

Prof. dr inż. Leopold Jeziorski m. dr h.c.  
Politechnika Częstochowska  
Instytut Inżynierii Materiałowej

## RECENZJA

**rozprawy habilitacyjnej oraz dorobku naukowego dr inż. Marka NOWAKA  
w związku z postępowaniem habilitacyjnym.**

### 1. Wstęp

Dr inż. Marek NOWAK jest absolwentem Politechniki Poznańskiej. Studiował na Wydziale Budowy Maszyn i Zarządzania na kierunku Inżynieria Materiałowa uzyskując w roku 1999 dyplom magistra inżyniera. Zaraz po studiach został zatrudniony na stanowisku asystenta stażysty w Instytucie Inżynierii Materiałowej Politechniki Poznańskiej.

W roku 2003 obronił pracę doktorską na macierzystym Wydziale uzyskując stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie Inżynieria Materiałowa. Tytuł jego pracy doktorskiej to: „Wpływ częściowej substytucji niklu przez Al., Mo, Co na własności fizyczne i elektrochemiczne nanokrystalicznych stopów  $\text{LaNi}_5$ ”. Od października 2003 roku do chwili obecnej pracuje na stanowisku adiunkta w Instytucie Inżynierii Materiałowej.

W latach 2009-2012 pracował jako wykładowca w Wyższej Szkole Edukacji i Terapii w Poznaniu. Jest zastępcą Dyrektora Instytutu Inżynierii Materiałowej (od 2008 r.).

### 2. Ocena dorobku naukowego wchodzącego w zakres habilitacji

Dr inż. Marek NOWAK za przedmiot badań wybrał nanokompozyty na bazie magnezu odwracalnie absorbujące wodór. Jak to sformułował habilitant „celem badań było opracowanie technologii wytwarzania nanokrystalicznych stopów na bazie magnezu odwracalnie absorbujących wodór w temperaturze pokojowej z zastosowaniem nierównowagowych procesów wytwarzania oraz zbadanie wpływu mikrostruktury i składu chemicznego wybranych właściwości fizycznych i elektrochemicznych wytwarzanych nanomateriałów i nanokompozytów”. Materiałem wyjściowym były nanokrystaliczne proszki

otrzymane w procesie mechanicznej syntezy. Proszki te posłużyły między innymi do wytwarzania nanokompozytów z różnymi dodatkami (grafitu, miedzi, palladu i niklu).

Podobne badania nad takimi materiałami na bazie metali i ich związków mogących absorbować i oddawać wodór w temperaturach pokojowych są prowadzone w wielu czołowych ośrodkach naukowych na świecie. W Polsce szerokie badania naukowe i technologiczne związane z wytwarzaniem, magazynowaniem i wykorzystaniem wodoru w ogniwach paliwowych prowadzone są między innymi w Akademii Górniczo – Hutniczej w Krakowie.

Opracowanie i wytworzenie właściwego materiału, w którym będzie można bezpiecznie magazynować wodór ma kluczowe znaczenie dla rozwoju energetyki wodorowej. W tym świetle można stwierdzić, że przedstawiona w dorobku habilitacyjnym Kandydata problematyka jest bardzo aktualna i wpisuje się w tematykę rozwijaną na świecie.

Dr inż. Marek NOWAK wskazał jako swoje osiągnięcie, stanowiące podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego w dziedzinie Nauki Techniczne, dyscyplinie Inżynieria Materiałowa, cykl 13-stu prac, objętych wspólnym tytułem „Nanomateriały kompozytowe na bazie magnezu odwracalnie absorbujące wodór wytwarzane metodą mechanicznej syntezy”. Takie zgrupowanie swojego dorobku naukowego uważam za trafne i merytorycznie poprawne.

Wszystkie prace są wieloautorskie. Habilitant jest pierwszym autorem w 4 publikacjach a w 7 pracach jest na drugim miejscu. Udział dr inż. Marka NOWAKA w zaprezentowanych pracach oceniany jest w granicach 15-80%. Z załączonych oświadczeń wynika, że w wielu pracach dr inż. Marek NOWAK był pomysłodawcą, wykonawcą oraz interpretatorem wyników badań, a Jego wkład w powstanie prac był zwykle znaczący. Prace publikowane są w dobrych czasopismach o IF od 0,577 do 3,452.

Publikowanie wyników badań w renomowanych czasopismach jest zwykle uznaniem ich jako wartościowych w skali międzynarodowej, a materiał składający się na te publikacje został oceniony przez anonimowych recenzentów będących specjalistami w dziedzinie, których dotyczą na etapie przyjmowania artykułów do druku.

Przypuszczam, że pomysły nowych rozwiązań materiałowych opublikowanych w "cyklu" są także autorstwa innych badaczy reprezentujących inżynierię materiałową. Jednakże dr inż. Marek NOWAK jest współwykonawcą tych prac i musiał zmierzyć się z wieloma różnorodnymi problemami metodycznymi i interpretacyjnymi. W mojej opinii Habilitant dobrze sobie z tym poradził. Nie będę powtarzać wszystkich osiągnięć, opisanych

w autoreferacie i przedstawionych w pliku publikacji, zwrócić jednak uwagę, na według mnie, najważniejsze z nich. Są to:

- Wykazanie, iż wykorzystując niekonwencjonalne metody syntezy materiałów można efektywnie wytwarzać nanomateriały typu  $Mg_2Ni$ ,  $Mg_2Cu$ ,  $Mg_{2-x}M_xNi$  gdzie  $M = Al, Mn, Ti$  oraz nanokompozyty z  $C, Cu, Pd$  odwracalnie absorbujące wodór. Zsyntetyzowane nanokompozyty charakteryzują się lepszymi właściwościami elektrochemicznymi, co stanowi ważny aspekt aplikacyjny tego typu materiałów [A5, A8, A9, A10].
- Opracował technologię wytwarzania dwufazowych nanokompozytów odwracalnie absorbujących wodór typu  $MgNi/MWCNTi$  (multiwallad carbo nanotubus – wielościenne nanorurki węglowe). Jednocześnie wyjaśnił wpływ dodatku nanorurek na mechanizmy poprawy właściwości elektrochemicznych tego typu kompozytów [A4].
- Opracował technologię otrzymywania nanokrystalicznych kompozytów na bazie stopów magnezu i faz typu  $TiNi, ZrV_2, LaNi_5$ . Ponadto wykazał, że dwufazowe nanokompozyty charakteryzują się lepszymi właściwościami wodorownia w temperaturze pokojowej w porównaniu do faz tworzących kompozyt. Wytworzone nanokompozyty bazujące na stopach  $Mg$  wykazujące odwracalną absorbcję wodoru w stopach  $Mg$  już w temperaturze pokojowej są istotnym osiągnięciem w badaniach nad materiałami wodorochłonnymi [A3, A6, A7, A11, A12].
- Określił strukturę elektronową pasma walencyjnego mikrokystalicznych i nanokrystalicznych stopów  $Mg$ , jak również nanokompozytów wytworzonych na ich bazie. Wykazał, iż kształt i położenie pasma walencyjnego względem poziomu Fermiego zmienia się między innymi w zależności od mikrostruktury (mirko-nano) składu chemicznego [A1, A2].

W podsumowaniu można stwierdzić, że przedstawione w zestawie publikacji wyniki badań przyczyniły się do opracowania nanomateriałów/nanokompozytów odwracalnie absorbujących wodór, które wykazują lepsze właściwości niż materiały mikrokystaliczne i jednofazowe.

Wymienione osiągnięcia stanowią konkretny wkład Habilitanta do rozwoju inżynierii materiałowej.

Nie mogę jednak do przedstawionych przez dr inż. Marka NOWAKA własnych osiągnięć, będących podstawą ubiegania się o stopień doktora habilitowanego, odnieść się w sposób bezkrytyczny. Ocena tego dorobku w świetle wskaźników biblio-metrycznych wygląda dobrze, ale wszystkie publikacje są wieloautorskie, co oczywiście nie jest naganne, ale przy ocenie własnych osiągnięć Habilitanta musi generować niższą ocenę i uważam to za słabszą stronę przedstawionego do oceny dorobku naukowego. Należy mieć też na uwadze fakt, że wysokie wskaźniki biblio-metryczne wypracowane zostały wspólnie z pozostałymi współautorami prac.

Ograniczeniem w rozwoju technologii ogniw paliwowych jest aspekt ekonomiczny. Habilitant nie wypowiada się na ten temat, ani go nie analizuje.

Innym problemem, który w prezentowanych publikacjach jest tylko zasygnalizowany dotyczy korozji i degradacji termicznej wytwarzanych przez habilitanta materiałów. Nie mogę również pominąć następującego faktu, iż w wykazach bibliografii publikacji zaliczonych do podstawy uzyskania stopnia doktora habilitowanego Kandydat pomija dorobek polskich uczonych. Tylko w pozycji [A13] zauważyłem powołanie się na 4 pozycje J. Molendy.

**Przedstawione uwagi krytyczne nie obniżają wartości merytorycznych cyklu publikacji, który oceniam pozytywnie.**

### 3. Ocena działalności naukowej

Dr inż. Marek NOWAK od samego początku zatrudnienia zajmuje się zagadnieniami związanymi z wytwarzaniem materiałów wodorochłonnych opartych o stopy na bazie magnezu.

Głównym obszarem zainteresowań naukowych Habilitanta są jednofazowe stopy odwracalnie absorbujące wodór w temperaturze pokojowej, wytwarzane metodą mechanicznej syntezy. Podstawowym celem prowadzonych w tym zakresie badań, było określenie wpływu dodatków stopowych na właściwości fizyczne i elektrochemiczne stopu  $\text{LaNi}_5$  i na tej podstawie wytwarzanie stopu o składzie chemicznym umożliwiającym na zastosowanie go w ogniwach wodorowych (ni-MH) jako materiału anodowego.

Na podstawie szczegółowych badań struktury, morfologii nanokompozytowych materiałów proszkowych, analizy składu chemicznego, badań właściwości termodynamicznych i elektrochemicznych udało się Habilitantowi opracować jednofazowy wieloskładnikowy stop oparty na fazie  $\text{LaNi}_5$  o strukturze nanokrystalicznej. Stop ten charakteryzuje się wysoką pojemnością magazynowania wodoru. Pewnym osiągnięciem poznawczym tych badań było między innymi stwierdzenie, że zastąpienie części niklu

w stopie  $\text{LaNi}_5$  przez Co, Mn, Al., pozwala na otrzymanie elektrod wodorkowych o pojemności  $240 \text{ mAhg}^{-1}$ , a częściowe zastąpienie Ni przez Co powoduje, że taki materiał elektrodowy ma bardzo dobrą stabilność podczas pracy cyklicznej ładowanie/wyładowanie. Wyniki badań jednofazowych stopów nanokrystalicznych typu  $\text{LaNi}_5$  zostały opisane w kilkunastu pracach i opublikowane między innymi w 7 czasopismach z listy Journal Citation Raports: Physica Status Solidi, Journal of Solid State Chemistry, Journal Alloys Compounds, Crystal Research & Technology i Journal of Rare Earths.

Drugą grupą stopów, którą badał Habilitant były jednofazowe materiały odwracalnie absorbujące wodór na bazie stopów  $\text{TiNi}$ ,  $\text{Ti}_2\text{Ni}$  i  $\text{ZrV}_2$ . Wyniki tych badań zostały opublikowane w następujących czasopismach z listy Journal Citation Raports: Renewable Energy, International Journal of Hydrogen Energy, Journal of Alloys and Compounds.

Poza materiałami wodorochłonnymi w kręgu zainteresowań Habilitanta znalazły się także inne nanomateriały. W szczególności zajmował się On opracowaniem technologii otrzymywania dwusiarczku molibdenu ( $\text{MoS}_2$ ). Habilitant przygotował materiał za pomocą mechanicznej syntezy, następnie wykonał szczegółowe badania ich struktury i morfologii metodami: rentgenowską (XRD) i mikroskopii elektronowej (SEM) oraz określił czynniki wpływające na strukturę i morfologię  $\text{MoS}_2$ . Wyniki badań opublikowane w Acta Metallurgica Slovaca, Inżynierii Materiałowej oraz w materiałach z U.S. – Poland Workshop on Nanoscience and Nano-Structured Materials. 26-28 czerwiec 2006 roku. Wyniki zostały także wdrożone w Instytucie Obróbki Plastycznej w Poznaniu.

Dr inż. Marek NOWAK jest współautorem 74 publikacji, (przed doktoratem 13 pozycji). Wśród nich można wyróżnić:

- 13 pozycji przedstawionych w cyklu publikacji (habilitacja)
- 41 publikacji w czasopismach w tym 24 w czasopismach z listy Journal Citation Reports,
- 24 publikacje w recenzowanych materiałach konferencyjnych,
- 2 rozdziały w monografiach anglojęzycznych. Są to monografie:
  - „Nanostructural Materials Electrochemistry” Wiley VCH, Weinheim, ME Eftekhari Ali (Ed), 2008, współautor rozdziału pod tytułem „Nanostructured hydrogen storage materials synthesized by mechanical alloying”;
  - „Hydrogen Storage: - współautor rozdziału pod tytułem „Aplication – Hydrogen Technology” Springer-Verlag GmbH Berlin.

Sumaryczny IF wynosi 56,67, łączna liczba cytowań (bez autocytowań) – 198, Indeks Hirscha wg bazy Web of Science – 9 a liczba punktów MNiSzW – 818.

Kandydat brał udział w kilku projektach badawczych – krajowych i międzynarodowych. Są to:

- Nanomateriały metaliczne (Nanomateriały do zastosowań w elektronice),
- Nanokrystaliczne materiały odwracalnie absorbujące wodór typu AB oraz kompozyty typu AB Ni(Mg),
- Materiały i technologie dla rozwoju gospodarki wodorowej,
- Opracowanie materiałów dla potrzeb projektowania i budowy infrastruktury wodorowej,
- Opracowanie technologii otrzymywania nanokompozytów na bazie magnezu odwracalnie absorbującego wodór w temperaturze pokojowej,
- Jedno i wielofazowe ferroiki i multiferroiki – projekt COST – kierownik projektu.

Współpraca z zagranicznymi placówkami naukowymi nie jest mocną stroną działalności naukowej Habilitanta. Ogranicza się ona do wspólnych badań prowadzonych z profesorem Omar Elkedim z University of Technology Belfort-Montbéliard – Francja w efekcie, której powstało kilka publikacji naukowych prezentujących wyniki badań związane z wytwarzaniem i modyfikacją materiałów odwracalnie absorbujących wodór.

Drugą osobą, z którą współpracuje Habilitant jest dr Istvan Bakasz – Muresan z Babes-Bolyai University of Cluj-Napoca – Rumunia.

W kraju do najważniejszych ośrodków, z którymi Habilitant utrzymuje kontakty naukowe należą:

- Instytut Fizyki Molekularnej PAN w Poznaniu,
- Instytut Niskich Temperatur PAN we Wrocławiu,
- Centralne Laboratorium Akumulatorów i Ogniw w Poznaniu,
- Instytut Obróbki Plastycznej w Poznaniu.

W podsumowaniu tej części recenzji stwierdzam, że Habilitant po doktoracie wykazał istotną aktywność naukową i spełnia większość wymagań określonych w Rozporządzeniu MNiSW z dnia 1 września 2011 roku.

**Całość działalności naukowej dr inż. Marka NOWAKA oceniam pozytywnie.**

#### 4. Ocena działalności dydaktycznej i organizacyjnej

Działalność dydaktyczna dr inż. Marka NOWAKA liczbowo jest znacząca i można określić ją jako aktywną. Był opiekunem 30 prac magisterskich i inżynierskich, opracował programy i prowadził autorskie wykłady z przedmiotu – Wodór nośnikiem energii. Ponad to prowadzi różne zajęcia dydaktyczne na kierunkach: inżynieria materiałowa, mechatronika, zarządzanie i inżynieria produkcji.

W ramach działalności dydaktycznej sprawował kilkakrotnie opiekę nad studentami odbywającymi praktyki. Brał udział w programie „Era Inżyniera. Rozbudowa potencjału rozwojowego PP” w ramach, którego przygotował i prowadził wykłady z materiałoznawstwa dla kierunku Mechatronika.

Działalność organizacyjna Habilitanta jest skupiona w różnych komisjach i zespołach działających na rzecz rozwoju macierzystej uczelni. Jest ona szczegółowo opisana w autoreferacie. Oceniam ją z uznaniem. Wspomnę tylko, że od 2008 roku Habilitant jest zastępcą Dyrektora Instytutu Inżynierii Materiałowej.

W zakresie popularyzacji nauki Kandydat czynnie uczestniczy w prezentowaniu osiągnięć Instytutu Inżynierii Materiałowej podczas corocznego Poznańskiego Festiwalu Nauki i Sztuki oraz w czasie Dni Otwartych organizowanych przez Politechnikę Poznańską. Kandydat czynnie współpracuje z przemysłem (od 2003 roku). W ramach tej współpracy współuczestniczył w wykonaniu kilkudziesięciu ekspertyz i opracowań technicznych.

**Całość działalności dydaktycznej i organizacyjnej Habilitanta oceniam pozytywnie.**

#### 5. Wnioski

**Biorąc pod uwagę znaczny dorobek naukowy dr inż. Marka NOWAKA uważam, że w świetle ustawy o tytule naukowym i stopniach naukowych oraz o tytule i stopniach w zakresie sztuki spełnia On warunki do uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie Nauki Techniczne z dyscypliny Inżynieria Materiałowa.**

Habilitant ma udokumentowany dorobek naukowy oraz nabył również bardzo dużego doświadczenia w nauczaniu studentów, prowadząc dużą liczbę różnorodnych w formie zajęć dydaktycznych. Wykazał się także działalnością organizacyjną. Można stwierdzić, że jest On w pełni przygotowany do samodzielnej działalności naukowej i dydaktycznej.

**Popieram wobec tego wniosek do Komisji Habilitacyjnej i Rady Wydziału Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej o nadanie dr inż. Markowi NOWAKOWI stopnia naukowego doktora habilitowanego.**

A handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, connected strokes. The signature is positioned to the right of the main text block.