

Dane:

- $l_1 = 200 \text{ mm}$
- $l_2 = 100 \text{ mm}$
- $D_1 = 150 \text{ mm}$
- $D_2 = 120 \text{ mm}$
- $\alpha_1 = 90^\circ$
- $\alpha_2 = 210^\circ$
- $P_2 = 450 \text{ kN}$
- Materiał 37MnSi5

Obliczenia (sita P):

$$\sum p_i \cdot r_i = 0$$

$$P_1 \cdot r_1 - P_2 \cdot r_2 = 0$$

$$P_1 = \frac{P_2 \cdot r_2}{r_1} = \frac{450 \cdot 10^3 \cdot 60 \cdot 10^{-3}}{75 \cdot 10^{-3}} = 360 \text{ 000 N} = 360 \text{ kN}$$

Obliczenia sił w płaszczyznach XZ i YZ:

$$P_{1x} = P_1 \cdot \sin \alpha_1$$

$$P_{1y} = P_1 \cdot \cos \alpha_1$$

$$P_{2x} = P_2 \cdot \sin \alpha_2$$

$$P_{2y} = P_2 \cdot \cos \alpha_2$$

$$\sin \alpha_1 = \sin 90^\circ = 1$$

$$\cos \alpha_1 = \cos 90^\circ = 0$$

$$\sin \alpha_2 = \sin 210^\circ = -0,5$$

$$\cos \alpha_2 = \cos 210^\circ = -0,866$$

$$P_{1x} = P_1 \cdot \sin \alpha_1 = 360 \cdot 10^3 \cdot 1 = 360 \text{ kN}$$

$$P_{1y} = P_1 \cdot \cos \alpha_1 = 360 \cdot 10^3 \cdot 0 = 0 \text{ kN}$$

$$P_{2x} = P_2 \cdot \sin \alpha_2 = 450 \cdot 10^3 \cdot (-0,5) = -225 \text{ kN}$$

$$P_{2y} = P_2 \cdot \cos \alpha_2 = 450 \cdot 10^3 \cdot (-0,866) = -389,7 \text{ kN}$$

- k_{g0} dla 37MnSi5 = 102 MPa
- k_{sj} dla 37MnSi5 = 112 MPa

$$\alpha = \frac{k_{g0}}{k_{sj}} = \frac{102}{112} = 0,91$$

Wyznaczam siły w podporach oraz momenty gnące dla płaszczyzny XZ

$$\sum M_{xAi} = 0$$

$$-R_{Ax} \cdot 0 + P_{1x} \cdot l_1 + P_{2x} \cdot (l_1 + l_2) - R_{Bx} \cdot l = 0$$

$$P_{1x} \cdot l_1 + P_{2x} \cdot (l_1 + l_2) - R_{Bx} \cdot l = 0$$

$$R_{Bx} = \frac{P_{1x} \cdot l_1 + P_{2x} \cdot (l_1 + l_2)}{l} = \frac{360 \cdot 10^3 \cdot 200 \cdot 10^{-3} + (-225 \cdot 10^3) \cdot (200 + 100) \cdot 10^{-3}}{500 \cdot 10^{-3}}$$

$$R_{Bx} = -120,6$$

$$\sum P_{xI} = 0$$

$$R_{Ax} - P_{1x} - P_{2x} + R_{Bx} = 0$$

$$R_{Ax} = P_{1x} + P_{2x} - R_{Bx}$$

$$R_{Ax} = (360 - 225 + 120,6) \cdot 10^3 = 255,6$$

$$M_{gXI} = -R_{Ax} \cdot l_1 = -255,6 \cdot 10^3 \cdot 200 \cdot 10^{-3} = -51120 \text{ Nm} = -51,12 \text{ kNm}$$

$$M_{gXII} = -R_{Ax} \cdot (l_1 + l_2) + P_{1x} \cdot l_2 = -255,6 \cdot 10^3 \cdot (200 + 100) \cdot 10^{-3} + 360 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = -40,68 \text{ kN}$$

$$M_{gXIII} = -R_{Ax} \cdot l + P_{1x} \cdot (l - l_1) + P_{2x} \cdot (l - l_1 - l_2) = -255,6 \cdot 10^3 \cdot 500 \cdot 10^{-3} + 360 \cdot 10^3 \cdot 300 \cdot 10^{-3} + (-225) \cdot 200 = -64,8 \text{ kN}$$

Wyznaczam siły w podporach oraz momenty gnące dla płaszczyzny YZ

$$\sum M_{yAi} = 0$$

$$P_{1y} \cdot l_1 + P_{2y} \cdot (l_1 + l_2) = R_{By} \cdot l$$

$$0 \cdot 10^3 \cdot 200 \cdot 10^{-3} - 389,7 \cdot 10^3 \cdot (300) \cdot 10^{-3} = R_{By} \cdot 500 \cdot 10^{-3}$$

$$R_{By} = -233,82 \text{ kN}$$

Obliczam pozostałą siłę reakcji:

$$\sum F_{iy}=0$$

$$-R_{Ay}+P_{1y}+P_{2y}-R_{By}=0$$

$$R_{Ay}+0-389,7 \cdot 10^3+233,82 \cdot 10^3=0$$

$$R_{Ay}=-155,88 \text{ kN}$$

Momenty zginające:

$$M_{gyl}=R_{Ay} \cdot l_1=-155,88 \cdot 10^3 \cdot 200 \cdot 10^{-3}=-31176 \text{ Nm}=-31,176 \text{ kNm}$$

$$M_{gyl}=R_{Ay} \cdot (l_1+l_2)+P_{1y} \cdot l_2=-155,88 \cdot 10^3 \cdot (200+100) \cdot 10^{-3}+0 \cdot 100 \cdot 10^{-3}=-46,76 \text{ kNm}$$

$$M_{gxl}=R_{Ay} \cdot l+P_{1y} \cdot (l-l_1)-P_{2y} \cdot (l-l_2-l_1)=-155,88 \cdot 10^3 \cdot 500 \cdot 10^{-3}+0 \cdot 300 \cdot 10^{-3}+389,7 \cdot 10^3 \cdot 200 \cdot 10^{-3}=0 \text{ kN}$$

Obliczam momenty gnące dla obu płaszczyzn:

$$M_{gll}=\sqrt{M_{gx}^2+M_{gy}^2}=M_{gl}=\sqrt{(-51,12 \cdot 10^3)^2+(-31,176 \cdot 10^3)^2}=59,87 \text{ kNm}$$

$$M_{gllp}=\sqrt{M_{gxll}^2+M_{gyll}^2}=M_{gl}=\sqrt{(-40,68 \cdot 10^3)^2+(-46,764)^2}=61,98 \text{ kNm}$$

Obliczam moment skrecający:

$$M_s=P_2 \cdot r_2=450 \cdot 10^3 \cdot 60 \cdot 10^{-3}=27000 \text{ Nm}=27 \text{ kNm}$$

Hipoteza wytrzymałościowa oraz obliczenia wymiarów wałów:

$$\sigma_z=\sqrt{\sigma_g+(\alpha \cdot \tau_s)^2}$$

$$M_z=\sqrt{M_g^2+\left(\frac{\alpha}{2} \cdot M_s\right)^2}$$

$$M_{zlp}=\sqrt{M_{gll}^2+\left(\frac{\alpha}{2} \cdot M_s\right)^2}=\sqrt{(59,87 \cdot 10^3)^2+(0,455 \cdot 27 \cdot 10^3)^2}=59,97$$

$$M_{zll}=\sqrt{M_{gll}^2+\left(\frac{\alpha}{2} \cdot M_s\right)^2}=\sqrt{(61,98 \cdot 10^3)^2+(0,455 \cdot 27 \cdot 10^3)^2}=62,08$$

Obliczam średnicę wałów:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32M_z}{\pi k_{go}}}$$

$$d_L \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 59,97 \cdot 10^3}{\pi \cdot 102 \cdot 10^6}}=1,81 \text{ m}$$

$$d_P \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 62,08 \cdot 10^3}{\pi \cdot 102 \cdot 10^6}}=1,83 \text{ m}$$