



BIEGUNOWY MOMENT BEZWŁADNOŚCI (przekrój kołowy pełny)

$$J_0 = \frac{\pi \cdot D^4}{32} \quad [mm^4]$$

D – średnica zewnątrz przekroju poprzecznego kołowego pełnego próbki $[mm]$



WSKAŹNIK WYTRZYMAŁOŚCI PRZEKROJU NA SKRĘCANIE (przekrój kołowy pełny)

$$W_0 = \frac{J_0}{r} = \frac{J_0 \cdot 2}{D} = \frac{\pi \cdot D^3}{16} \quad [mm^3]$$

D – średnica zewnątrz przekroju poprzecznego kołowego pełnego próbki [mm]
 r – promień (mierzony do zewnętrznych włókien) przekroju kołowego pełnego próbki [mm]

J_0 – biegunowy moment bezwładności przekroju kołowego pełnego [mm⁴]



BIEGUNOWY MOMENT
BEZWŁADNOŚCI (przekrój rurowy)

$$J_0 = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{32} \quad [mm^4]$$

D – średnica zewnątrz poprzecznego przekroju
rurowego próbki [mm]

d – średnica wewnątrz poprzecznego
rurowego próbki [mm]



WSKAŹNIK WYTRZYMAŁOŚCI PRZEKROJU NA SKRĘCANIE (przekrój rurowy)

$$W_0 = \frac{J_0}{r} = \frac{J_0 \cdot 2}{D} = \frac{\pi}{16} \left(\frac{D^4 - d^4}{D} \right) [mm^3]$$

D – średnica zewnętrzna poprzecznego przekroju rurowego próbki [mm]

d – średnica wewnętrzna przekroju poprzecznego rurowego próbki [mm]

r – promień (mierzony do zewnętrznych włókien) przekroju rurowego próbki [mm]

J_0 – biegunowy moment bezwładności przekroju kołowego pełnego [mm⁴]



MOMENT SKRĘCAJĄCY (na podstawie pomiarów z maszyny)

$$M_s = Q \cdot S = m \cdot g \cdot S \left[Nmm = kg \cdot \frac{m}{s^2} \cdot mm \right]$$

Q – obciążenie (siła) pochodzące od łącznej masy nałożonych obciążników [N]

S – promień momentu skręcającego [mm]

m – łączna masa nałożonych obciążników [kg]

g – przyspieszenie ziemskie [$\frac{m}{s^2}$]



MOMENT SKRĘCAJĄCY

$$M_s = \frac{\varphi \cdot G \cdot J_0}{l} \left[Nmm = \frac{rad \cdot MPa \cdot mm^4}{mm} = \frac{rad \cdot N \cdot mm^4}{mm \cdot mm^2} \right]$$

φ – kąt skręcenia [rad]

G – moduł sprężystości postaciowej (moduł Kirchhoffa) [MPa]

J_0 – biegunowy moment bezwładności przekroju próbki [mm^4]

l – długość pomiarowa próbki (lub długość przedziału) [mm]



KĄT SKRĘCENIA

(na podstawie pomiarów z maszyny)

$$\varphi = \frac{x}{R}$$

$$\left[\frac{m}{m} = rad \right]$$

$$\varphi = \frac{x}{R} \cdot \frac{360^\circ}{2\pi}$$

$$\left[rad \cdot \frac{^\circ}{rad} = ^\circ \right]$$

x – wskazanie czujnika zegarowego [mm]

R – promień zamienia pomiarowego = odległość pomiędzy osią pręta i osią wrzeciona czujnika zegarowego [mm]



KĄT SKRĘCENIA

$$\varphi = \frac{M_s \cdot l}{G \cdot J_0} \left[rad = \frac{N \cdot mm \cdot mm}{MPa \cdot mm^4} = \frac{N \cdot mm \cdot mm \cdot mm^2}{N \cdot mm^4} \right]$$

M_s – moment skręcający [Nmm]

G – moduł sprężystości postaciowej (moduł Kirchhoffa) [MPa]

J_0 – biegunowy moment bezwładności przekroju próbki [mm^4]

l – długość pomiarowa próbki (lub długość przedziału) [mm]



KĄT ODKSZTAŁCENIA POSTACIOWEGO

$$\gamma = \varphi \cdot \frac{R}{l} \quad \left[rad \cdot \frac{mm}{mm} = rad \right]$$

φ – kąt skręcenia [rad]

r – promień (mierzony do zewnętrznych włókien) przekroju próbki [mm]

l – długość pomiarowa próbki (lub długość przedziału) [mm]



KĄT SKRĘCENIA

odpowiadający umowej granicy sprężystości

$$\varphi_{sp} = \gamma \cdot \frac{l}{r} = 0,00075 \cdot \frac{l}{r} \left[rad \cdot \frac{mm}{mm} = rad \right]$$

γ_{sp} – trwałe odkształcenia postaciowe zewnętrznych włókien próbki, odpowiadające umownej granicy sprężystości

$$\gamma_{sp} = 0,075\% = 0,00075 [-]$$

r – promień (mierzony do zewnętrznych włókien) przekroju próbki [mm]

l – długość pomiarowa próbki (lub długość przedziału) [mm]



KĄT SKRĘCENIA

odpowiadający umowej granicy plastyczności

$$\varphi_{pl} = \gamma \cdot \frac{l}{r} = 0,003 \cdot \frac{l}{r} \quad \left[rad \cdot \frac{mm}{mm} = rad \right]$$

γ_{pl} – trwałe odkształcenia postaciowe zewnętrznych włókien próbki, odpowiadające umownej granicy sprężystości

$$\gamma_{pl} = 0,3\% = 0,003 [-]$$

r – promień (mierzony do zewnętrznych włókien) przekroju próbki [mm]

l – długość pomiarowa próbki (lub długość przedziału) [mm]



MODUŁ SPRĘŻYSTOŚCI POSTACIOWEJ (moduł Kirchhoffa)

$$G = \frac{\tau}{\gamma} = \frac{M_s \cdot l}{\varphi \cdot J_0} \quad \left[MPa = \frac{MPa}{rad} = \frac{Nmm \cdot mm}{rad \cdot mm^4} = \frac{N}{mm^2} \right]$$

τ – naprężenia styczne [MPa]

γ – odkształcenia postaciowe [$rad/\%/‰$]

M_s – moment skręcający [Nmm]

l – długość pomiarowa próbki (lub długość przedziału) [mm]

φ – kąt skręcenia [rad]

J_0 – biegunowy moment bezwładności przekroju próbki [mm^4]



GRANICA PROPORCJONALNOŚCI

$$R_{pr} = \frac{M_{s(pr)}}{W_0} \quad \left[MPa = \frac{Nmm}{mm^3} = \frac{N}{mm^2} \right]$$

$M_{s(pr)}$ – moment skrecający odpowiadający końcowi odcinka prostoliniowego na wykresie zależności kąta skręcenia od wartości momentu skrecającego, którym obciążona jest próbka [Nmm]

W_0 – wskaźnik wytrzymałości na skręcanie [mm³]



GRANICA SPRĘŻYSTOŚCI (umowna)

$$R_{sp} = \frac{M_{s(sp)}}{W_0} = \frac{\varphi_{sp} \cdot G \cdot J_0}{W_0 \cdot l} \left[MPa = \frac{Nmm}{mm^3} = \frac{N}{mm^2} \right]$$

$M_{s(sp)}$ – moment skręcający odpowiadający umownej granicy sprężystości i trwałemu odkształceniu postaciowemu

$\gamma_{sp} = 0,075\% = 0,00075 [-]$

W_0 – wskaźnik wytrzymałości na skręcanie [mm^3]



GRANICA PLASTYCZNOŚCI (umowna)

$$R_{pl} = \frac{M_{s(pl)}}{W_0} = \frac{\varphi_{pl} \cdot G \cdot J_0}{W_0 \cdot l} \left[MPa = \frac{Nmm}{mm^3} = \frac{N}{mm^2} \right]$$

$M_{s(pl)}$ – moment skręcający odpowiadający umownej granicy plastyczności i trwałemu odkształceniu postaciowemu

$\gamma_{pl} = 0,3\% = 0,003 [-]$

W_0 – wskaźnik wytrzymałości na skręcanie [mm^3]