

NORMY ŚWIATOWE DLA URZĄDZEŃ CIŚNIENIOWYCH

WYMAGANIA W ZAKRESIE MATERIAŁÓW ORAZ INSPEKCJI
RUROCIĄGÓW Z TWORZYW SZTUCZNYCH WZMOCNIONYCH
WŁÓKNEM SZKLANYM (GRP) W OPARCIU
O NORMĘ PN-EN ISO 14692



**LESZEK
LEWANDOWSKI**

Ekspert w dziedzinie
kluczowej Tworzywa
Sztuczne

Dział Urządzeń
Ciśnieniowych
Urząd Dozoru
Technicznego
Oddział
w Bydgoszczy

Członek Polskiego Komitetu Normalizacyjnego: KT 140 do spraw Rur, Kształtek i Armatury z Tworzyw Sztucznych; KT 168 do spraw Wytwarzania z Tworzyw Sztucznych; KT 240 do spraw Maszyn i urządzeń do przetworstwa tworzyw sztucznych i mieszanek gumowych

W artykule przedstawiono normę PN-EN ISO 14692 dotyczącą rurociągów z tworzyw sztucznych wzmocnionych włóknem szklanym.

Norma została opracowana przez Komitet Techniczny ISO/TC 67 „Materials, equipment and offshore structures for petroleum, petrochemical and natural gas industries”.

W Polsce odpowiedzialnym za normę w Polskim Komitecie Normalizacyjnym jest Komitet Techniczny nr 31 do spraw Górnictwa Nafty i Gazu.

NORMA PN-EN ISO 14692 SKŁADA SIĘ Z CZTERECH CZĘŚCI WYMIENIONYCH PONIŻEJ.

PN-EN ISO 14692-1:2017-10

Przemysł naftowy i gazowniczy
Rurociągi z tworzyw sztucznych wzmocnione włóknem szklanym (GRP)

Część 1: Słownictwo, symbole, zastosowanie i materiały

PN-EN ISO 14692-3:2017-11

Przemysł naftowy i gazowniczy
Rurociągi z tworzyw sztucznych wzmocnione włóknem szklanym (GRP)

Część 3: Projektowanie systemu

PN-EN ISO 14692-2:2017-11

Przemysł naftowy i gazowniczy
Rurociągi z tworzyw sztucznych wzmocnione włóknem szklanym (GRP)

Część 2: Kwalifikacja i wytwarzanie

PN-EN ISO 14692-4:2017-11

Przemysł naftowy i gazowniczy
Rurociągi z tworzyw sztucznych wzmocnione włóknem szklanym (GRP)

Część 4: Wytwarzanie, instalowanie i eksploatacja

ZAKRES STOSOWANIA NORM

Norma PN-EN ISO 14692 ma zastosowanie w **przemśle naftowym i gazowniczym**.

Dopuszcza się stosowanie wymagań normy w innych gałęziach przemysłu pod warunkiem, że zostanie to uzgodnione pomiędzy stronami kontraktu.

Zastosowania wymagań normy w szczególności mają miejsce w budowie rurociągów w **energetyce i przemyśle chemicznym**.

MATERIAŁY – ŻYWICE

Wymagania dla żywic zawarte są w normie PN-EN ISO 14692-1.

Do budowy rurociągów dopuszcza się stosowanie niżej wymienionych żywic.

Poliestrowa	UP	Żywice powinny spełniać wymagania w zakresie odporności chemicznej w odniesieniu do cieczy lub gazów, które będą przesyłane rurociągiem.
Winyloestrowa	VE	
Winyloestrowo-uretanowa	VEU	
Epoksydowa	EP	
Fenolowa	PF	

Przy doborze żywic należy uwzględnić także dodatkowe wymagania zagranicznych specyfikacji, a w szczególności wymagania IMO Resolution A.753 „Guidelines for the application of plastic pipes on ships”.

Norma PN-EN ISO 14692-1 – wydanie z 2017 r. nie określa maksymalnej dopuszczalnej temperatury roboczej. Temperatura ta jest zazwyczaj uzgadniana pomiędzy wytwórcą rur i kształtek oraz inwestorem. Bardzo częstym przypadkiem jest określanie przez inwestora rodzaju żywicy, wytwórcy żywicy, wytwórców wzmocnień, a także koloru rurociągu.

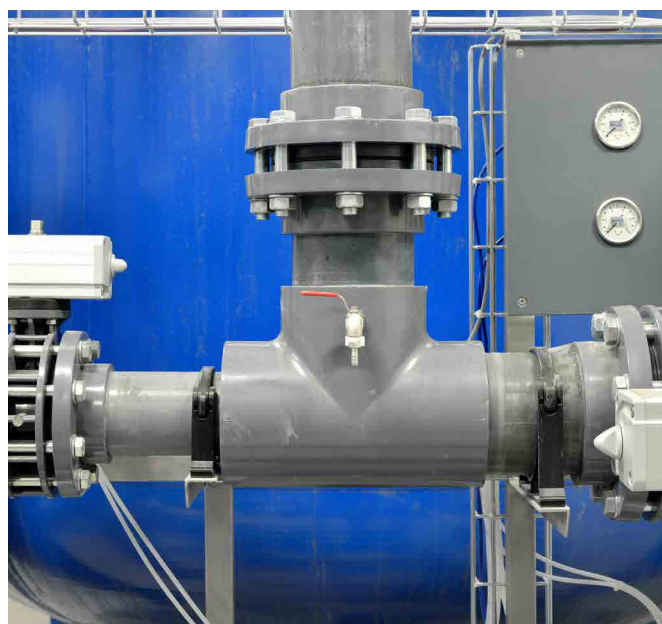
Nadmienić należy, że maksymalne dopuszczalne temperatury robocze rurociągu określone były w normie PN-EN ISO 14692-1 – wydanie z 2011 r.	Grupa żywic	Maksymalna dopuszczalna temperatura robocza [°C]
	Epoksydowa	110
	Winyloestrowa	100
	Poliestrowa	70
	Fenolowa	150

WZMOCNIENIA

Wymagania dla wzmocnień zawarte są w normie PN-EN ISO 14692-1.

Norma zaleca stosowanie wzmocnień szklanych.

Dopuszcza się stosowanie innych wzmocnień, np. węglowych czy aramidowych, ale tylko po uzyskaniu zgody zamawiającego. Konieczne jest także uzyskanie deklaracji chemoodporności wytwórcy wzmocnień węglowych i aramidowych.



WYTYCZNE DLA INSPEKJI RUROCIĄGÓW

Zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 14692-4 inspekcja rurociągów obejmuje:

- I. badania wizualne,
- II. próby ciśnieniowe,
- III. inne badania nieniszczące.

Przy planowaniu inwestycji wskazane jest uzgodnienie, między stronami, **zakresu i terminów** inspekcji na etapie wytwarzania rur i kształtek oraz na etapie dostaw i instalowania. Powszechną praktyką jest także uzgadnianie szczegółowych kryteriów akceptacji niezgodności laminatów.

Przykładowe niezgodności oraz kryteria akceptacji i działania korekcyjne		
Niezgodność	Kryterium akceptacji	Działania korekcyjne
Pęcherze powietrza	max 1,5 mm	Akceptować
Pęcherze	Niedopuszczalne	Odrzucić
Pęknięcia	Poniżej 25 mm	Akceptować
Pęknięcia	Powyżej 25 mm	Mała naprawa
Suche miejsca	Niedopuszczalne	Odrzucić
Zarysowania i zadrapania	Obszar powyżej 25 mm x 25 mm	Mała naprawa
Zarysowania i zadrapania	Obszar poniżej 25 mm x 25 mm	Akceptować

Kryteria oceny niezgodności laminatów rur i kształtek określone są w normie PN-EN ISO 14692-2, Aneks J, Tabela J.1

Kryteria oceny niezgodności laminatów budowanych i eksploatowanych rurociągów określone są w normie PN-EN ISO 14692-4, Załącznik A, Tabela A.1.

Norma w załączniku A określa również zalecane metody badań nieniszczących, a także działania korekcyjne u wytwórcy rur i kształtek oraz działania korekcyjne na etapie dostaw, instalowania i eksploatacji rurociągów.

Przykładowe niezgodności laminatów, kryteria akceptacji, zalecane badania nieniszczące oraz działania korekcyjne							
Nie zgodność	Kryterium akceptacji	Rekomeadowane badania	Inne potencjalne badania	Działania korekcyjne			
				Wytwarzanie	Dostawa	Instalowanie	Eksploatacja
Pęcherze powietrza	Niedopuszczalne powyżej 3 mm	VT	RT	Odrzucić	-	-	Mała naprawa
Pęcherze	Niedopuszczalne	VT	UT RT	Odrzucić	Odrzucić	Odrzucić / Duża naprawa	Akceptować, gdy brak wycieków
Atak chemiczny	Niedopuszczalne	VT		Odrzucić	Odrzucić	Odrzucić	Odrzucić/Duża naprawa
Pęknięcia	Poniżej 25 mm	VT		Akceptować	-	Akceptować	Akceptować
Pęknięcia	Powyżej 25 mm	VT		Mała naprawa	-	Mała naprawa	Mała naprawa
Suche miejsca	Niedopuszczalne	VT		Odrzucić	-	Odrzucić / Duża naprawa	Duża naprawa
Erozja	Niedopuszczalne	UT	UT B-scan UT – TOF RT Akustyczno-ultradźwiękowe	-	-	-	Duża naprawa
Pęknięcia z całkowitą penetracją i pęknięciami włókien szklanych	Niedopuszczalne	VT	Emisja akustyczna	Odrzucić	Odrzucić	Duża naprawa	Duża naprawa
Nieodpowiednie utwardzenie żywicy	PN-EN ISO 14692-2, Pkt.7.2.4	PN-EN ISO 14692-2, Pkt.7.2.4	DSC celem wyznaczenia temperatury zeszklenia Tg	-	-	Powtórnie wykonać połączenie (Duża naprawa) Powtórnie utwardzić połączenie (Mała naprawa)	-

BADANIA WIZUALNE

Badania wizualne pozwalają wykryć następujące podstawowe niezgodności laminatu:

- odkształcenia i nadmierne odchyłki wymiarowe
- pęknięcia powierzchni i mikropęknięcia,
- delaminacje blisko powierzchni, wtrącenia, wypryski, odbarwienia,
- pęcherze powietrza,
- uszkodzenia spowodowane uderzeniami,
- nadmiar żywicy oraz brak żywicy,
- ślady ataku chemicznego i erozji.

Wskazane jest wykonywanie badań wizualnych przed barwieniem ścianek rurociągów. Utrudnieniem oględzin w trakcie badań wizualnych są także włókna węglowe i aramidowe.

PRÓBY CIŚNIENIOWE

Próby ciśnieniowe są najlepszym sposobem potwierdzania integralności rurociągów. Przeprowadzanie takich prób jest zazwyczaj możliwe dopiero po zakończeniu montażu rurociągów, gdy przeprowadzanie napraw jest utrudnione z powodu ryzyka opóźnienia inwestycji.

Próby ciśnieniowe pozwalają wykryć następujące podstawowe niezgodności:

- nieodpowiednie utwardzenie żywicy;
- brak szczelności połączeń rozłącznych i nierozłącznych.

Wartość ciśnienia próbnego wynosi zazwyczaj 1,5-krotność ciśnienia projektowego.



Rys. 1. Zdjęcia VT uszkodzonego laminatu

INNE BADANIA NIENISZCZĄCE

Badania ultradźwiękowe

Badania ultradźwiękowe przeprowadzane są metodą impuls-echo (PE) lub przy zastosowaniu dwóch przetworników i płaskiej impedancji (IPM).

Badania ultradźwiękowe pozwalają wykryć następujące podstawowe niezgodności laminatu:

- obszary bez żywicy,
- delaminacje i puste przestrzenie,
- odchyłki grubości ścianki powyżej 20%.

Zalecana częstotliwość przy badaniach ultradźwiękowych powinna wynosić od 0,25 MHz do 2,25 MHz przy grubościach rur od 8 mm do 25 mm.

W celu zwiększenia czasu pomiędzy odbitymi sygnałami stosuje się transmisję przez zalane rurociągi przy sygnale wracającym od przeciwnej ścianki rur oraz odpowiednie dla rur GRP wzorce (np. polimetakrylan metylu).

Badania radiograficzne

Badania radiograficzne pozwalają wykryć następujące podstawowe niezgodności laminatu:

- obszary bez żywicy oraz nadmiar żywicy,
- delaminacje i puste przestrzenie,
- odchyłki grubości ścianki powyżej 20%,
- brak współosiowości,
- niewłaściwe wprowadzenie rur do kielichów.

Zalecane napięcia przy badaniach radiograficznych powinny wynosić od 10 keV do 50 keV.

Celem wzmocnienia kontrastu stosowane jest dodawanie do żywic pierwiastków ciężkich ZnI_2 , $BaSO_4$, PbO i W (udział masowy do 5%).

Badania emisją akustyczną

Badania emisją akustyczną pozwalają wykryć następujące podstawowe niezgodności laminatu:

- brak integralności rurociągu,
- wzrost pęknięć,
- pęknięcia wzmocnień szklanych,
- nieodpowiednie utwardzenie żywic,
- wycieki.

Badanie wymaga, aby rurociąg znajdował się pod obciążeniem, aż do maksymalnego obciążenia projektowego. Wykrywane są tylko wzrost lub propagacja uszkodzeń.

Różnicowa kalorymetria skaningowa (DSC)

Badanie DSC pozwala wykryć nieodpowiednie przygotowanie i utwardzenie żywic.

Do pomiaru temperatury zeszklenia T_g i innych pomiarów zmian ciepłych konieczne jest odcięcie małych próbek laminatu.

Pomiar twardości Barcola

Badanie twardości Barcola pozwala wykryć nieodpowiednie przygotowanie i utwardzenie żywic rur oraz połączeń laminatów.

Badanie należy przeprowadzić w oparciu o specyfikację ASTM D2583 oraz zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 14692-2, pkt. 7.2.5.

Bardzo częstym przypadkiem jest określanie przez inwestora minimalnej wartości twardości Barcola (np. 90% twardości żywicy).

Badanie termograficzne

Metoda polega na podgrzaniu powierzchni laminatu silnym impulsem ciepła i obserwowaniu zmian rozkładu temperatury za pomocą kamery termowizyjnej.

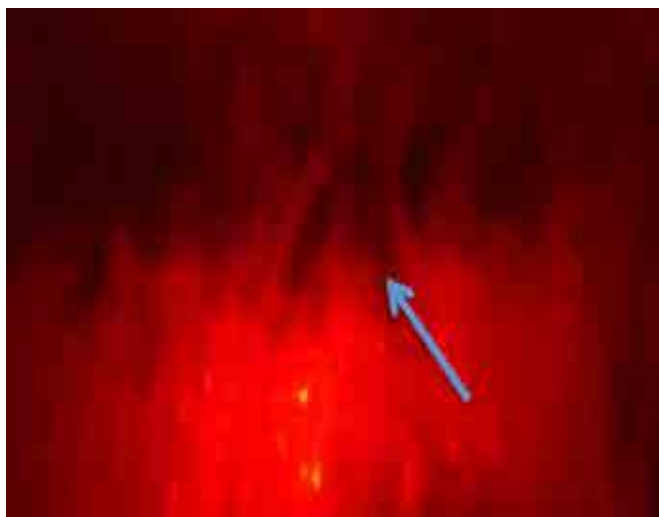
Badanie termograficzne pozwala wykryć następujące podstawowe niezgodności laminatu:

- narastanie osadów,
- odchyłki grubości ścianek,
- brak żywic.

Metoda posiada ograniczenia związane z badaniem laminatów o grubości powyżej 10 mm.



Rys. 2. Zdjęcie bez wykorzystania termowizji



Rys. 3. Zdjęcie z wykorzystaniem kamery termowizyjnej

Badanie mikrofalami

Badanie mikrofalami pozwala wykryć następujące podstawowe niezgodności:

- uszkodzenia spowodowane uderzeniami,
- uszkodzenia powierzchni wewnętrznej,
- delaminacje,
- wady połączeń laminatów.

Metoda stosowana jest do badań materiałów dielektrycznych. Możliwe jest badanie laminatu o dużych grubościach. Istotne jest także to, że powierzchnia rurociągu nie musi być gładka.

Badanie interferencji światła laserowego – szerografia

Badanie pozwala wykryć następujące podstawowe niezgodności:

- uszkodzenia spowodowane uderzeniami,
- uszkodzenia powierzchni wewnętrznej,
- delaminacje,
- wady połączeń laminatów.

Metoda pozwala na szybkie bezkontaktowe badanie przy zastosowaniu skanerów laserowych i komputerów. Możliwe jest także mapowanie naprężeń powierzchni laminatu.

Badanie akustyczno-ultradźwiękowe

Badanie pozwala wykryć następujące podstawowe niezgodności:

- uszkodzenia spowodowane uderzeniami,
- zmęczenie materiału,
- wady połączeń laminatów.

Metoda jest kombinacją badania emisją akustyczną i badania ultradźwiękowego przy wykorzystaniu techniki „A-scan” i „C-scan”.

Badanie akustyczne „Tap testing”

Metoda polega na uderzeniu narzędziem w rurociąg z niewielką energią oraz badaniu i analizowaniu odpowiedzi rurociągu. Możliwe jest badanie ręczne (np. młotkiem) lub mechaniczne.

Badanie pozwala wykryć następujące podstawowe niezgodności:

- uszkodzenia spowodowane uderzeniami,
- wady połączeń laminatów.

Metoda posiada ograniczenia związane z badaniem grubszych laminatów.

Badanie prędkości fal ultradźwiękowych

Metoda polega na pomiarze prędkości fal ultradźwiękowych w materiale rur i kształtek rurociągu.

Badanie pozwala wykryć następujące podstawowe niezgodności:

- zmiana sztywności osiowej rurociągu,
- zmęczenie materiału i uszkodzenia w wyniku pełzania materiału.

Badanie przeprowadza się głowicami kątowymi. Analizowane są obciążenia, naciski i sztywność osiowa rurociągu. W wyniku przeprowadzonych badań otrzymuje się matrycę uszkodzeń rurociągu.

UWAGA!

Rurociągi z tworzyw sztucznych wzmocnionych włóknem szklanym (GRP) mogą wymagać także uwzględnienia wymagań Dyrektywy ciśnieniowej 2014/68/UE (PED) oraz innych dyrektyw, np. Dyrektywy 2014/34/UE (ATEX) określającej wymagania dla urządzeń i systemów ochrony przeznaczonych do użytku w atmosferze potencjalnie wybuchowej.

