

KONSTRUOVÁNÍ STROJNÍCH SOUČÁSTÍ

Joseph E. SHIGLEY
Charles R. MISCHKE
Richard G. BUDYNAS

Převodovka pro ovládání potrubních ventilů

Ing. Matúš Ranuša

matus.ranusa@vut.cz

A2/409

Ústav konstruování

Fakulta strojního inženýrství

VUT v Brně

Podmínka použitelnosti výpočtu dle ISO 10300

3.cvičenie	
Součinitel záběru kroku	$\epsilon_{v\beta}$
Materiál pastorku	σ_{Hlim1}
	σ_{Flim1}
	H_{v1}
Materiál ozubeného kola	σ_{Hlim2}
	σ_{Flim2}
	H_{v2}
Napětí v dotyku (pastorek)	σ_{H1}
Napětí v dotyku (kolo)	σ_{H2}
Příp. napětí v dotyku (pastorek)	σ_{HP1}
Bezpečnost v dotyku (pastorek)	S_{H1}
Bezpečnost v dotyku (kolo)	S_{H2}



$$\epsilon_{v\beta} = \frac{b \sin(\beta_m)}{m_{mn} \pi}$$

Součinitel záběru kroku

$$\epsilon_{v\alpha} = \frac{g_{v\alpha} \cos(\beta_m)}{m_{mn} \pi \cos(\alpha_{vt})}$$

Součinitel záběru profilu

$$\epsilon_{v\alpha} < 2$$

Pro výpočet únosnosti lze použít normu ISO 10300-1 až 3 pro kuželové ozubení s přímými a zakřivenými zuby a pro všechny tvary věnců.

Volba materiálu

3.cvičenie

Součinitel záběru kroku	$\epsilon_{v\beta}$	
Materiál pastorku	σ_{Hlim1}	←
	σ_{Flim1}	←
	H_{v1}	←
Materiál ozubeného kola	σ_{Hlim2}	←
	σ_{Flim2}	←
	H_{v2}	←
Napětí v dotyku (pastorek)	σ_{H1}	
Napětí v dotyku (kolo)	σ_{H2}	
Příp. napětí v dotyku (pastorek)	σ_{HP1}	
Bezpečnost v dotyku (pastorek)	S_{H1}	
Bezpečnost v dotyku (kolo)	S_{H2}	



- E-learning - konkrétní materiály používané pro výrobu ozubení, ke kterým je přiřazena třída kvality dle ISO (ML, MQ, ME)
- obě kola uvažujte jako tvrdá, tedy boky zubů budou tepelně, nebo chemickotepelně upraveny (kalení, cementace a kalení nebo nitridace)
- meze únavy odpovídají předepsané tvrdosti povrchu/jádra a třídě kvality oceli viz tab. A34 v knize
- obvykle bývá pastorek zpracován z pohledu opotřebení lépe než kolo
- pastorek může mít předepsanou vyšší tvrdost povrchu ozubení než kolo
- v případě nutnosti je možné navrhnout pastorek z lepší oceli než spoluzabírající kolo

Postup výpočtu únosnosti v dotyku

3.cvičenie	
Součinitel záběru kroku	$\epsilon_{v\beta}$
Materiál pastorku	σ_{Hlim1}
	σ_{Flim1}
	H_{v1}
Materiál ozubeného kola	σ_{Hlim2}
	σ_{Flim2}
	H_{v2}
Napětí v dotyku (pastorek)	σ_{H1}
Napětí v dotyku (kolo)	σ_{H2}
Příp. napětí v dotyku (pastorek)	σ_{HP1}
Bezpečnost v dotyku (pastorek)	S_{H1}
Bezpečnost v dotyku (kolo)	S_{H2}



Napětí v dotyku σ_H

$$\sigma_H = \sigma_{H0} \cdot \sqrt{K_A \cdot K_V \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha}} \leq \sigma_{HP}$$



Nominální napětí v dotyku σ_{H0}

$$\sigma_{H0} = Z_{M-B} \cdot Z_E \cdot Z_H \cdot Z_{LS} \cdot Z_\beta \cdot Z_K \sqrt{\frac{F_{mt}}{d_{v1} \cdot l_{bm}} \cdot \frac{u_v + 1}{u_v}}$$

Přípustné napětí v dotyku σ_{HP}

$$\sigma_{HP} = \frac{\sigma_{Hlim} \cdot Z_{NT}}{S_{Hmin}} \cdot Z_L \cdot Z_V \cdot Z_R \cdot Z_W \cdot Z_X$$

$$\sigma_H < \sigma_{HP}$$

Nominální napětí v dotyku – σ_{H0}

3.cvičenie	
Součinitel záběru kroku	$\epsilon_{v\beta}$
Materiál pastorku	σ_{Hlim1}
	σ_{Flim1}
	H_{v1}
Materiál ozubeného kola	σ_{Hlim2}
	σ_{Flim2}
	H_{v2}
Napětí v dotyku (pastorek)	σ_{H1} ←
Napětí v dotyku (kolo)	σ_{H2} ←
Příp. napětí v dotyku (pastorek)	σ_{HP1} ←
Bezpečnost v dotyku (pastorek)	S_{H1}
Bezpečnost v dotyku (kolo)	S_{H2}

Nominální napětí v dotyku je stejné pro kolo i pastorek a odpovídá nominálnímu napětí v dotyku pastorku.

$$\sigma_{H0} = Z_{M-B} \cdot Z_E \cdot Z_H \cdot Z_{LS} \cdot Z_\beta \cdot Z_K \sqrt{\frac{F_{mt}}{d_{v1} \cdot l_{bm}} \cdot \frac{u_v + 1}{u_v}}$$

Součinitel :

Z_{M-B} - jednopárového záběru

- transformuje součinitel Z_H , a tím i napětí v dotyku ve valivém bodě, do vnitřního bodu B jednopárového záběru zubů pastorku

Z_E - mechanických vlastností materiálu

- stejný jako u čelných soukolí

Z_K - kuželového kola

- umožňuje použít stejné hodnoty meze únavy materiálu jako u čelních ozubených soukolí, norma stanovuje hodnotu 0,8

Z_H - tvaru spoluzabírajích kol

- vliv křivosti boků zubů v místě styku

Z_{LS} - sdílení zatížení

- zohledňuje rozložení zatížení mezi dvěma a více páry zubů v záběru

Z_β - sklonu boku zubu

- vliv úhlu sklonu boční křivky zubu na únavu v dotyku

Napětí v dotyku – σ_{H0}

3.cvičenie

Součinitel záběru kroku	$\epsilon_{v\beta}$
Materiál pastorku	σ_{Hlim1}
	σ_{Flim1}
	H_{v1}
Materiál ozubeného kola	σ_{Hlim2}
	σ_{Flim2}
	H_{v2}
Napětí v dotyku (pastorek)	σ_{H1}
Napětí v dotyku (kolo)	σ_{H2}
Příp. napětí v dotyku (pastorek)	σ_{HP1}
Bezpečnost v dotyku (pastorek)	S_{H1}
Bezpečnost v dotyku (kolo)	S_{H2}



$$\sigma_H = \sigma_{H0} \cdot \sqrt{K_A \cdot K_V \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha}} \leq \sigma_{HP}$$

Součinitel :

K_A – vliv vnějších dynamických sil

- zatěžování hnacím strojem - plynulé
- zatěžování pracovním strojem - s malou nerovnoměrností

K_V - vliv vnitřních dynamických sil

- závislost na obvodové rychlosti
- závislost na základe třídy přesnosti Q_{ISO} (rozmezí 7-9)

$K_{H\beta}$ a $K_{H\alpha}$ - nerovnoměrnost zatížení zubů po šířce a podíl zatížení jednotlivých zubů

- závislost na účinné šířce ozubení $b_e = 0,85b$, pro plné zatížení

Přípustné napětí v dotyku – σ_{H0}

3.cvičení	
Součinitel záběru kroku	$\epsilon_{v\beta}$
Materiál pastorku	σ_{Hlim1}
	σ_{Flim1}
	H_{v1}
Materiál ozubeného kola	σ_{Hlim2}
	σ_{Flim2}
	H_{v2}
Napětí v dotyku (pastorek)	σ_{H1} ←
Napětí v dotyku (kolo)	σ_{H2} ←
Příp. napětí v dotyku (pastorek)	σ_{HP1} ←
Bezpečnost v dotyku (pastorek)	S_{H1}
Bezpečnost v dotyku (kolo)	S_{H2}

Přípustné napětí odpovídá mezi únavy materiálu zkorigované pro skutečně navrhované ozubené kolo (záběrové podmínky, materiál apod.)

Konstruování strojních součástí str. 812-816

Voleno na základe materiálu



$$\sigma_{HP} = \frac{\sigma_{Hlim} \cdot Z_{NT}}{S_{Hmin}} \cdot Z_L \cdot Z_V \cdot Z_R \cdot Z_W \cdot Z_X$$

Součinitel :

Z_{NT} - počtu cyklů

- Dopočítáme ze životnosti 10000 h

Z_L - mazací vrstvy

- v je kinematická viskozita maziva
- Renolit CL-X2

Z_V – obvodové rychlosti

- stejný jako u čelných soukolí

Z_R – drsnosti boku zubu

- $R_a = 1,6$ ($R_z = 6R_a$)

Z_W - tvrdosti

- vliv křivosti boků zubů v místě styku

Z_X – součinitel velikosti

- dle ISO je $Z_x=1$

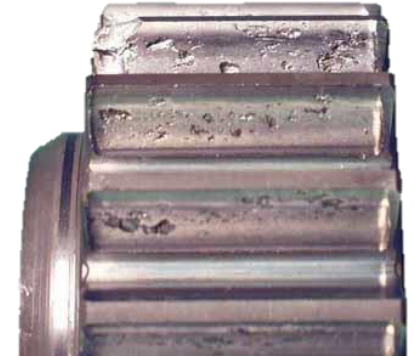
Součinitel bezpečnosti v dotyku

3.cvičenie

Součinitel záběru kroku	$\epsilon_{v\beta}$
Materiál pastorku	σ_{Hlim1}
	σ_{Flim1}
	H_{v1}
Materiál ozubeného kola	σ_{Hlim2}
	σ_{Flim2}
	H_{v2}
Napětí v dotyku (pastorek)	σ_{H1}
Napětí v dotyku (kolo)	σ_{H2}
Příp. napětí v dotyku (pastorek)	σ_{HP1}
Bezpečnost v dotyku (pastorek)	S_{H1}
Bezpečnost v dotyku (kolo)	S_{H2}



$$S_H = \frac{\sigma_{Hlim} \cdot Z_{NT}}{\sigma_H} \cdot Z_L \cdot Z_V \cdot Z_R \cdot Z_W \cdot Z_X \geq S_{Hmin}$$



Dle doporučení ISO 10300 je nejmenší hodnota součinitele bezpečnosti v dotyku $S_{hmin} = 1,2$ a maximální hodnota je dle zadání $S_{hmax} = 1,5$.

KONSTRUOVÁNÍ STROJNÍCH SOUČÁSTÍ

Joseph E. SHIGLEY
Charles R. MISCHKE
Richard G. BUDYNAS

Ďekuji za pozornost !

Ústav konstruování

Fakulta strojního inženýrství

VUT v Brně

 **ústav
konstruování**