

Kraków 30.09.2018

Dr hab. inż. Roman Major prof. PAN

Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN

Ul. Reymonta 25, 30-059 Kraków

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej Pani mgr Magdaleny Szklarskiej pt. „Powłoki na bazie polimerów naturalnych na stopie Ti15Mo do zastosowań medycznych”

Marzenia o nieśmiertelności stały się podstawą dynamicznego rozwoju nauk medycznych. Medycyna stała się inspiracją dla nauk technicznych, tworząc alians mający na celu ratowanie życia i zdrowia człowieka. Nauki medyczne stanowią obecnie najbardziej interdyscyplinarny konglomerat nauk, łączący nauki medyczne, biologiczne i techniczne. Rozwój taki stał się możliwy dzięki znacznemu postępowi technologicznemu, pozwalającemu na ingerencję w złożone procesy biologiczne. Połączenie nauk medycznych i technicznych, dały początki rozwoju takim dziedzinom jak inżynieria biomateriałów, biomechanika, bioelektronika, czy fizyka medyczna. Rozprawa pani Magdaleny Szklarskiej pt. „Powłoki na bazie polimerów naturalnych na stopie Ti15Mo do zastosowań medycznych” dobrze wpisuje się w ten kierunek rozwoju nauk medycznych.

Celem recenzowanej rozprawy doktorskiej było opracowanie sposobu osadzania powłok na bazie polimerów naturalnych na powierzchni stopu Ti15Mo oraz ich charakterystyka fizyko-chemiczna. W ramach realizacji pracy, przeprowadzono próbę elektroforetycznego osadzania powłok z biopolimerów naturalnych, które miały zwiększyć biogodność i bioaktywność. Podjęto próbę przeprowadzenia korelacji pomiędzy składem chemicznym i fazowym oraz morfologią powierzchni a odpornością korozyjną w warunkach zewnątrz-ustrojowych i właściwościami biologicznymi w warunkach *in vitro*. W pracy zastosowano metodę Elektrochemicznej Spektroskopii Impedancyjnej (oznaczanej w pracy skrótem EIS).

Praca zawiera 205 stron, 28 tabel, 130 rysunków. Część teoretyczną oraz aktualny stan wiedzy z zakresu pracy oparto na 265 pozycjach literaturowych. Praca ma typowy układ prac

doktorskich. Składa się z siedmiu głównych rozdziałów. Część teoretyczna została przedstawiona na 43 stronach. Pozostała część pracy dotyczy opisu zastosowanego materiału badań, metodyki badań, wyników oraz dyskusji, oraz podsumowanie i wnioski.

Ocena części teoretycznej:

Wstęp i część teoretyczna głównie dotyczą inżynierii biomateriałów dedykowanych do regeneracji układu kostno- szkieletowego. Wstęp kończy się stwierdzeniem, że w badaniach zastosowano innowacyjną metodę elektrochemicznej spektroskopii impedancji. Brak jest jednakże potwierdzenia i udowodnienia, tego sformułowania. Metoda ta daje możliwość określenia zachowania korozyjnego oraz stopnia absorpcji wody w otrzymanych powłokach. Wg recenzenta te cechy są bardzo ważne, jednak nie są kluczowe w ocenie przydatności biomateriału w konkretnym zastosowaniu. We wstępie Autorka pisze, że celem przeprowadzonej modyfikacji jest zwiększenie odporności korozyjnej w środowisku ludzkiego ciała, a także zapewnienie wysokiej biogodności oraz biotolerancji. Uważam, że już na samym początku, czytelnik powinien zostać poinformowany jakie jest potencjalne zastosowanie nowo projektowanych i wytwarzanych biomateriałów. W inżynierii biomateriałów nie można i nie da się generalizować biomateriałów. Należy rozgraniczyć, czy materiały mają być zastosowane do układu kostnego, czy do regeneracji układu sercowo-naczyniowego. Pierwszy rozdział w przeglądzie literaturowym dotyczy ogólnego opisu biomateriałów. Ciekawy jest opis dotyczący czasów historycznych i rozwoju biomateriałów na przestrzeni dziejów. Opisy oparte są na danych literaturowych wiodących autorów publikujących w obszarze inżynierii biomateriałów. Na str. 12 zastrzeżenia budzi natomiast niespodziewane nawiązanie do kardiochirurgii i neurologii. Uważam, że tekst byłby bardziej przejrzysty, gdyby Autorka skupiła się tylko na konkretnym zastosowaniu i dokładnie zdefiniowanym układzie anatomicznym. Na pochwałę zasługuje podsumowanie ogólnej metody projektowania biomateriałów zilustrowane na Rys. 1. Właściwości mechaniczne biomateriałów w podrozdziale 2.1.1 dotyczą jedynie biomateriałów do regeneracji układu kostno-szkieletowego. Utwierdza to czytelnia, że ma jednak do czynienia z pracą dotyczącą implantów kostnych. Kolejny podrozdział dotyczy biotolerancji. W rozdziale tym przedstawiono istotne informacje dotyczące tego ważnego zagadnienia. Uważam, że informacje na ten temat są wystarczająco dobrze przedstawione. Oprócz jednak pewnych zastrzeżeń merytorycznych zwrócono uwagę na błędy ułożenia zdania. Podrozdział „Biotolerancja” zaczyna się od stwierdzenia: „Ponad to biomateriał...”. Czytelnik ma wrażenie, że brakuje wcześniejszej myśli w tym rozdziale, która prawdopodobnie została z pewnych

przyczyn usunięta. Podrozdział ten kończy się nawiązaniem do właściwości materiałów do kontaktu z krwią. Uważam, że charakterystyczne ogólnikowe przywołania zagadnień inżynierii biomateriałów dedykowanych do regeneracji układu sercowo- naczyniowego są zbędne i zaciemniają główne przesłanie pracy. Dodatkowo wspomniane negatywne reakcje wynikające z zaistniałych komplikacji nie kończą się jedynie na procesie zwiększonego krzepnięcia i hemolizy. Zachodzą również zjawiska aktywacji i agregacji płytkowej oraz monocytarno-płytkowej jak również generowane są mikrocząstki płytkowe pochodzenia apoptotycznego. Dowodem lakonicznego potraktowania tego zagadnienia jest fakt, że Doktorantka nie wspomniała i nie zacytowała autorów programu „Polskie Sztuczne Serce”. Zagadnienia te są nadal rozwijane i aktualnie jest już znaczna dostępna bibliografia w tym zakresie.

Kolejny podrozdział dotyczy odporności korozyjnej. Dokładny i wartościowy opis tego zagadnienia poparty jest odpowiednimi danymi literaturowymi. Dobre wrażenie psute jest ogólnikami, które Autorka prawdopodobnie przez przeoczenie nie wyjaśniła do końca. Uważam, że zamiast stwierdzenia na str. 16 „utruty kości”, powinno być „utruty tkanki kostnej”. Doktorantka w tym rozdziale stwierdza, że o podatności danego materiału na korozję decyduje między innymi chropowatość powierzchni i cechy geometryczne. Uważam, że należy podać w jaki sposób te parametry mają wpływ na opisywane zjawisko i o jakie cechy geometryczne chodzi.

Kolejny podrozdział dotyczy oddziaływania implant- tkanka kostna. Podrozdział ten udowadnia, że mamy do czynienia z pracą dotyczącą materiałów do regeneracji układu kostnego. Zagadnienie to zostało opracowane bardzo poprawnie, jednak nie bez pewnych zastrzeżeń. Stwierdzono słusznie, że wszczepienie biomateriału wywołuje odpowiedź komórkową i tkankową oraz, że początkowa interakcja pomiędzy organizmem a implantem polega na jego kondycjonowaniu poprzez surowicę i inny płyn tkankowy. Uważam, że w świetle bardzo dobrze opracowanego podrozdziału dotyczącego oddziaływania implant-tkanka kostna, ten fragment jest opisany zbyt ogólnie. Praca doktorska jest pracą naukową, która powinna nieść za sobą pełne i dogłębne poinformowanie czytelnika o opisywanych zagadnieniach. Na pochwałę zasługuje natomiast bardzo czytelne zilustrowanie na str. 17 opisywanych zjawisk. Str. 18, 13 linia, zdanie nie powinno zaczynać się od słowa „Jednakże...”.

Kolejny rozdział, rozpoczynający się na stronie 19 dotyczy stopów tytanu. W tym miejscu, po raz kolejny czytelnik utwierdza się w przekonaniu, że wspomniane we wcześniejszych rozdziałach implanty układu sercowo- naczyniowego nie pasują do ogólnego opisu i przewodniej myśli pracy. W tym rozdziale oprócz pozytywnego odbioru rzetelności

opracowania, zauważono zastosowanie pewnego rodzaju skrótów myślowych lub sloganów, którymi nie brzmi naukowo. W ostatniej linii na stronie 19 pojawiły się stwierdzenia o małym module Younga. Uważam, że lepiej brzmi stwierdzenie „...niska wartość modułu Younga...”. Podobne przejęzyczenie pojawia się na str. 23 linia 1 oraz 7 (bez uwzględnienia tabel). W rozdziale tym Doktorantka porusza zagadnienia bardzo istotne, a dotyczące wszczepienia implantu w kość. Opisy jednak świadczą o pominięciu ewidentnych i istotnych zagadnień implantów dedykowanych do regeneracji układu kostno-szkieletowego, a mianowicie implantów dedykowanych do regeneracji rejonu twarzoczaszki, które ostatnio są coraz bardziej popularne. Należy również zaznaczyć, że oprócz światowych liderów w tej dziedzinie, Polska również odgrywa znaczącą rolę. Są to implanty dedykowane do konkretnego przypadku klinicznego uzyskiwane metodą druku 3D.

Dodatkowo, jako uzupełnienie do tego rozdziału należałoby dokładniej podejść do procesu przebudowy tkanki kostnej wywołanej bodźcami mechanicznymi. W wyniku ich zaistnienia mamy do czynienia z aktywacją komórek kostnotwórczych osteoblastów oraz komórek redukujących tkankę kostną osteoklastów. Na tej zasadzie zachodzi naturalny proces przebudowy kości, który również ma miejsce podczas wprowadzania obcego ciała, czyli implantu w bezpośredni kontakt. W rozdziale tym jednak bardzo dobrze zostały scharakteryzowane i opisane cechy stopów tytanu. W rozdziale opisującym właściwości stopów tytanu, Doktorantka słusznie zauważyła, że stop tytanu Ti15Mo swoje właściwości zawdzięcza samopasywnej warstwie tlenkowej co zapobiega powstaniu metalozy, czyli zatrucia metalem. Przydatne w tym miejscu byłoby bardziej dogłębne potraktowanie tego tematu.

Kolejny rozdział dotyczy biogodności badanego stopu tytanu. Na str. 24, brakuje odniesienia literaturowego udowadniającego postawione stwierdzenie.

W opisywanym rozdziale na str. 25 pojawia się stwierdzenie „...komórek ssących”, proponowałbym użycie stwierdzenia „...komórek eukariotycznych...” oraz podanie informacji dokładnie o jakie komórki chodzi.

Rozdział 2.4 opisuje sposoby modyfikacji powierzchni stopów implantacyjnych. W wielu doniesieniach literaturowych pojęcia „powłoka” i „warstwa” są używane zamiennie, co nie jest poprawne. Autorka świadomie rozdziela te dwa pojęcia, co zasługuje na pochwałę. Brakuje jednak definicji co rozumiane jest pod pojęciem „warstwa” oraz „powłoka”. Na stronie 26 opisano bardzo szczegółowo różne metody modyfikacji powierzchniowej materiałów o przeznaczeniu biomedycznym. Brakuje jedynie odniesienia się do wiodących pozycji literaturowych w tym zakresie.

Kolejny rozdział dotyczy charakterystyki i zastosowania w medycynie wybranych biopolimerów naturalnych. W tym rozdziale scharakteryzowano takie biopolimery: jak chitozan, alginian oraz hialuronian. Opracowanie w ramach tego rozdziału w pełni charakteryzuje obecny stan wiedzy w tym zakresie. W opisie tym pojawiły się pewne nieścisłości, które zwróciły uwagę recenzenta. Stwierdzono, że chitozan charakteryzuje się między innymi wytrzymałością mechaniczną. Nasuwa się pytanie: jaką?

Str. 30, stwierdzono, że odpowiednie właściwości materiałowe oraz biologiczne czynią chitozan atrakcyjnym materiałem do zastosowań w medycynie. Uważam, że jest to opis zbyt ogólny. W pracy naukowej należy podać konkretne przykłady.

Ostatni akapit podrozdziału 2.5.1: zauważono błędy wynikające z niewłaściwej konstrukcji zdania: rozpoczęcie zdania od słowa „Ponieważ...” oraz nienaukowo brzmiące wtrącenie „...też...”.

Na pochwałę zasługuje bardzo obszerne opracowanie dotyczące metod nanoszenia powłok biopolimerowych na podłożach metalicznych. Rozdział jest czytelny i zrozumiały dla czytelnika. Opisy poparte są obszernym przeglądem literaturowym. W rozdziale tym na str. 35 pojawia się informacja dotycząca tematyki pracy i wzmianka o możliwej aplikacji. Akapit ten budzi jednak kilka pytań, które należy wyjaśnić. Autorka wspomniała o możliwości zastosowania nowo-wytworzonych biomateriałów na wszczepy śródkostne. Opis ten jest dla mnie niepełny. Dobrze byłoby podać konkretnego producenta zainteresowanego tego typu materiałami, żeby nie było wrażenia działalności jedynie dla sztuki. Dość ogólnie potraktowano również opis dotyczący badań biologicznych. Oczywiście stwierdzenie o konieczności przeprowadzenia badań w płynach symulujących płyny ustrojowe, jest bardzo ważne i od tego należy zacząć badania. Moje zastrzeżenia budzi natomiast ograniczenie badań in vitro jedynie do badań biokorozyjnych. Fragment ten jednoznacznie dowodzi, że Doktorantka specjalizuje się w technikach elektrochemicznych. Nie oceniam tego negatywnie, jednak uważam, że w tym fragmencie należałoby potraktować temat dokładniej jeżeli chodzi o badania in vitro.

W kolejnym rozdziale opisano techniki elektrochemicznej spektroskopii impedancji. Opis został przygotowany wzorowo. Czytelnik może się dużo nauczyć na podstawie przygotowanych opisów. Metoda ta jest techniką, w której Doktorantka się specjalizuje, a wynika to z zamieszczonych opisów. W kilku jednak miejscach pracy, metoda ta określana jest jako „innowacyjna”. W przypadku inżynierii biomateriałów, według mnie, należy podchodzić bardziej krytycznie jeżeli chodzi o zastosowane techniki i otrzymane wyniki. Nie ma idealnej techniki i jednoznacznych wyników uzyskanych jedynie za pomocą jednej metody badawczej. Jeżeli mówimy o inżynierii biomateriałów, należy zdawać sobie sprawę, że

projektujemy materiały, które mają być wprowadzone w bezpośrednim kontakcie z tkanką. W ostatnim zdaniu widnieje zapis „Zastosowanie metody EIS po raz pierwszy pozwoli ocenić stopień absorpcji wody w wytworzonych powłokach biopolimerowych...”. Zastosowanie innowacyjnych technik w konstrukcji biomateriałów jest bardzo ważne i umożliwia otrzymanie cennych informacji. W przypadku inżynierii biomateriałów, innowacje powinny być jednak uzupełnieniem do technik znormalizowanych.

Wzorowe opisy techniki EIS, w której Doktorantka się specjalizuje, psują błędy redakcyjne, które rzucają się w oczy przede wszystkim na str. 42. Numeracja wzorów jest pomyłona. W tekście powinny być opisy 16, 17. Brak również w tekście odniesienia się do wzoru 19 i 20.

Ocena części dotyczącej tezy i celu pracy:

Rozdział dotyczący celu i tezy pracy poszerzony został o opisy dodatkowe. Doktorantka stwierdza, że rozwój medycyny zaowocował wydłużeniem czasu średniej długości życia, co wiąże się ze zwiększeniem łamliwości kości. Takie jednoznaczne stwierdzenie w pracy naukowej nie brzmi profesjonalnie. Nie można się zgodzić, że wydłużenie czasu życia powoduje łamliwość kości. Dane takie wynikają z obliczeń statystycznych. Zdanie to powinno być przebudowane.

W rozdziale tym czytelnik ma wrażenie, że niektóre fragmenty były już napisane w części teoretycznej.

Kolejna polemika dotyczy sformułowania celu. Jest to weryfikowalny efekt i/lub żądanie zrealizowania całego zakresu zadań w projekcie [DIN 69905]. Aby umożliwić dokonanie skutecznej weryfikacji powodzenia pracy lub projektu, musi on być kwantyfikowalny, tj. mierzalny, ponieważ cele są pomocne jedynie wtedy, gdy można je przekształcić w zdefiniowane cele ilościowe. Opisane za pomocą mierzalnych pojęć są również celami operacyjnymi. Oczywiście jest, że poprawnie zdefiniowane muszą one być także osiągalne. Na podstawie tej definicji wg Stowarzyszenia Project Management Polska, uważam, że zaproponowany cel główny powinien być delikatnie przebudowany. Zaznaczam, że jest to jedynie polemika.

W rozdziale 3 „Teza i cel pracy”, Doktorantka używa czasu przyszłego. Praca została napisana i nie należy do czynności w przyszłości.

Ocena części doświadczalnej:

Część doświadczalna pracy została przedstawiona czytelnie i dokładnie. Wielu recenzentów, oceniających prace naukowe, ocenia możliwość odtworzenia eksperymentu. W przypadku ocenianej pracy, doświadczenie jest opisane bardzo dokładnie, co umożliwia czytelnikowi wyniesienie praktycznej wiedzy. W części praktycznej w rozdziale 4.1.2.1 i 4.1.2.2., podano dokładne czasy preparatyki, natomiast nie napisano na jakiej podstawie zostały one dobrane. W metodyce badań, chciałbym podjąć polemikę dotyczącą opisów mikroskopii fluorescencyjnej i konfokalnej. Wg mnie, nie doceniono w pracy techniki mikroskopii konfokalnej. Badania oparto jedynie na szerokokopolowej mikroskopii fluorescencyjnej, natomiast mikroskopię konfokalną użyto jedynie do badań topografii powierzchni. Aktualnie do analiz wysokorozdzielczych oddziaływania komórka- materiał, mikroskopia konfokalna zaczyna być już standardem światowym i na przyszłość w przygotowywaniu prac naukowych zalecałbym zastosowanie techniki mikroskopii konfokalnej, a nie szerokokopolowej mikroskopii fluorescencyjnej. Imponujące jest natomiast wachlarz zastosowanych metod badawczych.

Badania biologiczne, przede wszystkim badania hemolityczne, wykonano przy współpracy z wiodącą jednostką krajową, prowadzącą badania w zakresie oddziaływania materiału z krwią. Badania przeprowadzono na pełnej krwi ludzkiej. Brak informacji o grupie krwi i jak pobierano krew od dawców. Nie podano informacji, w jakim czasie po pobraniu wykonano badania na krwi. Brakuje uzasadnienia zastosowania tego typu badań do opisywanej tematyki.

W rozdziale „Wyniki badań i ich dyskusja”. Wg mnie badania materiałowe zostały wykonane bardzo poprawnie i czytelnie zaprezentowane w pracy. Na niektórych wykresach brakuje jednak opisu osi np. Rys. 17. oraz jest nieczytelny opis rys. 19 i 20. Rozdział 6.1.3 powinien zacząć się od opisu i wprowadzenia do zamieszczonej ilustracji na rys. 21. Zauważono drobne potknięcia redakcyjne- str. 66 wyraz „Tafela” zamiast „Tabela”. Nie wyjaśniono co oznacza pojęcie „diagram Pourbaix” str. 66. Charakterystykę odporności korozyjnej stopu Ti15Mo opisano i przedstawiono bardzo obszernie na 23 stronach. Czytelnik ma wrażenie, że tytuł został delikatnie przerysowany poprzez dodatki „in vitro” i „środowisko biologiczne”.

W pracy, w rozdziale 6.3 przedstawiono bardzo szeroką i ciekawą charakterystykę powłok z polimerów naturalnych naniesionych na powierzchnię stopu Ti15Mo. Badania związane są z charakterystyką fizykochemiczną polimerów naturalnych w stanie wyjściowym (rozdział 6.3.1) oparto na badaniach FTIR oraz rentgenowską analiza strukturalną (brak opisu

osi y w wynikach rys. 45, 46, 47). Wyniki są opracowane bardzo dobrze i poprawnie zinterpretowane.

Rozdział 6.3.2 dotyczy badań podwarstwy tlenku cynku. Zagadnienie to pojawia się dość niespodziewane w pracy, ponieważ w części teoretycznej brak jest jakichkolwiek informacji w tym zakresie. Doktorantka we wstępie tego rozdziału opisuje i uzasadnia celowość zastosowania tego typu powłoki. Badania związane z charakterystyką fizykochemiczną otrzymanej podwarstwy tlenku cynku oparto na analizie mikroskopowej SEM, XPS oraz na ocenie właściwości półprzewodnikowych. Na pozytywną ocenę zasługuje fakt, że badania właściwości półprzewodnikowych stopu Ti15Mo oraz Ti15Mo z naniesioną warstwą tlenku cynku zostały po raz pierwszy opisane i określone w niniejszej pracy. W tym miejscu jednak nasuwa się kolejna polemika, czy rzeczywiście tego typu badania są kluczowe i z czego wynika fakt pomijania, w doniesieniach literaturowych, zastosowania tego typu metody w ocenie biomateriałów.

Rozdział 6.3.3 dotyczy charakterystyki fizykochemicznej otrzymanych powłok z polimerów naturalnych. Przeprowadzono badania głównie fizykochemiczne. Badania rentgenowskie wykonane są poprawnie jednak brak opisu osi y (Rys. 58, 59, 60). Analiza mikroskopowa powłok przedstawiona w rozdziale 6.3.3.3 jest imponująca. Na tej podstawie oraz na przeanalizowaniu poprzednich rozdziałów można stwierdzić, że badania elektrochemiczne oraz mikroskopia elektronowa stanowią główny trzon zainteresowań Doktorantki.

Zastrzeżenia mam jedynie do wyników badań biologicznych. Badania na krwi powinny zostać przeprowadzone przy wykorzystaniu bardziej zaawansowanego sprzętu czyli cytometrii przepływowej i mikroskopii konfokalnej dedykowanej do materiałów biologicznych. Zastosowanie przeciwciał monoklonalnych skoniugowanych z fluorochromami daje dokładną odpowiedź interakcji krew- materiał. Badania optyczne nie są wystarczające. Badania cytotoksyczności przeprowadzono przy zastosowaniu szerokopolowej mikroskopii fluorescencyjnej. Rys. 126 daleko odbiega od obecnych standardów i jakości zdjęć publikowanych w renomowanych czasopismach. Na zaprezentowanych zdjęciach widoczne jest tło od wzbudzenia barwnika niezwiązanego z komórką. Zdjęcia też wykonane są z małym powiększeniem. Nie zaznaczono markera na zdjęciach. Niepokojącym jest kształt komórek oznaczonych jako żywe. Adherentne komórki mają kształt kulisty, co może świadczyć o słabej interakcji komórka- podłoże i niebezpieczeństwie w długotrwałej hodowli kierowania tych komórek na szlak śmierci patologicznej, czyli nekrozy.

Podsumowanie:

W podsumowaniu Doktorantka pisze: „Celem niniejszej pracy było polepszenie właściwości stopu Ti15Mo...” podczas, gdy w rozdziale „Cel i Teza pracy” Doktorantka pisze, że celem pracy jest „...opracowanie sposobu osadzania powłok...”. Nie powinno to być mylone i należy trzymać się przewodniej myśli pracy. Podsumowanie zostało przeprowadzone bardzo czytelnie, uwzględniając dyskusję z aktualnymi doniesieniami literaturowymi. Swoją pracę Doktorantka kończy rozdziałem „Perspektywy na przyszłość”. Rozdział ten dowodzi, że Doktorantka nie zamierza zaprzestać pracy nad rozpoczętą tematyką i opublikowaniem pracy doktorskiej.

Ogólna ocena pracy:

Praca doktorska pt. „Powłoki na bazie polimerów naturalnych na stopie Ti15Mo do zastosowań medycznych” autorstwa mgr Magdaleny Szklarskiej przedstawia ciekawe opracowanie naukowe dotyczące rozwoju dziedziny inżynierii biomateriałów. Badania dotyczą biomateriałów do zastosowań w rekonstrukcji układu kostno- szkieletowego. Pomimo błędów redakcyjnych, uważam, że praca jest przygotowana czytelnie i bardzo starannie. Wyniki badań są unikatowe i bardzo ciekawe, imponujący jest wachlarz zastosowanych metod, które zrealizowano w taki sposób, że wyniki badań uzupełniają się i ogólnie stanowią spójną całość. W pracy brakuje przedstawienia wyników negatywnych, czyli jakich parametrów, zwłaszcza biologicznych nie osiągnięto i co jest jeszcze do poprawy. Przedstawienie oceny krytycznej sprawia, że czytelnik miałby do czynienia z autorem nie bojącym się przyznać do błędu i wtedy praca ma zdecydowanie badawczy charakter. W przypadku projektowania nowych biomateriałów jest to szczególnie istotne.

Pomimo pewnych uwag, zwłaszcza natury polemicznej, nie umniejsza to znacząco mojej bardzo pozytywnej oceny pracy. Recenzent stwierdza, że przedstawiona praca doktorska odpowiada wymogom stawianym do uzyskania stopnia naukowego doktora nauk technicznych przez Ustawę o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym oraz Stopniach i Tytule w Zakresie sztuki z dnia 14.03.2003 r. (Dz. U. poz. 595 z 2003 roku).

Recenzent wnosi o dopuszczenie mgr Magdaleny szklarskiej do obrony przed Radą Wydziału Informatyki i Nauki o Materiałach Uniwersytetu Śląskiego.

