

Włodzimierz BARANOWSKI, Paweł PALUTKIEWICZ

Politechnika Częstochowska

Technologiczne aspekty wytwarzania zbiorników wielkogabarytowych z tworzyw polimerowych

W pracy przedstawiono technologie stosowane do wytwarzania zbiorników i pojemników (zwłaszcza wielkogabarytowych) z tworzyw polimerowych. Omówiono klasyfikację metod ich wytwarzania. Klasyfikacji dokonano w oparciu o kryteria przeznaczenia zbiorników, rodzaj zastosowanego tworzywa i wynikającej z tego technologii. Ponadto opisano zagadnienia dotyczące studzienek z tworzyw.

Słowa kluczowe: polietylen, polipropylen, termoformowanie, odlewanie rotacyjne

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF MANUFACTURING LARGE-SIZE CONTAINERS OF POLYMERIC MATERIALS. This paper presents the technologies used in the manufacture of tanks and containers (especially large size) of polymeric materials. The classification of methods of their manufacture has been presented. Classification was based on the criteria of destination containers, the type of material used and the resulting technology. Furthermore, it describes the issues relating to the wells from plastic.

Keywords: polyethylene, polypropylene, thermoforming, rotational molding

WSTĘP

Współczesne systemy wodociągowe, kanalizacyjne, oraz służące do przesyłu gazu w ogromnej mierze wytwarzane są z wykorzystaniem tworzyw polimerowych. Rozwój technologiczny systemów wytwarzania jak i technologii budowlanych pozwala na wytwarzanie wyrobów o coraz lepszej jakości i trwałości przy obniżeniu kosztów produkcji. Zbiorniki i pojemniki, w tym wielkogabarytowe, z tworzyw polimerowych, mają szerokie zastosowanie w różnorodnych branżach przemysłu, rolnictwie i gospodarce komunalnej. Tworzywa polimerowe należą obecnie do podstawowych materiałów konstrukcyjnych, stosowanych ze względu na swoje właściwości do produkcji tego typu wyrobów. Znajdują zastosowanie wszędzie tam, gdzie użycie metali do wytwarzania zbiorników i pojemników nie sprawdza się ze względu na koszty, ciężar, łatwość obróbki, odporność chemiczną, odporność na korozję. Możliwość kształtowania kształtu wyrobu oraz określania właściwości sprawia, że

zbiorniki wykonywane z tworzyw polimerowych mają dużą sztywność i mogą być stosowane nie tylko jako zbiorniki naziemne ale i podziemne. Zatem do wytwarzania zbiorników nadają się tworzywa polimerowe ze względu na łatwość kształtowania i małą gęstość.

W artykule przedstawiono wybrane technologie wytwarzania oraz sposoby eksploatacji zbiorników i pojemników z tworzyw polimerowych. Omówiono także studzienki z tworzyw.

1. TWORZYWA POLIMEROWE STOSOWANE DO WYTWARZANIA ZBIORNIKÓW I POJEMNIKÓW, ZALETY I WADY ZBIORNIKÓW I POJEMNIKÓW

Tworzywa termoplastyczne stosowane do produkcji zbiorników i pojemników to w głównej mierze polietylen PE, polipropylen PP, polichlorek winylu PVC i polifluorek winylidenu PVDF [1]. Na właściwości mechaniczne zbiorników i pojemników mogą wpłynąć przede wszystkim czynniki takie jak [2]:

- ujemne temperatury – dotyczy to przede wszystkim nieprzystosowanych specjalnie do użytku zewnętrznego tworzyw takich jak polietylen i polipropylen,
- promieniowanie ultrafioletowe – bardzo dobrą odporność na czynniki atmosferyczne bez dodatkowych stabilizatorów na promienie UV wykazuje polifluorek winylidenu.

Zbiorniki i pojemniki z tworzyw termoplastycznych charakteryzują się [1]:

- dużą odpornością chemiczną, umożliwiającą przechowywanie większości kwasów i zasad,
- odpornością na korozję, agresywne oddziaływanie środowiska, promieniowanie UV, a tym samym na przyspieszone starzenie,
- małą masą, a zatem łatwiejszym transportem i montażem,
- mniejszymi kosztami wytwarzania niż zbiorniki metalowe,
- brakiem konieczności (w większości przypadków) nakładania warstw środków zabezpieczających przed korozją i oddziaływaniem chemicznym,
- łatwością stosowania obróbki skrawaniem,
- długim czasem eksploatacji, w trakcie którego nie jest wymagane stosowanie dodatkowych zabiegów zabezpieczających, takich jak: laminowanie, gumowanie, malowanie,
- długoterminowym utrzymaniem zadanej kolorystyki,
- brakiem iskrzenia przy otarciach i uderzeniach,
- możliwością łatwej modyfikacji właściwości mechanicznych tworzyw poprzez stosowanie różnorodnych środków modyfikujących, np. środków porujących.

Do wad zbiorników i pojemników z tworzyw termoplastycznych należą w głównej mierze:

- brak możliwości nadawania dowolnych, skomplikowanych kształtów ze względu na specyficzne właściwości mechaniczne tworzyw termoplastycznych,
- brak możliwości stosowania zbiorników z tworzyw termoplastycznych do przecho-

wywania gazów, bowiem zbiorniki z tworzyw termoplastycznych są zbiornikami bezciśnieniowymi,

- niski zakres temperatury pracy, niektóre tworzywa termoplastyczne ulegają zjawisku płynięcia już w temperaturze 60 °C,
- słaba odporność na starzenie.

Zbiorniki i pojemniki z tworzyw utwardzalnych są wykonywane głównie z żywic poliestrowych, winyloestrowych, epoksydowych zbrojonych odpowiednim wzmocnieniami z włókien szklanych. Właściwości tych tworzyw zależą od warunków, w jakich są użytkowane. Do zalet tych zbiorników zaliczyć można [2]:

- bardzo dużą wytrzymałość mechaniczną, przekraczającą wytrzymałość zbiorników z tworzyw termoplastycznych i w niektórych przypadkach zbiorników metalowych,
- możliwość wytwarzania zbiorników ciśnieniowych metodą nawijania,
- małą masę, a zatem łatwiejszy transport i montaż,
- mniejsze koszty wytwarzania niż zbiorników metalowych,
- odporność na starzenie – konstrukcje laminatowe tracą po upływie 50 lat jedynie około 20% swojej pierwotnej wytrzymałości,
- łatwość formowania i uzyskiwania złożonych kształtów,
- brak konieczności (w większości przypadków) nakładania warstw środków zabezpieczających przed korozją i oddziaływaniem chemicznym,
- długi czas eksploatacji, w trakcie którego nie jest wymagane stosowanie dodatkowych zabiegów zabezpieczających, takich jak: laminowanie, gumowanie, malowanie,
- możliwość łatwej modyfikacji właściwości mechanicznych laminatów,
- brak iskrzenia przy otarciach i uderzeniach,
- łatwa i ekologiczna utylizacja przez spalanie.

Wadami zbiorników i pojemników z tworzyw utwardzalnych są:

- niski zakres temperatury pracy – żywice poliestrowe tracą właściwości mechaniczne ulegając degradacji już w 60 °C,

– brak odporności na działanie niektórych związków chemicznych.

2. KLASYFIKACJA ZBIORNIKÓW I POJEMNIKÓW Z TWORZYW POLIMEROWYCH

Pojemniki służą z reguły do przechowywania i magazynowania przedmiotów i materiałów sypkich. Zbiorniki natomiast służą do przechowywania cieczy. Podział na zbiorniki i pojemniki jest podziałem umownym. Według autorów należałoby przyjąć, że pojemniki to pojęcie szersze, w skład którego wchodzi pojęcie zbiorników. Klasyfikację zbiorników i pojemników wielkogabarytowych ze względu na przeznaczenie przedstawiono na rys. 1.

Do problemu projektowania i konstruowania zbiorników i pojemników należy podejść holistycznie, uwzględniając aspekty związane z ich właściwościami wytrzymałościowymi oraz eksploatacyjnymi.

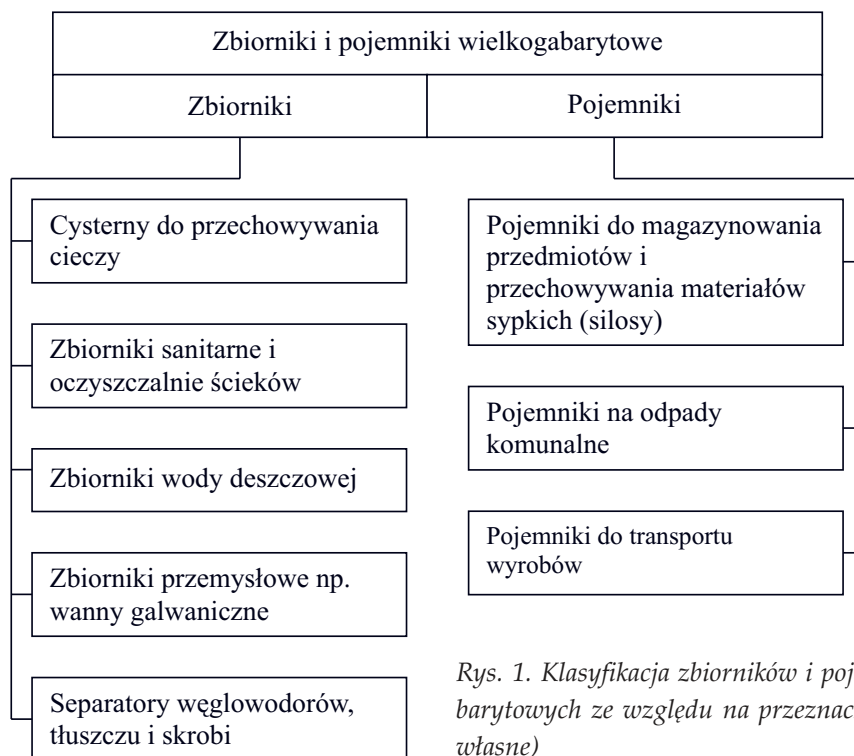
W celu wykonania prototypu zbiornika lub pojemnika z tworzyw polimerowych, po przyjęciu założeń dotyczących przeznaczenia,

autorzy zaproponowali następujące etapy postępowania:

- określenie przeznaczenia wyrobu i wynikające z tego potrzeby i wymagania,
- przyjęcie przybliżonych wymiarów zbiornika lub pojemnika,
- dobór rodzaju tworzywa,
- przeprowadzenie obliczeń wytrzymałościowych,
- wybór metody wytwarzania,
- ocena kosztów zależna od wielkości produkcji,
- wykonanie prototypu zbiornika lub pojemnika,
- przeprowadzenie badań sprawdzających.

Na etapie projektowania wykorzystuje się wszystkie możliwe systemy CAD/CAM, ujęte na przykład w programie Catia.

Czynnikiem uwzględnianym przy projektowaniu wielkogabarytowych zbiorników z tworzyw polimerowych jest nie tylko rodzaj stosowanego tworzywa i charakter zastosowania, ale także sposób mocowania zbiornika lub pojemnika, technologia wytwarzania i typ konstrukcji.



Rys. 1. Klasyfikacja zbiorników i pojemników wielkogabarytowych ze względu na przeznaczenie (opracowanie własne)

Zbiorniki z tworzyw polimerowych można podzielić ze względu na [1]:

a) rodzaj posadowienia:

- zbiorniki podziemne,
- zbiorniki naziemne i nadziemne (wyniesione).

W przypadku projektowania zbiorników przeznaczonych do przechowywania magazynowanego medium pod powierzchnią ziemi, należy rozpatrzyć działające na konstrukcję obciążenia wewnętrzne, wynikające z parcia hydrostatycznego magazynowanej cieczy oraz zainstalowanego osprzętu, np. pomp, zaworów, mieszadeł itp., oraz naprężeń zewnętrznych, oraz siły wyporu działającej na zbiornik, spowodowanej obecnością wód gruntowych (konieczność stosowania w wielu konstrukcjach kotwiczenia), naciski spowodowane zasypnym gruntem oraz bezpośrednie obciążenie gruntu nad zbiornikiem.

Zbiorniki instalowane na powierzchni gruntu lub na przystosowanych do tego celu konstrukcjach są obciążone siłami wewnętrznymi wynikającymi z ciśnienia hydrostatycznego magazynowanej cieczy oraz ewentualnym obciążeniem wynikającym z zainstalowanego wyposażenia technologicznego. Obciążenia zewnętrzne to reakcje podpór lub podłoża, obciążenia wyposażenia technologicznego (mieszadła, pomosty, drabiny itp.) oraz obciążenie wiatrem (dotyczy głównie zbiorników pionowych).

b) kształt:

- zbiorniki cylindryczne,
- zbiorniki prostopadłościenne.

Zbiorniki cylindryczne (np. zbiorniki magazynowo-procesowe) o osi pionowej mogą mieć dno stożkowe lub pochyłe. Dodatkowo taki zbiornik można wyposażyć w różne urządzenia mieszające, pomiarowe itp. Zbiorniki te przeznaczone są do produkcji, przetwarzania i konfekcjonowania chemikaliów. Ze względu na specyfikę instalacji zbiorniki te najczęściej są montowane wewnątrz budynków. Żywotność zbiorników cylindrycznych jest ograniczona do 15 lat ze względu na zmienne obciążenia i temperaturę [1].

Zbiorniki prostopadłościenne składają się z konstrukcji nośnej (najczęściej stalowej) i wkładu wykonanego z tworzyw termoplastycznych. Zbiorniki te najczęściej wykorzystywane są jako wanny trawialnicze w cynkowniach i zbiorniki procesowe w galwanizerniach. Zbiornik może być wyposażony w kanały wentylacyjne, kłapy zamykające lustro cieczy itp. Wszystkie te elementy mogą być wykonane z tworzyw termoplastycznych, dzięki czemu są również odporne na korozyjne działanie mediów. Zbiorniki prostopadłościenne ze względu na złożoność konstrukcji i skomplikowany proces produkcji należą to najdroższych. Z tego względu używane są jedynie tam, gdzie jest wymagane zastosowanie regularnego kształtu prostopadłościannu [1].

c) układ:

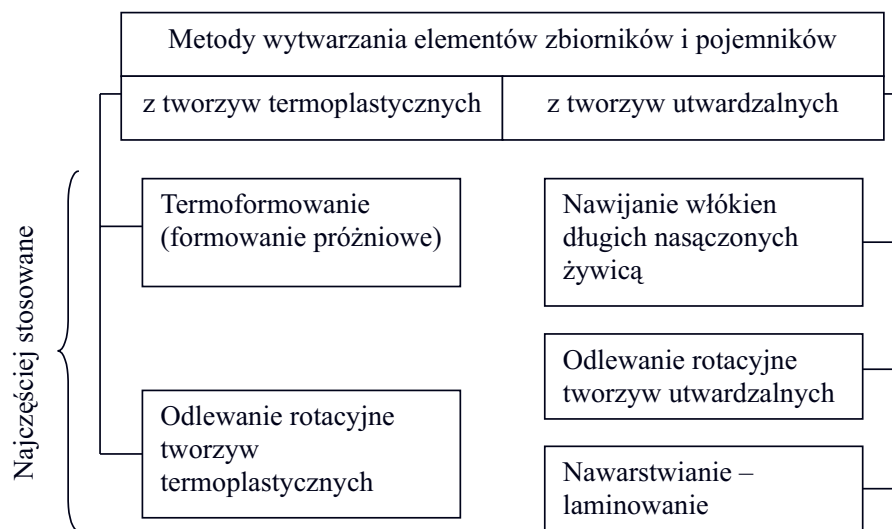
- zbiorniki pionowe,
- zbiorniki poziome.

d) przeznaczenie:

- przemysłowe służą do magazynowania wody przemysłowej, ścieków technologicznych i mediów płynnych nieagresywnych chemicznie. Do przechowywania związków agresywnych chemicznie konieczne jest dopuszczenie zbiornika do eksploatacji przez Urząd Dozoru Technicznego (UDT).
- sanitarne, przeznaczone są do magazynowania wody uzdatnionej, wszelkiego rodzaju ścieków, żywności płynnej, napojów, produktów i półproduktów gastronomicznych oraz ścieków.
- gospodarcze, służą do magazynowania ścieków, nawozów i wody deszczowej. Stosowane są również jako silosy do magazynowania materiałów budowlanych.

3. METODY WYTWARZANIA ZBIORNIKÓW I POJEMNIKÓW Z TWORZYW POLIMEROWYCH

Zbiorniki i pojemniki są wytwarzane często z pojedynczych elementów, łączonych ze sobą metodą klejenia, spawania lub zgrzewania. Metody wytwarzania elementów zbiorników i pojemników przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Metody wytwarzania elementów zbiorników i pojemników (opracowanie własne)

Termoformowanie to nazwa procesu technologicznego, w którym z płaskich folii lub płyt, podgrzanych wstępnie do temperatury uplastycznienia charakterystycznej dla danego tworzywa, uzyskuje się produkty o zadanych kształtach. Stosunkowo tanie i wysoko wydajne przetwórstwo sprawia, że termoformowanie jest powszechnie wykorzystywane w produkcji opakowań i przedmiotów wielkogabarytowych. Podczas termoformowania mamy do czynienia z dwiema podstawowymi operacjami: ogrzewaniem półfabrykatu i kształtowaniem (formowaniem). Termoformowanie wykonuje się na stosunkowo tanich urządzeniach i formach w warunkach relatywnie niskich wartości temperatury przetwórstwa i ciśnienia [3].

Istota procesu formowania próżniowego polega na nagraniu do temperatury uplastycznienia folii lub płyty wykonanej z tworzywa termoplastycznego i za pośrednictwem różnicy ciśnień nadaniu jej wymaganego kształtu przy użyciu formy. Po ochłodzeniu tworzywa w formie gotowa kształtka jest z niej usuwana.

Rozróżnia się dwie zasadnicze metody formowania próżniowego: negatywowe (FPN) i pozytywowe (FPP) [4].

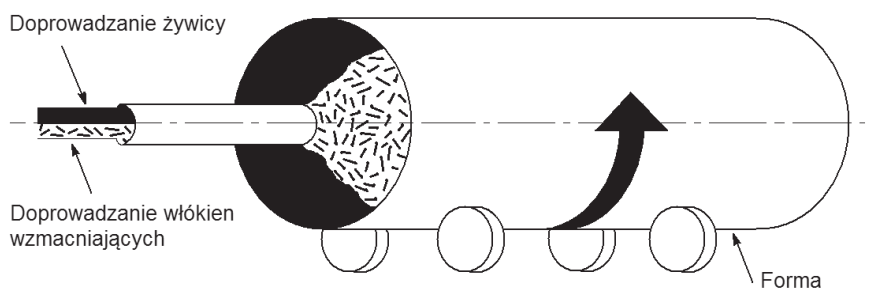
Metoda formowania próżniowego „negatywowego” (FPN) polega na formowaniu przed-

miotów w formie negatywowej, tzn. że forma nadaje kształt zewnętrznej powierzchni przedmiotów. Powstała kształtka charakteryzuje się cienkim dnem i grubymi ściankami.

W metodzie formowania próżniowego pozytywowego (FPP) forma odzwierciedla wewnętrzne zarysy przedmiotu.

Odlewanie rotacyjne (ang. rotomoulding) polega na rozproszaniu po powierzchni formy tworzywa w postaci proszku lub mikrogranulatu. Tworzywo znajduje się wewnątrz zamkniętej i rozgrzanej formy w piecu do temperatury 200 °C [5]. Forma do odlewania rotacyjnego składa się z 2 lub więcej części. Obraca się jednocześnie względem dwóch osi tak, aby uplastycznione tworzywo, które osadza się na ściankach formy zostało dokładnie rozprowadzone. Następnie forma jest ochładzana i otwierana. Polimer po stopieniu tworzy warstwę na ściankach formy. Można w ten sposób formować również polimery wzmocnione włóknami. Schemat procesu przedstawiono na rysunkach 3 i 4. Do podstawowych zalet formowania rotacyjnego należy zaliczyć:

- wyroby nie posiadają naprężeń wewnętrznych,
- zbiorniki i pojemniki wykonane są jako jeden element, bez jakichkolwiek połączeń,
- grubość ścianek jest znaczna i równomierna,

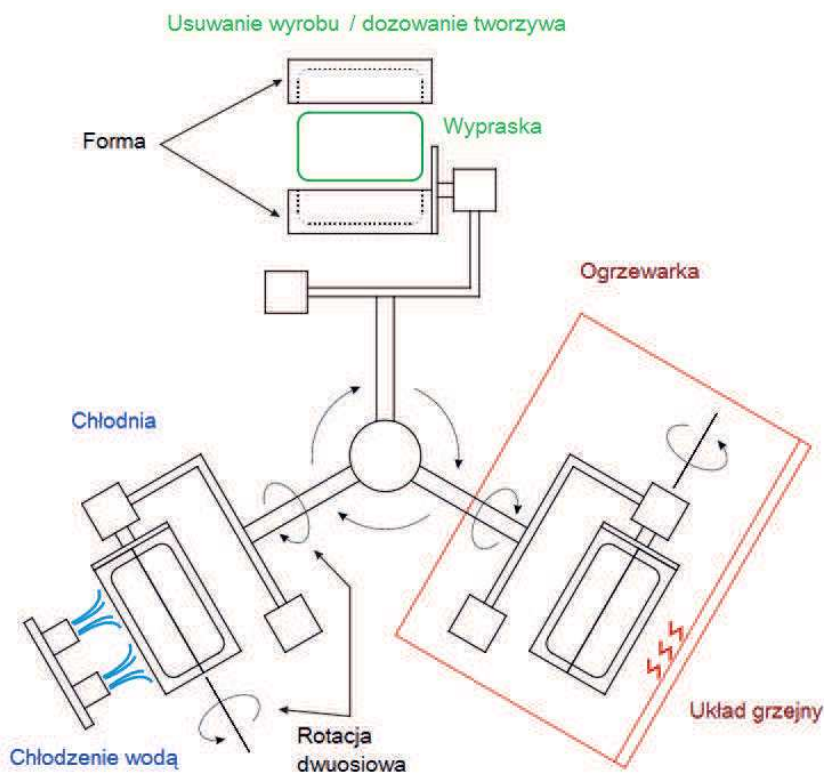


Rys. 3. Schemat odlewania odśrodkowego z udziałem włókien [5]

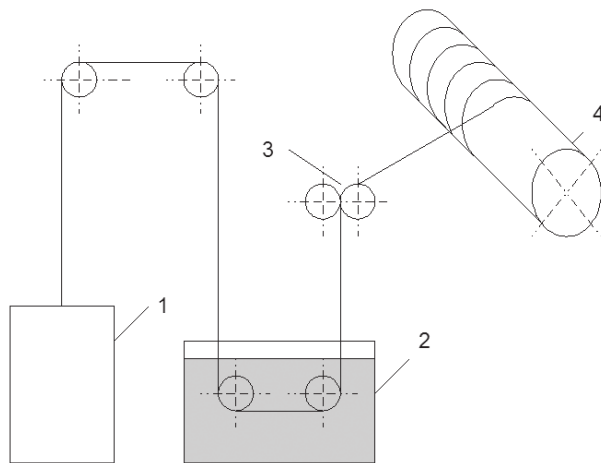
– wraz ze zbiornikami i pojemnikami w tej samej formie można wykonywać włązy i pokrywy.

Zbiorniki wykonuje się również metodą nawijania włókien długich nasączonych żywicą (rys. 5). Nawijanie jest to nakładanie nośnika w postaci wstęgi lub włókna nasyconego żywicą na rdzeń wprowadzony w ruch obrotowy [5]. Nawijanie może być spiralne, jeżeli rdzeń wykonuje tylko ruch obrotowy lub śrubowe, jeśli rdzeń wykonuje ruch obrotowy i postępowy. Jako nośniki stosuje się: równię szklany, jedno-

pasmowy, o jednakowej długości, co jest istotne, aby uzyskać równomierne naprężenia. Do specjalnych celów stosuje się również włókna węglowe lub grafitowe; płótno bawełniane, tkaniny szklane, węglowe; papier kablowy; preimpregnaty. Do nawijania stosuje się najczęściej duroplasty, żywice epoksydowe, nie-nasycone poliestrowe, fenolowe, a ostatnio coraz częściej termoplasty. Nawijanie można wykonywać metodą suchą – nawijanie preimpregnatów lub mokrą – nasycanie upłynnionym polimerem. Do impregnacji włókna szkla-



Rys. 4. Ogólny schemat procesu odlewania odśrodkowego [6]



Rys. 5. Schemat urządzenia do nawijania zbiorników [5]: 1 – stojak ze szpulą lub szpulami rowingu, 2 – wanna impregnująca z żywicą, 3 – wałki dociskające, 4 – obracający się rdzeń

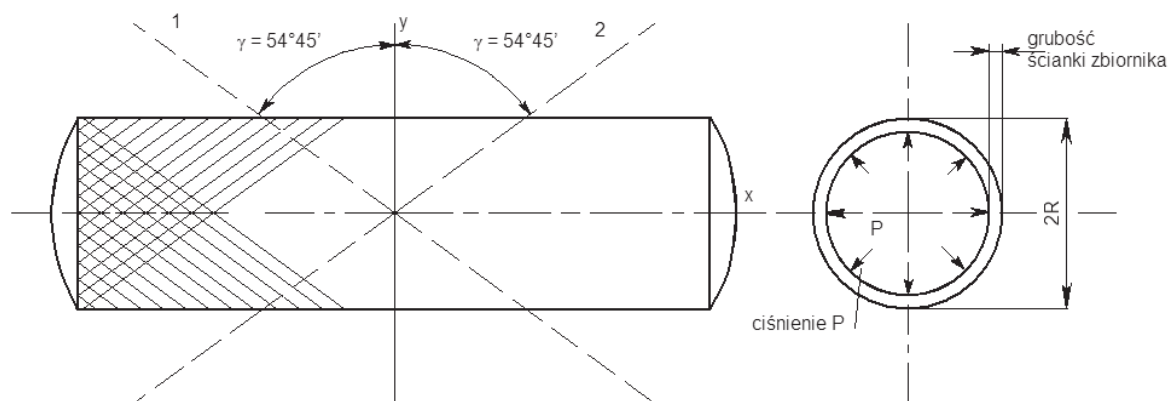
nego używa się nienasyconych żywic i żywic epoksydowych, do węglowego zaś przeważnie żywic epoksydowych. Taśmy rowingu rozwijane są ze szpul i przepuszczane przez wannę wypełnioną żywicą utwardzalną. Nasycone żywicą taśmy rowingu przeciągane są przez stalowy tłocznic, który nadaje produkowanemu elementowi wstępny kształt, a jednocześnie kontroluje i reguluje właściwy skład kompozytu (tzn. odpowiedni udział włókien, wynoszący ok. 40÷70% objętości). Uzyskany w ten sposób produkt wstępny przeciągany jest przez kolejny, precyzyjnie wykonany tłocznic, który nadaje ostateczny kształt w przekroju

poprzecznym. Układ grzewczy tłocznic inicjuje także proces utwardzania żywicy.

W cienkościennym zbiorniku pod wpływem ciśnienia wewnętrznego p występuje płaski stan naprężeń: $\sigma_x < \sigma_y$. Zatem naprężenia w kierunku obwodowym zbiornika są dwukrotnie większe od naprężeń w kierunku osiowym. Taki stosunek naprężeń determinuje kąt nawijania rowingu. Optymalna wartość kąta nawijania $\gamma = 54^\circ 45'$ [7]. Nawijanie pod tym kątem odbywa się w dwu kierunkach zaznaczonych na rys. 6 jako 1 i 2.

Laminaty można wykonywać różnymi metodami; wybór metody zależy od wielkości i kształtu wyrobu, warunków pracy oraz wymaganych właściwości danego przedmiotu, a także od warunków sieciowania (temperatury) i lepkości spoiwa do nasycenia. Najczęściej stosowanymi metodami formowania są: laminowanie bezciśnieniowe, laminowanie natryskowe, formowanie podciśnieniowe.

Metoda kontaktowa czyli laminowanie bezciśnieniowe polega na przesycaaniu ciekłą żywicą kolejnych warstw nośnika. Matę lub tkaninę szklaną odpowiednio pociętą układa się warstwami w formie uprzednio powleczonej środkami rozdzielającymi. Każdą warstwę maty/tkaniny przesyca się żywicą za pomocą pędzla. Nadmiar żywicy odciska się wałkiem o powierzchni rowkowej. Jako pierwszą zewnętrzną warstwę nakłada się warstwę żywicy z napełniaczem proszkowym i barwnikami, tzw. warstwa żelkotu. Po nałożeniu wszystkich



Rys. 6. Schemat obciążenia zbiornika ciśnieniowego wykonanego metodą nawijania



Rys. 7. Zbiorniki wyprodukowane metodą odlewania rotacyjnego [źródło własne]

warstw nośnika, formę odstawia się w temperaturze pokojowej na okres 4 ÷ 12 h w celu utwardzenia. Proces sieciowania można przyspieszyć przez naświetlenie uformowanego wyrobu promiennikami podczerwieni.

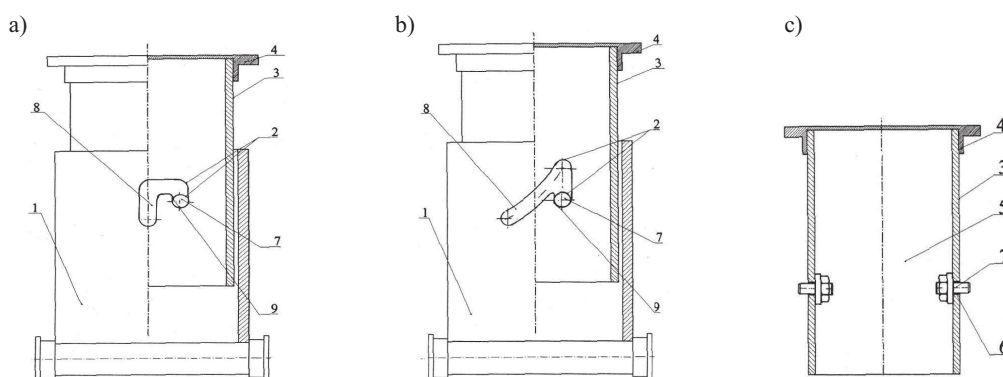
Laminowanie odbywa się za pomocą pistoletu natryskowego, składającego się z trzech dysz. Przez środkową dyszę jest podawany pod ciśnieniem pocięty rowing, a przez obie boczne dysze – mieszanka żywic z czynnikiem sieciującym. Strumienie żywicy i pociętego rowingu są wtryskiwane z pistoletu w kierunku obiektu – formy. Laminowanie natryskowe umożliwia nakładanie warstw laminatu na górne powierzchnie wnek.

W przypadku zbiorników z tworzyw termoplastycznych i utwardzalnych najszerzej

stosowaną metodą wytwarzania jest odlewanie rotacyjne. Przykład zbiornika wytwarzanego tą metodą przedstawiono na rysunku 7.

Studzienki z PE i PP

Studzienki kanalizacyjne z polietylenu PE-HD i PP są jedną z podstawowych elementów systemu kanalizacyjnego. Nadają one sieci kanalizacyjnej zbudowanej z rur polietylenowych jednorodnie właściwości użytkowe, a zwłaszcza odporność na działanie czynników chemicznych. Studzienki kanalizacyjne wykonane z polietylenu stanowią doskonałą alternatywę dla tanich, ale ciężkich i stosunkowo nietrwałych studzienek wykonywanych z materiałów tradycyjnych. Ze względu na skład chemiczny ścieków sanitarnych nie da się uniknąć zjawiska korozji chemicznej materiałów tradycyjnych. Stosując do wykonania studzienek PE-HD występowanie tego zjawiska można ograniczyć. Oprócz właściwości związanych z odpornością chemiczną i wytrzymałością studzienki kanalizacyjne z polietylenu są zdecydowanie łatwiejsze do montażu i nie wymagają użycia ciężkiego sprzętu budowlanego. Istniejące rozwiązania obejmują małe studzienki do montażu na przykanalnikach. Na uwagę zasługuje szeroki zakres zastosowania studzienek kanalizacyjnych z polietylenu, adekwatny do zastosowań rur z tego



Rys. 8. Studzienka kanalizacyjna z PE-HD charakteryzująca się łatwą regulacją wysokości położenia pokrywy kołnierzonej połączonej z głowicą teleskopową: a) schematyczny rysunek studzienki w przekroju podłużnym z wycięciem w kształcie odwróconej litery „J”, b) schematyczny rysunek z wycięciem w kształcie fragmentu linii śrubowej, c) teleskopowa głowica zamykająca z pokrywą [8]



Rys. 9. Przykłady studzienek: studnia wodomierzowa (przepompowania) (a), oraz studnia chłonna (b) [źródło własne]

materiału. Przykłady studzienek z takich tworzyw przedstawiono na rysunkach 8 oraz 9.

Studzienki kanalizacyjne z polietylenu to doskonałe rozwiązanie, które umożliwia szybką budowę trwałych odwodnień drogowych, a także budowę szczelnych układów kanalizacji sanitarnej i deszczowej. Szczelność i niezawodność kanalizacji uzyskuje się dzięki możliwości połączeń zgrzewanych rur kanalizacyjnych z polietylenu i studzienek z tego samego materiału.

PODSUMOWANIE

W wyniku postępu w konstrukcji zbiorników i pojemników wielkogabarytowych stały się one tańsze i bardziej funkcjonalne, a zatem dostępne dla klienta. Rozwój technologii przetwórstwa polimerów sprawił, że zbiorniki i pojemniki uzyskały nową jakość użytkową i coraz częściej wypierają z eksploatacji tradycyjne zbiorniki metalowe i żelbetonowe. Stosowanie tworzyw kompozytowych stworzyło jeszcze większe możliwości uzyskiwania pożądanej wytrzymałości mechanicznej i właściwości antykorozyjnych zbiorników i pojemników. Łatwość ich formowania przy zastosowaniu dodatków antystatycznych, umożliwiła stosowanie zbiorników z tworzyw polimero-

wych na przykład do budowy zbiorników na paliwo we współczesnych samochodach.

Literatura

- [1] Zastosowanie termoplastów do produkcji zbiorników i innych aparatów, J. Jarawka: http://www.zbiorniki.com.pl/index.php?go=aktualnosci&&id_aktualnosci=45,
- [2] Labocha A., Świerczyński T.: Zastosowanie termoplastów do produkcji zbiorników. Rynek Chemiczny, nr 11/2003,
- [3] Sikora. R.: Przetwórstwo tworzyw wielkocząsteczkowych, Wydawnictwo Edukacyjne Zofii Dobkowskiej, Warszawa 1993,
- [4] Praca zbiorowa: 50 najważniejszych technologii globalnego przemysłu tworzyw, Wydawnictwo Business Image, Warszawa 2007,
- [5] Żuchowska D.: Polimery konstrukcyjne, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2002,
- [6] Rotational Molding: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Rotational_Molding_Process.svg,
- [7] Frącz W., Krywult B.: Projektowanie i wytwarzanie elementów z tworzyw sztucznych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2006,
- [8] Baranowski W.: Nowa konstrukcja studzienki kanalizacyjnej. Przegląd budowlany nr 2/2013, str. 51-52.