

## Wzory - połączenia spawane

Warunek wytrzymałości spoiny - metoda kierunkowa (dokładna)

$$\sigma_{\perp} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} \quad \tau_{\perp} = \sigma_{\perp} \quad \tau_{II} = \tau$$

$\sigma$  - składowa normalna naprężeń w punkcie

$\tau$  - składowa styczna naprężeń w punkcie

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \quad \tau_{II} = \tau$$

Warunek wytrzymałości spoiny - metoda uproszczona

$$\tau_w < \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} \quad \tau_w \text{ - wypadkowa składowych naprężeń w punkcie}$$

Nośność obliczeniowa spoiny z uwagi na rozciąganie

$$f_{e.wd} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

Nośność obliczeniowa spoiny z uwagi na ścisnienie

$$f_{v.wd} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

**Tablica 4.1: Współczynniki korelacji  $\beta_w$  dla spoin pachwinowych**

Norma i gatunek stali			Współczynnik korelacji $\beta_w$
EN 10025	EN 10210	EN 10219	
S 235 S 235 W	S 235 H	S 235 H	0,8
S 275 S 275 N/NL S 275 M/ML	S 275 H S 275 NH/NLH	S 275 H S 275 NH/NLH S 275 MH/MLH	0,85
S 355 S 355 N/NL S 355 M/ML S 355 W	S 355 H S 355 NH/NLH	S 355 H S 355 NH/NLH S 355 MH/MLH	0,9
S 420 N/NL S 420 M/ML		S 420 MH/MLH	1,0
S 460 N/NL S 460 M/ML S 460 Q/QL/QL1	S 460 NH/NLH	S 460 NH/NLH S 460 MH/MLH	1,0

## Wzory - połączenia śrubowe

Kategoria	Kryteria	Uwagi
<b>Połączenia zakładkowe</b>		
A Połączenie typu dociskowego	$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	Sprężenie nie jest wymagane. Można stosować śruby klas 4.6 do 10.9.
B Połączenie cierne w stanie granicznym użyteczności	$F_{v,Ed,ser} \leq F_{s,Rd,ser}$ $F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	Zaleca się śruby do sprężania klas 8.8 i 10.9. Odporność na poślizg w stanie granicznym użyteczności patrz 3.9.
C Połączenie cierne w stanie granicznym nośności	$F_{v,Ed} \leq F_{s,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq N_{net,Rd}$	Zaleca się śruby do sprężania klas 8.8 i 10.9. Odporność na poślizg w stanie granicznym nośności patrz 3.9. $N_{net,Rd}$ patrz 3.4.1(1) c).

Obliczeniowa nośność łącznika na ścięcie

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_v}{\gamma_{M2}} \cdot n$$

Obliczeniowa nośność łącznika na docisk

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot f_u \cdot \Sigma t_{i,min}}{\gamma_{M2}}$$

dla łącznika skrajnego

$$k_1 = \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_o} - 1.7, 1.4 \cdot \frac{p_2}{d_o} - 1.7, 2.5\right)$$

dla łącznika skrajnego

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_o}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0\right)$$

dla łącznika pośredniego

$$k_1 = \min\left(1.4 \cdot \frac{p_2}{d_o} - 1.7, 2.5\right)$$

dla łącznika pośredni

$$\alpha_b = \min\left(\frac{p_1}{3d_o} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0\right)$$

Obliczeniowa nośność łącznika na poślizg styku sprężonego

kategoria C

$$F_{s,Rd} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{M2}} \cdot F_{p,C}$$

kategoria B

$$F_{s,Rd,ser} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{M3,ser}} \cdot F_{p,C}$$

$$F_{p,C} = 0.7 \cdot f_{ub} \cdot A_s$$

Współczynnik redukcji nośności połączenia z uwagi na odległość skrajnych łączników

$$\beta_{fL} = 1 - \frac{L - 15d}{200d} \quad 0,75 \leq \beta_{fL} \leq 1,0$$

Połączenia obciążone mimośrodowo (wypadkowa obciążenia poza środkiem grupy łączników)

$$F_{v,Ed} = \frac{M_o \cdot r_{i,max}}{\sum_{i=1}^j r_i^2} \quad j \text{ -liczba łączników}$$

# Nośność przekroju osłabionego otworami

## Kategoria A oraz B

- **Nośność przekroju osłabionego na rozciąganie**

$$N_{u,Rd} = 0.9 \cdot \frac{A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$A_{net} = t \cdot (h - n \cdot d_o) \quad \text{przekroje prostopadłe do kierunku działania siły}$$

$n$  - liczba otworów wzdłuż linii przekroju osłabionego

$d_o$  - średnica otworu

$t$  - grubość elementu

$h$  - wysokość elementu

$$A_{net} = t \cdot \left[ h - \left( n \cdot d_o - \sum_{i=1}^{n-1} \frac{s^2}{4p_2} \right) \right] \quad \text{przekroje ukośne lub zygzakowe}$$

$p$  - osiowy rozstaw otworów w kierunku równoległym do działania siły

$s$  - wzajemne przesunięcie otworów w układzie przestawionym

- **Nosność przekroju osłabionego na ścinanie**

$$V_{Rd} = \frac{A_{nv} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

- **Rozerwanie blokowe**

W przypadku symetrycznej grupy łączników obciążonych osiowo

$$V_{eff.1.Rd} = \frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\gamma_{M0}}$$

W przypadku grupy łączników obciążonych mimośrodowo

$$V_{eff.1.Rd} = \frac{1}{2} \cdot \frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\gamma_{M0}}$$

## Kategoria C

$$N_{u,Rd} = \frac{A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

## Kategoria C

$$N_{u,Rd} = \frac{A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

## Średnice otworów

Średnica śruby, mm	$8 \leq d \leq 14$	$16 \leq d \leq 24$	$27 \leq d \leq 45$
Rodzaj otworu	Maksymalne średnice otworów $d_0$ , mm		
	$\Delta = 1$ mm	$\Delta = 2$ mm	$\Delta = 3$ mm
Okragły <sup>1)</sup> (klasa średniokładna)	$d + \Delta$		
Okragły powiększony	$d + 2\Delta$		
Owalny krótki	$(d + \Delta) \times (d + 4\Delta)$		
Owalny długi	$(d + \Delta) \times 2,5 (d + \Delta)$		
<sup>1)</sup> Dla otworów pasowanych przyjmuje się: $\Delta \leq 0,2$ mm dla $d \leq 22$ mm, $\Delta \leq 0,3$ mm dla $d > 22$ mm.			

Wartość współczynnika  $\alpha_v$

- gdy płaszczyzna ściana przechodzi przez nagwintowaną część śruby, A jest czynnym polem przekroju śruby (polem nagwintowanej części trzpienia) to:
  - dla klas 4.6, 5.6, 8.8  $\alpha_v = 0.6$ ,
  - dla klas 4.8, 5.8, 6.8 i 10.9  $\alpha_v = 0.5$
- gdy płaszczyzna ściana nie przechodzi przez nagwintowaną część śruby, A jest polem przekroju trzpienia śruby to  $\alpha_v = 0.6$

**Tablica 3.1: Wartości nominalne granicy plastyczności  $f_{yb}$  i wytrzymałości na rozciąganie  $f_{ub}$  śrub**

Klasa śruby	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
$f_{yb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	240	320	300	400	480	640	900
$f_{ub}$ (N/mm <sup>2</sup> )	400	400	500	500	600	800	1000

↗

**Tablica 3.6: Wartości  $k_s$**

Opis	$k_s$
Śruby w otworach normalnych.	1,0
Śruby w otworach powiększonych lub owalnych krótkich wydłużonych prostopadle do kierunku obciążenia.	0,85
Śruby w otworach owalnych długich wydłużonych prostopadle do kierunku obciążenia.	0,7
Śruby w otworach owalnych krótkich wydłużonych równolegle do kierunku obciążenia.	0,76
Śruby w otworach owalnych długich wydłużonych równolegle do kierunku obciążenia.	0,63