

## Recomendações de Usinagem para as ligas AMPCO® e AMPCOLOY®

A usinagem de AMPCO®21, AMPCO®22, AMPCO®25 e AMPCO®26 requer procedimentos diferenciados, uma vez que estas ligas têm valores de alongamento e ductilidade baixos.

A velocidade de corte depende em grande medida das máquinas empregadas, da rigidez e estabilidade das ferramentas de usinagem e do tipo de líquidos refrigerantes e lubrificantes utilizados. As velocidades de usinagem recomendadas para AMPCO® e AMPCOLOY® são indicadas como valores relativos, em comparação com a velocidade de usinagem aplicada no aço para ferramentas 1.7225 (DIN 42 Cr Mo 4). Consulte, por favor, a tabela seguinte:

Alemanha	Reino Unido	E.U.A.	Itália	Japão	França	Espanha
W-NrDIN	BS970	AISI/SAE	UNI	JIS	AFNOR	UNE
1.7225 42CrMo4	709M40 708M40	4140 4142	42CrMo4 G40CrMo4	SCM440(H) SNB7	42CD4 42CrMo40	F.8332 F.8232

Material	Dureza Brinell HBW 10/3000	Velocidade decorte
1.7225 (DIN 42 Cr Mo 4)	Max. 250	100%
AMPCO® 8	109-124	125 %
AMPCO® 18	159-183	130 %
AMPCO® M4	270-305	120 %
AMPCO® 21	285-311	115 %
AMPCO® 22	321-352	110 %
AMPCO® 25	356-394	100 %
AMPCO® 26	395-450	75 %
AMPCOLOY® 940 / 95 / 972	180-255	125 %
AMPCOLOY® 83	340-390	70 %
AMPCOLOY® 88	260-280	120 %

Por exemplo, 130% para AMPCO® 18 significa que se pode usinar esta liga a uma velocidade 30% superior à usada para o aço 1.7225 (com iguais avanço e profundidade). Esta relação é válida para ferramentas mecânicas convencionais, máquinas CNC e centros de usinagem de alta velocidade (HSC). Outros fatores, tais como a rigidez da ferramenta, a eficiente refrigeração, a configuração correta da ferramenta de corte, etc., também desempenham um papel importante e independente, e que é ainda mais relevante nas ligas AMPCO® mais duras. É importante lembrar que o tempo de vida das ferramentas de corte para as ligas de maior dureza será consideravelmente menor.

As ligas AMPCO®21 / 22 / 25 / 26 devem ser usinadas a partir da extremidade para o interior, ou alternativamente, pode-se chanfrar a borda num ângulo de 45°. Se estas regras não forem seguidas, muito provavelmente as extremidades poderão quebrar.

## Ferramentas de usinagem

O ângulo de incidência  $\alpha$  para todas as ligas AMPCO® e AMPCOLOY® deve ser de 6°.

Ao usinar material AMPCO®, a refrigeração é mais importante do que a lubrificação, especialmente para as ligas de maior dureza: M4, 21, 22, 25, 26.

É recomendável usar água misturada com 5 a 10% de lubrificante refrigerante.

Para peças que exigem alta precisão, recomenda-se pré-usinar e esperar o maior tempo possível para o completo resfriamento da peça antes de efetuar a usinagem final.

## Cortar

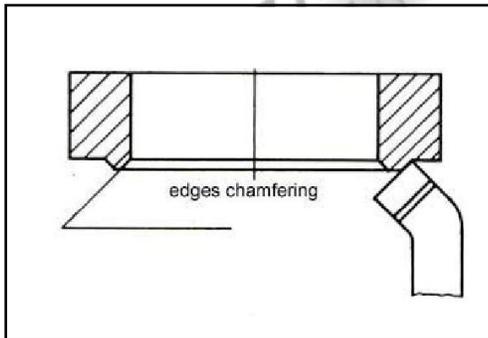
As ligas AMPCO® de menor dureza, até ao AMPCO® 18, podem ser cortadas com uma lâmina de serra bimetálica.

As de maior dureza, do AMPCO® 21 até ao AMPCO® 26 e M4, cortam-se com lâminas de serra de metal duro.

De acordo com a secção das peças a cortar, o número de dentes da serra pode variar entre 2 ½ e 3 dentes por polegada.

## Tornear

A ferramenta de corte deve ser colocada no centro da peça de trabalho ou até 0,4 mm abaixo do centro.



Para desbaste ou acabamento, é conveniente usar ferramentas com ponta de metal duro do tipo K10 / K20. Para usinagem de precisão (encaixe eixo/cavidade) pode-se obter uma superfície de alta qualidade (N3) com uma ferramenta de diamante (PKD).

Ao tornear anéis nas ligas mais duras, do AMPCO® 21 até 26, deverá sempre tornear do exterior para o interior, para evitar quebrar as extremidades da peça. Em alternativa, pode efetuar-se primeiro um chanfro de 45° na extremidade em que a ferramenta sai da peça ao acabar o torneamento.

**Parâmetros de torneamento para ligas AMPCO®**

Ligas	AMPCO®		AMPCO® 8, 18.136, 18, 18.23, 45,M4	AMPCO® 21, 22	AMPCO® 25, 26
Desbaste	Velocidade de corte	vc(m/min)	ver quadro acima	ver quadro acima	ver quadro acima
	Avanço	f (mm/rot.)	0,15–0,2	0,15–0,2	0,1–0,15
	Profundidade	a (mm)	até 4 aproxim.	até 3,5 aproxim.	até 3,5 aproxim.
	Especificação ferramenta		K10–K20	K10–K20	K10–K20
Acabamento	Velocidade de corte	vc(m/min)	ver quadro acima	ver quadro acima	ver quadro acima
	Avanço	f (mm/rot.)	0,05–0,1	0,05–0,1	0,05
	Profundidade	a (mm)	0,25–0,5	0,25- 0,5	0,25-0,5
	Especificação ferramenta		K10–K20	K10–K20	K10–K20
Acabamento com PKD	Velocidade de corte	vc(m/min)	200–600	180–400	150–300
	Avanço	f (mm/rot.)	0,05– 0,08	0,05–0,08	0,05–0,08
	Profundidade	a (mm)	0,25–0,3	0,25–0,3	0,25–0,3

**Recomendação do fabricante: (ou similar) Seco**

CNMG 120408-MF1 / CP500

DCMT 11T304-F2 / CP200

VBMT 160404-F1 / CP500

Sumitomo,

DCGT 11 T3 04 N-SC / ACZ 310

CNMG 12 04 08 N-EX / EH 510Z VBMT 16 04 08 N-SK / EH10Z

**Parâmetros de torneamento para ligas AMPCOLOY®**

Ligas	AMPCOLOY®		AMPCOLOY® 95, 940, 972	AMPCOLOY® 83, 88
Desbaste	Velocidade de corte	vc(m/min)	ver quadro acima	ver quadro acima
		f(mm/rot.)	0,15–0,2	0,15–0,2
	Profundidade	a (mm)	até 4 aproxim.	até 3,5 aproxim.
	Especificação ferramenta		P10–P20	P10–P20
Acabamento	Velocidade de corte	vc(m/min)	ver quadro acima	ver quadro acima
	Avanço	f(mm/rot.)	0,05–0,1	0,05–0,1
	Profundidade	a(mm)	0,25–0,5	0,25- 0,5
	Especificação ferramenta		P10–P20	P10–P20

## Recomendação do fabricante (ou similar)

Seco

CNMG 120408-MF1 / CP500

DCMT 11T304-F2 / CP200

VBMT 160404-F1 / CP500

Sumitomo

DCMT 11 T3 04 N-SU / AC700G

WNT [www.wnt.de](http://www.wnt.de)

DCGT 11 T3 02 – AI / CWK15

CCGT 12 04 04 FN – AI / CWK15

## Fresar

Para fresar ligas AMPCO®, as ferramentas mais adequadas são de metal duro tipo K10-K20.

Para usinar curvas e cavidades, é recomendado usar as ferramentas standard de metal duro com raio do tipo K10 – K20.

Quando se utilizam fresas para eixos, fresas para cantos ou fresas de duplo lábio com pontas de metal duro, é essencial usinar do exterior para o interior, ou como alternativa, as bordas da peça a usinar devem ser previamente chanfradas a 45° para evitar que quebrem.

Parâmetros de fresagem para ligas AMPCO®

Ligas	AMPCO®		AMPCO® 8, 18.136, 18, 18.23, 45, M4	AMPCO® 21, 22	AMPCO® 25, 26
Desbaste	Velocidade de corte	vc (m/min)	ver quadro	ver quadro	ver quadro
	Avanço	f (mm/turn)	0,1 – 0,25	0,1 – 0,25	0,1 – 0,2
	Profundidade	a (mm)	até 5 aproxim	até 5 aproxim	até 4 aproxim.
	Especificação da ferramenta		K10 – K20	K10 – K20	K10 – K20
Acabamento	Velocidade de corte	vc (m/min)	ver quadro	ver quadro	ver quadro
	Avanço	f (mm/turn)	0,05 – 0,1	0,05 – 0,1	0,05
	Profundidade	a (mm)	0,1 – 0,5	0,2 - 0,5	0,2- 0,8
	Especificação da ferramenta		K10 – K20	K10 – K20	K10 – K20
Acabamento com PKD		vc (m/min)	600 – 800	500 – 550	465 – 500
		f (mm/U)	0,03 – 0,08	0,03 – 0,08	0,03 – 0,08
		a (mm)	0,05 – 0,3	0,05 – 0,3	0,05 – 0,3

**Recomendação do fabricante (ou similar)**

Faceamento  
 Ingersoll  
 PNCU 0805 GNTRJ / IN1030  
 Jongen, [www.jongen.de](http://www.jongen.de)  
 FP 528 HT35

**Fresagem cilíndrica**

Gühring, [www.guehring.de](http://www.guehring.de) (ferramentas de fresado tipo N pos.)  
 Índice fresagem RF 100 art. nº. 3732 e nº. 3627 para desbaste / acabamento  
 Índice fresagem RF 100 Art. nº. 3631 para acabamento de precisão  
 WNT, HPC, Art. Nr. 50959200 para acabamento de precisão  
 Ingersoll, Multicorte SDMT 080305 N / IN1030 e SDCT 080305 FN-P / IN1030

Liga	AMPCOLOY®		AMPCOLOY® 95, 940, 972	AMPCOLOY® 83, 88
Desbaste	Velocidade de corte	v c (m/min)	ver quadro acima	ver quadro
	Avanço	f (mm/turn)	0,1 – 0,25	0,1 – 0,25
	Profundidade	a (mm)	até 5 aproxim	até 4 aproxim
	Especificação da ferramenta		P10 – K20	P10 – K20
Acabamento	Velocidade de corte	v c (m/min)		
	Avanço	f (mm/turn)	0,05 – 0,1	0,05 – 0,1
	Profundidade	a(mm)	0,1 – 0,5	0,25 - 0,8
	Especificação da ferramenta		P10 – K20	P10 – K20

**Recomendação do fabricante: (ou similar)**

Faceamento  
 Ingersoll  
 PNCU 0805 GNTRJ / IN1030  
 Widia  
 SEKR 1203 AFN – MS THR Hoffmann [www.hoffmann-group.com](http://www.hoffmann-group.com)  
 MPHX 11 K10/20

**Fresagem cilíndrica**

Ingersoll  
 Multi corte SDMT 080305 N / IN1030 e SDCT 080305 FN-P / IN1030  
 Gühring [www.guehring.de](http://www.guehring.de)  
 Nº 3310, 3126 y 3286

**Recomendações importantes:**

- Recomendam-se ferramentas de metal duro com ângulos positivos de corte.
- Recomenda-se o uso de um lubrificante refrigerante.

## Furar, afundar e escarear

Para o grupo de ligas do AMPCO®18 a 26, devem ser utilizadas brocas de metal duro.

Para a usinagem das ligas AMPCO® é importante prestar atenção à remoção dos cavacos. Para furos profundos, recomenda-se retirar a ferramenta de perfuração e remover os cavacos. Para furos de passagem (no AMPCO®21 até ao 26), é necessário colocar um anteparo sob a peça ou furar de ambos os lados, a fim de evitar uma ruptura em torno da saída do furo.

Uma boa refrigeração da ferramenta de perfuração é essencial ao furar ligas AMPCO®e AMPCOLOY®.

Material	Brinell – hardness HBW 10/3000	Cutting speed
1.7225 (DIN 42 Cr Mo 4)	Max. 250	100 %
AMPCO® 8	109 - 124	125 %
AMPCO® 18	159 - 183	130 %
AMPCO® M4	270 - 305	120 %
AMPCO® 21	285 - 311	115 %
AMPCO® 22	321 - 352	110 %
AMPCO® 25	356 - 394	100 %
AMPCO® 26	395 - 450	75 %
AMPCOLOY® 940, 95, 97	180 - 255	125 %
AMPCOLOY® 83	340 - 390	100 %
AMPCOLOY® 88	260 - 280	120 %

Recomendação do fabricante: (ou similar) Fa. Gühring [www.guehring.de](http://www.guehring.de)

Para AMPCO®: RT 100 U art. no. 2471, 1243, 730, 732 e 305

Para AMPCOLOY®: RT 100 F art. no.1660, 1662 e 620

### Recomendações importantes:

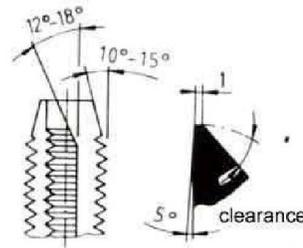
- Se a espessura do cavaco for demasiado pequena, o escareador poderá engripar.
- Usar ferramentas de escarear em metal duro com divisão desigual.
- Ao perfurar com ferramentas de refrigeração internas observar as informações de corte recomendadas pelo fabricante das mesmas.

## Roscar

Para as ligas de AMPCO®18 até ao AMPCO® 26, é recomendado o uso de macho com ângulo de incidência retificado.

As ferramentas de rosca em metal duro apresentam vantagens em relação às ferramentas HSS, pois permitem maior velocidade de corte e duram mais.

Recomendação do fabricante: (ou similar) Fa. Gühring [www.guehring.de](http://www.guehring.de)  
 Art. No. 969, 2506 (AMPCO®); 809, 821  
 (AMPCOLOY®)



### Recomendações importantes:

- Para o AMPCO®25 e 26 o diâmetro do furo, antes de fazer a rosca deve ser 0,15 - 0,25 mm maior do que o diâmetro do furo determinado pelas normas.
- Quando o furo for de passante deve ser chanfrado em ambos os lados antes de ser roscado.

### Brunir

Em uma peça feita numa liga AMPCO, pode obter-se uma precisão geométrica entre 0,0005 e 0,015 mm e uma rugosidade superficial entre 0,5 µm e 1,5 µm, dependendo do tamanho e tipo da peça a ser usinada.

Para peças com um diâmetro entre 25 e 130 mm, deve prever-se um subdimensionamento entre 0,01 e 0,038mm.

Para peças com diâmetro entre 130mm e 280mm, este valor deve ser de 0,038 até 0,063mm.

### Lapidar

As ligas AMPCO® podem ser lapidadas com elevada qualidade, conseguindo-se uma precisão de 0,1 µm até 2 µm.

A pasta / pó de lapidação a utilizar é a base de óxido de alumínio.

### Retificar e Polir

Uma das vantagens das ligas AMPCO® é obter uma excelente qualidade superficial. Todas as ligas AMPCO® podem ser retificadas com avanços usuais para ligas de aço.

A velocidade ao rebarbar varia entre 30 e 45 m/s e para esmerilado plano ou circular entre 24 e 25 m / s.

Na retificação plana ou circular, devem usar-se rebolo de carboneto de silício.

São obtidos ótimos resultados com velocidades de rotação dos rebolos de 5000 e 6000 RPM, e na retifica cilíndrica com uma velocidade de rotação da peça trabalhada entre 25 e 150 RPM. É recomendado retificar com refrigeração.

O polimento de ligas AMPCO® é semelhante ao do aço.

As peças a serem polidas serão preparadas primeiro, por exemplo por retífica plana ou à mão com lixa, com grão de tamanho 320 até 500, ou por retificação fina de modo a que os sulcos não possam ser vistos a olho nu.

Em seguida, as peças serão então polidas com um disco de polir de feltro (acionado por broca manual ou máquina especial) e pasta de polir, até obter um elevado grau de polimento.

## Eleto-erosão

As ligas AMPCO® podem ser facilmente erudidas por máquina de EDM seguindo as configurações da máquina, avanço de remoção e tempos de usinagem comparáveis com os valores aplicados aos tipos de aços normalmente utilizados na fabricação de ferramentas e moldes.

O processo de eletro-erosão das ligas AMPCO® e AMPCOLOY® é essencialmente simples, contudo demanda maior tempo.

São usados fio / arame de latão comuns, com um diâmetro de 0,2 milímetros, por exemplo.

A partir deste ponto incidiremos na erosão por penetração das ligas de alta condutividade AMPCOLOY® 940 e AMPCOLOY® 944 (estas recomendações são também válidas para as outras ligas do gama AMPCOLOY®):

As ligas AMPCOLOY® 940 e AMPCOLOY® 944 tem uma elevada condutibilidade térmica e elétrica. Devido à boa condutibilidade do AMPCOLOY® 940 e AMPCOLOY® 944, os tempos de erosão serão maiores e haverá um desgaste mais acentuado do eletrodo.

A diferença entre erudir ligas AMPCOLOY® em comparação com materiais de aço depende principalmente de:

- a) Os valores das configurações, dependendo do tipo da máquina, em especial o tipo de gerador.
- b) O tipo de eletrodos utilizados para a eletro-erosão.

### a) Valores de regulação

De acordo com a informação disponível, as definições básicas fornecidas pelo fabricante da máquina podem ser seguidas, dependendo da qualidade da superfície requerida, durante o desbaste ou acabamento.

#### **Intensidade da corrente:**

Serão necessárias intensidades altas de corrente para o desbaste e intensidades de corrente baixas para a erosão de precisão de superfícies. Eletrodos de grandes superfícies requerem intensidades elevadas de corrente e eletrodos de superfícies menores requerem menores intensidades de corrente. Devido à boa condutibilidade elétrica do AMPCOLOY® 940 e AMPCOLOY® 944, é possível usar intensidades mais elevadas de corrente do que com aço.

#### **Polaridade**

Com as máquinas modernas de eletro-erosão, é possível utilizar a polaridade normal, positiva (+) para o eletrodo e negativa (-) para a peça a erudida. Ocasionalmente, com certos tipos de máquinas de electro erosão, poderá ser necessário inverter a polaridade, ou seja, negativo (-) para o eletrodo e positivo (+) para a peça, mesmo quando se utilizam eletrodos de grafite.

#### **Configurações de tempo de trabalho (on time) :**

dos diferentes níveis de potência: Estas configurações de tempo dependem do tipo do material de eletrodo. Eletrodos de cobre tungstênio e eletrodos de grafite de boa qualidade permitem períodos de tempo maiores do que os eletrodos de cobre. Quando se utilizam eletrodos de cobre, os períodos de tempo devem ser reduzidos, a fim de evitar um desgaste elevado do eletrodo.

## b) Material dos eletrodos

A primeira escolha para a erosão por penetração de AMPCOLOY<sup>®</sup>940 e 944 AMPCOLOY<sup>®</sup> são os eletrodos de cobre-tungstênio que, no entanto, apresentam algumas limitações devido à

disponibilidade de material e à sua usinagem que não é simples. Os custos mais elevados do material e da usinagem podem muitas vezes ser amortizados quando se apresenta a geometria adequada (por exemplo formas simples, como redondos ou quadrados) graças aos índices mais elevados de remoção de material.

Eletrodos de grafite de qualidade superior, respetivamente eletrodos de cobre-grafite são geralmente menos apreciados devido às suas características de usinagem "suja". Podem contudo ser usados para a electro erosão de AMPCOLOY<sup>®</sup> 940 e AMPCOLOY<sup>®</sup>944, sendo que a taxa de desgaste é menor do que em eletrodos de cobre.

O cobre eletrolítico é seguramente o material mais utilizado para eletrodos de erosão por penetração, mas é também o material mais próximo em comparação com o AMPCOLOY<sup>®</sup> 940 e o AMPCOLOY<sup>®</sup>944 em termos de condutibilidade elétrica. Isto resulta nas dificuldades acima mencionadas, principalmente num maior desgaste do eletrodo.

O desgaste do eletrodo de cobre pode ser otimizado por uma melhor configuração da máquina de EDM, por exemplo, impulsos "on time" curtos, o que irá prolongar um pouco o tempo de erosão, mas irá reduzir o desgaste. Também é muito importante uma boa limpeza da superfície trabalhada para reduzir o desgaste dos eletrodos.

A utilização de AMPCOLOY<sup>®</sup> 972 em eletrodos de erosão é bastante apreciada, porque é mais fácil de usinar do que o cobre eletrolítico e também, conjuntamente com o software de "tecnologia cobre-cobre" ou "tecnologia cobre-AMPCOLOY<sup>®</sup>" dos fabricantes das máquinas de EDM, apresenta excelentes resultados.