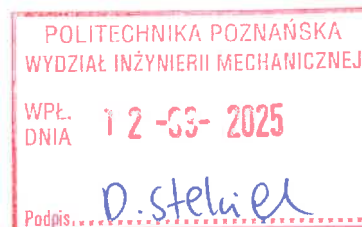


Dr hab. inż. Stanisław Kuciel, prof. PK
Katedra Inżynierii Materiałowej
Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki
Politechnika Krakowska

3 marzec 2025 r.



RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
Mgr inż. Damiana Dziadowca

Opracowanie receptury oraz technologii produkcji folii polipropylenowej typu CAST o wymaganych właściwościach mechanicznych.

Promotor rozprawy: dr hab. inż. Marek Szostak, Prof. PP
Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Danuta Matykiewicz, prof. PP

wykonanej na zlecenie Rady Naukowej dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki
Poznańskiej z dnia 20 grudnia 2024 r. przedstawionej w piśmie
Dziekana Wydziału Inżynierii Mechanicznej PP dr hab. inż. Bartosza Gapińskiego prof. PP.
(PP/2025/01/00397)

1. Aktualność przedmiotu rozprawy i rozpoznawalność naukowa

Opracowane w ramach doktoratu rozwiązania umożliwiają wytwarzanie znacząco ulepszonych wielowarstwowych folii polipropylenowych (PP), głównie dla przemysłu opakowaniowego, w wielu przypadkach bezodpadowo i ze 100% gwarancją powtarzalności. Przeprowadzone w rozprawie prace badawcze stworzyły unikalną w skali świata wiedzę techniczną, którą firma będzie mogła implementować w zastosowaniach praktycznych na polskim i europejskim rynku produkcji wielowarstwowych folii giętkich PP dla przemysłu opakowaniowego, czym przyczynić się będzie mogła do dalszego rozwoju tej branży. Uzyskane wyniki badań podjętych podczas realizacji doktoratu przełożą się również na rozwój branży wytwarzania folii PP metodą CAST w skali krajowej, jak i europejskiej. Polipropylen jest polimerem najpowszechniej używanym w Europie, a jego użycie szacowane jest na poziomie 10 mln ton. Ostatnie lata to swoista rewolucja w sposobie postrzegania tworzyw sztucznych, ich produkcji, konsumpcji i oczekiwań konsumenckich. To konsument stanowi kluczowe ogniwo w projektowaniu opakowań do żywności i materiału wykorzystanego do jego produkcji. Konsumenci wywierają ciągłą presję na całym łańcuchu dostaw oraz na ustawodawcach w celu wprowadzania na rynek dóbr zapakowanych w sposób zgodny z gospodarką o obiegu zamkniętym.

Recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Damiana Dziadowca podejmuje temat nowoczesnych materiałów opakowaniowych, w szczególności polipropylenowych folii typu CAST, stanowiących jeden z kluczowych elementów współczesnego rynku opakowań giętkich. Temat ten jest niezwykle aktualny, zwłaszcza w kontekście rosnących wymagań dotyczących recyklingu i zrównoważonego rozwoju w przemyśle tworzyw sztucznych. Praca ma zarówno charakter poznawczy, jak i aplikacyjny, co czyni ją cenną zarówno dla środowiska akademickiego, jak i przemysłu przetwórstwa tworzyw sztucznych. Autor przedstawia przegląd najnowszych technologii oraz metod badawczych, co stanowi solidne podstawy teoretyczne dla prowadzonych badań. Po dokonaniu przeglądu Autor skoncentrował się na opracowaniu receptury oraz optymalizacji technologii wytwarzania wielowarstwowej folii CAST PP o poprawionych właściwościach mechanicznych, ze szczególnym uwzględnieniem wytrzymałości w niskich temperaturach (-20°C). Badania obejmowały wpływ dodatków modyfikujących, takich jak plastomery i elastomery, a także możliwość zastosowania materiałów wtórnych i bio-wypełniaczy. Dorobek naukowy publikacyjny i badawczy Autora jest poprawny z uwagi na charakter wdrożeniowy doktoratu i wg bazy Scopus są to cztery artykuły z h-index równym 3 przy 34 cytowaniach. Praca została wykonana w ramach programu "Doktorat wdrożeniowy" (DWD/4/22/2020), co nadaje jej dodatkową wartość praktyczną i przemysłową.

2. Ogólna charakterystyka i ocena rozprawy doktorskiej

Oceniana rozprawa doktorska obejmuje 147 stron maszynopisu w tym 135 stron rozprawy, spis rysunków i tabel oraz cytowanej literatury, który zawiera 131 pozycji. Rozprawa posiada 7 rozdziałów i 16 podrozdziałów, została podzielona na kilka kluczowych części, obejmujących przegląd literatury, cel i zakres pracy, prace badawcze, prace wdrożeniowe oraz wnioski końcowe i kierunki dalszych badań.

Celem głównym rozprawy było opracowanie trójwarstwowej folii polipropylenowej CAST o wymaganych właściwościach mechanicznych poprzez zastosowanie odpowiednich modyfikatorów oraz technologii wytwarzania. Postawiona hipoteza badawcza zakładała, że istnieje możliwość wytworzenia wielowarstwowej folii polipropylenowej technologią wylewania (CAST) umożliwiającą uzyskanie podwyższonych właściwości mechanicznych folii, zwłaszcza w niskich temperaturach. Wśród szczegółowych założeń pracy znalazły się następujące zagadnienia dotyczące identyfikacji wpływu różnych typów modyfikatorów na właściwości mechaniczne i użytkowe folii oraz analiza możliwości zastosowania wtórnego polipropylenu w produkcji folii CAST PP oraz ocena jego wpływu na jakość końcowego

materiału. Następnie opracowanie receptury z dodatkiem bio-węgla jako ekologicznego modyfikatora wraz z przeprowadzeniem optymalizacji procesu produkcji w warunkach przemysłowych. W zakończeniu przedstawiono weryfikację uzyskanych wyników pod kątem wdrożenia przemysłowego oraz przykłady ich zastosowań. Takie założenia czynią pracę kompleksową i dobrze osadzoną w realnych potrzebach przemysłu opakowaniowego.

Na podkreśleniu zasługuje fakt, iż Autor w swojej pracy zastosował szeroki zakres metod badawczych, obejmujących zarówno charakterystykę surowców i komponentów, jak i ocenę właściwości gotowych folii. Do najważniejszych zastosowanych metod należą:

- Wytłaczanie folii CAST PP z dodatkami modyfikującymi w celu określenia wpływu ich zawartości na właściwości użytkowe materiału.
- Badania mechaniczne, takie jak pomiary wytrzymałości na rozciąganie, udarności oraz odporności na rozerwanie, zgodnie z obowiązującymi normami.
- Charakterystyka strukturalna folii, obejmująca mikroskopię SEM oraz analizy spektroskopowe.
- Ocena parametrów optycznych i barierowych, mająca na celu określenie przezroczystości, połysku oraz przepuszczalności gazów.
- Testy starzeniowe, badające wpływ niskich temperatur oraz warunków atmosferycznych na długoterminową trwałość folii.
- Badania wdrożeniowe w warunkach przemysłowych, obejmujące testy na rzeczywistych liniach produkcyjnych w firmie Eurocast Sp. z o.o.

Podejście to pozwoliło na uzyskanie pełnego obrazu zachowania się modyfikowanych folii w różnych warunkach eksploatacyjnych.

W szczególności przeprowadzone w ramach doktoratu badania umożliwiły wytworzenie prototypu wielowarstwowej folii polipropylenowej CastfolPP XP002 technologią wylewania (CAST) o podwyższonej udarności w niskich temperaturach. Uzyskano ją poprzez modyfikację elastomerem nadającym się do procesu wylewania. Ponadto opracowano receptury folii polipropylenowej w zakresie grubości od 25 do 40 mikrometrów o znacząco podwyższonych właściwościach mechanicznych w niskich temperaturach, w stosunku do folii aktualnie dostępnych na rynku. Postawiona hipoteza badawcza została potwierdzona, a wykonane badania pozwoliły na wykazanie, że dodanie modyfikatora COHERE do receptury kompozycji produkcyjnej folii CAST PP pozwala na uzyskanie jej podwyższonych właściwości mechanicznych. Potwierdzono ponadto możliwość zastosowania wtórnego polipropylenu do produkcji folii CAST PP przy zachowaniu jej właściwości wytrzymałościowych i barierowych, jak dla oryginalnych folii, co wpisuje się w ideę gospodarki obiegu zamkniętego odpadów.

3. Wnioski i ocena merytoryczna

Opracowane w ramach doktoratu rozwiązania umożliwiają wytwarzanie znacząco ulepszonych wielowarstwowych folii CAST PP, głównie dla przemysłu opakowaniowego co pozwoliło także na stworzenie unikalnej w skali świata wiedzy technicznej, którą firma Eurocast będzie mogła implementować w zastosowaniach praktycznych zarówno na polskim, jak i europejskim rynku produkcji wielowarstwowych folii CAST PP.

Jednym z największych atutów tej pracy jest wypełnienie jej aspektu wdrożeniowego. Przeprowadzone testy w rzeczywistych warunkach produkcyjnych potwierdziły, że opracowane folie CAST PP mogą być produkowane na standardowych liniach technologicznych przy minimalnych modyfikacjach procesowych. Uzyskane wyniki pokazały także, że możliwe jest zmniejszenie grubości folii bez utraty jej kluczowych parametrów, co prowadzi do redukcji zużycia surowców i kosztów produkcji.

Rozprawa doktorska mgr inż. Damiana Dziadowca spełnia wszystkie wymagania stawiane tego typu pracom pod względem naukowym i formalnym. Autor wykazał się bardzo dobrą znajomością tematyki przetwórstwa tworzyw sztucznych oraz umiejętnością prowadzenia kompleksowych badań eksperymentalnych. Praca jest dobrze napisana, z logiczną strukturą i przejrzystym układem treści. Zastosowane metody badawcze są adekwatne do postawionych celów, a uzyskane wyniki wnoszą istotny wkład w rozwój technologii produkcji folii polipropylenowych CAST. Jedyne zalecenie dotyczy możliwości rozszerzenia analizy długoterminowej stabilności opracowanych folii w różnych warunkach przechowywania. Niemniej jednak, nie wpływa to na wysoką jakość pracy.

Wybrane uwagi krytyczne i redakcyjne

Praca jest zredagowana poprawnie, niemniej jakość niektórych rysunków powoduje brak możliwości pełnej ich interpretacji. Dotyczy to szczególnie rozdziału czwartego opisu wyników badań skaningowej kalorymetrii różnicowej np. rysunki 4.24 do 4.38 są nieczytelne i utrudniają samodzielną ich analizę. Niemniej przedstawione w tabelkach pod rysunkami tabele z danymi charakterystycznymi są poprawne i przejrzyste. Również niezbyt przejrzyste są niektóre załączniki – przydał by się do nich zamieszczony ich opis i tak np. sprawozdanie z badań nr 443129/23/GDY co do opisu wyników jest nieczytelne

Pytania dotyczące rozprawy

1. Jak można wytłumaczyć fakt (rys. 4.23) iż wydłużenie rośnie wraz z prędkością rozciągania dla czystego PP i kompozytu z udziałem 5% biowęgla?

2. W rozdziale piątym bada pan między innymi wpływ ilości granulatu do 30% na właściwości wytłaczanej folii, czy regranulat pochodził z recyklingu technologicznego czy też z recyklingu materiałowego komunalnego?

4. Podsumowanie

Recenzowana rozprawa doktorska jest wartościowym osiągnięciem naukowym i przemysłowym. Przedstawione wyniki mają dużą wartość praktyczną, a przeprowadzone badania mogą stanowić podstawę do dalszych prac nad nowymi, bardziej zrównoważonymi materiałami opakowaniowymi. Biorąc pod uwagę wszystkie powyższe rozważania, oceniam rozprawę doktorską jej aspekty poznawcze i użytkowe wysoko i uważam, że spełnia odpowiednie wymagania Ustawy, jednocześnie z uwagi na jej wysoką ocenę wnioskuję o jej wyróżnienie. Niniejszym wnoszę do Rady Naukowej dyscypliny Inżynieria Mechaniczna, Politechniki Poznańskiej o przyjęcie rozprawy, dopuszczenie Autora, mgr inż. Damiana Dziadowca, do publicznej obrony, a po jej pozytywnym przebiegu o nadanie mu stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

Stanisław Wład