

NCCI: Návrhový model styku pásů z uzavřených průřezů čelní deskou

Tento NCCI popisuje postupy návrhu styku prutů obdélníkových i kruhových uzavřených průřezů čelní deskou s použitím nepředpjatých šroubů. Jsou též uvedena doporučení pro konstruování.

Obsah

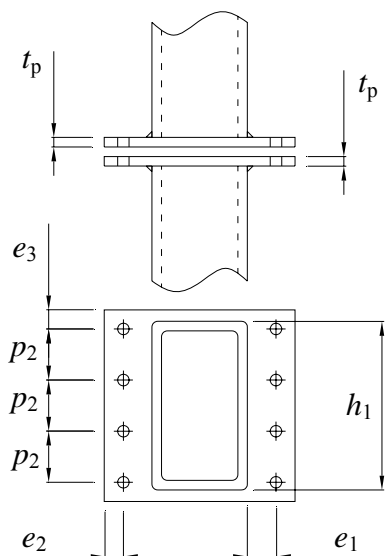
1.	Všeobecně	2
2.	Parametry	2
3.	Styk průřezů čelní deskou v tlaku	4
4.	Styk obdélníkových průřezů čelní deskou v tahu	4
5.	Styk kruhových průřezů čelní deskou v tahu	7
6.	Literatura	10

1. Všeobecně

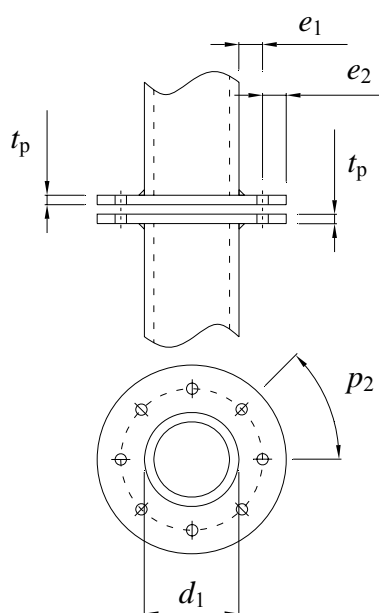
Šroubové přípoje se obvykle upřednostňují na montážní spoje předem připravených částí konstrukce. Spoje uzavřených hranatých průřezů se šroubují podél čtyř stran čelní desky, ale během sedmdesátých let minulého století byly zkoumány spoje se šrouby jen po dvou protilehlých stranách a bylo prokázáno, že se jedná o vhodné řešení. Na druhou stranu ve spojích uzavřených kruhových průřezů se obvykle šrouby umísťují rovnoměrně kolem uzavřeného průřezu.

Doporučení pro jednoduchý návrh v tomto NCCI je vzato z odpovídajícího materiálu CIDECT Design Guides [1] [2]. Další podkladové materiály na toto téma lze nalézt v publikaci SCI/BCSA o styčnicích v ocelových konstrukcích [3].

2. Parametry



Obrázek 2.1 Geometrie styku průřezů z uzavřených obdélníkových průřezů čelními deskami



Obrázek 2.2 Geometrie styku průřezů z uzavřených kruhových průřezů čelními deskami

a účinná tloušťka svaru;

b' vzdálenost řady šroubů a obvyklou polohou plastického kloubu

$$b' = e_1 - \left(\frac{d}{2}\right) + t_1$$

d nominální průměr šroubu;

d_0 průměr otvoru pro šroub;

d_1 průměr uzavřeného kruhového průřezu prutu;

d_m menší z hodnot průměrné vzdálenosti hran a rohů hlavy šroubu nebo matice;

e_1 vzdálenost řady šroubů ke stěně uzavřeného profilu;

e_2 vzdálenost ke hraně;

e_3 vzdálenost ke hraně;

f_u mez pevnosti nejslabší spojované části;

f_{ub} mez pevnosti šroubu;

$f_{vw,d}$ mez pevnosti svaru ve smyku;

f_{y1} mez kluzu uzavřeného profilu;

f_{yp} mez kluzu čelní desky;

h_1 šířka uzavřeného obdélníkového průřezu prutu;

n	celkový počet šroubů;
p_2	vzdálenost nebo rozteč šroubů;
r	vnější poloměr uzavřeného kruhového průřezu;
t	tloušťka tenčí spojované části;
t_1	tloušťka stěny uzavřeného průřezu prutu;
t_p	tloušťka čelní desky;
A	plná průřezová plocha šroubu;
A_1	plocha uzavřeného průřezu prutu;
A_s	plocha šroubu účinná v tahu;
$B_{p,Rd}$	návrhová únosnost v protlačení hlavy nebo matice šroubu;
$F_{t,Ed}$	návrhová tahová síla ve šroubu v mezním stavu únosnosti;
$F_{t,Rd}$	návrhová únosnost v tahu pro šroubu;
F_u	mezní únosnost šroubu v tahu;
$F_{w,Ed}$	návrhová síla na jednotku délky svaru;
$F_{w,Rd}$	návrhová únosnost svaru na jednotku délky;
$N_{1,Ed}$	návrhová síla tahová síla v prvku 1 (RHS or CHS member);
$N_{1,Rd}$	návrhová únosnost styčnicku, vyjádřená z hlediska tahové síly v prvku 1 (prvku uzavřeného obdélníkového nebo kruhového průřezu);

3. Styk průřezů čelní deskou v tlaku

K zajištění přenosu sil v tlaku styk průřezů čelní deskou musí zajistit tyto dvě podmínky:

- Dobrý kontakt mezi deskami.
- Polohu prvků vůči sobě, která by zamezila excentricity, které by mohly vytvořit neočekávané momenty.

To jsou jediné podmínky pro návrh styku průřezů čelní deskou v tlaku.

Ale styk průřezů čelní deskou v tlaku může být v některých případech vystaven tahu, nepř. Při montáži nebo jedné z jinak nevýznamných kombinací zatížení. V těchto případech se doporučuje jej navrhnout v tahu podle postupu dále. Styk obdélníkových průřezů čelní deskou v tahu

4. Styk obdélníkových průřezů čelní deskou v tahu

4.1 Rozsah použití a doporučení pro konstruování

Výpočet dále je vhodný na styk čtvercových nebo obdélníkových průřezů čelní deskou se šrouby, které jsou umístěny na opačných stranách průřezu, který je namáhán tahem.

Postup výpočtu se doporučuje pouze na tloušťky desek, se kterými byly styky experimentálně ověřeny, tj. v rozsahu $12 \text{ mm} \leq t_p \leq 26 \text{ mm}$.

Dále jsou uvedena doporučení a pravidla pro konstruování detailu:

- Vzdálenost a rozteč šroubu p_2 se má volit jako tři až pětinasobek průřezu otvoru pro šroub d_0 . Vzdálenost šroubů musí být alespoň $2,2d_0$ a má být než menší z $14t$ a 200 mm .
- Celkový počet šroubů se volí

$$n \leq \frac{2h_1}{p_2} + 2 \quad \text{ale } n \geq 4$$

- Průměr otvorů pro šrouby se navrhne

$$d_0 = d + 2 \text{ mm, pro } d \leq 24 \text{ mm}$$

$$d_0 = d + 3 \text{ mm, pro } d > 24 \text{ mm}$$

kde

d je průměr šroubu.

- Pro snížení vlivu páčení se doporučuje vzdálenost k hraně e_2 jako 1,25 násobek vzdálenosti řady šroubů to stěně obdélníkového průřezu e_1 . Větší vzdálenost e_2 nepřináší výhody. Dále má být e_2 a e_3 nejméně $1,2 d_0$.

4.2 Postup návrhu

Je třeba prověřit tyto možné tvary porušení:

- Porušení šroubů a čelní desky
- Porušení šroubů
- Svary

4.2.1 Porušení šroubů a čelní desky

1. Vypočte se δ , tj. závislost plochy šroubu a příslušné části stěny uzavřeného průřezu

$$\delta = 1 - \frac{d_0}{p_2}$$

2. Předběžně se určí tloušťka čelní desky jako střední hodnota mezi vypočtenými hodnotami dolní a horní meze.

$$\left(\frac{K \cdot P_f}{(1 + \delta)} \right)^{0,5} \leq t_p \leq (K \cdot P_f)^{0,5}$$

kde

$$K = \frac{4b'}{\left(0,9 \cdot \frac{f_{yp} \cdot p_2}{\gamma_{M0}} \right)}$$

$$P_f = \frac{N_{1,Ed}}{n}$$

3. Vypočte se α z předpokladu, že jsou šrouby namáhány jejich tahovou únosností, jako

$$\alpha = \left[\left(\frac{K \cdot F_{t,Rd}}{t_p^2} - 1 \right) \right] \cdot \left[\frac{\left(e_2 + \frac{d}{2} \right)}{\delta \cdot (e_2 + e_1 + t_1)} \right]$$

kde

$$e_2 \leq 1,25e_1 \text{ a}$$

$$\alpha \geq 0$$

4. Vypočte se návrhová únosnost čelní desky $N_{1,Rd}$ z výrazu

$$N_{1,Rd} = \frac{t_p^2 (1 + \delta \alpha) n}{K \cdot \gamma_{M2}}$$

A ověřte se, že platí $N_{1,Ed} \leq N_{1,Rd}$

4.2.2 Porušení šroubů

Podle článku normy [EN1993-1-8 §3.4.2](#) jsou šrouby kategorie D v tahu, nepředepnuté, 4.6 až 10.9. Pro tuto kategorii se požaduje:

Únosnost v tahu $N_{1,Ed} \leq n \cdot F_{t,Rd}$ and

Únosnost v protlačení $N_{1,Ed} \leq n \cdot B_{p,Rd}$

kde

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} \text{ (pro zapuštěné šrouby se použije místo 0,9 redukce 0,63)}$$

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}}$$

4.2.3 Svary

Svary se navrhují kolem dokola obvykle koutové. Ale pro požadovanou tloušťku nad 8 mm je ekonomicky výhodnější kombinace tupého a koutového svaru.

Vhodné detaily svarů jsou uvedeny v předběžné normě ENV 1090-2.

(1) Návrh svarů na únosnost uzavřeného průřezu

Svary budou mít plnou únosnost uzavřeného průřezu pro účinnou tloušťku koutového svaru

$$a \geq t_1 \left(\frac{f_y}{\gamma_{M0}} \right) \left(\frac{\beta_w \gamma_{M2}}{f_u / \sqrt{2}} \right)$$

kde

f_y je mez kluzu uzavřeného průřezu

f_u menší z meze pevnosti uzavřeného průřezu a čelní desky

β_w je korelační součinitel podle [tabulka 4.1 normy EN1993-1-8](#)

kde $\gamma_{M0} = 1,0$ a $\gamma_{M2} = 1,25$

$$a \geq 0,93 t_1 \quad \text{pro ocel S235}$$

$$a \geq 0,96 t_1 \quad \text{pro ocel S275}$$

$$a \geq 1,11 t_1 \quad \text{pro ocel S355}$$

(2) Návrh svarů na působící sílu

V závislosti na tloušťce čelní desky bude svar na obvodu uzavřeného obdélníkového průřezu vystaven nerovnoměrnému namáhání. Uvažuje se, že je účinná délka svaru rovná délce strany se svary, protože nejsou dispozici přesnější poznatky. Za toho předpokladu bude účinná tloušťka koutového svaru splňovat

$$a \geq \left(\frac{N_{1,Ed}}{2h_1} \right) \left(\frac{\beta_w \gamma_{M2}}{f_u / \sqrt{2}} \right)$$

5. Styk kruhových průřezů čelní deskou v tahu

Postup dále vychází z aplikace zásad normy EN 1993-1-8. Lze postupovat též podle EN 1993-3-1.

5.1 Rozsah použití a doporučení pro konstruování

Výpočet dále je vhodný na styk kruhových průřezů čelní deskou se šrouby, které jsou rozloženy rovnoměrně na kolem průřezu, který je namáhán tahem.

Dále jsou uvedena doporučení a pravidla pro konstruování detailu:

- Vzdálenost a rozteč šroubu p_2 se má volit alespoň $2,2 d_0$ a nemá být menší než větší z $14 t$ a 200 mm .
 - Má se použít nejméně čtyř šrouby.
 - Průměr otvorů pro šrouby se navrhne

$$d_0 = d + 2 \text{ mm, for } d \leq 24 \text{ mm}$$

$$d_0 = d + 3 \text{ mm, for } d > 24 \text{ mm}$$
- kde d je průměr šroubu.
- Pro snížení vlivu páčení se doporučuje vzdálenost k hraně e_2 jako 1,25 násobek vzdálenosti řady šroubů to stěně obdélníkového průřezu e_1 . Větší vzdálenost e_2 nepřináší výhody. Dále má být e_2 a e_3 nejméně $1,2 d_0$.
 - Vzdálenost varu a matice musí být nejméně 5 mm .

5.2 Postup návrhu

Je třeba prověřit tyto možné tvary porušení:

- Porušení čelní desky
- Porušení šroubů a čelní desky
- Porušení šroubů
- Svary

5.2.1 Porušení čelní desky

Osová síla ve styku má splňovat

$$N_{1,Ed} \leq \frac{t_p^2 f_{yp} \pi f_3}{2 \cdot \gamma_{M0}}$$

kde

$$f_3 = \frac{1}{2k_1} \left(k_3 + (k_3^2 - 4k_1)^{0,5} \right)$$

$$k_1 = \ln(r_2/r_3)$$

$$r_2 = \frac{d_1}{2} + e_1$$

$$r_3 = \frac{d_1 - t_1}{2}$$

$$k_3 = k_1 + 2$$

5.2.2 Porušení šroubů a čelní desky

Osová síla ve styku má splňovat

$$N_{1,Ed} \leq \frac{nF_{t,Rd}}{\left(1 - \frac{1}{f_3} + \frac{1}{f_3 \ln(r_1/r_2)}\right)}$$

kde

$$r_1 = \left(\frac{d_1}{2} + e_1 + e_{\text{eff}}\right)$$

$$e_{\text{eff}} = \min(e_2; 1,25e_1)$$

$$r_2 = \left(\frac{d_1}{2} + e_1\right)$$

a ostatní symboly jsou jako u porušení čelní desky.

5.2.3 Porušení šroubů

Požadavky jsou stejné jako u porušení šroubů ve styku obdélníkových průřezů čelní deskou v tahu.

5.2.4 Svary

Svary se navrhují kolem dokola obvykle koutové. Ale pro požadovanou tloušťku nad 8mm je ekonomicky výhodnější kombinace tupého a koutového svaru.

Vhodné detaily svarů jsou uvedeny v předběžné normě ENV 1090-2.

Svary mají splňovat požadavky článku normy [EN 1993-1-8 §7.3](#) a účinná tloušťka koutového svaru se vypočte podle článku normy [EN 1993-1-8 §4](#).

Lze postupovat podle dvou postupů dále:

(1) Návrh svarů na únosnost uzavřeného průřezu

Svary budou mít plnou únosnost uzavřeného průřezu pro účinnou tloušťku koutového svaru

$$a \geq t_1 \left(\frac{f_y}{\gamma_{M0}}\right) \left(\frac{\beta_w \gamma_{M2}}{f_u / \sqrt{2}}\right)$$

kde

f_y je mez kluzu uzavřeného průřezu

f_u menší z meze pevnosti uzavřeného průřezu a čelní desky

β_w je korelační součinitel podle [tabulka 4.1 normy EN1993-1-8](#)

kde $\gamma_{M0} = 1,0$ a $\gamma_{M2} = 1,25$

$$a \geq 0,93 t_1 \quad \text{pro ocel S235}$$

$$a \geq 0,96 t_1 \quad \text{pro ocel S275}$$

$$a \geq 1,11 t_1 \quad \text{pro ocel S355}$$

(2) Návrh svarů na působící sílu

V závislosti na tloušťce čelní desky bude svar na obvodu uzavřeného obdélníkového průřezu vystaven nerovnoměrnému namáhání. Uvažuje se, že je účinná délka svaru rovná délce strany se svary, protože nejsou dispozici přesnější poznatky. Za toho předpokladu bude účinná tloušťka koutového svaru splňovat

$$a \geq \left(\frac{N_{1,Ed}}{2h_1} \right) \left(\frac{\beta_w \gamma_{M2}}{f_u / \sqrt{2}} \right)$$

6. Literatura

- 1 Design Guide for Circular Hollow Section (CHS) Joints under predominantly Static Loading. Wardenier, J., Kurobane, Y., Packer, J.A., Dutta, D. and Yeomans, N. CIDECT, 1991.
- 2 Design Guide for Rectangular Hollow Section (RHS) Joints under predominantly Static Loading. Packer, J.A., Wardenier, J., Kurobane, Y., Dutta, D. and Yeomans, N. CIDECT, 1992.
- 3 Joints in Steel Construction - Simple Connections (P212). The Steel Construction Institute and the British Constructional Steelwork Association Ltd., 2002.

Quality Record

RESOURCE TITLE	NCCI: Design models for splices in structural hollow sections		
Reference(s)			
ORIGINAL DOCUMENT			
	Name	Company	Date
Created by	Francisco Rey	Labein	
Technical content checked by	Jose A. Chica	Labein	
Editorial content checked by			
Technical content endorsed by the following STEEL Partners:			
1. UK	G W Owens	SCI	23/5/06
2. France	A Bureau	CTICM	23/5/06
3. Sweden	B Uppfeldt	SBI	23/5/06
4. Germany	C Müller	RWTH	23/5/06
5. Spain	J Chica	Labein	23/5/06
Resource approved by Technical Coordinator	G W Owens	SCI	12/7/06
TRANSLATED DOCUMENT			
This translation made and checked by:	F. Wald	CTU in Prague	12/5/07
Translated resource approved by:	T. Vraný	CTU in Prague	28/7/07
National technical contact	F. Wald	CTU in Prague	