

Recenzja osiągnięcia naukowego oraz ocena dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego dr. inż. Jerzego Antonowicza w związku z postępowaniem o nadanie mu stopnia doktora habilitowanego

1. Uwagi ogólne

Dr inż. Jerzy Antonowicz urodził się 2 czerwca 1976 r. W 2001 r. ukończył studia na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej, uzyskując stopień magistra inżyniera nauk w zakresie fizyki technicznej. W 2006 r. uzyskał stopień doktora nauk fizycznych w zakresie fizyki na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej. Promotorem pracy doktorskiej pt. „Mechanizmy i kinetyka nanokrystalizacji w amorficznych stopach aluminium” był prof. dr hab. Rajmund Bacewicz z Wydziału Fizyki PW. W latach 2002-2003 Habilitant był pracownikiem naukowym w Institut Polytechnique de Grenoble (Francja). Od 2006 r. jest zatrudniony na Wydziale Fizyki PW na stanowisku adiunkta.

2. Ocena osiągnięcia naukowego

Dr inż. Jerzy Antonowicz jako osiągnięcie naukowe pt. „Struktura atomowa i właściwości wybranych szkieł metalicznych - badania z wykorzystaniem promieniowania synchrotronowego” przedstawił cykl 7 ([JA1] – [JA7]) powiązanych tematycznie artykułów naukowych. Prace zostały opublikowane w latach 2009-2016 w międzynarodowych czasopiśmie recenzowanych indeksowanych w bazie JCR (Journal Citation Reports): 3 w Journal of Alloys and Compounds (prace [JA1] - [JA3]), 1 w Philosophical Magazine – (praca [JA4]), 1 w Journal of Applied Physics – (praca [JA5]), 1 w Materials Express – (praca [JA6]) i 1 w Physical Review B – (praca [JA7]). Są to publikacje współautorskie, jak to zwykle bywa w przypadku badań wymagających korzystania z zaawansowanych technik pomiarowych, dostępnych wyłącznie w wyspecjalizowanych ośrodkach badawczych, w tym przypadku w ośrodkach synchrotronowych w Grenoble (ESRF) i w Hamburgu (HASYLAB). Na wiodącą lub co najmniej bardzo ważną rolę Habilitanta w publikacjach stanowiących osiągnięcie naukowe wskazuje fakt, że w 5 z 7 artykułów jest on pierwszym autorem. Ponadto wynika to wprost z oświadczeń Habilitanta oraz pozostałych współautorów zgłoszonych prac. Dr. inż.

Antonowicz określa swój udział procentowy udział w tych pracach od 40% (prace [JA2, JA6] do 65% [JA3, JA7]), przy czym swój udział w napisaniu i zredagowaniu tych publikacji ocenia na 90% (załącznik 5). Przykładowo, odnosząc się do swojej roli w pracy [JA7] Habilitant stwierdza: „*Byłem pomysłodawcą koncepcji opisanych w pracy badań, a także głównym wnioskodawcą projektu badawczego realizowanego w laboratorium synchrotronowym ESRF, Mój wkład do publikacji polegał na współudziale w zaplanowaniu i wykonaniu eksperymentu oraz współudziale w interpretacji wyników i analizie danych doświadczalnych. Jestem autorem 90% tekstu publikacji. Mój udział procentowy w pracy szacuję na 65%*” (Załącznik nr 5, punkt 1). To stwierdzenie jest spójne z oświadczeniami innych współautorów, którzy swój udział określają podobnie jak prof. Evangelakis: „*...Regarding publication 1 and publication 2 my contribution was provision of molecular dynamics simulations. Regarding publications 3 and 4 my contribution was discussion and interpretation of results*” (Załącznik 4, str. 21).

Motywy przewodnim osiągnięcia naukowego (cyklu publikacji) dr. inż. J. Antonowicza było zbadanie struktury szkieł metalicznych. Istnieje kilka ważnych klas szkieł metalicznych: *cienkowarstwowe* (otrzymywane metodą *melt-spinning*, zwykle w postaci taśm), *objętościowe* (bądź *masywne* lub *BMG* - Bulk Metallic Glasses) oraz tzw. *cienkowarstwowe szkła CAMG* (Cluster-Assembled Metallic Glasses). Prace Habilitanta obejmowały badania struktury tych wszystkich klas szkieł.

Ze względu na brak uporządkowania dalekiego zasięgu w szklach, typowe informacje strukturalne ograniczają się do wyznaczenia uśrednionej struktury lokalnej opisywanej zwykle przez funkcję rozkładu radialnego RDF (*Radial Distribution Function*) lub funkcje par (PDF – *Pair Distribution Function*). Do eksperymentalnego wyznaczenia funkcji RDF stosuje się metody dyfrakcyjne (dyfraktometria rentgenowska lub neutronowa) lub metody absorpcyjne promieniowania rentgenowskiego (XAS – *X-ray absorption spectroscopy*). Te ostatnie metody wymagają użycia promieniowania synchrotronowego.

Dr inż. J. Antonowicz w swoich badaniach użył zarówno metod dyfrakcyjnych (przeprowadzonych z użyciem promieniowania synchrotronowego), jak i absorpcyjnych. Ponadto analizę wyników badań doświadczalnych wzbogacił o zaawansowane modelowanie numeryczne struktur lokalnych. Symulacje komputerowe skonfrontowane z informacjami uzyskanymi z badań dyfrakcyjnych i absorpcyjnych pozwoliły na przedstawienie spójnego i dobrze udokumentowanego obrazu struktury klastrów, będących podstawowymi „cegielkami” badanych szkieł metalicznych. Ponadto, w pracy [JA7], przeprowadził pionierskie, ważne z

poznawczego punktu widzenia, badania szkieł metalicznych w warunkach wysokiego ciśnienia, które ma istotny wpływ na strukturę lokalną klastrów.

Spośród najważniejszych oryginalnych wyników badań Habilitanta na wyróżnienie zasługują:

- wykazanie, w pracy [JA1], przy wykorzystaniu metod XAFS, że cienkowarstwowe szkła z grupy Al-RE-TM (RE = Y, Sm; TM = Co, Ni) są zbudowane z klastrów, w których środku są atomy RE, a na zewnątrz atomy Al. Wyznaczono liczby koordynacyjne atomów typu RE i TM oraz określono charakter wiązań występujących w tych szklach. Stwierdzono, że taka budowa klastra może być przyczyną obserwowanej poprawy zdolności szkłotwórczych szkieł metalicznych wskutek dodawania atomów metali przejściowych,
- zaobserwowanie (praca [JA2]), że obliczona na podstawie pomiarów dyfrakcji rentgenowskiej (z użyciem promieniowania synchrotronowego) funkcja PDF dla objętościowych szkieł metalicznych z układów Zr-Cu-Al i Zr-Ni-Al, wyraźnie zależy od zawartości Al, ale przede wszystkim od tego, czy stop zawiera Cu czy Ni. W związku z tym, że struktura szkieł objętościowych jest wciąż słabo poznana, jest to ważny wynik,
- wykazanie, metodami EXAFS (praca [JA3]), że w lokalnej amorficznej strukturze (masywnych) stopów Zr-Cu i Zr-Cu-Al dominuje uporządkowanie ikosaedryczne, w którym dwudziestościany foremne otaczają atomy Cu. Taki porządek lokalny (zawierający 5-krotną oś symetrii, uniemożliwiającą uporządkowanie dalekiego zasięgu) może być przyczyną stosunkowo dobrych, jak na szkła metaliczne, właściwości szkłotwórczych stopów Zr-Cu i Zr-Cu-Al. Chciałbym podkreślić staranność i komplementarność przeprowadzonych pomiarów EXAFS, w których badano widma absorpcyjne dla krawędzi absorpcji zarówno Zr (krawędź Zr-K), jak i Cu (Cu-K),
- skonfrontowanie (w pracy [JA4]) informacji o strukturze amorficznych stopów Zr-Cu, uzyskanej z badań absorpcji promieni rentgenowskich (EXAFS i XANES) z symulacjami numerycznymi. Symulacje dotyczące struktur amorficznych są wyjątkowo wymagające, jeśli chodzi o moce obliczeniowe i trudne w interpretacji. W pracy [JA4] udało się „stworzyć” i modelować struktury klastrów (zawierających ikosaedry wokół atomów Cu), dla których obliczona funkcja PDF doskonale pokrywała się z funkcją PDF wyznaczoną z eksperymentu,

- wykazanie (w pracy [JA5]) ścisłego związku struktury elektronowej, w tym funkcji gęstości stanów elektronowych (DOS – *density of states*) ze strukturą lokalną szkieł układu Zr-Cu. W części doświadczalnej przeprowadzono pomiary absorpcji promieni rentgenowskich (XAFS, w tym EXAFS i XANES), oraz pomiary przewodności elektrycznej, siły termoelektrycznej i badania kalorymetryczne. Część doświadczalną uzupełniono o zaawansowane obliczenia modelowe. Wszystkie uzyskane dane doświadczalne wraz z wynikami symulacji numerycznych pozwoliły stwierdzić, że przewodność elektronowa tych szkieł wiąże się z ruchem elektronów między stanami zlokalizowanymi. Jest ponadto ściśle związana z lokalnym uporządkowaniem ikosaedrycznym w tych szklach,
- w pracy [JA6] wykazano pewne podobieństwa struktury lokalnej między objętościowymi szklami układu Zr-Cu a cienkimi warstwami klastrów układu Zr-Cu nakładanymi na odpowiednie podłoża metodą ablacji laserowej (warstwy CAMG). Badania strukturalne przeprowadzono metodami dyfrakcji rentgenowskiej (wykorzystując promieniowanie synchrotronowe). Oprócz pewnych podobieństw między szklami BMG i CAMG stwierdzono także wyraźne różnice, między innymi w procesach krystalizacji. Wszystkie te wyniki są bardzo cenne, gdyż „szkła” typu CAMG są jeszcze bardzo słabo zbadane,
- ważnym osiągnięciem pracy [JA7] jest kompleksowe zbadanie struktury lokalnej szkieł Zr-Cu w funkcji wysokiego ciśnienia izostaticznego (do 38 GPa!). Starannie zaplanowany, pionierski i trudny eksperyment, obejmujący badanie absorpcji i dyfrakcji promieni rentgenowskich (odpowiednio XAFS i XRD) szkieł Zr-Cu w warunkach wysokiego ciśnienia miał przyczynić się do wyjaśnienia przyczyny znanej właściwości szkieł metalicznych (typu BMG) – bardzo wysokiej granicy odkształcenia sprężystego, sięgającej aż 2%. Przeprowadzone badania wykazały istotny wpływ ciśnienia na parametry klastrów składających się na szkło.

Podsumowując ocenę osiągnięcia naukowego chciałbym podkreślić:

- a) uniwersalność przedmiotu badań (wszystkie typy szkieł metalicznych),
- b) dobór (zaawansowanych) metod badawczych i staranność wykonania eksperymentów,
- c) uzupełnienie eksperymentu o symulacje numeryczne,
- d) wszechstronną analizę wyników eksperymentu w zestawieniu z rezultatami symulacji.

Z przekonaniem stwierdzam więc, że przedstawione wyniki systematycznych badań prowadzonych przez dr. inż. J. Antonowicza poszerzają znacznie naszą wiedzę o

właściwościach fizycznych, głównie strukturalnych, całej gamy szkieł metalicznych i wnoszą istotny wkład w rozwój fizyki ciała stałego. Nie ulega wątpliwości, że przedstawione osiągnięcie naukowe stanowi znaczący i oryginalny dorobek naukowy Habilitanta.

3. Dorobek naukowy, dydaktyczny i organizacyjny

Dr inż. J. Antonowicz ma bogaty dorobek naukowy, organizacyjny i dydaktyczny.

W trakcie swojej pracy na Wydziale Fizyki PW wykazywał dużą aktywność naukową. Jest współautorem (lub autorem) 35 artykułów naukowych w recenzowanych czasopismach naukowych z bazy JCR, 1 rozdziału monografii i 1 publikacji w czasopiśmie spoza listy JCR (załącznik 2). Siedem spośród tych artykułów ukazało się przed doktoratem, a 28 po doktoracie, co dokumentuje dużą aktywność naukową Habilitanta po uzyskaniu stopnia doktora. Artykuły te były cytowane 313 razy (267 bez autocytowań). Aktualny indeks Hirscha dorobku publikacyjnego Habilitanta wynosi $h=11$ (Web of Science, marzec 2017). Parametry przyzwoite, jak na ten etap rozwoju kariery naukowej.

Habilitant ma na koncie także 24 prezentacje konferencyjne. Z załączonych materiałów wynika, że wygłosił 7 wykładów zaproszonych na wielkich konferencjach naukowych, m.in. w Paryżu, Grenoble, Pekinie, Kuala Lumpur czy też Rio de Janeiro.

Dr inż. J. Antonowicz był i jest aktywny w przygotowywaniu i realizacji projektów badań naukowych zarówno w Polsce jak i na forum międzynarodowym. Świadczy o tym lista 15 projektów (głównie międzynarodowych), których był kierownikiem, głównym wnioskodawcą, wnioskodawcą lub współwnioskodawcą (załącznik 2). Jest rozpoznawalny i ceniony w środowisku krajowym i międzynarodowym zajmującym się badaniami strukturalnymi szkieł metalicznych z użyciem promieniowania synchrotronowego. Wśród instytucji, z którymi współpracuje można wymienić ośrodki zagraniczne, m.in.: Institut Polytechnique de Grenoble, European Synchrotron Radiation Facility (ESRF, Grenoble, Francja), Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY, Hamburg, Niemcy), Tohoku University (Sendai, Japonia) oraz krajowe: Wydział Chemiczny i Wydział Inżynierii Materiałowej PW (Załącznik 5).

O solidnej pozycji naukowej dr. inż. J. Antonowicza świadczy również fakt, że ma na swoim koncie recenzje artykułów, m.in. w tak prestiżowych czasopismach naukowych jak: Nature Communications, Physical Review Letters czy Physical Review B (Załącznik 2). Także jego

wybór do międzynarodowych komitetów ekspertów oceniających wnioski o realizację projektów badawczych w ESRF potwierdza wysoką ocenę jego działalności naukowej.

Za swoją działalność naukową dr inż. J. Antonowicz został nagrodzony Nagrodami JM Rektora PW (2 nagrody indywidualne i 1 zespołowa).

Na osiągnięcia o charakterze dydaktycznym dr. inż. J. Antonowicza składają się m.in.: opracowanie programów i prowadzenie dwóch wykładów specjalistycznych na Wydziale Fizyki PW oraz opieka nad popularyzatorskimi inicjatywami studentów tego wydziału. Za działalność dydaktyczną Habilitant został w 2016 r. odznaczony Medalem Komisji Edukacji Narodowej.

Na działalność organizacyjną Habilitanta składa się m.in. pełnienie (od 2012 r.) funkcji prodziekana ds. studenckich oraz kierowanie Pracownią Analizy Termicznej na Wydziale Fizyki PW.

Podsumowanie

Nie mam żadnych wątpliwości, że zarówno udokumentowane osiągnięcia naukowe jak i aktywność naukowa, dydaktyczna i organizacyjna dr. inż. Jerzego Antonowicza dowodzą, że jest On w pełni ukształtowanym, dojrzałym, twórczym i samodzielny pracownikiem naukowym. Przedstawione do recenzji osiągnięcie naukowe zaprezentowane w cyklu siedmiu współautorskich publikacji powiązanych tematycznie pt. „Struktura atomowa i właściwości wybranych szkieł metalicznych - badania z wykorzystaniem promieniowania synchrotronowego” jest dobrze udokumentowane, opublikowane w uznanych czasopiśmie międzynarodowych. Habilitant ma już ugruntowaną pozycję w międzynarodowym środowisku naukowym, na co wskazują parametry powszechnie wykorzystywane do oceny pracy naukowej.

Biorąc pod uwagę przedstawione osiągnięcie naukowe oraz dotychczasowy dorobek Habilitanta uważam, że spełnione są z nadwyżką ustawowe warunki wymagane do uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego. Dlatego z całym przekonaniem wnoszę o dopuszczenie dr. inż. Jerzego Antonowicza do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

