



Wrocław, dn. 19 IX 2022 r.

dr hab. n. wet. Aleksander Chrószcz
profesor UPWr
Zakład Anatomii Zwierząt
Katedra Biostruktury i Fizjologii Zwierząt
Wydział Medycyny Weterynaryjnej
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

OCENA

Rozprawy doktorskiej mgr inż. Viktorii Hoppe, pt. "Opracowanie technologii selektywnej laserowej mikrometalurgii proszków dla stopu Ti-13Nb-13Zr na potrzeby medycyny weterynaryjnej".

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska, pt.: „Opracowanie technologii selektywnej laserowej mikrometalurgii proszków dla stopu Ti-13Nb-13Zr na potrzeby medycyny weterynaryjnej”, autorstwa mgr inż. Viktorii Hoppe, została wykonana pod kierunkiem prof. dr. hab. Bogdana Dybały oraz prof. dr hab. Macieja Janeczka, a także promotora pomocniczego w osobie dr inż. Patrycji Szymczyk-Ziółkowskiej w Katedrze Technologii Laserowych, Automatyzacji i Organizacji Produkcji Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. Praca doktorska była współfinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego, nr projektu POWR.03.02.00-00-I003/16.

Celem niniejszej pracy było opracowanie kompleksowej metody wytwarzania i badania właściwości funkcjonalnych oraz biofizykochemicznych materiału pod postacią stopu tytanowego (Ti-13Nb-13Zr) przetworzonego technologią selektywnej laserowej mikrometalurgii proszków (L-PBF) do wytwarzania materiałów implantacyjnych na potrzeby medycyny weterynaryjnej. Należy stwierdzić, że badania przeprowadzone w ocenianej pracy umożliwiły uzyskanie wyników i wyciągnięcie



wniosków, które pozwoliły na spełnienie celu naukowego niniejszej rozprawy doktorskiej oraz udowodnienie postawionej w niej tezy zakładającej, że materiał oparty na stopie tytanowym w układzie Ti-Nb-Zr i przetworzony z zastosowaniem technologii selektywnej laserowej mikrometalurgii proszków (L-PBF) umożliwia otrzymanie składu stechiometrycznego zgodnego z normą ASTM F-1713 i charakteryzującego się własnościami mechanicznymi, bioelektrycznymi i fizykochemicznymi powierzchni umożliwiającymi zastosowanie go do wytwarzania implantów kostnych, które mogą znaleźć zastosowanie w medycynie weterynaryjnej.

W odróżnieniu od konwencjonalnych stopów tytanu, zawierających w swym składzie glin oraz wanad, stopy tytanu drugiej generacji, coraz częściej stosowane w dziedzinie wytwarzania przyrostowego, cechują się brakiem działania cytotoksycznego, a także obniżonym modułem sprężystości. Przyczyną tego stanu rzeczy jest obecność w ich składzie nietoksycznych pierwiastków, tj. niobu, cyrkonu czy tantalum. Pozwala to na skuteczne wykorzystanie stopów drugiej generacji jako materiałów do produkcji implantów w medycynie. Technologia ich wytwarzania (technologia przyrostowa) posiada jeszcze jeden atut, pozwalając na wytworzenie spersonalizowanego wszczepu a możliwość ta jest szczególnie istotna ze względu na znaczące różnice jakościowe i ilościowe dotyczące budowy układu kostnego u zwierząt, będących obiektem działań leczniczych typowych dla medycyny weterynaryjnej. Dodatkowo elastyczność wytwórcza i projektowa typowa dla technologii Powder Bed Fusion (PBF) pozwala na przetwarzanie spawalnych proszków metali zgodnie z potrzebami szeroko pojętej implantologii i medycyny regeneracyjnej. Mimo, że jednym z najbardziej obiecujących pod względem dostępności i funkcjonalności jest stop Ti-13Nb-13Zr, zgodny z normą ASTM F1713, jak dotąd nie stał się on obiektem badań nad jego wykorzystaniem w procesach wytwarzania przyrostowego. Problem ten dotyczy przede wszystkim optymalizacji procesów wytwórczych z zastosowaniem technologii L-PBF. Wyznaczenie jasnych wartości takich parametrów jak: frakcja proszku, sypkość proszku, skład chemiczny proszku czy skład chemiczny materiału po przetworzeniu jest niezmiernie istotne i w gruncie rzeczy niedostępne w literaturze tematu. Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska wypełnia tę lukę w dostępnym piśmiennictwie podając pełne informacje poczynając od wyników analizy materiału referencyjnego (wyjściowego, nie poddanego przetworzeniu) po charakterystykę gotowych próbek testowych wytworzonych technologią L-PBF. Posiada ona ponadto charakter interdyscyplinarny, łącząc takie dziedziny jak:



inżynierię materiałową, inżynierię mechaniczną, inżynierię powierzchni, metalurgię proszków, inżynierię biomedyczną, cytologię i hodowlę komórkową, toksykologię czy w końcu ortopedię oraz implantologię. Opis modyfikacji właściwości bioelektrycznych, fizykochemicznych, mechanicznych i biologicznych badanego stopu tytanowego pod wpływem procesów związanych z jego wytwarzaniem, przetwarzaniem, kształtowaniem powierzchni i struktury wewnętrznej stanowi cenny wkład do dalszych badań, nie tylko ze względu na pełny opis wspomnianych zagadnień, ale również dlatego, że przeprowadzono analizę gotowości technologicznej wykorzystania selektywnej laserowej mikrometalurgii proszków do wdrożenia spersonalizowanych implantów stopów tytanowych w medycynie weterynaryjnej. Poziom gotowości technologicznej określono jako TRL5, czyli przeprowadzone w pracy badania zakończono na etapie walidacji technologii w środowisku zbliżonym do rzeczywistego, a dalsza kontynuacja prac badawczych w tym zakresie może doprowadzić do poziomu TRL9, czyli wytworzenia technologii gotowej do wdrożenia i komercjalizacji wyników badań.

W przypadku onkologii i ortopedii weterynaryjnej szczególnie istotnym problemem jest zastosowanie skutecznych nieinwazyjnych metod leczenia i technik operacyjnych w terapii kostniakomięsaka (*osteosarcoma*), złośliwego i pierwotnego nowotworu tkanki kostnej. Schorzenie to diagnozuje się głównie u psów ras dużych i olbrzymich w obrębie elementów szkieletu kończyn (w myśl zasady: *far from elbow, near to knee*). Sporadycznie choroba może dotyczyć również tkanki kostnej szkieletu głowy, szkieletu osiowego czy tkanek miękkich. Psy najczęściej zapadające na wspomniane schorzenie to osobniki dorosłe, po uzyskaniu dojrzałości anatomicznej, zwykle w wieku 7-9 lat, choć czasem można spotkać się z sytuacją postawienia tej diagnozy u psów między 18-24 miesiącem życia. Leczenie obejmuje usunięcie guza pierwotnego wraz z ewentualnymi przerzutami oraz chemioterapię adjuwantową. Szczególnie uciążliwe zarówno dla pacjenta, jak i jego opiekuna, jest konieczność amputacji objętej zmianami chorobowymi kończyny, dlatego też możliwość zastosowania metod oszczędzających chora kończynę, polegających na wykorzystaniu implantów metalowych usuniętej części kości jest szczególnie istotna. Jak już wspomniano w początkowej części recenzji, możliwość wytworzenia spersonalizowanego wszczepu z materiału o możliwie zbliżonych właściwościach mechanicznych do żywej tkanki kostnej podlegającej ciągłemu działaniu sił związanych z fizjologią narządu ruchu i pozwalającego, dzięki właściwościom chemicznym i



biologicznym, na możliwie szybki i uwieńczony sukcesem proces osteointegracji implantu, jest szczególnie istotna dla współczesnej medycyny weterynaryjnej.

Jednym z istotnych elementów ewaluacji materiałów, które mają być zastosowane w medycynie człowieka czy medycynie weterynaryjnej jest ustalenie ich ewentualnego wpływu na organizm żywy człowieka lub zwierzęcia. Przeprowadzenie badań *in vivo* z wykorzystaniem zwierząt eksperymentalnych uważanych za uznany model dla organizmu człowieka, jak i zwierząt laboratoryjnych standardowo stosowanych w testach biomedycznych, ze względu na Zasady Dobrej Praktyki Laboratoryjnej (GLP), musi być poprzedzone oceną biogodności badanych materiałów *in vitro*. Do najistotniejszych jej elementów zaliczyć należy badania cytotoksyczności z wykorzystaniem ustalonych linii komórkowych, które właściwie odzwierciedlą reakcje komórek tkanek żywego organizmu na wprowadzenie do niego badanego materiału, w tym wypadku reakcji tkanki kostnej na wprowadzenie do niej implantu. Wybrane do badań linie komórkowe, tj.: NHDF (prawidłowe fibroblasty skóry człowieka) oraz MC 3T3 (prekursory osteoblastów myszy), uważam za zasadne i poprawne dla spełnienia w/w założenia. Badania cytotoksyczności ewaluowanego stopu tytanu w postaci litej (nieprzetworzonej), jak i przetworzonego z wykorzystaniem technologii L-PBF przeprowadzono zgodnie z zasadami normy ISO 10993-5, stosując test MTT. Badania te objęły również próbki materiału poddanego modyfikacjom powierzchni, która została przeprowadzona z jednej strony dla wyeliminowania niekorzystnych reakcji implant-płyny ustrojowe i tkanki (np. zapobieganie korozji wżerowej, zapewnienie odpowiedniej warstwy pasywnej), a z drugiej dla zapewnienia możliwie optymalnej biogodności materiału oraz jak najlepszych warunków (np.: odpowiednia chropowatość i porowatość materiału) dla adhezji komórek żywej tkanki otaczającej implant, ich proliferacji i różnicowania się, które to warunkuje skuteczny proces osteointegracji i sam sukces procedury implantacyjnej. W badaniach niniejszej pracy udało się nie tylko ustalić ewentualne działanie cytotoksyczne wykorzystywanego stopu tytanu, ale i określić optymalną metodę modyfikacji jego powierzchni dla uzyskania najwyższej jego biogodności. Podjęte przez doktorantkę starania oceniam jednoznacznie pozytywnie i pragnę podkreślić, że przeprowadzone w niniejszej pracy badania objęły nie tylko zagadnienia *sensu stricto* związane z użytecznością samej technologii selektywnej laserowej mikrometalurgii proszków dla wytworzenia optymalnie zmodyfikowanego z punktu widzenia oceny fizykochemicznej materiału, ale też wynikające z próby skutecznej ewaluacji



badanego stopu jako możliwego do wykorzystania w przyszłości dla potrzeb medycyny weterynaryjnej. Szczególnie należy podkreślić dociekliwość badaczki oraz jej znajomość zjawiska wyższej przeżywalności fibroblastów i preosteoblastów, bardziej intensywnego ich wzrostu i wyższej biozgodności w przypadku powierzchni spasywowanej z wykorzystaniem dwutlenku tytanu (anatazu i rutyłu), które potęgują adhezję komórek i ich proliferację, wpływają na wartość modułu elastyczności oraz wzmagają proces tworzenia się układów hydroksyapatytowych oraz ograniczają zjawisko korozji. Ponadto udowodniono wyższość powierzchni spasywowanych rzutujących na przeżywalność badanych linii komórkowych nad powierzchniami materiału litego i wytworzonego technologią L-PBF, który nie posiadał warstwy pasywnej (słaba toksyczność – poziom 1). Sama technologia selektywnej laserowej mikrometalurgii proszków zastosowana dla wytworzenia potencjalnego wszczepu nie wpływała też na wzrost jego cytotoxyczności, co pozwoliło na sklasyfikowanie badanego stopu tytanu jako materiał bioinertny.

Recenzowana rozprawa doktorska zawiera 175 stron tekstu podzielonego na następujące rozdziały: Spis treści, Wykaz akronimów, Streszczenie, Abstract, Wstęp, Aktualny stan wiedzy, Cel pracy, Metodyka badań, Badania eksperymentalne dla stopu Ti-13Nb-13Zr, Analiza możliwości zastosowania materiału Ti-13Nb-13Zr po procesie L-PBF w medycynie weterynaryjnej, Podsumowanie wyników badań, Wnioski końcowe, Spis tabel, Spis rysunków. Dodatkowo umieszczono część pracy zawierającą użyte piśmiennictwo o tytule: Literatura, którą proponowałbym uznać za ostatni XV rozdział pracy doktorskiej lub umieścić przed spisem tabel jako rozdział XIII z następującą modyfikacją numeracji dwóch kolejnych rozdziałów.

Ponadto moje zastrzeżenia budzi tytuł rozdziału VIII, tj.: Metodyka badań. Pomimo, że współczesny Słownik Wyrazów Obcych PWN dopuszcza dwa znaczenia rzeczownika metodyka, tj.:

1. rozumianego jako zbiór reguł dotyczących sposobów wykonywania jakiejś pracy lub trybu postępowania prowadzącego do celu,
 2. rozumianego jako określenie działu dydaktyki zajmującego się celami i sposobami nauczania;
- wydaje mi się zasadnym stosowanie w pracach naukowych jego pierwotnego znaczenia, które warunkuje również źródłosłów tego rzeczownika, podobnie jak w przypadku terminu greckiego *physis* (gr. *Φύσις*), tłumaczonego zazwyczaj jako natura i słowa fizyka (stgr. *Φύσικος*) oznaczającego naukę o naturze rzeczy fundamentalnych. Idąc tym tropem termin metodyka bardziej pasuje do



określenia nauki o metodach niż samych metod. Jednakże z drugiej strony język grecki dysponuje również terminem metodologia (gr. *Μεθοδολογία*) często stosowanym w języku polskim jako synonim metodyki (gr. *μεθοδικά*), a sama metodyka jest przysłówkiem powstałym od greckiego rzeczownika *μέθοδος*, co jeszcze bardziej komplikuje sprawę. Ponieważ moje odczucia są czysto subiektywne, a oba wzmiankowane języki nie są z sobą tożsame pod względem frazeologicznym, decyzję w materii ewentualnej modyfikacji tytułu rozdziału pozostawiam uznaniu autorki. Recenzowana praca zawiera 29 tabel oraz 54 ryciny, które zostały wykonane starannie i przejrzysto.

Patrząc na ocenianą pracę *in toto* pragnę stwierdzić, że jej układ uznać należy za poprawny i przejrzysty, a wprowadzone w tekst tabele i ryciny nie prowadzą do jego dezorganizacji i pozwalają uniknąć znacznej ilości odsyłaczy, uciążliwego wertowania stron tekstu a ich ogólny układ jest intuicyjny.

Rozdziały I i II (Spis treści oraz Wykaz akronimów) nie wymagają komentarza. Rozdział III i IV (Streszczenie i Abstract) stanowią skrócony i rzeczowy opis przeprowadzonych badań oraz wyciągniętych na tej podstawie wniosków. Rozdział V (Wstęp) dokładnie opisuje przesłanki do podjęcia badań przeprowadzonych w ramach pracy doktorskiej ze szczególnym uwzględnieniem cech badanego materiału jako mającego wartość aplikacyjną dla potrzeb medycyny weterynaryjnej. Rozdział VI (Aktualny stan wiedzy) daje czytelnikowi dobrą orientację zarówno w odniesieniu do przeglądu dostępnego piśmiennictwa związanego z tematyką pracy, jak i szczegółowo naświetla takie zagadnienia, jak np.: rodzaje implantów stosowanych w medycynie weterynaryjnej, technologie przyrostowe i metalurgię proszków jako technologię zdolną do ich wytwarzania oraz wpływ pierwiastków stopowych na własności stopów tytanu. Rozdział VII (Cel pracy) opisuje poprawnie sformułowane cele badań przeprowadzonych w ramach ocenianej rozprawy doktorskiej, tezę pracy i jej cel naukowy. Rozdział VIII (Metodyka badań) obejmuje: charakterystykę zastosowanej technologii L-PBF; opis analizy składu chemicznego; opis zasad oceny morfologii i własności reologicznych materiałów proszkowych; opis zasad zastosowania rentgenowskiej analizy strukturalnej, mikroskopii świetlnej i konfokalnej, mikroskopii elektronowej oraz tomografii komputerowej; charakterystykę badań poświęconych właściwościom mechanicznym, badań korozyjnych, badań zwilżalności, spektroskopii Ramana oraz badań *in vitro*. Rozdział IX (Badania eksperymentalne dla stopu Ti-13Nb-



13Zr) porusza opis wyników uzyskanych w/w metodami badawczymi oraz ich konfrontację z danymi z dostępnego piśmiennictwa.

W podrozdziale IX. 13 (Badania *in vitro*) na stronie 124 pojawia się *passus*: „...wskazują dane jakościowe w postaci szczegółowych zmian morfologicznych w hodowlach oraz ocenę zmian morfologicznych w hodowlach.” Należy go uznać za omyłkę erystyczną i tautologię, i proponuję usunięcie frazy: „... oraz ocenę zmian morfologicznych w hodowlach.”

Rozdział X (Analiza możliwości zastosowania materiału Ti-13Hb-13 Zr po procesie L-PBF w medycynie weterynaryjnej) zwraca uwagę na potencjalną możliwość zastosowania opracowanego pod względem technologicznym w niniejszej pracy stopu tytanu dla potrzeb medycyny weterynaryjnej po zakończeniu badań związanych z zapewnieniem poziomu gotowości technologicznej TRL9, co oznacza technologię gotową do wdrożenia i komercjalizacji. Rozdział XI (Podsumowanie wyników badań) przedstawia w sposób syntetyczny dość rozległe spektrum wyników uzyskanych w badaniach niniejszej pracy doktorskiej.

W rozdziale XI pojawia się stwierdzenie: „... z zastosowaniem linii komórkowych, biorących udział w procesach osteointegracji”. Jak wiadomo, żadne z ustalonych linii komórkowych nie biorą udziału w procesie osteointegracji obserwowanym w organizmie żywym a stanowią jedynie uznany model tych komórek, dlatego też trafniejszym wydaje się stwierdzenie: ... z zastosowaniem linii komórkowych będących modelem dla komórek organizmu żywego biorących udział w procesie osteointegracji.

Rozdział XII (Wnioski końcowe) został skonstruowany poprawnie i jest ściśle powiązany z uzyskanymi wynikami.

Jedynym mankamentem dotyczącym wniosków sformułowanych w Rozdziale XII jest stwierdzenie autorki: „... co z kolei przyczynia się do potencjalnej zwiększonej adhezji i proliferacji komórek powodujących osteointegrację implantu z otaczającymi go tkankami”. Ponieważ niniejsza praca doktorska nie dotyczy badań eksperymentalnych przeprowadzonych *in vivo*, nie możliwym jest wyciągnięcie takiego wniosku. Zastosowane linie komórkowe (NHDF oraz MC 3T3) stanowią jedynie model dla komórek żywej tkanki organizmu biorącej udział w w/w procesie. Właściwszym byłby następujący *passus*: ... co z kolei przyczynia się do potencjalnej zwiększonej adhezji i proliferacji



komórek badanych linii komórkowych stanowiących model komórek żywej tkanki organizmu *in vitro*, jednakże wymaga ostatecznego potwierdzenia w badaniach *in vivo* nad zjawiskiem osteointegracji implantu z badanego stopu tytanowego.

Rozdział XIII i XIV (Spis tabel i Spis rycin) nie wymaga komentarza.

Jednocześnie należy podkreślić, że wartość merytoryczna pracy, swoboda poruszania się autorki w imponującej liczbie wyników badań oraz rzeczowa dyskusja uzyskanych wyników z doniesieniami innych autorów dowodzi biegłej znajomości tematu pracy przez doktorantkę. Wyżej wspomniane uwagi nie umniejszają jej wartości i winny być traktowane jedynie w kategoriach *lapsus calami*. Podobne znaczenie mają inne uwagi, które z obowiązku muszą zostać podniesione w tej recenzji i są to:

str. 11 – „*innowatorska*” zamiast: *innowacyjna*,

str. 12 – „... *znaczący rozwój w kierunku nowoczesnych procedur medycznych*” zamiast: *znaczący rozwój nowoczesnych procedur medycznych*,

str. 12 – „... *trzewioczaszki u zwierząt domowych*” zamiast: *trzewioczaszki zwierząt domowych*,

str. 14 – „... *które łączy się z kością lub żuchwą...*” zamiast: *które łączy się z kością (żuchwa jest też kością – uwaga recenzenta)*,

str. 16 – „*umożliwiających*” zamiast: *umożliwiającą*,

str. 18 – „*służy*” zamiast *służą*,

str. 20 – „*platformy roboczej*” zamiast: *platforma robocza*,

str. 24 – spacja przed kropką,

str. 28 – „... *od 17 i 28 GPa...*” zamiast: *od 17 do 28 GPa*,

str. 28 – „... *po procesie procesu implantacji...*” zamiast: *po zabiegu implantacji*.

str. 34 – „... *w którym występuje implant...*” zamiast: *w który wszczepiono implant*,

str. 35 – „... *w zależności od postaci materiału...*” (powtórzenie, usunąć – uwaga recenzenta),

str. 37 – „... *prowadzące do awarii...*” zamiast: *skutkujące niepowodzeniem*,

str. 38 – „... *w fazie wgajania implantu...*” zamiast: *w fazie gojenia się łoża implantu*,

str. 40 – „... *rozrost komórek...*” zamiast: *namnażanie się komórek*,

str. 43 – „... *tkanki łączącej...*” zamiast: *tkanki łącznej*,

str. 44 – „... *we krwi...*” (usunąć – uwaga recenzenta),



- str. 45 – „... proces kościotworzenia” zamiast: proces kostnienia,
str. 45 – „... w modelu chrześnym kości...” zamiast: na podłożu chrześnym,
str. 45 – „Z założenia...” (nowy akapit – uwaga recenzenta),
str. 46 – „... w warstwie na około implantu...” zamiast: w strefie perimplantacyjnej,
str. 48 – podano czynniki przyspieszające proces osteointegracji a nie podano tych, które go hamują (uwaga recenzenta),
str. 63 – „... stanowi linię referencyjną...” zamiast: stanowiącej linię referencyjną,
str. 70 – „... w stosunku co do popularnego stopu...” zamiast: w przypadku popularnego stopu
str. 71 – „podstawowe parametry” (powtórzenie – uwaga recenzenta),
str. 76 – „... eksperyment opisany został opisany...” zamiast: eksperyment został opisany,
str. 78 – „... odchyłki grubości...” zamiast: odchylenia grubości,
str. 79 – „... co umożliwiło przeprowadzenie analizy dotyczącej stabilności stropu...” zamiast: co umożliwiło ocenę stabilności stopu,
str. 82 – brak numeru strony w stopce (uwaga recenzenta),
str. 82 – „... a także oraz...” zamiast: a także,
str. 87 – „... zgodnie z wymaganiami...” zamiast: zgodną z wymaganiami,
str. 90 – „... własności mechanicznej...” zamiast: własności mechaniczne,
str. 93 – podwojona kropka (usunąć – uwaga recenzenta),
str.101 – przecinek zamiast kropki (uwaga recenzenta),
str. 107 – „... w organizmach płynów ustrojowych...” zamiast: w płynach ustrojowych organizmu,
str. 117 – odsyłacze do rysunków 42 i 43 (brakuje pogrubienia – uwaga recenzenta),
str. 118 – odsyłacz do rysunku 44 (brakuje pogrubienia – uwaga recenzenta),
str. 124 – „... proliferacji...” zamiast: proliferacji i,
str. 143 – „... występował on...” zamiast: zmiana patologiczna występowała.

Jak wspomniano wcześniej, żaden z wyżej wspomnianych błędów nie umniejsza jednak wartości merytorycznej niniejszej pracy i winien być jedynie poprawiony przed przekazaniem jej do druku.

W końcu, należy zaznaczyć, że wysoce zasadnym byłoby wykonanie badań immunohistochemicznych mających na celu porównanie ekspresji komórek wykorzystanych linii



komórkowych oraz komórek tkanek pochodzących od zwierząt eksperymentalnych oraz zwierząt objętych badaniami klinicznymi przed wdrożeniem implantu. Jednocześnie wiadomo, że zakres badań niniejszej pracy obejmował jedynie badania hodowli komórkowych *in vitro*. A zatem *ex definitione* niniejsza sugestia może wpisać się jedynie w dalsze badania stopu tytanu zmierzające do jego wdrożenia w praktyce. Być może autor planuje zajęcie się tym tematem w odrębnej pracy badawczej w przyszłości?

Na zakończenie stwierdzam, że wszystkie uwagi zamieszczone w niniejszej recenzji mają jedynie charakter korekcyjny, nie rzutując na jakość i zasadność przeprowadzonych badań. Recenzowaną rozprawę doktorską oceniam bardzo wysoko, szczególnie podkreślając jej merytoryczność, przejrzystość oraz potencjalnie aplikacyjny charakter. Dlatego też uważam, że przedstawiona do recenzji praca doktorska, pt.: "Opracowanie technologii selektywnej laserowej mikrometalurgii proszków dla stopu Ti-13Nb-13Zr na potrzeby medycyny weterynaryjnej", autorstwa mgr inż. Viktorii Hoppe stanowi wartościowy przykład interdyscyplinarnego i całościowego podejścia do wybranego tematu i spełnia warunki określone art. 13 ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz odpowiada warunkom określonym w § 6 Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 22 września 2011 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodach doktorskich, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora i przedstawiam Wysockiej Radzie Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Wrocławskiej wniosek o dopuszczenie mgr inż. Viktorii Hoppe do dalszych etapów przewodu doktorskiego w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn i nadania stopnia doktora nauk w dziedzinie i dyscyplinie inżynierii mechanicznej.

Wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej

Pełniąc obowiązki recenzenta rozprawy doktorskiej mgr inż. Viktorii Hoppe, pt.: "Opracowanie technologii selektywnej laserowej mikrometalurgii proszków dla stopu Ti-13Nb-13Zr na potrzeby medycyny weterynaryjnej", biorąc pod uwagę moją bardzo wysoką ocenę ogólną i szczegółową niniejszej rozprawy doktorskiej, ważkość poruszanego tematu oraz interdyscyplinarne i



holistyczne podejście do jego rzetelnego opracowania naukowego, zwracam się z wnioskiem do Wysokiej Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna o wyróżnienie recenzowanej przeze mnie rozprawy doktorskiej.

z wyrazami Szacunku

dr hab. n. wet. Aleksander Chrószcz prof. UPWr