

Nośność połączeń spawanych węzłów kalenicowych wiązarów dachowych z kształtowników zamkniętych

Część 1 – Kształtowanie i obliczanie

1. Uwagi wstępne

W normie, dotyczącej projektowania węzłów konstrukcji stalowych PN-EN 1993-1-8 [6], w wypadku stosowania kratownic z kształtowników zamkniętych podano, że kąty między prętami takich układów nie powinny być mniejsze niż 30°. Ta reguła wynika z tego, aby w węzłach standardowych, których ocenę nośności podano w tej normie, podczas wykonywania połączeń spawanych nie występowały nadmierne utrudnienia układania spoin, zwykle czołowych lub pachwinowych.

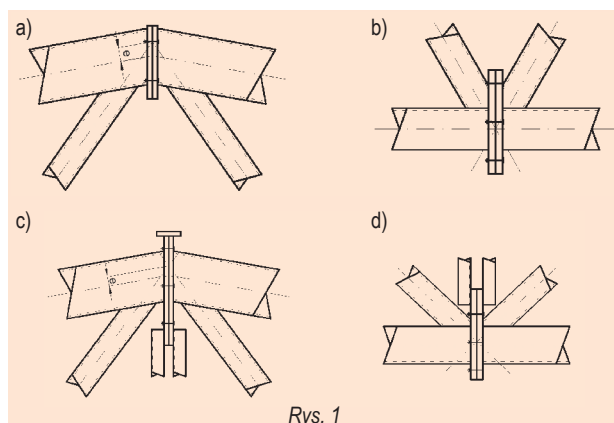
W rezultacie takiego wskazania powszechnie są stosowane układy kratowe typu rusztów, przekryć strukturalnych lub wiązarów dachowych o pasach równoległych przy dowolnych rodzajach skratowań, lecz o jednostronnym spadku połaci dachowej. Natomiast w wypadku dwuspadowych wiązarów są stosowane układy prętów skratowań typu N lub V. W pierwszym wypadku rozpiętość elementów może być duża, w drugim zaś rzadko dochodzi do 30 m. Przy skratowaniu typu N węzeł w kalenicy co do kształtu i połączenia spawanego nie sprawia trudności projektantom podczas oceny ich nośności zgodnie z PN-EN 1993-1-8. Tak nie jest przy stosowaniu skratowania typu V. W normie [6] nie podano kompletnie reguł do ich oceny.

W piśmiennictwie światowym kwestie z tym związane pomija się ze względu na mały zakres zastosowań. W polskim piśmiennictwie postępuje się podobnie [1], [4], [5]. Więcej informacji podano w [3], lecz ta publikacja w kraju prawie nie jest znana.

Dwuspadowe wiązary dachowe ze skratowaniem typu V są w Polsce powszechnie stosowane, a ich projektowanie z kształtowników zamkniętych jest godne zaleceń ze względu na korzyści ekonomiczne i eksploatacyjne. Z tego powodu warto podać wskazania poprawnego projektowania ich węzłów kalenicowych, skoro w piśmiennictwie dotychczas projektanci niewiele mogą o tym znaleźć informacji.

2. Kształtowanie węzłów

Przykłady węzłów montażowych w przęsłach elementów kratowych pokazano na rys. 1 w wypadku prętów wiązara z zamkniętych kształtowników o przekrojach kwadratowych lub prostokątnych.



Rys. 1

Podobnie projektuje się styki wtedy, kiedy stosuje się rury okrągłe lub pasy z dwuteowników europejskich i szerokostopowych.

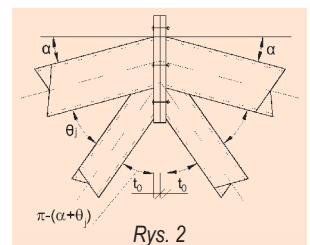
Błacha czołowa powinna mieć grubość równą co najmniej $2t_0$ (t_0 – grubość ścianki kształtownika pasa). Zwykle wynosi 16 do 20 mm.

Jeżeli w węźle kalenicowym kąt między krzyżulcem a blachą czołową wynosi około 30°, to zwykle ten pręt jest łączony z pasem górnym i blachą czołową w sposób pokazany na rys. 1b lub 1c. Dalsza część artykułu jest poświęcona takiemu węzłowi. Gdy węzeł ma kształt, w którym krzyżulec jest połączony tylko z pasem (rys. 1a), wówczas do oceny jego nośności i połączenia na spoiny pachwinowe służą wskazania, podane w PN-EN 1993-1-8 [6] lub w publikacjach [1], [5]. Natomiast w wypadku węzłów, w których pasy górne są ułożone równoległe do pasów dolnych lub w wypadku rozwiązań z rys. 1b i 1d oceny dokonuje się zgodnie z obliczeniami, omówionymi w [2].

3. Obliczanie nośności spoin pachwinowych

W publikacji [2] przedstawiono całokształt wskazań projektowych i obliczeń węzłów z żebrami czołowymi. Wykorzystano je do ustalenia zależności, niezbędnych do obliczania składowych sił, obciążających spoiny połączenia krzyżulca z pasem górnym i blachą czołową. Inne czynności, związane z wyznaczaniem wartości naprężeń w spoinach należy konfrontować z informacjami, podanymi w [2].

Na ogół wiązary najczęściej są projektowane o małym spadku połaci dachowej. Przykład styku pokazano na rys. 2. W takim wypadku blacha czołowa nie jest wykonana w styku z pasem pod kątem prostym, lecz pod kątem $(\pi/2 - \alpha)$, przy czym α jest kątem spadku połaci dachowej. Krzyżulec jest dotychczas do pasa pod kątem θ_j .



Rys. 2

W takiej sytuacji projektowej składowa siła w krzyżulcu, K_{Edj} , równoległa do pasa górnego wynosi:

$$K_{Edj} \cos \theta_j = 2P'_1 + 2P'_2 + 2P''_3 \cos \alpha + P''_4 \cos \alpha \quad (1)$$

przy czym:

- P'_1 – siła, działająca na odcinku 1 spoiny jako równoległa do pasa,
- P'_2 – siła, działająca na odcinku 2 spoiny jako równoległa do pasa,
- P''_3 – siła, działająca na odcinku 3 spoiny jako prostopadła do blachy czołowej,
- P''_4 – siła, działająca na odcinek 4 spoiny jako prostopadła do blachy czołowej.

Biorąc pod uwagę rys. 2, wskazuje się, że:

- odcinki 1 spoiny są ułożone wzdłuż styku krzyżulca z pasem,
- odcinki 2 spoiny są ułożone prostopadle do styku krzyżulca z pasem,
- odcinki 3 spoiny są ułożone wzdłuż styku krzyżulca z blachą czołową,
- odcinek 4 spoiny jest ułożony prostopadle do styku krzyżulca z blachą czołową.

Wartości tych sił ustala się z zależności:

$$P_1' = \frac{K_{Ed,j} \cos \theta_j}{2[1 + \alpha_1' + \beta_1'(1 + 0,25\alpha_3'') \cos \alpha]} \quad (2a)$$

$$P_2' = \frac{\alpha_1' K_{Ed,j} \cos \theta_j}{2[1 + \alpha_1' + \beta_1'(1 + 0,25\alpha_3'') \cos \alpha]} \quad (2b)$$

$$P_3'' = \frac{\beta_1' K_{Ed,j} \cos \theta_j}{2[1 + \alpha_1' + \beta_1'(1 + 0,25\alpha_3'') \cos \alpha]} \quad (2c)$$

$$P_4'' = \frac{\alpha_3'' \beta_1' K_{Ed,j} \cos \theta_j}{4[1 + \alpha_1' + \beta_1'(1 + 0,25\alpha_3'') \cos \alpha]} \quad (2d)$$

Z kolei składowa siły w krzyżulcu, K_{Edj} , prostopadła do pasa przyjmuje postać:

$$K_{Edj} \sin \theta_j = 2P_3' + P_4' + 2P_1'' \cos \alpha + 2P_2'' \cos \alpha \quad (3)$$

przy czym:

P_1'' – siła, działająca na odcinki 1 spoiny jako prostopadła do pasa,

P_2'' – siła, działająca na odcinki 2 spoiny jako prostopadła do pasa,

P_3' – siła, działająca na odcinki 3 spoiny jako równoległa do blachy czołowej,

P_4' – siła, działająca na odcinek 4 spoiny jako równoległa do blachy czołowej.

Wartości tych sił ustala się z zależności:

$$P_1'' = \frac{K_{Ed,j} \tan \theta_j}{2[1 + \alpha_1' + \beta_1'(1 + 0,25\alpha_3'') \cos \alpha]} \quad (4a)$$

$$P_2'' = \frac{\alpha_1' K_{Ed,j} \tan \theta_j}{2[1 + \alpha_1' + \beta_1'(1 + 0,25\alpha_3'') \cos \alpha]} \quad (4b)$$

$$P_3' = \frac{\beta_1' K_{Ed,j} \tan \theta_j}{2[1 + \alpha_1' + \beta_1'(1 + 0,25\alpha_3'') \cos \alpha]} \quad (4c)$$

$$P_4' = \frac{\alpha_3'' \beta_1' K_{Ed,j} \tan \theta_j}{4[1 + \alpha_1' + \beta_1'(1 + 0,25\alpha_3'') \cos \alpha]} \quad (4d)$$

Współczynniki α_1' , α_3'' oraz β_1' ustala się według zależności, podanych w [2].

Dalsze obliczenia przeprowadza się wzorami, podanymi w [2], jednak kąt $(\pi/2 - \theta_j)$ należy zastąpić kątem $(\pi/2 - \theta_j - \alpha)$.

Nośność połączenia pasa górnego z blachą czołową na spoiny pachwinowe oblicza się, korzystając z reguł, podanych w PN-EN 1993-1-8 [6].

Piśmiennictwo

- [1] Bródka J.: Konstrukcje stalowe z kształtowników zamkniętych. Tom 1. PWT. Rzeszów 2013.
- [2] Bródka J., Broniewicz M.: Design of section overlap joints with reinforcing plate. Welded connectins resistance. – Archives of Civil Engineering. 2015. No 1.
- [3] Bródka J., Broniewicz M.: Hollow section overlap joints with reinforcing rib plate in structural applications. LAP Lambert Academic Publishing. Saarbrücke 2016.
- [4] Bródka J., Broniewicz M.: Konstrukcje stalowe z rur. Arkady. Warszawa 2001.
- [5] Bródka J., Kozłowski A., Ligocki I., Łaguna J., Ślęczka L.: Projektowanie i obliczanie połączeń i węzłów konstrukcji stalowych. Tom 1. Drugie wydanie. PWT. Rzeszów 2013.
- [6] PN-EN 1993-1-8: 2007 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 8: Projektowanie węzłów.