

**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**Prof. Doutor Alexandre Kourbatov**

**ESCOLHA DA MÁQUINA, FERRAMENTA,  
E DO REGIME DE CORTE**  
**(Metodologia e dados tabelados)**

**Maputo - 2005**

## ÍNDICE

INTRODUÇÃO .....	3
1 METODOLOGIA DA ESCOLHA DA FERRAMENTA, SEUS PARÂMETROS, DA MÁQUINA E DO REGIME DE CORTE	
1.1. Torneamento.....	4
1.2. Furamento.....	6
1.3. Fresagem.....	8
2. PARÂMETROS PRINCIPAIS DAS MÁQUINAS-FERRAMENTAS DO DEMA DA UEM.....	
	10
3. MATERIAIS PARA FERRAMENTAS.....	
	12
4. DIMENSÕES PRINCIPAIS DAS FERRAMENTAS	
4.1. Ferros cortantes.....	13
4.2. Ferramentas para trabalhar furos .....	15
4.3. Fresas.....	21
5. PARÂMETROS GEOMÉTRICOS DA PARTE CORTANTE DAS FERRAMENTAS	
5.1. Ferros cortantes.....	23
5.2. Ferramentas para trabalhar furos .....	25
5.3. Fresas.....	27
6. REGIME DE CORTE	
6.1 Coeficientes comuns de correcção do regime de corte.....	29
6.2. Torneamento.....	32
6.3. Tratamento dos furos.....	40
6.4. Fresagem.....	43
6.5. Sangramento.....	48
6.6. Abertura de rosca.....	49
6.7. Brocheamento.....	52
6.8. Rectificação .....	53
7. QUALIDADE DE TRATAMENTO	
7.1. Precisão, rugosidade e profundidade da camada defeituosa a atingir economicamente.....	56
7.2. Tabela de tolerâncias.....	58
7.3. Tabela de desvios fundamentais.....	58

### Minha proposta de Negócio na Internet!

Eu procuro os parceiros com quem vamos fazer o Negócio na Internet. Precisa o acesso a internet, 3-4 h/dia e um investimento financeiro.

Vou ensinar tudo o que seja necessário. O negócio na Internet tem grande perspectiva, permite ficar financeiramente independente dentro dum tempo.

Vejam o clipe <http://b21v.ru/pt/?p=39> e contactam comigo pelo Skype alexandre.kourbatov

## INTRODUÇÃO

O objectivo desta colectânea de tabelas é cobrir a lacuna de dados tabelados que permitem escolher as ferramentas cortantes, seus parâmetros, máquinas-ferramentas e regime de corte que garantem maior eficácia, produtividade e qualidade pretendida. Além disso a colectânea contém a metodologia da escolha da ferramenta, dos seus parâmetros, da máquina-ferramenta, do regime de corte e formulas correspondentes.

As ferramentas cortantes que se usam nas empresas, na maioria dos casos, são normalizadas. Existem normas de diferentes países fabricantes das ferramentas cortantes. Os parâmetros principais das ferramentas cortantes são: tipo da ferramenta, sua construção, material da parte cortante, dimensões principais da parte cortante e do cabo e geometria de afiação. Os parâmetros do regime de corte são: profundidade de corte, avanço, velocidade de corte, frequência de rotação da árvore principal, tempo de corte básico. A escolha destes parâmetros tem grande importância para garantir a eficácia de produção e a qualidade pretendida dos produtos.

Este guia baseia-se na experiência do autor, nas normas GOST do eis União Soviética e metodologias correspondentes, nomeadamente da Universidade Técnica Estatal Bauman de Moscovo, Rússia, pois esta informação é mais completa e acessível. O guia contém a informação sobre os métodos principais de usinagem: torneamento, furamento, fresagem e outros. A fonte principal das normas e tabelas é “Compêndio do Tecnólogo de Construção de Máquinas” sob redacção de A.G. Kosilova e R.K. Mesheriakov de diversas edições. A informação geral sobre a construção das ferramentas, máquinas-ferramentas, geometria da parte cortante das ferramentas para torneamento, furamento e fresagem é acessível em “Manual de Torneiro”, “Manual do Serralheiro” e “Manual de Fresador”, editadas em português e disponíveis em Moçambique, mas faltaram dados tabelados que permitiriam determinar os parâmetros geométricos das ferramentas cortantes e o regime de corte para diversos casos de tratamento.

O guia destina-se principalmente aos estudantes de Engenharia Mecânica da Universidade Eduardo Mondlane que frequentam as disciplinas “Processos de Fabricação II”, “Complementos da Tecnologia Mecânica” “Projecto de Curso”, etc. O guia também pode ser útil para os estudantes do Instituto Industrial e para os engenheiros das empresas que realizam a preparação tecnológica de produção das peças metálicas.

### **Minha proposta de Negócio na Internet!**

Eu procuro os parceiros com quem vamos fazer o Negócio na Internet. Precisa o acesso a internet, 3-4 h/dia e um investimento financeiro.

Vou ensinar tudo o que seja necessário. O negócio na Internet tem grande perspectiva, permite ficar financeiramente independente dentro dum tempo.

Vejam o clipe <http://b21v.ru/pt/?p=39> e contactam comigo pelo Skype alexandre.kourbatov

# 1. METODOLOGIA DA ESCOLHA DE FERRAMENTA, SEUS PARÂMETROS, REGIME DE CORTE E FORMULAS CORRESPONDENTES

## 1. TORNEAMENTO

Uma série dos parâmetros da ferramenta, da máquina-ferramenta e do regime escolhe-se das tabelas outros se calculam através dos dados tabelados. Neste caso há de procurar a tabela e a linha nela que melhor correspondem às condições dadas (material a trabalhar, dimensões da peça e da superfície a trabalhar, qualidade da superfície trabalhada, etc.). No caso de não coincidência das condições dadas às tabeladas há de utilizar os coeficientes de correção, fazer interpolação, extrapolação. A escolha dos parâmetros principais do ferro cortante, da máquina-ferramenta e do regime de corte no torneamento realiza-se segundo a sequência seguinte.

1. Escolhe-se o modelo do torno em função dos gabaritos da peça a trabalhar, dos parâmetros da superfície trabalhada, da potência, da série das frequências da árvore principal, do avanço e da disponibilidade da máquina. A potência  $N_m$  em kW, rendimento  $\eta$ , série das frequências da árvore principal  $n_m$  e do avanço  $S_{vm}$ , etc. de alguns tornos estão apresentados na Tabela 2.1 do Capítulo 2.
2. Escolhe-se o tipo do ferro cortante em função do tipo da superfície trabalhada, apresenta-se o esquema de tratamento (veja por exemplo Capítulo 4.1.).
3. Escolhe-se o material da parte cortante da ferramenta segundo ao material a trabalhar e às recomendações apresentadas na tabela do Capítulo 3. Para trabalhar materiais ferrosos mais frequentemente se usam ferramentas de liga dura, com exceção dos ferros cortantes para sangramento (corte), para trabalhar superfícies perfiladas e para trabalhar materiais macios, ligas leves quando geralmente se usa o aço rápido.
4. Escolhem-se as dimensões principais do ferro cortante (L, B, H, etc.) das tabelas de normas correspondentes (pode-se usar dados do Capítulo 4.1 e Tabelas 11, 12 e 18b de Capítulo 6.2) em função das dimensões da superfície trabalhada, dimensões do espaço na porta ferramenta da máquina, do tipo de tratamento (desbastamento, semiacabamento, etc.).
5. Escolhem-se os parâmetros geométricos da parte cortante dos ferros cortantes ( $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\varphi$ ,  $\varphi_1$ ,  $\lambda$ , raio do bico  $r_{bic}$ ) pelas Tabelas 30, 31, 5, 32, 33, 34 do Capítulo 5.1 em função das propriedades do material a trabalhar e da parte cortante da ferramenta, parâmetros da superfície trabalhada (tipo de superfície, rugosidade, etc.).
6. Calcula-se a espessura da camada a cortar Z (sobresspessura), em mm, pelas formulas:

$$\text{para as superfícies cilíndricas: } Z = |D_{mic} - D_{fin}| / 2; \quad \text{para as faces: } Z = |C_{mic} - C_{fin}|;$$

7. Escolhe-se a profundidade de corte t, em mm.  $t \leq Z/i$ . Para sangramento, ranhuramento e tratamento das superfícies perfiladas t é igual a largura da superfície trabalhada.
8. Escolhem-se os avanços  $S_{vt}$  máximos admissíveis, em mm/volta: a) em função do método de tratamento, do material a trabalhar e da ferramenta, da profundidade de corte, etc. de uma das Tabelas 11, 13, 15, 16 do Capítulo 6.2; b) para desbastamento e ferro cortante com pastilha de liga dura em função da resistência da pastilha, etc. da Tabela 1 do Capítulo 6.2; c) em função da rugosidade pretendida da superfície trabalhada, raio de bico, etc. da Tabela 14 do Capítulo 6.2 A escolha faz-se pelas tabelas e linhas do Capítulo 6.2 que melhor correspondem às condições dadas, **tomando em conta as notas no fim destas**. Cada vez o avanço tabelado recalcula-se pela formula:  $S_{vc} = S_{vt} * C_{cs}$ , onde  $C_{cs}$  - é o coeficiente de correção tomado das notas correspondentes das tabelas acima indicadas,  $S_{vc}$  - é o avanço corrigido
9. Escolhe-se o avanço mínimo dos máximos admissíveis para satisfazer todas as exigências  $S_{vc \min}$ .
10. Escolhe-se o valor de avanço pela máquina  $S_{vm}$ , em mm/volta, o mais próximo e menor ou igual ao valor  $S_{vc \min}$  (escolhido no ponto anterior) que o torno escolhido pode realizar. A escolha realiza-se da serie dos avanços do torno segundo aos dados do torno escolhido (por exemplo do Capítulo 2.1).
11. Escolhem-se o coeficiente  $C_v$  e os expoentes de fracção  $x_v$ ,  $y_v$  e m para calcular a velocidade de corte máxima admissível. A escolha realiza-se segundo à Tabela 17 do Capítulo 6.2 em função do material a trabalhar e da ferramenta, do método de tratamento e do valor do avanço, **tomando em conta as notas correspondentes no fim da tabela** - coeficiente  $C_{cv}$ . Os parâmetros escolhem-se da linha que melhor correspondem às condições dadas (material a trabalhar, tipo de tratamento, material da ferramenta, avanço).
12. Escolhe-se o período de resistência (duração) da ferramenta  $T_e$  de 30 a 120 min (valores menores para desbastamento e ferramentas simples e maiores para acabamento e ferramentas mais complexas). O período escolhido de resistência da ferramenta  $T_e$  multiplica-se por coeficientes de correção  $K_{Tf}$  em função de número das ferramentas que trabalham simultaneamente numa máquina e  $K_{Tm}$  número das máquinas que serve um operário, que se escolham pelas Tabelas 7 e 8 do Capítulo 6.1.  $T = T_e * K_{Tf} * K_{Tm}$

13. Escolhem-se ou calculam-se os coeficientes de correcção da velocidade de corte  $K_{mv}$ ,  $K_{esv}$ ,  $K_{mfv}$ , de Tabelas 2, 3, 4, 5, 6 do Capítulo 6.1 e coeficientes  $K_{\phi v}$ ,  $K_{\phi 1v}$ ,  $K_{rv}$ ,  $K_{qv}$ ,  $K_{mtv}$  de Tabelas 18a, 18b e 18c do Capítulo 6.2 e recomendações correspondentes:

$$\begin{aligned} & \text{- no tratamento de aços (excepto de liga rica)} & K_{mv} &= C_m * (750 / \sigma_r)^{mv}; \\ & \text{- no tratamento de ferro fundido cinzento} & K_{mv} &= (190 / HB)^{mv}; \\ & \text{- no tratamento de ferro fundido maleável} & K_{mv} &= (150 / HB)^{mv} \end{aligned}$$

Nos outros casos os coeficientes tomam-se de tabelas correspondentes directamente ou por interpolação / extrapolação.

14. Calcula-se a velocidade de corte  $V_c$ , em m/min, pela formula: 
$$V_c = \frac{C_v * C_{cv}}{T^m * t^{x_v} * S_{vm}^{y_v}} * K_v, \text{ m/min}$$

onde 
$$K_v = K_{mv} * K_{esv} * K_{mfv} * K_{\phi v} * K_{\phi 1v} * K_{rv} * K_{qv} * K_{mtv};$$

No caso de acabamento fino e tratamento de aços temperados a velocidade de corte toma-se de Tabela 19 ou 20 respectivamente do Capítulo 6.2.

15. Calcula-se a frequência de rotação da árvore principal  $n_c$ , em r.p.m. (revoluções por minuto):

- para as superfícies externas pela formula: 
$$n_c = \frac{1000 * V_c}{\pi * D_{mic}}$$

- para as superfícies internas pela formula: 
$$n_c = \frac{1000 * V_c}{\pi * D_{fin}}$$

16. Escolhe-se a frequência de rotação da árvore principal pela máquina  $n_m$ , da série das frequências disponíveis (por ex., do Capítulo 2) que esteja mais próxima e menor ou igual a frequência  $n_c$  calculada, ou  $n_m \leq 1,1 n_c$ .

17. Calcula-se a velocidade de corte real  $V_r$ , em m/min:

para superfícies externas: 
$$V_r = \frac{\pi * D_{mic} * n_m}{1000};$$
 para superfícies internas: 
$$V_r = \frac{\pi * D_{fin} * n_m}{1000}$$

**A seguir verifica-se a possibilidade e eficácia de uso da máquina, ferramenta e do regime de corte escolhidos. Para isso faz-se o seguinte.**

18. Escolhem-se o coeficiente  $C_{pz}$  e os expoentes  $x_p$ ,  $y_p$  e  $n_p$  para calcular a força de corte  $P_z$  pela Tabela 22 do Capítulo 6.2.

19. Determinam-se os coeficientes de correcção de força de corte em função das propriedades do material a trabalhar  $K_{mp}$  de Tabelas 9, 10, do nível do desgaste da ferramenta  $K_{df}$  da nota no Capítulo 6.1 e coeficientes  $K_{\phi p}$ ,  $K_{\gamma p}$ ,  $K_{rp}$ ,  $K_{\lambda p}$  de Tabela 23 do Capítulo 6.2 directamente ou por interpolação / extrapolação.

20. Calcula-se a força de corte  $P_z$ , em N, pela formula: 
$$P_z = C_{pz} * t^{x_{pz}} * S_{vm}^{y_{pz}} * V_r^{n_{pz}} * K_p, \text{ N}$$

onde  $K_p$  é o coeficiente de correcção da força de corte. 
$$K_p = K_{mp} * K_{df} * K_{\phi p} * K_{\gamma p} * K_{rp} * K_{\lambda p}$$

21. Calcula-se a potência de corte  $N_c$ , em kW, pela formula: 
$$N_c = P_z * V_r / 60000.$$

22. Verifica-se se a potência de corte  $N_c$  for menor que o produto da potência do motor eléctrico do torno escolhido  $N_m$  pelo rendimento  $\eta$  do seu accionamento (de 0.65 a 0.85)  $N_c \leq N_m * \eta$ . No caso contrário há de escolher máquina-ferramenta mais potente ou diminuir o regime de corte mas isso vai diminuir a produtividade de tratamento.

23. No caso de desbastamento e semiacabamento verifica-se a resistência do sistema tecnológico (geralmente das partes mais fracas, talvez, da peça a trabalhar, da ferramenta e as vezes do dispositivo para apertar peça a trabalhar) através das formulas da resistência dos materiais. Se for necessário corrigem-se os parâmetros escolhidos.

24. No caso de acabamento e acabamento fino faz-se verificação da precisão de tratamento e da rugosidade atingidas (geralmente por ensaios). Se for necessário corrigem-se os parâmetros escolhidos.

25. Calcula-se o coeficiente de uso da maquina  $C_{um}$  pela potência: 
$$C_{um} = N_c / (N_m * \eta).$$

26. Calcula-se o coeficiente de uso da ferramenta  $C_{uf}$  pela velocidade: 
$$C_{uf} = V_r / V_c.$$

27. Calcula-se o tempo de tratamento principal  $t_p$ , em minutos: 
$$t_p = L / (n_m * S_{vm}),$$

onde  $L$  é o comprimento que percorre a ferramenta.

$$L = (C + l_e + l_s)$$

onde  $C$  - é o comprimento da superfície trabalhada, em mm;  $l_e$  - é o comprimento da entrada da ferramenta (para trabalhar superfícies cilíndricas  $l_e = 1 + 3 + t * \text{ctg}\phi$ );  $l_s$  - é o comprimento da saída da ferramenta (de 1 a 3 mm para superfícies abertas, 0 mm para fechadas e semifechadas). Para o facejamento, sangramento, abertura de ranhuras, tratamento da superfície perfilada tem-se 
$$C = (D_{mic} - D_{fin}) / 2.$$

28. Apresentam-se os resultados da escolha: o tipo do ferro cortante, sua norma, o material da parte cortante, dimensões principais da parte cortante e do cabo (comprimento, largura, altura, etc.), a geometria de afiação (forma e ângulos de afiação:  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\phi$ ,  $\phi_1$ ,  $\lambda$  e  $r_{bic}$ ), o coeficiente de uso da ferramenta  $C_{uf}$ ; o modelo e a potência do torno  $N_m$ , o coeficiente de uso da máquina  $C_{um}$ ; regime de corte - a profundidade de corte  $t$ , o avanço pela máquina  $S_{vm}$ , a velocidade de corte real  $V_r$ , a frequência de rotação pela máquina  $n_m$ , a potência de corte  $N_c$ , e o tempo principal de tratamento  $t_p$ .

## 1.2. FURAMENTO

Uma série dos parâmetros da ferramenta, da máquina-ferramenta e do regime escolhe-se das tabelas outros se calculam através dos dados tabelados. Neste caso há de procurar uma tabela e a linha nela que melhor correspondem às condições dadas (material a trabalhar, dimensões da peça e da superfície a trabalhar, qualidade da superfície trabalhada, máquinas e ferramentas existentes, etc.). No caso de não coincidência das condições dadas às tabeladas há de utilizar os coeficientes de correcção, fazer interpolação ou extrapolação. A escolha dos parâmetros principais da ferramenta, da máquina-ferramenta e do regime de corte no furamento realiza-se segundo a seguinte sequência.

- Escolhe-se o modelo da máquina-ferramenta que pode ser usada segundo aos gabaritos da peça a trabalhar, dimensões da superfície trabalhada, disponibilidade da máquina, etc. A potência  $N_m$ , em kW, e o rendimento  $\eta$  do seu accionamento, series dos avanços  $S_{vm}$  e das frequências da árvore principal  $n_m$ , etc. de algumas furadoras estão apresentados na Tabela 2.2 do Capítulo 2.
- Escolhe-se o tipo da ferramenta do Capítulo 4.2 segundo aos parâmetros do furo a trabalhar (dimensões, qualidade, rugosidade), apresenta-se o esquema de tratamento.
- Escolhe-se o tipo e a marca do material da parte cortante da ferramenta do Capítulo 3 segundo às recomendações da tabela (na maioria dos casos escolhe-se o aço rápido, excepto as brocas para trabalhar materiais difíceis a trabalhar quando se usa a liga dura do tipo BK).
- Escolhe-se a norma (GOST, ISO ou outra) e os parâmetros principais da ferramenta ( $D_f$ ,  $l_f$ ,  $z$ , tipo de cabo) segundo às dimensões do furo e tabelas de normas correspondentes (por exemplo do Capítulo 4.2).
- Escolhem-se os parâmetros geométricos da parte cortante das ferramentas, ou seja, os ângulos  $2\varphi$ ,  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\psi$  e  $\omega$ , em graus, pelas Tabelas 44, 46, 48, 53 do Capítulo 5.2 segundo a tipo da ferramenta, material a trabalhar, material da parte cortante da ferramenta, etc.
- Calcula-se a profundidade de corte  $t$ , em mm, pela formula:  $t = (D_f - D_{mic}) / 2$ ,
- Escolhe-se o avanço  $S_{vt}$ , em mm/volta, para trabalhar o furo com diâmetro da ferramenta  $D_f$  usando uma das Tabelas 25, 26 ou 27 do Capítulo 6.3 em função do método de tratamento, material a trabalhar e da ferramenta, etc.
- Escolhem-se os coeficientes de correcção do avanço: para brocas  $K_{ls}$ ,  $K_{tps}$ ,  $K_{rss}$ ,  $K_{mfs}$  e para outros  $K_{mts}$  segundo às notas no fim das tabelas correspondentes do Capítulo 6.3 acima indicadas. Quando as notas não correspondem ao caso o coeficiente correspondente toma-se igual a 1.
- Determina-se o valor do avanço calculado  $S_{vc}$ , em mm/volta, pelas formulas:
  - para brocas  $S_{vc} = S_{vt} * K_{ls} * K_{tps} * K_{rss} * K_{mfs}$
  - para outras ferramentas  $S_{vc} = S_{vt} * K_{mts}$
- Escolhe-se o avanço pela máquina  $S_{vm}$  do catalogo da máquina-ferramenta do modelo acima escolhido, mais próximo e menor ou igual a  $S_{vc}$ , do Capítulo 2.2, no caso de a máquina-ferramenta escolhida constar nela.
- Escolhem-se o coeficiente  $C_v$  e os expoentes de fracção  $q_v$ ,  $x_v$ ,  $y_v$  e  $m$  para o calculo da velocidade de corte  $V_c$ , usando a Tabela 28 ou 29 do Capítulo 6.3 em função do método de tratamento, material a trabalhar e da ferramenta, do avanço  $S_{vm}$ , em mm/volta. Para brocagem  $x_v = 0$ .
- Escolhe-se a duração  $T_e$  da ferramenta, em minutos, da Tabela 30 do Capítulo 6.3 em função do tipo da ferramenta, material a trabalhar e da ferramenta, diâmetro da ferramenta  $D_f$ . O período escolhido de resistência da ferramenta  $T_e$  multiplica-se por coeficientes de correcção  $K_{Tf}$  em função de número das ferramentas que trabalham simultaneamente numa máquina e  $K_{Tm}$  número das máquina que serve um operário, que se escolham pelas Tabelas 7 e 8 do Capítulo 6.1.  $T = T_e * K_{Tf} * K_{Tm}$
- Escolhem-se ou calculam-se os coeficientes de correcção  $K_{mv}$ ,  $K_{esv}$ ,  $K_{mfv}$  em função do material a trabalhar, seu estado, material da ferramenta segundo às Tabelas 2, 3, 4, 5, 6 do Capítulo 6.1, o coeficiente  $K_{lv}$  em função do comprimento  $C_f$  do furo a trabalhar segundo à Tabela 31 do Capítulo 6.3 e para brocagem o coeficiente  $K_{av}$  em função do tipo de afiação segundo a nota da Tabela 28 do Capítulo 6.3 (para outros métodos de tratamento  $K_{av}=1$ ). No caso de:
  - tratamento de aços (excepto ligas ricas)  $K_{mv} = C_m * (750 / \sigma_r)^{mv}$ ;
  - tratamento de ferro fundido cinzento  $K_{mv} = (190 / HB)^{mv}$ ;
  - tratamento de ferro fundido maleável  $K_{mv} = (150 / HB)^{mv}$
 Nos outros casos os coeficientes tomam-se de tabelas correspondentes directamente ou por interpolação / extrapolação.

- Calcula-se a velocidade de corte  $V$ , em m/min, pela formula:  $V_c = \frac{C_v * D_f^{q_v}}{T^m * t^{x_v} * S_{vm}^{y_v}} * K_v$

onde  $K_v$  é o coeficiente de correcção  $K_v = K_{mv} * K_{esv} * K_{mfv} * K_{lv} * K_{av}$

15. Calcula-se a frequência de rotação da árvore principal  $n_c$ , em r.p.m., pela fórmula: 
$$n_c = \frac{1000 * V_c}{\pi * D_f}$$
16. Escolhe-se a frequência de rotação da árvore principal  $n_m$  pela máquina, em r.p.m., do catálogo da máquina-ferramenta, do modelo já escolhido, mais próximo e menor ou igual a  $n_c$  calculado, ou  $n_m \leq 1,1 * n_c$ . Pode-se consultar o Capítulo 2.2, se o modelo escolhido constar nela.
17. Calcula-se a velocidade de corte real  $V_r$ , em m/min, pela fórmula: 
$$V_r = \frac{\pi * D_f * n_m}{1000}$$

**A seguir verifica-se a possibilidade e eficácia de uso da máquina, ferramenta e do regime de corte escolhidos. Para isso faz-se o seguinte.**

18. Para brocagem, broqueamento e alargamento escolhem-se os coeficientes e expoentes de fracção  $C_m, q_m, x_m, y_m, C_p, q_p, x_p, y_p$  para calcular o momento de torção  $M_t$  e a força axial  $P_a$  de corte, segundo a Tabela 32 do Capítulo 6.3. Para brocagem toma-se o coeficiente  $K_{ap}$  segundo a nota no fim desta tabela, para outros casos  $K_{ap} = 1$ . Para mandrilagem escolhem-se o coeficiente  $C_p$  e expoentes  $x_p, y_p$  e  $n_p$  para as forças  $P_z$  e  $P_x$  de Tabela 22 do Capítulo 6.2 **como para alisamento**.
19. Determinam-se os coeficientes de correcção do momento e da força de corte em função das propriedades do material a trabalhar  $K_{mp}$  segundo a Tabela 9 ou 10 e do nível do desgaste da ferramenta  $K_{df}$  da nota no Capítulo 6.1. Para mandrilagem determinam-se também os coeficientes  $K_{\phi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}$  e  $K_{\tau p}$  da Tabela 23 do Capítulo 6.2 directamente ou por interpolação / extrapolação.
20. Calcula-se o momento de torção  $M_t$ , em N m:

- para brocagem, broqueamento e alargamento pela fórmula:  $M_t = C_m * D_f^{q_m} * t^{x_m} * S_{vm}^{y_m} * K_{mp} * K_{ap} * K_{df}$
- para mandrilagem através de coeficiente e expoentes para força  $P_z$  pela fórmula:

$$M_t = \frac{C_{pz} * t^{x_{pz}} * S_{vm}^{y_{pz}} * V_r^{n_{pz}} * D_f * z}{2000} * K_p$$

onde

$$K_p = K_{mp} * K_{df} * K_{\phi p} * K_{\gamma p} * K_{\lambda p} * K_{\tau p};$$

21. Calcula-se a força axial de corte  $P_a$ , em N, pela fórmula:

- para brocagem, broqueamento e alargamento pela fórmula:  $P_a = C_p * D_f^{q_p} * t^{x_p} * S_{vm}^{y_p} * K_p$
- para mandrilagem através de coeficiente e expoentes para força  $P_x$  pela fórmula:

$$P_a = C_{px} * t^{x_{px}} * S_{vm}^{y_{px}} * V_r^{n_{px}} * z * K_p$$

Para brocagem  $K_p = K_{mp} * K_{ap} * K_{df}$ , para outros métodos  $K_p = K_{mp} * K_{df}$ .

22. Calcula-se a potência de corte  $N_c$ , em kW, pela fórmula: 
$$N_c = \frac{M_t * n_m}{9550}$$

23. Verifica-se se a potência de corte  $N_c$  for menor que o produto da potência do motor eléctrico da furadora escolhida  $N_m$  pelo rendimento  $\eta$  do seu accionamento (de 0.65 a 0.85)  $N_c \leq N_m * \eta$ . No caso contrário há de escolher a máquina-ferramenta mais potente ou diminuir o regime de corte mas isso vai diminuir a produtividade de tratamento.

24. No caso de brocagem, broqueamento e alargamento verifica-se a resistência do sistema tecnológico (geralmente das partes mais fracas, talvez, da peça a trabalhar, da ferramenta e as vezes do dispositivo para apertar peça a trabalhar) através das formulas da resistência dos materiais. Se for necessário corrigem-se os parâmetros escolhidos.

25. No caso de acabamento e acabamento fino faz-se verificação da precisão de tratamento e da rugosidade atingidas (geralmente por ensaios). Se for necessário corrigem-se os parâmetros escolhidos.

26. Calcula-se o coeficiente de uso da maquina  $C_{um}$  pela potência:

$$C_{um} = N_c / (N_m * \eta).$$

27. Calcula-se o coeficiente de uso da ferramenta  $C_{uf}$  pela velocidade:

$$C_{uf} = V_r / V_c.$$

28. Calcula-se o tempo de tratamento principal  $t_p$ , em minutos pela fórmula:

$$t_p = \frac{C_f + t * ctg \varphi + l_s}{S_{vm} * n_m}$$

onde  $C_f$  é o comprimento do furo em mm,  $l_s$  é o comprimento de saída da ferramenta (de 1 a 3 mm para furos passantes e 0 mm para furos cegos).

29. Apresentam-se os resultados da escolha: o tipo da ferramenta, sua norma, o material da parte cortante, as dimensões principais da parte cortante e do cabo (diâmetro, comprimento, etc.), a geometria de afiação (forma e ângulos de afiação:  $2\varphi, \alpha, \gamma, \psi, \omega$ ), o coeficiente de uso da ferramenta  $C_{uf}$ ; o modelo e a potência da máquina-ferramenta  $N_m$ , o coeficientes de uso da máquina  $C_{um}$ ; o regime de corte - a profundidade de corte  $t$ , o avanço pela máquina  $S_{vm}$ , a velocidade de corte real  $V_r$ , a frequência de rotação pela máquina  $n_m$ , a potência de corte  $N_c$  e o tempo principal de tratamento  $t_p$ .

### 1.3. FRESAGEM

Uma série dos parâmetros da fresa, da máquina-ferramenta e do regime escolhe-se das tabelas outro se calculam através dos dados tabelados. Neste caso há de procurar a tabela e a linha nela que melhor correspondem às condições dadas (material a trabalhar, dimensões da peça e da superfície a trabalhar, qualidade da superfície trabalhada, etc.). No caso de não coincidência das condições dadas às tabeladas há de utilizar os coeficientes de correcção. A escolha dos parâmetros principais da fresa, da máquina-ferramenta e do regime de corte na fresagem realiza-se segundo a seguinte sequência.

1. Escolhe-se o modelo da fresadora que pode ser usada segundo aos gabaritos da peça a trabalhar, dimensões da superfície trabalhada, disponibilidade da máquina, etc. A potência  $N_m$ , em kW, e o rendimento  $\eta$ , séries dos avanços  $S_{vm}$  e das frequências da árvore principal  $n_m$ , etc. de algumas fresadoras estão apresentados na Tabela 2.3 do Capítulo 2.3 ou de catalogo correspondente.
2. Escolhe-se o tipo da fresa do Capítulo 4.3 segundo ao tipo da superfície trabalhada, apresenta-se o esquema de tratamento.
3. Escolhe-se o tipo e a marca do material da parte cortante da fresa do Capítulo 3 (na maioria dos casos utiliza-se o aço rápido, excepto as fresas frontais para trabalhar materiais duros e difíceis a trabalhar quando mais frequentemente utiliza-se a liga dura do tipo BK).
4. Escolhem-se os parâmetros principais da fresa ( $D_f$ ,  $B_f$ ,  $z$ ,  $d_f$ , etc.), por exemplo, do Capítulo 4.3 segundo às dimensões da superfície trabalhada.

O diâmetro mínimo das fresas com furo central calcula-se pela formula:  $D_{fmin} \geq 2(t_s + f) + d_a$ , onde  $t_s$  é a profundidade da superfície;  $f$  é a folga entre o anel do mandril para aperto da fresa e peça a trabalhar (toma-se de 5 a 10 mm);  $d_a$  é o diâmetro do anel do mandril (toma-se de máquina-ferramenta).

Para fresas frontais  $D_f = (1 \div 2) B_s$ , onde  $B_s$  é a largura da superfície trabalhada. A largura das fresas  $B_f$  toma-se igual ou maior em 2 ÷ 5 mm da largura da superfície trabalhada  $B_s$ . Para o desbastamento tomam-se as fresas com dentes grossos (menor número de dentes  $z$ ) e noutros casos – com dentes finos.

5. Escolhe-se o tipo de afiação (na maioria dos casos – dentes agudos, excepto fresas perfiladas quando se usam os dentes cerceados) e os ângulos principais dos dentes da fresa, em graus, ( $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\omega$ , para fresas frontais também  $\varphi$ ,  $\varphi_1$ ,  $r$ ) das Tabelas 77 ÷ 82 do Capítulo 5.3.
6. Determinam-se a profundidade de corte  $t$  e a largura da fresagem  $B$ , em mm.
  - para trabalhar superfície plana com fresa frontal, cilíndrica ou de cabo com topo:
 
$$t = H_1 - H_2; \quad B = B_s$$
  - para trabalhar superfície plana vertical com fresa de disco:
 
$$t = B_s; \quad B = H_1 - H_2$$
  - para trabalhar entalhe ou banquetta com fresa de cabo:
 
$$t = B_s - B_o; \quad B = h_s$$
  - para trabalhar entalhe ou banquetta com outras fresas:
 
$$t = h_s; \quad B = B_s - B_o$$

7. Escolhe-se: a) o avanço  $S_z$ , em mm/dente, em função do tipo da fresa e seu material de uma das Tabelas 33, 34, 35, 36, 38 do Capítulo 6.4; b) o avanço  $S_v$ , em mm/volta, em função da rugosidade pretendida da superfície trabalhada de Tabela 37 do Capítulo 6.4. Neste último caso calcula-se:  $S_z = S_v / z$ . Se o avanço na fresadora está em mm/V, calcula-se o avanço  $S_{vc} = S_z * z$  e escolhe-se o avanço próximo menor pela máquina  $S_{vm} \leq S_{vc}$ .

8. Escolhem-se o coeficiente  $C_v$  e os expoentes de fracção  $q_v$ ,  $x_v$ ,  $y_v$ ,  $u_v$ ,  $p_v$  e  $m$  para calcular a velocidade de corte  $V_c$  em função de material a trabalhar, material da fresa, tipo da superfície trabalhada, largura de fresagem  $B$ , profundidade de corte  $t$  e do avanço  $S_{zc}$  da Tabela 39 do Capítulo 6.4, tomando em conta as recomendações indicadas no fim da tabela.
9. Escolhe-se a duração de fresa  $T_e$ , em minutos, em função do tipo e diâmetro da fresa  $D_f$ , segundo a Tabela 40 do Capítulo 6.4. A duração de fresa escolhida  $T_e$  multiplica-se por coeficientes de correcção  $K_{Tf}$  em função de número das ferramentas que trabalham simultaneamente numa máquina e  $K_{Tm}$  número das máquinas que serve um operário, que se escolham pelas Tabelas 7 e 8 do Capítulo 6.1.  $T = T_e * K_{Tf} * K_{Tm}$
10. Escolhe-se ou calcula-se o coeficiente de correcção  $K_{mv}$  de uma de Tabelas 2 ÷ 4 do Capítulo 6.1 em função das propriedades do material a trabalhar. No caso de:
  - tratamento de aços (excepto de liga rica)  $K_{mv} = C_m * (750 / \sigma_r)^{mv}$ ;
  - tratamento de ferro fundido cinzento  $K_{mv} = (190 / HB)^{mv}$ ;
  - tratamento de ferro fundido maleável  $K_{mv} = (150 / HB)^{mv}$

Nos outros casos o coeficiente toma-se de tabelas correspondentes directamente.

11. Escolhem-se os coeficientes de correcção  $K_{esv}$  e  $K_{mfv}$  da Tabela 5 e 6 do Capítulo 6.1 respectivamente em função do estado da superfície a trabalhar e do material da fresa.



12. Calcula-se a velocidade de corte  $V_c$ , em m/min, pela fórmula:

$$V_c = \frac{C_v * D^{q_v}}{T^m * t^{x_v} * S_z^{y_v} * B^{u_v} * z^{p_v}} * K_v$$

Onde  $K_v$  é o coeficiente de correcção  $K_v = K_{mv} * K_{esv} * K_{mfv}$

13. Calcula-se a frequência de rotação  $n_c$ , em r.p.m., da árvore principal  $n_c = \frac{1000 * V_c}{\pi * D}$

14. Escolhe-se a frequência de rotação da árvore principal pela máquina  $n_m$ , do catalogo da maquina fresadora do modelo escolhido (por exemplo, do Capitulo 2.3) mais próximo e menor ou igual a  $n_c$  calculado ou  $n_m \leq 1,1 * n_c$ .

15. Calcula-se a velocidade de corte real  $V_r$ , em m/min  $V_r = \frac{\pi * D * n_m}{1000}$

16. Se o avanço na fresadora está em mm/min, calcula-se o avanço  $S_{mc}$ , em mm/min  $S_{mc} = S_{zc} * Z * n_m$

17. Escolhe-se o avanço pela máquina  $S_{mm}$  pelo catalogo da fresadora do modelo escolhido (por exemplo, da do Capitulo 2.3), de modo que  $S_{mm}$  seja igual ou menor que  $S_{mc}$  calculado no ponto anterior.

**A seguir verifica-se a possibilidade e eficácia de uso da máquina, ferramenta e do regime de corte escolhidos. Para isso faz-se o seguinte.**

18. Escolhem-se o coeficiente  $C_p$  e os expoentes de fracção  $x_p$ ,  $y_p$ ,  $u_p$ ,  $w_p$ ,  $q_p$  para calcular o componente tangencial da força de corte em função de material a trabalhar, tipo e material da fresa, segundo a Tabela 41 do Capitulo 6.4, tomando em conta as notas no fim da tabela.

19. Escolhe-se ou calcula-se o coeficiente de correcção em função das propriedades do material a trabalhar  $K_{mp}$  da Tabela 9 ou 10 e do nível do desgaste da fresa  $K_{df}$  da nota no Capitulo 6.1.

20. Recalcula-se o avanço real por dente pela fórmula:  $S_{zr} = \frac{S_{mm}}{z * n_m}$

21. Calcula-se a força de corte  $P_z$ , em N, pela fórmula:  $P_z = \frac{C_p * t^{x_p} * S_{zr}^{y_p} * B^{u_p} * z}{D^{q_p} * n_m^{w_p}} * K_{mp} * K_{df}$

22. Calcula-se a potência de corte  $N_c$ , em kW, pela fórmula:  $N_c = P_{zc} * V_r / 60000$ .

23. Verifica-se se a potência de corte  $N_c$  for menor que o produto da potência do motor eléctrico da fresadora escolhida  $N_m$  pelo seu rendimento  $\eta$  (de 0.65 a 0.85)  $N_c \leq N_m * \eta$ . No caso contrário há de escolher máquina-ferramenta mais potente ou diminuir regime de corte mas isso vai diminuir o rendimento.

24. No caso de desbastamento e semiacabamento verifica-se a resistência do sistema tecnológico (geralmente das partes mais fracas, talvez, da peça a trabalhar, da ferramenta e as vezes do dispositivo para apertar peça a trabalhar) através das formulas da resistência dos materiais. Se for necessário corrigem-se os parâmetros escolhidos.

25. No caso de acabamento e acabamento fino faz-se verificação da precisão de tratamento e da rugosidade atingidas (geralmente por ensaios). Se for necessário corrigem-se os parâmetros escolhidos.

26. Calcula-se o coeficiente de uso da maquina  $C_{um}$  pela potência:  $C_{um} = N_c / (N_m * \eta)$ .

27. Calcula-se o coeficiente de uso da ferramenta  $C_{uf}$  pela velocidade:  $C_{uf} = V_r / V_c$ .

28. Calcula-se o comprimento de entrada da fresa  $l_e$ , em mm, segundo ao esquema de cálculo. Por exemplo:

- para fresa FRONTAL ou DE CABO, quando se faz o tratamento simétrico com face

$$l_e = 0,5D_f - \sqrt{0,25(D_f^2 - B_s^2)}$$

- no caso da entrada da fresa pela tangência a superfície trabalhada  $l_e = \sqrt{t(D_f - t)}$

29. Calcula-se o tempo de tratamento principal  $t_p$ , em minutos  $t_p = (C_s + l_e + l_s) / S_{mm}$

onde  $C_s$  é o comprimento da superfície trabalhada no sentido do avanço, em mm;  $l_s$  é o comprimento de saída da ferramenta, em mm (toma-se de 1 a 3 mm para superfícies abertas e 0 mm para superfícies fechadas e semi-fechadas).

30. Apresentam-se os resultados da escolha: o tipo da ferramenta, sua norma, o material da parte cortante, as dimensões principais da parte cortante e do cabo (diâmetro  $D_f$ , largura  $B_f$ , numero dos dentes  $z$ , etc.), a geometria de afiação (forma e ângulos de afiação:  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\omega$ ,  $\phi$ ,  $\phi_1$ ), o coeficiente de uso da ferramenta  $C_{uf}$ ; o modelo e a potência  $N_m$  da fresadora, o coeficiente de uso da máquina  $C_{um}$ ; o regime de corte - a profundidade de corte  $t$ , o avanço pela máquina  $S_{mm}$ , a velocidade de corte real  $V_r$ , a frequência de rotação pela máquina  $n_m$ , a potência de corte  $N_c$ , e o tempo principal de tratamento  $t_p$ .

## 2. PARÂMETROS PRINCIPAIS DAS MÁQUINAS-FERRAMENTAS DO DEMA DA UEM

### 2.1. TORNOS

Nome do parâmetro da máquina	Valores dos parâmetros para tornos de modelo		
	Cadete	16K20	1224B
Diâmetro máximo da peça bruta a trabalhar	330	220	170
Diâmetro máximo do varão a trabalhar	40	53	20
Comprimento máximo da peça a trabalhar	1000	1000	550
Passo da rosca a trabalhar	0,25÷14	0,5-112	0,25÷7,5
Potência do motor eléctrico em kW	2,9	11	1,5
Rendimento do accionamento principal	0,7	0,75	0,7
Gabaritos da máquina: - comprimento	2300	3100	1420
- largura	940	1190	650
- altura	1380	1500	580
Massa da máquina em kg		3000	
Série das frequências da árvore principal em r.p.m.	25; 45; 75; 125; 200; 360; 600; 1000	12,6; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600	65; 105; 140; 155; 220; 265; 320; 415; 560; 610; 870; 1280
Série dos avanços em mm/volta	0,05; 0,056; 0,059; 0,063; 0,069; 0,072; 0,075; 0,081; 0,088; 0,1; 0,113; 0,118; 0,125; 0,138; 0,144; 0,15; 0,163; 0,175; 0,2; 0,225; 0,236; 0,275; 0,288; 0,3; 0,325; 0,35; 0,4; 0,45; 0,472; 0,5; 0,55; 0,576; 0,6; 0,65; 0,7; 0,8; 0,9; 0,944; 1; 1,152; 1,2; 1,3; 1,4	0,05; 0,06; 0,075; 0,09; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1; 1,2; 1,4; 1,6; 2; 2,4; 2,8	0,125; 0,16; 0,173; 0,187; 0,204; 0,225; 0,236; 0,281; 0,321; 0,346; 0,374; 0,408; 0,45; 0,473; 0,5; 0,562; 0,642; 0,691; 0,748; 0,816; 0,9; 0,946; 1,123
Altura da ranhura para instalação da ferramenta na porta ferramenta em mm	32	42	22

Nota. Todos os tornos são paralelos e de precisão normal.

### **Minha proposta de Negócio na Internet!**

Eu procuro os parceiros com quem vamos fazer o Negócio na Internet. Precisa o acesso a internet, 3-4 h/dia e um investimento financeiro.

Vou ensinar tudo o que seja necessário. O negócio na Internet tem grande perspectiva, permite ficar financeiramente independente dentro dum tempo.

Vejam o clipe <http://b21v.ru/pt/?p=39> e contactam comigo pelo Skype alexandre.kourbatov

## 2.2. FURADORAS

Nome do parâmetro da máquina	Valores dos parâmetros para furadoras de modelo		
	UCIMU	2H135T	FFI
Diâmetro máximo do furo a abrir	30	35	20
Dimensões da mesa (Largura x Comprimento)	450x450	450x500	310x310
Distância máxima do topo da árvore principal até a mesa	720	750	515
Deslocamento máximo do cabeçote da árvore princ.	720	170	305
Deslocamento máximo da árvore principal	180	250	175
Cone Morse do furo da árvore principal	4	4	3
Potência do motor eléctrico em kW	1,8	3	1,4
Rendimento do accionamento principal	0,7	0,75	0,7
Gabaritos da máquina: - comprimento	2000	1030	760
- largura	630	825	520
- altura	2200	2535	2000
Massa da máquina em kg		1200	
Série das frequências da árvore principal em r.p.m.	40; 60; 80; 110; 145; 200; 270; 370; 515; 720; 980; 1350	31,5; 45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400	75; 125; 160; 260; 300; 400; 570; 650; 800; 1300; 1400; 2800
Série dos avanços em mm/volta	0,1; 0,2; 0,3	0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,6	0,1; 0,15; 0,25

Notas. 1. A furadora UCIMU é radial e outras são verticais. 2. Todas as furadoras são de precisão normal.

## 2.3. FRESADORAS

Nome do Parâmetro da máquina	Valores dos parâmetros para fresadoras de modelo		
	Milko-35r	Bautar	Jarbe
Dimensões da mesa (Largura x Comprimento)	250x1200	350x1600	200x800
Deslocamento máximo da mesa: longitudinal		850	380
- transversal		240	210
- vertical		540	490
Cone no furo da árvore principal			
Potência do motor eléctrico em kW	3	5	1,5
Rendimento do accionamento principal	0,75	0,7	0,7
Gabaritos da máquina: - comprimento	1600	2200	1200
- largura	1100	1600	1300
- altura	1700	1700	1450
Massa da máquina em kg			
Série das frequências da árvore principal em r.p.m.	50; 68; 92; 128; 180; 240; 352; 490; 653; 910; 1280; 1700	30; 38; 51; 65; 85; 110; 142; 182; 232; 300; 390; 500; 650; 840; 1085; 1400	55; 79; 112; 161; 230; 329; 470; 659; 965
Série dos avanços em mm/min	16; 29; 44; 67; 86; 92; 145; 190; 340	11; 16; 22; 31; 45; 65; 127; 187; 264; 367; 500	0,1; 0,15; 0,22; 0,33; 0,5; 0,75 mm/volta
Diâmetro do mandril para fresas (anel) em mm	22 (32)	27 (36)	16 (25)

Nota. Todas as fresadoras são universais e de precisão normal.

### 3. MATERIAL PARA FERRAMENTAS.

Marca do material da parte cortante		Condições de uso
GOST	ISO	
T5K10 ou T15K6 (ligas duras)	P30 ou P10	principalmente para ferros cortantes no desbastamento, semiacabamento e no caso de tratamento com choques dos aços
T30K4 ou T15K6 (ligas duras)	P01 ou P10	principalmente para ferros cortantes no acabamento e acabamento fino dos aços
TT7K12 ou TT10K8B (ligas duras)	M40 ou M20	principalmente para ferros cortantes para trabalhar materiais difíceis a trabalhar e de alta resistência
BK8 ou BK6 (ligas duras)	K30 ou K10	para ferros cortantes no desbastamento e semiacabamento dos ferros fundidos, materiais não ferrosos, aços no tratamento com choques; para brocas, alargadores, mandris, fresas, etc. para trabalhar materiais difíceis a trabalhar
BK3 (liga dura)	K01	para ferros cortantes no acabamento e acabamento fino dos ferros fundidos, materiais não ferrosos; para alargadores, mandris, fresas, etc. para acabamento dos materiais difíceis a trabalhar
P6M5 ou P9 (aços rápidos)	HS 6-5-2 ou HS 9-0-2	utilizam-se na maioria dos casos para trabalhar materiais macios, para trabalhar com choques, para ferros cortantes perfilados, brocas, alargadores, mandris, fresas, etc.
P18 ou P9K5 (aços rápidos)	HS 18-0-1; HS 9-0-2-5	para ferramentas diversas para trabalhar aços de construção com $\sigma_r = 850 \div 950$ MPa e ferros fundidos com HB 250-300
P9F5, P14F4 (aços rápidos)	HS 9-0-5 ou HS 14-0-4	para ferramentas diversas para trabalhar materiais com propriedades abrasivos
P6M5K5, P6M5K8F3, P10M4K10F3 (aços rápidos)	HS 6-5-2-5; HS6-5-3-8; HS 10-4-3-10	para ferramentas diversas para trabalhar aços de alta resistência com $\sigma_r \geq 950$ MPa, aços inoxidáveis, termoresistentes, materiais difíceis a trabalhar
Electrocoríndon		para rectificar aços, para afiar ferramentas de aço rápido
Carborundo		para rectificar ferros fundidos e ligas diversas, para afiar ferramentas de ligas duras
Diamante artificial		para afiar ferramentas de liga dura

Nota. As ferramentas de aço rápido podem ser cobertas com ligas duras o que vai aumentar sua resistência ao desgaste.

### Minha proposta de Negócio na Internet!

Eu procuro os parceiros com quem vamos fazer o Negócio na Internet. Precisa o acesso a internet, 3-4 h/dia e um investimento financeiro.

Vou ensinar tudo o que seja necessário. O negócio na Internet tem grande perspectiva, permite ficar financeiramente independente dentro dum tempo.

Vejam o clipe <http://b21v.ru/pt/?p=39> e contactam comigo pelo Skype alexandre.kourbatov



As dimensões dos ferros cortantes estão normalizadas e correspondem às normas dos países dos fabricantes. Para fins didáticos pode-se utilizar seguintes dados que mais ou menos correspondem à realidade.

Os ferros cortantes para trabalhar superfícies externas podem ter os cabos da secção transversal rectangular ou quadrada. A escolha das dimensões da secção transversal do cabo dos ferros cortantes pode ser feita segundo as recomendações das primeiras duas colunas da Tabela 11 do Capítulo 6.2 mas a altura H não pode superar a altura da ranhura da porta ferramenta (veja por exemplo Tabela 2.1). As dimensões destes ferros cortantes pode-se tomar da série BxHxL seguinte (B é a largura e H – altura da secção transversal do cabo; L – o comprimento total em mm): 8x8x30/150; 10x10x60/110; 10x16x100; 12x12x65/175; 12x16x100; 12x20x120; 16x16x80/120; 16x20x120; 16x25x140; 20x20x100/140; 20x25x140; 20x32x170; 25x32x170; 25x40x200; 32x40x240; 32x50x240. As relações do comprimento, por exemplo 30/150, significam que a dimensão varia de 30 a 150 mm. Neste caso a escolha pode ser feita da série: 30, 40, 50, 60, 70, 80, 100, 120, 140, 160.

Os ferros cortantes para trabalhar superfícies internas podem ter pescoço cilíndrico ou cónico e cabo da secção transversal quadrada ou cilíndrica. O diâmetro do pescoço pode ser igual ou um pouco menor da dimensão do cabo e deve ser bem menor do diâmetro do furo trabalhado. Recomenda-se usar o ferro cortante com diâmetro do pescoço  $\leq 2/3$  do diâmetro do furo trabalhado. O comprimento do pescoço deve ser maior do comprimento do furo trabalhado. As dimensões principais destes ferros cortantes pode-se tomar da série DxPxL seguinte (D é o diâmetro do cabo ou dimensão dum lado da secção transversal quadrada em mm; P - o comprimento do pescoço e L – o comprimento total): 6x10/30x40/50; 8x10/40x40/65; 10x15/50x45/90; 12x15/60x45/100; 16x25/80x120/170; 20x40/100x140/200; 25x50/125x200/250; 32x70/160x200/250; 40x70/300x200x400; 60x120/300x240/400; 75x150/800x300/1000. As relações, por exemplo 10/30, significam que a dimensão varia de 10 a 30 mm. Neste caso as dimensões dos comprimentos do pescoço e total da ferramenta pode-se tomar da série: 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000.

Os ferros cortantes para sangramento geralmente tem cabo e pescoço da secção transversal rectangular mas destacam ferramentas com cabo grosso e fino. Os ferros cortantes com cabo fino têm largura do cabo igual a largura do pescoço e precisam de uso dum porta-ferramenta especial. Os ferros cortantes com cabo grosso têm dimensões do cabo mais largo do que pescoço e suas dimensões podem ser tomadas da série para ferros cortantes com cabo rectangular apresentada em cima. A escolha da largura do pescoço dos ferros cortantes para sangramento pode ser feita segundo as recomendações das primeiras duas colunas da Tabela 15 do Capítulo 6.2. As dimensões principais dos ferros cortantes para sangramento pode-se tomar da série bxHxL seguinte (b é a largura do pescoço em mm): 2x8/12x70/200; 3x12/25x80/140; 4x16/32x120/170; 5x20/25x125/150; 6x25/32x125/170; 8x40x200; 10x; 12x; 16x; 20x. No caso de variação das dimensão H o valor pode-se tomar da série: 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40. No caso de variação do comprimento da ferramenta o valor pode-se tomar da série: 70, 80, 100, 125, 160, 200.

Alem disso pode-se notar que os ferros cortantes com cabo quadrado e estreitos para sangrar podem ser inteiras (de aço rápido). Qualquer ferro cortante pode ser feito com corpo de aço de construção e com parte cortante de pastilhas de aço rápido, de liga dura, de cerâmica mineral, etc. As pastilhas da parte cortante podem ser soldadas ao corpo (as pastilhas de aço rápido e de liga dura) ou fixadas mecanicamente (as pastilhas de liga dura, de cerâmica mineral, de nitrido de boro, de diamante, etc.). As pastilhas soldadas geralmente são reafeáveis e permitem geralmente de 3 a 5 reafeações. A geometria da parte cortante destes ferros cortantes recebe-se durante a afiação por utente. As pastilhas fixadas mecanicamente são não reafeáveis. As pastilhas não reafeáveis geralmente são poligonais e depois de desgaste dum vértice podem ser viradas para instalar na posição de trabalho o vértice ainda não usado. No caso de uso das pastilhas não reafeáveis a geometria da parte cortante garante-se por fabricante e utente tem que comprar as pastilhas que servem para trabalhar o material pretendido.

## 4.2. FERRAMENTAS PARA TRABALHAR FUROS

As ferramentas para trabalhar furos podem ser usadas nos tornos (neste caso elas realizam só o movimento do avanço), nas furadoras ou nos berbequins (neste caso as ferramentas realizam os movimentos de corte e de avanço). As ferramentas principais que se usam para trabalhar furos e os esquemas respectivos de tratamento estão apresentados na Figura 2

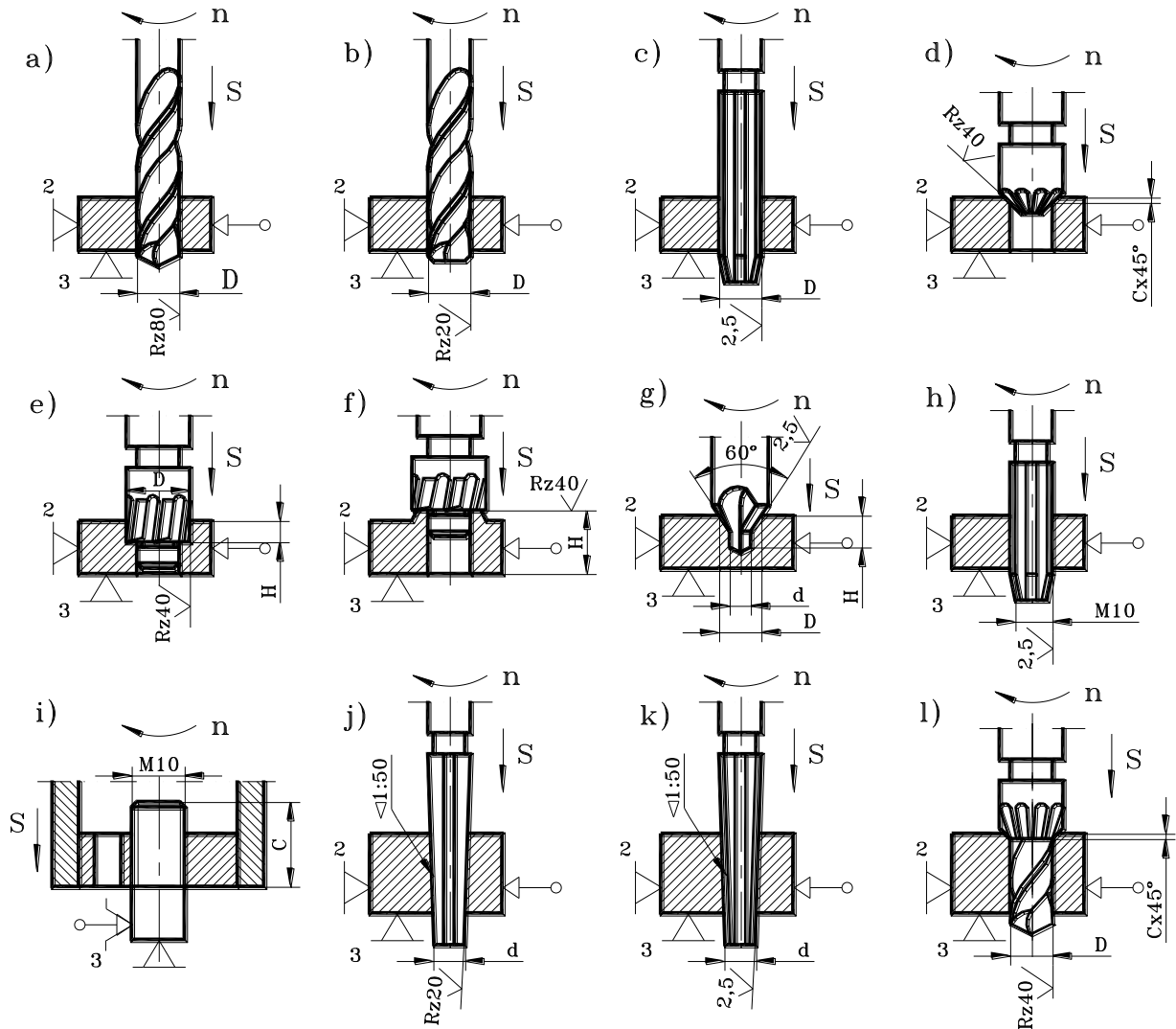


Figura 2. Ferramentas e esquemas principais de tratamento dos furos

- Abertura dum furo com broca helicoidal (brocagem) ou alargamento dum furo com broca helicoidal (broqueamento, faz o desbastamento dos furos dos diâmetros grandes);
- Alargamento dum furo com alargador (alargamento, faz o semiacabamento do furo);
- Alargamento dum furo com mandril (mandrilagem, faz o acabamento do furo);
- Abertura dum chanfro interno com escareador (escareamento);
- Alargamento dum furo cego (por ex. para encaixar a cabeça do parafuso) com facejador;
- Tratamento duma face da saliência ao longo dum furo (para encostar a cabeça do parafuso) com facejador;
- Abertura dum furo de centragem com broca de centragem;
- Abertura duma rosca interna com macho;
- Abertura duma rosca externa com cassonete;
- Alargamento dum furo cônico com alargador cônico (semiacabamento);
- Alargamento dum furo cônico com mandril cônico (acabamento);
- Tratamento dum furo e chanfro com ferramenta combinada.

As dimensões das ferramentas estão normalizadas e correspondes as normas dos países dos fabricantes. Pois a variedade das ferramentas e normas é grande aqui apresentamos só as dimensões principais das brocas helicoidais de aço rápido que se usam mais frequentemente.

#### 41. Parâmetros principais em mm das brocas helicoidais de aço rápido com cabo cilíndrico

Diâmetro d em mm	Longas, GOST 886-77		Curtas, GOST 4010-77		Médias, GOST 10902-77		Longas, com cabo curto, GOST 12122-77	
	L	l	L	l	L	l	L	l
0,3					19	3		
0,32; 0,35; 0,38			-	-	19	4		
0,4; 0,42; 0,45; 0,48					20	5		
0,5			20	3	22	6		
0,52					24	7		
0,55; 0,58; 0,6			-	-	26	8		
0,62; 0,65					28	9		
0,68; 0,7; 0,72			23	4,5				
0,75	-	-	-	-				
0,78			24	5	30	10		
0,8			-	-				
0,82			24	5				
0,85			-	-				
0,88			25	5,5	32	11		
0,9			-	-				
0,92			25	5,5				
0,95			-	-				
0,98			-	-				
1	56	33	26	6	34	12	48	25
1,05	-	-						
1,1	60	37	28	7	36	14	50	28
1,15	-	-						
1,2	65	41						
1,25	-	-	30	8	38	16	52	30
1,3	65	41						
1,35	-	-						
1,4	70	45	32	9	40	18	55	32
1,45	-	-						
1,5	70	45						
1,55	-	-	34	10	43	20	60	35
1,6	76	50						
1,65	-	-	34	10	43	20	60	35
1,7	76	50	34	10	43	20	60	35
1,75	-	-						
1,8	80	53	36	11	46	22	62	38
1,85	-	-						
1,9	80	53						
1,95; 2; 2,05; 2,1	85	56	38	12	49	24	65	40
2,15; 2,2; 2,25; 2,3; 2,35	90	59	40	13	53	27	70	45
2,4; 2,45; 2,5; 2,55; 2,6; 2,65	95	62	43	14	57	30		
2,7; 2,75; 2,8; 2,85; 2,9; 2,95; 3	100	66	46	16	61	33	75	48
3,1							80	50
3,15							(80)	(50)
3,2; 3,3	106	69	49	18	65	36	80	50
3,35							(80)	(50)
3,4; 3,5; 3,6; 3,7	112	73	52	20	70	39	85	55
	L	l	L	l	L	l	L	l
3,8; 3,9; 4; 4,1; 4,2							90	60
4,25	119	78	55	22	75	43	(90)	(60)



Diâmetro d em mm	Longas, GOST 886-77		Curtas, GOST 4010-77		Médias, GOST 10902-77		Longas, com cabo curto, GOST 12122-77	
	L	l	L	l	L	l	L	l
4,3; 4,4; 4,5; 4,6; 4,7	126	82	58	24	80	47	100	65
4,8; 4,9; 5; 5,1; 5,2; 5,3	132	87	62	26	86	52	105	70
5,4; 5,5; 5,6; 5,7; 5,8; 5,9	139	91	66	28	93	57	115	80
6					101	63		
6,1; 6,2; 6,3; 6,4; 6,5; 6,6	148	97	70	31			101	63
6,7					130	90		
6,8; 6,9; 7; 7,1; 7,2; 7,3; 7,4; 7,5	156	102	74	34	109	69	130	90
7,6; 7,7; 7,8; 7,9; 8; 8,1; 8,2; 8,3; 8,4; 8,5	165	109	79	37	117	75	140	100
8,6; 8,7; 8,8; 8,9; 9; 9,1; 9,2; 9,3; 9,4; 9,5	175	115	84	40	125	81	155	110
9,6; 9,7; 9,8; 9,9; 10; 10,1; 10,2; 10,3; 10,4; 10,5; 10,6	184	121	89	43	133	87		
10,7; 10,8; 10,9; 11; 11,1; 11,2; 11,3; 11,4; 11,5	195	128	95	47	142	94		
11,6			-	-				
11,7; 11,8			95	47				
11,9; 12; 12,1; 12,2; 12,3; 12,4; 12,5; 12,6; 12,7; 12,8	205	134	102	51	151	101		
12,9			-	-				
13; 13,1; 13,2			102	51				
13,3	214	140	107	54	160	108		
13,4			-	-				
13,5			107	54				
13,6			-	-				
13,7; 13,75; 13,8; 13,9; 14			107	54				
14,25; 14,5; 14,75; 15	220	144	111	56	169	114		
15,25; 15,4; 15,5	227	149	115	58	178	120		
15,7	-	-	-	-	-	-		
15,75	227	149	-	-	178	120		
16			115	58				
16,25; 16,5; 16,75; 17	235	154	119	60	185	125		
17,25; 17,4; 17,5; 17,75; 18	241	158	123	62	195	130		
18,25; 18,5; 18,75; 19	247	162	127	64	200	135		
19,25; 19,4; 19,5; 19,75; 20	254	166	131	66	205	140		

Notas. d- diâmetro da broca; L – comprimento da broca; l – comprimento da parte cortante

Brocas com parâmetros entre parênteses executam-se por encomenda

**42. Parâmetros principais em mm das brocas helicoidais de aço rápido com cabo cônico**

Diâmetro d em mm	Longas GOST 2092-77		Normais GOST 10903-77			Médias GOST 12121-77		
	L	l	L*	l	L**	L	l	
5; 5,2	-	-	133	52	-	-	-	
5,5; 5,8	-	-	138	57		-	-	
6	225	145	-	-		160	80	
6,1	230	150	-	-		165	85	
6,2			144	63				
6,3			-	-				
6,4; 6,5; 6,6			144	63				
6,7			-	-				
6,8	235	155	150	69		170	90	
6,9			-	-				
7			150	69				
7,1			-	-				
7,2			150	69				
7,3	-	-	-	-		180	100	
7,4	-	-	150	69				
7,5	235	155	156	75				
7,6	-	-	-	-				
7,7	240	160	156	75				
7,8	-	-	-	-		-	200	120
7,9	-	-	156	75				
8	-	-	156	75				
8,1	240	160	-	-				
8,2	-	-	156	75				
8,3	-	-	-	-				
8,4; 8,5	-	-	156	75				
8,6; 8,7	-	-	-	-				
8,8	245	165	162	81				
8,9			-	-				
9			162	81				
9,1	-	-	-	-	-	210	130	
9,2	-	-	162	81				
9,3; 9,4	245	165	-	-				
9,5	-	-	162	81				
9,6; 9,7	250	170	-	-				
9,8			168	87				
9,9			-	-				
10			168	87				
10,1			-	-				
10,2	-	-	168	87				-
10,3; 10,4	-	-	-	-				
10,5	-	-	168	87				
10,6	-	-	-	-				
10,7	255	175	175	94				
10,8			-	-				
10,9			-	-				
11			175	94				
11,1			-	-				
11,2	-	-	175	94	-	220	140	
11,3	-	-						
11,5	-	-	175	94				
11,6	-	-	-	-				
11,7	255	175	175	94				
11,8	-	-	-	-	-	220	140	
11,9	260	180	-	-				

Diâmetro d em mm	Longas GOST 2092-77		Normais GOST 10903-77			Médias GOST 12121-77	
	L	l	L*	l	L**	L	l
12			182	101	199		
12,1			-	-	-		
12,2			182	101	199		
12,3; 12,4			-	-	-		
12,5			182	101	199		
12,6; 12,7			-	-	-		
12,8			182	101	199		
12,9	-	-	-	-	-		
13			182	101	199		
13,1	260	180	-	-	-		
13,2			182	101	199		
13,3	265	185	-	-	-		
13,4	-	-	-	-	-		
13,5	265	185	189	108	206	230	150
13,6	-	-	-	-	-		
13,7	265	185	-	-	-		
13,75	-	-	189	108	206	-	-
13,8	265	185					
13,9	-	-	-	-	-	230	150
14	265	185	189	108	206		
14,25; 14,5; 14,75; 15	290	190	212	120	-	255	155
15,25						260	160
15,4	295	195	218	120		(260)	(160)
15,5; 15,75; 16						260	160
16,25; 16,5; 16,75; 17	300	200	223	125		265	165
17,25						270	170
17,4; 17,5	305	205	228	130		(270)	(170)
17,75						270	170
18	305	205	228	130		270	170
18,25; 18,5; 18,75; 19	310	210	233	135	256	275	175
19,25						280	180
19,4	320	220	238	140	261	(280)	(180)
19,5; 19,75; 20						280	180
20,25; 20,5; 20,75						285	185
20,9	330	230	243	145	266	(285)	(185)
21						285	185
21,25; 21,5	335	235					
21,75	-	-	248	150	271	290	190
22; 22,25	335	235					
22,5; 22,75; 23	340		253		276	295	195
23,25; 23,5	360	240	276	155		320	200
23,75; 23,9; 24; 24,25; 24,5; 24,75; 25	365	245	281	160	-	325	203
25,25; 25,5; 25,75; 26; 26,25; 26,5	375	255	286	165		335	215
26,75; 27; 27,25; 27,5; 27,75; 28	385	265	291	170	319	345	225
28,25; 28,5; 28,75; 29; 29,25; 29,5	395	275					
29,75	-	-	296	175	324	350	230
30	395	275					
30,25; 30,5; 30,75; 31; 31,25; 31,5			301	180	329		
31,75			306		334		
32; 32,25; 32,5; 33; 33,25; 33,5			334	185			
34; 34,5; 35; 35,25; 35,5			339	190			
35,75; 36; 36,25; 36,5; 37; 37,5			344	195			
38; 38,25; 38,5; 39; 39,25; 39,5; 40			349	200			
40,5; 41							
41,25; 41,5; 42; 42,5			354	205	392		

Diâmetro d em mm	Longas GOST 2092-77		Normais GOST 10903-77			Médias GOST 12121-77	
	L	l	L*	l	L**	L	l
43; 43,25; 43,5; 44; 44,5; 45			359	210	397		
45,25; 45,5; 46; 46,5; 47; 47,5			364	215	402		
48; 48,5; 49; 49,5; 50			369	220	407		
50,5			374	225	412		
51; 51,5; 52; 53			412				
54; 55; 56			417	230	-		
57; 58; 59			422	235			
60; 61; 62; 63			427	240			
64; 65; 66; 67			432	245	499		
68; 69; 70; 71			437	250	504		
72; 73; 74; 75			442	255	509		
76			447	260	514		
77; 78; 79; 80			514			-	

Notas. d – diâmetro da broca; L – comprimento total da broca; l – comprimento da parte cortante;

\* - com cabo normal; \*\* - com cabo reforçado;

- brocas com parâmetros entre parênteses executam-se por encomenda.

Em geral a dimensão mais importante das ferramentas para trabalhar furos é o diâmetro da parte cortante. Para fins didáticos as dimensões da parte cortante das outras ferramentas pode-se tomar da série das dimensões preferíveis ou admissíveis de qualquer produto tomando em conta as dimensões limites. Os alargadores e mandris geralmente se fabricam com diâmetro da parte de trabalho de 1 a 100 mm e com comprimentos da parte de trabalho de 0,5 a 10 diâmetros.

#### Série R<sub>a40</sub> das dimensões preferíveis dum produto de 1 a 2500 mm:

1; 1,05; 1,1; 1,15; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2; 2,1; 2,2; 2,4; 2,5; 2,6; 2,8; 3; 3,2; 3,4; 3,6; 3,8; 4; 4,2; 4,5; 4,8; 5; 5,3; 5,6; 6; 6,3; 6,7; 7,1; 7,5; 8; 8,5; 9; 9,5; 10; 10,5; 11; 11,5; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 24; 25; 26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50; 53; 56; 60; 63; 67; 71; 75; 80; 85; 90; 95; 100; 105; 110; 120; 125; 130; 140; 150; 160; 170; 180; 190; 200; 210; 220; 240; 250; 260; 280; 300; 320; 340; 360; 380; 400; 420; 450; 480; 500; 530; 560; 600; 630; 670; 710; 750; 800; 850; 900; 950; 1000; 1060; 1120; 1180; 1250; 1320; 1400; 1500; 1600; 1700; 1800; 1900; 2000; 2120; 2240; 2360; 2500, etc.

#### Série adicional (admissível) das dimensões dum produto que podem ser usadas se não servem as dimensões da série preferível:

1,25; 1,35; 1,45; 1,55; 1,65; 1,75; 1,85; 1,95; 2,05; 2,15; 2,3; 2,7; 2,9; 3,1; 3,3; 3,5; 3,7; 3,9; 4,1; 4,4; 4,6; 4,9; 5,2; 5,5; 5,8; 6,2; 6,5; 7; 7,3; 7,8; 8,2; 8,8; 9,2; 9,8; 10,2; 10,8; 11,2; 11,8; 12,5; 13,5; 14,5; 15,5; 16,5; 17,5; 18,5; 19,5; 20,5; 21,5; 23; 27; 29; 31; 33; 35; 37; 39; 41; 44; 46; 49; 52; 55; 58; 62; 65; 70; 73; 78; 82; 88; 92; 98; 102; 108; 112; 115; 118; 135; 145; 155; 165; 175; 185; 195; 205; 215; 230; 270; 290; 310; 315; 330; 350; 370; 390; 410; 440; 460; 490; 515; 545; 580; 615; 650; 690; 730; 775; 825; 875; 925; 975; 1030; 1090; 1150; 1220; 1280; 1360; 145; 1550; 1650; 1750; 1850; 1950; 2060; 2180; 2300; 2430, etc.

### 4.3. FRESAS

As fresas utilizam-se nas fresadoras para trabalhar as superfícies raiadas (que têm uma geratriz recta). As fresas principais e alguns esquemas de fresagem que podem ser realizados com fresas respectivas estão apresentados na Figura 3.

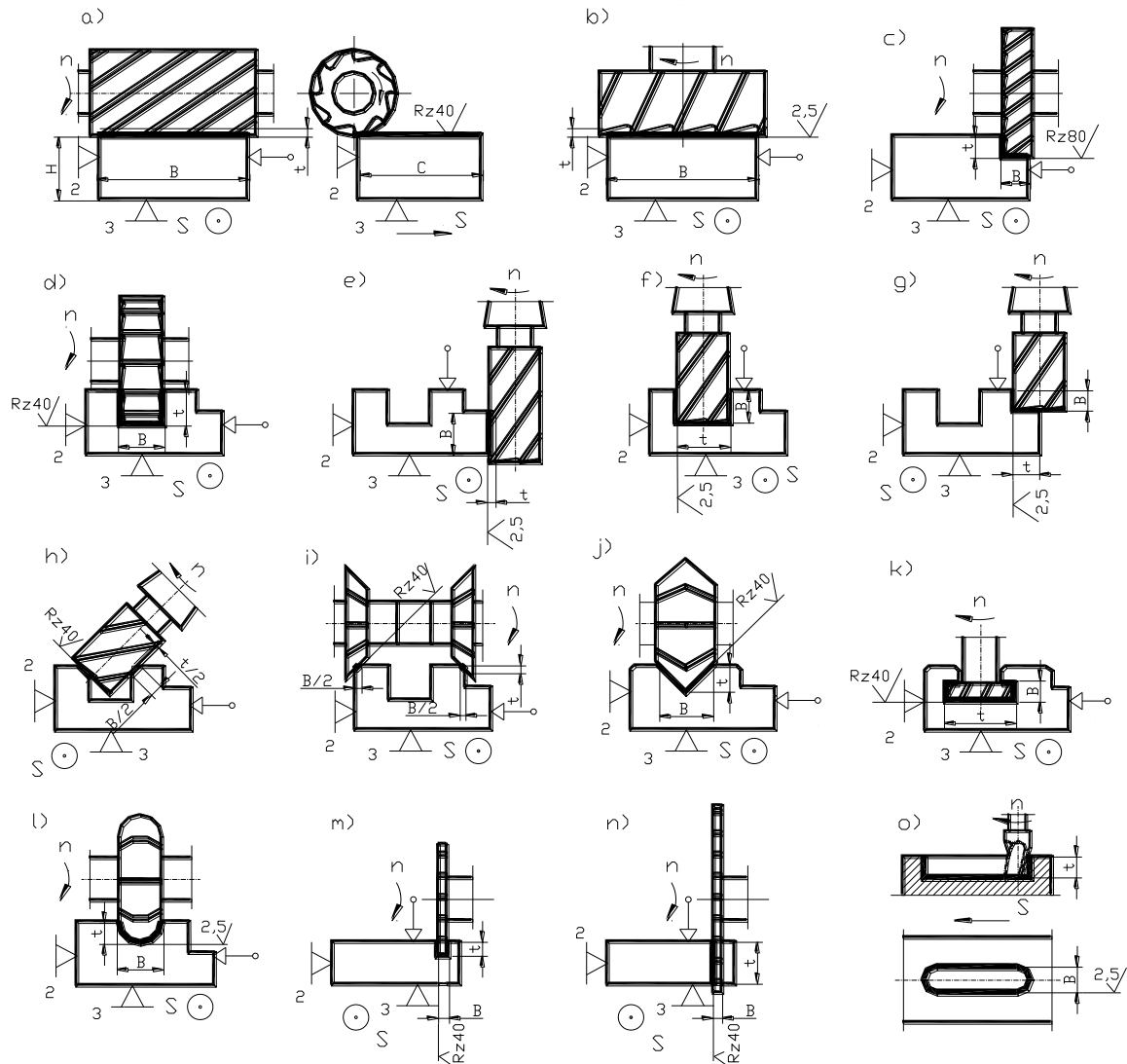


Figura 3. Fresas principais e esquemas de fresagem

- a) Fresagem dum plano horizontal com fresa cilíndrica (com furo central);
- b) Fresagem dum plano horizontal com fresa frontal (de cabo);
- c) Fresagem numa banqueta com fresa de disco bilateral (com furo central);
- d) Fresagem numa ranhura com fresa de disco trilateral (com furo central);
- e) Fresagem dum plano vertical com fresa de cabo;
- f) Fresagem numa ranhura com fresa de cabo;
- g) Fresagem numa banqueta com fresa de cabo;
- h) Fresagem de dois chanfros com fresa de cabo;
- i) Fresagem de dois chanfros com duas fresas uniangulares (com furo central);
- j) Fresagem numa ranhura angular com fresa biangular (com furo central);
- k) Fresagem numa ranhura do tipo T com fresa do tipo T (de cabo);
- l) Fresagem numa ranhura perfilada com fresa perfilada (com furo central);
- m) Fresagem numa fenda com fresa de fenda (de cabo);
- n) Sangramento (corte) numa peça com fresa de disco para sangrar (com furo central);
- o) Fresagem numa ranhura para chaveta prismática com fresa de chaveta (de cabo).

Como se vê da figura apresentada utiliza-se grande variedade dos tipos de fresas. Além disso cada tipo de fresa fabrica-se em várias construções. Assim, por exemplo, destacam: fresas com furo central e de cabo (cilíndrico ou cônico); fresas inteiras (geralmente de aço rápido) e fresas com dentes embutidos (dentes de aço rápido ou de liga dura e corpo de aço de construção); fresas com dentes retos e dentes inclinados num sentido ou nos sentidos diferentes; fresas com dentes de afiação aguda ou dentes cerceados, etc.

**As fresas com furo central** utilizam-se nas fresadoras horizontais e universais mas sempre trabalham com eixo horizontal. Os exemplos das fresas com furo central são: fresas cilíndricas; fresas de disco bi- e trilaterais; fresas de disco para fendas; fresas de disco para sangrar (cortar); fresas uni- e biangulares; fresas perfiladas; fresas de disco de módulo para fresar dentes das engrenagens, etc.

**As fresas de cabo** utilizam-se nas fresadoras verticais ou universais. Nestas fresadoras as fresas de cabo podem ocupar posição vertical ou posição inclinada sob qualquer ângulo. Os exemplos das fresas de cabo são: fresas frontais; fresas com parte cortante cilíndrica – chamam-se só fresas de cabo; fresas com parte cortante cônica e topo esférico – chamam-se fresas cônicas de cabo; fresas para ranhuras do tipo T; fresas para ranhuras do tipo de rabo de andorinha; fresas de fenda; fresas de chaveta para ranhuras para chavetas prismáticas ou de meia lua; fresas de cabo perfiladas; fresas de cabo de módulo para fresar dentes das engrenagens, etc.).

Então existe grande variedade das normas das fresas diversas e dos diferentes fabricantes. Para facilitar o processo de ensino para fins didáticos foi tomada a decisão em vez de usar o imenso número de tabelas aplicar a série  $R_{a20}$  das dimensões preferíveis e as dimensões limites das fresas (D – diâmetro da parte cortante em mm; d – diâmetro do furo central ou do cabo; L – comprimento da parte cortante; B – largura da parte cortante; z – número de dentes).

#### **Dimensões limites das fresas com furo central:**

1. **Fresas cilíndricas (com furo central):**
  - inteiras: D de 40 a 100 mm; L de 40 a 160 mm; z de 10 a 18;
  - com pastilhas embutidas: D de 100 a 250 mm; L de 80 a 390 mm; z de 8 a 12;
2. **Fresas de disco bi- e trilaterais:**
  - inteiras: D de 50 a 125 mm; B de 3 a 22 mm; z de 10 a 22
  - com pastilhas embutidas: D de 80 a 315 mm; B de 12 a 50; z de 10 a 30;
3. **Fresas de fenda ou de disco para sangrar inteiras:** D de 20 a 320 (2000) mm; B de 0,2 a 6,3 (14) mm; z de 14 a 200 (264);
4. **Fresas angulares inteiras:** D de 36 a 90 mm; z de 18 a 24; uniangulares  $\varphi$  de 0 a  $45^{\circ}$ , biangulares  $2\varphi$  de 50 a  $100^{\circ}$ ;
5. **Fresas semicirculares inteiras:** D de 50 a 125 mm; R de 1,6 a 16 mm; z de 10 a 14.

#### **Dimensões limites das fresas de cabo:**

1. **Fresas frontais:**
  - inteiras: D de 40 a 100; z de 8 a 18;
  - com pastilhas embutidas: D de 50 a 630 mm; z de 5 a 52;
2. **Fresas de cabo (com parte de trabalho cilíndrica):**
  - com cabo cilíndrico: D de 2 a 28 mm; L de 4 a 45 mm; z de 3 a 6;
  - com cabo cônico do tipo Morse: D de 10 a 80 mm; L de 8 a 220 mm; z de 3 a 10;
3. **Fresa para ranhuras do tipo T:**
  - com cabo cilíndrico: D de 12 a 40 mm; B de 6 a 18 mm; z de 6 a 8;
  - com cabo cônico do tipo Morse: D de 12 a 95 mm; B de 6 a 45 mm; z de 4 a 8;
4. **Fresas para ranhuras para chavetas de meia lua:** D de 4 a 36 mm; B de 1 a 10 mm; z de 6 a 10;
5. **Fresas para ranhuras para chavetas prismáticas:**
  - com cabo cilíndrico: D de 2 a 25 mm; L de 8 a 25 mm; z = 2;
  - com cabo cônico do tipo Morse: D de 12 a 50 mm; L de 16 a 45 mm; z = 2;

#### **Série $R_{a20}$ das dimensões preferíveis dum produto de 1 a 500 mm:**

1; **1,1**; **1,2**; **1,4**; 1,6; **1,8**; **2**; **2,2**; 2,5; **2,8**; **3,2**; **3,6**; 4; **4,5**; **5**; 5,6; 6,3; **7,1**; **8**; **9**; 10; **11**; **12**; 14; 16; **18**; **20**; **22**; 25; **28**; **32**; 36; 40; **45**; **50**; 56; 63; **71**; **80**; **90**; 100; **110**; **125**; 140; 160; **180**; **200**; 220; 250; **280**; **320**; **360**; 400; **450**; **500** (números da fonte “bold”, são da série  $R_{a5}$ , números sublinhados são da série  $R_{a10}$ ).

**Série das dimensões do diâmetro do furo central das fresas d** (escolha-se em função do diâmetro do mandril da fresadora escolhida): 10, 13, 16, 22, 27, 32, 40, 50, 60 mm

## 5. PARÂMETROS GEOMÉTRICOS DA PARTE CORTANTE DAS FERRAMENTAS

### 5.1. FERROS CORTANTES

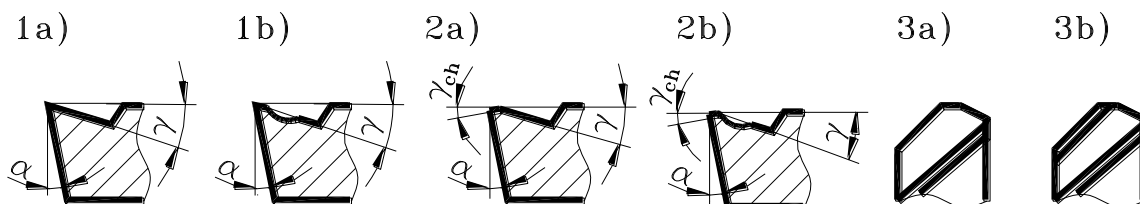
#### 30. Ângulos da parte cortante dos ferros cortantes para trabalhar materiais metálicos

Material a trabalhar	Material da parte cortante e forma da superfície de ataque	Ângulos da parte cortante em graus				
		Largura do chanfro em mm	$\gamma_{ch}$	$\gamma$	$\alpha$	$\lambda$
Torneamento externo e interno (alisamento), aplainamento						
Aço ao carbono, de liga, para ferramentas, de fundição - HB < 340, $\sigma_r < 1200$ MPa	AR, 1a, 1b, 3a	-	-	25 ÷ 30	8 ÷ 12	0
Ferro fundido cinzento e maleável HB < 220	AR, 1a, 3a			12 ÷ 18		-4 ÷ +4
Ligas de cobre e de alumínio	AR, 1a, 1b			25 ÷ 30	10 ÷ 15	0
Aço ao carbono, de liga, de fundição - $\sigma_r < 1000$ $\sigma_r > 1000$ MPa	LD, 2a, 2b, 3b LD, 2a, 3b			-3 ÷ -5 -10	15 12	
Torneamento externo e interno (alisamento)						
Ferro fundido cinzento: HB < 220 HB > 220	LD, 1a, 3a	-	-	12 8	6 ÷ 10	0
Ferro fundido maleável HB 140 ÷ 150				15		
Sangramento e ranhuramento						
Aço inoxidável e termoresistente	LD, 2a	0,15 ÷ 0,2	-5	10 ÷ 12	8 ÷ 12	0
	LD, 2b			10 ÷ 20		
Ligas de titânio	LD, 2a, 2b	0,2 ÷ 0,3	0 ÷ 5	10	10	0
Torneamento externo e interno (alisamento)						
Aço: $\sigma_r < 700$ MPa $\sigma_r > 700$ MPa	CM, 2a, 2b, 3b	0,2 ÷ 0,3	-5 ÷ -10	10 ÷ 15	8 ÷ 10	0 ÷ 5
Ferro fundido: HB < 220 HB > 220			-5	10 0 ÷ 5		

Notas. 1. AR – aço rápido; LD – liga dura; CM – cerâmica metálica.

2. Os valores menores dos ângulos  $\alpha$  e  $\gamma$  tomar para os materiais a trabalhar mais duros.

3. Tipo de afiação: 1a) aguda sem ranhura; 1b) aguda com ranhura; 2a) com chanfro e sem ranhura; 2b) com chanfro e com ranhura; 3a) com aresta adicional e sem chanfro; 3b) com aresta adicional e com chanfro. A largura do chanfro – 0,2 ÷ 0,5 mm



**31. Ângulos de posição  $\phi$  e  $\phi_1$  em graus**

Condições de tratamento	$\phi$	Condições de tratamento	$\phi_1$
Tratamento das superfícies de encoste com $t \leq 5$ mm; tratamento das peças da baixa rigidez; facejamento, ranhuramento, sangramento com saliência	90	Tratamento com ferros cortantes para cilindrar sem penetração no sentido radial	5 ÷ 10
Tratamento das superfícies de encoste com $t > 5 \div 15$ mm; tratamento das superfícies fechadas, facejamento	95 ÷ 105	Tratamento com ferros cortantes para cilindrar com penetração no sentido radial: até 3 mm - mais de 3 mm	15 20 ÷ 30
Sangramento sem saliência	80		
Tratamento das superfícies abertas das peças da rigidez média, alisamento do furo aberto do ferro fundido	60 ÷ 75	Tratamento com ferros cortantes para facejar e alisar: de aço rápido - de liga dura	10 ÷ 15 10 ÷ 30
Tratamento das superfícies abertas das peças rígidas, facejamento	45 ÷ 60	Tratamento com ferros cortantes para sangrar e ranhurar	1 ÷ 2
Torneamento das superfícies abertas das peças rígidas com grandes avanços	30 ÷ 45	Tratamento com ferros cortantes acotovelados com secção transversal: - até 20x30 mm - - mais de 20x30 mm	45 30
Torneamento de acabamento das superfícies abertas com grandes avanços	10 ÷ 30	Para ferros cortantes com aresta cortante auxiliar para trabalhar com grande avanço	0

**Tabela 5. Recomendações da escolha do raio de bico dos ferros cortantes.**

Raio do bico em mm	Condições de uso
<b>é igual ao raio transitório da peça</b>	<b>para as superfícies semi-fechadas e fechadas</b>
0,5 – 1	para o desbastamento das <b>superfícies</b> cilíndricas e cónicas externas <b>abertas</b>
2 – 5	para o acabamento das <b>superfícies</b> cilíndricas e cónicas externas <b>abertas</b>
0,2 ÷ 0,5	para o acabamento das <b>superfícies</b> cilíndricas e cónicas internas <b>abertas</b>
0,75 ÷ 1,5	para o desbastamento das <b>superfícies</b> cilíndricas e cónicas internas <b>abertas</b>
0,5 ÷ 2	para o acabamento das <b>faces abertas</b>
0,2 ÷ 0,8	para as ferramentas de sangrar e roscar

**33. Parâmetros geométricos dos ferros cortantes com pastilhas de liga dura não reafiáveis em graus**

Tipo de pastilha	$\phi$	$\phi_1$	$\gamma_0$	$\gamma$	$\alpha$	$\alpha_1$
Triangular	90	10	12	12	7,5	7,5
Tetraédrica	45	45	10	10	10	0
Tetraédrica	60	30	10	12	7	7
Tetraédrica	75	15	10	12	7	7
Pentagonal	60	12	10	12	8	8
Hexaedra	45	14	20	10	10	5

Nota. A largura do chanfro na aresta cortante principal  $f = 0,2$  mm. No caso de tratamento com choques há de aumentar chanfro até  $0,4 \div 0,5$  mm.

**34. Ângulos da parte cortante dos ferros cortantes para trabalhar plásticos**

Material a trabalhar	Material da parte cortante	Ângulos em graus	
		$\gamma$	$\alpha$
Textolite	BK8, BK6	10	20
	P18	12	20
Plástico de fenol K18-2	Liga dura	10	24
Plástico de fenol K73-2, fibralite		5	20
Plástico de amina		20	20
Polistireno	P18, P9	25	20
Textolite, fibralite, plástico de fenol K18-2, K73-2, polistireno, plástico de amina	CM332	-5 ÷ 0	12

Nota. A forma da superfície de ataque é plana, raio de bico  $r = 1,5$  mm



## 5.2. FERRAMENTAS PARA TRABALHAR FUROS

### 44. Parâmetros geométricos das brocas de aço rápido em graus

Material a trabalhar	HB	$2\varphi$	$\psi$	$\alpha$	$\omega$
Aço de construção	170-196	118	45-55	12-15	24-32
Aço para ferramentas	240-400	118-150	45-55	7-15	24-32
Aço inoxidável e termoresistente	-	127	50-55	12-14	31-35
Ferro fundido	100-400	90-150	45-55	7-15	24-32
Ligas de titânio	-	135-140	50-55	12	30
Cobre	80-85	100-118	45-55	12-15	28-40
Ligas de cobre		118-150	50-55	12-15	10-40
Alumínio e suas ligas		90-140	45-55	12-17	24-50
Ligas de magnésio		70-118	45-60	12	10-50
Ebonite		80-90			
Celulóide: em pó		30-35	45-55	12-15	10-20
- fibroso		45-50			
- lameloso		70-80			

Notas. 1. As brocas para trabalhar aços inoxidáveis e termoresistentes têm que ter núcleo grosso ( $0,3 \div 0,4$ )d e comprimento menor de  $10d$ .

2. Os valores maiores do ângulo  $2\varphi$  e menores do ângulo  $\alpha$  tomar para materiais mais duros.

3. Os ângulos de inclinação das ranhuras helicoidais estão recomendados para projecção das brocas novas. As brocas normalizadas com diâmetro  $d = 0,25 \div 80$  mm têm o ângulo  $\omega = 19 \div 34^\circ$  (os valores menores correspondem aos diâmetros menores).

4. As brocas para abrir furos com  $D \leq 15$  mm podem ser sem dique afiado e com  $D \geq 15$  mm – com dique afiado. As brocas com  $D \leq 25$  mm podem ser com afiação simples e com  $D \geq 25$  mm - com afiação dupla, o ângulo  $2\varphi_0 = 60 \div 70^\circ$ .

### 46. Parâmetros geométricos das brocas com pastilhas de liga dura em graus

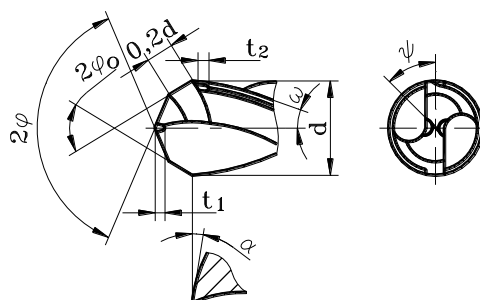
Material a trabalhar	$\gamma$	$2\varphi$	$2\varphi_0$
Aço de construção, inoxidável, ao cromo e níquel, de fundição com $\sigma_r = 1400$ MPa	0	120	-
Ferro fundido cinzento com: HB 200	7	120	70-75
- HB 300-400	0	140	70-75
Aço para ferramentas, ao manganês	-2 ÷ -3	140	-
Aço ao carbono e de liga temperado com $\sigma_r > 1000$ MPa, HRC 45-64	-5 ÷ -15	130-135	65
Ferro fundido maleável	4	120	70-75
Bronze fosforoso	4	130	-
Latão, alumínio, duralumínio, silumínio, babbitt	4-6	140	-
Ligas de titânio	0	140	50
Plásticos: em pó		50-60	
- fibroso	0-2	60-70	-
- lameloso		90-100	

Notas. 1. As brocas normalizadas com pastilhas de liga dura com diâmetro  $d = 5 \div 30$  mm têm o ângulo de folga  $\alpha$  mesmo que as brocas de aço rápido. Para trabalhar ferro fundido recomenda-se o ângulo  $\alpha = 10 \div 17^\circ$  com afiação dupla.

2. O ângulo de inclinação das ranhuras helicoidais  $\omega$  começa do fim da pastilha de liga dura. Ao longo da pastilha as ranhuras são rectas. As brocas normalizadas com  $d = 5 \div 30$  mm têm o ângulo  $\omega = 15 \div 20^\circ$ .

3. O ângulo auxiliar de posição  $\varphi_1$  garante-se por conicidade inversa da parte de trabalho. Para as brocas com diâmetro até 30 mm a diferença dos diâmetros no início e no fim da parte de trabalho tem que ser de  $0,01 \div 0,08$  mm.

4. A afiação dupla das brocas se realiza com o comprimento da aresta transitória  $b = 0,2d$



**48. Parâmetros geométricos dos alargadores em graus**

Material a trabalhar	$\gamma$ para parte cortante de		$\alpha$	$\varphi$	$\varphi_0$	$\omega$	f fita, em mm
	aço rápido	liga dura					
Aço de construção: HB $\leq$ 180 - HB 180-225 - HB 225-270 - HB $>$ 270	15-20	-	8-10	60	30	25-30	0,8-2
	12-15	0				10-20	
	5-10	0-(-5)					
	-	-10					
Aço inoxidável e termoresistente	0-3	-	6-15	30-45	15-20	15-20	0,5-1
Aço temperado com HRC 51	-	-15	10	60	15	10-20	0,8-1
Ligas termoresistentes	10	-	8-10	30	-	20	0,5-1
Ligas de titânio	4-6	-	9-11	45	-	20	0,3-0,5
Ferro fundido: HB $\leq$ 150 - HB 150-200 - HB $>$ 200	10-12	8	8-10	30-60	30	10	0,8-2
	6-8	5					
	-	0					
Ligas de alumínio e de cobre	25-30	10-20	10	60	-	10-20	
Ligas de magnésio		-		45-60		20-25	

Notas. 1. Para aumentar resistência ao desgaste faz-se: a aresta cortante transitória com  $l = 3t$  com o ângulo  $\varphi_0$ ; afia-se a fita dos alargadores de aço rápido em comprimento  $l = 1,5-2$  mm; o dorso afiam em dois planos (com  $\alpha = 8-10^\circ$  com largura de 0,6-1,5 mm e resto com  $\alpha_1 = 15-20^\circ$ ). Para trabalhar ferro fundido com alargadores de liga dura os ângulos  $\alpha = 10 - 17^\circ$  e  $\alpha_1 = 20 - 25^\circ$ .

2. O ângulo de ataque negativo dos alargadores de liga dura cria-se através do chanfro com largura de 1,5 – 3 mm na superfície de ataque.

3. O ângulo de inclinação da aresta cortante  $\lambda$  toma-se:

- $\lambda = 0^\circ$  para trabalhar aços, ferro fundido e bronze;
- $\lambda = 3 \div 5^\circ$  para melhorar a saída das aparas;
- $\lambda = 3 \div 5^\circ$  para reforçar aresta cortante dos alargadores de liga dura.

4. Os valores menores dos ângulos  $\alpha$ ,  $\omega$  e  $\lambda$  tomam para os materiais a trabalhar mais duros.

5. Para os alargadores montáveis com dentes de aço rápido e com pastilhas de liga dura tomam:  $\alpha = 6-8^\circ$ ,  $\alpha_1 = 15-20^\circ$ ,  $\gamma = 3^\circ$ ; para os alargadores de aço rápido  $\varphi = 45-60^\circ$ ,  $\omega = 20^\circ$ ; para os alargadores de liga dura  $\varphi = 60^\circ$ ,  $\varphi_0 = 30^\circ$ ,  $\omega = 12-15^\circ$ .

6. Para o alargamento dos furos descontínuos  $\omega = 20-30^\circ$  (para diferentes materiais a trabalhar).

**53. Parâmetros geométricos dos mandris em graus**

Material a trabalhar	Material da parte cortante do mandril				Ângulo de incidência auxiliar $\alpha_1$		
	Aço rápido	Liga dura	Aço rápido	Liga dura			
	Ângulo de ataque $\gamma$		Ângulo de incidência $\alpha$				
Aço não temperado	0	0 $\div$ -5	6 $\div$ 12	6 $\div$ 8	10 $\div$ 20		
Aço temperado (HRC 50, $\sigma_r = 1600-1800$ )	-	-10 $\div$ -15	-	6	10 $\div$ 15		
Aço inoxidável e termoresistente	0	-	5 $\div$ 8	-			
Ligas termoresistentes			6 $\div$ 10				
Ligas de titânio			0			8 $\div$ 10	10
Ferro fundido			0 $\div$ -5			6 $\div$ 8	10 $\div$ 17
Ligas de alumínio e de cobre			-		10 $\div$ 12	-	15 $\div$ 20
Ligas de magnésio							

Notas. 1. Os mandris para furos passantes e materiais a trabalhar macios têm  $\varphi = 12 \div 15^\circ$ ; para materiais frágeis -  $\varphi = 5^\circ$ . Os mandris para furos cegos têm  $\varphi = 45 \div 60^\circ$ . Os mandris manuais para furos passantes têm  $\varphi = 0,5 \div 1,5^\circ$ .

2. Os mandris normais têm  $\omega = 0^\circ$ . Para receber a maior qualidade dos furos: os mandris para trabalhar ferro fundido e aços duros podem ter  $\omega = 7 \div 8^\circ$ ; os mandris para trabalhar ferro fundido maleável e aços dureza média a baixa -  $\omega = 12 \div 20^\circ$ ; os mandris para trabalhar ligas leves -  $\omega = 35 \div 45^\circ$ ; os mandris reguláveis -  $\omega = 3^\circ$ .

### 5.3. FRESAS

#### 77. Ângulos de corte das fresas de disco trilaterais com pastilhas embutidas de liga dura

Material a trabalhar	Material das pastilhas	Ângulo $\gamma_{ch}$	Ângulo $\alpha$	Ângulo $\gamma$	Ângulo $\varphi_1$
Aço de construção com resistência a tracção: $\sigma_r < 800$ MPa $\sigma_r = 800 \div 1200$ MPa $\sigma_r > 1200$ MPa	T15K6	-5	20	8 $\div$ 15	2 $\div$ 5
	T15K6 e T5K10	-10			
	BK8	-15			
Ferro fundido		5			

#### 78. Valores do ângulo de incidência $\alpha$ em graus das fresas de aço rápido

Tipo das fresas	Características das fresas	Ângulo $\alpha$	
		parte cilíndrica	dentes na face
Fresas cilíndricas e frontais de aço rápido	Com dentes finos	16	8
	Com dentes grossos e embutidos	12	
Fresas de disco bi- e trilaterais	Com dentes rectos finos	20	6
	Com dentes rectos grossos e embutidos	16	
	Com dentes inclinados grossos e embutidos	12	
Fresas de cabo e angulares com cabo cilíndrico ou cónico	D < 10 mm	25	8
	D = 10 $\div$ 20 mm	20	
	D > 20 mm	16	
Fresas angulares com furo central	-		
Fresas para ranhuras do tipo T	-	25	6
Fresas de disco para ranhurar com dentes não cerceados	-	20	-
Fresas de fenda	-	30	
Fresas de cortar (serras de disco)	-	20	
Fresas perfiladas	Com dentes não cerceados finos	16	
	Com dentes cerceados	12	
Serras de disco com segmentos rebitados	Com dentes grossos	16	

#### 79. Valores do ângulo de ataque $\gamma$ em graus das fresas de aço rápido

Material a trabalhar	$\gamma$	Material a trabalhar	$\gamma$
Aço de construção com: $\sigma_r < 600$ MPa $\sigma_r = 600 \div 1000$ MPa $\sigma_r > 1000$ MPa	20	Ferro fundido com HB $\leq$ 150 HB > 150	15
	15		10
	10		

Nota. Para o encolhimento de apara  $\varepsilon < 0,45$  -  $\gamma = 20^0$ , para  $\varepsilon = 0,45 \div 0,5$  -  $\gamma = 15^0$ , para  $\varepsilon > 0,5$  -  $\gamma = 10^0$

#### 80. Valores dos ângulos de posição $\varphi$ das fresas frontais

Tipo de fresa	$\varphi$	Tipo de fresa	$\varphi$
Fresas frontais para trabalhar superfícies abertas com D < 150 mm D $\geq$ 150 mm	30	Fresas frontais para trabalhar planos perpendiculares	90
		Fresas frontais com pastilhas de liga dura para trabalhar superfícies abertas	60
		45	

Nota. Para fresas que têm aresta cortante adicional escolha-se mais o ângulo  $\varphi_0 < \varphi$ .

**81. Parâmetros geométricos da parte cortante das fresas com dentes de liga dura**

Material a trabalhar	Ângulo $\alpha$		Ângulo $\alpha_1$ na face	Ângulo $\gamma_{ch}$	Ângulo $\gamma$	Ângulo $\lambda$	Ângulos de posição			Largura da aresta transitória
	$a_{max} > 0,08$ mm	$a_{max} < 0,08$ mm				para fresas frontais		$\Phi_1$		
						$\lambda$	$\Phi$		$\Phi_0$	
Aço: $\sigma_r < 650$ MPa $\sigma_r = 650 \div 800$ MPa $\sigma_r = 850 \div 950$ MPa $\sigma_r = 1000 \div 1200$	12 ÷ 15	18 ÷ 20	8 ÷ 10	5	15	-5 ÷ 5	20-90	10-30	5	1 ÷ 1,5
-5										
-10										
5				12	0 ÷ 5					
Ferro fundido: HB < 200 HB 200 ÷ 250				0	8	-5 ÷ 0				

Notas. 1. 
$$a_{max} = 2S_z \sqrt{\frac{t}{D} - \frac{t^2}{D^2}}$$

2. Para fresagem de acabamento e acabamento fino  $\alpha = 5 \div 10^0$  e  $\gamma_{ch} = -5^0$  (para fresagem de aço com  $\sigma_r = 600 \div 800$  MPa);

3. Os ângulos  $\Phi$ ,  $\Phi_0$  e  $\lambda$  estão dados **para as fresas frontais**, para outros casos eles não se escolhem.

- Para fresagem com profundidade de corte  $t \leq 3$  mm e rigidez elevada do sistema tecnológico  $\Phi = 20 \div 30^0$ . Para fresagem com  $t = 3 \div 6$  mm e rigidez média do sistema tecnológico  $\Phi = 45 \div 60^0$ .
- Para fresagem simétrica com fresas frontais e espessura de camada a cortar  $a > 0,06$  mm,  $\lambda = -5 \div 0^0$ . Para fresagem assimétrica e  $a \leq 0,06$  mm,  $\lambda = 0 \div 5^0$ .
- Para fresagem com fresas frontais do ferro fundido com HB < 200  $\Phi = 45^0$ ,  $\lambda = 0 \div 5^0$ , para HB > 200  $\Phi = 45^0$ ,  $\lambda = -5 \div 0^0$ .

**82. Ângulo auxiliar de posição das fresas  $\Phi_1$  em graus**

Tipo de fresa	D	B	$\Phi_1$	Tipo de fresa	D	B	$\Phi_1$
	em mm				em mm		
Fresas para ranhuras, fendas	40 ÷ 60	0,6 ÷ 0,8	0°15'	Fresas de cabo com dentes no topo; Fresas de disco bi-e trilaterais; Fresas para ranhuras de T	-	-	1 ÷ 2
		> 0,8	0°30'				
	75	1 ÷ 3	0°30'				
> 3		1°30'	Fresas frontais de aço rápido	8 ÷ 10°			
Serras de disco	75 ÷ 110	1 ÷ 2	0°30'	Fresas para ranhuras para chavetas prismáticas	5 ÷ 6°		
		> 2	1°	Serras de disco com segmentos rebitados	2 ÷ 3°		
	110 ÷ 200	2 ÷ 3	0°15'				
		> 3	0°30'				

**83. Ângulo de inclinação dos dentes das fresas  $\omega$  em graus**

Tipo de fresa	$\omega$	Tipo de fresa	$\omega$
Fresas cilíndricas (com furo central): - com dentes grossos; - com dentes finos; - com dentes duplos	30	Fresas de disco: bilaterais; trilaterais	15
	20		8 ÷ 15
	55	Fresas frontais inteiras e com dentes embutidos	10
Fresas de cabo (com parte de trabalho cilíndrica)	35 ÷ 45		
Fresas para ranhuras para chavetas prismáticas	15		

Nota. O ângulo  $\omega$  está indicado para as fresas com dentes inclinados, para dentes rectos  $\omega = 0^0$ .

## 6. REGIME DE CORTE

### 6.1. COEFICIENTES COMUNS DE CORRECÇÃO DO REGIME DE CORTE

#### 2. Valores de coeficiente $C_m$ e expoente $n_v$ em formula para cálculo do coeficiente de usinabilidade $K_{mv}$

Material a trabalhar	Coeficiente $C_m$ para material de ferramenta de		Expoente $n_v$ para tratamento com					
			ferros de		brocas, alargadores e mandris de		fresas de	
	aço rápido	liga dura	aço rápido	liga dura	aço rápido	liga dura	aço rápido	liga dura
Aço ao carbono com $C \leq 0.6\%$ e $\sigma_r$ , MPa:								
< 450	1.0	1.0	-1.0	1.0	1.0	1.0	-0.9	1.0
450÷550	1.0	1.0	1.75				-0.9	-0.9
> 550	1.0	1.0	1.75				0.9	0.9
Aço de elevada e alta usinabilidade	1,2	1,1	1,75				1,05	-
Aço ao cromo	0.85	0.95	1.75				0.9	1.45
Aço ao carbono com $C > 0.6\%$ ,	0.8	0.9	1.5					1.35
Aço ao cromo-níquel, ao cromo- molibdênio-vanádio,								
Aço ao cromo-silício, ao cromo-silício - manganês, cromo-níquel-molibdênio, cromo-molibdênio-alumínio	0.7	0.8	1.25					
Aço ao cromo-vanádio	0.85	0.8	1.25					
Aço ao cromo-manganês	0.75	0.9	1.25					1.0
Aço ao cromo-níquel-tungstênio, cromo- molibdênio	0.8	0.85	1.25					
Aço ao cromo-alumínio	0.75	0.8	1.25					
Aço ao cromo-níquel-vanádio	0.75	0.85	1.25					
Aços rápidos	0.6	0.7	1.25					
Ferro-fundido:								
cinzento	-	-	1.7	1.25	1.3	1.3	0,95	1,25
maleável	-	-	1.7	1.25	1.3	1.3	0,85	1,25

#### 3. Coeficiente de correcção da velocidade de corte $K_{mv}$ em função das propriedades físico-mecânicas de aços resistentes a corrosão e ligas termoresistentes

Marca de aço ou de liga	$\sigma_r$ , MPa	Valor médio de coeficiente, $K_{mv}$
12X18H9T	550	1
13X11H2B2MΦ	1100-1460	0,8-0,3
14X17H2	800-1300	1,0-0,75
13X14H3B2ΦP	700-1200	0,5-0,4
37X12H3B2ΦP	-	0,95-0,72
45X14H14B2M	700	1,06
10X11H20T3P	720-800	0,85
12X21H5T	820-10000	0,65
20X23H18	600-620	0,84
31X19H9MBBT		0,4
15X18H12C4TЮ	730	0,5
XH78T	780	0,75
XH75MBTЮ	-	0,53
XH60BT	750	0,48

Marca de aço ou de liga	$\sigma_r$ , MPa	Valor médio de coeficiente, $K_{mv}$
XH77TIOP	850-1000	0,26
XH35BT	950	0,5
XH70BMTIO	1000-1250	0,25
XH55BMTK IO	1000-1250	0,25
XH65BMTIO	900-1000	0,2
XH35BTIO	900-950	0,22
BT3-1,BT3	950-1200	0,4
BT5,BT4	750-950	0,7
BT6,BT8	900-1200	0,35
BT14	900-1400	0,53-0,43
12X13	600-1100	1,5-1,2
30X13,40X13	850-1100	1,3-0,9

**4. Coeficiente de correcção da velocidade de corte  $K_{mv}$  em função das propriedades físico-mecânicas de ligas de cobre e alumínio**

Ligas de cobre	$K_{mv}$	Ligas de alumínio	$K_{mv}$
Heterogéneos: HB>140 HB=100÷140	0,7 1	Silumínio e ligas de fundição temperadas, $\sigma_t=200\div300$ MPa, HB>60 Duralumínios temperados, $\sigma_t=400\div500$ MPa, HB>100	0,8
Com chumbo e estrutura base heterogénea	1,7		
Homogéneos	2	Silumínio e ligas de fundição, $\sigma_t=100\div200$ MPa, HB<=65. Duralumínio, $\sigma_t=300-400$ MPa, HB<=100	1
Ligas com chumbo <10% e estrutura base homogénea	4		
Cobre	8	Duralumínio, $\sigma_t=200-300$ MPa	1,2
Ligas com chumbo >15%	12		

**5. Coeficiente de correcção da velocidade de corte  $K_{esv}$  em função do estado da camada superficial da superfície**

Sem crosta	Estado da camada superficial da superfície com crosta				Ligas de cobre e alumínio
	Laminagem, estampagem a quente	Forjadura	Peças fundidas de aço e ferro fundido com crosta		
			normal	muito suja	
1	0,9	0,8	0,8-0,85	0,5-0,6	0,9

**6. Coeficiente de correcção da velocidade de corte  $K_{mfv}$  em função do material da ferramenta**

Material a trabalhar	Coeficiente $K_{fv}$ em função da marca do material da ferramenta						
	T5K12B	T5K10	T14K8	T15K6	T30K4	BK8	P18
Aço de construção	0,35	0,65	0,8	1	1,4	0,4	0,15
Aços resistentes a corrosão e termoresistentes	BK8	T5K10	T15K6	P18	-		
	1	1,4	1,9	0,3			
Aço temperada	HRC-35-50				HRC 51-62		
	T15K6	T30K4	BK6	BK8	BK4	BK6	BK8
	1	1,25	0,85	0,83	1	0,92	0,74
Ferro fundido cinzento e maleável	BK8	BK6	BK4	BK3	BK2	-	
	0,83	1	1,1	1,15	1,25		
Aço, ferro fundido, ligas de cobre e alumínio	P6M5, P18	9XC, XBГ	P6M5K5	P6M5-K8Φ3	P10M4-K10 Φ3	BK8	BK6
	1	0,6	1,1	1,2	1,3	2,5	2,7

**7. Coeficiente de correcção da duração da ferramenta  $K_{Tf}$  em função de número das ferramentas que cortem simultaneamente**

Número das ferramentas	1	3	5	8	10	15
$K_{Tf}$	1	1,7	2	2,5	3	4

Notas: 1. Quando a carga das ferramentas é uniforme  $K_{Tf}$  aumenta-se a 2 vezes;

2. Quando a carga das ferramentas tem grande irregularidade  $K_{Tf}$  diminui-se em 25÷30%.

**8. Coeficiente de correcção da duração da ferramenta  $K_{Tm}$  em função de número das máquinas-ferramentas que se servem por um operário**

Número de máquinas-ferramentas	1	2	3	4	5	6	7 e mais
$K_{Tm}$	1	1,4	1,9	2,2	2,6	2,8	3,1

**9. Coeficiente de correcção das forças de corte  $K_{mp}$  para aços e ferros fundidos em função das suas propriedades**

Material a trabalhar	Fórmula de cálculo	Expoente n para determinação de		
		componente Pz da força de corte com ferros cortantes	torque $M_t$ e força axial $P_a$ durante brocagem e alargamento	força tangencial $P_z$ durante fresagem
Aço de construção ao carbono e com liga com $\sigma_t$ , MPa: <=600 >600	$K_{mp}=(\sigma_t/750)^n$	0,75 /0,35	0,75 /0,75	0,3 /0, 3
		0,75 /0,75	0,75 /0,75	0,3 /0,3
Ferro fundido cinzento	$K_{mp}=(HB/190)^n$	0,4 /0,55	0,6 /0,6	1 /0,55
Ferro fundido maleável	$K_{mp}=(HB/150)^n$			

Nota. Os valores em numerador são para as ferramentas de liga dura e em denominador para as de aço rápido.

**10. Coeficiente de correcção das forças de corte  $K_{mp}$  em função de propriedades das ligas de cobre e de alumínio**

Ligas de cobre	$K_{mp}$	Ligas de alumínio	$K_{mp}$
Heterogéneos : HB>120	1	Alumínio e silumínio	1
HB≤ 120	0,75	Duralumínio, $\sigma_t$ MPa: 250 350 >350	1,5
Com chumbo e estrutura base heterogéneo e com chumbo <10% e estrutura base homogéneo	0,65-0,70		2
			2,75
Homogéneo	1,8-2,2		
Cobre	1,7-2,1		
Com chumbo >15%	0,25-0,45		

**Coeficiente de correcção das forças e dos momentos de corte  $K_{df}$  em função do desgaste da ferramenta:**

- 1) para materiais a trabalhar frágeis ( $\delta < 5\%$ ) ou duros ( $HB > 350 \text{ kgf/mm}^2$ ) –  $K_{df} = 1,2 \div 1,4$ ;
- 2) para materiais a trabalhar de dureza  $HB = 150 \div 350 \text{ kgf/mm}^2$  e plasticidade  $\delta = 5 \div 30\%$  -  $K_{df} = 1,4 \div 1,75$ ;
- 3) para materiais a trabalhar macios ( $HB < 150 \text{ kgf/mm}^2$ ) ou bem plásticos ( $\delta > 30\%$ ) –  $K_{df} = 1,75 \div 1,9$ .

## 6.2. TORNEAMENTO

### 11. Avanços para torneamento externo de desbastamento com ferros cortantes com pastilhas de liga dura ou de aço rápido

Diâmetro da peça, mm	Dimensões do cabo do ferro cortante, mm	Material a trabalhar									
		Aço de construção ao carbono, com liga e termoresistente					Ferro fundido e ligas de cobre				
		Avanço $S_v$ em mm/v para a profundidade de corte $t$ em mm									
		Até 3	> 3 a 5	> 5 a 8	> 8 a 12	> 12	Até 3	> 3 a 5	> 5 a 8	> 8 a 12	> 12
Até 20	De 16x25 a 25x25	0,3-0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 20 a 40	De 16x25 a 25x25	0,4-0,5	0,3-0,4	-	-	-	0,4-0,5	-	-	-	-
> 40 a 60	De 16x25 a 25x40	0,5-0,9	0,4-0,8	0,3-0,7	-	-	0,6-0,9	0,5-0,8	0,4-0,7	-	-
> 60 a 100	De 16x25 a 25x40	0,6-1,2	0,5-1,1	0,5-0,9	0,4-0,8	-	0,8-1,4	0,7-1,2	0,6-1,0	0,5-0,9	-
> 100 a 400	De 16x25 a 25x40	0,8-1,3	0,7-1,2	0,6-1,0	0,5-0,9	-	1,0-1,5	0,8-1,9	0,8-1,1	0,6-0,9	-
> 400 a 500	De 20x30 a 40x60	1,1-1,4	1,0-1,3	0,7-1,2	0,6-1,2	0,4-1,1	1,3-1,6	1,2-1,5	1,0-1,2	0,7-0,9	-
> 500 a 600	De 20x30 a 40x60	1,2-1,5	1,0-1,4	0,8-1,3	0,1-1,2	1,5-1,8	1,2-1,6	1,0-1,4	0,9-1,2	0,8-1,0	0,8-1,0
> 600 a 1000	De 25x40 a 40x60	1,2-1,8	1,1-1,5	0,9-1,4	0,8-1,4	0,7-1,3	1,5-2,0	1,3-1,8	1,0-1,4	1,0-1,3	0,9-1,2
> 1000 a 2500	De 30x45 a 40x60	1,3-2,0	1,3-1,8	1,2-1,6	1,1-1,5	1,0-1,5	1,6-2,4	1,6-2,0	1,4-1,8	1,3-1,7	1,2-1,7

Notas: 1. Os valores menores dos avanços correspondem às dimensões menores do cabo do ferro cortante e aos materiais a trabalhar mais resistentes, os valores maiores – às dimensões maiores do cabo do ferro cortante e aos materiais a trabalhar menos resistentes;

2. Não utilizar os avanços maiores de 1 mm/v para trabalhar aços e ligas termoresistentes;

3. Multiplicar os valores tabelados de avanços por 0,75÷0,85 para trabalhar as superfícies interrompidas e para os tratamentos com choques;

4. Multiplicar os valores tabelados por 0,8 para trabalhar os aços temperados com HRC 44÷56 e por 0,5 para os com HRC 57÷62.

### 12. Avanços $S_v$ em mm/v admissíveis por resistência da pastilha de liga dura para tornear aços de construção com ferros cortantes com ângulo em plano $\varphi = 45^\circ$

Espessura da pastilha, mm	Profundidade de corte $t$ em mm até			
	4	7	13	22
4	1,3	1,1	0,9	0,8
6	2,6	2,2	1,8	1,5
8	4,2	3,6	3,6	2,5
10	6,1	5,1	4,2	3,6

Notas: 1. Multiplicar o valor tabelado por 1,2 para os aços com  $\sigma_t = 480 - 640$  MPa; por 1,0 para  $\sigma_t = 650 - 870$  MPa e por 0,85 para  $\sigma_t = 880 - 1170$  MPa;

2. Multiplicar o valor tabelado por 1,6 para os ferros fundidos;

3. Multiplicar o valor tabelado por 1,4 para  $\varphi=30^\circ$ ; por 0,6 para  $\varphi=60^\circ$ ; por 0,4 para  $\varphi=90^\circ$ ;

4. Diminuir o avanço até 20% no caso de tratamento com choques.



**13. Avanços para alisamento de desbastamento nos tornos paralelos, tornos revolveres e tornos carroceis com ferros cortantes de liga dura ou de aço rápido**

Ferro cortante ou suporte		Material a trabalhar											
Diâmetro da secção redonda do ferro ou valor da secção quadrada do suporte, mm	Comprim. de balanço do ferro cortante ou do suporte, mm	Aço de construção ao carbono, com liga e termoresistente						Ferro fundido e ligas de cobre					
		Avanço $S_v$ em mm/v para a profundidade de corte $t$ em mm											
		2	3	5	8	12	20	2	3	5	8	12	20
<b>Tornos paralelos e tornos revolveres</b>													
10	50	0,08	-	-				0,12-0,16	-				
12	60	0,1	0,08	-				0,12-0,2	0,12-0,18	-			
16	80	0,1-0,2	0,15	0,1				0,20-0,30	0,15-0,25	0,1-0,18			
20	100	0,15-0,3	0,15-0,25	0,12	-			0,3-0,4	0,25-0,35	0,12-0,25	-		
25	125	0,25-0,5	0,15-0,4	0,12-0,2				0,4-0,6	0,3-0,5	0,25-0,35			
30	150	0,4-0,7	0,2-0,5	0,12-0,3				0,5-0,8	0,4-0,6	0,25-0,45			
40	200	-	0,25-0,6	0,15-0,4		-	-		0,6-0,8	0,3-0,8			
40x40	150	-	0,6-1,0	0,5-0,7					0,7-1,2	0,5-0,9	0,4-0,5	-	-
	300		0,4-0,7	0,3-0,6					0,6-0,9	0,4-0,7	0,3-0,4		
60x60	150		0,9-1,2	0,8-1,0	0,6-0,8				1-1,5	0,8-1,2	0,6-0,9		
	300		0,7-1	0,5-0,8	0,4-0,7			-	0,9-1,2	0,7-0,9	0,5-0,7		
75x75	300		0,9-1,3	0,8-1,1	0,7-0,9				1,1-1,6	0,9-1,3	0,7-1		
	500		0,7-1,0	0,6-0,9	0,5-0,7					0,7-1,1	0,6-0,8		
	800			0,4-0,7	-					0,6-0,8	-		
<b>Tornos carroceis</b>													
	200		1,3-1,7	1,2-1,5	1,1-1,3	0,9-1,2	0,8-1		1,5-2,0	1,4-2,0	1,2-1,6	1,0-1,4	0,9-1,2
	300		1,2-1,4	1-1,3	0,9-1,2	0,8-1	0,6-0,8		1,4-1,8	1,2-1,7	1,0-1,3	0,8-1,1	0,7-0,9
	500		1-1,2	0,9-1,1	0,7-0,9	0,6-0,7	0,5-0,6	-	1,2-1,6	1,1-1,5	0,8-1,1	0,7-0,9	0,6-0,7
	700		0,8-1	0,7-0,8	0,5-0,6	-			1,0-1,4	0,9-1,3	0,7-0,9	-	-

Notas: 1. Os valores maiores dos avanços recomendam-se para as profundidades de corte menores e para trabalhar os materiais de menor resistência, os menores – para as profundidades maiores e materiais de maior resistência;

2. Não utilizar os avanços maiores de 1 mm/v para trabalhar aços e ligas termoresistentes;

3. Multiplicar os valores tabelados de avanços por 0,75÷0,85 para trabalhar as superfícies interrompidas e para os tratamentos com choques;

4. Multiplicar os valores tabelados por 0,8 para trabalhar os aços temperados com HRC 44÷56 e por 0,5 para os com HRC 57÷62.

**14. Avanços em função de rugosidade pretendida da superfície e raio de bico do ferro cortante.**

Rugosidade pretendida da peça, $\mu\text{m}$		Raio de bico do ferro cortante r, mm					
		0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4
$R_a$	$R_z$						
0,63	-	0,07	0,1	0,12	0,14	0,15	0,17
1,25	-	0,1	0,13	0,165	0,19	0,21	0,23
2,5	-	0,144	0,2	0,246	0,29	0,32	0,35
-	20	0,25	0,33	0,42	0,49	0,55	0,6
-	40	0,35	0,51	0,63	0,72	0,8	0,87
-	80	0,47	0,66	0,81	0,94	1,04	1,14

Notas: 1. Os avanços estão apresentados para trabalhar os aços com  $\sigma_t=700\div900$  MPa e ferros fundidos;

2. Multiplicar os avanços tabelados por 0,45 para os aços com  $\sigma_t=500\div700$  MPa e por 1,25 para os com  $\sigma_t=900\div1100$  MPa

**15. Avanços  $S_v$  em mm/v para sangramento e abertura das ranhuras externas**

Diâmetro de tratamento, mm	Largura do ferro, mm	Material a trabalhar	
		Aço de construção e com liga	Ferro fundido, ligas de cobre e alumínio
Tornos revólveres			
Até 20	3	0,06-0,08	0,11-0,14
>20 a 40	3-4	0,1-0,12	0,16-0,19
>40 a 60	4-5	0,13-0,16	0,2-0,24
>60 a 100	5-8	0,16-0,23	0,24-0,32
>100 a 150	6-10	0,18-0,26	0,3-0,4
>150	10-15	0,28-0,36	0,4-0,55
Tornos carroceis			
Até 2500	10-15	0,35-0,45	0,55-0,6
> 2500	16-20	0,45-0,6	0,6-0,7

Notas: 1. Durante truncamento do material inteiro com diâmetro maior de 60 mm há de diminuir o avanço tabelado em 40-50% quando se aproxima ao eixo da peça até 0,5 do raio;

2. Diminuir o avanço tabelado em 30% para trabalhar aços temperados com HRC < 50 e em 50% para os com HRC > 50;

3. Multiplicar o avanço tabelado por 0,8 para os ferros cortantes instalados em cabeçote revolver.

**16. Avanços  $S_v$  em mm/v para o torneamento perfilado**

Largura do ferro, mm	Diâmetro de tratamento, mm			
	20	25	40	60 e mais
8	0,03-0,09	0,04-0,09	0,04-0,09	0,04-0,09
10	0,03-0,07	0,04-0,085	0,04-0,085	0,04-0,085
15	0,02-0,05	0,035-0,075	0,04-0,08	0,04-0,08
20	-	0,03-0,06	0,04-0,08	0,04-0,08
30	-	-	0,035-0,07	0,035-0,07
40	-	-	0,03-0,06	0,03-0,06
50 e mais	-	-	-	0,025-0,055

Nota. Os avanços menores tomar para os perfis mais complexos e mais profundos e metais mais duros, os avanços maiores – para os perfis simples e metais macios.

**17. Valores de coeficiente e expoentes para calcular velocidade de corte com ferros cortantes**

Tipo de tratamento	Material da parte cortante da ferramenta	Valor do avanço	Coeficiente e expoentes			
			$C_v$	$x_v$	$y_v$	m
Tratamento do aço de construção ao carbono, $\sigma_t = 750$ MPa						
Torneamento externo longitudinal e facejamento com ferro cortante para cilindrar ou facejar	T15K6*	$S_v \leq 0,3$	420	0,15	0,2	0,2
		$S_v = 0,3-0,7$	350		0,35	
		$S_v > 0,7$	340		0,45	
Torneamento externo longitudinal com ferro para cilindrar com aresta cortante adicional	T15K6*	$S_v \leq t$	292	0,3	0,15	0,18
		$S_v > t$		0,15	0,3	
Sangramento e abertura de ranhura externa	T5K10*	-	47	0	0,8	0,2
	P18**		23,7	0	0,66	0,25
Torneamento perfilado	P18**		22,7	0	0,5	0,3
Abertura de rosca de aperto	T15K6*		244	0,23	0,3	0,2
	P6M5**	Desbast., $P \leq 2$	14,8	0,7	0,3	0,11
		Desbast., $P > 2$	30	0,6	0,25	0,08
		Acabamento	41,8	0,45	0,3	0,13
Abertura de rosca em turbilhão	T15K6*	-	2330	0,5	0,5	0,5
Tratamento do ferro fundido cinzento, HB 190						
Torneamento externo longitudinal e facejamento com ferro cortante para cilindrar ou facejar	BK6*	$S_v \leq 0,4$	292	0,15	0,2	0,2
		$S_v > 0,4$	243	0,15	0,4	0,2
Torneamento externo longitudinal com ferro para cilindrar com aresta cortante adicional	BK6**	$S_v \leq t$	324	0,4	0,2	0,28
		$S_v > t$	324	0,2	0,4	0,28
Sangramento e abertura da ranhura externa	BK6*	-	68,5	0	0,4	0,2
Abertura da rosca de aperto		-	83	0,45	0	0,33
Tratamento do ferro fundido maleável, HB 150						
Torneamento externo longitudinal e facejamento com ferro cortante para cilindrar ou facejar	BK8*	$S_v \leq 0,4$	317	0,15	0,2	0,2
		$S_v > 0,4$	215	0,15	0,45	0,2
Sangramento e abertura da ranhura externa	BK6*	-	86	0	0,4	0,2
Tratamento das ligas de cobre heterogêneas, HB 100-140						
Torneamento externo longitudinal e facejamento com ferro cortante para cilindrar ou facejar	P18*	$S_v \leq 0,2$	270	0,12	0,25	0,23
		$S_v > 0,2$	182		0,3	
Tratamento de ligas de alumínio de fundição, $\sigma_t = 100-200$ MPa, HB $\leq 65$ e duralumínio, $\sigma_t = 300-400$ MPa, HB $\leq 100$						
Torneamento externo longitudinal e facejamento com ferro cortante para cilindrar ou facejar	P18*	$S_v \leq 0,2$	485	0,12	0,25	0,28
		$S_v > 0,2$	328		0,5	

\* - sem líquido refrigerante; \*\* - com líquido refrigerante

- Notas: 1. Para tratamento interno (alisamento, abertura de ranhuras em furos, superfícies perfiladas internas) multiplicar velocidade de corte para tratamento externo por coeficiente de correção 0,9;
2. No caso de tratamento dos aços de construção, aços termoresistentes e aços de fundição com ferros cortantes de aço rápido sem líquido refrigerante multiplicar velocidade de corte por coeficiente de correção 0,8;
3. No caso de truncamento e abertura de ranhuras com ferros cortantes de liga dura T15K6 com líquido refrigerante dos aços de construção e de fundição multiplicar velocidade de corte por coeficiente de correção 1,4;
4. No caso de torneamento perfilado dum perfil profundo e complexo multiplicar velocidade de corte por coeficiente de correção 0,85;
5. No caso de tratamento com ferros cortantes de aço rápido dos aço depois de tratamento térmico multiplicar velocidade de corte por coeficiente de correção 0,95 – depois de normalização, 0,9 – depois de recosimento e 0,8 – depois de melhoramento;
6. O avanço está apresentado em mm/volta.

**18a. Coeficientes de correcção de velocidade de corte em função de parâmetros do ferro cortante**

Ângulo principal em plano, $\varphi$	Coefficiente, $K_{\varphi v \square}$	Ângulo auxiliar em plano, $\varphi \square_1$	Coefficiente, $K_{\varphi \square_1 v}$	Raio de bico do ferro cortante r, mm	Coefficiente, $K_{r v}^*$
20	1,4	10	1	1	0,94
30	1,2	15	0,97	2	1
45	1	20	0,94	3	1,03
60	0,9	30	0,91	5	1,13
75	0,8	45	0,87	-	-
90	0,7	-	-	-	-

\* - Para as ferramentas de liga dura  $K_{r v}$  sempre igual a 1.

**18b. Coeficiente de correcção em função das dimensões do cabo da ferramenta  $K_{qv}$** 

a * b	12*20; 16*16	16*25; 20*20	20*30; 25*25	25*40; 30*30	30*45; 40*40
$K_{qv}$	0,93	0,97	1,0	1,04	1,08

**18c. Coeficiente de correcção em função do método de tratamento  $K_{mtv}$** 

Método de tratamento	Razão d : D	$K_{mtv}$
Torneamento longitudinal	-	1,0
Facejamento	0-0,4	1,24
Facejamento	0,5-0,7	1,18
Facejamento	0,8-1,0	1,04
Sangramento	0	1,0
Entalhamento	0,5-0,7	0,96
Entalhamento	0,8-0,95	0,84

**19. Regimes de corte para o torneamento externo e alisamento de acabamento fino**

Material a trabalhar	Material da parte cortante da ferramenta	Rugosidade pretendida $R_a$ , $\mu\text{m}$	Avanço $S_v$ , mm/v	Velocidade de corte V, m/min
Aço $\sigma_t < 650$ MPa	T30K4	0,63-1,25	0,06÷0,12	250-300
Aço $\sigma_t = 650-800$ MPa				150-200
Aço $\sigma_t > 800$ MPa				120-170
Ferro fundido HB=149-163	BK3	1,25-2,5		150-200
Ferro fundido HB=156-229				120-150-
Ferro fundido HB=170-241				100-120
Ligas de alumínio e babbitt				300-600
Ligas de cobre		0,32-1,25	0,04-0,1	180-500
			0,04-0,08	

Notas: 1. Profundidade de corte - 0,1-0,15 mm;

2. A passagem preliminar com profundidade de corte 0,4 mm melhora a forma geométrica da superfície;

3. O avanço menor corresponde a rugosidade menor.

**20. Regimes de corte para tornear aços temperados com ferramentas com pastilhas de liga dura**

Avanço $S_v$ , mm/v	Largura de ranhura	Dureza HRC do material a trabalhar									
		35	39	43	46	49	51	53	56	59	62
		Velocidade de corte $V$ , m/min									
Torneamento externo longitudinal											
0,2	-	157	135	116	107	83	76	66	48	32	26
0,3	-	140	118	100	92	70	66	54	39	25	20
0,4	-	125	104	88	78	60	66	45	33	-	-
0,5	-	116	95	79	71	53	-	-	-	-	-
0,6	-	108	88	73	64	48	-	-	-	-	-
Abertura de ranhura externa											
0,05	3	131	110	95	83	70	61	54	46	38	29
0,08	4	89	75	65	56	47	41	37	31	25	19
0,12	6	65	55	47	41	35	30	37	23	18	14
0,16	8	51	43	37	32	27	23	-	-	-	-
0,2	12	43	36	31	27	23	20	-	-	-	-

Notas: 1. Multiplicar o valor tabelado da velocidade de corte por 1,15 para a profundidade de corte  $t = 0,4-0,9$  mm; por 1,0 para  $t = 1-2$  mm e por 0,91 para  $t = 2-3$  mm;

2. Multiplicar o valor tabelado da velocidade de corte por 1,0 para a rugosidade  $R_z = 10 \mu\text{m}$ ; por 0,9 para  $R_a = 2,5 \mu\text{m}$  e por 0,7 para  $R_a = 1,25 \mu\text{m}$ ;

3. Multiplicar o valor tabelado da velocidade de corte por um coeficiente em função da marca da liga dura

Dureza do material a trabalhar	HRC 35-49				HRC 50-62		
Marca da liga dura	T30K4	T15K6	BK6	BK8	BK4	BK6	BK8
Coeficiente de correcção	1,25	1,0	0,85	0,83	1,0	0,92	0,74

4. Multiplicar o valor tabelado da velocidade de corte por 1,2 para o ângulo  $\phi = 30^\circ$ ; por 1,0 para  $\phi = 45^\circ$ ; por 0,9 para  $\phi = 60^\circ$ ; por 0,8 para  $\phi = 75^\circ$  e por 0,7 para  $\phi = 90^\circ$ ;

5. Multiplicar o valor tabelado da velocidade de corte por 0,9 no caso de tratamento sem líquido refrigerante.

**22. Valores de coeficiente  $C_p$  e expoentes para calcular forças de corte para torneamento**

Material a trabalhar	Mat. da ferram enta	Tipo de tratamento	Coeficientes e expoentes para calcular componentes de força											
			tangencial $P_z$				radial $P_y$				axial $P_x$			
			$C_{pz}$	$x_{pz}$	$y_{pz}$	$n_{pz}$	$C_{py}$	$x_{py}$	$y_{py}$	$n_{py}$	$C_{px}$	$x_{px}$	$y_{px}$	$n_{px}$
Aço de constru- ção e de fundição, $\sigma_t = 750$ MPa	Liga dura	Torneamento externo longitudinal, transversal e alisamento	3000	1,0	0,75	-0,15	2430	0,9	0,6	-0,3	3390	1,0	0,5	-0,4
		Torneamento externo longi- tudinal com ferro com aresta adicion	3840	0,9	0,9	-0,15	3550	0,6	0,8	-0,3	2410	1,05	0,2	-0,4
		Sangramento e abertura de ranhuras	4080	0,72	0,8	0	1730	0,73	0,67	0	-	-	-	-
		Abertura de rosca	1480	-	1,7	0,71	-	-	-	-	-	-	-	-
Aço rápi- do	Aço rápi- do	Torneamento externo longitudinal, transversal e alisamento	2000	1,0	0,75	0	1250	0,9	0,75	0	670	1,2	0,65	0
		Sangramento e abertura de ranhuras	2470	1,0	1,0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
		Torneamento perfilado	2120	1,0	0,75	0	-	-	-	-	-	-	-	-

**Continuação da tabela 22**

Material a trabalhar	Mat. da ferramenta	Tipo de tratamento	Coeficientes e expoentes para calcular componentes de força											
			tangencial $P_z$				radial $P_y$				axial $P_x$			
			$C_{pz}$	$x_{pz}$	$y_{pz}$	$n_{pz}$	$C_{py}$	$x_{py}$	$y_{py}$	$n_{py}$	$C_{px}$	$x_{px}$	$y_{px}$	$n_{px}$
Aço termore-sistente 12X18H9 T HB 141	Lida dura	Torneamento externo longitudinal, transversal e alisamento	2040	1,0	0,75	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro fundido cinzento, HB 190	Liga dura	Torneamento externo longitudinal, transversal e alisamento	920	1,0	0,75	0	540	0,9	0,75	0	460	1,0	0,4	0
		Torneamento externo longitudinal com ferro com aresta adicion	1230	1,0	0,85	0	610	0,6	0,5	0	240	1,05	0,2	0
		Abertura de rosca	1030	-	1,8	0,82	-	-	-	-	-	-	-	-
	Aço rápido	Sangramento e abertura de ranhura	1580	1,0	1,0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro fundido maleável HB 150	Liga dura	Torneamento externo longitudinal, transversal e alisamento	810	1,0	0,75	0	430	0,9	0,75	0	380	1,0	0,4	0
		Sangramento e abertura de ranhura	1390	1,0	1,0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Ligas de cobre heterogêneos HB 150	Aço rápido	Torneamento externo longitudinal, transversal e alisamento	550	1,0	0,66	0	-	-	-	-	-	-	-	-
		Sangramento e abertura de ranhura	750	1,0	1,0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Ligas de alumínio		Torneamento externo longitudinal, transversal e alisamento	400	1,0	0,75	0	-	-	-	-	-	-	-	-
		Sangramento e abertura de ranhura	500	1,0	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**23. Coeficientes de correcção da força de corte em função de parâmetros geométricos da parte cortante da ferramenta**

Parâmetros		Material da parte cortante da ferramenta	Coeficientes de correcção			
Nome	Valor		Desig-nação	Valor do coeficiente para		
				força $P_z$	força $P_v$	força $P_x$
Ângulo principal em plano $\varphi$ em graus	30	Liga dura	$K_{\varphi p}$	1,08	1,3	0,78
	45			1,0	1,0	1,0
	60			0,94	0,77	1,11
	90			0,89	0,5	1,17
	30	Aço rápido		1,08	1,63	0,7
	45			1,0	1,0	1,0
	60			0,98	0,71	1,27
	90			1,08	0,44	1,82
Ângulo de ataque $\gamma$ em graus	-15	Liga dura	$K_{\gamma p}$	1,25	2,0	2,0
	0			1,1	1,4	1,4
	10			1,0	1,0	1,0
	12-15	Aço rápido		1,15	1,6	1,7
	20-25			1,0	1,0	1,0
Ângulo de inclinação da aresta cortante $\lambda$ em graus	-5	Liga dura	$K_{\lambda p}$	1,0	0,75	1,07
	0			1,0	1,0	1,0
	5			1,0	1,25	0,85
	15			1,0	1,7	0,65
	-	Aço rápido		1,0	1,0	1,0
Raio de bico $r$ em mm	-	Liga dura	$K_{rp}$	1,0	1,0	1,0
	0,5	Aço rápido		0,87	0,66	1,0
	1,0			0,93	0,82	
	2,0			1,0	1,0	
	3,0			1,04	1,14	
	4,0			1,1	1,33	

### Minha proposta de Negócio na Internet!

Eu procuro os parceiros com quem vamos fazer o Negócio na Internet. Precisa o acesso a internet, 3-4 h/dia e um investimento financeiro.

Vou ensinar tudo o que seja necessário. O negócio na Internet tem grande perspectiva, permite ficar financeiramente independente dentro dum tempo.

Vejam o clipe <http://b21v.ru/pt/?p=39> e contactam comigo pelo Skype alexandre.kourbatov

### 6.3. TRATAMENTO DOS FUROS

#### 25. Avanços $S_v$ em mm/v para brocagem de aço, ferro fundido, ligas de cobre e alumínio com brocas de aço rápido

Diâmetro da broca D, mm	Aço				Ferro fundido, ligas de cobre e alumínio	
	HB<160	160-240	240-300	HB>300	HB≤170	HB>170
2-4	0.09-0.13	0.08-0.1	0.06-0.07	0.04-0.06	0.12-0.18	0.09-0.12
4-6	0.13-0.19	0.1-0.15	0.07-0.11	0.06-0.09	0.18-0.27	0.12-0.18
6-8	0.19-0.26	0.15-0.2	0.11-0.14	0.09-0.12	0.27-0.36	0.18-0.24
8-10	0.26-0.32	0.2-0.25	0.14-0.17	0.12-0.15	0.36-0.45	0.24-0.31
10-12	0.32-0.36	0.25-0.28	0.17-0.2	0.15-0.17	0.45-0.55	0.31-0.35
12-16	0.36-0.43	0.28-0.33	0.2-0.23	0.17-0.2	0.55-0.66	0.35-0.41
16-20	0.43-0.49	0.33-0.38	0.23-0.27	0.2-0.23	0.66-0.76	0.41-0.47
20-25	0.49-0.58	0.38-0.43	0.27-0.32	0.23-0.26	0.76-0.89	0.47-0.54
25-30	0.58-0.62	0.43-0.48	0.32-0.35	0.26-0.29	0.89-0.96	0.54-0.6
30-40	0.62-0.78	0.48-0.58	0.35-0.42	0.29-0.35	0.96-1.19	0.6-0.71
40-50	0.78-0.89	0.58-0.66	0.42-0.48	0.35-0.4	1.19-1.36	0.71-0.81

- Notas: 1. Os avanços apresentados servem para brocagem dos furos com comprimento  $L \leq 3D$ , com precisão  $\geq 12$  qualidade e sistema tecnológico rígida;
2. Multiplicar o avanço tabelado por um coeficiente:  $K_{ls} = 0,9$  para  $L = (3 \div 5)D$ ;  $K_{ls} = 0,8$  para  $L = (5 \div 7)D$ ;  $K_{ls} = 0,75$  para  $L = (7 \div 10)D$ ; L e D são dimensões do furo a trabalhar.
3. Multiplicar o avanço tabelado por um coeficiente  $K_{tps} = 0,5$  se o furo a seguir tem que ser mandrilado ou é para abrir rosca;
4. Multiplicar o avanço tabelado por um coeficiente  $K_{rss} = 0,75$  quando a rigidez do sistema tecnológico é média e por  $K_{rss} = 0,5$  quando a rigidez é baixa;
5. Multiplicar o avanço tabelado por um coeficiente  $K_{mfs} = 0,6$  para as brocas com parte cortante de liga dura.

#### 26. Avanços $S_v$ em mm/v para alargamento dos furos com brocas ou alargadores de aço rápido e de liga dura

Material a trabalhar	Diâmetro do alargador D, mm									
	≤ 15	> 15 ≤ 20	> 20 ≤ 25	> 25 ≤ 30	> 30 ≤ 35	> 35 ≤ 40	> 40 ≤ 50	> 50 ≤ 60	> 60 ≤ 80	> 60
Aço	0,5-0,6	0,6-0,7	0,7-0,9	0,8-1	0,9-1,1	0,9-1,2	1-1,3	1,1-1,3	1,2-1,5	1,2-1,5
Ferro fundido com HB≤200 e ligas de cobre	0,7-0,9	0,9-1,1	1-1,2	1,1-1,3	1,2-1,5	1,4-1,7	1,6-2	1,8-2,2	2-2,4	2-2,4
Ferro fundido com HB>200	0,5-0,6	0,6-0,7	0,7-0,8	0,8-0,9	0,9-1,1	1-1,2	1,2-1,4	1,3-1,5	1,4-1,5	1,4-1,5

- Notas: 1. Utilizar os avanços apresentados para o tratamento dos furos com precisão  $\geq 12$  qualidade;
2. Multiplicar o avanço tabelado por um coeficiente  $K_{mts} = 0,7$  quando há de receber o furo com 9-11 qualidade de precisão ou quando o furo a seguir tem que ser mandrilado ou é para abrir rosca;
3. O avanço para o tratamento dos furos cegos não deve superar 0,3-0,6 mm/v

#### 27. Avanços $S_v$ em mm/v para a mandrilagem de desbastamento dos furos com mandris de aço rápido

Material a trabalhar	Diâmetro do mandril D, mm									
	≤ 10	> 10 ≤ 15	> 15 ≤ 20	> 20 ≤ 25	> 25 ≤ 30	> 30 ≤ 35	> 35 ≤ 40	> 40 ≤ 50	> 50 ≤ 60	> 60 ≤ 80
Aço	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	2
Ferro fundido com HB≤200 e ligas de cobre	2,2	2,4	2,6	2,7	3,1	3,2	3,4	3,8	4,3	5
Ferro fundido, HB>200	1,7	1,9	2	2,2	2,4	2,6	2,7	3,1	3,4	3,8

- Notas: 1. Multiplicar o avanço tabelado por um coeficiente  $K_{mts} = 0,8$  para mandrilagem de acabamento por uma passagem, com precisão de 9-11 qualidade e rugosidade  $R_a = 3,2-6,3 \mu\text{m}$  ou para polimento ou superacabamento posterior.

Continuação na página seguinte.



2. Multiplicar o avanço tabelado por um coeficiente  $K_{mts} = 0,7$  para mandrilagem de acabamento com precisão de 7 qualidade e rugosidade  $R_a = 0,4-0,8 \mu\text{m}$ ;
3. Multiplicar o avanço tabelado por um coeficiente  $K_{mts} = 0,7$  para mandrilagem com mandril de liga dura;
4. Para mandrilagem dum furo cego o avanço não deve ultrapassar 0,2-0,5 mm/v

### 28. Os valores do coeficiente $C_v$ e expoentes para calcular a velocidade de corte para brocagem

Material a trabalhar	Material da parte cortante da ferramenta	Avanço $S_v$ em mm/v	Coeficiente $C_v$ e expoentes				Refrigeração
			$C_v$	$q_v$	$y_v$	$m$	
Aço de construção ao carbono, $\sigma_t = 750 \text{ MPa}$	P6M5	$\leq 0,2$	7,0	0,4	0,7	0,2	Há
		$> 0,2$	9,8	0,4	0,5	0,2	
-		3,5	0,5	0,45	0,12		
Aço termoresistente 12X18H9T, HB141	P6M5	$\leq 0,3$	14,7	0,25	0,55	0,125	Não há
		$> 0,3$	17,1	0,25	0,4	0,125	
Ferro fundido cinzento, HB190	BK8	-	34,2	0,45	0,3	0,2	
		-	40,4	0,45	0,3	0,2	
Ferro fundido maleável, HB150	P6M5	$\leq 0,3$	21,8	0,25	0,55	0,125	Há
		$> 0,3$	25,3	0,25	0,4	0,125	
Ligas de cobre heterogêneas, HB 100-140	P6M5	$\leq 0,3$	28,1	0,25	0,55	0,125	Há
		$> 0,3$	32,6	0,25	0,4	0,125	
Ligas de alumínio de fundição, $\sigma_t = 100-200 \text{ MPa}$ , HB $\leq 65$ ; Duralumínios, HB $\leq 100$	P6M5	$\leq 0,3$	36,3	0,25	0,55	0,125	
		$> 0,3$	40,7	0,25	0,4	0,125	

Nota. 1. Para as brocas de aço rápido os dados servem para a afiação dupla do bico e dique afiado. Para as brocas de aço rápido com afiação simples a velocidade calculada há de multiplicar por um coeficiente  $K_{av} = 0,75$ .

2. Para brocagem o expoente  $x_v = 0$ .

### 29. Os valores do coeficiente $C_v$ e expoentes para calcular a velocidade de corte para broqueamento, alargamento e mandrilagem

Material a trabalhar	Tipo de tratamento	Material da parte cortante	Coeficiente e expoentes					Refrigeração
			$C_v$	$q_v$	$x_v$	$y_v$	$m$	
Aço de construção ao carbono, $\sigma_t = 750 \text{ MPa}$	Broqueamento	P6M5	16,2	0,4	0,2	0,5	0,2	Há
		BK8	10,8	0,6	0,2	0,3	0,25	
	Alargamento	P6M5	16,3	0,3	0,2	0,5	0,3	
		T15K6	18	0,6	0,2	0,3	0,25	
	Mandrilagem	P6M5	10,5	0,3	0,2	0,65	0,4	
		T15K6	100,6	0,3	0	0,65	0,4	
Aço de construção temperado, $\sigma_t = 1600-1800$ , HRC 49-54	Alargamento	T15K6	10	0,6	0,3	0,6	0,45	
	Mandril.		14	0,4	0,75	1,05	0,85	
Ferro fundido cinzento, HB 190	Broqueamento	P6M5	23,4	0,25	0,1	0,4	0,125	Não há
		BK8	56,9	0,5	0,15	0,45	0,4	
	Alargamento	P6M5	18,8	0,2	0,1	0,4	0,125	
		BK8	105	0,4	0,15	0,45	0,4	
	Mandrilagem	P6M5	15,6	0,2	0,1	0,5	0,3	
		BK8	109	0,2	0	0,5	0,45	
Ferro fundido maleável, HB 150	Broqueamento	P6M5	34,7	0,25	0,1	0,4	0,125	Há
		BK8	77,4	0,5	0,15	0,45	0,4	
	Alargamento	P6M5	27,9	0,2	0,1	0,4	0,125	
		BK8	143	0,4	0,15	0,45	0,4	
	Mandrilagem	P6M5	23,2	0,2	0,1	0,5	0,3	
		BK8	148	0,2	0	0,5	0,45	

**30. Duração média de brocas, alargadores e mandris**

Ferramenta	Material a trabalhar	Material da parte cortante	Duração T em min para ferramenta com diâmetro							
			≤ 5	6-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-80
Broca	Aço de construção ao carbono e com liga	Aço rápido	15	25	45	50	70	90	110	-
		Liga dura	8	15	20	25	35	45	-	-
	Aço resistente a corrosão	Aço rápido	6	8	15	25	-	-	-	-
	Ferro fundido, ligas de cobre e de alumínio	Aço rápido	20	35	60	75	105	140	170	-
Liga dura		15	25	45	50	70	90	-	-	
Alargador	Aço de construção ao carbono e com liga, ferro fundido	Aço rápido e liga dura	-	-	30	40	50	60	80	100
Mandril	Aço de construção ao carbono e com liga	Aço rápido	-	25	40	80	80	120	120	120
		Liga dura	-	20	30	50	70	90	110	140
	Ferro fundido cinzento e maleável	Aço rápido	-	-	60	120	120	180	180	180
		Liga dura	-	-	45	75	105	135	165	210

**31. Coeficiente de correcção da velocidade de corte  $K_{iv}$  em função do comprimento do furo**

Parâmetro	Brocagem					Broqueamento, alargamento, mandrilagem
	3D	4D	5D	6D	8D	
Comprimento do furo a trabalhar						-
Coeficiente, $K_{iv}$	1	0,85	0,75	0,7	0,6	1

**32. Valores dos coeficientes e expoentes para calcular torque e força axial para brocagem, broqueamento e alargamento**

Material a trabalhar	Método de tratamento	Material da ferramenta	Coeficientes e expoentes para calcular							
			torque				força axial			
			$C_m$	$q_m$	$x_m$	$y_m$	$C_p$	$q_p$	$x_p$	$y_p$
Aço de construção ao carbono, $\sigma_t=750$ MPa	Brocagem	Aço rápido	0,345	2,0	0	0,8	680	1,0	0	0,7
	Broqueamento e alargamento		0,9	1,0	0,9	0,8	670	0	1,2	0,65
Aço termoresistente 12X18H9T, HB 141	Brocagem		0,41	2,0	0	0,7	1430	1,0	0	0,7
	Broqueamento e alargamento		1,06	1,0	0,9	0,8	140	0	1,2	0,65
Ferro fundido cinzento, HB 190	Brocagem	Liga dura	0,12	2,2	0	0,8	420	1,2	0	0,75
	Broqueamento e alargamento		1,96	0,85	0,8	0,7	460	0	1,0	0,4
	Brocagem	Aço rápido	0,21	2,0	0	0,8	427	1,0	0	0,8
			0,85	1	0,75	0,8	235	0	1,2	0,4
Ferro fundido maleável, HB 150	Brocagem	Liga dura	0,21	2,0	0	0,8	433	1,0	0	0,8
	Broqueamento e alargamento		0,1	2,2	0	0,8	328	1,2	0	0,75
Ligas de cobre heterogéneos, HB 120	Brocagem	Aço rápido	1,7	0,85	0,8	0,7	380	0	1,0	0,4
	Broqueamento e alargamento		0,12	2,0	0	0,8	315	1,0	0	0,8
Ligas de alumínio	Brocagem	Aço rápido	0,31	0,85	0	0,8	172	0	1,0	0,4
			0,05	2,0	0	0,8	98	1,0	0	0,7

Nota. Os valores das forças axiais para brocagem servem para brocas com dique afiado. Para as brocas com dique não afiado há de multiplicar a força calculada por coeficiente  $K_{ap} = 1,33$ .

## 6.4. FRESAGEM

### 33. Avanços para fresagem com fresas frontais, cilíndricas (com furo) e de disco com pastilhas de liga dura

Potência da máquina-ferramenta em kW	Aço		Ferro fundido e ligas de cobre	
	Avanço $S_z$ em mm/dente para liga dura			
	T15K6	T5K10	BK6	BK8
5-10	0,09-0,18	0,12-0,18	0,14-0,24	0,2-0,29
> 10	0,12-0,18	0,16-0,24	0,18-0,28	0,25-0,38

- Notas: 1. Para as fresas cilíndricas com largura de fresagem  $B > 30$  mm diminuir o avanço em 30%;  
 2. Para fresagem de ranhuras com fresas de disco diminuir o avanço a 2 vezes;  
 3. Com avanços apresentados na tabela garante-se a rugosidade da superfície trabalhada  $R_a = 0,8-1,6 \mu\text{m}$ .

### 34. Avanços para fresagem com fresas frontais, cilíndricas (com furo central) e de disco de aço rápido

Potência da máquina em kW	Rigidez do sistema tecnológico	Fresas frontais e de disco		Fresas cilíndricas	
		Avanço $S_z$ em mm/dente para trabalhar			
		aço de construção	ferro fundido e ligas de cobre	aço de construção	ferro fundido e ligas de cobre
Fresas com dentes grossas e fresas com dentes embutidas					
> 10	Elevada	0,2-0,3	0,4-0,6	0,4-0,6	0,6-0,8
	Média	0,15-0,25	0,3-0,5	0,3-0,4	0,4-0,6
	Baixa	0,1-0,15	0,2-0,3	0,2-0,3	0,25-0,4
5 – 10	Elevada	0,12-0,2	0,3-0,5	0,25-0,4	0,3-0,5
	Média	0,08-0,15	0,2-0,4	0,12-0,2	-,2-0,3
	Baixa	0,06-0,1	0,15-0,25	0,1-0,15	0,12-0,2
≤ 5	Média	0,06-0,07	0,15-0,3	0,08-0,12	0,1-0,18
	Baixa	0,04-0,06	0,1-0,2	0,06-0,1	0,08-0,15
Fresas com dentes finas					
5 – 10	Elevada	0,08-0,12	0,2-0,35	0,1-0,15	0,12-0,2
	Média	0,06-0,1	0,15-0,3	0,06-0,1	0,1-0,15
	Baixa	0,04-0,08	0,1-0,2	0,06-0,08	0,08-0,12
≤ 5	Média	0,04-0,06	0,12-0,2	0,05-0,08	0,06-0,12
	Baixa	0,03-0,05	0,08-0,15	0,03-0,06	0,05-0,1

- Notas: 1. Os valores maiores tomar para as profundidades e larguras de fresagem menores, os valores menores – para as profundidades e larguras de fresagem maiores;  
 2. Para fresagem de aços termoresistentes e resistentes a corrosão o avanço não deve ultrapassar 0,3 mm/dente.

### 35. Avanços para fresagem dos planos e banquetas das peças de aço com fresas de cabo (com parte cortante cilíndrica) de liga dura

Fresagem de desbastamento								
Tipo de elementos de liga dura	Diâmetro da fresa D, mm	Avanço $S_z$ em mm/dente para a profundidade de corte t, mm						
		1-3	5	8	12	20	30	40
Coroa	10-12	0,01-0,03	-	-	-	-	-	-
	14-16	0,02-0,06	0,02-0,04	-	-	-	-	-
	18-22	0,04-0,07	0,03-0,05	0,02-0,04	-	-	-	-
Pastilhas helicoidais	20	0,06-0,1	0,05-0,08	0,03-0,05	-	-	-	-
	25	0,08-0,12	0,06-0,1	0,05-0,1	0,05-0,08	-	-	-
	30	0,1-0,15	0,08-0,12	0,06-0,1	0,05-0,09	-	-	-
	40	0,1-0,18	0,08-0,13	0,06-0,11	0,05-0,1	0,04-0,07	-	-
	50	0,1-0,2	0,1-0,15	0,08-0,12	0,06-0,1	0,05-0,09	0,05-0,08	0,05-0,06
	60	0,12-0,2	0,1-0,16	0,1-0,12	0,08-0,12	0,06-0,1	0,06-0,1	0,06-0,08
Fresagem de acabamento								
Diâmetro da fresa D, mm	10-16	20--22	25-35	40-60				
Avanço $S_v$ em mm/volta	0,02-0,06	0,06-0,12	0,12-0,24	0,3-0,6				

- Notas: 1. Aumentar os avanços em 30-40% para fresagem de desbastamento das peças de ferro fundido.

2. Para a fresagem de acabamento das peças de ferro fundido utilizar os mesmos avanços que para acabamento dos aços. Continuação na página seguinte.

3. Os valores maiores dos avanços para desbastamento tomar para as pequenas larguras de fresagem e sistemas tecnológicos rígidos, os valores menores – para as larguras grandes e rigidez baixa.

4. Os avanços apresentados para a fresagem de acabamento garantem a rugosidade  $R_a=0,8-1,6 \mu\text{m}$ .

### 36. Avanços para fresagem das peças de aços com fresas diversas de aço rápido

Diâm. da fresa D, mm	Tipo da fresa	Avanço $S_z$ em mm/dente para profundidade de corte t, mm								
		3	5	6	8	10	12	15	20	30
16	De cabo	0,08-0,05	0,06-0,05	-	-	-	-	-	-	-
20		0,1-0,06	0,07-0,04	-	-	-	-	-	-	-
25		0,12-0,07	0,09-0,05	0,08-0,04	-	-	-	-	-	-
35		0,16-0,1	0,12-0,07	0,1-0,05	-	-	-	-	-	-
	Angulares e perfiladas	0,08-0,04	0,07-0,05	0,06-0,04	-	-	-	-	-	
40	De cabo	0,2-0,12	0,14-0,08	0,12-0,07	0,08-0,05	-	-	-	-	-
	Angulares e perfiladas	0,09-0,05	0,07-0,05	0,06-0,03	0,06-0,03	-	-	-	-	-
	Para abrir ranhuras	0,009-0,005	0,007-0,003	0,01-0,007	-	-	-	-	-	-
50	De cabo	0,25-0,15	0,15-0,1	0,13-0,08	0,1-0,07	-	-	-	-	-
	Angulares e perfiladas	0,1-0,06	0,08-0,05	0,07-0,04	0,06-0,03	-	-	-	-	-
	Para abrir ranhuras	0,01-0,006	0,008-0,004	0,012-0,008	0,012-0,008	-	-	-	-	-
60	Angulares e perfiladas	0,1-0,06	0,08-0,05	0,07-0,04	0,06-0,04	0,05-0,03	-	-	-	-
	Para abrir ranhuras	0,013-0,008	0,01-0,005	0,015-0,01	0,015-0,01	0,015-0,01	-	-	-	-
	Para sangrar (cortar)	-	-	0,025-0,015	0,022-0,012	0,02-0,01	-	-	-	-
75	Angulares e perfiladas	0,12-0,08	0,1-0,06	0,09-0,05	0,07-0,05	0,06-0,04	0,06-0,03	-	-	-
	Para abrir ranhuras	-	0,015-0,005	0,025-0,01	0,022-0,01	0,02-0,01	0,017-0,008	0,015-0,007	-	-
	Para sangrar (cortar)	-	-	0,03-0,015	0,027-0,012	0,025-0,01	0,022-0,01	0,02-0,01	-	-
90	Angulares e perfiladas	0,12-0,08	0,12-0,05	0,11-0,05	0,1-0,05	0,09-0,04	0,08-0,04	0,07-0,03	0,05-0,03	-
	Para sangrar (cortar)	-	-	0,03-0,02	0,028-0,016	0,027-0,015	0,023-0,015	0,022-0,012	0,023-0,013	-
110	Para sangrar (cortar)	-	-	0,03-0,025	0,03-0,02	0,03-0,02	0,025-0,02	0,025-0,02	0,025-0,015	-
150-200		-	-	-	-	-	-	0,03-0,02	0,028-0,016	0,02-0,01

Notas: 1. Para fresar ferro fundido, ligas de cobre e alumínio diminuir o avanço em 30-40%;

2. Para as fresas perfiladas com perfil brusco ou côncavo diminuir o avanço em 40%;

3. Para as fresas de trincar e abrir ranhuras com dentes finos os avanços estão apresentados para profundidade de corte até 5 mm, com dentes grossos – para profundidade mais de 5 mm.

**37. Avanços  $S_v$  em mm/v em função de rugosidade para fresar os planos e banquetas com fresas frontais, de disco e fresas cilíndricas com furo central**

Parâmetro de rugosidade $R_a$ , $\mu\text{m}$	Fresas frontais e de disco com dentes embutidos		Fresas cilíndricas com furo central de aço rápido com diâmetro D em mm, em função do material a trabalhar					
	De liga dura	De aço rápido	Aço de construção ao carbono e com liga			Ferro fundido, ligas de cobre e alumínio		
			40-70	90-130	150-200	40-75	90-130	150-200
6,3	-	1,2-2,7	-	-	-	-	-	-
3,2	0,5-1	0,5-1,2	1-2,7	1,7-3,8	2,3-5	1-2,3	1,4-3	1,9-3,7
1,6	0,4-0,6	0,23-0,5	0,6-1,5	1-2,1	1,3-2,8	0,6-1,3	0,8-1,7	1,1-2,1
0,8	0,2-0,3	-	-	-	-	-	-	-
0,4	0,15	-	-	-	-	-	-	-

**38. Avanços para abrir ranhura com fresa para ranhuras para chavetas prismáticas ( $z=2$ ) de aço rápido**

Diâmetro da fresa D, mm	Fresagem nas fresadoras para abrir ranhuras para chavetas com avanço de pêndula e com profundidade de corte num passo duplo		Fresagem nas fresadoras verticais por um passo		
	Profundidade de corte t, mm	Avanço $S_z$ em mm/dente	Avanço axial de aprofundamento da fresa		Avanço longitudinal para fresagem de ranhura
6	0,3	0,1	0,006		0,02
8		0,12	0,007		0,022
10		0,16	0,008		0,024
12		0,18	0,009		0,026
16	0,4	0,25	0,01		0,028
18		0,28	0,011		0,03
20		0,31	0,011		0,032
24		0,38	0,012		0,036
28	0,5	0,45	0,014		0,037
32		0,5	0,015		0,037
36		0,55	0,016		0,038
40		0,65	0,016		0,038

Nota. Os avanços estão apresentados para o tratamento dos aços de construção com  $\sigma_r \leq 750$  MPa. Para o tratamento dos aços de maior resistência há de diminuir o avanço em 20-40%.

**39. Valores do coeficiente  $C_v$  e expoentes para calcular velocidade de corte para fresagem**

Tipo de fresa	Material parte cortante	Tipo de superfície trabalhada	Parâmetros da camada a cortar			Coeficiente e expoentes para calcular a velocidade de corte						
			B	t	$S_z$	$C_v$	$q_v$	$x_v$	$y_v$	$u_v$	$p_v$	m
<b>Tratamento do aço de construção ao carbono, <math>\sigma_r=750</math> MPa</b>												
Frontal	T15K6*	Plano	-	-	-	332	0,2	0,1	0,4	0,2	0	0,2
	P6M5**		-	-	$\leq 0,1$	64,7	0,25	0,1	0,2	0,15	0	0,2
	-		-	$> 0,1$	41	0,25	0,1	0,4	0,15	0	0,2	
Cilíndrica com furo central	T15K6*	Plano ou banqueta	$\leq 35$	$\leq 2$	-	390	0,17	0,19	0,28	-0,05	0,1	0,33
			$\leq 35$	$> 2$	-	443	0,17	0,38	0,28	-0,05	0,1	0,33
			$> 35$	$\leq 2$	-	616	0,17	0,19	0,28	0,08	0,1	0,33
	$> 35$		$> 2$	-	700	0,17	0,38	0,28	0,08	0,1	0,33	
	P6M5**		-	-	$\leq 0,1$	55	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
-	-	$> 0,1$	35,4	0,45	0,3	0,4	0,1	0,1	0,33			
De disco com dentes embutidos	T15K6*	Plano ou banqueta	-	-	$\leq 0,12$	1340	0,2	0,4	0,12	0	0	0,35
			-	-	$> 0,12$	740	0,2	0,4	0,4	0	0	0,35
	P6M5**	Ranhura	-	-	$\leq 0,06$	1825	0,2	0,3	0,12	0,1	0	0,35
			-	-	$> 0,06$	690	0,2	0,3	0,4	0,1	0	0,35
			-	-	$\leq 0,1$	75,5	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
			-	-	$> 0,1$	48,5	0,25	0,3	0,4	0,1	0,1	0,2
De disco inteiro	P6M5**	Plano, banqueta, ranhura	-	-	-	68,5	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
De cabo com coroas	T15K6*		-	-	-	145	0,44	0,24	0,26	0,1	0,13	0,37
De cabo com pastilhas soldadas			-	-	-	234	0,44	0,24	0,26	0,1	0,13	0,37

Tipo de fresa	Material parte cortante	Tipo de superfície trabalhada	Parâmetros da camada a cortar			Coeficiente e expoentes para calcular a velocidade de corte							
			B	t	S <sub>z</sub>	C <sub>v</sub>	q <sub>v</sub>	x <sub>v</sub>	y <sub>v</sub>	u <sub>v</sub>	p <sub>v</sub>	m	
De cabo inteiras	P6M5**	Mesmos	-	-	-	46,7	0,45	0,5	0,5	0,1	0,1	0,33	
Para fendas ou sangramento	P6M5**	Fenda ou sangram.	-	-	-	53	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	
Perfilada com perfil convexo		Perfilada convexa	-	-	-	53	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33	
Angular ou perfilada com perfil côncavo		Ranhura angular ou perfilada	-	-	-	44	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33	
De chaveta		Ranhura de chaveta	-	-	-	12	0,3	0,3	0,25	0	0	0,26	
<b>Tratamento de aço termoresistente 12X18H9T</b>													
Frontal	BK8*	Plano	-	-	-	108	0,2	0,06	0,3	0,2	0	0,32	
	P6M5**		-	-	-	49,6	0,15	0,2	0,3	0,2	0,1	0,14	
Cilíndrica c/ furo	P6M5**	Plano ou banqueteta	-	-	-	44	0,29	0,3	0,34	0,1	0,1	0,24	
De cabo			-	-	-	22,5	0,35	0,21	0,48	0,03	0,1	0,27	
<b>Tratamento do ferro fundido cinzento, HB 190</b>													
Frontal	BK6*	Plano	-	-	-	445	0,2	0,15	0,35	0,2	0	0,32	
	P6M5**		-	-	-	42	0,2	0,1	0,4	0,1	0,1	0,15	
Cilíndrica com furo central	BK6*	Plano, banqueteta, ranhura	-	≤ 2,5	≤ 0,2	923	0,37	0,13	0,19	0,23	0,14	0,42	
			-	≤ 2,5	> 0,2	588	0,37	0,13	0,47	0,23	0,14	0,42	
			-	> 2,5	≤ 0,2	1180	0,37	0,4	0,19	0,23	0,14	0,42	
			-	> 2,5	> 0,2	750	0,37	0,4	0,47	0,23	0,14	0,42	
	P6M5**		-	-	≤ 0,15	57,6	0,7	0,5	0,2	0,3	0,3	0,25	
			-	-	> 0,15	27	0,7	0,5	0,6	0,3	0,3	0,25	
De disco com dentes embutidos	P6M5**	Plano, banqueteta, ranhura	-	-	-	85	0,2	0,5	0,4	0,1	0,1	0,15	
De disco inteira			-	-	-	72	0,2	0,5	0,4	0,1	0,1	0,15	
De cabo (parte cort. cilíndrica)		Plano ou banqueteta	-	-	-	72	0,7	0,5	0,2	0,3	0,3	0,25	
Para fendas ou sangramento		Fenda ou sangram.	-	-	-	30	0,2	0,5	0,4	0,2	0,1	0,15	
<b>Tratamento do ferro fundido maleável, HB 150</b>													
Frontal	BK6*	Plano	-	-	≤ 0,18	994	0,22	0,17	0,1	0,22	0	0,33	
			-	-	> 0,18	695	0,22	0,17	0,32	0,22	0	0,33	
Cilíndrica c/furo	P6M5	Plano, banqueteta, ranhura	-	-	≤ 0,1	90,5	0,25	0,1	0,2	0,15	0,1	0,2	
			-	-	> 0,1	57,4	0,25	0,1	0,4	0,15	0,1	0,2	
			-	-	≤ 0,1	77	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33	
			-	-	> 0,1	49,5	0,45	0,3	0,4	0,1	0,1	0,33	
De disco com dentes embutidos	P6M5	Plano, banqueteta, ranhura	-	-	≤ 0,1	105,8	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	
			-	-	> 0,1	68	0,25	0,3	0,4	0,1	0,1	0,2	
De disco inteira	P6M5	Plano ou banqueteta	-	-	-	98,5	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	
De cabo (parte cort. cilíndrica)			-	-	-	68,5	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33	
Para fendas ou sangramento			Fenda ou sangram.	-	-	-	74	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2
<b>Tratamento de ligas de cobre heterogêneas, HB 100-140</b>													
Frontal	P6M5	Plano	-	-	≤ 0,1	136	0,25	0,1	0,2	0,15	0,1	0,2	
Cilíndrica c/furo			-	-	> 0,1	86,2	0,25	0,1	0,4	0,15	0,1	0,2	
		De disco com dentes embutidos	Plano, banqueteta, ranhura	-	-	≤ 0,1	115,5	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
-				-	> 0,1	74,3	0,45	0,3	0,4	0,1	0,1	0,33	
De disco inteiro		P6M5	Plano ou banqueteta	-	-	≤ 0,1	158,5	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
De cabo (parte cort. cilíndrica)				-	-	> 0,1	102	0,25	0,3	0,4	0,1	0,1	0,2
Para fendas ou sangramento		P6M5	Fenda ou sangram.	-	-	-	144	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
				-	-	-	103	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
	P6M5		-	-	-	111,3	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	

Tipo de fresa	Material parte cortante	Tipo de superfície trabalhada	Parâmetros da camada a cortar			Coeficiente e expoentes para calcular a velocidade de corte						
			B	t	S <sub>z</sub>	C <sub>v</sub>	q <sub>v</sub>	x <sub>v</sub>	y <sub>v</sub>	u <sub>v</sub>	p <sub>v</sub>	m
<b>Tratamento de ligas de alumínio de fundição, <math>\sigma_r=100-200</math> MPa, HB <math>\leq 65</math> ou duralumínio, <math>\sigma_r=300-400</math> MPa, HB <math>\leq 100</math></b>												
Frontal	P6M5	Plano	-	-	$\leq 0,1$	245	0,25	0,1	0,2	0,15	0,1	0,2
			-	-	$> 0,1$	155	0,25	0,1	0,4	0,15	0,1	0,2
Cilíndrica c/furo			-	-	$\leq 0,1$	208	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
		-	-	$> 0,1$	133,5	0,45	0,3	0,4	0,1	0,1	0,33	
De disco com dentes embutidos		Plano, banquetta, ranhura	-	-	$\leq 0,1$	285	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
De disco inteira			-	-	-	183,4	0,25	0,3	0,4	0,1	0,1	0,2
De cabo (parte cort. cilíndrica)	Plano ou banquetta	-	-	-	259	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	
Para fendas ou sangramento		Fenda ou sangram.	-	-	-	185,5	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
			-	-	-	200	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2

\* - sem líquido refrigerante; \*\* - com líquido refrigerante.

Nota. A velocidade de corte para fresas frontais calculada pelos dados tabelados serve para ângulo em plano principal  $\varphi = 60^\circ$ . Para outro valor do ângulo  $\varphi$  há de multiplicar a velocidade calculada por coeficiente: para  $\varphi = 15^\circ$  – por 1,6; para  $\varphi = 30^\circ$  – por 1,25; para  $\varphi = 45^\circ$  – por 1,1; para  $\varphi = 75^\circ$  – por 0,93; para  $\varphi = 90^\circ$  – por 0,87.

#### 40. Duração média T das fresas

Tipo de fresa	Duração T em min para fresas com diâmetro, mm											
	20	25	40	60	75	90	110	150	200	250	300	400
Frontal	-	-	120	180			240			300	400	
Cilíndrica com furo com dentes embutidos ou inteira com dentes grossos	-			180			240	-				
Cilíndrica com dentes finos	-	120		180			-					
De disco	-		90		120		150	180	240	-		
De cabo	80	90	120	180	-							
Para fendas e sangramento	-		45		60	75	120		150	180		
Perfiladas e angulares	-		120			180	-					

#### 41. Valores de coeficiente C<sub>p</sub> e expoentes para calcular força tangencial P<sub>z</sub> para fresagem

Tipo de fresa	Material da parte cortante	Coeficiente e expoentes					
		C <sub>p</sub>	x <sub>p</sub>	y <sub>p</sub>	u <sub>p</sub>	q <sub>p</sub>	w <sub>p</sub>
<b>Tratamento de aço de construção ao carbono, <math>\sigma_r=750</math> MPa</b>							
Frontal	Liga dura	8250	1,0	0,75	1,1	1,3	0,2
	Aço rápido	825	0,95	0,8	1,1	1,1	0
Cilíndrica com furo central	Liga dura	1010	0,88	0,75	1,0	0,87	0
	Aço rápido	682	0,86	0,72	1,0	0,86	0
De disco, para fendas e sangramento (corte)	Liga dura	2610	0,9	0,8	1,1	1,1	0,1
	Aço rápido	682	0,86	0,72	1,0	0,86	0
De cabo (parte cortante cilíndrica)	Liga dura	125	0,85	0,75	1,0	0,73	-0,13
	Aço rápido	682	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Perfiladas e angulares	Aço rápido	470	0,86	0,72	1,0	0,86	0
<b>Tratamento de aço termoresistente 12X18H9T, HB 141</b>							
Frontal	Liga dura	2180	0,92	0,78	1,0	1,15	0
De cabo (p. cort. cilíndrica)	Aço rápido	820	0,72	0,6	1,0	0,86	0
<b>Tratamento de ferro fundido cinzento, HB 190</b>							
Frontal	Liga dura	545	0,9	0,74	1,0	1,0	0
	Aço rápido	500	0,9	0,72	1,14	1,14	0
Cilíndrica com furo central	Liga dura	580	0,9	0,8	1,0	0,9	0
	Aço rápido	300	0,83	0,65	1,0	0,83	0
De disco, de cabo, para fendas ou sangramento (corte)	Aço rápido	300	0,83	0,65	1,0	0,83	0

Tipo de fresa	Material da parte cortante	Coeficiente e expoentes					
		$C_p$	$x_p$	$y_p$	$u_p$	$q_p$	$w_p$
<b>Tratamento de ferro fundido maleável, HB 150</b>							
Frontal	Liga dura	4910	1,0	0,75	1,1	1,3	0,2
	Aço rápido	500	0,95	0,8	1,1	1,1	0
Cilíndrica, de disco, de cabo, para fendas ou sangramento	Aço rápido	300	0,86	0,72	1,0	0,86	0
<b>Tratamento de ligas de cobre heterogêneos, HB 100-140</b>							
Cilíndrica, de disco, de cabo, para fendas ou sangramento	Aço rápido	226	0,86	0,72	1,0	0,86	0

Notas: 1. A força tangencial  $P_z$  para fresagem de ligas de alumínio calcula-se através de dados para aço de construção ao carbono e o resultado multiplica-se por coeficiente 0,25;

2. A força tangencial  $P_z$  calculada através de dados da tabela serve para as fresas sem desgaste. Com aumento do desgaste até um valor admissível a força calculada multiplica-se por coeficiente  $K_{df}$ : para tratamento de aço macio ( $\sigma_r < 600$  MPa)  $K_{df} = 1,75-1,9$ ; em todos os outros casos  $K_{df} = 1,2-1,4$ .

#### 42. Relações dos componentes da força de corte para fresagem

Tipo de fresagem	$P_h : P_z$	$P_v : P_z$	$P_y : P_z$	$P_x : P_z$
<b>Fresas cilíndricas, de disco, de cabo*, angulares e perfiladas</b>				
Contra o avanço	1,1-1,2	0-0,25	0,4-0,6	$(0,2-0,4)tg\omega$
Em avanço	$-(0,8-0,9)$	0,7-0,9		
<b>Fresas frontais e de cabo**</b>				
Simétrico	0,3-0,4	0,85-0,95	1,0	0,5-0,55
Assimétrico, contra o avanço	0,6-0,8	0,6-0,7		
Assimétrico em avanço	0,2-0,3	0,9		

\*- fresa corte com parte cilíndrica (como fresa cilíndrica); \*\* - fresa corte com topo (como fresa frontal).

### 6.5. SANGRAMENTO

#### 43. Avanço para corte dos metais com serras de disco, de fita e com discos abrasivos

Material a cortar	Avanço $S_z$ em mm/dente para serra de disco	Avanço $S_m$ em mm/min para	
		serra de fita	disco abrasivo
Aço, $\sigma_r$ , MPa: $\leq 400$ 400-600 $> 600$	0,08-0,15	$\leq 50$	135-150
	0,05-0,11		
	0,04-0,07		
Ferro fundido	0,08-0,2	$\leq 90$	
Bronze		$\leq 110$	
Latão		$\leq 140$	

Notas: 1. Para as serras de disco os avanços estão apresentados para o caso quando a relação  $b/p = 10$  (onde  $b$  é a largura da peça ao longo do corte e  $p$  é o passo circular entre os dentes da serra). Para as outras relações  $b/p$  o avanço tabelado multiplica-se por um coeficiente  $K_{bp}$ :

Relação $b/p$	6	8	10	13	17
Coeficiente $K_{bp}$	1,5	1,25	1	0,8	0,6

2. Os valores maiores dos avanços para as serras de disco tomar para as máquinas de maior potência.



**44. Velocidade de corte dos metais V em m/min com serras de disco, de fita, serrotes e discos abrasivos**

Material a trabalhar	Serras de disco de		Serrotes mecânicas de		Serras de fita
	aço rápido	aço ao carbono	aço rápido	aço ao carbono	
Aço de construção com $\sigma_r$ , MPa: < 400 400-600 > 600	26-30	18-20	38-42	28-30	16-20
	18-26	16-18	25-36	20-25	10-15
	16-22	12-16	12-21	10-15	6-12
Aço para ferramentas	11-14	8-10	12-14	9-10	4-8
Aço de fundição	14-18	10-16	-	-	-
Aço termoresistente e resistente a corrosão	8-12	8-10	-	-	-
Ferro fundido com HB≤200 HB>200	10-12	8-9	18-28	15-20	9-12
	12-13	8-9	12-14	9-10	5-8
Bronze: $\sigma_r \leq 300$ MPa $\sigma_r > 300$ MPa	100-200	60-160	25-28	18-20	15-30
	100-200	60-160	18-21	14-15	15-30
Latão	100-200	60-160	25-36	20-25	15-40

Nota. A velocidade de corte com discos abrasivos é de 50-70 m/s

**6.6. ABERTURA DE ROSCA****45. Número dos passos de trabalho para abrir rosca métrica e trapezoidal com ferros cortantes com pastilhas de liga dura**

Passo da rosca P em mm	Aço de construção ao carbono e com liga				Ferro fundido e liga de cobre			
	Rosca externa							
	métrica		trapezoidal		métrica		trapezoidal	
	Número dos passos de trabalho para							
	desbast.	acabam.	desbast.	acabam.	desbast.	acabam.	desbast.	acabam.
1,5	3	2	-	-	-	-	-	-
2	3		-	-	2	2	-	-
3	5		5	3	3		4	3
4	6		6	3	4		5	3
5	7		7	4	4		6	3
6	8		8	4	5		7	4
8	-	-	10	5	-		-	9
10			12	6		10		5
12			14	6		12		5
16			18	6		14		5

Notas: 1. Os números dos passos de trabalho estão apresentados para as roscas de precisão média. Para as roscas de alta precisão o número dos passos de trabalho para acabamento se aumenta.

2. Para abertura das roscas métricas internas o número dos passos de trabalho para desbastamento se aumenta em 1 passo.

3. Para abertura das roscas métricas nas peças de aço termoresistente 12X18H9T o número dos passos de trabalho se aumenta em 30% e de aço temperado – a 2-3 vezes.

**46. Número dos passos de trabalho para abrir rosca métrica e trapezoidal com ferros cortantes de aço rápido**

Passo de rosca P em mm	Aço de construção ao carbono		Aço de construção com liga e aços de fundição		Ferro fundido e ligas de cobre	
	Número dos passos de trabalho para					
	desbastam.	acabamento	desbastam.	acabamento	desbastam.	acabamento
Rosca métrica externa de aperto de uma entrada						
1,25-1,5	4	2	5	3	4	2
1,75	5	3	6	4	5	3
2-3	6	3	7	4	5	
3,5-4,5	7	4	9	5	6	
5-5,5	8		10			4
6	9		12			4
Rosca externa trapezoidal de uma entrada						
4	10	7	12	8	8	6
6	12	9	14	10	9	7
8	14	9	17	10	11	7
10	18	10	22	12	14	8
12	21		25		17	
16	28		33		22	
20	35		42		28	

Notas: 1. Os números dos passos de trabalho estão apresentados para as roscas de precisão média. Para as roscas de alta precisão além dos passos indicados na tabela há de fazer mais 2-3 passos sem penetração com velocidade de corte 4 m/min.

2. Para abertura de roscas de muitas entradas o número de passos de trabalho se aumenta em 1-2 passos para cada entrada de rosca.

3. Para abertura de roscas internas o número dos passos de trabalho se aumenta: para desbastamento em 20-25%; para acabamento de roscas métricas e roscas trapezoidais com passo até 8 mm - em 1 passo; para roscas trapezoidais com passo maior de 8 mm - em 2 passos.

**48. Avanços  $S_z$  em mm/dente para abertura de rosca com fresa de pente**

Material a trabalhar	Diâmetro da rosca a abrir, mm					
	$\leq 30$			$> 30 \leq 50$		
	$S_z$ em mm/dente para o passo P, mm					
	$\leq 1$	$> 1 \leq 2$	$> 2 \leq 3,5$	$\leq 1$	$> 1 \leq 2$	$> 2 \leq 4$
Aço:						
$\sigma_r \leq 800$ MPa	0,03-0,04	0,04-0,05	0,05-0,06	0,04-0,05	0,05-0,06	0,06-0,07
$\sigma_r > 800$ MPa	0,02-0,03	0,02-0,03	0,03-0,04	0,03-0,04	0,03-0,04	0,04-0,05
Ferro fundido:						
cinzento	0,05-0,06	0,06-0,07	0,07-0,08	0,06-0,07	0,07-0,08	0,08-0,09
maleável	0,04-0,05	0,05-0,06	0,06-0,07	0,05-0,06	0,06-0,07	0,07-0,08
Material a trabalhar	Diâmetro da rosca a abrir, mm					
	$> 50 \leq 76$			$> 76$		
	$S_z$ em mm/dente para rosca com passo P, mm					
	$\leq 1$	$> 1 \leq 2$	$> 2 \leq 4$	$\leq 2$	$> 2 \leq 4$	
Aço:						
$\sigma_r \leq 800$ MPa	0,05-0,06	0,06-0,07	0,07-0,08	0,07-0,08	0,08-0,09	
$\sigma_r > 800$ MPa	0,03-0,04	0,04-0,05	0,05-0,06	0,04-0,05	0,05-0,06	
Ferro fundido:						
cinzento	0,07-0,08	0,08-0,09	0,09-0,1	0,09-0,1	0,1-0,12	
maleável	0,06-0,07	0,07-0,08	0,08-0,09	0,08-0,09	0,08-0,09	

Notas: 1. Diminuir o avanço em 25% para abrir roscas de precisão;

2. Para abrir rosca trapezoidal com fresa de disco tomar o avanço  $S_z = 0,3-0,6$  mm/dente.

**49. Valores de coeficiente  $C_v$  e expoentes para calcular velocidade de corte para abrir rosca**

Material a trabalhar	Tipo de rosca e ferramenta	Material da parte cortante	Condições de corte	Coeficiente e expoentes					Duração média T em min
				$C_v$	$x_v$	$y_v$	$q_v$	m	
Aço de construção ao carbono $\sigma_r=750$ MPa	de aperto com ferro cortante	T15K6	-	244	0,23	0,3	0	0,2	70
		P6M5	Desbast. $P \leq 2$ mm	14,8	0,7	0,3	0	0,11	80
			Desbast. $P > 2$ mm	30	0,6	0,25	0	0,08	
	trapezoidal com ferro cortante	P6M5	Acabam.	41,8	0,45	0,3	0	0,13	70
			Desbast.	32,6	0,6	0,2	0	0,14	
	Acabamento	P6M5	Acabamento	47,8	0,5	0	0	0,18	70
			Acabamento	47,8	0,5	0	0	0,18	
	de aperto e trapezoidal, por corte de turbilhão	T15K6	-	2330	0,5	0,5	0	0,5	80
	de aperto com macho: - de máquina - de porca; - automático de porca	P6M5	-	64,8 53 41	0	0,5	1,2	0,9	90
	de aperto com cassonete redondo	9XC; Y12A	-	2,7	0	1,2	1,2	0,5	90
de aperto com cabeçote para abrir rosa	P6M5	pentas redond. e tangenc.	7,4	120					
de aperto com fresa de pente		P6M5	-	198	0,3	0,4	0,5	100	
Ferro fundido cinzento, HB 190	BK6			-	83,	0,45	0	0	0,33
de aperto com fresa de pente	P6M5	-	140	0	0,3	0,4	0,33	200	
Ferro fundido maleável, HB 150			de aperto com fresa de pente		245	2	0,5	1	200
Silumínio			de aperto com macho de porca		20	0,5	1,2	0,9	90

Nota. A abertura de rosca se realiza com utilização do líquido refrigerante recomendado para o método de corte correspondente.

**50. Coeficientes de correcção da velocidade de corte e torque para machos, cassonetes e cabeçotes para abrir rosca**

Material a trabalhar	Coeficientes de correcção da velocidade de corte em função de				Coeficiente de correcção do torque, $K_{mp}$	
	material a trabalhar $K_{mv}$	material da ferramenta, $K_{fv}$		grau de qualidade da rosca, $K_{qv}$		
		P6M5	9XC; Y10A; Y12A	de precisão		médio
Aço ao carbono: $\sigma_r < 600$ MPa	0,7	1	0,7	0,8	1-1,25	1,3
$\sigma_r = 600-800$ MPa	1					1
Aço com liga: $\sigma_r < 700$ MPa	0,9					1
$\sigma_r = 700-800$ MPa	0,8					0,85
Ferro fund. cinzento: HB<140	1					1
HB 140-180	0,7					1,2
HB>180	0,5					1,5
Ferro fundido maleável	1,7					0,5

**51. Os valores de coeficientes e expoentes para calcular forças e torque para abrir roscas**

Material a trabalhar	Tipo da ferramenta	Coeficientes e expoentes				
		Cp	Cm	y	q	u
Aço de construção ao carbono, $\sigma_r = 750$ MPa	Ferro cortante	1480	-	1,7	0	0,71
	Macho: - de máquina - de porca - automático de porca	-	0,27	1,5	1,4	0
			0,041		1,7	
			0,025		2	
	Cassonete redondo	0,45	1,1			
Cabeçote para abrir rosca	0,46	1,1				
Ferro fundido	Ferro cortante	1030	-	1,8	0	0,82
	Macho de máquina	-	0,13	1,5	1,4	0
Silumínio	Macho de porca	-	0,022	1,5	1,8	0

$$P_z = \frac{C_p \cdot p^y}{i^u} \cdot K_p; \quad M_t = C_M \cdot D^q \cdot p^y \cdot K_p; \quad \text{onde } D, p, i \text{ são diâmetro, passo e número de passos de tratamento da rosca.}$$

**6.7. BROCHEAMENTO**
**52. Velocidade de corte V em m/min para brochas de aço rápido P6M5**

Grupo da velocidade de corte (veja Tab. 53)	Brocha			
	cilíndrica	estrelada	para chaveta e brocheamento externo	de outros tipos
I	8/6	8/3	10/7	4
II	7/5	7/4,5	8/6	3
III	6/4	6/3,5	7/5	2,5
IV	4/3	4/2,5	4/3,5	2

Notas: 1. Em numerador estão apresentados as velocidade de corte para  $R_a = 3,2-6,3 \mu\text{m}$  e 8-9 grau de tolerância, em denominador – para  $R_a = 1,6 \mu\text{m}$  e 7 grau de tolerância e para brochas de outros tipos – para  $R_a = 0,4-0,8 \mu\text{m}$ .

2. Para brocheamento de superfícies externas com tolerância até 0,03 mm com secções de brochas perfiladas diminuir velocidade de corte até 4-5 m/min.

3. Para brochas de aço XBF diminuir velocidade de corte tabelada em 25-30%.

**53. Grupos da velocidade de corte para brocheamento de aço e ferro fundido**

Dureza HB	Aço							
	ao carbono e automática	ao manganês e ao crômio-vanádio	ao cromo	ao cromo-molibdênio	ao cromo-silício e silício-manganês	ao cromo-manganês	ao cromo-silício-manganês	
$\leq 156$	IV	-	-	-	-	-	-	
$> 156 \leq 187$	III	III	II	II	-	II	-	
$> 187 \leq 197$	II	III	I	II	-	I	-	
$> 197 \leq 229$	I	II	I	II	II	I	II	
$> 229 \leq 269$	I	II	II	III	III	II	II	
$> 269 \leq 321$	II	III	III	III	IV	III	III	
Dureza HB	Aço						Ferro fundido	
	ao níquel	ao níquel-cromo	ao cromo-manganês-molibdênio	ao níquel-molibdênio	ao cromo-manganês-titânio	ao níquel-cromo-molibdênio	cin-zento	male-ável
$\leq 156$	-	-	-	-	-	-	-	-
$> 156 \leq 187$	-	III	-	-	-	-	I	I
$> 187 \leq 197$	IV	II	-	III	-	-	II	I
$> 197 \leq 229$	III	II	I	III	II	-	II	-
$> 229 \leq 269$	III	II	II	II	II	III	II	-
$> 269 \leq 321$	-	III	III	III	-	IV	-	-

**54. Força de corte específica  $P_c$  em N para 1 mm de comprimento da aresta cortante da brocha**

Avanço $S_z$ em mm/dente	Material a trabalhar								
	Aço ao carbono			Aço com liga			Ferro fundido		maleável
	HB ≤ 197	198-229	HB > 229	HB ≤ 197	198-229	HB > 229	cinzento		
HB ≤ 180	HB > 180								
0,01	65	71	85	76	85	91	55	75	63
0,02	95	105	125	126	136	158	81	89	73
0,03	123	136	161	157	169	186	104	115	94
0,04	143	158	187	184	198	218	121	134	109
0,06	177	195	232	238	255	282	151	166	134
0,08	213	235	280	280	302	335	180	200	164
0,1	247	273	325	328	354	390	207	236	192
0,12	285	315	375	378	407	450	243	286	220
0,14	324	357	425	423	457	505	273	303	250
0,16	360	398	472	471	510	560	305	336	276
0,18	395	436	520	525	565	625	334	370	302
0,2	427	473	562	576	620	685	360	402	326
0,22	456	503	600	620	667	738	385	427	249
0,25	495	545	650	680	730	810	421	465	376
0,3	564	615	730	785	845	933	476	522	431

Nota. Os valores das forças de corte estão apresentados para as condições normais de exploração: a) os ângulos de ataque e de incidência são óptimas; b) o desgaste não ultrapassa o valor admissível.

**6.8. RECTIFICAÇÃO**
**55. Parâmetros do regime de corte para rectificação e afiação das ferramentas**

Material a trabalhar	Características do processo de corte	Velocidade do rebolo $V_r$ , m/s	Velocidade da peça $V_p$ , m/min	Profundidade de corte $t$ em mm	Avanço longitudinal $S_l$ em mm/v	Avanço radial $S_r$ em mm/volta		
<b>Rectificação externa circular</b>								
Materiais de construção e aços para ferramentas	Com avanço longitudinal, penetração em cada passo: - desbastamento - acabamento	30-35	12-25	0,01-0,025	(0,3-0,7)B	-		
			15-55	0,005-0,015	(0,2-0,4)B			
	Com avanço longitudinal, penetração em passo duplo		20-30	0,015-0,05	(0,3-0,7)B			
	Com avanço radial: - desbastamento - acabamento		30-50	-	-		0,0025-0,075	
			20-40	-	-		0,001-0,005	
Ligas duras	Com avanço longitudinal: - desbastamento	20-30	10-20	0,0075-0,01	0,5-0,8 m/min	-		
<b>Rectificação interna circular</b>								
Materiais de construção e aços para ferramentas	Nas rectificadoras comuns: - desbastamento - acabamento	30-35	20-40	0,005-0,02	(0,2-0,7)B	-		
				0,0025-0,01	(0,25-0,4)B			
	Nas rectificadoras semiautomáticas: - desbastamento - acabamento		50-150	0,0025-0,005	(0,4-0,75)B			
				0,0015-0,0025	(0,25-0,4)B			
Ligas duras	Nas rectificadoras semiautomáticas: - desbastamento - acabamento		10-25	20-30	0,005-0,01	0,4-0,5*		
			15-30	25-50	0,005-0,0075	0,2-0,4*		

Material a trabalhar	Características do processo de corte	Velocidade do rebolo $V_r$ , m/s	Velocidade da peça $V_p$ , m/min	Profundidade de corte $t$ em mm	Avanço longitudinal $S_l$ em mm/v	Avanço radial $S_r$ em mm/volta	
<b>Rectificação circular sem centros</b>							
Materiais de construção e aços para ferramentas	<b>Com avanço longitudinal:</b> - desbastamento, $d \leq 20$ mm	30-35	20-120	0,02-0,05	0,5-3,8 m/min	-	
	- desbastamento, $d > 20$ mm			0,05-0,2			
	- acabamento		40-120	0,0025-0,01	1,2-2,0 m/min		
	<b>Com avanço radial:</b> - desbastamento		10-45	-	-		0,001-0,005
	- acabamento		10-30	-	-		
<b>Rectificação plana com periferia do rebolo</b>							
Materiais de construção e aços para ferramentas	<b>Nas rectificadoras com mesa redonda:</b> - desbastamento	30-35	20-60	0,005-0,015	(0,3-0,6)B	-	
	- acabamento			40-60			0,005-0,01
	<b>Nas rectificadoras com mesa rectangular na produção em série:</b> - desbastamento		8-30	0,015-0,04	(0,4-0,7)B		
	- acabamento			15-30	0,005-0,015		(0,2-0,3)B
	<b>Nas rectificadoras com mesa rectangular para ferramentas:</b> - desbastamento		3-8	0,05-0,15	1,0-2,0 m/min		
	- acabamento			0,01-0,015	1,0-1,5 m/min		
	Ligas duras		<b>Nas rectificadoras com mesa rectangular para ferramentas:</b> - desbastamento	20-30	4-5		0,03-0,04
- acabamento		25-35	2-3	0,01-0,02	0,3-0,4 m/min		
<b>Rectificação plana com face do rebolo</b>							
Materiais de construção e aços para ferramentas	<b>Nas rectificadoras com mesa rectangular:</b> - desbastamento	25-30	4-12	0,015-0,04	-	-	
	- acabamento			2-3			0,005-0,01
	<b>Nas rectificadoras com mesa redonda e avanço vertical em cada volta da mesa:</b> - desbastamento		10-40	0,015-0,03			
	- acabamento			0,005			
	<b>Nas rectificadoras com mesa redonda em uma passagem:</b> - desbastamento		2-3	0,1-0,15			
	- acabamento			0,005			
	<b>Afiação das ferramentas</b>						
Aços para ferramentas	Afiação de desbastamento	18-25	1,0-3,0	0,02-0,04 mm/passo duplo		-	
	Afiação de acabamento	18-32	0,5-1,5	0,005-0,01 mm/passo duplo			
	Acabamento com rebolo diamante	15	1,0-1,5	0,01 mm/passo duplo			
Ligas duras	Afiação de desbastamento	20-25	1,5-2	0,03 mm/passo duplo			
	Afiação de acabamento	20-30	1,0-2,0	0,01-0,02 mm/passo duplo			
	Acabamento com rebolo diamante	20-30	0,1-0,7	0,005-0,02 mm/passo duplo			

Notas: 1. B é a largura do rebolo em mm;

2. O cálculo da potência de rectificação se faz através do avanço longitudinal  $S_v$  em mm/volta. O avanço longitudinal em m/min se recalcula pela formula:

$$S_v = \frac{S_m \cdot \pi \cdot d}{1000 \cdot V_p} ,$$

onde  $S_m$  é o avanço longitudinal em m/min;  $d$  é o diâmetro da superfície trabalhada em mm;  $V_p$  é a velocidade circular da peça a trabalhar em m/min

**56. Valores de coeficiente e expoentes para calcular potência de rectificação**

Tipo de rectificação	Material a trabalhar	Parâmetros do rebolo		Coeficiente e expoentes					
		Granulidade	Dureza	$C_N$	$r_N$	$x_N$	$y_N$	$q_N$	$z_N$
Externo circular: - com avanço transversal em passo duplo; - com avanço transversal em cada passo; - com penetração	ATN	40-50	CM1-CM2	1,3	0,75	0,85	0,7	0	0
		50	CM2	2,2	0,5	0,5	0,55		
		40	CM1-C1	2,65	0,5	0,5	0,55		
				50	C1	0,14	0,8	0,8	0
Interno circular	AN	40	C1	0,27	0,5	0,4	0,4	0,3	0
	AT	40-50	CM1-C1	0,36	0,35				
		25	CM1	0,3	0,35				
FF	40	CM1	0,81	0,55	1,0	0,7	0,3		
Circular sem centros: - com avanço longitudinal; - com penetração	AN	25-40	C1-CT1	0,1	0,85	0,6	0,7	0,5	0
		25	CM2	0,075					
	AT	40	CM1-C1	0,28	0,6	0,6	0,5	0,5	
		25	CM1-C1	0,34					
ATN	40	CM1-C1	0,07	0,65	0,65	0	0,5	1,0	
Plana com periferia do rebolo nas rectificadoras: - com mesa rectangular - com mesa redonda	AN	50	CM2	0,52	1,0	0,8	0,8	0	0
			C1	0,59					
			CT2	0,68					
	AT	40-50	M3-C1	0,53	0,8	0,65	0,7		
	AT	40-50	M3-CM1	0,7	0,7	0,5	0,5		
Plana com face do rebolo nas rectificadoras: - com mesa rectangular - com mesa redonda	AN	125	M2	0,17 <sup>*1</sup>	0,7	0,5	0	0	0
			C1	0,39 <sup>*1</sup>					
			CT1	0,59 <sup>*1</sup>					
	50-80	M1-CM2	1,9 <sup>*2</sup>	0,5				0,6	
		50	M3						1,31 <sup>*3</sup>
	AT	50-80	M1-CM2	5,2 <sup>*2</sup>	0,3	0,25	0	0	0,3
			M3	3,8 <sup>*3</sup>					
FF	50-80	CM1-CM2	4,0 <sup>*2</sup>	0,4	0,4	0	0	0,45	
		50	CM2						2,6 <sup>*3</sup>

\*1 – Rebolos com ligante de baquelita; em outros casos ligante é cerâmica;

\*2 – Rebolo anelar;      \*3 – Rebolo segmentar.

Notas: 1. ATN – aço temperado e não temperado; AT – aço temperado; AN – aço não temperado; FF – ferro fendido. 2. Material abrasivo: electrocorindon - para trabalhar aço; carborundo – para trabalhar ferro fundido.

A potência calcula-se de seguinte maneira:

- para rectificação com periferia do rebolo com avanço longitudinal:

$$N_c = C_N \cdot V_p^{r_N} \cdot t^{x_N} \cdot S_l^{y_N} \cdot d^{q_N} \cdot K_N;$$

- para rectificação com periferia do rebolo com avanço radial:

$$N_c = C_N \cdot V_p^{r_N} \cdot S_r^{y_N} \cdot b^{z_N} \cdot d^{q_N} \cdot K_N;$$

- para rectificação com face do rebolo:

$$N_c = C_N \cdot V_p^{r_N} \cdot t^{x_N} \cdot b^{z_N} \cdot K_N$$

## 7. QUALIDADE DE TRATAMENTO

### 7.1. Precisão, rugosidade e profundidade da camada defeituosa a atingir economicamente

Método de tratamento	Grau de tolerância	Rugosidade $R_z$ , $\mu\text{m}$	Camada defeituosa $h$ , $\mu\text{m}$
1. Laminagem a quente de precisão comum com o diâmetro/espessura da peça até 25 mm > 25 a 75 mm > 75 a 150 mm > 150 a 250 mm	14-15	150-200	150-250
	14-15	150-200	250-300
	14-15	200-300	300-400
	14-15	300-350	400-450
2. Laminagem a quente de precisão elevada com o diâmetro/espessura da peça até 25 mm > 25 a 75 mm > 75 a 150 mm > 150 a 250 mm	12-13	100-150	100-150
	12-13	100-150	150-200
	12-13	150-250	200-300
	12-13	250-300	300-350
3. Laminagem a frio de chapas	10-12	10-80	20-100
4. Trifilação a frio	11-12	20-80	30-100
5. Fundição em areia, moldação manual	16-17	100-500	200-600
6. Fundição em areia, moldação de máquina, modelo de madeira ou em molde de cimento, tijolo, etc. a) com dimensões da peça até 1250 mm - de ferro fundido - de aço de fundição - de liga não ferrosa b) com dimensões de 1250 a 3150 mm - de ferro fundido - de aço de fundição			
	14-16	200-300	400-500
	14-16	150-200	300-400
	14-16	80-150	250-350
	15-17	300-400	400-600
	15-17	200-300	400-500
7. Fundição em areia, moldação de máquina, modelo metálico ou em molde de macho a) com dimensões da peça até 1250 mm - de ferro fundido - de aço de fundição - de liga não ferrosa b) com dimensões de 1250 a 3150 mm - de ferro fundido - de aço de fundição			
	12-14	150-200	300-400
	12-14	100-150	250-350
	12-14	40-100	200-300
	12-16	200-300	400-500
	12-16	200-250	350-450
8. Fundição em molde metálico ou centrífuga - de ferro fundido - de aço de fundição - de liga não ferrosa			
	12-16	150-200	250-300
	12-16	100-150	150-200
8. Fundição em molde de casca - de ferro fundido - de aço de fundição - de liga não ferrosa			
	12-14	60-80	200-260
	12-14	40-60	160-200
10. Fundição em cera perdida - de ferro fundido - de aço de fundição - de liga não ferrosa			
	11-14	40-80	120-170
	11-14	20-60	80-120
11. Fundição sob pressão da liga não ferrosa			
	9-14	10-40	80-150



## Continuação

<b>Método de tratamento</b>	<b>Grau de tolerância</b>	<b>Rugosidade <math>R_z</math> <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>Camada defeituosa <math>h</math>, <math>\mu\text{m}</math></b>
12. Forjadura a martelo ou a prensa com o diâmetro da peça até 30 mm de 30 a 50 de 50 a 80 de 80 a 120	16-17	200-300	300-500
	16-17	300-400	500-800
	16-17	400-500	800-1200
	16-17	500-600	1200-1500
13. Estampagem a quente com massa da peça até 0,25 kg > 0,25 a 4 > 4 a 25 > 25 a 40 > 40 a 100 > 100 a 400	12-14	80-160	150-200
	12-14	160-240	200-250
	12-14	240-300	250-300
	12-14	300-350	300-350
	12-14	350-400	350-400
	12-14	400-500	400-500
14. Estampagem ou laminagem com calibração	10-12	10-80	10-80
15. Recalcamento a frio	9-12	5-40	5-40
16. Estampagem a frio	9-14	10-40	10-40
17. Torneamento, alisagem, fresagem, aplainamento, limagem de desbastamento de semiacabamento de acabamento de acabamento fino	12-14	60-240	80-240
	11-12	20-120	40-120
	10-11	10-40	10-40
	8-9	2-6	5-20
18. Brocagem comum (valores menores para as dimensões menores) Broqueamento (alargamento com broca)	11-13	20-80	40-100
	9-12	3-20	15-40
19. Brocagem profunda	11-12	15-30	25-50
20. Alargamento (com alargador) de desbastamento de acabamento de acabamento fino	12-13	40-50	40-50
	10-11	10-30	30-40
	8-10	1,5-10	20-30
21. Mandrilagem de desbastamento de acabamento de acabamento fino	9-10	10-20	15-25
	7-8	1,5-6	5-10
	6-7	0,5-3	5-10
22. Brocheamento de desbastamento de acabamento	8-9	6-10	10-20
	6-8	2-6	5-10
23. Rectificação de desbastamento de acabamento de acabamento fino	9-10	10-20	10-50
	7-8	5-10	10-25
	5-6	0,5-3,5	5-10
24. Brunidura	5-6	0,5-3	3-6
25. Superacabamento	-	0,2-0,8	3-5
26. Esmerilhão de desbastamento de acabamento	5-6	0,5-3	3-5
	1-4	0,02-0,4	3-5
27. Polimento	-	0,02-0,4	2-3

## 7.2. TABELA DE TOLERÂNCIAS PARA AS DIMENSÕES LINEARES

Dimensões em mm	Tolerâncias em $\mu\text{m}$ para grau de tolerância												
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
até 3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000
de 3 a 6	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200
de 6 a 10	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500
de 10 a 18	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800
de 18 a 30	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100
de 30 a 50	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500
de 50 a 80	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000
80 - 120	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500
120 - 180	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000
180 - 250	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600
250 - 315	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200
315 - 400	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700
400 - 500	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300

## 7.3. TABELA DE DESVIOS FUNDAMENTAIS (SUPERIORES OU INFERIORES)

Dimensões em mm	Desvio superior em $\mu\text{m}$ para desvio fundamental								Desvio inferior em $\mu\text{m}$ para desvio fundamental									
	a	b	c	d	e	f	g	h	$j_s$	k	m	n	p	r	s	t		
até 3	-270	-140	-60	-20	-14	-6	-2	0	-IT/2	0	2	4	6	10	14	-		
de 3 a 6	-270	-140	-70	-30	-20	-10	-4	0	-IT/2	1	4	8	12	15	19	-		
de 6 a 10	-280	-150	-80	-40	-25	-13	-5	0	-IT/2	1	6	10	15	19	23	-		
de 10 a 18	-290	-150	-95	-50	-32	-16	-6	0	-IT/2	1	7	12	18	23	28	-		
de 18 a 24	-300	-160	-110	-65	-40	-20	-7	0	-IT/2	2	8	15	22	28	35	-		
de 24 a 30																41		
de 30 a 40	-310	-170	-120	-80	-50	-25	-9	0	-IT/2	2	9	17	26	34	43	485		
de 40 a 50	-320	-180	-130													4		
de 50 a 65	-340	-190	-140	-100	-60	-30	-10	0	-IT/2	2	11	20	32	41	53	66		
de 65 a 80	-360	-200	-150													43	59	75
80 - 100	-380	-220	-170	-120	-72	-36	-12	0	-IT/2	3	13	23	37	51	71	91		
100 ÷ 120	-410	-240	-180													54	79	104
120 - 140	-460	-260	-200	-145	-85	-43	-14	0	-IT/2	3	15	27	43	63	92	122		
140 ÷ 160	-520	-280	-210													65	100	134
160 ÷ 180	-580	-310	-230													68	108	146
180 - 200	-660	-340	-240	-170	-100	-50	-15	0	-IT/2	4	17	31	50	77	122	166		
200 ÷ 225	-740	-380	-260													80	130	180
225 ÷ 250	-820	-420	-280													84	140	196
250 - 280	-920	-480	-300	-210	-125	-56	-17	0	-IT/2	4	20	34	56	94	158	218		
280 ÷ 315		-1050	-540													-330	98	170
			-360															
315 - 355	-1200	-600	-360	-210	-125	-62	-18	0	-IT/2	4	21	37	62	108	190	268		
355 ÷ 400	-1350	-680	-400													114	208	294
400 - 450	-1500	-760	-440	-230	-135	-68	-20	0	-IT/2	5	23	40	68	126	232	330		
450 ÷ 500	-1650	-840	480													132	252	360

Nota. Desvios fundamentais de a até h servem para os ajustamentos com folga, desvios fundamentais de  $j_s$  até n - para os ajustamentos incertos e de p até zc - para os ajustamentos com aperto.

Para o mesmo grau de tolerância:

- a tolerância do batimento radial, da coaxialidade e da simetria é aproximadamente igual a tolerância da dimensão;
- a tolerância do batimento axial, do paralelismo, da perpendicularidade, da redondidade e da cilindridade é aproximadamente igual a metade da tolerância da dimensão;
- a tolerância da planicidade e da rectidão é aproximadamente igual a um terço da tolerância da dimensão.