

Prof. dr hab. inż. Jarosław Jakubowicz  
Politechnika Poznańska  
Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej  
Instytut Inżynierii Materiałowej  
ul. Jana Pawła II nr 24, 61-138 Poznań  
Tel: 61 665 3781, fax: 61 665 3576  
e-mail. jaroslaw.jakubowicz@put.poznan.pl

Poznań, 22 listopada 2021r.

**Recenzja osiągnięć dr. inż. Marcina Basiagi  
w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego  
w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych  
w dyscyplinie inżynieria biomedyczna**

**Podstawa opracowania recenzji:**

- Pismo Rady Doskonałości Naukowej, nr Z2.4000.77.2021.4.IB z dnia 27 września 2021r.
- Uchwała nr 36/2021 Rady Dyscypliny Inżynieria Biomedyczna Politechniki Śląskiej z dnia 21 października 2021r.
- Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce; Dz. U. z 2020r. poz. 85.
- Oceny dokonano w oparciu o:
  - osiągnięcia naukowe Habilitanta, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy,
  - aktywność naukowo-badawczą Habilitanta,
  - dorobek dydaktyczny, organizacyjny i popularyzatorski, współpracę krajową i międzynarodową oraz nagrody i wyróżnienia Habilitanta.

**1. Informacje ogólne**

Pan dr inż. Marcin Basiaga w roku 2006 ukończył na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej studia magisterskie na kierunku Zarządzanie i inżynieria produkcji. Dyplom doktora nauk technicznych w dyscyplinie Inżynieria materiałowa, uzyskał w roku 2011 na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej.

W roku 2007 ukończył Studium Doskonalenia Pedagogicznego dla nauczycieli akademickich Politechniki Śląskiej, a od 15.10.2011r. jest zatrudniony w Katedrze Biomateriałów i Inżynierii Wyrobów Medycznych na Wydziale Inżynierii Biomedycznej Politechniki Śląskiej. Obecnie jest zatrudniony na stanowisku adiunkta.

Według dostępnej dokumentacji dr inż. Marcin Basiaga nie ubiegał się wcześniej o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

## 2. Ocena osiągnięcia naukowego

Przedmiotem oceny jest autorska monografia habilitacyjna dr inż. Marcina Basiagi, pt. Antybakteryjne powłoki na powierzchni biomateriałów metalowych, ISBN 978-83-7880-771-1, Wydawnictwa Politechniki Śląskiej, o objętości 136 stron, opublikowana w Gliwicach w roku 2021. Recenzentami wydawniczymi byli prof. dr hab. inż. Tadeusz Wierzchoń oraz dr hab. n. med. Piotr Wilczek, prof. IPS.

W przesłanej dokumentacji habilitacyjnej znalazły się ponadto Autoreferat, Wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny Habilitanta oraz kopia dyplomu doktorskiego. Przedstawiona do oceny dokumentacja jest zgodna z wymaganiami określonymi w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz. 85 z późniejszymi zmianami).

### **Ocena osiągnięcia habilitacyjnego jakim jest autorska monografia:**

Autorska monografia habilitacyjna stanowi podsumowanie osiągnięć naukowych dr inż. Marcina Basiagi dotyczących powłok antybakteryjnych wytwarzanych na biomateriałach metalowych. Habilitant zawęży treść monografii do powłok ZnO wytwarzanych na stali austenitycznej 316LVM. Monografia ma klasyczny układ, tj. część badań własnych poprzedzona jest przeglądem aktualnego stanu zagadnienia zakażeń okołowszczepowych, tworzenia biofilmu bakteryjnego oraz charakterystyce powłok bakteriobójczych i bakteriostatycznych. W dalszej kolejności Habilitant opisuje zastosowane metody badawcze. Habilitant dysponował szerokim zapleczem badawczym, co umożliwiło mu określenie właściwości strukturalnych (XRD, TEM, HRTEM, STEM, spektroskopii Ramana), morfologii powierzchni (SEM, AFM), składu chemicznego (AES), właściwości elektrochemicznych (pomiar krzywych polaryzacji, zmian gęstości prądu w funkcji czasu, elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej, stężenia jonów metalicznych w roztworze), właściwości mechanicznych (adhezji powłok, odporności na ścieranie) i finalnie biologicznych (zwilżalności, adhezji bakterii, żywotności komórek oraz cytotoksyczności). Wyniki badań własnych, których omówienie zawarł w kolejnym rozdziale stanowią najważniejszy trzon monografii, łącznie z omówieniem wyników zajmując 50 stron opracowania. Monografię podsumowują jednostronicowe wnioski. Cała monografia została zredagowana bazując na 260 pozycjach literaturowych, z czego 18 stanowią współautorskie prace Habilitanta i pośród nich 6 bezpośrednio związanych z monografią i tematyką stali ze zmodyfikowaną powierzchnią.

Głównym osiągnięciem opisanym w monografii habilitacyjnej, które można uznać, że wnosi istotny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria biomedyczna jest opracowanie technologii powłok antybakteryjnych na bazie ZnO do zastosowań w chirurgii kostnej oraz przeprowadzenie kompleksowych badań zmierzających do ustalenia wzajemnych relacji pomiędzy parametrami wytwarzania powłok a ich strukturą, właściwościami fizykochemicznymi i biologicznymi.

Podjęta tematyka badawcza jest niezwykle aktualna i wpisuje się w główny nurt badań inżynierii biomedycznej. Dr inż. Marcin Basiaga działa na styku kilku dyscyplin

naukowych ze zdecydowanym wskazaniem na inżynierię biomedyczną. Uzasadnieniem podjęcia takiej tematyki badawczej jest ciągle rosnące zapotrzebowanie na nowoczesne biomateriały, wynikające z postępu w medycynie, starzenia się społeczeństwa jak i czynników społeczno-ekonomicznych związanych z pojawieniem się nowych chorób, urazów i sposobów im przeciwdziałania. Wszczepiane elementy, które zastępują uszkodzone chorobowo organy, lub elementy wspomagające proces leczenia wymagają ich wykonania z biomateriałów biozgodnych, ale także potencjalnie wykazujących działanie bakteriostatyczne lub bakteriobójcze, co ma na celu ograniczenie ryzyka wystąpienia zakażeń i powikłań pooperacyjnych. Dzięki nowym materiałom ogranicza się koszty, także te społeczne. W tym duchu należy odnaleźć monografię dr. inż. Marcina Basiagi, który za cel obrał wytworzenie powłoki o działaniu bakteriobójczym, znacznie poprawiającej właściwości powierzchni stali austenitycznej, będącej podstawowym biomateriałem metalowym. Wytworzona przez niego techniką atomowego osadzania (ALD) powłoka ZnO prowadzi do poprawy właściwości medycznych wyrobów stalowych. Trafność doboru techniki wytwarzania, jej zalety w porównaniu do innych metod wytwarzania powłok przekładają się na właściwości powłok. Podjęte badania umożliwiły szeroką charakteryzację powłok i granicy powłoka/podłoże. Należy podkreślić kompleksowość podjętych działań, umiejętność zaplanowania, wykonania i opisanie badań, dzięki którym wiedza o powłokach ZnO stała się bardziej dogłębna w odniesieniu do zastosowań biomedycznych. W procesie wytwarzania powłoki ZnO Habilitant zbadał jak wpływają różne warianty przygotowania powierzchni (polerowanie elektrochemiczne oraz piaskowanie) oraz temperatura i czas (liczba cykli) procesu ALD na właściwości powłok. Uzyskane powłoki odcinają stalowe podłoże z kancerogennie działającym niklem od środowiska tkankowego. Granica międzyfazowa powłoka/podłoże wykazuje różnice w budowie w zależności od zastosowanej techniki przygotowywania. Wzrost temperatury w procesie ALD korzystnie wpływa na mniejsze zdefektowanie powłoki, z kolei proces piaskowania zwiększa ilość defektów powierzchniowych. Wytworzone powłoki charakteryzują się bardzo dobrą odpornością na korozję ogólną oraz wżerową, przy czym korzystniej działał proces polerowania podłoża na właściwości korozyjne po osadzeniu techniką ALD. Korzystnie na odporność korozyjną działa zastosowanie procesu w wyższej temperaturze osadzania ALD. Powłoki ZnO działają na poprawę odporności na korozję szczelinową, co ma np. istotne znaczenie w łączonych częściach zespołów wykorzystywanych w zabiegach traumatologii. Wytwarzając powłoki należy zwrócić uwagę na ich adhezję do podłoża. Autor nie zaniedbał tego tematu i zbadał adhezję metodą zarysowania oraz odporność na ścieranie metodą Pin-on-ball. Tutaj najlepsze rezultaty uzyskano przy stosowaniu procesu piaskowania podłoża. Uzyskana chropowatość wpływa na adhezję powłoki ALD. Podwyższona temperatura procesu ALD poprawia odporność na ścieranie powłoki ZnO, a sama powłoka charakteryzuje się większą odpornością na ścieranie niż podłoże stalowe. Zbadane właściwości

biologiczne powierzchni stanowią finalne potwierdzenie użyteczności wytworzonych powłok. Naniesienie powłoki ZnO zmienia zwilżalność powierzchni, która staje się hydrofobowa, tym samym wykazuje się mniejszą adhezją i kolonizacją bakterii. Znaczna trudność prowadzonych przez Habilitanta badań wiązała się z wypracowaniem odpowiedniej równowagi pomiędzy działaniem bakteriobójczym a osteokonduktywnością wytworzonego materiału/powierzchni, co niestety jest trudne do pogodzenia. Habilitant przeprowadził badania żywotności komórek osteoblastopodobnych, badania typu live-dead oraz cytotoksyczności. Powłoki ZnO zmniejszają aktywność tych komórek w porównaniu do czystego podłoża, a komórki nekrotyczne występowały jedynie w niewielkiej ilości na powłokach osadzonych na podłożu piaskowanym. Powierzchnia uprzednio piaskowana wykazywała też nieznaczne działanie cytotoksyczne, czego nie zaobserwowano na powierzchni polerowanej z osadzoną powłoką. W podsumowaniu Habilitant stwierdza że opracowane powłoki przyczyniają się do wzrostu skuteczności leczenia, zmniejszenia powikłań oraz poprawy jakości życia pacjentów, z czym biorąc pod uwagę prezentowane wyniki całkowicie zgadzam. Podsumowując, dr inż. Marcin Basiaga po przeprowadzeniu serii badań dochodzi do wniosku, że najkorzystniejszy kompleks właściwości fizykochemicznych i biologicznych wykazuje powłoka ZnO naniesiona na podłożu stali 316LVM poddanemu procesowi polerowania elektrochemicznego przy większej liczbie cykli (1500) i wyższej temperaturze (300°C) osadzania ALD.

W kilku zdaniach należy się odnieść do strony redakcyjnej monografii. Autor starannie podszedł do napisania monografii, choć nie ustrzegł się kilku błędów, głównie piśmienniczych, np. na str. 35 zamiast „kancyłowali” powinno być kalcynowali, str. 52 zamiast „potencjał otwarcia” powinno być „potencjał obwodu otwartego”, str. 57 zamiast „Wyniki przeprowadzonego składu chemicznego” powinno być „Wyniki przeprowadzonego badania składu chemicznego”. Przyjęty przez autora termin „zaadherowany”, choć spotykany w polskich publikacjach biomedycznych, nie jest sformułowaniem występującym w j. polskim. Można mieć uwagi do jakości rysunków, wiele z nich jest zbyt małych przy tym formacie monografii. Elementy na obrazach mikrostruktur (rys. 25-28) mogłyby być opisane strzałkami. Autor przy własnych rysunkach i tabelach zamieszczonych w części wynikowej monografii powinien odnosić się do źródeł jakimi są własne publikacje – podanie źródła w podpisie rysunku. Wydaje się także że tytuł monografii można było zawęzić do faktycznie badanych materiałów i zamiast „Antybakteryjne powłoki na powierzchni biomateriałów metalowych” bardziej trafne byłoby „Antybakteryjne powłoki na powierzchni stali austenitycznych”. Tym nie mniej wspomniane powyżej z obowiązku recenzenta uwagi nie wpływają na ogólną wysoką ocenę osiągnięcia naukowego dr. inż. Marcina Basiagi.

### **Ocena osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria biomedyczna:**

Habilitant w wykazie osiągnięć naukowych uporządkował je w sposób chronologiczny zgodnie z kolejnością powstawania poszczególnych opracowań. Opisał wkład własny w powstałe publikacje, zarówno merytorycznie jak i procentowo, ale pewną niedogodnością jest brak oświadczeń współautorów, w szczególności w odniesieniu do publikacji będących podstawą ocenianej monografii. 6 publikacji na podstawie których Habilitant tworzył trzon monografii zredagowało od 7 do 10 współautorów, w 4 Habilitant jest pierwszym autorem. Przy tak dużej liczbie twórców dzieła trudno ocenić wkład Habilitanta przy braku oświadczeń pozostałych współautorów.

Monografia habilitacyjna i jej wkład w rozwój powierzchni biomateriałów niewątpliwie jest osiągnięciem aktualnym i wnoszącym znaczną wiedzę w obszarze inżynierii biomedycznej. Jednakże nie należy tutaj zapominać o całokształcie dorobku naukowego po doktoracie, który związany jest z inżynierią biomedyczną, a dorobek ten jest imponujący. Dr inż. Marcin Basiaga choć publikował artykuły współautorskie to jest ich bardzo dużo jak na dorobek do habilitacji. Publikacje te dotyczą wielu aspektów związanych z kształtowaniem powierzchni biomateriałów i wyrobów medycznych i w tym obszarze należy uznać dr. inż. Marcina Basiagę za uznanego specjalistę, potrafiącego zaprojektować nowe innowacyjne rozwiązania kształtowania właściwości warstwy powierzchniowej biomateriałów. Po uzyskaniu stopnia doktora opublikował 55 artykułów w czasopismach JCR (w sumie 57), 16 rozdziałów w monografiach (w sumie 19), 28 prac w czasopismach z listy B wykazu czasopism MNiSW (w sumie 46). Wymienić tu można te najbardziej cenione i wysokopunktowane czasopisma, takie jak Applied Surface Science, Electrochimica Acta oraz Materials Science and Engineering C. Sumaryczna liczba punktów podana przez Habilitanta to 3072, ale mając na uwadze tzw. starą i nową punktację czasopism, punktacja ta powinna być rozdzielona na dwie pozycje. **Podsumowując osiągnięcie naukowe dr. inż. Marcina Basiagi, dotyczące rozwoju antybakteryjnych powłok na powierzchni biomateriałów metalowych, oceniam pozytywnie.**

### **3. Ocena istotnej aktywności naukowo-badawczej**

Dr inż. Marcin Basiaga w doktoracie zajmował się badaniem właściwości fizykochemicznych narzędzi stosowanych w chirurgii kostnej. W tym okresie był współautorem 28 różnych publikacji. Po uzyskaniu stopnia doktora zainteresował się kształtowaniem właściwości warstwy powierzchniowej implantów dla układu sercowo-naczyniowego, czego efektem było zdobycie grantu NCN Sonata. W tym czasie już interesował się stalami austenitycznymi i modyfikacją ich powierzchni w zastosowaniach na stenty naczyniowe. Powłoki tlenkowe na stentach wytwarzane techniką ALD miały ograniczać ryzyko wystąpienia restenozy. Realizując grant, niewątpliwie zdobył doświadczenie naukowe, ugruntował swój warsztat naukowy i opublikował 10 prac z listy JCR. Zbudowane podwaliny naukowe w tym okresie

ukierunkowały Jego zainteresowania na implanty stosowane w układzie kostnym i ich ograniczenia wynikające z tworzenia i efektów biofilmu bakteryjnego. Badania te są na tyle ważne że uzyskały wsparcie finansowe NCN w postaci grantu Opus, aktualnie realizowanego. Powierzchnia implantów ma kluczowe znaczenie dla procesu osteointegracji, nieprawidłowo przygotowana nawet na biogodnym materiale może zaburzyć ten proces, stąd tak duże i aktualne zainteresowanie tą tematyką na świecie. W tym względzie stale austenityczne należą do jednych z najczęściej stosowanych, ale też wymagających najwięcej działań korygujących właściwości powierzchni. Jednym z działań inżynierii powierzchni biomateriałów jest opracowanie i ocena działania powłok bakteriobójczych, czego dotyczy monografia habilitacyjna. Dzięki osiągnięciom w niej opisanym można mieć nadzieję na ograniczenie powikłań pooperacyjnych związanych z zakażeniami bakteryjnymi.

Dr inż. Marcin Basiaga jest autorem/współautorem ponad 200 publikacji, z tego 70 indeksowanych w bazie WoS, w tym 55 publikacji z listy JCR. Jego indeks H = 16 (wg WoS), podczas gdy liczba cytowań bez autocytowań to 371, a sumaryczny IF = 104,93. Bardzo dobra i wymierna aktywność publikacyjna nie idzie niestety w parze z aktywnością na gruncie ochrony własności intelektualnej – brak patentów.

Dr inż. Marcin Basiaga wykonywał wiele badań we współpracy z innymi jednostkami badawczymi, w sumie odbył także 5 staży naukowych, choć w uznanych jednostkach to pewien niedosyt może budzić, że były to ośrodki lokalne. Po doktoracie w 2012r odbył 3-miesięczny staż w Szpitalu Chirurgii Urazowej w Piekarach Śląskich, w 2014r odbył półroczny staż w Fundacji Rozwoju Kardiochirurgii im. Prof. Z. Religi w Zabrze, w 2015r 7-miesięczny staż w Instytucie Techniki i Aparatury Medycznej w Zabrze, a w 2016r 3-miesięczny staż w NZOZ DaVinci w Zabrze.

Opublikowane pozycje naukowe po doktoracie wnoszą duży wkład w dyscyplinę inżynieria biomedyczna i można z całą stanowczością stwierdzić, że dr inż. Marcin Basiaga jest uznanym specjalistą w zakresie biomateriałów i ich modyfikacji powierzchniowej. Nawiązana współpraca i badania prowadzone w jednostkach zewnętrznych przyczyniły się do jego rozwoju, a tym samym rozwoju prezentowanej tematyki. W tym kontekście **ocena istotnej działalności naukowej dr. inż. Marcina Basiagi jest pozytywna.**

#### **4. Ocena osiągnięć dydaktycznych, organizacyjnych, współpracy naukowej i działalności popularyzującej naukę**

Dr inż. Marcin Basiaga charakteryzuje się dużą aktywnością także w obszarach poza głównym nurtem badawczym. Współpracował z sektorem gospodarczym, np. w ramach konkursu PARP Programu Inteligentnego Rozwoju, w którym opracował prototyp urządzenia do oceny stopnia zużycia wiertel chirurgicznych. W ramach działalności statutowej kierował 3 projektami dla młodych naukowców, uczestniczył także jako wykonawca w projektach MNiSW oraz NCN. W sumie kierował 7 projektami badawczymi oraz uczestniczył w 12 projektach badawczych po

doktoracie. Realizował także prace zlecone dla sektora JGN, wykonał 21 ekspertyz. Współpracował z takimi firmami jak Aesculap Chifa, RudpolOpa, Mikromed, Innovative Micro Dentistry. Był kierownikiem i wykonawcą w projektach PARP „Bonna Innowacje”. W nagrodę za osiągnięcia naukowe brał udział w filmie dokumentalnym poświęconym najlepszym pracownikom PŚ, otrzymał ponadto 2 Nagrody Rektora za osiągnięcia naukowe i 1 za osiągnięcia dydaktyczne. Za realizację projektu 2018/29/B/ST8/02314 dostał w 2019r nominacje do Polskiej Nagrody Inteligentnego Rozwoju w kategorii naukowiec przyszłości. Jest także laureatem konkursu Innowator Śląska 2013.

Był ekspertem Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Śląskiego na lata 2014-2020. Jest członkiem zespołu ekspertów NCN, oraz członkiem zwyczajnym Polskiego Stowarzyszenia Biomateriałów. Brał udział w wielu konferencjach naukowych, krajowych i zagranicznych, po doktoracie w sumie w 24. Był członkiem komitetów organizacyjnych 9 konferencji naukowych. Recenzuje publikacje dla czasopism z listy JCR oraz wykonał kilkadziesiąt recenzji wniosków grantowych NCN.

Dr inż. Marcin Basiaga prowadzi zajęcia dydaktyczne, głównie powiązane z inżynierią biomedyczną. Sprawował opiekę nad 48 dyplomantami, jest promotorem pomocniczym w trzech przewodach doktorskich.

W działalności organizacyjnej istotny był Jego wkład w promocję Wydziału, poprzez udział w różnego rodzaju akcjach, takich jak np. Dni Nauki, Noc Naukowców, Giełda Pracodawcy i Przedsiębiorczości. Był opiekunem Studenckiego Koła Naukowego Inżynierii Biomedycznej. Od 2018r jest pełnomocnikiem Dziekana Wydziału Inżynierii Biomedycznej ds. koordynowania projektu „Śląskie Centrum Inżynierskiego Wspomagania Medycyny i Sportu Assist Med. Sport Silesia” w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego realizowanego w partnerstwie z firmą Philips – kwota projektu 90 mln zł. Organizował działalność nowych laboratoriów, jest Kierownikiem Laboratorium Badań Własności Mechanicznych Materiałów Inżynierskich na WIB PŚ. W latach 2011-2018 był członkiem Komisji ds. Kształcenia na Wydziale Inżynierii Biomedycznej, a od 2020r jest członkiem Senatu PŚ.

Powyższą część **osiągnięć dydaktycznych, organizacyjnych, współpracy naukowej i działalności popularyzującej naukę dr. inż. Marcina Basiagi oceniam pozytywnie.**

##### **5. Wniosek końcowy**

Dr inż. Marcin Basiaga wniósł znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej Inżynieria biomedyczna, w szczególności w obszarze udoskonalania powierzchni biomateriałów. Jego osiągnięcia naukowe, po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, w postaci monografii habilitacyjnej oraz dużej liczby wysokopunktowanych publikacji są wyraźnie zauważalne w środowisku naukowym. Także współpraca z otoczeniem naukowo-gospodarczym, oraz osiągnięcia w zakresie organizacyjnym i dydaktycznym są na bardzo wysokim poziomie. Dr inż. Marcin Basiaga jest aktywnym naukowcem, który znacznie poszerzył dorobek naukowy po uzyskaniu stopnia doktora.

Działając zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz. 85 z późniejszymi zmianami), na podstawie przedstawionych osiągnięć naukowych Habilitanta, o których mowa w art. 219 ust 1 pkt. 2 Ustawy, Jego aktywności naukowej, o których mowa w art. 219 ust 1 oraz innych osiągnięć obejmujących działalność dydaktyczną, organizacyjną, popularyzatorską oraz współpracę krajową i międzynarodową z otoczeniem naukowo-gospodarczym, uzyskane nagrody i wyróżnienia, stwierdzam, że dr inż. Marcin Basiaga spełnia wymagania nadania stopnia doktora habilitowanego, określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz. 85 z późniejszymi zmianami).

**Podsumowując, zdecydowanie popieram wniosek dr. inż. Marcina Basiagi o nadanie stopnia doktora habilitowanego nauk inżynierjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria biomedyczna.**

