

Prof. dr hab. inż. Tomasz CZUJKO
Instytut Inżynierii Materiałowej
Wydział Nowych Technologii i Chemii
Wojskowa Akademia Techniczna

Warszawa: 02.12.2019r.

POLITECHNIKA GDAŃSKA WYDZIAŁ FIZYKI TECHNICZNEJ I MATEMATYKI STOSOWANEJ	
Wpłynęło dnia	06.12.2019
L. dz.	73/5N/WFT:MS/2019
Zał.	—

Recenzja

Osiągnięć naukowych oraz istotnej aktywności naukowej dr. inż. Jakuba Karczewskiego na podstawie przedstawionej dokumentacji oraz rozprawy habilitacyjnej w formie monotematycznego cyklu publikacji pt. „**Nanostruktury w tlenkowych ogniwach paliwowych i elektrolizerach**” w związku z postępowaniem habilitacyjnym prowadzonym przez Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Gdańskiej

Dr inż. Jakub Karczewski zatrudniony na stanowisku adiunkta na Wydziale Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Gdańskiej, przygotował dokumentację wymaganą do przeprowadzania postępowania w ramach wszczętego przewodu habilitacyjnego, o uzyskanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk fizycznych, w dyscyplinie Fizyka.

Podstawą przygotowanej recenzji była rozprawa habilitacyjna, przedstawiona w formie monotematycznego cyklu zatytułowanego „**Nanostruktury w tlenkowych ogniwach paliwowych i elektrolizerach**”, składającego się z 12 prac opublikowanych w czasopiśmie z listy Journal Citation Report. Ponadto Habilitant przygotowała 29 stronicowy autoreferat, w którym przedstawił swój życiorys naukowy, szczegółowy opis osiągnięć naukowych oraz osiągnięcia dydaktyczne i organizacyjne.

Pan dr inż. Jakub Karczewski przez cały okres pracy zawodowej związany był z Wydziałem Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Gdańskiej, gdzie w roku 2006 uzyskał stopień magistra inż., a w roku 2011 stopień doktora nauk fizycznych, na podstawie rozprawy doktorskiej pt. „**Badanie modyfikowanych struktur SrTiO_3 pod względem możliwości wykorzystania jako anody w tlenkowych ogniwach paliwowych**”, której promotorem był prof. dr hab. inż. Bogusław Kusz. Uprawnionym wydaje się stwierdzenie, iż zarówno wykształcenie jak i bardzo duże doświadczenie zdobyte w zakresie materiałów funkcjonalnych stosowanych w tlenkowych ogniwach paliwowych, stawia go w gronie specjalistów z tej dziedziny.

Natomiast, opiniowany dorobek naukowy oraz cykl monotematycznych publikacji przedstawiony jako rozprawa habilitacyjna, dotyczy twórczego wkładu Habilitanta do Fizyki,

w obszarze nanomateriałów funkcjonalnych stosowanych w tlenkowych ogniwach paliwowych i elektrolizerach.

Ocena rozprawy habilitacyjnej

Rozprawa habilitacyjna dr. inż. Jakuba Karczewskiego stanowi spójny tematycznie cykl publikacji, który powstał na bazie dwunastu oryginalnych publikacji naukowych, zaprezentowanych drukiem w czasopismach z listy Journal Citation Reports, o wysokim współczynniku wpływu. W sześciu przypadkach Habilitant jest drugim, w czterech trzecim, w jednym czwartym i w jedynym ostatnim piątym autorem pracy wieloautorskiej. Niemniej, dziewięć publikacji Habilitanta, stanowiących główną część tego cyklu powstało w ramach jego współpracy z czwórką doktorantów w czasie ich pracy nad rozprawami doktorskimi. Pozostałe trzy publikacje powstały w ramach realizacji projektu (pod kierownictwem Habilitanta) SONATA UMO-2015/19/D/ST8/02783 „Nowe elektrody paliwowe dla tlenkowych elektrolizerów wykorzystywanych do produkcji gazu syntezowego”. Ponadto, Habilitant przedstawia i dokumentuje swoją wiodącą rolę w ich powstawaniu oraz bardzo rzetelnie szacuje swój udział procentowy (zał.4), uzasadniając go także oświadczeniami współautorów (zał.5). Jego wkład w powstawanie prac stanowiących prezentowane osiągnięcie naukowe, polegał przede wszystkim na opracowaniu koncepcji badań, koordynowaniu, wsparciu merytorycznym i weryfikacji prowadzonych prac eksperymentalnych, oraz pomocy w analizie danych pomiarowych. Brał również aktywny udział w przygotowywaniu manuskryptów. W tej sytuacji, przedstawiony cykl monotematycznych publikacji przygotowany przez Pana dr. inż. Jakuba Karczewskiego bez wątpienia jest osiągnięciem naukowym i stanowi formalną podstawę do ubiegania się o stopień dr habilitowanego, a wiodąca rola Autora cyklu w opracowaniu koncepcji i prowadzeniu badań oraz interpretacji wyników jest jednoznaczna.

Generalnie recenzowana rozprawa habilitacyjna dedykowana jest problematyce zwiększenia efektywności i stabilności układów SOFC/SOEC poprzez zastosowanie nanostruktur w warstwach elektrodowych. Cel ten realizowano poprzez prace badawcze prowadzone w dwóch równoległych kierunkach. Pierwszy z nich dotyczył zastosowania i scharakteryzowania cienkich warstw funkcjonalnych na interfejsie pomiędzy elektrolitem, a elektrodą tlenową. Natomiast drugi kierunek prac koncentrował się na opracowaniu nowych materiałów dla elektrody paliwowej w oparciu o nanostrukturalny materiał perowskitowy wykorzystując proces „ex-solution”, do zwiększenia aktywności katalitycznej elektrody. W szczególności nowo opracowane materiały ukierunkowane były na wykorzystanie paliw

innych niż czysty wodór zarówno w trybie ogniwa paliwowego jaki elektrolizera. W związku z istnieniem dwóch równoległych ścieżek osiągnięcia założonego celu naukowego, posiadających swoją chronologię publikacji, wyniki badań wchodzących w skład osiągnięcia naukowego Habilitant przedstawił w Autoreferacie w dwóch częściach. Stąd recenzja rozprawy habilitacyjnej prowadzona była w oparciu o Autoreferat, a nie układ chronologiczny prac.

W pracach **H2** i **H3**, Habilitant określił okno procesowe wytwarzania cienkich i litych funkcjonalnych warstw katodowych z materiału elektrodowego $\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_{3-\delta}$ (LNF), o grubości poniżej 500nm, wytwarzanych na podłożu elektrolitu CGO, z wykorzystaniem metody nanoszenia wirowego (spin coating). Habilitant wykazał, że zastosowanie cienkiej 100 – 250nm litej warstwy pomiędzy elektrolitem a porowatą elektrodą wytworzoną z tego samego materiału, prowadzi do obniżenia oporów polaryzacyjnych w układzie symetrycznym o ok 30%. Ponadto, Habilitant zweryfikował możliwość uzyskania podobnych efektów funkcjonalnych wykorzystując $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_{3-\delta}$ (LSCF) oraz $\text{SrTi}_{0.65}\text{Fe}_{0.35}\text{O}_{3-\delta}$ (STF) (**H2**). Przedstawił też opis mechanizmów wpływających na obniżenie oporów polaryzacyjnych poprzez zastosowanie cienkich, litych warstw oraz określił wpływ temperatury spiekania na strukturę i opory polaryzacyjne układu (**H6**).

W publikacjach tych Habilitant wykazał, że cienka warstwa katodowa pomiędzy elektrolitem, a porowatą katodą minimalizuje degradację katody podczas zmian temperatury, zwiększa powtarzalność procesu wytwarzania katody oraz obniża jej rezystancję polaryzacyjną, szczególnie, jeśli charakteryzuje się nanostrukturalną budową o rozmiarze ziaren mniejszym niż grubość warstwy. Jest to wiedza nie tylko istotna z punktu widzenia technologii materiałów elektrodowych, ale także istotnie wpływająca na rozwój dyscypliny naukowej w zakresie zjawisk fizycznych zachodzących w tego typu materiałach.

W pracy (**H8**) Habilitant udowodnił możliwość zastosowania prekursorów polimerowych do wytworzenia kompozytowej elektrody tlenowej metodą nasączenia szkieletu elektrolitowego, o właściwościach znacząco lepszych niż w przypadku zastosowania tradycyjnych metod wytwarzania (zmniejszona oporność polaryzacyjna elektrody).

Natomiast w pracach **H5** i **H7** Habilitant przedstawił problematykę zastosowania barier dyfuzyjnych pomiędzy elektrodą tlenową i elektrolitem, uniemożliwiających powstawanie niepożądanych faz w wyniku dyfuzji materiału elektrodowego do elektrolitu. Zaprezentował też autorską metodę wytwarzania cienkich i gęstych warstw CGO stanowiących barierę dyfuzyjną dla strontu.

Drugim nurtem badawczym prezentowanym w opiniowanym cyklu publikacji stanowiącym rozprawę habilitacyjną jest zastosowanie materiałów perowskitowych jako elektrody paliwowej. Habilitant wykazał (**H1**), że zastosowanie warstwy funkcjonalnej z domieszkowanego tytanianu strontu $Y_{0.08}Sr_{0.92}Ti_{0.8}Fe_{0.2}O_3$ (YSTFO), naniesionej na anodę wytworzoną z cermetu niklowego, pozytywnie wpłynęło na wydajność procesu uzyskiwania wodoru z reformingu biogazu, w szczególności obecność warstwy YSTFO znacząco poprawiła konwersję metanu w temperaturach powyżej 600°C. Rozwinięcie tych badań znalazło odzwierciedlenie w publikacjach **H4** i **H9**. W pierwszej Habilitant przedstawia nową, niskotemperaturową metodę syntezy nanoziarnistych materiałów perowskitowych na bazie tytanianu strontu, wykorzystującą kompleksy polimerowe. Natomiast druga publikacja poświęcona jest nowatorskiej technologii wytwarzania i charakterystyce domieszkowanego itrem i niobem nanostrukturalnego tytanianu strontu, otrzymanego modyfikowaną metodą zol-żel.

W pracach **H10** i **H11** Habilitant skoncentrował się na opracowaniu nowych materiałów, których spełniają kluczowe wymagania stawiane materiałom elektrodowym takie jak wysoką przewodność elektronowa, stabilność i aktywność katalityczna. Przedstawione wyniki badań dotyczyły kolejno domieszkowanego niobem wanadianu strontu oraz domieszkowanego kobaltem i prazeodymem tytanian strontu.

W pracy **H12** Habilitant przedstawił metodę modyfikacji domieszkowanego prazeodymem i niklem tytanianu strontu, pozwalającą na uzyskanie efektu aktywnych katalitycznie nanocząstek niklu na powierzchni stabilnego i charakteryzującego się wysokim przewodnictwem elektronowym materiału perowskitowego, z wykorzystaniem procesu „ex-solution”. Należy nadmienić, iż Habilitant zaprezentował tu także autorską metodę określenia ilości metalicznego niklu na powierzchni materiału perowskitowego za pomocą badań magnetycznych, co też stanowi istotny wkład w rozwój reprezentowanej dyscypliny naukowej. Jak zauważył słusznie Habilitant, rezultaty przedstawione w tej pracy wydają się być niezmiernie obiecujące w kontekście wykorzystania opracowanego materiału jako elektrody paliwowej w układzie ogniwa paliwowego/elektrolizer pracującego z gazem syntezowym.

Reasumując, śmiało można stwierdzić, iż głównym osiągnięciem Habilitanta, mającym znaczący wkład w rozwój dyscypliny naukowej Fizyka, jest wykazanie możliwości **zwiększenia efektywności i stabilności układów SOFC/SOEC poprzez zastosowanie nanostruktur w warstwach elektrodowych.**

Do najważniejszych osiągnięć poznawczych kandydata zaliczyłbym:

- opracowanie i zoptymalizowanie taniej i efektywnej metody otrzymywania cienkich i gęstych warstw bariery dyfuzyjnej CGO wykorzystując technikę pirolizy aerozolowej i prekursor polimerowy,
- wykazanie wpływu cienkiej i gęstej warstwy elektrody tlenowej na zmniejszenie oporów polaryzacyjnych ogniwa, oraz powtarzalność uzyskiwanych wyników pomiarowych,
- opracowanie metody wytwarzania elektrod z wykorzystaniem techniki nasączania szkieletu elektrolitowego prekursorem polimerowym,
- wykazanie, że zastosowanie warstwy funkcjonalnej z domieszkowanego tytanianu strontu $Y_{0.08}Sr_{0.92}Ti_{0.8}Fe_{0.2}O_3$ (YSTFO), naniesionej na anodę wytworzoną z cermetu niklowego, poprawiło cechy użytkowe tego materiału,
- opracowanie niskotemperaturowej metody wytwarzania nanostrukturalnych materiałów perowskitowych,
- opracowanie domieszkowanego prazeodymem i niklem tytanianu strontu, którego właściwości są odpowiednie do zastosowania go, jako materiału na elektrodowego,
- opracowanie metody określania ilości nanocząstek metalicznego niklu powstałych w procesie „ex-solution” z wykorzystaniem wyników badań magnetycznych.

W opinii recenzenta dr inż. Jakub Karczewski podjął się rozwiązania nowych i trudnych zagadnień o charakterze podstawowym jak i aplikacyjnym, co jest istotną cechą samodzielnego pracownika nauki. Rozprawa może stanowić bardzo dobry materiał dydaktyczny dla studentów i doktorantów zarówno kierunku Fizyka jak i Inżynieria materiałowa, a także pracowników zespołów badawczych zajmujących się problematyką tlenkowych materiałów elektrodowych.

Uwagi krytyczne:

W opinii recenzenta praca nie zawiera istotnych niedociągnięć czy błędów, cykl przedstawionych do oceny publikacji jest spójny tematycznie, a obszerny autoreferat w sposób klarowny przedstawia osiągnięcia naukowe Habilitanta. Niemniej do słabszych stron pracy zaliczyłbym:

- w Autoreferacie, w części traktującej o opracowaniu metody wytwarzania cienkich i gęstych warstw CGO stanowiących barierę dyfuzyjną dla strontu Habilitant omyłkowo zamiast do publikacji H5 odwołuje się do publikacji H3,

- niechronologiczny układ prac stanowiących rozprawę habilitacyjną sprawia, iż bez przewodnika w formie Autoreferatu byłoby trudno dostrzec zarówno ich cykliczność jak i wskazać wspólny cel,
- zastosowana metodyka badawcza, sposób interpretacji wyników, skoncentrowanie na relacji pomiędzy technologią, mikrostrukturą i właściwościami użytkowymi sprawia, iż nie mogę się oprzeć wrażeniu, iż jest to praca habilitacyjna w dziedzinie Inżynieria materiałowa

Uwzględniając, wyżej wymienione uwagi stwierdzam, iż rozprawa habilitacyjna dr. inż. Jakuba Karczewskiego stanowi wymierny wkład Autora w rozwój Fizyki, w zakresie nanostrukturalnych materiałów katodowych stosowanych ogniwach paliwowych i elektrolizerach. Treść merytoryczna rozprawy potwierdza pełną dojrzałość i samodzielność naukową Autora, a jej wyjątkowo wysoki poziom naukowy świadczy o wszechstronnym przygotowaniu Habilitanta do samodzielnego rozwiązywania złożonych problemów naukowych i technicznych.

Ocena dorobku naukowego

Całkowity dorobek naukowy dr. inż. Jakuba Karczewskiego obejmuje **100** prac naukowych opublikowanych w czasopismach z listy JCR, wielokrotnie cytowanych **597** (WoS). Sumaryczny wskaźnik cytowań (impact factor wg WoS) wynosi **255.937**, a indeks Hirscha **13**. Ponadto, Habilitant **10**rotnie prezentował swoje wyniki w formie referatów ((**5** zapraszanych) na międzynarodowych i krajowych konferencjach tematycznych.

Uwzględniając specyfikę dyscypliny naukowej oraz wskaźnik cytowań czasopism naukowych poświęconych szeroko rozumianej inżynierii materiałowej, całkowity dorobek naukowy, mierzony wyżej wymienionymi parametrami oceniam, jako bardzo dobry.

Ponadto Habilitant był kierownikiem **jednego** projektu oraz wykonawcą w **10** projektach badawczych krajowych i międzynarodowych oraz jest współautorem **5** zgłoszeń patentowych. Za działalność naukową był **5**rotnie nagradzany przez Rektora Politechniki Gdańskiej, **2**rotnie przez Dziekana Wydziału Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej oraz **1**rotnie przez Prezesa Zarządu Spółki Energa SA.

Uważam, iż dorobek naukowy Pana dr. inż. Jakuba Karczewskiego spełnia wszelkie wymagania ustawowe i normy akademickiej stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego w stopniu bardzo dobrym, a zdobyte doświadczenie naukowe predysponuje go do bycia samodzielnym pracownikiem nauki.

Ocena dorobku dydaktycznego i organizacyjnego

Na podstawie przedstawionych dokumentów można stwierdzić, że dr inż. Jakub Karczewski posiada bardzo dobry dorobek dydaktyczny, na który składa się:

- Prowadzenie zajęć z „Fizyki”, „Metod mikroskopowych w Nanotechnologii”, „Fizyki fazy skondensowanej”, „Nanotechnologii eksperymentalnej”, „Podstaw Nanotechnologii”, „Nanotechnologii w Medycynie” oraz „Microscopy methods in nanotechnology”, w formie wykładów, ćwiczeń rachunkowych oraz laboratoryjnych.
- Opieka naukowa nad 29 pracami dyplomowymi inżynierskimi i magisterskimi.
- Opieka naukowa w charakterze promotora pomocniczego 2 prac doktorskich.
- prowadzenie zajęć oraz opiekę mentorską w ramach programu „Zdolni z Pomorza”.

Ponadto, Habilitant uczestniczył w programie dotyczącym podwyższania jakości edukacji ogólnej wiejskiej Gminy Sadlinki poprzez wsparcie uczniów oraz nauczycieli w rozwijaniu kompetencji kluczowych wymaganych na rynku pracy”.

W Centrum Nanotechnologii Politechniki Gdańskiej pełni funkcje opiekuna Laboratorium Mikroskopii Elektronowej oraz Pracowni mikroskopii AFM/ STM.

Dr inż. Jakub Karczewski posiada także dorobek organizacyjny, na który między innymi składa się:

- Kierowanie Laboratorium Nanomateriałów Centrum Zaawansowanych Technologii „Pomorze”.
- Uczestnictwo w organizowanym corocznie przez Politechnikę Gdańską, wraz z innymi ośrodkami naukowymi Pomorza, Bałtyckim Festiwalu Nauki.
- Opieka nad Kołem Naukowym Studentów Fizyki.
- Udział w trzech komitetach organizacyjnych krajowych i międzynarodowych konferencji naukowych.
- Członkostwo w Polskim Stowarzyszeniu Wodoru i Ogniw Paliwowych).
- Wykonanie recenzji 18 artykułów, w 10 czasopismach naukowych z listy JCR.

Podsumowując można stwierdzić, że osiągnięcia dydaktyczno-organizacyjne Habilitanta są typowe dla aktywnych pracowników naukowo-dydaktycznych ubiegających się o tytuł doktora habilitowanego.

Przedstawiony dorobek dydaktyczny i organizacyjny jest odzwierciedleniem rzetelnej pracy dydaktycznej na rzecz studentów i uczelni. Po analizie rozprawy i dorobku naukowego habilitanta mogę stwierdzić, że jest on rozpoznawalnym w swojej dyscyplinie specjalistą w dziedzinie nanomateriałów funkcjonalnych stosowanych w tlenkowych ogniwach paliwowych i elektrolizerach. Życiorys naukowy Pana dr. inż. Jakuba Karczewskiego świadczy o wytrwałości w poszukiwaniu zależności pomiędzy parametrami technologicznymi procesu, strukturą i składem fazowym wytwarzanych materiałów tlenkowych, a ich właściwościami użytkowymi.

Całościowo dorobek ten oceniam jako bardzo dobry.

Wnioski końcowe

Uważam, że rozprawa habilitacyjna przedstawiona do oceny, dorobek naukowy oraz działalność dydaktyczna i organizacyjna stanowią merytoryczną podstawę do ubiegania się Pana dr. inż. Jakuba Karczewskiego o stopień doktora habilitowanego nauk fizycznych w dyscyplinie Fizyka i wnoszę o dopuszczenie go do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego przez Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Gdańskiej

Tomasz Czujko