

Szczecin 22.08.2022

prof. dr hab. inż. Urszula Narkiewicz

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej

Katedra Technologii Chemicznej Nieorganicznej i Inżynierii Środowiska

OCENA

Rozprawy doktorskiej **mgr inż. Agaty SOTNICZUK**

pt. **„Odporność na korozję tytanu i jego stopów w aspekcie zastosowań biomedycznych”**

wykonanej pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Haliny Garbacz

Recenzję wykonano dla Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Warszawskiej

(pismo z dn. 13.07.2022)

Wybór tematyki pracy

Specyficzne właściwości nanomateriałów są coraz częściej wykorzystywane w medycynie. Grubokrystaliczny tytan i jego stopy stosowane do wytwarzania implantów są uważane za materiały bioinertne, niemniej jednak pomimo ich dobrych właściwości korozyjnych wyniki badań wskazują na możliwość ich degradacji w organizmie ludzkim. Spowodowane to jest oddziaływaniem powierzchni implantów z produktami reakcji zapalnych, które mogą wystąpić w wyniku agresywnego procesu implantacji. Może to prowadzić do zmniejszenia komfortu życia pacjentów i konieczności przeprowadzania operacji rewizyjnych, dlatego też celowa jest każda modyfikacja powierzchni implantów tytanowych prowadząca do zwiększenia ich bioodporności korozyjnej. W świetle powyższego uzasadnione są przeprowadzone w ramach rozprawy badania mające na celu określenie wpływu produktów reakcji zapalnych (albumina i nadtlenek wodoru) na korozję nanokrystalicznego tytanu α i jego metastabilnego stopu β .

Promotorem rozprawy jest Pani prof. dr hab. inż. Halina Garbacz, autorytet w zakresie badań i wiedzy na temat tytanu i jego stopów oraz zastosowania tych materiałów między innymi w medycynie.

Cel i zakres rozprawy

Głównym celem pracy było zbadanie wpływu albuminy i nadtlenu wodoru na odporność na korozję materiałów na bazie tytanu. Autorka postawiła tezę, że wyższą odporność tytanu i jego stopów na korozję może zapewnić nanometryczna wielkość ziaren materiału i jego jednofazowa struktura. Nanokrystaliczny tytan oraz stop tytanu z niobem, tantalem i cyrkonem (Ti-29Nb-13Ta-4,64Zr) powinny wykazywać wyższą odporność na korozję od mikrokrystalicznego tytanu oraz stopu tytanu z glinem i wanadem (Ti-6Al-4V). Zakres rozprawy obejmował zbadanie wpływu niektórych dodatków stopowych (Nb, Ta, Zr) parametrów mikrostruktury i tekstury krystalograficznej oraz warunków, w jakich zachodzą reakcje zapalne, na odporność korozyjną materiałów tytanowych.

Dorobek naukowy Autorki i strona merytoryczna rozprawy

Recenzowana rozprawa Pani mgr inż. Agaty Sotniczuk składa się z 6 powiązanych ze sobą tematycznie artykułów, do których Autorka napisała obszerny 90-stronicowy przewodnik. Opis badań zawartych w 6 artykułach został uzupełniony o badania odporności na korozję w roztworach albuminy. Przewodnik składa się z 5 rozdziałów składających się na część literaturową i traktujących o takich kwestiach jak zastosowanie tytanu i jego stopów w implantologii w świetle ich wytrzymałości mechanicznej i odporności na korozję w środowisku biologicznym. Autorka opisuje również zjawisko reakcji zapalnej i skutki oddziaływania jej produktów na zmniejszenie odporności korozyjnej implantów na bazie tytanu. W rozdziale 6 Doktorantka definiuje cel pracy, hipotezę badawczą i zakres badań. Rozdział 8 rozprawy obejmuje opis metodyki i wyników badań.

Autorka stwierdziła, że niskotemperaturowe wygrzewanie ziaren tytanu rozdrobnionych do rozmiaru nano metodą wyciskania hydrostatycznego prowadziło do poprawy wytrzymałości mechanicznej materiału oraz wzrostu odporności na korozję w standardowych roztworach biomedycznych. Ponieważ obserwowany wzrost odporności na korozję można leczyć nie tylko z udziałem i charakterem defektów struktury, ale również z teksturą krystalograficzną, która zależy od zastosowanej metody dużego odkształcenia plastycznego, kolejną pracę poświęcono temu aspektowi, poszerzając zakres badań ze standardowego środowiska biomedycznego o wpływ produktów reakcji zapalnej (H_2O_2). Stwierdzono, że próbki uzyskane na drodze walcowania wykazywały lepszą długoterminową odporność korozyjną od próbek otrzymanych metodą wieloetapowego wyciskania, co może być związane z mniejszym zdefektowaniem tlenkowej warstwy pasywnej tych pierwszych. Wprowadzenie nadtlenu wodoru do środowiska biomedycznego spowodowało obniżenie odporności na korozję niezależnie od wielkości ziarna i typu tekstury krystalograficznej. W celu poprawy odporności warstwy wierzchniej na korozję Doktorantka zastosowała powłoki chitozan/bioszko

wytwarzane metodą osadzania elektroforetycznego, które skutecznie zapobiegały utlenianiu powierzchni nanokrystalicznego tytanu w warunkach reakcji zapalnej. Innym środkiem zaradczym było zastosowanie biogodnych dodatków stopowych stabilizujących fazę β tytanu, takich jak niob, tantal i cyrkon. Kolejna praca opublikowana w ramach rozprawy dotyczyła oceny łącznego wpływu albuminy oraz produktów reakcji zapalnych na odporność na korozję materiałów tytanowych. Autorka stwierdziła, że wprowadzenie białka nie ma wpływu na intensywność korozji nanokrystalicznego tytanu α ani stopu β TNTZ w warunkach reakcji zapalnej.

W konkluzji, nakreślając perspektywy dalszych badań Doktorantka proponuje zastosowanie modeli badawczych jeszcze lepiej odzwierciedlających rzeczywiste warunki korozji implantów na bazie tytanu i jego stopów. Proponowana jest też kontynuacja badań dotyczących korzystnego wpływu dodatków stopowych stabilizujących fazę β oraz ochronnego działania powłok bioaktywnych, z uwzględnieniem ich właściwości tribologicznych oraz badań przyczepności do podłoża.

Chciałam prosić Panią Sotniczuk, żeby w trakcie obrony swojej rozprawy przeprowadziła krótką dyskusję na temat czynnika czasu, korozji wczesno- i długoterminowej, co jest istotne z punktu widzenia implantów przewidzianych do stosowania w ciągu kilku czy kilkunastu lat. Czy Doktorantka ma może pomysł, w jaki sposób w warunkach laboratoryjnych można by prowadzić badania symulujące przyspieszone starzenie się implantów tytanowych?

Impact Factor artykułów składających się na rozprawę wynosi od 2,726 do 7,72, a ich sumaryczny IF wynosi 33,198. Sumaryczna liczba punktów czasopism z listy ministerialnej wynosi 750. Pani Sotniczuk jest pierwszym autorem oraz autorem korespondencyjnym we wszystkich tych artykułach. Na szczególną uwagę zasługuje przeglądowy artykuł pt. „Nanostructured Bulk Titanium with Enhanced Properties – Strategies and Prospects for Dental Applications” opublikowany w ubiegłym roku w czasopiśmie *Advanced Engineering Materials*. W artykule tym, zredagowanym przez Doktorantkę wraz z Promotorką pracy, na podstawie badań własnych oraz przeglądu doniesień literaturowych przeprowadzono szczegółową analizę korzystnego wpływu rozdrobnienia ziarna tytanu i jego stopów do rozmiarów nano na właściwości powierzchniowe tytanowych implantów dentystycznych.

Oprócz 6 artykułów składających się na rozprawę doktorską Pani Agata Sotniczuk jest również współautorką 5 innych artykułów. Artykuły Pani Sotniczuk były wg. Web of Science (10.08.2022) cytowane dotychczas 93 razy (75 razy bez autocytowań), a indeks Hirscha Doktorantki wynosi 6.

Ocena końcowa

Pani mgr inż. Agata Sotniczuk w pełni zrealizowała zamierzone cele badawcze, wykazując, że jednofazowa struktura oraz nanometryczny rozmiar ziaren tytanu mają korzystny wpływ na odporność korozyjną tytanu i jego stopów w roztworach zawierających albuminę i nadtlenek wodoru.

W ramach rozprawy doktorskiej Autorka w spójny i logiczny sposób opisała zaplanowane i zrealizowane eksperymenty, wyciągając z nich prawidłowe wnioski.

Rozprawa prezentuje wysokie walory poznawcze i aplikacyjne, wykreśla też perspektywy do prowadzenia dalszych badań.

Podsumowując, ponieważ przedłożona do recenzji praca doktorska wykonana przez Panią mgr inż. Agatę Sotniczuk w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, dyscyplinie naukowej inżynieria materiałowa, spełnia w mojej opinii wymogi określone w art. 13 ust.1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2016 r. poz.882 i 1311), wnioskuję zatem do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Materiałowa na Politechnice Warszawskiej o jej dopuszczenie do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jednocześnie, biorąc pod uwagę wysoką jakość rozprawy i znaczny współczynnik wpływu publikacji wchodzących w skład rozprawy, wnioskuję do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Materiałowa na Politechnice Warszawskiej o wyróżnienie tej rozprawy.

Urszula Narkiewicz

