

# **Malá zbierka príkladov z technológie obrábania**

**Ing. Eva Čirčová, CSc.  
Ing. Peter Ižol**

**2004**

## SÚSTRUŽENIE

### RIEŠENÉ PRÍKLADY

#### Príklad č.1

Na sérii súčiastok je potrebné vonkajším sústružením hrubovať valcovú plochu nožom z RO alebo držiakom s platničkou SK. Pre obe nástroje určte rezné podmienky a čas, potrebný na obrobenie jednej súčiastky. Pre nástroj z RO určte počet preostrení nástroja, potrebných na zhotovenie celej série súčiastok. Pre držiak s platničkou určte počet platničiek, potrebných na zhotovenie celej série súčiastok, ak platnička má štyri využiteľné rezné hrany.

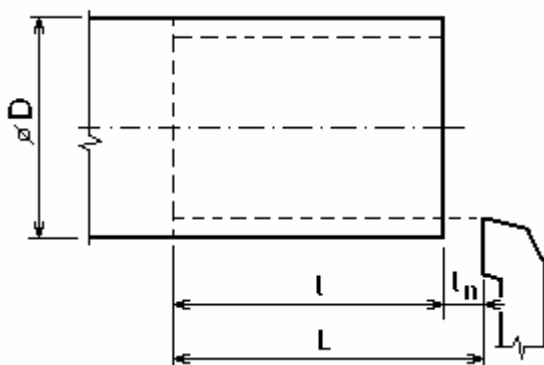
priemer polotovaru  $D = 72 \text{ mm}$   
 dĺžka obrábanej plochy  $l = 138 \text{ mm}$   
 počet súčiastok  $n_s = 350 \text{ ks}$   
 hĺbka rezu  $a_p = 3 \text{ mm}$   
 obrobiteľnosť  $14b$

#### Riešenie :

*Určenie rezných podmienok :*

	Pre nôž z RO	Pre platničku SK
hĺbka rezu $a_p$ [mm]	3	3
zaoblenie špičky noža $r$ [mm]	0,5	0,5
posuv $f$ [mm]	0,18	0,18
rýchlosť $v$ [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ]	45	155
trvanlivosť $T$ [min]	60	45

*Výpočet strojového času pre obrobenie plochy na súčiastke :*



$$t_m = \frac{L}{n \cdot f}$$

$L$  - celková dráha nástroja

$$L = l_n + l = 5 + 138 = 143 \text{ mm}$$

$l_n = 5 \text{ mm}$  - zvolená hodnota nábehu

$n$  - otáčky vretena

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \Rightarrow n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}$$

- pre nôž z RO :

$$n = \frac{1000 \cdot 45}{\pi \cdot 72} = 199 \text{ min}^{-1}$$

$$t_m = \frac{143}{199 \cdot 0,18} = 3,99 \cong 4 \text{ min}$$

- pre platničku SK :

$$n = \frac{1000 \cdot 155}{\pi \cdot 72} = 685 \text{ min}^{-1}$$

$$t_m = \frac{143}{685 \cdot 0,18} = 1,2 \text{ min}$$

*Výpočet počtu preostrení nástroja z RO :*

- počet ks, obrobeneých počas trvanlivosti nástroja :

$$p_{ks} = \frac{T}{t_m} = \frac{60}{4} = 15 \text{ ks}$$

- počet preostrení nástroja :

$$p_p = \frac{n_s}{p_{ks}} = \frac{350}{15} = 23$$

*Výpočet počtu výmen platničiek SK :*

- počet ks, obrobeneých jednou platničkou :

$$p_{ks} = \frac{4 \cdot T}{t_m} = \frac{4 \cdot 45}{1,2} = 150 \text{ ks}$$

- počet výmen platničiek :

$$p_v = \frac{n_s}{p_{ks}} = \frac{350}{1,2} = 2,3 \Rightarrow \text{pre obrobene celj dávky sú potrebné 3 platničky,}$$

v priebehu výroby dôjde k 2 výmenám

## **Príklad č. 2**

Vypočítajte strojový čas pri sústružení vonkajšieho závitu M16 x 2.

dĺžka závitu  $l = 80 \text{ mm}$

počet hrubovacích prechodov  $i_h = 7$

počet dokončovacích prechodov  $i_d = 4$

rezná rýchlosť pri hrubovaní  $v_h = 10 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

rezná rýchlosť pri dokončovaní  $v_d = 6 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

### **Riešenie :**

Vzťah pre výpočet strojového času :

$$t_m = \frac{\pi \cdot D \cdot L \cdot i_h}{10^3 \cdot v_h \cdot f} + \frac{\pi \cdot D \cdot L \cdot i_d}{10^3 \cdot v_d \cdot f}$$

$D = 16 \text{ mm}$  - vonkajší priemer závitu,

$L$  - dráha nástroja

$$L = l_n + l + l_v = 2 + 80 + 2 = 84 \text{ mm},$$

$l_n = l_v = 2 \text{ mm}$  - zvolená hodnota nábehu a výbehu,

$f = 2 \text{ mm}$  - posuv, hodnota je rovná stúpaniu závitů.

$$t_m = \frac{\pi \cdot 16.84 \cdot 7}{10^3 \cdot 10.2} + \frac{\pi \cdot 16.84 \cdot 4}{10^3 \cdot 6.2} = 2,9 \text{ min}$$

### **Príklad č. 3**

Vypočítajte strojový čas sústruženia čelnej plochy súčiastky na čelnom sústruhu s plynule meniteľnými otáčkami konštantnou reznou rýchlosťou. Porovnajete s časom pri sústružení konštantnými otáčkami.

priemer súčiastky  $D = 210 \text{ mm}$   
 priemer otvoru  $d = 60 \text{ mm}$   
 posuv  $f = 0,1 \text{ mm}$   
 rezná rýchlosť  $v_c = 90 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

### **Riešenie**

*Výpočet strojového času pri konštantnej reznej rýchlosti*

- vzťah pre výpočet času :

$$t_m = \frac{L}{10^3 \cdot v_c}$$

$L$  - absolútna dĺžka dráhy nástroja vzhľadom k obrobku (v tvare špirály), môžeme ju určiť zo vzťahu :

$$f \cdot L = \pi \cdot \left( \frac{D^2 - d^2}{4} \right)$$

- pri zohľadnení nábehu a výbehu :

$$f \cdot L = \pi \cdot \left[ \frac{(D + l_n)^2 - (d - l_v)^2}{4} \right] \Rightarrow L = \frac{\pi}{f} \cdot \left[ \frac{(D + l_n)^2 - (d - l_v)^2}{4} \right]$$

$l_n = l_v = 2 \text{ mm}$  - zvolené hodnoty nábehu a výbehu

$$L = \frac{\pi}{0,1} \cdot \left[ \frac{(210 + 2)^2 - (60 - 2)^2}{4} \right] = 326569 \text{ mm}$$

$$t_m = \frac{326569}{10^3 \cdot 90} = 3,6 \text{ min}$$

*Výpočet strojového času pri konštantných otáčkach :*

- vzťah pre výpočet času :

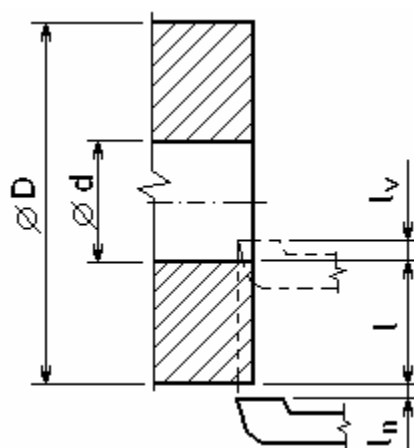
$$t_m = \frac{L}{n \cdot f}$$

- výpočet otáčok :

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \Rightarrow n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 90}{\pi \cdot 210} = 136 \text{ min}^{-1}$$

- dráha nástroja :



$$L = l_n + \left( \frac{D}{2} - \frac{d}{2} \right) + l_v = 2 + \left( \frac{210}{2} - \frac{60}{2} \right) + 2 = 79 \text{ mm}$$

$$t_m = \frac{79}{79 \cdot 0,1} = 5,8 \text{ min}$$

- pre porovnanie vypočítame reznú rýchlosť na najmenšom sústruženom priemere ( $d = 60$  mm) pri konštantných otáčkach :

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 60 \cdot 136}{1000} = 25,6 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

#### **Príklad č. 4**

Vypočítajte šírku triesky, hrúbku triesky a reznú silu pri pozdĺžnom sústružení válcovej plochy.

priemer polotovaru

$$D = 86 \text{ mm}$$

sústružená dĺžka

$$l = 120 \text{ mm}$$

materiál obrobku

$$11\ 600.0$$

hĺbka rezu

$$a_p = 3 \text{ mm}$$

posuv

$$f = 0,18 \text{ mm}$$

uhol nastavenia hlavnej reznej hrany

$$\kappa_r = 60^\circ$$

uhol čela

$$\gamma_o = 3^\circ$$

rezná rýchlosť

$$v_c = 140 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

#### **Riešenie :**

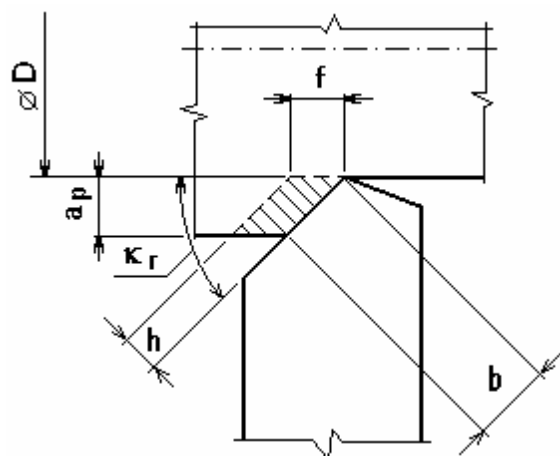
*Výpočet parametrov triesky :*

- šírka triesky :

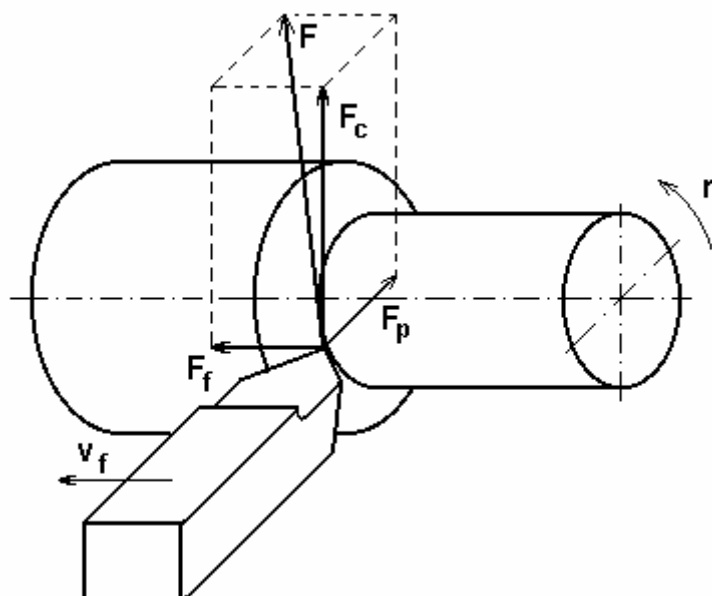
$$b = \frac{a_p}{\sin \kappa_r} = \frac{3}{\sin 60^\circ} = 3,46 \text{ mm}$$

- hrúbka triesky :

$$h = f \cdot \sin \kappa_r = 0,18 \cdot \sin 60^\circ = 0,156 \text{ mm}$$



*Výpočet reznej sily :*



- tangenciálna (hlavná zložka reznej sily) :

$$F_c = k_s \cdot S = k_s \cdot b \cdot h$$

$k_s = 2880 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$  - rezný odpor pre daný materiál

$S = b \cdot h$  - prierez triesky

$$F_c = 2880 \cdot 3,46 \cdot 0,156 = 1555 \text{ N}$$

- pasívna zložka reznej sily - podľa [3] :

$$F_p = 0,4 \div 0,5 \cdot F_c \quad [\text{N}]$$

volíme :  $F_p = 0,5 \cdot F_c = 0,5 \cdot 1555 = 777,5 \text{ N}$

- posuvová zložka reznej sily - podľa [3] :

$$F_f = 0,3 \div 0,4 \cdot F_c \quad [\text{N}]$$

volíme :  $F_f = 0,4 \cdot F_c = 0,4 \cdot 1555 = 622 \text{ N}$

- rezná sila :

$$F = \sqrt{F_c^2 + F_p^2 + F_f^2}$$

$$F = \sqrt{1555^2 + 777,5^2 + 622^2} = 1846 \text{ N}$$

**Príklad č.5**

Pre sústruženie válcovej plochy hrubovacím a dokončovacím prechodom určte :

1. Rezné podmienky ( $a_p$ ,  $f$ ,  $v$ ,  $n$ ),
2. Fyzikálne parametre triesky ( $b$ ,  $h$ ,  $S$ ),
3. Reznú silu,
4. Potrebný výkon elektromotora sústruhu,
5. Strojový čas.

obrábaný materiál	14 220.2
priemer polotovaru	$D = 160 \text{ mm}$
priemer obrobku	$d = 152 \text{ mm}$
sústružená dĺžka	$l = 225 \text{ mm}$
uhol nastavenia hlavnej reznej hrany	$\kappa_r = 60^\circ$
uhol čela	$\gamma_o = 3^\circ$
účinnosť stroja	$\eta = 0,75$
požadovaná drsnosť obrobeneho povrchu	$R_a = 1,6 \mu\text{m}$
rezný materiál	SK

**Riešenie :**1. *Určenie rezných podmienok*

Porovnaním normatífov pre hrubovanie a hľadanie určíme rozdelenie celkového prídavku na hĺbky rezu pre hrubovanie a hľadanie :

- pre hrubovanie  $a_p = 3 \text{ mm}$

- pre hľadanie  $a_p = 1 \text{ mm}$

Daný materiál má obrobiteľnosť 13b. Pre prepočet hodnoty rýchlosti z tabuliek normatífov pre obrobiteľnosť 14b použijeme opravný súčiniteľ na rýchlosť  $k_v = 0,80$ .

$$v_{c13b} = v_{c14b} \cdot k_{v13b} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$$

Z normatífov určíme reznú rýchlosť a posuv. Pri hladení zohľadníme požadovanú drsnosť a zvolíme polomer zaoblenia hrotu nástroja  $r_e = 0,5 \text{ mm}$ .

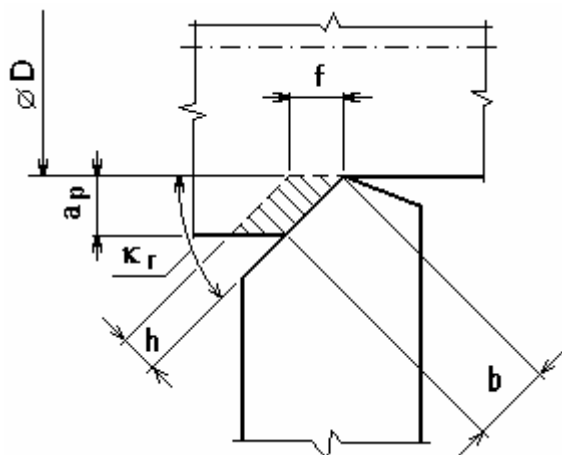
Otáčky určíme zo vzťahu :

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \quad [\text{min}^{-1}]$$

Rezné podmienky :

		Hrubovanie	Hľadanie
hĺbka rezu	$a_p$ [mm]	3	1
posuv	$f$ [mm]	0,5	0,11
rezná rýchlosť	$v_c$ [m.min <sup>-1</sup> ]	82	142
otáčky	$n$ [min <sup>-1</sup> ]	163	294

## 2. Výpočet fyzikálnych parametrov triesky



Podľa schémy určíme :

- vzťah pre šírku triesky

$$b = \frac{a_p}{\sin \kappa_r} \quad [\text{mm}]$$

- vzťah pre hrúbku triesky

$$h = f \cdot \sin \kappa_r \quad [\text{mm}]$$

Prierez triesky :

$$S = b \cdot h \quad [\text{mm}^2]$$

Fyzikálne parametre :

		Hrubovanie	Hladenie
Šírka triesky	b [mm]	3,46	1,16
Hrúbka triesky	h [mm]	0,43	0,095
Prierez triesky	S [mm <sup>2</sup> ]	1,49	0,11

## 3. Výpočet rezných síl

Reznú silu určíme podľa vzťahu :

$$F = \sqrt{F_c^2 + F_p^2 + F_f^2} \quad [\text{N}]$$

Hlavnú zložku vypočítame podľa vzťahu :

$$F_c = k_{s1.1} \cdot b \cdot h^{1-m} \cdot K_{Vc} \cdot K_{\gamma_0} \cdot K_{VB} \quad [\text{N}]$$

$k_{s1.1} = 2100 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$  merný rezný odpor obrábaného materiálu

$m = 0,26$

$K_{Vc}$  - korekčný súčiniteľ pre reznú rýchlosť

$K_{\gamma_0}$  - korekčný súčiniteľ pre uhol čela

$K_{VB}$  - korekčný súčiniteľ pre opotrebenie VB

Pasívna zložka reznej sily - podľa [3] :

$$F_p = 0,4 \div 0,5 \cdot F_c \quad [\text{N}]$$

volíme :  $F_p = 0,5 \cdot F_c$

Posuvová zložka reznej sily - podľa [3] :

$$F_f = 0,3 \div 0,4 \cdot F_c \quad [\text{N}]$$



$$\text{volíme : } F_f = 0,4 \cdot F_c$$

Rezné sily :

	Hrubovanie	Hladenie
$K_{Vc}$	1,02	0,98
$K_{\gamma_0}$	1,04	1,04
$K_{VB}$	1,5	1,3
$F_c$ [N]	6191	566
$F_p$ [N]	3096	283
$F_f$ [N]	2477	226
$F$ [N]	7352	671

#### 4. Určenie potrebného výkonu motora sústruhu

- užitočný výkon

$$P_{uz} = \frac{F \cdot v}{60 \cdot 10^3} \quad [\text{kW}]$$

- potrebný príkon

$$P = \frac{P_{uz}}{\eta} \quad [\text{kW}]$$

	Hrubovanie	Hladenie
Užitočný výkon $P_{uz}$ [kW]	10,1	1,6
Príkon elektromotora $P$ [kW]	11,8	1,9

#### 5. Výpočet strojového času

Strojový čas určíme podľa vzťahu :

$$t_m = \frac{L}{f \cdot n} = \frac{l_n + l + l_v}{f \cdot n} \quad [\text{min}]$$

$l_n = l_v = 3$  mm - zvolené hodnoty nábehu a výbehu pre hrubovanie i hladenie

	Hrubovanie	Hladenie
Strojový čas [min]	2,8	7,1

Celkový čas, potrebný na obrobenie plochy :

$$t_m = t_{m \text{ hrub}} + t_{m \text{ hlad}} = 2,8 + 7,1 = 9,9 \text{ min}$$

**PRÍKLADY NA SAMOSTATNÉ RIEŠENIE****Príklad č. 6**

Vypočítajte hrúbku a šírku triesky, reznú silu, potrebný výkon a strojový čas pri sústružení válcovej plochy nástrojom s doštičkou SK.

materiál obrobku	11 600.1
priemer polotovaru	$D = 78 \text{ mm}$
sústružená dĺžka	$l = 140 \text{ mm}$
dĺžka nábehu a výbehu	$l_n = l_v = 5 \text{ mm}$
uhol nastavenia hlavnej reznej hrany	$\kappa_r = 60^\circ$
uhol čela	$\gamma_o = -3^\circ$
rezná rýchlosť	$v_c = 160 \text{ m.min}^{-1}$
hlĺbka rezu	$a_p = 3 \text{ mm}$
posuv	$f = 0,26 \text{ mm}$
počet prechodov	$i = 2$
účinnosť stroja	$\eta = 0,75$

# FRÉZOVANIE

## RIEŠENÉ PRÍKLADY

### Príklad č.1

Pre hrubovacie frézovanie frézovacou hlavou určte rezné podmienky na základe normatívov rezných podmienok so zohľadnením triedy obrobitel'nosti daného materiálu a vypočítajte :

1. Maximálny uhol záberu  $\varphi_{\max}$ ,
2. Strednú a maximálnu hrúbku triesky  $h_m, h_{\max}$ ,
3. Šírku triesky  $b$ ,
4. Počet zubov v zábere  $z_i$ ,
5. Rezný odpor  $k_s$  pre strednú hrúbku triesky  $h_m$ ,
6. Hlavnú zložku reznej sily  $F_c$ ,
7. Užitočný výkon  $P_{uz}$  pre počet zubov  $z_i$ ,
8. Príkion stroja  $P$ , ak jeho účinnosť je  $\eta = 0,7$ ,
9. Strojný čas  $t_m$ .

Obrobok : materiál - oceľ 11 500,  
šírka  $B = 200$  mm,  
dĺžka  $L = 500$  mm,

Nástroj : materiál P30  
priemer  $D = 250$  mm  
počet zubov  $z = 12$   
geometria :  $\lambda_s = 0^\circ, \kappa_r = 60^\circ, \gamma_o = 10^\circ$

Požadovaná drsnosť povrchu je  $R_a = 6,3 \mu\text{m}$ .

### Riešenie :

Určenie rezných podmienok :

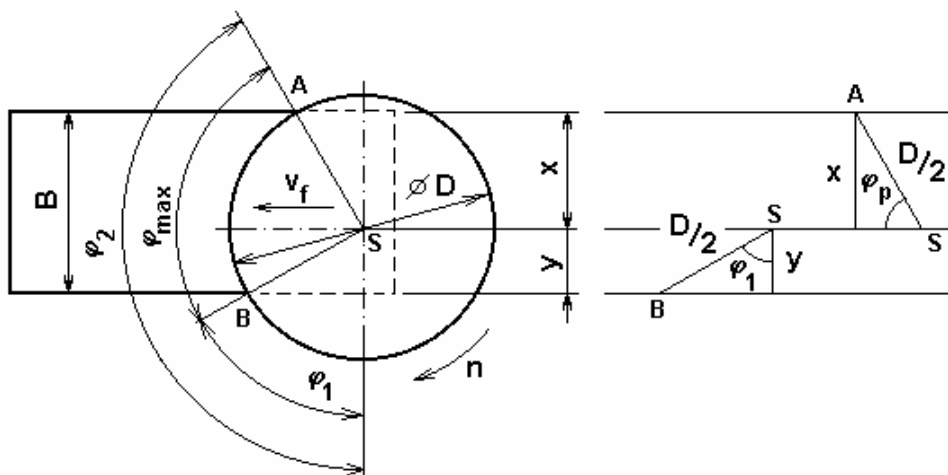
hĺbka rezu  $a_p = 5$  mm  
rýchlosť posuvu nástroja  $v_f = f_{\min} = 190 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$   
rezná rýchlosť  $v_c = 100 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

1. Výpočet maximálneho uhla záberu :

- poloha stredu nástroja voči obrobku :

$$x = 105 \text{ mm}$$

$$y = 95 \text{ mm}$$



- vzťah pre výpočet maximálneho uhla záberu :

$$\varphi_{\max} = \varphi_2 - \varphi_1$$

kde :

$$\cos \varphi_1 = \frac{y_1}{D} = \frac{2 \cdot y}{D} = \frac{2 \cdot 95}{250} = 0,76 \Rightarrow \varphi_1 = 40,53^\circ = 40^\circ 32'$$

$$\varphi_2 = 90^\circ + \varphi_p$$

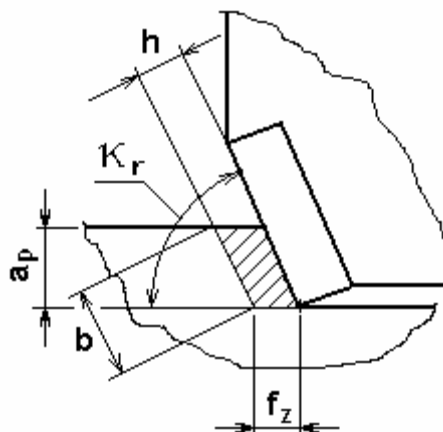
$$\sin \varphi_p = \frac{x}{D} = \frac{2 \cdot x}{D} = \frac{2 \cdot 105}{250} = 0,84 \Rightarrow \varphi_p = 57,14^\circ = 57^\circ 8'$$

$$\varphi_2 = 90^\circ + 57^\circ 8' = 147^\circ 8'$$

potom :

$$\varphi = 147^\circ 8' - 40^\circ 32' = 106^\circ 36'$$

2. Výpočet strednej a maximálnej hrúbky triesky :



- vzťah pre výpočet hrúbky triesky :

$$h = f_z \cdot \sin \varphi \cdot \sin \kappa_r \quad [\text{mm}]$$

- vzťah pre výpočet maximálnej hrúbky triesky :

$$h_{\max} = f_z \cdot \sin 90^\circ \cdot \sin \kappa_r \quad [\text{mm}]$$

kde :

- posuv na zub

$$f_z = \frac{v_f}{z \cdot n} = \frac{190}{12 \cdot 127} = 0,125 \text{ mm}$$

- otáčky nástroja

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 100}{\pi \cdot 250} = 127 \text{ min}^{-1}$$

potom :

$$h_{\max} = 0,125 \cdot \sin 90^\circ \cdot \sin 60^\circ = 0,108 \text{ mm}$$

- vzťah pre strednú hrúbku rezu :

$$h_m = \frac{114,6}{\varphi_{\max}} \cdot f_z \cdot \sin \kappa_r \cdot \frac{B}{D} \quad [\text{mm}]$$

$$h_m = \frac{114,6}{106,61} \cdot 0,125 \cdot \sin 60^\circ \cdot \frac{200}{250} = 0,093 \text{ mm}$$

3. Výpočet šírky triesky :

$$b = \frac{a_p \cdot \cos \lambda_s}{\sin \kappa_r} = \frac{5 \cdot \cos 0^\circ}{\sin 60^\circ} = 5,77 \text{ mm}$$

4. Výpočet počtu zubov v zábere :

$$z_i = \frac{\varphi_{\max}}{\psi}$$

kde :  $\psi = \frac{360^\circ}{z} = \frac{360^\circ}{12} = 30^\circ$  - rozstupový uhol zubov

$$z_i = \frac{106,61^\circ}{30^\circ} = 3,55$$

- z výpočtu vyplýva, že súčasne môžu byť v zábere :

minimálne  $z_{i \min} = 3$  zuby

maximálne  $z_{i \max} = 4$  zuby.

5. Výpočet rezného odporu pre strednú hrúbku triesky :

$$k_s = \frac{k_{s1.1}}{h_m^m}$$

$k_{s1.1} = 1990 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$  - merný rezný odpor pre obrábaný materiál,  
 $m = 0,26$

$$k_s = \frac{1990}{0,093^{0,26}} = 3690 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$$

6. Výpočet hlavnej zložky reznej sily :

$$F_c = b \cdot h_m \cdot k_s \cdot K_{v_c} \cdot K_{\gamma_0} \cdot K_{v_B} \cdot K_{NM} \quad [\text{N}]$$

$K_{v_c} = 1,00$  - korekčný súčiniteľ pre reznú rýchlosť

$K_{\gamma_0} = 0,94$  - korekčný súčiniteľ pre uhol čela

$K_{v_B} = 1,3$  - korekčný súčiniteľ pre opotrebenie VB

$K_{NM} = 0,95$  - korekčný súčiniteľ pre nástrojový materiál

$$F_c = 5,77 \cdot 0,093 \cdot 3690 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 1,3 \cdot 0,95 = 2298,7 \text{ N}$$

7. Užitočný výkon pre maximálny počet súčasne zaberajúcich zubov

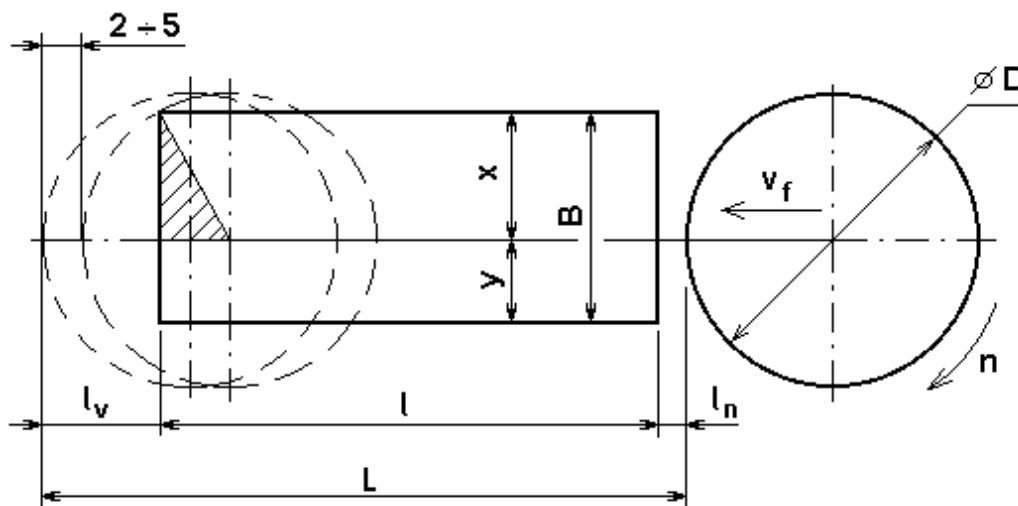
$$P_{uz} = \frac{F_c \cdot v_c \cdot z_{i \max}}{60 \cdot 1000} = \frac{2298,7 \cdot 100 \cdot 4}{60 \cdot 1000} = 15,324 \text{ kW}$$

8. Výpočet príkonu elektromotora

$$P = \frac{P_{uz}}{\eta} = \frac{15,324}{0,7} = 21,89 \text{ kW}$$

9. Výpočet strojového času :

$$t_m = \frac{L \cdot i}{v_f} \quad [\text{min}]$$



- dĺžka dráhy nástroja :

$$L = l_n + l + l_v \quad [\text{mm}]$$

- nábehová dĺžka  $l_n = 2 \div 5$  mm

- výbehová dĺžka :

$$l_v = \frac{D}{2} - \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - x^2} + (2 \div 5) \quad [\text{mm}]$$

kde :

$$y = \frac{D}{2} - u_1 = 125 - 30 = 95 \text{ mm}$$

$$x = B - y = 200 - 95 = 105 \text{ mm}$$

$$l_v = 125 - \sqrt{125^2 - 105^2} + 5 = 62 \text{ mm}$$

potom :

$$t_m = \frac{(5 + 500 + 62) \cdot 1}{190} = 3 \text{ min}$$

### **Príklad č.2**

Vypočítajte strojný čas frézovania lichobežníkového závitú TR 40x6 vodiacej skrutky, ak závit je zhotovovaný jedným hrubovacím a jedným dokončovacím prechodom.

materiál obrobku 12 060.1

priemer frézy  $D = 63$  mm

počet zubov frézy  $z = 8$

dĺžka závitú  $l = 1200$  mm

### **Riešenie :**

*Určenie rezných podmienok :*

Z normatífov vyhľadáme parametre frézovania :

- pre hrubovanie :  $a_p = 3$  mm  $v_c = 22$  m.min<sup>-1</sup>  $f_z = 0,23$  mm

- pre dokončovanie :  $a_p = 0,5$  mm  $v_c = 24$  m.min<sup>-1</sup>  $f_z = 0,16$  mm

Hodnoty rýchlosti posuvov získame zo vzťahu :

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n \quad [\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}]$$

kde  $n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D} \quad [\text{min}^{-1}]$

- pre hrubovanie :

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 22}{\pi \cdot 63} = 111 \text{ min}^{-1}$$

$$v_{f1} = 0,23 \cdot 8 \cdot 111 = 204 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

- pre dokončovanie :

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 24}{\pi \cdot 63} = 121 \text{ min}^{-1}$$

$$v_{f2} = 0,16 \cdot 8 \cdot 121 = 155 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

*Výpočet strojového času :*

Čas pre jednotlivé prechody určíme zo vzťahu :

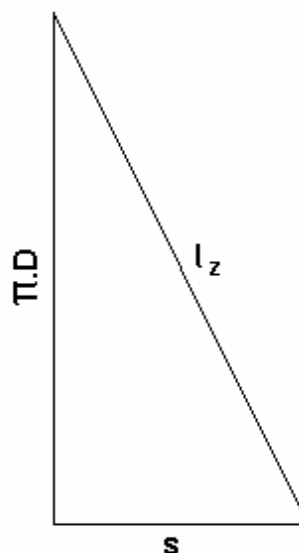
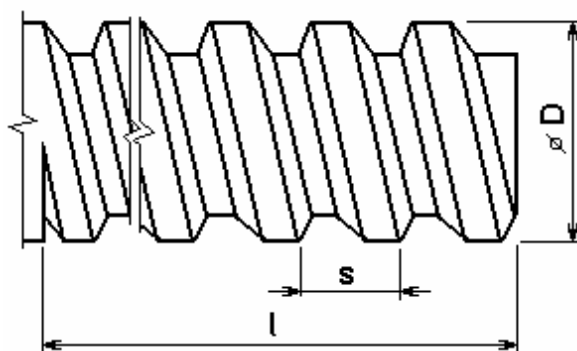
$$t_m = \frac{L_c \cdot i}{v_f} \quad [\text{min}]$$

kde :  $L_c = l_z \cdot n_z$  - dĺžka rozvinutého závitu [mm]

$$l_z = \sqrt{(\pi \cdot D)^2 + s^2} \quad \text{- dĺžka jedného rozvinutého závitu}$$

$$n_z = \frac{L}{s} \quad \text{- počet závitov}$$

s - stúpanie závitu



Po dosadení hodnôt :

$$n_z = \frac{1200}{6} = 200 \text{ závitov}$$

$$l_z = \sqrt{(\pi \cdot 40)^2 + 6^2} = 125,8 \text{ mm}$$

$$L_c = 125,8 \cdot 200 = 25\,160 \text{ mm}$$

Čas pre hrubovanie :

$$t_{m1} = \frac{25\,160.1}{204} = 123,33 \text{ min}$$

Čas pre dokončovanie :

$$t_{m2} = \frac{25\,160.1}{155} = 162,32 \text{ min}$$

Celkový čas :

$$t_m = t_{m1} + t_{m2}$$

$$t_m = 123,33 + 162,32 = 285,65 \text{ min}$$

### **Príklad č. 3**

Vypočítajte uhol natočenia stola frézovacieho stroja a prevod ozubenými kolesami v deliacom prístroji pri výrobe skrutkovicovej drážky vrtáku.

priemer vrtáku  $D = 26 \text{ mm}$

uhol sklonu vedľajšej reznej hrany vrtáku  $\lambda_s' = 25^\circ$

počty zubov výmenných ozubených kolies : 24 (2 ks), 25, 26, 28 (2 ks), 30, 32, 40, 44, 48, 56, 64, 72, 80, 100

charakteristika deliaceho prístroja  $N = 40$

stúpanie podávacej skrutky stola stroja  $s_1 = 10 \text{ mm}$

### **Riešenie :**

Uhol natočenia stola  $\beta$  je doplnkovým uhlom k uhlu stúpania skrutkovice  $\alpha$ . Z toho vyplýva :

$$\beta = \omega = \lambda_s' = 25^\circ$$

*Výpočet stúpania skrutkovice :*

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\pi \cdot D}{s} \Rightarrow s = \frac{\pi \cdot D}{\operatorname{tg} \lambda_s'} = \frac{\pi \cdot 26}{\operatorname{tg} 25^\circ} = 175,16 \cong 175 \text{ mm}$$

*Výpočet prevodu ozubenými kolesami :*

$$i = \frac{N \cdot s_1}{s} = \frac{40 \cdot 10}{175} = \frac{400}{175} = \frac{24}{28} \cdot \frac{80}{30} = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4}$$

Počty zubov výmenných ozubených kolies v deliacom prístroji :

$$z_1 = 24, z_2 = 28, z_3 = 80, z_4 = 30$$

### **Príklad č. 4**

Vypočítajte hlavný čas frézovania rovinatej plochy obrobku válnovou frézou.

dĺžka frézovanej plochy  $l = 450 \text{ mm}$

priemer frézy  $D = 160 \text{ mm}$

hĺbka rezu  $a_p = 8 \text{ mm}$

posuv na zub  $f_z = 0,15 \text{ mm}$

otáčky nástroja  $n = 118 \text{ min}^{-1}$

počet zubov frézy  $z = 12$



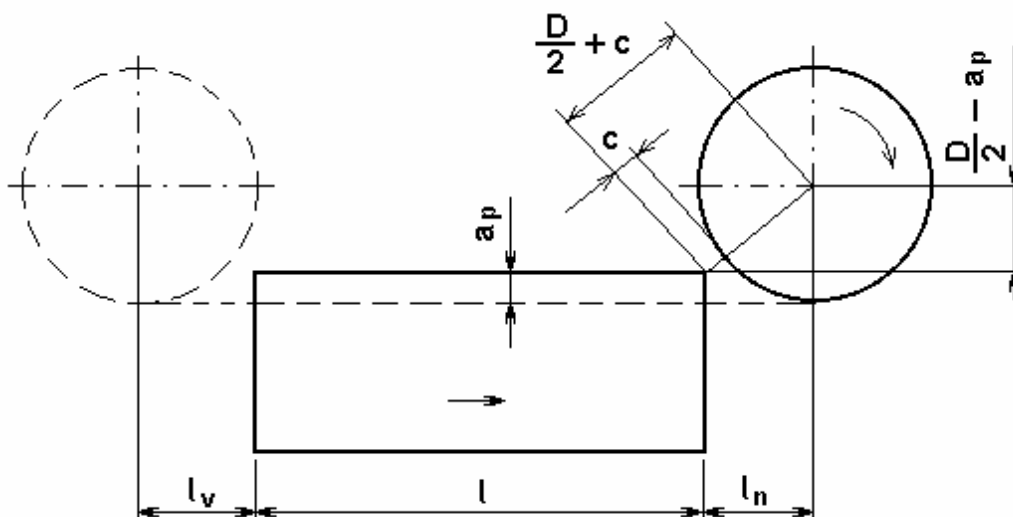
**Riešenie :**

- vzťah pre výpočet hlavného času :

$$t_m = \frac{L_C}{v_f} \quad [\text{min}]$$

- celková dĺžka dráhy nástroja :

$$L_C = l_n + l + l_v \quad [\text{mm}]$$



- vzťah pre výpočet dĺžky nábehu a výbehu podľa obrázku :

$$l_n^2 + \left(\frac{D}{2} - a_p\right)^2 = \left(\frac{D}{2} + c\right)^2 \Rightarrow l_n = \sqrt{\left(\frac{D}{2} + c\right)^2 - \left(\frac{D}{2} - a_p\right)^2}$$

- pri predpoklade  $l_a = l_v$  a zvolenej hodnote  $c = 4 \text{ mm}$  :

$$l_n = l_v = \sqrt{(80 + 4)^2 - (80 - 8)^2} = 43 \text{ mm}$$

- rýchlosť posuvu :

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n \quad [\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}]$$

$$v_f = 0,15 \cdot 12 \cdot 118 = 212 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

- výpočet hlavného času :

$$t_m = \frac{450 + 2 \cdot 43}{212} = 2,5 \text{ min}$$

## VÝROBA OTVOROV

### RIEŠENÉ PRÍKLADY

#### Príklad č. 1

Pre výrobu priebežného otvoru  $\varnothing 28H7$  v súčiastke hrúbky 50 mm z materiálu 14 220.3 stanovte :

1. technologické a fyzikálne parametre rezania ( $a_p$ ,  $f$ ,  $v_c$ ,  $b$ ,  $h$ ,  $S$ ),
2. minimálnu a maximálnu rýchlosť rezného pohybu ( $v_{r \min}$ ,  $v_{r \max}$ ),
3. účinník rezania ( $\varphi_o$ ),
4. hlavnú zložku reznej sily ( $F_c$ ),
5. užitočný výkon, potrebný príkon elektromotora vŕtačky ( $P_{už}$ ,  $P$ ) a vhodný stroj,
6. hlavný čas ( $t_h$ ).

#### Riešenie :

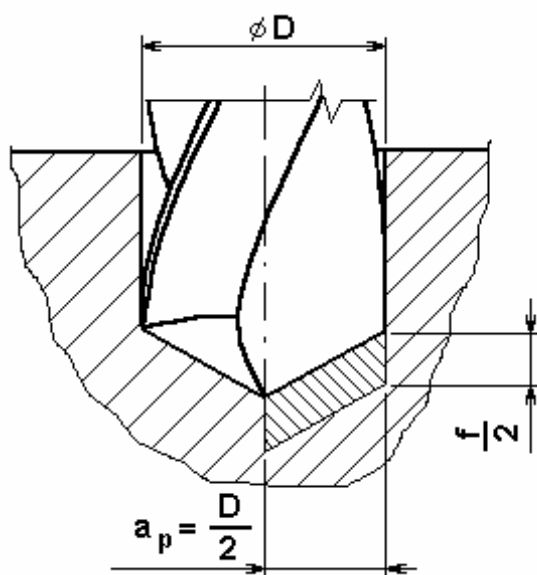
Operácia výroby otvoru sa skladá z úsekov, pre ktoré si nástroje a podmienky vyhľadáme z tabuliek a normatívo. Materiál 14 220.3 má obrobiteľnosť 13b a opravný koeficient pre stanovenie rýchlosti pre jednotlivé úseky je  $k_v = 0,84$ .

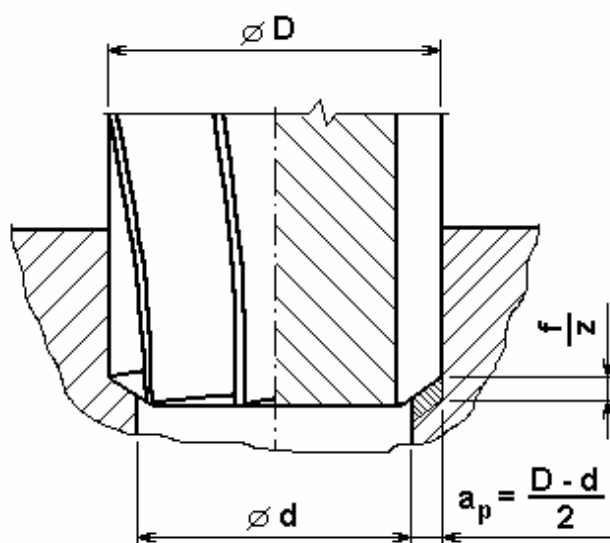
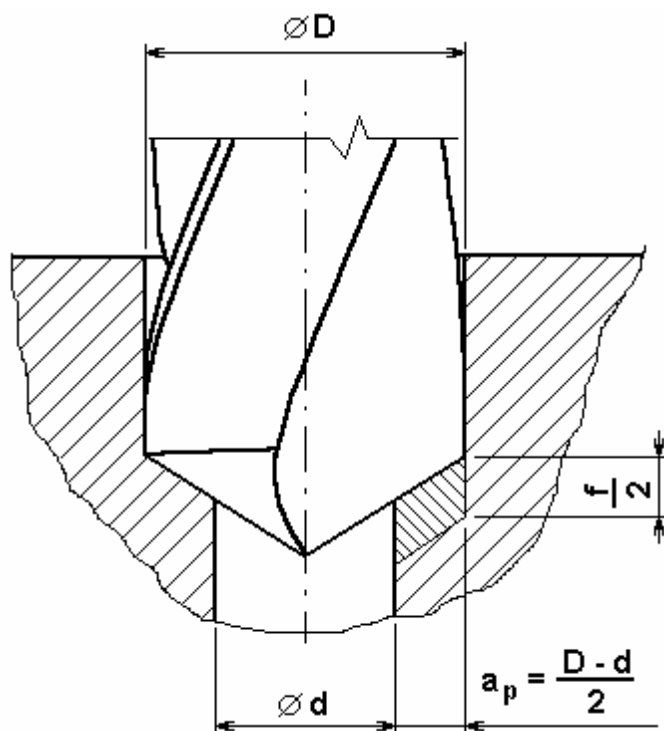
Hodnoty vyhľadané z tabuliek :

	Predvŕtanie	Vítanie	Vyhrubovanie	Vystružovanie
Priemer nástroja [mm]	10	26,25	27,45	28
$\kappa_r$ [°]	59	59	60	45
Počet rezných klinov	2	2	4	12

#### 1. Stanovenie technologických a fyzikálnych parametrov

a) hĺbka rezu  $a_p$  - určíme výpočtom podľa schém





b) posuv  $f$  - určíme z normatívov

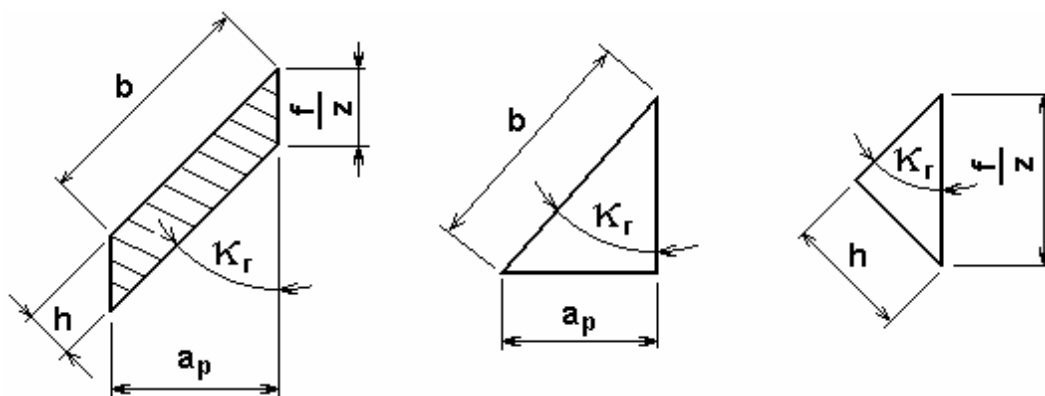
c) rýchlosť hlavného pohybu  $v_c$  - hodnotu z normatívov  $v_{c \text{ tab}}$  násobíme opravným koeficientom  $k_v$  podľa obrobitel'nosti obrábaného materiálu

$$v_{c13b} = v_{c \text{ tab } 14b} \cdot k_{v13b} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$$

d) otáčky  $n$  - určíme zo vzťahu

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\Pi \cdot D} \quad [\text{min}^{-1}]$$

e) fyzikálne parametre rezania - určíme pomocou vzťahov na základe schém



šírka triesky  $b = a_p \cdot \sin \kappa_r$  [mm]

hrúbka triesky  $h = \frac{f}{\sin \kappa_r}$  [mm]

f) prierez triesky

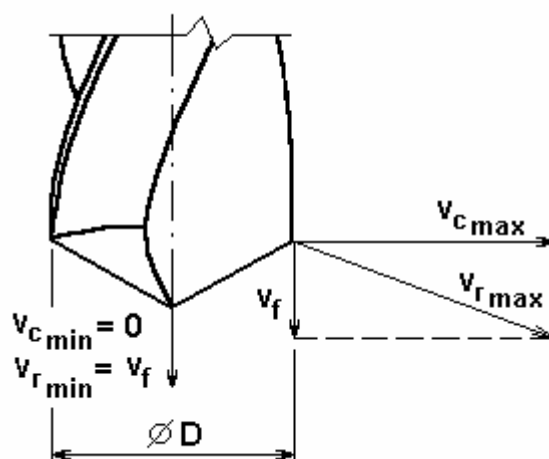
$$S = b \cdot h = a_p \cdot \sin \kappa_r \cdot \frac{f}{\sin \kappa_r} = a_p \cdot \frac{f}{Z} \quad [\text{mm}^2]$$

Tabuľka určených a vypočítaných hodnôt :

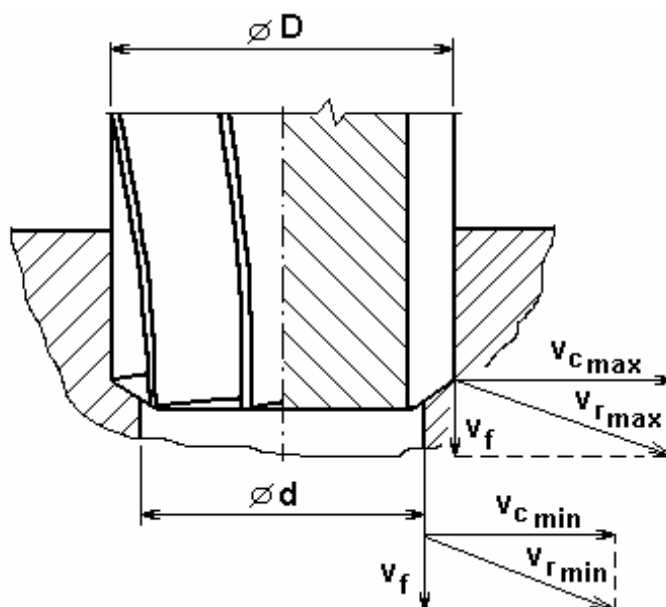
	Predvrtanie	Vrtanie	Vyhrubovanie	Vystružovanie
Hĺbka rezu $a_p$ [mm]	5,0	8,125	0,75	0,125
Posuv $f$ [mm]	0,13	0,34	0,52	0,81
$v_{c \text{ tab 14b}}$ [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ]	25,0	20,4	19,8	6,2
$v_{c \text{ vyp 13b}}$ [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ]	21,0	17,1	16,6	5,2
Otáčky [ $\text{min}^{-1}$ ]	668	208	191	59
Šírka rezu $b$ [mm]	5,833	9,479	0,866	0,177
Hrúbka rezu [mm]	0,056	0,146	0,113	0,048
Prierez rezu $S$ [ $\text{mm}^2$ ]	0,325	1,38	0,098	0,008

2. Výpočet maximálnej  $v_{r \text{ max}}$  a minimálnej  $v_{r \text{ min}}$  rýchlosti rezného pohybu

Vítanie do plného materiálu :



Obrábanie predvítaného otvoru :



rýchlosť hlavného pohybu  $v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$  [m.min<sup>-1</sup>]

rýchlosť posuvu  $v_f = \frac{f \cdot n}{1000}$  [m.min<sup>-1</sup>]

rýchlosť rezného pohybu  $v_r = \sqrt{v_c^2 + v_f^2} = \sqrt{\left(\frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}\right)^2 + \left(\frac{f \cdot n}{1000}\right)^2}$  [m.min<sup>-1</sup>]

Maximálna rýchlosť rezného pohybu bude v najvzdialenejšom bode reznej hrany od osi nástroja, napr. pre predvítanie :

$$v_{r \max} = \sqrt{\left(\frac{\pi \cdot 10 \cdot 668}{1000}\right)^2 + \left(\frac{0,13 \cdot 668}{1000}\right)^2} = 21,0 \text{ m.min}^{-1}$$

Minimálna rýchlosť rezného pohybu bude v najbližšom bode reznej hrany k osi nástroja, napr. pri vrtaní do plného materiálu je to bod reznej hrany priamo na osi nástroja, t. j.  $D = 0$ , z čoho vyplýva :

$$v_{r \min} = v_f = \frac{f \cdot n}{1000} = \frac{0,13 \cdot 668}{1000} = 0,087 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

Hodnoty rýchlostí pre všetky úseky :

	Predvrtanie	Vrtanie	Vyhrubovanie	Vystružovanie
$v_{r \max}$ [m.min <sup>-1</sup> ]	21,0	17,136	16,632	5,208
$v_{r \min}$ [m.min <sup>-1</sup> ]	0,089	6,528	15,733	5,162

### 3. Výpočet účinníku rezania $\varphi_o$

Vychádzame zo vzťahu

$$\varphi_o = \frac{O}{v_c \cdot f \cdot a_p}$$

kde :  $O = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot \frac{f \cdot n}{1000}$  - skutočne odobraný objem pre vrtanie do plného materiálu

Potom

$$\varphi_o = \left( \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot f \cdot n}{4 \cdot 1000} \right) / \left( \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \cdot f \cdot \frac{D - d}{2} \right)$$

Po úprave :

- pre vrtanie do plného materiálu  $\varphi_o = \frac{1}{2}$

- pre vrtanie do predvrtaného materiálu  $\varphi_o = \frac{1}{2} \cdot \left( 1 + \frac{d}{D} \right)$

Pre náš príklad :

	Predvrtanie	Vrtanie	Vyhrubovanie	Vystružovanie
$\varphi_o$	0,5	0,690	0,973	0,996

### 4. Výpočet hlavnej zložky reznej sily $F_c$

Vychádzame z merného rezného odporu  $k_s$ , ktorý pre daný materiál a hrúbku prierezu rezu  $h$  vyhľadáme v tabuľkách. Hlavnú zložku reznej sily  $F_c$  vypočítame zo vzťahu :

$$k_s = \frac{F_c}{S} = \frac{F_c}{b \cdot h} \Rightarrow F_c = k_s \cdot S \quad [\text{N}]$$

napr. pre predvrtanie

$$F_c = 4462 \cdot 0,325 = 1450,15 \text{ N}$$

Hodnoty hlavnej zložky reznej sily pre všetky úseky :

	Predvrtanie	Vrtanie	Vyhrubovanie	Vystružovanie
$k_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	4 462,0	3 472,0	3 715,0	4 580,0
$F_c$ [N]	1 450,15	4 795,7	362,213	38,644

### 5. Výpočet užitočného výkonu $P_{ec}$ a potrebného príkonu elektromotora $P$

Zo známej hodnoty hlavnej zložky reznej sily a rýchlosti hlavného pohybu vypočítame výkon užitočný a potrebný príkon elektromotora :

$$P_{ec} = \frac{F_c \cdot v_c}{60 \cdot 1000} \quad [\text{kW}]$$

$$P = \frac{P_{ec}}{\eta} \quad [\text{kW}]$$

$\eta = 0,7$  - účinnosť stroja

Užitočný výkon pre predvrtanie :

$$P_{ec} = \frac{1450 \cdot 21}{60 \cdot 1000} = 0,508 \text{ kW}$$

Potrebný príkon elektromotora pre tento úsek :

$$P = \frac{0,508}{0,7} = 0,725 \text{ kW}$$

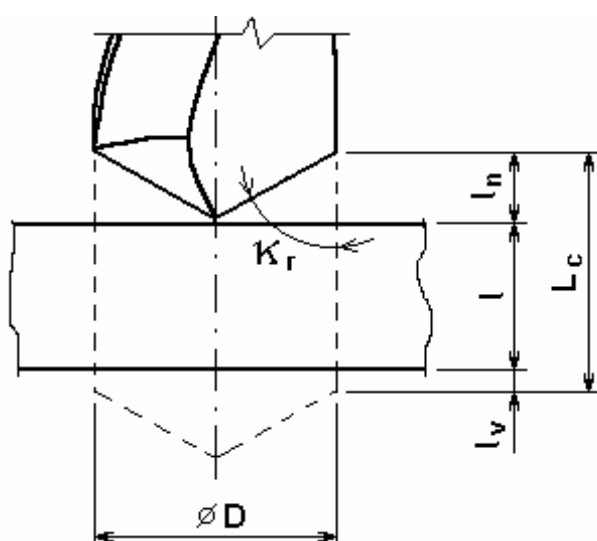
Hodnoty užitočného výkonu a príkonu :

	Predvrtanie	Vrtanie	Vyhrubovanie	Vystružovanie
$P_{ec}$ [kW]	0,508	1,37	0,1	0,003
$P$ [kW]	0,725	1,957	0,143	0,005

### 6. Výpočet hlavného času

Hlavný čas vypočítame podľa vzťahu :

$$t_h = \frac{L_c}{f \cdot n} = \frac{l_n + l + l_v}{f \cdot n} \quad [\text{min}]$$



$L_c$  - celková dĺžka dráhy nástroja

$l_n$  - dĺžka nábehu nástroja

$l$  - dĺžka zhotovovaného otvoru

$l_v$  - dĺžka výbehu nástroja (iba u priebežného otvoru)

Z tabuliek určujeme  $l_v = 1 \div 2 \text{ mm}$

Hodnotu nábehu vypočítame :

$$l_n = \frac{a_p}{\text{tg } \kappa_r} \quad [\text{mm}]$$

Príklad výpočtu pre predvrtanie :

$$l_n = \frac{5}{\operatorname{tg} 59^\circ} = 3,004 \text{ mm}$$

$$t_h = \frac{3,004 + 50 + 1}{0,13 \cdot 668} = 0,621 \text{ min}$$

	Predvrtanie	Vrtanie	Vyhrubovanie	Vystružovanie
$l_n$ [mm]	3,004	4,882	0,433	0,125
$l_v$ [mm]	1	2	2	2
$L_c$ [mm]	54,004	56,882	52,433	52,125
$t_h$ [min]	0,621	0,805	0,529	1,087

Celkový hlavný čas pre výrobu otvoru  $\varnothing 28$  H7 bude :

$$t_{hC} = t_{h1} + t_{h2} + t_{h3} + t_{h4}$$

$$t_{hC} = 0,621 + 0,805 + 0,529 + 1,087 = 3,042 \text{ min}$$



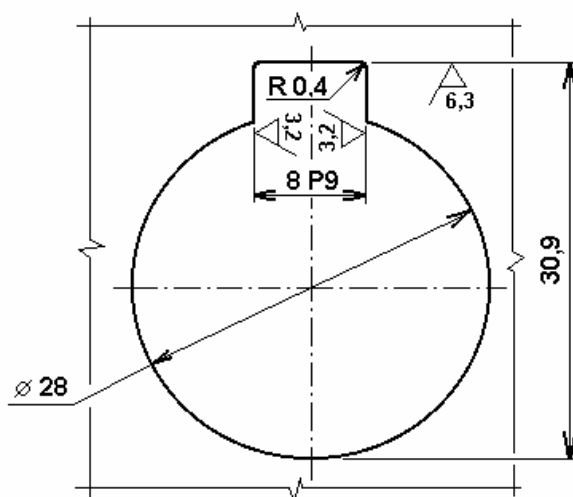
## HOBL'OVANIE A OBRÁŽANIE

### RIEŠENÉ PRÍKLADY

#### Príklad č. 1

Výpočtom stanovte rezné podmienky pre zhotovenie drážky pre pero prierezu 8 x 7 mm v náboji ozubeného kolesa z materiálu 14 220.2 na zvislej obrážačke HOV 25 nástrojom z RO. Vypočítajte strojový čas, potrebný na zhotovenie drážky.

šírka kolesa	$b = 120 \text{ mm}$
optimálna trvanlivosť nástroja	$T_{\text{opt}} = 60 \text{ min}$
pomer rýchlostí stroja	$m = 1,5$
účinnosť stroja	$\eta = 0,8$
uhol čela nástroja	$\gamma_0 = 2^\circ$



#### **Riešenie**

Určenie maximálnej hodnoty posuvu na základe drsnosti povrchu bokov drážky (napr. podľa [10]) :

$$f_{\text{vyp}} = \sqrt{32 \cdot R_a \cdot r_\varepsilon}$$

$r_\varepsilon = 0,4 \text{ mm}$  ..... určené podľa tvaru drážky

$R_a = 3,2 \mu\text{m}$  ..... požadovaná drsnosť

$$f_{\text{vyp}} = \sqrt{32 \cdot 3,2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4} = 0,202 \text{ mm}$$

Voľba vyhovujúcej hodnoty posuvu podľa parametrov stroja :

$$f = 0,2 \text{ mm}$$

Určenie reznej rýchlosti pre optimálnu trvanlivosť :

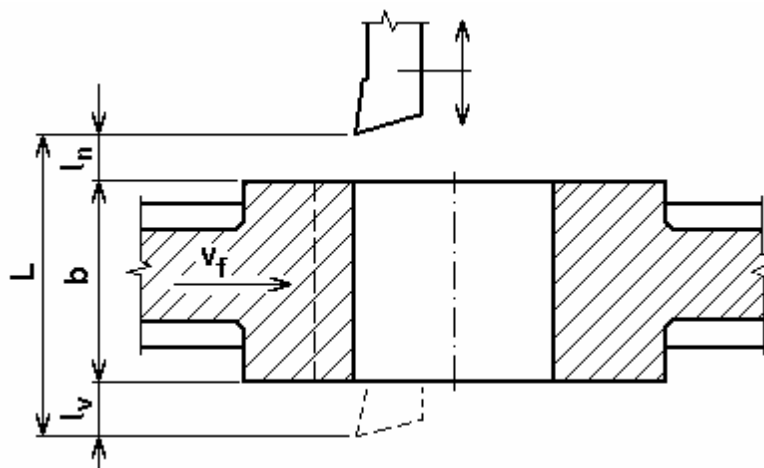
$$T = \frac{c_T}{v^m} \Rightarrow v_{\text{opt}} = \sqrt[m]{\frac{c_T}{T_{\text{opt}}}} = \frac{c_v}{T_{\text{opt}}^{\frac{1}{m}}}$$

$m = 5$  ..... pre nástroj z rýchloreznej ocele

$c_v = 34,8 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$  ..... určené podľa [3]

$$v_{\text{opt}} = \frac{34,8}{60^{\frac{1}{5}}} = 15,34 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

Výpočet počtu dvojdvihov :



$$v_p = \frac{k \cdot L}{1000} \cdot \frac{1+m}{m} \Rightarrow k_{\text{opt}} = \frac{1000 \cdot v_{\text{opt}}}{\left(1 + \frac{1}{m}\right) \cdot L}$$

$k_{\text{opt}}$  ... počet dvojdvihov pre optimálnu trvanlivosť [ $\text{min}^{-1}$ ]

L ....dĺžka chodu nástroja [mm]

$$L = l_n + b + l_v$$

$l_n = l_v = 25 \text{ mm}$  ..... zvolené hodnoty nábehu a výbehu nástroja

$$L = 25 + 120 + 25 = 170 \text{ mm}$$

$$k_{\text{opt}} = \frac{1000 \cdot 15,34}{\left(1 + \frac{1}{1,5}\right) \cdot 170} = 54,14 \cong 54 \text{ min}^{-1}$$

Volba vyhovujúceho počtu dvojdvihov podľa parametrov stroja :

$$k = 56 \text{ min}^{-1}$$

Určenie skutočnej pracovnej rýchlosti :

$$v_p = \frac{k \cdot L}{1000} \cdot \frac{1+m}{m}$$

$$v_p = \frac{56 \cdot 170}{1000} \cdot \frac{1+1,5}{1,5} = 15,87 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

Určenie skutočnej trvanlivosti :

$$v = \frac{c_v}{T^{\frac{1}{m}}} \Rightarrow T = \left(\frac{c_v}{v}\right)^m$$

$$T = \left( \frac{34,8}{15,87} \right)^5 = 50,7 \text{ min}$$

Kontrola zaťaženia stroja :

- užitočný výkon  $P_{uz} = \frac{F_c \cdot v}{60 \cdot 10^3}$  [kW]

- potrebný príkon  $P = \frac{P_{uz}}{\eta}$  [kW]

- rezná sila  $F_c = k_{s1.1} \cdot b \cdot h^{1-m} \cdot K_{vc} \cdot K_{\gamma_0} \cdot K_{VB}$  [N]

$k_{s1.1} = 2100 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$  merný rezný odpor

$m = 0,26$

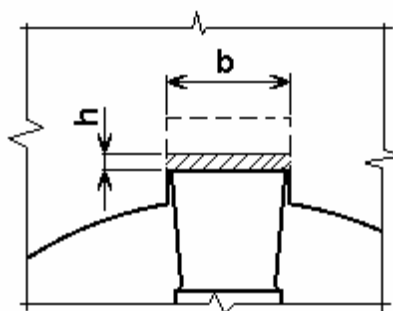
$b = 8 \text{ mm}$  šírka triesky

$h = f_{dz} = 0,2 \text{ mm}$  hĺbka triesky

$K_{vc} = 1,25$  korekčný súčiniteľ pre reznú rýchlosť

$K_{\gamma_0} = 1,06$  korekčný súčiniteľ pre uhol čela

$K_{VB} = 1,3$  korekčný súčiniteľ pre opotrebenie VB



$$F_c = 2100 \cdot 8 \cdot 0,2^{1-0,26} \cdot 1,25 \cdot 1,06 \cdot 1,3 = 8795 \text{ N}$$

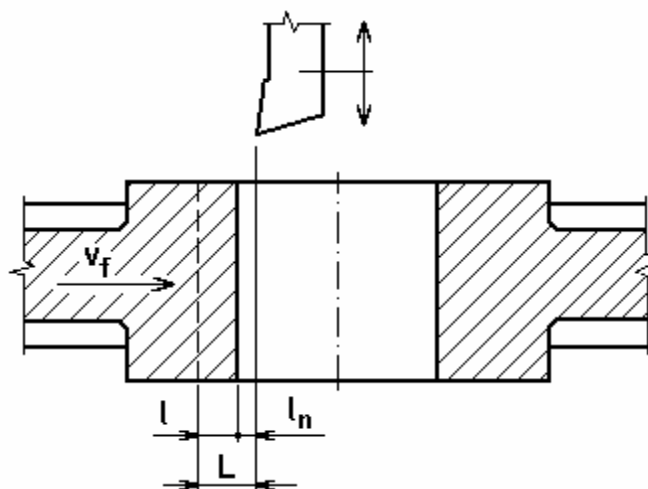
$$P_{uz} = \frac{8795 \cdot 15,87}{60 \cdot 10^3} = 2,33 \text{ kW}$$

$$P = \frac{2,33}{0,8} = 2,9 \text{ kW}$$

$$P < P_{mot}$$

Rezné podmienky vyhovujú pre daný stroj z hľadiska zaťaženia.

Výpočet strojového času :



$$t_m = \frac{L}{k \cdot f}$$

L .... dráha nástroja v smere posuvu

$$L = l_n + l$$

l = 2,9 mm .... hĺbka drážky

l<sub>n</sub> = 2 mm .... zvolená nábehová dĺžka

$$L = 2 + 2,9 = 4,9 \text{ mm}$$

$$t_m = \frac{4,9}{56 \cdot 0,2} = 0,43 \text{ min}$$

### **Príklad č.2**

Na základe parametrov stroja St 250 určte maximálny možný posuv pre hrubovanie rovinatej plochy zvislým obrábaním nástrojom s platničkou SK.

materiál obrobku	12 020.1
hĺbka rezu	a <sub>p</sub> = 5 mm
dĺžka obrábanej plochy	l = 128 mm
šírka obrábanej plochy	š = 150 mm
optimálna trvanlivosť nástroja	T <sub>opt</sub> = 50 min
pomer rýchlostí stroja	m = 1,5
účinnosť stroja	η = 0,8
uhol nastavenia hlavnej reznej hrany	κ <sub>r</sub> = 45°
uhol čela	γ <sub>0</sub> = 4°

### **Riešenie**

Určenie hodnoty posuvu :

S ohľadom na požiadavku maximálneho úberu volíme maximálnu hodnotu posuvu pre daný stroj

$$f = 1,2 \text{ mm}$$

Určenie reznej rýchlosti pre optimálnu trvanlivosť :

$$T = \frac{c_T}{v^m} \Rightarrow v_{\text{opt}} = \sqrt[m]{\frac{c_T}{T_{\text{opt}}}} = \frac{c_v}{T_{\text{opt}}^{\frac{1}{m}}}$$

$m = 3$  ..... pre nástroj zo SK

$c_v = 170 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$  ..... určené podľa [3]

$$v_{\text{opt}} = \frac{170}{50^{\frac{1}{3}}} = 46,15 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

Výpočet počtu dvojdvihov :

$$v_p = \frac{k \cdot L}{1000} \cdot \frac{1+m}{m} \Rightarrow k_{\text{opt}} = \frac{1000 \cdot v_{\text{opt}}}{\left(1 + \frac{1}{m}\right) \cdot L}$$

$k_{\text{opt}}$  ... počet dvojdvihov pre optimálnu trvanlivosť [ $\text{min}^{-1}$ ]

$L$  ....dĺžka chodu nástroja [mm]

$$L = l_n + b + l_v$$

$l_n = l_v = 20 \text{ mm}$  ..... zvolené hodnoty nábehu a výbehu nástroja

$$L = 20 + 128 + 20 = 168 \text{ mm}$$

$$k_{\text{opt}} = \frac{1000 \cdot 46,15}{\left(1 + \frac{1}{1,5}\right) \cdot 168} = 164,8 \cong 165 \text{ min}^{-1}$$

Voľba vyhovujúceho počtu dvojdvihov podľa parametrov stroja :

$$k = 104 \text{ min}^{-1}$$

Určenie skutočnej pracovnej rýchlosti :

$$v_p = \frac{k \cdot L}{1000} \cdot \frac{1+m}{m}$$

$$v_p = \frac{104 \cdot 168}{1000} \cdot \frac{1+1,5}{1,5} = 29,1 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

Určenie skutočnej trvanlivosti :

$$v = \frac{c_v}{T^{\frac{1}{m}}} \Rightarrow T = \left(\frac{c_v}{v}\right)^m$$

$$T = \left(\frac{170}{29,1}\right)^3 = 199 \text{ min}$$

Kontrola zaťaženia stroja :

- užitočný výkon

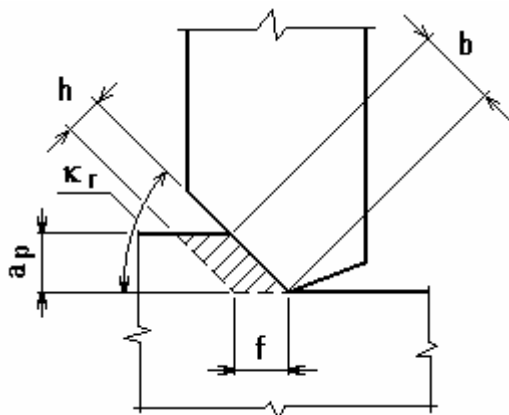
$$P_{\text{uz}} = \frac{F_c \cdot v}{60 \cdot 10^3} \quad [\text{kW}]$$

- potrebný príkon

$$P = \frac{P_{\text{uz}}}{\eta} \quad [\text{kW}]$$

- rezná sila

$$F_c = k_{s1.1} \cdot b \cdot h^{1-m} \cdot K_{vc} \cdot K_{\gamma_0} \cdot K_{VB} \quad [\text{N}]$$



- šírka triesky

$$b = \frac{a_p}{\sin \kappa_r} = \frac{5}{\sin 45^\circ} = 5,9 \text{ mm}$$

- hĺbka triesky

$$h = f \cdot \sin \kappa_r = 1,2 \cdot \sin 45^\circ = 1,02 \text{ mm}$$

$k_{s1.1} = 1820 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$  - merný rezný odpor

$m = 0,22$

$K_{vc} = 1,2$  - korekčný súčiniteľ pre reznú rýchlosť

$K_{\gamma_0} = 1,03$  - korekčný súčiniteľ pre uhol čela

$K_{VB} = 1,4$  - korekčný súčiniteľ pre opotrebenie VB

$$F_c = 1820 \cdot 5,9 \cdot 1,02^{1-0,22} \cdot 1,2 \cdot 1,03 \cdot 1,4 = 18870 \text{ N}$$

$$P_{uz} = \frac{18870 \cdot 29,1}{60 \cdot 10^3} = 9,15 \text{ kW}$$

$$P = \frac{9,15}{0,8} = 11,4 \text{ kW}$$

$P_{mot} = 3 \text{ kW}$

$$P > P_{mot}$$

Navrhnutá hodnota posuvu nevyhovuje z hľadiska zaťaženia stroja.

*Úprava hodnoty posuvu :*

Podľa parametrov stroja

$$f = 0,2 \text{ mm}$$

*Kontrola zaťaženia stroja :*

- hrúbka triesky

$$h = f \cdot \sin \kappa_r = 0,2 \cdot \sin 45^\circ = 0,17 \text{ mm}$$

- rezná sila

$$F_c = 1820 \cdot 5,9 \cdot 0,17^{1-0,22} \cdot 1,2 \cdot 1,03 \cdot 1,4 = 4668,5 \text{ N}$$

$$P_{uz} = \frac{4668,5 \cdot 29,1}{60 \cdot 10^3} = 2,26 \text{ kW}$$

$$P = \frac{2,26}{0,8} = 2,83 \text{ kW}$$

$$P < P_{\text{mot}}$$

Upravená hodnota posuvu vyhovuje parametrom stroja.

### **Príklad č. 3**

Vypočítajte strojový čas, potrebný na obrobenie plochy šírky 370 mm a dĺžky 1780 mm hobľovaním za týchto podmienok :

pracovná rýchlosť  $v_p = 40 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

pomer rýchlostí  $m = 2$

posuv na dvojzdvih  $f = 1,6 \text{ mm}$

počet prechodov  $i = 2$

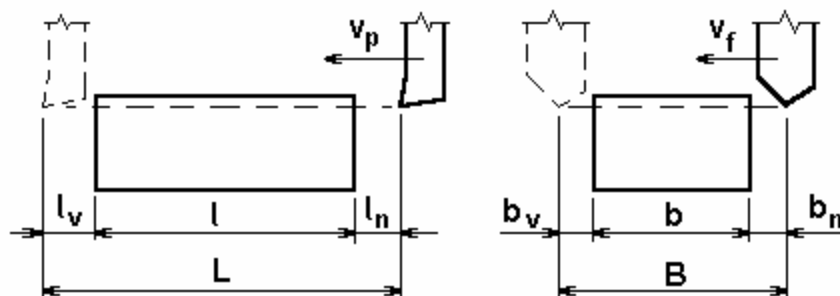
### **Riešenie :**

*Vzťah pre výpočet strojového času :*

$$t_m = \left( \frac{L}{1000 \cdot v_p} + \frac{L}{1000 \cdot v_s} \right) \cdot \frac{B \cdot i}{f} = \left( 1 + \frac{1}{m} \right) \cdot \frac{L \cdot B \cdot i}{1000 \cdot v_p \cdot f}$$

kde :  $L = l_n + l + l_v$  dráha nástroja

$B = b_n + b + b_v$  dráha nástroja v smere posuvu



*Určenie nábehov a výbehov nástroja :*

Podľa [4] sú odporúčané hodnoty :  $l_n = l_v \cong 100 \text{ mm}$  pre dlhé hobľovacie stroje

$l_n = l_v \cong 10 \div 25 \text{ mm}$  pre krátke hobľovacie stroje

$b_n = b_v \cong 3 \text{ mm}$  pre dlhé hobľovacie stroje

$b_n = b_v \cong 1,5 \text{ mm}$  pre krátke hobľovacie stroje

Zvolené hodnoty :  $l_n = l_v = 100 \text{ mm}$

$b_n = b_v = 3 \text{ mm}$

*Výpočet dráh nástroja a strojového času :*

$$L = l_n + l + l_v = 100 + 1780 + 100 = 1980 \text{ mm}$$

$$B = b_n + b + b_v = 3 + 370 + 3 = 376 \text{ mm}$$

$$t_m = \left( 1 + \frac{1}{2} \right) \cdot \frac{1980 \cdot 376 \cdot 2}{1000 \cdot 40 \cdot 1,6} = 34,9 \text{ min}$$

## PŘÍKLADY NA SAMOSTATNÉ RIEŠENIE

### Príklad č. 4

Na hobľovačke je potrebné obrobit' plochu šírky 450 mm a dĺžky 1400 mm nástrojom zo SK za týchto podmienok :

materiál obrobku	11 700.1
pracovná rýchlosť	$v_p = 30 \text{ m.min}^{-1}$
pomer rýchlostí stroja	$m = 1,5$
účinnosť stroja	$\eta = 0,7$
posuv na dvojzdvih	$f = 1,6 \text{ mm}$
hĺbka rezu	$a_p = 4 \text{ mm}$
počet prechodov	$i = 1$
uhol nastavenia hlavnej reznej hrany	$\kappa_r = 60^\circ$
uhol čela	$\gamma_o = 2^\circ$

Určte reznú silu, potrebný príkon a strojový čas pre obrobenie danej plochy.

### Príklad č. 5

Priebežnú drážku na rovinatej ploche obrobku je možné zhotoviť hobľovaním drážkovacím nožom alebo frézovaním kotúčovou frézou. Rozhodnite, ktorý zo spôsobov je za daných podmienok z hľadiska strojového času výhodnejší.

dĺžka súčiastky	$l = 850 \text{ mm}$
hĺbka drážky	$h = 12 \text{ mm}$
šírka drážky	$b = 5 \text{ mm}$
Hobľovanie :	
posuv na dvojzdvih	$f = 0,15 \text{ mm}$
pracovná rýchlosť	$v_p = 18 \text{ m.min}^{-1}$
pomer rýchlostí	$m = 1,7$
Frézovanie :	
priemer nástroja	$D = 100 \text{ mm}$
minútový posuv	$f_{\text{min}} = 153 \text{ mm.min}^{-1}$
hĺbka rezu	$a_p = 12 \text{ mm}$



## PRACOVNÉ UHLY

### RIEŠENÉ PRÍKLADY

#### Príklad č. 1

Vypočítajte pracovné uhly čela  $\gamma_{oe}$  a chrbta  $\alpha_{oe}$  pri vonkajšom zapichovacom sústružení a nastavení nástroja nad osou obrobku.

priemer polotovaru  $D = 120 \text{ mm}$

hodnota nastavenia nástroja  $h = 2 \text{ mm}$

uhol čela  $\gamma_o = 10^\circ$

uhol chrbta  $\alpha_o = 8^\circ$

#### Riešenie :

Schéma zapichovacieho sústružení :

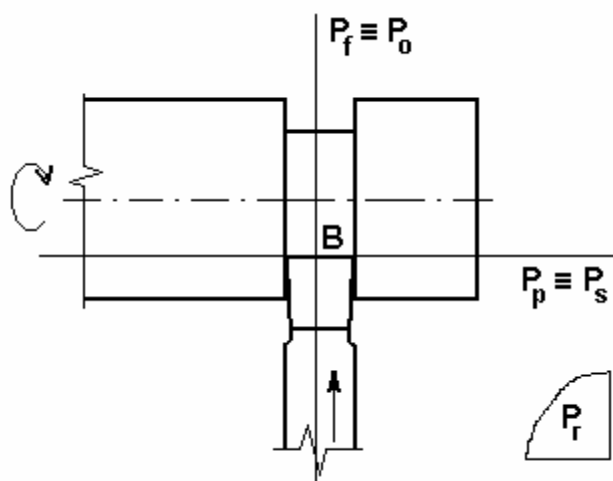
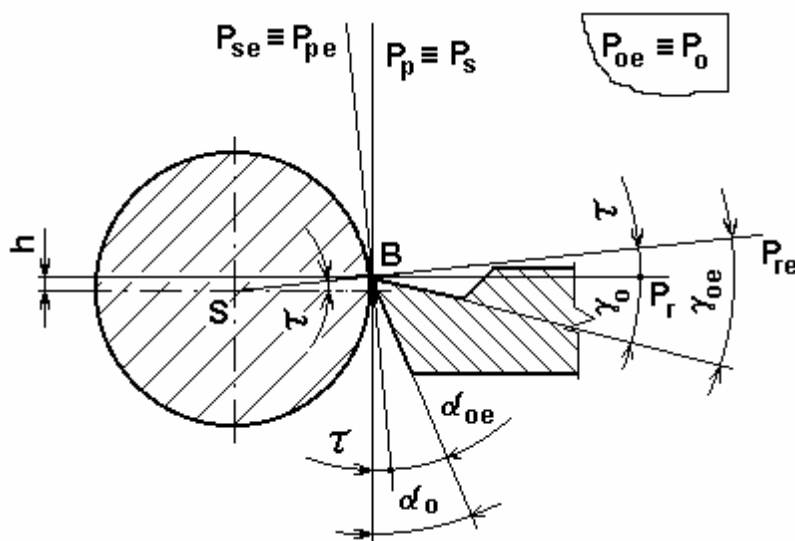


Schéma pre výpočet doplnkového uhla :



- výpočet hodnoty doplnkového uhla :

$$\sin \tau = \frac{h}{D} = \frac{2 \cdot h}{D} \Rightarrow \tau = \arcsin \frac{2 \cdot h}{D}$$

$$\sin \tau = \arcsin \frac{2 \cdot 2}{120} = 1,91^\circ = 1^\circ 55'$$

- vzťahy pre výpočet pracovných uhlov :

$$\alpha_{oe} = \alpha_o - \tau$$

$$\gamma_{oe} = \gamma_o + \tau$$

- výpočet hodnôt pracovných uhlov :

$$\alpha_{oe} = 8^\circ - 1^\circ 55' = 6^\circ 5'$$

$$\gamma_{oe} = 10^\circ + 1^\circ 55' = 11^\circ 55'$$

### **Príklad č. 2**

Vypočítajte pracovné uhly čela  $\gamma_{oe}$  a chrbta  $\alpha_{oe}$  pri vnútornom zapichovacom sústružení a nastavení nástroja pod osou obrobku.

priemer otvoru  $D = 90 \text{ mm}$

hodnota nastavenia nástroja  $h = 1,5 \text{ mm}$

uhol čela  $\gamma_o = 6^\circ$

uhol chrbta  $\alpha_o = 10^\circ$

### **Riešenie :**

Schéma vnútorného zapichovacieho sústružení :

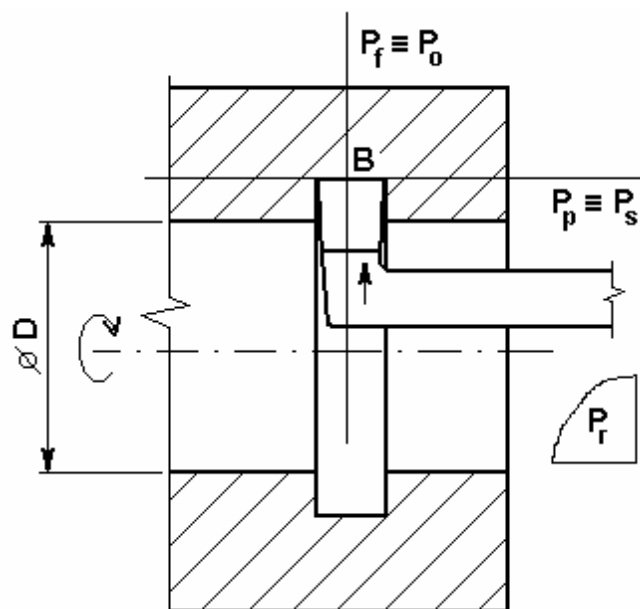
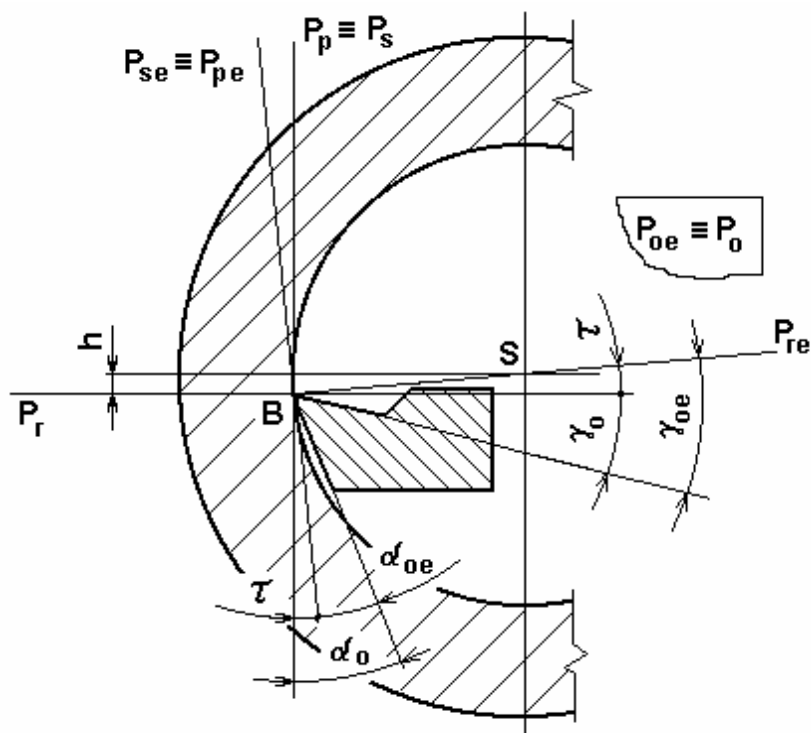


Schéma pre výpočet doplnkového uhla :



- výpočet hodnoty doplnkového uhla :

$$\sin \tau = \frac{h}{\frac{D}{2}} = \frac{2 \cdot h}{D} \Rightarrow \tau = \arcsin \frac{2 \cdot h}{D}$$

$$\sin \tau = \arcsin \frac{2 \cdot 1,5}{90} = 1,91^\circ = 1^\circ 55'$$

- vzťahy pre výpočet pracovných uhlov :

$$\alpha_{oe} = \alpha_o + \tau$$

$$\gamma_{oe} = \gamma_o - \tau$$

- výpočet hodnôt pracovných uhlov :

$$\alpha_{oe} = 10^\circ + 1^\circ 55' = 11^\circ 55'$$

$$\gamma_{oe} = 6^\circ - 1^\circ 55' = 4^\circ 5'$$

### **Príklad č. 3**

Vypočítajte pracovné uhly čela  $\gamma_{oe}$  a chrbita  $\alpha_{oe}$  pri pozdĺžnom sústružení pravým uberacím nožom.

priemer polotovaru  $D = 80 \text{ mm}$

uhol čela  $\gamma_o = 10^\circ$

uhol chrbita  $\alpha_o = 6^\circ$

uhol nastavenia  $\kappa_r = 60^\circ$



**Príklad č. 4**

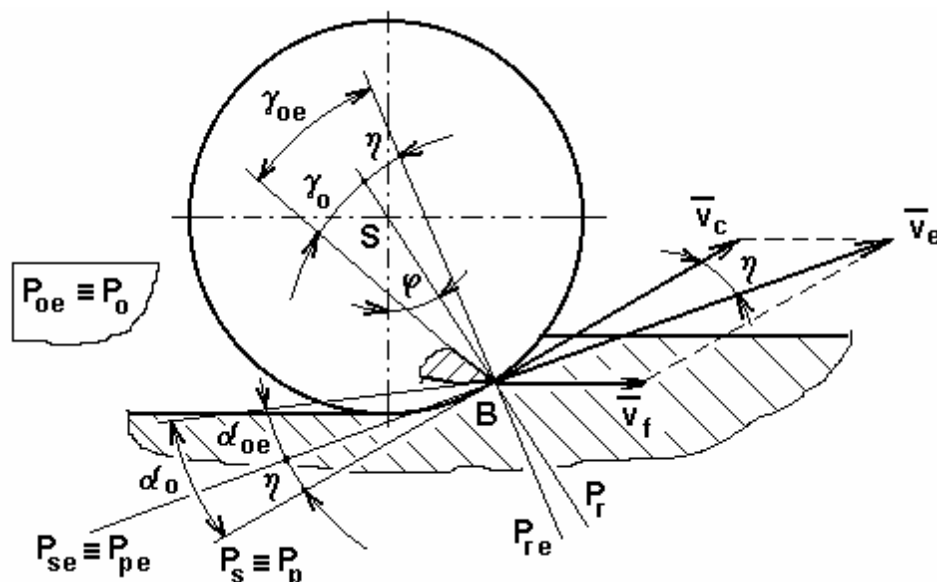
Určte interval zmeny pracovného uhla čela  $\gamma_{oe}$  a pracovného uhla chrbta  $\alpha_{oe}$  pri protibežnom frézovaní valcovou frézou s priamymi zubami.

priemer frézy	$D=100$ mm
uhol čela	$\gamma_o = 6^\circ$
uhol chrbta	$\alpha_o = 8^\circ$
hĺbka rezu	$a_p = 12$ mm
posuv na otáčku	$f = 2$ mm
otáčky nástroja	$n = 63$ min <sup>-1</sup>

**Riešenie :**

Hodnota pracovných uhlov čela a chrbta sa mení v závislosti na uhle pootočenía rezného klina  $\varphi$ .

Schéma obecnej polohy rezného klina :



Pre obecnú polohu rezného klina v zábere platí :

$$\gamma_{oe} = \gamma_o + \eta$$

$$\alpha_{oe} = \alpha_o - \eta$$

Uhol pootočenía rezného klina nadobúda hodnoty od  $\varphi = 0^\circ$  po  $\varphi = \varphi_{max}$ .

Schéma polohy rezného klina pri uhle natočenía  $\varphi = 0^\circ$  :

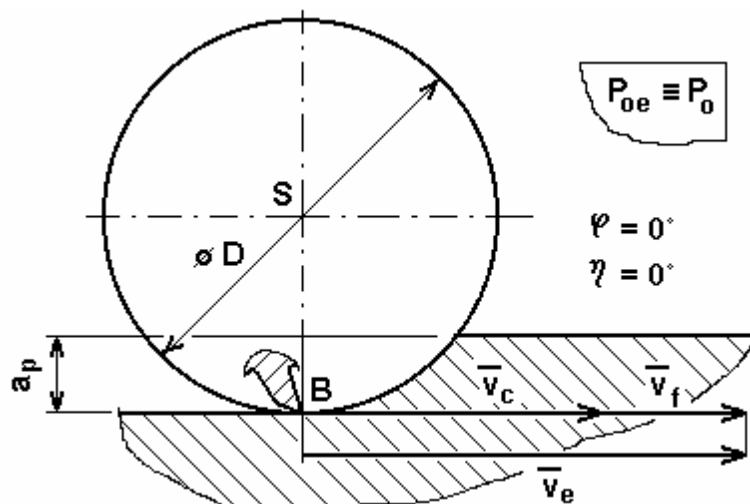
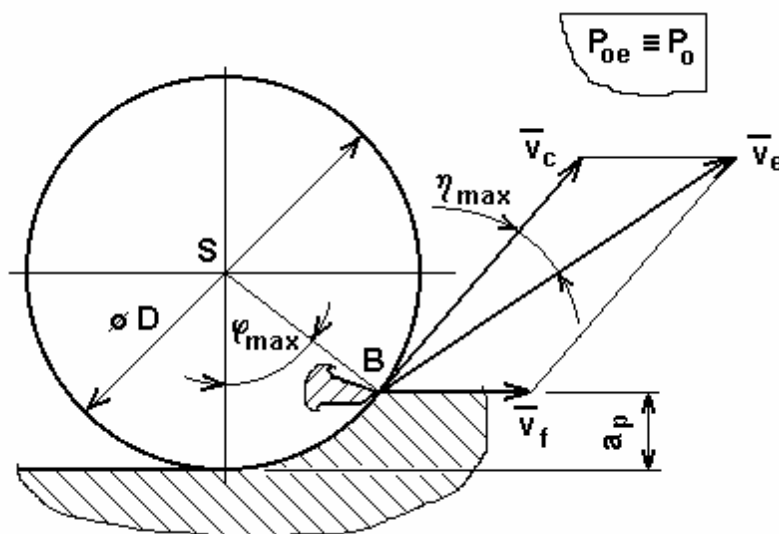


Schéma polohy rezného klína pri uhle natočenia  $\varphi = \varphi_{\max}$  :



## PRÍKLADY NA SAMOSTATNÉ RIEŠENIE

### Príklad č. 5

Vypočítajte pracovné uhly čela  $\gamma_{oe}$  a chrbita  $\alpha_{oe}$  pri vonkajšom zapichovacom sústružení a nastavení nástroja pod osou obrobku.

priemer polotovaru	$D = 100 \text{ mm}$
hodnota nastavenia nástroja	$h = 1 \text{ mm}$
uhol čela	$\gamma_o = 6^\circ$
uhol chrbita	$\alpha_o = 8^\circ$

### Príklad č. 6

Vypočítajte pracovné uhly čela  $\gamma_{oe}$  a chrbita  $\alpha_{oe}$  pri vnútornom zapichovacom sústružení a nastavení nástroja nad osou obrobku.

priemer otvoru	$D = 90 \text{ mm}$
hodnota nastavenia nástroja	$h = 1,5 \text{ mm}$
uhol čela	$\gamma_o = 6^\circ$
uhol chrbita	$\alpha_o = 8^\circ$

### Príklad č. 7

Vypočítajte pracovné uhly čela  $\gamma_{oe}$  a chrbita  $\alpha_{oe}$  pri pozdĺžnom sústružení pravým uberacím nožom.

priemer polotovaru	$D = 65 \text{ mm}$
uhol čela	$\gamma_o = 8^\circ$
uhol chrbita	$\alpha_o = 6^\circ$
uhol nastavenia	$\kappa_r = 90^\circ$

**Tabuľka obrábateľnosti a merného rezného odporu materiálov, použitých v príkladoch**

Materiál	Merný rezný odpor $k_{s1.1}$ [N.mm <sup>-1</sup> ]	Obrábateľnosť pre druh obrábania			m
		1	2	3	
14 220.2	2100	13b	13b		0,26
12 020.1	1820	15b	14b	9b	0,22
11 700.1 11 700.2	2260	12b	12b	8b	0,3
11 600.0 11 600.1 11 600.2	2110	14b	14b	9b	0,17
13 240.3	2260	11b	11b		0,20

Druh obrábania :

- 1 - sústruženie, hobľovanie, obrážanie, rezanie závitú nožom,
- 2 - frézovanie, vŕtanie, vystružovanie, rezanie závitú závitníkom, preťahovanie,
- 3 - brúsenie.

## LITERATÚRA

1. Békes, J. : Inžinierska technológia obrábania kovov. ALFA Bratislava, 1981.
2. Buda, J. - Békes, J. : Teoretické základy obrábania kovov. SNTL Bratislava, 1967.
3. Buda, J. - Souček, J. - Vasilko, K. : Teória obrábania, ALFA Bratislava, 1988.
4. Degner, W. - Lutze, H. - Smejkal, E. : Spanende Formung. VEB Verlag Technik Berlin.
5. Kažimír, I. - Beňo, J. : Technológia obrábania a montáže. Návody na cvičenie. ALFA Bratislava, 1989.
6. Kráľ, J. - Petrášová, Š. : Technológia obrábania a montáže. Zbierka riešených príkladov. ALFA Bratislava, 1984.
7. Mádl, J. a kol. : Technologie obrábění a montáže. Návody ke cvičení. ČVUT Praha, 1987.
8. Příkryl, Z. a kol. : Technologie obrábění. SNTL Praha, 1967.
9. Říčka, J. - Bulla, V. : Technologie II. Cvičení a vyřešené příklady. VUT Brno, 1981.
10. Vasilko, K. - Hrubý, J. - Lipták, J. : Technológia obrábania a montáže. ALFA Bratislava, 1991.
11. Vigner, M. - Příkryl, Z. a kol. : Obrábění. SNTL Praha, 1984.
12. Vlach, B. : Technologie obrábění. ČVUT Praha, 1980.
13. Souborný katalog stroju a zařízení vyráběných v koncernu TST. TST Praha, 1984.