



dr hab. inż. Łukasz Kurpaska, prof. NCBJ
NOMATEN – Międzynarodowa Agenda Badawcza
Narodowe Centrum Badań Jądrowych
ul. Andrzeja Sołtana 7, 05-400 Otwock-Świerk

Warszawa 06.04.2024

Recenzja dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego oraz osiągnięcia habilitacyjnego
dr inż. Mirosława Jakuba Kruszewskiego, z tytułem doktora:
„Synteza i właściwości materiałów termoelektrycznych na bazie CoSb₃ do zastosowań w modułach termoelektrycznych”.

1. Podstawa wykonania recenzji

Podstawą do wykonania recenzji osiągnięcia naukowego wraz z oceną aktywności naukowej dr inż. Mirosława Jakuba Kruszewskiego jest pismo Pani prof. dr hab. inż. Małgorzaty Lewandowskiej, Przewodniczącej Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Warszawskiej z dnia 07.01.2026.

Przedstawiona przeze mnie recenzja oparta jest o dokumenty przygotowane przez Habilitanta:

- dane wnioskodawcy - dr inż. Mirosław Jakub Kruszewski;
- kopia dokumentu potwierdzającego uzyskanie stopnia doktora;
- autoreferat;
- wykaz osiągnięć naukowych, stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria materiałowa;
- kopie publikacji stanowiących podstawę postępowania habilitacyjnego;
- oświadczenia współautorów;
- wnioski o wszczęcie postępowania.

Stwierdzam, że dokumenty te spełniają wymogi formalne zgodnie z Art. 219 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dziennik Ustaw 2018 poz. 1668).

2. Charakterystyka ogólna Habilitanta

Pan Mirosław Kruszewski uzyskał dyplom doktora na Wydziale Inżynierii Materiałowej, Politechniki Warszawskiej w Warszawie w roku 2015 w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie Inżynieria Materiałowa, w oparciu o pracę pt. „*Kształtowanie mikrostruktury i właściwości cieplnych spieków kompozytowych miedź-diament*”. Promotorem pracy doktorskiej był prof. dr hab. inż. Krzysztof J. Kurzydłowski a promotorem pomocniczym dr inż. Łukasz Ciupiński. Zdobyć tytułu doktora poprzedzone było uzyskaniem tytułu magistra inżyniera również na Wydziale Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej, tytuł pracy: „*Opracowanie warunków łączenia kompozytu węglowego z miedzią metodą spiekania impulsowo-plazmowego pod kątem zastosowania w reaktorze fuzyjnym*”.

Po obronie pracy doktorskiej, dr inż. Kruszewski naprzemiennie pracował w Uczelnianym Centrum Badawczym „Materiały Funkcjonalne” i na Wydziale Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej, rozpoczynając swoją karierę naukową od stanowiska technologa i później starszego technologa. Aktualnie jest on zatrudniony na stanowisku specjalisty naukowo-technicznego i adiunkta badawczego na Wydziale Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej. Jasno więc widać, że praktycznie cała kariera zawodowa habilitanta związana jest z Wydziałem Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej.

Działalność i dorobek naukowy Habilitanta

Główne zainteresowania naukowe dr inż. Kruszewskiego koncentrują się wokół łączenia badań podstawowych związanych z określaniem właściwości fizykochemicznych nowych funkcjonalnych materiałów termoelektrycznych z badaniami wdrożeniowymi (testowanie materiałów w realnych warunkach pracy, budowa demonstratorów technologii, komercyjne wytwarzanie materiałów termoelektrycznych wykorzystując dostępne - i tanie - surowce, lub testowanie sposobu ich łączenia). Prowadzi to, co warto zauważyć, jest w dalszym ciągu rzadko spotykane w środowisku akademickim, do skutecznego podnoszenia poziomu technologicznej gotowości (TRL) badanego układu poprzez stosowanie wiedzy praktycznej i teoretycznej popartej badaniami podstawowymi. Głównym czynnikiem do rozpoczęcia pracy naukowej w tym obszarze był postępujący w Polsce (i na świecie) kryzys energetyczny. Dr Kruszewski trafnie zauważył, że jedną z metod wykorzystania utraconej energii cieplnej jest jej zamiana na energię elektryczną za pomocą modułów termoelektrycznych.

W swojej pracy naukowej, dr Kruszewski skupia się na badaniu właściwości modułów termoelektrycznych celem poprawy ich sprawności. Właściwość ta zależy nie tylko od gradientu temperatury, ale przede wszystkim od właściwości materiałów n- i p-typu definiowanych przez współczynnik ZT. Z tego powodu, poprawa właściwości transportowych poprzez optymalizację metod wytwarzania tego typu materiałów o wysokim ZT jest kluczowa dla rozwoju tej technologii.

W aspekcie wkładu dr inż. M. Kruszewskiego na rozwój dyscypliny można podsumować, że przedstawiony do oceny cykl publikacji z całą pewnością wnosi nową wiedzę do inżynierii materiałowej. Do najważniejszych jego osiągnięć można zaliczyć zastosowanie szybkiej syntezy typu *Self-propagating High Temperature Synthesis (SHS)* i konsolidacji *Pulse Plasma Sintering (PPS)*. Połączenie tych dwóch technik tworzy nową efektywną ścieżkę technologiczną, dzięki której można skutecznie i w sposób wysoce powtarzalny wytwarzać materiały termoelektryczne, jednocześnie optymalizując czas niezbędny do procesu produkcji badanych materiałów. Ponadto, badania prowadzone przez dr Kruszewskiego pozwoliły na rozwinięcie metody mapowania lokalnych właściwości termoelektrycznych. Do tego celu dr Kruszewski z sukcesem zastosował skaningową sondę STM, co pozwoliło określić właściwości materiałów w skali mikrometrycznej. Badania te przyczyniły się do udowodnienia tezy, że kontrola rozkładu współczynnika Seebecka jest równie istotna jak wartości średnie mierzone dla całej badanej próbki.

W tym aspekcie należy dodać, że do jednych z najważniejszych osiągnięć Habilitanta należy opracowanie autorskiej metody wytwarzania materiałów termoelektrycznych z użyciem plazmy impulsowej w cieczy PPL (*Pulsed Plasma in Liquid*). Ponadto opracował on nowatorskie metody wytwarzania nanoproszków metali i nanomateriałów termoelektrycznych w postaci nanokrystalicznej oraz tak ukierunkował badania naukowe, aby ocenić wpływ metody wytwarzania na właściwości termoelektryczne. Warto zauważyć, że złącza metaliczne elektroda – materiał termoelektryczny wytworzono, wykorzystując metodę SPS (*Spark Plasma Sintering*). Metoda ta została specjalnie zmodyfikowana, aby osiągnąć założony materiał, a parametry użytkowe określone zostały przy pomocy własnoręcznie skonstruowanej mikrosondy termoelektrycznej służącej do określania rezystancji złączy oraz współczynnika Seebecka. Prowadzone przez dr Kruszewskiego badania doprowadziły do wytworzenia dwóch patentów oraz zgłoszenia do Urzędu Patentowego kolejnych czterech wniosków patentowych. Działania te związane są z trwałością nowo opracowanych interfejsów na bazie kobaltu, tj., Co-W, Co-Ni-W, Co-Cr czy Co-Ni-Cr. Zwieńczeniem wysiłków dr Kruszewskiego jest wytworzenie prototypu modułu termoelektrycznego, z segmentowych złączy na bazie zoptymalizowanych skutterudytów. Opracowane przez dr Kruszewskiego materiały charakteryzują się stabilnością strukturalną, chemiczną i elektryczną nawet po 168h wyżarzania w 773 K.

Z tego powodu, jak napisano wcześniej, przedmiotowy dorobek naukowy oceniany w kontekście wpływu na Dziedzinę Inżynieria Materiałowa nie pozostawia wątpliwości: dr inż. Kruszewski wniósł znaczący wkład w rozwój badanych materiałów. Ponadto, zaproponowanie kontrolowanej modyfikacji składu chemicznego i optymalizacja procesu wytwarzania materiałów świadczą o dogłębnym zrozumieniu właściwości fizycznych i chemicznych badanych materiałów. Z tego powodu oceniany dorobek naukowy

należy uznać za niezwykle istotny, a zastosowane podejście do testowania w warunkach przemysłowych za nowatorskie i ciągle rzadko spotykane w Polsce.

W dalszej części recenzji pokrótce omówiono najważniejsze wyniki naukowe wybranych do oceny ośmiu prac naukowych, które stanowią cykl badawczy osiągnięcia naukowego pt. „*Synteza i właściwości materiałów termoelektrycznych na bazie CoSb₃ do zastosowań w modułach termoelektrycznych*”. Przedstawione osiem prac naukowych można sklasyfikować ze względu na ich charakter naukowy: dotyczący metody wytwarzania stosując metodę PPS (praca A1), opracowania połączenia dwóch szybkich technik SHS i PPS w celu wytworzenia materiałów skutterydytowych – prace A3 i A4, A7 i A8, oraz innych materiałów termoelektrycznych A2 i A5. W końcu wytrzymałość na utlenianie i sublimację podczas długotrwałych testów została opisana w ramach pracy A6.

Pierwsza praca naukowa, rozpoczynająca niejako cykl ośmiu prac naukowych, opublikowana została w czasopiśmie *Journal of Electronic Materials* (IF 1.6) i związana była z oceną możliwości zastosowania techniki PPS do wytwarzania materiałów termoelektrycznych na bazie CoSb₃. Pracę tę, można traktować niejako przełomową, ponieważ udowodnienie możliwości wykorzystania tej techniki do efektywnej konsolidacji materiałów półprzewodnikowych otworzyło drogę do rozpoczęcia niezależnej ścieżki badawczej polegającej na wytwarzaniu wysokowydajnych domieszkowanych różnymi pierwiastkami materiałów termoelektrycznych na bazie CoSb₃. Otrzymane materiały miały wysoką gęstość, jednorodną mikrostrukturę oraz parametry transportowe porównywalne z materiałami konsolidowanymi klasycznymi metodami. Opisane badania były cytowane do tej pory 35 razy (zgodnie z Google Scholar).

W kolejnych dwóch pracach, [A3]: *High homogeneity and ultralow lattice thermal conductivity in Se/Te-doped skutterudites obtained by self-propagating high-temperature synthesis and pulse plasma sintering* i [A4]: *Rapid fabrication of Se-modified skutterudites obtained via self-propagating high-temperature synthesis and pulse plasma sintering route*, habilitant poszedł o krok dalej i skupił się na dalszej optymalizacji procesu efektywnego wytwarzania materiałów termoelektrycznych poprzez połączenie metod SHS – PPS jako efektywnej ścieżki technologicznej dla materiałów opartych na Co₃Sb. W pracy A4, udowodniono, że zaproponowane podejście łączące efektywną syntezę wytopu z wydajnym, krótkim procesem konsolidacji, może być wykorzystane do wytwarzania skutterudydów modyfikowanych selenem. Zgodnie z opisem jest to pierwsza tego typu informacja w literaturze naukowej, a otrzymane wyniki jednoznacznie pokazują, że materiał charakteryzuje się praktycznie jednofazową budową z niewielką zawartością faz zanieczyszczających: CoSbSe lub Sb₂Se₃. Dodatkowo udowodniono znaczący wpływ selenu na wartość współczynnika Seebecka oraz przewodność cieplną, określając jednocześnie preferencyjny skład chemiczny materiału: Co₄Sb_{10.8}Se_{1.2}.

Z kolei w pracy A3, udowodniono możliwość jednoczesnego domieszkowania selenem i tellurem. Wybór tych materiałów nie był przypadkowy, ponieważ selen ze względu na różnice w masie w porównaniu do antymonu jest bardzo skuteczny w rozpraszaniu fononów, natomiast tellur ma znacznie silniejszy wpływ na właściwości elektryczne niż selen. Wybór ten doprowadził do uzyskania obniżonego przewodnictwa cieplnego przy zachowaniu wysokiego przewodnictwa elektrycznego, co skutkowało poprawą parametru ZT do 1.1 w temp 723K (w momencie publikacji tej pracy był to najlepszy wynik w literaturze naukowej). Prace te ukazały się w *Journal of Alloys and Compounds* i *Ceramics International*.

W pracach [A2] pt. *Thermoelectric properties of Cu₂S obtained by high temperature synthesis and sintered by HIP method*, oraz [A5] *Influence of DC current in the SPS sintering proces on homogeneity of thermoelectric properties of Cu₂S and Cu₂Se* autor skupił się na zbadaniu jednorodności właściwości wyprodukowanych materiałów termoelektrycznych. Obie prace opublikowane zostały w prestiżowym *Ceramics International* (IF 4.5) i były wielokrotnie cytowane. Praca [A2] dotyczyła innego niż skutterudydy materiału, siarczku miedzi Cu₂S, który zaliczany jest do superjonowych przewodników. Stosowane powszechnie klasyczne metody konsolidacji, np. SPS premiują tworzenie się wydzielań i powstanie przestrzennej niejednorodności składu chemicznego, co zniekształca współczynnik Seebecka.

Zaproponowana i zrealizowana przez habilitanta kompleksowa ścieżka konsolidacyjna udowodniła, że możliwe jest ograniczenie zjawiska elektromigracji jonów Cu^+ co pozwoliło na obniżenie rezystancji materiału oraz zwiększyło jednorodność chemiczną. Kolejna praca, [A5]. Była rozszerzeniem badań dotyczących grupy chalcogenków miedzi. Autor udowodnił w niej, że zastosowanie prądu zmiennego (SPS-AC) pozwala ustabilizować strukturę, a przez to właściwości funkcjonalne materiału. Ponadto odnotowano wzrost średniej wartości współczynnika Seebecka, co dowodzi postawionej tezie, że metoda i parametry procesu konsolidacji odgrywają kluczową rolę w wytwarzaniu jednorodnych materiałów termoelektrycznych.

W pracach [A6 – A8], habilitant skupił się na zbadaniu odporności na utlenianie materiałów termoelektrycznych oraz trwałości ich interfejsów. W pracy [A6], habilitant porównał odporność na utlenianie dwóch typów skutterudytów: CoSb_3 oraz $\text{Co}_4\text{Sb}_{10.8}\text{Se}_{0.6}\text{Te}_{0.6}$. Oba materiały wytworzone zostały w ten sam sposób (metoda SHS-PPS) oraz w tych samych warunkach procesowych. Odporność na utlenianie przeprowadzono za pomocą wygrzewania w powietrzu przez 500h w temp. 773K. Zaobserwowano początkowo ujemny przyrost masy (związane z ulatnianiem się Se i Te) oraz przyspieszony przyrost masy i grubości tlenku, szczególnie dla materiału domieszkowanego w drugiej fazie procesu utleniania. Przeprowadzone obserwacje mikrostrukturalne pokazały, że w przypadku materiału domieszkowanego tworzy się porowata, niejednorodna warstwa tlenku, co związane jest ze zmianą mechanizmu utleniania wskutek dodania Se i Te. Warto zauważyć, że pomimo znaczących zmian strukturalnych, właściwości termoelektryczne pozostały bez zmian. Otrzymane wyniki skłoniły autora do postawienia tezy mówiącej, że dalszy rozwój materiałów termoelektrycznych może być uzależniony od ograniczenia (np. poprzez powłoki) oddziaływania środowiska pracy.

Z kolei w pracy [A7] autor, wspólnie ze współpracownikami, określił optymalne parametry procesu PPS do wytwarzania barier i złączy oraz zbadał wpływ rodzaju zastosowanej bariery na mikrostrukturę, skład fazowy i chemiczny złącza po długotrwałym wygrzewaniu w podwyższonej temperaturze. Otrzymane wyniki pozwoliły stwierdzić, że układ Co-Ni-Cr jest barierą charakteryzującą się najmniejszą kinetyką wzrostu, a układ Co-Ni-W charakteryzuje się najsilniejszą tendencją do wzrostu warstwy dyfuzyjnej. Pierwiastkiem krytycznym okazała się obecność Ni, która praktycznie eliminuje powstawanie fazy CoSb_2 i sprzyja tworzeniu $(\text{Co,Ni})\text{Sb}$. Jednocześnie rozkład współczynnika Seebecka pozostał stabilny przed i po starzeniu materiału. Ostatnia praca dr Kruszewskiego związana była z oceną trwałości złączy termoelektrycznych wykonanych z badanych materiałów. Głównym celem tych badań było sprawdzenie, czy złącza typu p i n, złożone z odpowiednio dobranych materiałów, zachowują stabilność strukturalną, chemiczną i elektryczną interfejsów, jednocześnie oferując maksymalizację procesu konwersji energii. Badania przeprowadzono dla $\text{In}_{0.4}\text{Co}_4\text{Sb}_{12}$ / $\text{Co}_4\text{Sb}_{10.8}\text{Te}_{0.6}\text{Se}_{0.6}$ i $\text{CeFe}_3\text{Co}_{0.5}\text{Ni}_{0.5}\text{Sb}_{12}$ / $\text{In}_{0.25}\text{Co}_3\text{FeSb}_{12}$. Przeprowadzone badania mikrostrukturalne potwierdziły dobrą jakość połączenia, brak defektów i nieciągłości. W przypadku pierwszego zestawu opisane było na tyle dobrze, że nie było możliwe określenie pozycji interfejsu, co sugeruje doskonałą zgodność chemiczną i strukturalną. W obu przypadkach rozkład współczynnika Seebecka pozostał stabilny, co sugeruje wysoką trwałość właściwości transportowych na poziomie lokalnym.

Podsumowując, największą cytawalnością charakteryzuje się praca A8, ale należy podkreślić, że wszystkie prace wchodzące w skład ocenianego osiągnięcia naukowego były wielokrotnie cytowane. Z tematyką osiągnięcia habilitacyjnego są ściśle związane kolejne publikacje, które powstały w tym samym okresie co wybrane na poczet omawianego osiągnięcia (współpraca z grupami prof. Sobonia i Sotora z Politechniki Wrocławskiej).

Podsumowując wysiłki kandydata, należy wspomnieć o wysiłkach dr Kruszewskiego w zbudowaniu prototypu modułu termoelektrycznego. Do budowy autor wykorzystał materiały termoelektryczne i bariery dyfuzyjne zaprojektowane i wytworzone w toku swoich badań. Wstępne testy wykazały poprawne działanie układu (potwierdzono obecność różnicy potencjałów oraz odpowiedź cieplną przy zastosowaniu zasilania prądowego). To ambitne przedsięwzięcie powiodło się i częściowo skutkowało przygotowaniem przez dr

Kruszewskiego czterech wniosków patentowych (dwa patenty kandydat już posiada). Podsumowując, opracowane materiały i rozwiązania posiadają bardzo duży potencjał aplikacyjny w systemach odzysku ciepła odpadowego i należy się zastanowić nad skalowaniem w górę zgłoszonych technologii.

Wszystkie objęte osiągnięciem habilitacyjnym publikacje są współautorskie; w sześciu z nich Pan dr Kruszewski jest pierwszym autorem, a w jednej na drugim i piątym miejscu. Jednoznacznie wskazuje to na jego wiodącą rolę zarówno w przygotowywaniu, jak i w prowadzeniu prac, których rezultatem są ww. publikacje naukowe. Tę wiodącą rolę poświadczają też załączone i nie budzące wątpliwości oświadczenia współautorów. Należy również wyraźnie podkreślić, że prace te są spójne tematycznie, układają się w logiczną całość, a wykonane badania zostały bardzo dobrze zaplanowane i przemyślane. Realizacja badań opierała się na wykorzystaniu całej gamy nowoczesnych eksperymentalnych technik badawczych, które przyczyniły się do głębszego zrozumienia właściwości strukturalnych i elektrycznych badanych próbek. Jednak, w mojej ocenie na szczególną uwagę zasługuje aplikacyjny charakter prac – cecha ciągle niezwykle rzadko spotykana w polskiej nauce.

Całkowity dorobek naukowy Pana dr Kruszewskiego jest znaczący i obejmuje ponad 30 publikacji (z czego znacząca część uzyskana została po doktoracie – zgodnie z danymi Web of Science i Google Scholar). Większość publikacji jest indeksowana w bazie Web of Science z całkowitą liczbą cytowań przekraczającą 700 i indeksem Hirsha 13 (zgodnie z danymi przedstawionymi przez Habilitanta do oceny). Szybkie sprawdzenie tych parametrów na Google Scholar daje jeszcze lepszy wynik, mianowicie liczba cytowań wynosi blisko 900, a indeks Hirsha 16. W mojej ocenie są to parametry bardzo dobre na tym etapie kariery naukowej, szczególnie że dr Kruszewski nie prowadzi tylko i wyłącznie pracy naukowej, lecz jest zaangażowany w opracowywanie i rozwijanie nowych demonstratorów technologii do zastosowań przemysłowych oraz jest aktywnym wykładawcą uczelnianym. Wśród wszystkich prac naukowych stosunkowo mało jest prac monoautorskich (lub z ograniczoną liczbą, np. do 3 współautorów), ale należy wziąć pod uwagę fakt, że publikacje te powstawały dzięki wykorzystaniu wielu urządzeń badawczych i konieczna była współpraca z różnymi innymi grupami. Siłą rzeczy więc, prace badawcze wykonywane były z udziałem dużych zespołów badawczych, które dostarczały możliwości pomiarowe. Kilka opracowań habilitanta przygotowanych jest w języku polskim, co wskazuje na związek z krajowymi czasopismami naukowymi. Jest to bardzo pozytywne i przekłada się na liczne współprace krajowe. Z drugiej strony, analiza dorobku naukowego sugeruje dosyć rozbudowaną międzynarodową współpracę naukową. Jednak na element ten należy zwrócić uwagę w przyszłości – należy jednak wyjaśnić, że na tym etapie kariery naukowej (i przedmiotowej oceny dorobku) nie jest to krytyczne i nie wpływa negatywnie na moją końcową opinię. Oprócz wymienionego dorobku publikacyjnego Pan dr Kruszewski może się pochwalić bardzo dobrą aktywnością w prezentacjach/wykładach na konferencjach międzynarodowych (20), które odbyły się zarówno w kraju, jak i za granicą, w tym jako wykładawca zaproszony w Japonii (konferencja NIMS). Świadczy to o mobilności kandydata i rozpoznawalności pracy dr Kruszewskiego. Należy też wyraźnie nadmienić, że osiągnięcie wymienionych wyników nie byłoby możliwe, gdyby nie umiejętność Kandydata do organizowania pracy zespołowej oraz zdolność pozyskiwania środków finansowych na realizację projektów naukowo-badawczych. W tym zakresie Kandydat osiągnął doskonałe wyniki, które jednoznacznie świadczą o tym, że jest on samodzielnym pracownikiem naukowym. Doktor Kruszewski pełnił rolę kierownika w ośmiu grantach przyznanych przez: NCN (Sonata i Preludium), NCBiR (Lider i Tango) oraz czterech grantach wewnętrznych realizowanych ze środków Politechniki Warszawskiej. Ponadto kandydat uczestniczył lub uczestniczy w kilku innych grantach badawczych realizowanych przez inne grupy badawcze. Do nich można zaliczyć bilateralny projekt polsko-tajwański, projekt finansowany w ramach H2020 i Euroatomu, czy w ramach innych środków pozyskanych poprzez NCBR. Jest to doskonały dorobek, który jednoznacznie świadczy o wysokiej motywacji kandydata do prowadzenia badań naukowych i świadomości, że system finansowania badań przeszedł w Polsce na system grantowy.

Na uwagę zasługuje również fakt, że od roku 2017 (co prawda z przerwami) dr Kruszewski jest członkiem *ICT – International Thermoelectric Society*, *ECT – European Thermoelectric Society* oraz *The Minerals, Metals & Materials Society*. Są to szanowane grupy eksperckie, które zrzeszają wielu wybitnych naukowców, a obecność w ich gremium dr Kruszewskiego potwierdza jego dobrej jakości osiągnięcia naukowe.

Oceniając mobilność kandydata, zwłaszcza jego współpracę z innymi ośrodkami badawczymi, należy zwrócić uwagę, że habilitant zrealizował dwa dłuższe niż miesiąc staże naukowe (w Max Planc Insitute for Plasma Physics w Garching w 2008 r. – przed doktoratem, oraz w National Institute of Materials Science w Japonii w 2023 r.). Zwłaszcza ten drugi staż, zorganizowany z japońskim ośrodkiem naukowym, który zdecydowanie znajduje się w ścisłej czołówce ośrodków badawczych na świecie, uznawany jest przez kandydata jako przełomowy i w najbliższej przyszłości powinien doprowadzić do interesujących publikacji naukowych skupiających się na wpływie nanoporowatości na właściwości materiałów skutterudytowych. Jeżeli chodzi o krótsze, kilkudniowe pobyty naukowe, habilitant wymienia Helmholtz-Zentrum Berlin for Materials and Energy, Julich Research Center i Heintz Mier-Leibnitz Neutron Science Center w Niemczech. Ponadto prowadzi on współpracę z Państwowym Instytutem Technologicznym w Petersburgu, Rosja, Oak Ridge National Laboratory, USA, Uniwersytet Lorraine, Francja i Slovak Academy of Sciences, Słowacja. Doktor Kruszewski zaangażowany jest także we współpracę z lokalnymi ośrodkami badawczymi, np. Akademia Górniczo Hutnicza w Krakowie, Politechnika Białostocka czy Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Mikroelektroniki i Fotoniki. W każdym z tych przypadków, prowadzona wymiana naukowa zwieńczona jest publikacjami naukowymi w szanowanych czasopismach np. *Journal of Alloys and Compounds* czy *Ceramics International*. W tym kontekście należy wyjaśnić, że charakter pracy kandydata ma charakter aplikacyjny, więc musi on przebywać w stałym kontakcie z zespołami dysponującymi odpowiednim zapleczem badawczym, jak i lokalnymi partnerami gospodarczymi. W mojej ocenie, biorąc pod uwagę bardzo dobre osiągnięcia w zakresie opracowywania i wdrażania rozwiązań technologicznych, aspekt wymiany naukowej jest satysfakcjonujący. Habilitant jest współautorem 2 wniosków patentowych oraz kolejnych 4 zgłoszeń będących obecnie w ocenie (jest to bezpośredni rezultat projektów finansowanych przez NCBiR). W tym miejscu chciałbym jeszcze raz podkreślić, że jest to działanie bardzo pozytywne świadczące o prawdziwej aplikowalności prowadzonych badań (we wniosku habilitant jasno podkreśla efekt swojej pracy poprzez podwyższenie TRL-u badanych materiałów) oraz o współpracy z podmiotami gospodarczymi. Oczywiście proces wdrożenia produktu lub nawet samych badań w warunkach przemysłowych jest żmudnym, czasochłonnym i nieoczywistym wyzwaniem; z tego powodu należy zachęcić kandydata do dalszego wysiłku zmierzającego do komercjalizacji, co pozwoli ochronić krajowe IP.

Działalność dydaktyczna i organizacyjna

Macierzysta jednostka Habilitanta ma charakter stricte akademicki. W związku z tym, nie dziwi fakt, że od początku pracy na Politechnice Warszawskiej, dr Kruszewski prowadzi wykłady dla studentów kierunku inżynieria materiałowa „Materiały dla energetyki”. Działanie to trwa od 10 lat i jak do tej pory przyczyniło się do wypromowania dwóch prac dyplomowych magisterskich (w 2020 i 2023 roku), które dotyczyły zagadnień związanych z wytwarzaniem, mikrostrukturą i właściwościami funkcjonalnymi materiałów termoelektrycznych. W jednym z tych przypadków, praca naukowa kontynuowana jest na poziomie studiów doktoranckich, gdzie dr Kruszewski pełni rolę promotora pomocniczego. Opisane działania świadczą o zaangażowaniu dr Kruszewskiego nie tylko w kształcenie kolejnego pokolenia naukowców, ale także o tym, że aktywnie buduje on swoją grupę i pozycję naukową.

Pomimo absorbującej pracy ze studentami dr Kruszewski wykazuje się bardzo dobrą aktywnością organizacyjną. Od 2015 roku pełni on rolę opiekuna laboratorium termoelektrycznego, a od 2021 roku jest odpowiedzialny za unikatowy układ służący do konsolidacji materiałów z wykorzystaniem silnoprądowych impulsów elektrycznych (PPS). Ponadto jest redaktorem tematycznym w czasopismach *Frontiers in Materials* oraz *Frontiers in Electronic Materials*, a także gościnnie recenzował artykuły w czasopismach

Metals, Applied Surface Science, Carbon, Scientific Reports, Materials & Design czy *Materials Chemistry and Physics*. Warto wyjaśnić, że są to prestiżowe tytuły w dziedzinie inżynierii materiałowej, co jednoznacznie wskazuje na ugruntowaną pozycję naukową dr Kruszewskiego. Za każdym razem powierzona funkcja obejmowała kompleksowy proces recenzji, od redakcji i oceny typu pracy po przygotowanie recenzji, współpracę z edytorem głównym, jak i autorami publikacji.

W trakcie swojej kariery naukowej dr Kruszewski uczestniczył w organizacji konferencji MRS Fall Meeting 2023 w Warszawie oraz obsłudze technicznej Krajowego Forum Konsultacyjnego. Opisana działalność organizacyjna jest idealnym uzupełnieniem jego codziennej pracy naukowej, a rozpoczęta została już na studiach doktoranckich, gdzie pełnił on rolę Przewodniczącego Wydziałowej Rady Doktorantów. W końcu, pomimo szeregu obowiązków administracyjnych, naukowych i pedagogicznych, należy zwrócić uwagę na aktywności związane z popularyzacją nauki: (i) udział w konkursie „O nauce po ludzku” zorganizowanym przez Politechnikę Śląską, (ii) koordynację współpracy pomiędzy WIM PW a Przedszkolem nr 263 w Warszawie, czy (iii) współpracę z Fundacją Adamed. W końcu, należy docenić zaangażowanie dr Kruszewskiego w samodoskonalenie i rozwój kompetencji zarządczych, leaderskich i samoświadomości (szereg szkoleń ukończonych przez kandydata).

Rezultatem opisanych aktywności są nagrody, np. Złoty Medal oraz Nagroda Specjalna podczas międzynarodowej wystawy wynalazków i nowych produktów INPEX czy Stypendium Ministra Edukacji i Nauki dla wybitnych młodych naukowców. Powyższe osiągnięcia są uzupełnieniem dorobku naukowego i jednoznacznie potwierdzają konsekwencję w budowaniu i kształtowaniu swojego dorobku i pozycji naukowej.

Podsumowanie

Biorąc pod uwagę całokształt działalności Pana dr inż. Mirosława Jakuba Kruszewskiego oraz jego wartościowy dorobek naukowy (poszerzony o dobrze udokumentowane działania aplikacyjne) objęty osiągnięciem habilitacyjnym, który opiera się na niezwykle aktualnej tematyce badawczej, znajdującej szeroki oddźwięk krajowy i zagraniczny oraz rokującej dalszy rozwój karierze naukowej, uważam, że spełnia on wszystkie wymagania stawiane kandydatom do uzyskania stopnia doktora habilitowanego, określone w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r i wnioskuje o dopuszczenie dr inż. Kruszewskiego do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

Z poważaniem

 NARODOWE
CENTRUM
BADAŃ
JĄDROWYCH
ŚWIERK

Podpisany elektronicznie przez
Łukasz Ryszard Kurpaska
10.04.2026
10:06:48 +02'00'

dr hab. inż. Łukasz Kurpaska, prof. NCBJ