

DOI: 10.5604/01.3001.0010.4852

ROZWIĄZANIA KONSTRUKCYJNE MASZYN DO ODLEWANIA ROTACYJNEGO TWORZYW POLIMEROWYCH

Karolina Głogowska

Politechnika Lubelska, Katedra Procesów Polimerowych

Streszczenie: Do produkcji wielkowymiarowych wytworów takich jak zbiorniki na wodę lub olej, pojemniki na odpady, przydomowe oczyszczalnie ścieków, kajaki, separatory, bariery drogowe i inne wykorzystuje się technologię odlewania rotacyjnego. To metoda produkcyjna, która umożliwia wyprodukowanie według podanej formy odlewniczej zarówno bardzo prostych, jak i wielce złożonych wyrobów z termoplastycznych tworzyw polimerowych. Odlewanie rotacyjne jest procesem przetwórczym, w którym wykorzystuje się siłę odśrodkową działającą na odlewane tworzywo, znajdujące się w gnieździe formującym formy odlewniczej. Podczas tego procesu załadowana tworzywem forma obraca się w różnych płaszczyznach, w efekcie czego ciekłe lub uplastycznione tworzywo jest równomiernie rozprowadzone po wszystkich ściankach gniazda formującego. W zaprezentowanych artykułach scharakteryzowano proces, maszyny i urządzenia do formowania rotacyjnego tworzyw polimerowych. Omówiono wady i zalety tej metody przetwórczej.

Słowa kluczowe: odlewanie rotacyjne, tworzywo polimerowe, forma odlewnicza, siła odśrodkowa

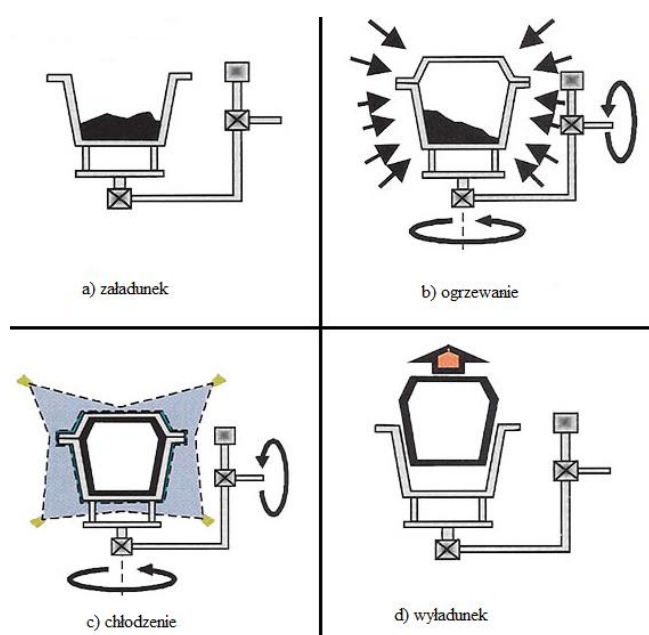
CONSTRUCTION SOLUTIONS ROTATIONAL MOLDING MACHINES POLYMER MATERIALS

Abstract: The rotational moulding is most commonly used for the manufacture of seamless hollow products, the wall thickness of which may be easily adjusted by changing the ratio of rotational speed of the mould around the main and auxiliary axis. The technology of rotational moulding is used for the manufacture of large-size products of polymeric material, such as water or oil tanks, waste containers, home sewage treatment plants, kayaks, separators, sewerage wells, road barriers and other. This production method allows the manufacture, according to a given mould, of both very simple and highly complex products from thermoplastic polymeric materials. The rotational moulding is a processing process, which uses the centrifugal force influencing the material being moulded, contained in the moulding cavity of the casting mould. During this process, the mould loaded with material is rotating and as a result, the liquid or plasticized material is evenly distributed throughout all walls of the moulding cavity. The presented paper characterizes the process, machines and equipment for rotational moulding of polymeric material, and discusses the advantage and disadvantages of this processing method.

Keywords: rotational moulding, polymer material, casting mould, centrifugal force

Wstęp

Odlewanie rotacyjne jest jedną z wielu obecnie stosowanych technologii przetwórstwa tworzyw polimerowych. Wyróżnia się wśród innych metod przede wszystkim tym, że stosowana jest głównie do produkcji wyrobów wewnątrz pustych typu powłokowego, w których grubość ścianek można w prosty sposób regulować poprzez zmianę wzajemnego stosunku prędkości obrotowej formy wokół osi pionowej i poziomej. Odlewanie rotacyjne jest procesem cyklicznym i wyróżnia się w nim następujące fazy: załadunek, ogrzewanie, chłodzenie i wyładunek (rys. 1) [3, 4].



Rys. 1. Fazy procesu odlewania rotacyjnego: a) załadunek, b) ogrzewanie, c) chłodzenie, d) wyładunek [6]

W fazie załadunku do otwartej formy odlewniczej wsypywana jest odważona porcja tworzywa, najczęściej w postaci proszku. W fazie nagrzewania forma jest już zamknięta i rozpoczyna się jej nagrzewanie, tworzywo przechodzi w stan plastyczny lub ciekły i na skutek siły odśrodkowej wywołanej ruchem obrotowym formy zaczyna przylegać do ścianek gniazda formującego [1]. Po wyjęciu formy odlewniczej z układu grzewczego następuje faza chłodzenia, ruch obrotowy formy wciąż jest kontynuowany, a tworzywo zestala się i przyjmuje ostateczny kształt odlewu. Gdy tworzywo ochłodzi się na tyle, aby zachować nadany mu kształt, forma zostaje otwarta i odlew zostaje usunięty z formy.

1. Maszyny do odlewania rotacyjnego

W połowie lat dziewięćdziesiątych nastąpił gwałtowny rozwój technologii odlewania rotacyjnego. Stało się to możliwe między innymi w wyniku opracowania przez producentów maszyn bardziej wydajnych i ekonomicznych urządzeń z automatycznymi systemami kontroli przebiegu procesu. Ze względu na rozwiązania konstrukcyjne maszyny do odlewania rotacyjnego można podzielić na: wrzecionowe, karuzelowe, liniowo-wahadłowe, skorupowe i kołyskowe [2, 3].

Na wyposażeniu laboratorium Katedry Procesów Polimerowych na Politechnice Lubelskiej znajduje się maszyna do odlewania rotacyjnego typu wrzecionowego. Wygląd urządzenia do odlewania rotacyjnego został przedstawiony na rysunku 2.

Urządzenie składa się z następujących układów:

- układu grzewczego, w którym na skutek ruchów obrotowych formy i wrzeciona realizowana jest funkcja mieszania tworzywa i kształtowania odlewu,
- układu narzędziowego,
- układu sterowania i regulacji,
- podstawy z osłoną i wentylatora do chłodzenia formy.



Rys. 2. Wygląd urządzenia do odlewania rotacyjnego znajdującego się na wyposażeniu laboratorium Katedry Procesów Polimerowych Politechniki Lubelskiej: 1 – układ grzewczy, 2 – układ rotacyjny, 3 – forma odlewnicza, 4 – układ sterowania i regulacji, 5 – podstawa, 6 – wentylator

Układ sterowania umożliwia bezstopniową zmianę prędkości obrotowej zarówno wrzeciona, jak i formy odlewniczej. Zmiana prędkości obrotowych wrzeciona oraz formy odbywa się niezależnie jest to kluczowe z punktu widzenia odpowiedniego doboru obu prędkości obrotowych, umożliwiającego otrzymanie odlewów o regulowanej grubości ścianki.

Charakterystyka techniczna urządzenia do odlewania rotacyjnego zaprezentowano w tabeli 1.

Tabela 1. Charakterystyka techniczna stanowiska do odlewania rotacyjnego

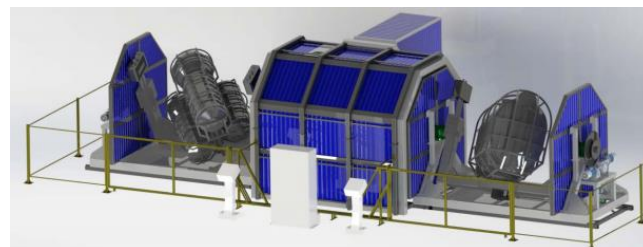
Wielkość charakteryzująca maszynę	Jednostka	Wartość
Zewnętrzne wymiary formy	mm	200×200×200
Maksymalna prędkość obrotowa formy	obr/min	33
Maksymalna prędkość obrotowa ramienia	obr/min	33
Masa zespołu rotacyjnego	kg	80
Masa zespołu grzeijnego wraz z podstawą	kg	300
Całkowita masa urządzenia	kg	400
Wymiary gniazda formy odlewniczej	mm	180×180×180
Moc napędu ruchu obrotowego formy	kW	0,25
Moc napędu ruchu obrotowego ramienia	kW	0,25
Moc komory grzeicznej	kW	12

Następnymi rodzajami urządzeń do odlewania planetarnego stosowanych w przemyśle jest maszyna trójramienna typu karuzelowego (rys. 3). Maszyny te mają jeden piec i dwa obszary chłodzenia. Wynika to z faktu, że czas chłodzenia ma największy wpływ na długość całego cyklu procesu odlewania. Istnieje jednak możliwość, przy specyficznej produkcji, innego podziału stref, np. dwie strefy grzania lub dwie strefy załadunku i rozładunku. Można również spotkać czteroramienną, pięcioramienną maszynę karuzelową, które mają określoną ilość stref grzania, chłodzenia oraz załadunku – rozładunku zgodnie z indywidualnymi życzeniami producenta wyrobów.



Rys. 3. Maszyna do odlewania rotacyjnego typu karuzelowego trójramienna: 1 – formy odlewnicze, 2 – układ grzewczy, 3 – ramię mimośrodowe, 4 – układ chłodzenia [1]

Maszyny do odlewania rotacyjnego rodzaju liniowo-wahadłowego pracować mogą w układzie liniowym albo w układzie kołowym (rys. 4). W maszynie pracującej w układzie liniowym forma transportowana jest w linii prostej po prowadnicy. Zaletą tego układu jest fakt, że czas pobytu w piecu, chłodzenia oraz przebywania w obszarze załadunku – rozładunku są całkowicie niezależne. Jednocześnie dla każdej fazy procesu może być dobrany optymalny czas. W porównaniu z innymi typami maszyn do odlewania rotacyjnego ten typ maszyny jest także ekonomiczny z punktu widzenia oszczędności powierzchni produkcyjnej. Jednakże posiada on jedną zasadniczą wadę, mianowicie czas cyklu jest dla tych maszyn bardzo długi ze względu na fakt, że w chwili, gdy pracuje jeden z układów maszyn, dwa pozostałe stoją nieużytecznie. Skutkiem tego maszyny takiego typu mogą być stosowane tylko dla produkcji małoseryjnej.



Rys. 4. Maszyna do odlewania rotacyjnego typu liniowo-wahadłowego [9]

Maszyny typu skorupowego, charakteryzują się tym, że grzanie i chłodzenie odbywa się w jednej komorze (rys. 5). Formy montowane są zazwyczaj w osi poziomej i po napełnieniu ich proszkiem, górną część komory zamyka się, a wtłoczone do niej gorące powietrze grzeje obracającą się formę. Na końcu etapu grzania, zimne powietrze lub strumień wody kierowane bezpośrednio na formę chłodzi ją z żądaną szybkością. Ten typ maszyny, podobnie jak liniowa maszyna wahadłowa, jest ekonomiczny z punktu widzenia zapotrzebowania na powierzchnię produkcyjną, ale mało ekonomiczny, jeśli chodzi o jej wydajność.



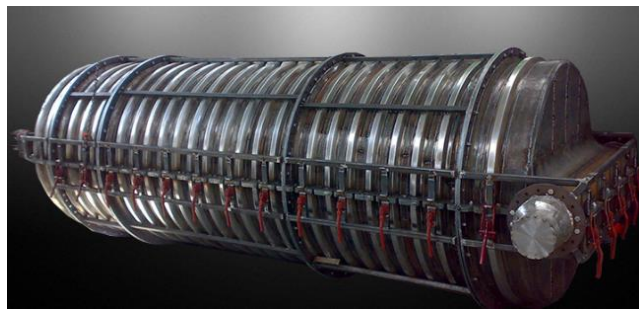
Rys. 5. Maszyna do odlewania rotacyjnego typu skorupowego [4]

Jednym z najwcześniejszych typów maszyn do odlewania rotacyjnego była tzw. "kołyska" (rys. 6). Charakteryzuje się ona tym, że forma obraca się nad otwartym płomieniem ognia, a cała maszyna kołysze się w przód i w tył. Przy takim rozwiązaniu trudna jest jednak kontrola grubości ścianki, więc rozwiązanie to stosowane jest tylko w krajach o niższym poziomie technicznym.



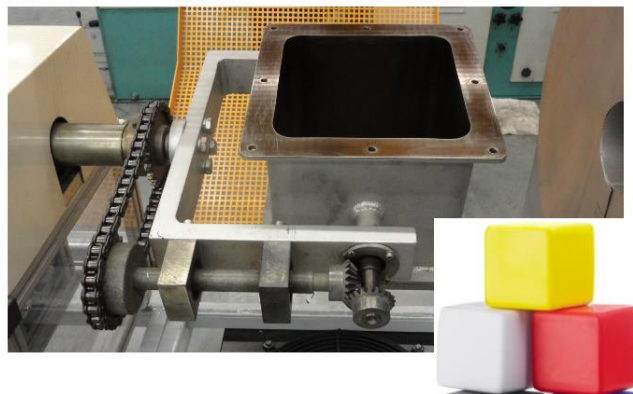
Rys. 6. Maszyna do odlewania rotacyjnego typu kołyskowego [2]

Formy do odlewania rotacyjnego wykonywane są ze stali lub aluminium. W zależności od kształtu wyrobu finalnego, formy różnią się między sobą pod względem stopnia skomplikowania, a co za tym idzie kosztu wytworzenia. Najtańsze w wykonaniu formy stalowe stosowane są najczęściej w przypadku niezbyt skomplikowanych kształtów. Formy aluminiowe – odlewane lub kształtowane w procesie obróbki maszynowej – umożliwiają osiąganie praktycznie dowolnych kształtów, stanowiąc doskonałe możliwości w zakresie projektowania nowych wyrobów. Dzięki odpowiedniej konstrukcji formy mogą być wieloelementowe w zależności od skomplikowania produktu. Dodatkowo formy mogą być wykonane jako formy modułowe dzięki temu można uzyskać wiele wariantów produktu oszczędzając kosztów wytworzenia wielu podobnych form (rys. 7).



Rys. 7. Stalowa forma modułowa [7]

Wygląd formy odlewniczej do odlewania rotacyjnego znajdującego się na wyposażeniu laboratorium Katedry Procesów Polimerowych Politechniki Lubelskiej oraz uzyskanego wytworu zaprezentowano na rysunku 8. Forma odlewnicza jest wykonana z grubościennego, stalowego profilu. Wnętrze formy jest wypolerowane, aby zapewnić łatwe wyciągnięcie uformowanego odlewu. Forma od góry i od dołu jest zamknięta pokrywami mocowanymi do kołnierza za pomocą śrub. Do korpusu formy są przyspawane czopy łożyskowe w łożyskach ramienia. Na dłuższym z czopów jest umieszczone koło zębate stożkowe, służące do przekazywania ruchu obrotowego.



Rys. 8. Wygląd formy odlewniczej do odlewania rotacyjnego znajdującego się na wyposażeniu laboratorium Katedry Procesów Polimerowych Politechniki Lubelskiej oraz wykonanego wytworu

Z uwagi na sposób nagrzewania formy odlewniczej wśród maszyn do odlewania rotacyjnego występują maszyny z formami ogrzewanymi pośrednio (w komorze grzejnej przy pomocy gorącego powietrza) lub bezpośrednio (rezystancyjnie lub płomieniowo, bez komory cieplnej) [5].

Odlewanie rotacyjne stwarza różnorodne możliwości i znajduje szeroki zakres zastosowań. Jest idealną metodą wytwarzania wielu produktów poczynając od części pojazdów i urządzeń, zbiorników paliwa i pojemników na żywność po produkty użytkowe, gdzie kluczową rolę odgrywa estetyka (rys. 8). Obszar zastosowania odlewania rotacyjnego można podzielić na cztery główne podgrupy:

- zbiorniki wody,
- produkty techniczne (obudowy, prowadnice, zbiorniki hydrauliczne),
- przemysł samochodowy (zbiorniki paliwa, oleju i wody, deski rozdzielcze, prowadnice, obudowy filtrów, dachy, osłony),
- logistyka (palety, pojemniki na odpady).



Rys. 9. Przykłady wyrobów z tworzyw polimerowych otrzymanych za pomocą odlewania rotacyjnego [10]

2. Wady i zalety odlewania rotacyjnego

Do podstawowych zalet odlewania rotacyjnego należą:

- możliwość wytwarzania pustych wewnątrz wyrobów bez konieczności stosowania dodatkowych operacji,
- brak naprężeń wewnętrznych w odlewach,
- niskie koszty form w porównaniu do innych technologii,
- krótki czas wytworzenia formy,
- brak lub niewielkie straty tworzywa w procesie produkcji,
- możliwość jednoczesnej produkcji różnorodnych wyrobów z użyciem jednej maszyny,
- możliwość produkcji wyrobów ze zintegrowanymi elementami metalowymi (np. kołnierze, elementy gwintowane) wykorzystywanymi do montażu osprzętu [1, 9].

Do wad odlewania rotacyjnego można zaliczyć:

- długi czas cyklu wytwarzania odlewu,
- niska wydajność,
- duża energochłonność i niska sprawność,
- odpowiednia konstrukcja odlewów, w której należy unikać ostrych krawędzi i gwałtownych zmian wymiarów [5].

3. Podsumowanie

Odlwanie rotacyjne stwarza różnorodne możliwości i znajduje szeroki zakres zastosowań. Jest idealną metodą wytwarzania wielu produktów poczynając od części pojazdów i urządzeń, zbiorników paliwa i pojemników na żywność po produkty użytkowe, gdzie kluczową rolę odgrywa estetyka.

Produkty wytworzone w tej technologii po zakończeniu okresu eksploatacji mogą być w pełni przetwarzalne i poddane recyklingowi.

Rosnąca wciąż ilość tworzyw możliwych do przetworstwa metodą odlewania rotacyjnego stanowi dodatkowy stymulator rozwoju konstrukcji maszyn realizujących ten proces przetwórczy oraz współpracujących z nimi form odlewniczych, mający na celu zapewnienie zachowanie coraz bardziej zaawansowanych warunków przetworstwa oraz sprostanie rosnącym wymaganiom dotyczącym jakości odlewów i opłacalności wytwarzania elementów z tworzyw otrzymywanych metoda odlewania rotacyjnego [1, 4].

Literatura

- [1] Anandha R. M., Throne J. M.: Principles of rational molding. Polymer Engineering and Science XII/2004, 237–264.
- [2] Bursa J.: Rotacyjne formowanie polimerów – ponownie docenione. Seminarium Tworzywa sztuczne w Budowie Maszyn VI 2006, 85–90.
- [3] Crawford R. J., Kearns M. P.: Practical Guide to Rotational Molding. Rapra Technology Limited, Belfast 2003.
- [4] Crawford R. J.: Rotational Moulding of Plastics. Research Studies Press 1996.
- [5] Jachowicz T.: Rodzaje maszyn do odlewania rotacyjnego. Tworzywa Sztuczne i Chemia III/2009, 72–76.
- [6] magazynprzemyslowy.pl/produkcja/Technologia-odlewania-rotacyjnego-tworzyw-sztucznych,9566,1 (available: 10.08.2015).
- [7] metria.pl/uslugi-rot-formy-rotomoulding/ (available:10.08.2015).
- [8] Olson I. G., Gogos G., Pashon V.: Axisymmetric finite element models for rotational molding. International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow IX/1999, 515–542.
- [9] rotopol.put.poznan.pl/index.php?c=rotomolding-theory (available: 11.08.2015).
- [10] Szostak M.: Maszyny w technologii odlewania rotacyjnego. Plastics Review 2003. Vol. II, 63–65.
- [11] Szostak M.: Technologia odlewania rotacyjnego. Plastics Review IV/2002, 60–68.

Mgr inż. Karolina Głogowska
e-mail: k.glogowska@pollub.pl

Mgr inż. Karolina Głogowska jest absolwentem Wydziału Mechanicznego Politechniki Lubelskiej na kierunku Inżynieria Materiałowa, specjalność: materiały funkcjonalne. Temat jej pracy magisterskiej dotyczył geometrycznych i strukturalnych wad w elementach obrabianych cieplnie. Od 2013 roku pracuje na stanowisku asystenta w Katedrze Technologii i Przetwórstwa Tworzyw Polimerowych. W październiku 2015 roku rozpoczęła studia III stopnia na kierunku budowa i eksploatacja maszyn na Wydziale Mechanicznym Politechniki Lubelskiej.



otrzymano/received: 22.06.2016

przyjęto do druku/accepted: 01.06.2017