

Maszyna do formowania rotacyjnego – konstrukcja, budowa i analiza działania

Christian Scheffler¹, Dariusz Skibicki^{2*}

¹ Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Polska; e-mail: christianscheffler97@gmail.com

² Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Polska; e-mail: dariusz.skibicki@pbs.edu.pl

* Autor korespondencyjny: dariusz.skibicki@pbs.edu.pl

Streszczenie: Formowanie tworzyw to jedna z ważniejszych, ale jednocześnie i nowych technologii stosowanych w przemyśle tworzyw polimerowych. W pracy zaprezentowano realizację procesu formowania tworzywa termoplastycznego metodą rotacyjną. W tym celu wykorzystano maszynę formującą zaprojektowaną i w całości wykonaną przez dyplomanta Wydziału Inżynierii Mechanicznej. W artykule zamieszczono prezentację projektu oraz prezentację maszyny. Przedstawiono także analizę funkcjonalności urządzenia oraz analizę jakości produktu wytworzonego za jego pomocą.

Słowa kluczowe: proces konstrukcyjny, tworzywa polimerowe, formowanie rotacyjne

Rotational molding machine – design, construction and performance analysis

Christian Scheffler¹, Dariusz Skibicki^{2*}

¹ Bydgoszcz University of Science and Technology, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Poland; e-mail: christianscheffler97@gmail.com

² Bydgoszcz University of Science and Technology, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Poland; e-mail: dariusz.skibicki@pbs.edu.pl

* Correspondent author: dariusz.skibicki@pbs.edu.pl

Summary: Molding of plastics is one of the important but also new technologies used in the polymer plastics industry. This paper presents the implementation of the rotational molding process of a thermoplastic material. For this purpose, a forming machine was used, designed and entirely made by a graduate of the Faculty of Mechanical Engineering. The work includes a presentation of the project and the presentation of the machine. The article also presents an analysis of the functionality of the device and an analysis of the quality of the product made with it.

Key words: design process, polymers, rotational molding

1. Wstęp

Formowanie tworzyw to jedna z ważniejszych technologii w przemyśle tworzyw polimerowych. Technologia ta jest stosunkowo nowym rodzajem branży przetwórstwa tworzyw sztucznych, chociaż jej najintensywniejszy rozwój przypadł już na lata sześćdziesiąte i siedemdziesiąte dwudziestego wieku [1]. Oczywiście rozwijały się wówczas także inne techniki formowania, takie jak wtryskiwanie, wytłaczanie, ale także i odlewanie. Jednak dopiero pod koniec ubiegłego wieku zautomatyzowano wiele zabiegów tego procesu – począwszy od załadunku tworzywa do formy, aż po jego wydobywanie z formy. Dzisiaj technologia formowania rotacyjnego dalej rozwija się dynamicznie [2]. Jest to możliwe za sprawą możliwości produkowania wyrobów o bardzo złożonych kształtach i szerokiej gamie gabarytów. Należy też wspomnieć, że proces formowania rotacyjnego charakteryzuje się dużą wydajnością. Warto dodać, że wraz z rozwojem branży tworzyw sztucznych podjęto próby wykorzystania coraz to nowych gatunków tworzyw polimerowych oraz nowych dodatków do nich, np. barwników. Rozwój branży dotyczy też systemów kontroli temperatury formowania oraz np. nowych technik formowania rotacyjnego z jednoczesnym rozdmuchem [3, 4].

Celem pracy jest przedstawienie autorskiego projektu i wykonanej na jego podstawie maszyny, realizującej proces formowania metodą rotacyjną dla termoplastycznego tworzywa polimerowego. W artykule zamieszczono również analizę funkcjonalności urządzenia oraz analizę jakości gotowego produktu.

Niniejsza publikacja jest wynikiem pracy dyplomowej współautora, Christiana Schefflera [5].

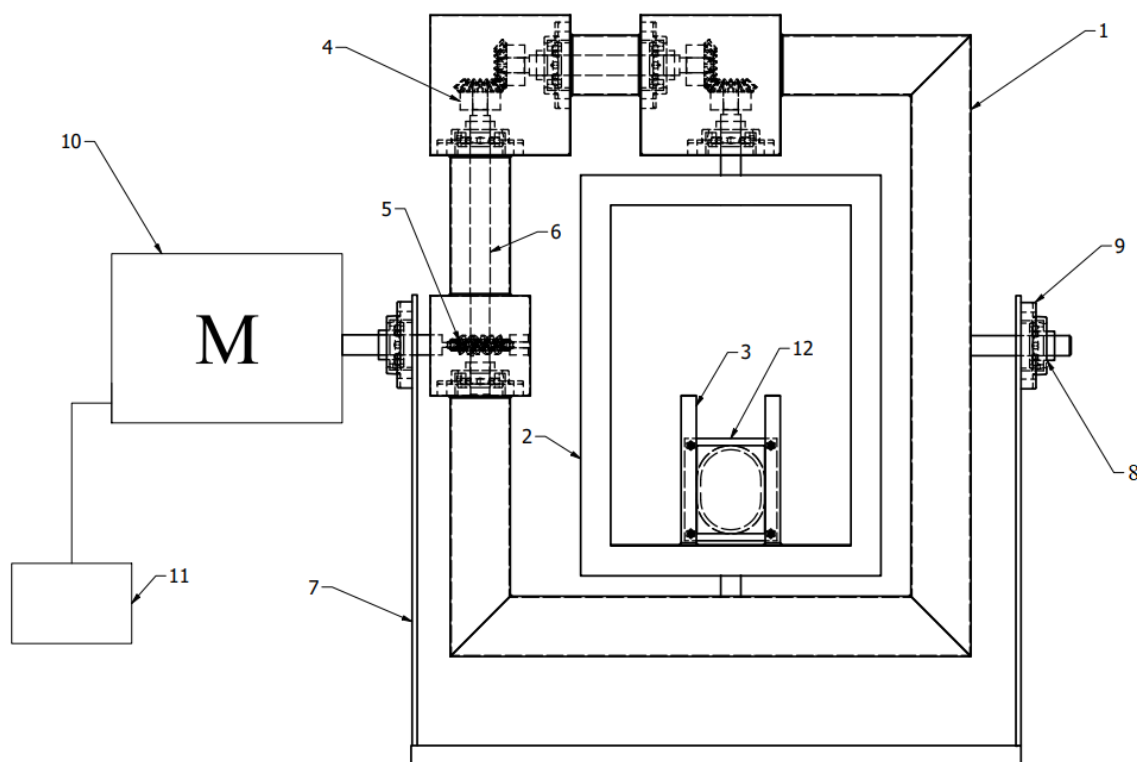
2. Założenia konstrukcyjne

Projekt urządzenia do formowania rotacyjnego oparto na następujących założeniach konstrukcyjnych:

- maszyna jest przeznaczona do produkcji jednostkowej,
- odlewanie w formie powinno następować w wyniku ruchu planetarnego dwóch współdziałających ze sobą ramion,
- urządzenie powinno być wykonane z lekkich materiałów, takich jak stopy aluminium,
- wymiary gabarytowe urządzenia powinny być jak najmniejsze,
- konstrukcja powinna składać się z następujących zespołów: dwóch obracających się ram, układu napędowego, układu sterowania, formy oraz stojaka,
- układ sterowania powinien pozwalać na regulowanie prędkości obrotowych ram,
- zarówno rama wewnętrzna jak i zewnętrzna powinny być oddzielnie napędzane,
- elementy konstrukcji mają być połączone za pomocą spawania nietopliwą elektrodą wolframową w osłonie gazu obojętnego,
- połączenia elementów nie nadających się do spawania powinny być wykonane przy użyciu kleju epoksydowego.

3. Projekt

Konstrukcja maszyny jest stosunkowo prosta. Maszyna zbudowana jest z ramy wewnętrznej i zewnętrznej. Ramy te obracają się względem siebie w dwóch prostopadłych do siebie osiach. Do ramy wewnętrznej zamontowana jest dzielona forma. Ramy osadzone są w stojaku. Ponadto maszyna wyposażona jest w układ napędowy, w skład którego wchodzi: zespół przekładni, silnik prądu przemiennego oraz układ sterowania złożony z regulatora obrotów. Ramę zewnętrzną wykonano za pomocą spawania duraluminiowych profili i płaskowników (rys. 1).



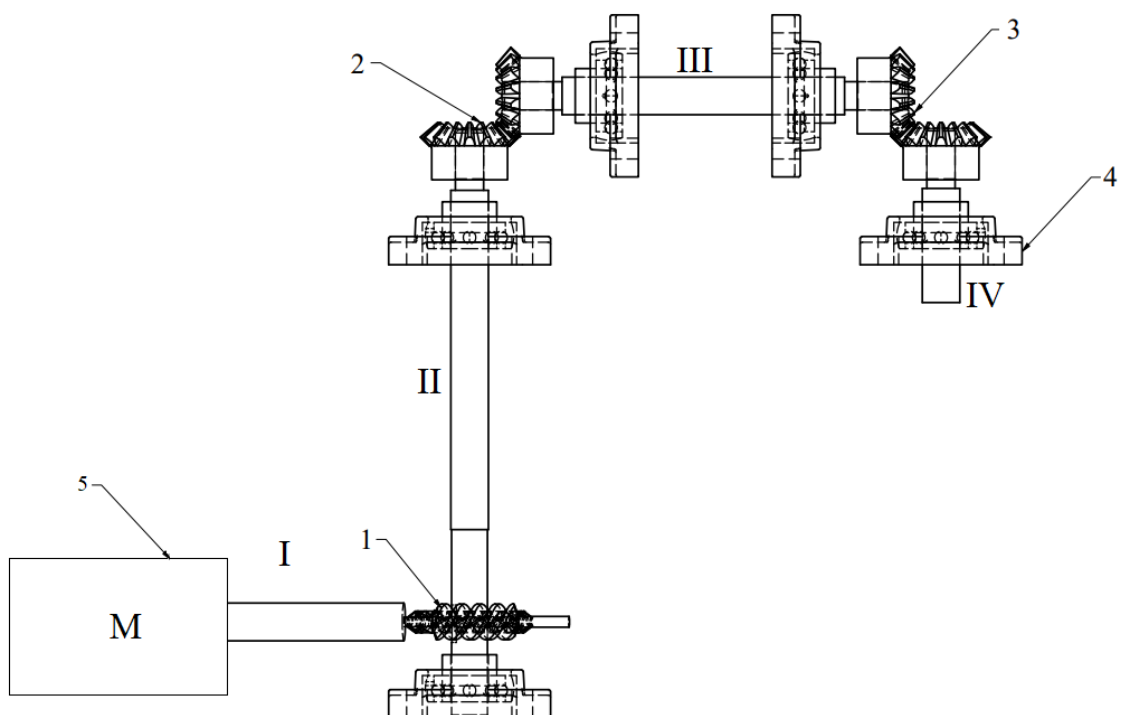
Rys. 1. Schemat maszyny do formowania rotacyjnego: 1 – rama zewnętrzna obracająca się względem osi X, 2 – rama wewnętrzna obracająca się względem osi Y, 3 – mocowanie formy, 4 – przekładnia kątowa 90°C, 5 – przekładnia ślimakowa, 6 – wałek napędowy, 7 – stojak, 8 – łożysko kulkowe, 9 – oprawa łożyska, 10 – silnik, 11 – regulator obrotów silnika, 12 – forma [5]

Fig. 1. Schematic diagram of the rotational molding machine: 1 – Outer frame rotating about the X axis, 2 – Inner frame rotating about the Y axis, 3 – mold mounting, 4 – angular gear 90°C, 5 – Worm gear (worm and worm), 6 – drive shaft, 7 – stand with arms, 8 – self-aligning ball bearing, 9 – bearing housing, 10 – motor, 11 – motor voltage revolutions controller, 12 – form [5]

Rama wewnętrzna, także spawana, jest wykonana z profili aluminiowych. Rama wewnętrzna posiada możliwość mocowania formy. Sama forma może być wymieniana w zależności od profilu produkcji. Forma, wykonana z duraluminium PA9, składa się z dwóch części. Obie ramy zawierają wałki napędowe, przez które wprowadzony jest ruch obrotowy. Na wałkach osadzono przekładnie stożkowe

i ślimakowe, wykonane ze stali. Ślimacznica oraz koła stożkowe zostały zamocowane na wałkach napędowych, wykorzystując wcisk. Wałki napędowe zostały ułożyskowane. Napęd zamontowano na ramie zewnętrznej. Rama ta pełni jednocześnie funkcję obudowy mechanizmu. Stojak został wykonany ze stalowych płaskowników o grubości 5 mm oraz drewnianej deski. Napęd urządzenia stanowią dwa silniki prądu przemiennego. Pierwszy silnik napędza układ ramy wewnętrznej, zaś drugi – ramę zewnętrzną.

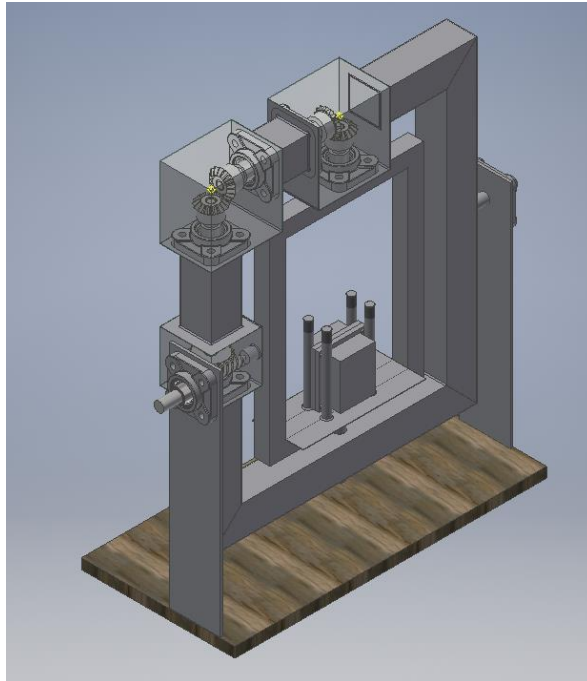
Na rys. 2 przedstawiono schemat układu napędowego. Składa się on z trzech przekładni, silnika prądu przemiennego oraz czterech wałków. Układ napędowy umieszczony jest w zewnętrznej ramie maszyny.



Rys. 2. Schemat układu napędowego: 1 – przekładnia ślimakowa, 2 i 3 – przekładnia kątowna, 4 – węzeł łożyskowy, 5 – silnik [5]

Fig. 2. Diagram of the drive system: 1 – Worm gear (worm and worm wheel), 2, 3 – angular gear 90°C, 4 – bearing unit, 5 – motor [5]

Trójwymiarowy model całej maszyny do formowania rotacyjnego pokazano na rys. 3.



Rys. 3. Model maszyny do formowania rotacyjnego [5]
Fig. 3. Rotational molding machine model [5]

4. Maszyna do formowania rotacyjnego i badanie jej funkcjonalności

4.1. Opis urządzenia

Na podstawie dokumentacji technicznej wykonano maszynę do formowania rotacyjnego. Warto zaznaczyć, że maszyna ta została samodzielnie i w całości wykonana przez dyplomanta (rys. 4).



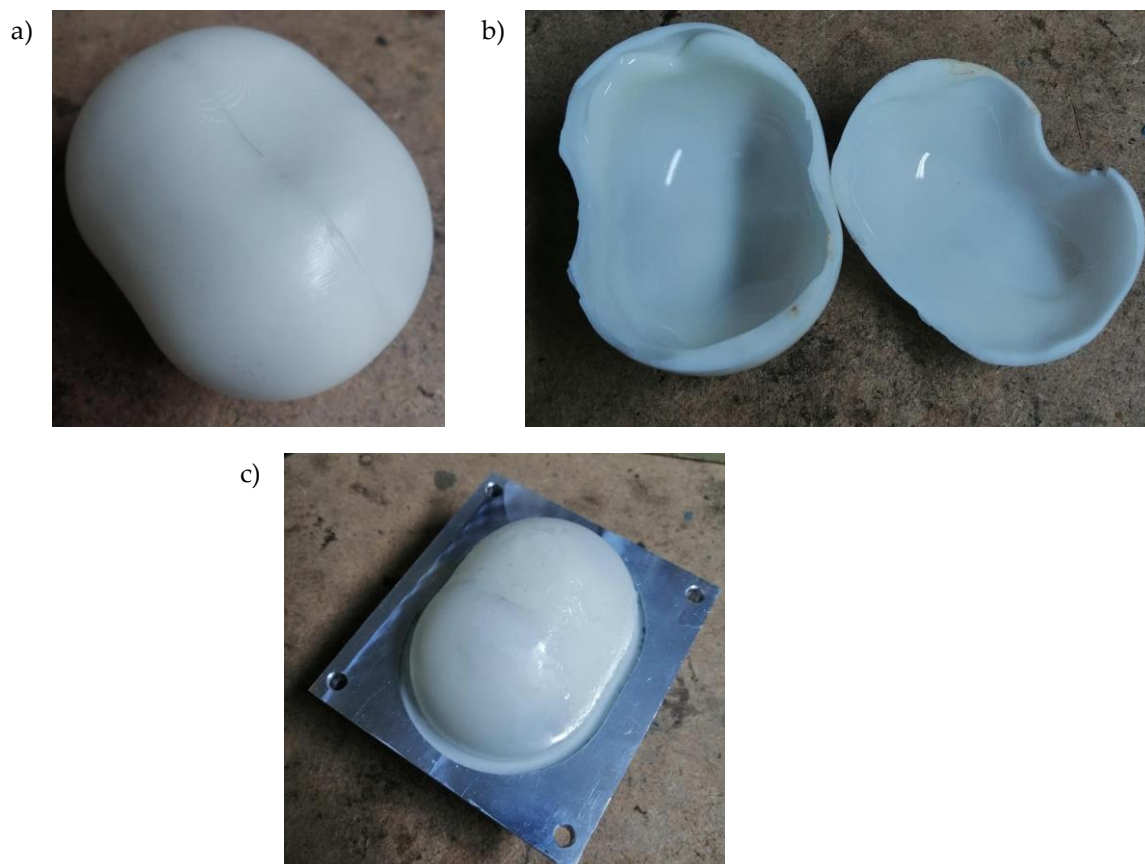
Rys. 4. Model maszyny do formowania rotacyjnego [5]
Fig. 4. Rotational molding machine model [5]

4.2. Przygotowanie materiału do formowania

Do procesu formowania użyto żywicy poliuretanowej RenCast FC52, która zawiera dwa składniki: polioli i izocyjanian. Według instrukcji obsługi dostarczonej przez producenta temperatura otoczenia podczas przygotowania tworzywa powinna wynosić co najmniej 20°C, zaś wilgotność otoczenia nie powinna przekraczać 60%. Składniki należy najpierw oddzielnie wymieszać, aby zapobiec ich rozwarstwieniu. Następnie należy połączyć je ze sobą w proporcji 1:1. Mieszanie prowadzi się do momentu osiągnięcia jednolitej mieszaniny. Tak przygotowaną mieszaninę wlewa się do formy. Forma przed napełnieniem żywicą musi być osuszona oraz pozabawiona wszelkich zanieczyszczeń. Proces formowania trwa około 15–20 min.

4.3. Charakterystyka gotowego produktu

Za pomocą zaprojektowanego urządzenia wyprodukowano element w kształcie elipsoidy. Element ten ma wymiary 60x80 mm (rys. 5). Grubość ścianki elementu wynosi średnio 4,5 mm. Nie udało się zapewnić jednakowej grubości elementu. Niebarwiony element ma kolor beżowy. W produkcie finalnym występują linie łączenia formy, niekiedy w formie wypłytki. Wynika to z niskiej klasy dokładności elementów formy. Waga gotowego wyrobu wynosi około 54 g.



Rys. 5. Gotowy produkt w całości (a), jego wnętrze (b) oraz wygląd po otwarciu formy (c) [5]

Fig. 5. The finished product as a whole (a), its interior (b) and its appearance after opening the mold (c) [5]

5. Wnioski

W ramach niniejszej pracy zaprojektowano i wykonano maszynę do odlewania rotacyjnego. Do budowy urządzenia wykorzystano gotowe przekładnie oraz łożyska. Inne elementy konstrukcji, takie jak ramy czy wałki, wykonano we własnym zakresie. Metalowe elementy konstrukcji spawano. Elementy, które nie mogły być w ten sposób łączone, zostały sklejone.

Wykonany za pomocą tego urządzenia element ma wady. Są to: niejednolita grubość oraz widoczne miejsca połączeń formy, niekiedy w postaci wypływki.

Wydaje się, że problemy te można łatwo wyeliminować, zwiększając dokładność wykonania formy, wprowadzając możliwość ogrzewania formy oraz dostosowując prędkości obrotowe ramion maszyny.

Bibliografia

- [1] Crawford, R.J., Kearns, M.P., „Practical guide to rotational moulding”, Smithers rapra press, 2003.
- [2] Drummer, D., Löhner, M., Mattner, T., „Fundamental proces knowledge on rotational molding”, <https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e5b1718fa4&appId=PPGMS> (2016).
- [3] Głochowska, K., „Rozwiązania konstrukcyjne maszyn do odlewania rotacyjnego tworzyw polimerowych”, IAPGOŚ 2(2017).
- [4] Jachowicz, T., „Technologia odlewania rotacyjnego”, Politechnika Lubelska, Postępy Nauki i Techniki 4(2010).
- [5] Scheffler, Ch., „Konstrukcja maszyny do formowania rotacyjnego”, praca inżynierska, Wydział Inżynierii Mechanicznej Politechniki Bydgoskiej, Bydgoszcz 2021.



© 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).