

RECENZJA

osiągnięć naukowych oraz aktywności naukowej

Dr inż. Mirosława J. Kruszewskiego

(wykonana na podstawie uchwały Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki
Warszawskiej nr 139/III/2025 z dnia 19 grudnia 2025 roku)

1. Dane ogólne

Pan dr inż. M.J. Kruszewski jest zatrudniony w Politechnice Warszawskiej od lutego 2016 roku, kiedy to rozpoczął pracę na stanowisku technologa w Uczelnianym Centrum Badawczym „Materiały Funkcjonalne”. OD marca 2017 roku pracuje na Wydziale Inżynierii Materiałowej PW, zajmując stanowiska starszego technologa, specjalisty naukowo-technicznego i adiunkta badawczego.

Stopień magistra inżyniera uzyskał w roku 2008, a tytuł jego pracy magisterskiej to: „Opracowanie warunków łączenia kompozytu węglowego z miedzią metodą spiekania impulsowo plazmowego pod kątem zastosowania w reaktorze fuzyjnym”. Z kolej stopień doktora nauk technicznych uzyskał w roku 2015, a tytuł jego rozprawy był następujący: „Kształtowanie mikrostruktury i właściwości cieplnych spieków kompozytowych miedź-diament”.

2. Ocena wskazanego przez Habilitanta głównego osiągnięcia naukowego

Pan dr inż. M.J. Kruszewski jako osiągnięcie naukowe przedłożył zbiór publikacji pod wspólnym tytułem: „**Synteza i właściwości materiałów termoelektrycznych na bazie CoSb_3 do zastosowań w modułach termoelektrycznych**”. Cykl ten obejmuje 8 publikacji, aczkolwiek w punkcie 4 Wnioskodawca pisze o 9 publikacjach. Pomijając tę nieścisłość należy stwierdzić, że z formalnego punktu widzenia stosownej ustawy, jest to zgodne z jej zapisami. Ponadto, każda z poddanych do rozważenia publikacji, zawierała informacji dotyczącą liczby cytowań bez autocytowań (na podstawie bazy SCOPUS), uzupełniona o wartość współczynnika wpływu IF oraz punktacji zgodnej z wytycznymi Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Sumaryczna wartość współczynnika IF wynosiła wg. Wnioskodawcy 33,606, co daje przeciętną wartość na każdą z publikacji na poziomie ponad 4. Sumaryczna wartość punktów MNiSW wynosiła 920 pkt.

Można jednoznacznie stwierdzić, że z punktu widzenia parametrów bibliometrycznych, prezentowany przez Pana dr inż. M.J. Kruszewskiego poziom naukowy jest na dobrym poziomie, adekwatnym do czasu pracy.

Artykuły naukowe stanowiące osiągnięcie habilitacyjne Wnioskodawcy, zostały opublikowane w latach 2016-2025, w dominującej części w ostatnich trzech latach. Zauważyć również należy, że znakomita większość z nich opublikowana została w czasopismach o wysokim i uznanym poziomie naukowym. W sześciu z tych publikacji Wnioskodawca był pierwszym autorem, w jednej drugim i w jednej piątym. Ostatnia z publikacji ma charakter monoautorski. Za wyjątkiem publikacji z roku 2025, liczba cytowań bez autocytowań mieściła się w zakresie od 3 do 32. Nie są to wartości zbyt duże, ale pamiętać należy, że większość z tych publikacji powstało w ostatnich 3 latach. Publikacja z roku 2016 pochwalić się może liczbą cytowań na poziomie 32, co jest już jest wartością bardzo przyzwoitą.

Celem naukowym prezentowanym przez dr inż. M.J. Kruszewskiego w przedstawionym do oceny cyklu publikacji było „opracowanie i wdrożenie kompleksowej strategii projektowania i wytwarzania materiałów termoelektrycznych na bazie skutterudytu CoSb_3 , prowadzącej od nowatorskich metod ich syntezy i konsolidacji aż do wytworzenia i oceny prototypowych złączy i modułów”. Według informacji przedstawionych przez Wnioskodawcę, był on autorem koncepcji badań, przeglądu literatury i zaplanowania eksperymentu oraz metod badawczych i realizacji samych badań (publikacja A1). Badania dotyczące tego materiału lub jego zmodyfikowanych form przedstawione zostały w kolejnych publikacjach tj. A3, A4, A6, A7 i A8. W publikacjach A2 i A5 przedstawiono wyniki badań dotyczących innych materiałów tj. siarczków i selenków miedzi o sieci typu skutterudytu, a więc dotyczyły materiałów izomorficznych strukturalnie do tych przedstawionych w pozostałych publikacjach. Na tej podstawie uznać należy, że publikacje A2 i A5 mieszczą się w definicji cyklu monotematycznych publikacji.

Z merytorycznego punktu widzenia zakres prezentowanych badań obejmował: rozwój szybkich i łatwo skalowalnych metod wytwarzania, optymalizację właściwości transportowych poprzez odpowiednie modyfikacje składu chemicznego, ocenę trwałości wytworzonych materiałów z punktu widzenia ich odporności na utlenianie i sublimacje składników, opracowanie barier dyfuzyjnych oraz wytworzenie i walidację złączy segmentowych.

Głównym obszarem badawczym Wnioskodawcy są skutterudytowe materiały termoelektryczne o wysokiej sprawności konwersji energii. Materiały termoelektryczne umożliwiają bezpośrednią konwersję ciepła na energię elektryczną, co czyni je kluczowym rozwiązaniem dla odzysku ciepła

odpadowego oraz zasilania urządzeń w środowiskach o utrudnionym dostępie do energii. Zdolność do konwersji energii materiału termoelektrycznego określana jest przez bezwymiarowy współczynnik dobroci termoelektrycznej ZT . Wysoka wartość ZT oznacza, że materiał cechuje się dużym potencjałem do efektywnej konwersji ciepła w energię elektryczną – przy jednoczesnym ograniczeniu strat cieplnych i zachowaniu dobrego transportu ładunku. Sprawność modułów termoelektrycznych zależy przede wszystkim od właściwości materiałów n- i p-typu definiowanych przez współczynnik ZT . Dlatego badania nad poprawą właściwości transportowych oraz metodami wytwarzania materiałów o wysokim ZT są kluczowe dla rozwoju tej technologii. Skutterudyty, o ogólnym wzorze MX_3 , gdzie M to metal taki jak Co, Rh lub Ir, z kolei X to składnik z rodziny azotowców, taki jak P, Sb lub As, postrzegane są jako jedne z najlepszych materiałów termoelektrycznych do zastosowania w podwyższonej temperaturze, ze względu na wysoki współczynnik dobroci termoelektrycznej ZT w zakresie 600-800 K. Wśród materiałów skutterudytowych, bazujących na $CoSb_3$, od lat prowadzone są badania nad technologią wytwarzania oraz poprawą ich właściwości transportowych i redukcją przewodnictwa fononowego poprzez optymalizację mikrostruktury, domieszkowania i wypełnienia luk strukturalnych. Ze względu na atrakcyjność właściwości otrzymywanych materiałów prowadzone są także próby wytworzenia modułów termoelektrycznych na bazie skutterudyków.

Klasyczne metody wytwarzania materiałów termoelektrycznych, oparte na wieloetapowym procesie, są czasochłonne. Do uzyskania jednorodności fazowej oraz wysokiego wypełnienia luk w sieci krystalicznej skutterudytu, które są kluczowe dla maksymalizacji wydajności termoelektrycznej, niezbędne jest długotrwałe wyżarzanie, często trwające kilka dni lub dłużej. Są ponadto trudne do przeskalowania.

W kontekście powyższego, przedstawiony cykl publikacji wnosi moim zdaniem nową wiedzę do dyscypliny inżynierii materiałowa, co wynika z faktu zastosowanie metody szybkiej syntezy SHS i konsolidacji PPS, celem wytworzenia materiałów termoelektrycznych o sieci skutterudytu opartych na związku $CoSb_3$. Dr inż. M.J. Kruszewski wykazał w swych badaniach duży potencjał technologiczny wytwarzania wysokiej jakości materiałów termoelektrycznych, poprzez połączenie dwóch szybkich technik konsolidacja tj.: metod SHS i PPS. Zapewniło to możliwość szybkiego wytwarzania założonych kompozycji materiałowych o wysokiej jakości mikrostrukturalnej i bardzo korzystnych właściwościach termoelektrycznych, wyrażonych wysokim poziomem właściwości transportowych. Jest to uzupełnienie prac naukowych w tym zakresie prowadzonych przez jednostki badawcze na świecie w tym w szczególności w UAS, Chinach i Niemczech.



Wydział Inżynierii Materiałowej
i Cyfryzacji Przemysłu
Laboratorium Innowacji Materiałowych

dr hab. inż., profesor uczelni
Grzegorz Moskał

Kierownik Laboratorium Innowacji Materiałowych

Ponadto, kolejnym elementem nowości, z punktu widzenia dyscypliny inżynieria materiałowa, jest rozwinięcie metody mapowania lokalnych właściwości termoelektrycznych z użyciem skaningowej sondy STM, co pozwala na ocenę jednorodności funkcjonalnej materiałów w skali mikrometrycznej. Uzyskane wyniki wskazują na wysoką jednorodność mikrostrukturalną wytworzonych materiałów termoelektrycznych, co potwierdzono wynikami badań lokalnej jednorodności współczynnika Seebecka. Ponadto dr inż. M.J. Kruszewski wykazał, że o efektywności konwersji energetycznej decyduje nie tylko wartość średnia parametru Seebecka, ale również jego jednorodność lokalna (w mikroobszarach).

Kolejny element naukowy obecny w przedstawionym do oceny cyklu publikacji, będący istotnym wkładem Wnioskodawcy w rozwój inżynierii materiałowej, to analizy dotyczące stabilności cieplnej wytworzonych materiałów na bazie struktur skutterudytowych. Badania te dotyczyły materiałów modyfikowanych za pomocą selenu i telluru i obejmowały ocenę ich odporności na utleniania i sublimację. Te zjawiska decydują bowiem o praktycznym ograniczeniu ich stosowania i obok stabilności cieplnej składu fazowego, związanej z procesami dyfuzji, decydują o sprawności modułów termoelektrycznych.

Czwartym obszarem naukowym będącym istotnym wkładem Wnioskodawcy w rozwój dyscypliny inżynieria materiałowa jest opracowanie barier dyfuzyjnych, hamujących procesy interakcji pomiędzy różnymi materiałami w modułach termoelektrycznych. Brak zapewnienia odpowiedniej stabilności termodynamicznej skutkuje pogarszającą się sprawnością modułu w czasie ze względu na zachodzące zmiany chemiczne i fazowe na granicy rozdziału pomiędzy różnymi materiałami np. pomiędzy CoSb_3 a miedzią. Zastosowanie barie na bazie niklu również nie stanowi rozwiązania ze względu na skłonność antymonu do tworzenia licznych faz międzymetalicznych z niklem. W prezentowanych badaniach dr inż. M.J. Kruszewski zaproponował autorskie rozwiązanie w tym obszarze tj.: bariery dyfuzyjne na bazie kobaltu (Co-W, Co-Ni-W, Co-Cr, Co-Ni-Cr), które zostały zgłoszone do ochrony patentowej.

Ostatni z elementów istotnych z punktu widzenia inżynierii materiałowej to połączenia segmentowe, które zapewnić mogą wysoka sprawność modułów termoelektrycznych, co wynika z charakteru ich interfejsu łączącego materiały zoptymalizowane z punktu widzenia prognozowanej temperatury pracy. Koncepcja segmentowych nóżek jest jedną z najbardziej obiecujących dróg poprawy sprawności modułów.

Moim zdaniem, przedstawiony do oceny cykl badań wnosi istotny wkład do dyscypliny inżynieria materiałowa poprzez zastosowanie strategii projektowo-badawczej łączącej zastosowanie

Politechnika Śląska
Wydział Inżynierii Materiałowej
i Cyfryzacji Przemysłu
Laboratorium Innowacji Materiałowych

ul. Krasińskiego 8, pok. Komin-35, 40-019 Katowice
+48 32 603 44 37
RML1@polsl.pl

NIP 631 020 07 36
ING Bank Śląski S.A. o/Gliwice 60 1050 1230 1000 0002 0211 3056



HR EXCELLENCE IN RESEARCH



zaawansowanych metod syntezy SHA i PPS, badań cech termoelektrycznych materiałów w mikroobszarach oraz projektowania stabilnego cieplno-chemicznie interfejsu międzyfazowego. Zaproponowana i zrealizowana przez Habilitanta strategia badawcza była poprawna i pozwoliła na pogłębienie wiedzy o zależnościach pomiędzy składem chemicznym, mikrostrukturą i właściwościami transportowymi skutterudytów, ale także na wskazanie praktycznych rozwiązań technologicznych zwiększających trwałość i sprawność modułów termoelektrycznych, co ma kluczowe znaczenie z punktu widzenia ich potencjału aplikacyjnego.

Podsumowując stwierdzam, że prezentowane wyniki badań są oryginalne i stanowią ważny element rozwój materiałów termoelektrycznych, wnosząc istotny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria materiałowa. Przedstawione we Wniosku osiągnięcie naukowe zatytułowane: „Synteza i właściwości materiałów termoelektrycznych na bazie CoSb_3 do zastosowań w modułach termoelektrycznych” spełnia wymogi merytoryczne i formalne stawiane osiągnięciom naukowym i może stanowić podstawę ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

3. Ocena pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych i aktywności naukowej

Ocena pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych jest immanentnym elementem procedury habilitacyjnej. Habilitant oprócz cyklu publikacji poświęconych inżynierii materiałów termoelektrycznych, wskazał również na aktywność naukową obejmującą liczne osiągnięcia technologiczne, publikacyjne, patentowe i projektowe, w tym obejmujące:

- opracowywanie, walidację i skalowanie technologii wytwarzania materiałów funkcjonalnych, szczególnie w zakresie konsolidacji PPS;
- wykonanie funkcjonalnego prototypu prostego modułu termoelektrycznego w ramach projektów LIDER i SONATA;
- opracowanie stanowiska do lutowania indukcyjnego w atmosferze ochronnej, przystosowane do pracy w próżni oraz atmosferze gazów obojętnych;
- zaprojektowanie i wdrożenie modyfikacji układu ignitronowego PPS, co skutkowało ponad dwukrotnym wydłużeniem cyklu pracy urządzenia bez przerwy serwisowej oraz zwiększeniem niezawodności i jednorodności impulsów w warunkach niskonapięciowych.

- skalowanie procesu PPS - zarówno pod względem wymiarów (do średnicy 40-50 mm), jak i liczby równocześnie spiekanych próbek.

Rezultatem prowadzonych badań były zgłoszenia patentowe i patenty. Wnioskodawca jest współautorem dwóch patentów dotyczących technologii otrzymywania jednorodnych mieszanek kompozytowych Cu-diament (PAT.229005, udzielenie patentu 08.12.2017 r.), jednoetapowego wytwarzania modułu termoelektrycznego z użyciem metody SPS (PAT.239106, udzielenie patentu: 08.11.2021 r.). W ramach realizowanych badań powstały cztery kolejne zgłoszenia patentowe, dotyczące barier dyfuzyjnych na bazie kobaltu (Co-W, Co-Cr, Co-Ni-W, Co-Ni-Cr) oraz sposobu wytwarzania i budowy prototypowych modułów termoelektrycznych (P.447876 i P.447877 zgłoszone 28.02.2024 r. oraz P.448897 i P.448898 zgłoszone 20.06.2024 r.).

W zakresie tematyki nie objętej niniejszym Wnioskiem, dr inż. M.J. Kruszewski jest autorem lub współautorem publikacji dotyczących projektowania interfejsów, zarządzania ciepłem oraz właściwości cieplnych i mechanicznych materiałów. Należą do nich m.in. prace dotyczące materiałów i złączy do zastosowań w fuzji termojądrowej [B3], kompozytów Cu-diament [B4], interfejsów Cu/Cr₃C₂ [B5], stopów FeSi₂ z domieszkami B₄C [B6], materiałów NiTi produkowanych metodą LPBF [B7] czy tzw. TIM (ang. Thermal interface material) Ag dla GaN-on-Si [B8].

Dr inż. M.J. Kruszewski pełni/pełnił rolę kierownika projektów finansowanych przez NCBR (LIDER, TAGNO) i NCN (SONATA, PRELUDIUM), a także wykonawcy w projektach międzynarodowych Horyzont2020 (HEATPACK), EURATOM, programach bilateralnych oraz projektach krajowych finansowanych przez NCBR (TERMOMOD, TERMET).

Habilitant może również pochwalić się współpracą z licznymi jednostkami naukowymi w kraju i zagranicą: Max Planck Institute for Plasma Physics, Julich Research Center, Heinz Maier-Leibnitz Neutron Center, Helmholtz-Zentrum Berlin for Materials and Energy, National Institute for Materials Science – NIMS, Państwowym Instytut Technologiczny w Petersburgu, ŚBŁ Instytut Mikroelektroniki i Fotoniki, AGH w Krakowie, Politechnika Białostocka. W ramach Wniosku dr inż. M.J. Kruszewski wykazał liczne publikacje będące efektem tej współpracy.

Analizując powyższe stwierdzam, że Pan dr inż. M.J. Kruszewski wykazuje aktywność naukową, która jest oczekiwana na tym etapie kariery naukowej i spełnia z nadwyżką wymagania stawiane osobom ubiegającym się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w zakresie osiągnięć

naukowo-badawczych w obszarze nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

4. Ocena działalności dydaktycznej, organizacyjnej i popularyzatorskiej oraz współpracy z otoczeniem gospodarczym.

Wnioskodawca aktywnie angażuje się w proces dydaktyczny, łącząc działalność naukową z kształceniem studentów i młodych badaczy. Jego zaangażowanie koncentruje się przede wszystkim na przedmiotach związanych z zastosowaniami materiałów w energetyce oraz inżynierii materiałowej ukierunkowanej na funkcjonalność i zaawansowane technologie. Zakres wykładów był dostosowywany do aktualnych potrzeb dydaktycznych i rozwoju badań w dziedzinie, w której Wnioskodawca specjalizuje się również naukowo. Dr inż. M.J. Kruszewski Wnioskodawca był promotorem dwóch prac dyplomowych magisterskich (M. Kot, „Wytwarzanie i charakteryzacja antymonku kobaltu CoSb_3 , modyfikowanego selenem, otrzymanego na drodze reakcji SHS”, 2020 r. oraz J. Flaga, „Wytwarzanie i charakteryzacja materiałów skutterudytowych typu p, modyfikowanych pierwiastkami z grupy lantanowców, otrzymanych na drodze reakcji SHS”, 2023 r.), które dotyczyły zagadnień związanych z wytwarzaniem, mikrostrukturą i właściwościami funkcjonalnymi materiałów termoelektrycznych.

Dr inż. M.J. Kruszewski aktywnie angażuje się w działalność organizacyjną na poziomie uczelni, zespołu badawczego oraz międzynarodowego środowiska naukowego. Aktywność koncentruje się zarówno na rozwijaniu infrastruktury badawczej i dydaktycznej, organizacji wydarzeń naukowych, działalności redakcyjnej oraz pełnienia funkcji kierownika projektów. Od 2015 roku wnioskodawca pełni funkcję opiekuna laboratorium termoelektrycznego. W ramach tej funkcji odpowiada za bieżącą organizację pracy, utrzymanie i rozwój infrastruktury, bezpieczeństwo użytkownika oraz wprowadzanie nowych stanowisk badawczych i diagnostycznych. W 2021 roku wnioskodawca objął również opiekę nad laboratorium PPS - unikalnym w skali świata stanowiskiem do konsolidacji materiałów z wykorzystaniem silnoprądowych impulsów elektrycznych. Ta rola obejmuje nadzór nad infrastrukturą, szkolenie nowych użytkowników, projektowanie adaptacji technologicznych oraz bezpośredni udział w eksperymentach prowadzonych w ramach licznych projektów (m.in. SONATA, LIDER).

Brał udział w organizacji i obsłudze technicznej Krajowego Forum Konsultacyjnego (KFK) oraz konferencji E-MRS Fall Meeting odbywającej się w Warszawie. Jego rola obejmowała m.in. pomoc w koordynacji sesji, kontakt z uczestnikami i prelegentami, a także obsługę systemów rejestracyjnych i prezentacyjnych.

Równoległe z działalnością badawczą i dydaktyczną wnioskodawca angażuje się w działania popularyzujące naukę, których celem jest przybliżenie zagadnień technicznych i przyrodniczych szerokiemu gronu odbiorców - od uczniów szkół podstawowych po dorosłych zainteresowanych współczesnymi technologiami. W 2024 roku wnioskodawca wziął udział w ogólnopolskim konkursie „O nauce po ludzku, organizowanym przez Politechnikę Śląską. Celem konkursu było przygotowanie popularnonaukowego artykułu na temat związany z aktualnymi badaniami naukowymi - w sposób przystępny i zrozumiały dla odbiorcy niespecjalistycznego. Artykuł, zatytułowany „Materiały termoelektryczne: klucz do odkrywania kosmosu, poruszał temat wykorzystania materiałów termoelektrycznych w misjach kosmicznych, przedstawiając historię, zasadę działania i wyzwania związane z ich projektowaniem.

Analizując powyższe stwierdzam, że Pan dr inż. M.J. Kruszewski spełnia kryteria dorobku dydaktycznego i organizacyjnego oraz współpracy z otoczeniem gospodarczym stawiane osobom wnioskującym o stopień doktora habilitowanego.

5. Wniosek końcowy.

Biorąc pod uwagę informację zawarte we Wniosku Pana dr inż. M.J. Kruszewskiego stwierdzam, że przedstawione osiągnięcie naukowe zatytułowane „**Synteza i właściwości materiałów termoelektrycznych na bazie CoSb₃ do zastosowań w modułach termoelektrycznych**” spełnia wszystkie wymagania formalne i stanowi podstawę do ubiegania się przez niego o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

Podpisano przez/ Signed by:
GRZEGORZ
MOSKAL
Data/ Date: 16.03.2026 12:10
mSzofir