

6KT

KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ

PŘEVODY

Výpočet bezpečnosti v dotyku

Radovan Galas

galas@fme.vutbr.cz

A2/403

Ústav konstruování

Fakulta strojního inženýrství

VUT v Brně

3. cvičení



Institute of Machine
and Industrial Design

Úkoly pro 3. týden

Úkoly pro 3. týden

Kontrolní list		
Týden	Parametr	
1.	...	
2.	...	
3.	Obvodová síla na pastorku	F_{t1}
	Materiál pastorku	σ_{HLim1}
		σ_{FLim1}
		H_{v1}
	Materiál kola	σ_{HLim2}
		σ_{FLim2}
		H_{v2}
	Nominální napětí v dotyku	σ_{H0}
	Součinitel vnitřních dyn. sil	K_{v12}
	Souč. nerovnoměrnosti zatížení	$K_{H\beta}$
	Souč. podílu zatížení zubů	$K_{H\alpha}$
	Napětí v dotyku (pastorek)	σ_{H1}
	Napětí v dotyku (kolo)	σ_{H2}
	Příp. napětí v dotyku (pastorek)	σ_{HP1}
	Příp. napětí v dotyku (kolo)	σ_{HP2}
	Bezpečnost v dotyku (pastorek)	S_{H1}
	Bezpečnost v dotyku (kolo)	S_{H2}

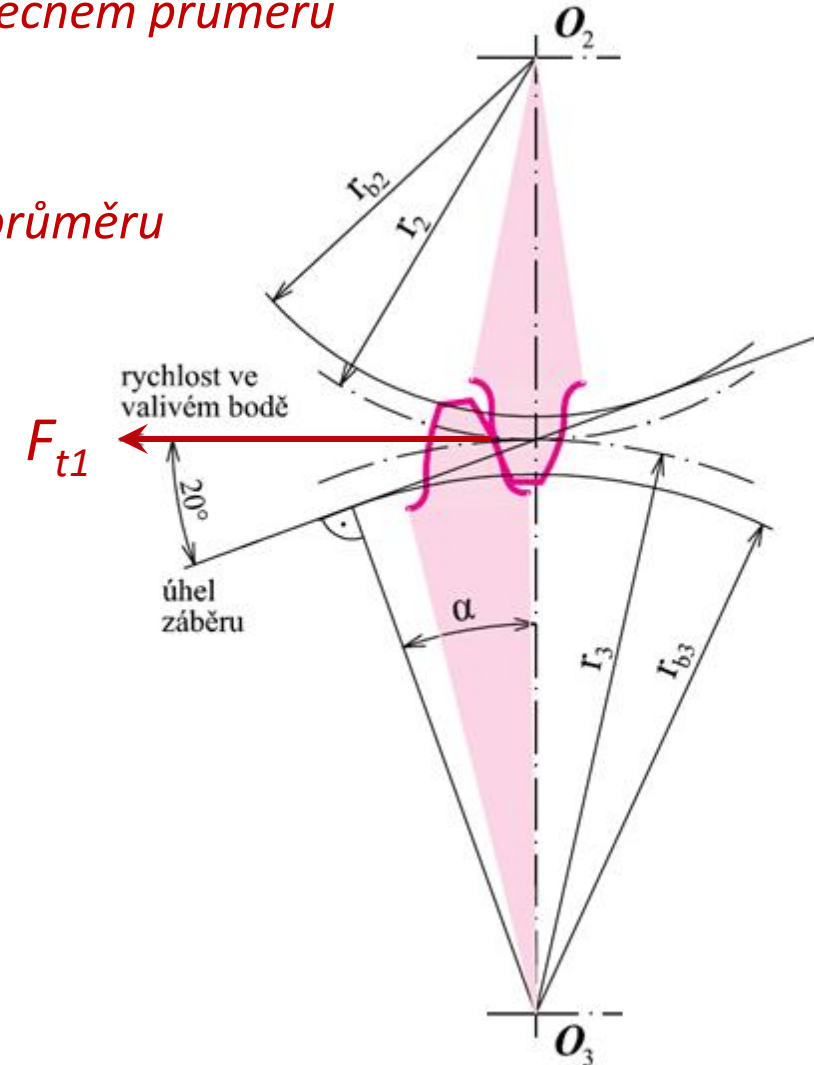
3. cvičení

Obvodová rychlost na pastorku na roztečném průměru

$$v_1 = \pi \cdot n_1 \cdot d_1$$

Obvodová síla působící na roztečném průměru pastorku

$$F_{t1} = \frac{P_j}{v_1}$$



Volba materiálu

Úkoly pro 3. týden

Kontrolní list		
Týden	Parametr	
1.	...	
2.	...	
3.	Obvodová síla na pastorku	F_{t1}
	Materiál pastorku	σ_{HLim1}
		σ_{FLim1}
		H_{v1}
	Materiál kola	σ_{HLim2}
		σ_{FLim2}
		H_{v2}
	Nominální napětí v dotyku	σ_{H0}
	Součinitel vnitřních dyn. sil	K_{v12}
	Souč. nerovnoměrnosti zatížení	$K_{H\beta}$
	Souč. podílu zatížení zubů	$K_{H\alpha}$
	Napětí v dotyku (pastorek)	σ_{H1}
	Napětí v dotyku (kolo)	σ_{H2}
	Příp. napětí v dotyku (pastorek)	σ_{HP1}
	Příp. napětí v dotyku (kolo)	σ_{HP2}
	Bezpečnost v dotyku (pastorek)	S_{H1}
	Bezpečnost v dotyku (kolo)	S_{H2}

3. cvičení

Obvodová rychlost na pastorku na roztečném průměru

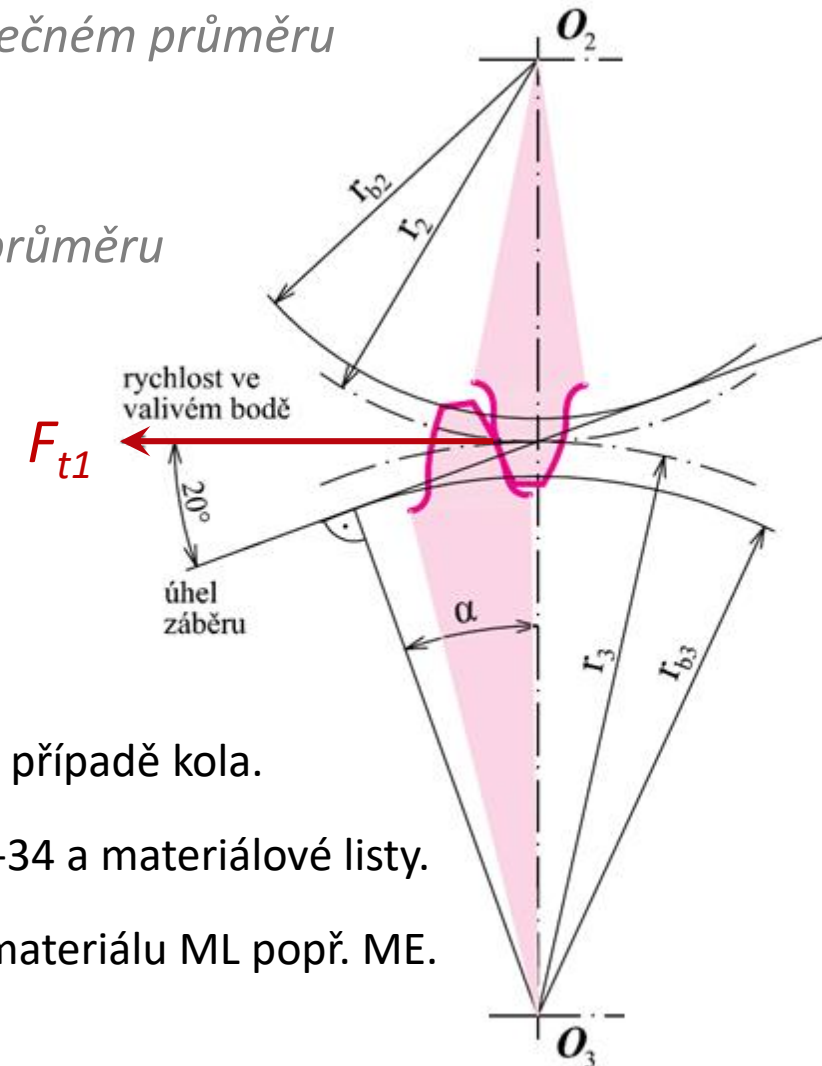
$$v_1 = \pi \cdot n_1 \cdot d_1$$

Obvodová síla působící na roztečném průměru pastorku

$$F_{t1} = \frac{P_j}{v_1}$$

Pokyny pro volbu materiálu

- Materiálem ozubení musí být ocel.
- Tvrdost pastorku by měla být vyšší než v případě kola.
- Při volbě materiálu využívejte tabulku A-34 a materiálové listy.
- V tabulce A-34 vybírejte stupeň kvality materiálu ML popř. ME.



Volba materiálu pastorku

Úkoly pro 3. týden

Kontrolní list		
Týden	Parametr	
1.	...	
2.	...	
3.	Obvodová síla na pastorku	F_{t1}
	Materiál pastorku	σ_{HLim1}
		σ_{FLim1}
		H_{v1}
	Materiál kola	σ_{HLim2}
		σ_{FLim2}
		H_{v2}
	Nominální napětí v dotyku	σ_{H0}
	Součinitel vnitřních dyn. sil	K_{v12}
	Souč. nerovnoměrnosti zatížení	$K_{H\beta}$
	Souč. podílu zatížení zubů	$K_{H\alpha}$
	Napětí v dotyku (pastorek)	σ_{H1}
	Napětí v dotyku (kolo)	σ_{H2}
	Příp. napětí v dotyku (pastorek)	σ_{HP1}
	Příp. napětí v dotyku (kolo)	σ_{HP2}
	Bezpečnost v dotyku (pastorek)	S_{H1}
	Bezpečnost v dotyku (kolo)	S_{H2}

1. Volba materiálu a způsobu zpracování

Materiál		označení ČSN	označení EN ISO; č. materiálu	způsob opracování (tepelné, chemicko-tepelné)	stupeň kvality ISO	Tvrдость v jádře zubu ⁶⁾	Tvrдость na boku zubu ⁶⁾
povrchově kalené oceli	ocel na odlitky	42 2660	GE 300; 1.0558	povrchově kalená po boku	ML	180	600 až 675
		42 2719	- ;-	povrchově kalená po boku	ML	210	600 až 675
	ušlechtilá konstrukční ocel	12 051	C50E; 1.1206	povrchově kalená po boku	ML	200	600 až 675
		14 140	37Cr4; 1.7034	povrchově kalená po boku	ML	250	600 až 675
		15 241	30CrMoV9; 1.7707	povrchově kalená po boku	MQ	315	600 až 675
		15 241	30CrMoV9; 1.7707	povrchově kalená mezerově	MQ	315	600 až 675
16 343	34CRNiMo6; 1.6582	povrchově kalená mezerově	MQ	300	600 až 675		
16 343	34CRNiMo6; 1.6582	povrchově kalená mezerově ²⁾	MQ	300	500 až 550		
konstrukční ocel legovaná vhodná k nitrídaci (nelegovaná Al)		13 242	42MnV7; 1.5223 ⁵⁾	nitridovaná ²⁾	ML	250	550 ⁷⁾
		15 230	-; 1.7361 ⁵⁾	nitridovaná ²⁾	ML	250	800 ⁷⁾
		15 330	30CrMoV9; 1.7707 ⁵⁾	nitridovaná ²⁾	ML	250	800 ⁷⁾
		16 343	34CrNiMo6; 1.6582	nitridovaná ²⁾	MQ	300	750 ⁷⁾
konstrukční ocel legovaná		14 140	37Cr4; 1.7034	nitrocementovaná kalená	ML	485	615 až 720
konstrukční ocel uhlíková k cementaci		12 010	C10E; 1.1121	cementovaná kalená	ML	135	650 až 720
		12 020	C16E; 1.1148	cementovaná kalená	ML	150	650 až 720
konstrukční ocel legovaná k cementaci		14 220 ^{3) 4)}	17MnCr5; 1.3521	cementovaná kalená	ML	250	650 až 720
		14 223 ⁴⁾	- ;-	cementovaná kalená	ML	285	650 až 720
		16 220	15NiCr6; -	cementovaná kalená	MQ	285	650 až 720
		16 420	14NiCr14; 1.5752 ⁵⁾	cementovaná kalená	MQ	300	650 až 720
konstrukční ocel ušlechtilá		12 061	C60; 1.0601	karbonitridovaná ¹⁾	ML	200	300 až 650
		12 061	C60E; 1.1221	karbonitridovaná ²⁾	ML	235	300 až 650

¹⁾ výchozí stav materiálu: normalizačně žíhaný

²⁾ výchozí stav materiálu: zušlechťený

³⁾ pro kola, do nichž se budou vrtat otvory, doporučuje se žádat ocel se sníženým obsahem C (0.12 až 0.14 %)

⁴⁾ při cementaci v zařízení bez regulace procesu s ohledem na přesycení vrstvy omezit použití do $m_n = 8$ a s hloubkou vrstvy do 1.2

mm

⁵⁾ označení ekvivalentní oceli dle DIN, není v ISO zavedena

⁶⁾ měřeno podle Vickerse(HV)

⁷⁾ tvrdost HV3

Volba materiálu pastorku

Úkoly pro 3. týden

Kontrolní list		
Týden	Parametr	
1.	...	
2.	...	
3.	Obvodová síla na pastorku	F_{t1}
	Materiál pastorku	σ_{Hlim1}
		σ_{Flim1}
		H_{v1}
	Materiál kola	σ_{Hlim2}
		σ_{Flim2}
		H_{v2}
	Nominální napětí v dotyku	σ_{H0}
	Součinitel vnitřních dyn. sil	K_{v12}
	Souč. nerovnoměrnosti zatížení	$K_{H\beta}$
	Souč. podílu zatížení zubů	$K_{H\alpha}$
	Napětí v dotyku (pastorek)	σ_{H1}
	Napětí v dotyku (kolo)	σ_{H2}
	Příp. napětí v dotyku (pastorek)	σ_{HP1}
	Příp. napětí v dotyku (kolo)	σ_{HP2}
	Bezpečnost v dotyku (pastorek)	S_{H1}
	Bezpečnost v dotyku (kolo)	S_{H2}

2. Výpočet mezí únavy v dotyku a ohybu

Tab. A-34 (pokračování)

Charakteristiky materiálů pro ozubená kola a konstanty A a B pro výpočet mezí únavy v dotyku σ_{Hlim} a v ohybu σ_{Flim} z rovnice $\sigma_{Hlim} = AH + B$, resp. $\sigma_{Flim} = AH + B$, pro počet cyklů $5 \cdot 10^7$ až 10^9 pro dotyk a $3 \cdot 10^6$ cyklů pro ohyb.
(Výběr z ISO 6336-5:2003)

poř. čís.	materiál	typ	zkratka	typ napětí	stupnice tvrdosti	tvrdost povrchu H		konstanty		stupeň kvality	σ_{Hlim} (MPa)		σ_{Flim} (MPa)			
						min.	max.	A	B		min.	max.	min.	max.		
21	uzšlechťené tvářené oceli	uhlíkové oceli	V	v dotyku	HV	135	210	0,963	283	ML	413	485				
22						135	210	0,925	360	MQ	485	554				
23						135	210	0,838	432	ME	545	608				
24						200	360	1,313	188	ML	450	661				
25		legované oceli	V		HV	200	360	1,313	373	MQ	635	846				
26						200	390	2,213	260	ME	702	1123				
27		uzšlechťené lité oceli	uhlíkové oceli		V	v ohybu	HV	115	215	0,250	108	ML			137	162
28								115	215	0,240	163	MQ			191	215
29								115	215	0,283	202	ME			235	263
30			legované oceli		V		HV	200	360	0,423	104	ML			189	256
31	200			360				0,425	187	MQ			272	340		
32	200			390				0,358	231	ME			303	371		
33	uzšlechťené lité oceli	uhlíkové oceli	V (litá)	v dotyku	HV	130	215	0,831	300	ML/MQ	408	479				
34						130	215	0,951	345	ME	469	549				
35		legované oceli	V (litá)		HV	200	360	1,276	298	ML/MQ	553	757				
36						200	360	1,350	356	ME	626	842				
37		uzšlechťené lité oceli	uhlíkové oceli		V (litá)	v ohybu	HV	130	215	0,224	117	ML/MQ			146	165
38								130	215	0,286	167	ME			204	228
39			legované oceli		V (litá)		HV	200	360	0,364	161	ML/MQ			234	292
40								200	360	0,356	186	ME			257	314

(pokračování)

Výpočet bezpečnosti v dotyku

Úkoly pro 3. týden

Kontrolní list		
Týden	Parametr	
1.	...	
2.	...	
3.	Obvodová síla na pastorku	F_{t1}
	Materiál pastorku	σ_{HLim1}
		σ_{FLim1}
		H_{v1}
	Materiál kola	σ_{HLim2}
		σ_{FLim2}
		H_{v2}
	Nominální napětí v dotyku	σ_{H0}
	Součinitel vnitřních dyn. sil	K_{v12}
	Souč. nerovnoměrnosti zatížení	$K_{H\beta}$
	Souč. podílu zatížení zubů	$K_{H\alpha}$
	Napětí v dotyku (pastorek)	σ_{H1}
	Napětí v dotyku (kolo)	σ_{H2}
	Příp. napětí v dotyku (pastorek)	σ_{HP1}
	Příp. napětí v dotyku (kolo)	σ_{HP2}
	Bezpečnost v dotyku (pastorek)	S_{H1}
	Bezpečnost v dotyku (kolo)	S_{H2}

3. cvičení

Příklad 14-4, str. 838, přehled rovnic 834 (výpočet dle ISO)

Výpočet bezpečnosti v dotyku dle ISO (strana 839)

Nominální napětí v dotyku

$$\sigma_{H0} = Z_E Z_H Z_\varepsilon Z_\beta \sqrt{\frac{F_t}{bd_1} \frac{u+1}{u}}$$

$$u = u_{12} = i_{12}$$

$$b = b_2 \text{ (menší z šířek } b_1, b_2)$$

Součinitel mechanických vlastností materiálu

$$Z_E = \sqrt{\frac{1}{\pi \left(\frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2} \right)}}$$

Pro kola z oceli, $Z_E = 189.8 \text{ MPa}^{1/2}$

Součinitel tvaru spoluzabírajících zubů

$$Z_H = \sqrt{\frac{2 \cos \beta_b}{\cos^2 \alpha_t \tan \alpha_{tw}}}$$

$$\beta_b = \beta = 0$$

Výpočet bezpečnosti v dotyku

Úkoly pro 3. týden

Kontrolní list		
Týden	Parametr	
1.	...	
2.	...	
3.	Obvodová síla na pastorku	F_{t1}
	Materiál pastorku	σ_{HLim1}
		σ_{FLim1}
		H_{v1}
	Materiál kola	σ_{HLim2}
		σ_{FLim2}
		H_{v2}
	Nominální napětí v dotyku	σ_{H0}
	Součinitel vnitřních dyn. sil	K_{v12}
	Souč. nerovnoměrnosti zatížení	$K_{H\beta}$
	Souč. podílu zatížení zubů	$K_{H\alpha}$
	Napětí v dotyku (pastorek)	σ_{H1}
	Napětí v dotyku (kolo)	σ_{H2}
	Příp. napětí v dotyku (pastorek)	σ_{HP1}
	Příp. napětí v dotyku (kolo)	σ_{HP2}
	Bezpečnost v dotyku (pastorek)	S_{H1}
	Bezpečnost v dotyku (kolo)	S_{H2}

Příklad 14-4, str. 838, přehled rovnic 834 (výpočet dle ISO)

Výpočet bezpečnosti v dotyku dle ISO (strana 839)

Nominální napětí v dotyku

$$\sigma_{H0} = Z_E Z_H Z_\varepsilon Z_\beta \sqrt{\frac{F_t}{bd_1} \frac{u+1}{u}}$$

$$u = u_{12} = i_{12}$$

$$b = b_2 \text{ (menší z šířek } b_1, b_2)$$

Součinitel součtové délky dotykových křivek boků zubů

$$Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{4 - \varepsilon_\alpha}{3}}$$

Součinitel vlivu sklonu zubu

$$Z_\beta = \sqrt{\cos\beta} = \sqrt{\cos 0^\circ} = 1$$



Výpočet bezpečnosti v dotyku

Úkoly pro 3. týden

Kontrolní list		
Týden	Parametr	
1.	...	
2.	...	
3.	Obvodová síla na pastorku	F_{t1}
	Materiál pastorku	σ_{HLim1}
		σ_{FLim1}
		H_{v1}
	Materiál kola	σ_{HLim2}
		σ_{FLim2}
		H_{v2}
	Nominální napětí v dotyku	σ_{H0}
	Součinitel vnitřních dyn. sil	K_{v12}
	Souč. nerovnoměrnosti zatížení	$K_{H\beta}$
	Souč. podílu zatížení zubů	$K_{H\alpha}$
	Napětí v dotyku (pastorek)	σ_{H1}
	Napětí v dotyku (kolo)	σ_{H2}
	Příp. napětí v dotyku (pastorek)	σ_{HP1}
	Příp. napětí v dotyku (kolo)	σ_{HP2}
	Bezpečnost v dotyku (pastorek)	S_{H1}
	Bezpečnost v dotyku (kolo)	S_{H2}

3. cvičení

Napětí v dotyku pro pastorek

$$\sigma_{H1} = Z_B \sigma_{H0} \sqrt{K_A K_V K_{H\beta} K_{H\alpha}}$$

Napětí v dotyku pro kolo

$$\sigma_{H2} = Z_D \sigma_{H0} \sqrt{K_A K_V K_{H\beta} K_{H\alpha}}$$

Součinitele jednopárového záběru pastorku a kola

$$Z_B = f(M_1) \quad Z_D = f(M_2)$$

M_1, M_2 pomocné souč. pro pastorek a kolo vycházející z geometrie (str. 811)

je-li $M_1 > 1$, pak $Z_B = M_1$ je-li $M_2 > 1$, pak $Z_D = M_2$
 Je-li $M_1 < 1$, pak $Z_B = 1$ Je-li $M_2 < 1$, pak $Z_D = 1$

Součinitel vnějších dynamických sil $K_A = \text{zadáno}$

Součinitel vnitřních dynamických sil

$$K_V = \left(\frac{A + \sqrt{200v}}{A} \right)^B$$

A, B Proměnné A a B jsou funkcí stupně přesnosti ozubení Q_{ISO} , která má 13 stupňů přesnosti (0-12). Doporučená hodnota $Q_{ISO} = 7$. (str. 793)

v Mathcadu zadat $v_1/\text{ms}^{-1}!!!$

Výpočet bezpečnosti v dotyku

Úkoly pro 3. týden

Kontrolní list		
Týden	Parametr	
1.	...	
2.	...	
3.	Obvodová síla na pastorku	F_{t1}
	Materiál pastorku	σ_{HLim1}
		σ_{FLim1}
		H_{v1}
	Materiál kola	σ_{HLim2}
		σ_{FLim2}
		H_{v2}
	Nominální napětí v dotyku	σ_{H0}
	Součinitel vnitřních dyn. sil	K_{v12}
	Souč. nerovnoměrnosti zatížení	$K_{H\beta}$
	Souč. podílu zatížení zubů	$K_{H\alpha}$
	Napětí v dotyku (pastorek)	σ_{H1}
	Napětí v dotyku (kolo)	σ_{H2}
	Příp. napětí v dotyku (pastorek)	σ_{HP1}
	Příp. napětí v dotyku (kolo)	σ_{HP2}
	Bezpečnost v dotyku (pastorek)	S_{H1}
	Bezpečnost v dotyku (kolo)	S_{H2}

Napětí v dotyku pro pastorek

$$\sigma_{H1} = Z_B \sigma_{H0} \sqrt{K_A K_V K_{H\beta} K_{H\alpha}}$$

Napětí v dotyku pro kolo

$$\sigma_{H2} = Z_D \sigma_{H0} \sqrt{K_A K_V K_{H\beta} K_{H\alpha}}$$

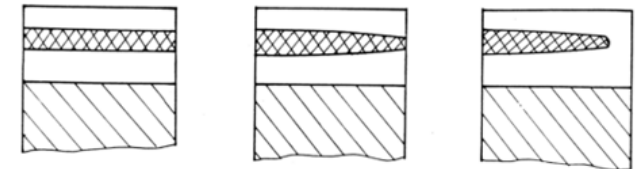
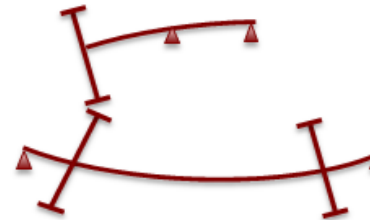
Součinitel nerovnoměrnosti zatížení zubů po šířce Ověření podmínek str. 794!!

$F_{\beta y}, c_y$ - zadáno

$$K_{H\beta} = f(F_m, b, \dots)$$

Střední obvodová síla

$$F_m = F_t K_A K_V$$



Chyba v podmínce na str. 794!!!

$$\frac{F_{\beta y} c_y}{2 F_m} < 1 \rightarrow K_{H\beta} = 1 + \frac{F_{\beta y} c_y}{2 F_m} \quad \text{nebo} \quad \frac{F_{\beta y} c_y}{2 F_m} \geq 1 \rightarrow K_{H\beta} = \sqrt{\frac{2 F_{\beta y} c_y}{F_m}}$$

$$\frac{F_m}{b} < 100 \text{ Nmm}^{-1} \text{ pak } \frac{F_m}{b} = 100 \text{ Nmm}^{-1}$$

Výpočet bezpečnosti v dotyku

Úkoly pro 3. týden

Kontrolní list		
Týden	Parametr	
1.	...	
2.	...	
3.	Obvodová síla na pastorku	F_{t1}
	Materiál pastorku	σ_{HLim1}
		σ_{FLim1}
		H_{v1}
	Materiál kola	σ_{HLim2}
		σ_{FLim2}
		H_{v2}
	Nominální napětí v dotyku	σ_{H0}
	Součinitel vnitřních dyn. sil	K_{v12}
	Souč. nerovnoměrnosti zatížení	$K_{H\beta}$
	Souč. podílu zatížení zubů	$K_{H\alpha}$
	Napětí v dotyku (pastorek)	σ_{H1}
	Napětí v dotyku (kolo)	σ_{H2}
	Příp. napětí v dotyku (pastorek)	σ_{HP1}
	Příp. napětí v dotyku (kolo)	σ_{HP2}
	Bezpečnost v dotyku (pastorek)	S_{H1}
	Bezpečnost v dotyku (kolo)	S_{H2}

Napětí v dotyku pro pastorek

$$\sigma_{H1} = Z_B \sigma_{H0} \sqrt{K_A K_V K_{H\beta} K_{H\alpha}}$$

Napětí v dotyku pro kolo

$$\sigma_{H2} = Z_D \sigma_{H0} \sqrt{K_A K_V K_{H\beta} K_{H\alpha}}$$

Součinitel podílu zatížení jednotlivých zubů

$$K_{H\alpha} = f(\varepsilon_\gamma, b, F_{tH} \dots)$$

Směrodatná obvodová síla v čelní rovině

$$F_{tH} = F_t K_A K_V K_{H\beta}$$

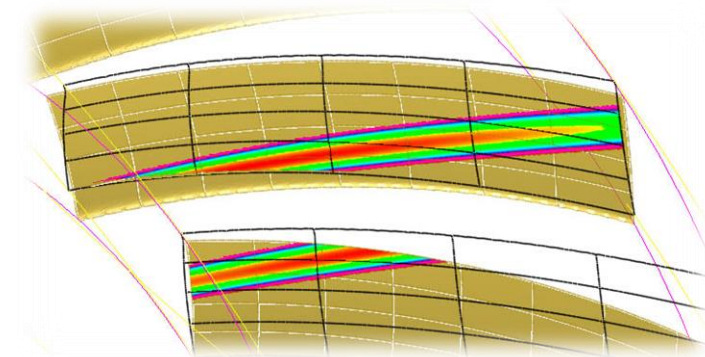
Pomocný součinitel

$$q_\alpha = \frac{c_\gamma (f_{pe} - y_\alpha)}{\frac{F_{tH}}{b}}$$

Mezní úchylka čelní rozteče z tab. A-36

f_{pt1}, f_{pt2}

Ověření podmínek str. 802!!



Výpočet bezpečnosti v dotyku

Úkoly pro 3. týden

Kontrolní list		
Týden	Parametr	
1.	...	
2.	...	
3.	Obvodová síla na pastorku	F_{t1}
	Materiál pastorku	σ_{HLim1}
		σ_{FLim1}
		H_{v1}
	Materiál kola	σ_{HLim2}
		σ_{FLim2}
		H_{v2}
	Nominální napětí v dotyku	σ_{H0}
	Součinitel vnitřních dyn. sil	K_{v12}
	Souč. nerovnoměrnosti zatížení	$K_{H\beta}$
	Souč. podílu zatížení zubů	$K_{H\alpha}$
	Napětí v dotyku (pastorek)	σ_{H1}
	Napětí v dotyku (kolo)	σ_{H2}
	Příp. napětí v dotyku (pastorek)	σ_{HP1}
	Příp. napětí v dotyku (kolo)	σ_{HP2}
	Bezpečnost v dotyku (pastorek)	S_{H1}
	Bezpečnost v dotyku (kolo)	S_{H2}

Napětí v dotyku pro pastorek

$$\sigma_{H1} = Z_B \sigma_{H0} \sqrt{K_A K_V K_{H\beta} K_{H\alpha}}$$

Napětí v dotyku pro kolo

$$\sigma_{H2} = Z_D \sigma_{H0} \sqrt{K_A K_V K_{H\beta} K_{H\alpha}}$$

Součinitel podílu zatížení jednotlivých zubů

$$K_{H\alpha} = f(\varepsilon_\gamma, b, F_{tH} \dots)$$

Mezní úchylka základní rozteče

$$f_{pb1} = f_{pt1} \cos(\alpha_t)$$

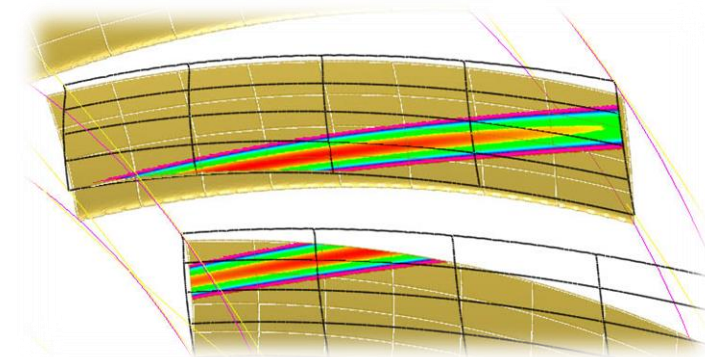
$$f_{pb2} = f_{pt2} \cos(\alpha_t)$$

Účinná úchylka základní rozteče

$$f_{pe} = \max(f_{pb1}, f_{pb2})$$

Snížení úchylky základní rozteče opotřebením při záběru – obr. 14-8a $\rightarrow \gamma_\alpha$

Ověření podmínek str. 802!!



Výpočet bezpečnosti v dotyku

Úkoly pro 3. týden

Kontrolní list		
Týden	Parametr	
1.	...	
2.	...	
3.	Obvodová síla na pastorku	F_{t1}
	Materiál pastorku	σ_{HLim1}
		σ_{FLim1}
		H_{v1}
	Materiál kola	σ_{HLim2}
		σ_{FLim2}
		H_{v2}
	Nominální napětí v dotyku	σ_{H0}
	Součinitel vnitřních dyn. sil	K_{v12}
	Souč. nerovnoměrnosti zatížení	$K_{H\beta}$
	Souč. podílu zatížení zubů	$K_{H\alpha}$
	Napětí v dotyku (pastorek)	σ_{H1}
	Napětí v dotyku (kolo)	σ_{H2}
	Příp. napětí v dotyku (pastorek)	σ_{HP1}
	Příp. napětí v dotyku (kolo)	σ_{HP2}
	Bezpečnost v dotyku (pastorek)	S_{H1}
	Bezpečnost v dotyku (kolo)	S_{H2}

3. cvičení

Napětí v dotyku pro pastorek

$$\sigma_{H1} = Z_B \sigma_{H0} \sqrt{K_A K_V K_{H\beta} K_{H\alpha}}$$

Součinitel podílu zatížení jednotlivých zubů

$$K_{H\alpha} = f(\varepsilon_\gamma, b, F_{tH} \dots)$$

Snížení úchytky základní rozteče opotřebením při záběru – obr. 14-8a

$$y_\alpha = \frac{y_{\alpha1} + y_{\alpha2}}{2}$$

Pomocný součinitel

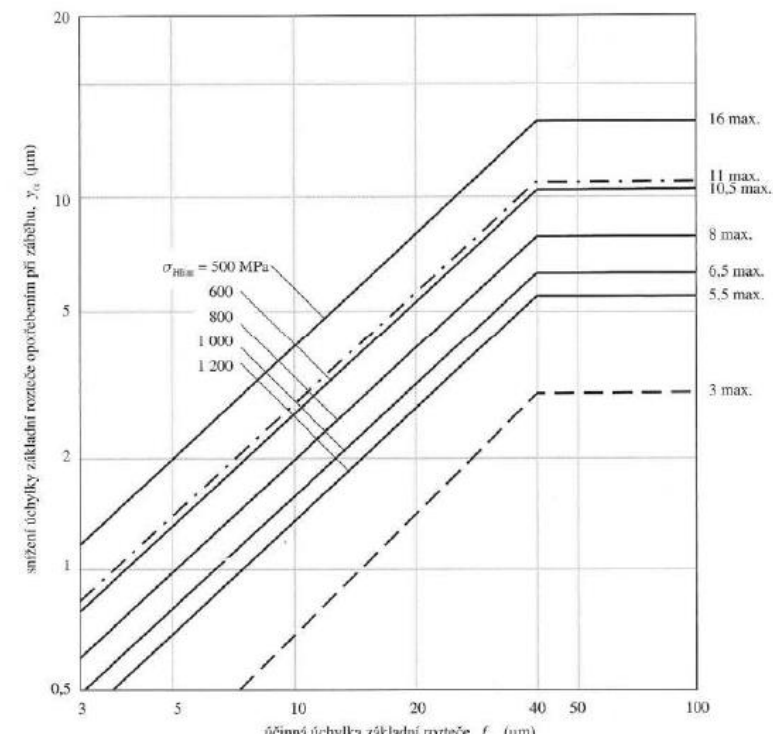
$$q_\alpha = \frac{c_\gamma (f_{pe} - y_\alpha)}{\frac{F_{tH}}{b}}$$

$K_{H\alpha} =$ dle podmínek na str. 802
(14-34), (14-35), (14-36)

Napětí v dotyku pro kolo

$$\sigma_{H2} = Z_D \sigma_{H0} \sqrt{K_A K_V K_{H\beta} K_{H\alpha}}$$

Ověření podmínek str. 802!!



Výpočet bezpečnosti v dotyku

Úkoly pro 3. týden

Kontrolní list		
Týden	Parametr	
1.	...	
2.	...	
3.	Obvodová síla na pastorku	F_{t1}
	Materiál pastorku	σ_{HLim1}
		σ_{FLim1}
		H_{v1}
	Materiál kola	σ_{HLim2}
		σ_{FLim2}
		H_{v2}
	Nominální napětí v dotyku	σ_{H0}
	Součinitel vnitřních dyn. sil	K_{v12}
	Souč. nerovnoměrnosti zatížení	$K_{H\beta}$
	Souč. podílu zatížení zubů	$K_{H\alpha}$
	Napětí v dotyku (pastorek)	σ_{H1}
	Napětí v dotyku (kolo)	σ_{H2}
	Příp. napětí v dotyku (pastorek)	σ_{HP1}
	Příp. napětí v dotyku (kolo)	σ_{HP2}
	Bezpečnost v dotyku (pastorek)	S_{H1}
	Bezpečnost v dotyku (kolo)	S_{H2}

Napětí v dotyku pro pastorek

$$\sigma_{H1} = Z_B \sigma_{H0} \sqrt{K_A K_V K_{H\beta} K_{H\alpha}}$$

Napětí v dotyku pro kolo

$$\sigma_{H2} = Z_D \sigma_{H0} \sqrt{K_A K_V K_{H\beta} K_{H\alpha}}$$

Výpočet bezpečnosti v dotyku

Úkoly pro 3. týden

Kontrolní list		
Týden	Parametr	
1.	...	
2.	...	
3.	Obvodová síla na pastorku	F_{t1}
	Materiál pastorku	σ_{Hlim1}
		σ_{FLim1}
		H_{v1}
	Materiál kola	σ_{Hlim2}
		σ_{FLim2}
		H_{v2}
	Nominální napětí v dotyku	σ_{H0}
	Součinitel vnitřních dyn. sil	K_{v12}
	Souč. nerovnoměrnosti zatížení	$K_{H\beta}$
	Souč. podílu zatížení zubů	$K_{H\alpha}$
	Napětí v dotyku (pastorek)	σ_{H1}
	Napětí v dotyku (kolo)	σ_{H2}
	Příp. napětí v dotyku (pastorek)	σ_{HP1}
	Příp. napětí v dotyku (kolo)	σ_{HP2}
	Bezpečnost v dotyku (pastorek)	S_{H1}
	Bezpečnost v dotyku (kolo)	S_{H2}

Napětí v dotyku pro pastorek

$$\sigma_{H1} = Z_B \sigma_{H0} \sqrt{K_A K_V K_{H\beta} K_{H\alpha}}$$

Napětí v dotyku pro kolo

$$\sigma_{H2} = Z_D \sigma_{H0} \sqrt{K_A K_V K_{H\beta} K_{H\alpha}}$$

Přípustné napětí v dotyku pastorku

$$\sigma_{HP1} = \frac{\sigma_{Hlim1} Z_{NT1}}{S_{Hmin}} Z_L Z_V Z_R Z_W Z_X$$

Přípustné napětí v dotyku kola

$$\sigma_{HP2} = \frac{\sigma_{Hlim2} Z_{NT2}}{S_{Hmin}} Z_L Z_V Z_R Z_W Z_X$$

$$S_{Hmin} = 1,2$$

Součin součinitelů $Z_L Z_V Z_R$ - dle výroby ozubení (str. 814 a vztahů 14-63)

Součinitel tvrdosti Z_W - dle materiálu vybereme tvrdost zubů pro měkčí materiál a převedeme jej na tvrdost HB. Následně využijeme vzorec (14-64). Pozor na dodatečnou podmínku pod vzorcem!

Součinitel velikosti Z_X - dle ISO výpočtu $Z_X = 1$

Výpočet bezpečnosti v dotyku

Úkoly pro 3. týden

Kontrolní list		
Týden	Parametr	
1.	...	
2.	...	
3.	Obvodová síla na pastorku	F_{t1}
	Materiál pastorku	σ_{Hlim1}
		σ_{FLim1}
		H_{v1}
	Materiál kola	σ_{Hlim2}
		σ_{FLim2}
		H_{v2}
	Nominální napětí v dotyku	σ_{H0}
	Součinitel vnitřních dyn. sil	K_{v12}
	Souč. nerovnoměrnosti zatížení	$K_{H\beta}$
	Souč. podílu zatížení zubů	$K_{H\alpha}$
	Napětí v dotyku (pastorek)	σ_{H1}
	Napětí v dotyku (kolo)	σ_{H2}
	Příp. napětí v dotyku (pastorek)	σ_{HP1}
	Příp. napětí v dotyku (kolo)	σ_{HP2}
	Bezpečnost v dotyku (pastorek)	S_{H1}
	Bezpečnost v dotyku (kolo)	S_{H2}

Bezpečnost v dotyku pastorku

$$S_{H1} = \frac{\sigma_{Hlim1} Z_{NT1}}{\sigma_{H1}} Z_L Z_V Z_R Z_W Z_X$$

Bezpečnost v dotyku kola

$$S_{H2} = \frac{\sigma_{Hlim2} Z_{NT2}}{\sigma_{H2}} Z_L Z_V Z_R Z_W Z_X$$

Součinitele počtu cyklů Z_{NT1} a Z_{NT2} - dle str. 812. Pro neomezenou životnost lze uvažovat tyto součinitele rovno 1.

Bezpečnost v dotyku S_{H1} a S_{H2}

Maximální počet bodů z výpočtu

1,2 - 1,4	25
1,4 - 1,6	23
1,6 - 1,8	21
1,8 - 2	19
2 - 2,5	15

Děkuji vám za pozornost

Radovan Galas

galas@fme.vutbr.cz

<http://uk.fme.vutbr.cz/>



Institute of Machine
and Industrial Design