

Dr hab. inż. Marek Szostak, prof. PP
Wydział Inżynierii Mechanicznej
Instytut Technologii Materiałów
Zakład Tworzyw Sztucznych
Politechniki Poznańskiej

Poznań, 8 listopada 2024r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Karoliny GŁOGOWSKIEJ
pt. „Odlewanie rotacyjne polietylenu z zastosowaniem form z różnych materiałów
metalicznych”
wykonanej pod kierunkiem
Promotora prof. dr hab. inż. Janusza Sikory

Podstawą do wykonania recenzji było pismo nr RDN/IM/ 202/2024
Zastępcy Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna
Politechniki Lubelskiej
dr hab. inż. Jarosława Bieniasz z dnia 11.09.2024 r.

oraz

Umowa o dzieło nr RDN/IM/53/2024 z dnia 13.09.2024 roku

Podstawowe informacje o mgr inż. Karolinie Głogowskiej

Pani mgr inż. Karolina Głogowska stopień inżyniera uzyskała w dniu 02.02.2011 r. na Politechnice Lubelskiej na Wydziale Mechanicznym, kierunek Inżynieria Materiałowa, a stopień magistra 23.10.2012 r. również na Politechnice Lubelskiej na Wydziale Mechanicznym na kierunku Inżynieria Materiałowa, specjalność Materiały Funkcjonalne. Wcześniej nie ubiegała się o tytuł doktora.

Przebieg pracy naukowo-zawodowej

01.10.2013 – obecnie Asystent na Wydziale Mechanicznym Politechniki Lubelskiej w Katedrze Technologii i Przetwórstwa Tworzyw Polimerowych. Praca na stanowisku naukowo-dydaktycznym.

Dorobek naukowy

Prowadzone przez Panią Karolinę Głogowską badania zaowocowały przygotowaniem 31 artykułów, jednego samodzielnego i trzydziestu, w których była współautorem (jest pierwszym autorem dwudziestu dwóch z nich) oraz 8 publikacji w monografiach naukowych (dwukrotnie pierwszy autor). Jest również współautorem 10 patentów i 5 zgłoszeń patentowych. Pani mgr inż. Karolina Głogowska brała udział w realizacji 3 europejskich projektów badawczych oraz jednego krajowego, gdzie pełniła rolę kierownika zespołu badawczego. Doktorantka uczestniczyła w 10 konferencjach zagranicznych i 9 krajowych, czterokrotnie brała również udział w wystawach wynalazków w Rumunii, Szwajcarii i dwa razy w Niemczech, uzyskując dwa złote medale, jeden srebrny i jeden brązowy.

Według bazy **Scopus** jej **21** publikacji cytowanych było **78** razy a indeks Hirscha wynosi **5** (dane na dzień 05.11.2024), według bazy **Web of Science** **14** publikacji cytowanych było **44** razy, Index Hirscha **4** a według bazy **Google Scholar** - **37** publikacji Doktorantki cytowanych było **97** razy a Index Hirscha wynosi **5**. Dorobek publikacyjny Pani Karoliny Głogowskiej dał łącznie 1875 punktów MEiN i należy ocenić go jako bardzo dobry.

Informacje o ocenianej rozprawie doktorskiej

Tytuł rozprawy **mgr inż. Karoliny Głogowskiej** to: **„Odlewanie rotacyjne polietylenu z zastosowaniem form z różnych materiałów metalicznych.”**

Promotorem rozprawy jest **prof. dr hab. inż. Janusz Sikora**.

Ocena układu rozprawy doktorskiej

Praca o objętości 207 stron zawiera: spis treści, wykaz oznaczeń, wprowadzenie, 3 rozdziały z analizą stanu wiedzy oraz pięć rozdziałów głównych: (1) Program, metodyka i technika badań, (2) Badania doświadczalne odlewania rotacyjnego, (3) Wyniki badań eksperymentalnych odlewów, (4) Wyniki optymalizacji procesu odlewania rotacyjnego oraz (5) podsumowanie i wnioski końcowe. Kolejne części pracy to: literatura, streszczenie w języku polskim i angielskim oraz spis rysunków i tabel.

We wprowadzeniu Doktorantka zasygnalizowała znaczenie materiałów polimerowych w życiu codziennym oraz dynamiczny rozwój technologii odlewania rotacyjnego w zastosowaniach przemysłu przetwórstwa tworzyw sztucznych. Wskazała w nim, że na dzień dzisiejszy brak jest szczegółowych analiz naukowych tej technologii co skłoniło Doktorantkę do podjęcia prac w tym zakresie i zapełnienia zaobserwowanej luki badawczej oraz

przyczynienia się, poprzez realizację badań w ramach doktoratu, do głębszego zrozumienia mechanizmów rządzących odlewaniem rotacyjnym.

W rozdziale drugim „Analiza stanu zagadnienia” doktorantka opisała krótko charakterystykę procesu odlewania rotacyjnego tworzyw polimerowych, modelowanie procesu odlewania rotacyjnego za pomocą programu RotoSim, opisała maszyny i formy odlewnicze oraz tworzywa polimerowe stosowane do odlewania rotacyjnego. Przedstawiła wady i zalety procesu odlewania rotacyjnego oraz główne obszary zastosowań tego procesu technologicznego.

W kolejnym rozdziale rozprawy, pt.: „Czynniki charakteryzujące proces odlewania rotacyjnego” Pani mgr inż. Karolina Głogowska opisała podstawowe parametry technologiczne procesu, a mianowicie: prędkość obrotową formy, temperaturę i czas ogrzewania formy odlewniczej, temperaturę i czas chłodzenia oraz ciśnienie w gnieździe formującym.

Ostatni z rozdziałów z części teoretycznej zawiera podsumowanie przeglądu literatury i uzasadnienie podjęcia tematyki doktoratu.

Część doświadczalną pracy otwiera rozdział czwarty: „Program, metodyka i technika badań”, w którym Doktorantka przedstawiła cel i hipotezy badawcze rozprawy. Głównym celem naukowym rozprawy jest określenie wpływu rodzaju materiału konstrukcyjnego formy odlewniczej, grubości ścianki formy odlewniczej, czasu ogrzewania formy odlewniczej oraz temperatury w komorze grzejnej na proces odlewania rotacyjnego i właściwości odlewów otrzymywanych z liniowego polietylenu małej gęstości.

Doktorantka sformułowała w nim również dwie hipotezy badawcze, stwierdzające, że:

- po pierwsze, dobór materiału konstrukcyjnego formy odlewniczej, grubości ścianki formy odlewniczej, temperatury w komorze grzejnej i czasu ogrzewania formy odlewniczej wpływa na przebieg i czas cyklu odlewania rotacyjnego liniowego polietylenu małej gęstości - LLDPE,
- po drugie, występują różnice we właściwościach odlewów z liniowego polietylenu małej gęstości w zależności od użytego materiału konstrukcyjnego formy odlewniczej, grubości ścianki formy odlewniczej, temperatury w komorze grzejnej oraz czasu ogrzewania formy odlewniczej.

W rozdziale tym Doktorantka przedstawiła też plan i metodykę badań doświadczalnych, stanowisko badawcze, aparaturę i metodykę pomiarową, opisy statystycznego opracowania wyników badań oraz optymalizacji procesu odlewania rotacyjnego.

W rozdziale piątym „Modelowanie procesu odlewania rotacyjnego” doktorantka przedstawiła schemat modelowania procesu odlewania rotacyjnego w programie RotoSim, zaprezentowała wyniki symulacyjnych badań komputerowych oraz sformułowała wnioski z przeprowadzonych symulacji.

Rozdział 6 pt.: „Badania doświadczalne odlewania rotacyjnego” opisuje weryfikację wyników symulacji numerycznych w przeprowadzonych badaniach doświadczalnych. W badaniach symulacyjno-doświadczalnych porównywano rozkład temperatury w gnieździe formującym formy odlewniczej, przyrost temperatury w gnieździe oraz czas cyklu odlewania rotacyjnego. Doktorantka przeanalizowała w nim również zużycie energii elektrycznej potrzebnej do realizowania procesu odlewania przy różnych parametrach technologicznych. Powyższe analizy pozwoliły na zaobserwowanie zależności przebiegu tego procesu od czynników zmiennych oraz sformułowanie najważniejszych wniosków i ustaleń.

Kolejny ważny rozdział rozprawy to „Wyniki badań eksperymentalnych odlewów”. Doktorantka opisała w nim próby oceny wpływu materiału konstrukcyjnego formy odlewniczej, grubości ścianki formy odlewniczej oraz temperatury w komorze grzejnej na właściwości próbek odlewów z liniowego polietylenu małej gęstości. Przeanalizowała wybrane właściwości mechaniczne, dynamiczne, cieplne i strukturalne a uzyskane wyniki badań eksperymentalnych potwierdziły istotny wpływ czynników zmiennych przyjętych w pracy na analizowane właściwości próbek odlewów z PE-LLD.

Rozdział 8 „Wyniki optymalizacji procesu odlewania rotacyjnego” opisuje przebieg optymalizacji tego procesu przy zastosowaniu metody Taguchiego celem znalezienia takich wartości zmiennych niezależnych, które zapewnią oczekiwaną jakość odlewu wykonanego z liniowego polietylenu małej gęstości. Optymalizację wykonano dla dwóch cech jakościowych odlewów: wytrzymałości na rozciąganie i parametru chropowatości Ra.

Ostatni rozdział rozprawy to „Podsumowanie i wnioski końcowe” sformułowane przez Doktorantkę. Obejmuje on wnioski poznawcze, użytkowe i końcowe oraz kierunki dalszych prac.

Po części doświadczalnej Autorka umieściła: literaturę (157 pozycji), streszczenie, abstract, spis rysunków i tabel.

Praca ma więc typowy dla prac doktorskich układ obejmujący: opis zagadnień dotyczących przedmiotu badań, przedstawienie celu i zakresu pracy, część dotyczącą materiałów i metod badawczych, przedstawienie wyników badań i ich dyskusję, podsumowanie i wnioski końcowe oraz bibliografię.

Praca napisana jest poprawnym językiem, zredagowana jest bardzo starannie i zawiera nieliczne błędy redakcyjne i literowe. Redakcja pracy jest przejrzysta a podział na rozdziały logiczny. Treści o charakterze formalnym są sformułowane w sposób ścisły a ponadto dla ich lepszego zilustrowania zamieszczono właściwie dobrane rysunki (68) i tabele (34).

Ocena zastosowanego piśmiennictwa

Autorka rozprawy w bibliografii zawarła 154 pozycji dotyczących tematyki pracy, w tym 9 pozycji własnych. Zdecydowana większość pozycji literaturowych to odnośniki w języku angielskim (127). Zacytowane przez Doktorantkę pozycje literatury zostały dobrane we właściwy sposób zarówno w analizie literatury, jak i w opisie metodyki badań oraz analizie wyników. W bibliografii mogłoby się znaleźć nieco więcej pozycji z ostatnich 5 lat (2020-2024).

Ocena celu rozprawy

Głównym celem rozprawy było, jak wspomniałem powyżej, określenie wpływu rodzaju materiału konstrukcyjnego formy odlewniczej, grubości ścianki formy odlewniczej, czasu ogrzewania formy odlewniczej oraz temperatury w komorze grzejnej na proces odlewania rotacyjnego i właściwości odlewów z liniowego polietylenu małej gęstości.

Celem dodatkowym było natomiast wyznaczenie zależności, opisujących wpływ wymienionych czynników niezależnych na oznaczane właściwości próbek odlewów z LLDPE. Opracowane zależności będą stanowiły teoretyczną bazę dla określania warunków przetwórstwa wpływających korzystnie na właściwości odlewów z liniowego polietylenu małej gęstości.

Na bazie przeprowadzonych badań symulacyjnych i eksperymentalnych wykazano, że materiał konstrukcyjny formy odlewniczej, grubość ścianki formy, temperatura w komorze grzejnej i czas ogrzewania formy mają istotny wpływ na przebieg i czas cyklu odlewania rotacyjnego liniowego polietylenu małej gęstości. Na bazie przeprowadzonych badań doświadczalnych wykazano natomiast, występują różnice we właściwościach odlewów z liniowego polietylenu małej gęstości w zależności od użytego materiału konstrukcyjnego formy odlewniczej, grubości ścianki formy odlewniczej, temperatury w komorze grzejnej oraz czasu ogrzewania formy odlewniczej. Czynniki te mają istotny wpływ na właściwości mechaniczne, cieplne, powierzchniowe i strukturalne odlewów z LLDPE. Potwierdzono

zatem, że poprzez odpowiedni wybór warunków odlewania rotacyjnego, można wpływać na uzyskanie odlewów o oczekiwanych właściwościach użytkowych.

Przedstawione w pracy wyniki badań symulacyjnych, eksperymentalnych i doświadczalnych procesu odlewania rotacyjnego w funkcji wielu zmiennych technologicznych i materiałowych na właściwości odlewów z liniowego polietylenu małej gęstości należy uznać za bardzo ważne z praktycznego punktu widzenia, gdyż mogą mieć one istotne znaczenie w praktyce przemysłowej do ustalania i weryfikacji parametrów procesu odlewania rotacyjnego.

Dynamiczny rozwój zastosowań technologii odlewania rotacyjnego w różnych gałęziach przemysłu sprawia, że dogłębny opis tej technologii z uwzględnieniem bardzo szerokiej gamy zmiennych parametrów materiałowych i procesowych jest bardzo potrzebny i posiada niezaprzeczalne cechy innowacyjności. Oceniana rozprawa poświęcona jest więc aktualnej, ważnej i ciekawej tematyce badawczej.

Cele i hipotezy pracy uważam za właściwie sformułowane i uwzględniające aktualne trendy badawcze.

Ocena zastosowanych metod badawczych

Do realizacji celu rozprawy Autorka zastosowała bardzo szeroki wachlarz metod badawczych. Były to: badania technologiczne procesu odlewania rotacyjnego dla różnych materiałów form, grubości ich ścianek, jak i wybranych parametrów procesowych, badania mechaniczne (wytrzymałości na rozciąganie, twardości), badania odporności na obciążenia dynamiczne w próbie przebiccia udarowego, badania struktury geometrycznej powierzchni odlewu (konturu, chropowatości oraz topografii 3D), badania właściwości cieplnych przy pomocy skaningowej kalorymetrii różnicowej – DSC (dla określenia temperatury topnienia, krystalizacji, ciepła topnienia i stopnia krystaliczności), badania stopnia degradacji za pomocą spektroskopii w podczerwieni z transformatą Fouriera – FTiR, badania struktury za pomocą tomografii komputerowej – CT pomiary rozkładu grubości ścianek odlewu przy pomocy defektoskopu ultradźwiękowego oraz pomiary zużycia energii elektrycznej w procesie odlewania rotacyjnego

Powyższe metody badawcze zostały dobrane właściwie, a ich metodyka została poprawnie opisana. Wyniki przeprowadzonych badań również zostały we właściwy sposób wyznaczone i zinterpretowane.

Ocena merytoryczna pracy

Oceniając merytoryczną stronę rozprawy należy stwierdzić, że jej tytuł „**Odewanie rotacyjne polietylenu z zastosowaniem form z różnych materiałów metalicznych**” adekwatnie oddaje istotę zagadnień, którymi w pracy zajmowała się Doktorantka.

W części teoretycznej rozprawy Autorka przedstawiła przeglądowo technologię odlewania rotacyjnego, maszyny, narzędzia i materiały polimerowe stosowane w tej technologii. Opisała podstawowe parametry procesu technologicznego odlewania rotacyjnego, jego zalety i wady wraz z możliwymi obszarami zastosowań tej technologii.

Część teoretyczną rozprawy, co ważne, zamykają ustalenia podsumowujące przeprowadzoną analizę aktualnego stanu wiedzy z zakresu tematyki pracy oraz uzasadnienie podjęcia tematyki doktoratu. Część teoretyczna napisana została w sposób zwięzły i poprawnym językiem.

Część doświadczalną pracy otwiera rozdział, w którym Doktorantka przedstawiła cele i hipotezy badawcze rozprawy. Głównym celem naukowym rozprawy było określenie wpływu wybranych cech formy odlewniczej i parametrów technologicznych na przebieg odlewania rotacyjnego i właściwości odlewów otrzymywanych z liniowego polietylenu małej gęstości. Aby zrealizować ten cel Autorka rozprawy wykonała bardzo obszerny zakres prac badawczych wymienionych w mojej ocenie zastosowanych metod badawczych.

Doktorantka w wyniku realizacji tych badań wykazała, że materiał konstrukcyjny formy odlewniczej, grubość ścianki formy odlewniczej, temperatura w komorze grzejnej i czas ogrzewania formy odlewniczej mają istotny wpływ na przebieg i czas cyklu odlewania rotacyjnego liniowego polietylenu małej gęstości.

Wartym podkreślenia innym osiągnięciem Autorki jest wykazanie, że powyżej wymienione czynniki wpływają również na strukturę i właściwości wytwarzanych odlewów z liniowego polietylenu niskiej gęstości.

Kolejnymi, wybranymi szczegółowymi rezultatami prac badawczych uzyskanymi przez doktorantkę podczas realizacji doktoratu, są:

a) wnioski poznawcze

1. Komputerowe badania symulacyjne odlewania rotacyjnego wykazały znaczący wpływ materiału konstrukcyjnego formy odlewniczej, grubości ścianki, temperatury w komorze grzejnej oraz czasu ogrzewania na rozkład temperatury na powierzchni formy odlewniczej, temperatury powietrza w gnieździe formującym formy

odlewniczej, temperatury PE-LLD, przebiegu zmian stanów skupienia oraz czasu cyklu odlewania rotacyjnego.

2. Wyniki symulacji komputerowej pokazały również, że najlepszym materiałem konstrukcyjnym formy odlewniczej użytym w badaniach odlewania rotacyjnego jest aluminium.
3. Rodzaj materiału metalicznego użytego do wykonania formy odlewniczej ma wpływ na przebieg fazy ogrzewania i chłodzenia formy odlewniczej z tworzywem, a w konsekwencji na właściwości i strukturę odlewów, przy czym duże znaczenie mają właściwości termiczne materiału konstrukcyjnego formy.
4. Rodzaj materiału metalicznego formy odlewniczej, zwiększenie grubości ścianki i temperatury w komorze grzejnej mają istotny wpływ na wartość zużycia energii elektrycznej.
5. Spośród wszystkich badanych konfiguracji zmiennych czynników, najbardziej jednolity rozkład grubości ścianek odlewów zauważono dla próbek wykonanych z użyciem form odlewniczych z aluminium.
6. Wyniki badań symulacyjnych wykazały wyższą temperaturę w gnieździe formującym formy odlewniczej w porównaniu do badań doświadczalnych (od 3 do 16%) w zależności od analizowanego czynnika zmiennego.
7. Analiza topografii i struktury wewnętrznej próbek z odlewów wykazała obecność wad powierzchniowych i strukturalnych w postaci mikronierówności i pęcherzyków powietrza. Najczęściej wady te występowały w próbkach odlewów wytworzonych przy użyciu stalowych form odlewniczych. Przyczyną ich występowania był nieodpowiedni dobór temperatury w komorze grzejnej, w zależności od rodzaju materiału konstrukcyjnego i grubości ścianki formy odlewniczej oraz za niska temperatura w gnieździe formującym formy odlewniczej.
8. Analiza parametrów chropowatości Ra i Rz wykazała, że najmniejsze wartości badanych właściwości otrzymano przy użyciu aluminiowych form odlewniczych, natomiast największe, w przypadku próbek wytworzonych przy użyciu stalowych form odlewniczych.

b) wnioski uytylitarne

1. Symulacje numeryczne, przeprowadzone przy użyciu oprogramowania RotoSim, pozwalają na dokładną analizę parametrów wpływających na proces odlewania rotacyjnego oraz właściwości odlewu.

2. W procesie odlewania rotacyjnego, kluczową rolę odgrywa prawidłowy dobór czynników wejściowych, takich jak: temperatura w komorze grzejnej i długość fazy ogrzewania. Czynniki te muszą być dobrane w zależności od rodzaju materiału konstrukcyjnego i grubości ścianki formy odlewniczej.
3. Wskazane jest unikanie wysokiej temperatury w komorze grzejnej i długiego czasu fazy ogrzewania dla form odlewniczych wykonanych z materiałów metalicznych o wysokim współczynniku przewodzenia ciepła i małej grubości ścianki formy odlewniczej.
4. Przy stosowaniu form odlewniczych wykonanych z materiałów metalicznych o niskim współczynniku przewodzenia ciepła i grubości ścianki powyżej 5 mm, zaleca się stosowanie wysokiej temperatury w komorze grzejnej lub wydłużenie czasu fazy ogrzewania.
5. Wykorzystanie tomografii komputerowej (CT) do detekcji wad strukturalnych odlewów jest bardzo korzystne, gdyż umożliwia lepsze zrozumienie mechanizmu dyfuzji pęcherzyków powietrza ze ścianek odlewów, co może prowadzić do poprawy jakości finalnych produktów.
6. Zastosowanie metody Taguchiego do optymalizacji procesu odlewania rotacyjnego pozwala na zredukowanie ilości prób. Na podstawie wskaźnika sygnału do szumu można oszacować wpływ odpowiednich czynników zmiennych na zmianę wartości badanych właściwości.

Analiza wyników przeprowadzonych badań doświadczalnych pozwoliła Autorce na sformułowanie wniosków o charakterze poznawczym i użytkowym uwzględniających zależności oraz interakcje pomiędzy badanymi wielkościami (materiałami form, grubością ich ścianek i parametrami procesu odlewania rotacyjnego a właściwościami odlewów wytwarzanych w tej technologii). Łącznie we wnioskach końcowych z pracy Doktorantka przedstawiła 16 wniosków poznawczych i 8 użytkowych. Uzyskane wyniki badań zostały starannie opisane, przeanalizowane i podsumowane.

Otrzymane wyniki mają więc dużą wartość poznawczą i użytkową dla kształtowania procesów odlewania rotacyjnego i właściwości uzyskiwanych w tej technologii odlewów. Praca napisana jest na odpowiednim poziomie naukowym i świadczy o dobrym przygotowaniu doktoranta do prowadzenia samodzielnych badań naukowych.

Ocena omówienia wyników badań

Wyniki badań Doktorantka przedstawiła i omówiła we właściwy sposób. Ich wiarygodność poparta jest bardzo obszerną statystyczną analizą wyników badań. Ponadto przeprowadzona analiza wyników jest dogłębna i odpowiednio poparta wynikami badań przedstawionych w odnośnikach literaturowych pracy.

Ocena możliwości praktycznego zastosowania wyników badań

W ramach rozprawy doktorskiej mgr inż. Karolina Głogowska poszerzyła w znaczący sposób wiedzę na temat procesu odlewania rotacyjnego liniowego polietylenu małej gęstości. Wyznaczone zależności pomiędzy materiałem formy, grubością jej ścianki czy też czasu grzania formy i temperatury formy na właściwości uzyskiwanych odlewów z LLDPE mogą być bardzo przydatne do praktycznych działań związanych z ustawianiem procesu produkcyjnego odlewania rotacyjnego czy też prognozowania właściwości wytrzymałościowych odlewów.

Podkreślić należy fakt, że praca zawiera bardzo obszerny materiał badawczy a uzyskane wyniki przedstawione przez Autorkę mogą stanowić szeroką bazę danych dla konstruktorów, technologów i operatorów maszyn odlewniczych z zakresu doboru materiałów na formy, ich konstrukcji, ustalania parametrów procesu czy sterowania właściwościami wytwarzanych w analizowanej technologii wyrobów.

Należy także podkreślić, że opiniowana rozprawa doktorska może mieć również korzystny wpływ na popularyzację praktycznego zastosowania mało znanej technologii odlewania rotacyjnego w przemyśle.

Ocena oryginalności rozwiązania problemu naukowego

Problem naukowy postawiony w pracy przez Doktorantkę czyli analiza procesów odlewania rotacyjnego liniowego polietylenu małej gęstości z zastosowaniem form z różnych materiałów metalicznych wymagał wykonania wielu form z różnych materiałów metalicznych (stal niskowęglowa, aluminium, mosiądz) o kilku grubościach ich ścianek (3, 5 i 8 mm) oraz przeprowadzenia licznych (i długotrwałych) prób technologicznych z różnymi nastawami wybranych parametrów procesu. W pracy przedstawiono i omówiono wyniki obliczeń numerycznych procesów odlewania rotacyjnego wykonanych w programie RotoSim oraz

porównano je z procesami odlewania rotacyjnego wykonanymi w warunkach rzeczywistych. Przeanalizowano w niej również wpływ powyższych czynników na właściwości mechaniczne, cieplne, powierzchniowe i strukturalne wytwarzanych odlewów.

W związku z faktem, że w literaturze światowej brak jest na dzień dzisiejszy pozycji tak kompleksowo opisujących wpływ doboru materiałów metalicznych na formy do odlewania rotacyjnego oraz oceny różnej grubości ich ścianek na przebieg procesu technologicznego i uzyskiwane w nim właściwości wytwarzanych wyrobów uważam, że podjęta w rozprawie problematyka jest aktualna i o istotnym znaczeniu zarówno naukowym, jak i praktycznym.

Uwagi krytyczne i redakcyjne

Praca przygotowana jest bardzo starannie zarówno z punktu widzenia poprawności metodologicznej pracy, jak i jej zredagowania (w tym graficznego). Mam tylko kilka uwag krytycznych i redakcyjnych do pracy, które przedstawiam poniżej.

Uwagi krytyczne:

1. Główna uwaga krytyczna do Rozprawy dotyczy faktu, że po przeprowadzeniu przez Doktorantkę dogłębnej i starannej analizy wielorakich czynników wpływających na analizowany proces odlewania rotacyjnego, brak jest w pracy wskazania optymalnych zalecanych warunków rotowania badanego polietylenu, jak i doboru materiału formy i jej grubości (z zakresu analizowanego w pracy doktorskiej). Informacja taka mogłaby zostać umieszczona na końcu rozdziału nr 8 „Wyniki optymalizacji procesu odlewania rotacyjnego”. Wystarczyłoby wskazać i opisowo uzasadnić wybrane parametry, np. dla form aluminiowych zalecane warunki to: A1/5/250 czas grzania 20 min., temperatura wewnątrz formy 220°C a dla form stalowych - S/3/250 czas grzania 20 min. temperatura wewnątrz formy 210°C.
2. Pewien niedosyt pozostawia rozdział nr 9 „Podsumowanie i wnioski końcowe”, który powinien zawierać, poza samym wyszczególnieniem wniosków poznawczych (16) i użytkowych (8), przedstawienie bardziej uogólnionych wniosków dotyczących wytycznych do doboru materiału formy, grubości jej ścianki i parametrów procesu rotowania celem uzyskania wysokojakościowych odlewów formowanych rotacyjnie. Roli takiej nie może pełnić podrozdział 9.4 „Wnioski końcowe”, który w 3 zdaniach podsumowuje obszerne wyniki uzyskane w trakcie realizacji Doktoratu.

3. Zabrakło mi w pracy pomiarów zawartości wilgoci proszków LLDPE przed i po procesie suszenia, dla zapewnienia powtarzalności procesu rotowania. Doktorantka suszyła je (i słusznie) przez 24 h w temperaturze 60°C.
4. Wskazane byłoby również przeprowadzenie wstępnej analizy sitowej stosowanego w pracy proszku LLDPE i określenia rozkładu wielkości jego cząsteczek, który istotnie wpływa na jakość wyrobów odlewanych rotacyjnych. Ten czynnik należałoby również dopisać na rysunku 23, str. 55 w czynnikach wpływających na proces odlewania rotacyjnego po stronie przetwarzanego materiału,
5. Pewnym mankamentem pracy jest także opieranie się w wielu przypadkach na literaturze pochodzącej z lat 1990-2015, co przy szybkim rozwoju analizowanej w pracy technologii odlewania rotacyjnego sprawia, że nie wszystkie przedstawiane w nich informacje są na dzisiaj aktualne. Przydałaby się też większa ilość pozycji literaturowych z ostatnich 5 lat. Jest ich w rozprawie, poza stronami internetowymi, jedynie 14 na 154 pozycji.
6. W powiązaniu z uwagą zawartą w punkcie 5, w pracy pojawiają się pewne nieścisłości w przedstawieniu aktualnego stanu wiedzy:
 - Udział odlewania rotacyjnego w światowej produkcji wyrobów z tworzyw polimerowych to nie 0,7%, jak podano na stronie 9 pracy (za poz. [5] bibliografii z 2012) a wynosi on aktualnie około 2,0%.
 - Na stronie 52 Autorka pisze, że „*Na rynku polskim istnieje kilka zakładów wytwórczych zajmujących się produkcją odlewów.*” a w rzeczywistości jest ich na dzień dzisiejszy w Polsce ponad 80, a przed pandemią było ich nawet ponad 90.
 - W przeglądzie stanu wiedzy brakuje mi informacji o zrobotyzowanym odlewaniu rotacyjnym wykorzystującym w procesie roboty przemysłowe, które w ostatnich 3-5 latach stały się bardzo popularne w Europie i Stanach Zjednoczonych (łącznie kilkadziesiąt zakładów).
 - W prezentacji obszarów zastosowań technologii odlewania rotacyjnego Doktorantka pokazała bardzo małą reprezentację wyrobów technicznych, które na dzisiaj obejmują około 15% udziału w rynku wyrobów uzyskiwanych w technologii odlewania rotacyjnego.
7. Ostatnia krytyczna uwaga dotyczy stwierdzenia Autorki na stronie 126 rozprawy, że: „*Wyższa temperatura w komorze grzejnej (270°C) skutkuje wyższymi wartościami czasu cyklu dla wszystkich materiałów w porównaniu do niższej temperatury (230°C),*

co wskazuje, że wyższa temperatura wymaga dłuższego czasu na chłodzenie formy....”, co jest nie do końca prawdziwe, bo nie uwzględnia też potrzebnego dłuższego czasu do nagrzania materiału z 230°C do 270°C, co przy uzyskiwanych w badaniach średnich prędkościach grzania wynoszących około 11°C na minutę, powoduje wydłużenie czasu cyklu o ponad 3 minuty.

Kilka zauważonych drobnych uwag redakcyjnych wymieniam poniżej:

- Str. 57 Jest: „*Wśród analizowanych prędkości obrotowych najkorzystniejsze rezultaty uzyskano dla stosunku prędkości 4:1 (12 obr/min względem osi głównej oraz 4 obr/min względem osi pomocniczej)*”. Powinno być: 12 obr/min względem osi głównej oraz 3 obr/min.
- Str. 173 Jest: „..... wydłużenie względne przy zerowaniu....”. Powinno być: wydłużenie względne przy zerwaniu.....
- Str. 187 Jest: „,*największy przyrost temperatury wyniósł 12°C*....”. Powinno być:*największy przyrost temperatury wyniósł 12°C/min*....
- Str. 188 Jest: „,*oraz na niską temperaturę w gnieździe formy*..... ”. Powinno być: ...*oraz na niską temperaturę w gnieździe formy*.....
- Str. 189 Jest „, *grubość ścinki*..... ”. Powinno być:*grubość ścianki*.....

W pracy pojawiają się też nieliczne błędy stylistyczne i interpunkcyjne, brak przecinków przed: „gdy”; „który”; „jak” i „itp.” (10x). Jednak na objętość pracy ponad 200 stron, ich ilość jest niewielka.

Wymienione powyżej drobne uwagi krytyczne i redakcyjne, nie zmieniają jednak faktu, że oceniana praca z nadmiarem spełnia wszystkie wymogi stawiane rozprawom doktorskim. Proces analizowania zjawisk związanych z technologią odlewania rotacyjnego oraz prognozowania właściwości uzyskiwanych w nim odlewów obejmuje bardzo wiele obszarów (m.in.: materiałoznawstwa i inżynierii materiałowej, technologii przetwórstwa materiałów polimerowych, wytrzymałości materiałów, fizyko-chemii polimerów, reologii, topografii powierzchni czy też modelowania numerycznego), stąd bardzo wysoko oceniam osiągnięte rezultaty niniejszej pracy doktorskiej, zrealizowanej na wysokim poziomie poznawczo-utilitytarnym w zakresie dyscypliny naukowej – Inżynieria Mechaniczna.

Ocena czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Karoliny Głogowskiej jest bardzo interesującą pracą naukową dotyczącą opisu technologii odlewania rotacyjnego polietylenu, wpływu materiału formy, grubości jej ścianki oraz parametrów technologicznych na przebieg procesu odlewania i właściwości otrzymywanych w nim wyrobów. Analiza wyników uzyskanych w badaniach symulacyjnych i doświadczalnych pozwoliła Doktorantce na sformułowanie wniosków uwzględniających zależności oraz interakcje pomiędzy badanymi wielkościami.

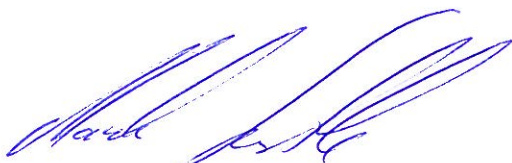
Uzyskane w trakcie realizacji pracy i zamieszczone w rozprawie wyniki badań są ciekawym i oryginalnym osiągnięciem Doktorantki, które uzyskała między innymi dzięki zastosowaniu zaawansowanych technik badawczych.

Uważam, że cel rozprawy został zrealizowany, a uzyskane wyniki stanowią zestaw bardzo cennych informacji o stosowanych rozwiązaniach form do odlewania rotacyjnego (materiał formy i grubość jej ścianek), zalecanych parametrach technologicznych (temperatury i czasy wybranych faz procesu), właściwościach odlewów uzyskiwanych w różnych warunkach procesowych oraz możliwości ich prognozowania w programach symulacyjnych

Doktorantka podczas realizacji pracy doktorskiej wykazała się dużą wiedzą i doświadczeniem badawczym a wyniki badań ściśle związanych z rozprawą doktorską przedstawiła w czterech wysoko punktowanych recenzowanych publikacjach z listy JRC (2 po 140 pkt.; 1 za 100 pkt. i 1 za 13 pkt.).

Podsumowanie oceny rozprawy doktorskiej

Biorąc pod uwagę przedstawione powyżej moje opinie cząstkowe stwierdzam, iż praca mgr inż. Karoliny Głogowskiej pt. **„Odlewanie rotacyjne polietylenu z zastosowaniem form z różnych materiałów metalicznych”** w pełni odpowiada wymogom i spełnia wszystkie warunki stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązującą Ustawę, dlatego wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Dyscypliny Inżynierii Mechanicznej Politechniki Lubelskiej.



Dr hab. inż. Marek Szostak, prof. PP