

Spawanie zbiornika bezciśnieniowego do magazynowania oleju opałowego

Welding of non-pressure vessel for heating oil storage

Streszczenie

Montaż i spawanie zbiornika bezciśnieniowego o pojemności użytkowej $V = 250 \text{ m}^3$ przeznaczonego do magazynowania oleju opałowego. Omówiono budowę zbiornika, materiały podstawowe i dodatkowe do spawania, kwalifikacje spawaczy, badania nieniszczące złączy spawanych oraz wymagania odbiorowe. Przedstawiono badania szczelności poszczególnych elementów zbiornika oraz próbę wodną wytrzymałościową.

Abstract

There were the Assembly and welding of non-pressure vessel presented. The useful capacity of the vessel is $V = 250 \text{ m}^3$. The construction of the vessel, parent and auxiliary materials, welders' qualifications, non-destructive testing of welded joints and acceptance criteria were described. Leak testing of particular vessel elements and hydraulic testing were discussed.

Wstęp

Przedstawiono podstawowe warunki procesu wytwarzania zbiornika bezciśnieniowego o pojemności użytkowej $V = 250 \text{ m}^3$ przeznaczonego do magazynowania oleju opałowego. Wymagania dotyczące budowy zbiornika przedstawiono w [1÷16].

Dane techniczne zbiornika

Zbiornik ma kształt cylindryczny o średnicy wewnętrznej $d_w = 6,8 \text{ m}$ i wysokości całkowitej $h_c = 7,44 \text{ m}$ w układzie pionowym z dachem stożkowym pokrytym blachą stalową.

Zbiornik wyposażono w następujący osprzęt: układ hermetyzacji zbiornika, urządzenie pomiarowe, włazy na powierzchni dachu, właz dolny, króćce, termometr, węzownicę grzewczą, instalację przeciwpożarową i instalację zraszającą.

Charakterystyka techniczna zbiornika

- | | |
|----------------------------|------------------------|
| – Czynnik | – olej opałowy |
| – Gęstość czynnika | – 860 kg/m^3 |
| – Temperatura obliczeniowa | – 50°C |

Dr hab. inż. Jacek Słania, prof. PCz – Politechnika Częstochowska, **mgr inż. Maciej Balcerzak** – Urząd Dozoru Technicznego Oddział w Łodzi.

- | | |
|-----------------------|---------------------------|
| – Temperatura robocza | – 30°C |
| – Pojemność całkowita | – $246,95 \text{ m}^3$ |
| – Pojemność użytkowa | – $217,77 \text{ m}^3$ |
| – Ciśnienie robocze | – hydrostatyczne |
| – Średnica zewnętrzna | – $d_z = 6,81 \text{ m}$ |
| – Wysokość | – $H = 9\,249 \text{ mm}$ |

Obliczenia

Obliczenia zbiornika wykonano wg wytycznych PN-B-03210 Zbiorniki walcowe pionowe na ciecz.

Obciążenia

- Medium – olej opałowy
- Ciężar właściwy konstrukcji
- Obciążenie śniegiem
- Obciążenie wiatrem
- Obciążenie zmienne – schody prowadzące na pomosty, na których przebywają pojedyncze osoby
- Obciążenia od osprzętu przyjęto w sposób uproszczony przez zaokrąglenie wartości
- Nie uwzględnia się obciążenia pyłami przemysłowymi

Materiał podstawowy

Zastosowano stal niskostopową konstrukcyjną o zwiększonej odporności na korozję atmosferyczną, tj. 10HA o wytrzymałości obliczeniowej $f_d = 290 \text{ MPa}$ i granicy plastyczności $R_e = 345 \text{ MPa}$.

Naddatki grubości na korozję

Naddatek na korozję przyjęto w wysokości 2 mm, przy założeniu, że w zbiorniku przechowywany będzie olej opałowy, nieagresywny dla stali. Przyjęto średni roczny postęp korozji 0,04 mm, a okres eksploatacji 50 lat – $0,04 \text{ mm} \times 50 = 2,00 \text{ mm}$.

Zbiornik dodatkowo od wewnątrz zabezpieczono antykorozyjnie laminatem z antyelektrostatycznego tworzywa epoksydowego Fundix 128 AST.

Podstawowe elementy zbiornika

Stały dach zbiornika zaprojektowano jako stożkowy, konstrukcję nośną dachu stanowi 8 dźwigarów IPE100 podpartych na obwodzie płaszczu, wzmocnionych ceownikiem usztywniającym i w środkowej części połączonych z pierścieniem dachowym średnicy 508 mm i grubości ścianki 7 mm, spoiną obwodową o grubości 3 mm. Konstrukcję usztywniającą stanowi 16 płatwi dachowych IPE80, połączonych z dźwigarem dachowym dwiema śrubami M10x30 klasy 4,8, oraz stężenie dachowe zewnętrzne z C35 oraz wewnętrzne z L40x5, stężenia połączone z dźwigarem śrubą M10x30 klasy 4,8. Blachy pokrycia dachowego grubości 5 mm spawane są ze sobą jednostronną spoiną pachwinową grubości 3 mm i w taki sam sposób połączone z pierścieniem usztywniającym. Nie spawa się blach pokrycia do elementów nośnych konstrukcji dachowej, umożliwiła to przekazanie na elementy nośne dachu obciążeń skierowanych ku dołowi, ponadto w przypadku awaryjnego wybuchu w zbiorniku mieszanki parowo-powietrznej blachy pokrycia powinny łatwo ulec rozerwaniu, ograniczając rozmiar uszkodzeń.

Płaszcz wykonany jest z pięciu współśrodkowych pierścieni o grubości 5 mm (tabl.). Kolejne pierścienie, zaczynając od dołu, zaprojektowano o szerokościach: 1400; 1350; 1350; 1350 i 1350 mm. Poszczególne pierścienie są łączone ze sobą za pomocą spoin czołowych 1/2V. Każdy pierścień składa się z dwóch blach powtarzalnych i jednej zamykającej.

Pionowe styki w sąsiednich pierścieniach przesunięte między sobą o 500 mm, w celu uniknięcia spoiny pionowej przechodzącej wzdłuż całej wysokości zbiornika. Ostatni pierścień płaszczu należy usztywniony ceownikiem 65 połączonym z płaszczem spoiną pachwinową 3 mm.

Tablica I. Zestawienie pierścieni płaszczu
Table I. Set of jacket rings

Numer pierścienia	Grubość pierścienia mm	Szerokość pierścienia mm	Arkusze powtarzalne mm	Arkusz zamykający mm
1	5	1400	2x8000	1x5400
2	5	1350	2x8000	1x5400
3	5	1350	2x8000	1x5400
4	5	1350	2x8000	1x5400
5	5	1350	2x8000	1x5400

Dno zbiornika składa się z pierścienia obrzeżnego o grubości 8 mm i szerokości minimalnej 500 mm oraz środkowej o grubości 7 mm. Dno, tak jak cały zbiornik wykonano ze stali 10HA. Pierścień obrzeżny stanowi 18 segmentów wyciętych z blachy o wymiarach 2000x1000 mm i 2 segmenty wycięte z blachy o wymiarach 1500x1000 mm. Środek dna stanowią 2 segmenty o wymiarach 3000x1000 mm oraz 1 segment o wymiarach 4000x1000 mm.

Roboty montażowe podczas wznoszenia obiektu

Roboty te obejmowały: montaż dna, montaż płaszczu, montaż dachu stałego, montaż schodów i poręczy oraz montaż wyposażenia technologicznego.

Montaż dna

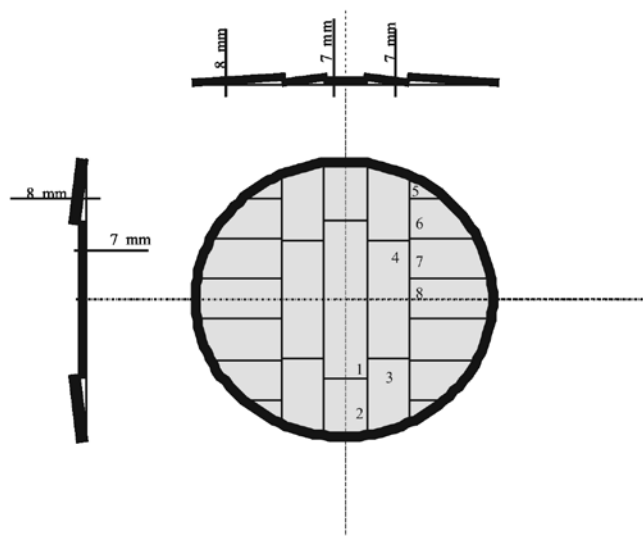
Grubość blach dna zbiornika przyjęto zgodnie z tablicami: 5 i 6 normy PN-B-03210.

Dla średnicy wewnętrznej zbiornika $\leq 12,5 \text{ m}$ minimalna grubość blach dna wynosi 5 mm, przyjęto $t_{b2} = 7 \text{ mm}$ ze względu na możliwość wystąpienia korozji.

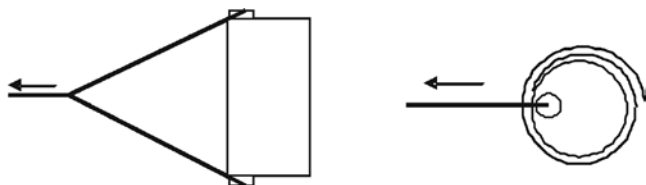
Zgodnie z tablicą 6 normy minimalna grubość pasa płaszczu łączonego z dnem wynosi 6 mm, przyjęto $t_{b1} = 8 \text{ mm}$ ze względu na możliwość wystąpienia korozji.

Szerokość blach pierścienia obrzeżnego przyjęto na podstawie tablicy 7 ww. normy, dla średnicy zbiornika $\leq 12,5 \text{ m}$, szerokość blach wynosi $t_p = 500 \text{ mm}$. Montaż dna zbiornika przedstawiono na rysunku 1.

Dostarczone na plac budowy dno o średnicy rozwinięcia 7,1 m, nawinięte jest na rulon średnicy 2,6 m. Przed przystąpieniem do montażu należy odpowiednio zabezpieczyć podłoże substancją antykorozyjną. Do montażu należy użyć żurawia samochodowego i ciągnika kołowego.



Rys. 1. Montaż dna zbiornika
Fig. 1. Assembly of vessel bottom



Rys. 2. Rozwijanie rulonów blach
Fig. 2. Sheet rolls unrolling

Kolejność czynności przy montażu metodą rulonową:

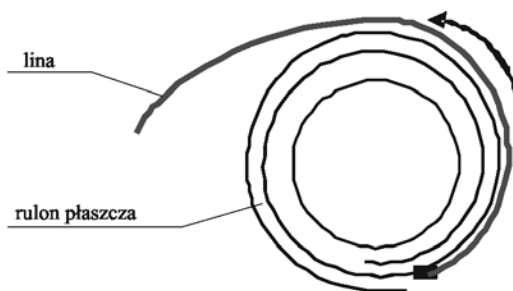
- Wytyczenie osi podłużnych i poprzecznych dna.
- Rulon przy użyciu żurawia należy ułożyć na podłożu – rulon ustawia się prostopadle do osi króćców produktowych.
- Rulon należy opleść liną stalową, zabezpieczającą proces rozwijania. Następnie należy przeciąć płaskowniki szczipne.
- Rozwinięcie rulonowego dna na podłożu przy równoczesnym malowaniu od strony podłoża dwoma warstwami lakieru bitumicznego 70-08-31. Rulony należy rozwijać przy użyciu lin stalowych zaczepionych o boki bębna w ten sposób, że pociągane tworzą moment obrotu, rozwijając nawinięte dno. Rozwijanie blach zbiornika przedstawiono na rysunku 2.
- Kiedy dno znajduje się we właściwym miejscu, należy zabezpieczyć krawędzie przed przesuwaniem przy użyciu kątowników wbijanych w podłoże.
- Wyprostowanie płaszczyzny dna przez usunięcie sfaldowań, pochodzących z odkształcenia blach nawiniętych na bęben, za pomocą ciągnika o kołach gumowych. Należy kontrolować położenie dna, w razie potrzeby ponownie przesunąć je w miejsce położenia.

Montaż płaszcza

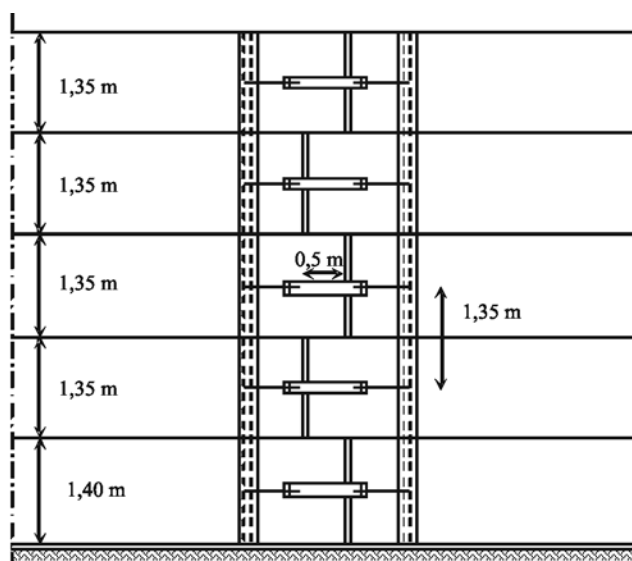
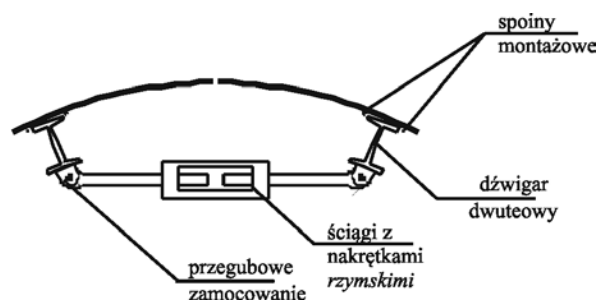
Płaszcz zbiornika zwinięty w dwa rulony, dostarczony na plac budowy, łączna długość prefabrykatu 21,363 m, grubość blach płaszcza 5 mm. W płaszczu znajdują się otwory na wąż i króćce produktowe. Na dnie należy wytrasować położenie płaszcza, przez przyspawanie do dna kątowników oporowych. Pierwszy rulon ustawia się na dnie przy użyciu żurawia samochodowego. W celu zmniejszenia tarcia rulonu o dno zbiornika należy ustawić go na tacy poślizgowej, pod którą znajduje się warstwa gęstego smaru. Należy usztywnić swobodną krawędź przez przyspawanie na całej wysokości pobocznic dźwigara dwuteowego IPE120, który zostaje roztroczony odciegami. Rulon należy opleść liną stalową, zabezpieczającą proces rozwijania. Następnie należy przeciąć płaskowniki szczipne. Do rozwijania rulonu wykorzystać ciągnik kołowy z liną przyczepioną do rulonu za pośrednictwem specjalnego uchwyty przyspawanego do blach (w miarę postępu robót jest odcinany i przyspawany w nowe położenie).

Rozwijanie rulonów płaszcza zbiornika przedstawiono na rysunku 3.

Końcowa krawędź pierwszego rulonu pobocznicy zostaje usztywniona rozprężonym odciegami dźwigarem dwuteowym. Kolejny rulon montujemy, postępując według tego samego schematu. Dwuteowniki należy połączyć ze sobą ściągami z nakrętkami rzymskimi. Zamknięcia krawędzi pobocznicy zbiornika dokonuje się przez zespawanie spoinami czołowymi (pionowymi spawanie od dołu do góry i poziomymi) typu 1/2V. Spoiny należy wykonać elektrodą EB150. Po zmontowaniu płaszcza należy przyspawać do górnej krawędzi płaszcza ceownik usztywniający, spoiną pachwinową o grubości 5 mm elektrodą EB150. Montaż płaszcza zbiornika przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 3. Rozwijanie rulonów płaszcza zbiornika
Fig. 3. Unrolling of vessel jacket rolls



Rys. 4. Montaż płaszcza zbiornika
Fig. 4. Assembly of vessel jacket

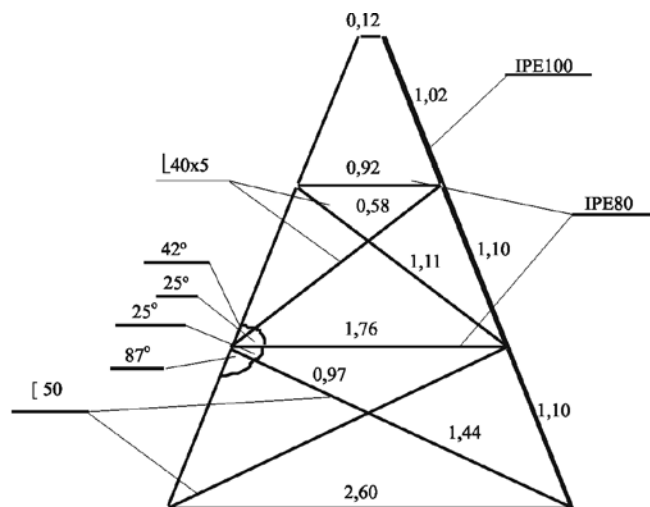
Montaż dachu stałego

Montaż dachu należy wykonać na poziomie terenu w sąsiedztwie pobocznic i w formie gotowej umieścić na górnej krawędzi płaszcza. Do ustawionego na wysokości 520 mm pierścienia dachowego z przyspawanymi blachami zamykającymi od dołu i góry należy przyspawać promieniowo dźwigary dachowe, zaprojektowane jako IPE 100, spoiną obwodową grubości 2,5 mm, elektrodą EB150. Osie dźwigarów oddalone są od siebie na obwodzie pierścienia co 0,399 m. Usztywnienie konstrukcji dachowej stanowią płatwie i stężenie dachowe. Płatwie IPE 80, połączone z dźwigarem zakładkowo (przez żebra usztywniające) na dwie śruby M10 x 30 klasy 4.8, otwór okrągły $d_o = 11$ mm na śrubę średnio dokładną.

Kategoria połączenia A. Stężenie stanowią ceowniki C50 oraz kątowniki L40x5, połączone je z dźwigarem zakładkowo na śrubę M10 x 30 klasy 4,8 o $S_{RV} = 14,8$ kN, otwór okrągły $d_o = 11$ mm na śrubę średnio dokładną.

Kategoria połączenia A. Montaż dachu stałego przedstawiono na rysunku 5.

Poszycie dachu stałego dostarczane jest na plac budowy w formie rulonu stożkowego (znajdują się w nim otwory na właz dachowy i instalacje hermetyzacji). Rulon jest rozwijany na poziomie terenu, po rozwinięciu należy zespawać krawędzie końcowe spoiną 1/2V. Poszycie dospawane jest do blachy górnej pierścienia dachowego, nie należy spawać blach poszycia do dźwigarów dachowych. Po zmontowaniu konstrukcji dachu stałego dach zostaje umieszczony na górnej krawędzi płaszcza, dźwigary dachowe opierają się na pierścieniu usztywniającym płaszcza. Pod każdym dźwigarem należy umieścić element dystansowy. Dźwigar dachowy należy przyspawać do pierścienia usztywniającego płaszcza spoiną pachwinową. Całość połączenia musi być zabezpieczona pierścieniem podtrzymującym przyspawanym do ceownika usztywniającego i poszycia dachu stałego.



Rys. 5. Montaż dachu stałego
Fig. 5. Assembly of stable roof

Wymagania techniczne wykonania i odbioru (WTWiO)

Materiały podstawowe

Na elementy zbiornika stosowane są materiały wymienione dotychczas przy omawianiu montażu poszczególnych części zbiornika. Materiały na elementy konstrukcji i elementy mocujące muszą posiadać świadectwo odbioru 3.1 wg EN-10204.

Do spawania elementów zbiornika i elementów mocujących użyto metody ręcznego spawania łukowego elektrodą topliwą 111. Jako materiału dodatkowego użyto elektrody zasadowej EB150, grubo otulonej, przeznaczonej do spawania konstrukcji o podwyższonej wytrzymałości. Prąd spawania stały, biegunowość dodatnia.

Kwalifikacje spawaczy

Złącza spawane urządzeń bezciśnieniowych na materiały łatwopalne i wybuchowe mogą wykonywać spawacze posiadający uprawnienia UDT w danym zakresie grubości, grupy materiałów, metody i pozycji spawania zgodnie z PN-EN 287-1. Wymagania te obowiązują również przy wykonywaniu spoin szczepnych.

Przygotowanie do spawania

Elementy użyte do spawania powinny być zgodne z dokumentacją konstrukcyjną. Mogą być cięte mechanicznie na nożycach gilotynowych lub termicznie. Po cięciu termicznym krawędzie należy oszlifować w celu usunięcia warstwy tlenków i zgorzeliny na głębokość nie mniejszą niż 1 mm. Z powierzchni brzegów przewidzianych do spawania należy usunąć zanieczyszczenia i oczyścić je do połysku metalicznego na szerokości ok. 20 mm. Brzegi do spawania powinny być przygotowane zgodnie z odpowiednimi kartami technologicznymi spawania i spełniać wymagania rozdział 7 normy PN-B/03210.

Sczepianie i spawanie

Przesunięcie krawędzi w złączach wzdłużnych nie powinno przekraczać 10% grubości blachy, a w złączach obwodowych 15% grubości blachy, zgodnie z normą PN-EN ISO 5817. Spoiny wzdłużne poszczególnych elementów nie powinny znajdować się na jednej tworzącej, lecz powinny być przesunięte zgodnie z dokumentacją. Spoiny szczepne powinny być wykonywane w tych samych warunkach co spoina właściwa i powtórnie przetopiona podczas spawania oraz w miarę możliwości powinien je wykonać ten sam

spawacz. Odległość brzegu spoiny złącza doczołowego od brzegu spoiny złącza kąтового przyspawanych elementów nie powinna być mniejsza niż 10 mm i nie mniejsza niż grubość materiału. Krzyżowanie złączy kątowych z doczołowymi dopuszcza się tylko w przypadku złączy doczołowych obwodowych.

Spawanie

Złącza spawane powinny być wykonane zgodnie z technologią i Instrukcjami Technologicznymi Spawania WPS. Spawanie może być wykonywane wyłącznie przez spawaczy posiadających odpowiednie uprawnienia. W celu uniknięcia kraterów na początku i na końcu spoiny wzdłużnej należy stosować płytki wybiegowe, które po spawaniu należy odciąć. Zajarzenie łuku może odbywać się tylko w miejscu układania spoiny. Wszystkie spoiny pachwinowe wewnętrzne powinny być wykonane z licem wklęsłym jako spoiny gazoszczelne.

Badania wizualne

Badaniom wizualnym poddaje się wszystkie złącza spawane, w miarę możliwości dwustronnie wg normy PN-EN ISO 17637. Dla połączeń ważnych przyjmuje się poziom jakości złączy B, dla pozostałych poziom jakości C zgodnie z PN-EN ISO 5817.

Pozostałe badania nieniszczące

Zakres badań dla zbiorników oleju opałowego wg tabl. 14 normy PN-B-03210: 100% miejsc krzyżowania się spoin, 20% spoin wzdłużnych i spoin den, 5% spoin obwodowych. Badania PT i MT dla złączy kątowych powinny obejmować 10% długości spoin. Badania radiograficzne RT należy prowadzić wg PN-EN 1435 – klasa A, poziom akceptacji 2 wykonywać wg PN-EN 12517-1. Badania penetracyjne PT należy wg PN-EN 571-1, poziom akceptacji 2x wg PN-EN ISO 23277. Badanie magnetyczno-proszkowe (MT) polega na ocenie zgodności z PN-EN ISO 17638, poziom akceptacji 2x wg PN-EN ISO 23278.

Poprawki spoin

Wadliwe odcinki spoin należy wyciąć mechanicznie i ponownie spawać. Poprawione spoiny podlegają 100% kontroli radiograficznej.

Odbiór zbiornika

Kontrola jakości przygotowuje następujące dokumenty:

- poświadczenie wykonania i zbadania zbiornika,
- wykaz materiałów użytych do produkcji z wyszczególnieniem atestów,

- świadectwa materiałowe,
- kopie protokołów z wykonanych badań,
- karty odstępstw od dokumentacji,
- protokół z przeprowadzonych prób wytrzymałościowych.

Próby szczelności i wytrzymałości

Szczelność zbiornika

Badaniom szczelności podlegają zbiorniki bez względu na sposób ich zainstalowania, przy przekazaniu ich do eksploatacji i po każdym remoncie lub naprawie. Zbiorniki przeznaczone do magazynowania produktów naftowych podlegają okresowym badaniom szczelności ustalonym w oparciu o aktualny stan wiedzy technicznej i w terminach do 30 lat eksploatacji – badanie co 10 lat oraz po upływie 30 lat eksploatacji – badanie co 6 lat.

Próba szczelności dna

Badanie spoin dna zbiornika należy wykonać metodą chemiczną. Polega ona na wytworzeniu pod uszczelnionym plastyczną gumą dnem środowiska gazowego (1÷3 % amoniaku) i obserwacji spoin od strony wewnętrznej zbiornika. Mieszanekę powietrza i amoniaku należy włączyć pod dno rurkami o średnicy 25 mm i długości ok. 2 m. Wewnątrz zbiornika spoiny należy pokryć wodno-spirytusowym roztworem fenoloftaleiny. O nieszczelności dna świadczą czerwone lub czerwono-fioletowe plamy; w przypadku wystąpienia takich plam spoiny należy wymienić, a badanie powtórzyć.

Badanie szczelności spoin kredą i naftą

Wszystkie spoiny należy oczyścić do metalicznego połysku, zmyć ciepłą wodą i wytrzeć do sucha. Spoiny od strony wewnętrznej zbiornika należy pokryć naftą. Nafta penetruje poprzez nieszczelności na naniesionej po przeciwnej stronie złączy kredzie, w przypadku nieszczelności pojawią się tłuste plamy. Próba trwa 24 h, spoiny pokrywa się naftą co najmniej 4 razy co 6 h. Rezultat próby można uznać za pozytywny, jeśli po upływie określonego czasu na powierzchni kredy nie pojawią się ciemne plamy, w przeciwnym przypadku spoinę należy wyciąć, położyć nową i powtórzyć badanie. Powyższą metodą należy sprawdzić szczelność płaszcza i dachu.

Sprawdzenie szczelności dachu stałego

Badanie szczelności dachu stałego wykonuje się po wypełnieniu go badanym materiałem. Metoda polega na zainstalowaniu manometru cieczowego

U-rurki wypełnionej wodą przy zaworze oddechowym – jeśli słup cieczy w manometrze cieczowym w czasie próby nie ulega zmianie, będzie to oznaką szczelności dachu i części płaszczu ponad lustrem cieczy. Nieszczelności można zlikwidować, stosując dwukomponentową masę Chester Metal Super.

Sprawdzenie szczelności metodą *Tracera*

Metoda ta daje możliwość sprawdzenia szczelności zbiornika bez konieczności wypompowania z niego badanego czynnika. Polega na wprowadzeniu do zbiornika niewielkiej ilości lotnego wskaźnika *Tracera*. Wskaźnik po wymieszaniu z cieczą i strefą gazową penetruje w miejsca nieszczelne. Stwierdzone lżawienia na płaszczu i dachu zbiornika można zlikwidować, stosując Chester Metal Super. Przy nieszczelnym dnie zbiornika wskaźnik przedostaje się do gleby, gdzie za pomocą sond pobiera próbki gazu glebowego. Wyniki analizy próbek dają dokładną

informacje na temat ewentualnego przecieku. Metoda *Tracera* jest bardzo skuteczną metodą, niestety bardzo kosztowną.

Wodna próba wytrzymałościowa

Wodną próbę wytrzymałości zbiornika wykonuje się po całkowitym zakończeniu montażu oraz po wykonaniu wymaganych prób szczelności (dobowa temperatura otoczenia podczas próby 4°C). Próbę przeprowadza się, wypełniając zbiornik całkowicie wodą i pozostawiając na 72 h, licząc od chwili całkowitego napełnienia. W przypadku stwierdzenia przecieków przez spoiny na płaszczu należy je wymienić. Jeżeli nie zauważono przecieków przez spoiny, a zaobserwowano obniżenie poziomu wody, to wiadomo, że nieszczelne jest dno. Należy wówczas usunąć wodę ze zbiornika i dokonać ponownego badania dna metodą chemiczną. Podczas trwania próby wodnej należy prowadzić pomiary osiadania fundamentu.

Literatura

- [1] PN-B-03210: Konstrukcje stalowe. Zbiorniki walcowe pionowe na ciecz. Projektowanie i wykonywanie.
- [2] PN-B-06200: Konstrukcje stalowe budowlane. Warunki wykonania i odbioru. Wymagania podstawowe.
- [3] PN-84/B-06210: Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- [4] PN-C-96024: Przetwory naftowe. Oleje opałowe.
- [5] PN-82/H-84017: Stal niskostopowa konstrukcyjna trudnordzewiejąca. Gatunki.
- [6] Dziennik Ustaw Nr 113: Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dn. 18.09.2001 r. w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego, jakim powinny odpowiadać zbiorniki ciśnieniowe i niskociśnieniowe przeznaczone do magazynowania materiałów ciekłych zapalnych.
- [7] EN-10204: Wyroby metalowe – Rodzaje dokumentów kontroli.
- [8] PN-EN 287-1: Egzamin kwalifikacyjny spawaczy - Spawanie – Część 1: Stale.
- [9] PN-EN ISO 5817: Spawanie – Złącza spawane ze stali, niklu, tytanu i ich stopów (z wyjątkiem spawanych wiązką), Poziomy jakości według niezgodności spawalniczych.
- [10] PN-EN ISO 2560: Materiały dodatkowe do spawania – Elektrody otulone do ręcznego spawania łukowego elektrodą metalową stali niestopowych i drobnoziarnistych – Klasyfikacja.
- [11] PN-EN 1330-3: Badania nieniszczące – Terminologia – Terminy stosowane w radiograficznych badaniach przemysłowych.
- [12] PN-EN 1435: Badania nieniszczące złączy spawanych – Badania radiograficzne złączy spawanych.
- [13] PN-EN 12517 – 1: Badania nieniszczące spoin – Część 1: Ocena złączy spawanych ze stali, niklu, tytanu i ich stopów na podstawie radiografii – Poziomy akceptacji.
- [14] PN-EN 6520 – 1: Spawanie i procesy pokrewne – Klasyfikacja geometrycznych niezgodności spawalniczych w metalach – Część 1: Spawanie.
- [15] PN-EN 15607: Specyfikacja i kwalifikowanie technologii spawania metali – Zasady ogólne.
- [16] PN-EN 571 – 1: Badania nieniszczące – Badania penetracyjne – Zasady ogólne.

W następnym numerze

Tadeusz Piątkowski, Andrzej Marmołowski

Wpływ argonu i helu na geometrię wtopienia w procesie spawania metodą TIG stali nierdzewnej w przemyśle okrętowym

Dariusz Fydrych, Grzegorz Rogalski, Arkadiusz Kunowski, Dariusz Miś

Zastosowanie izolacji cieplnej przy wykonywaniu złączy w warunkach spawania izobarycznego

Grzegorz Rogalski

Wpływ niezgodności spawalniczych na właściwości mechaniczne złączy spawanych pod wodą metodą moką

Michał Szymczak

Korozja i metody zabezpieczeń antykorozyjnych w konstrukcjach okrętowych