

Informacje uzupełniające: Model obliczeniowy węzłów spawanych kratownic z prętów o przekroju rurowym.

Ten dokument przedstawia procedury pozwalające na określenie nośności połączeń spawanych w kratownicach wykonanych z przekrojów rurowych lub z niektórych prętów o przekroju otwartym. Pod uwagę brane są "węzły płaskie", nieuźebrowane.

Spis treści

1.	Wprowadzenie	2
2.	Zakres opracowania	2
3.	Ogólne wytyczne projektowania	4
4.	Parametry wpływające na nośność połączenia	6
5.	Zalecenia do projektowania połączeń	7
6.	Spoiny	10
7.	Pomoc projektowa	10
8.	Odniesienia	11

1. Wprowadzenie

W kratownicach zbudowanych z prętów o przekroju rurowym, poszczególne kształtowniki łączy się ze sobą bezpośrednio w węzłach przy zastosowaniu połączeń spawanych. Wybór wielkości i rodzaju przekroju poprzecznego prętów kratownicy ma bezpośredni wpływ na koszt wytworzenia i nośność węzłów kratownicy, dlatego też, ważne jest aby projektant dokonał właściwego wyboru rodzaju zastosowanych profili oraz typu konstruowanego węzła.

2. Zakres opracowania

Zasady przedstawione w tym dokumencie odnoszą się do tych typów połączeń, które zostały ujęte w EN1993-1-8 §7. Ten dokument wyjaśnia procedurę projektową dotyczącą następujących typów połączeń:

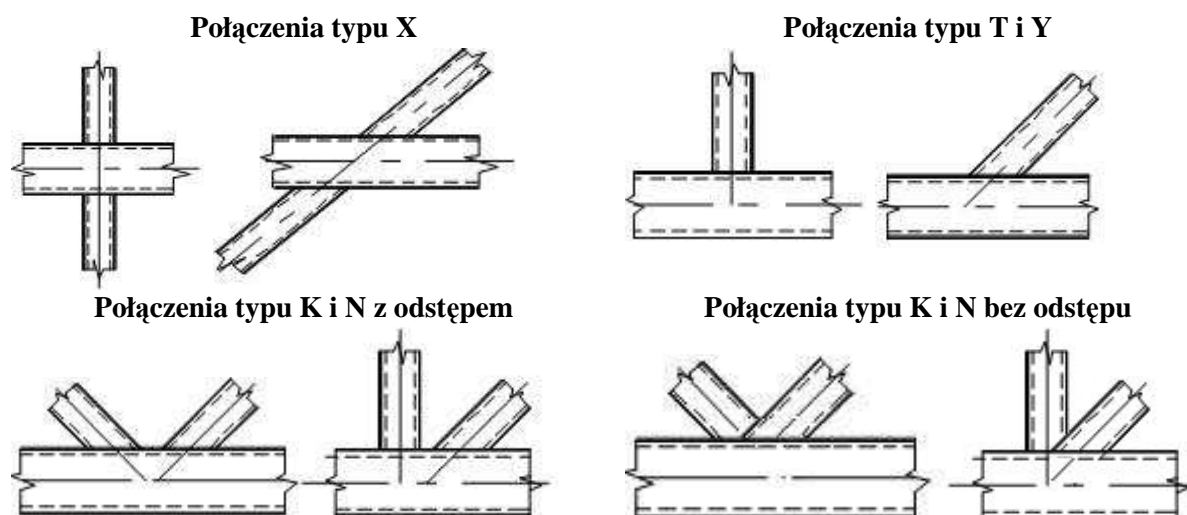
- Połączenia prętów o przekroju kołowym
- Połączenia prętów o przekroju kwadratowym lub prostokątnym
- Połączenia prętów o przekroju kołowym lub prostokątnym z pasem o przekroju dwuteowym

Ten dokument nie dotyczy połączeń przestrzennych. Połączenia w nim przedstawione obciążone są obciążeniem statycznym: siłami osiowymi i/lub momentami zginającymi.

Przedstawiono również informacje dotyczące wpływu głównych wymiarów połączenia na jego nośność.

2.1 Typy połączeń

Typy połączeń kształtowników o przekroju rurowym przedstawiono poniżej:



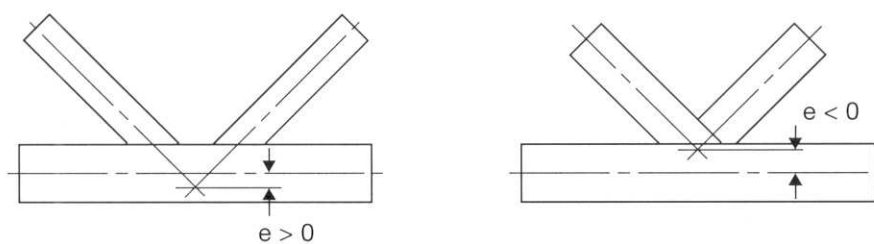
Rys. 2.1 Typowe połączenia prętów o przekroju rurowym

2.2 Zakres ważności

Gdy projektowane węzły spełniają warunki geometryczne podane w Rozdziale **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.** wystarczy sprawdzić model zniszczenia wyszczególniony w odpowiedniej tablicy. Węzły spoza tego zakresu należy sprawdzać doświadczalnie.

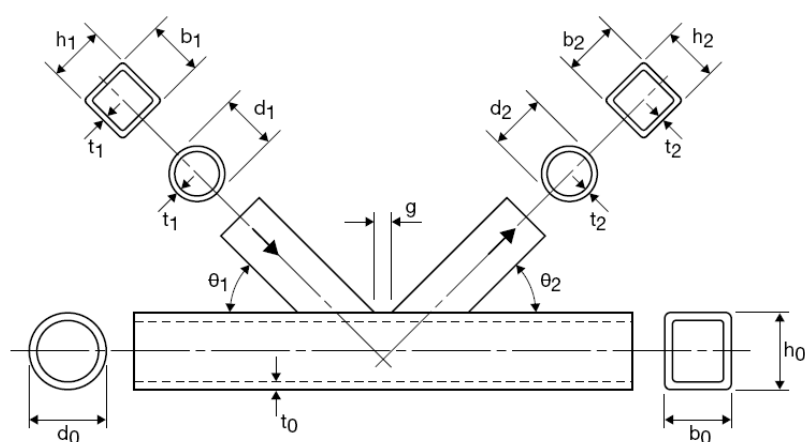
2.3 Oznaczenia i symbole

- A_i pole powierzchni przekroju poprzecznego i -tego kształtownika i ($i = 0, 1, 2$ or 3);
- $N_{i,Ed}$ wartość obliczeniowa siły osiowej w i -tym kształtowniku i ($i = 0, 1, 2$ or 3);
- $N_{i,Rd}$ nośność obliczeniowa węzła wyrażana przez siłę osiową i -tego kształtownika i ($i = 0, 1, 2$ or 3);
- $M_{ip,i,Ed}$ wartość obliczeniowa momentu zginającego obciążającego i -ty kształtownik (w płaszczyźnie kratownicy) i ($i = 0, 1, 2$ or 3);
- $M_{ip,i,Rd}$ nośność obliczeniowa węzła wyrażana przez moment zginający i -tego kształtownika (w płaszczyźnie kratownicy) i ($i = 0, 1, 2$ or 3);
- $M_{op,i,Ed}$ wartość obliczeniowa momentu zginającego obciążającego i -ty kształtownik (z płaszczyzny kratownicy) i ($i = 0, 1, 2$ or 3);
- $M_{op,i,Rd}$ nośność obliczeniowa węzła odniesiona do momentu zginającego i -tego kształtownika (z płaszczyzny kratownicy) i ($i = 0, 1, 2$ or 3);
- d_i średnica zewnętrzna przekroju i -tego kształtownika i ($i = 0, 1, 2$ or 3);
- e mimośród połączenia (patrz Rys. 2.2)
- f_{yi} granica plastyczności stali i -tego kształtownika i ($i = 0, 1, 2$ or 3);
- g odstęp pomiędzy prętami skratowania w połączeniach typu K i N (wartość ujemna odstęp q oznacza zachodzenie prętów na siebie)
- t_i grubość ścianki i -tego kształtownika i ($i = 0, 1, 2$ or 3);
- θ_i kąt pomiędzy pasem a i -tym prętem skratowania i ($i = 1, 2$ or 3);
- β współczynnik określający stosunek średnicy (wysokości) i -tego pręta skratowania do średnicy (wysokości) pasa kratownicy:
- $$\frac{d_i}{d_0}; \frac{d_i}{b_0} \text{ or } \frac{b_1}{b_0} \quad (\text{w przypadku połączeń typu T, Y i X})$$
- $$\frac{d_1 + d_2}{2d_0}; \frac{d_1 + d_2}{2b_0} \text{ or } \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4b_0} \quad (\text{w przypadku połączeń typu K i N})$$
- $$\frac{d_1 + d_2 + d_3}{3d_0}; \frac{d_1 + d_2 + d_3}{3b_0} \text{ or } \frac{d_1 + d_2 + d_3 + h_1 + h_2 + h_3}{6b_0} \quad (\text{w przyp. połączeń typu KT})$$
- λ_{ov} współczynnik zachodzenia wyznaczany według zależności (w procentach) ($\lambda_{ov} = (q/p) \times 100\%$)

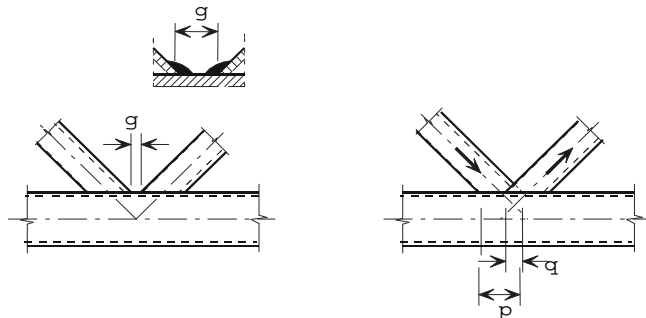


a) Połączenie z odstępem (mimośrodem dodatnim) b) Połączenie z zakładem (z mimośrodem ujemnym)

Rys. 2.2 Definicja znakowania mimośrodu połączenia



Rys. 2.3 Oznaczenia wymiarów przekrojów poprzecznych

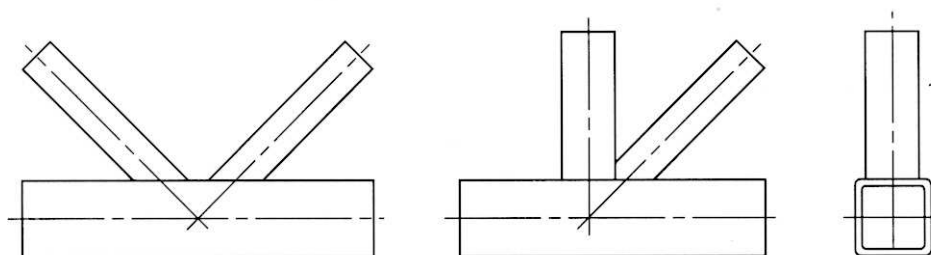


Rys. 2.4 Odstęp i zakład

3. Ogólne wytyczne projektowania

3.1 Obliczenia statyczne

Kratownice są zazwyczaj projektowane jako układy o węzłach przegubowych, obciążone siłami skupionymi przyłożonymi do węzłów konstrukcji. Powoduje to, że w prętach kratownicy pojawiają się tylko siły osiowe, ściskające albo rozciągające. Na Rys. 3.1 pokazano sposób rozmieszczenia prętów w kratownicy w którym osie poszczególnych prętów przecinają się w jednym punkcie.



Rys. 3.1 Węzły kratownicy

3.2 Mimośród połączenia

Z ekonomicznego punktu widzenia oraz biorąc pod uwagę łatwość wykonania węzłów (zazwyczaj spawanych) kratownicy, wygodnie jest stosować odstęp pomiędzy poszczególnymi prętami skratowania schodzącymi się w danym węźle (Rys. 2.2(a)). Może to powodować pojawienie się mimośrodu w węźle kratownicy, co powinno być uwzględnione zgodnie z zaleceniami podanymi w 3.3.

3.3 Główne i drugorzędne momenty

Założenie że węzły kratownicy są połączeniami przegubowymi oraz, że obciążenie w postaci sił skupionych przyłożone jest do określonych węzłów kratownicy, pozwala na wyznaczenie w dość prosty sposób sił osiowych w prętach. Należy jednak mieć na uwadze fakt, że następujące czynniki mogą wpłynąć na pojawienie się momentów zginających w prętach kratownicy: sztywność połączeń, obciążenie poprzeczne i mimośrody w połączeniach. EN1993-1-8 uwzględnia te składniki w następujący sposób:

- Zakładając, że wymiary geometryczne węzła spełniają warunki podane w [EN1993-1-8 §5.1.5\(3\)](#), drugorzędne momenty zginające spowodowane sztywnością węzłów nie wpływają na nośność połączenia, przy zapewnionej odpowiedniej zdolności połączenia do deformacji.
- Momenty zginające obciążające węzeł, spowodowane działaniem obciążenia poprzecznego, powinny być brane pod uwagę podczas sprawdzania nośności połączenia. W większości przypadków obciążenie poprzeczne nie jest przyłożone do prętów skratowania więc nie powoduje powstania w nich momentów zginających. W przypadku momentów zginających pochodzących od obciążenia siłą poprzeczną pasa kratownicy, naprężenia ściskające od zginania dodaje się do naprężeń od osiowej siły ściskającej.
- Mimośrody: zakładając, że wymiary geometryczne węzła spełniają warunki podane w [EN1993-1-8 §5.1.5\(5\)](#) uwzględnienie wpływu mimośrodu na nośność połączenia jest automatycznie uwzględniane we wzorach przedstawionych w dokumencie. Należy jednak zaznaczyć, że zaleca się takie kształtowanie geometrii kratownicy, aby minimalizować wielkość mimośrodów.

Sposób uwzględnienia wpływu momentu zginającego przedstawiono w **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania..**

Tab. 3.1 Sposób uwzględnienia momentów zginających

Typ połączenia	Przyczyna powstania momentu zginającego		
	Sztynność połączenia	Obciążenie poprzeczne	Mimośród
Pas ściskany	Pomija się gdy spełnione są warunki EN1993-1-8 §5.1.5(3)	Tak	Tak
Pas rozciągany			Nie
Pręt skratowania			Nie
Węzeł			Pomija się gdy spełnione są warunki EN1993-1-8 §5.1.5(5)

4. Parametry wpływające na nośność połączenia

W Tab. 4.1 do Tab. 4.3 zawarto informacje na temat tego, które parametry (wymiary) połączenia powinny być zwiększone, aby równocześnie następowało zwiększanie nośności połączenia. Nośność węzła przyjęto jako maksymalną nośność krzyżulca. Te zalecenia są ważne tylko w przypadku gdy nośność węzła jest mniejsza niż nośność prętów.

Tab. 4.1 Węzły typu (T, Y i Xs)

Parametry połączenia	Wartość parametru	Wpływ na nośność połączenia
stosunek wysokości (średnica) pasa do grubość ścianki pasa	b_0/t_0 or d_0/t_0	redukcja wartości wzrost nośności
stosunek średnicy (wysokości)pręta skratowania do średnicy (wysokości) pasa	d_1/d_0 or b_1/b_0	wzrost wartości wzrost nośności ⁽¹⁾
kąt pochylenia krzyżulca	θ	redukcja wartości wzrost nośności
stosunek wytrzymałości stali pręta skratowania do wytrzymałości stali pasa	$\frac{f_{y1}t_1}{f_{y0}t_0}$	redukcja wartości wzrost nośności

(1) pod warunkiem, że wyboczenie ścianki bocznej rury nie jest decydujące, gdy $\beta > 0.85$

Tab. 4.2 Połączenia typu K i N (z odstępem)

Parametry połączenia	Wartość parametru	Wpływ na nośność połączenia
stosunek wysokości (średnica) pasa do grubość ścianki pasa	b_0/t_0 or d_0/t_0	redukcja wartości wzrost nośności
stosunek średnicy (wysokości)pręta skratowania do średnicy	d_1/d_0 or b_1/b_0	wzrost wartości wzrost nośności ⁽¹⁾

kąt pochylenia krzyżulca	θ	redukcja wartości	wzrost nośności
stosunek wytrzymałości stali pręta skratowania do wytrzymałości stali pasa	$\frac{f_{y1}t_1}{f_{y0}t_0}$	redukcja wartości	wzrost nośności
odstęp pomiędzy prętami skratowania	g	redukcja wartości	wzrost nośności ⁽²⁾

(1) pod warunkiem, że wyboczenie ścianki bocznej rury nie jest decydujące, gdy $\beta > 0.85$

(2) w przypadku kratownic z pasem wykonanym z rury okrągłej

Tab. 4.3 Połączenia typu K i N (z zakładką)

Parametry połączenia	Wartość parametru	Wpływ na nośność połączenia
stosunek wysokości (średnica) pasa do grubość ścianki pasa	b_0/t_0 or d_0/t_0	redukcja wartości wzrost nośności
stosunek wysokości pręta skratowania do grubości ścianki pręta	b_j/t_j	redukcja wartości wzrost nośności ⁽¹⁾
stosunek średnicy (wysokości)pręta skratowania do średnicy	d_1/d_0 or b_1/b_0	wzrost wartości wzrost nośności ⁽²⁾
kąt pochylenia krzyżulca	θ	redukcja wartości wzrost nośności ⁽³⁾
stosunek wytrzymałości stali pręta skratowania do wytrzymałości stali pasa	$\frac{f_{y1}t_1}{f_{y0}t_0}$	redukcja wartości wzrost nośności
stosunek wytrzymałości stali jednego pręta skratowania wytrzymałości stali drugiego pręta skratowania	$\frac{f_{y1}t_1}{f_{y2}t_2}$	redukcja wartości wzrost nośności
wielkość "zachodzenia" prętów na siebie	O_v	redukcja wartości wzrost nośności

(1) w przypadku prętów o przekroju kwadratowym lub prostokątnym

(1) pod warunkiem, że wyboczenie ścianki bocznej rury nie jest decydujące, gdy $\beta > 0.85$

(3) w przypadku kratownic z pasem wykonanym z rury okrągłej

5. Zalecenia do projektowania połączeń

W tablicach przedstawionych w tym rozdziale zawarto informacje bazujące na (EN 1993-1-8), dotyczące projektowania węzłów w kratownicach złożonych z prętów o przekroju rurowym i w kratownicach, w których pas wykonany jest z profilu otwartego.

Jak wspomniano w Rozdziale 2.2, pod jeżeli geometria węzłów spełnia podane kryteria, nośność na siłę osiową i moment zginający sprawdza się według odpowiednich tablic. W przeciwnym razie należy uwzględnić modele zniszczenia przedstawione w [EN 1993-1-8 §7.2.2](#).

Nośność obliczeniowa połączenia wyrażona jest jako wartość maksymalnej siły osiowej i/lub momentu zginającego możliwych do przeniesienia przez pręt skratowania.

W przypadku prętów skratowania obciążonych tylko siłami osiowymi, następujące warunki powinny być spełnione:

$$N_{i,Ed} < N_{i,Rd}$$

Jakkolwiek, w przypadku interakcji momentu zginającego i siły osiowej, wzory interakcyjne przedstawione w poniższej tabelicy powinny być stosowane. Typowym przykładem węzła obciążonego siłą osiową i momentem zginającym jest połączenie typu T w belce Vierendeela. Obciążenie w postaci momentów zginających działających w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny kratownicy, nie jest zbyt często spotykane, w przypadku ustrojów płaskich.

5.1 Węzły spawane kratownic z rur o przekroju okrągłym

Tab. 5.1 Numery tablic zawartych w EN 1993-1-8, wykorzystywanych przy określaniu nośności węzłów kratownic w których pas wykonano z rur okrągłych

Rodzaj kształtownika skratowania	Zakres wymiarów geometrycznych	Nośność ze względu na siłę osiową	Nośność ze względu na moment zginający	Wzory interakcyjne
Rura okrągła	T 7.1	T 7.2	T 7.5	§7.4.2
Błacha węzłowa	T 7.1 , T 7.3	T 7.3	T 7.3	§7.4.2
I lub H	T 7.1 , T 7.4	T 7.4	T 7.4	§7.4.2
Przekroje kwadratowe lub prostokątne	T 7.1 , T 7.4	T 7.4	T 7.4	§7.4.2
Specjalne przekroje okrągłe	T 7.1	T 7.6	-----	T 7.6

5.2 Węzły spawane kratownic z rur o przekroju kwadratowym lub prostokątnym

Tab. 5.2 Numery tablic zawartych w EN1993-1-8, wykorzystywanych przy określaniu nośności węzłów kratownic w których pas wykonano z rur kwadratowych

Rodzaj kształownika skratowania	Zakres wymiarów geometrycznych	Nośność ze względu na siłę osiową	Wzory interakcyjne
Rura okrągła	T 7.8, T 7.9	T 7.10	§7.5.2
Przekroje kwadratowe	T 7.8, T 7.9	T 7.10	§7.5.2

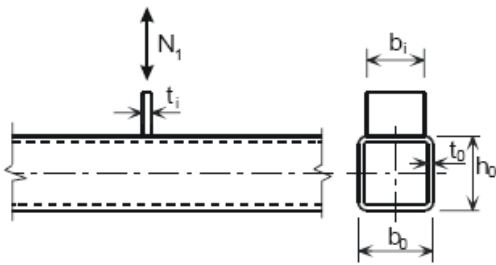
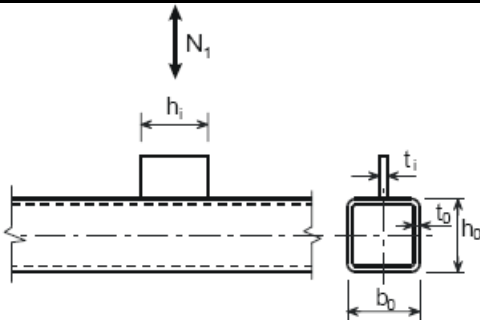
Tab. 5.3 Numery tablic i paragrafów zawartych w EN1993-1-8, wykorzystywanych przy określaniu nośności węzłów kratownic w których pas wykonano z rur kwadratowych lub prostokątnych

Rodzaj kształownika skratowania	Zakres wymiarów geometrycznych	Nośność ze względu na siłę osiową	Nośność ze względu na moment zginający	Wzory interakcyjne
Rura okrągła	T 7.8	T 7.11 , T. 7.12	-----	§7.5.2.1
Rura kwadratowa lub prostokątna	T 7.8	T 7.11 , T. 7.12	T 7.14	§7.5.2.1
Błacha węzłowa	T 7.8 , T 7.13	T 7.13	(1)	§7.5.2.1
I lub H	T 7.8 , T 7.13	T 7.13	T 7.13	§7.5.2.1
Specjalne przekroje kwadratowe	T 7.8	T 7.15 , T 7.16	-----	T 7.16

(1) Patrz tabela Tab. 5.4 poniżej

W przypadku gdy pas dolny kratownicy wykonany jest z rury o przekroju kwadratowym lub prostokątnym, a w konstrukcji węzła znajduje się blacha węzłowa, nośność połączenia ze względu na moment zginający można określić na podstawie poniższej tabeli [2]:

Tab. 5.4 Nośność ze względu na moment zginający

Błacha węzłowa ustawiona poprzecznie do osi pasa	Błacha węzłowa ustawiona równoległe do osi pasa
	

W płaszczyźnie: $M_{ip,1,Rd} = 0.5N_{1,Rd}t_i$	W płaszczyźnie: $M_{ip,1,Rd} = 0.5h_iN_{1,Rd}$
Z płaszczyzny: $M_{op,1,Rd} = 0.5N_{1,Rd}b_i$	Z płaszczyzny: $M_{op,1,Rd} = 0.5N_{1,Rd}t_i$

5.3 Węzły spawane pas kratownicy wykonany z profili typu I lub H

Tab. 5.5 Numery tablic i paragrafów zawartych w EN1993-1-8, wykorzystywanych przy określaniu nośności węzłów kratownic w których pas wykonano z kształtowników typu I lub H

Rodzaj kształtownika skratowania	Zakres wymiarów geometrycznych	Nośność ze względu na siłę osiową	Nośność ze względu na moment zginający	Wzory interakcyjne
Rura okrągła	T 7.20	T 7.21	-----	§7.6
Rura kwadratowa lub prostokątna	T 7.20	T 7.21	T 7.22	§7.6

6. Spoiny

Poszczególne pręty skratowania należy spawać do pasa kratownicy ciągłą spoiną czołową, spoiną pachwinową lub kombinowaną czołowo-pachwinową. Szczegóły wykonywania spoin przedstawiono w ENV 1090-4.

Spoiny powinny być projektowane, biorąc pod uwagę zalecenia zawarte w [EN 1993-1-8 §7.3](#) i to [EN 1993-1-8 §4](#).

Nośność obliczeniowa spoiny pachwinowej nie powinna być mniejsza niż nośność pręta skratowania. Sprowadza się to do spełnienia warunku:

$$\frac{a}{t} \geq \sqrt{2} \left[\frac{f_y \beta_w \gamma_{M2}}{f_u \gamma_{M0}} \right]$$

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

$$a/t \geq 0,96 \quad \text{dla stali gatunku S275 i } a/t \geq 1,11 \quad \text{dla stali gatunku S355}$$

7. Pomoc projektowa

Program CIDJOINT służy do obliczania i sprawdzania nośności węzłów kratownic wykonanych z rur i obciążonych w sposób statyczny. Program został opracowany w *Comité International pour le Développement et l'Etude de la Construction Tubulaire* (CIDECT) i jest zgodny z metodami zawartymi w EN1993-1-8.

Więcej informacji na www.cidect.org.

8. Odniesienia

- 1 *Hollow Sections in Structural Applications*, by J. Wardenier. Comité International pour le Développement et l'Etude de la Construction Tubulaire (CIDECT). This publication may be freely downloaded from www.cidect.org
- 2 *Design of SHS welded joints*, Corus Tubes. This document is freely downloadable from www.corus.com.
- 3 ENV1090-4 *Execution of steel structures – Part 4: Supplementary rules for hollow section lattice structures*.
- 4 ENV1993-1-1:1992 “Eurocode 3. Design of steel structures. General rules and rules for buildings.

Protokół jakości

TYTUŁ ZASOBU	Informacje uzupełniające: Model obliczeniowy węzłów spawanych kratownic z prętów o przekroju rurowym.		
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. UK	G W Owens	SCI	7/4/06
2. France	A Bureau	CTICM	7/4/06
3. Sweden	A Olsson	SBI	7/4/06
4. Germany	C Müller	RWTH	7/4/06
5. Spain	J Chica	Labein	7/4/06
Resource approved by Technical Coordinator	G W Owens	SCI	12/7/06
DOKUMENT TŁUMACZONY			
Tłumaczenie wykonane przez:		A. Wojnar, PRz	
Przetłumaczony zasób zatwierdzony przez:		A. Kozłowski, PRz	

Informacje ramowe

Tytuł*	Informacje uzupełniające: Model obliczeniowy węzłów spawanych kratownic z prętów o przekroju rurowym.	
Seria		
Opis*	Ten dokument przedstawia procedury pozwalające na określenie nośności połączeń spawanych w kratownicach wykonanych z przekrojów rurowych lub z niektórych prętów o przekroju otwartym. Pod uwagę brane są "węzły płaskie", nieuźebrowane.	
Poziom dostępu*	Ekspertyza	Praktyka
Identyfikator*	Nazwa pliku	
Format		Microsoft Office Word; 13 Pages; 586kb;
Kategoria*	Tytuł zasobu	Informacje uzupełniające
	Punkt widzenia	Inżynier
Przedmiot*	Obszar zastosowania	Budynki przemysłowe
Daty	Data utworzenia	17/01/2006
	Data ostatniej modyfikacji	
	Data sprawdzenia	
	Ważny od	
	Ważny do	
Język(i)*		Polski
Kontakt	Autor	Francisco Rey, LABEIN
	Sprawdzony przez	Jose A. Chica, LABEIN
	Zatwierdzony przez	
	Redaktor	
	Ostatnio modyfikowany przez	
Słowa kluczowe*	kratownice, przekroje rurowe, SHS, CHS, RHS, przekroje poprzeczne	
Zobacz też	Odniesienie do Eurocodu	
	Przykład(y) obliczeniowy	
	Komentarz	
	Dyskusja	
	<i>Inne</i>	
Omówienie	Narodowa przydatność	EU
Szczególne instrukcje		