

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Číslo projektu	CZ .1 .07/1.1 .36/02.0066
Autor	Pavel Florík
Předmět	Mechanika
Téma	Složená namáhání normálová : Tah (tlak) a ohyb 1
Metodický pokyn	výkladový text s ukázkami

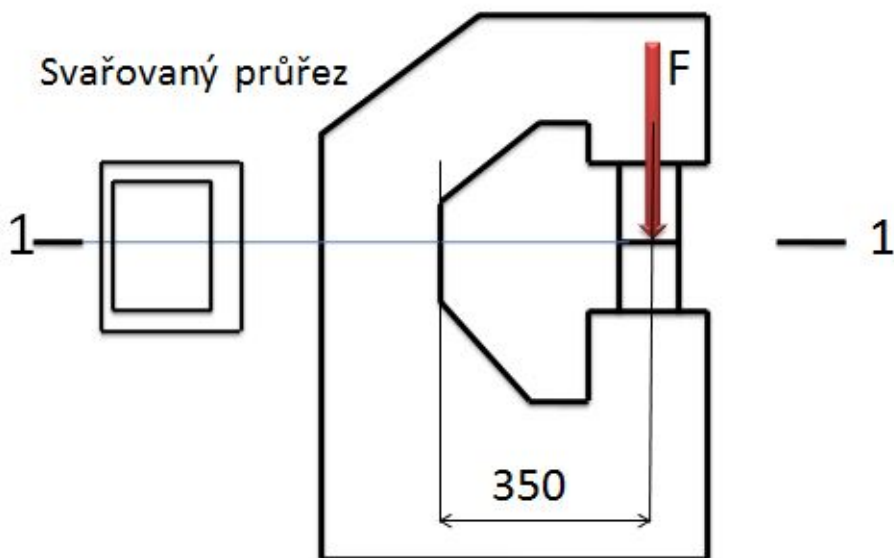
Namáhání v tahu a ohybu

Příklad č. 1

Provedte kontrolu dutého svařovaného rámu lisovacího nástroje , který je svařen z obdélníkových profilů podle

obrázku 1. a zatížen při lisování maximální silou $F = 150000 \text{ N}$, působící 350 mm od vnitřního okraje rámu. Materiál rámu je ocel 11373. Zatížení budeme považovat za míjivé: $\sigma_{Dov} = 60 \text{ Mpa}$. Rozměry průřezu viz. obr.2

obr.1



Rozbor řešení:

Jedná se o ukázkou výpočtu součástí na kombinované normálové zatížení, s nímž se v praxi velmi často setkáváme.

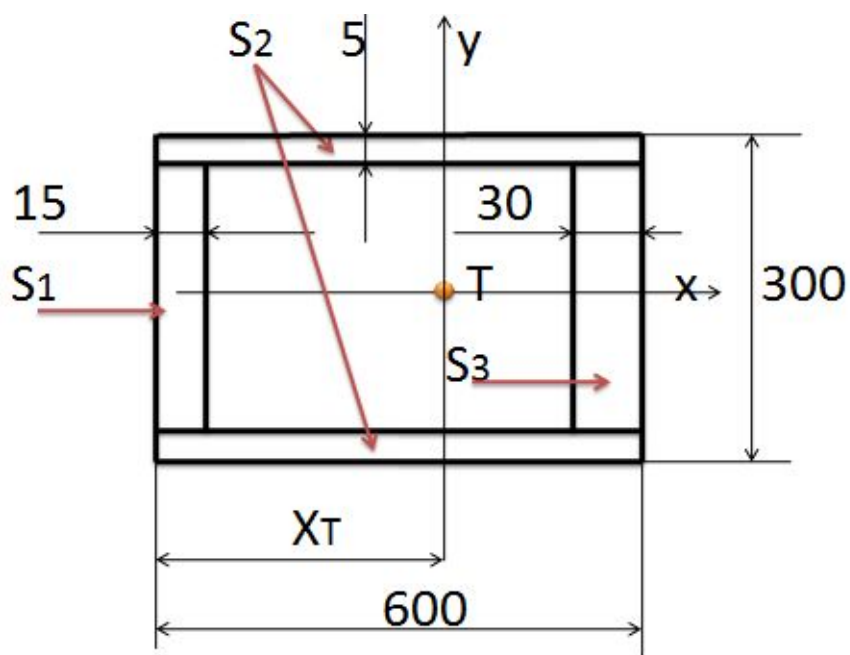
Rám lisu je zatížen silou, která namáhá konstrukci na excentrický tah. Nebezpečný průřez je nejdále od zatěžující síly. Tento výpočet je kontrolní, jelikož rozměry rámu jsou známy.

Řešení:

1. Určíme nebezpečný průřez a jeho těžiště.
2. Vypočteme kvadratický moment průřezu a modul průřezu v ohybu.
3. Vypočteme velikost napětí v ohybu a v tahu.
4. Vypočteme výsledné napětí a porovnáme jej s dovolenými hodnotami.
5. Nakreslíme si průběh napětí a určíme polohu neutrální osy.

ad 1: Určení nebezpečného průřezu a těžiště. Výpočet těžiště je dostatečně znám, takže se omejdeme bez pomocného obrázku 2.

obr.2 Celková plocha: součet všech dílčích ploch



$$S_1 = 15 \cdot 290$$

$$4350$$

$$S_2 = 5 \cdot 600$$

$$3000$$

$$S_3 = 30 \cdot 290$$

$$8700$$

$$S_C = S_1 + 2 \cdot S_2 + S_3$$

$$S_C = 19\,050$$

$$S_C = 19\,050$$

$$19\,050$$

$$x_T = \frac{S_1 * 7.5 + 2 * S_2 * 300 + S_3 * 585}{S_c} // N$$

$$x_T = 363.366$$

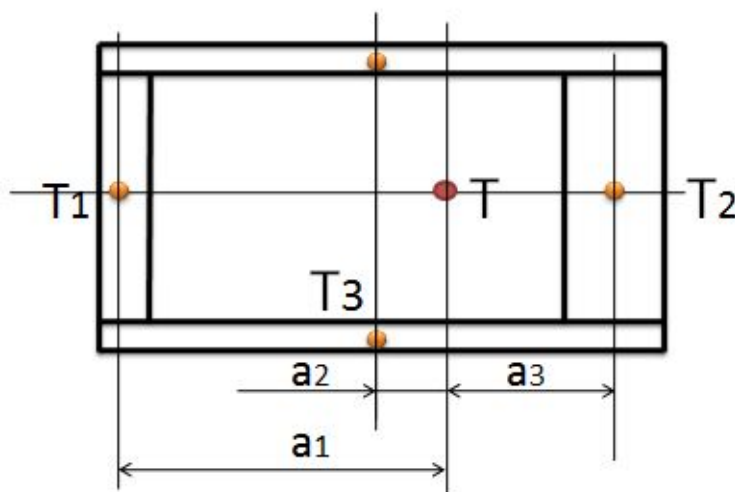
Vzdálenost těžišťové osy x_T je 363,366 mm.

ad 2: Výpočet kvadratického momentu a modulu průřezu v ohybu.

Pozor! Musíme vypočítat kvadratické momenty dílčích obdélníků, převést je pomocí Steinerovy věty k centrální ose a poté je sečíst. Ohyb bude probíhat kolem osy "y".

obr.3

Určení celkového J_{yT}



$$J_{y1} = \frac{290 * 15^3}{12} // N$$

$$J_{y1} = 81562.5$$

$$J_{y1} = 81562.5$$

$$a_1 = 363.366 - 7.5$$

$$355.866$$

$$S_1 = 4350; a_1 = 355.866; J_{y1} = 81562.5$$

$$J_{y1T} = J_{y1} + S_1 * a_1^2$$

$$J_{y1T} = 5.50968 \times 10^8$$

$$J_{y2} = \frac{5 * 600^3}{12} // N$$

$$J_{y2} = 9. \times 10^7$$

$$a_2 = 300 - 363.366$$

$$- 63.366$$

$$S_2 = 3000; J_{y2} = 9. \cdot 10^7; a_2 = 63, 366$$



$$J_{y2T} = J_{y2} + S_2 \cdot a_2^2$$

$$1.02046 \times 10^8$$

$$J_{y3} = \frac{290 \cdot 30^3}{12} // N$$

$$J_{y3} = 652\,500.$$

$$a_3 = 236.634 - 15$$

$$221.634$$

$$J_{y3} = 652\,500; a_3 = 221.634; S_3 = 8070$$

$$8070$$

$$J_{y3T} = J_{y3} + S_3 \cdot a_3^2$$

$$3.97064 \times 10^8$$

$$J_{y1T} = 5.509682158086 \cdot 10^8; J_{y2T} = 1.02045749868 \cdot 10^8; J_{y3T} = 3.9706405374491996 \cdot 10^8$$

$$3.97064 \times 10^8$$

$$J_{yT} = J_{y1T} + 2 \cdot J_{y2T} + J_{y3T}$$

$$J_{yT} = 1.15212 \times 10^9$$

Celkový kvadratický moment k ose y je $J_{yT} = 1, 15212 \times 10^9 \text{ mm}^4$.

vzdálenosti krajních vláken průřezu od těžiště jsou: $e_1 = 363,366 \text{ mm}$ a $e_2 = 236,64 \text{ mm}$. Zjistíme z obr. 2!

$$J_{yT} = 1.15212376928952 \cdot 10^9; e_1 = 363.366; e_2 = 236.64$$

$$236.64$$

$$W_{o1} = \frac{J_{yT}}{e_1}$$

$$W_{o1} = 3.1707 \times 10^6$$

$$W_{o2} = \frac{J_{yT}}{e_2}$$

$$W_{o2} = 4.86868 \times 10^6$$

Moduly průřezu v ohybu jsou: $W_{o1} = 3, 1707 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$; $W_{o2} = 4, 86868 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$

ad 3: Výpočet napětí v tahu a ohybu.

Nebezpečný průřez je namáhán tahovým napětím o velikosti: $\sigma = \frac{F_{\max}}{S_c}$

`ClearAll[Fmax; Sc]`

`Fmax = 150 000; Sc = 19 050;`

`ClearAll::ssym: Fmax; Sc is not a symbol or a string. >>`

$$\sigma_t == \frac{F_{\max}}{S_c} // N$$

$$\sigma_t == 7.87402$$

Napětí v tahu σ_t je 7, 87402 MPa

$$\text{Dále pak ohybovým napětím } \sigma_o = \frac{M_o}{W_{o1,2}}$$

Vzdálenost od zatěžující síly k těžišti průřezu je: $R = X_T + 350 \text{ mm} = 713,366 \text{ mm}$

$$R = 713.366; F_{\max} = 150\,000$$

$$150\,000$$

$$M_{\max} == R * F_{\max}$$

$$M_{\max} == 1.07005 \times 10^8$$

$$M_{\max} = 1.070049 \times 10^8; W_{o1} = 3.170697779345123 \times 10^6; W_{o2} = 4.868677185976674 \times 10^6$$

$$4.86868 \times 10^6$$

$$\sigma_{o1} == - \frac{M_{\max}}{W_{o1}} // N$$

$$\sigma_{o1} == -33.7481$$

$$\sigma_{o2} == \frac{M_{\max}}{W_{o2}} // N$$

$$\sigma_{o2} == 21.9782$$

ad 4: Výpočet výsledného napětí:

Protože jsou všechna napětí normálová, můžeme je algebraicky sečíst. Pozor !!! Napětí od ohybu v krajním

vlákně 1 je záporné , protože je tlakové, proto mínus.

$$\sigma_t = 7.9; \sigma_{o1} = -33.748060347177216; \sigma_{o2} = 21.978228564466725$$

$$21.9782$$

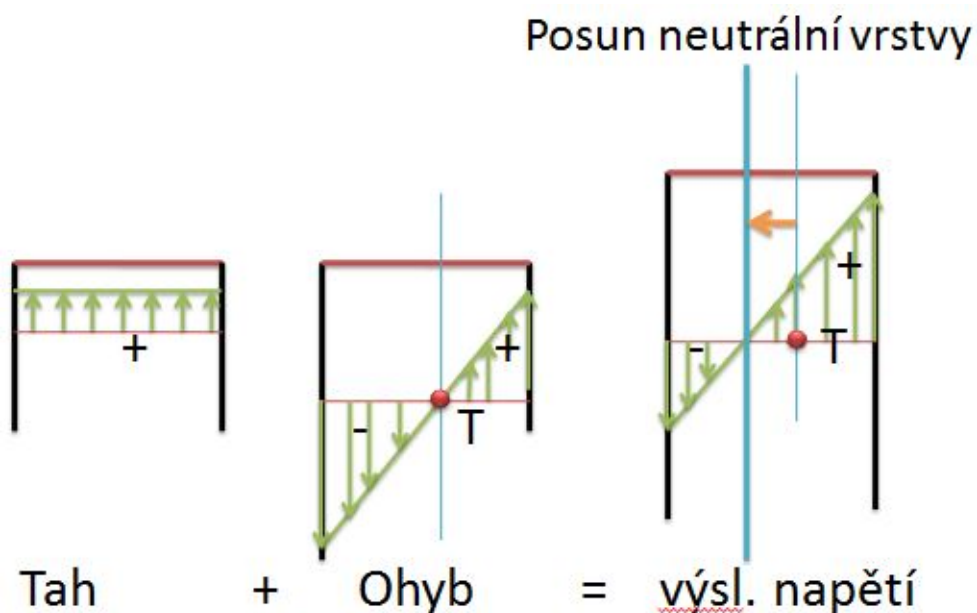
$$\sigma_1 == \sigma_t + \sigma_{o1}$$

$$\sigma_1 == -25.8481$$

$$\sigma_2 == \sigma_t + \sigma_{o2}$$

$$\sigma_2 == 29.8782$$

Výsledné tlakové napětí $\sigma_1 = -25,85 \text{ MPa}$; výsledné tahové napětí $\sigma_2 = 29,88 \text{ MPa}$. Grafické znázornění výsledného napětí vidíme na obrázku. Protože jsou tyto hodnoty výrazně nižší než dovolené napětí, rám vyhovuje.

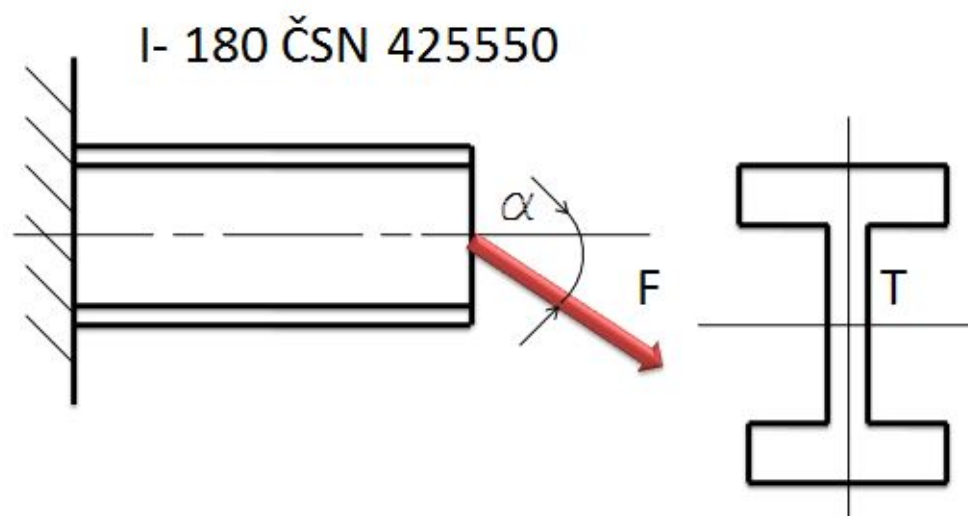


Závěr:

Je zřejmé, že více je namáhán průřez v místě 2 a to tahovým napětím, kdežto v místě 1 je napětí tlakové a menší, součtem napětí pak dochází k posunu neutrální vrstvy a osy, kolem které probíhá ohyb. Protože je profil zhotoven z oceli, je nám celkem jedno, jak velké je dané napětí, pokud nepřekročí dovolenou hodnotu, protože ocel má stejnou pevnost v tlaku, jako v tahu.

Příklad k procvičení:

Nosník průřezu "I" - 180 je zatížen na volném šikmou silou působící pod úhlem 35° . Tato síla prochází těžištěm průřezu a má velikost 2570 N. Zkontrolujte velikost napětí v krajních vláknech průřezu a porovnejte s dovoleným napětím v ohybu o velikosti 85 MPa. Dále určete, jak se bude měnit napětí v krajních vláknech, jestliže se bude měnit sklon síly od 0° do 90° v krocích po 5° .



Zdroje

Mechanika II Pružnost & pevnost L.Mrňák- A.Drdla SNTL Praha 1978
Strojnické tabulky Vávra a kol.