

Informacje uzupełniające: Modele obliczeniowe styków elementów z przekrojów rurowych

Dokument opisuje procedury do projektowania doczołowych styków śrubowych, z zastosowaniem śrub nie sprężonych, elementów rurowych zarówno z rur prostokątnych, jak i rur okrągłych (przekrojów RHS i CHS). Podane są również zalecenia wykonawcze.

Spis treści

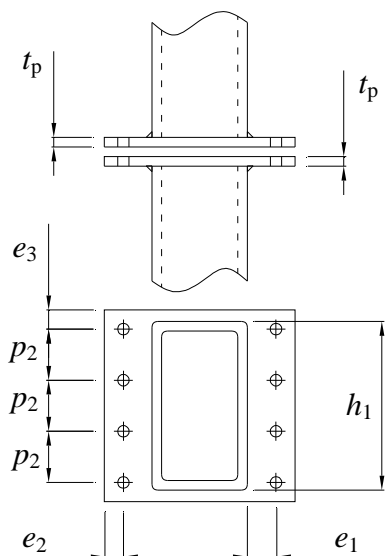
1.	Postanowienia ogólne	2
2.	Dane podstawowe	2
3.	Styki rurowych elementów konstrukcyjnych poddanych ścisnaniu	4
4.	Styki elementów konstrukcyjnych z rur prostokątnych poddanych rozciąganiu	5
5.	Styki elementów konstrukcyjnych z rur okrągłych poddanych rozciąganiu	8
6.	Bibliografia	11

1. Postanowienia ogólne

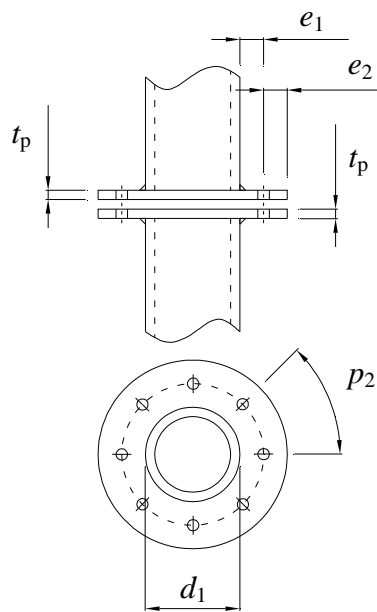
Połączenia śrubowe są zwykle wygodne dla połączeń montażowych prefabrykowanych części konstrukcji. Styki doczołowe elementów z rur prostokątnych zwykle były skręcane wzdłuż czterech stron blachy czołowej, jednak w latach osiemdziesiątych były badane możliwości skręcania tylko na dwóch przeciwległych bokach i to okazało się być efektywnym rozwiązaniem. Z drugiej strony, w stykach doczołowych elementów z rur okrągłych obecnie śruby umieszcza się zazwyczaj promieniście równomiernie dookoła przekroju rurowego.

Zalecane uproszczenia projektowania podane w tym NCCI były przyjęte ze związanych Poradników Projektowania CIDECT [1][2]. Dodatkowe dane podstawowe w tym temacie można znaleźć w publikacji SCI/BCSA o połączeniach konstrukcji stalowych [3].

2. Dane podstawowe



Rysunek 2.1 Wymiary geometryczne doczołowego styku śrubowego elementów z rur prostokątnych



Rysunek 2.2 Wymiary geometryczne doczołowego styku śrubowego elementów z rur okrągłych

a grubość spoin;

b' odległość między rzędem śrub a położeniem zewnętrznych przegubów plastycznych;

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

d nominalna średnica śruby;

d_0 średnica otworów na śruby;

d_1 średnica zewnętrzna elementów z rury okrągłej;

d_m średni wymiar wpisany lub opisany na łbie śruby albo nakrętce, którykolwiek z nich jest mniejszy;

e_1 odległość od rzędu śrub do ścianki rury;

e_2 odległość boczna;

e_3 odległość boczna;

f_u nominalna wytrzymałość na rozciąganie słabszej ze stali łączonych części;

f_{ub} wytrzymałość na rozciąganie materiału śrub;

$f_{vw,d}$ obliczeniowa wytrzymałość spoiny na ścinanie;

f_{yI} umowna granica plastyczności przekroju rurowego;

f_{yp} umowna granica plastyczności blachy czołowej;

h_1	wysokość przekroju rury prostokątnej;
n	całkowita liczba śrub;
p_2	rozstaw śrub, lub podziałka;
r	zewnątrzny promień rury okrągłej;
t	grubość cieńszej z powłok łączonych części;
t_1	grubość ścianki elementu rurowego;
t_p	grubość blachy czołowej;
A	pole przekroju poprzecznego trzpienia śruby;
A_1	pole przekroju poprzecznego elementu rurowego;
A_s	pole przekroju czynnego rdzenia śruby;
$B_{p,Rd}$	obliczeniowa nośność śruby na przeciągnięcie łba śruby lub nakrętki;
$F_{t,Ed}$	obliczeniowa siła rozciągająca przypadająca na jedną śrubę w stanie granicznym nośności;
$F_{t,Rd}$	obliczeniowa nośność śruby na rozciąganie;
F_u	całkowita nośność śruby na rozciąganie;
$F_{w,Ed}$	obliczeniowa wartość siły przypadającej na jednostkę długości spoiny;
$F_{w,Rd}$	obliczeniowa nośność spoiny na jednostkę długości;
$N_{1,Ed}$	obliczeniowa wartość wewnętrznej siły rozciągającej w elemencie 1 (element z rury prostokątnej lub okrągłej);
$N_{1,Rd}$	obliczeniowa wartość nośności połączenia, wyrażony w stosunku do wewnętrznej siły rozciągającej w elemencie 1 (element z rury prostokątnej lub okrągłej);

3. Styki rurowych elementów konstrukcyjnych poddanych ściskaniu

By zapewnić przeniesienie sił ściskających, styki przekrojów rurowych muszą spełniać następujące dwa warunki:

- Zapewnij dobry kontakt między powierzchniami.
- Poprawiać ustawienie elementów by uniknąć nieosiowości, która mogłaby wywoływać nieoczekiwane momenty zginające.

Oprócz tych wymagań, nie ma żadnego innego wymagania przy projektowaniu ściskanych styków doczołowych z przekrojów rurowych.

Jakkolwiek styki te mogą być poddane rozciąganiu w pewnych przypadkach, takich jak stadium montażu albo kiedy jakiegokolwiek z sytuacji obciążenia wywołują rozciąganie. W tych przypadkach bezpiecznie jest zaprojektować styk na rozciąganie, postępując za procedurą poniżej.

4. Styki elementów konstrukcyjnych z rur prostokątnych poddanych rozciąganiu

4.1 Zakres zastosowania i zalecenia co do szczegółów

Metodę obliczeniową przedstawioną poniżej stosuje się tylko do rozciąganych styków doczołowych kwadratowych lub prostokątnych przekrojów rurowych w których śruby są umieszczone wzdłuż dwóch przeciwległych boków.

Stosowania tej metody powinno być ograniczone do zakresu grubości blachy czołowej, dla którego ta metoda była sprawdzona doświadczalnie ($12 \text{ mm} \leq t_p \leq 26 \text{ mm}$).

Oprócz tego, kilka zaleceń i zasad co do szczegółów jest przedstawionych poniżej:

- Rozstaw śrub (p_2) jest zalecany w granicach od trzy- do pięcio- krotnej średnicy otworu na śrubę (d_0). Rozstaw musi wynosić przynajmniej $2,2d_0$ i nie może przekraczać wartości mniejsze z $14t$ i 200 mm .

- Całkowita liczba śrub,

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

- Średnica otworu na śrubę ,

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

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

gdzie:

d jest średnicą śruby.

- By zmniejszyć wpływy efektu dźwigni, zalec się przyjmować odległość śrub od krawędzi blachy (e_2) jako 1,25 krotną odległość śrub od ścianki przekroju rurowego (e_1). Większa wartość e_2 nie przynosi korzyści. Dodatkowo, zarówno e_2 jak i e_3 powinny wynosić przynajmniej $1,2d_0$.

4.2 Procedura obliczeniowa

Dla tego rodzaju połączeń, sprawdzane są trzy różne czynniki mające wpływ na ich nośność, mianowicie:

- Zerwanie śrub z uplastycznieniem blachy czołowej
- Zerwanie śrub
- Zniszczenie spoin

4.2.1 Zerwanie śrub z uplastycznieniem blachy czołowej

1. Oblicza się δ , tj. stosunek między polem przekroju osłabionego w rzędzie śrub, do pełnego przekroju ścianki kształtownika rurowego.

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

2. Określa się próbną grubość blachy czołowej. Dla tak obliczonych maksymalnej i minimalnej wartości wybiera się wartość pośrednią.

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

gdzie:

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

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

3. Oblicza się α , zakładając, że śruba jest obciążona siłą równą do ich nośności na rozciąganie.

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

gdzie:

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

$$\alpha \geq 0$$

4. Oblicza się nośność styku doczołowego, $N_{1,Rd}$

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

Sprawdza się $N_{1,Ed} \leq N_{1,Rd}$

4.2.2 Zerwanie śrub

Według [EN1993-1-8 §3.4.2](#), rozważany przypadek jest połączeniem rozciąganiem kategorii D (śruby niesprężane, klasy 4.6 do 10.9). Dla tej kategorii, mają być spełnione następujące wymagania:

Nośność na rozciąganie: $N_{1,Ed} \leq n \cdot F_{t,Rd}$ i

nośność śruby na przeciągnięcie łba lub nakrętki: $N_{1,Ed} \leq n \cdot B_{p,Rd}$

gdzie:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} \quad (\text{dla śrub z łbem wpuszczonym, zamiast 0,9 przyjmuje się 0,63})$$

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

4.2.3 Zniszczenie spoin

Spawanie powinno być wykonane na całym obwodzie przekroju rurowego, przeważnie za pomocą spoiny pachwinowej. Jednak jeżeli wymagana grubość spoiny przewyższa 8mm wtedy ekonomicznym rozwiązaniem mogą się być spoiny czołowo -pachwinowe z niepełnym przetopem.

Odpowiednie szczegóły wykonawcze dla spawania są podane w ENV 1090-2.

Spoiny powinny być projektowane biorąc pod uwagę wymagania z [PN-EN 1993-1-8 §7.3](#) oraz grubości spoin obliczone według [PN-EN 1993-1-8 §4](#).

Alternatywnie, może być używane którekolwiek z dwóch podejść podanych poniżej.

(1) Projektowanie spoiny pachwinowej na nośność przekroju elementu rurowego.

Wymaganie będzie spełnione gdy grubość spoiny spełnia warunek:

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

gdzie:

f_y umowna granica plastyczności przekroju rurowego

f_u nominalna wytrzymałość na rozciąganie słabszej ze stali łączonych części (t.j. blachy czołowej lub kształtownika rurowego)

β_w jest współczynnikiem korelacji z [Tablicy 4.1 normy PN-EN1993-1-8](#)

- Gdy $\gamma_{M0} = 1,0$ i $\gamma_{M2} = 1,25$
- $a \geq 0,93 t_1$ dla stali S235
- $a \geq 0,96 t_1$ dla stali S275
- $a \geq 1,11 t_1$ dla stali S355

(2) Projektowanie spoiny pachwinowej na przyłożoną siłę rozciągającą.

Zależnie od sztywności blachy, przyspawany obwodowo kształtownik rurowy będzie podlegał niejednorodnemu rozkładowi naprężeń. Przy braku bardziej dokładnych wytycznych projektowania, efektywna długość spoiny może być przyjęta jako równa długości boków rury prostokątnej, przyległych do śrub. Dla tego przypadku grubość spoiny powinna spełniać następujący warunek.

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

5. Styki elementów konstrukcyjnych z rur okrągłych poddanych rozciąganiu

Metoda podana tutaj jest zgodna z zasadami podanymi w EN1993-1-8. Inna metoda, podlegająca określeniom Załącznika Krajowego, jest podana w EN 1993-3-1.

5.1 Zakres zastosowania i zalecenia co do szczegółów

Metodę obliczeniową przedstawioną poniżej stosuje się tylko do rozciąganych styków doczołowych, okrągłych przekrojów rurowych, w których śruby są umieszczone równomiernie promieniście dookoła rury.

Kilka zaleceń i zasad co do szczegółów jest przedstawionych poniżej:

- Rozstaw śrub (p_2) powinien wynosić przynajmniej $2,2d_0$. Mniejsze z wartości $14t$ i 200 mm powinna być przyjmowana jako maksymalna wartość tego parametru.
- Powinny być używane przynajmniej cztery śruby w połączeniu.
- Średnica otworu na śrubę ,

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

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

gdzie:

d jest średnicą śruby.

- By zmniejszyć wpływy efektu dźwigni, odległość (e_1) powinna być zmniejszana do minimum. Zaleca się przyjmować wartość między $1,5$ i $2,0$ krotnością średnicy śruby. Dodatkowo, zarówno e_1 jak i e_2 powinny wynosić przynajmniej $1,2d_0$.
- Odległość między spoiną a nakrętką powinna wynosić przynajmniej 5 mm.

5.2 Procedura obliczeniowa

Dla tego rodzaju połączeń, sprawdzane są cztery różne czynniki mające wpływ na ich nośność, mianowicie:

- Całkowite uplastycznienie blachy czołowej
- Zerwanie śrub z uplastycznieniem blachy czołowej
- Zerwanie śrub
- Zniszczenie spoin

5.2.1 Całkowite uplastycznienie blachy czołowej

Obliczeniowa siła osiowa w styku powinna spełnić następujące wymaganie,

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

gdzie:

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

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

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

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

$$k_3 = k_1 + 2$$

5.2.2 Zerwanie śrub z uplastycznieniem blachy czołowej

Obliczeniowa siła osiowa w styku powinna spełnić następujące wymaganie,

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

gdzie:

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

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

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

pozostałe oznaczenia są takie same jak przy całkowitym uplastycznieniu blachy czołowej

5.2.3 Zerwanie śrub

Wymagania są takie same jak dla rozciąganych styków doczołowych rur prostokątnych.

5.2.4 Zniszczenie spoin

Spawanie powinno być wykonane na całym obwodzie przekroju rurowego, przeważnie za pomocą spoiny pachwinowej. Jednak jeżeli wymagana grubość spoiny przewyższa 8mm wtedy ekonomiczniejszym rozwiązaniem mogą się być spoiny czołowo -pachwinowe z niepełnym przetopem.

Odpowiednie szczegóły wykonawcze dla spawania są podane w ENV 1090-2.

Spoiny powinny być projektowane biorąc pod uwagę wymagania z [PN-EN 1993-1-8 §7.3](#) oraz grubości spoin obliczone według [PN-EN 1993-1-8 §4](#).

Alternatywnie, może być używane którekolwiek z dwóch podejść podanych poniżej.

(1) Projektowanie spoiny pachwinowej na nośność przekroju elementu rurowego.

Wymaganie będzie spełnione gdy grubość spoiny spełnia warunek:

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

gdzie:

f_y umowna granica plastyczności przekroju rurowego

f_u nominalna wytrzymałość na rozciąganie słabszej ze stali łączonych części (t.j. blachy czołowej lub kształtownika rurowego)

β_w jest współczynnikiem korelacji z [Tablica 4.1 PN-EN1993-1-8](#)

Gdy $\gamma_{M0} = 1,0$ i $\gamma_{M2} = 1,25$

$$a \geq 0,93 t_1 \quad \text{dla stali S235}$$

$$a \geq 0,96 t_1 \quad \text{dla stali S275}$$

$$a \geq 1,11 t_1 \quad \text{dla stali S355}$$

(2) Projektowanie spoiny pachwinowej na przyłożoną siłę rozciągającą.

Przy braku bardziej dokładnych wytycznych projektowania, powinna być używana obliczeniowa nośność na ścinanie (zamiast obliczeniowej nośności na rozciąganie). Dla tego przypadku grubość spoiny powinna spełniać następujący warunek.

$$a \geq \left(\frac{N_{1,Ed}}{\pi d_1} \right) \left(\frac{\beta_w \gamma_{M2}}{f_u / \sqrt{3}} \right)$$

6. Bibliografia

- 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.

Protokół jakości

TYTUŁ ZASOBU	Informacje uzupełniające: Modele obliczeniowe styków elementów z przekrojów rurowych		
Odniesienie(a)			
ORYGINAŁ DOKUMENTU			
	Nazwisko	Instytucja	Data
Stworzony przez	Francisco Rey	Labein	
Zawartość techniczna sprawdzona przez	Jose A. Chica	Labein	
Zawartość redakcyjna sprawdzona przez			
Techniczna zawartość zaaprobowana przez następujących partnerów STALE:			
1. Wielka Brytania	G W Owens	SCI	23/5/06
2. Francja	A Bureau	CTICM	23/5/06
3. Szwecja	B Uppfeldt	SBI	23/5/06
4. Niemcy	C Müller	RWTH	23/5/06
5. Hiszpania	J Chica	Labein	23/5/06
Zasób zatwierdzony przez Technicznego Koordynatora	G W Owens	SCI	12/7/06
DOKUMENT TŁUMACZONY			
To Tłumaczenie wykonane i sprawdzone przez:	Zdzisław Pisarek		
Przetłumaczony zasób zatwierdzony przez:	B. Stankiewicz	PRz	

Informacje ramowe

Tytuł*	Informacje uzupełniające: Modele obliczeniowe styków elementów z przekrojów rurowych	
Seria		
Opis*	Dokument opisuje procedury do projektowania doczołowych styków śrubowych, z zastosowaniem śrub nie sprężonych, elementów rurowych zarówno z rur prostokątnych, jak i rur okrągłych (przekrojów RHS i CHS). Podane są również zalecenia wykonawcze.	
Poziom Dostępu*	Ekspertyza	Praktyka
Identyfikatory	Nazwa pliku	D:\ACCESS_STEEL_PL\SN\SN044a-PL-EU.doc
Format	Microsoft Word 9.0; 13 Stron; 283kb;	
Kategoria*	Typ zasobu	Informacje uzupełniające
	Punkt widzenia	Inżynier
Przedmiot*	Obszar zastosowań(a)	Budynki jednokondygnacyjne
Daty	Data utworzona	14/12/2005
	Data ostatniej modyfikacji	
	Data sprawdzenia	
	Ważny Od	
	Ważny Do	
Język(i)*		Polski
Kontakty	Autor	Francisco Rey, Labein
	Sprawdzony przez	Jose A. Chica, Labein
	Zatwierdzony przez	
	Redaktor	
	Ostatnio modyfikowany przez	
Słowa kluczowe*	kratownica, dźwigar kratowy, rury kwadratowe, rury prostokątne, rury okrągłe, ściąg	
Zobacz Też	Odniesienie do Eurokodu	
	Przykład(y) obliczeniowe	
	Komentarz	
	Dyskusja	
	<i>Inny</i>	
Omówienie	Narodowa Przydatność	EU
Szczególne Instrukcje		