

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

30 grudzień 2024 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Mgr inż. Sara Sarraj.

Modification of Selected Bioactive and Mechanical Properties of Polydimethylsiloxane for External Medical Applications

promotor rozprawy: dr hab. inż. Małgorzata Szymiczek, Prof. PŚ

wykonanej na zlecenie Rady Naukowej dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej z dnia 22 października 2024 r. przedstawionej w piśmie prof. dr hab. inż. Adama Gajcara (RDJMa.RMT.512.5.2024)

1. Aktualność przedmiotu rozprawy i rozpoznawalność naukowa mgr inż. Sary Sarraj

Rozwój nowych materiałów polimerowych postępuje wraz z rosnącymi wymaganiami przemysłu medycznego, które napędzają poszukiwanie nowych alternatywnych rozwiązań, często opartych na biomateriałach i/lub bio-wypełniaczach. Wybór materiałów polimerowych i zastosowanych modyfikacji, w tym wypełniaczy, jest uwarunkowany obszarem zastosowania i związanymi z nim wymaganiami. obszar zastosowania i związane z nim wymagania. Materiały takie muszą wykazywać biokompatybilność i często posiadają dodatkowe właściwości istotne dla ich zastosowania, takie jak antybakteryjne, przeciwgrzybicze lub antyalergiczne.

W sektorze medycznym polidimetylosiloksan (PDMS) jest wykorzystywany m.in. w plastrach oraz opatrunkach na rany, które służą do zabezpieczenia ran przed zakażeniem i ułatwiają proces gojenia. Znane są różne rodzaje opatrunków modyfikowanych dodatkami nieorganicznymi jednak wiąże się to z koniecznością przeprowadzenia czasochłonnych procesów produkcyjnych, zwiększonymi kosztami oraz potrzebą użycia różnorodnych substancji chemicznych. Odpowiedzią na powyższe wyzwania mogą być materiały prezentowane w rozprawie modyfikowane szeroko dostępnymi dodatkami organicznymi. Proces ich przygotowania charakteryzuje się mniejszym nakładem czasowym i finansowym

oraz ograniczonym stosowaniem substancji chemicznych. Materiały pochodzenia roślinnego, w tym zioła, mają swoją historię w medycynie tradycyjnej w leczeniu licznych chorób dzięki zawartości polifenoli i terpenoidów, które wykazują właściwości antybakteryjne, przeciwzapalne, antyoksydacyjne i przeciwalergiczne. Wiele dodatków pochodzenia ziołowego jest obecnie wprowadzanych do matryc polimerowych, a badania wykazały ich korzystny wpływ na wybrane właściwości biologiczne, szczególnie w zastosowaniach opatrunkowych.

Rozprawa podejmuje istotne wyzwanie naukowe – opracowanie materiałów opartych na PDMS, które łączą aktywność antybakteryjną z pożądanymi cechami fizykochemicznymi i mechanicznymi. Głównym celem było wykorzystanie naturalnych napełniaczy pochodzenia roślinnego (tymianku, szalwii i rozmarynu), aby stworzyć biokompozyty o lepszych właściwościach biologicznych i zrównoważonym procesie produkcji. Analiza literatury obejmuje ponad 200 pozycji, co świadczy o rozległości przeglądu i gruntownej znajomości podejmowanego tematu.

Dorobek naukowy publikacyjny i badawczy Autorki jest poprawny bo wg bazy Scopus to dziewięć artykułów z if, w ciągu 4 lat ponadto szeroki zakres badań przedstawiony w rozprawie, część rezultatów badań zasługuje na późniejsze opublikowanie.

2. Ogólna charakterystyka i ocena rozprawy doktorskiej

Oceniana rozprawa doktorska nosi tytuł: "Modification of Selected Bioactive and Mechanical Properties of Polydimethylsiloxane for External Medical Applications" i dotyczy modyfikacji polidimetylosiloksanu (PDMS) w celu poprawy jego właściwości bioaktywnych i mechanicznych, z przeznaczeniem do zewnętrznych zastosowań medycznych, takich jak opatrunki na rany. Obejmuje 164 stron maszynopisu w tym 120 stron rozprawy, spis rysunków i tabel oraz cytowanej literatury, który zawiera 206 pozycji. Rozprawa posiada 7 rozdziałów i 25 podrozdziałów, które logicznie prowadzą czytelnika od wprowadzenia do tematyki, poprzez przegląd literatury do prezentacji części badawczej oraz wniosków i podsumowania badań.

Pierwsza część zawiera solidny przegląd literatury dotyczący elastomerów, właściwości PDMS i potencjalnych modyfikatorów biologicznych. W części badawczej autor przedstawia szczegółową metodykę tworzenia biokompozytów, ich charakterystykę oraz wyniki testów, takich jak analiza FTIR, badania mechaniczne, testy antybakteryjne i badania żywotności komórek. Rozprawa podejmuje istotne wyzwanie naukowe – opracowanie materiałów opartych na PDMS, które łączą aktywność antybakteryjną z pożądanymi cechami fizykochemicznymi

i mechanicznymi. Głównym celem było wykorzystanie naturalnych wypełniaczy pochodzenia roślinnego (tymianku, szalwii i rozmarynu), aby stworzyć biokompozyty o lepszych właściwościach biologicznych i zrównoważonym procesie produkcji.

Praca dotyczy kluczowego zagadnienia w biomateriałach – tworzenia materiałów o wysokiej biokompatybilności i aktywności bioaktywnej przy jednoczesnym zachowaniu trwałości mechanicznej. W dobie rosnącego zainteresowania zrównoważonym rozwojem oraz ograniczaniem użycia chemicznych modyfikatorów, rozprawa wpisuje się w aktualne trendy badawcze. Praca łączy nauki teoretyczne z praktycznymi badaniami, co umożliwiło stworzenie materiałów o potencjale aplikacyjnym. Celem nadrzędnym było uzyskanie alternatywy dla komercyjnych opatrunków, co jest szczególnie istotne w kontekście leczenia ran przewlekłych.

Za główne osiągnięcia pracy można uznać na pewno opracowanie technologii modyfikacji PDMS z wykorzystaniem naturalnych dodatków roślinnych w różnych proporcjach wagowych (2,5%, 5%, 7,5% i 10%) oraz dokonanie oceny wpływu modyfikacji na właściwości fizykochemiczne (gęstość, kąt zwilżania, chłonność), mechaniczne (odbojność, twardość) i biologiczne (aktywność antybakteryjna, żywotność komórek fibroblastów). Na podkreślenie zasługuje również przedstawienie propozycji optymalnego rozwiązania pod kątem właściwości antybakteryjnych i biokompatybilności dla biokompozytu PDMS z dodatkiem 2,5% tymianku. Praca dostarcza dowodów na to, że biokompozyty oparte na naturalnych dodatkach mogą być atrakcyjną alternatywą dla tradycyjnych materiałów opatrunkowych. Jednocześnie autorka zwraca uwagę na ich przyjazność dla środowiska, co jest istotnym wkładem w rozwój zrównoważonej inżynierii materiałowej.

Praca łączy wiedzę z zakresu inżynierii materiałowej, medycyny i biologii, co nadaje jej wszechstronny charakter, a jej rezultaty mogą znaleźć zastosowanie w realnych wyzwaniach medycznych, takich jak leczenie ran przewlekłych.

Wybrane uwagi krytyczne i redakcyjne

Pewnym mankamentem pracy jest brak szczegółowego porównania wyników z istniejącymi komercyjnymi materiałami opatrunkowymi ogranicza to możliwość oceny przewagi proponowanych rozwiązań w praktyce klinicznej. Choć wyniki sugerują wysoki potencjał materiałów w zastosowaniach medycznych, brak dokładnych badań przedklinicznych (np. testy na zwierzętach) pozostawia otwarte pytania co do ich efektywności w warunkach rzeczywistych. Należy w tym przypadku jednak zrozumieć, że badania takie są kosztowne i długotrwałe i trudno oczekiwać by zostały zrealizowane w czteroletnim cyklu kształcenia

w Szkole Doktorskiej. Uzyskane rezultaty pozwalają natomiast na przygotowanie dobrego wniosku o finansowanie w ramach konkursów grantowych. Na rysunku 6.11 porównano krzywe DSC i następnie porównano jedynie zmiany krystaliczności, nie opisano zmian temperatur charakterystycznych. Rysunki 6.16 do 6.21 są niezbyt czytelne przez zaproponowaną formę wykresów i ich kolorystykę. Opis mikrofotografii SEM 6.22 – 6.25 i sposób ich przedstawienia jest nieczytelny co utrudnia zrozumienie charakteru zmian w kompozytach. Poza tym praca jest przygotowana starannie, a prezentowane badania wsparte są logicznymi wnioskami.

Pytania dotyczące rozprawy

1. Dlaczego w badaniach właściwości przy statycznym rozciąganiu oznaczano tylko wytrzymałość na rozciąganie i odkształcenia przy zerwaniu a nie obliczano modułów sprężystości, pomimo stosowania ekstensometru?
2. Jakie badania dotyczące długotrwałego użytkowania materiałów oraz ich zachowania w kontakcie z rzeczywistym środowiskiem biologicznym można by jeszcze wykonać?

Podsumowanie

Oceniana rozprawa doktorska reprezentuje wysoki poziom naukowy i wnosi istotny wkład w rozwój materiałów biomedycznych, zwłaszcza w kontekście zrównoważonych i efektywnych opatrunków na rany. Wyniki badań mają potencjał aplikacyjny w medycynie oraz mogą być podstawą do dalszych badań nad nowymi biokompozytami. Praca spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim i zasługuje moim zdaniem na wyróżnienie. Biorąc pod uwagę wszystkie powyższe rozważania, oceniam rozprawę doktorską jej aspekty poznawcze i użyteczne wysoko oraz uważam, że spełnia odpowiednie wymagania Ustawy. Niniejszym wnoszę do Rady Naukowej dyscypliny Inżynieria Materiałowa, Politechniki Śląskiej o przyjęcie rozprawy, dopuszczenie Autorki, mgr inż. Sary Sarraj, do publicznej obrony, a po jej pozytywnym przebiegu o nadanie jej stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

Prof. S. Kuciel

/podpis odręczny/

*wyłączenie jawności w zakresie danych osobowych oraz ochrony prywatności osoby fizycznej na podstawie art. 5 ust. 2 ustawy z dnia 6 września 2001 r. o dostępie do informacji publicznej (tj. Dz.U. z 2016 r., poz. 1764)