

Prof. dr hab. inż. Ferdynand Romankiewicz
Zakład Materiałoznawstwa
i Technologii Materiałowych
Uniwersytetu Zielonogórskiego
ul. Licealna 9
65-417 Zielona Góra

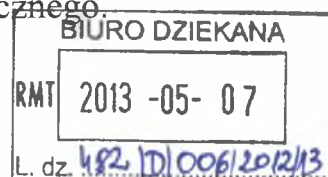


Zielona Góra, 6.05.2013 r.

R e c e n z j a

rozprawy doktorskiej mgr inż. Agnieszki Kaczmarek pt. „ Nanotubularne warstwy tlenkowe na stopie Ti6Al4V jako matryce elektrochemicznego biosensora ”.

Już od kilkunastu lat prowadzone są badania nad bezwanadowymi stopami tytanu, w których wanad zastępowany jest niobem oraz tantalem lub żelazem. Prowadzone są również badania nad bezwanadowymi stopami tytanu nie zawierającymi glinu, które zawierają tantal, niob oraz cyrkon lub cynę. Znajdują one zastosowanie głównie w stomatologii oraz kardiochirurgii. Pomimo wysokiej biotolerancji nie znalazły powszechnego zastosowania w szeroko rozumianej inżynierii biomedycznej, co zapewne wiąże się z ich wyższą ceną oraz większymi trudnościami technologicznymi przy ich wytwarzaniu. Z tych względów ciągle jeszcze szerokie zastosowanie do wytwarzania implantów znajduje stop Ti6Al4V pomimo cytotoksycznego oddziaływania zawartego nim wanadu. Narzuca to konieczność prowadzenia badań z zakresu inżynierii powierzchni, które pozwolą na znaczącą poprawę odporności korozyjnej, a zwłaszcza biotolerancji oraz możliwości uzyskiwania lepszych połączeń implant-otaczająca tkanka. Za bardzo nowatorski kierunek badań należy uznać również poszukiwanie innych ważnych cech tych materiałów np. pod kątem detekcji elektrochemicznej umożliwiającej spełnienie roli elementu biosensora elektrochemicznego.



Z powyższych względów uważam problematykę rozprawy doktorskiej mgr inż. Agnieszki Kaczmarek za bardzo ważną i trafnie dobraną. Podjęcie tej tematyki zostało przez Autorkę bardzo dobrze uzasadnione we wprowadzeniu, a także wnioskach wynikających ze studiów literaturowych (rozdz. 6), a zwłaszcza w uzasadnieniu podjęcia tematu, celu, tezie i zakresie pracy (rozdz. 7).

Recenzowana rozprawa obejmuje 155 stron, zawiera 13 rozdziałów, liczne rysunki, fotografie struktury, tabele oraz 200 pozycji aktualnej literatury, głównie zagranicznej. Podział rozprawy na rozdziały jest właściwy i dobrze uwzględnia przegląd aktualnego stanu wiedzy oraz zakres badań własnych Autorki.

Literaturowa część rozprawy zawiera bardzo wnikliwą analizę problematyki związanej z tematem. Autorka szczególną uwagę zwróciła na procesy anodowego formowania warstw nanorurek na tytanie i jego stopach oraz fizyko-chemicznych i biologicznych właściwościach warstwy tlenkowej na stopie Ti6Al4V z zaakcentowaniem możliwości modyfikacji tej warstwy. Następnie dokonała analizy problematyki biosensorów z uwzględnieniem istoty i możliwych odmian biosensorów. Bardzo ważnym zagadnieniem tej części rozprawy jest wnikliwa analiza problematyki frakcji kostnej fosfatazy alkalicznej, która indukuje produkcję i wydzielanie przeciwciał spełniając rolę antygeny, może dobrze spełniać rolę markera obrotu kostnego w detekcji za pomocą biosensora elektrochemicznego.

Wnioski z dokonanego przeglądu literatury stanowią dobrą podstawę do sformułowania tezy oraz określenia celu i programu rozprawy.

Teza rozprawy (rozdz. 7) zakładająca, że *obecność tlenków tytanu i wanadu tworzących warstwę nanorurek na powierzchni stopu Ti6Al4V zapewnia możliwość elektrochemicznej detekcji frakcji kostnej fosfatazy alkalicznej* - jest oryginalna i nowatorska.

Jako główny cel pracy przyjęła Autorka opracowanie biosensora elektrochemicznego zbudowanego z nanotubularnej warstwy tlenkowej na stopie Ti6Al4V, która po funkcjonalizacji może być wykorzystana jako podłoże biosensora amperometrycznego lub impedancyjnego.

Program badań (rozdz. 8) jest racjonalny i obejmuje zadania niezbędne do realizacji zamierzonego celu rozprawy. Autorka zaprezentowała go przejrzysto na rys. 29. Przyjęta metodyka badań jest właściwa i nowoczesna. Eksperymentalna część rozprawy zawiera opis badań nad procesem formowania nanorurek na stopie Ti6Al4V w roztworach glicerolu oraz glikolu etylowego. Kolejny cykl badań dotyczy termicznej modyfikacji nanorurek mającej na celu poprawę przewodności elektrycznej tlenków tytanu i wanadu w warstwie nanorurek (rozdz. 10). Efekty tego procesu zbadała Autorka metodą analizy XRD. Ważną część badań stanowi przygotowanie podłoża biosensora (rozdz. 12) obejmujące elektrochemiczne badania warstw samoorganizujących się warstw nanorurek prowadzone w roztworze soli fizjologicznej buforowanej fosforanami (PBS). Zbadano przebieg zmian potencjału korozyjnego. W badaniach wykorzystano metodę woltametrii cyklicznej. Zarejestrowano krzywe woltametryczne oraz wykonano badania impedancyjne. Opracowano charakterystykę amperometryczną i impedancyjną biosensora oraz przeprowadzono kalibrację. Wykonano również testy biogodności (rozdz. 13), których wyniki oceniano metodą mikroskopii elektronowej SEM z analizą EDS. Przy użyciu mikroskopu fluorescencyjnego przeprowadzono testy badające odpowiedź komórkową w kontakcie elektrody na bazie Ti6Al4V z osteoblastami G292 w porównaniu do nanorurek o tej samej morfologii na tytanie.

Badania eksperymentalne zostały przeprowadzone z dużą starannością. Wyniki badań przedstawiono w postaci bardzo dobrych fotografii wykonanych metodą mikroskopii elektronowej, przejrzystych rysunków i wykazów oraz w formie tabelarycznej.

Podsumowanie i wnioski opracowano starannie i wnikliwie. Uwzględniono najważniejsze osiągnięcia przeprowadzonych badań i dowiedziono potwierdzenia przyjętej tezy rozprawy oraz pełnej realizacji określonego celu badań.

Na uznanie zasługuje również wskazanie przez Autorkę kierunków dalszych badań np. nad optymalizacją zabiegów modyfikacji termicznej warstw nanorurek o różnych średnicach i grubości warstwy nanorurek na stopie Ti6Al4V pod kątem zastosowań medycznych.

Uwagi szczegółowe:

- s. 5, 13w.d. - zamiast określenia „ biomateriały ”, powinno być „ biomateriału ”,
- s. 10, 11w.g. - Autorka pomyłkowo zaliczyła żelazo do grupy pierwiastków tworzących z tytanem roztwory międzywęzłowe,
- s. 19 równanie (3) - stechiometria równania wymaga korekty w zakresie ilości atomów wodoru,
- s. 137, 17w.d. - zbędne jest słowo „ zawiera ”.

Przedstawione uwagi nie obniżają jednak dużej wartości rozprawy.

Uważam rozprawę mgr inż. Agnieszki Kaczmarek za oryginalną i bardzo wartościową. Autorka zredagowała ją z dużą starannością pod względem słownictwa merytorycznego i poprawności językowej.

Ocena przedstawionej do zaopiniowania rozprawy doktorskiej mgr inż. Agnieszki Kaczmarek upoważnia mnie do stwierdzenia, że Autorka dokonała trafnego wyboru tematu i realizując go zgodnie z przyjętym programem badań rozwiązała bardzo ważny i oryginalny problem badawczy.

Podsumowując moją opinię stwierdzam, że Autorka poprawnie i bardzo starannie zrealizowała stosunkowo obszerną pracę badawczą. Wykazała się przy tym bardzo dobrym przygotowaniem teoretycznym, zdolnością samodzielnego planowania i realizacji badań naukowych oraz umiejętnością wykorzystania nowoczesnej aparatury i technik badawczych. Sformułowana

przez Autorkę teza rozprawy została udowodniona wynikami przeprowadzonych badań, które istotnie rozszerzają stan wiedzy w zakresie inżynierii biomedycznej.

Rozprawę doktorską mgr inż. Agnieszki Kaczmarek oceniam jako bardzo dobrą i zasługującą na wyróżnienie. Jest ona przykładem nowoczesnych badań ukierunkowanych na wykorzystanie najnowszych osiągnięć nauki w inżynierii biomedycznej.

Z przedstawionych powyżej względów wyrażam przekonanie, iż rozprawa doktorska mgr inż. Agnieszki Kaczmarek pt. „, Nanotubularne warstwy tlenkowe na stopie Ti6Al4V jako matryce elektrochemicznego biosensora ”, zarówno pod względem tematyki jak też poziomu naukowego, bardzo dobrze spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez Ustawę o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym oraz o Stopniach i Tytule w Zakresie Sztuki z dnia 14.03.2003 r.

W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie mgr inż. Agnieszki Kaczmarek do publicznej obrony przedłożonej rozprawy doktorskiej.

prof. dr hab. inż. Ferdynand Romankiewicz

