



Ústav Strojírenské  
technologie

Speciální technologie

Cvičení

Technologie výroby ozubení II.

č. zadání:

### Příklad č. 1 (výroba čelního ozubení s přímými zuby obrážením)

Pro zadané čelní ozubené kolo se přímými zuby určete základní řezné podmínky pro obrázení dělicím a odvalovacím způsobem. Určete délku dráhy a vypočítejte jednotkový strojní čas.

Pro výrobu použijte stroj s hřebenovým nástrojem typu MAAG (SH45 a SH75) a kruhovým nástrojem typu FELLOWS (OH4/6 a pod.).

Předpokládejme obrábění do plného materiálu na čisto s přídatkem na ševingování.

#### Zadané hodnoty:

$m$  = ..... [mm] modul ozubení  
 $z$  = ..... [-] počet zubů ozubeného kola  
 $\alpha$  = ..... [°] úhel profilu (záběru) ozubeného kola  
 $b$  = ..... [mm]  
..... materiál ozubeného kola

#### Řešení:

##### a) metoda MAAG

##### náčrt:

#### Výpočet základních parametrů:

celková dráha břitu nástroje:

$$L_b = l_n + b + l_p \dots\dots\dots$$

#### Poznámky:

Nakreslete náčrt a zakótujte základní parametry použité při výpočtu. Výšku zdvihu, dráhu obrobku, otáčky obrobku a dvojjzdvihy nástroje atd..

Aplikujte základní vztahy pro výpočet techn. parametrů potřebných pro obrázení ozubeného kola metodou MAAG. Délku dráhy, jednotkový strojní čas atd.

## Technologie výroby ozubení II.

třída obrobitelnosti:

maximální hodnota řezné rychlosti :

$$v_{cmax} = \dots\dots\dots$$

průměr hlavové kružnice ozubeného kola:

$$d_a = \dots\dots\dots$$

kontrola parametrů , volba stroje:

výpočet strojního času:

$$t_{AS} = i \cdot (z + z_n) \cdot \left( \frac{n_r}{n_n} + t_r \right) \dots\dots\dots$$

**b) metoda FELLOWS**

**náčrt:**

*Poznámky:*

$ln+lp=15-25mm$   
 $ln+lp=10+1,65m$  (vypočteme zaokrouhlíme, případně z tabulky)

Rozsah průměru hlavové kružnice obráběného ozubení je u SH45 20-450mm, u SH75 30-750mm. Max. šířka pro přímé zuby SH45 120mm, SH75 200mm. Maximální délka zdvihu SH45/75 145/225mm. Rozsah modulů SH45/75 je 1-6/10mm. Porovnejte parametry strojů s vyráběným ozubením, případně zvolte stroj.

Z tabulek zvolíme počet zubů náběhu nástroje do záběru  $z_n$ . Pro předhrubované kolo  $z_n=1$ . Počet dvojzdvihů na rozteč s  $x_s$  minutu zvolíme z tabulky dle počtu zubů a modulu pro SH45/75.

Nakreslete náčrt a zakótujte základní parametry použité při výpočtu. Výšku zdvihu, dráhu obrobku, otáčky obrobku a nástroje artd..

### Výpočet základních parametrů:

celková dráha břitu nástroje (pro přímé zuby):

$$L_b = l_n + b + l_p \dots\dots\dots$$

Počet dvojdvihů za minutu a maximální řezná rychlost:

$$v_{cmax} = 30m \cdot \text{min}^{-1} \text{ (pro ocel ob. 14b)} \quad v_{cmax} = \frac{L_b \cdot n_n \cdot \Pi}{1000} \dots\dots\dots$$

kontrola parametrů , volba stroje:

výpočet strojního času:

$$t_{AS} = \frac{z \cdot m \cdot \Pi \cdot n_o}{n_n \cdot f_n} = \dots\dots\dots$$

$l_n, l_p$  určíme z tabulek pro stroje OH4/OH6

S rostoucím modulem roste přímo úměrně velikost hloubka třísky při nájezdu a zvyšujeme posuv je proto třeba snížit řeznou rychlost. Množství dvojdvihů za minutu spočítejte z maximální řezné rychlosti a upravte dle parametrů stroje případně z tabulky. D výsledku započítejte obrobiteľnosť.

Rozsah průměru hlavové kružnice obráběného ozubení je u OH4 10-200mm, u OH6 50-500mm. Max. šířka pro přímé zuby OH4 36mm, OH6 90mm. Maximální modul OH4/6 4/6mm. Porovnejte parametry strojů s vyráběným ozubením, případně zvolte stroj.

Potřebný počet otáček obrobku  $n_o$  do obrobené ozubení no z tabulky. Posuvy na dvojdvih  $f_n$  a počet dvojdvihů nástroje a minutu  $n_n$  podle posuvové a otáčkové řady OH4 a OH6.

**Příklad č. 2 (výroba čelního ozubení s šikmými zuby frézováním s odvalem)**

Pro zadané čelní ozubené kolo se šikmými zuby určete základní řezné podmínky pro frézování odvalovacím způsobem. Určete délku dráhy a vypočítejte jednotkový strojní čas.

Pro výrobu použijte stroj s TOS FO 6-10, OFA 32 a obdobné.

*Předpokládejme obrábění do plného materiálu na čisto s přídatkem na ševingování a nesousledné frézování. Použijeme pravořeznou frézu a pravotočivé stoupání ozubeného kola.*

**m** = ..... [mm] modul ozubení  
**z** = ..... [-] počet zubů ozubeného kola  
 **$\alpha$**  = ..... [°] úhel profilu (záběru) ozubeného kola  
 **$\beta$**  = ..... [°] úhel sklonu zubů ozubeného kola  
**b** = ..... [mm]  
..... materiál ozubeného kola

**Řešení:**

**náčrt:**

Nakreslete náčrt a zakótujte základní parametry použité při výpočtu. Dráhu nástroje, nájezd a přejezd, směr posuvu, otáčky obrobku a nástroje, úhel nastavení frézy vůči obrobku atd..

**výpočet:**

*Celková dráha nástroje v axiálním směru:*

$$L = l_z + l_n + b + l_p = \dots\dots\dots$$

*Axiální náběh frézy pro šikmé zuby:*

$$l_n = \sqrt{h \cdot (D' - h)} = \dots\dots\dots$$

*Výška zubu h:*

$$h = \dots\dots\dots$$

*Redukovaný průměr D':*

$$D' = d_{af} \cdot (1 + \text{tg}^2 \eta) + D_{ao} \cdot \text{tg}^2 \eta \dots\dots\dots$$

*Zabezpečovací vzdálenost pro axiální náběh:*

$$l_z = 0,08 \cdot l_n = \dots\dots\dots$$

*Délka přeběhu frézy:*

$$l_p = \frac{h_{af} \cdot \cos \beta \cdot \text{tg} \eta}{\text{tg} \alpha} + 0,06 \cdot l_n = \dots\dots\dots$$

*Volba stroje:*

Průměr hlavové kružnice frézy a obrobku zjistíte z rozměrů nástroje, respektive ze zadaných hodnot

Po úhel stoupání šroubovice  $\gamma$  frézy platí  $\text{tg} \gamma = m/z/d$ , přičemž výška hlavy zubu odvalovací frézy  $h_{af} = 1,25m$  z rozměrů nástroje a uvažujeme jednochodou frézu.

Počet chodů frézy  $g=1$ .  
(Jednochodá fréza.)  $\eta$  – úhel nastavení nástroje vůči obrobku. Otáčky frézy a posuv korigujeme podle parametrů stroje.

Dle tabulky parametrů strojů zvolíme stroj pro výrobu zadaného ozubení.

Skutečná řezná rychlost:

$$v_c = \dots\dots\dots$$

Výpočet strojního času:

$$t_{AS} = \frac{L \cdot z}{f \cdot n_f \cdot g} = \dots\dots\dots$$

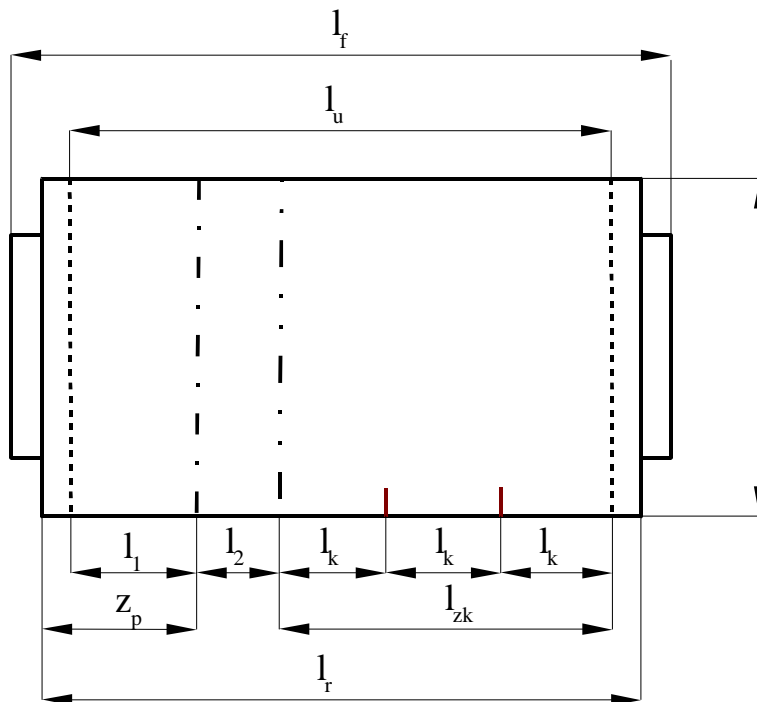
Pro frézování šikmých zubů se hodnoty volí (pro zachování podmínek shodných s frézováním přímých zubů) podle čelního modulu ozubení  $m_f$ .

**Příklad č. 3 (skutečná trvanlivost nástroje)**

Pro parametry z příkladu 2 určete délku kroku frézy  $l_k$ , jí odpovídající skutečnou trvanlivost břitu v jedné poloze a základní parametry nastavení odvalovací frézy vůči obrobku. Předpokládáme celková trvanlivost odvalovací frézy  $T=400$  minut.

Parametry odvalovací fréze získáme z ČSN 222551 (případně z příložené tabulky).

*náčrt:*



K opotřebení dochází postupně. Zbytek frézy  $l_{zk}$  slouží po opotřebení ke „krokování“, kdy obrábíme stejným nástrojem další neopotřebovanou část. Délka této části a délka kroku nám určuje počet poloh nástroje.

**výpočet:**

délka náběhového záběrového pole odvalovací frézy s obrobkem:  
(pro šikmé zuby)

$$l_1 = \sqrt{m \cdot d_{af}} \cdot \operatorname{tg} \eta + \frac{m_t \cdot \sqrt{z}}{\cos \beta} = \dots\dots\dots$$

Čelní modul  $m_t$

délka výběhového záběrového pole odvalovací frézy s obrobkem:  
(pro šikmé zuby)

$$l_2 = \frac{h_{af} \cdot \cos \beta}{\operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \eta} = \dots\dots\dots$$

Čelní modul  $m_t = m / \cos \beta$ .

délka kroku frézy pro šikmé zuby a nesousledné frézování:

$$l_k = 2 \cdot c_k \cdot a \cdot \operatorname{tg} \eta \cdot \sqrt{\frac{\left(\frac{r_{af}}{R_{ao}}\right)^2 - \left(\frac{a}{R_{ao}} - 1\right)^2}{\left(2 \cdot c_k \cdot \frac{a}{R_{ao}} - 1\right) \cdot \left(2 \cdot c_k \cdot \frac{a}{R_{ao}} - \cos^2 \eta\right)}} = \dots\dots\dots$$

Kde  $a$  je vzdálenost os obrobku a nástroje,  $R_{ao}$  poloměr hlavové kružnice obrobku a  $r_{af}$  poloměr hlavové kružnice frézy.

délka užitečné části odvalovací frézy:

$$l_{zk} = l_u - (l_1 + l_2) = \dots\dots\dots$$

vzdálenost osy záběrového pole odvalovací frézy s obrobkem od čela řezné části pro výchozí postavení ostré odvalovací frézy k ose obrobku pro šikmé zuby:

$$z_p = \frac{(l_r - l_u)}{2} + l_1 = \dots\dots\dots$$

Počet pracovních poloh pro krokování odvalovací frézy a trvanlivost nástroje v jedné pracovní poloze:

$$i_p = \frac{l_{zk}}{l_k} + 1 = \dots\dots\dots$$

$$T_p = \frac{T}{i_p} = \dots\dots\dots$$

Slovní hodnocení.