



Prof. Jerzy Morgiel

Kraków, 2019-02-27

Recenzja

**Dorobku naukowego i jednotematycznego cyklu publikacji,
stanowiącego podstawę do ubiegania się przez dr. inż. Dariusza Jarząbka
o stopień doktora habilitowanego nauk technicznych**

wykonana na podstawie decyzji Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułów,
zawartej w piśmie z dnia 5 lutego 2019 roku (nr BCK-VI-L-8608/18)
oraz Sekretarza Rady Naukowej IPPT PAN
dr. hab. inż. Zbigniewa Ranachowskiego, prof. IPPT PAN

I. Charakterystyka sylwetki naukowej oraz dorobku do czasu uzyskania stopnia doktora

Dr Dariusz Jarząbek uzyskał tytuł zawodowy magistra inżyniera na Wydziale Mechatroniki Politechniki Warszawskiej z zakresu „Mechanika i budowa maszyn” w roku 2010, a następnie tytuł licencjata na Uniwersytecie Warszawskim na kierunku: Fizyka, w specjalności „Fizyka doświadczalna” w roku 2011. Od dziesięciu lat pracuje w IPPT PAN w Warszawie, najpierw na stanowisku laboranta, a następnie asystenta i adiunkta. W latach 2010 – 2011, będąc doktorantem, przebywał na stażu badawczym w Instytucie Paula Scherrera w Szwajcarii.

Od początku swojej działalności naukowej, dr Dariusz Jarząbek zajmował się badaniami materiałów z wykorzystaniem metody mikroskopii sił atomowych. Z tego okresu za najbardziej wartościowe należy wskazać prace związane z charakterystyką właściwości mikromechanicznych wiązek nanorurek węglowych (Int. J. Mat.Res. 99(2008)883 oraz 100(209)973) oraz oddziaływania węgelnika nanotwardościomierza z powłokami (Int. J. Mat.Res. 100(2009)933, J. Vac. Sci & Tech. 2011(88)1902). Prace te nie zyskały większej poczytności (maks. 7 cytowań), ale jest to po części związane z tym, że czasopisma Springerera pomimo uznania w środowisku materiałoznawstwa mają stosunkowo ograniczony zasięg. Jako swoją pracę doktorską przedstawił opracowanie p.t. „Metody badania pęknięcia w skali nano- za pomocą mikroskopii sił atomowych i jej zastosowania” w roku 2014.

II. Ocena jednotematycznego cyklu publikacji zgłoszonego jako podstawa do nadania stopnia doktora habilitowanego

Dr Dariusz Jarzabek jako swoje osiągnięcie przedstawił osiem prac, które zaproponował powiązać wspólnym tytułem „Wpływ wytrzymałości połączenia metal-ceramika na własności mechaniczne materiałów kompozytowych o osnowie metalowej wzmacnianych fazą ceramiczną”. W zestawieniu tym, siedem prac opublikował w czasopismach z zakresu badań materiałów o zasięgu światowym (IF od 1.4 do 4.1), a jedną z nich jest rozdział o charakterze monografii w opracowaniu pt. „Ceramics Matrix Composites, Manufacturing and Engineering”(ed. J.P. Davim, wyd. De Gruyter, 2016). W dwóch przypadkach są to prace jednego autora, a we wszystkich pozostałych habilitant określa swój udział na powyżej 50% (opisywane eksperymenty powstawały głównie z udziałem M. Chmielewskiego (2), T. Wojciechowskiego (3), W. Dery (3) oraz C. Dziekońskiego (3), podczas gdy udział pozostałych współautorów ograniczył się do pojedynczych publikacji). Sumaryczny „impact factor” wynosi ~20, co dla prac posadowionych w dziedzinie materiałoznawstwa należy uznać za wynik dobry, tj. spełniający kryteria postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

Monotematyczny cykl publikacji, obejmuje zasadniczo dwie grupy zagadnień, tj. rozwijanie możliwości pomiaru własności mikromechanicznych materiałów z wykorzystaniem mikroskopii sił atomowych (AFM) opracowanego w ramach pracy doktorskiej oraz badania wytrzymałości granic rozdziału faz w kompozytach o osnowie metalicznej. W tym pierwszym przypadku autor starannie rozpoznał kwestie oceny wytrzymałości nanodrutów i nanokolumn, w tym na drodze modelowania, a następnie starał się przeprowadzić ich eksperymentalną weryfikację. Uzyskane wyniki z pewnością mają duże znaczenie dla badań materiałów kompozytowych (co niezależnie potwierdził ich druk w uznanych czasopismach z tego zakresu), aczkolwiek obciążone są dużym rozrzutem wyników. Ten ostatni fakt związany jest w dużej części z trudnościami w praktycznym wytwarzaniu nanodrutów z materiałów kompozytowych. Zastosowane przez habilitanta podejście oparte na trawieniu próbek o osnowie metalicznej z przypadkowo rozłożonymi cząstkami ceramiki, pozwoliło na uzyskanie struktur jedynie z grubsza przypominających pożądany kształt. Wydaje się, że dopiero rozwijane obecnie wysokowydajne metody trawienia jonowego wspomagane ablacją laserową szerzej otworzą możliwości weryfikacji opracowanego przez habilitanta podejścia. Próba obejścia problemów preparatyki nanodrutów jest przetrzucenie się na badanie ścinania nanokolumn trawionych jonami galu. Trawienie to rzeczywiście pozwala na precyzyjne wycinanie przeróżnych kształtów (w tym nanokolumn), ale po pierwsze wymagało zastosowania nowego podejścia do szacowania własności mikromechanicznych (co habilitant w dużym stopniu rozwiązał poprzez uwzględnienie poprawek braku osiowości przykładanego obciążenia), a po drugie jest podatne na

artefakty (co pozostało poza sferą zainteresowań habilitanta). Te ostatnie, a w tym powierzchniowa implantacja jonami galu oraz chwilowe lokalne nagrzewanie się materiału, są dopiero rozpoznawane i o ile nie mają większego znaczenia dla elementów w skali mikro, to jednak w skali nano być może powinny zostać uwzględnione.

Wypracowana przez habilitanta metodologia badawcza pozwoliła mu na podjęcie badań „Wpływu wytrzymałości połączenia metal-ceramika na własności mechaniczne materiałów kompozytowych o osnowie metalowej wzmocnianych fazą ceramiczną”. Zostały one zebrane w dwóch publikacjach w czasopiśmie o zasięgu światowym, tj. w samodzielnym opracowaniu w *Composite Structures* (IF~4.1), oraz zespołowej *Ceramics International* (IF/~3.1). Eksperymenty prowadzone na kompozytach Cu-SiC oraz Ni-SiC wskazały na ich bardzo niskie własności wytrzymałościowe, co autor wyjaśnił słabym wiązaniem ceramiki z osnową. Szczególnie cenne są symulacje przeprowadzone metodą elementów skończonych dla drugiego z tych przypadków. Jako rozwiązanie tego problemu dr Dariusz Jarzabek zaproponował wstępne pokrycie cząstek SiC warstwami innych materiałów takich, jak wolfram, tytan lub chrom; przy czym nie bardzo wiadomo dlaczego habilitant zdecydował się na ich określenie jako warstwy ochronne – ich funkcją w żadnym stopniu nie jest jakakolwiek ochrona cząstki, a jedynie posłużenie jako „przekładka” wykazująca dobre połączenie zarówno z cząstką SiC, jak też zastosowaną osnową metaliczną (w „Omówieniu celu naukowego” – str. 9). Najlepsze wyniki uzyskano właśnie w przypadku ostatniego z zastosowanych materiałów, tj. chromu, czego dowodziły uzyskane przełomy.

Wykorzystanie pomiarów wytrzymałości połączenia metal-cząstka ceramiczna do zamodelowania własności rzeczywistych kompozytów jest jednak drogą bardzo daleką, tak jak pokazały to wyniki eksperymentów nakierowanych na badanie wpływu udziału cząstek ceramicznych na własności mechaniczne (w „Omówieniu celu naukowego” – str. 13, Rys. 4). Wprowadzenie do osnowy metalicznej około 5% cząstek ceramiki (Al_2O_3) rzeczywiście umożliwiło uzyskanie wzrostu jej twardości rzędu 10%, ale dalszy wzrost ich udziału spowodował już obniżenie tego parametru i to poniżej wartości cechujących zastosowaną osnowę metaliczną. Habilitant stoi na stanowisku, że przyczyną niekorzystnych zmian własności mechanicznych tego kompozytu przy wyższych udziałach ceramiki jest wzrost porowatości, co ma prawdopodobnie miejsce. Jednocześnie można wskazać również inne przyczyny, wśród których najważniejszą jest prawdopodobnie niejednorodny rozkład cząstek w materiale, tj. tworzenie tzw. „koloni cząstek” ceramiki. Kompozyt taki może cechować wysoka gęstość, ale poddanie go obciążeniu spowoduje łatwą propagację pęknięć po granicach aglomeratów ceramicznych, a w rezultacie niską twardość. Podobnie, analiza wpływu wielkości cząstek na wytrzymałość połączenia metal-ceramika w kompozytach spiekanych z proszków jest zbyt jednostronna w „Omówieniu celu naukowego” – str. 14), gdyż już na początku habilitant stwierdza: „w przypadku mniejszych cząstek zaobserwowano

nieliczne pory”. Dowodzi to, że przy wyznaczaniu badanych relacji powinna być uwzględniona również porowatość (w rozumieniu częściowego braku kohezji między cząstkami ceramiki a osnową), czego jednak brak. Niezależnie od powyższych uwag, dysponowanie zaproponowaną przez habilitanta metodologią, traktowaną jako uzupełnienie głównych zasad projektowania kompozytów, powinno ułatwić dalsze projektowanie tych materiałów.

W podsumowaniu oceny „osiągnięcia naukowego” pragnę stwierdzić, że pomimo faktycznie dwuwątkowego charakteru zaproponowanego zbioru prac obejmujących zarówno opracowanie nowej metody do pomiaru wytrzymałości połączenia metal-ceramika w mikroskali jak też zastosowania międzywarstw metalicznych na wzrost wytrzymałości takich połączeń, oba te nurty są ze sobą blisko związane i mogą być uznane za tematycznie spójne osiągnięcie. Natomiast objęcie przez habilitanta swojego osiągnięcia wspólnym tytułem „Wpływ wytrzymałości połączenia metal-ceramika na własności materiałów kompozytowych o osnowie metalowej wzmocnionej fazą ceramiczną” uważam za całkowicie nietrafione, gdyż sam problem podnoszony był już w przeszłości wielokrotnie. Tytuł osiągnięcia naukowego powinien wskazywać na nowatorstwo dokonane przez habilitanta w danej dziedzinie, czego w obecnym podejściu niestety brak. Niezależnie od zastrzeżeń do stanowiska zajmowanego przez habilitanta w kwestii dominującego znaczenia wytrzymałości połączenia fazy wzmocniającej i osnowy na własności kompozytu oraz niezbyt szczęśliwego sformułowania tytułu swojego „osiągnięcia naukowego” pragnę stwierdzić, że zaproponowany zestaw prac oceniam jako wystarczająco spójny tematycznie oraz wnoszący ważny wkład w rozwój badań kompozytów.

III. Ocena pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Równoległe do głównego nurtu badań wytrzymałości mechanicznych połączeń cząstek ceramiki z metaliczną osnową dr Dariusz Jarząbek zajmował się pomiarami tarcia i zużycia powłok ochronnych, elektrodepozycją warstw nanokrystalicznych oraz mechaniką odkształceń plastycznych w monokryształach. Wyjście poza główny obszar badań ma szczególnie duże znaczenie w ukształtowaniu sylwetki naukowej habilitanta, w przypadku kiedy tematyka doktoratu jest kontynuowana jako jego główny nurt zainteresowań. Efektem tych prac jest jego współautorstwo w 9 publikacjach z listy JCR (lista A), przy czym przy trzech pozycjach występuje jako autor wiodący. Praca o najszerszym zasięgu opublikowana w czasopiśmie Nanotechnology (2014) jest jednak już tylko podsumowaniem wyników pracy doktorskiej oraz realizowanego w czasie jej trwania stażu w Szwajcarii (na co wskazuje zarówno tematyka, jak i lista współautorów).

Ważnym aspektem działalności habilitanta jest jego aktywność w konstruowaniu innowacyjnych urządzeń badawczych, czego wyrazem jest patent za „urządzenie do pomiaru właściwości lepko sprężystych materiałów w skali nano”, oraz autorstwo (1)/współautorstwo (3) w zgłoszeniach

patentowych. Obecnie, w ramach projektu „Lider” kierowany przez habilitanta zespół konstruuje unikalną nanozrywarę przeznaczoną do pomiarów adhezji w kompozytach oraz kalibrator siły bocznej do urządzeń AFM. Szczególnie to ostatnie urządzenie robi duże wrażenie, gdyż poprzez ścinanie nanowież umożliwia dokładną ocenę sił tarcia oraz podatności na zużycie danego materiału w skali nano. Oprócz projektu „Lider” habilitant kierował jeszcze trzema innymi projektami, również nakierowanymi na rozwój metodyki badawczej materiałów kompozytowych, a w tym: Preludium, Impuls i Sonata (ta ostatnia jeszcze trwa), co podkreśla jego dużą aktywność w działalności naukowej na tym polu.

Działalność dydaktyczna dr. Dariusza Jarzabka obejmuje zarówno prowadzenie wykładów z zakresu trybologii na Politechnice Warszawskiej (30 godz.), jak też prac inżynierskich (4) oraz magisterskich (1). Habilitant dwukrotnie podejmował się również zadania promotora pomocniczego w przewodach doktorskich prowadzonych w IPPT PAN oraz Politechnice Warszawskiej. Należy zaznaczyć, że o ile na uczelniach prowadzenie wykładów oraz opieka nad studentami nabiera często form rutynowych, to w instytutach, w tym PAN, działalność taka wymaga dodatkowej aktywności i uznania środowiska. Habilitant ma w swoim dorobku również szereg nagród i wyróżnień, przy czym pierwszą z nich uzyskał jeszcze w czasie studiów (Nagroda I stopnia Rektora PW z 2009 r.), a kolejne w latach 2012-2013 (trzykrotnie wyróżniony przez Fundację Nauki Polskiej) oraz 2016 – 2018 (nagrody I oraz II stopnia Dyrektora IPPT PAN). W ostatnim czasie działalność naukowa dr. Dariusza Jarzabka została doceniona również przez Komitet Mechaniki PAN (Nagroda Naukowa II stopnia w 2018 r.).

Powyższa aktywność naukowa i dydaktyczna habilitanta powoduje, że prezentuje się on jako bardzo dobry specjalista z zakresu badań własności mechanicznych materiałów kompozytowych, co tym samym oznacza, że moja ocena jego pozostałych osiągnięć naukowo badawczych jest również bardzo dobra.

IV. Podsumowanie

W podsumowaniu pragnę stwierdzić, że wyodrębniony przez habilitanta jednotematyczny cykl publikacji stanowi wartościowy wkład w badania materiałów, a opracowana przez niego procedura pomiaru wytrzymałości granic kompozyt/osnowa metaliczna jest ważnym osiągnięciem na polu pomiarów własności mechanicznych kompozytów. Pozostałe osiągnięcia naukowe, dydaktyczne i organizacyjne również oceniam bardzo dobrze. Mając na uwadze powyższe stwierdzam, że dr Dariusz Jarzabek spełnia wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie mechanika.

