

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

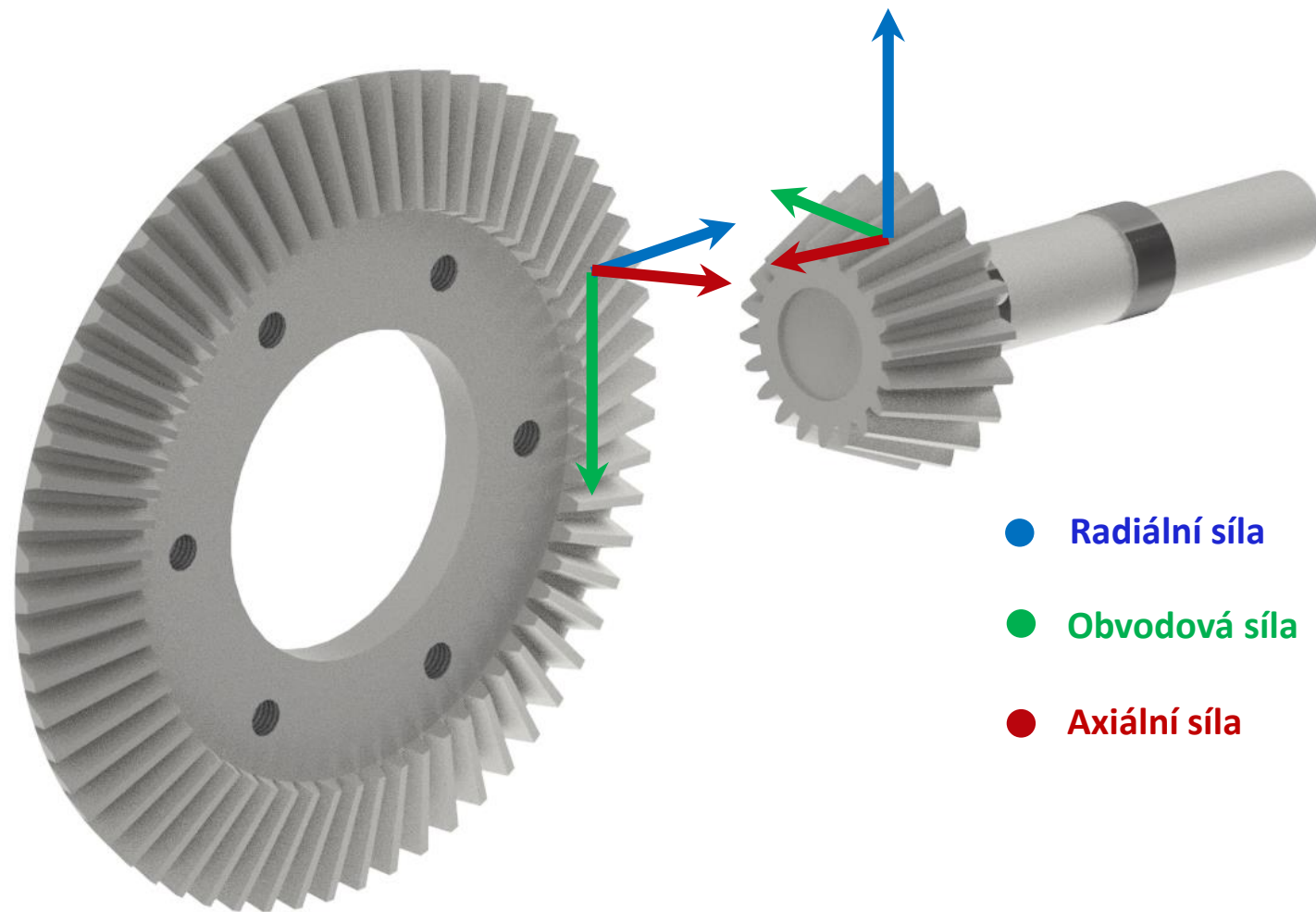
Fakulta strojního inženýrství

VUT v Brně

Silové poměry kuželového ozubení s přímými zuby

6.cvičenie

Návrh průměru hřídele dle MSP	d_{MSP}
Návrh průměru hřídele dle MSÚ	$d_{MSÚ}$
Bezpečnost vůči MSP	K_{MSP}
Bezpečnost vůči MSÚ	K_{MSU}
Radiální síla na pastorku	F_{r1}
Radiální síla na kole	F_{r2}

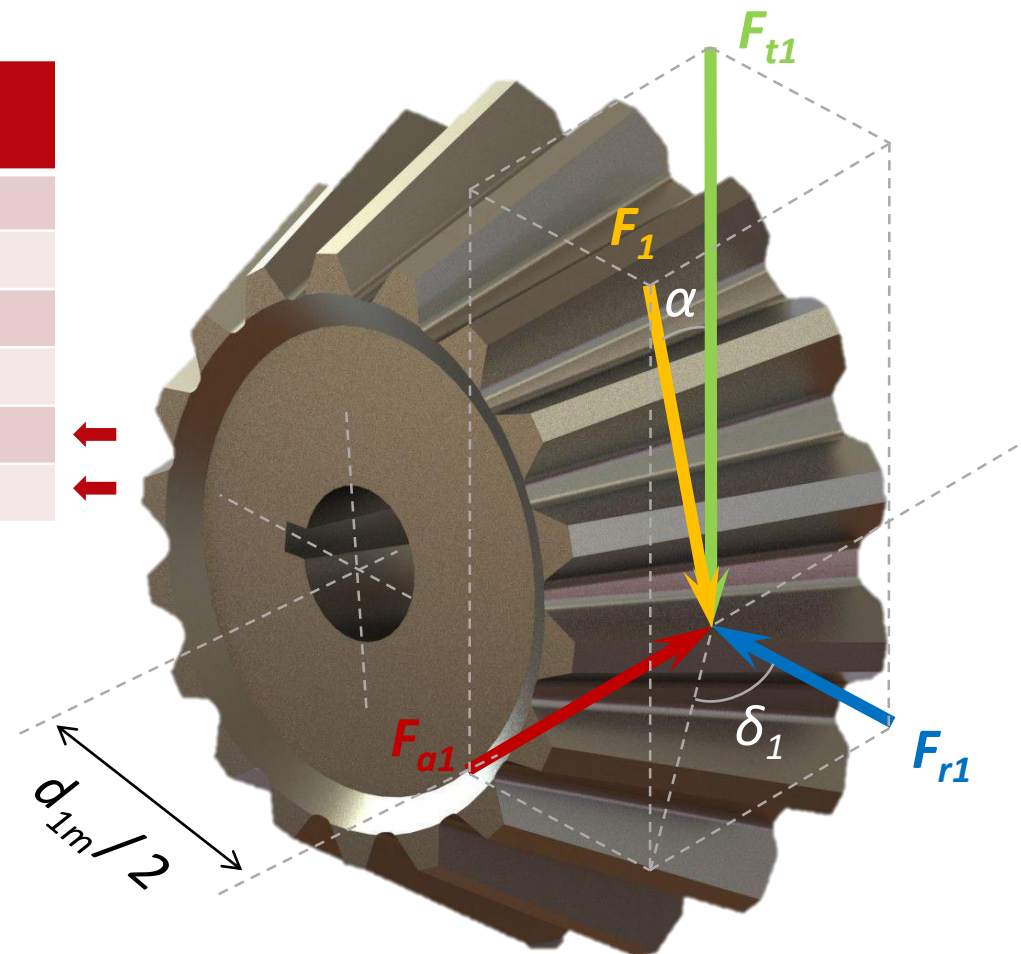


- Radiální síla
- Obvodová síla
- Axiální síla

Silové poměry kuželového ozubení s přímými zuby

6.cvičenie

Návrh průměru hřídele dle MSP	d_{MSP}
Návrh průměru hřídele dle MSÚ	$d_{MSÚ}$
Bezpečnost vůči MSP	K_{MSP}
Bezpečnost vůči MSÚ	K_{MSU}
Radiální síla na pastorku	F_{r1}
Radiální síla na kole	F_{r2}



Obvodová síla

$$F_{t1} = \frac{M_1}{r_{1m}} = \frac{2M_1}{d_{1m}}$$

Radiální síla

$$F_{r1} = F_{t1} \cdot \tan \alpha \cdot \cos \delta_1$$

Axiální síla

$$F_{a1} = F_{t1} \cdot \tan \alpha \cdot \sin \delta_1$$

Normálová síla

$$F_1 = \frac{F_{t1}}{\cos \alpha}$$

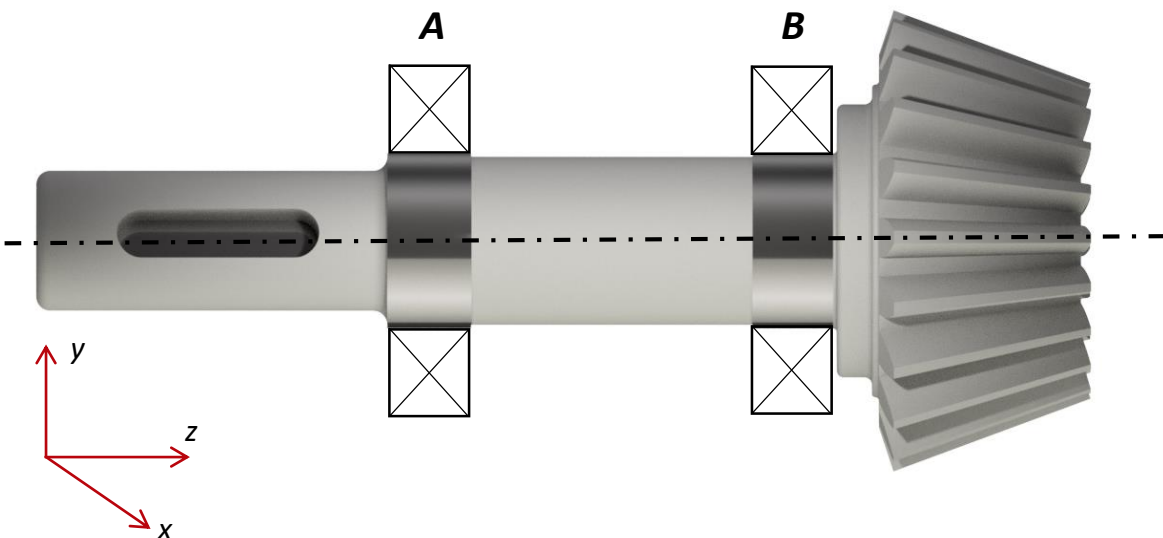
Pevnostní kontrola hřídele - postup

6.cvičení

Návrh průměru hřídele dle MSP	d_{MSP}
Návrh průměru hřídele dle MSÚ	$d_{MSÚ}$
Bezpečnost vůči MSP	K_{MSP}
Bezpečnost vůči MSÚ	K_{MSU}
Radiální síla na pastorku	F_{r1}
Radiální síla na kole	F_{r2}

Postup řešení

- Vazbové reakce
- Výsledné vnitřní účinky (VVÚ)
- Časový průběh napětí
- Nominální napětí
- Součinitelé tvaru a vrubu
- Špičková napětí
- Redukované napětí
- Kritické místo
- Korigovaná mez únavy v kritickém místě
- Haighův diagram a kritérium únavového porušení
- Zatěžovací dráha
- Součinitel bezpečnosti k meznímu stavu únavy k_u

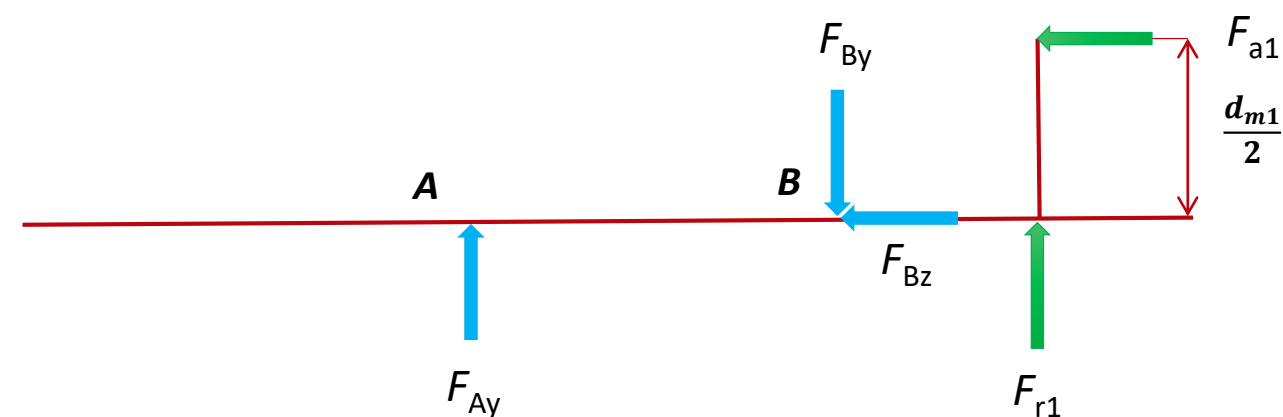
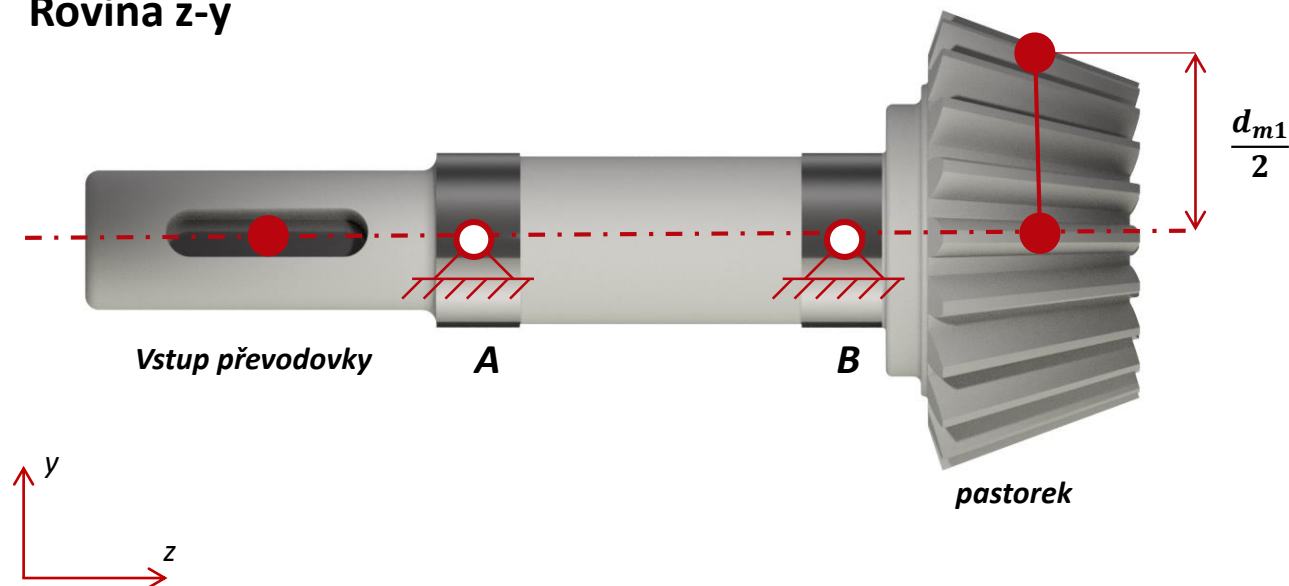


Pevnostní kontrola hřídele – vazbové reakce

6.cvičenie

Návrh průměru hřídele dle MSP	d_{MSP}
Návrh průměru hřídele dle MSÚ	$d_{MSÚ}$
Bezpečnost vůči MSP	K_{MSP}
Bezpečnost vůči MSÚ	K_{MSU}
Radiální síla na pastorku	F_{r1}
Radiální síla na kole	F_{r2}

Rovina z-y

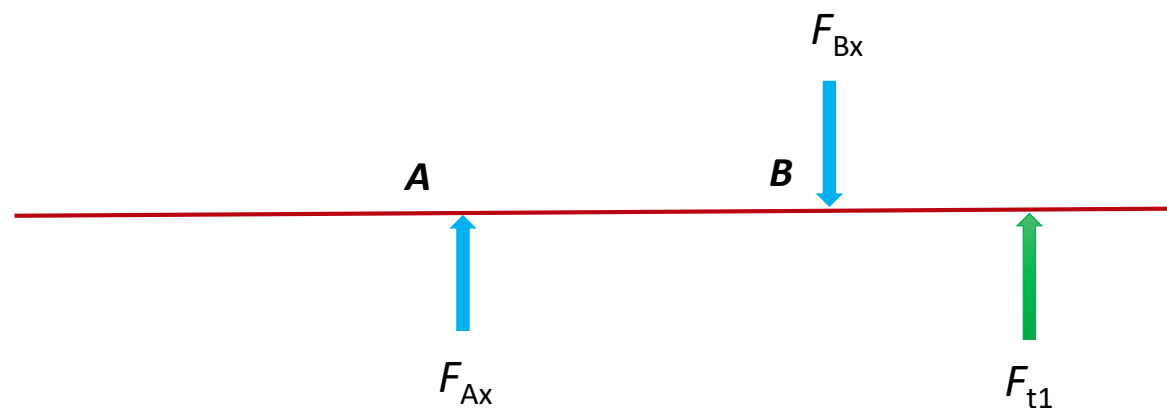
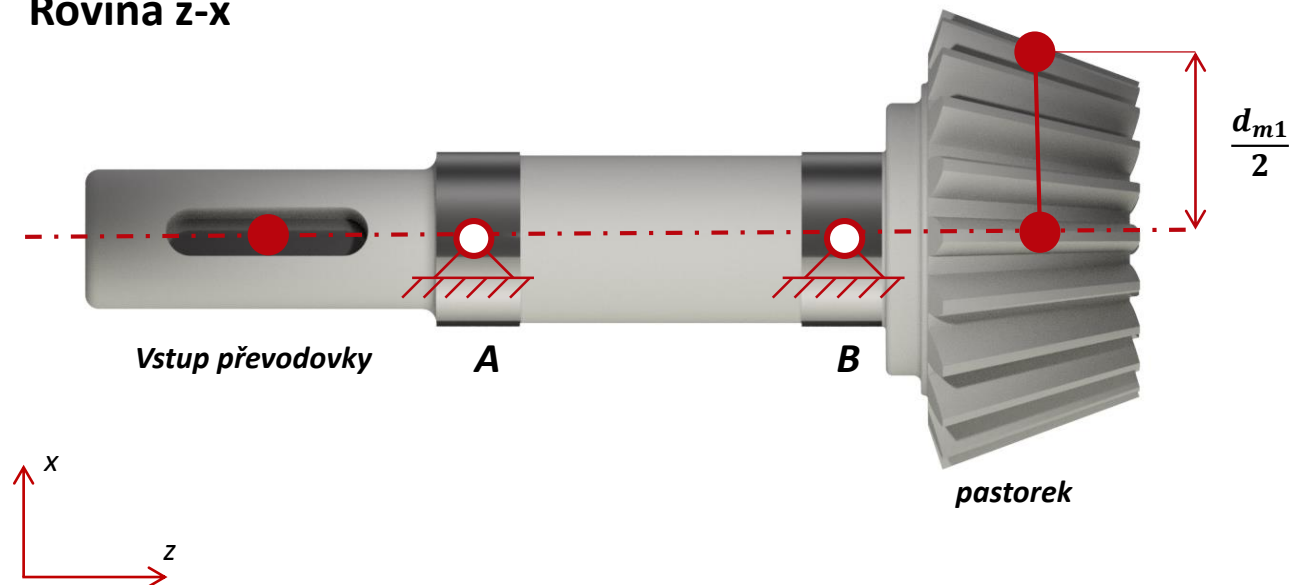


Pevnostní kontrola hřídele – vazbové reakce

6.cvičenie

Návrh průměru hřídele dle MSP	d_{MSP}
Návrh průměru hřídele dle MSÚ	$d_{MSÚ}$
Bezpečnost vůči MSP	K_{MSP}
Bezpečnost vůči MSÚ	K_{MSU}
Radiální síla na pastorku	F_{r1}
Radiální síla na kole	F_{r2}

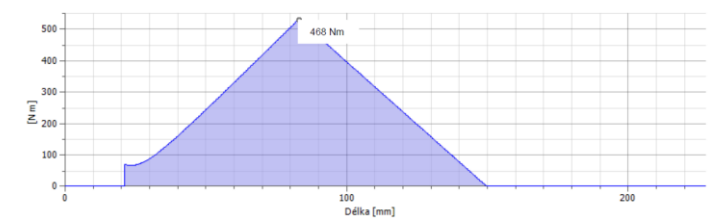
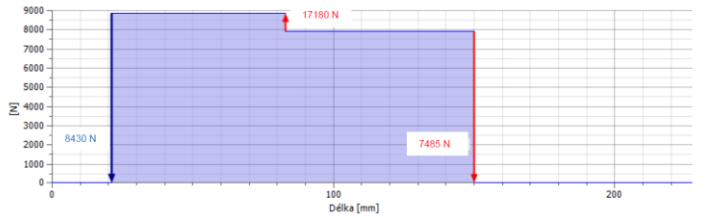
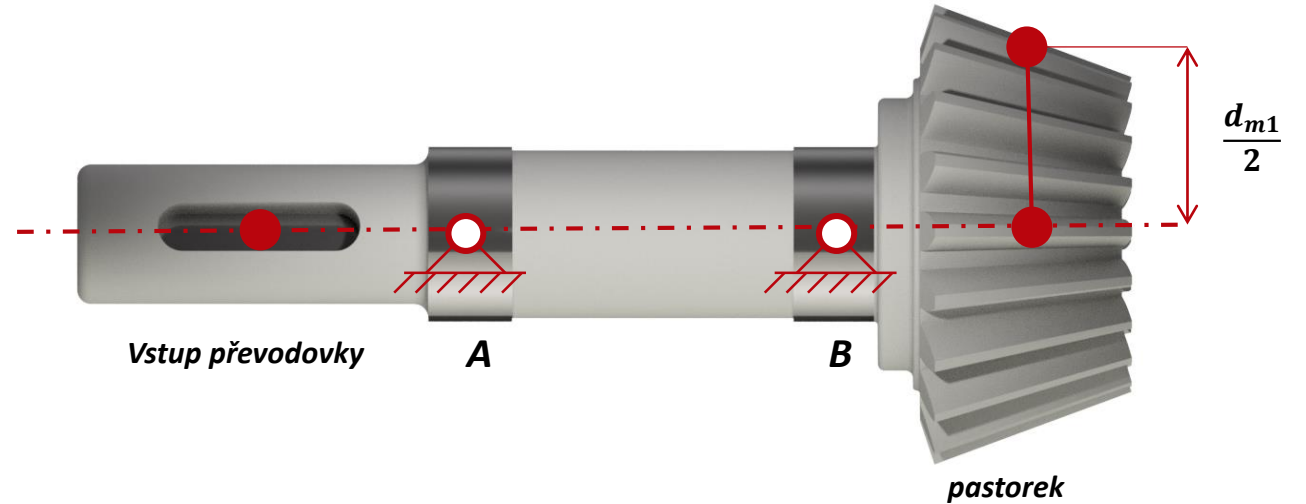
Rovina z-x



Pevnostní kontrola hřídele – MSP

6.cvičení

Návrh průměru hřídele dle MSP	d_{MSP}	←
Návrh průměru hřídele dle MSÚ	$d_{MSÚ}$	←
Bezpečnost vůči MSP	K_{MSP}	←
Bezpečnost vůči MSÚ	K_{MSU}	←
Radiální síla na pastorku	F_{r1}	
Radiální síla na kole	F_{r2}	



ohyb M_{ox} } Celkový ohybový moment

$$M_o = \sqrt{M_{ox}^2 + M_{oy}^2}$$

ohyb M_{oy} }

Ohybové napětí σ

krut M_k →

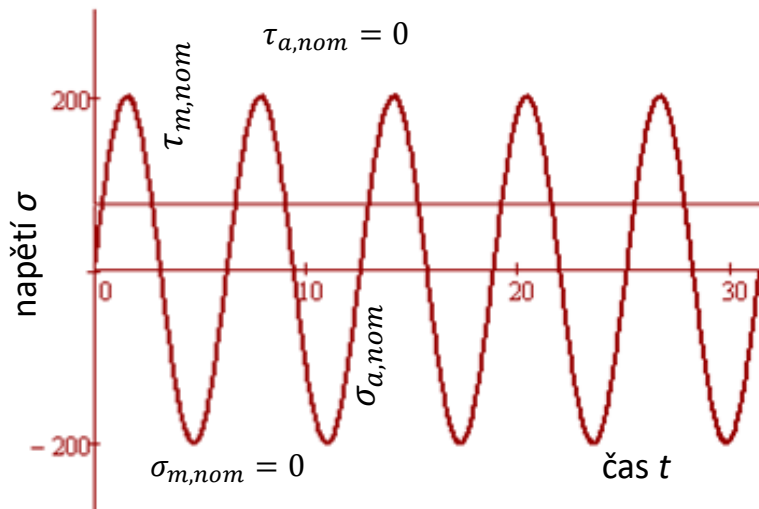
Smykové napětí τ

} σ_{RED}

Pevnostní kontrola hřídele – zatěžovací cyklus

6.cvičení

Návrh průměru hřídele dle MSP	d_{MSP}
Návrh průměru hřídele dle MSÚ	$d_{MSÚ}$
Bezpečnost vůči MSP	K_{MSP}
Bezpečnost vůči MSÚ	K_{MSU}
Radiální síla na pastorku	F_{r1}
Radiální síla na kole	F_{r2}



Střídavý souměrný cyklus ohybového napětí

$$\sigma_{a,nom} = \left| \frac{\sigma_h - \sigma_n}{2} \right| = \sigma_o = \frac{32M_o}{\pi d^3}$$

$$\sigma_{m,nom} = \frac{\sigma_h + \sigma_n}{2} = 0$$

Konstantní hodnota smykového napětí

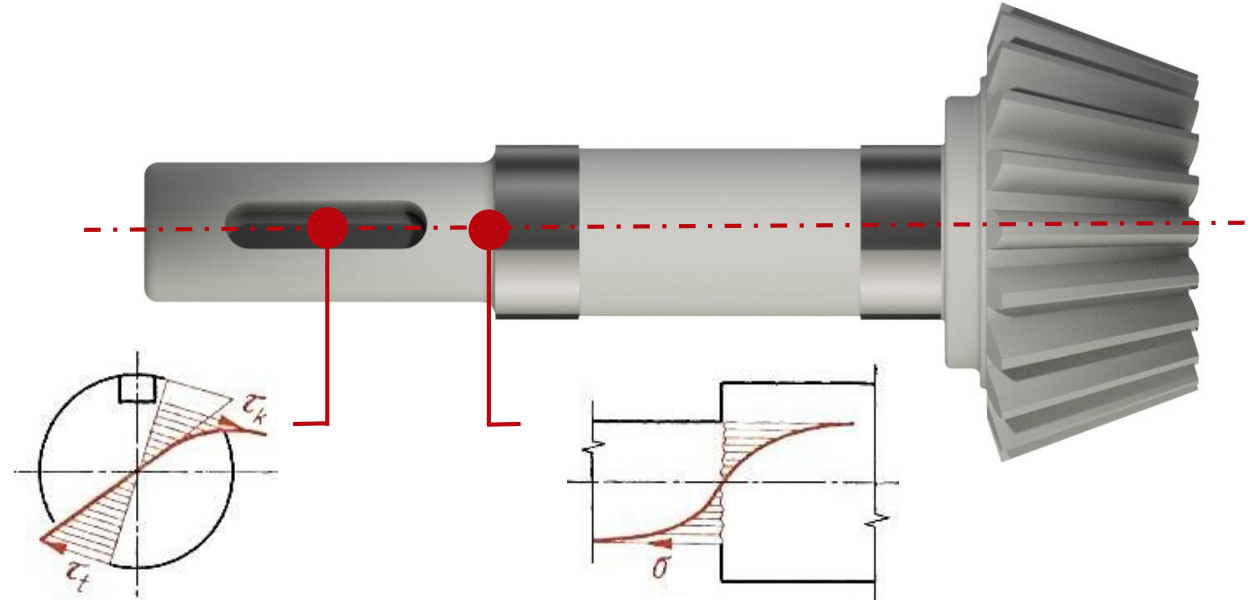
$$\tau_{a,nom} = \left| \frac{\tau_h - \tau_n}{2} \right| = 0$$

$$\tau_{m,nom} = \frac{\tau_h + \tau_n}{2} = \tau_k = \frac{16M_k}{\pi d^3}$$

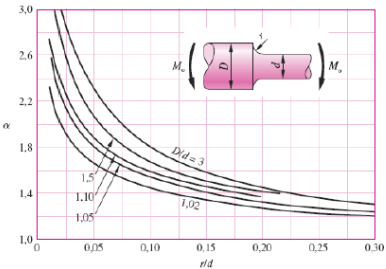
Pevnostní kontrola hřídele – součinitel tvaru a vrubu

6.cvičení

Návrh průměru hřídele dle MSP	d_{MSP}
Návrh průměru hřídele dle MSÚ	$d_{MSÚ}$
Bezpečnost vůči MSP	K_{MSP}
Bezpečnost vůči MSÚ	K_{MSU}
Radiální síla na pastorku	F_{r1}
Radiální síla na kole	F_{r2}



Součinitel tvaru α



α, α_τ ...součinitelé tvaru
 r ...poloměr křivosti v kořeni vrubu
 a ...Heywoodův parametr

Součinitelé vrubu β, β_τ (Neuberův vztah)

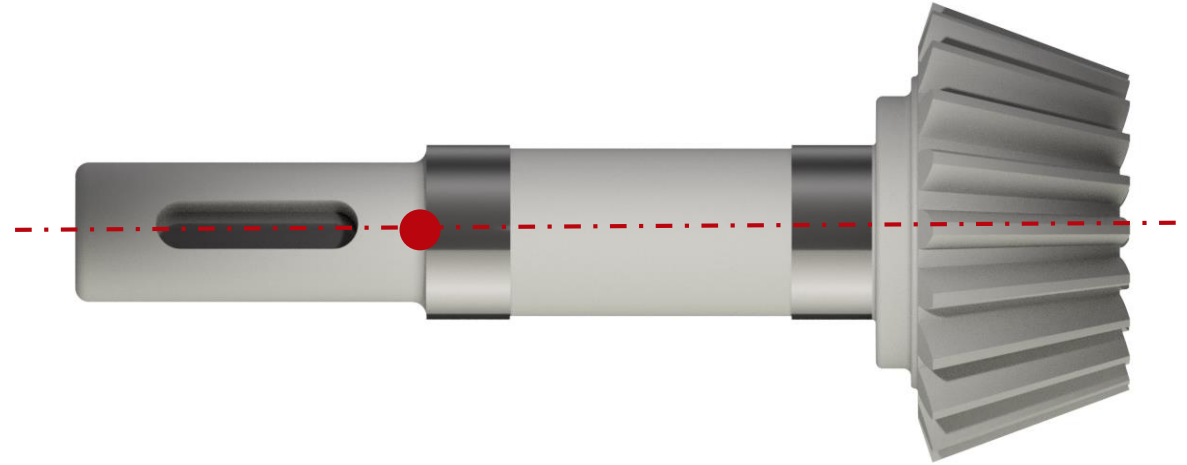
$$\beta = \frac{\alpha}{1 + \frac{2(\alpha - 1)\sqrt{a}}{\alpha\sqrt{r}}}$$

$$\beta_\tau = \frac{\alpha_\tau}{1 + \frac{2(\alpha_\tau - 1)\sqrt{a}}{\alpha_\tau\sqrt{r}}}$$

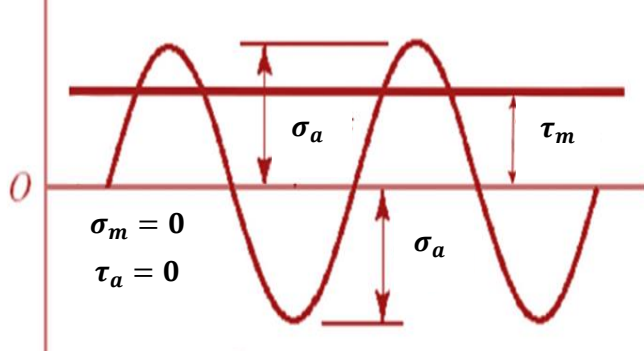
Pevnostní kontrola hřídele – součinitel tvaru a vrubu

6.cvičení

Návrh průměru hřídele dle MSP	d_{MSP}
Návrh průměru hřídele dle MSÚ	$d_{MSÚ}$
Bezpečnost vůči MSP	K_{MSP}
Bezpečnost vůči MSÚ	K_{MSU}
Radiální síla na pastorku	F_{r1}
Radiální síla na kole	F_{r2}



Střídavý souměrný cyklus napětí



$$\sigma_a = \sigma_{a,nom} \beta = \frac{32M_{oa}}{\pi d^3} \beta$$

$$\tau_a = \tau_{a,nom} \beta_\tau = 0$$

$$\sigma_m = \sigma_{m,nom} \beta = 0$$

$$\tau_m = \tau_{m,nom} \beta_\tau = \frac{16M_{km}}{\pi d^3} \beta_\tau$$

$$\sigma_{a,red} = \sqrt{\sigma_a^2 + 4\tau_a^2} = \sigma_a$$

Redukované napětí dle teorie max τ

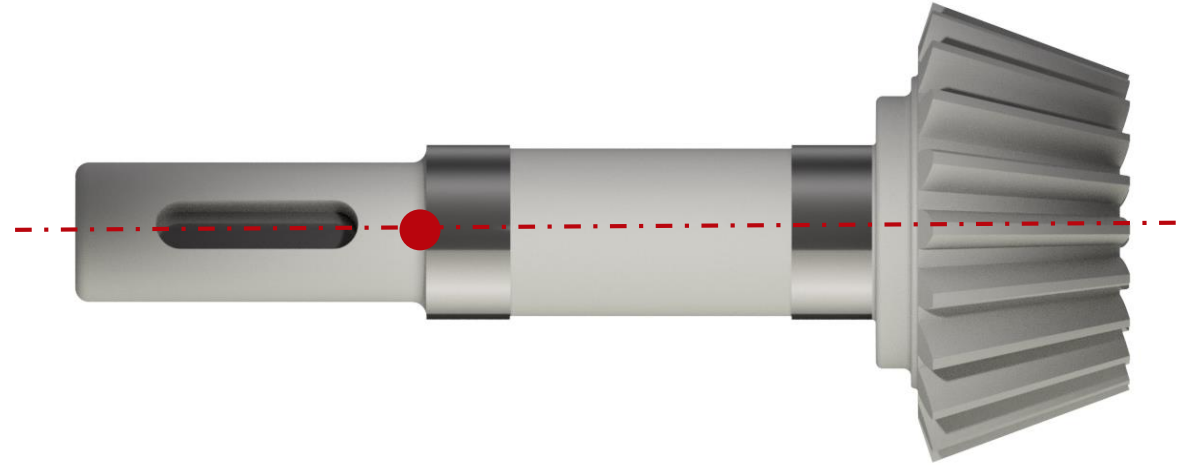
$$\sigma_{m,red} = \sqrt{\sigma_m^2 + 4\tau_m^2} = 2\tau_m$$

Kritické místo

Pevnostní kontrola hřídele – korigovaná mez únavy

6.cvičení

Návrh průměru hřídele dle MSP	d_{MSP}
Návrh průměru hřídele dle MSÚ	$d_{MSÚ}$
Bezpečnost vůči MSP	K_{MSP}
Bezpečnost vůči MSÚ	K_{MSU}
Radiální síla na pastorku	F_{r1}
Radiální síla na kole	F_{r2}



Marinova rovnice - korigovaná mez únavy v kritickém místě součásti

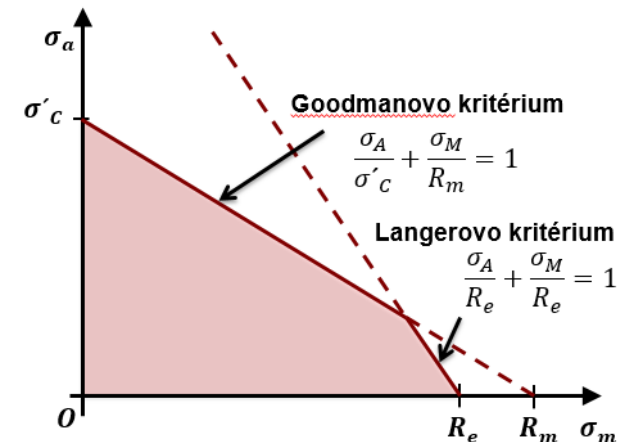
$$\sigma'_c = k_a k_b k_c k_d k_e k_f \sigma_{Co}$$

$$\sigma_{Co} = 0,504 R_m$$

$$\text{pro } R_m < 1460 \text{ MPa}$$

- k_a ...součinitel vlivu **jakosti povrchu**
- k_b ...součinitel vlivu **velikosti tělesa**
- k_c ...součinitel vlivu **způsobu zatěžování**
- k_d ...součinitel vlivu **teploty**
- k_e ...součinitel **spolehlivosti**
- k_f ...součinitel zahrnující **další vlivy**
- σ_{Co} ...mez únavy zkušební tyče v ohybu za rotace

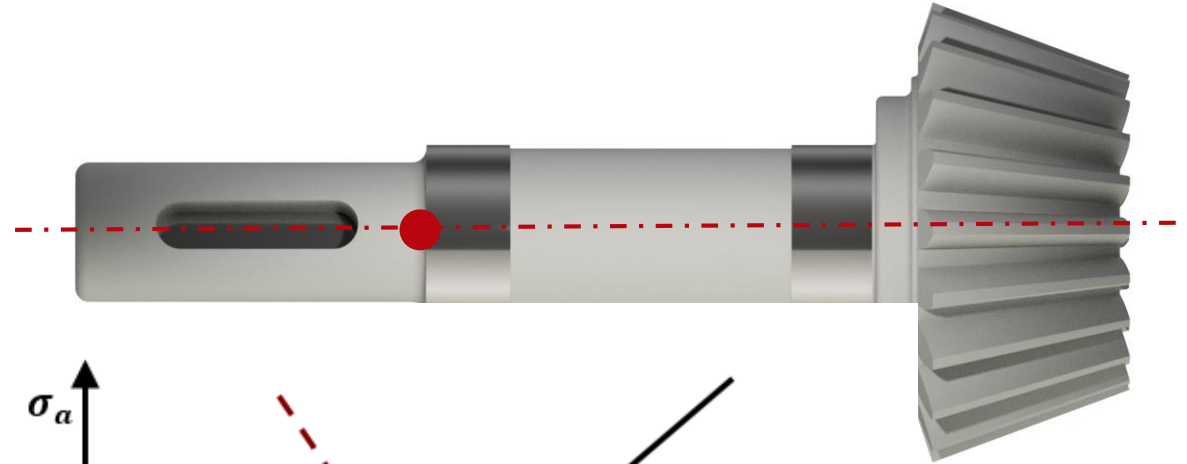
Výběr kritéria únavového porušení



Pevnostní kontrola hřídele – kritéria únavového porušení

6.cvičení

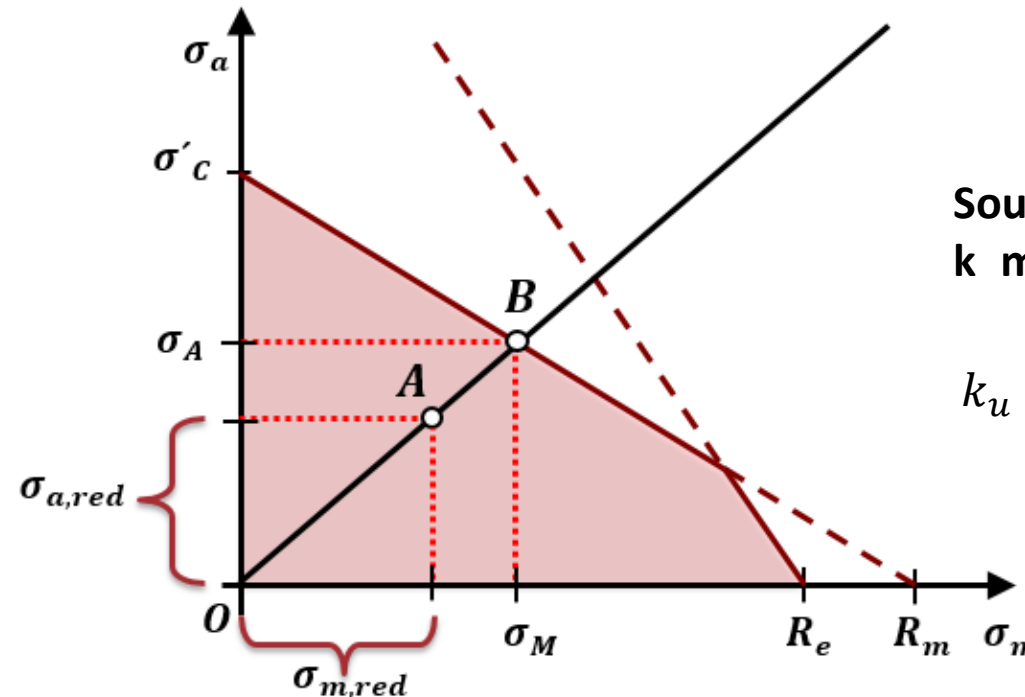
Návrh průměru hřídele dle MSP	d_{MSP}	
Návrh průměru hřídele dle MSÚ	$d_{MSÚ}$	←
Bezpečnost vůči MSP	K_{MSP}	
Bezpečnost vůči MSÚ	K_{MSU}	←
Radiální síla na pastorku	F_{r1}	
Radiální síla na kole	F_{r2}	



(Goodmanovo) kritérium + Zatěžovací dráha

$$\frac{\sigma_A}{\sigma'_c} + \frac{\sigma_M}{R_m} = 1 \quad r = \frac{\sigma_{a,red}}{\sigma_{m,red}} = \frac{\sigma_A}{\sigma_M}$$

$B [\sigma_M, \sigma_A]$



Součinitel bezpečnosti
k meznímu stavu únavy k_u

$$k_u = \frac{OB}{OA} = \frac{(\sigma_A)_{Goodman}}{\sigma_a}$$

$$k_u = \frac{1}{\frac{\sigma_{a,red}}{\sigma'_c} + \frac{\sigma_{m,red}}{R_m}}$$

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**