210	28
10x0.75	9.378	9.3	U	32x1.5	30.676	30.5
10x1	9.153	9	T	32x2	30.210	30
10x1.25	8.912	8.8	11/32	33x2	31.210	31
11x1	10.153	10	X	35x1.5	33.676	33.5
12x1	11.153	11	7/16	36x1.5	34.676	34.5
12x1.25	10.912	10.8	27/64	36x2	34.210	34
12x1.5	10.676	10.5	Z	36x3	33.252	33
14x1	13.153	13	17/32	38x1.5	36.676	36.5
14x1.25	12.912	12.8	1/2	39x3	36.252	36
14x1.5	12.676	12.5	31/64	40x1.5	38.676	38.5
15x1	14.153	14	35/64	40x2	38.210	38
15x1.5	13.676	13.5	17/32	40x3	37.252	37
16x1	15.153	15	19/32	42x1.5	40.676	40.5
16x1.5	14.676	14.5	9/16	42x2	40.210	40
18X1	17.153	17	43/64	42x3	39.252	39
18X1.5	16.676	16.5	41/64	45x1.5	43.676	43.5
18X2	16.210	16	5/8	45X2	43.210	43
20X1	19.153	19	3/4	45X3	45.252	42
20X1.5	18.676	18.5	47/64	48X1.5	46.676	46.5
20X2	18.210	18	45/64	48X2	46.210	46
22X1	21.153	21	53/64	48X3	45.252	45
22X1.5	20.676	20.5	13/16	50X1.5	48.686	48.2
22X2	20.210	20	25/32	50X2	48.210	48
24X1	23.153	23	29/32	50X3	47.252	47
24X1.5	22.676	22.5	7/8			
24X2	22.210	22	55/64			

DIÂMETROS RECOMENDADOS PARA AS BROCAS DORMER ADX E CDX

Estas tabelas para diâmetros de brocas referem-se a brocas comuns standard. As brocas modernas, tais como as Dormer ADX e CDX produzem um furo menor e mais preciso, o que faz necessário aumentar o diâmetro da broca a fim de evitar a quebra do macho. É favor ver a pequena tabela à direita.

ROSCA MÉTRICA GROSSA ISO PARA ADX /CDX

Macho	Passo	Broca	Macho	Passo	Broca
M	mm	Diâm. mm	M	mm	Diâm. mm
4	0.70	3.40	10	1.50	8.70
5	0.80	4.30	12	1.75	10.40
6	1.00	5.10	14	2.00	12.25
8	1.25	6.90	16	2.00	14.25

Rosqueamento com machos

DIÂMETROS DAS BROCAS PARA MACHOS DE CORTE – TABELAS DE RECOMENDAÇÕES

ROSCA UNIFICADA AMERICANA GROSSA

Macho	Diâm. Interno Máx. mm	Broca Diâm. mm	Broca Diâm. polgada
UNC			
nr 2-56	1.872	1.85	50
nr 3-48	2.146	2.1	47
nr 4-40	2.385	2.35	43
nr 5-40	2.697	2.65	38
nr 6-32	2.896	2.85	36
nr 8-32	3.513	3.5	29
nr 10-24	3.962	3.9	25
nr 12-24	4.597	4.5	16
1/4-20	5.268	5.1	7
5/16-18	6.734	6.6	F
3/8-16	8.164	8	5/16
7/16-14	9.550	9.4	U
1/2-13	11.013	10.8	27/64
9/16-12	12.456	12.2	31/64
5/8-11	13.868	13.5	17/32
3/4-10	16.833	16.5	21/32
7/8-9	19.748	19.5	49/64
1-8	22.598	22.25	7/8
1.1/8-7	25.349	25	63/64
1.1/4-7	28.524	28	1.7/64
1.3/8-6	31.120	30.75	1.7/32
1.1/2-6	34.295	34	1.11/32
1.3/4-5	39.814	39.5	1.9/16
2-41/2	45.595	45	1.25/32

ROSCA UNIFICADA AMERICANA FINA

Macho	Diâm. Interno Máx. mm	Broca Diâm. mm	Broca Diâm. polgada
UNF			
nr 2-64	1.913	1.9	50
nr 3-56	2.197	2.15	45
nr 4-48	2.459	2.4	42
nr 5-44	2.741	2.7	37
nr 6-40	3.023	2.95	33
nr 8-36	3.607	3.5	29
nr 10-32	4.166	4.1	21
nr 12-28	4.724	4.7	14
1/4-28	5.580	5.5	3
5/16-24	7.038	6.9	I
3/8-24	8.626	8.5	Q
7/16-20	10.030	9.9	25/64
1/2-20	11.618	11.5	29/64
9/16-18	13.084	12.9	33/64
5/8-18	14.671	14.5	37/64
3/4-16	17.689	17.5	11/16
7/8-14	20.663	20.4	13/16
1-12	23.569	23.25	59/64
1.1/8-12	26.744	26.5	1.3/64
1.1/4-12	29.919	29.5	1.11/64
1.3/8-12	33.094	32.75	1.19/64
1.1/2-12	36.269	36	1.27/64

ROSCA WHITWORTH GROSSA

Macho	Número de dentes por pol.	Diâm. Interno Máx. mm	Broca Diâm. mm
BSW			
3/32	48	1.910	1.85
1/8	40	2.590	2.55
5/32	32	3.211	3.2
3/16	24	3.744	3.7
7/32	24	4.538	4.5
1/4	20	5.224	5.1
5/16	18	6.661	6.5
3/8	16	8.052	7.9
7/16	14	9.379	9.2
1/2	12	10.610	10.5
9/16	12	12.176	12
5/8	11	13.598	13.5
3/4	10	16.538	16.5
7/8	9	19.411	19.25
1	8	22.185	22
1.1/8	7	24.879	24.75
1.1/4	7	28.054	28
1.3/8	6	30.555	30.5
1.1/2	6	33.730	33.5
1.5/8	5	35.921	35.5
1.3/4	5	39.098	39
1.7/8	4.1/2	41.648	41.5
2	4.1/2	44.823	44.5

ROSCA CILÍNDRICA WHITWORTH PARA TUBOS

Macho	Número de dentes por pol.	Diâm. Interno Máx. mm	Broca Diâm. mm
G			
1/8	28	8.848	8.8
1/4	19	11.890	11.8
3/8	19	15.395	15.25
1/2	14	19.172	19
5/8	14	21.128	21
3/4	14	24.658	24.5
7/8	14	28.418	28.25
1	11	30.931	30.75
1.1/4	11	39.592	39.5
1.1/2	11	45.485	45
1.3/4	11	51.428	51
2	11	57.296	57
2.1/4	11	63.342	63
2.1/2	11	72.866	72.5
2.3/4	11	79.216	79
3	11	85.566	85.5

ROSCA MÉTRICA ISO GROSSA PARA INSERTOS

Macho	Broca
EG M	
2.5	2.6
3	3.2
3.5	3.7
4	4.2
5	5.2
6	6.3
8	8.4
10	10.5
12	12.5
14	14.5
16	16.5
18	18.75
20	20.75
22	22.75
24	24.75

ROSCA UNIFICADA ISO GROSSA PARA INSERTOS

Macho	Broca
EG UNC	
nr 2-56	2.3
nr 3-48	2.7
nr 4-40	3
nr 5-40	3.4
nr 6-32	3.7
nr 8-32	4.4
nr 10-24	5.1
nr 12-24	5.8
1/4-20	6.7
5/16-18	8.4
3/8-16	10
7/16-14	11.7
1/2-13	13.3

Rosqueamento com machos

DIÂMETROS DAS BROCAS PARA MACHOS DE CORTE – TABELAS DE RECOMENDAÇÕES

ROSCA STANDARD AMERICANA PARA UNIÕES MECÂNICAS

Macho	Diâm. Interno Min. mm	Diâm. Interno Máx. mm	Broca Diâm. Recom. mm	Broca Diâm. Recom. polgada
NPSM				
1/8"-27	9.039	9.246	9.10	23/64
1/4"-18	11.887	12.217	12.00	15/32
3/8"-18	15.316	15.545	15.50	39/64
1/2"-14	18.974	19.279	19.00	3/4
3/4"-14	24.333	24.638	24.50	31/32
1"-11.1/2	30.506	30.759	30.50	1.13/64
1.1/4"-11.1/2	39.268	39.497	39.50	1.9/16
1.1/2"-11.1/2	45.339	45.568	45.50	1.51/64
2"-11.1/2	57.379	57.607	57.50	2.1/4
2.1/2"-8	68.783	69.266	69.00	2.23/32
3"-8	84.684	85.166	85.00	3.3/8

ROSCA STANDARD AMERICANA INTERNA PARA TUBOS

Macho	Diâm. Interno Diâm. mm	Broca Diâm. Recom. mm
NPSF		
1/8"-27	8.651	8.70
1/4"-18	11.232	11.30
3/8"-18	14.671	14.75
1/2"-14	18.118	18.25
3/4"-14	23.465	23.50
1"-11.1/2"	29.464	29.50

ROSCA CÔNICA WHIT-WORTH PARA TUBOS

Macho Rc	Número de dentes por pol.	Broca Diâm. mm
1/8	28	8.4
1/4	19	11.2
3/8	19	14.75
1/2	14	18.25
5/8	14	20.25
3/4	14	23.75
7/8	14	27.5
1	11	30
1.1/8	11	34.5
1.1/4	11	38.5
1.3/8	11	41
1.1/2	11	44.5
1.3/4	11	50
2	11	56
2.1/4	11	62
2.1/2	11	71.5
2.3/4	11	78
3	11	84

ROSCA STANDARD AMERICANA PARA TUBO CÔNICO

Macho NPT	Número de dentes por pol.	Broca Diâm. mm	Broca Diâm. polgada
1/16	27	6.3	D
1/8	27	8.5	R
1/4	18	11	7/16
3/8	18	14.5	37/64
1/2	14	18	23/32
3/4	14	23	59/64
1	14	29	1.5/32
1.1/4	11.1/2	38	1.1/2
1.1/2	11.1/2	44	1.47/64
2	11.1/2	56	2.7/32
2.1/2	8	67	2.5/8
3	8	83	3.1/4

ROSCA PARA TUBO BLINDADO

Macho NPTF	Número de dentes por pol.	Broca Diâm. mm
1/8	27	8.4
1/4	18	10.9
3/8	18	14.25
1/2	14	17.75
3/4	14	23
1	11.1/2	29
1.1/4	11.1/2	37.75
1.1/2	11.1/2	43.75
2	11.1/2	55.75
2.1/2	8	66.5
3	8	82.5

ROSCA PARA TUBO DE ARMA

Macho PG	Número de dentes por pol.	Diâm. Interno Máx. mm	Broca Diâm. mm
7	20	11.45	11.4
9	18	14.01	13.9
11	18	17.41	17.25
13.5	18	19.21	19
16	18	21.31	21.25
21	16	27.03	27
29	16	35.73	35.5
36	16	45.73	45.5
42	16	52.73	52.5
48	16	58.03	58

Rosqueamento com machos

DIÂMETROS DAS BROCAS PARA MACHOS DE LAMINADORES – TABELAS DE RECOMENDAÇÕES

Os Diâmetros das brocas podem ser calculados :

$$D = D_{nom} - 0,0068 * P * 65$$

D = Diâmetro da broca (mm)

D_{nom} = Diâmetro nominal do macho (mm)

P = Passo do macho (mm)

Na fórmula 65 significa a altura desejada do fio de rosca em %

ROSCA MÉTRICA			
Macho	Diâm. Interno Máx. mm	Broca Diâm. mm	Broca Diâm. polgada
M			
2	1.679	1.8	
2.5	2.138	2.3	
3	2.599	2.8	35
3.5	3.010	3.2	30
4	3.422	3.7	
5	4.334	4.6	14
6	5.153	5.5	7/32
8	6.912	7.4	
10	8.676	9.3	
12	10.441	11.2	7/16
14	12.210	13.0	
16	14.210	15.0	

ROSCA MÉTRICA FINA			
Macho	Diâm. Interno Máx. mm	Broca Diâm. mm	
MF			
4x0.50	3.599	3.8	
5x0.50	4.599	4.8	
6x0.75	5.378	5.7	
8x0.75	7.378	7.7	
8x1.00	7.158	7.5	
10x1.00	9.153	9.5	
10x1.25	8.912	9.4	
12x1.00	11.153	11.5	
12x1.25	10.9912	11.4	
12x1.50	10.676	11.3	
14x1.00	13.153	13.5	
14x1.25	12.912	13.4	
14x1.50	12.676	13.3	
16x1.00	15.153	15.5	
16x1.50	14.676	15.25	

ROSCA UNIFICADA			
Macho	Diâm. Interno Máx. mm	Broca Diâm. mm	Broca Diâm. polgada
UNC			
nr 1-64	1.582	1.7	51
nr 2-56	1.872	2	47
nr 3-48	2.148	2.3	
nr 4-40	2.385	2.6	39
nr 5-40	2.697	2.9	33
nr 6-32	2.896	3.2	1/8
nr 8-32	3.513	3.8	25
nr 10-24	3.962	4.4	11/64
nr 12-24	4.597	5	9
1/4-20	5.268	5.8	
5/16-18	6.734	7.3	
3/8-16	8.164	8.8	11/32
7/16-14	9.550	10.3	Y
1/2-13	11.013	11.9	.463

ROSCA UNIFICADA FINA			
Macho	Diâm. Interno Máx. mm	Broca Diâm. mm	Broca Diâm. polgada
UNF			
nr 1-72	1.613	1.7	51
nr 2-64	1.913	2.0	
nr 3-56	2.197	2.3	
nr 4-48	2.459	2.6	37
nr 5-44	2.741	2.9	33
nr 6-10	3.023	3.2	1/8
nr 8-36	3.607	3.9	24
nr 10-32	4.166	4.5	16
nr 12-28	4.724	5.1	7
1/4-28	5.588	6	A
5/16-24	7.038	7.5	.293
3/8-24	8.626	9.1	
7/16-20	10.030	10.6	Z
1/2-20	11.618	12.1	.476

Rosqueamento com machos

DESCRIÇÃO DA HASTE



ISO – DIMENSÕES DE HASTE E QUADRADO

Diâmetro da Haste mm	Quadrado mm	ISO 529 Métrico	ISO 529 UNC/UNF BSW/BSF	ISO2283 Métrico	ISO2284 G	ISO2284 Rc
2,50	2,00	M1				
		M1,2				
		M1,4				
		M1,6	No. 0			
		M1,8				
		M2	No. 1			
2,80	2,24	M2,2	No. 2			
		M2,5	No. 3			
3,15	2,50	M3	No. 4 No. 5	M3		
3,55	2,80	M3,5	No. 6	M3,5 M4		
4,00	3,15	M4		M5		
4,50	3,55	M4,5	No. 8	M6		
5,00	4,00	M5	No. 10 3/16			
5,60	4,50	M5,5	No. 12 7/32	M7		
6,30	5,0	M6	¼	M8		
7,10	5,60	M7	9/32			
8,00	6,30	M8	5/16	M10	G 1/8	Rc 1/8
9,00	7,10	M9		M12		
10,00	8,00	M10	3/8		G ¼	Rc ¼
8,00	6,30	M11	7/16			
9,00	7,10	M12	½			
11,20	9,00	M14	9/16	M14		
12,50	10,00	M16	5/8	M16	G 3/8	Rc 3/8
14,00	11,20	M18 M20	11/16 ¾	M18 M20		
16,00	12,50	M22	7/8	M22		
18,00	14,00	M24	1"	M24	G 5/8	Rc 5/8
20,00	16,00	M27 M30	1 1/8	M27 M30	G ¾	Rc ¾
22,40	18,00	M33	1 ¼		G 7/8	Rc 7/8
25,00	20,00	M36	1 3/8		G 1"	Rc 1"
28,00	22,40	M39 M42	1 ½			

Rosqueamento com machos



DIN – DIMENSÕES DE HASTE E QUADRADO

Diâmetro da Haste mm	Quadrado mm	DIN 352	DIN 371	DIN 376	DIN 374	DIN 2182	DIN 2183	DIN 353 DIN 374
2,5	2,1	M1	M1					
		M1,1	M1,1					
		M1,2	M1,2	M3,5	M3,5	1/16		
		M1,4	M1,4					
		M1,6	M1,6					
		M1,8	M1,8					
2,8	2,1	M2	M2					
		M2,2	M2,2	M4	M4	3/32	5/32	
		M2,5	M2,5					
3,20	2,4						3/16	
3,50	2,70	M3	M3	M5	M5			
4,00	3,00	M3,5	M3,5			1/8		
4,50	3,40	M4	M4	M6	M5,5 M6	5/32	¼	
6,00	4,90	M5 M6 M8	M5 M6	M8	M8	3/16	5/16	
7,00	5,50	M10		M10	M9 M10	¼	3/8	G 1/8
8,00	6,20		M8			5/16	7/16	
9,00	7,00	M12		M12	M12	3/8	½	
10,00	8,00		M10					
11,00	9,00	M14		M14	M14		9/16	G ¼
12,00	9,00	M16		M16	M16		5/8	G 3/8
14,00	11,00	M18		M18	M18		¾	
16,00	12,00	M20		M20	M20			G ½
18,00	14,50	M22 M24		M22 M24	M22 M24		7/8	G 5/8
20,00	16,00	M27		M27	M27 M28		1"	G ¾
22,00	18,00	M30		M30	M30		1 1/8	G 7/8
25,00	20,00	M33		M33	M33		1 ¼	G 1"
28,00	22,00	M36		M36	M36		1 3/8	G 1 1/8
32,00	24,00	M39 M42		M39 M42	M39 M42		1 ½ 1 5/8	G 1 ¼
36,00	29,00	M45 M48		M45 M48	M45 M48		1 ¾ 1 7/8	G 1 ½
40,00	32,00	M52		M52			2	G 1 ¾
45,00	35,00							G 2"
50,00	39,00							G 2 ¼ G 2 ½ G 2 ¾ G 3"

Rosqueamento com machos



ANSI – DIMENSÕES DE HASTE E QUADRADO

Diâmetro da Haste Pol.	Quadrado Pol.	ASME B94.9 Dimensões dos parafusos para máquina	ASME B94.9 Dimensões fracionárias	ASME B94.9 Dimensões métricas
0,141	0,11	No 0		M 1.6
		No 1		M 1.8
		No 2		M 2
		No 3		M 2.5
		No 4		
		No 5		M 3
		No 6		M 3.5
0,168	0,131	No 8		M 4
0,194	0,152	No 10		M 5
0,22	0,165	No 12		
0,255	0,191		¼	M 6
0,318	0,238		5/16	M 7
				M 8
0,381	0,286		3/8	M 10
0,323	0,242		7/16	
0,367	0,275		½	M 12
0,429	0,322		9/16	M14
0,48	0,36		5/8	M16
0,542	0,406		11/16	M18
0,59	0,442		¾	
0,652	0,489		13/16	M20
0,697	0,523		7/8	M22
0,76	0,57		15/16	M24
0,8	0,6		1	M 25
0,896	0,672		1 1/16	M27
			1 1/8	
1,021	0,766		1 3/16	M30
			1 ¼	
1,108	0,831		1 5/16	M33
			1 3/8	
1,233	0,925		1 7/16	M36
			1 ½	
1,305	0,979		1 5/8	M39
1,43	1,072		1 ¾	M42
1,519	1,139		1 7/8	
1,644	1,233		2	M48

Rosqueamento com machos

SOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO ROSQUEAMENTO

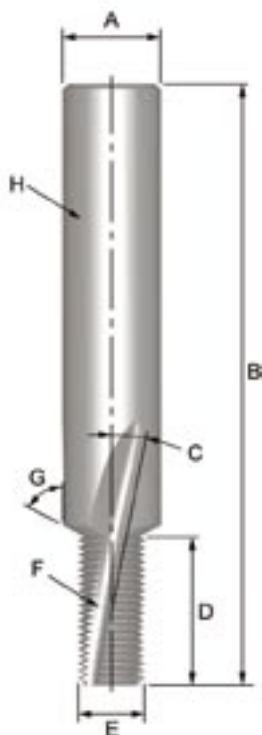
Problema	Causa	Solução
Super-Dimensão	Tolerância incorreta	Escolher um macho com tolerância de rosca mais baixa.
	Taxa de avanço axial incorreta	Reduzir a taxa de avanço em 5-10% ou aumentar a pressão no porta-macho.
	Tipo errado de macho para a aplicação	Utilizar ponta helicoidal para furo passante ou canal helicoidal para furo cego. Utilizar ferramenta revestida para evitar as arestas postiças. Verificar Catálogo ou Selector para alternativa correta de ferramenta.
	Macho não centralizado no furo	Verificar o porta-macho e posicionar o centro do macho no furo.
	Falta de lubrificação	Utilizar uma boa lubrificação a fim de evitar a formação de aresta postiça. Ver Seção de Lubrificantes.
	Velocidade do macho baixa demais	Seguir as recomendações no Catálogo / Selector.
Infra-Dimensão	Tipo errado de macho para a aplicação	Utilizar ponta helicoidal para furo passante ou canal helicoidal para furo cego. Utilizar ferramenta com cobertura para evitar as arestas postiças. Utilizar macho com ângulo de incidência maior. Verificar Catálogo ou Selector para alternativa correta de ferramenta.
	Tolerância incorreta	Escolher um macho com tolerância mais elevada, especialmente em materiais com baixa tendência a super-dimensão, tais como ferro fundido, aço inoxidável.
	Lubrificante incorreto ou falta do mesmo	Utilizar uma boa lubrificação a fim de evitar o bloqueio dos cavacos dentro do furo. Ver Seção de Lubrificantes.
	Furo pequeno demais para o macho	Aumentar o diâmetro da broca para o valor máximo. Ver Tabelas das Brocas para Rosqueamento.
	O material “fecha-se” após o rosqueamento	Ver recomendações no Catálogo / Selector para alternativa correta de ferramenta.
Escamação	Tipo errado de macho para a aplicação	Escolher um macho com menor ângulo de incidência. Escolher um macho com chanfro mais longo. Utilizar machos com ponta helicoidal para furo passante e canais helicoidal para furos cegos, a fim de evitar bloqueio dos cavacos. Verificar Catálogo ou Selector para alternativa correta de ferramenta.
	Lubrificação incorreta ou falta da mesma	Utilizar boa lubrificação a fim de evitar aresta postiça. Ver Seção Lubrificantes.
	Os machos batem no fundo do furo	Aumentar profundidade de furação ou diminuir profundidade de rosqueamento.
	Superfície endurecida pelo trabalho	Reduzir velocidade, utilizar ferramenta com cobertura, utilizar boa lubrificação. Ver Seção para usinagem de aços inoxidáveis.
	Cavacos presos na reversão	Evitar retorno repentino do macho no movimento de reversão.
	O chanfro bate na entrada do furo	Verificar posição axial e reduzir o erro axial da ponta do macho no centro do furo.
	Furo pequeno demais para o macho	Aumentar o diâmetro da broca até o valor máximo. Ver Tabelas de Brocas para rosqueamento.

Rosqueamento com machos

Problema	Causa	Solução
Quebra do macho	Macho desgastado	Usar um macho novo ou reafiar o que está usando.
	Falta de lubrificante	Utilizar uma boa lubrificação a fim de evitar aresta postiça e bloqueio de cavacos. Ver Seção Lubrificação
	O macho bate no fundo do furo	Aumentar a profundidade da furação ou diminuir a profundidade do rosqueamento.
	Velocidade do macho muito elevada	Reduzir a velocidade do macho. Seguir as recomendações de Catálogo/Selector.
	Superfície endurecida pelo trabalho	Reduzir velocidade. Utilizar ferramenta revestida. Utilizar boa lubrificação. Ver Seção para Usinagem de Aços Inoxidáveis.
	Furo a ser rosqueado pequeno demais	Aumentar o diâmetro da broca até o valor máximo. Ver Tabelas de Brocas para Rosqueamento.
	Torque elevado demais	Utilizar dispositivo de rosqueamento com embreagem de reajuste do torque.
	O material se contrai após o rosqueamento	Ver recomendações no Catálogo/ Selector de Produto para a alternativa correta da ferramenta.
Desgaste rápido	Tipo errado de macho para a aplicação	Utilizar macho com menor ângulo de incidência e maior alívio. Verificar Catálogo ou Selector para alternativa correta da ferramenta.
	Falta de lubrificante	Utilizar uma boa lubrificação a fim de evitar aresta postiça. Ver Seção Lubrificação.
	Velocidade do macho alta demais	Reduzir velocidade de corte. Seguir recomendações no Catálogo/Selector.
Aresta postiça	Tipo errado de macho para a aplicação	Utilizar macho com menor ângulo de incidência e maior alívio. Verificar Catálogo ou Selector para alternativa correta da ferramenta.
	Falta de lubrificante	Utilizar uma boa lubrificação a fim de evitar aresta postiça. Ver Seção Lubrificação.
	Tratamento da superfície não é adequado	Ver Seção de Tratamentos Superficiais para recomendações.
	Velocidade do macho baixa demais	Seguir recomendações do Catálogo/ Selector.

Fresamento com Interpolação de Roscas

NOMENCLATURA



- A Diâmetro da Haste
- B Comprimento Total
- C Ângulo da Hélice
- D Comprimento do corte
- E Diâmetro de Rosqueamento
- F Canal
- G Ângulo do Chanfro
- H Haste



- 1 Ângulo de Incidência
- 2 Diâmetro do Núcleo
- 3 Alívio Radial de Rosqueamento

Fresamento com Interpolação de Roscas

DICAS GERAIS PARA O FRESAMENTO COM INTERPOLAÇÃO DE ROSCAS

É um método para produzir uma rosca mediante uma operação de fresamento. Para permitir isto, você necessita uma máquina CNC que pode executar percursos helicoidais (operar em três direções). Consulte seu Manual ou contate seu fornecedor da máquina para informações. Você também pode preparar seu próprio sub-programa para a operação de fresamento de rosca.

1. Veja a aplicação no Selector e você terá uma sugestão sobre a fresa de interpolar roscas mais adequada para a aplicação, com dados de corte e um programa CNC otimizado para a aplicação. O programa CNC pode ser produzido conforme os sistemas mais usuais, incluindo o DIN 66025 (ISO) Heidenhain, Fanuc e Siemens.
2. Utilizar as dimensões de brocas recomendadas para o diâmetro da rosca, como para os machos convencionais.
3. Para ajustes fáceis da tolerância da rosca, programar sempre com correção de raio. O valor de partida Rprg está impresso na fresa. Se uma tolerância for escolhida no Selector, você também receberá uma recomendação de quanto ajustar o valor Rprg.
4. Utilizar um calibrador para verificar a tolerância na primeira rosca e depois regularmente para obter uma indicação se o raio necessita ser corrigido. O raio normalmente pode ser corrigido 2-3 vezes antes que a fresa para rosqueamento estiver gasta.
5. Quando for utilizada usinagem a seco, recomenda-se afastar os cavacos com ar comprimido.
6. Na operação com materiais mais difíceis, recomenda-se que a operação de fresamento de roscas seja executada em 2 ou 3 passos. O Selector dá a opção de gerar um programa CNC dividindo o corte pela metade ou 1/3 (2 ou 3 passos).

VANTAGENS DO FRESAMENTO DE ROSCAS COMPARADO COM ROSQUEAMENTO CONVENCIONAL

- O fresamento de roscas proporciona confiabilidade aumentada, ou seja:
 - Cavacos menores.
 - Ajustes de tolerâncias podem ser feitos usando cálculos exatos.
 - Rosca total até o fundo do furo.
- Vida prolongada da ferramenta.
- Adequado para a maioria dos materiais.
- A mesma fresa pode ser utilizada para vários diâmetros, desde que o passo seja o mesmo.
- A mesma ferramenta pode ser utilizada para roscas internas tanto à esquerda quanto à direita, e G pode ser usada tanto para roscas internas quanto externas.
- Permite usinagem a seco.
- O escareador na ferramenta métrica permite chanfrar.
- Roscas cônicas têm a possibilidade de chanfrar com qualidade e precisão maiores em comparação com machos convencionais.

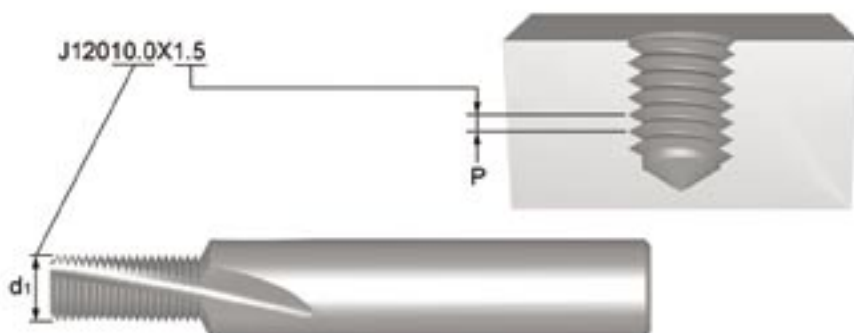
Fresamento com Interpolação de Roscas

OUTROS FATOS RELATIVOS AO FRESAMENTO COM INTERPOLAÇÃO DE ROSCAS

- A interpolação de roscas é um processo lento e a economia de tempo é aparente em dimensões maiores. Porém, a qualidade do acabamento e a precisão atingida podem compensar consideravelmente, em troca da velocidade no processo de produção.
- A profundidade da rosca é limitada: 2 x Diâmetro para Métrico e 1.5 x Diâmetro para Métrico Fino e G.
- É possível reafiar a fresa no lado da incidência (ver Seção Reafiação).

ESCOLHA DA SUA FERRAMENTA

Todas as fresas para roscar têm um Código com base no tipo, diâmetro (d_1) e o passo (P). O Código do Item é o número a ser utilizado quando da encomenda da sua ferramenta. Consultar sempre o Catálogo/ Selector para a dimensão correta da rosca da ferramenta.



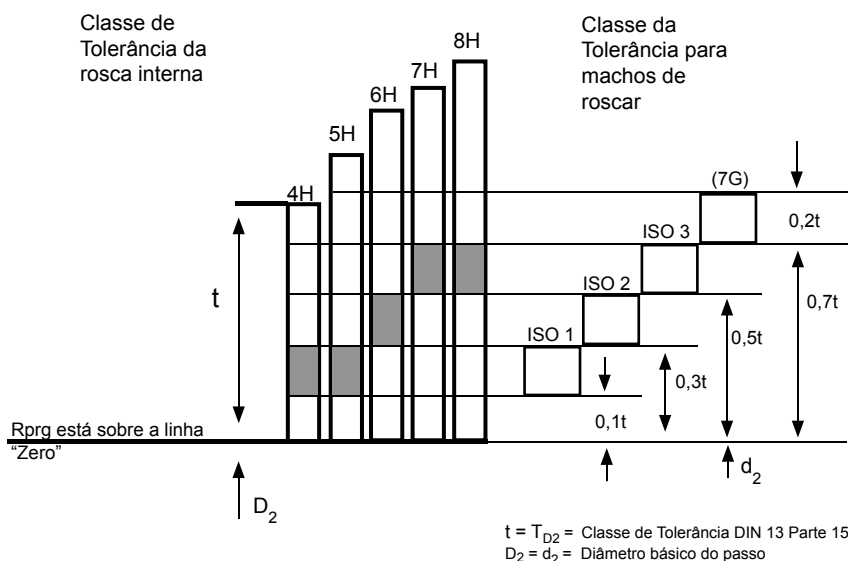
Esta fresa para roscas pode ser utilizada para roscas $\geq$ M12x1.5 (M14x1.5, M16x1.5 etc)

Fresamento com Interpolação de Roscas

PROGRAMANDO COM RPRG

Para fácil ajuste da tolerância da rosca, programar sempre com correção de raio. O valor Rprg está estampado na fresa e normalmente é entrado na memória do desvio da ferramenta. O Rprg é um valor de partida para fresas novas.

O Rprg é baseado na linha Zero teórica da rosca. Isto significa que quando você trabalha com Rprg, a rosca jamais é grande demais, porém muito apertada, normalmente apertada demais. Você tem de adicionar um valor pequeno posteriormente a fim de achar a tolerância correta para seu Diâmetro Nominal da rosca. Verificar com um calibre. Se você utiliza o Selector para gerar o programa CNC, você obterá uma recomendação de quanto ajustar o valor Rprg para obter a tolerância selecionada. Lembre-se que um valor Rprg menor resulta num maior diâmetro nominal da rosca.



Fresamento com Interpolação de Roscas

SOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO FRESAMENTO DE ROSCAS

Problema	Causa	Solução
Curta vida útil da ferramenta	Dados de corte errados	Reduzir velocidade/avanço
	Instabilidade	Verificar porta-ferramentas
	Desgaste rápido	Reduzir a velocidade
Fresa quebra	Evacuação de cavacos deficiente	Utilizar ar comprimido, emulsão ou refrigeração interna
	Carga exagerada	Dividir o corte em 2 ou 3 passos
		Reduzir o avanço
	Instabilidade	Verificar/ trocar o porta-ferramenta
Escamação	Instabilidade	Verificar/ trocar o porta-ferramenta
	Dados de corte errados	Reduzir velocidade/ avanço
	Carga exagerada	Dividir o corte em 2 ou 3 passos
		Reduzir o avanço

Para uma melhor vida útil da ferramenta utilizar sempre o programa CNC recomendado com entrada suave correta no material. Verificar com o Selector.

Programação:

“Não consigo encontrar a linguagem de programação para minha máquina CNC no Selector”

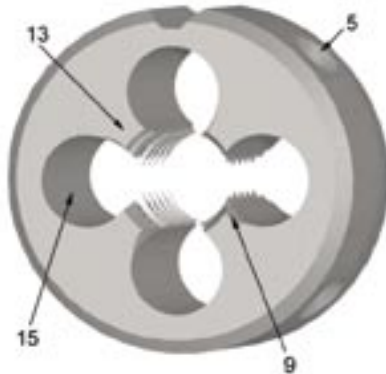
– Muitos sistemas de comando podem ser comutados para DIN/ISO quando da execução do percurso para o fresamento de roscas. Verificar com o manual.

“É a primeira vez que utilizo uma fresa para roscas e quando opero a fresa acima da peça de trabalho, parece que irá originar uma rosca grande demais.”

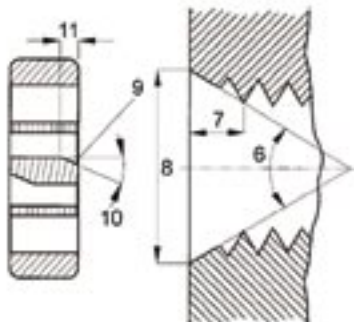
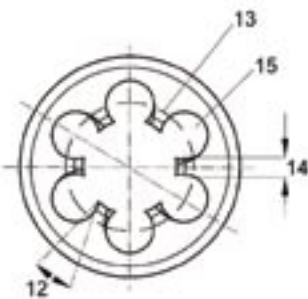
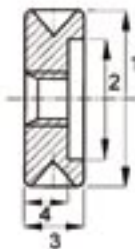
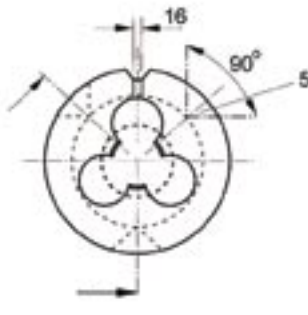
- O sistema de comando não está lendo que você tem deslocado o centro da ferramenta para o contorno (M41). Verificar que o valor Rprg correto esteja no registro da memória da ferramenta, e que a ferramenta correta está relacionada a este valor Rprg.

Rosqueamento com Cossinetes

NOMENCLATURA



- 1 Diâmetro externo
- 2 Diâmetro do Recesso
- 3 Espessura
- 4 Comprimento da Rosca
- 5 Furo cônico para Parafuso Fixador
- 6 Ângulo do Chanfro
- 7 Comprimento do Chanfro
- 8 Diâmetro do Chanfro
- 9 Ângulo de entrada – Gun-nose
- 10 Ângulo da hélice
- 11 Comprimento da hélice
- 12 Ângulo de saída
- 13 Campo
- 14 Largura do Campo
- 15 Furo de Alívio
- 16 Rasgo para Regulagem



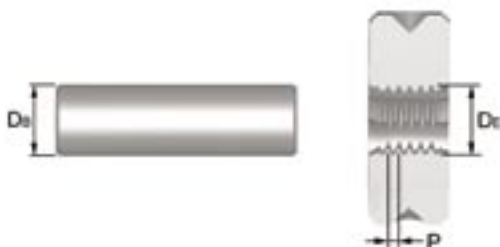
Rosqueamento com Cossinetes

DICAS GERAIS PARA ROSQUEAMENTO COM COSSINETES

1. Antes de aplicar o cossinete, chanfrar a extremidade da barra num ângulo de 45 graus para eliminar uma carga repentina sobre as arestas guia. Verificar que o cossinete seja apresentado perpendicularmente à barra.
2. Utilizar tolerâncias grandes associadas com o principal diâmetro da barra, reduzindo o diâmetro da barra (ver abaixo). Isto reduzirá para um mínimo a força de corte.
3. Utilizar cossinete tipo gun-nose, pois isto assegura que os cavacos são afastados da área de corte.
4. Verificar que uma boa quantidade de lubrificante correto seja dirigida à área de corte.
5. Quando da regulagem de cossinetes com rasgo, evitar abrir demais pois isto poderá causar atrito. Os cossinetes com rasgo podem ser fechados em aproximadamente 0.15 mm, girando os parafusos de regulagem por igual. A pressão num só lado do cossinete poderá provocar ruptura.
6. Em geral, as porcas para rosquear são utilizadas para recuperar ou limpar manualmente roscas existentes. Tendem a ter de uma construção mais robusta e devem ser utilizadas somente em circunstâncias excepcionais para abrir uma rosca numa barra sólida.

DIMENSÕES ANTES DA USINAGEM

O diâmetro da barra deverá ser menor que o diâmetro externo máximo da rosca do parafuso.



$$D_B = D_E - (0,1 * P)$$

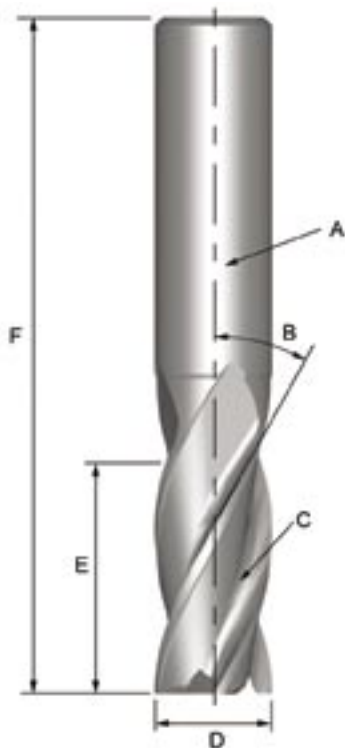
Rosqueamento com Cossinetes

SOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO ROSQUEAMENTO COM COSSINETES

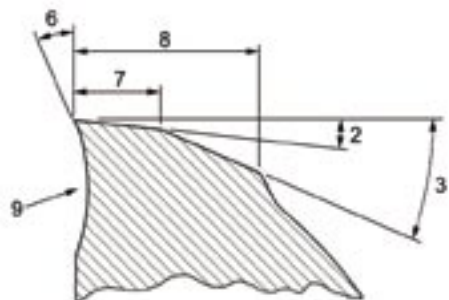
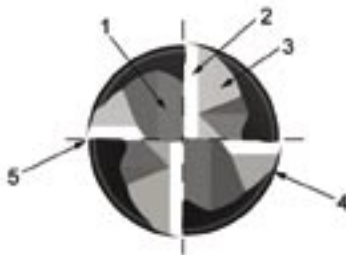
Problema	Causa	Solução
Sobre-dimensão / sub-dimensão	Falta de alinhamento	Corrigir alinhamento, garantir limpeza
	Taxa de avanço axial incorreta	Assegurar que a taxa de avanço axial esteja controlada com precisão
Acabamento deficiente	Ângulo de incidência incorreto para o material	Experimentar cossinetes alternativos ou especiais
	Lubrificante incorreto (faltando)	Ver Seção Lubrificantes
	Velocidade incorreta	Seguir recomendações do Catálogo
	Diâmetro da barra grande demais	Reduzir diâmetro para dimensão adequada
	Extremo da barra não tem chanfro	Verificar que o extremo da barra esteja chanfrado
Escamação/ quebra	Tipo de cossinete errado	Seguir recomendações do Catálogo
	Velocidade alta demais	Seguir recomendações do Catálogo
	Diâmetro da barra grande demais	Reduzir diâmetro para dimensão adequada
	Extremo da barra não tem chanfro	Verificar que o extremo da barra esteja chanfrado
	Falta de alinhamento	Corrigir alinhamento, garantir limpeza
Desgaste rápido	Lubrificante incorreto (faltando)	Ver Seção Lubrificantes
	Velocidade alta demais	Seguir recomendações do Catálogo
Formação de aresta postiça	Lubrificante incorreto (faltando)	Ver Seção Lubrificantes
	Diâmetro da barra grande demais	Reduzir diâmetro para dimensão adequada
	Velocidade baixa demais	Seguir recomendações do Catálogo

Fresamento

NOMENCLATURA



- A Haste
- B Ângulo da Hélice
- C Canal
- D Diâmetro Externo
- E Comprimento de Corte
- F Comprimento Total



- 1 Gash - Rebaixamento
- 2 Ângulo de alívio primário
- 3 Ângulo de alívio secundário
- 4 Dorso
- 5 Aresta de corte

- 6 Ângulo de saída
- 7 Largura do campo de alívio primário
- 8 Largura do campo de alívio secundário
- 9 Face rebaixada

DICAS GERAIS PARA FRESAMENTO

O fresamento é um processo de gerar superfícies usinadas pela remoção progressiva de uma quantidade pré-determinada de material da peça de trabalho a uma taxa de movimento ou avanço relativamente baixa mediante uma fresa que gira a uma velocidade comparativamente alta. A característica principal do processo de fresamento é que cada aresta de corte da fresa remove a sua parcela do material na forma de cavacos individuais pequenos.

TIPOS DE FRESAS

As três operações básicas de fresamento são mostradas abaixo: (A) fresamento periférico, (B) fresamento facial e (C) fresamento de topo.



No fresamento periférico (também denominado fresamento de blocos), o eixo de rotação da fresa está paralelo à superfície da peça de trabalho a ser usinada. A fresa tem um número de facas na sua circunferência, cada uma atuando como uma ferramenta de corte individual para fresamento plano. As fresas utilizadas em fresamento periférico podem ter facas retas ou helicoidais gerando uma ação de corte ortogonal ou oblíqua. No fresamento facial, a fresa está montada num fuso com uma rotação do eixo perpendicular à superfície da peça de trabalho. A superfície fresada resulta da ação de arestas de corte localizadas na periferia e na face da fresa.

No fresamento de topo, a fresa geralmente gira num eixo vertical com relação à peça de trabalho. Pode ser inclinada para usinar superfícies cônicas. As arestas cortantes estão localizadas tanto na face terminal da fresa quanto na periferia do corpo da fresa.

Fresamento

FRESAS PERIFÉRICAS E FACIAIS

Fresas de Topo e Radial	Fresas de Disco	Fresas de Perfil	
			
Têm arestas cortantes periféricas e mais arestas cortantes numa face. Têm rasgo de chaveta para fixação no fuso.	Têm arestas de corte nos lados e também na periferia. As facas estão em zig-zag de modo que cada faca alternada corta num lado determinado do rasgo. Isto permite que sejam feitos cortes profundos, pesados.	Nas fresas de perfil as arestas de corte periféricas localizam-se num cone e não num cilindro. Pode ser originado um ângulo simples ou duplo.	

FRESAS DE TOPO

Fresas de Topo	Fresas de Topo Esférico	Fresas de Topo com Raio	Mini-Fresas
			
Estas fresas de topo têm um ângulo reto na extremidade da fresa.	A forma nos extremos das fresas é uma semi-esfera.	Estas fresas de topo têm um pequeno raio na extremidade em vez de uma aresta em esquadro.	Fresas de topo com diâmetro de corte de até 1 mm.

SELEÇÃO DA FRESA DE TOPO E DOS PARÂMETROS DE FRESAMENTO

Antes de iniciar um serviço de fresamento devem ser adotadas várias decisões para determinar:

- a fresa de topo mais adequada a ser usada
- a velocidade de corte e a taxa de avanço mais corretas para proporcionar um bom equilíbrio entre a rápida remoção do material e uma longa vida da ferramenta.

Determinação da fresa de topo mais adequada:

- identificar o tipo de fresamento de topo a ser executado:
 1. tipo de fresa de topo
 2. tipo de centro.
- considerar as condições e a idade da máquina-ferramenta.
- selecionar as melhores dimensões da fresa de topo para minimizar as tensões de deflexão e de flexão:-
 1. a rigidez mais elevada
 2. o maior diâmetro da fresa
 3. evitar uma projeção excessiva da ferramenta com relação ao porta-ferramenta.
- escolher a quantidade de canais
 1. mais canais – espaço diminuído para cavacos – rigidez aumentada – permite avanço da mesa mais rápido
 2. menos canais – espaço aumentado para cavacos – rigidez diminuída – fácil ejeção dos cavacos.

A determinação da velocidade de corte correta e da taxa de avanço só pode ser feita quando forem conhecidos os seguintes fatores:

- tipo de material a ser usinado
- material da fresa de topo
- potência disponível no fuso
- tipo de acabamento.

CARACTERÍSTICAS DA FRESA DE TOPO – ARESTAS DE CORTE NA EXTREMIDADE
As arestas de corte na extremidade dividem-se em:

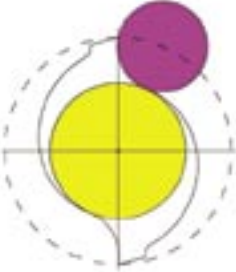
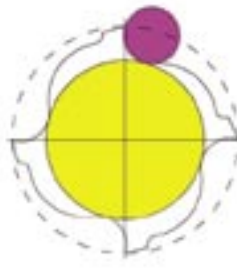
Tipo com corte sobre o centro	Tipo sem corte sobre o centro
	
Permite operações de furação e mergulho. Duas arestas atingem o centro no caso de um número par de canais (p.ex. 2-4-6,etc). Somente uma aresta no caso de número ímpar (p.ex.3-5, etc)	Usado somente para perfilamento e rasgos abertos. Permite a reafiação entre centros.

Fresamento

CARACTERÍSTICAS DA FRESA DE TOPO – ESCOLHA DO NÚMERO DE CANAIS

O número de canais é determinado por:

- Material a ser fresado
- Dimensão da peça de trabalho
- Condições do fresamento

2 Canais	3 Canais	4 Canais(ou multicanais)
		
Resistência à flexão Baixa ←————→ Alta		
Espaço para cavaco Grande ←————→ Pequeno		
• Espaço grande para cavacos • Ejeção fácil de cavacos. • Boa para fresar rasgos. • Boa para fresamento pesado • Menor rigidez devido à pequena área transversal. • Acabamento da superfície de qualidade inferior.	• Espaço para cavacos quase tão grande como para 2 canais. • Área transversal maior – maior rigidez que com 2 canais. • Melhor acabamento da superfície.	• Rigidez mais elevada. • Maior área transversal – pequeno espaço para cavacos. • Produz melhor acabamento da superfície. • Recomendada para perfilar, fresamento lateral e rasgos pouco profundos.

CARACTERÍSTICAS DA FRESA DE TOPO – ÂNGULO DA HÉLICE

O aumento do número dos canais torna a carga nas facas individuais mais homogênea, e em consequência, permite um acabamento melhor. Porém com um ângulo de hélice elevado, a carga (FV) ao longo do eixo da fresa também é aumentada. Uma FV elevada pode causar:

- Problema de carga nos mancais
- Deslocamento da fresa ao longo do eixo do fuso. Para evitar este problema é necessário utilizar hastes Weldon ou parafusadas.



CARACTERÍSTICAS DA FRESA DE TOPO – TIPO DE FRESA

A norma DIN 1836 define os diferentes tipos de perfis das fresas:

	Tipo de fresa para aços, resistência baixa até alta.
	Tipo de fresa para materiais maleáveis moles.

A norma DIN 1836 também define os quebra-cavacos:

	Quebra-cavacos arredondado de passo grosso Adequado para corte pesado em aços e materiais não-ferrosos com resistência à tração de até 800 N/mm ² .
	Quebra-cavacos arredondado de passo fino Adequado para fresamento de desbaste em aços duros e materiais não-ferrosos com resistência à tração acima de 800 N/mm ² .
	Quebra-cavacos para semi-acabamento Adequado para desbaste de ligas leves e para o semi-acabamento de aços e materiais não ferrosos.
	Quebra-cavacos de perfil plano para passo grosso Tem a mesma aplicação que o NR, obtendo, porém, uma boa superfície de acabamento e por este motivo é colocado entre desbaste e acabamento, também denominado semi-acabamento.

A Dormer tem introduzido dois tipos de fresas de desbaste com **quebra-cavacos assimétricos**:

	Quebra cavacos de perfil arredondado assimétrico para passo fino. A assimetria do quebra-cavacos reduz da vibração e aumenta a vida da ferramenta.
	Quebra-cavacos de perfil arredondado assimétrico para passo grosso. A assimetria do quebra- cavacos reduz da vibração e aumenta a vida da ferramenta.

TIPOS DE FRESAMENTO DE TOPO

Há muitas diferentes operações que estão compreendidas sob o termo “fresamento de topo”. Para cada operação há um tipo ótimo de fresa. Três parâmetros influenciam a escolha do tipo de fresa:

- Direção de utilização da fresa
- MRR (Taxa de Remoção do Material)
- Aplicação

Fresamento

DIREÇÃO DE UTILIZAÇÃO DA FRESA

Pode-se desdobrar a faixa das fresas em relação às possíveis direções de operação sobre a superfície da peça de trabalho. Há três tipos diferentes:

3 Direções	2 Direções	1 Direção

Note que a direção axial só é possível com as fresas de topo com corte central.

MRR (TAXA DE REMOÇÃO DE MATERIAL) Q

Podemos calcular a taxa de remoção de material Q como o volume de material removido dividido pelo tempo gasto para removê-lo. O volume removido é o volume inicial da peça de trabalho menos o volume final. O tempo de corte é o tempo necessário para o deslocamento da ferramenta ao longo da peça de trabalho. Este parâmetro tem uma forte influência sobre o grau do acabamento da peça de trabalho.

$$Q = \frac{a_p * a_e * v_f}{1000} \quad \begin{array}{l} Q = \text{MRR (cm}^3/\text{min)} \\ a_p = \text{profundidade axial (mm)} \end{array} \quad \begin{array}{l} a_e = \text{profundidade radial (mm)} \\ v_f = \text{velocidade do avanço mm/min} \end{array}$$

APLICAÇÕES

A MRR e as aplicações estão fortemente relacionadas. Para cada diferente aplicação temos um diferente MRR que aumenta com a área da fresa que age sobre a peça de trabalho. O Catálogo Dormer mais recente foi elaborado com ícones simples que mostram as diversas aplicações.

Fresamento lateral	Fresamento facial	Fres. de ranhuras	Fres. de mergulho	Fres. de rampas
A profundidade radial do corte deverá ser inferior a 0.25 do diâmetro da fresa de topo.	A profundidade radial do corte não deverá ser mais de 0.9 do diâmetro, a profundidade axial do corte menor que 0.1 do diâmetro.	Usinagem de um rasgo para chaveta. A profundidade radial do corte é igual ao diâmetro da fresa de topo.	Só é possível furar a peça de trabalho com uma fresa de topo com corte central. Nesta operação o avanço deverá ser dividido por 2.	Entradas tanto axial quanto radial na peça de trabalho.



P9 Ranhurar

É importante destacar a capacidade de executar rasgos com tolerância P9 (veja tabela na página 29 do capítulo Informações Gerais). Nossas fresas aptas para ranhurar com esta tolerância têm o ícone P9.

FRESAMENTO - CONVENCIONAL X ASCENDENTE

A ação de corte ocorre tanto por fresamento convencional como por fresamento em subida.



Fresamento Convencional



Fresamento Ascendente

FRESAMENTO CONVENCIONAL

No fresamento convencional, a maior espessura do cavaco é no final do corte. O movimento de avanço é oposto ao da rotação da ferramenta.

Vantagens:

- A operação da faca não é uma função de características da superfície da peça de trabalho.
- Contaminações ou escamas na superfície não afetam a vida da ferramenta.
- O processo de corte é suave, desde que as facas da fresa estejam bem afiadas.

Desvantagens:

- A ferramenta tem a tendência de trepidar.
- A peça de trabalho tem a tendência de ser puxada para cima, sendo importante uma fixação adequada.
- Desgaste mais rápido da ferramenta do que no fresamento ascendente.
- Os cavacos caem na frente da fresa – disposição dos cavacos é difícil.
- A força para cima tende a levantar a peça de trabalho.
- É necessária uma potência maior devido ao atrito aumentado ocasionado pelo começo do cavaco na espessura mínima.
- O acabamento da superfície é prejudicado devido aos cavacos serem carregados para cima pela aresta de corte.

Fresamento

FRESAMENTO ASCENDENTE

No fresamento ascendente o corte inicia-se na localização mais grossa do cavaco. O deslocamento do avanço e a rotação da ferramenta têm a mesma direção.

Vantagens:

- O componente para baixo da força de corte mantém a peça de trabalho no seu lugar, especialmente para peças finas.
- Disposição dos cavacos mais fácil – os cavacos são removidos por detrás da fresa.
- Menor desgaste – a vida da ferramenta aumenta em até 50%.
- Melhor acabamento da superfície – é menos provável que os cavacos sejam carregados pelos dentes.
- Necessita-se potência menor – Pode ser utilizada fresa com ângulo de incidência elevado.
- Este fresamento exerce uma força para baixo na peça de trabalho – dispositivos de fixação simples e mais econômicos.

Desvantagens:

- Devido às elevadas forças de impacto que resultam quando as facas atingem a peça de trabalho, esta operação exige uma montagem rígida e se deve eliminar o contra golpe do mecanismo do avanço da mesa.
- Este fresamento não é adequado para usinar peças que tenham escamas superficiais, tais como os metais trabalhados a quente, forjados e fundidos. As escamas são duras e abrasivas, e causam desgaste excessivo e danos às facas da fresa, reduzindo assim a vida da ferramenta.

FRESAS DE TOPO COM PONTA ESFÉRICA

Uma fresa de topo com ponta redonda, também conhecida como fresa de topo esférica, tem uma semi-esfera na extremidade da ferramenta. As fresas de topo com ponta esférica são usadas extensamente na usinagem de modelos, moldes, e em peças de trabalho com superfícies complexas nas indústrias automotiva, aeroespacial e de defesa.

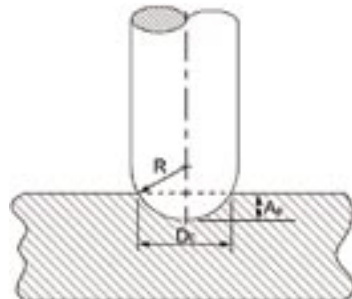
O diâmetro operacional é o fator principal usado no cálculo da velocidade necessária no fuso. O diâmetro operacional é definido como o diâmetro real da fresa na linha da profundidade de corte axial. O diâmetro operacional é afetado por dois parâmetros: o diâmetro da ferramenta e a profundidade axial do corte.

$$D_E = 2 * \sqrt{R^2 - (R - A_p)^2}$$

D_E = Diâmetro operacional

R = Raio da ferramenta

A_p = Profundidade Axial do corte



O diâmetro operacional substitui o diâmetro da fresa para o cálculo da velocidade de corte efetiva V_c para o fresamento com ponta esférica. A fórmula é:

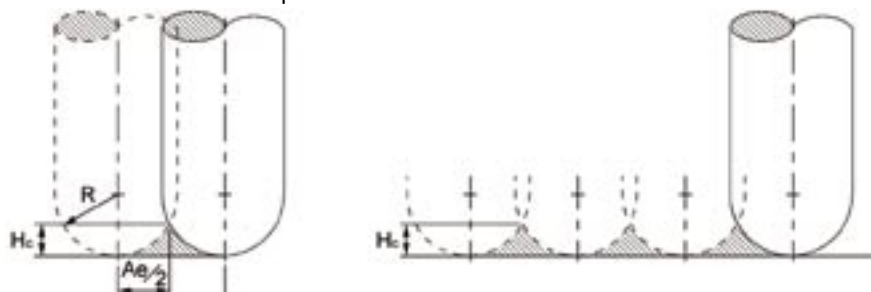
$$V_c = \frac{\pi * D_E * n}{1000}$$

V_c = Velocidade de corte (m/min)

D_E = Diâmetro operacional (mm)

n = Velocidade de rotação (rpm)

Quando uma fresa com a extremidade não-plana, tal como uma fresa com ponta esférica, é utilizada para cortar uma superfície num padrão em zig-zag, cria-se uma faixa não cortada entre os dois passos de corte. A altura destas faixas indesejadas, é chamada de altura da cúspide.



A altura da cúspide pode ser calculada

$$H_c = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{Ae}{2}\right)^2}$$

OU

$$Ae = 2 \sqrt{R^2 - (R - H_c)^2}$$

H_c = Altura de cúspide

R = Raio da ponta da ferramenta

Ae = Valor da superposição entre dois passos de corte

A correlação entre H_c e R_A (rugosidade da superfície) é aproximadamente:

H_c (μm)	0,2	0,4	0,7	1,25	2,2	4	8	12,5	25	32	50	63	100
R_A (μm)	0,03	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	8	12,5	16	25

R_A é aprox. 25 % de H_c

Fresamento

FRESAS DE TOPO COM PONTA ESFÉRICA EM AÇOS TEMPERADOS

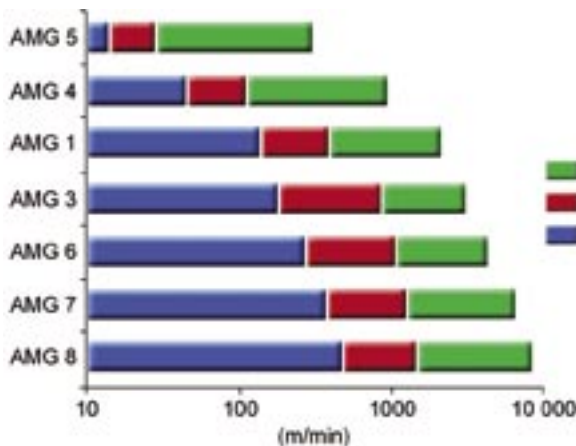
As orientações seguintes podem ser utilizadas para a profundidade axial na usinagem de aço temperado.

Dureza (HRC)	Profundidade Axial = A_p
$30 \leq 40$	$0,10 \times D$
$40 \leq 50$	$0,05 \times D$
$50 \leq 60$	$0,04 \times D$

USINAGEM EM ALTA VELOCIDADE

A Usinagem em Alta Velocidade (HSM) pode ser definida em diversos modos. Com relação às velocidades de corte atingíveis, sugere-se que a operação com velocidades de corte significativamente mais elevadas que as utilizadas tipicamente para um determinado material sejam denominadas HSM.

A = Faixa HSM, B = Faixa de Transição, C = Faixa Normal



DEFINIÇÃO DE HSM

A uma determinada velocidade de corte (5-10 vezes mais alta que na usinagem convencional), a temperatura de remoção dos cavacos na aresta de corte começa a diminuir.

VANTAGENS DA HSM

• Utilização aumentada da máquina-ferramenta • Melhor qualidade das peças • Tempo de usinagem reduzido • Mão de obra reduzida • Custos reduzidos • Baixa temperatura da ferramenta • Desgaste minimizado da ferramenta em altas velocidades • Utilização de menos ferramentas	• Forças de corte são baixas (devido à carga de cavacos reduzida) • Necessidade de potência baixa e rigidez baixa • Menor deflexão das ferramentas • Obtém-se melhor precisão e acabamento • Capacidade para usinar espessuras finas • Tempo reduzido na sequência do processo • Possibilidade de maior estabilidade contra força de corte com vibrações
--	--

ESTRATÉGIAS NO FRESAMENTO

CORREÇÃO DE AVANÇOS QUANDO DO FRESAMENTO DE CONTORNOS INTERNOS E EXTERNOS

Contorno interno	Contorno externo
$v_{fprog} = v_f * \frac{R2 - R}{R2}$	$v_{fprog} = v_f * \frac{R2 + R}{R2}$
A = Caminho seguido na peça de trabalho B = Deslocamento do ponto central da fresa R = Raio da fresa R1 = Raio para o caminho de deslocamento da fresa R2 = Raio a ser fresado na peça de trabalho	

Importante: Alguns sistemas de comando de máquinas têm correção automática, a função M.

AVANÇO TIPO RAMPAS

Recomendações para ângulos de rampa máximos (α) para fresas de topo HM.

Número de facas da fresa de topo	2	3	≥ 4
Para aço e ferro fundido	≤ 15	≤ 10	≤ 5
Para alumínio, cobre e plásticos	≤ 30	≤ 20	≤ 10
Para aços temperados	≤ 4	≤ 3	≤ 2



Fresamento

AVANÇO – TIPO ESPIRAL

Recomendações para avanços tipo espiral em diferentes materiais.

Material	ap recomendado
Aço	$< 0,10 \times D$
Alumínio	$< 0,20 \times D$
Aço temperado	$< 0,05 \times D$

$$D_{bmax} = 2 * (D - R)$$

D_{bmax} = Diâmetro máximo possível de furação

D = Diâmetro da fresa

R = Raio da aresta da fresa

Utilizar o diâmetro máximo de furação (próximo de D_{bmax}) para boa evacuação dos cavacos.

MERGULHO AXIAL

Nesta operação, a taxa de avanço deve ser dividida pelo número de facas. É favor considerar que não é aconselhável mergulho axial com uma fresa de topo com mais do que quatro facas.



SOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO FRESAMENTO

Problema	Causa	Solução
Quebra	Remoção exagerada de material	Diminuir o avanço por faca
	Avanço elevado demais	Diminuir o avanço
	Comprimento dos canais ou total grandes demais	Introduzir mais a haste no porta-ferramenta, utilizar fresa de topo mais curta
Desgaste	Material da peça de trabalho duro demais	Verificar Catálogo ou Selector para ferramenta correta com material de classe mais elevada e/ou revestimento adequado
	Avanço e velocidade inadequados	Verificar Catálogo ou Selector para parâmetros de corte corretos
	Evacuação de cavacos deficientes	Reposicionar as linhas do refrigerante
	Fresamento convencional	Fresamento ascendente
	Hélice de corte inadequada	Ver recomendações no Catálogo/ Selector para alternativa correta de ferramenta
Escamação	Taxa de avanço elevada demais	Reduzir taxa de avanço
	Trepidação	Reduzir as RPM
	Baixa velocidade de corte	Aumentar as RPM
	Fresamento convencional	Fresamento ascendente
	Rigidez da ferramenta insuficiente	Escolher uma ferramenta mais curta e/ou colocar a haste mais para dentro do porta-ferramentas
	Rigidez insuficiente da peça de trabalho	Fixar firmemente a peça de trabalho
Vida útil curta da ferramenta	Material de trabalho tenaz	Verificar Catálogo ou Selector por alternativa correta da ferramenta
	Ângulo de corte e alívio primário inadequados	Mudar para ângulo de corte correto
	Atrito fresa/ peça de trabalho	Utilizar ferramenta revestida
Acabamento da superfície ruim	Avanço rápido demais	Diminuir para avanço correto
	Velocidade baixa demais	Aumentar a velocidade
	Cavacos mordidos	Diminuir a remoção de material
	Desgaste da ferramenta	Substituir ou reafiar a ferramenta
	Acúmulo de cavacos	Mudar para ferramenta com hélice maior
	Cavacos falsos	Aumentar a quantidade do fluido refrigerante
Baixa precisão na peça de trabalho	Deflexão da ferramenta	Escolher uma ferramenta mais curta e/ou colocar a haste mais para dentro do porta-ferramentas
	Número de canais insuficiente	Usar uma ferramenta com mais canais
	Porta-ferramentas solto ou gasto	Consertar ou substituir o porta-ferramenta
	Baixa rigidez do porta-ferramenta	Substituir por porta-ferramenta mais curto/ rígido
	Rigidez deficiente do fuso	Utilizar fuso maior
Trepidação	Avanço e velocidade elevados demais	Corrigir avanço e velocidade com o auxílio do Catálogo/ Selector
	Comprimento dos canais ou total grandes demais	Introduzir mais a haste no porta-ferramenta, usar fresa de topo mais curta
	Corte profundo demais	Diminuir profundidade do corte
	Não há rigidez suficiente (máquina e porta-ferramenta)	Verificar o porta-ferramenta e trocar se necessário
	Rigidez insuficiente da peça de trabalho	Fixar firmemente a peça de trabalho

Bedames

DICAS GERAIS PARA OPERAÇÕES COM BEDAMES

Os bedames da Dormer são insertos tipo indexável com três arestas de corte. Fabricados de aço rápido com liga de cobalto, estão disponíveis com acabamento brilhante, ou revestidos com TiN ou TiAlN. O TiAlN é mais duro que o TiN e tolera temperaturas mais elevadas.

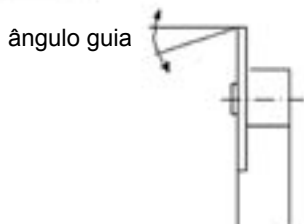
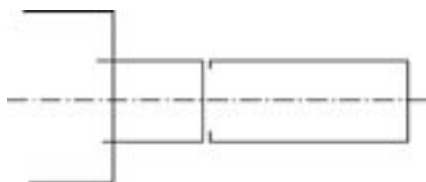
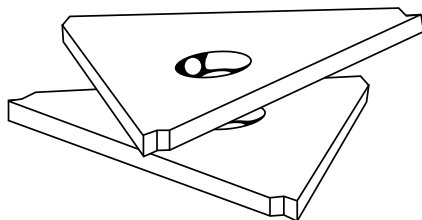
Os lados dos insertos são retificados ocós, significando que a folga será correta radialmente assim como axialmente.

Há um quebra-cavacos na superfície cortante da aresta a fim de obter o melhor tipo possível de cavacos quando da operação em materiais de cavacos compridos.

INSERTOS INDEXÁVEIS EM DOIS TAMANHOS

Os insertos indexáveis são disponíveis em duas dimensões com arestas de corte retas e com ângulos de guia de 8° e 15° nas duas versões, à direita e à esquerda.

Também há disponíveis insertos standard para ranhuras para anéis de retenção, com larguras de 1.1, 1.3, 1.6, 1.85 e 2.15 mm.



reto



porta-ferramenta à direita

à direita



porta-ferramenta à esquerda

à esquerda



Porta-ferramentas

DICAS GERAIS SOBRE PORTA-FERRAMENTAS

INTRODUÇÃO

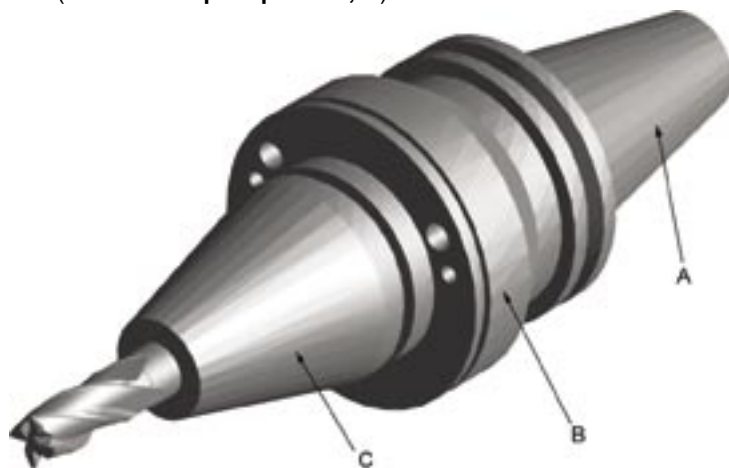
Para definir a qualidade de um porta-ferramentas deve-se primeiro considerar a função do mesmo. Um porta-ferramentas pode ser definido como segue:

É um dispositivo que age como uma interface intercambiável entre o fuso de uma máquina ferramenta e uma ferramenta de corte de maneira que não seja diminuída a eficiência dos elementos mencionados.

Para respeitar esta definição, são essenciais quatro elementos separados:

1. **Concentricidade** - O eixo de rotação do fuso da máquina e o da ferramenta de corte devem ser mantidos concêntricos.
2. **Força de fixação** - A ferramenta de corte deve ser segura firmemente para evitar a sua rotação dentro do mandril.
3. **Padronização** - Os mandris devem ser uniformes entre si. A utilização de mandris com qualidade assegura a constância de fixação, de mandril para mandril.
4. **Balanceamento** - Os porta-ferramentas devem ser balanceados tão perfeitamente como os fusos nos quais são montados.

Como você poderá ver, é possível desdobrar o porta-ferramentas em três partes separadas: a interface com fuso (**cone, A**), a **flange (B)** e a parte para prender a ferramenta (**mecanismo para prender, C**).



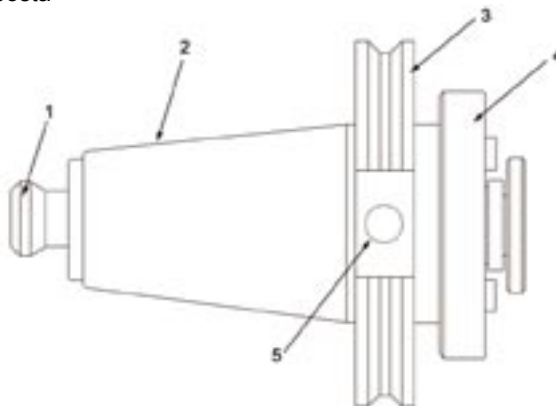
TIPOS DE CONES

- **Cone** (CAT, BT, TC, ISO)
- **HSK** (Haste Cônica Oca). Para mais informações ver a seção HSM (Usinagem em Alta Velocidade)
- **Flutuantes** (só para rosqueamento e alargamento)
- **Outros** (Cone Morse, Haste Automotiva, Haste Cilíndrica 1835 A, Haste Cilíndrica B+E, ABS, Wohlhaupter)

As máquinas manuais grandes e as máquinas CNC têm porta-ferramentas retificados com precisão com um cone macho que se encaixa com o cone fêmea específico da máquina. Também há um modo de segurar o porta-ferramentas no seu lugar mediante um pino de tração ou uma barra com rosca de tração. Nas máquinas CNC o pino de tração é mais popular pois permite uma fácil troca automática das ferramentas.

Um porta-ferramentas consiste de cinco componentes básicos (ver figura abaixo):

1. Pino de tração
2. Haste cônica
3. Flange
4. Adaptador
5. Abertura oposta



HASTE CÔNICA

A Norma define seis dimensões básicas de hastes cônicas, incluindo nº30, nº35, nº40, nº45, nº50, e nº60. As máquinas maiores utilizam mandris que têm números maiores. O cone da haste é confeccionado com 3.5 pol./pé (ou uma conicidade de 7:24).

A Haste Cônica adequada para o Tipo de Máquina

Nº60 Máquinas muito grandes

Nº50 Máquinas de tamanho médio

Nº40 Máquinas pequenas

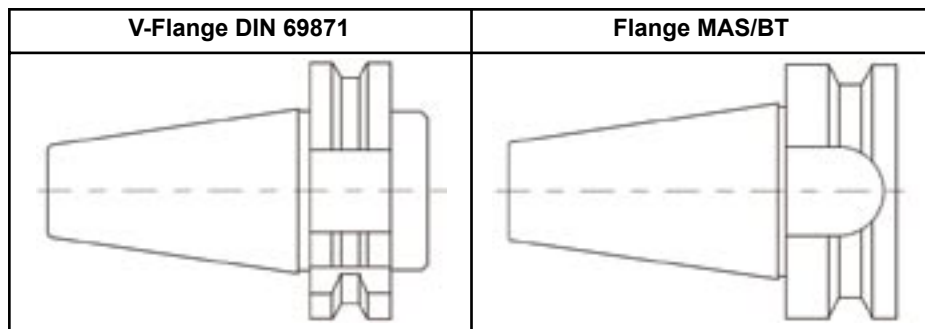
Nº30 Máquinas muito pequenas

Porta-ferramentas

TIPOS DE FLANGES

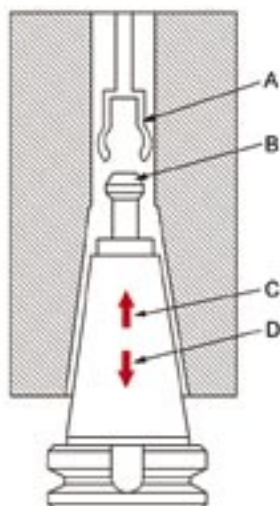
A flange permite que o porta-ferramentas seja seguro pelo prendedor de ferramenta ou pelo fuso da máquina. Há dois tipos de flanges normalmente utilizados: Flange V e Flange BT.

Os porta-ferramentas de flange BT têm roscas métricas para o pino de tração, porém seus adaptadores podem ser projetados para alojar uma grande faixa de ferramentas de corte dimensionadas em polegadas. Os porta-ferramentas com flange BT são extensamente utilizados em centros de usinagem fabricados no Japão e na Europa.



PINO DE TRAÇÃO

O pino de tração permite que a barra de tração (A) do fuso puxe o mandril firmemente para dentro do fuso e o libere automaticamente. Os pinos de tração (B) são confeccionados em vários estilos e dimensões. Não são necessariamente intercambiáveis. Utilizar somente os pinos de tração que são especificados pelo fabricante da máquina-ferramenta.



- A Barra de tração com trava
- B Pino de tração
- C Fixação
- D Liberação

SISTEMAS DE FIXAÇÃO

Existem quatro tipos diferentes de sistemas de fixação para as ferramentas:

1. Mandril DIN 6388 e DIN 6499
2. Mandril Hidráulico
3. Encaixe por contração
4. Weldon e Whistle Notch (Lingüeta de arraste)

Mandril DIN 6388, DIN 6499	Mandril Hidráulico	Encaixe por contração
		
Uma bucha metálica em torno da haste cilíndrica é apertada mediante uma porca.	Um mandril hidráulico utiliza um reservatório de óleo para equilibrar a pressão de fixação em torno da haste da ferramenta. Apertando um parafuso aumenta-se a pressão neste óleo, fazendo com que uma bucha de expansão prenda a haste da ferramenta.	Um mandril com encaixe por contração opera conjuntamente com um aquecedor especial. O mandril aproveita a dilatação e a contração térmica para prender a ferramenta. À temperatura ambiente, o furo no qual a ferramenta está montada é ligeiramente menor comparado com a haste da ferramenta. O aquecimento do mandril dilata este furo permitindo a inserção da ferramenta. Quando o mandril se esfria, o furo contrai-se em torno da ferramenta criando uma fixação concêntrica e rígida.

Porta-ferramentas

Weldon, DIN 1835 B	Whistle Notch, DIN 1835 E
	

Para mandris Weldon e Whistle Notch, um parafuso radial fica em contato com a ferramenta e a mantém no seu lugar. A ferramenta necessita ter uma área plana retificada na haste.

Características	Pinças	Weldon Whistle Notch	Hidráulico	Ajuste por Contração
Usinagem	Fresamento (Rosqueamento) Furação Alargamento Perfuração	Fresamento (Rosqueamento) Furação Alargamento Perfuração	Fresamento Rosqueamento Furação Alargamento Perfuração	Fresamento Furação Alargamento Perfuração
Haste de Fresa de Topo	Haste comum HSS (DIN 1835A) Metal Duro (DIN 6535HA) Haste com rosca HSS (DIN 1835D)	Haste Weldon HSS (DIN 1835B) Metal Duro (DIN 6535HB) Whistle Notch HSS (DIN 1835E) Metal Duro (DIN 6535HE)	Haste comum HSS (DIN 1835A) Metal Duro (DIN 6535HA)	Haste comum HSS (DIN 1835A) Metal Duro (DIN 6535HA)
Concentricidade	Aprox. 25 microns para um porta-ferramentas e bucha de boa qualidade	Aprox. 10 microns	Aprox. 5 microns	Aprox. 4 microns
Rigidez	Boa	Muito boa	Razoável	Excelente

Características	Pinças	Weldon Whistle Notch	Hidráulico	Ajuste por Contração
Balanceamento	Existem diferentes tipos de pinças em relação à concentricidade	A geometria assimétrica cria desequilíbrio, porém os mandris são fabricados de forma que possam ser balanceados.	A geometria assimétrica cria desequilíbrio, porém os mandris são fabricados de forma que possam ser balanceados.	É o melhor – Sem parafusos ou outras características assimétricas, o porta-ferramentas é inerentemente bem balanceado.
Vibração	Sem vantagens	Sem vantagens	O reservatório de fluido poderá oferecer alguma capacidade para amortecer as vibrações	Sem vantagens
Facilidade de uso	Baixa – a precisão depende do operador	Boa	Melhor – a precisão é consistente, mas o mecanismo de fixação é facilmente danificado.	Elevada – operadores com pouca habilidade podem utilizá-lo eficientemente
Custo	Normal	Normal	Mais caro	Os porta-ferramentas são baratos, mas a necessidade de um aquecedor significa que há um elevado custo inicial.

Porta-ferramentas

BALANCEAMENTO DO SISTEMA DE PORTA-FERRAMENTAS / FRESA

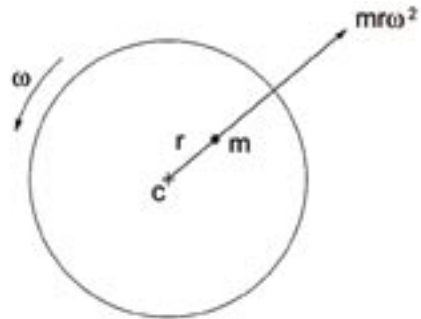
O desequilíbrio ocorre quando o centro da massa e o centro geométrico não coincidem entre si.

O valor do desequilíbrio é expresso como:

$$U = m * r$$

$$e = \frac{U}{M} = \frac{m * r}{M}$$

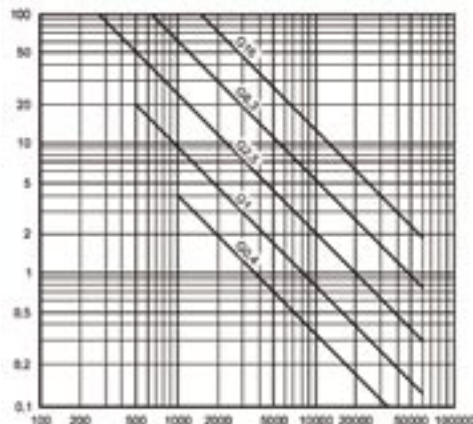
$$G = \frac{e * 2 * \pi * n}{60.000}$$



Quantidade	Símbolo	Unidade
Limite de desbalanceamento específico	e	gmm/Kg
Código da Classe do Equilíbrio	G	mm/s
Massa desequilibrada	m	g
Velocidade angular constante	ω	rad/s
Massa do rotor	M	Kg
Distância da massa desequilibrada até a linha de centro	r	mm
Limite de desbalanceamento total	U	gmm
Velocidade de rotação	n	rpm

QUALIDADE DO BALANCEAMENTO COM BASE EM TABELAS PADRONIZADAS

A classe de Qualidade G (as linhas inclinadas no diagrama abaixo) referem-se à velocidade máxima de rotação da superfície (eixo X) com relação ao desbalanceamento específico permissível **e** (eixo Y).



Para uma classe específica quando a velocidade de rotação da fresa aumenta, o desbalanceamento permissível diminui.

As classes de qualidade de equilíbrio são diferenciadas entre si mediante um fator 2,5.
 $0,4 \times 2,5 = 1$ $1 \times 2,5 = 2,5$ $2,5 \times 2,5 = 6,25$ $6,25 \times 2,5 = 15,625$.

Foram desenvolvidas algumas normas com relação a isto.

ISO 1940-1:2003 dá especificações para rotores num estado constante (rígido).
Especifica as tolerâncias de equilíbrio, o número necessário de planos de correção, e os métodos para verificar os desequilíbrios residuais.

Também são dadas recomendações concernentes às exigências de qualidade do balanceamento para rotores num estado rígido, de acordo com o tipo de máquina e velocidade periférica máxima. Estas recomendações têm base em experiências mundiais.

A ISO 1940-1:2003 também é dedicada a facilitar as relações entre o fabricante e o usuário de máquinas rotativas, determinando critérios de aceitação para a verificação do desbalanceamento residual.

A consideração detalhada de erros associados com balanceamento e verificação de desbalanceamentos residuais é dada em ISO 1940-2.

Geralmente o balanceamento do porta-ferramentas é executado sem a ferramenta e verificado com a mesma.

É necessário saber a classe “G” em que o porta-ferramentas foi balanceado e a que velocidade (rpm). Estas duas variáveis definem o máximo deslocamento/vibração permissível do centro de massas. Quanto mais elevada a velocidade, menor deve ser o deslocamento/vibração para uma determinada classe “G”.

Alguns mandris são definidos comercialmente como “mandris balanceados em produção” para velocidades de até 10,000 rpm, sem ser realmente especificados para a classe de tolerância ISO 1940. Quando testados, muitos deles não atingem os padrões de qualidade G6,3, e muito menos a classe G2,5 mais restrita, frequentemente especificada para os mandris.

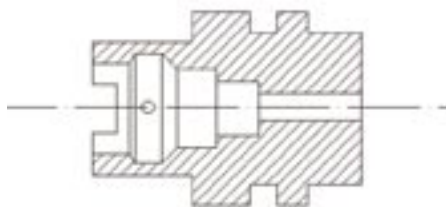
Porta-ferramentas

HSK

O consórcio Alemão de Fabricantes de centros de usinagens, usuários e fabricantes de ferramentas, conjuntamente com o Laboratório para Máquinas Ferramentas na Universidade de Aachen desenvolveram a revolucionária conexão HSK (Hollow Shank Kegel – cone em alemão) para porta-ferramentas.

Em total, foram criados seis padrões separados para as Hastes HSK DIN 69893 e seis para os Fusos Receptores DIN 69063.

DIN 69893-1. HASTES CÔNICAS OCAS - HSK COM SUPERFÍCIE DE CONTATO PLANA, TIPOS **A** E **C**



Forma A

- Tipo Standard para centros de usinagem e máquinas fresadoras
- Para troca automática de ferramentas
- Alimentação do refrigerante através do centro mediante tubo para refrigerante
- Chavetas na extremidade do cone HSK
- Furo para portador de dados DIN STD 69873 na flange.

Forma C

- Para linhas transfer, máquinas especiais e sistemas modulares de ferramental
- Para troca manual das ferramentas
- Alimentação do refrigerante através do centro
- Chavetas na extremidade do cone HSK
- Como todos os porta-ferramentas da Forma A estão equipados com furos laterais para troca manual das ferramentas, também podem ser utilizados como porta-ferramentas da Forma C.

DIN 69893-2. HASTES CÔNICAS OCAS - HSK COM SUPERFÍCIE DE CONTATO PLANA, TIPOS **B** E **D**

Forma B

- Para centros de usinagem, fresas e tornos
- Para flanges de grandes dimensões para usinagem rígida
- Para troca automática de ferramentas
- Alimentação do refrigerante através da flange
- Chavetas na flange
- Furo para portador de dados DIN STD 69873 na flange.

Forma D

- Para máquinas especiais
- Para flanges de grandes dimensões para usinagem rígida
- Para troca manual de ferramentas
- Alimentação de refrigerante através da flange
- Chavetas na flange.

DIN V 69893-5. HASTES CÔNICAS OCAS - HSK COM SUPERFÍCIE DE CONTATO PLANA, TIPO E

Forma E

- Para aplicações em alta velocidade
- Para troca automática de ferramentas
- É possível a alimentação de refrigerante através do centro com um tubo de refrigerante
- Sem chavetas para simetria absoluta.

DIN V69893-6. HASTES CÔNICAS OCAS - HSK COM SUPERFÍCIE DE CONTATO PLANA, TIPO F

Forma F

- Para aplicações de alta velocidade principalmente nas indústrias da madeira
 - Com flange grande para usinagem rígida
 - Para troca automática de ferramentas
 - É possível a alimentação de refrigerante através do centro com um tubo de refrigerante
 - Sem chavetas para ótima simetria.
-
- DIN 69063-1. Receptor de ferramenta para hastes cônicas ocas - HSK Tipo A e C
 - Receptor de ferramenta para hastes cônicas ocas - HSK Tipo B e D
 - Receptor de ferramenta para hastes cônicas ocas - HSK Tipo E
 - DIN 69063-6. Receptor de ferramenta para hastes cônicas ocas - HSK Tipo F

As vantagens dos HSK para o usuário incluem:

- Elevada rigidez estática e dinâmica. A carga para flexão é 30% a 200% maior que os porta-ferramentas cônicos comuns.
- Elevada precisão de reprodução axial e radial. O mandril não tem a tendência a ser “absorvido” como o mandril cônico comum.
- Massa baixa, baixo comprimento do curso quando da troca de ferramentas.
- Fixação centralizada com o dobro da força.

Porta-ferramentas

DISPOSITIVOS PARA ROSQUEAMENTO

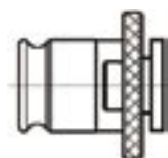
Tipicamente um dispositivo para rosqueamento deve resolver os seguintes problemas:

1. Fixação simples do macho com rápida troca da ferramenta
2. Limitar o torque máximo em relação à dimensão da rosca
3. Compensar os erros de passo da máquina ferramenta.

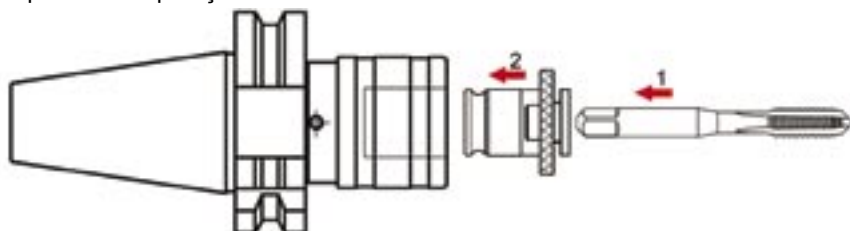
Existem diversos dispositivos que proporcionam estas funções.

DISPOSITIVOS PARA TROCA RÁPIDA DA FERRAMENTA

• Porta-macho sem embreagem

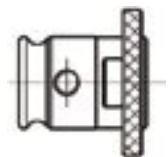


Seqüência de operações

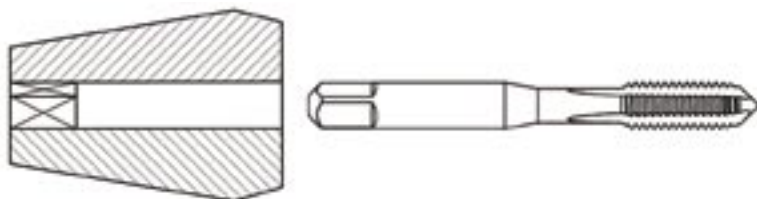


1. Inserir o macho no porta-macho
2. Inserir o porta-macho na extremidade do porta-ferramentas

• Porta-macho sem embreagem com parafuso fixador



• Bucha porta-macho com quadrado no fundo

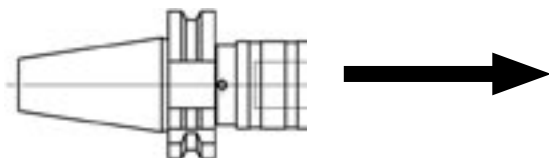


DISPOSITIVOS PARA ROSQUEAMENTO

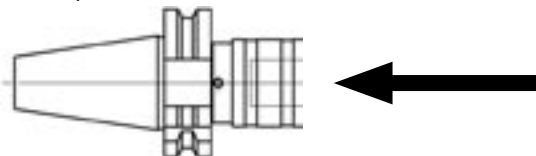
O processo de rosqueamento é um equilíbrio complexo de movimentos de rotação e axial da ferramenta. Ocasionalmente é necessário restringir o movimento axial da ferramenta.

Se o movimento axial não for controlado com precisão, os flancos fronteiros ou traseiros do macho poderão ser forçados a “raspar” progressivamente um flanco da rosca na peça, assim produzindo um fio de rosca fino e super dimensionado.

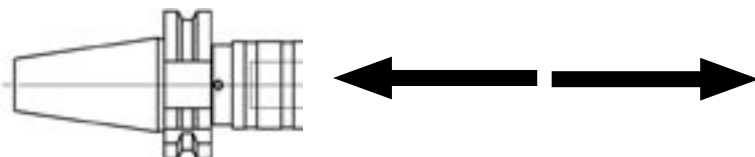
Tensão – a capacidade de flutuação para frente permite ao macho progredir para dentro da peça sem interferência do avanço axial do fuso da máquina.



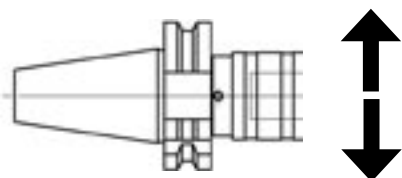
Compressão – a capacidade de flutuação para trás age como um colchão e permite que o macho inicie o corte conforme seu próprio avanço axial, independente do fuso da máquina.



Compressão / Tensão – a flutuação é projetada para cancelar quaisquer forças externas durante a operação de usinagem.



Flutuação Radial – permite pequenos desvios de alinhamento entre os eixos do fuso da máquina e do furo antes do rosqueamento. Não é uma prática recomendada de operação e deverá ser evitada.



Porta-ferramentas

VALORES DE REGULAGENS PARA PORTA-MACHOS COM EMBREAGEM DE SEGURANÇA

Os porta-machos com embreagem de segurança são pré-regulados para os valores que seguem, dependendo da dimensão da rosca.

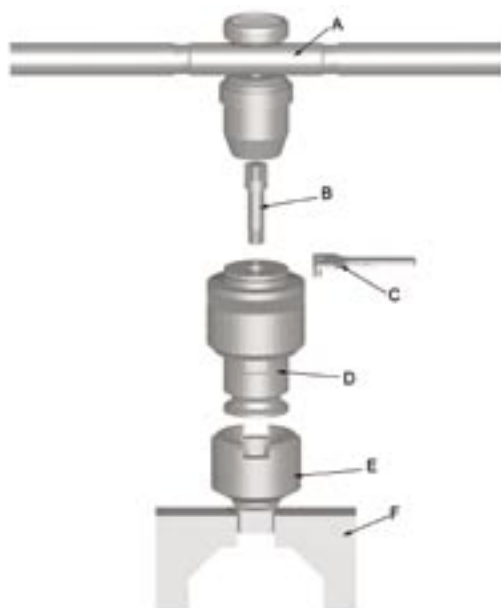
Dimensão da rosca	Regulagem do torque (Nm)
M3	0,50
M3,5	0,8
M4	1,20
M4,5	1,60
M5	2,0
M6	4,0
M8	8,0
M10	16,0
M12	22,0
M14	36,0

Dimensão da rosca	Regulagem do torque (Nm)
M16	40,0
M18	63,0
M20	70,0
M22	80,0
M24	125,0
M30	220,0
M33	240,0
M39	320,0
M45	480,0
M48	630,0

Regulagem do torque num porta-machos com embreagem de segurança

Nota: Regulagem no sentido horário aumenta o torque

Regulagem no sentido anti-horário diminui o torque



- A Chave de Torque
- B Haste Adaptadora para regulagem
- C Chave
- D Porta-machos com embreagem
- E Haste com encaixe sextavado
- F Morsa

CÁLCULO DO TORQUE

$$M_d = \frac{p^2 * D * kc}{8000}$$

Md = Torque
P = Passo

D = Diâmetro nominal em mm
Kc = Força específica de corte

Os valores desta fórmula são válidos para machos novos. Um macho gasto dá aproximadamente um valor duplicado do torque.

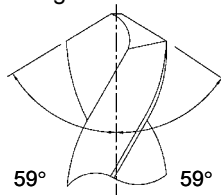
Quando for utilizado um macho laminador, o cálculo do torque deve ser multiplicado por 1.8.

Grupos de Materiais de Aplicação (AMG)			Kc Força específica de corte N/mm ²
1. Aços	1.1	Aços carbono de baixa resistência	2000
	1.2	Aços para cementação	2100
	1.3	Aços carbono	2200
	1.4	Aços liga	2400
	1.5	Aços liga beneficiados	2500
	1.6	Aços liga beneficiados	2600
	1.7	Aço temperado	2900
	1.8	Aço temperado	2900
2. Aços inoxidáveis	2.1	Aço inox de fácil usinagem	2300
	2.2	Austenítico	2600
	2.3	Ferrítico + Austenítico, Ferrítico, Martensítico	3000
3. Ferro fundido	3.1	Cinzeno (lamelar)	1600
	3.2	Cinzeno (lamelar)	1600
	3.3	Nodular (maleável)	1700
	3.4	Nodular (maleável)	2000
4. Titânio	4.1	Titânio não ligado	2000
	4.2	Ligas de titânio	2000
	4.3	Ligas de titânio	2300
5. Níquel	5.1	Níquel não ligado	1300
	5.2	Ligas de níquel	2000
	5.3	Ligas de níquel	2000
6. Cobre	6.1	Cobre	800
	6.2	Latão, Bronze	1000
	6.3	Latão	1000
	6.4	Ligas de Cu-Al-Fe, Bronze de alta resistência	1000
7. Alumínio Magnésio	7.1	Alumínio, Magnésio, não ligados	700
	7.2	Ligas de Al, Si : Si < 0.5%	700
	7.3	Ligas de Al, Si : Si > 0.5% < 10%	800
	7.4	Ligas de Al, Si : Si > 10% Liga de Magnésio Alumínio reforçado	1000
8. Materiais sintéticos	8.1	Materiais termoplásticos	400
	8.2	Materiais plásticos termoendurecidos	600
	8.3	Materiais plásticos reforçados	800
9. Materiais duros	9.1	Materiais cerâmicos, cermets	>2800
10. Grafite	10.1	Grafite	600

PONTA DA BROCA E REAFIAÇÃO

Para produzir uma perfeita ponta de broca, o que segue deverá estar correto:

1. Ângulo da Ponta
2. Ângulo da aresta da Ponta
3. Folga inicial
4. Folga Total



Ângulo da Ponta Standard 118°

As brocas standard são retificadas com um ângulo de ponta de 118°. Este ângulo é o mais adequado para serviços gerais.

Se for produzida a folga inicial correta e aumentada gradualmente em direção ao centro para produzir um ângulo de aresta de aproximadamente 130°, a folga correta será obtida ao longo da totalidade das arestas de corte.

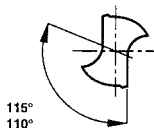
Diâmetro da broca mm	Ângulo de folga inicial na periferia
Até e inclusive 1	21° - 27°
Acima de 1 até 6	12° - 18°
Acima de 6 até 10	10° - 14°
Acima de 10 até 18	8° - 12°
Acima de 18	6° - 12°

As duas arestas de corte deverão ser iguais e num ângulo similar com relação ao eixo da broca para proporcionar equilíbrio correto e concentricidade.

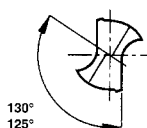
Geometria da afiação em cruz, DIN 1412 Tipo C

Devido à espessura do núcleo relativamente grossa, é necessário afiar retirando os flancos das duas arestas de corte em dois estágios:

- Afiar com o ângulo de ponta necessário (normalmente 118° ou 135°) e um ângulo da aresta transversal de 110°–115°.
- Utilizando o canto do rebolo, afiar a folga secundária (normalmente 35°– 45° com relação ao eixo da broca) para produzir uma aresta de corte transversal, deixando 0.1 a 0.25 mm da aresta de corte inicial.



Ângulo da Aresta Transversal



Ângulo Rebaixado



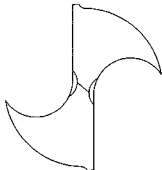
Nota: Se tiver alguma dúvida sugerimos que você pegue uma broca nova com afiação em cruz A120, acima de 2.9mm, utilizando-a como um padrão para reafiar brocas gastas.

REDUÇÃO DO NÚCLEO, DIN 1412 TIPO A

Geralmente as brocas são projetadas de modo que a espessura do núcleo cresça gradualmente desde a ponta até a saída dos canais, proporcionando resistência e rigidez adicionais. Geralmente não é necessário adelgaçar a aresta transversal de

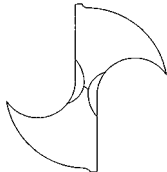
uma broca nova. Quando aproximadamente uma terceira parte do comprimento útil foi retirada por afiação, a aresta transversal se alarga tanto que necessita ser reduzida. Se isto não for feito, a força para furar aumenta consideravelmente. Poderão resultar furos que não sejam redondos ou maiores, pois a broca não se centrará por si mesma. A redução do núcleo deve ser executada cuidadosamente, e quando possível, isto deverá ser feito numa afiadora. Se não houver uma máquina disponível, então um rebolo com a forma da metade da largura do canal é o mais eficiente. Deverão ser retiradas quantidades iguais de material em cada lado da aresta, que deverá ser reduzida até aproximadamente 10% do diâmetro da broca.

Adelgaçamento correto do núcleo



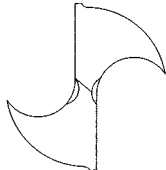
Notar como o afinamento está distribuído por igual nos canais. Tem sido removida uma quantidade igual de material de cada lado, e o ângulo da aresta não tem sido reduzido em excesso.

Adelgaçamento exagerado do núcleo



Tem sido removida uma quantidade igual, porém excessiva, de material de cada lado. Isto tem enfraquecido a ponta da broca e poderá causar a trinca do núcleo.

Adelgaçamento desigual do núcleo



Tem sido removida uma quantidade excessiva de material num dos lados da aresta de corte, causando uma broca desequilibrada. O resultado será furos sobre dimensionados e poderá causar a ruptura da broca.

LIMITES DE TOLERÂNCIA NO DIÂMETRO DE CORTE DE BROCAS STANDARD

A Dormer produz brocas standard de acordo com as normas adequadas nacionais ou internacionais.

A tolerância standard de diâmetro medido através das arestas externas, imediatamente adjacentes à ponta, é h8 de acordo com o British Standard, ISO e DIN, conforme especificado abaixo.

MILÍMETROS			
Diâmetro		Limite de Tolerância	
Acima de	Até e incluindo	Alto +	Baixo -
	3	0	0.014
3	6	0	0.018
6	10	0	0.022
10	18	0	0.027
18	30	0	0.033
30	50	0	0.039
50	80	0	0.046

POLEGADAS			
Diâmetro		Limite de Tolerância	
Acima de	Até e incluindo	Alto +	Baixo -
	0.1181	0	0.0006
0.1181	0.2362	0	0.0007
0.2362	0.3937	0	0.0009
0.3937	0.7087	0	0.0011
0.7087	1.1811	0	0.0013
1.1811	1.9685	0	0.0015
1.9585	3.1496	0	0.0018

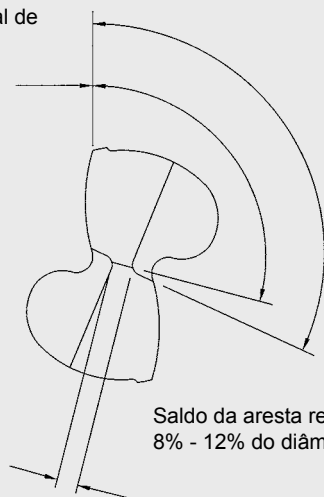
Reafiação

BROCAS PARA SERVIÇO PESADO // PFX

DETALHES DA REAFIAÇÃO

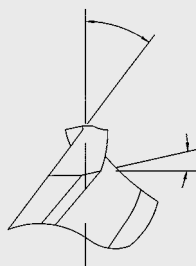
Ângulo da Aresta
Transversal de
Corte
 105°
 $\pm 3^{\circ}$

Ângulo Secundário da
Aresta
Transversal de Corte
 115°
 $\pm 3^{\circ}$



Saldo da aresta remanescente no centro
8% - 12% do diâmetro medido conforme indicado

DETALHES DA REDUÇÃO DO NÚCLEO



Ângulo de folga secundário com o eixo
 $35^{\circ} \pm 3^{\circ}$

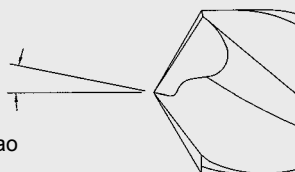
Ângulo lateral de folga

Acima de 0.99-2.50 inclinação: $16^{\circ} \pm 3^{\circ}$

Acima de 2.50-6.00 inclinação: $12^{\circ} \pm 2^{\circ}$

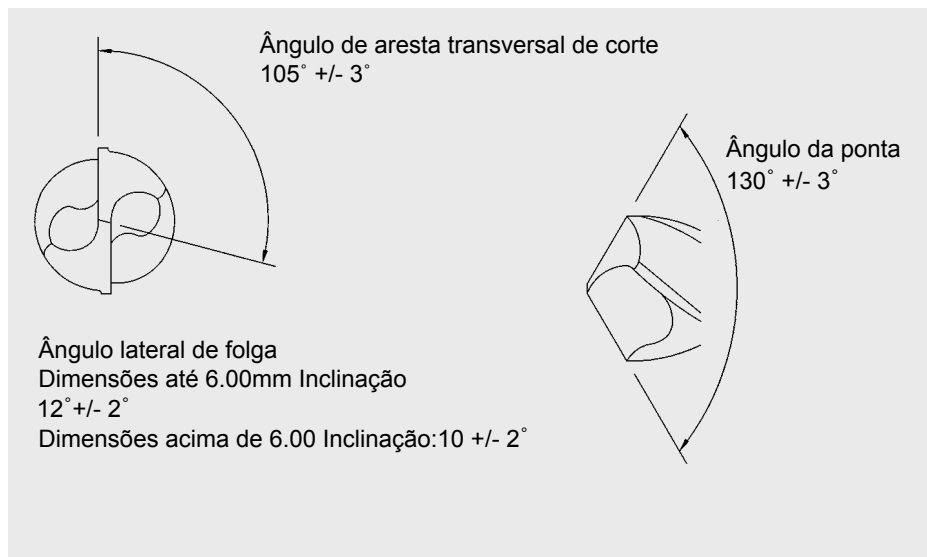
Acima de 6.00-12.00 inclinação: $10^{\circ} \pm 2^{\circ}$

Ângulo de saída diminuindo
Para ser positivo de 3° a 8° relativos ao
eixo da broca

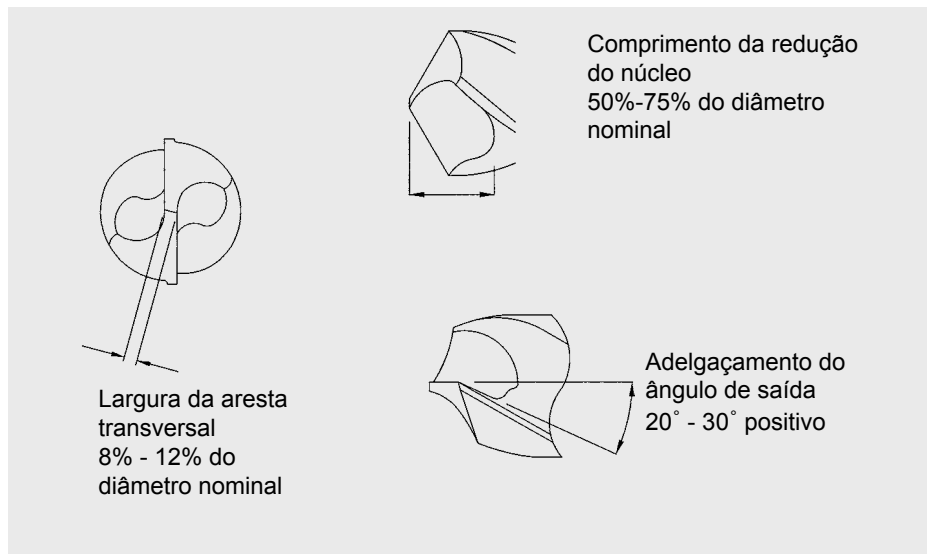


BROCAS DE SÉRIE EXTRA LONGA // PFX

DETALHES DA REAFIAÇÃO



DETALHES DA REDUÇÃO DO NÚCLEO



Reafiação

INFORMAÇÕES SOBRE A REAFIAÇÃO DE PONTAS

A510 // A520

Erro do Centro da Aresta Transversal

0.05 TIV, MAX (mm)

Variação da Altura da Aresta de Corte (mm)

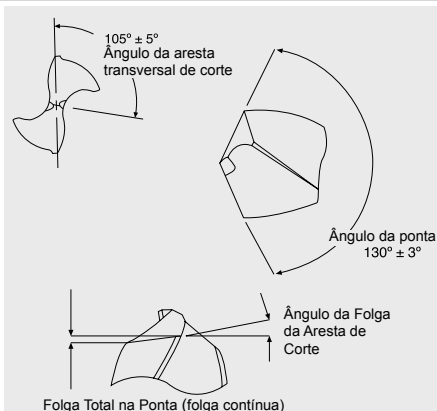
Dimensões	3.0 - 13.0	0.025 Max
Acima de	13.0 - 14.0	0.050 Max

Ângulo da Folga da Aresta de Corte

Dimensões	3.0 - 6.0 incl.	11° - 15°
Acima de	6.0 - 10.0 incl.	10° - 14°
Acima de	10.0 - 13.0 incl.	8° - 12°
Acima de	13.0 - 14.0 incl.	6° - 10°

Folga Total na Ponta (mm) (deve ser folga contínua)

Dimensões	3.0	0.20 - 0.40
Acima de	3.0 - 4.0 incl.	0.25 - 0.45
Acima de	4.0 - 6.0 incl.	0.25 - 0.50
Acima de	6.0 - 8.0 incl.	0.30 - 0.55
Acima de	8.0 - 10.0 incl.	0.35 - 0.60
Acima de	10.0 - 13.0 incl.	0.40 - 0.80
Acima de	13.0 - 14.0 incl.	0.50 - 1.20



A551 // A552 // A553 // A554

Erro do Centro da Aresta Transversal

0.05 TIV, MAX (mm)

Variação da Altura da Aresta de Corte (mm)

Dimensões	5.0 - 13.0 incl.	0.025 Max
Acima de	13.0 - 20.0 incl.	0.050 Max

Folga Total

O valor da folga total deverá ser :
50% - 75% da folga total da ponta resultante.
(p.ex.folga total da ponta resultante; 0.60mm.
folga da voluta: 0.30mm - 0.45mm)

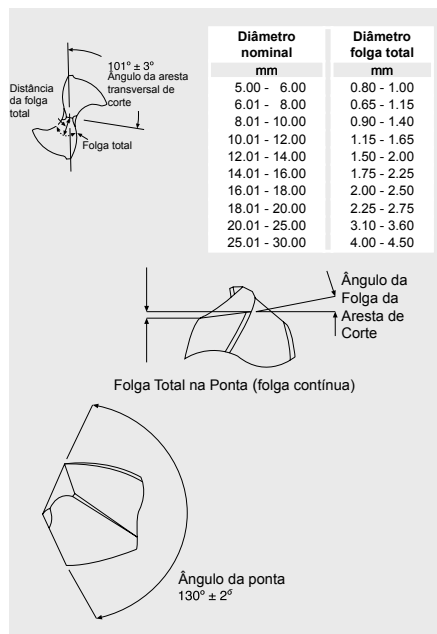
A posição para medir a Folga Total deverá ser como indicado na tabela à direita e medida desde o centro conforme indicado.

Ângulo da Folga da Aresta de Corte

Dimensões	3.0 - 6.0 incl.	11° - 15°
Acima de	6.0 - 10.0 incl.	10° - 14°
Acima de	10.0 - 13.0 incl.	8° - 12°
Acima de	13.0 - 30.0 incl.	6° - 10°

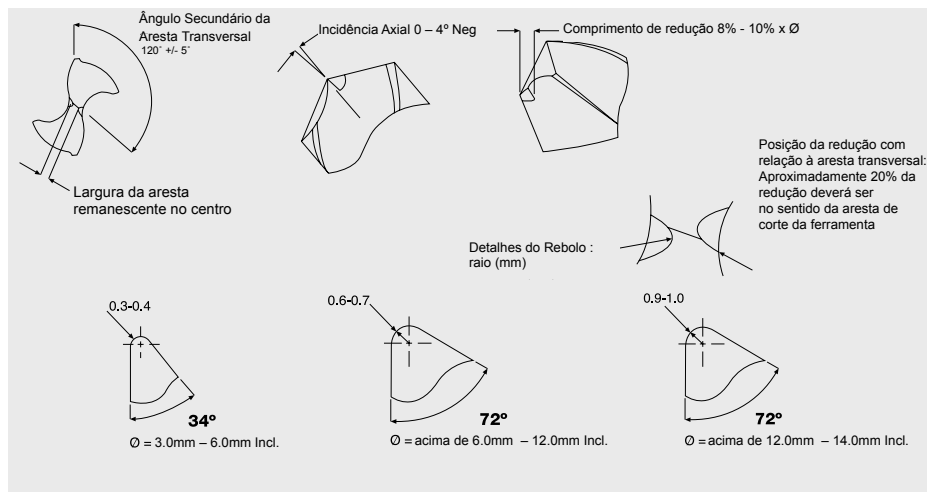
Folga Total da Ponta (mm) (deve ser folga contínua)

Dimensões	5.0 - 8.0 incl.	0.20 - 0.45
Acima de	8.0 - 10.0 incl.	0.25 - 0.45
Acima de	10.0 - 13.0 incl.	0.40 - 0.60
Acima de	13.0 - 20.0 incl.	0.50 - 0.70
Acima de	20.0 - 30.0 incl.	0.70 - 1.10

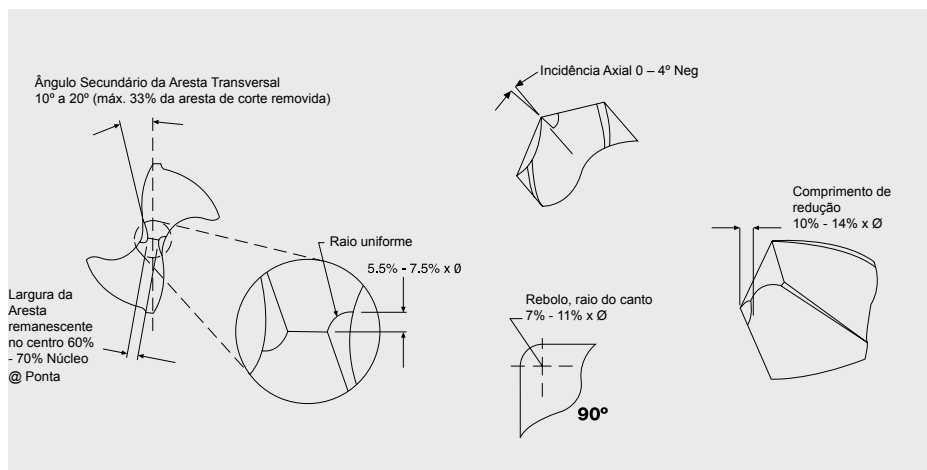


Detalhes do Adelgaçamento do Núcleo

A510 // A520



A551 // A552 // A553 // A554



Reafiação

CDX INFORMAÇÕES DE REAFIAÇÃO

Recomendações

Seguir estas recomendações com o desenho da geometria da ponta CDX como referência.

• Reafiar de maneira que o revestimento nos canais e nos campos não seja danificado.

• As variações na redução do núcleo deverão ser de $<0.025\text{mm}$.

• Usar um rebolo diamantado e um fluido para corte em abundância.

• Utilizar uma afiadora estável.

• Se tiver alguma dúvida, sugerimos que tome uma broca CDX nova e que utilize a mesma como uma amostra para a reafiação das brocas desgastadas.

Evitar

Não utilizar as brocas por demais antes da reafiação. Não reafiar manualmente.

Procedimento

Para restaurar as brocas para uma condição dos melhores resultados possíveis após a reafiação, recomendamos o seguinte processo em três estágios:-

I. AFIÇÃO DAS FOLGAS PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA (VER DESENHOS NA PÁGINA SEGUINTE)

1. Regular a máquina para um ângulo de ponta de 130° .

2. Regular o ângulo de folga secundário para 17° - 25° .

3. Retificar o ângulo de folga secundária até chegar a uma posição além da linha central da aresta de corte.

4. Regular o ângulo de folga primário para 6° - 10° .

5. Retificar até que o encontro entre as folgas primária e secundária esteja sobre a linha central da ferramenta no lado da quina, para resultar num ângulo de corte de 102° - 110° .

Ângulo da ponta $130^\circ \pm 2^\circ$

Folga	6-10°, Retificado acima da linha de centro mostrada na fig. 1	
	Diâmetro mm	Dimensões A e B mm
	3.0 - 8.0	0.10 - 0.25
	8.1 - 12.0	0.15 - 0.30
	12.1 - 16.0	0.20 - 0.35
	16.1 - 20.0	0.25 - 0.45

II. ADEGALÇAMENTO DO NÚCLEO

1. Usar um rebolo diamantado de 60° com raio de quina. Recomendamos os seguintes:

Diâmetro mm	Rebolo, raio	Comprimento do adedgaçamento do núcleo
3.0	0.25	0.50 - 0.80
4.0	0.25	0.60 - 0.90
5.0	0.25	0.70 - 1.00
6.0	0.25	0.95 - 1.25
7.0	0.35	1.10 - 1.50
8.0	0.35	1.20 - 1.60
9.0	0.55	1.30 - 1.70
10.0	0.55	1.40 - 1.80
11.0	0.55	1.40 - 2.00
12.0 - 13.0	0.55	1.50 - 2.10
14.0 - 15.0	0.70	1.70 - 2.30
16.0	0.70	1.95 - 2.55
17.0 - 18.0	0.90	2.10 - 2.90

2. Regular a máquina para que a incidência axial na aresta de corte secundário seja entre -1° and -4° pelo adedgaçamento.

3. Para melhores resultados, retificar até que os valores especificados na ilustração (A e B) sejam atingidos.

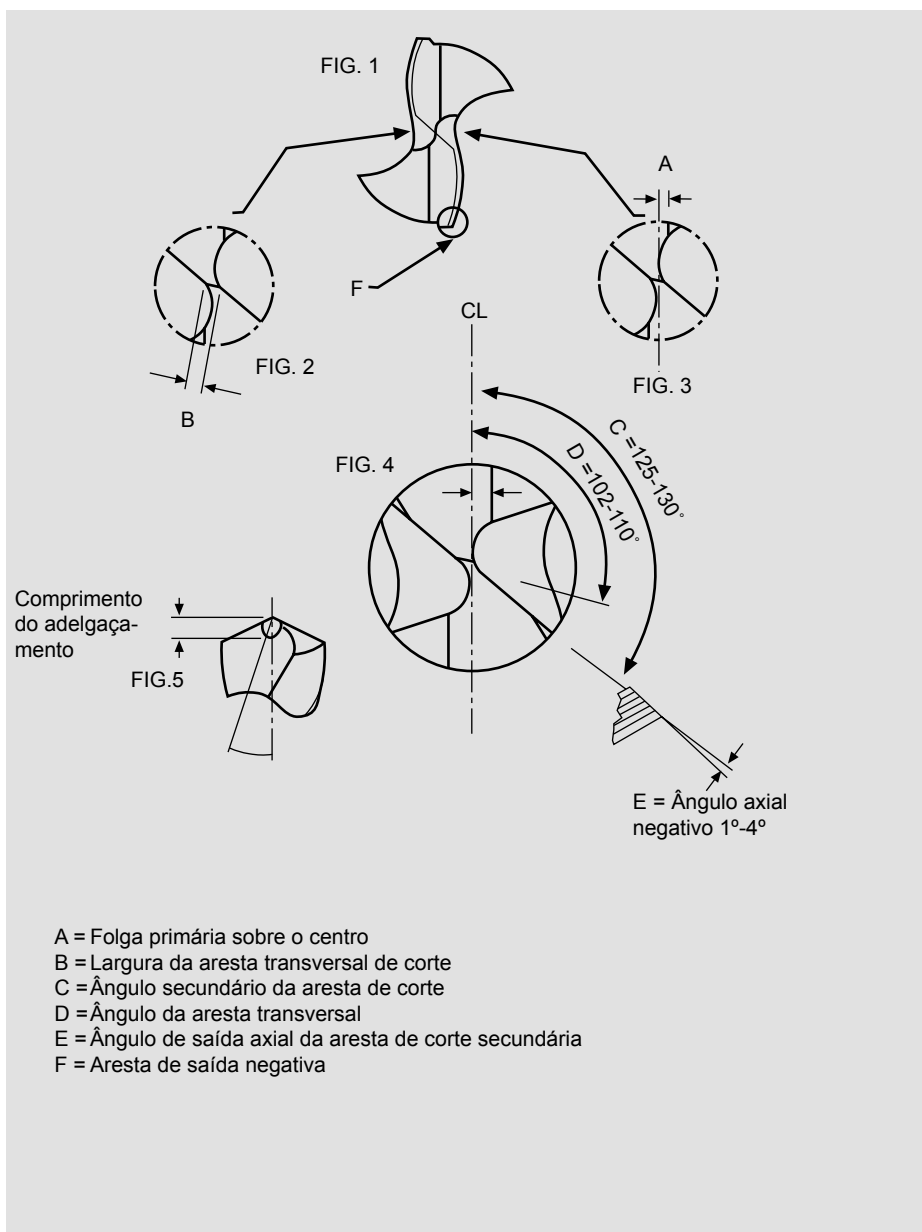
4. A redução do núcleo não deverá ultrapassar a linha central (Fig.3).

III. INCIDÊNCIA NEGATIVA

Recomenda-se uma aresta de ângulo de saída negativo com um ângulo de 20 - 35° com o eixo da broca, ao longo da totalidade das arestas de corte, com uma largura conforme a tabela abaixo na direção da retificação, até as arestas de corte secundárias. Isto tem de ser feito por retificação ou com uma lima de acabamento diamantada, para produzir um acabamento de superfície liso.

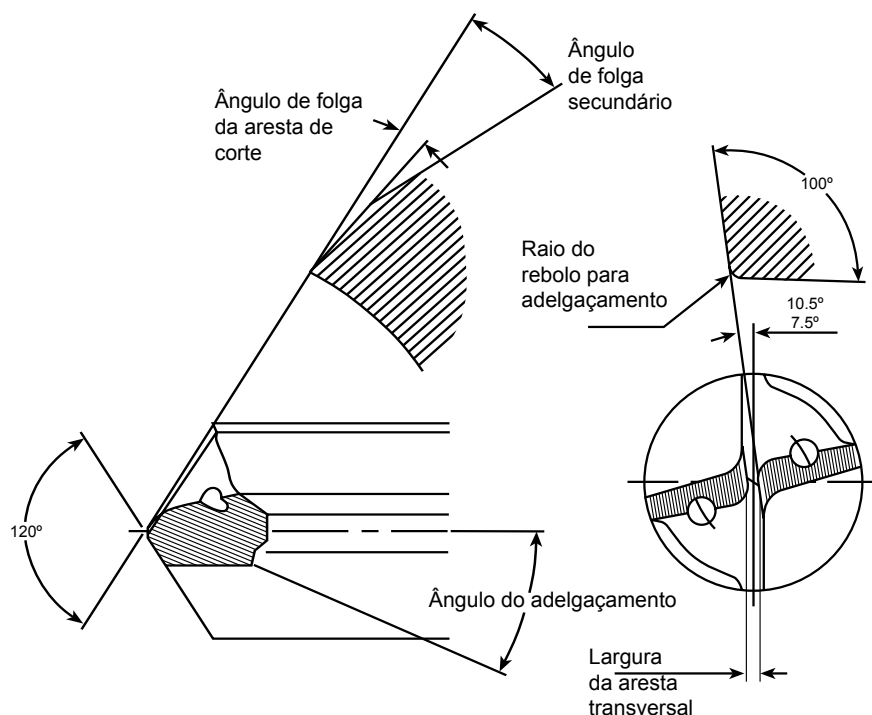
Incidência negativa na aresta de corte, dim.F	20-35 graus negativos
Diâmetro mm	Largura da Incidência, mm (Axial)
3.0 - 6.0	0.03 - 0.07
6.1 - 10.0	0.03 - 0.10
10.1 - 14.0	0.03 - 0.12
14.1 - 20.0	0.03 - 0.15

CDX – INFORMAÇÕES PARA REAFIAÇÃO



Reafiação

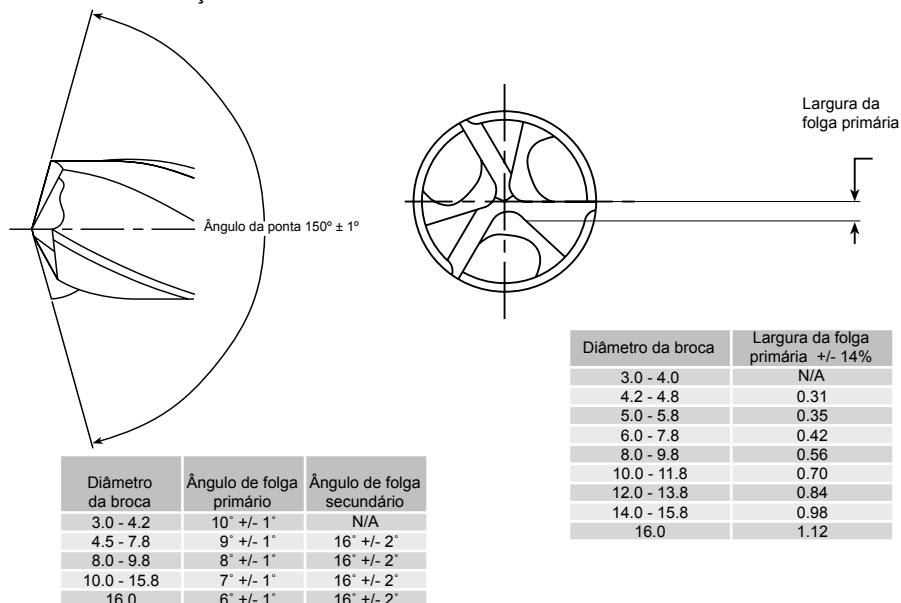
R210/R220 INFORMAÇÕES PARA REAFIAÇÃO



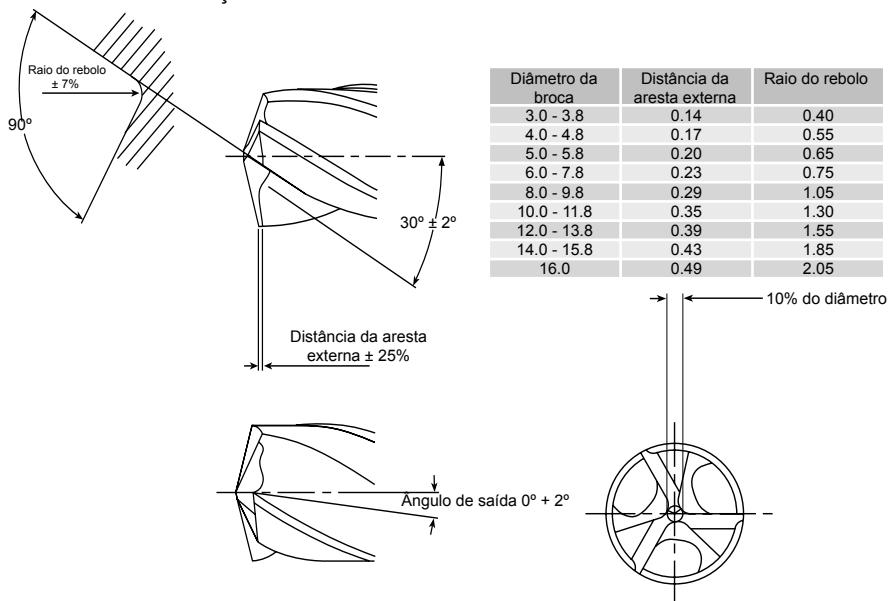
Diâmetro	Ângulo de folga da aresta de corte	Ângulo de folga secundário	Largura da aresta transversal	Raio do rebolo para adelgaçamento	Ângulo do adelgaçamento
5	13°	25°	0.3	0.5	24° - 26°
6	12°	25°	0.36	0.6	24° - 26°
8	11°	25°	0.48	0.8	24° - 26°
10	10°	25°	0.6	1.0	24° - 26°
12	9°	25°	0.72	1.2	24° - 26°
14	8°	25°	0.84	1.4	24° - 26°
16	7°	25°	0.96	1.6	24° - 26°
18	7°	25°	1.08	1.8	24° - 26°
20	6°	25°	1.2	2.0	24° - 26°

R325 INFORMAÇÕES PARA REAFIAÇÃO

DETALHES PARA AFIACÃO DA PONTA



DETALHES PARA ADELGAÇAMENTO DA PONTA

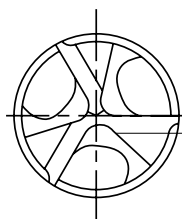
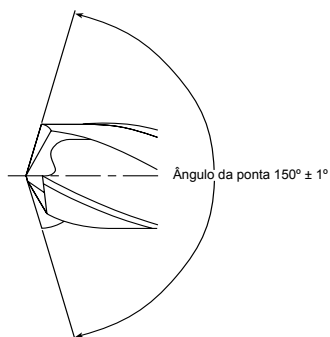


Reafiação

BROCAS

R330 INFORMAÇÕES PARA REAFIAÇÃO

DETALHES PARA AFIÇÃO DA PONTA

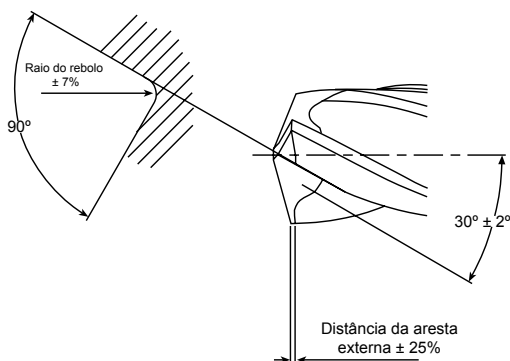


Largura da folga primária

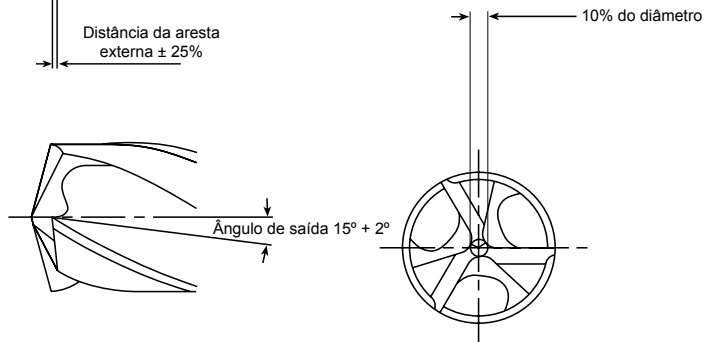
Diâmetro da broca	Ângulo de folga primário	Ângulo de folga secundário
3.0 - 4.2	$10^\circ \pm 1^\circ$	N/A
4.5 - 7.8	$9^\circ \pm 1^\circ$	$16^\circ \pm 2^\circ$
8.0 - 9.8	$8^\circ \pm 1^\circ$	$16^\circ \pm 2^\circ$
10.0 - 15.8	$7^\circ \pm 1^\circ$	$16^\circ \pm 2^\circ$
16.0	$6^\circ \pm 1^\circ$	$16^\circ \pm 2^\circ$

Diâmetro da broca	Largura da Folga Primária $\pm 14\%$
3.0 - 4.0	N/A
4.2 - 4.8	0.31
5.0 - 5.8	0.35
6.0 - 7.8	0.42
8.0 - 9.8	0.56
10.0 - 11.8	0.70
12.0 - 13.8	0.84
14.0 - 15.8	0.98
16.0	1.12

DETALHES PARA ADELGAÇAMENTO DA PONTA



Diâmetro da broca	Distância da aresta externa	Raio do rebolo
3.0 - 3.8	0.27	0.40
4.0 - 4.8	0.33	0.55
5.0 - 5.8	0.39	0.65
6.0 - 7.8	0.44	0.75
8.0 - 9.8	0.55	1.05
10.0 - 11.8	0.65	1.30
12.0 - 13.8	0.75	1.55
14.0 - 15.8	0.84	1.85
16.0	0.93	2.05



Os alargadores são ferramentas de precisão, que têm de ser muito exatas com relação à precisão dimensional e à geometria. Por este motivo as ferramentas são produzidas entre centros.

Antes da reafiação, as ferramentas têm de ser controladas entre centros por concentricidade. Os centros não devem apresentar danos. Se as ferramentas estiverem excêntricas, têm de ser endireitadas na parte mole da haste.

É muito importante reafiar o alargador antes de ter ocorrido desgaste excessivo ou danos. Quando a aresta de corte estiver cega, as arestas de corte e as faces são solicitadas demais e o chanfro de afiação circular é consumido. Isto significa que mesmo após a reafiação, os furos produzidos não terão a dimensão exata. Quando da reafiação sem fluido refrigerante, evitar o super aquecimento, de outra maneira as bordas cortantes de HSS se queimam e os insertos de metal duro formam trincas na afiação.

REAFIAÇÃO DOS CHANFROS DE CORTE

Os alargadores manuais, para máquinas e tipo Shell para furos cilíndricos são reafiados na aresta de corte. **O ângulo de folga α da primeira aresta de corte deverá ser de 5° a 8°.** Pode ser obtido mediante a mudança da altura da lingüeta de suporte. Nas máquinas de afiação de ferramentas com um fuso de retificação rotativo, a lingüeta de suporte tem de ser regulada para a altura dos centros e o fuso de afiação tem de ser girado para a folga requerida.

REBOLOS ADEQUADOS:

Ferramentas de HSS: rebolos vitrificados, grana 60, classe K - L

Ferramentas de metal duro: rebolo diamantado, liga resínóide, concentração 75, classe D, grana 90

REAFIAÇÃO DA FACE

Nos alargadores utilizados para furos cilíndricos ocasionalmente também é necessário reafiar a face. Durante esta operação, uma parte do campo circular tem de ser preservada. O ângulo de incidência traseira da ferramenta não deve ser alterado. Pressionar o alargador levemente com a mão contra o rebolo e deslocar o alargador nos sentidos esquerdo e direito. Se a pressão da ferramenta contra o rebolo for elevada demais, o rebolo é deformado. Isto leva a uma aresta de corte menor, arredondada. A incidência traseira da ferramenta é de 3° - 6° positivos.

REBOLOS ADEQUADOS:

Rebolo diamantado, liga resínóide, classe D, grana 30.

Na afiação da folga do campo circular, a lingüeta de suporte tem de ser montada na coluna da máquina. A lingüeta de suporte e a parte do rebolo que corta têm de estar no mesmo ponto para que seja produzido um campo simétrico. O alargador montado entre centros é segurado manualmente. Pressionar a face da ferramenta ligeiramente contra a lingüeta. Deslocando a mesa nos sentidos à esquerda e à direita, a lingüeta de suporte age como uma guia. O ângulo de folga pode ser regulado colocando a lingüeta mais para cima ou mais para abaixo. Os alargadores com ranhuras em espiral podem ser afiados de maneira similar.

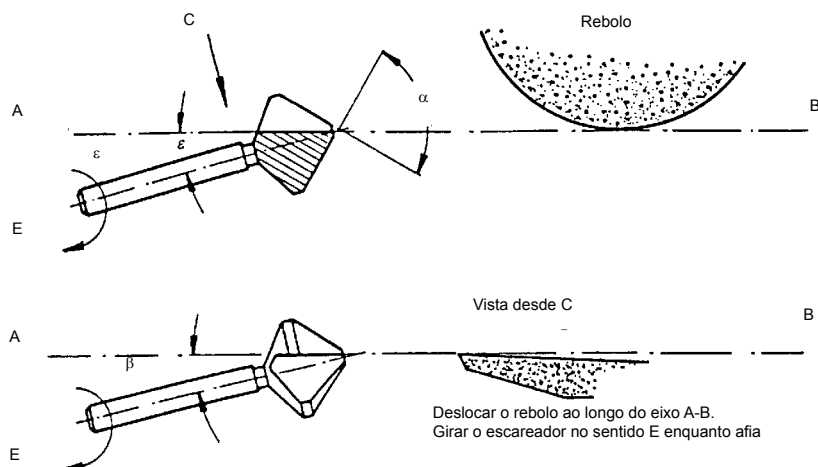
Reafiação

REBOLOS ADEQUADOS:

Rebolo diamantado, liga resinóide, concentração 75, classe D, grana 90

Diâmetro nominal	Largura do chanfro	Ângulo de folga
2	0,15 – 0,20	$\approx 25^{\circ}$
4		16 – 18 °
6		12 – 14 °
10		11 – 13 °
10 – 20	0,15 – 0,25	10 – 20 °
> 20	0,20 – 0,30	8 – 10 °

REAFIAÇÃO DE ESCREADORES DE 3 CANAIS



Haste	Diâmetro desde e até	α	β	ϵ
Paralela	6.3 - 25.0	60°	10.5°	22°
Cone Morse	16.0 - 31.5			12°
	40.0 - 80.0			
Paralela	4.3 - 6.3	90°	12.5°	29°
	7.0 - 13.4			
	15.0 - 31.0			
Cone Morse	15.0 - 31.0		14°	15°
	34.0 - 37.0			
	40.0 - 80.0			

Reafiação

Um macho gasto tem uma tendência a trincar ou quebrar, cortar sobre-medida ou produzir fios grosseiros de baixa qualidade. Exige potencia maior no fuso e necessita de mais tempo para o ciclo de rosqueamento.

Geralmente um macho tem de ser reafiado quando o arredondamento da aresta de corte tem a mesma ou ainda maior espessura que o cavaco. O remédio é a reafiação, que é econômica principalmente para as grandes dimensões, > M12.

Se possível, a reafiação de machos deverá ser executada numa retificadora de machos e não ser feita manualmente. O mais importante é reafiar com a guia original e manter os mesmos ângulos de incidência e de folga para cada canal. Isto só pode ser atingido utilizando uma afiadora.

O desgaste num macho estende-se sobre a aresta de corte e o diâmetro externo, mas geralmente a maior parte do desgaste é no comprimento do chanfro. Esta porção remove a maior parte do material e está submetida as cargas mais elevadas durante o rosqueamento. Geralmente é suficiente reafiar só esta parte, removendo a porção desgastada para reafiar o macho.

O chanfro e o ângulo de incidência que acompanha na parte superior da rosca devem ser idênticos em todos os campos do macho. Se os chanfros são desiguais, o resultado será de furos bem maiores do que a dimensão do macho, fios arrancados e deformados, desgaste desigual e eventual quebra do macho.

Quando as arestas da rosca começam a ficar cegas ou trincadas, os canais deverão ser reafiados. Uma retificadora de canais proporcionando indexação precisa das bordas cortantes deverá ser utilizada. Quando a indexação for inexata, o macho poderá quebrar-se ou cortará sobre-medida.

A reafiação dos canais também pode ser executada nos casos em que não tiver um equipamento adequado para aviar o chanfro.

Observar quando da reafiação:

- Afiar o macho entre centros e controlar que não tenha desvio radial.
- Afiar o campo do chanfro seguindo o relevo original, utilizando a face externa de um rebolo tipo copo ou um rebolo tipo disco (ver figura à esquerda na próxima página).
- Afiar o chanfro com um rebolo que tenha um ângulo para chanfrar β ou inclinar o macho no mesmo ângulo quando da utilização de um rebolo plano (ver figura à esquerda na página seguinte).
- Deve ser mantida a divisão igual das arestas de corte.
- Afiar o canal utilizando um rebolo tipo disco, afiado com o mesmo perfil do canal do macho (ver fig. À direita na próxima página).
- Deve ser mantido o ângulo de incidência correto – ver tabela de ângulos de incidência.
- O diâmetro do macho será reduzido.
- Os campos serão reduzidos e assim serão mais fracos.
- Evitar a formação de rebarbas nos flancos da forma da rosca.

O ângulo do chanfro (β) deve ser calculado para manter o mesmo comprimento de chanfro do macho original.

Na reafiação do canal, o rebolo para o flanco é deslocado em relação ao eixo do macho: a distancia (X) está ligada ao ângulo de incidência (μ), ver figura abaixo. Nesta operação é muito importante obter uma indexação correta na máquina para manter a mesma posição do rebolo para cada canal.

Jamais reafiar um macho danificado ou um macho com arestas postiças nos flancos da rosca.

Ângulos de saída (μ) para machos

Material a ser rosqueado	Ângulo de saída (aprox.) em graus
Ferro fundido	4-6
Ferro fundido maleável	5-10
Aço até to 500 N/mm ² Resistência à Tração	12-15
Aço até to 1000 N/mm ² Resistência à Tração	10-12
Aço acima de 1100 N/mm ² Resistência à Tração	7-10
Aços inoxidáveis	8-12
Latão, fundido	0-5
Alumínio	15-25

Reafiar chanfro	Reafiar canal
	
	Cálculo do desvio $x = \frac{d * \sin(u)}{2}$

As fresas Dormer para rosqueamento têm a forma dos dentes (profundidade do dente) e do ângulo de rosqueamento corrigidos. As fresas têm o relevo de forma que permite diversas operações de reafiação sem perder o perfil.

Com a correção da forma dos dentes, a distorção do perfil é cancelada mediante o movimento do parafuso. Aqui, as relações entre o diâmetro e o passo são fatores decisivos. A correção do ângulo da rosca é dependente do ângulo de saída, relevo e ângulo espiral da fresa para rosqueamento.



A distorção do flanco com fresamento de roscas com forma em Relevo com diversos ângulos de saída

Como as fresas para rosqueamento são somente reafiadas na face do corte, as seguintes exigências são imperativas para a reafiação:

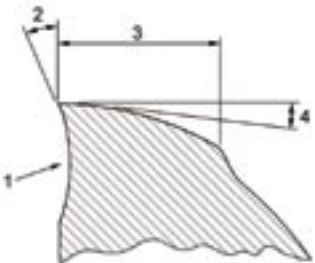
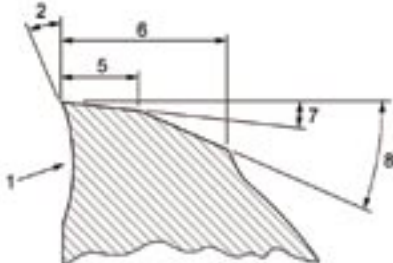
- Em primeiro lugar o ângulo de saída deve ser respeitado estritamente, de 6° a 9° - medidos na altura do perfil. Deve notar-se que a face de corte até a área abaixo do “núcleo” do perfil é tão reta quanto possível. Os desvios no ângulo de saída resultam numa alteração no ângulo da rosca, o que significará que a fresa para rosqueamento não mais será adequada para produzir uma rosca conforme o Standard. (Também, no caso de roscas métricas, a altura do perfil é em torno de 60% do passo).
- O ângulo da hélice também tem de ser considerado. As fresas para rosqueamento na faixa padrão da Dormer têm um ângulo de hélice de 10° . Em ferramentas especiais isto poderá ser diferente. Favor contactar a Dormer para maiores informações.



Para cada ferramenta existe um tempo economicamente otimizado para a reafiação. Este tempo depende do desgaste da superfície, que por sua vez depende do período de utilização e dos parâmetros de corte. O período de utilização freqüentemente é determinado pelas dimensões da peça de trabalho.

O desgaste de uma fresa geralmente é visto na folga primária. A superfície da ferramenta apresenta uma deterioração no acabamento e a vibração da fresa aumenta. Um auxílio útil neste caso é um medidor da potência da fresadora. Se o instrumento registra um aumento, isto geralmente indica desgaste da ferramenta. A ultrapassagem do desgaste específico permissível da superfície resulta num rápido aumento da força de corte devido a aresta cortante cega, que se não corrigido pode levar à quebra da ferramenta.

Há dois tipos de perfis de fresas:

Perfil de Arquimedes	Perfil com dupla folga
	
1. Face rebaixada 2. Ângulo de saída 3. Largura da superfície 4. Ângulo de folga	5. Largura da superfície de folga primária 6. Largura da superfície de folga secundária 7. Ângulo da folga primária 8. Ângulo da folga secundária
Com este perfil só é possível reafiar a face rebaixada. Se a superfície estiver muito danificada, será também necessário reafiá-la criando um perfil com dupla folga (ver coluna à direita).	Com o perfil com dupla folga a reafiação será iniciada com a superfície primária e será continuada com a superfície secundária.

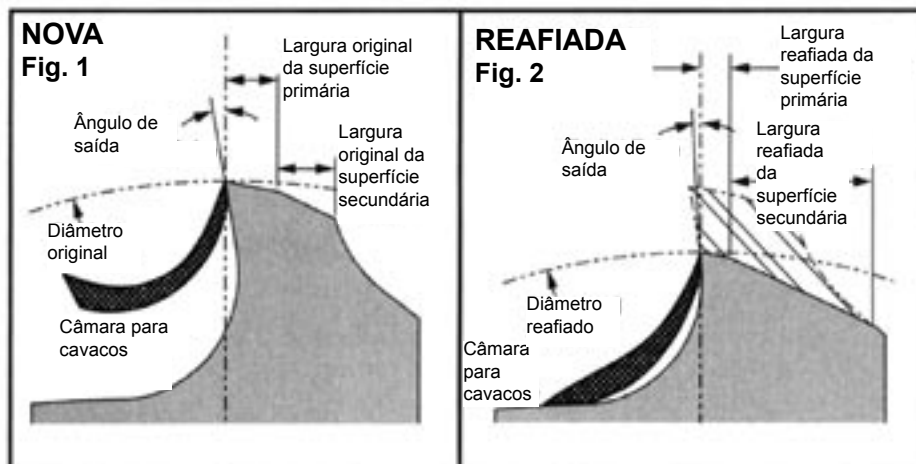
Reafiação

FRESAS

RESULTADOS DA REAFIAÇÃO

Redução em Diâmetro

Ocorre uma diminuição no diâmetro quando se retifica a periferia da superfície primária. Isto progressivamente influi sobre a capacidade de deflexão da fresa quando estiver sob carga. Comparar as figuras 1 e 2.



Redução no ângulo de saída

Uma fresa de topo deverá ter um ângulo de saída que seja adequado para o material a ser usinado. Após cada reafiação teremos não somente uma redução do diâmetro, mas também uma redução subsequente no ângulo de saída radial. Isto, conjuntamente com a mudança correspondente (mesmo que leve) no ângulo da hélice afeta significativamente a eficiência da fresa de topo. Comparar as figuras 1 e 2. Os ângulos de saída das faces podem ser re-estabelecidos mediante a reafiação da face do canal na fresa de topo.

Aumento na largura do Campo Secundário

A largura da superfície secundária aumenta consideravelmente como resultado da reafiação, o que por sua vez aumenta o tempo e o custo da reafiação. Comparar as fig. 1 e 2.

Redução na profundidade dos canais

Como uma consequência da redução do diâmetro, há uma redução correspondente na profundidade dos canais. Devido ao posterior impacto nas capacidades de evacuação dos cavacos isto pode obrigar à utilização de taxas de avanço que poderiam ser consideradas muito menos eficientes. Comparar as figuras 1 e 2.

É favor contactar a sua representação de vendas Dormer local para informações sobre o nosso Serviço de Reafiação.

