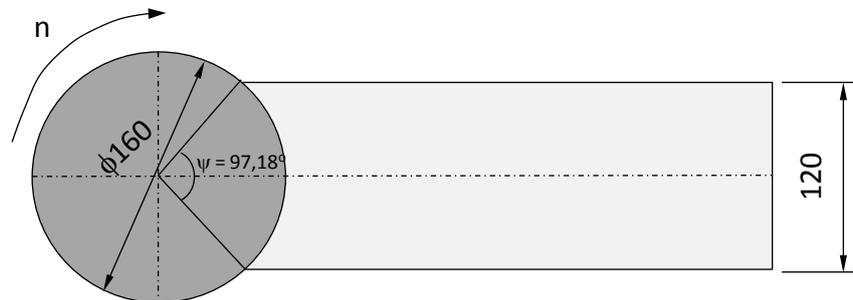
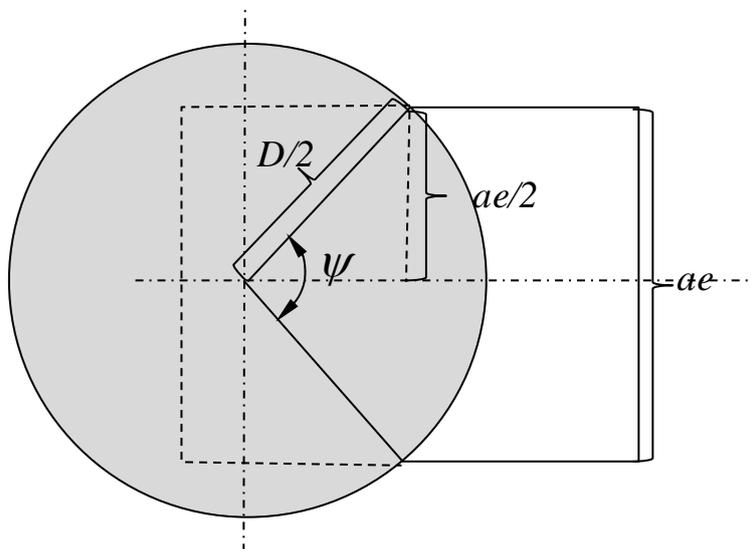


Exemplo 2. Numa operação de fresamento frontal de aço ABNT 8620 (16MnCr5 norma DIN), usando uma Fresa com diâmetro de 160 mm,  $Z = 12$  dentes,  $a_e = 120$  mm,  $a_p = 6$  mm  $f_z = 0,2$  mm/dente  $v_c = 85$  m/min (ângulo de posição  $\chi = 90^\circ$ )



Usando Manual de Tecnologia Metal Mecânica (Vários Autores Editora Edgard Blücher 2ª Edição Brasileira pg. 300



Para o cálculo da espessura média deve-se considerar o engajamento dos dentes entre a entrada e na saída da fresa graus:

$$\text{sen} \frac{\psi}{2} = \frac{\frac{ae}{2}}{\frac{D}{2}} = \frac{ae}{D} = \frac{120}{160} = 0,75$$

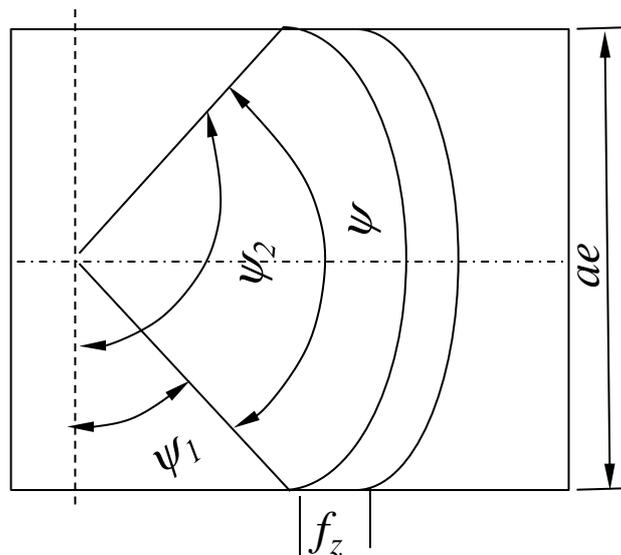
O ângulo de contato equivale a:

$$\frac{\psi}{2} = 48,59^\circ \Rightarrow \psi = 97,18^\circ$$

Logo

$$\psi = 1,696 \text{ rad}$$

Lembrando:



Portanto, no nosso caso  $\psi_1$  será:

$$\psi_1 = 90^\circ - \psi/2 = 90^\circ - 48,59^\circ = 41,41^\circ = 0,7227 \text{ rad}$$

e  $\psi_2$  será:

$$\psi_2 = \psi + \psi_1 = 97,18^\circ + 41,41^\circ = 138,59^\circ = 2,4188 \text{ rad}$$

Calculando a espessura média pela fórmula teremos:

$$h_m = \frac{1}{\psi_2 - \psi_1} \times f_z \times \text{sen} \chi \times (\cos \psi_1 - \cos \psi_2) =$$
$$h_m = \frac{1}{2,4188 - 0,7227} \times 0,2 \times \text{sen} 90^\circ \times (\cos 41,41^\circ - \cos 138,59^\circ) =$$
$$h_m = 0,1768 \text{ mm}$$

De acordo com o manual uma aproximação para este tipo de estimativa seria:

$$h_m = 0,9 \times f_z$$
$$h_m = 0,9 \times 0,2 = 0,18 \text{ mm}$$

Comparando-se as duas estimativas observa-se que a genérica leva a um valor apenas 1,8% maior ou 0,032 mm.

Calculando a rotação necessária na máquina:

$$n = \frac{v_c \times 100}{\pi \times D} = \frac{85 \times 1000}{\pi \times 160} = 169 \text{ rpm}$$

A Velocidade de avanço ( $v_f$ ) será:

$$v_f = f_z \times Z \times n = 0,2 \times 12 \times 169 = 406 \text{ mm/min}$$

O número de arestas em ação ( $Z_e$ ) pode ser calculada usando a seguinte expressão:

$$Z_e = \frac{\psi \times Z}{360^\circ} = \frac{97,2^\circ \times 12}{360^\circ} = 3,24 \text{ dentes simultaneamente}$$

A área do cavaco será:

$$A = ap \times h_m \times Z_e = 6 \times 0,18 \times 3,24 = 3,5 \text{ mm}^2$$

Usando a Tabela 3 Página 298 do referido manual para estimar  $K_{s1}$  teremos:

$$K_{s1} = k \times C_1 \times C_{2=}$$

$K = 2348 \text{ N/mm}^2$  (valor médio da tabela)

$$K_{s1} = 2348 \times 0,8 \times 1 = 1879 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Assim podemos calcular o valor da Força de corte:

$$F_c = A \times K_{s1} = 3,5 \times 1879 = 6577 \text{ N}$$

Para efeito de calculo de potência podemos usar ( $1CV = 0,746 \text{ kW}$ ):

$$P_c = F_c \times v_c = 6577 \text{ N} \times 85 \frac{\text{m}}{60\text{s}} = 9,3 \text{ kW} = 12,47 \text{ CV}$$

TABELA 3

Material	$K_{s1}$ ( $\text{N/mm}^2$ )	Z	Força específica de corte K ( $\text{N/mm}^2$ ) para uma espessura de cavaco $h_m$ em mm								
			0,08	0,1	0,16	0,2	0,31	0,5	0,8	1,0	1,6
1035	1500	0,3	3200	2995	2600	2430	2130	1845	1605	1500	1305
1035-1045	1450	0,27	2870	2700	2380	2240	1990	1750	2540	1450	1275
1060	1690	0,22	2945	2805	2530	2410	2185	1970	1775	1690	1525
B1112	1390	0,18	2190	2105	1935	1855	1715	1575	1445	1390	1275
B1117	1310	0,18	2065	1985	1820	1750	1615	1485	1365	1310	1205
B1140	1420	0,17	2180	2100	1940	1885	1735	1600	1475	1420	1310
8620	1400	0,3	2985	2795	2425	2270	1990	1725	1495	1400	1215
4340	1450	0,27	2870	2700	2380	2240	1990	1750	1540	1450	1275
8640	1465	0,26	2825	2665	2360	2225	1985	1755	1555	1465	1295
4132	1550	0,28	3145	2955	2590	2430	2150	1880	1650	1550	1360
4140	1580	0,25	2970	2810	2500	2365	2115	1880	1670	1580	1405
1040	1600	0,26	3085	2910	2575	2430	2170	1915	1695	1600	1415
4240	1565	0,26	3020	2850	2520	2380	2120	1875	1660	1565	1385
5150	1585	0,27	3135	2950	2600	2450	2175	1910	1685	1585	1395
X210Cr12	1720	0,26	3315	3130	2770	2615	2330	2060	1825	1720	1520
EM=GJL-200	825	0,33	1900	1765	1510	1405	1215	1035	890	825	705
EM-GJL-300	900	0,42	2600	2365	1945	1740	1470	1205	990	900	740
CuZn37	1180	0,15	1725	1665	1555	1500	1405	1310	1220	1180	1100
CuZn36Pb1,5	835	0,15	1220	1180	1100	1065	995	925	865	835	780
CuZn40Pb2	500	0,32	1120	1045	900	835	725	625	535	500	430

$$K_{S1} = K \times C_1 \times C_2$$

$$K_s = \frac{K_{S1}}{h^z} \times C_1 \times C_2$$

Fatores de Correção	
Vel. Corte vc (m/min)	C <sub>1</sub>
10-30	1,3
31-80	1,1
81-400	1,0
>400	0,9
Processo de Fabricação	C <sub>2</sub>
Fresamento	0,8
Torneamento	1,0
Furação	1,2

Exemplo: Eixo de aço 1045 é torneado vc = 75 m/min h = 0,31 mm. Determinar o valor de K<sub>s1</sub> de acordo com a Tabela 5.3

Os parâmetros C<sub>1</sub> = 1,1 m/min (31 n/min < vc < 80 m/min) C<sub>2</sub> = 1,0 (torneamento) e k = 1990 N/mm<sup>2</sup>.

$$K_{S1} = K \times C_1 \times C_2 = 1990 \times 1,1 \times 1,0 = 2189 \text{ N/mm}^2$$

Os parâmetros C<sub>1</sub> = 1,1 m/min (31 n/min < vc < 80 m/min) C<sub>2</sub> = 1,0 (torneamento) e K<sub>s1</sub> = 1450 N/mm<sup>2</sup> e z = 0,27.

$$K_s = \frac{K_{S1}}{h^z} \times C_1 \times C_2 = \frac{1450}{0,31^{0,27}} = 2188,2 \text{ N/mm}^2$$

## Cálculo da Potência segundo Mitsubishi

### POTÊNCIA DE CORTE (Pc)

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

**P<sub>c</sub> (kW)** : Potência de Usinagem Efetiva    **ap (mm)** : Profundidade de Corte  
**f (mm/rot)** : Avanço por Rotação            **vc (m/min)** : Velocidade de Corte  
**K<sub>c</sub> (MPa)** : Coeficiente de Força Específica de Corte    **η** : (Coeficiente da Eficiência da Máquina)

(Problema) Qual é a potência de usinagem necessária para usinar aço baixo carbono com velocidade de corte 120m/min, profundidade de corte 3mm e avanço 0.2mm/rot (Eficiência da máquina 80%) ?
 (Resposta) Substitua o coeficiente de força específica de corte K<sub>c</sub>=3100MPa na fórmula.

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

#### ● K<sub>c</sub>

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