



Prof. dr hab. inż. Leszek Klimek  
Politechnika Łódzka  
Instytut Inżynierii Materiałowej

Łódź dn. 14. 02. 2016

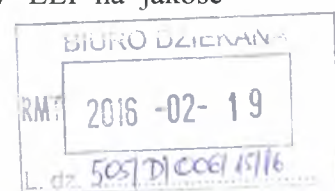
## RECENZJA

**rozprawy doktorskiej mgr inż. Soni Loski pt.: „*Badanie struktury i własności fizykochemicznych Ti i stopu Ti6Al4V ELI stosowanych na implanty w protetyce stomatologicznej*”**

**wykonana na zlecenie Dziekana Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej**

### 1. Charakterystyka ogólna pracy

Głównym celem protetyki stomatologicznej jest przywrócenie utraconej funkcji żucia poprzez odbudowę braków zębowych, a także przywrócenie prawidłowego funkcjonowania całego aparatu stomatognatycznego, gdyż bardzo często braki uzębienia są przyczyną zaburzeń czynnościowych narządu żucia. W postępowaniu protetycznym dobór odpowiednich materiałów i obróbek do wykonawstwa prac protetycznych jest niezwykle istotny. Nowoczesna stomatologia zapewnia wachlarz rozmaitych materiałów, które lekarze dentyści mają możliwość zastosować do uzupełnienia brakujących tkanek zębów. Od wielu lat, jako materiały służące do wykonania podbudowy stosowane są metale oraz ich stopy, a wśród nich tytan i stopy na jego bazie. Znalazły one zastosowanie w postaci zarówno gotowych prefabrykatów jak: wszczepy zębowe, wkłady koronowo - korzeniowe, ćwieki okołomiazgowe oraz w postaci laboratoryjnie wykonywanych prac protetycznych takich jak: wkłady, nakłady koronowe, korony, mosty, prace kombinowane z koronami teleskopowymi lub zasuwami, szkielety protez częściowych oraz mezo- i suprastruktury konstrukcji wszczepowych. W każdej tego typu pracy protetycznej tytan z reguły nie występuje samodzielnie, tylko w połączeniu z innymi materiałami, a pośrednio z tkankami zęba. Właśnie jakość i trwałość tego połączenia najczęściej decyduje o jakości i trwałości całej pracy protetycznej. Poprawę tego połączenia można uzyskać m.in. przez odpowiednią modyfikację powierzchni elementów metalowych. Doktorantka w swojej pracy postanowiła zając się wpływem modyfikacji powierzchni tytanu oraz stopu Ti6Al4V ELI na jakość



i trwałość połączenia wykonanego z nich wkładu koronowo-korzeniowego z cementem oraz zębiną w układzie wkład koronowo-korzeniowy – ząb.

**Problematykę recenzowanej pracy należy więc uznać jako bardzo trafną zarówno z punktu widzenia poznawczego, jak i ze względu na możliwości praktycznego zastosowania wyników badań.**

Przedstawiona do recenzji rozprawa zawiera 155 stron i podzielona jest w klasyczny sposób na część literaturową (str. 5 – 53) oraz obszerną część doświadczalną (str. 53 – 136). Spis literatury obejmuje 213 pozycji. Większość z cytowanych prac pochodzi z ostatnich dziesięciu lat, a więc nowych, co pozwala dobrze wnosić o merytorycznym przygotowaniu Doktoranta do podjęcia problematyki badawczej. Praca napisana jest zwięźle, poprawną polszczyzną, a zawarte w niej treści są czytelne.

## **2. Ocena części literaturowej**

Część literaturowa podzielona jest na trzy podrozdziały. W pierwszym został szeroko scharakteryzowany układ stomatognatyczny. Część ta jest bardzo obszerna, co świadczy o dobrej znajomości zagadnienia, a tym samym pozwala sądzić, że zarówno założenia, jak i część badawcza pracy będą miały ścisłe powiązanie z zagadnieniami istotnymi w praktyce protetyki stomatologicznej. W drugim Doktorantka scharakteryzowała jednoczęściowe protezy stałe, które były obiektem jej dalszych badań. Rozdział trzeci traktuje o sposobach kształtowania właściwości użytkowych implantów stosowanych w protetyce stomatologicznej. Całość kończy się rozdziałem podsumowującym, w którym Autorka na podstawie wniosków wyciągniętych z opracowania literaturowego uzasadnia podjęcie tematu swoich dalszych badań.

Oceniając tę część pracy stwierdzam, że tak przedstawiona część literaturowa stanowi wystarczającą podstawę teoretyczną do realizacji podjętego tematu. Jednak uważam, że proporcje pomiędzy rozdziałami 1 i 3 zostały nieco zachwiane. Biorąc pod uwagę, że oceniana praca jest z zakresu nauk technicznych, spodziewałbym się nieco szerszego opracowania sposobów kształtowania właściwości implantów, modyfikacji ich powierzchni, kosztem opracowania dotyczącego układu stomatognatycznego.

## **3. Ocena części merytorycznej rozprawy**

W rozdziale piątym Doktorantka na podstawie przeglądu literatury formułuje założenia pracy oraz tezę w następującym brzmieniu:

**„Wymagane cechy użytkowe jednoczłonowych protez stałych stosowanych w protetyce stomatologicznej są efektem prawidłowego doboru struktury i własności mechanicznych biomateriału metalowego oraz własności fizykochemicznych ich powierzchni, które można kształtować warunkami finalnej obróbki mechanicznej i elektrochemicznej”.**

W dalszej części tego rozdziału przedstawiono zakres pracy mający na celu udowodnienie postawionej tezy.

Trzon badawczy pracy stanowią trzy kolejne rozdziały. Pierwszy z nich zawiera opis materiału przeznaczonego do badań, następny opis metodyki badań. Wszystkie uzyskane wyniki przedstawiono w, podzielonym na pięć podrozdziałów, rozdziale ósmym. Pierwszy podrozdział zawiera wyniki analizy numerycznej układu wkład koronowo-korzeniowy – ząb powstałych w wyniku obciążenia układu siłami przyłożonymi do na brzegu siecznym wzdłuż osi zęba (w wariancie I) oraz przy obciążeniu siłą przyłożoną na 1/3 powierzchni wargowej pod kątem  $45^\circ$  do osi długiej zęba (w wariancie II). Analizę wykonano dla dwóch rodzajów wkładów – Flexi-Post i Flexi-Flange. Wyznaczono rozkłady naprężeń zarówno we wkładach koronowo-korzeniowych, jak i w warstwie cementu oraz na granicy wkład koronowo-korzeniowy – warstwa cementu. Zagadnienia te, a tym samym uzyskane wyniki, mają istotne znaczenie zarówno dla projektowania i optymalizacji kształtu wkładów koronowo-korzeniowych, jak i doboru metod ich mocowania w korzeniach zębowych oraz doboru cementów, a także pozwala na ocenę naprężeń generowanych w twardych tkankach zębów odbudowywanych wybranymi postaciami wkładów koronowo-korzeniowych. W ramach analizy numerycznej opracowano modele geometryczne elementów, układ wkład koronowo-korzeniowy – ząb, wygenerowano siatki do obliczeń oraz przeprowadzono same obliczenia. Ta część pracy jest bardzo dobrze i w miarę wszechstronnie rozwiązana i sama w sobie może stanowić oddzielne zagadnienie badawcze, a po praktycznym zweryfikowaniu wyników, nawet pracą doktorską. Moim zdaniem jednak nie do końca współgra ze sformułowanym tematem pracy dotyczącym badania struktury i własności fizykochemicznych tytanu i stopu Ti6Al4V. Zamieszczenie analiz numerycznych jest w moim odczuciu nieco sztuczne. Wprawdzie Doktorantka napisała, że „Przeprowadzona analiza numeryczna była podstawą do rozważań nad doбором cech strukturalnych i mechanicznych materiału metalowego wkładu koronowo-korzeniowego”, to jednak w pracy nie znalazłem tego typu rozważań i wniosków z nich wypływających. Kolejny podrozdział zawiera wyniki badań metalograficznych wkładów koronowo-korzeniowych wykonanych ze stopu Ti6Al4V oraz próbek wykonanych z tytanu CPTi Grade 4. W ramach tych badań określono strukturę i dokonano pomiarów wielkości ziarna próbek tytanowych. Oddzielnie przeprowadzono badania stereologiczne

ścierniwa korundowego użytego do późniejszej obróbki strumieniowo-ścierniej. W tym miejscu recenzentowi nasunęło się pytanie: w jakim celu mierzono średnie pole powierzchni ziarna – jakie znaczenia ma ten parametr dla efektów dalszej obróbki? Może lepiej byłoby zbadać średnią długość krawędzi ziarna, co pozwoliłoby wnioskować skrawności ziaren. Podrozdział 8.3 zawiera wyniki badań wytrzymałościowych próbek wykonanych z tytanu CP Ti Grade 4 oraz ze stopu Ti6Al4V. Także w tym podrozdziale przedstawiono wyniki pomiarów twardości próbek po obróbce strumieniowo-ścierniej przy zastosowaniu różnego medium obróbczego. Uważam, że bardzo istotne są wyniki pomiarów twardości w funkcji głębokości penetracji wgłębnika. Pozwalają one określić zarówno wielkość, jak i głębokość umocnienia powierzchni po poszczególnych obróbkach, co ma istotny wpływ na właściwości powierzchni. Kolejnym zagadnieniem omawianym w ramach badań właściwości mechanicznych są pomiary adhezji wzmocnionego żywicą cementu szklanojononowego do próbek po różnych obróbkach powierzchniowych. Wykazano jej zróżnicowanie, w zależności od parametrów obróbek. Badanie to pozwoliło na określenie optymalnych, ze względu na adhezję, parametrów. Autorka w swojej pracy przeprowadziła bardzo szerokie badania elektrochemiczne wybranych przez siebie stopów oraz gotowych wkładów koronowo-korzeniowych. Nie ograniczyła się tylko do samej elektrochemii, ale również przeprowadziła w elektronowym mikroskopie skaningowym analizę próbek po badaniach korozyjnych. Tym samym otrzymała pełniejszy obraz zachowania się elementów w środowisku korozyjnym. Doktorantka zauważyła zmniejszenie odporności korozyjnej próbek po wszystkich obróbkach strumieniowo-ściernych. Dodatkowo zaobserwowała, że sterylizacja parowa, a więc czynność standardowo stosowana w wykonawstwie elementów protetycznych, dodatkowo podnosi ich odporność korozyjną. Obok analiz numerycznych jest to moim zdaniem najwięcej wnoszący i najlepiej opracowany rozdział w pracy. W ostatnim podrozdziale zaprezentowano wyniki pomiarów topografii powierzchni, która jak wiadomo w dużym stopniu decyduje o retencji zamocowanego w zębie wkładu koronowo-korzeniowego. Doktorantka pomierzyła kilka wybranych przez siebie parametrów powierzchni. Czym się kierowała wybierając właśnie te? Kolejne pytanie, które nasuwa się podczas analizy otrzymanych wyników to, dlaczego po procesie obróbki strumieniowo-ścierniej parametr Ra jest większy niż po obróbce perełkami o analogicznej wielkości (50 i 10  $\mu\text{m}$ ), gdzie powierzchnia nie jest skrawana, a nierówności są raczej zginiatane i powinno nastąpić wygładzenie?

Całość pracy kończy się podsumowaniem wyników badań (rozdział dziewiąty) i wnioskami (rozdział dziesiąty) wyciągniętymi z przeprowadzonych badań i analiz.

#### **4. Zagadnienia polemiczne i uwagi**

Oprócz niewątpliwych zalet rozprawa, jak każda tego typu praca, zawiera pewne nieścisłości, a także sformułowania i ujęcia, które mogą być przez recenzenta postrzegane w inny sposób lub w formie rozszerzonej, a obowiązkiem ciążącym na recenzencie jest zwrócić na nie uwagę. Zostały one już wcześniej zasygnalizowane podczas oceny części merytorycznej pracy i nie ma potrzeby ich tutaj powtarzać.

#### **5. Ocena końcowa**

Przytoczone uwagi w niczym nie umniejszają pozytywnej oceny recenzowanej rozprawy. Doktorantka udowodniła w sposób wystarczający postawioną tezę pracy oraz zrealizowała postawione sobie cele, a tym samym w pełni zrealizowała zakres merytoryczny pracy. Wykazała się przy tym dużą wiedzą i opanowaniem nowoczesnych metod badawczych, a także umiejętnością w zakresie prowadzeniu eksperymentów oraz opracowania i analizy wyników i wyciągania wniosków.

#### **Wniosek końcowy**

Na podstawie powyższej opinii o rozprawie doktorskiej mgr inż. Soni Loski *pt.: „Badanie struktury i własności fizykochemicznych Ti i stopu Ti6Al4V ELI stosowanych na implanty w protetyce stomatologicznej”* stwierdzam, że wykazała się ona wiedzą umożliwiającą prowadzenie samodzielnych badań naukowych, a oceniana praca jest samodzielnym rozwiązaniem problemu badawczego, stanowi wkład w postępek wiedzy i spełnia wymogi stawiane przez Ustawę z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65 poz. 565 ze zm. Dz. U z 2005 r, nr 164 poz. 1365). Przedkładam więc Wysokiej Radzie Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej wniosek o dopuszczenie mgr inż. Sonię Loskę do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Leszek Klimek

Łódź, 14. 02. 2016 r.

