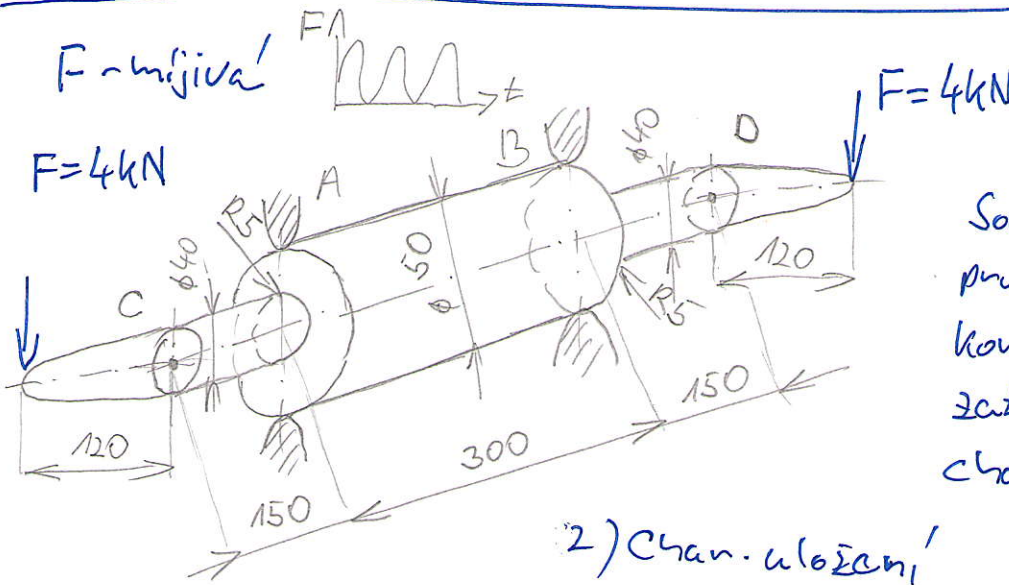


Př.: Uvězte bezpečnost hřídelce vzhledem k m.s. únavové pevnosti při $N=10^7$ cyklů. Hřídel je jemně broušen a zhotoven z mat. 12060. G_F zúšlechťeno



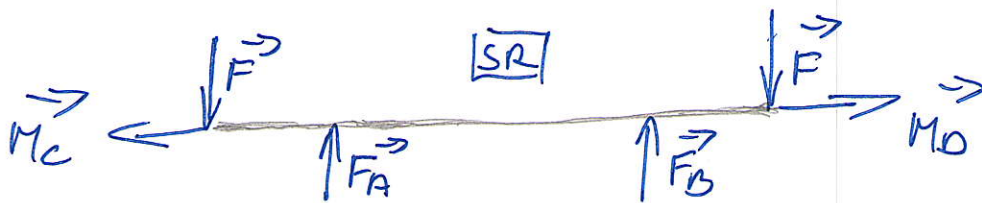
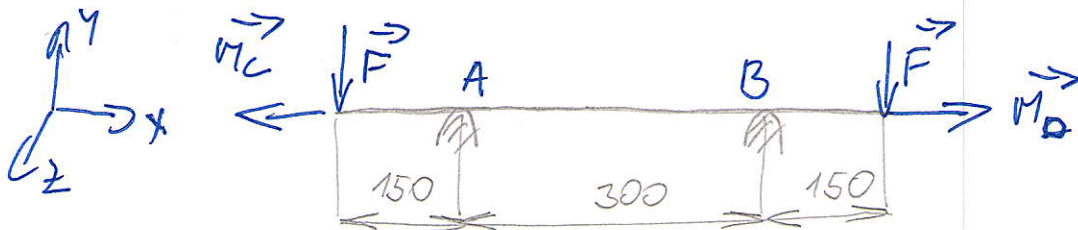
1) Rozbor zadání

Součást má charakter prutu namáhaného kombinovaným současným zat., které má vlivový charakter.

2) Char. uložení

V dalším budeme uvažovat, že „patky“ (délka 120mm) nejsou problematickou částí a budeme dimenzovat, nesp. kontrolovat pouze hřídel.

Uvolnění:



Odstaněním „patky“ jsme zavedli, kroutící momenty $M_C = M_D = F \cdot 120 \text{ [N}\cdot\text{mm]}$

5. Rovnovážka v ose x je explicitně dána: $\sum F_x = 0$, stejně jako stat. rovnováha momentu $M_x: M_D - M_C = 0$
 Neznámé parametry jsou tedy 2: $NP = \{F_A, F_B\}$
 Počet použ. podmínek: 2, tedy $\mu = 2$ $\mu + m \leq V_m$
 $V = 2$ $0 + 0 < 1$
 $\mu = V$ \rightarrow SR

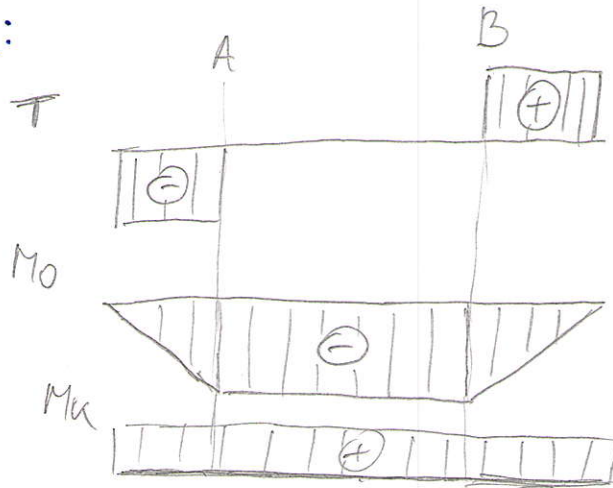
3) Určení rezačích sil:

$$\sum F_y: F_A + F_B - 2F = 0 \Rightarrow \underline{F_A = 2F - F_B = 2F - F = F}$$

$$\sum M_{ZA}: F \cdot 150 + F_B \cdot 300 - F \cdot (300 + 150) = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \underline{F_B = \frac{F \cdot 450 - F \cdot 150}{300} = F}$$

$$\underline{F_A = F_B = 4 \text{ kN}} \quad 4) \text{ VVV:}$$



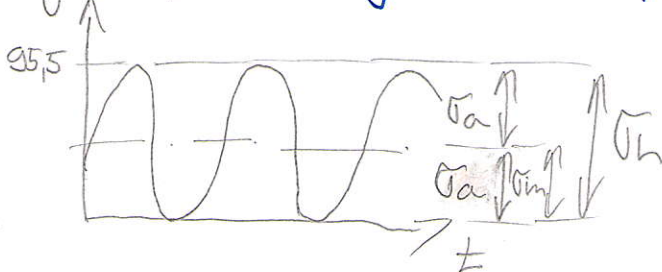
5) Určení neb. místa a nominálních napětí

Nebezpečnými místy budou A, B - kombinace M_0 a M_k .

Při výpočtu budeme konzervativně uvažovat $\phi 40 \text{ mm}$ v těchto místech.

$$\sigma_{0,A} = \frac{M_{0,A}}{W_0} = \frac{F \cdot 150}{\frac{\pi d^3}{32}} = \frac{4000 \cdot 150 \cdot 32}{\pi \cdot 40^3} \approx \underline{95,5 \text{ MPa}}$$

$\sigma_{0,A}$ představuje horní napětí σ_h . $\sigma_a = \sigma_m = \frac{\sigma_h}{2} = \underline{47,75 \text{ MPa}}$



Podobně pro kmit:

$$\begin{aligned} \epsilon_{k,A} &= \frac{M_{k,A}}{W_k} = \frac{F \cdot 120 \cdot 16}{\pi \cdot d^3} = \\ &= \frac{4000 \cdot 120 \cdot 16}{\pi \cdot 40^3} = \underline{38,2 \text{ MPa} = \epsilon_h} \end{aligned}$$

$$\epsilon_a = \epsilon_m = \frac{\epsilon_h}{2} = \underline{19,1 \text{ MPa}}$$

6) Určení meze únavy součásti

dožadována nezbytná mater. charakteristiky:

V dalších krocích postupovat "paralelně",
určime meze únavy součásti zvlášť pro
namáhání obyčejem a zvlášť pro namáhání
kružem. V závěru pak určíme výslednou
bezpečnost zahrnující oba typy namá-
hání.

$$\bar{\sigma}_K = 365 \text{ MPa}$$

$$\bar{\sigma}_{PL} = 655 \text{ MPa}$$

$$\bar{\sigma}_C (\text{tah-tlak}) = 301 \text{ MPa}$$

pro ϕ součástku $d = 5 \text{ mm}$

$$\bar{\sigma}_{C0} = 343 \text{ MPa } \phi d = 5 \text{ mm}$$

únavy za rotace

$$\bar{\sigma}_C = 226 \text{ MPa } \phi d = 5 \text{ mm}$$

Pro určení nezbytných koeficientů použijeme skriptu PP II
nebo podkladů uvedených jinde na těchto www.stahkaich.cz.
Niže uvedené hodnoty mohou být subjektivní.

$$\bar{\sigma}_C^* = \frac{N_{\sigma} \cdot m_{\sigma}}{\beta_{\sigma}} \cdot \bar{\sigma}_{C0}$$

$$\bar{\sigma}_C^* = \frac{N_{\sigma} \cdot m_{\sigma}}{\beta_{\sigma}} \cdot \bar{\sigma}_C$$

únavy za rotace je charakterem blíže než hodota
 $\bar{\sigma}_C$ určená pro tah-tlak.

$$\underline{N_{\sigma}} = N_{\sigma 1} \cdot N_{\sigma 2} = 0,865 \cdot 1,05 = \underline{0,91}$$

$$N_{\sigma 1} = 0,865$$

$$N_{\sigma 2} = 1,05$$

$$\underline{\beta_{\sigma}} = \frac{d_{\sigma}}{1 + \frac{d_{\sigma} - 1}{d_{\sigma}} \cdot \frac{K}{\sqrt{r}}}$$

$$= \frac{1,55}{1 + \frac{1,55 - 1}{1,55} \cdot \frac{0,427}{\sqrt{5}}} = \underline{1,45}$$

$$\frac{r}{d} = \frac{5}{40} = 0,125; \frac{D}{d} = \frac{50}{40} = 1,25; K_{\text{pro osazení}} = \frac{280}{\bar{\sigma}_{PL}} = \frac{280}{655} = 0,427; r = 5 \text{ mm}$$

$$d_{\sigma} = 1,55$$

$$\underline{m_{\sigma}} = m_{\sigma 1} \cdot m_{\sigma 2} = 0,9 \cdot 1,6 = \underline{1,44}$$

$$m_{\sigma 1} = 0,9 = m_{\sigma 1}$$

$$m_{\sigma 2} = 1,6 \div 1,4 \text{ volím } \underline{1,6}$$

$$\underline{N_{\sigma}} = N_{\sigma 1} \cdot N_{\sigma 2} = 0,865 \cdot 1 = \underline{0,865}$$

$$N_{\sigma 1} = 0,865$$

$$N_{\sigma 2} = 1$$

$$\underline{\beta_{\sigma}} = \frac{d_{\sigma}}{1 + \frac{d_{\sigma} - 1}{d_{\sigma}} \cdot \frac{K}{\sqrt{r}}}$$

$$= \frac{1,3}{1 + \frac{1,3 - 1}{1,3} \cdot \frac{0,427}{\sqrt{5}}} = \underline{1,25}$$

$$= \frac{280}{\bar{\sigma}_{PL}} = \frac{280}{655} = 0,427; r = 5 \text{ mm}$$

$$d_{\sigma} = 1,3$$

$$\underline{m_{\sigma}} = m_{\sigma 1} \cdot m_{\sigma 2} = 0,9 \cdot 1,5 = \underline{1,35}$$

$$m_{\sigma 2} = 1,5 \div 1,4 \text{ volím } \underline{1,5}$$

$$\sigma_c^* = \frac{0,91 \cdot 1,44}{1,45} \cdot 343 = \underline{\underline{310 \text{ MPa}}}$$

$$\tilde{\sigma}_c^* = \frac{0,865 \cdot 1,35}{1,25} \cdot 226 = \underline{\underline{211 \text{ MPa}}}$$

Zatížení má charakter prostého zatížení (předpoklad)

$$k_\sigma = \min \left[\frac{\sigma_c^*}{\frac{\sigma_c^*}{\sigma_{c0}} \cdot \psi_\sigma \cdot \sigma_m + \sigma_a} ; \frac{\sigma_k}{\sigma_a + \sigma_m} \right] \quad \psi_\sigma = 0,05 = \psi_\varepsilon$$

$$k_\sigma = \min \left[\frac{310}{\frac{310}{343} \cdot 0,05 \cdot 47,95 + 47,95} ; \frac{365}{47,95 + 47,95} \right] = \min [6,2 ; 3,8]$$

$$\underline{\underline{k_\sigma = 3,8}} \quad \text{obdobně } k_\varepsilon, \text{ kde } \tilde{\sigma}_k = \frac{\sigma_k}{2} = \frac{365}{2} = \underline{\underline{182,5 \text{ MPa}}}$$

$$k_\varepsilon = \min \left[\frac{\tilde{\sigma}_c^*}{\frac{\tilde{\sigma}_c^*}{\tilde{\sigma}_c} \cdot \psi_\varepsilon \cdot \tilde{\sigma}_m + \tilde{\sigma}_a} ; \frac{\tilde{\sigma}_k}{\tilde{\sigma}_m + \tilde{\sigma}_a} \right]$$

$$k_\varepsilon = \min \left[\frac{211}{\frac{211}{226} \cdot 0,05 \cdot 19,1 + 19,1} ; \frac{182,5}{19,1 + 19,1} \right] = \min [10,6 ; 4,8]$$

$$\underline{\underline{k_\varepsilon = 4,8}}$$

7) Výsledná bezpečnost (souřadné zat. "ohyb + kmit")

$$k = \frac{k_\sigma \cdot k_\varepsilon}{\sqrt{k_\sigma^2 + k_\varepsilon^2}} = \frac{3,8 \cdot 4,8}{\sqrt{3,8^2 + 4,8^2}} = \underline{\underline{2,98}}$$

ZÁVĚR: Výsledná bezpečnost k m.s. únavové pevnosti posuzované současně je 2,98.

(4)

Pozn.: podklady pro určení jednotlivých koeficientů ovlivňujících σ_c^* a $\tilde{\sigma}_c^*$ jsou připojeny dále.

Koncepce nominálních napětí pro neomezenou životnost¹

$$\sigma_c^* = \frac{v_\sigma \cdot \zeta_\sigma}{\beta_\sigma} \cdot \sigma_c \quad (7.51)$$

$$\tau_c^* = \frac{v_\tau \cdot \zeta_\tau}{\beta_\tau} \cdot \tau_c \quad (7.52)$$

kde: σ_c^* je mez únavy součásti při symetrickém zatěžování, v součinitel velikosti součásti, η součinitel povrchu a β součinitel vrubu.

Určení součinitele velikosti v

Vliv velikosti tělesa na mez únavy při homogenní napjatosti vyjadřujeme součinitelem:

$$v_1 = 1 - \sqrt{k \cdot \log \frac{h}{h_1}} \quad (7.54)$$

kde h , h_1 jsou charakteristické rozměry tělesa (prutu) a zkušebního vzorku a k je materiálová konstanta. Pro konstrukční oceli se udává hodnota $k = 2 \cdot 10^{-2}$.

Vliv velikosti tělesa na mez únavy při nehomogenní napjatosti vyjadřujeme součinitelem:

$$v_2 = 1 + \left(\frac{\sigma_{cov} - 1}{\sigma_c} \right) \cdot \sqrt{\frac{h_1}{h}} \quad (7.58)$$

Výsledný součinitel velikosti, zahrnující vliv obou faktorů, je potom vyjádřen ve tvaru:

$$v = v_1 \cdot v_2 \quad (7.59)$$

Určení součinitele vrubu β

$$\beta = \frac{\alpha}{1 + \frac{\alpha - 1}{\alpha} \cdot \frac{K}{\sqrt{r}}} \quad (7.61)$$

kde:

Materiál	Vrub	K
Ocel	Příčná díra	$360/\sigma_{Pt}$
	Osazení	$280/\sigma_{Pt}$
	Zápich	$220/\sigma_{Pt}$
Ostatní materiály	Al slitiny	$(370/\sigma_{Pt})^3$
	Šedá litina	12
	Tvárná litina	$360/\sigma_{Pt}$
	Ocelolitina	4,4
	Mg slitiny	1,5

obr. 177.

α je součinitel koncentrace napětí (tvarový součinitel) stanovený pro lineárně pružný materiál. Jeho hodnoty pro vybrané případy jednoduchého namáhání prutů je možné určit v grafech uvedených v PPI na str. 280 - 283,

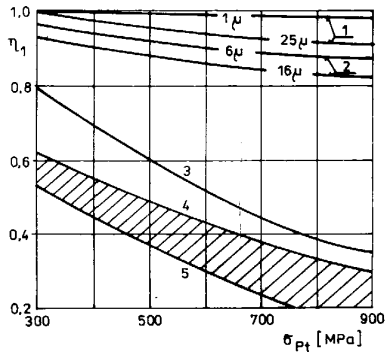
r je poloměr křivosti v kořeni vrubu, K je materiálová charakteristika uvedená v závislosti na smluvní pevnosti pro různé technické materiály v tabulce na obr. 177, σ_{Pt} (R_m) [MPa].

Určení součinitele povrchu ζ

$$\zeta = \zeta_1 \cdot \zeta_2 \quad (7.62)$$

kde: součinitel η_1 zahrnuje vliv opracování povrchu a okolního prostředí (obr. 178) a η_2 vliv technologické úpravy povrchové vrstvy a vliv materiálu.

¹ Ondráček, E., Vrbka, J., Janíček, P.: Mechanika těles, Pružnost a pevnost II. Skriptum VUT v Brně, str. 210 - 214, 1991.

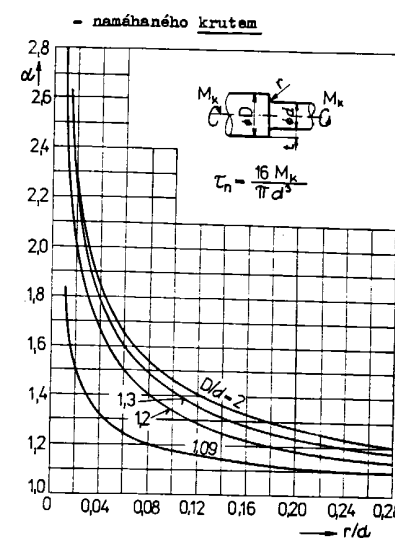
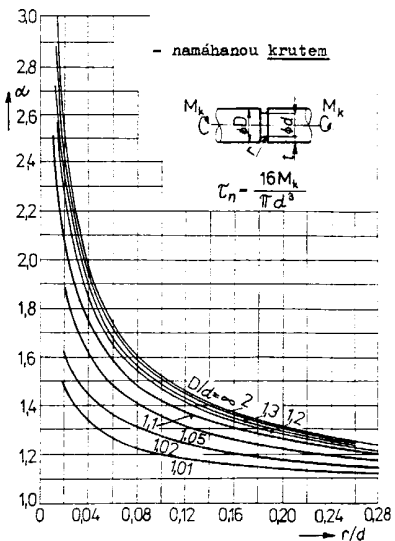
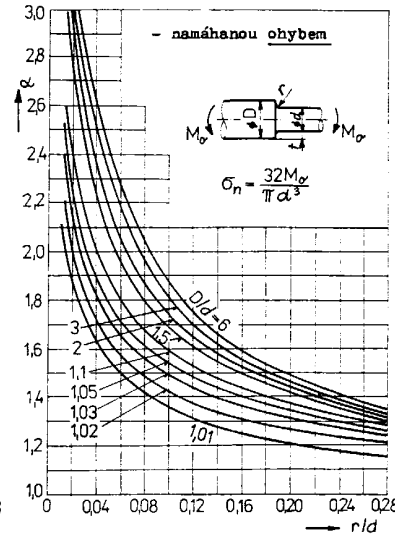
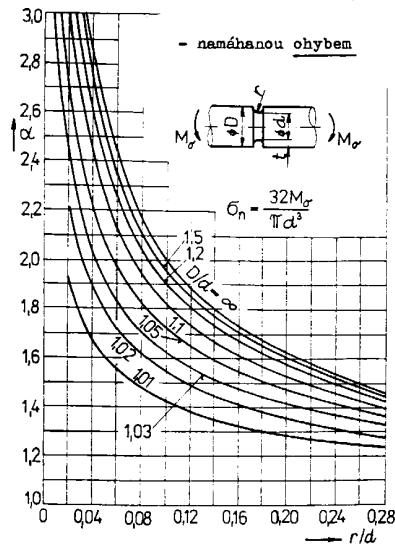


- 1 - leštěný povrch
- 2 - broušený povrch
- 3 - povrch s okuzemi
- 4 - ve vodě
- 5 - ve slané vodě

Obr. 178

Způsob povrchové úpravy	d, [mm]	σ _{pt} [MPa]	z _a		
			β = 1,0	β = 1,5	β = 1,8-2,0
Kalení		600-800	1,5-1,7	1,6-1,7	2,4-2,8
Kalení vysokofrekvenční	10-20	800-1100	1,3-1,5		
	30-40		1,2-1,5		1,5-2,5
Nitridování Hloubka vrstvy 0,01-0,04		900-1200	1,1-1,25	1,5-1,7	1,7-2,1
		400-600	1,8-2,0		
Cementování	8-40	700-800	1,4-1,5		
	8-40	1000-1200	1,2-1,3	2,0	
Kyanidování vrstva 0,2 mm	10		1,8		
Kuličkování		600-1500	1,1-1,25	1,5-1,6	1,7-2,1
Válečkování	17-130		1,1-1,3	1,3-1,5	1,6-2,0

Součinitel koncentrace α - (PP I str. 280-281)



Ke stažení na <http://www.student.chytrak.cz>, kde je k dispozici i obsáhlejší verze tohoto dokumentu.