

Název a adresa školy:	Střední škola průmyslová a umělecká, Opava, příspěvková organizace, Praskova 399/8, Opava, 746 01
Název operačního programu:	OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost, oblast podpory 1.5
Registrační číslo projektu:	CZ.1.07/1.5.00/34.0129
Název projektu	SŠPU Opava – učebna IT
Typ šablony klíčové aktivity:	III/2 Inovace a zkvalitnění výuky směřující k rozvoji odborných kompetencí žáků středních škol (20 vzdělávacích materiálů)
Název sady vzdělávacích materiálů:	<b>MEC I</b>
Popis sady vzdělávacích materiálů:	Mechanika I, 1. ročník
Sada číslo:	<b>G–19</b>
Pořadové číslo vzdělávacího materiálu:	<b>19</b>
Označení vzdělávacího materiálu: (pro záznam v třídní knize)	VY_32_INOVACE_G–19–20
Název vzdělávacího materiálu:	<b>Dovolené napětí, bezpečnost</b>
Zhotoveno ve školním roce:	2011/2012
Jméno zhotovitele:	Ing. Iva Procházková

## Dovolené napětí, bezpečnost

U strojních součástí obvykle nemůžeme připustit trvalé deformace, proto napětí musí být menší než mez kluzu materiálu  $R_e$ . V praxi musí být napětí podstatně menší než  $R_e$ , protože při výpočtu napětí působí spousta nepředvídaných vlivů (výrobní nepřesnosti, neznalost přesných sil, tolerance materiálu, zjednodušení výpočtů ...).

Máme dvě možnosti řešení:

- Dovolené napětí**

$$\sigma_t = \frac{F}{S} \leq \sigma_{Dovt}$$

Aby součást vyhověla, musí být napětí menší nebo rovné dovolenému napětí.

Určení dovoleného napětí:

$$\sigma_{Dovt} = \frac{R_e}{k}$$

k – bezpečnost

Velikost bezpečnosti ve volí podle nebezpečnosti stroje a podle neznalosti vedlejších vlivů ve výpočtu. Běžná hodnota bezpečnosti je  $1,5 \div 5$ .

- **Bezpečnost**

$$k = \frac{R_e}{\sigma} \geq k_{\min}$$

Bezpečnost se zavádí jako podíl meze kluzu  $R_e$  a vypočteného napětí. Tato bezpečnost musí být větší než minimální bezpečnost.

Doporučuje se spíše používat druhý způsob (bezpečnost), protože dává lepší přehled o zatížení součásti.

## Typy úloh

- **Kontrolní výpočet** – počítáme napětí, případně bezpečnost.

$$k = \frac{R_e}{\sigma_t}$$

**Př:** Určete, zda tyč průřezu  $8 \times 10$  mm vyhovuje bezpečnosti  $k_{\min} = 2$  při zatížení silou  $F = 5.000$  N. Ocel 11 523  $\Rightarrow R_e = 335$  MPa.

$$\sigma_t = \frac{F}{S} = \frac{5.000}{8 \cdot 10} = \frac{5.000}{800} = 62,5 \text{ MPa}$$

$$k = \frac{R_e}{\sigma_t} = \frac{335}{62,5} = 5,36$$

Součást vyhovuje, jen je trochu předimenzovaná.

- **Návrhový výpočet**

Počítáme průřezové rozměry součásti.

**Př:** Navrhněte průměr kruhové tyče tak, aby při síle  $F = 5.000$  N měla bezpečnost  $k = 2$ . Mat. tyče –  $R_e = 335$  MPa.

$$k = \frac{R_e}{\sigma_t} \Rightarrow \sigma_t = \frac{F}{k} = \frac{335}{2} = 167,5 \text{ MPa} - \text{maximální napětí, které může součást mít, aby } k = 2$$

$$\sigma_t = \frac{F}{S} \Rightarrow S = \frac{F}{\sigma_t} = \frac{5.000}{167,5} = 30 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 30}{\pi}} = 6,16 \text{ mm}$$

V praxi použijeme nejbližší vyšší normalizovaný průměr tyče.

- Výpočet maximálního zatížení**

**Př:** Vypočtete maximální sílu, kterou můžeme natahovat čtvercovou tyč o hraně  $a = 20 \text{ mm}$  z mat.

$$11\,573 \Rightarrow R_e = 230 \text{ MPa}, k = 3.$$

$$k = \frac{R_e}{\sigma_t} \Rightarrow \sigma_t = \frac{R_e}{k} = \frac{230}{3} = 76,7 \text{ MPa}$$

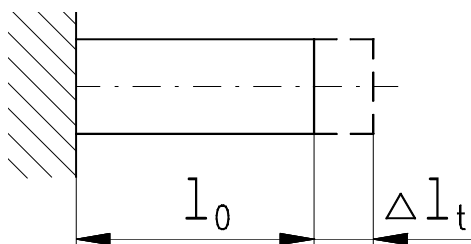
$$\sigma_t = \frac{F}{S} \Rightarrow F = \sigma_t \cdot S = \sigma_t \cdot a^2 = 76,7 \cdot 20^2 = 30.680 \text{ N}$$

## Napětí vzniklé teplem

V praxi se často vyskytují případy, kdy je namáhaná součást vystavena ještě tepelným účinkům. Pokud zabráníme dilataci, napětí mohou být značná. Proto jsou např. mostní konstrukce uloženy na jednom konci na válečcích, dálková topná vedení mají dilatační kolena, kolejnice mezery.

Někdy nelze připustit dilataci součásti, neboť by pak neplnila svou funkci (utažený šroub na víku parní turbíny, nebo na hlavě válce spalovacího motoru). V těchto případech roztažení nebo smrštění vlivem tepelné změny vyvolá v součásti takové napětí, které by vzniklo prodloužením nebo zkrácením při tahu nebo tlaku.

Z fyziky délková roztažnost:



$$\Delta l_t = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta t$$

$l_0$  – původní délka součásti

$\alpha$  – součinitel délkové roztažnosti, ocel  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

$\Delta t$  – rozdíl teplot

Podle Hookova zákona:  $\sigma = \varepsilon \cdot E = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot E$

$$0^\circ = 273,15 \text{ K}$$

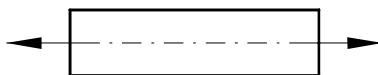
$$0^\circ \cong 273 \text{ K}$$

Po dosazení:

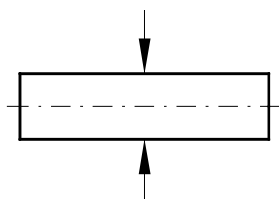
$$\sigma = \frac{l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t}{l_0} \cdot E = \alpha \cdot \Delta t \cdot E$$

## Střih, smyk

Normálová napětí brání částicím se od sebe oddálit (nebo přiblížit) ve směru kolmém k rovině řezu.

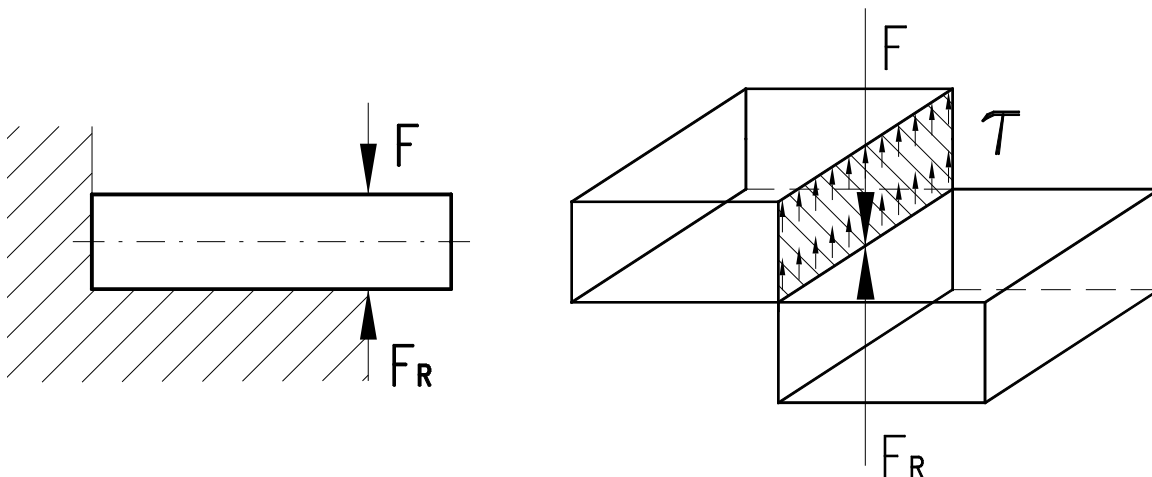


Tečná napětí vyjadřují vazbu částic tělesa, která jim brání se vůči sobě posouvat v rovině řezu.



Dvě síly stejně velké, opačné orientace, ležící na společné nositelce, která prochází těžištěm průřezu a jsou kolmá na osu tyče, vytvoří tečné napětí.

Deformace vznikne posunutím sousedních vrstev proti sobě. Nazývá se zkos.



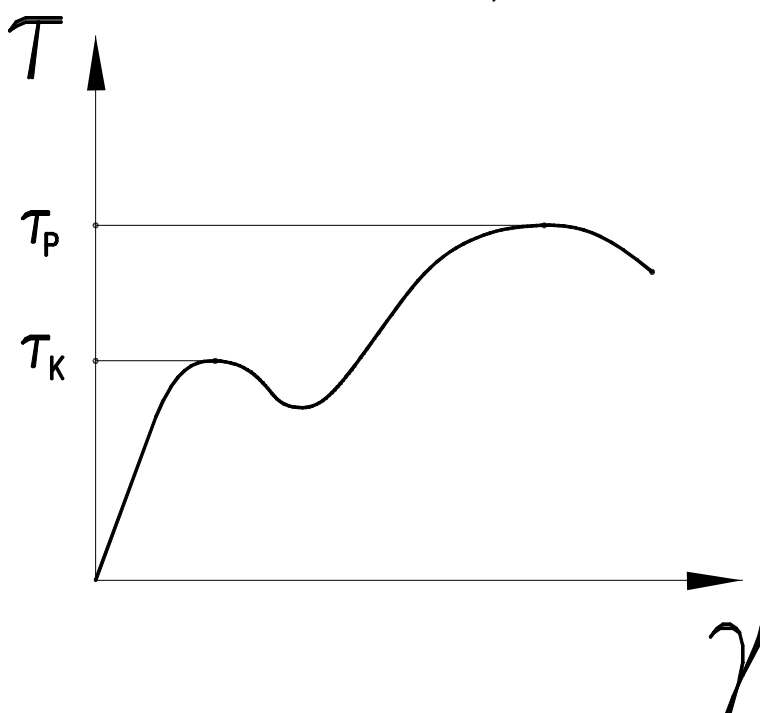
Prostý smyk se vyskytuje jen zřídka, například stříhání materiálu. Jinak se vyskytuje v kombinaci s ohybem (pokud je síla mimo těžiště).

Zkouška namáhání smykem

$$\tau = \frac{F}{S}$$

$$\tau_{PS} = 0,6 R_e - \text{pro ocel.}$$

$$\tau_{PS} = 0,8 \div 1 R_e - \text{pro litinu.}$$



Hookeův zákon pro smyk:

$$\tau = \gamma \cdot G$$

G – modul pružnosti ve smyku.

$$G = 8 \cdot 10^4 \text{ MPa} - \text{pro ocel.}$$

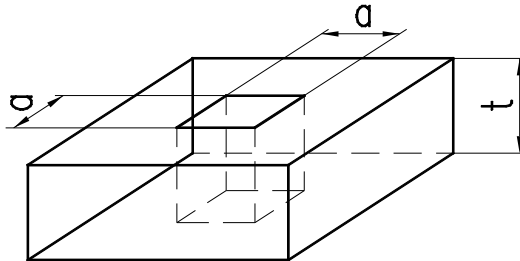
$$G = 4 \cdot 10^4 \text{ MPa} - \text{pro litinu.}$$

## Stříhání materiálu

Musíme překonat mez pevnosti ve smyku

$$\tau_{\max} = \frac{F}{S} \geq \tau_{Ps}$$

**Př:** Jaká síla je zapotřebí k vystřížení čtverce,  $\tau_{Ps} = 300 \text{ MPa}$ ,  $a = 20 \text{ mm}$ ,  $t = 3 \text{ mm}$ .



$$S = 4 \cdot a \cdot t = 4 \cdot 20 \cdot 3 = 240 \text{ mm}^2$$

$$\tau_{Ps} = \frac{F}{S} \Rightarrow F = \tau_{Ps} \cdot S = 300 \cdot 240 = 72.000 \text{ N}$$

**Př:** Osazený konec tyče je namáhán silou  $F = 10 \text{ kN}$ . Určete, který druh namáhání je pro tento případ nebezpečnější, je-li  $\tau_{Ks} = 0,6 \cdot R_e$

$$D = 70 \text{ mm}$$

$$d = 50 \text{ mm}$$

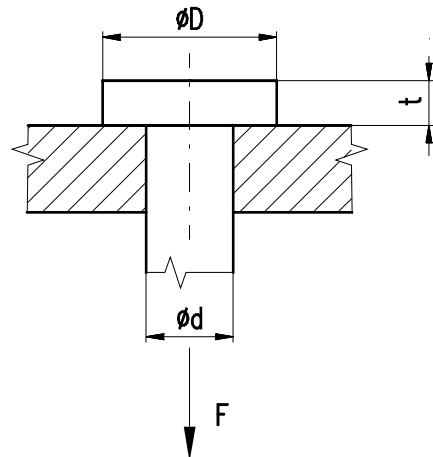
$$t = 20 \text{ mm}$$

$$\sigma_t = \frac{F}{S} = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{10.000}{\frac{\pi \cdot 50^2}{4}} = 5,1 \text{ MPa}$$

$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{F}{\pi \cdot d \cdot t} = \frac{10.000}{\pi \cdot 50 \cdot 20} = 3,18 \text{ MPa}$$

$$\text{Převědeme } \sigma_t \text{ na } \tau: 0,6 \cdot \sigma_t = 0,6 \cdot 5,1 = 3,06 \text{ MPa}$$

Porovnáme  $\Rightarrow \tau_s$  je nebezpečnější.



## Seznam použité literatury

- SALABA S. – MATĚNA A.: *MECHANIKA I – STATIKA pro SPŠ strojnické*. Praha: SNTL, 1977.
- MRŇÁK L. – DRDLA A.: *MECHANIKA – Pružnost a pevnost pro střední průmyslové školy strojnické*. Praha: SNTL, 1977.
- TUREK, I., SKALA, O., HALUŠKA J.: *MECHANIKA – Sbírka úloh*. Praha: SNTL, 1982.
- LEINVEBER, J. – VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky*. 5. doplněné vydání. Praha: Albra, 2011. ISBN 80-7361-033-7.