

Oznaczenia 3.0. Przyjęte oznaczenia i podstawowe wzory:

Momenty bezwładności figur płaskich

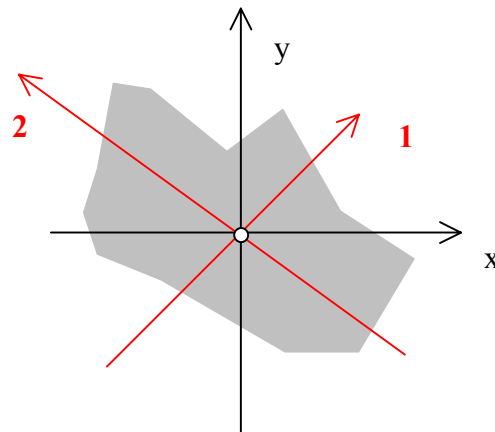
(0xy)- osie centralne

(O12)- osie główne centralne

$$I_1 = \frac{(I_x + I_y)}{2} + \sqrt{\left(\frac{I_x - I_y}{2}\right)^2 + I_{xy}^2}$$

$$I_2 = \frac{(I_x + I_y)}{2} - \sqrt{\left(\frac{I_x - I_y}{2}\right)^2 + I_{xy}^2}$$

$$\operatorname{tg} 2\beta = \frac{-2I_{xy}}{I_x - I_y}$$



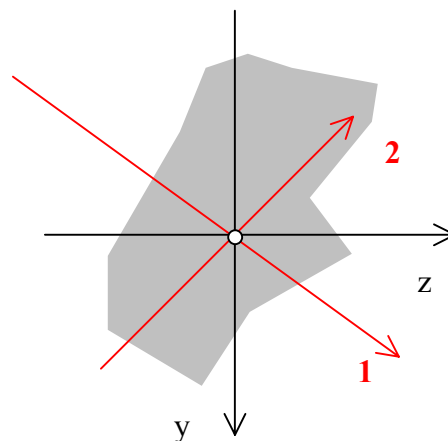
(0yz)- osie centralne

(O12)- osie główne centralne

$$I_1 = \frac{(I_y + I_z)}{2} + \sqrt{\left(\frac{I_y - I_z}{2}\right)^2 + I_{yz}^2}$$

$$I_2 = \frac{(I_y + I_z)}{2} - \sqrt{\left(\frac{I_y - I_z}{2}\right)^2 + I_{yz}^2}$$

$$\operatorname{tg} 2\beta = \frac{-2I_{yz}}{I_y - I_z}$$



Zginanie proste

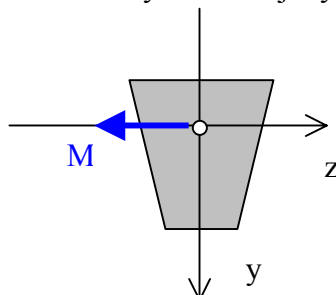
Naprężenie normalne przy zginaniu prostym wyraża się wzorem:

$$\sigma = \frac{M}{J_z} y$$

M - moment gnący. Moment ma znak dodatni, jeżeli rozciąga włókna po dodatniej stronie osi y.

J_z - moment bezwładności przekroju względem osi głównej centralnej z.

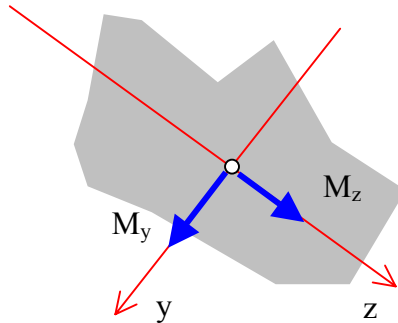
y - współrzędna warstwy dla której wyznaczane jest naprężenie.



Zginanie ukośne

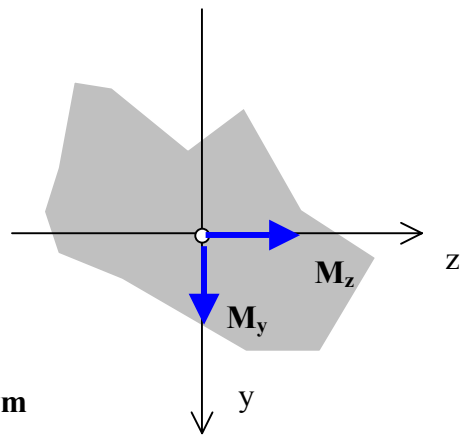
Wzór na naprężenia normalne od zginania zapisany dla osi głównych centralnych

$$\sigma = \frac{M_y}{I_y} z - \frac{M_z}{I_z} y$$



Wzór na naprężenia normalne od zginania zapisany dla osi centralnych

$$\sigma = \frac{M_z \cdot I_{yz} + M_y \cdot I_z}{I_z \cdot I_y - I_{yz}^2} z - \frac{M_z I_y + M_y \cdot J_{yz}}{I_z \cdot I_y - I_{yz}^2} y$$



Naprężenia styczne przy zginaniu nierównomiernym

Rozkład naprężenia stycznego τ wyznaczamy ze wzoru Żurawskiego.

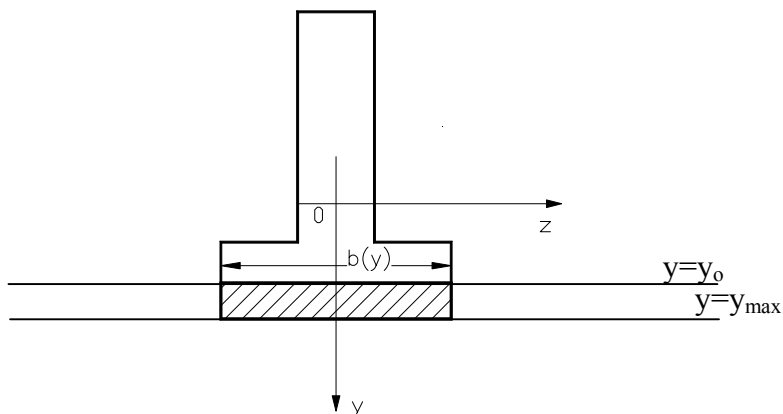
$$\tau(y) = \frac{T \cdot S_z^{y_{\max}}(y)}{b(y) \cdot I_z}$$

T – siła tnąca skierowana wzdłuż osi y,

$S_z^{y_{\max}}$ - moment statyczny względem osi centralnej odciętej części przekroju zawarty między prostymi $y=y_0$, $y=y_{\max}$ (na rysunku poniżej odcięta część przekroju oznaczona jest zakreskowanym polem),

$b(y)$ - szerokość przekroju w miejscu przecięcia z prostą $y=y_0$,

I_z - moment bezwładności przekroju względem osi głównej centralnej z.



Naprężenia styczne przy zginaniu nierównomiernym prętów cienkościennych

Rozkład naprężenia stycznego τ wyznaczymy ze wzoru:

$$\tau(s) = -\frac{T_y \cdot S_z^s(s)}{\delta(s) \cdot I_z} - \frac{T_z \cdot S_y^s(s)}{\delta(s) \cdot I_y},$$

$(0yz)$ – główne centralne osie bezwładności,

s - współrzędna łukowa o początku na brzegu przekroju,

T_y – siła tnąca skierowana wzdłuż osi y ,

T_z – siła tnąca skierowana wzdłuż osi z ,

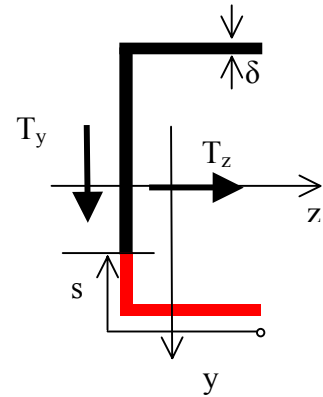
S_z^s - moment statyczny względem osi centralnej z odciętej części przekroju,

S_y^s - moment statyczny względem osi centralnej y odciętej części przekroju,

$\delta(s)$ - szerokość przekroju,

I_z - moment bezwładności przekroju względem osi głównej centralnej z ,

I_y - moment bezwładności przekroju względem osi głównej centralnej y .



W przypadku niegłównego lecz centralnego układu współrzędnych $(0yz)$ wzór na naprężenia styczne przyjmuje postać

$$\tau(s) = -\frac{T_y \cdot I_y - T_z \cdot I_{yz}}{\delta(s) \cdot (I_y \cdot I_z - I_{yz}^2)} \cdot S_z^s(s) - \frac{T_z \cdot I_z - T_y \cdot I_{yz}}{\delta(s) \cdot (I_y \cdot I_z - I_{yz}^2)} \cdot S_y^s(s)$$

