

Błędy w montażu rusztowań

cz. 7 – wymagania dotyczące rur

W kolejnej części dotyczącej błędów montażu rusztowań zostaną omówione wymagania dotyczące rur. Podstawowym elementem zapewniającym bezpieczeństwo wszystkich typów konstrukcji rusztowań, a w szczególności rusztowań rurowo-złączkowych jest zachowanie wymogów dotyczących cech rur: właściwości materiału, odpowiedniej grubości ścianki, zabezpieczenia antykorozyjnego. Rury stosowane obecnie przez drobne firmy wykonawcze są często wyeksploatowane i nie spełniają obecnych unormowań. Warto też zwrócić uwagę, iż po wejściu Polski do Unii Europejskiej spora część Polskich Norm została zastąpiona przez normy zharmonizowane. Poniżej zestawiono wykaz aktualnych norm wraz z abstraktem ich zawartości.

RURY STALOWE

Zgodnie z normami serii [PN-M-47900:1996 Rusztowania stojące metalowe robocze] na elementy konstrukcyjne należy przeznaczyć rury atestowane o następujących właściwościach:

- gwarantowane właściwości mechaniczne dla rur stalowych ze szwem wg PN-H-74244:1979,
- gwarantowane właściwości mechaniczne dla rur stalowych bez szwu wg PN-H-74219:1980,
- średnica zewnętrzna 48,3 mm,
- grubość ścianki rur stalowych co najmniej 3,2 mm,
- materiał na rury bez szwu w gatunku R35 wg PN-H-84023-7:1987,
- materiał na rury ze szwem w gatunku 12X wg PN-H-84023-7:1987,
- dopuszczalne zastosowanie innego gatunku stali o $R_{e\ min}$ 205 MPa,
- powłoka ochronna: rury czarne zanurzone w lakierze lub fabrycznie lakierowane.

Niestety normy serii PN są pod tym względem dość nieaktualne. Wprowadzenie norm zharmonizowanych zmieniło warunki stawiane materiałom na elementy rusztowań. W tabl. 1 przedstawiono obecnie obowiązują-



Fot. 1. Rury stalowe dla prefabrykowanych elementów systemowych rusztowań

Tabl. 1. Wymagania normowe stawiane rurom stalowym do budowy rusztowań

Polska norma	Norma europejska	Treść normy
PN-H-74244:1979 Rury stalowe ze szwem przewodowe	PN-EN 10219-1:2007 Kształtowniki zamknięte ze szwem wykonane na zimno ze stali konstrukcyjnych niestopowych i drobnoziarnistych – Część 1: Warunki techniczne dostawy	Określono warunki techniczne dostawy kształtowników zamkniętych ze szwem wykonanych na zimno o przekroju okrągłym, kwadratowym i prostokątnym. Objęto kształtowniki zamknięte wytwarzane na zimno bez późniejszej obróbki cieplnej
	PN-EN 10219-2:2007 Kształtowniki zamknięte ze szwem wykonane na zimno ze stali konstrukcyjnych niestopowych i drobnoziarnistych – Część 2: Tolerancje, wymiary i wielkości statyczne	Określono tolerancje kształtowników zamkniętych ze szwem wykonanych na zimno o przekroju okrągłym, kwadratowym i prostokątnym o grubości ścianki do 40 mm z zakresu wymiarowego: dla przekroju okrągłego: średnica zewnętrzna do 2500 mm, dla przekroju kwadratowego: wymiary zewnętrzne do 500 mm x 500 mm, dla przekroju prostokątnego: wymiary zewnętrzne do 500 mm x 300 mm
PN-H-74219:1980 Rury stalowe bez szwu walcowane na gorąco ogólnego zastosowania	PN-EN 10210-1:2007 Kształtowniki zamknięte wykonane na gorąco ze stali konstrukcyjnych niestopowych i drobnoziarnistych – Część 1: Warunki techniczne dostawy	Określono warunki techniczne dostawy wykonanych na gorąco kształtowników zamkniętych: okrągłych, kwadratowych, prostokątnych lub eliptycznych z późniejszą obróbką cieplną lub bez niej, jak również dla wykonanych na zimno kształtowników zamkniętych z późniejszą obróbką cieplną celem uzyskania stanu, jaki mają wyroby wykonane na gorąco
	PN-EN 10210-2:2007 Kształtowniki zamknięte wykonane na gorąco ze stali konstrukcyjnych niestopowych i drobnoziarnistych – Część 2: Tolerancje, wymiary i wielkości statyczne	Określono tolerancje wykonanych na gorąco kształtowników zamkniętych o przekroju okrągłym, kwadratowym, prostokątnym i eliptycznym o grubościach ścianek do 120 mm z zakresu wymiarowego: dla przekroju okrągłego: średnica zewnętrzna do 2500 mm, dla przekroju kwadratowego: wymiary zewnętrzne do 800 mm x 800 mm, dla przekroju prostokątnego: wymiary zewnętrzne do 750 mm x 500 mm, dla przekroju eliptycznego: wymiary zewnętrzne do 500 mm x 250 mm
PN-H-84023-07:1989 Stal określonego zastosowania – Stal na rury – Gatunki	PN-H-84023-07:1989/ Az1:1997 (zmiana) Stal określonego zastosowania – Stal na rury – Gatunki	Podano wymagany skład chemiczny wg analizy 17 gatunków stal niestopowej i stopowej przeznaczonej na rury. W informacjach dodatkowych podano orientacyjne przeznaczenie w/w 17 gatunków stali Zmiana: Zmniejszono dopuszczalne zawartości fosforu i siarki w gatunkach stali R55 i R65. Wprowadzono gatunek stali 20G2AV i podano wymagania w zakresie składu chemicznego, własności mechanicznych i obróbki cieplnej. Wprowadzono gatunek stali H9AMFNb i podano jego skład chemiczny
	PN-EN 39:2003 Rury stalowe do budowy rusztowań – Warunki techniczne dostawy	Określono wymagania dla rur ze stali niestopowych na rury i łączniki do budowy oszalowań i rusztowań. Podano szczegółowe wymagania dotyczące znakowania, powłok ochronnych oraz badań i kontroli

ce normy unijne. Można je podzielić na cztery grupy wymagań dotyczących rur stalowych:

- a) rury ze szwem,
- b) rury bez szwu,
- c) określenia gatunków stali,
- d) warunki techniczne dostawy rur do budowy rusztowań.

Według [PN-EN 12811-1:2007 Tymczasowe konstrukcje stosowane na placu budowy – Część 1: Rusztowania – Warunki wykonania i ogólne zasady projektowania] na materiał konstrukcyjny nie można stosować stali odtlenionych typu FU (stale nieuspokojone). Norma stawia inne wymagania rurom dla rusztowań rurowo-złączkowych oraz inne dla prefabrykowanych elementów systemowych.

Pojedyncze rury, tj. występujące w rusztowaniach rurowo-złączkowych lub rury używane w rusztowaniach prefabrykowanych, np. w celu powiązania ich z elewacją (kotwienie), powinny posiadać nominalną granicę plastyczności wynoszącą minimum 235 MPa oraz minimalną znamionową grubość ścianki 3,2 mm. Natomiast rury na elementy prefabrykowane w systemach rusztowań (nie wchodzące w skład zabezpieczenia bocznego), muszą mieć następujące parametry znamionowe:

- minimalna grubość ścianki 2,0 mm,
- granica plastyczności $R_{eH} \geq 235$ MPa,
- wydłużenie $A \geq 17\%$.

Decydując się jednak na zastosowanie rur o mniejszych grubościach ścianek muszą być spełnione dodatkowo warunki zawarte w tabl. 2.

Oprócz powyższych wymagań, przy produkcji elementów prefabrykowanych spełnione muszą być warunki pozwalające na prawidłowe spawanie elementów rurowych. Niezbędne do tego normy zestawiono w tabl. 3.

Powłoka ochronna elementów

Wymagania stawiane przez Polskie Normy dotyczące powłok ochronnych dla rur do budowy rusztowań są stosunkowo niskie. Warunek dotyczący rur czarnych jest taki, aby po ich uprzednim oczyszczeniu zabezpieczyć je przed korozją przez zanurzenie w lakierze. Elementy nie współpracujące na zasadzie tarcia powinny być zabezpieczone przez ocynkowanie. Zgodnie z PN-EN 12811-1:2007 elementy składowe powinny być zabezpieczone przy użyciu jednej z metod podanych w tabl. 4.

RURY ALUMINIOWE

Pojedyncze rury aluminiowe o średnicy zewnętrznej 48,3 mm muszą spełniać następujące wymagania zgodnie z [PN-M-47900-2:1996] oraz [PN-EN 12811-1:2007]:

- grubość ścianki dla rur ze stopu aluminium wynosi co najmniej 4,0 mm,

Tabl. 2. Wymagania dla rur stalowych o mniejszych grubościach ścianek wg [PN-EN 12810-1:2004 Rusztowania elewacyjne z elementów prefabrykowanych – Część 1: Specyfikacje techniczne wyrobów]

Nominalna grubość ścianki t [mm]	Minimalna granica plastyczności [MPa]	Dopuszczalne ujemne tolerancje grubości ścianki [mm]
$2,7 \leq t < 2,9$	315	0,2
$t \geq 2,9$	235	Zgodnie z normą EN 10219-2

Tabl. 3. Wykaz norm dla rur stalowych podlegających spawaniu przy produkcji elementów rusztowań systemowych

Norma	Treść normy
PN-EN 10296-1:2006 Rury stalowe ze szwem o przekroju okrągłym do zastosowań mechanicznych i ogólnotechnicznych – Warunki techniczne dostawy – Część 1: Rury ze stali niestopowych i stopowych	Określono warunki techniczne dostawy spawanych elektrycznie, laserowo i łukiem krytym rur o przekroju okrągłym, wykonanych ze stali niestopowych i stopowych przeznaczonych do zastosowań mechanicznych i ogólnotechnicznych
PN-EN 10297-1:2005 Rury stalowe okrągłe bez szwu dla zastosowań mechanicznych i ogólnotechnicznych – Warunki techniczne dostawy – Część 1: Rury ze stali niestopowej i stopowej	Podano warunki techniczne dostawy rur okrągłych bez szwu wykonanych ze stali niestopowej i stopowej dla zastosowań mechanicznych i ogólnotechnicznych. Podano niezbędne informacje dotyczące zamawiania oraz wymagania dodatkowe z których może skorzystać zamawiający. Określono wymagania, badania, pobieranie próbek oraz metody badań

Tabl. 4. Metody zabezpieczenia rur stalowych przed korozją

Klasa	Zabezpieczenie przed korozją
C1	Malowanie bez przeprowadzania kontroli jakości
C2	Malowanie zgodnie z rozdziałem 13, opcja 10 wg [EN 39:2001 Luźne rury stalowe na rusztowania – Warunki techniczne dostawy] (norma zastąpiona przez PN-EN 39:2003)
C3	Powlekanie warstwą cynku o średniej grubości 15 µm
C4	Cynkowanie ogniowe: <ul style="list-style-type: none"> – wykonane zgodnie z [PN-EN 10240:2001 Wewnętrzne i/lub zewnętrzne powłoki ochronne rur stalowych – Wymagania dotyczące powłok wykonanych przez cynkowanie ogniowe w ocynkowniach zautomatyzowanych] odpowiadające jakości powlekania B2, – przeprowadzone zgodnie z tabelą 2 [PN-EN ISO 1461:2000 Powłoki cynkowe наносzone na stal metodą zanurzeniową (cynkowanie jednostkowe) – Wymagania i badania]
C5	Wykonanie specjalne

Tabl. 5. Wymagania dla rur aluminiowych o mniejszych grubościach ścianek wg [PN-EN 12810-1:2004 Rusztowania elewacyjne z elementów prefabrykowanych – Część 1: Specyfikacje techniczne wyrobów]

Lp.	Nominalna grubość ścianki t [mm]	Minimalna granica plastyczności [MPa]	Dopuszczalne ujemne tolerancje grubości ścianki [mm]
1.	$3,2 \leq t < 3,6$	250	0,2
2.	$3,6 \leq t < 4,0$	215	0,2
3.	$t \geq 4,0$	195	Zgodnie z normą EN

- materiał na rury ze stopu aluminium o R_e w granicach 195-260 MPa.

Rury na elementy prefabrykowane dla systemów rusztowań powinny odpowiadać specyfikacji zawartej w tabl. 5.

Aktualne wymagania ogólne dotyczące rur aluminiowych zestawiono w tabl. 6. Zawartość tablicy dotyczy zarówno rur ciągnionych, jak i wyciskanych, i obejmuje:

- a) warunki techniczne kontroli i dostawy,
- b) własności mechaniczne,
- c) tolerancje wymiarów i kształtu rur.

Stopy aluminium stosowane na normalnie użytkowych powierzchniach nie wymagają specjalnego zabezpieczenia powierzchni.



Fot. 2. Rury aluminiowe

Podsumowanie

Nie spełnienie podstawowych wymogów dotyczących rur może spowodować nawet katastrofę budowlaną. Niedopuszczalne jest wprowadzanie do stosowania pojedynczych (luźnych) rur o grubościach ścianek mniejszych niż wymagane lub nieatestowanych rur o nieznanymi właściwościach. W praktyce bowiem monterzy rusztowań nie są w stanie odróżnić takich elementów od rur o standardowej grubości ścianki i może to być przyczyną awarii. Oprócz tego podczas przeglądów elementów rusztowań należy zwrócić uwagę na ich trwałość użytkową. Polska Norma określa, iż okres w ciągu którego elementy konstrukcyjne rusztowań zachowują swoje właściwości użytkowe w normalnych warunkach eksploatacji powinien wynieść co najmniej 5 lat. Kontrola jakości takich elementów jest stosunkowo prosta i polega na oględzinach zewnętrznych. Przykład elementów wyeksploatowanych pokazano na fot. 3.



Fot. 3. Wyeksploatowane rury stalowe

W ciągu ostatnich lat wymagania stawiane rurom zostały zwielokrotnione przez unormowania europejskie. Aby odnaleźć się w gąszczu przepisów poniżej podano warunki, na które należy zwrócić szczególną uwagę przy zakupie rur o średnicy zewnętrznej 48,3 mm na pojedyncze elementy, np. dla rusztowań rurowo-złączkowych:

- minimalna grubość ścianki: rury stalowe 3,2 mm, rury aluminiowe 4,0 mm,
- minimalna granica plastyczności: rury stalowe – 235 MPa, rury aluminiowe – 195 MPa,
- rury stalowe zabezpieczone przed korozją powłoką ochronną.

Przy zakupie rur służących do budowy elementów prefabrykowanych można zastosować rury o mniejszych grubościach ścianek, lecz należy pamiętać, iż rosną wtedy wymagania dotyczące właściwości zastosowanego materiału.

Opracował:
mgr inż. Piotr Kmieciak
BIS plettac Sp z o.o.
Doktorant Politechniki Wrocławskiej

Tabl. 6. Wymagania normowe stawiane rurom aluminiowym do budowy rusztowań

Polska Norma	Norma Europejska	Treść normy
PN-H-74592:1985 Aluminium i stopy aluminium – Rury ciągnione	PN-EN 754-1:2002 Aluminium i stopy aluminium – Pręty i rury ciągnione – Warunki techniczne kontroli i dostawy	Podano warunki techniczne dotyczące kontroli i dostawy prętów i rur ciągnionych na zimno z aluminium i stopów aluminium, przeznaczonych do ogólnych zastosowań technicznych. Arkusz normy stosuje się w odniesieniu do wyrobów wyciskanych i następnie ciągnionych na zimno. Arkusz normy nie ma natomiast zastosowania w odniesieniu do wyrobów dostarczanych w kręgach ani do wyrobów zwijanych i następnie ciągnionych na zimno, np. rury zgrzewane liniowo
	PN-EN 754-2:2002 Aluminium i stopy aluminium – Pręty i rury ciągnione – Własności mechaniczne	Podano graniczne własności mechaniczne prętów i rur ciągnionych na zimno z aluminium i stopów aluminium. Oznaczenia stanów określono w PN-EN 515:1996. Graniczne zawartości składu chemicznego tych materiałów podano w PN-EN 573-3:1998. Graniczne własności mechaniczne podano dla wszystkich stopów klasy „A” zdefiniowanej w PN-EN 573-4:1997
	PN-EN 754-7:2002 Aluminium i stopy aluminium – Pręty i rury ciągnione – Tolerancje wymiarów i kształtu rur bez szwu	Podano tolerancje wymiarów i kształtu dotyczące rur bez szwu z aluminium i stopów aluminium, ciągnionych na zimno, o średnicy zewnętrznej (OD) od 3 mm do 350 mm (rury okrągłe) lub o przekroju poprzecznym zawierającym się w kole opisanym o średnicy (CD) od 8 mm do 350 mm (rury nieokrągłe), dostarczanych w odcinkach prostych
	PN-EN 754-8:2002 Aluminium i stopy aluminium – Pręty i rury ciągnione – Tolerancje wymiarów i kształtu rur z matryc komorowych	Podano tolerancje wymiarów i kształtu dotyczące rur z aluminium i stopów aluminium, ciągnionych na zimno z rur wytworzonych na matrycach komorowych, o średnicy zewnętrznej (OD) od 3 mm do 350 mm (rury okrągłe) lub o przekroju poprzecznym zawierającym się w kole opisanym o średnicy (CD) od 8 mm do 350 mm (rury nieokrągłe), dostarczanych w odcinkach prostych
PN-H-74591:1981 Aluminium i stopy aluminium – Rury wyciskane	PN-EN 755-1:2001 Aluminium i stopy aluminium – Pręty, rury i kształtowniki wyciskane – Warunki techniczne kontroli i dostawy	Podano warunki techniczne dotyczące kontroli i dostawy prętów, rur i kształtowników wyciskanych z aluminium i stopów aluminium przetworzonych plastycznie, przeznaczonych do ogólnych zastosowań technicznych. Ze specyfikacji wyłączone materiały wyjściowy na odkuwki, kształtowniki wyciskane precyzyjne ze stopów EN AW-6060 i EN AW-6063 oraz wyroby dostarczane w kręgach
	PN-EN 755-2:2001 Aluminium i stopy aluminium – Pręty, rury i kształtowniki wyciskane – Własności mechaniczne	Podano graniczne własności mechaniczne prętów, rur i kształtowników wyciskanych z aluminium i stopów aluminium. Oznaczenia stanów określono w EN 515. Graniczne zawartości składu chemicznego tych materiałów podano w EN 573-3. Graniczne własności mechaniczne podano dla wszystkich stopów klasy „A” zdefiniowanej w EN 573-4
	PN-EN 755-7:2002 Aluminium i stopy aluminium – Pręty, rury i kształtowniki wyciskane – Tolerancje wymiarów i kształtu rur bez szwu	Podano tolerancje wymiarów i kształtu dotyczące rur bez szwu wyciskanych z aluminium i stopów aluminium, o średnicy zewnętrznej (OD) od 8 mm do 450 mm (rury okrągłe) lub o przekroju poprzecznym zawierającym się w kole opisanym o średnicy (CD) od 10 mm do 350 mm (rury nieokrągłe), dostarczanych w odcinkach prostych. Norma dotyczy tylko rur bez szwu wytwarzanych metodą wyciskania matryca/przebijak, przeznaczonych do ogólnych zastosowań technicznych. Nie dotyczy rur wyciskanych na matrycach komorowych, ani rur zwijanych
	PN-EN 755-8:2002 Aluminium i stopy aluminium – Pręty, rury i kształtowniki wyciskane – Tolerancje wymiarów i kształtu rur z matryc komorowych	Podano tolerancje wymiarów i kształtu dotyczące rur z matryc komorowych wyciskanych z aluminium i stopów aluminium, średnicy zewnętrznej (OD) od 8 mm do 450 mm (rury okrągłe) lub o przekroju poprzecznym zawierającym się w kole opisanym o średnicy (CD) od 10 mm do 350 mm (rury nieokrągłe), dostarczanych w odcinkach prostych. Norma dotyczy rur wyciskanych na matrycach komorowych przeznaczonych do ogólnych zastosowań technicznych wykonanych ze stopów podanych w tym dokumencie. Norma dotyczy tylko rur wytwarzanych przy użyciu matryc komorowych/mostkowych, nie dotyczy natomiast rur wyciskanych bezszwową metodą matryca/przebijak, ani rur zwijanych