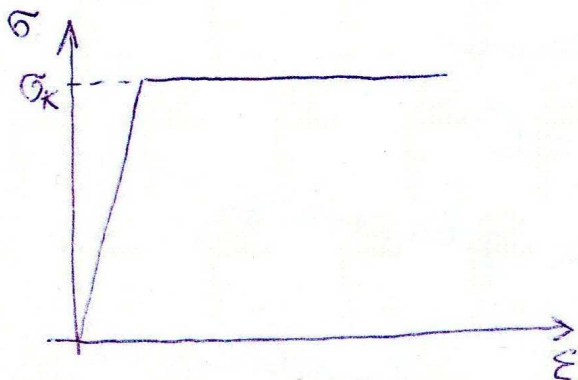




Pružně-plastický materiál - náhrada pracovního diagramu



Idealizovaný diagram má dvě části

- 1) $\sigma \leq \sigma_k$ lineární část ve které platí Hookeův zákon.
- 2) oblast plast. deformace, kde se rozvíje při konst. napětí $\sigma = \sigma_k$

Tresca

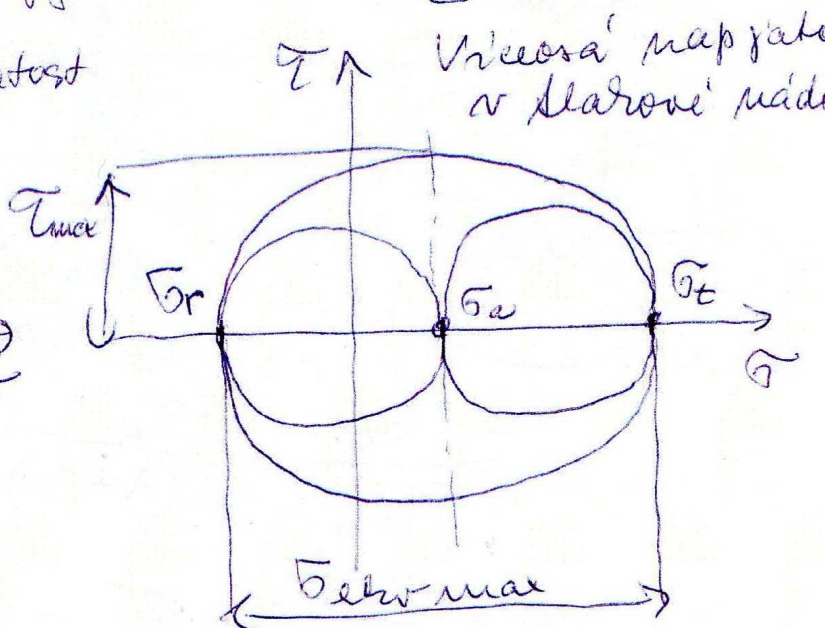
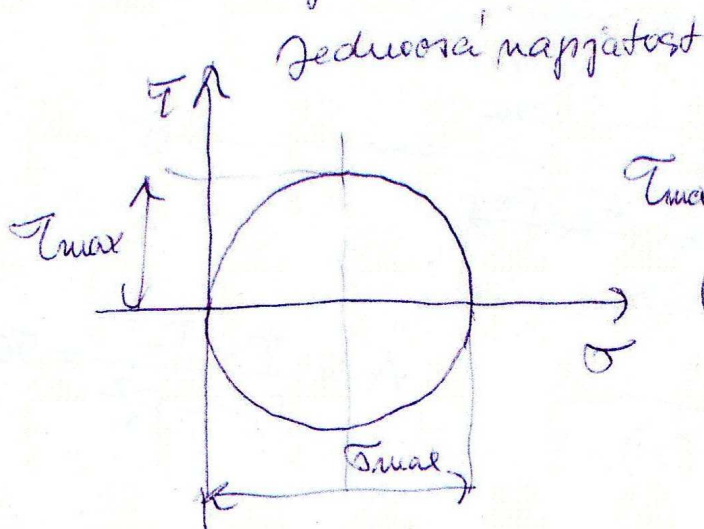
Trescova podmínka plasticity

- o vzniku plasticitého stavu a o jeho rozvoji rozhoduje maximální smyčové napětí

$$\tau_{max} = \tau_k$$

↑ smyč. nap. na mezi kluz

Pro jednosou napjatost $\tau_k = \frac{\sigma_k}{2}$



Plastické deformace v tlakové nádobě

1) podmínka rotovatelnosti musí být splněna i v plastickém stavu

$$\bar{\sigma}_r + r \frac{d\bar{\sigma}_r}{dr} - \bar{\sigma}_t = 0$$

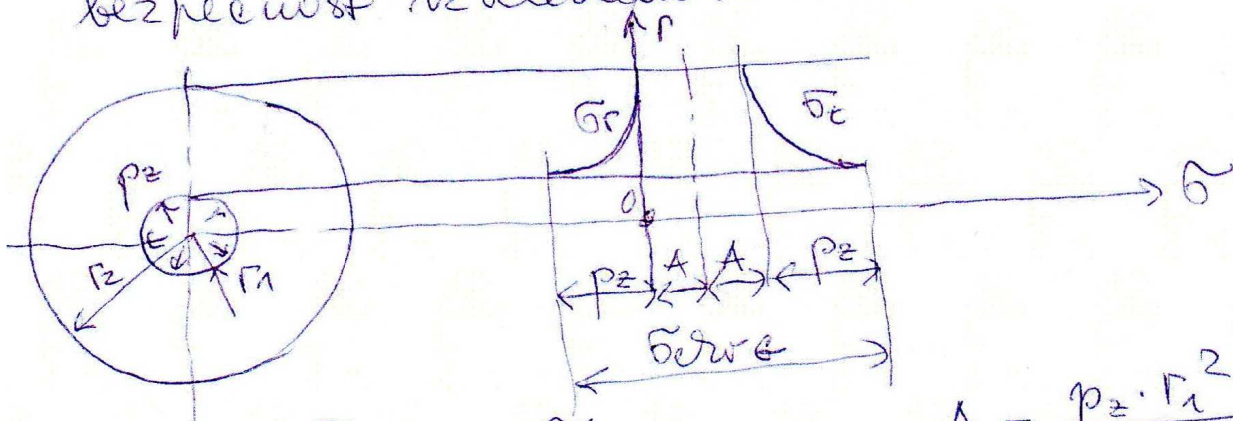
2) Trescova podmínka plasticity

$$\frac{\bar{\sigma}_t - \bar{\sigma}_r}{2} = \frac{\bar{\sigma}_k}{2} \rightarrow \text{dosadíme do podmínky rotovatelnosti}$$

$$-\bar{\sigma}_k + r \frac{d\bar{\sigma}_r}{dr} = 0 \Rightarrow \bar{\sigma}_r = \bar{\sigma}_k \ln r + C$$

$$\Rightarrow \bar{\sigma}_t = \bar{\sigma}_k (1 + \ln r) + C$$

Tlaková nádoba $r_1 = 150 \text{ mm}$, $r_2 = 300 \text{ mm}$,
 $E = 2 \cdot 10^5 \text{ MPa}$, $\nu = 0,3$, $\bar{\sigma}_k = 450 \text{ MPa}$
 je zatížena tlakem $p_2 = 150 \text{ MPa}$, jádra je
 bezpečnost vzhledem k mezi kluzu?



$$\mu_k = \frac{\bar{\sigma}_k}{\bar{\sigma}_{\text{avg}}} = \frac{\bar{\sigma}_k}{2(A + p_2)}$$

$$A = \frac{p_2 \cdot r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} = 50 \text{ MPa}$$

$$\mu_k = \frac{450}{400} = 1,125$$

První plastické deformace by vznikly ve vnitřní části nádoby při tlaku p_1



Řešíme úroveň z podmínky

$$2(A_1 + p_1) = \sigma_K, \text{ kde } A_1 = \frac{p_1 r_2^2}{r_2^2 - r_1^2}$$

$$p_1 = 168,75 \text{ MPa}$$

Při tomto tlaku převažují napětí na vnitřním okraji právě dostatečně mezi kluzem, ale celý plášť nádoby je ještě v elastické stavu.

Plastický stav v celém plášti nádoby by vznikl při tlaku p_{MEZ} , který určuje z okrajových podmínek

$$\sigma_r(r_1) = -p_{MEZ}$$

$$\sigma_r(r_2) = 0$$

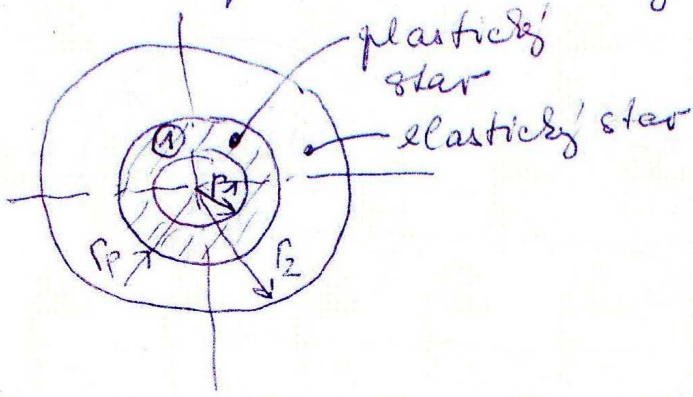
Za σ_r však musíme dosadit funkci $\sigma_r = \sigma_K \ln r + C$, které platí v plastickém stavu. Z druhé podmínky $C = -\sigma_K \ln r_2$ a tedy $\sigma_r = \sigma_K \ln \frac{r}{r_2}$ a $\sigma_t = \sigma_K (1 + \ln \frac{r}{r_2})$

Menší tlak určuje z první okrajové podm.

$$p_{MEZ} = -\sigma_K \ln \frac{r_1}{r_2} = 312 \text{ MPa}$$

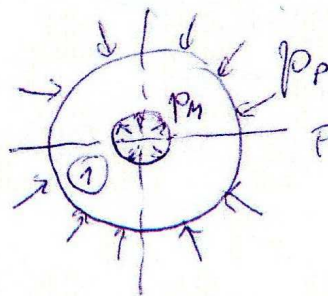
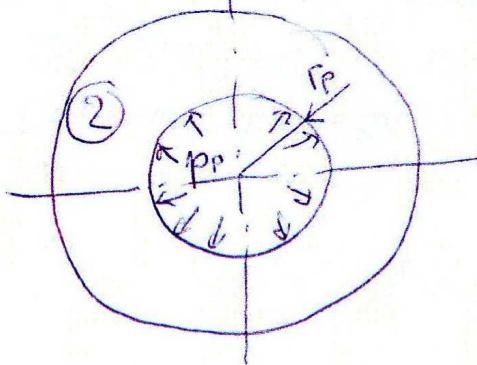
Autofretáž - procedura kdy tlaková nádoba je podrobena velkému vnitřnímu tlaku, který způsobí plastický stav ve vnitřní části nádoby. Důsledkem je tlakové obrodové zbytkové napětí na vnitřním okraji nádoby. Tato dechová se užívá v případě válců vysokotlakých čerpadel, hlavně kanonů a k systému pro vstříkávání paliva dieselových motorů

Příklad: pro danou nádobu určíme potřebný tlak p_M rozšíření plastického stavu až na poloměr $r_p = 180 \text{ mm}$, včetně zbytkové napětí a napětí po zatížení protažením tlakem a bezpečnost nádobu.



Radiální napětí $\sigma_r(r_p)$ vznikne při zatížení tlakem p_M na vnějším poloměru, je rovno tlaku, který působí mezi elastickou a plastickou částí r_p .

ELAST. ČÁST



PLASTICKÁ ČÁST

V elastické části je na poloměru r_p dvojnásobek napětí právě rovno σ_K

$$2(A_E + p_p) = \sigma_K \Rightarrow p_p = 144 \text{ MPa}$$

$$A_E = \frac{p_p \cdot r_p^2}{r_o^2 - r_p^2}$$

V plastické části 1 je $\sigma_r = \sigma_K \ln r + C$

Okrajové podmínky $\sigma_r(r_i) = -p_M$ $\sigma_r(r_p) = p_p$

$$\sigma_K \ln r_p + C = -p_p \Rightarrow C = -(\sigma_K \ln r_p + p_p)$$

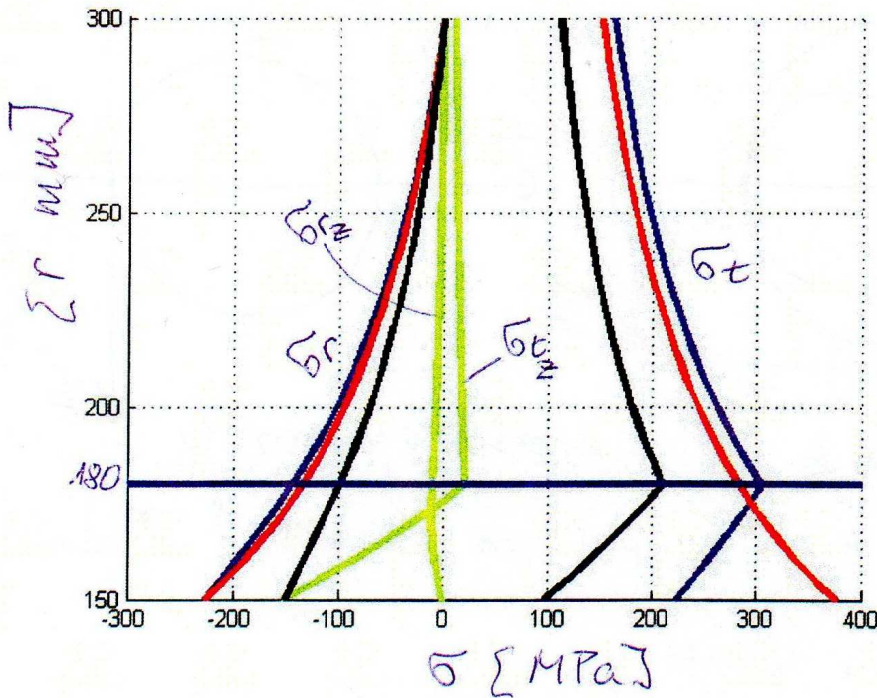
po dosazení $\sigma_r = \sigma_K \ln \frac{r}{r_p} - p_p$

$$2 \text{ druhe} \sigma_r = \sigma_K \ln \frac{r_i}{r_p} - p_p = 226 \text{ MPa}$$



Grafy napětí

(5)



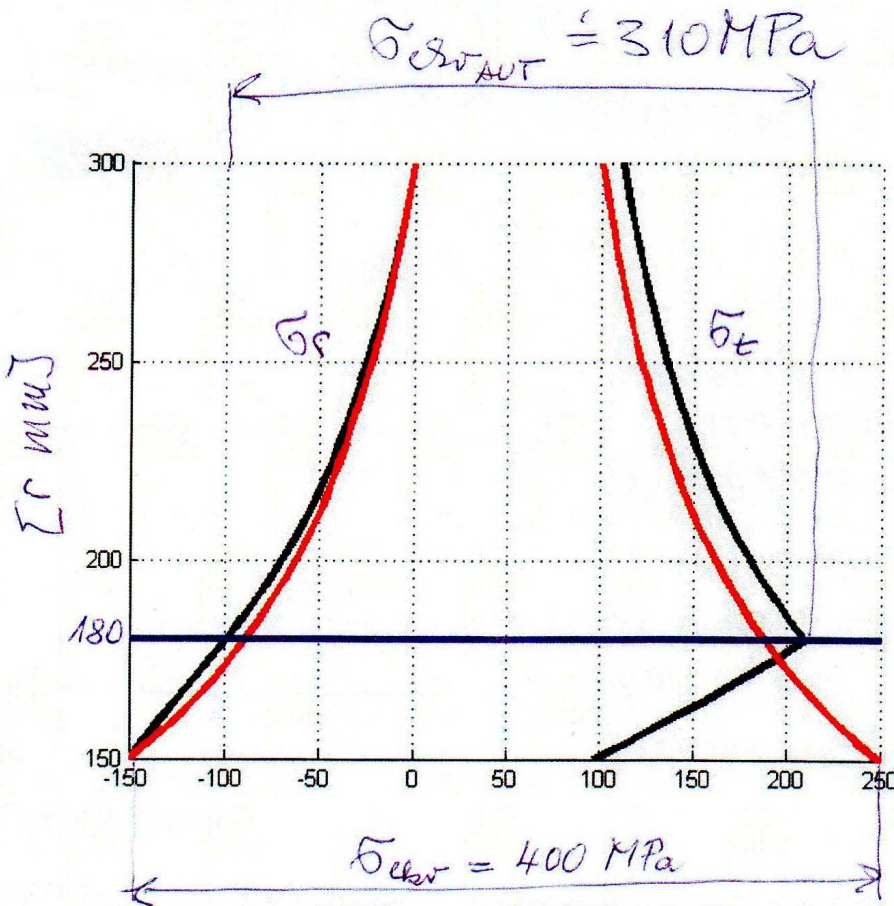
modrá - napětí v plast. stavu

červená - napětí elast. odpovídající σ_{el}

zelená - zbytková napětí

černá - napětí po zatížení provoz. kladem

Srovnání



černá - napětí po zatížení provoz. kladem po autofretáži

červená - napětí po zatížení provoz. kladem bez autofret