

Prof. dr hab. Jerzy Ratajski

Kierownik Katedry Inżynierii Biomedycznej

Politechnika Koszalińska, ul. Śniadeckich 2, 75-453 Koszalin

ul. Turowskiego 50, 75-376 Koszalin

e-mail: jerzy.ratajski@tu.koszalin.pl

tel. 94 3486611

Koszalin 27.01.17 r.

RECENZJA

wniosku o nadanie **stopnia naukowego doktora habilitowanego dr. inż. Damianowi Batoremu** na podstawie osiągnięcia naukowego pt. „**Technologie wytwarzania powłok węglowych domieszkowanych srebrem oraz krzemem dla potrzeb medycyny**” oraz opinia o dorobku naukowo-badawczym, dydaktycznym i organizacyjnym kandydata.

Podstawa opracowania: zlecenie Dziekana ds. Nauki. Wydziału Mechanicznego Politechniki Łódzkiej prof. dr. hab. inż. Piotra Niedzielskiego z dnia 19.12.2016 r., na podstawie decyzji Centralnej Komisji do Spraw Stopni i Tytułów o powołaniu mnie w dniu 9 grudnia 2016 r. (pismo nr BCK-VI-L-7913/16) na recenzenta w postępowaniu habilitacyjnym dr. inż. Damiana Batorego.

1. Charakterystyka kandydata

Dr inż. Damian Batory ukończył studia magisterskie w 2004 r. na Wydziale Metalurgii i Inżynierii Materiałowej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Cztery lata później, w 2008r uzyskał stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie *inżynieria materiałowa* na Wydziale Mechanicznym Politechniki Łódzkiej. Po uzyskaniu stopnia doktora został zatrudniony na stanowisku adiunkta w Zakładzie Inżynierii Biomedycznej i Materiałów Funkcjonalnych, gdzie pracuje na tym stanowisku do dnia dzisiejszego.

Kierunek rozwoju drogi naukowej Habilitanta jest ściśle związany z inżynierią materiałową, a w szczególności z rozwojem technologii syntezy powłok węglowych. Tematyka ta wchodziła w zakres szeregu projektów badawczych o charakterze zarówno badań podstawowych jak i aplikacyjnych, w których aktywnie uczestniczył Habilitant. Między innymi, bezpośrednio po uzyskaniu stopnia doktora uczestniczył w realizacji międzynarodowego projektu "Nanostrukturalne materiały węglowe wytwarzane z wykorzystaniem metod CVD - światowa sieć w dziedzinie nauki o materiałach". W ramach tego projektu odbył trzymiesięczny staż na Wydziale Fizyki Uniwersytetu w Alabamie w Birmingham (USA). Następnie rozszerzał swoje horyzonty naukowo-badawcze na kolejnych stażach odbytych w Centrum Nanomateriałów, Zaawansowanych Technologii i Innowacji na Uniwersytecie Technicznym w Libercu (14 miesięcy) oraz na 5-cio miesięcznym stażu na Wydziale Fizyki Ecole Polytechnique de Montreal (Kanada).

Oprócz zadań technologicznych związanych z syntezą powłok węglowych, zajmował się również analizą ich właściwości fizyko-chemicznych oraz biologicznych. Badania głównie zogniskował na powłokach węglowych domieszkowanych srebrem bądź krzemem w aspekcie możliwych aplikacji medycznych.

1. Dorobek naukowo – badawczy

W ośrodkach naukowo-badawczych związanych z inżynierią materiałową, a w szczególności inżynierią biomedyczną, realizowane są intensywne badania dotyczące otrzymania powłok na implanty medyczne stosowane w ortopedii, charakteryzujących się odpowiednią kombinacją właściwości biologicznych, fizykochemicznych, mechanicznych czy tribologicznych. Badania w tym obszarze zogniskowane są głównie na optymalizacji właściwości powłok diamentopodobnego węgla (DLC), stwarzających największe możliwości kształtowania szerokiego spektrum właściwości. Dodatkowo, spotęgowanie właściwości tych powłok możliwe jest w wyniku ich odpowiedniego domieszkowania za pomocą metod hybrydowych, np. połączenia metody fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej PVD (j. ang.: physical vapour deposition) z metodą chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej CVD (j. ang.: chemical vapour deposition). Z tym nurtem zagadnień badawczych związana jest od początku kariera naukowa dr inż. Damiana Batorego. Podczas pracy doktorskiej rozwinął i udoskonalił znajomość technik badawczych charakteryzujących strukturę i właściwości powłok na implanty medyczne oraz technik ich wytwarzania. Możliwość odbycia kilku zagranicznych staży naukowych ugruntowała zainteresowania Habilitanta w obszarze inżynierii biomedycznej, a zdobyte doświadczenie naukowe wykorzystał w trakcie realizacji dwóch głównych wątków badawczych dotyczących opracowania hybrydowych technologii wytwarzania powłok węglowych domieszkowanych srebrem i powłok węglowych domieszkowanych krzemem oraz badania ich właściwości.

W ramach zadań technologicznych, głównym kryterium decydującym o możliwości aplikacji medycznych było uzyskanie odpowiednich charakterystyk właściwości fizycznych, chemicznych oraz mechanicznych, głównie tribologicznych, gwarantujących stabilność oraz niezawodność w okresie eksploatacji. Ważnym kryterium było również uzyskanie właściwości bakteriobójczych oraz wspomagających funkcje organizmu.

W przypadku powłok węglowych domieszkowanych srebrem zespół, w którym dominująca rola była udziałem Habilitanta, opracował technologię hybrydową, stanowiącą kombinację technik impulsowego rozpylania magnetronowego oraz wspomaganego plazmą częstotliwości radiowej, chemicznego osadzania a fazy gazowej (RF PACVD). Opracowana technologia stanowi przedmiot zgłoszenia patentowego. Jest to połączenie procesu rozpylania magnetronowego srebrnej katody, prowadzonego w polu elektrycznym częstotliwości radiowej w atmosferze Ar/CH_4 . Charakterystyczną cechą technologii jest możliwość

wzbogacania powłoki węglowej srebrem w zaplanowanym przedziale stężeń 4 - 15 %. dzięki kontroli gęstości mocy wydzielanej na srebrnej katodzie.

W zakresie technologii powłok węglowych domieszkowanych srebrem Habilitant wraz z zespołem opracował również jej modyfikację polegającą na implantacji jonów srebra do uprzednio utworzonej powłoki węglowej. Zaletą tej modyfikacji jest eliminowanie szkodliwego tworzenia się konglomeratów srebra na powierzchni powłoki węglowej, które występuje w poprzedniej wersji technologii. Parametry procesów implantacji srebra dobrane zostały tak, aby nie powodować pogorszenia właściwości mechanicznych amorficznej powłoki węglowej. Otrzymane wyniki z tego zakresu badań zostały opublikowane w czasopismach uwzględnionych na liście JCR, między innymi w Engineering and Biomaterials (2011), Applied Surface Science (2013), Vacuum (2014), Diamond and Related Materials (2016). Badania wchodziły w zakres projektu ERA-NET "Warstwy Węgiel-Srebro CARSILA" 2010-2013.

Badania w zakresie technologii zostały uwieńczone uzyskaniem typoszeręgów powłok o określonej zawartości domieszki oraz strukturze i morfologii i odpowiednich właściwościach mechanicznych i tribologicznych. Następnie w drugim obszarze badań, powłoki te charakteryzowano pod kątem ich właściwości biologicznych, głównie bakteriobójczych oraz osteointegracyjnych.

Drugi, główny wątek badawczy, którym zajmował się Habilitant, dotyczył również powłok węglowych, ale domieszkowanych krzemem. Obejmował opracowanie technologii oraz analizę właściwości powłok. Zasadniczy zakres tych badań został realizowany w ramach projektu INNOTECH "Nowe biokompatybilne warstwy SiDLC na implanty kostne - SIMED" realizowanego w latach 2012-2014 we współpracy z firmą MEDGAL Sp. z o.o. z siedzibą w Białymstoku. Kilkuletnie badania zostały uwieńczone uzyskaniem patentu w dniu 3 listopada 2015r, którego Habilitant jest głównym współautorem, dotyczącego technologii wytwarzania powłok węglowych domieszkowanych krzemem: *Sposób wytwarzania warstwy węglowej zawierającej krzem na implantach medycznych*. Jest to innowacyjna technologia bazująca na technice PA CVD, w której jako źródło atomów domieszki Habilitant zaproponował prekursor krzemoorganiczny zawierający tlen heksametylodisilikoksan - HMDSO $((CH_3)_3SiOSi(CH_3)_3)$. Cechą charakterystyczną tej technologii jest taki dobór parametrów syntezy powłoki, przy której pozytywną rolę we właściwościach powłoki odgrywa tlen. Zaproponowane rozwiązanie technologiczne umożliwia dostarczanie tlenu w ciągu trwania całego procesu syntezy powłoki, co powoduje, że wbudowuje się on wraz z krzemem w amorficzną osnowę węglową na całym jej przekroju poprzecznym. Wyniki badań z tego obszaru tematycznego zostały zaprezentowane w artykułach opublikowanych w czasopismach z listy JCR, tj. w Surface and Coatings Technology (2015), Thin Solid Films (2015) and Diamond and Related Materials (2016).

Ważnym elementem w aktywności naukowo-badawczej Habilitanta jest Jego dążenie do wdrożenia opracowanych technologii. Egzemplifikacją tej aktywności było wdrożenie w firmie "MEDGAL Implanty i Instrumentaria Ortopedyczne" technologii syntezy powłok

węglowych domieszkowanych krzemem na wyrobach medycznych stosowanych w ortopedii. Wdrożenie było finalnym efektem projektu INNOTECH "Nowe biokompatybilne warstwy Si-DLC na implanty kostne - SiMED". Istotnym elementem wdrożenia było opracowanie konstrukcji reaktora plazmo-chemicznego wspólnie z konstruktorami a firmy "MEDGAL...", zapewniającego syntezę powłok węglowych domieszkowanych krzemem na gotowych wyrobach medycznych. Habilitant w tym transferze technologii ze skali laboratoryjnej do skali przemysłowej odegrał ważną rolę w zakresie opracowania wytycznych do konstrukcji:

- ✓ komory roboczej systemu RF PACVD
- ✓ systemu zasilania energią częstotliwości radiowej
- ✓ systemu dozowania ciekłego prekursora krzemooorganicznego.

Również pod kierownictwem dr inż. D. Batorego urządzenie zostało zainstalowane w firmie "MEDGAL..." oraz uruchomione i przetestowane.

Oprócz dwóch głównych wątków badawczych, obejmujących wytwarzanie oraz badanie powłok węglowych domieszkowanych srebrem bądź krzemem, w zakresie aktywności badawczej Habilitanta należy wyróżnić badania w zakresie wytwarzania oraz analizy właściwości powłok węglowych przy wykorzystaniu plazmy dwuczęstotliwościowej MW/RF na powierzchni materiałów polimerowych. Również istotny udział w pracy badawczej Habilitanta, szczególnie w ostatnim okresie, stanowią badania właściwości tribologicznych niskotarciowych powłok na bazie węgla, srebra i krzemu w symulowanych środowiskach organizmu ludzkiego.

Przedstawione ważne kamienie milowe w pracy naukowo-badawczej Habilitanta dają świadectwo posiadania przez Niego obszernej wiedzy z zakresu inżynierii materiałowej, w szczególności inżynierii biomedycznej oraz predyspozycji w zakresie prowadzenia badań naukowych. Dają również świadectwo posiadania przez Habilitanta dużej inwencji w szukaniu nowych rozwiązań technologicznych, optymalizujących właściwości powłok węglowych stosowanych na implanty medyczne.

Reasumując, wśród tego bogatego dorobku naukowego, cykl publikacji o tematyce związanej z osiągnięciami w zakresie syntezy powłok węglowych domieszkowanych srebrem i powłok węglowych domieszkowanych krzemem oraz badań ich właściwości, Habilitant przedstawił jako osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę ubiegania się o uzyskanie stopnia doktora habilitowanego, zgodnie z art. 16, p.1 i 2 ustawy z dnia 14.03.2003 i zmianach z dnia 01. 10. 2014r. o stopniach naukowych i tytule naukowym.

W szczególności, cykl publikacji powiązanych tematycznie, to:

- 6 współautorskich publikacji z listy JCR, w tym 5 publikacji, w których Habilitant jest głównym współautorem,
- 4 współautorskie publikacje z listy B MNiSzW, w tym 3 publikacje, w których Habilitant jest głównym współautorem

oraz

- Współautorski patent (Nr 398452): Sposób wytwarzania warstwy węglowej zawierającej krzem na implantach medycznych (16.09.2013).
- Zgłoszenie współautorskiego patentu (Nr P.401955): Sposób wytwarzania nanokompozytowej warstwy węglowej domieszkowanej srebrem na powierzchniach metalicznych (10.12.2012).
- Autorska instrukcja obsługi stanowiska do syntezy powłok Si-DLC w firmie MEDGAL Białystok w oparciu o opatentowaną technologię syntezy

Ponadto, dr inż. D. Batory:

- ✓ uczestniczył lub obecnie uczestniczy w realizacji 12 projektów naukowo-badawczych w tym **6 projektów** finansowanych z funduszy Unii Europejskiej,
- ✓ wyniki badań naukowych, niewchodzących w skład cyklu artykułów stanowiących podstawę biegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego, zamieścił w 16 współautorskich publikacjach w czasopismach z listy JCR oraz w 10 z listy B MNiSzW,
- ✓ jest współautorem patentu Nr 398270: Sposób polepszenia właściwości mechanicznych stopów aluminium (2012r),
- ✓ wygłaszał referaty na 10 konferencjach krajowych i zagranicznych,
- ✓ został 3-krotnie nagrodzony przez J.M. Rektora PŁ za wybitne osiągnięcia naukowe
- ✓ **indeks Hirscha** dr inż. Damiana Batorego wynosi **5**, a sumaryczna liczba cytowań **70** (wg bazy Web of Science).

Podsumowując, należy jednakże zaznaczyć, że wśród wszystkich prac stanowiących dorobek naukowy Habilitanta nie ma prac autorskich. Wszystkie są pracami zespołowymi, a Jego udział mieści się w przedziale 25-75%. Niemniej, jest to bogaty dorobek naukowy, na podstawie którego można wnioskować z całym przekonaniem, że dr inż. D. Batory jest dobrze przygotowany do realizacji samodzielnej pracy naukowej. Kierowanie natomiast pakietami zadań w ramach realizowanych projektów badawczych daje rękojmię do samodzielnego kierowania zespołami badawczymi.

2. Ocena dorobku organizacyjnego i dydaktycznego.

Dr inż. D. Batory uczestniczył w komitetach organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych, w tym m.in. jako:

- Przewodniczący komitetu organizacyjnego konferencji międzynarodowej : "*Vacuum and Plasma Surface Engineering - VaPSE*" 2009, jointly with: "*The international Vorkshop on*

Science and Application of Nanoscale Diamond Materials", 22-26 Październik 2009, Hejnice, Republika Czeska,

- Sekretarz międzynarodowej konferencji: *"Smart Engineering of New Materials SENM"*, czerwiec 2015, Łódź,
- Przewodniczący komitetu organizacyjnego międzynarodowej konferencji *Smart Engineering of New Materials SENM 2017*, Łódź, 2017.

Ponadto:

- W ramach projektu międzynarodowego: *"Nanostrukturalne materiały węglowe wytwarzane z wykorzystaniem metod CVD-światowa sieć w dziedzinie nauki o materiałach, 2008-2011"* brał udział w charakterze organizatora wyjazdów studentów i doktorantów na staż naukowy do University of Alabama at Birmingham w USA oraz organizator workshopu dla studentów i doktorantów pt. *"International Workshop on Science and Application of Nanoscale Diamond Materials"*
- W projekcie POKL: *"Wsparcie Przedsiębiorczości Akademickiej dla rozwoju firm spin-off lub spin-out z wykorzystaniem dobrych praktyk innych krajów UE"* brał udział w charakterze członka grupy sterującej,
- W projekcie POKL: *"Podwyższenie kompetencji kadry akademickiej i umiejętności absolwentów w aspekcie nowoczesnych metod analizy, symulacji i optymalizacji w procesie projektowania i eksploatacji"* brał udział w charakterze członka pierwszej grupy docelowej oraz wykonawcy projektu

Do tej aktywnej działalności organizacyjnej Habilitanta należy jeszcze dołączyć członkostwo w *Polskim Towarzystwie Biomateriałów* oraz *Polskim Towarzystwie Materiałoznawczym*.

W zakresie **działalności dydaktycznej** ważnym zdarzeniem było dokonanie przekładu na język polski dwóch rozdziałów podręcznika: *"Michael Ashby, Hugh Shercliff, Daid Cebon, Materials Engineering, Science, Processing and Design"* 2nd edition, 2007. Przetłumaczone rozdziały ukazały się w polskojęzycznej wersji tego podręcznika zatytułowanej *"Inżynieria Materiałowa"*.

W obszarze tej działalności należy wyróżnić również Jego rolę jako opiekuna koła naukowego studentów inżynierii materiałowej oraz rolę promotora pomocniczego w dwóch przewodach doktorskich.

Ogólnie działalność dydaktyczną i organizatorską dr. inż. Damiana Batorego oceniam pozytywnie.

3. Wniosek końcowy

Na podstawie analizy dokumentów przedstawionych w postępowaniu habilitacyjnym stwierdzam, że dr inż. Damian Batory znacząco powiększył swój dorobek po uzyskaniu

stopnia naukowego doktora nauk technicznych. Wykazał, że potrafi organizować działalność naukowo-badawczą na wysokim poziomie. Opracował technologię warstw węglowych domieszkowanych srebrem oraz warstw węglowych domieszkowanych krzemem oraz poprzez zastosowanie szerokiego spektrum komplementarnych, nowoczesnych metod badawczych, dobrał parametry technologiczne optymalizujące właściwości tych powłok. Są to oryginalne i poszerzające wiedzę wyniki w dyscyplinie „Inżynieria Materiałowa”.

Upoważnia to do stwierdzenia, że dorobek dr. inż. Damiana Batorego pod względem formalnym w pełni odpowiada warunkom stawianym w Ustawie o Stopniach i Tytule Naukowym (Dz. U. Nr 0365595 z 16.04.2003 r. art. 16, pkt. 2, ust. 1) wraz z późniejszymi zmianami, i jest zgodny z kryteriami oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w obszarze nauk technicznych zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 r. (Dz. U. Nr 196, Poz. 1165) spełniając wymagania §3 pkt.4 ust. A) oraz wymagania §4 pkt. 1-8.

