

## Naprężenia wyboczeniowe i nośność powłoki walcowej ściskanej południkowo – (sily N11)

### 1. Dane

- Długość powłoki –  $l = 20m$
- Promień powłoki –  $r = 25m$
- Grubość płaszczka –  $t = 12mm$
- Siła południkowa  $N_{11} - n_{x,Ed} = 27 \frac{kN}{m}$
- Stal – S235 –  $f_{y,k} = \frac{f_y}{\gamma_{M11}} = \frac{235}{1,1} = 215MPa$
- Klasa wykonania – najwyższa

### 2. Długość segmentu powłoki

$$\omega = \frac{l}{\sqrt{rt}} = \frac{20}{\sqrt{25 \times 0,012}} = 36,51$$

### 3. Sprawdzenie przypadku powłoki

$$0,5 \frac{r}{t} = 0,5 \frac{25}{0,012} = 1041,7 \rightarrow 1,7 < \omega = 36,51 < 0,5 \frac{r}{t} = 1041,7$$

powłoka średniej długości  $\rightarrow C_x = 1$

### 4. Naprężenia południkowe

$$\sigma_{x,Rcr} = \frac{0,605EC_x t}{r} = 0,605 \times 210000 \times 1 \times \frac{0,012}{25} = 60,984MPa$$

### 5. Smukłość powłoki

$$\bar{\lambda}_x = \sqrt{\frac{f_{y,k}}{\sigma_{x,Rcr}}} = \sqrt{\frac{215}{60,984}} = 1,88$$

### 6. Współczynnik redukcji

$$\alpha_x = \frac{Q = 40; \bar{\lambda}_{x0} = 0,2; \beta = 0,6; \eta = 1,0}{0,62} = \frac{0,62}{0,62} = 1$$
$$\alpha_x = \frac{0,62}{1 + 1,91 \left( \frac{1}{Q} \sqrt{\frac{r}{t}} \right)^{1,44}} = \frac{0,62}{1 + 1,91 \left( \frac{1}{40} \sqrt{\frac{25}{0,012}} \right)^{1,44}} = 0,187$$

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{\alpha_x}{1 - \beta}} = \sqrt{\frac{0,187}{1 - 0,6}} = 0,68$$

$$\bar{\lambda}_x = 1,88 > \bar{\lambda}_p = 0,68 \rightarrow X_x = \frac{\alpha_x}{\bar{\lambda}_x^2} = \frac{0,187}{1,88^2} = 0,053$$

### 7. Nośność powłoki

$$\sigma_{x,Rk} = \frac{X_x f_y}{\gamma_{M11}} = \frac{0,053 \times 235}{1,1} = 11,61MPa$$

$$\sigma_{x,Rd} = \frac{\sigma_{x,Rk}}{\gamma_{M11}} = \frac{11,61}{1,1} = 10,55MPa$$

### 8. Warunek nośności

$$\sigma_{x,Ed} = \frac{n_{x,Ed}}{t} = \frac{27}{0,012} = 2250 \frac{kN}{m^2} = 2,25MPa$$

$$\frac{\sigma_{x,Ed}}{\sigma_{x,Rd}} = \frac{2,25}{10,55} = 0,21 < 1 - \text{nośność zapewniona}$$

## Naprężenia wybozeniowe i nośność powłoki walcowej ściskanej obwodowo – (sily N22)

### 9. Dane

- Długość powłoki –  $l = 20m$
- Promień powłoki –  $r = 25m$
- Grubość płaszcza –  $t = 12mm$
- Siła obwodowa  $N_{22} - n_{\theta,Ed} = 35 \frac{kN}{m}$
- Stal – S235 –  $f_{y,k} = \frac{f_y}{\gamma_{M11}} = \frac{235}{1,1} = 215MPa$
- Klasa wykonania – najwyższa

### 10. Długość segmentu powłoki

$$\omega = \frac{l}{\sqrt{rt}} = \frac{20}{\sqrt{25 \times 0,012}} = 36,51$$

warunki brzegowe BC1 – BC1 – założenie  $C_\theta = 1,5$

### 11. Sprawdzenie przypadku powłoki

$$1,63 \frac{r}{t} = 1,63 \frac{25}{0,012} = 3395,8 \rightarrow 20 < \frac{\omega}{C_\theta} = \frac{36,51}{1,5} = 24,34 < 1,63 \frac{r}{t} = 3395,8$$

powłoka średniej długości  $\rightarrow C_\theta = 1,5$

### 12. Naprężenia obwodowe

$$\sigma_{\theta,Rcr} = \frac{0,92EC_\theta t}{\omega r} = 0,92 \times 210000 \times 1,5 \times \frac{0,012}{24,34 \times 25} = 5,72MPa$$

### 13. Smukłość powłoki

$$\bar{\lambda}_\theta = \sqrt{\frac{f_{y,k}}{\sigma_{\theta,Rcr}}} = \sqrt{\frac{215}{5,72}} = 6,13$$

### 14. Współczynnik redukcji

$$\alpha_\theta = 0,75; \quad \bar{\lambda}_{\theta 0} = 0,4; \quad \beta = 0,6; \quad \eta = 1,0$$

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{\alpha_\theta}{1 - \beta}} = \sqrt{\frac{0,75}{1 - 0,6}} = 1,37$$

$$\bar{\lambda}_\theta = 6,13 > \bar{\lambda}_p = 1,37 \rightarrow X_\theta = \frac{\alpha_\theta}{\bar{\lambda}_\theta^2} = \frac{0,75}{6,13^2} = 0,02$$

### 15. Nośność powłoki

$$\sigma_{\theta,Rk} = \frac{X_\theta f_y}{\gamma_{M11}} = \frac{0,02 \times 235}{1,1} = 4,3MPa$$

$$\sigma_{\theta,Rd} = \frac{\sigma_{\theta,Rk}}{\gamma_{M11}} = \frac{4,3}{1,1} = 3,9MPa$$

### 16. Warunek nośności

$$\sigma_{\theta,Ed} = \frac{n_{\theta,Ed}}{t} = \frac{35}{0,012} = 2916 \frac{kN}{m^2} = 2,92MPa$$

$$\frac{\sigma_{\theta,Ed}}{\sigma_{\theta,Rd}} = \frac{2,92}{3,9} = 0,75 < 1 - \text{nośność zapewniona}$$

## Naprężenia wyboczeniowe i nośność powłoki walcowej ścinanej – (sily Q)

### 17. Dane

- Długość powłoki –  $l = 20m$
- Promień powłoki –  $r = 25m$
- Grubość płaszczka –  $t = 12mm$
- Siła obwodowa Q –  $n_{x\theta,Ed} = 70 \frac{kN}{m}$
- Stal – S235 –  $f_{y,k} = \frac{f_y}{\gamma_{M11}} = \frac{235}{1,1} = 215MPa$
- Klasa wykonania – najwyższa

### 18. Długość segmentu powłoki

$$\omega = \frac{l}{\sqrt{rt}} = \frac{20}{\sqrt{25 \times 0,012}} = 36,51$$

### 19. Sprawdzenie przypadku powłoki

$$8,7 \frac{r}{t} = 8,7 \frac{25}{0,012} = 18125 \rightarrow 10 < \omega = 36,51 < 8,7 \frac{r}{t} = 18125$$

powłoka średniej długości  $\rightarrow C_\tau = 1,0$

### 20. Naprężenia tnące

$$\tau_{x\theta,Rcr} = 0,75 EC_\tau \sqrt{\frac{1}{\omega} \left(\frac{t}{r}\right)} = 0,75 \times 210000 \times 1 \times \sqrt{\frac{1}{36,51} \times \left(\frac{0,012}{25}\right)} = 12,51MPa$$

### 21. Smukłość powłoki

$$\bar{\lambda}_\tau = \sqrt{\frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} \tau_{x\theta,Rcr}}} = \sqrt{\frac{215}{\sqrt{3} \times 12,51}} = 3,15$$

### 22. Współczynnik redukcji

$$\alpha_\tau = 0,75; \bar{\lambda}_{\tau 0} = 0,4; \beta = 0,6; \eta = 1,0$$

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{\alpha_\tau}{1 - \beta}} = \sqrt{\frac{0,75}{1 - 0,6}} = 1,37$$

$$\bar{\lambda}_\tau = 3,15 > \bar{\lambda}_p = 1,37 \rightarrow X_\tau = \frac{\alpha_\tau}{\bar{\lambda}_\tau^2} = \frac{0,75}{3,15^2} = 0,076$$

### 23. Nośność powłoki

$$\tau_{x\theta,Rk} = \frac{X_\tau f_y}{\gamma_{M11}} = \frac{0,076 \times 235}{1,1} = 16,2MPa$$

$$\tau_{x\theta,Rd} = \frac{\tau_{x\theta,Rk}}{\gamma_{M11}} = \frac{16,2}{1,1} = 14,7MPa$$

### 24. Warunek nośności

$$\tau_{x\theta,Ed} = \frac{n_{x\theta,Ed}}{t} = \frac{70}{0,012} = 5833 \frac{kN}{m^2} = 5,83MPa$$

$$\frac{\tau_{x\theta,Ed}}{\tau_{x\theta,Rd}} = \frac{5,83}{16,2} = 0,36 < 1 - \text{nośność zapewniona}$$

### Nośność w złożonym stanie naprężenia

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{\sigma_{x,Rd}}\right)^{k_x} - k_i \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{\sigma_{x,Rd}}\right) \left(\frac{\sigma_{\theta,Ed}}{\sigma_{\theta,Rd}}\right) + \left(\frac{\sigma_{\theta,Ed}}{\sigma_{\theta,Rd}}\right)^{k_\theta} + \left(\frac{\tau_{x\theta,Ed}}{\tau_{x\theta,Rd}}\right)^{k_\tau} \leq 1$$

$$k_x = 1,25 + 0,75X_x = 1,25 + 0,75 \times 0,053 = 1,29$$

$$k_\theta = 1,25 + 0,75X_\theta = 1,25 + 0,75 \times 0,02 = 1,27$$

$$k_\tau = 1,75 + 0,25X_\tau = 1,75 + 0,25 \times 0,076 = 1,75$$

$$k_i = (X_x X_\theta)^2 = (0,053 \times 0,02)^2 = 0,000001$$

$$\left(\frac{2,25}{10,55}\right)^{1,29} - 0,000001 \left(\frac{2,25}{10,55}\right) \left(\frac{2,92}{3,9}\right) + \left(\frac{2,92}{3,9}\right)^{1,27} + \left(\frac{5,83}{16,2}\right)^{1,75} = 1$$

w złożonym stanie naprężeń nośność została wykorzystana w 100%