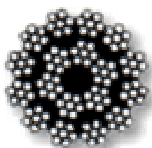
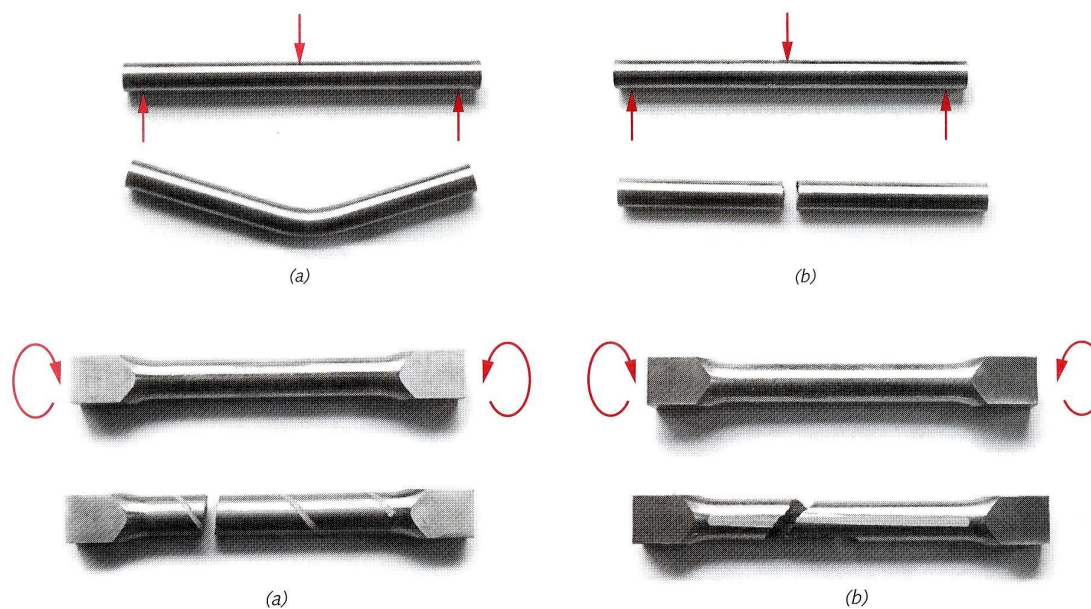


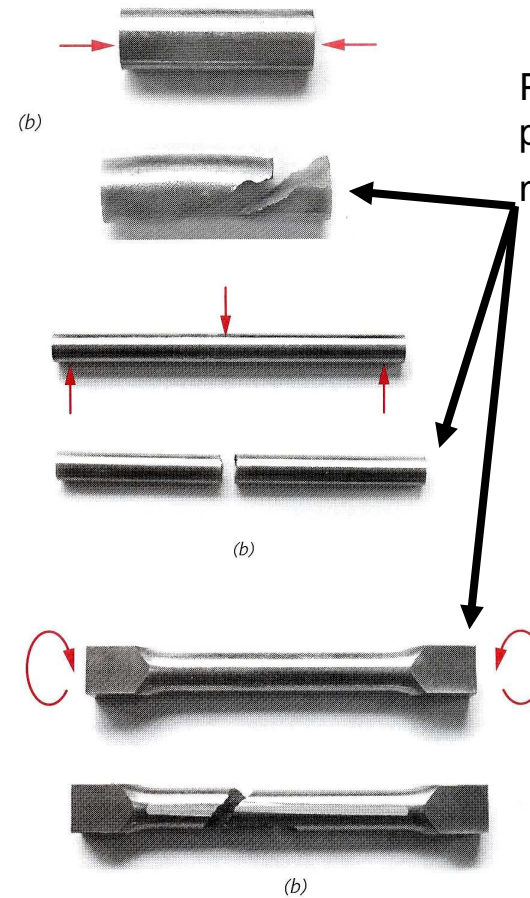
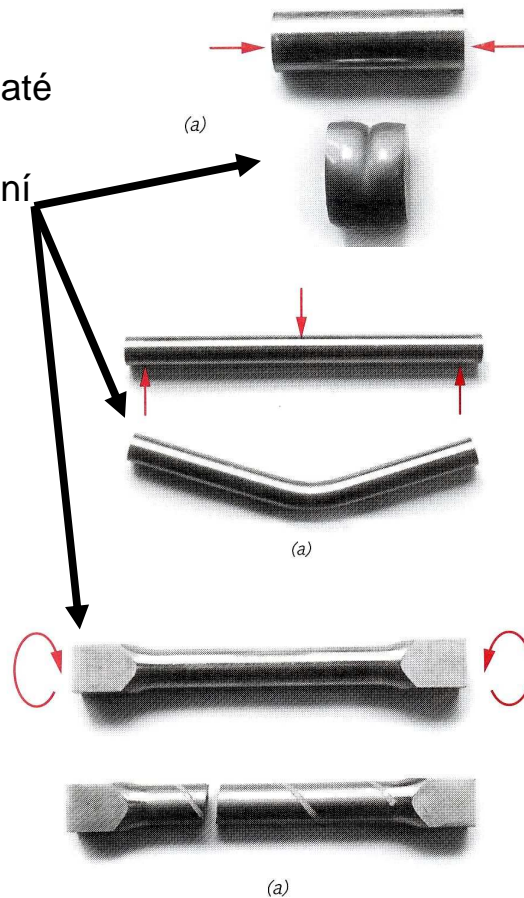
### 3. Mezní stav křehké pevnosti



# Mezní stav křehké pevnosti

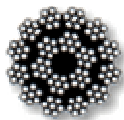
Při monotónním zatěžování tělesa může dojít k nepředvídanému porušení křehkým lomem.

Poškození houževnaté oceli při různých způsobech namáhání



Poškození křehké litiny při různých způsobech namáhání

[Norton 2006]

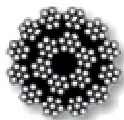


# Mezní stav křehké pevnosti

---

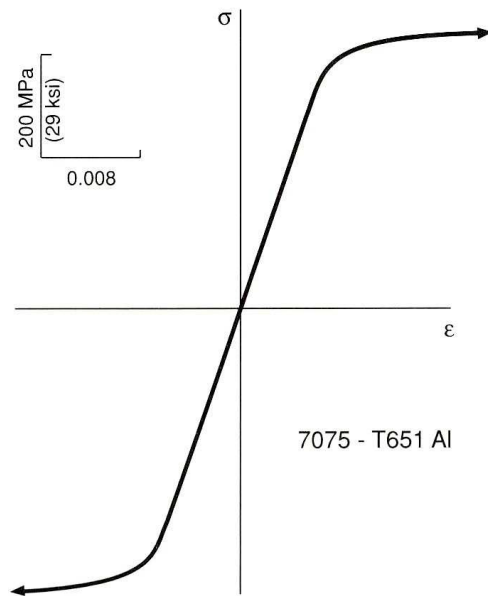
**Mezní stav křehké pevnosti nastává za těchto podmínek:**

- **zatěžování je monotónně rostoucí**
- **ve výchozím stavu je těleso bez trhlin rozlišitelných na makroskopické úrovni**
- **k porušení dojde tak rychle, že mezní stavy porušení tělesa, stability trhliny a finálního lomu jsou takřka nerozlišitelné.**
- **proces poškození nelze ovlivnit zásahem do řízení zatěžování**

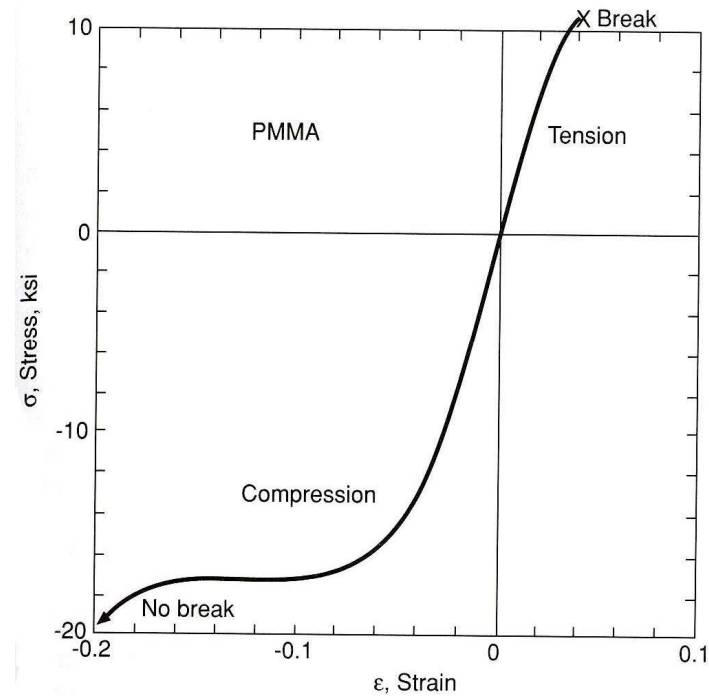


# Mezní stav křehké pevnosti

Tahové křivky materiálu se stejným a rozdílným chováním v tahové a tlakové oblasti.



Hliníková slitina (7075-T651Al)

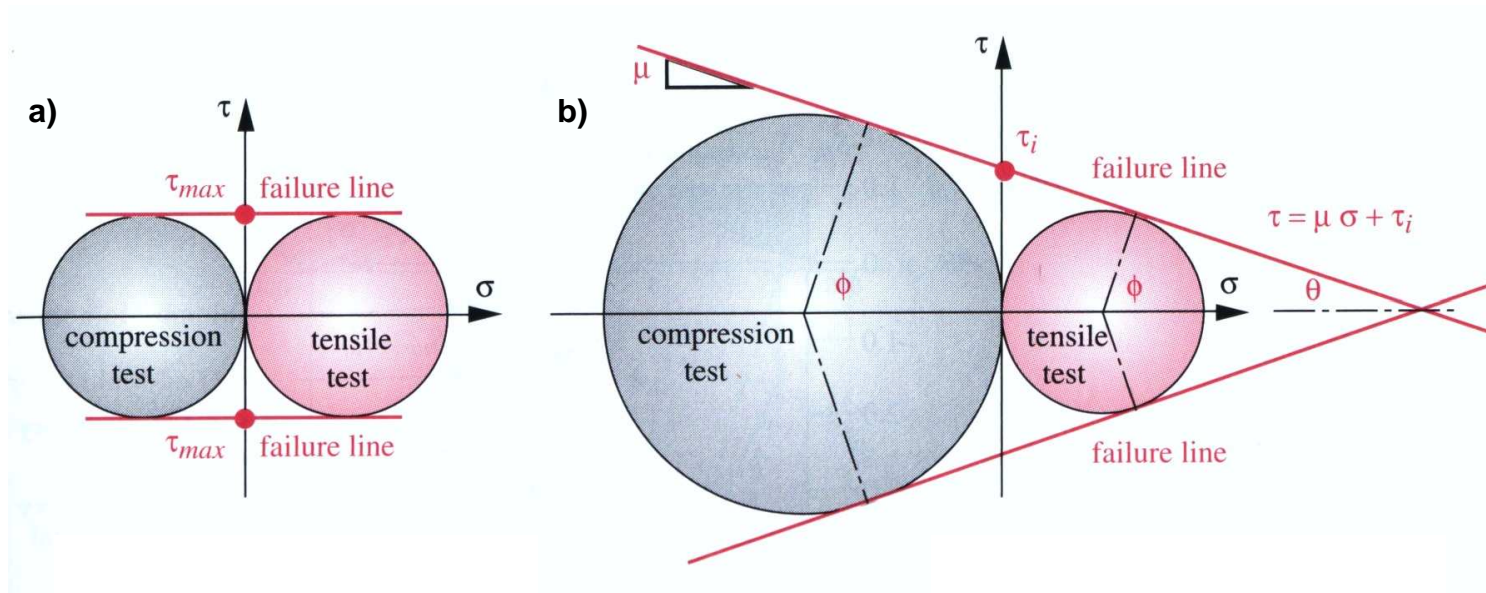


Plexisklo (PMMA)

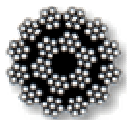
[Dowling 1999]



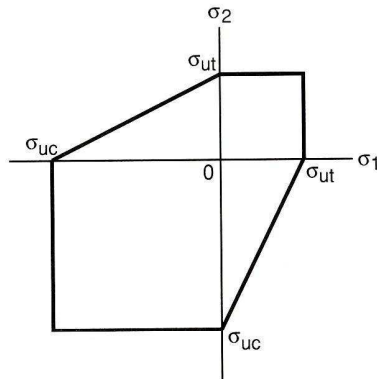
# Mezní stav křehké pevnosti



Křehké materiály se díky existenci různých vad, vměstků a jiných koncentrátorů napětí často chovají podobně jak je naznačeno na obr.b. [Notron 2006]



# Mohrova podmínka



Jestliže definujeme hlavní napětí seříděné podle velikosti jako:

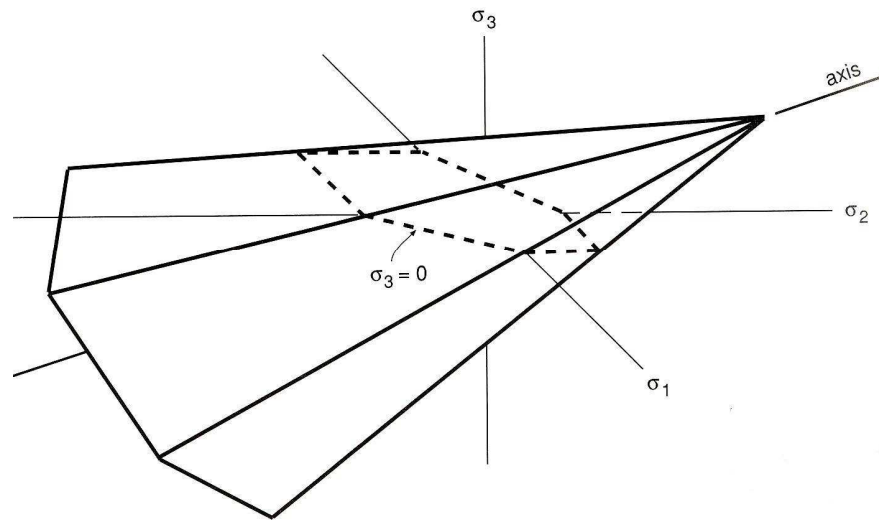
$$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$$

Potom Mohrova podmínka křehké pevnosti vypadá takto:

$$\sigma_1 - \frac{\sigma_{Rt}}{\sigma_{Rd}} \sigma_3 = \sigma_{Rt}$$

$\sigma_{Rt}(\sigma_{ut})$  - mez křehké pevnosti v tahu

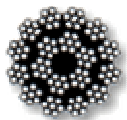
$\sigma_{Rd}(\sigma_{uc})$  - mez křehké pevnosti v tlaku



$$\sigma_1 - K_R \sigma_3 = \sigma_{Rt}$$

Tato podmínka není úplně v souladu s experimenty, zejména v oblasti tahových napětí.

Znázornění plochy křehké pevnosti odpovídající  
Mohrově podmínce v Haighově prostoru [Dowling 1999]



# Podmínka křehké pevnosti MOS

Upravuje Mohrovu podmínku kombinací s podmínkou maximálního hlavního napětí která zní:

$$\sigma_1 = \sigma_{Rt}$$

Potom podmínka křehké pevnosti MOS vypadá takto:

$$\sigma_1 - \frac{\sigma_{Rt}}{\sigma_{Rd}} \sigma_3 = \sigma_{Rt} \quad \text{jestliže} \quad \sigma_1 < \sigma_{Rt}$$
$$\sigma_1 = \sigma_{Rt} \quad \text{jestliže} \quad \sigma_1 - \frac{\sigma_{Rt}}{\sigma_{Rd}} \sigma_3 < \sigma_{Rt}$$

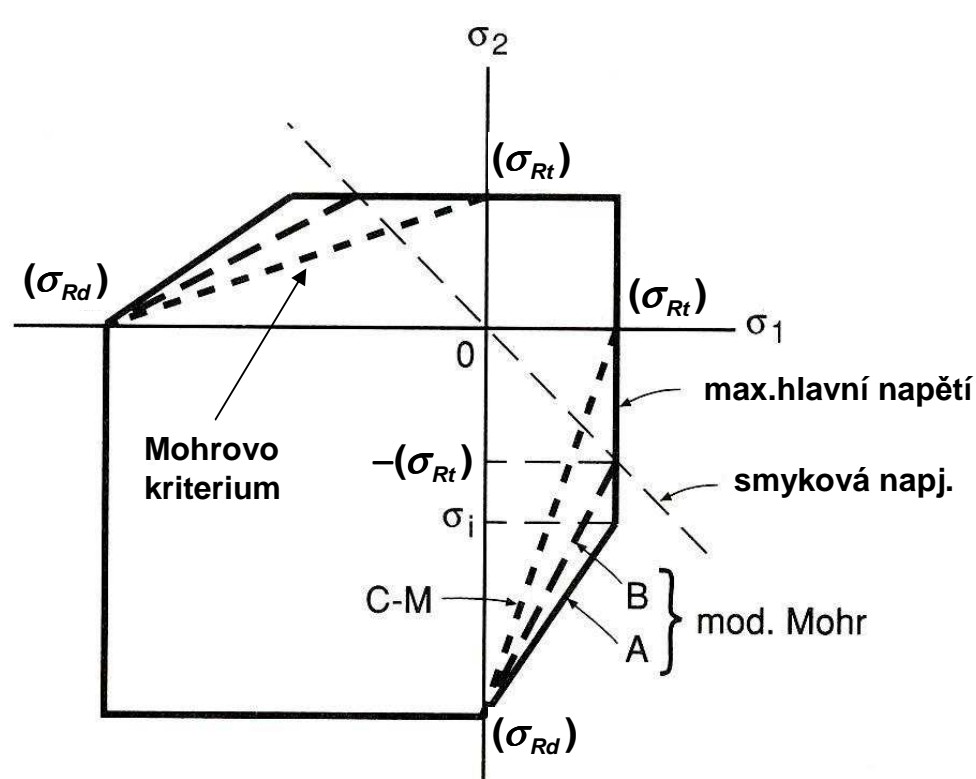
$\sigma_{Rt}(\sigma_{ut})$  - mez křehké pevnosti v tahu

$\sigma_{Rd}(\sigma_{uc})$  - mez křehké pevnosti v tlaku

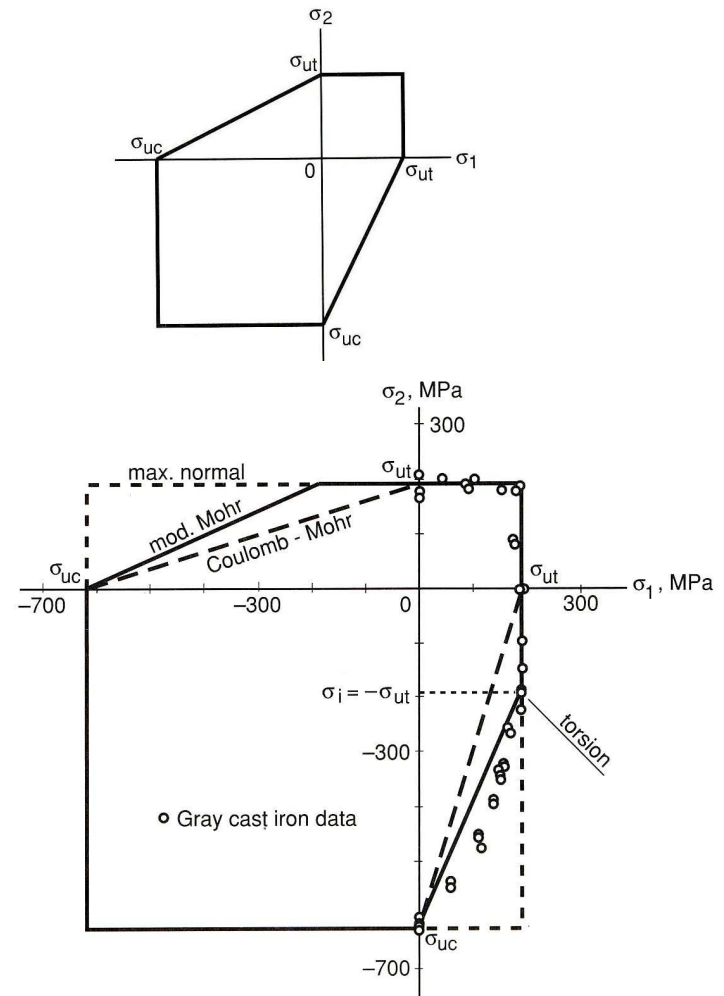
Tato podmínka je nejjednodušší v některých případech dosti konzervativní.



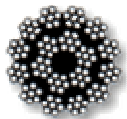
# Modifikované Mohrovo kritérium



Znázornění plochy křehké pevnosti odpovídající modifikované Mohrově podmínce v Haighově rovině [Dowling 1999]

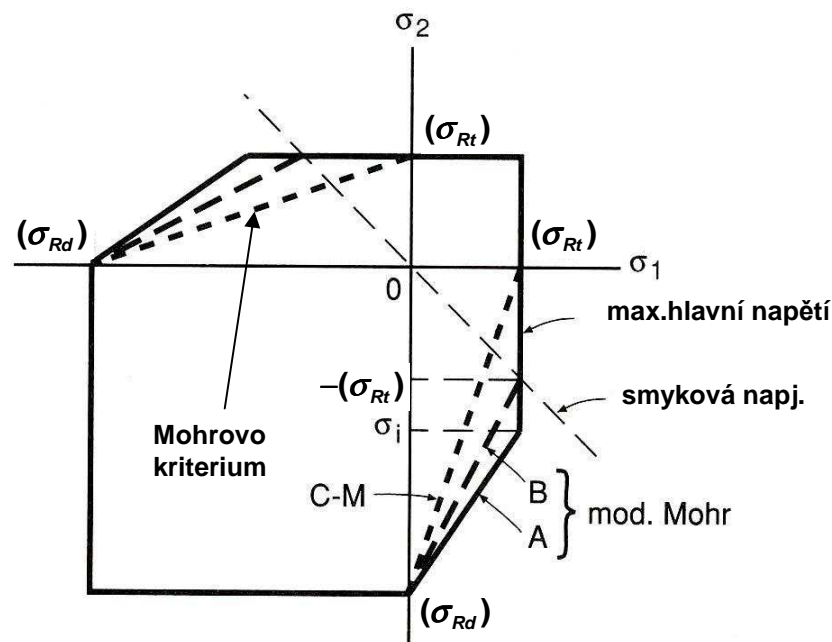


Porovnání modifikovaného kritéria s experimentálními výsledky na šedé litině [Dowling 1999]





# Modifikované Mohrovo kritérium



$$C_1 = \frac{\sigma_{Rt}}{\sigma_{Rd}(m-1)} [|\sigma_1 - \sigma_2| + m(\sigma_1 + \sigma_2)]$$

$$C_2 = \frac{\sigma_{Rt}}{\sigma_{Rd}(m-1)} [|\sigma_2 - \sigma_3| + m(\sigma_2 + \sigma_3)]$$

$$C_3 = \frac{\sigma_{Rt}}{\sigma_{Rd}(m-1)} [|\sigma_3 - \sigma_1| + m(\sigma_3 + \sigma_1)]$$

$$\sigma_{Rt} = \max(C_1, C_2, C_3, \sigma_1, \sigma_2, \sigma_3)$$

kde:

$\sigma_{Rt}(\sigma_{ut})$  - mez křehké pevnosti v tahu

$\sigma_{Rd}(\sigma_{uc})$  - mez křehké pevnosti v tlaku

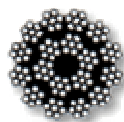
$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  - hlavní napětí

$$m = \frac{\sigma_{Rd} + \sigma_{Rt} - \sigma_i}{\sigma_{Rd} - \sigma_{Rt} - \sigma_i} \quad \text{- platí pro modifikaci A (obecná formulace)}$$

$$m = 1 + \frac{2\sigma_{Rt}}{\sigma_{Rd}}$$

$$\text{- platí pro modifikaci B}$$

$$\sigma_i = \sigma_{Rt}$$



# Modifikované Mohrovo kritérium

V praxi kdy nemáme podrobné znalosti o chování materiálu vůči křehkému lomu se nejčastěji používá modifikace  $\sigma_i = \sigma_{Rt}$

- při návrhu konstrukce tedy vystačíme pouze se znalostí meze pevnosti v tahu  $\sigma_{Rt}$  a meze pevnosti v tlaku  $\sigma_{Rd}$

$$C_1 = \frac{\sigma_{Rt}}{\sigma_{Rd}(m-1)} \left[ |\sigma_1 - \sigma_2| + m(\sigma_1 + \sigma_2) \right]$$

$$\sigma_{red} = \max(C_1, C_2, C_3, \sigma_1, \sigma_2, \sigma_3)$$

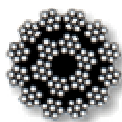
$$C_2 = \frac{\sigma_{Rt}}{\sigma_{Rd}(m-1)} \left[ |\sigma_2 - \sigma_3| + m(\sigma_2 + \sigma_3) \right]$$

$$m = 1 + \frac{2\sigma_{Rt}}{\sigma_{Rd}}$$

$$C_3 = \frac{\sigma_{Rt}}{\sigma_{Rd}(m-1)} \left[ |\sigma_3 - \sigma_1| + m(\sigma_3 + \sigma_1) \right]$$

Bezpečnost k meznímu stavu křehké pevnosti se potom stanoví ze vztahu:

$$k = \frac{\sigma_{Rt}}{\sigma_{red}}$$



## Použitá literatura:

---

- Dowling, E. N., Mechanical behavior of materials, Simon & Schuster Comp., New Jersey, 1999
- Norton, R. L., Machine design *An integrated approach*, Pearson, New Jersey, 2006
- Kunz, J., Základy lomové mechaniky, skripta ČVUT, 1994
- Vlk, M., Mezní stavy a spolehlivost, skripta VUT, 1991
- Ondráček, E., Vrbka, J., Janíček, P., Mechanika těles pružnost a pevnost II, skripta VUT, 1991

