

Stalowe zbiorniki walcowe pionowe – metody ich montażu stosowane w Polsce od drugiej połowy XX wieku

Zbiorniki na paliwa płynne od początku, gdy zaistniało zapotrzebowanie na tego rodzaju obiekty (druga połowa XIX wieku), były projektowane w kształcie pionowego walca, najpierw jako nitowane, a następnie spawane. Dna zbiorników były płaskie, a dachy stałe – w kształcie stożka lub kopulaste. Od około połowy XX wieku wprowadzono także dachy płuwające na powierzchni magazynowanego w zbiorniku paliwa. Głównym celem ich wprowadzenia było niemal całkowite ograniczenie strat w wyniku parowania najsłabszych frakcji magazynowanego paliwa, ale osiągnięto także drugi ważny efekt – możliwość budowania zbiorników o bardzo dużej średnicy płaszczka dzięki wyeliminowaniu sił rozporu przekazywanych na górną krawędź płaszczka przez konstrukcję nośną dachu stałego.

Walcowy kształt płaszczka jest optymalnym rozwiązaniem z punktu widzenia statyki i wytrzymałości płaszczka zbiornika, a ponadto rozwiązaniem najtańszym przy wytwarzaniu prefabrykatów w wytwórni i ich scalaniu na placu budowy.

Stały rozwój zwłaszcza przemysłu petrochemicznego i motoryzacji oraz wymagania Unii Europejskiej, aby kraje członkowskie miały rezerwę paliwa na trzymiesięczne zaspokojenie potrzeb danego kraju, wywołały konieczność budowy nowych zbiorników o coraz większych pojemnościach. Względny te powodowały, że nie szukano nowego rodzaju i kształtu zbiorników, lecz pozostawiając kształt walcowy pionowy, poszukiwano najtańszej metody ich montażu. W latach pięćdziesiątych XX wieku za zbiornik duży uznawano taki, który miał pojemność 5000 m³, czyli średnicę około 25 m i wysokość około 12 m. W latach 1970–1990 granica ta przesuwiała się, aż do pojemności 50 000 m³, a w XXI wieku wybudowano w Polsce zbiorniki o pojemności 100 000 m³. Obecnie można zaproponować podaną w tablicy klasyfikację zbiorników w zależności od ich pojemności. Zbiorniki o pojemności eksploatacyjnej 100 000 m³ mają średnicę około 80÷90 m oraz wysokość 20÷22 m.

Drugi istotny fakt w historii budowy zbiorników na paliwa płynne to wprowadzenie, ze względów ekologicznych, zbiorników z podwójnymi dnami i podwójnymi płaszczkami. To spowodowało wiele zmian w osprzęcie zbiornika, ale

Klasyfikacja zbiorników w zależności od ich pojemności, m³

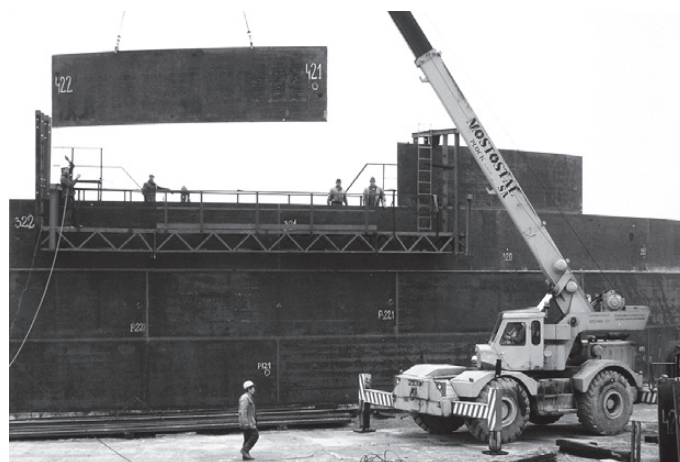
Określenie zbiornika	Granice pojemności	Istniejące pojemności
Zbiorniki o małej pojemności	≤ 2000	100; 200; 250; 300; 500; 1000; 1500; 2000
Zbiorniki o średniej pojemności	$2000 < V < 10\ 000$	2500; 3000; 3200; 5000
Zbiorniki o dużej pojemności	$10\ 000 \leq V < 50\ 000$	10 000; 13 000; 17 800; 20 000; 32 000; 40 000
Zbiorniki o bardzo dużej pojemności	$V \geq 50\ 000$	50 000; 62 500; 75 000; 100 000

niewiele wpłynęło na zmianę technologii montażu jego płaszczka, w szczególności dwóch koncentrycznych płaszczki oddalonych od siebie o około 2,5 m. W okresie ostatnich 70 lat, tj. od końca drugiej wojny światowej do czasów obecnych, biura projektów i specjalistyczne przedsiębiorstwa zajmujące się budową zbiorników w Polsce poszukiwały optymalnej metody montażu stalowych zbiorników walcowych pionowych, zwłaszcza o dużych pojemnościach. Stosowano i oceniano kilka metod, które w praktyce zostały sprawdzone w Polsce w latach 1975–2018 i są opisane m.in. w specjalistycznej monografii [1], a także były omawiane na konferencji „Problemy eksploatacyjne baz magazynowych produktów naftowych” w 2007 r. [2]. W artykule przedstawiono te metody.

Metody montażu stalowych zbiorników walcowych stosowane w Polsce w latach 1945–2018

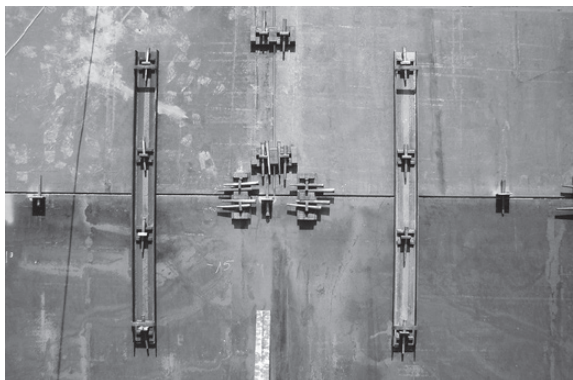
We wszystkich omawianych metodach budowa zbiornika walcowego pionowego rozpoczyna się od scalania i spawania blach obrzeżnego pierścienia dna, które przy średnicy zbiornika ponad 12,5 m mają większą grubość niż zasadniczą część dna. Pierścień ten jest łączony z zasadniczą częścią dna w terminie późniejszym, wynikającym z kolejności robót spawalniczych uwzględniających skurcz poprzecznych i podłużnych styków blach dna.

• **Metoda nadbudowy pierścieni płaszczka.** Płaszczka zbiornika jest tworzona z pojedynczych blach, którym nadano w hucie krzywiznę odpowiadającą średnicy zbiornika (rys. 1). Blachy są łączone między sobą i z wcześniej scalonymi niższymi pierścieniami (cargami) płaszczka „zamykami” montażowymi (rys. 2). Konstrukcja tych zamków zapewnia możliwość regulacji szerokości szczeliny



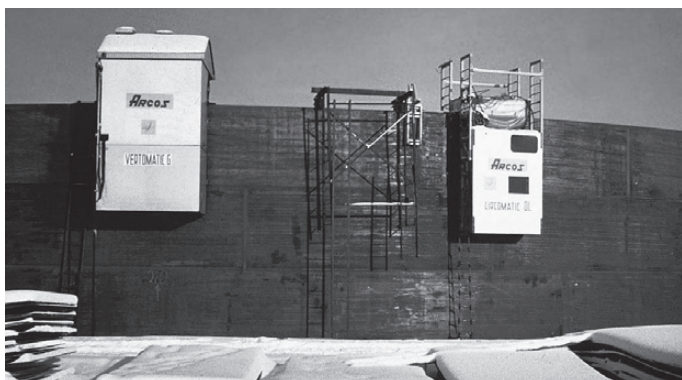
Rys. 1. Scalanie płaszczka zbiornika wznoszonego metodą nadbudowy kolejnych pierścieni

między krawędziami zestawianych blach tak, aby ich rozchylenie zapewniło możliwość prawidłowego przetopu w spoinie. Jest to bardzo istotne w dążeniu do uzyskania wymaganej wysokiej jakości spoin.



Rys. 2. Zamki montażowe do łączenia i regulacji rozstawu krawędzi blach przed spawaniem ich styków

Po scaleniu całego pierścienia blach płaszczu spawa się w nim najpierw wszystkie styki pionowe, gdyż są one w konstrukcji zbiornika wytrzymałościowo ważniejsze niż styki obwodowe. Dopiero potem jest wykonywany styk obwodowy łączący montowany pierścień z pierścieniem znajdującym się niżej. Najczęściej stosuje się spawanie automatyczne ze względu na dużą długość styków. Przykładowo, aby wybudować zbiornik o pojemności 100 000 m³ należy wykonać około 700 m spoin w stykach pionowych i około 2400 m spoin obwodowych, gdy są stosowane blachy o wymiarach 2500×8000 mm bądź około 900 m spoin w stykach pionowych i około 2900 m spoin obwodowych, gdy stosowane są blachy o wymiarach 2000×6000 mm. Możliwość automatycznego spawania jest więc ważną zaletą omawianej metody (rys. 3).



Rys. 3. Automaty do spawania styków blach płaszczu: obwodowych (z lewej strony) i pionowych (z prawej strony)

Montowany płaszcz zbiornika należy zabezpieczyć przed lokalną utratą stateczności blach przy obciążeniu parciem wiatru. Tymi deformacjami jest zagrożona zwłaszcza górna część płaszczu, składająca się z blach cienkich. Trzeba więc ją zabezpieczyć, np. montażowymi pierścieniami usztywniającymi (rys. 4), demontowanymi po połączeniu płaszczu z dachem stałym lub po wykonaniu stężenia wiatrowego w przypadku zbiornika z dachem pływającym. Najwyższą cargę płaszczu zbiornika z dachem pływającym można także montować wraz z przyspawanym do niej na poziomie terenu elementem głównego stężenia wiatrowego (rys. 5a i 5b).



Rys. 4. Pierścień montażowy zabezpieczający płaszcz zbiornika przed deformacjami spowodowanymi parciem wiatru



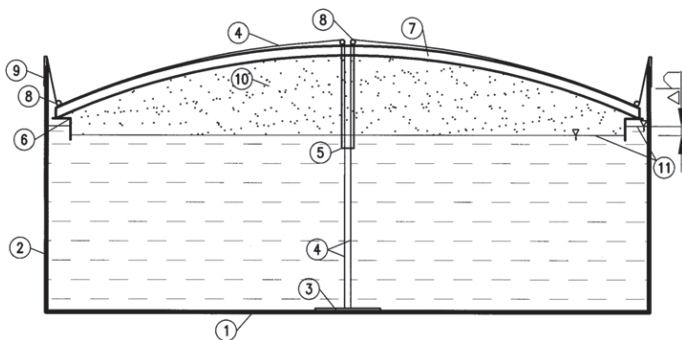
Rys. 5. Montaż najwyższego pierścienia blach płaszczu zbiornika z dachem pływającym wraz z segmentem głównego pierścienia usztywniającego: a) prefabrykacja blach na poziomie terenu, b) podnoszenie ostatniej blachy najwyższej cargi płaszczu zbiornika

Obecnie zazwyczaj unika się scalania i spawania dachu stałego na wysokości, tj. na rusztowaniach. Jeżeli zbiornik ma małą średnicę, to dach nie będzie miał dużej masy i będzie możliwe zmontowanie jego konstrukcji nośnej, a niekiedy także i blach poszycia na poziomie terenu, w sąsiedztwie zbiornika, a następnie podniesienie dźwigiem tego prefabrykatu na górną krawędź płaszczu zbiornika. Na rysunku 6a pokazano montaż dachu wraz z najwyższą cargą płaszczu zbiornika o pojemności 1500 m³. W przypadku zbiorników o większych średnicach, tj. większej masie konstrukcji nośnej dachu, może być podnoszona jedynie konstrukcja nośna stałego dachu zbiornika (rys. 6b).



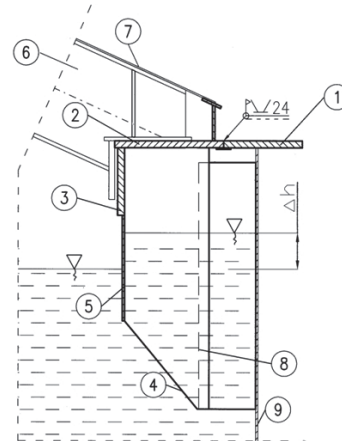
Rys. 6. Montaż dachu stałego scalonego na poziomie terenu: a) scalona konstrukcja nośna i poszycie dachu oraz najwyższa carga płaszcza, b) scalona tylko konstrukcja nośna dachu (ze względu na dużą jej masę i brak dźwigu o dostatecznej nośności)

Innym sposobem pionowego przemieszczenia dachu zbiornika zmontowanego na dnie zbiornika wraz z poszyciem jest podniesienie go na „poduszce hydrauliczno-powietrznej”. Ideę tej metody pokazano na rys. 7. W tym przypadku jest wymagane wprowadzenie zmian w konstrukcji połączenia dachu z płaszczem oraz pierścienia usztywniającego płaszc. Dach jest montowany na dnie zbiornika i dlatego jego średnica musi być mniejsza od średnicy wewnętrznej płaszcza, dodatkowo pomniejszonej o dopuszczalne odchyłki. Dzięki temu nie dojdzie do zakleszczenia dachu w trakcie jego podnoszenia. Pierścień usztywniający płaszc, stanowiący jednocześnie podpar-



Rys. 7. Schemat ideowy podnoszenia dachu zbiornika na „poduszce hydrauliczno-powietrznej”: 1 – dno zbiornika, 2 – płaszc zbiornika, 3 – belka przyspawana do dna, 4 – liny stalowe, 5 – rura przyspawana do zwornika i poszycia dachu, 6 – część wewnętrzną pierścienia usztywniającego płaszc, 7 – dach zbiornika, 8 – krążki z blozka linowego i liny stalowe, 9 – tymczasowy wspornik do mocowania lin, 10 – poduszka powietrzna, 11 – poziom lustra wody

cie konstrukcji nośnej dachu, musi być zaprojektowany i wykonany w dwóch częściach. Część zewnętrzną spawa się do części wewnętrznej dopiero po zakończeniu montażu płaszcza, gdy dach zostanie przemieszczony na „poduszce hydrauliczno-powietrznej” powyżej górnej krawędzi płaszcza w położenie docelowe (rys. 8). Przemieszczanie dachu jest zabezpieczone i kontrolowane za pomocą układu lin stalowych. Liny te są zamocowane do belki przyspawanej do dna zbiornika w jego osi (rys. 9), następnie poprowadzone pionowo w stalowej rurze przyspawanej do zwornika dachu (por. rys. 7) i rozprowadzone promieniście po poszyciu dachu (rys. 10) do jego zewnętrznej krawędzi, a potem pionowo do tymczasowych wsporników umieszczonych na krawędzi płaszcza. Dzięki zastosowa-



Rys. 8. Koncepcja połączenia dachu z płaszczem zbiornika przystosowana do podnoszenia dachu na „poduszce hydrauliczno-powietrznej”: 1 – część zewnętrzna poziomej blachy usztywnienia płaszcza, 2 – część wewnętrzną poziomej blachy usztywnienia płaszcza, 3 – blacha pionowa usztywnienia płaszcza, 4 – żebro spawane przed rozpoczęciem podnoszenia dachu, 5 – przedłużenie pionowej blachy usztywnienia dachu, 6 – więzary dachu, 7 – poszycie dachu, 8 – żebro spawane w końcowej fazie montażu, 9 – płaszc zbiornika



Rys. 9. Zamocowanie do dna zbiornika zespołu lin prowadzących dach podczas podnoszenia



Rys. 10. Liny wyprowadzone na poszycie dachowe przez otwór w zworniku konstrukcji nośnej dachu

niu wymienionej pionowej stalowej rury, wypełnionej częściowo wodą, powietrze znajdujące się między lustrem wody a dolną powierzchnią poszycia dachu nie ma możliwości ujęcia w miejscu przejścia lin przez poszycie dachu. Na krawędzi dachu są zamocowane krążki zbloca linowego do zmiany kierunku prowadzenia lin (rys. 11). Po zmontowaniu konstrukcji nośnej dachu i jego poszycia na poziomie dna rozpoczyna się stopniowe napełnianie zbiornika wodą, w wyniku tego dach jest podnoszony do góry.

Rys. 11. Krążek zbloca linowego na obwodzie dachu zmieniający kierunek przebiegu liny z powierzchni poszycia na wspornik przyspawany na obwodzie płaszczu



Rys. 12. Zbiornik montowany metodą podbudowy pierścieni blach płaszczu przy pionowym podnoszeniu [5]

Wcześniej należy umieścić na dnie zbiornika metalowe pontony, z których będą prowadzone roboty spawalnicze w końcowych etapach budowy, m.in. połączenie blach węzłowych z płaszczem i jego pierścieniem usztywniającym. Etapowe napełnianie zbiornika wodą i podnoszenie dachu prowadzi się równocześnie z montażem kolejnych pierścieni (carg) płaszczu, wykonywanym z poziomu podniesionej konstrukcji dachu. Zaletą tej metody jest równoczesne wykonywanie próby wodnej zbiornika w trakcie jego montażu. Dłuższy okres próby wodnej zbiornika sprzyja stopniowej konsolidacji gruntu i zmniejsza niebezpieczeństwo nierównomiernych osiadań fundamentu. Z uwagi na wypełnienie zbiornika wodą nie ma konieczności stosowania tymczasowych pierścieni zabezpieczających płaszcz przed ewentualnymi porywistymi podmuchami wiatru w trakcie jego montażu. Pewnym utrudnieniem w trakcie robót prowadzonych tą metodą jest konieczność przekładania przewodów elektrycznych, przewodów gazowych i innego osprzętu montażowego układanego nad górną krawędzią płaszczu. Nadciśnienie „poduszki powietrznej” między lustrem wody a poszyciem dachu jest stosunkowo niewielkie; wynosi około kilkanaście centymetrów słupa wody. Kontrola tego nadciśnienia powinna być prowadzona na bieżąco w trakcie podnoszenia dachu. Zmniejszenie wartości tego nadciśnienia może wynikać z nieszczelności poszycia dachu. Dlatego na dachu należy umieścić króciec, do którego będzie podłączona sprężarka powietrza. Dobowe różnice tego nadciśnienia mogą wynikać ze zmiany temperatury otoczenia. W celu zmniejszenia ryzyka związanego z ewentualną nieszczelnością poszycia dachu jest wskazana kontrola jego szczelności po zakończeniu spawania oraz utrzymanie dachu przez kilka godzin na minimalnym poziomie po jego pierwszym uniesieniu na poduszce powietrznej.

• **Metoda podbudowy pierścieni blach płaszczu przy pionowym podnoszeniu.** W tej metodzie dach stały oraz cały płaszcz zbiornika jest montowany niemal na poziomie terenu (rys. 12). Prace rozpoczyna się od montażu i spawania dna. Następnie na obwodzie dna rozmieszcza się równomiernie dźwigniki hydrauliczne, które mogą być obudowane specjalistyczną konstrukcją wsporczą. Liczbę dźwigników określa się, znając ich udźwig z porównania z sumaryczną masą dachu stałego i masą płaszczu o pełnej jego wysokości. Liczba tych dźwigników nie po-

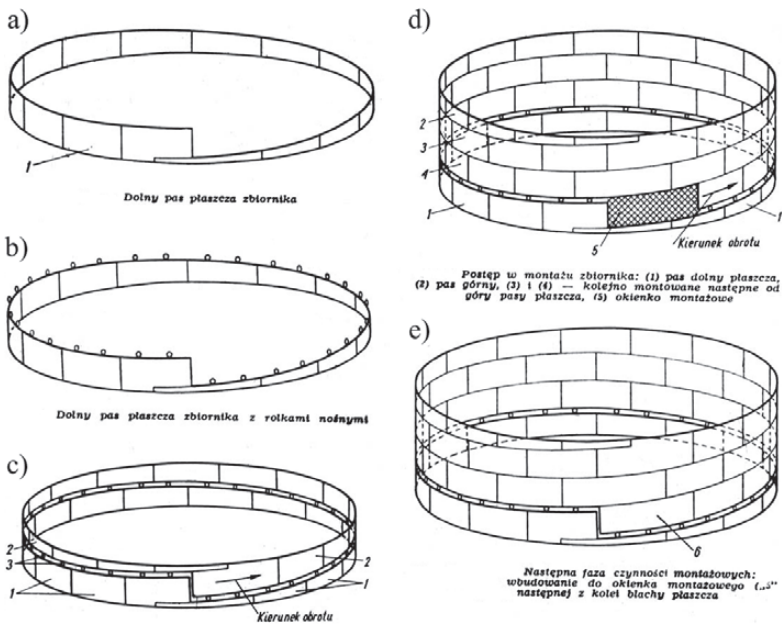
winna jednak być mniejsza niż 8, co zapewnia stabilność konstrukcji nośnej podczas montażu, a więc bezpieczeństwo prac montażowych. Bezpośrednio nad miejscami, w których na płaszcz są przekazywane reakcje w postaci sił skupionych z dźwigników, naprężenia w blachach płaszczu nie mogą osiągnąć wartości, które zagrażają utratą ich lokalnej stateczności. Dźwigniki powinny być uruchamiane jedną pompą tłoczącą olej lub inne medium płynne wywołujące przemieszczanie się tłoków nośnych. Skok tłoka dźwignika powinien odpowiadać pionowemu wymiarowi blach, z których składa się płaszcz zbiornika. W przypadku trudności w uzyskaniu takiego sprzętu stosuje się dźwigniki o mniejszym skoku tłoka i umieszcza się je w słupowych obudowach, tak skonstruowanych, żeby można było podwiesić na obudowach zmontowany element konstrukcji zbiornika. Stwarza się wówczas możliwość opuszczenia tłoków dźwigników do położenia wyjściowego i ustawienia przedłużaczy na tłokach.

Po podniesieniu dachu i najwyższej cargin płaszczu na wysokość odpowiadającą wysokości blach drugiej od góry cargin, spawa się najpierw styki pionowe między blachami, następnie spoiną obwodową łączy się tę carginę z pierwszą od góry carginą płaszczu. Montaż następnych cargin płaszczu przebiega w identyczny sposób.

Zaletą tej metody montażu jest bezpieczny przebieg prac montażowych i spawalniczych, odbywający się niemal w całości na poziomie terenu. Eliminuje się także koszt rusztowań przenośnych, ich montaż i przestawianie. Wadą jest ręczne lub ewentualnie tylko półautomatyczne wykonawstwo spoin.

W przypadku zbiorników o dużej pojemności jest konieczne posiadanie dużej liczby dźwigników hydraulicznych o dużym skoku tłoków, a ponadto zwiększa się zagrożenie montowanej konstrukcji przez wiatr. Metoda może być zalecana w przypadku zbiorników o małej i średniej pojemności, jak również podczas remontów, gdy zachodzi konieczność wymiany dna lub dolnej części płaszczu zbiornika.

• **Metoda podbudowy pierścieni blach płaszczu przy śrubowym ich podnoszeniu, tzw. śrubowa metoda czeska.** Metoda ta została opracowana na przełomie lat sześćdziesiątych ubiegłego wieku w ówczesnej Czechosłowacji przez firmę „Kralovopolska Stroirma – Zavod Klementa Gottvalda”. Ideę tej metody przedstawiono na rys. 13.



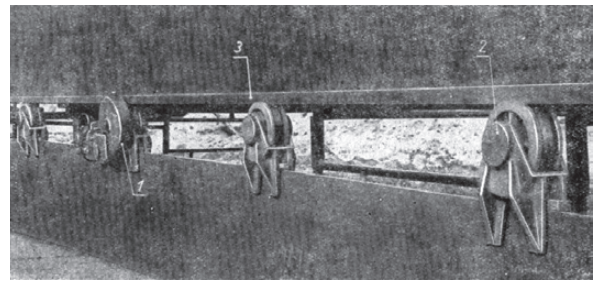
Rys. 13. Kolejne etapy montażu płaszczu zbiornika „metodą śrubową”

Do dna zbiornika spawa się pierwszy pierścień płaszczu o takim kształcie, że po zmontowaniu jego górna krawędź tworzy pełny zwój linii śrubowej (por. rys. 13a). Następnie na całym obwodzie pierwszego pierścienia przymocowuje się w odstępach 2,0÷3,0 m nośne rolki toczne (por. rys. 13b). Masa rolki o nośności 10 kN wynosi 700 kg. Zazwyczaj co trzecia rolka jest wyposażona w silnik elektryczny o mocy około 18 W. Na rolkach tych scala się i spawa najwyższy pierścień zbiornika. Blachy tego pierścienia są ukształtowane w ten sposób, że dolne ich krawędzie tworzą po połączeniu również pełny zwój linii śrubowej, odpowiadający zwojowi utworzonemu przez blachy pierścienia dolnego (por. rys. 13c). Między dolną krawędzią blachy górnego pierścienia płaszczu a rolkami znajdują się specjalnie wygięte listwy o przekroju korytkowym. Listwy te, przymocowane do blach za pomocą śrub, usztywniają dolną krawędź pierścienia górnego i zapewniają równomierny rozkład nacisków rolek na blachy tego pierścienia oraz zmniejszają siły oporu przy obrocie płaszczu.

Po zakończeniu robót przy górnym pierścieniu płaszczu w zbiornikach z dachami stałymi wykonuje się konstrukcję nośną dachu wraz z pokryciem, a w zbiornikach z dachami pływającymi – górne usztywnienie wiatrowe.

Dalszy montaż płaszczu polega na wykonywaniu kilku czynności powtarzających się cyklicznie. Równoczesne włączenie silników rolek napędzanych powoduje, że górna część płaszczu obraca się na rolkach i przy uskoku wysokości tworzy się w dolnym pierścieniu „okno montażowe” (por. rys. 13d). W sytuacji, gdy długość „okna” będzie wystarczająca do wmontowania kolejnej blachy płaszczu, rolki zostają zatrzymane. Należy wówczas zdjąć listwę (rys. 14) usztywniającą z dolnej krawędzi blachy, która u góry „okna” znajduje się już poza rolkami. Listwę tę umieszcza się na rolkach u dołu „okna montażowego” i wstawia kolejną blachę przy zastosowaniu wciągarki ręcznej, ustawionej wewnątrz zbiornika. Po przyspawaniu nowo wstawionej blachy do górnej części płaszczu ponownie włącza się silniki rolek, które obracają całą górną część. Czynności te powtarza się, aż do całkowitego zakończenia montażu płaszczu (por. rys. 13e).

Aby usunąć rolki montażowe i następnie zespawać górną część zbiornika z dolnym pierścieniem blach, należy



Rys. 14. Widok rolek nośnych, po których przesuwana jest wstawiana carga płaszczu zbiornika usztywniona od dołu listwą korytkową przymocowaną za pomocą śrub: 1 – rolka napędzana, 2 – rolka toczna, 3 – listwa usztywniająca dolną krawędź części górnej zbiornika

przyspawać na całym obwodzie – po zewnętrznej stronie zbiornika – uchwyty połączone śrubami mającymi na końcowych odcinkach dwustronny, przeciwnie skierowany gwint („śrubami rzymskimi”, rys. 15). Na śrubach tych najpierw podnosi się górną część zbiornika, aby usunąć rolki i listwy usztywniające, a następnie opuszcza się ten



Rys. 15. Pozorowane opuszczanie górnej części zbiornika po usunięciu rolek tocznych, aby uzyskać szczelinę niezbędną do prawidłowego zespawania górnej i dolnej części płaszczu (dwóch monterów demonstruje czynność, którą w rzeczywistości musi wykonywać równocześnie kilkudziesięciu ludzi)

duży prefabrykat, aż do zbliżenia się go do dolnego pierścienia płaszczu na odległość umożliwiającą prawidłowe zespawanie obu części zbiornika.

Montaż płaszczu zbiornika prowadzi brygada 6÷8 pracowników, w tym dwóch spawaczy. Natomiast na zakończenie montażu, podczas którego na śrubach o dwustronnym gwincie najpierw unosi się górną część płaszczu, aby usunąć rolki, a następnie na tych samych śrubach opuszcza się górną część płaszczu, aby uzyskać szczelinę zapewniającą dobry przetop spoiny łączącej pierwszą (licząc od dołu) cargę z pozostałą częścią płaszczu. Pracę w tym etapie wykonuje kilkudziesięciu pracowników; ich liczba zależy od średnicy płaszczu zbiornika, a więc liczby śrub, które powinny być równocześnie obsługiwane. To była zasadnicza wada tej metody montażu.

W Polsce w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku metoda ta była dwukrotnie stosowana, lecz nie uzyskała zainteresowania zarówno inwestorów, jak i firm montażowych.

● **Metoda rulonowa.** Metoda ta została opracowana w dawnym ZSRR bezpośrednio po drugiej wojnie światowej, a więc w okresie, w którym priorytetem była szybka

odbudowa zniszczonego przemysłu i baz paliwowych – w warunkach deficytu rąk do pracy. Do zastosowania tej metody jest niezbędne dysponowanie specjalistyczną wytwórnią wyposażoną w stanowisko do produkcji płaszczy i den zbiorników oraz ich zwijania w rulon o wymiarach gabarytowych przystosowanych do skrajni transportowej zarówno kolejowej, jak i drogowej [1÷3]. W Polsce taką wytwórnię wybudował w 1957 r. „Mostostal” w Poznaniu. Po około pięćdziesięcioletnim okresie intensywnej pracy i zużyciu się specjalistycznego stanowiska produkcyjnego została ona niedawno zamknięta. Produkcję zbiorników rulonowych obecnie przejął w Polsce SINKOS Sp. z o.o. w Policach. Spółka ta wybudowała halę produkcyjną ze stanowiskiem mogącym wytwarzać taśmy stalowe szerokości do 14,5 m – wymiar ten jest maksymalną wysokością prefabrykowanego płaszcza zbiornika walcowego pionowego. Długość wytwarzanej taśmy odpowiada obwodowi zbiornika. Taką taśmę zwija się w rulon o średnicy do 3,0 m, a więc nadający się do transportu kolejowego. Dna zbiorników mogą być produkowane w połówkach (np. w Policach), czyli średnice zbiorników mogą mieć do 29,0 m lub w przypadku większych średnic zbiorników – w pasach szerokości do 14,5 m. W Policach można spawać i zwijać w rulony blachy grubości do 14,0 mm; mogą to być blachy ze zwykłej stali węglowej lub stali nierdzewnej.

Technologia prac podczas montażu na placu budowy zbiorników rulonowych była już wielokrotnie publikowana, np. w [1, 3].

Metoda rulonowa pozwala na zmontowanie na placu budowy zbiornika o pojemności $V = 5000 \text{ m}^3$ w ciągu jednego tygodnia. Dokonuje tego brygada 5÷7 ludzi, w tym 2÷3 spawaczy. Z wykorzystaniem tej metody nie powinno się montować zbiorników o większej pojemności, gdyż ich płaszcze muszą mieć w dolnych częściach większą grubość i może powstać trudność w uzyskaniu prawidłowego kształtu powłoki w strefie spoiny pionowej zamykającej rulon po jego rozwinięciu.

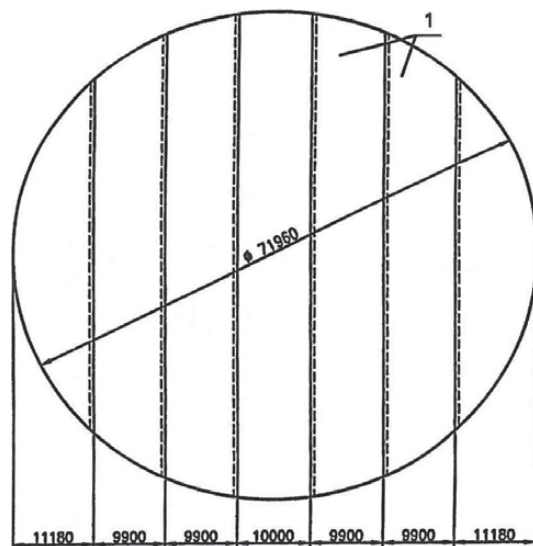
Obecnie metoda rulonowa znalazła zastosowanie także przy wykonywaniu drugiego, wewnętrznego dna w zbiornikach ekologicznie bezpiecznych o dużej pojemności [4]. Dna w takich zbiornikach są rozdzielone siatką stalową, która stwarza przestrzeń umożliwiającą kontrolę ewentualnych przecieków metodą podciśnienia.

Aby lokalizacja miejsc nieszczelności była łatwiejsza, dna zbiorników dużej i bardzo dużej pojemności dzieli się na kilka sekcji o mniejszej powierzchni (rys. 16). Taka sekcja powinna być pokryta drugim dnem w ciągu jednego do dwóch bezdeszczowych dni. Z tych względów na jej pokrycie stosuje się blachy zwinięte w rulon (rys. 17).

Podsumowanie

Przedstawiono cztery metody montażu zbiorników walcowych pionowych, stosowane w Polsce po drugiej wojnie światowej, tj. nadbudowy pierścieni płaszcza, podbudowy pierścieni blach płaszcza przy pionowym podnoszeniu, podbudowy pierścieni blach płaszcza przy śrubowym ich podnoszeniu oraz rulonową.

Metoda nadbudowy pierścieni płaszcza jest najbardziej przydatna w budowie zbiorników o pojemności od około 1000 m^3 do powyżej $100\,000 \text{ m}^3$. Zaletą tej metody jest możliwość spawania płaszcza przy użyciu automatów spawalniczych, dzięki czemu czas wykonania prac spawalniczych zostaje znacznie skrócony. Metoda jest od wielu lat stosowana w Polsce i dobrze ją opanowały przed-



Rys. 16. Podział na hermetyczne sekcje dna zbiornika $V = 75\,000 \text{ m}^3$ z podwójnym dnem: 1 – rulon zespalany z arkuszy blach grubości 8 mm stanowiący jedną sekcję



Rys. 17. Rozwijanie z rulonu pierwszej sekcji dna wewnętrznego zbiornika $V = 75\,000 \text{ m}^3$ z podwójnym dnem

siębiorstwa zajmujące się budową zbiorników, wprowadzając szereg usprawnień technologicznych. Z tych względów tę metodę omówiono najobszerniej w porównaniu z pozostałymi metodami dotychczas stosowanymi w naszym kraju. Niewątpliwą wadą tej metody jest konieczność prowadzenia prac montażowych i spawalniczych na wysokości.

Metoda podbudowy pierścieni płaszcza przy pionowym podnoszeniu montowanego zbiornika jest stosowana szczególnie w budowie zbiorników małej i średniej pojemności. Dużą zaletą tej metody jest możliwość wykonywania wszystkich prac montażowych i spawalniczych na poziomie terenu. Liczbę dźwigników podnoszących należy każdorazowo dobrać do masy podnoszonej konstrukcji i naprężeń w blachach płaszcza bezpośrednio ponad miejscem przymocowania do niej dźwigników. Należy również sprawdzić stateczność podnoszonej konstrukcji zbiornika i zestawu dźwigników przy obciążeniu wiatrem. Istotną wadą jest możliwość spawania wyłącznie ręcznego lub półautomatycznego. Metoda ta może być stosowana podczas remontu den i dolnych części płaszczy zbiorników małej i średniej pojemności.

Metoda „czeska” była stosowana w Polsce kilkakrotnie na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych

XX wieku i została zaniechana – zastrzeżenia dotyczyły m.in. sposobu usuwania rolek tocznych po zakończeniu scalania konstrukcji płaszcza.

Metoda rulonowa nie jest porównywalna z pierwszymi dwiema omówionymi tu metodami, ponieważ w Polsce ma zastosowanie do zbiorników o pojemności nie większej niż 5000 m³. Podejmowane przez twórców metody rulonowej próby rozszerzenia jej stosowania na zbiorniki o większych pojemnościach nie zakończyły się dobrym efektem. Metoda rulonowa była bardzo dobrze dostosowana do realiów okresu po drugiej wojnie światowej i wtedy doskonale spełniała ówczesne wymagania techniczne i społeczne.

W roku 2018 rozpoczęto w Polsce montaż czterech zbiorników dużej pojemności przeznaczonych do magazynowania melasy. Prace są prowadzone metodą spiralną opracowaną w Szwecji [6]. Metoda ta zachowuje ideę omówionej w niniejszym artykule „czeskiej” metody śrubowej, zasadniczo ją unowocześniając przez wprowadzenie elektrycznie sterowanego sposobu obrotu górnej części budowanego zbiornika (dachu i carg płaszcza od

najwyższej do drugiej) i zautomatyzowania prac spawalniczych. Wstępna ocena tej metody wskazuje, że może ona uzyskać zainteresowanie polskich inwestorów.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Ziółko J.: Zbiorniki metalowe na cieczy i gazy. Arkady, Warszawa 1986.
- [2] Dziurleja L.: Budowa zbiorników metodą rulonową. Wspólne doświadczenia wytwórcy rulonów i zakładów budujących zbiorniki z rulonów. Konferencja naukowo-techniczna „Problemy eksploatacyjne baz magazynowych produktów naftowych”, Poznań 2007.
- [3] Ziółko J., Supernak E.: 50 lat stosowania w Polsce rulonowej metody montażu zbiorników stalowych. „Inżynieria i Budownictwo”, nr 11/2007.
- [4] Ziółko J., Kostuczenko A.L., Bordowski A.A.: Projekt i budowa dwupłaszczowych zbiorników stalowych dużej pojemności. „Inżynieria i Budownictwo”, nr 6/2005.
- [5] <http://kbpomorze.pl/pl/oferta/nowoczesne-technologie/> – Strona główna firmy KB Pomorze.
- [6] Wenta J.: Budowa zbiorników stalowych szwedzką metodą spiralną. Konferencja naukowo-techniczna „Problemy eksploatacyjne baz magazynowych produktów naftowych”, Poznań 2018.