Prof. dr hab. Danuta Stróż
Instytut Inżynierii Materiałowej
Uniwersytet Śląski w Katowicach

Katowice, 29 lipca 2023

Opinia wniosku o nadanie stopnia doktora habilitowanego
dr. inż. Andrzejowi Żakowi

Niniejsza opinia została sporządzona w oparciu o wymogi określone w art. 219 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 (Dz. U. z 2021 r. poz. 478). Dokumenty, na podstawie których sporządzono tę opinię to:

1. Autoreferat
2. Wykaz osiągnięć naukowych
3. Kopie publikacji stanowiących 2 cykle przedstawione jako osiągnięcia naukowe Kandydata
4. Oświadczenia współautorów publikacji
5. Dodatkowe dokumenty potwierdzające udział w projektach.

1. Informacje ogólne o Kandydacie do stopnia doktora habilitowanego

Dr inż. Andrzej Żak ukończył studia na Politechnice Wrocławskiej w 2014. Studiował na Wydziale Mechanicznym na kierunku Mechanika i Budowa Maszyn ze specjalnością Inżynieria Materiałów Konstrukcyjnych. Po ukończeniu studiów został zatrudniony na Wydziale Mechanicznym Politechniki Wrocławskiej, gdzie realizował pracę doktorską pt. *Nanoscale characterization and physicochemical properties of thermally modified Co-Ni-Ga magnetic shape memory alloy monocrystal* w dyscyplinie mechanika. Promotorem pracy był prof. dr hab. inż. Włodzimierz Dudziński. Praca została obroniona z wyróżnieniem w 2019 r. Po uzyskaniu stopnia doktora dr inż. Andrzej Żak zostaje zatrudniony na stanowisku adiunkta badawczo-dydaktycznego na Politechnice Wrocławskiej, Wydział Mechaniczny, ale jednocześnie zatrudnia się w Instytucie Immunologii i Terapii Doświadczalnej PAN we Wrocławiu. Tu zajmuje się uruchomieniem pracowni kriogenicznej mikroskopii elektronowej. W jednostce tej realizował również projekt NCN miniatura. Od kwietnia do lipca 2022 roku Kandydat przebywał na stażu w Massachusetts Institute of Technology w grupie prof. Francesa Ross.

Dr inż. Andrzej Żak do 2017 r reprezentował dyscyplinę naukową *inżynieria mechaniczna*, dopiero po stworzeniu na Politechnice Wrocławskiej grupy działającej naukowo w dyscyplinie *inżynieria materiałowa* w 2021 r. Kandydat również przypisał swoja aktywność zawodową do tej dyscypliny. Jego głównym zainteresowaniem naukowym jest badanie różnorodnych materiałów metodami mikroskopii elektronowej ze szczególnym uwzględnieniem badań typu *in situ*. Jest współautorem 50 publikacji, Jego indeks Hirscha wynosi 12, liczba cytowań (bez autocytowań) – 487 a sumaryczny Impact Faktor – 318,455.

2. Ocena osiągnięcia naukowego Habilitanta

Dr inż. Andrzej Żak przedstawia dwa osiągnięcia naukowe, o których mowa w art. 219 ust.1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, oba są w postaci cyklu tematycznie powiązanych ze sobą artykułów naukowych. Pierwsze osiągnięcie jest zbiorem 10 publikacji zatytułowanym przez Habilitanta *Wykorzystanie i rozwój technik transmisyjnej mikroskopii elektronowej in situ do obrazowania przemian i oddziaływań w ciele stałym i cieczach*". Drugie osiągnięcie to cykl 7 publikacji zatytułowany *Mikrostrukturalna charakteryzacja materiałów budowlanych z użyciem technik skaningowej mikroskopii elektronowej i analizy obrazu.*

W pierwszym osiągnięciu przedstawione zostało 10 (A1-A10) artykułów, z których prawie każdy dotyczył innego materiału od stali stopowych poprzez stopy z magnetyczną pamięcią kształtu Co-Ni-Ga do nanocząstek złota oraz bakterii gronkowca złocistego. Jeden z artykułów (A9) był monoautorską pracą przeglądową, a ostatni (A10) krótką notatką będącą komentarzem do publikacji innych autorów. Jedyne co łączy te materiały to fakt, że badane były metodą transmisyjnej mikroskopii elektronowej przy wykorzystaniu jednej z metod badań in-situ. Rozumiem więc, że osiągnięcie to ma charakter metodyczny, o tym świadczy także tytuł nadany temu cyklowi artykułów. Habilitant zajmuje się trzema rodzajami badań in situ. Pierwszy z nich to obserwacje próbki podczas wygrzewania w mikroskopie. W tym celu Habilitant zmodyfikował uchwyt grzewczy mikroskopu Hitachi o układ cyfrowy pozwalający na precyzyjną rejestrację temperatury. Zastosował tę metodę do badań procesów wydzielania faz bogatych w Cu w stalach zawierających chrom, nikiel i molibden i dodatkowo wzbogaconych w miedź (A6). Modele zakładają sekwencję tworzenia się i przemiany faz bogatych w miedź od nanometrycznych koherentnych z osnową wydzieleń strukturze regularnej przestrzennie centrowanej, które następnie ulegają przemianie w fazę typu 9R układu rombowego a następnie poprzez wydzielenia typu 3R aby ostatecznie osiągnąć formę wydzieleń o strukturze regularnej ściennie centrowanej. W przytaczanej w autoreferacie pracy nie udało się potwierdzić obecności wydzieleń typu 9R podczas ogrzewania próbki in situ w mikroskopie. Co więcej Habilitant błędnie pisze o strukturze wydzieleń miedzi jako typu B2. Struktury typu B są z definicji

dwuskładnikowe, a więc nie może to być struktura czystej miedzi. Co prawda w samej publikacji jest wspomniane, że są to wydzielenia fazy zawierającej żelazo i miedź, ale takie sformułowanie w autoreferacie budzi moje zastrzeżenia, co do znajomości Autora zagadnień związanych ze strukturą metali i ich stopów. Ponadto, obserwacje mikroskopowe in situ krystalizacji i przemian fazowych zachodzących w materiałach podczas ich wygrzewania są znane, często prowadzone w reżimie wysokorozdzielczym, publikowane w bardzo wysoko punktowanych czasopismach, stąd nie widzę nowości w tym obszarze prezentowanego przez Habilitanta osiągnięcia.

Kolejnym rodzajem badań in situ w TEM przedstawianym w tym osiągnięciu jest chłodzenie materiału. Habilitant zastosował tę technikę do badań przemian zachodzących podczas chłodzenia magnetycznych stopów z pamięcią kształtu CoNiGa (prace A1 i A2). W pierwszej z prac Autor badał zmiany struktury domen magnetycznych podczas przemiany strukturalnej z austenitu B2 do martenzytu $L1_0$. Stwierdzono, że badany monokryształ w całym zakresie analizowanych temperatur tj. od 173 do 297K nie zmienia zasadniczo swojej struktury domenowej. Z kolei w pracy A2 badano samą przemianę martenzytyczną i stwierdzono, że nie zachodzi ona w jednakowych temperaturach w całej objętości badanego materiału. Ponieważ sama zajmowałam się stopami z pamięcią kształtu, wiele lat temu również podjęłam tematykę badań in situ podczas chłodzenia przemiany martenzytycznej zachodzącej w tych stopach. Stwierdziłam wówczas, że zasadniczą trudnością tej metody jest ustabilizowanie temperatury na określonym poziomie i utrzymanie tej temperatury na okres przeprowadzenia i zarejestrowania obserwacji struktury. Uchwyty do chłodzenia próbek w mikroskopie są skonstruowane w ten sposób, że chłodzenie odbywa się poprzez wlewanie do nich ciekłego azotu. Chłodzenie jest więc gwałtowne i można stosunkowo szybko osiągnąć na próbce temperaturę bliską 77 K (tj. temperaturę ciekłego azotu). Kontrolę prędkości chłodzenia można osiągnąć przez specjalne urządzenie, które steruje instrumentem grzewczym uchwytu i podażą ciekłego azotu tak ,aby osiągnąć określoną prędkość obniżania temperatury a także mieć możliwość jej ustabilizowania na konkretnej wartości. Dzięki takiemu urządzeniu udało mi się stwierdzić, że również w klasycznych stopach z pamięcią kształtu przemiana może zachodzić wielostopniowo, jeśli struktura dyslokacyjna tych stopów nie jest jednorodna. Habilitant nie wspomina w swoich badaniach o problemach związanych z tym rodzajem badań, być może nie było to Jego problemem. Tym niemniej również tej części osiągnięcia nie mogę uznać za oryginalną i wnoszącą wkład w dyscyplinę inżynierii materiałowej.

Natomiast za faktyczne osiągnięcie naukowe habilitanta uważam trzecią technikę badań in situ przestawioną w autoreferacie a mianowicie wykorzystanie TEM do badań zmian w materiale pod wpływem światła. W pracach A3, A4, A5, A7, A8 i A9 Habilitant zawiera elementy, które doprowadziły do tego osiągnięcia a mianowicie posiada umiejętność enkapsulacji mikroorganizmów

wraz z cieczą na potrzeby badań TEM, buduje urządzenie na bazie wagi kwarcowej pozwalające na precyzyjny pomiar grubości płytek fazowych, służących do generowania kontrastu fazowego na próbkach biologicznych, wytwarza urządzenie do oświetlania preparatu w TEM, które pozwoliło na zobrazowanie procesów oddziaływania fotouczulacza na bakterie. Habilitant wykorzystuje tę konstrukcję do obrazowania efektów terapii fotodynamicznej a także charakterystyki oddziaływań między wiązką elektronów a próbką. Są to rzeczywiście badania nowatorskie i jako takie stanowią istotny wkład do dyscypliny inżynieria materiałowa.

Jako drugie osiągnięcie naukowe habilitant przedstawia monotematyczny cykl publikacji zatytułowany: *Mikrostrukturalna charakteryzacja materiałów budowlanych z użyciem technik skaningowej mikroskopii elektronowej i analizy obrazu"*. Prace te miały na celu określenie zmian zachodzących w strukturze materiału budowlanego jakim jest cement w wyniku dodania materiałów odpadowych takich jak mączki wapiennej (prace B1, B2, B3), powłok epoksydowych (praca B4) czy torkretu (praca B5). Zastosowanie materiałów odpadowych w produkcji cementów ma walory związane z ochroną środowiska, może jednak powodować spadek właściwości wytrzymałościowych cementu związanego np. ze wzrostem porowatości tak modyfikowanego cementu. Stąd prace mające na celu określenie struktury takiego modyfikowanego materiału mają istotne znaczenie dla jego zastosowań. Główną metodą badawczą zastosowaną w pracach była skaningowa mikroskopia elektronowa. Habilitant wskazuje również na metodyczne aspekty osiągnięcia jakim metoda rozpoznawania elementów mikrostruktury kompozytu epoksydowo-cementowego (praca B6) czy nowa metoda detekcji porowatości kompozytów cementowych na obrazach BSE w sposób niezależny od operatora (praca B7). Podsumowując uważam, że to osiągnięcie Habilitanta jest znaczące w rozwoju dyscypliny inżynieria materiałowa z uwagi na jego aplikacyjny charakter.

Oprócz powyżej omówionych osiągnięć dr inż. Andrzej Żak wykazuje się znaczącym dorobkiem naukowych. Jak już wspomniałam, jest współautorem 50 publikacji w czasopismach mających współczynnik Impact Factor, z czego 10 opublikował przed uzyskaniem stopnia doktora. Trochę zdziwienie budzi fakt, że są to prace z bardzo różnych obszarów wiedzy z zakresu inżynierii materiałowej a mianowicie część publikacji dotyczy stopów różnych metali, inna – charakterystyki cienkich warstw, jeszcze inna różnorakich nanomateriałów, polimerów, wreszcie są publikacje dotyczące białek, peptydów i innych materiałów biologicznych. Jeśli dodać jeszcze materiały cementowe opisane w II osiągnięciu, to nasuwa się pytanie w jakim charakterze Habilitant uczestniczył w powstawaniu tych artykułów i czy jest i jaka jest własna tematyka badawcza dra inż. Andrzeja Żaka.

Ponadto, Habilitant brał udział w 8 konferencjach, na których prezentował wyniki swoich prac. Był kierownikiem projektu NCN, Miniatura oraz wykonawcą w 4 projektach (w tym 2 przed uzyskaniem stopnia doktora). Obecnie jest opiekunem naukowym projektu NCN Preludium.

Po uzyskaniu stopnia doktora Habilitant odbył 3-miesięczny staż w ramach *Exchange Program to the United States* Fundacji Kościuszkowskiej, staż był realizowany w Massachusetts Institute of Technology, USA. W trakcie stażu zapoznał się z technikami badań in situ w TEM, obrazowania preparatów ciekłych w TEM i innymi zagadnieniami związanymi z transmisyjną mikroskopią elektronową. Jak staż Habilitant traktuje także swoją pracę w Instytucie Immunologii i Terapii Doświadczalnej PAN we Wrocławiu, gdzie spędził łącznie 19 miesięcy. To w tym okresie zajmuje się obrazowaniem struktur pochodzenia biologicznego.

Ponadto, Habilitant jest autorem 47 recenzji, edytorem wydania specjalnego w czasopiśmie Materials a także był zaangażowany w powstanie kilkudziesięciu opracowań badawczych na zamówienie instytucji zewnętrznych.

Jako pracownik badawczo-dydaktyczny w uczelni Habilitant prowadzi również zajęcia dydaktyczne, Oprócz zajęć laboratoryjnych prowadził również autorskie wykłady w tym wykłady w języku angielskim. Był promotorem 15 prac inżynierskich bądź magisterskich, promotorem pomocniczym w 20 pracach magisterskich i inżynierskich przed uzyskanie stopnia doktora. Jest również aktywny w obszarze popularyzacji nauki.

Podsumowując stwierdzam, że dr inż. Andrzej Żak wykazuje dużą aktywność zarówno na polu działalności naukowej, jak i dydaktycznej oraz organizacyjnej. Legitymuje się dużym dorobkiem naukowym oraz wysokimi wskaźnikami naukometrycznymi. W mojej opinii Jego osiągnięcia naukowe spełniają warunki zapisane w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, a mianowicie wnoszą znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria materiałowa. Pewne niewielkie wątpliwości, które nasunęły mi się w trakcie czytania materiałów dostarczonych do recenzji chciałabym wyjaśnić w bezpośredniej rozmowie z Habilitantem, stąd sugeruję zaproszenie Go na posiedzenie Komisji Habilitacyjnej. Na ten moment, **biorąc pod uwagę zarówno oceniane osiągnięcia naukowe, jak i pozostały znaczący dorobek naukowy Habilitanta, jego działalność dydaktyczną i organizacyjną wnioskuję o nadanie Panu dr. inż. Andrzejowi Żak stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa.**

Danuta Król