alebo

$$E = \frac{3}{4} \frac{l^2}{av^3} \cdot \frac{F}{\alpha}$$

pričom uhol α môžeme presne zmerať pomocou zrkadlovej metódy.

5.6. Pevnosť v ohybe. Podľa vzorca (5.5.2) na ohnutie tyče, pri ktorom polomer zakrivenia neutrálneho vlákna tyče je r, potrebný ohybový moment $D = \frac{E}{r} J$. Polomer krivosti r v tomto vzorci môžeme vyjadriť pomocou vzorca (5.5.1), $r = E \frac{z}{\sigma}$, takže je aj

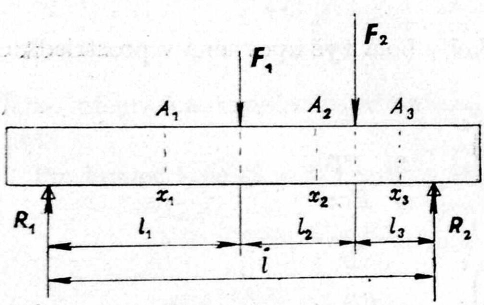
$$D = \frac{\sigma}{z} J \tag{1}$$

kde J je plošný moment zotrvačnosti rezu vzhľadom na ohybovú os a σ normálové napätie v mieste vo vzdialenosti z od neutrálneho vlákna. Toto napätie,

$$\sigma = z \frac{D}{J} \tag{2}$$

je teda najväčšie najďalej od ohybovej osi a nesmie prekročiť hranicu pevnosti materiálu σ_m, alebo — ak žiadaný koeficient bezpečnosti je k — hodnotu $\frac{\sigma_m}{k}$.

Úloha 1. Hranol so štvorcovým prierezom je namáhaný podľa *obr. 5.15*. Aké veľké majú byť priečne rozmery hranola, keď hranica pevnosti materiálu v ťahu je $\sigma_m = 2\,500$ kp cm^{-2} a žiadaný koeficient bezpečnosti $k = 5$?



Obr. 5.15

Riešenie: Vyšetríme najprv namáhania hranola v priečnych rezoch medzi jednotlivými vonkajšími silami. Vzhľadom na každý rez sily pôsobiace vľavo od tohto rezu a sily pôsobiace vpravo sú vo vzájomnej rovnováhe. Preto namáhanie hranola v jeho ľubovoľnom reze nájdeme, ak napríklad všetky sily pôsobiace vpravo od tohto rezu preložíme do tohto rezu a pridáme príslušné dvojice. Podľa toho v reze A_1 účinkuje priečna sila, ktorá hranol namáha šmykom, $S_1 = R_2 - F_1 - F_2 = -R_1$, keďže súčet všetkých síl sa rovná nule, a dvojica s momentom $D_1 = (l_1 + l_2 + l_3 - x_1) R_2 - (l_1 + l_2 - x_1) F_2 - (l_1 - x_1) F_1$; v reze A_2 priečna sila $S_2 = R_2 - F_2$ a dvojica s momentom $D_2 = (l_1 + l_2 + l_3 - x_2) R_2 - (l_1 + l_2 - x_2) F_2$; v reze A_3 priečna sila $S_3 = R_2$ a dvojica s momentom $D_3 = (l_1 + l_2 + l_3 - x_3) R_2$. Miesta, kde momenty D_1, D_2 a D_3 sú absolútne najväčšie, dostaneme z rovníc

$$\frac{dD_1}{dx_1} = 0, \qquad \frac{dD_2}{dx_2} = 0 \quad \text{a} \quad \frac{dD_3}{dx_3} = 0, \qquad \text{t. j. z rovníc}$$

$$\frac{dD_1}{dx_1} = R_1 = -S_1, \quad \frac{dD_2}{dx_2} = -R_2 + F_2 = -S_2, \quad \frac{dD_3}{dx_3} = -R_2 = -S_3$$

Podľa týchto rovníc ohybový moment D, ktorý v našom prípade je zrejme všade kladný, je najväčší v mieste, kde sa priečna sila rovná nule, alebo v mieste, kde mení znamienko. Aby sme mohli určiť toto miesto, musíme poznať sily F_1 a F_2. Zvoľme $F_1 = 200$ kp, $F_2 = 300$ kp a okrem toho nech je $l_1 = 50$ cm, $l_2 = 30$ cm, $l_3 = 20$ cm. Reakciu R_2 nájdeme z momentovej podmienky $l_1F_1 + (l_1 + l_2) F_2 = (l_1 + l_2 + l_3) R_2$, podľa ktorej

$$R_2 = \frac{l_1F_1 + (l_1 + l_2) F_2}{l_1 + l_2 + l_3} = \frac{10\,000 + 24\,000}{100} \text{ kp} = 340 \text{ kp}$$

takže $R_1 = F_1 + F_2 - R_2 = 160$ kp. Priečne sily sú potom $S_1 = -R_1 = -160$ kp, $S_2 = R_2 - F_2 = 40$ kp, $S_3 = 340$ kp. Podľa týchto výsledkov priečna sila mení svoje znamienko v mieste $x = l_1$. Ohybový moment je teda najväčší v reze, kde účinkuje sila F_1, a je $D_m = (l_2 + l_3) R_2 - l_2F_2 = (0{,}5 \,.\, 340 - 0{,}3 \,.\, 300)$ kpm $= 80$ kpm. Podľa vzorca (2) tento moment vyvoláva v priečnom reze hranola napätie

$$\sigma = z \frac{D_m}{J}$$

Nech a je strana štvorcového prierezu hranola. Napätie σ je potom najväčšie pre $z = \dfrac{a}{2}$ a nesmie prekročiť hodnotu $\dfrac{\sigma_m}{k}$. Táto podmienka poskytuje pre výpočet strany štvorca rovnicu

$$\frac{\sigma_m}{k} = \frac{a}{2} \frac{D_m}{J} = \frac{6D_m}{a^3}$$

lebo plošný moment zotrvačnosti štvorca vzhľadom na os súmernosti jeho strán je $J = \dfrac{1}{12} a^4$. Hľadaná strana štvorcového prierezu hranola je teda

$$a = \sqrt[3]{\frac{30D_m}{\sigma_m}} = \sqrt[3]{\frac{30 \,.\, 8\,000 \text{ kpcm}}{2\,500 \text{ kpcm}^{-2}}} = 4{,}6 \text{ cm}$$

5.7. Pevnosť v krútení. Podľa vzorca (5.4.1) dvojica síl s momentom D pootočí základňu válca s kruhovým prierezom vzhľadom na jeho druhú základňu o uhol

$$\varphi = \frac{2lD}{\pi G r^4} \tag{1}$$

V priečnom reze valca vznikne tým tangenciálne napätie

$$\tau = G\gamma = G \frac{\varphi}{l} x = \frac{2D}{\pi r^4} x \tag{2}$$