



dr hab. Magdalena Bieda-Niemiec, prof. instytutu

Kraków, 12.01.2026

Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej

Polskiej Akademii Nauk

ul. Reymonta 25, 30-059 Kraków

tel.: +48 (12) 295 28 06

e-mail: m.bieda@imim.pl

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Pauliny Kaczor
pt. „Opracowanie kompozytów o podwyższonych właściwościach
antyadhezyjnych i biobójczych wytwarzanych na osnowie polioksymetylenu
(POM) na elementy aparatury medycznej o zwiększonej odporności na starzenie i
udarowe obciążenia zewnętrzne”
wykonana na zlecenie Rady Naukowej Wydziału Inżynierii Materiałowej i Fizyki
Politechniki Krakowskiej
(Uchwała z dnia 15 października 2025 r.)

1. Uwagi ogólne

Recenzowana praca była zrealizowana w ramach programu „Doktorat wdrożeniowy V”, umowa: DWD/5/0234/2021 „Opracowanie kompozytów o podwyższonych właściwościach antyadhezyjnych i biobójczych wytwarzanych na osnowie polioksymetylenu (POM) na elementy aparatury medycznej o zwiększonej odporności na starzenie i udarowe obciążenia zewnętrzne” w Katedrze Inżynierii Materiałowej, Wydziału Inżynierii Materiałowej i Fizyki, Politechniki Krakowskiej we współpracy z firmą Elektro Med Grzegorz Pałkowski. Promotorem pracy był dr hab. inż. Stanisław Kuciel, prof. PK, promotorem pomocniczym dr inż. Patrycja Bazan. Ze strony firmy Elektro Med opiekunem pomocniczym, była dr n. med. Aleksandra Musiał Wysocka.

Wybór tematyki rozprawy został umotywowany zastosowaniem kompozytów polimerowych o podwyższonych właściwościach wytrzymałościowych, biobójczych i zwiększonej odporności na starzenie fotooksydacyjne oraz podwyższonej udatności w produkcji drobnych elementów sprzętu medycznego do użytku w pracowniach patomorfologicznych, laboratoriach diagnostycznych i pomieszczeniach czystych. Istnieje rosnące zapotrzebowanie na rozwój materiałów polimerowych, które będą odpowiednio dobrane do zastosowań biomedycznych, stąd założenia pracy wpisują się w wymagania rozwijającego się pręźnie rynku.

2. Edycyjne aspekty pracy wraz z oceną merytoryczną

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Pauliny Kaczor liczy 146 stron wraz ze spisem rysunków i tabel oraz streszczeniem w j. polskim i angielskim. Praca podzielona została na 8 rozdziałów. Pierwszy rozdział to krótkie wprowadzenie w tematykę pracy a następne 3 rozdziały przedstawiają przegląd literaturowy. Został on oparty na bazie ok. 100 pozycji literaturowych. Następnie w rozdziałach 5 i 6 został przedstawiony cel i zakres pracy oraz plan badawczy. Rozdział 7 obejmuje przedstawienie wyników przeprowadzonych badań wraz z ich omówieniem i dyskusją. Rozdział 8 zawiera najważniejsze wnioski z pracy. Spis literatury obejmuje w całości 140 pozycje literaturowe, wśród których znajdują się także odnośniki do norm i stron producentów. Pozycje literaturowe zawierają najnowsze publikacje istotne dla tematyki pracy. Wśród publikacji znajdują się także dwie autorskie publikacje z zakresu tematyki pracy, w których Doktorantka jest pierwszym autorem. Obie publikacje w momencie otrzymania pracy do recenzji zostały opublikowane w czasopismach z listy JCR tj. Materials i Advances in Science and Technology Research Journal.

Praca jest poprawnie zredagowana i w większości napisana poprawnym językiem. Posiada jednak sporo literówek i niedociągnięć edycyjnych jak np.:

- podpis tabeli na końcu poprzedniej strony (str. 17 tab. 2.4);
- fotooksydacyjne zamiast fotoooksydacyjne (str. 35);
- używanie słowa kompozycje z kontekście składów wytworzonych kompozytów (np. str. 44, str. 104);
- podpisy na rys. 7.34 A) i B) na poprzedniej stronie (str. 77); itp.

Sama warstwa graficzna jest raczej bardzo podstawowa a np. rys. 3.8 wzorowany na publikacji [90] r mało czytelny. Dodatkowo brakuje syntetycznego ujęcia wyników badań. Wyniki przedstawiane są wyłącznie w tabelkach i na wykresach słupkowych z programu Excel.

Przegląd literaturowy liczy 30 stron i w stosunku do całości pracy mógłby bardziej dogłębnie przedstawić problematykę kompozytów polimerowych, a także obecny stan wiedzy na temat

materiałów stosowanych w celach antybakteryjnych w tym polimerowych. Stwierdzenia np. „wprowadzenie różnego rodzaju nanocząstek ... może skutecznie modyfikować różnorodne właściwości ...” czy w „literaturze można odnaleźć wiele badań poświęconych włóknom szklanym” są za ogólne jak na pracę doktorską. Pomimo, że praca realizowana jest w ramach projektu doktorat wdrożeniowy w części wprowadzenia brakuje szczegółowej analizy potrzeb rynku i wymagań stawianych materiałom do przewidywanych zastosowań. Doktorantka skupia się na przeglądzie materiałów polimerowych na bazie poliksymetylenu w tym kompozytów na jego podstawie. W pierwszych rozdziałach Doktorantka opisuje właściwości polioksymetylenu (POM) w tym jego odporność chemiczną i na starzenie fotooksydacyjne oraz jego zastosowania min. na: elementy pomp infuzyjnych, złączki do rurek medycznych, strzykawki do insuliny czy elementy inhalatora. Bardzo krótko przedstawione zostały informacje o badaniach nanokompozytów na bazie POM. W rozdziale 3 przedstawione zostały wybrane dodatki do tworzyw sztucznych takie jak: nanocząstki tlenków metali, włókna szklane, bazaltowe, węglowe, aramidowe, dodatki polimerowe, oraz stabilizatory UV. Rozdział 4 bardzo krótko charakteryzuje kompozyty hybrydowe.

Szersze ujęcie tematu dałoby lepsze wyobrażenie o istotności problemu badawczego, który Doktorantka stara się rozwiązać w swojej pracy i lepsze potwierdzenie innowacyjności wybranego podejścia.

Rozdział 5 pt. „Cel i zakres pracy” nie zawiera tezy badawczej, co nie jest jednak wymagane. W mojej opinii lepiej byłoby także gdyby w rozdziale tym wprowadzono szczegółowe cele badawcze z podziałem na cele naukowe i wdrożeniowe. W rozdziale 6 pt. „Plan badawczy” schematycznie przedstawione zostały poszczególne etapy badań. Podejście to pozwala na lepszą wizualizację poszczególnych etapów prowadzonych prac i przejść (powiązań) pomiędzy poszczególnymi etapami, które pozwoliły na uwzględnienie wpływu istotnych modyfikacji osobno oraz synergicznie na właściwości badanego materiału. W tym rozdziale przedstawiono także jakie badania były przewidziane dla kompozytów na poszczególnych etapach pracy.

W Rozdziale 7 pt. „Badania własne” Doktorantka razem przedstawiła zarówno badane materiały, szczegóły metodyki a następnie wyniki. Powoduje to, że jest to bardzo obszerny rozdział z wieloma podrozdziałami, w którym niektóre elementy zostały przedstawione zbyt pobieżnie. Bardzo skrótowo zostało potraktowana metodyka wytwarzania materiałów, brakuje min. wielkości przygotowanych próbek polimerowych i ich ilości. Nie ma też informacji jak przygotowano próbki do poszczególnych badań. Wszystkie materiały w pracy poddano badaniom właściwości fizykochemicznych i antybakteryjnych, a część także badaniom starzeniowym, analizie chłonności wody, dokonano pomiarów kąta zwilżania i energii powierzchniowej oraz przeprowadzono analizy termiczne.

Następne podrozdziały przedstawiają wyniki kolejnych etapów prowadzonych badań wraz z ich analizą i dyskusją. Silną stroną pracy jest przeprowadzenie dużej ilości badań eksperymentalnych i szczegółowe przeanalizowanie otrzymanych wyników, wraz z poszukiwaniem optymalnego rozwiązania. Kluczowe wydają się wyniki badań antybakteryjnych, które pozwoliły na wytypowanie nanoczątek tenku tytanu (IV) o największym potencjale aplikacyjnym dla dwóch szczepów bakterii: *Escherichia coli* ATCC 8739 i *Staphylococcus aureus* ATCC 6538. Na kompozycie z dodatkiem cząstek tlenku tytanu przeprowadzono dalsze badania min. wprowadzono modyfikatory udarności i dodatki zmniejszające zwilżalność powierzchni oraz osobno stabilizatory UV. Ostatnim etapem pracy było wytworzenie kompozytów hybrydowych, który wykazywałyby się najlepszymi właściwościami antybakteryjnymi oraz najwyższą udarnością, najmniejszą zwilżalnością powierzchni i najlepszą odpornością na starzenie fotooksydacyjne. Przedstawione wyniki badań potwierdziły pozytywny wpływ wszystkich zastosowanych modyfikacji na uzyskanie założonego celu pracy.

Dyskusja uzyskanych wyników jest w pracy prowadzona dość chaotycznie. Wyniki są analizowane i od razu pojawiają się odniesienia literaturowe i komentarz co jest oczywiście możliwą przyjętą alternatywą. W tym przypadku jednak wprowadzona wraz z opisem badań, przez to w niektórych miejscach wydaje się mało dogłębna a w pracy nie wszystkie aspekty zostały wnikliwie przeanalizowane. Pozytywną rolę w porządkowaniu pracy pełnią natomiast krótkie podsumowania po każdym zaplanowanym etapie. Po rozdziale 7 następuje rozdział 8 pt. „Wnioski”, który w syntetyczny sposób przedstawia najważniejsze uzyskane wyniki nie posiada natomiast formy wniosków. To czego bardzo brakuje w recenzowanym doktoracie to także pokazanie osiągnięcia celu wdrożeniowego pracy. Czy uzyskane wyniki zostały wdrożone w działalność firmy i w jakim zakresie ?

Po zaznajomieniu się z pracą nasuwają się natomiast następujące uwagi i pytania szczegółowe:

1. W pracy brakuje sformułowanej tezy pracy. Chociaż nie jest to konieczne prosiłabym o próbę sformułowania tezy oraz o szczegółowe opisanie celów naukowych i wdrożeniowych pracy. W pracy nie zostało również wystarczająco uwypuklone co jest najbardziej innowacyjnym aspektem pracy, który niewątpliwie jest.
2. Praca skupia się na aspekcie badawczym jednak ze względu na to, że została zrealizowana w ramach programu Doktorat Wdrożeniowym proszę o przedstawienie planu wdrożenia rezultatów pracy. Jakie wymierne korzyści przyniesie zastosowanie uzyskanych wyników w działalności firmy?

3. W pracy wybrano metodę dodania wybranych modyfikatorów do masy przy produkcji tworzywa, czy Doktorantka rozważała możliwość zastosowania powłok antybakteryjnych? Proszę przedstawić potencjalne wady i zalety obydwu podejść.
4. W jaki sposób została dobrana zawartość dodatków antybakteryjnych na poziomie 2% wag. dla wszystkich badanych cząstek, jak została wybrana wielkość cząstek? Doktorantka stwierdza, że kształt i wielkość cząstek wpływa na właściwości antybakteryjne, proszę o rozwinięcie w jaki sposób i czym się kierowano wybierając cząstki do badań.
5. Ostatnia część pracy skupia się na synergistycznym wpływie wszystkich modyfikatorów na właściwości kompozytów. Proszę o wyjaśnienie na czym ten wpływ polega i jakie mechanizmy za tym stoją.

3. Wniosek końcowy

Podsumowując należy podkreślić, że przedstawiona do recenzji praca zawiera rozwiązanie istotnego problemu naukowego, który przyczyni się do bezpośredniego zastosowania otrzymanych kompozytów a postawione cele zostały w pełni zrealizowane. Na podstawie rozprawy doktorskiej można także stwierdzić, że Doktorantka prezentuje wiedzę teoretyczną w dyscyplinie inżynieria materiałowa oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych zwłaszcza o charakterze aplikacyjnym.

Stwierdzam, że recenzowana rozprawa spełnia wymagania ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki określonej w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (z późn.zm.) i wnioskuję o jej dopuszczenie do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

Magdalena Bieda-Niemiec