

Ocena kosztów wykonania cylindrycznego zbiornika na paliwa w zależności od gatunku stali i wymiarów blach

Rozwój przemysłu motoryzacyjnego, petrochemicznego i chemicznego powoduje zwiększanie zapotrzebowania na produkty z ropy naftowej. Ropa ta do krajowych przetwórn (petrochemii i rafinerii) jest dostarczana rurociągami dalekosiężnymi lub też drogą morską. W celu zapewnienia określonych rezerw, każde z państw podejmuje działania mające na celu budowanie własnych baz magazynowych.

Budowa nowych lub rozbudowa istniejących baz paliwowych nie może opierać się tylko na zapewnieniu odpowiedniej pojemności magazynowej, lecz także powinna uwzględniać coraz ostrzejsze wymagania wielu krajów dotyczące ochrony środowiska naturalnego. Aby temu sprostać, są podejmowane działania mające na celu budowę zbiorników otoczonych ścianami osłonowymi z podwójnym dnem wykonanym ze stali. Należy też zapewnić właściwy dobór materiałów konstrukcyjnych (ich gatunku i wymiarów) na zbiorniki.

Założenia ekonomiczne

Na całkowity koszt budowy zbiornika składają się koszty:

- materiału konstrukcyjnego w postaci blach stalowych,
- transportu materiału na plac budowy,
- budowy zbiornika na placu budowy.

Analizując poszczególne elementy konstrukcyjne zbiornika, można dojść do wniosku, że koszt konstrukcji stalowej dna zbiornika i dachu pływającego jest w miarę niezmienny. Wynika to z faktu stosowania na te elementy stali o najmniejszej wytrzymałości. Ze względu na niewielkie naprężenia w tych elementach wytrzymałość stali jest wykorzystywana w niewielkim stopniu. Największe możliwości dotyczące wyboru gatunków stali i wymiarów arkuszy blach występują w wypadku płaszczy zbiorników. Jest możliwe stosowanie stali różnych gatunków na poszczególne pierścienie płaszcza, jak i dobranie wymiarów poszczególnych arkuszy blach.

Mając na uwadze wymienione czynniki, przeanalizowano różne możliwości wykonania płaszcza zbiorników o pojemności 50 000, 80 000 i 100 000 m³. Przyjęto następujące założenia:

- obliczenia statyczno-wytrzymałościowe wykonano wg projektu normy PrPN-03210 Zbiorniki walcowe pionowe na cieczce. Projektowanie i wykonanie,
- ciecz magazynowa w zbiorniku – surowa ropa naftowa o ciężarze objętościowym 8,5 kN/m³,
- naddatek korozyjny 2 mm; założono eksploatację przez 50 lat, przy średnim ubytku korozyjnym materiału 0,04 mm/rok,
- zbiornik z dachem pływającym,
- metoda montażu – arkuszowa.

Wybierając rodzaj zbiornika przeznaczonego do magazynowania produktów naftowych należy kierować się dwoma głównymi warunkami:

a) ekonomiką przechowywania – dążeniem do ograniczenia strat podczas przechowywania produktów w określonych warunkach eksploatacyjnych,

b) ekonomiką budowy zbiornika – dążeniem do zapewnienia możliwie najmniejszych nakładów inwestycyjnych.

Pierwszy warunek wiąże się z rodzajem cieczy oraz potrzebną pojemnością magazynową zależną od technologicznego przeznaczenia zbiornika. Na ekonomikę budowy zbiorników wpływ mają projektanci i wykonawcy.

Ograniczenia techniczne

W obecnych realiach gospodarczych w projektowaniu i realizacji zbiorników należy wziąć pod uwagę zdolności przemysłu hutniczego, jednostek transportowych oraz jednostek montujących.

• **Przemysł hutniczy.** Polskie huty oferują wykonanie blachy o podstawowych długościach handlowych 4000÷12 000 mm, szerokości zasadniczej 1500÷3000 mm, a w pewnym zakresie

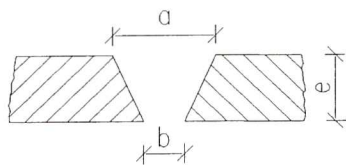
do 3150 mm. Produkowane przez huty wyroby z różnych gatunków stali umożliwiając odpowiedni dobór materiału na płaszcz zbiornika.

• **Jednostki transportowe.** W zależności od odległości i położenia projektowanych lokalizacji zbiorników są możliwe dwa rodzaje transportu:

- drogowy z ograniczeniem szerokości skrajni drogowej do 2500 mm,
- kolejowy z ograniczeniem szerokości skrajni kolejowej do 3150 mm i długości elementów do 18 000 mm, nie zmniejszających wymiaru wcześniej podanej skrajni.

W wypadku wielu lokalizacji inwestycji należy się liczyć z koniecznością przeladunku elementów ze środków transportu kolejowego na drogowe. W sytuacjach wyjątkowych można uzyskać specjalne zezwolenie na przewóz środkami transportu drogowego elementów o wymiarach przekraczających gabaryty skrajni drogowych.

• **Jednostka montująca.** Musi mieć odpowiedni sprzęt spawalniczy i dźwigowy oraz odpowiednie doświadczenie w prowadzeniu tego rodzaju prac. Analizując wykonawstwo konstrukcji zbiornikowych w ostatnich trzydziestu latach, można zauważyć stały postęp we wznoszeniu tych konstrukcji. Coraz rzadziej stosuje się ręczne wykonywanie spoin montażowych, na korzyść prac wykonywanych za pomocą wyspecjalizowanych automatów spawalniczych przystosowanych tylko do takiej pracy. Nowoczesne automaty spawalnicze są przystosowane do spawania zbior-



Rys. 1. Fazowanie blach do spawania automatycznego

Tablica 1

Typowe parametry techniczne automatu spawalniczego w porównaniu ze spawaniem ręcznym

Gabaryt spoiny (rys. 1), mm			Prędkość spawania		Zużycie spoiwa kg/m
e	a	b	automatycznego m/h	ręcznego m/h	
10	15÷20	6÷8	10,0	0,78	1,35
15	15÷20	6÷8	5,9	0,47	2,45
20	18÷22	6÷8	4,9	0,34	3,05
25	20÷22	6÷8	4,4	0,30	3,50
30	21÷23	6÷8	3,6	0,22	4,40
35	22÷24	6÷8	3,2	0,17	4,90
40	22÷24	6÷8	2,6	0,15	5,85

ników o promieniu krzywizny nie mniejszym niż 4000 mm. Łączne elementy powinny mieć wysokości od 1000 do 3000 mm. Orientacyjne prędkości spawania w zależności od grubości blach zastosowanych do budowy zbiorników podano w tabl. 1; por. rys. 1.

Analiza problemu kosztów

Przyjmując jako ograniczenia zdolności jednostek wykonawczych, transportowych i przemysłu hutniczego przeanalizowano problem ograniczenia kosztu budowy zbiorników. Uwagę skoncentrowano na doborze elementów składowych do wykonania płaszczy zbiorników. Uwzględniono następujące parametry:

- wysokość poszczególnych pierścieni (carg) płaszcza,
- długość pojedynczej blachy,
- gatunek stali konstrukcyjnej,
- masa elementów wykonanych z różnych gatunków stali konstrukcyjnej,

Tablica 2

Porównanie gatunków stali

Gatunek stali	Wytrzymałości obliczeniowe stali, MPa		Porównanie wytrzymałości w stosunku do St3	Oszczędność materiału w stosunku do St3, %	Średni koszt blach o grubości 8÷40 mm, zł/t	Porównanie kosztów	Zwiększenie kosztu, %
	t ≤ 16	t > 16					
St3VC	215	205	1,00	0	1090	1,000	0
18G2A	305	295	1,42	29,58	1164	1,068	6,36
15G2ANb	325	315	1,51	33,77	1181	1,083	7,66
18G2AV	370	360	1,72	41,86	1613	1,480	32,43

Tablica 3

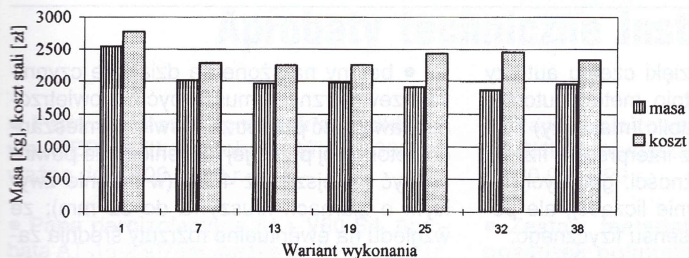
Wybrane wyniki przeprowadzonej analizy porównawczej

Rodzaj parametru	Pojemność nominalna zbiornika m ³			
	50 000	80 000	100 000	
Średnica, m	63,63	75,82	84,76	
Wysokość płaszcza, m	18,00	20,00	20,00	
Wysokość składowania, m	16,90	18,90	18,90	
Liczba elementów w pierścieniach przy długości blach	≈6000 ≈9000 ≈12 000	34 23 17	40 27 20	45 30 23
Liczba pierścieni w zależności od wysokości carg	1,50 2,00 2,25 2,50 2,75 3,00	12 9 8 8 7 6	14 10 9 8 8 7	14 10 9 8 8 7
Liczba elementów składowych	max min	408 102	560 140	630 161
Grubość blach pierwszego pierścienia od dołu w zależności od gatunku stali, mm	St3WD 18G2A 15G2ANb 18G2AV	32 22 21 19	40 29 27 24	45 32 30 26
Oszczędności na grubości materiału w porównaniu ze stalą St3WD, %	18G2A 15G2ANb 18G2AV	31 34 41	28 33 40	29 33 42
Masa konstrukcji, kg/m	największa najmniejsza	2708 1727	3729 2445	4106 2645
Koszt materiału, zł/m	największa najmniejsza	2949 2246	4137 3033	4601 3251
Największa objętość spoin przy długości blach, dm ³	≈6000 ≈9000 ≈12 000	505 465 443	1012 1067 1022	1581 1461 1405
Najmniejsza objętość spoin przy długości blach, dm ³	≈6000 ≈9000 ≈12 000	189 171 161	374 336 316	493 441 415
Największa długość spoin przy długości blach, m	≈6000 ≈9000 ≈12 000	3011 2813 2705	4135 3875 3735	4628 4328 4188
Najmniejsza długość spoin przy długości blach, m	≈6000 ≈9000 ≈12 000	1811 1613 1505	2467 2207 2067	2764 2464 2324

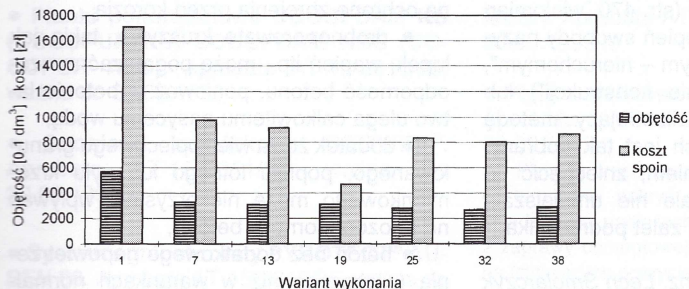
- koszt materiału (blach),
- długość spoin montażowych,
- objętość spoin montażowych,
- koszt wykonania spoin.

Przyjmowano następujące warianty:

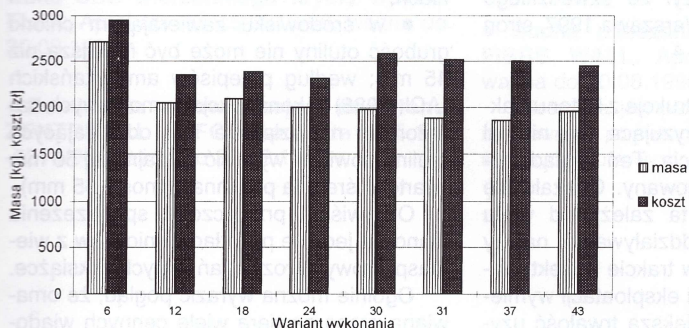
- wysokość: 1500, 2000, 2250, 2500, 2750, 3000 mm,
- długość: 6000, 9000, 12 000 mm.



Rys. 2. Przykładowe porównanie masy i kosztu zbiornika $V = 50\ 000\ \text{m}^3$ wykonanego z pierścieni o wysokości 1,50 m



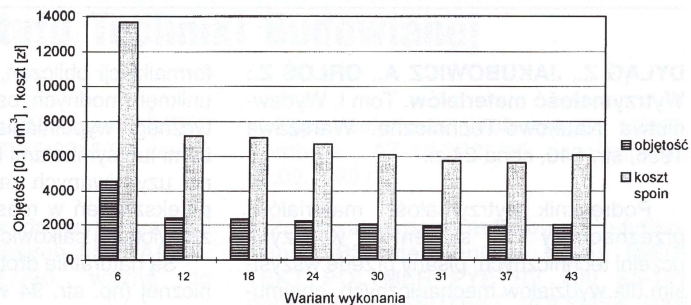
Rys. 3. Porównanie objętości prac spawalniczych i ich kosztu przy stałej długości spoin 3011 m



Rys. 4. Przykładowe porównanie masy i kosztu zbiornika $V = 50\ 000\ \text{m}^3$ wykonanego z pierścieni o wysokości 3,00 m

W analizie porównawczej uwzględniono stal konstrukcyjną gatunków wymienionych w tabl. 2. W tej tabelicy zawarto też skrócone porównanie wybranych cech wytrzymałościowych i kosztów dla stali.

W wyniku obliczeń otrzymano dane charakterystyczne zamieszczone w tabl. 3. Przykładowe porównanie wariantów wykonania zbiornika przedstawiono na rys. 2÷5.



Rys. 5. Porównanie objętości prac spawalniczych i ich kosztu przy stałej długości spoin 1811 m

Podsumowanie

Projektant zbiornika może w decydujący sposób wpłynąć na rozwiązanie, sposób realizacji oraz koszt wykonania zbiornika.

Decydując się na wybór określonego wariantu wykonania płaszcza należy kierować się następującymi czynnikami:

- masą stali konstrukcyjnej; mniejsza masa wpływa na ograniczenia wydatków na transport elementów składowych,
- długością i objętością spoin montażowych; zmniejszenie ilości prac spawalniczych (do około 50%) powoduje zdecydowane skrócenie czasu realizacji; wpływa też na skrócenie czasu i zmniejszenie kosztów badań defektoskopowych spoin, a także na oszczędność energii elektrycznej,
- wykonaniem zbiornika z większych elementów, co znacznie zmniejsza ich sumaryczną liczbę – (nawet o 75%), powodując skrócenie prac związanych z załadunkiem, przeładunkiem; mniejsza liczba elementów wpływa na zmniejszenie liczby cykli roboczych w czasie scalania zbiornika.

Wszystkie czynniki wiążą się z ograniczeniem nakładów finansowych na robociznę, która w składkach ceny kosztorysowej stanowi drugą pozycję kosztów.

W wyniku odpowiedniego doboru gatunków stali konstrukcyjnej i gabarytów arkuszy blach można wpływać na koszt samego materiału wbudowywanego w konstrukcję płaszcza, jak i na czas realizacji inwestycji. Zastosowanie arkuszy blach o większych wymiarach ze stali wyższej wytrzymałości, powoduje znaczące ograniczenie prac montażowych i spawalniczych na placu budowy, a tym samym skrócenie czasu realizacji zbiornika.

PIŚMIENNICTWO

- [1] PrPN-03210 Konstrukcje stalowe. Zbiorniki walcowe pionowe na ciecz.
- [2] PN-80/H-92200 Blachy stalowe grube walcowane na gorąco. Wymiary.
- [3] EN 10029 Warmgewalzte Stahlblech von 3 mm Dicke an, Grenzabmisse, Formtoleranzen, zulassige Gewichtsabweichungen.
- [4] Cennik na wyroby walcowni blach grubych z marca 1997 r. Huty „Częstochowa”.
- [5] *Teńczyńska B.*: Dobór optymalnych wymiarów zbiornika walcowego z uwagą na minimum kosztu. „Inżynieria i Budownictwo”, nr 3/1971.