

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ**



**PRUŽNOST A PEVNOST 2 –
V PŘÍKLADECH**

Příklad VI

doc. Ing. Karel Frydryšek, Ph.D., ING-PAED IGIP

Ing. Milan Sivera

Ing. Richard Klučka

Ing. Josef Sedlák

Ing. Luboš Pečenka

Ing. Michal Šofer

Ostrava 2013

© Ing. Lukáš OTTE, Ph.D.

© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

ISBN 978-80-248-3020-9



Tento studijní materiál vznikl za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu: CZ.1.07/2.2.00/15.0463, MODERNIZACE VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ A DIDAKTICKÝCH METOD

OBSAH

12	PŘÍKLAD VI.....	3
12.1	Příklad 15.....	4
12.2	Příklad 16.....	4



12 PŘÍKLAD VI



OBSAH KAPITOLY:

Řešení vzpěru v pružně plastické oblasti přímého nosníku.



CÍL:

Základní příklad Tetmayerova vzpěru,
stanovení kritické síly dle ČSN normy.



12.1 PŘÍKLAD 15

Duralová trubka o délce $L = 1,8$ m s venkovním průměrem průřezu $D = 60$ mm, vetknutá na obou koncích je zatížena osovou silou $F = 100$ kN. Určete potřebnou tloušťku stěny trubky, pokud je koeficient bezpečnosti $k = 2$ a konstanty dle Tetmayera jsou: $a = 336$ MPa, $b = 2,8$ MPa.

Uvažujme vnitřní průměr trubky rovno $d = 50$ mm. Napětí v trubce s ohledem na koeficient bezpečnosti budeme kontrolovat s kritickým napětím určeným dle Tetmayera.

$$\sigma = \frac{k \cdot N}{S} = \frac{k \cdot 4 \cdot N}{\pi(D^2 - d^2)} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 100 \cdot 10^3}{\pi(60^2 - 50^2)} = 231,5 \text{ MPa} \quad (12.1)$$

Štíhlost prutu pro zvolený vnitřní průměr má hodnotu:

$$\lambda = \frac{\beta \cdot L}{j_{\min}} = \frac{\beta \cdot L}{\sqrt{\frac{\pi(D^4 - d^4)}{64 \cdot \pi(D^2 - d^2)}}} = \frac{4 \cdot \beta \cdot L}{\sqrt{D^2 - d^2}} = \frac{4 \cdot 0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^3}{\sqrt{60^2 - 50^2}} \cong 46,1. \quad (12.2)$$

Tomu odpovídá dle Tetmayera kritické napětí:

$$\sigma_{\text{krit}} = a - b \cdot \lambda = 336 - 2,8 \cdot 46,1 = 206,94 \text{ MPa}. \quad (12.3)$$

Protože napětí v trubce σ je větší jak kritické σ_{krit} je zřejmé že trubka na vzpěr nevyhovuje. Opakujeme tedy výpočet pro vnitřní průměr $d = 48$ mm.

$$\sigma = \frac{k \cdot N}{S} = \frac{k \cdot 4 \cdot N}{\pi(D^2 - d^2)} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 100 \cdot 10^3}{\pi(60^2 - 48^2)} = 196,5 \text{ MPa} \quad (12.4)$$

$$\lambda = \frac{\beta \cdot L}{j_{\min}} = \frac{\beta \cdot L}{\sqrt{\frac{\pi(D^4 - d^4)}{64 \cdot \pi(D^2 - d^2)}}} = \frac{4 \cdot \beta \cdot L}{\sqrt{D^2 - d^2}} = \frac{4 \cdot 0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^3}{\sqrt{60^2 - 48^2}} \cong 46,85. \quad (12.5)$$

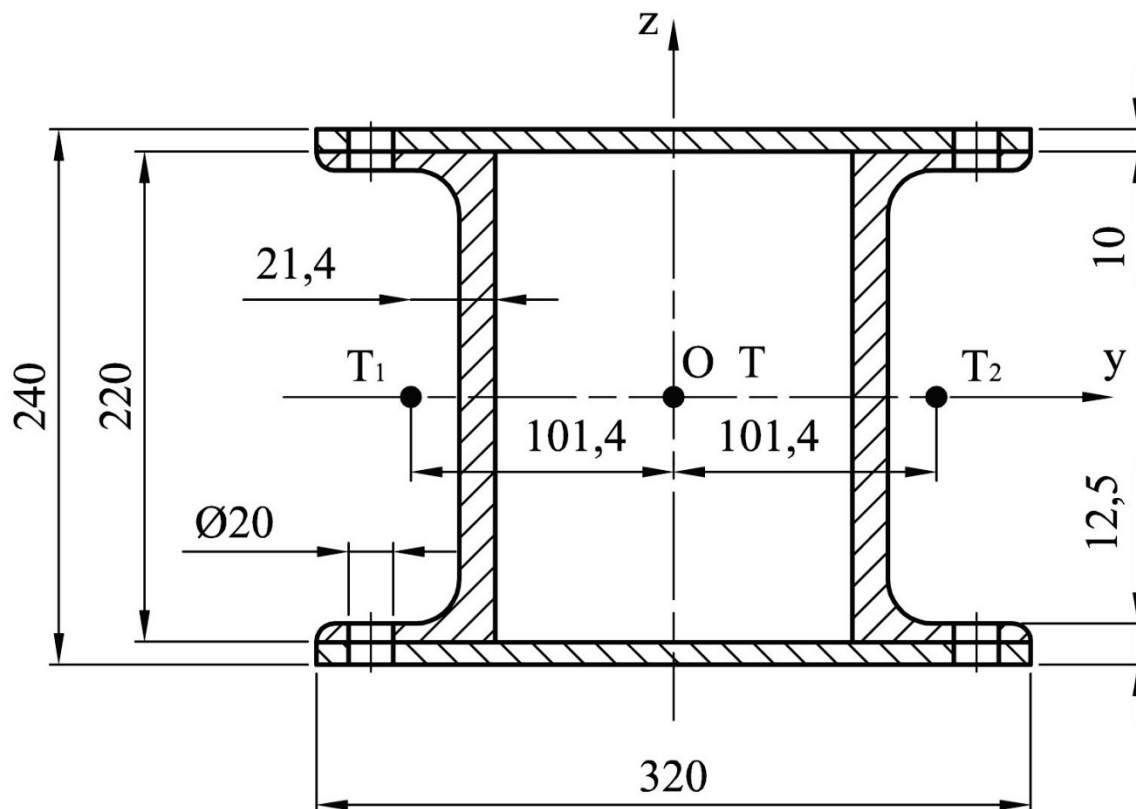
$$\sigma_{\text{krit}} = a - b \cdot \lambda = 336 - 2,8 \cdot 46,1 = 204,8 \text{ MPa}. \quad (12.6)$$

Trubka s vnitřním průměrem $d = 48$ mm, tedy s tloušťkou stěny 6 mm VYHOVUJE.

12.2 PŘÍKLAD 16

Sloup vyrobený z oceli 11370 o délce $L = 6$ m s průřezem složeným z dvou profilů U 22 a dvou pásnic 320x10 mm (viz obr. Obr. 12.1) je na obou koncích kloubově uchycen a zatížen osovou silou F . Jednotlivé části jsou spojeny nýty s průměrem $d = 20$ mm. Rozměry potřebné pro výpočet jsou zobrazeny na obr. Obr. 12.1. Dle ČSN normy určete největší přípustnou hodnotu zátěžné síly, pokud je základní výpočtová pevnost válcovaných profilů $R = 210$ MPa a hodnota součinitele vzpěrnosti je $\varphi = 0,89$.





Obr. 12.1 Rozměry průřezu

Určíme nejmenší centrální kvadratický moment průřezu. Geometrická charakteristika pro válcovaný profil U 22 je dle normy:

$$J_y = 26900 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

$$J_z = 1970 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

$$S = 3,74 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

Plocha celého průřezu je rovna

$$S = 2 \cdot (3,74 \cdot 10^3 + 320 \cdot 10) = 13,88 \cdot 10^3 \text{ mm}^2. \quad (12.7)$$

Podle Steinerovy věty platí

$$J_y = 2 \cdot (26900 \cdot 10^3 + \frac{320 \cdot 10^3}{12} \cdot 320 \cdot 10) = 138493,33 \cdot 10^3 \text{ mm}^4. \quad (12.8)$$

$$J_z = 2 \cdot \left(1970 \cdot 10^3 + 101,4^2 \cdot 3,74 \cdot 10^3 + \frac{320^3 \cdot 10}{12} \right) = \quad (12.9)$$

$$= 135462,39 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

Protože $J_y > J_z$ je minimální poloměr kvadratického momentu průřezu

$$j_{\min} = j_z = j_2 = \sqrt{\frac{J_z}{S}} \cong 98,79 \text{ mm}. \quad (12.10)$$

Štíhlost zadaného prutu

$$\lambda = \frac{\beta \cdot L}{j_{\min}} = \frac{1 \cdot 6 \cdot 10^3}{98,79} \cong 60,7. \quad (12.11)$$

Největší přípustná hodnota osově síly je

$$N \leq \varphi \cdot R \cdot S = 0,89 \cdot 210 \cdot 13880 = 2594,17 \text{ kN}. \quad (12.12)$$

Pro zeslabený průřez provedeme kontrolu pevnosti na tlak



$$\sigma_{max} = \frac{N}{S_{osl}} \leq R \quad (12.13)$$

Přičemž

$$S_{osl} = S - 4 \cdot 20(10 + 12,5) = 12080 \text{ mm}^2 \quad (12.14)$$

Vyjádříme výpočtovou osovou sílu

$$N \leq R \cdot S_{osl} = 210 \cdot 12080 = 2536,8 \text{ kN} \quad (12.15)$$

Největší přípustná hodnota zátěžné síly je rovna

$$F_{krit} = N = 2536,8 \text{ kN} \quad (12.16)$$

