

dr hab. inż. Krzysztof Naplocha, prof. PWr
Katedra Odlewnictwa, Tworzyw Sztucznych i Automatyki
Politechnika Wroclawska
ul. Łukasiewicza 7-9,
50-371 Wrocław

Wrocław, 08.11.2018

Recenzja

osiągnięć naukowo-badawczych, dydaktycznych i współpracy międzynarodowej
dra Marcina Chmielewskiego
ubiegającego się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego

Recenzja została opracowana na zlecenie Rady Naukowej Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN w związku z decyzją Centralnej Komisji do Spraw Stopni i Tytułów o powołaniu recenzentów w postępowaniu habilitacyjnym Nr BCK-VI-L-6368/18 z dnia 7 września 2018 roku w dyscyplinie Inżynieria Materiałowa.

Charakterystyka kandydata

Dr Marcin Chmielewski jest absolwentem Wydziału Inżynierii Produkcji Politechniki Warszawskiej, prace magisterską pt. „Wykorzystanie plazmy w procesach nanoszenia gradientowych warstw wierzchnich” obronił w 1999 roku (promotorem był prof. dr hab. inż. Władysław Włosiński). Praca ta została nagrodzonych w III edycji konkursu na najlepszą pracę magisterską i doktorską wykonaną na Politechnice Warszawskiej w 1999 roku, a także wyróżniona przez firmę FIAT Polska. Po uzyskaniu stopnia naukowego magistra Marcin Chmielewski podjął pracę w Zakładzie Ceramiki i Złączy Instytutu Technologii Materiałów Elektronicznych w Warszawie. Poszerzał tam swoją wiedzę z zakresu wytwarzania i spajania materiałów zaawansowanych (metale, ceramika, kompozyty), a zdobyte praktyczne doświadczenie pozwala mu obecnie kierować pracami zamawianymi przez odbiorców przemysłowych, które dotyczą wytwarzania próznieuszczelnych złączy metal-ceramika. Jednocześnie głównym obszarem aktywności naukowej stały się materiały kompozytowe typu Al_2O_3 -Cr, których wytwarzanie i charakteryzacja doprowadziły do złożenia rozprawy doktorskiej pt. „Wpływ składu chemicznego i granulometrycznego proszków Al_2O_3 i Cr na strukturę i wybrane właściwości materiałów gradientowych”. Napisana pod kierunkiem pani dr hab. inż.

Katarzyny Pietrzak została w dniu 17.10.2005r. obroniona, a decyzją Rady Naukowej Instytutu Technologii Materiałów Elektronicznych uznana za wyróżniającą.

Do chwili obecnej habilitant jest zatrudniony w Zakładzie Kompozytów Ceramiczno-Metalowych i Złączy ITME na stanowisku adiunkta pełniąc obowiązki Kierownika Zakładu. Prowadzi prace badawcze związane z szeregiem realizowanych projektów we współpracy z ośrodkami krajowymi i zagranicznymi. W dużym zakresie prace te obejmują metalowo-ceramiczne materiały kompozytowe, ich projektowanie, technologie wytwarzania oraz charakteryzację.

Ocena dorobku naukowo-badawczego stanowiącego podstawę do ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego

Osiągnięcie naukowe, stosownie do art. 16 ust 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. nr 65. poz. 595 z późn. zm.) obejmujące spójny tematycznie cykl 16 współautorskich publikacji pt. *„Czynniki umożliwiające kształtowanie właściwości materiałów kompozytowych o osnowie metalowej wzmacnianych fazą ceramiczną”*. Powstały one w latach 2007-2017 to jest, po ukończeniu przez dr inż. Marcina Chmielewskiego przewodu doktorskiego. Habilitant swoje prace publikował między innymi w czasopismach: Composites Part B, Journal of European Ceramic Society, International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, Applied Surface Science. Procentowy udział Habilitanta w powstawaniu tych prac zawiera się w przedziale 50-80%. Należy podkreślić, że tylko w 1 publikacji **nie** jest On pierwszym autorem. Wszystkie publikacje posiadają wskaźnik Impact Factor (IF), a sumaryczna wartość tego cyklu według listy Journal Citation Reports (JCR) zgodnie z rokiem opublikowania wynosi **23,1**. Z treści załączonych oświadczeń współautorów wynika, że rola Kandydata w badaniach oraz w przygotowaniu publikacji była wiodąca.

Dr inż. Marcin Chmielewski z godną uznania konsekwencją rozwija i kontynuuje tematyką naukową dotyczącą projektowania i wytwarzania materiałów kompozytowych w oparciu o techniki spiekania proszków. Właściwości tych materiałów można teoretycznie dowolnie kształtować dobierając odpowiednią osnowę, rodzaj, wielkość i udział fazy umacniającej. W praktyce jednak, ze względu na szereg niepożądanych zjawisk fizyko-chemicznych zachodzących pomiędzy komponentami w trakcie wytwarzania, o końcowych właściwościach kompozytu decyduje metoda wytwarzania oraz zastosowane parametry, odpowiednie dla projektowanego układu. Wykorzystana w badaniach metoda spiekania proszków metalicznych i ceramicznych jest obecnie uznawana za najbardziej efektywną i wszechstronną metodę wytwarzania kompozytów na osnowie metali, faz międzymetalicznych

czy też kompozytów in-situ. Oddziaływanie dużego ciśnienia na podgrzany do wysokiej temperatury materiał znacząco ogranicza występowanie porowatości, nieciągłości strukturalnych i zapewnia uzyskanie produktów o bardzo dobrych właściwościach mechanicznych, a w przypadku kompozytów na osnowie Cu zachowanie dobrej przewodności cieplnej i elektrycznej.

Dr inż. Marcin Chmielewski mając długoletnie doświadczenie w tej tematyce wykorzystał i poszerzył możliwości technik spiekania swobodnego, pod ciśnieniem (ang. *Hot Pressing*) oraz spiekania wspomaganego przepływem prądu elektrycznego (ang. *Spark Plasma Sintering*). Wytwarzał, badał oraz ulepszał następujące grupy materiałów:

- kompozyty o osnowie chromu, w tym modyfikowane renem, z dodatkiem proszku tlenku glinu, spiekane oraz natryskiwane plazmowo,
- kompozyty o osnowie miedzianej z dodatkiem azotku glinu, o różnym udziale fazy ceramicznej, spiekane pod ciśnieniem oraz prasowane na gorąco,
- kompozyty o osnowie miedzianej wzmocnione węglikiem krzemu, którego powierzchnię modyfikowano cienką warstwą metali (Cr, Ti, W),
- kompozyty o osnowie z aluminidku niklu (NiAl) z dodatkiem tlenku glinu spiekane pod ciśnieniem.

Badając tak zróżnicowane systemy materiałowe Habilitant dążył do uzyskania jednorodnego bądź gradientowego rozmieszczenia fazy wzmacniającej w osnowie, ograniczenia a nawet wyeliminowania porowatości resztkowej w strukturze kompozytów oraz dobrego połączenia na granicy metal-ceramika.

Umiejętność jednorodnego rozmieszczenia fazy zbrojącej Al_2O_3 w osnowie Cr została wykazana w pracy MCH1 natomiast gradientowe rozmieszczenie cząstek w materiałach FGM (ang. functionally graded material) przykładowo od 10 do 40 % obj. AlN w osnowie Cu w pracy MCH13. Świadczy to o opanowaniu warsztatu badawczego i dużej wiedzy Habilitanta. W przedłożonych publikacjach nakreślono program badań a następnie konsekwentnie dążono do celu. Tak problematyczna w tego typu materiałach porowatość resztkowa jest powoli i skutecznie eliminowana ze wskazaniem efektywnych metod i odpowiednich parametrów procesu. Gęstość względna opisanego w pracy MCH7 materiału kompozytowego typu NiAl+ Al_2O_3 zwiększa do 0,74 aż do 1. W zależności od badanego układu materiałowego ostatecznie porowatości resztkowe mieszczą się w przedziale 1-2%. Cenna w tym zakresie jest analiza transformacji struktury, formowania się szyjek pomiędzy cząstkami, zanik porowatości oraz oddziaływanie na te procesy parametrów spiekania, temperatury, ciśnienia czy czasu. Podobnie istotne studia Habilitant przedstawił na temat połączeń osnowa umocnienie, które są kluczowym czynnikiem w procesie wytwarzania i ulepszania własności materiału kompozytowego. W celu kontroli tych zjawisk oraz korzystnego oddziaływania na proces formowania się tych połączeń zaproponował wprowadzenie trzeciego składnika do podstawowych komponentów układu. W ten sposób dążył

do osiągnięcia poprawy właściwości osnowy, a tym samym właściwości samego kompozytu oraz ograniczenia niekorzystnych zjawisk na granicy faz.

W badaniach zaprezentowanych w pracach [MCH6], [MCH9] oraz [MCH10] do materiałów kompozytowych na bazie chromu i tlenku glinu wprowadzał dodatek stopowy renu, który może mieć bardzo korzystny wpływ na szereg właściwości fizykochemicznych. Początkowe prace wiązały się z opracowaniem metody ujednorodnienia rozkładu pierwiastków w osnowie chromu. Habilitant przedstawił wnikliwe studia mechanizmu rozpuszczania ziaren renu oraz tworzenia się roztworu stałego przy zastosowaniu różnych parametrów spiekania kompozytów. Ostatecznie przedstawił nowy proces wytwarzania tak aby uzyskać możliwie jednorodną strukturę i równocześnie uniknąć rozrostu ziaren, naprężeń termicznych czy mikropęknięć. Przydatność wytworzonych w ten sposób materiałów potwierdziły kolejne badania właściwości fizycznych i mechanicznych. Zastosowanie 3-5% dodatku renu oraz odpowiednich parametrów procesu przyczynia się do wyraźnego wzrostu modułu Younga oraz wytrzymałości na zginanie kompozytu typu Cr/Al₂O₃/Re ([MCH6]). Podobnie korzystny efekt takiej ilości dodatku zaobserwowano w badaniach odporności na zużycie ścierne w układzie kulka-powierzchnia płaska ([MCH9]). Ren tworząc roztwór stały zwiększa twardość materiału oraz współczynnik tarcia ale przede wszystkim zmniejsza ubytek masy próbki kompozytowej. Inny korzystny wpływ domieszki renu przedstawiono w pracy [MCH10]. Wzrost odporności na korozję chemiczną, ograniczenie korozji wżerowej oraz odporności na utlenianie w podwyższonych temperaturach pokazuje, że materiały te mogą znaleźć zastosowanie w aplikacjach wysokotemperaturowych, dodatkowo narażonych na agresywne środowisko pracy.

Kolejnym bardzo ważnym zadaniem w zakresie wytwarzania materiałów kompozytowych, podjętym przez Habilitanta, była kontrola i ograniczenie niekorzystnych zjawisk zachodzących pomiędzy składnikami kompozytu w trakcie ich spiekania. W badanym układzie Cu-SiC ([MCH16]) zaobserwowano dekompozycję cząstek i rozpuszczanie uwolnionego Si w osnowie. Zmniejszyło to znacząco przewodność cieplną kompozytów niezależnie czy stosuje się spiekanie pod ciśnieniem czy też spiekanie wspomagane przepływem prądu elektrycznego. Dlatego też w pracach [MCH14] i [MCH15] zastosował pokrywanie ziaren węgla krzemu metalami (wolfram, chrom, tytan) przed procesem spiekania z miedzią stosując metodę próżniowego osadzania plazmą (ang. *Plasma Vapour Deposition PVD*). Szczegółowa analiza granicy miedz-pokrycie pokazała, że najbardziej odpowiednim pierwiastkiem, przy którym mogą wystąpić tylko niewielkie ilości węglików, jest powłoka z wolframu. Jego użycie skutkuje wzrostem wytrzymałości połączenia cząstka-osnowa oraz poprawą przewodnictwa cieplnego kompozytów.

Przedłożone prace badawcze są studiami nad wzajemnymi zależnościami pomiędzy poszczególnymi parametrami procesu technologicznego i ich wpływem na właściwości

metalowo-ceramicznych materiałów kompozytowych. Zostały przeprowadzone na kilku układach, które można określić jako nowatorskie i perspektywiczne. Mieszczą się w nurcie światowych badań materiałów nowej generacji oraz poszerzają wiedzę w wielu nowych aspektach. Wśród najważniejszych naukowych i użytecznych osiągnięć Habilitanta można wymienić:

- opis procesu spiekania materiałów kompozytowych NiAl-Al₂O₃, ewolucji struktury oraz wpływu stopnia ich spiecenia na właściwości mechaniczne materiału,
- zastosowanie dodatku renu w umacnianiu kompozytów chrom-tlenek glinu, przedstawienie jego oddziaływania na strukturę osnowy oraz metody jej homogenizacji,
- pokrywanie warstwą metaliczną węgla krzemu w celu zabezpieczenia go przed dekompozycją w trakcie spiekania z miedzią a następnie określenie wpływu rodzaju warstwy metalicznej na jakość połączenia metal-ceramika i właściwości cieplne kompozytów Cu-SiC,
- opracowanie technologii wytwarzania materiałów z gradientowym rozmieszczeniem umocnienia ceramicznego w metalowej osnowie.

Zastosowane tak licznie zabiegi technologiczne kształtujące właściwości materiałów złożonych niewątpliwie wymagają niezbędnej wiedzy teoretycznej oraz doświadczenia praktycznego. Habilitant świadomie dobiera optymalne rozwiązania z punktu widzenia realizacji postawionych celów czy wymagań. Podsumowując stwierdzam, że dorobek publikacyjny dr inż. Marcina Chmielewskiego jest na poziomie ponadprzeciętnym, a przedstawione osiągnięcia naukowe wnoszą istotny wkład do nauki w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

Ocena całości dorobku naukowego

Od czasu uzyskania stopnia naukowego doktora dorobek Habilitanta powiększył się o ponad 30 publikacji w krajowych i międzynarodowych czasopismach indeksowanych w bazie Web of Science. Sumaryczny Impact Factor opublikowanych prac wynosi IF~87, a łączna liczba punktów MNiSW wynosi około 1400 (wg specyfikacji za rok 2016). Habilitant może się pochwalić wysokim indeksem Hirscha, który według bazy danych Web of Science wynosi 12. Prace są cytowane przez naukowców ośrodków krajowych i zagranicznych już ponad 200 razy.

Habilitant od wielu lat jest ekspertem i recenzentem prac naukowych w zakresie Inżynierii Materiałowej dla renomowanych czasopism specjalistycznych. Wielokrotnie wykonywał recenzje dla takich czasopism naukowych jak „Applied Surface Science” (IF=3.387), „Materials and Design” (IF=4.364), „Materials Characterization” (IF=2.714). Łączna liczba recenzowanych artykułów z listy JCR wynosi 15.

Owoce prowadzonych badań oraz rozważań teoretycznych stały się również przyznane patenty międzynarodowe i krajowe oraz zgłoszenia patentowe takie jak:

- P.196952, W.Olesińska, M.Chmielewski, A.Bień, Sposób wytwarzania warstwy pokrywającej na elementach z ceramiki korundowej i/lub azotkowej, zwłaszcza do łączenia ich między sobą oraz z metalami
- P.406222, W.Włosiński, K.Pietrzak, M.Chmielewski, A.Krajewski, M.Hudycz, A.Branicka, J.Mikielewicz, D.Mikielewicz, J.Kicinski, G.Żywica, Mikrowymiennik ciepła i sposób wytwarzania mikrowymiennika ciepła
- P.412637, M.Chmielewski, K.Pietrzak, M.Barlak, A.Strojny-Nędza, Sposób wytwarzania warstwy azotku tytanu, zwłaszcza na podłożach metalicznych
- P.419087, K.Pietrzak, M.Chmielewski, W.Olesińska, C.Strąk, R.Siedlec, Sposób wytwarzania wielowarstwowych złączy niemetali, zwłaszcza materiałów elektroizolacyjnych i półprzewodnikowych, spajanych z miedzią.

Doktor Marcin Chmielewski w swojej karierze naukowej aktywnie uczestniczył w szeregu projektach badawczych. Po uzyskaniu stopnia doktora brał udział w pracach zespołu badawczego ITME w realizacji projektu pt. *„Projektowanie i technologia wytwarzania metalowo-ceramicznych funkcjonalnych materiałów gradientowych spełniających określone wymagania cieplno-mechaniczne oraz badanie ich własności”* (projekt zamawiany PBZ-KBN-100/T08/2003), oraz w projekcie pt. *„Opracowanie technologii otrzymywania kompozytów związki międzymetaliczne-ceramika oraz ich spajania ze stopami metali”* (projekt rozwojowy NR08-0011-04/2008). Jako główny wykonawca prowadził prace związane z technologią wytwarzania i spajania materiałów złożonych. Zdobytą wiedzę oraz doświadczenie w organizacji badań i prac zespołu naukowego pozwoliły przygotować projekt pt. *„Opracowanie podstaw technologii kompozytów AlN-Cu przeznaczonych na odbiorniki ciepła”* (N N508 3086 33), którego został kierownikiem.

Na uwagę zasługują projekty o charakterze wdrożeniowym, których Habilitant jest współtwórcą i głównym wykonawcą. Projekt o tytule *„Innowacyjne moduły termoelektryczne do konwersji energii”* prowadzony jest we współpracy firma Novago (Program Badań Stosowanych, 2015-2018) natomiast projekt *„Innovative Ni-Cr-Re coatings with enhanced corrosion and erosion resistance for high temperature applications in power generation industry”* finansowany przez Komisję Europejską i Narodowe Centrum Badań i Rozwoju we współpracy z firmą Sefako (2017-2020). Projekty te są niejako konsekwencją wcześniejszych badań o charakterze podstawowym i praktycznym wykorzystaniem nauki na rzecz przemysłu. Łącznie od roku 2004 Habilitant uczestniczył w 12 projektach badawczych, w jednym był kierownikiem, w dwóch kierownikiem zadania badawczego.

Uzyskane wyniki badań naukowych były prezentowane na szeregu renomowanych konferencjach międzynarodowych, których tematyka związana była z materiałami ceramicznymi, kompozytowymi, metalurgią proszków czy powłokami i zjawiskami powierzchniowymi.

Z przedstawionych dokumentów wynika, że doktor Marcin Chmielewski jest aktywnym i wszechstronnym pracownikiem naukowym, a jego osiągnięcia badawcze w pełni spełniają wymogi stawiane habilitantom przez ustawodawcę.

Ocena działalności dydaktycznej, organizacyjnej oraz współpracy międzynarodowej

Dr Marcin Chmielewski będąc pracownikiem Instytutu Technologii Materiałów Elektronicznych, jednostki badawczo-rozwojowej oraz doradczej prowadzącej prace w zakresie szeroko rozumianej inżynierii materiałowej, ze względu na brak typowych grup studenckich ma ograniczone możliwości rozwijania działalności dydaktycznej. Jednakże od roku 2012 prowadzi w Instytucie wykłady pt. „Spajanie Materiałów Zaawansowanych” dla studentów Wydziału Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej oraz Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego. Wielokrotnie był opiekunem praktyk studenckich odbywanych w Zakładzie Kompozytów Ceramiczno-Metalowych i Złączy. Do roku 2016 był promotorem pomocniczym dr inż. Agata Strojny-Nędzy, natomiast po otwarciu przewodu doktorskiego w czerwcu 2017 decyzją Rady Naukowej Wydziału Inżynierii Produkcji wspiera opieką naukową, jako promotor pomocniczy, mgr inż. Michała Hudycza. Służył również swoją wiedzą środowiskom spoza ośrodków naukowych prowadząc w roku 2013 „Warsztaty dla przemysłu” organizowane przez Instytut Podstawowych Problemów Techniki.

W obszarze działalności organizacyjnej Habilitant brał czynny udział w zespołach eksperckich i konkursowych takich jak:

- Narodowe Centrum Nauki, recenzowanie i opiniowanie wniosków projektów badawczych, 2014,
- Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, zespół Ekspertów wspierających proces oceny zadań badawczych, ocena merytoryczna wniosków złożonych w konkursach organizowanych przez NCBiR (m.in. w ramach PO IR), 2015

W Instytucie Technologii Materiałów Elektronicznych pełni obowiązki kierownika Zakładu Materiałów Kompozytowych i Ceramicznych, który specjalizuje się w wytwarzaniu nowoczesnych, funkcjonalnych oraz konstrukcyjnych materiałów kompozytowych.

Duża aktywność Habilitanta i udział w szeregu projektach badawczych na potrzeby przemysłu samochodowego, lotniczego czy też energetyki pozwoliła rozwinąć współpracę między innymi z takimi ośrodkami naukowymi jak Centro Reserche Fiat w Turynie czy też firmą EADS w Ottobrun. Habilitant wzbogacał również swoje doświadczenie badawcze biorąc w

udział w następujących stażach i warsztatach naukowych w zagranicznych ośrodkach akademickich i badawczo-rozwojowych:

06.2007 – Londyn, Wielka Brytania, Imperial Collage of London, Summer School of Advanced Materials organized by KMM-NoE,

10.2011 – Turyn, Włochy, Centro Reserche Fiat, Uczestnictwo w warsztatach naukowych organizowanych w ramach realizacji projektu Matrans,

12.2012 – Niemcy, Ottobrunn, EADS Deutschland GmbH, Uczestnictwo w warsztatach naukowo-przemysłowych organizowanych w ramach realizacji projektu Matrans,

Dokonania doktora Marcina Chmielewskiego w zakresie organizacyjnym, w tym współpracy międzynarodowej należy ocenić pozytywnie.

Wniosek końcowy

W oparciu o analizę całokształtu pracy naukowej należy stwierdzić, że doktor Marcin Chmielewski jest w pełni ukształtowanym pracownikiem naukowym, o ugruntowanej wiedzy i umiejętnościach posługiwania się aparatem badawczym. Stwierdzam, że przedstawiony do oceny cykl 16 publikacji powiązanych tematycznie pt. *„Czynniki umożliwiające kształtowanie właściwości materiałów kompozytowych o osnowie metalowej wzmocnianych fazą ceramiczną”* wnosi istotny wkład do dyscypliny naukowej inżynieria materiałowa i spełnia wymagania do uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego, określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z dnia 16 marca 2003 r.). Wniosuję zatem do Komisji Habilitacyjnej powołanej przez Centralną Komisję do Spraw Stopni i tytułów oraz Rady Naukowej Instytutu Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk o nadanie doktorowi Marcinowi Chmielewskiemu stopnia doktora habilitowanego.

Krzysztof Niesłoda