

Prof. dr hab. inż. Emilia WOŁOWIEC-KORECKA

Instytut Inżynierii Materiałowej

Wydział Mechaniczny

POLITECHNIKA ŁÓDZKA

POLITECHNIKA POZNAŃSKA WYDZIAŁ INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ I FIZYKI TECHNICZNEJ		
DNIA	23-04-2025	DNIA
WPŁYNĘŁO		

DF-63/39/2025

RECENZJA

rozprawy doktorskiej

Pani mgr inż. Joanny Szczuki

pod tytułem

„Nowe metody modyfikacji powierzchni stopu tytanu Ti6AL4V ELI stosowanego w implantologii”

wykonanej pod opieką naukową

Promotora Pana dra hab. inż. Tomasza Buchwalda

oraz Promotora pomocniczego Pana dra hab. inż. Mariusza Sandomierskiego

opracowana na zlecenie

Rady Dyscypliny Inżynierii Materiałowej Politechniki Poznańskiej,

na podstawie pisma

Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynierii Materiałowej

Pana dr hab. Mirosława Szybowicza, prof. uczelni

z dnia 13 lutego 2025 roku

Podstawa opracowania recenzji

Zgodnie z wymogami Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, art. 187 recenzja rozprawy doktorskiej zawiera następujące elementy:

1. ocenę, czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora w określonej dyscyplinie albo dyscyplinach;
2. ocenę, czy rozprawa doktorska wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej przez osobę ubiegającą się o nadanie stopnia doktora;
3. ocenę, czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

W świetle przepisów prawa oraz Rozporządzenia Ministra Edukacji i Nauki z dnia 11 października 2022 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin

artystycznych (Dz.U. 2022 r. poz. 2202) praca doktorska została zrealizowana w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie **inżynieria materiałowa**.

Przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska pt. „*Nowe metody modyfikacji powierzchni stopu tytanu Ti6Al4V ELI stosowanego w implantologii*” została przygotowana przez Joannę Szczukę w języku polskim. Praca zawiera 118 stron z uwzględnieniem spisu dorobku naukowego, list tabel i rysunków oraz spisem bibliograficznym. Została podzielona na 5 rozdziałów oraz podsumowanie. W Rozdziale 1) przedstawiono motywację Autorki do podjęcia badań a następnie studium literatury z zakresu biomateriałów i ich zastosowań w wytwarzaniu implantów i endoprotez. Rozdział 2) poświęcono charakterystyce stopu Ti6Al4V, jego właściwościom mechaniczno-fizycznym oraz sposobom ich modyfikacji, następnie opisano polimery stosowane w medycynie oraz dwa związki chemiczne: kwas oktadecylofosfonowy (ODPA) i ryzedronian sodu (RSD). Rozdział 3) zawiera opis metodyki przygotowania powierzchni stopu tytanu Ti6Al4V ELI do badań oraz charakterystykę metod analizy powierzchni materiałów, w szczególności metodę spektroskopii Ramana, metodę skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM), metodę spektroskopii dyspersji energii (EDS), mikroskopii konfokalnej, metodę spektroskopii w podczerwieni z transformacją Fouriera (FTIR) i metodę spektroskopii w ultrafiolecie i zakresie widzialnym (UV-VIS). W rozdziale 4), opartym na publikacji *J. Szczuka, M. Sandomierski, T. Buchwald Formation of the octadecylphosphonic acid layer on the surface of Ti6Al4V ELI titanium alloy and analysis using Raman spectroscopy. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy 265 (2022) 120368*, Autorka przedstawiła wyniki badań nad modyfikacją powierzchni stopu tytanu Ti6Al4V ELI z użyciem warstwy kwasu oktadecylofosfonowego (ODPA) w celu poprawy wiązania tegoż stopu z hydroksypatytem. W rozdziale 5), opartym na publikacji *J. Szczuka, M. Sandomierski, A. Voelkel, K. Grochalski, T. Buchwald. Surface modification of Ti6Al4V ELI titanium alloy by poly(ethylene-alt-maleic anhydride) and risedronate sodium. Materials 16 (2023) 5404*, zamieszczono również badania nad modyfikacją powierzchni stopu tytanu Ti6Al4V ELI, w tym przypadku za pomocą bezwodnika poli(etylenowo-alt-maleinowego). Całościowe podsumowanie pracy zawarto w rozdziale „Podsumowanie” (bez numeru). Rozprawę wieńczy spis powołań literaturowych oraz spis rysunków i tabel.

1. Ocena ogólnej wiedzy teoretycznej zaprezentowanej w rozprawie doktorskiej

Sposób realizacji rozprawy doktorskiej nie budzi wątpliwości, że Kandydatka posiadała biegłą znajomość zagadnień inżynierii materiałowej, w szczególności dotyczącą

biomateriałów, ich właściwości i zastosowań dla potrzeb tworzenia implantów stawowych. Doktorantka rozumie również mechanizmy przyczynowo-skutkowe związane z obróbką powierzchni tych materiałów. Rozdziały 1-3, w których Pani Joanna Szczuka prezentuje swój stan wiedzy w tym obszarze, zawierają liczne nawiązania do źródeł literaturowych (aż 153 odniesienia), które oceniam jako adekwatne i aktualne. W treści pracy znalazłam omówienie szeregu szczegółowych zagadnień związanych z problematyką biomateriałów jak biokompatybilność, cytotoksyczność, osteointegracja chropowatość powierzchni, skład chemiczny warstwy wierzchniej. Autorka poruszyła również aspekty związane z modyfikacją powierzchni biomateriałów, wykazując się szczegółową wiedzą i w tym obszarze.

W mojej ocenie, mgr inż. Joanna Szczuka prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną na poziomie adekwatnym dla osoby ubiegającej się o stopień doktora w dyscyplinie inżynieria materiałowa i zostało to udokumentowane w powierzzonej mi do zaopiniowania dysertacji.

2. Ocena, czy rozprawa doktorska wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez osobę ubiegającą się o nadanie stopnia doktora

Kandydatka poprawnie zaplanowała kolejne etapy prac badawczych oraz wykonała obszerne analizy laboratoryjne. Rdzeń rozprawy stanowią dwie publikacje:

1. J. Szczuka, M. Sandomierski, T. Buchwald *Formation of the octadecylphosphonic acid layer on the surface of Ti6Al4V ELI titanium alloy and analysis using Raman spectroscopy. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 265 (2022) 120368,
2. J. Szczuka, M. Sandomierski, A. Voelkel, K. Grochalski, T. Buchwald. *Surface modification of Ti6Al4V ELI titanium alloy by poly(ethylene-alt-maleic anhydride) and risedronate sodium. Materials* 16 (2023) 5404

Mgr inż. Joanna Szczuka jest pierwszą Autorką tych prac, co wskazuje na Jej pierwszoplanową i kluczową rolę w realizacji badań; muszę jednak zaznaczyć, że w dołączonym do rozprawy dorobku naukowym nie znalazłam formalnej informacji, jaki jest udział ilościowy i jakościowy Pani J. Szczuki w wymienionych publikacjach. Metodyka badań została opracowana poprawnie, w sposób umożliwiający osiągnięcie celów przyjętych przez Kandydatkę. Ponadto, Doktorantka wykazała się umiejętnością planowania, prowadzenia i realizacji prac eksperymentalnych z wykorzystaniem aparatury badawczej, w tym z wykorzystaniem przywołanych wcześniej skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM), mikroskopii konfokalnej oraz spektroskopii Ramana, FTIR, EDS, UV-VIS. Rodzaj przeprowadzonych prac badawczych należy przyporządkować do badań podstawowych.

Doktorantka wykazała, że potrafi poprawnie formułować wnioski, choć analiza całościowa pracy pozostawia w czytającym niedosyt, że dokonała tego tylko w obrębie rozdziałów 4 i 5. Niemniej, zaplanowane i zrealizowane badania pozwoliły na osiągnięcie celu nakreślonego tytułem pracy. W zakresie prowadzenia prac eksperymentalnych Kandydatka wykazała się dociekliwością, skrupulatnością oraz znajomością szerokiego warsztatu badawczego, o czym świadczy szereg zastosowanych metod badawczych.

Realizując swoją rozprawę doktorską **mgr inż. Joanna Szczuka potwierdziła umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej**, zarówno w zakresie planowania jak i prowadzenia badań, w tym wyznaczania celu pracy, opracowania adekwatnej do celu metodyki badań, jak i formułowania wniosków.

3. Ocena, czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego

Potrzeby cywilizacyjne sprawiają, że produkcja i aplikacja endoprotez stawowych, jak i implantów stomatologicznych wzrasta na całym świecie. Poprawa jakości życia człowieka, w tym przywracanie funkcjonalności ciała ludzkiego jest celem ważnym z utylitarnego punktu widzenia. Powodem, dla którego pacjent decyduje się na radykalną i inwazyjną operację chirurgiczną może być pogarszający się stan stawu (zwyrodnienie), intensywny ból w stawie, ograniczenie sprawności ruchowej, niemożność wykonywania codziennych czynności, uszkodzenie stawu w wyniku wypadku czy urazu. Radykalność zabiegu powoduje, że wraz z operacją pacjent oczekuje równie radykalnej poprawy komfortu codziennego funkcjonowania. Przywołana przez Kandydatkę w Jej pracy koncepcja modyfikacji powierzchni implantów, w celu kontrolowanego uwalniania leków zaiste stanowi obiecujący sposób poprawy ich funkcjonalności. Zgadzam się z Kandydatką, że takie podejście mogłoby zapewnić bezpośrednie dostarczanie substancji czynnej do miejsca, gdzie jest ona potrzebna, zmniejszając ryzyko efektów ubocznych związanych z systemowym (doustnym, iniekcyjnym) podawaniem leków. Koncepcja ta została przeanalizowana w rozprawie na przykładzie materiału z szerokiej grupy materiałów, z których tworzone są endoprotezy (stop Ti6Al4V w grupie metali i ich stopów) i leku ryzedronianu sodu (RSD). Jest to oryginalna i ciekawa koncepcja, która w przekonaniu Pani Joanny Szczuki, może przyczynić się zmniejszenia ryzyka powikłań związanych z utratą masy kostnej wokół implantu oraz do poprawy osteointegracji.

W szczególności, w pracy, Kandydatka postawiła sobie dwojaki cel: (1) poprawę wiązania hydroksyapatytu (HA) z powierzchnią stopu tytanu Ti6Al4V ELI wykorzystywanego do budowy endoprotez poprzez modyfikację powierzchni Ti6Al4V warstwą kwasu

oktadecylofosfonowego (ODPA) oraz (2) modyfikację powierzchni stopu Ti6Al4V warstwą bezwodnika poli(etylono-alt-maleinowego) (PEAMA) po procesie silenizacji a przed dodaniem leku. Tak postawione zadanie rozprawy doktorskiej jest ważne ze względów poznawczych, jak również z aplikacyjnego punktu widzenia i należy dołożyć wszelkich starań, aby poznać i rozumieć wszystkie aspekty z nim związane. Wybór tematyki pracy uważam zatem za uzasadniony a **problematykę recenzowanej pracy uważam za trafną, zarówno z punktu widzenia poznawczego, jak i ze względu na możliwości praktycznego zastosowania wyników badań.** Stwierdzam również, że **mgr inż. Joanna Szczuka w ramach swojej rozprawy doktorskiej rozwiązała oryginalny problem naukowy.**

4. Zagadnienia polemiczne i uwagi

Kandydatka w swojej rozprawie doktorskiej nie uniknęła błędów redakcyjnych, skrótów myślowych oraz nieścisłości, które nie mają wpływu na ocenę merytoryczną i naukową dysertacji. Wymieniam je zgodnie z obowiązkiem ciążącym na recenzencie w tym zakresie.

4.1. Zagadnienia polemiczne

1. Układ pracy zostawia pewien niedosyt w aspekcie jego spójności. Oparcie rozprawy doktorskiej na cyklu publikacji wymagało od Autorki rozprawy wyjątkowej staranności w wyjaśnieniu, co łączy ze sobą zestawione publikacje oraz „oprawieniu” rzeczonych publikacji w logiczną całość sprawiającą, że będzie ona jednolitą rozprawą a nie zbiorem artykułów. W moim przekonaniu zabrakło tej staranności. Nie znalazłam całościowego celu rozprawy a jedynie cele cząstkowe dotyczące poszczególnych publikacji. Rozdział „1) Wprowadzenie” nie wyjaśnia, co łączy obie prace poza potencjalnym zastosowaniem w medycynie. Rozprawa, jako całość, nie zawiera wniosków (konkluzji) a jedynie podsumowanie, będące formą streszczenia.
2. Po rozdziale 5 wskazane byłoby zamieszczenie rozdziału „Dyskusja”, który zawierałby szczegółowy komentarz Autorki na temat uzyskanych wyników całego postępowania poznawczego, jak również sformułowanie ewentualnych dostrzeżonych reguł, wskazanie i uzasadnienie odstępstw, nieścisłości lub niezgodności. Jest to również miejsce na odniesienie się do wyników badań otrzymywanych przez innych badaczy i opisanych w dostępnej literaturze. W przypadku omawianej pracy dyskusja jest fragmentaryczna, dotycząca poszczególnych publikacji.
3. W rozprawie nie odnalazłam wymaganego Ustawą anglojęzycznego streszczenia pracy.

4.2. Uwagi edycyjne

1. Praca została starannie opracowana edycyjnie, z bardzo nielicznymi usterkami, co jest dużym atutem rozprawy.
2. Mankament stanowią niezrozumiałe przerwy w tekście.

5. Wniosek końcowy

Podsumowując, stwierdzam, że przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska w dyscyplinie Inżynieria materiałowa pt. „*Nowe metody modyfikacji powierzchni stopu tytanu Ti6Al4V ELI stosowanego w implantologii*” wykonana przez mgr inż. Joannę Szczukę pod kierunkiem naukowym Promotora dra hab. inż. Tomasza Buchwalda oraz Promotora pomocniczego dra hab. inż. Mariusza Sandomierskiego, dowodzi, że:

1. jej Autorka jest dobrze zorientowana w poruszanej w literaturze problematyce dotyczącej biomateriałów, ich właściwości i zastosowań, ze szczególnym uwzględnieniem tematyki stopu Ti6Al4V i materiałów polimerowych,
2. osiągnęła założone cele naukowe pracy,
3. potrafi właściwie formułować problem badawczy oraz dobrać zestaw metod badawczych dla potrzeb jego rozwiązania,
4. Jej praca stanowi oryginalne rozwiązanie problemu badawczego, o istotnym znaczeniu poznawczym,

w związku z czym stwierdzam, że opiniowana rozprawa doktorska pt. „*Nowe metody modyfikacji powierzchni stopu tytanu Ti6Al4V ELI stosowanego w implantologii*” **spełnia wymagania określone w Ustawie Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce** (Dz. U. 2018 r. poz. 1668 z późniejszymi zmianami) oraz wnoszę o dopuszczenie Autorki rozprawy, Pani mgr inż. Joanny Szczuki, do publicznej obrony.



Łódź, 22 kwietnia 2025 r.

.....
/prof. dr hab. inż. Emilia Wołowicz-Korecka/