

Prof. dr hab. inż. Jerzy Łabanowski
Politechnika Gdańska
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa
Instytut Technologii Maszyn i Materiałów
ul. G. Narutowicza 11/12
80-233 Gdańsk
jerzy.labanowski@pg.edu.pl

RECENZJA

dorobku naukowego, organizacyjnego i dydaktycznego

dr inż. Bogdana Rutkowskiego

opracowana

**w związku z prowadzonym postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego
w dziedzinie nauk inżynierjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria materiałowa**

Podstawą opracowania niniejszej recenzji jest pismo Dyrektora Instytutu Metalurgii i Inżynierii Materiałowej Polskiej Akademii Nauk w Krakowie dr hab. Joanny Wojewoda Budka, prof. Instytutu, z dnia 23.05.2022 r. nr DP.521.1.2022. Przedmiotem recenzji jest ocena dorobku Kandydata sporządzona w oparciu o dostarczone materiały – autoreferat, wykaz osiągnięć naukowych, publikacje wchodzące w skład tematycznego cyklu oraz oświadczenia i certyfikaty. Podstawę prawną jej wykonania stanowi Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U.2018 r., poz. 1668 ze zm.).

1. SYLWETKA DR INŻ. BOGDANA RUTKOWSKIEGO

Pan Bogdan Rutkowski urodził się 15.07.1982 r. w Krakowie. W lipcu 2007 ukończył studia magisterskie w Akademia Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie. Temat pracy magisterskiej to: „*Mikrostruktura i właściwości stopu Timetal 834 po obróbce powierzchniowej na elementy silników lotniczych*”. W latach 2008 – 2011 był zatrudniony w Forschungszentrum Jülich (FZJ), gdzie pracował w międzynarodowym zespole pod kierownictwem prof. T. Becka zajmując się badaniami materiałów ceramicznych. Uczestniczył w międzynarodowym projekcie „MEM-BRAIN” ukierunkowanym na badania nowoczesnych membran ceramicznych do separacji tlenu z powietrza, które znajdują zastosowanie w procesach spalania paliw kopalnych w atmosferze czystego tlenu. Wyniki tych badań były podstawą Jego pracy doktorskiej o tytule „*Mechanical properties and microstructure of dense ceramic membranes for oxygen separation in zero-emission power plants*”. W grudniu 2012 r. obronił pracę doktorską z wyróżnieniem w Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (w ramach umowy o wspólnym dyplomowaniu RWTH-AGH). W roku 2012 podjął pracę w Akademii Górniczo-Hutniczej na stanowisku asystenta, a

w roku 2014 uzyskał awans na stanowisko adiunkta. Obecnie pracuje na Wydziale Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej AGH w Katedrze Metaloznawstwa i Metalurgii Proszków.

Dotychczas nie ubiegał się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

2. DOROBEK NAUKOWY DR INŻ. BOGDANA RUTKOWSKIEGO

Działalność naukowo-badawcza dr. inż. Bogdana Rutkowskiego podjęta po uzyskaniu stopnia doktora dotyczy przede wszystkim zagadnień żaroodporności i zużycia korozyjnego nowoczesnych metalicznych materiałów konstrukcyjnych stosowanych w energetyce. Wyniki prowadzonych prac w tym zakresie przedstawił w autorskich (1) i współautorskich (9) publikacjach w czasopismach. W okresie po doktoracie opublikował łącznie 36 prac, w tym: 31 artykułów w czasopismach z listy JCR, 5 artykułów w czasopismach punktowanych MNiSW, prezentował 13 referatów na konferencjach międzynarodowych i krajowych oraz był współautorem 12 innych prezentacji konferencyjnych.

Jako osiągnięcie naukowe Habilitant wskazał, zgodnie z zapisami wynikającymi z art. 219 ust. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z 2018r. poz. 1668 ze zm.), powiązany tematycznie cykl publikacji pod ogólnym tytułem „*Zaawansowane metody analitycznej mikroskopii elektronowej w badaniach nowoczesnych materiałów metalicznych pod kątem zastosowań w przyjaznej środowisku, niskoemisyjnej energetyce konwencjonalnej*”, który obejmuje 8 publikacji naukowych:

- [A1] B. Rutkowski, A. Gil, A. Czyrska-Filemonowicz, Microstructure and chemical composition of the oxide scale formed on the Sanicro 25 steel tubes after fireside corrosion, *Corrosion Science*. — 2016 vol. 102, s. 373–383.
- [A2] B. Rutkowski, A. S. Galanis, A. Gil, A. Czyrska-Filemonowicz, A novel approach to the characterization of thin oxide layers, *Materials Letters*. — 2016 vol. 173, s. 235–238.
- [A3] B. Rutkowski, A. Gil, W. Ratuszek, B. Woźnik, A. Czyrska-Filemonowicz, The microstructure of the Sanicro 25 steel after steam oxidation studied by advanced electron microscopy and spectroscopy methods, *Inżynieria Materiałowa*. — 2016 R. 37 nr 5, s. 223–
- [A4] M. Solecka, A. Kopia, A. Radziszewska, B. Rutkowski, Microstructure, microsegregation and nanohardness of CMT clad layers of Ni-base alloy on 16Mo3 steel, *Journal of Alloys and Compounds*. — 2018 vol. 751, s. 86–95.
- [A5] M. Solecka, A. Radziszewska, B. Rutkowski, New insight on study of Ni-base alloy clad layer after oxidation at 650°C, *Corrosion Science*. — 2019 vol. 149, s. 244–248.
- [A6] B. Rutkowski, Microstructural characterisation of austenitic heat resistant Sanicro 25 steel after steam oxidation, *Materials*. — 2020 vol. 13 (15) art. no. 3382, s. 1–9.

- [A7] B. Rutkowski, K. Baran, R. Błoniarz, T. Kozieł, A microstructural investigation of austenitic heat resistant alloy after 500 h of steam oxidation, *Materials* 2021 vol. 14 (6) art. No. 1453, s. 1–11.
- [A8] B. Rutkowski, K. Baran, R. Błoniarz, T. Kozieł, The morphology and microstructure of oxide scale grown on austenitic steel during steam oxidation at 700 °C for 500 h, *Materials* 2021, vol 14 (14), art. No. 3821

W całym cyklu publikacji siedem zostało zamieszczone w czasopismach z listy JCR o sumarycznym współczynniku wpływu $IF=29,34$, a pozostały artykuł opublikowany został w czasopiśmie nieposiadającym IF. Wszystkie czasopisma, w których Habilitant publikował artykuły z cyklu tematycznego są ujęte w wykazie czasopism MNiSW. Jedna publikacja jest pracą autorską, a pozostałe siedem są pracami współautorskimi. Udział Habilitanta w przygotowaniu artykułów wynosi odpowiednio: A1-68%, A2- 55%, A3-55%, A4- 45%, A5-60%, A6–100%, w pracach A7 i A8 udziały procentowe współautorów nie zostały określone. W pracach zespołowych, stanowiących jednotematyczny cykl publikacji w ramach wskazanego osiągnięcia Habilitant był autorem koncepcji badań(A1,A2, A3, A6, A7, A8), wykonawcą badań lub ich części oraz wykonawcą prac analitycznych. Udział indywidualny współautorów publikacji potwierdzony został załączonymi do wniosku oświadczeniami.

2.1. Charakterystyka osiągnięcia naukowego

Tematyka ocenianego osiągnięcia opiera się na pracach Habilitanta prowadzonych po uzyskaniu stopnia doktora. Dotyczy zagadnień oceny degradacji metalicznych materiałów konstrukcyjnych stosowanych w energetyce. Dla nowych materiałów, z których wykonuje się elementy kotłów energetycznych opracowywane są charakterystyki przedstawiające ich zachowanie w rzeczywistych warunkach eksploatacji. Jest to działanie długotrwałe ze względu na specyficzny charakter pracy tych materiałów. Natomiast wiarygodne informacje o zachowaniu się materiału w podwyższonej temperaturze można uzyskać na podstawie analizy zmian mikrostruktury po izotermicznym starzeniu w odpowiednio dobranym środowisku. Habilitant podejmuje takie działania przyjmując jako obiekt badań nowoczesne stale o zwiększonej zawartości chromu i niklu (stale typu 25-23) predysponowane do zastosowania w kotłach na parametry nadkrytyczne, gdzie temperatura eksploatacji może sięgać 700°C. Takie bloki energetyczne można nazwać przyjaznymi dla środowiska ze względu na ich dużą sprawność i przez to zmniejszoną emisyjność CO₂. Dotychczas w literaturze światowej ukazała się ograniczona liczba doniesień dotyczących kinetyki utleniania oraz zmian w mikrostrukturze nowoczesnych stali stosowanych na elementy kotłów nadkrytycznych, a w związku z tym podjęta przez Habilitanta tematyka jest aktualna i wpisuje się w nurt prowadzonych prac badawczych z tego zakresu. Habilitant sformułował dwa główne cele podjętych badań:

Pierwszym było ukazanie zachowania korozyjnego wybranych, nowoczesnych stali austenitycznych i nadstopów niklu w wysokiej temperaturze oraz ocena ich odporności na korozję wysokotemperaturową w atmosferze gazów agresywnych, w popiołach lub w parze wodnej.

Drugim celem było stworzenie nowego, uniwersalnego standardu w badaniach mikrostrukturalnych materiałów dla energetyki poprzez zastosowanie zaawansowanych

metod badawczych przy pomocy technik skaningowej i transmisyjnej mikroskopii elektronowej, które dotychczas nie były często stosowane w badaniach korozyjnych.

Habilitant jest przekonany, że zastosowanie nowoczesnych technik pomiarowych pozwoli na uzyskanie informacji dotychczas niemożliwych do otrzymania za pomocą metod standardowych, a to z kolei pozwoli na lepsze poznanie procesów zachodzących w materiale podczas eksploatacji. Do nowoczesnych metod badawczych zalicza m.in. badania za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego SEM-EDS, ale przy precyzyjnie dobranych parametrach napięcia przyspieszającego i prądu wiązki. Taka technika umożliwia analizę składu chemicznego małych wydzieleni bez ryzyka zaburzenia sygnału od osnowy stopu. Ponadto techniki oparte na badaniach za pomocą transmisyjnego mikroskopu elektronowego. Technika dyfrakcyjna ASTAR wraz z dedykowanym oprogramowaniem pozwalająca na analizę fazową poszczególnych składników strukturalnych oraz otrzymanie mapy fazowej badanego obszaru. Technika STM-EDS dająca sygnał charakterystycznego promieniowania rentgenowskiego z każdego przeskanowanego punktu, z możliwością tworzenia bardzo dokładnych map rozkładu pierwiastków. Wysokorozdzielcza skaningowo transmisyjna mikroskopia elektronowa HRSTEM pozwalająca na zobrazowanie ułożenia atomów w kryształach. Techniki spektroskopii strat energii elektronów EELS do precyzyjnej analizy oraz identyfikacji produktów korozji.

Cykl 8 publikacji [A1-A8] stanowi bazę wskazanego osiągnięcia naukowego pt. *„Zaawansowane metody analitycznej mikroskopii elektronowej w badaniach nowoczesnych materiałów metalicznych pod kątem zastosowań w przyjaznej środowisku, niskoemisyjnej energetyce konwencjonalnej”*.

Ad [A1]

Przedstawiono zachowania korozyjne stopu Sanicro 25 w atmosferze gazów spalinowych ekspozycjonowanego w czasie 1000 godzin w temperaturze 650°C. W badaniach mikrostrukturalnych wykorzystano metody skaningowej (SEM) i transmisyjnej mikroskopii elektronowej (TEM) oraz dyfrakcji rentgenowskiej (XRD). Przedstawiono mikrostrukturę obszaru wewnętrznego oraz morfologię i mikrostrukturę zgorzeliny. Badania te ujawniły, iż badany stop w kontakcie z utleniającą atmosferą gazów spalinowych wykształcił bardzo cienką (400 μm) ochronną zgorzelinę. Wnikliwe badania przeprowadzone na przekroju zgorzeliny wskazały jej złożoną budowę składającą się z czterech warstw, różniących się zarówno składem chemicznym jak i składem fazowym. Zastosowanie technik mikroskopii wysokorozdzielczej pozwoliło na ujawnienie występowania amorficznego SiO₂ w jednej z warstw, co dotychczas nie było ujawnione w innych badaniach. Ponadto, badania wykazały, że wewnętrzna warstwa zgorzeliny podczas wzrostu odzwierciedla orientację krystalograficzną podłoża (A1), przez co charakteryzuje się ona doskonałą przyczepnością, zapewniając ochronę przed korozją.

Ad [A2]

W artykule przedstawiono nowe podejście do charakterystyki cienkich warstw tlenkowych. Wykorzystano nowoczesną metodę badawczą ACOM-TEM opartą o badania na

transmisyjnym mikroskopie elektronowym. W metodzie tej analizowane są składniki strukturalne z badanego obszaru punkt po punkcie z dużą rozdzielczością. Otrzymany zestaw dyfraktogramów jest analizowany przez odpowiednie oprogramowanie, które porównuje wynik eksperymentalny z bazami danych krystalograficznych. Wyniki badań zapisywane są w formie map fazowych przebadanego materiału oraz map orientacji ziaren. Badano stal Sanicro 25 po utlenianiu w parze wodnej w temperaturze 700°C. Stwierdzono, że stop podczas utleniania w parze wodnej wykazuje inne zachowania korozyjne w porównaniu do ekspozycji w gazach spalinowych. Na powierzchni na skutek odrzdeniowej dyfuzji chromu, powstała jednorodna, szczelną zgorzelina Cr₂O₃. Warstwa ta zbudowana była z nanometrycznej wielkości ziaren o orientacji niewykazującej wyraźnej tekstury. Na powierzchni stwierdzono obecność dużej liczby płytek Cr₂O₃ o określonej orientacji położenia. Przeprowadzone testy wykazały, że zastosowana technika badawcza, po dobraniu odpowiednich warunków, zdatna jest do obrazowania warstw tlenkowych o grubości około 500 nm. Możliwe było rozróżnienie ziaren o wielkości nanometrycznej i uzyskanie mapy składu fazowego.

Ad [A3]

W pracy przedstawiono wyniki badań stabilności mikrostruktury stali Sanicro 25 po starzeniu w temperaturze 700°C w czasie krótszym niż 1000 h oraz po utlenianiu w atmosferze pary wodnej w tej samej temperaturze do 5000 h. Badano morfologię zgorzeliny tworzącej się na powierzchni stali oraz zmiany mikrostruktury materiału rodzimego. Wykorzystano zaawansowane metody mikroskopowe i spektroskopowe takie jak obrazowanie w jasnym polu widzenia, badanie wydzieleni metodą dyfrakcji elektronów oraz mapowanie rozkładu pierwiastków metodą STEM-EDS. W celu zobrazowania nanometrycznych wydzieleni występujących w stali za pomocą SEM zastosowano mikroanalizę składu chemicznego (EDS) przy napięciu przyspieszającym obniżonym do 5 kV. W ten sposób uzyskano polepszenie jakości wyników badań oraz wykazano możliwość przeprowadzania analizy SEM-EDS wydzieleni o średnicy większej od 50 nm.

Ad [A4]

W pracy przedstawiono wyniki badań mikrostruktury i właściwości powłok Inconel 625 napawanych metodą Cold Metal Transfer (CMT) na rurze ze stali kotłowej 16Mo3. Innowacyjność powłok CMT polega na małej energii liniowej spawania i przez to niewielkim stopniem przemieszania materiału dodatkowego z podłożem. Przeprowadzone badania pozwoliły na scharakteryzowanie mikrostruktury powłoki, określenie składu chemicznego, identyfikację występujących wydzieleni oraz zaproponowanie mechanizmu ich powstawania. Wykazano, że warstwy napawane mają typową strukturę komórkowo-dendrytyczną z fazami wtórnymi w obszarach międzydendrytycznych. Dodatkowo, zastosowana metoda spektroskopii rentgenowskiej z dyspersją energii ujawniła mikrosegregację Ni, Cr, Fe do obszarów dendrytycznych oraz segregację międzydendrytyczną Nb i Mo. W tych badaniach autorzy zastosowali oprogramowanie do symulacji obrazów wysokorozdzielczych w oparciu o dane pochodzące z ustawień mikroskopu oraz baz krystalograficznych związków występujących w badanym materiale. Praktycznie potwierdzono zaletę badań wysokorozdzielczych, które pozwalają na identyfikację fazową wydzieleni nawet z obszaru 1 nm², co w przypadku konwencjonalnych metod nie jest możliwe.

Ad [A5]

Badania prowadzono na warstwie napoiwy wykonanej ze stopu na bazie niklu (Inconel 625) po utlenieniu w temperaturze 650°C przez 2000 h w atmosferze popiołu ze spalarni odpadów. Charakterystykę zgorzeli tlenkowej przeprowadzono przy użyciu techniki mapowania fazowego (ASTAR) transmisyjnej mikroskopii elektronowej. Badania wykazały powstawanie dwuwarstwowej, ciągłej pasywnej zgorzeli tlenkowej na powierzchni nadstopu. Jego strefa zewnętrzna zbudowana jest z NiO, a strefa wewnętrzna składa się głównie z Cr₂O₃. Pomiędzy w/w warstwami tlenkowymi zaobserwowano spinel NiCr₂O₄ i tlenek NbCrO₄. W artykule wykazano, że w analizie budowy warstw zgorzeli bardzo przydatne jest porównanie mapy fazowej ASTAR z mapą EDS rozkładu pierwiastków wykonaną w transmisyjnym mikroskopie elektronowym z tego samego obszaru. Pozwala to na dokładne określenie składu chemicznego oraz fazowego zgorzeli.

Ad [A6]

W pracy przedstawiono wyniki badań mikrostruktury i morfologii zgorzeli na powierzchni austenitycznej stali żaroodpornej Sanicro 25 utlenionej w parze wodnej w temperaturze 700°C. Analizę mikrostruktury przeprowadzono metodami analitycznej skaningowej oraz skaningowo-transmisyjnej mikroskopii elektronowej. Szczegółowe badania pozwoliły na ujawnienie obecności węglików zawierających Cr na granicach ziaren stopu, jednak nie wpłynęło to na nadmierne obniżenie stężenia tego pierwiastka w osnowie w obszarze przy granicach ziaren. Potwierdzono również występowanie fazy Z (NbCrN) oraz zarejestrowano zarodkowanie i wzrost wydzieleń M₂₃C₆ na granicy fazy Z oraz osnowy. Za pomocą metod wysokorozdzielczej mikroskopii elektronowej udowodniono, że charakterystyczne płytki występujące na powierzchni zgorzeli, podobnie jak pozostała część zgorzeli, zbudowane są głównie z Cr₂O₃. Szczegółowe badania technikami wysokorozdzielczymi wykazały, iż kryształy Cr₂O₃ przedzielone są cienką warstwą amorficznego SiO₂. Tak dokładna charakterystyka podłoża i warstwy zgorzeli wnosi nowe informacje o kinetyce utleniania stopu. Otrzymanie takich wyników możliwe było m.in. dzięki odpowiedniemu doborowi parametrów badań techniką SEM. Odpowiednie obniżenie napięcia przyspieszającego oraz dobór natężenia prądu wiązki pozwoliło na uzyskanie map EDS rozkładu pierwiastków o bardzo dobrej i dużej dokładności.

Ad [A7]

Przedstawiono mikrostrukturalną analizę zgorzeli tlenkowej powstałej podczas utleniania stopu 709 w temperaturze 700°C przez 500 godzin w środowisku pary wodnej. Do scharakteryzowania morfologii zgorzeli i ustalenia jej składników wykorzystano nowoczesne techniki zaawansowanej mikroskopii elektronowej. Badania wykazały, że w wyniku ekspozycji w środowisku pary wodnej powstała na powierzchni stopu złożona, wielowarstwowa zgorzelina tlenkowa. Zewnętrzna warstwa składała się z Fe₂O₃, poniżej wykryto spinel Fe₂NiO₄, a w wewnętrznej warstwie znajduje się strefa utleniania chromu. Badania zostały przeprowadzone za pomocą metody SEM-EDS z obniżonym napięciem, co pozwoliło na uzyskanie cennych informacji dotyczących składu chemicznego nawet bardzo cienkich warstw tlenkowych. Uzyskano wysokiej jakości mapy rozmieszczenia pierwiastków w warstwie utlenionej.

Ad [A8]

Przeprowadzono badania stali austenitycznej 23Cr-18Ni-3Cu-1.5W-Nb-No utlenianej w parze wodnej w temperaturze 700°C przez 500 h. Badano kinetykę utleniania stopu poprzez pomiary grawimetryczne. Uzyskano krzywą kinetyczną utleniania zbliżoną do logarytmicznej. Wyjaśnienie takiego zachowania materiału oparto o badania morfologii, składu fazowego i składu chemicznego produktów utleniania metodami zaawansowanych technik mikroskopii elektronowej. Zidentyfikowano warstwę zgorzeliny, w której wyróżniono gruboziarnistą warstwę zewnętrzną składającą się głównie z Fe_2O_3 z widocznymi kryształami spinelu Fe_2NiO_4 . Pod spodem stwierdzono obecność drobnoziarnistej wewnętrznej strefy utleniania składającej się z mieszanki Cr_2O_3 i $(\text{Fe},\text{Mn})_2\text{NiO}_4$. W uzupełnieniu do badań SEM-EDS przeprowadzono również badanie (S)TEM analitycznej (skaningowej) transmisyjnej mikroskopii elektronowej. Umożliwiło to uzyskanie obrazów o wysokiej rozdzielczości w trybie STEM, które następnie poddano dalszej obróbce w celu wyodrębnienia danych krystalograficznych z obrazów. Taką technikę wykorzystano do określenia sieci krystalicznej drobnych węglików rozproszonych w osnowie.

2.2. Podsumowanie osiągnięcia naukowego

W mojej opinii przedstawione w poprzednim punkcie artykuły tworzą cykl publikacji powiązanych tematycznie. Prace dotyczą mechanizmów zjawisk degradacji korozyjnej nowoczesnych materiałów konstrukcyjnych dla energetyki w zależności od warunków eksploatacji. Klamrą spinającą wskazane artykuły jest fakt, że w każdym z nich przedstawiono wyczerpujący opis zastosowanych nowoczesnych metod badawczych, analizę wyników tych badań oraz wskazano zalety ich stosowania w stosunku do badań tradycyjnych. Wyniki badań warstw utlenionych zamieszczone w przedstawionych do oceny pracach są oryginalnym dorobkiem Habilitanta, są aktualne i wnoszą wartościowy wkład w zgłębianie problemów naukowych w zakresie mechanizmów postępu korozji wysokotemperaturowej stopów żarowytrzymałych. Przedstawiony cykl publikacji wskazuje, iż nowoczesne techniki mikroskopii elektronowej są doskonałym narzędziem badawczym umożliwiającym dokładne i jednoznaczne określenie mikrostruktury i składu fazowego warstw utlenionych, co z kolei pozwala na określenie kinetyki procesu. Podsumowując mogę stwierdzić, że założone cele podjętych badań zostały zrealizowane zarówno w zakresie ukazania zachowania korozyjnego wybranych stali austenitycznych i nadstopów niklu w wysokiej temperaturze, a także w zakresie wskazania nowych metod badawczych mikrostruktury materiałów dla energetyki opartych na technikach skaningowej i transmisyjnej mikroskopii elektronowej.

2.2. Wpływ osiągnięcia naukowego na dyscyplinę naukową

Przedstawiony jako osiągnięcie naukowe cykl publikacji wskazuje na oryginalne rozwiązanie problemu naukowego związanego z zastosowaniem zaawansowanych metod analitycznej mikroskopii elektronowej w badaniach nowoczesnych materiałów metalowych stosowanych w energetyce. Wyniki badań wykonane za pomocą technik STM-EDS, HRSTEM, ASTAR, EELS są bardzo wartościowe, wnoszą nowe informacje uzupełniając dotychczasowy stan wiedzy, przyczyniają się do lepszego zrozumienia skomplikowanych zjawisk zachodzących w procesach utleniania wysokotemperaturowego.

W moim przekonaniu przedstawione osiągnięcie naukowe bez wątpienia wnosi znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria materiałowa.

2.3. Charakterystyka pozostałego dorobku naukowego

Poza publikacjami wskazanymi, jako osiągnięcie naukowe Habilitant jest współautorem 28 artykułów naukowych (po doktoracie). Większość z tych publikacji powstała w wyniku współpracy Habilitanta z naukowcami z ośrodków zagranicznych oraz krajowych. **Świadczy to o Jego dużej aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej.**

W latach 2008-2011 dr inż. Bogdan Rutkowski był zatrudniony w Forschungszentrum Jülich: Institute of Energy and Climate Research (IEK), Microstructure and Properties of Materials (IEK-2). Pracował w międzynarodowej grupie zajmującej się badaniami właściwości mechanicznych materiałów ceramicznych. Uczestniczył w międzynarodowym projekcie „MEM-BRAIN” - Gas separation membranes for zero-emission fossil power plants, który realizowany był w ramach German Helmholtz Association. Efektem tego stażu były 3 współautorskie artykuły opublikowane w czasopiśmie z listy JCR z zakresu nowoczesnych materiałów ceramicznych dedykowanych na membrany do separacji gazów. Dwa z tych artykułów opublikowane zostały przed obroną doktoratu (2011 r.), a jeden po doktoracie (2014 r.).

Ponadto odbył 3 krótkoterminowe staże w krajowych instytucjach naukowych oraz 5 w instytucjach zagranicznych: Max-Planck Institute for Metals Research, Stuttgart 10-14.11.2008, Max Planck Institute for Intelligent Systems, Stuttgart 2-6.12.2013, QEM 2013 warsztaty organizowane przez CNRS – Saint-Aygulf, Francja 12-24.5.2013, EMAT Workshop on Transmission Electron Microscopy, Antwerp, Belgia 9-19.06.2015, ASTAR advanced user workshop, Grenoble, Francja 27-29.10.2015.

Dr inż. Bogdan Rutkowski współpracował z naukowcami z następujących instytucji zagranicznych:

- Università Politecnica delle Marche, Ancona, (Department of Materials, Environmental Sciences and Urban Planning) - opublikowano 8 współautorskich artykułów w czasopiśmie z listy JCR dotyczących stopów kobaltu i stopów tytanu do zastosowań na implanty medyczne produkowane metodami przyrostowymi druku 3D.
- Technische Universität Dresden (Chair of Physical Chemistry) - powstały trzy wspólne publikacje dotyczące aerożeli w zastosowaniach na izolatory termiczne lub jako katalizatory.
- Technische Universität Dresden (Institut für Angewandte Photophysik) – powstała jedna wspólna publikacja dotycząca organicznych materiałów fotowoltanicznych.
- Friedrich-Alexander-University of Erlangen-Nürnberg (Department of Materials Science and Engineering) - powstały trzy wspólne publikacje dotyczące biomateriałów.
- Instituto Nacional de Tecnica Aeroespacial (Departamento de Materiales y Estructuras) - powstały trzy wspólne publikacje dotyczące korozji wysokotemperaturowej w środowisku pary wodnej.

- University of Stuttgart - powstała jedna wspólna publikacja dotycząca korozji wysokotemperaturowej w elementach urządzeń energetycznych.
- NanoMEGAS Company (Belgia) - powstała jedna wspólna publikacja dotycząca implementacji pakietu ACOM/ASTAR do badań cienkich zgorzelin, powstałych na skutek utleniania wysokotemperaturowego.

Habilitant również współpracował z naukowcami z ośrodków krajowych wydając wspólne artykuły: Instytut Fizyki PAN (1), inne niż wydział macierzysty wydziały AGH (10).

Mając powyższe na uwadze, mogę stwierdzić, że dr inż. B. Rutkowski spełnia wymagania stawiane kandydatom do stopnia dr habilitowanego ujęte w Art. 219, pkt.3 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. (*stopień doktora habilitowanego nadaje się osobie, która wykazuje się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej*).

Sumaryczny dorobek naukowy dr inż. Bogdana Rutkowskiego obejmuje 39 publikacji w postaci artykułów w czasopismach. Po uzyskaniu stopnia doktora przygotował 36 artykułów w tym 31 opublikowanych w czasopismach indeksowanych w bazie Journal Citation Reports oraz 5 w czasopismach z listy MEiN (MNiSW).

Wg dokumentacji habilitacyjnej, sumaryczny współczynnik wpływu wszystkich Jego publikacji wynosi, $IF=156,3$. Ogólna liczba cytowań prac Kandydata wynosi wg Web of Science 485 (462 bez autocytowań), wg Scopus 534 (505 bez autocytowań). Indeks Hirscha opublikowanych prac $h=14$ wg Web of Science.

Sumaryczna liczba punktów wg wykazu MNiSW wynosi 4460. W odniesieniu do osiągnięcia habilitacyjnego, na które składa się 8 wybranych publikacji, sumaryczny współczynnik wpływu wynosi $IF = 29,34$.

Przedstawiony dorobek naukowy w postaci publikacji oceniam wysoko. Podkreślam bardzo dobre przygotowanie habilitanta do pracy naukowej.

Dr inż. Bogdan Rutkowski brał aktywny udział w konferencjach naukowych. Przed uzyskaniem stopnia doktora uczestniczyła w 4 konferencjach międzynarodowych. Po uzyskaniu stopnia doktora był uczestnikiem 1 konferencji krajowej i 9 konferencjach o zasięgu międzynarodowym, gdzie przedstawiał wyniki badań w formie referatów lub posterów. Ponadto był współautorem prac prezentowanych przez inne osoby na 13 konferencjach międzynarodowych.

Habilitant kierował zespołem badawczym realizującym projekt uzyskany w drodze konkursu. Uzyskał finansowanie projektu NCN SONATA 13 (2017/26/D/ST8/00712) pt. *Mikrostruktura i właściwości wybranych gatunków stali austenitycznych nowej generacji przeznaczonych do budowy kotłów na parametry nadkrytyczne*. Ponadto był zaangażowany w realizację 2 projektów NCN oraz dwóch projektów wewnętrznych AGH w Krakowie, jako wykonawca.

Habilitant jest członkiem komitetu redakcyjnego czasopisma *Metals* IF=2,351 pełniąc funkcję „Topic Editor”.

Był recenzentem publikacji dla czasopism międzynarodowych: *Symmetry*, MDPI (1), *Materials*, MDPI (2), *Materials & Design*, Elsevier (1).

Habilitant wykazuje aktywność w międzynarodowych i krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych. Jest członkiem PTMI – Polskiego Towarzystwa Mikroskopii, EMS - European Microscopy Society, IFSM - International Federation of Societies for Microscopy.

Za działalność naukową w roku 2017 dr inż. Bogdan Rutkowski został wyróżniony przyznaniem trzyletniego Stypendium dla Wybitnych Młodych Naukowców przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Otrzymał dwie nagrody II stopnia Rektora AGH za osiągnięcia naukowe (2017, 2020). W roku 2021 uzyskał 8 miejsce w gronie 29 najlepiej publikujących naukowców (spośród 308 osób) w dyscyplinie inżynieria materiałowa w AGH.

3. OCENA DZIAŁALNOŚCI DYDAKTYCZNEJ, ORGANIZACYJNEJ, POPULARYZUJĄCEJ NAUKĘ I WSPÓŁPRACY Z INSTYTUCJAMI

Pozytywnie oceniam aktywność dydaktyczną dr inż. Bogdana Rutkowskiego w okresie po uzyskaniu stopnia doktora.

W latach 2012-2021 Habilitant prowadził zajęcia dydaktyczne ujęte w programie studiów realizowanych na Wydziale Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej AGH. Były to wykłady oraz zajęcia laboratoryjne specjalistyczne z przedmiotów związanych z badaniami strukturalnymi takimi jak *mikroskopia elektronowa*, *mikroskopia i analiza struktury*, *analizyczna mikroskopia elektronowa*. Ponadto prowadził zajęcia laboratoryjne z przedmiotów z zakresu inżynierii materiałowej; *materiały dla energetyki*, *podstawy inżynierii materiałowej*, *zaawansowane metody badań materiałów*, *materiały dla energetyki i lotnictwa*, *podstawy inżynierii materiałowej i inne*. Habilitant prowadził również zajęcia w języku angielskim na kursach międzynarodowych.

Dr inż. Bogdan Rutkowski pełnił funkcję promotora 5 prac dyplomowych magisterskich.

Habilitant wykazał aktywność w zakresie popularyzacja nauki, zwłaszcza w propagowaniu wiedzy na temat mikroskopii elektronowej. Ta aktywność przejawiała się w udziale w programach popularno-naukowych, prezentacji mikroskopu Titan G2 60-300 podczas „Dni otwartych AGH”, udziale w przygotowaniu filmów popularno-naukowych oraz innych wydarzeń.

Za osiągnięcia dydaktyczne otrzymał Nagrodę Rektora AGH II stopnia w roku 2017 (nagroda zespołowa).

W zakresie działalności organizacyjnej dr inż. Bogdan Rutkowski nie przedstawił znaczących osiągnięć. Przez szereg lat zajmował się opieką nad transmisyjnym mikroskopem elektronowym Titan G2 60-300. Był odpowiedzialny za współpracę z naukowcami

wizytującymi Międzynarodowe Centrum Mikroskopii Elektronowej dla Inżynierii Materiałowej (AGH).

Nie wykazał również osiągnięć we współpracy z sektorem gospodarczym. Dorobek i osiągnięcia Habilitanta w zakresie oceny procesów degradacji materiałów stosowanych na urządzenia bloków energetycznych predysponują Go do wykonywania ekspertyz i ocen stanu materiału po eksploatacji. Ten kierunek aktywności zawodowej nie został jednak podjęty.

4. WNIOSEK KOŃCOWY

Na podstawie oceny dorobku naukowo-badawczego, organizacyjnego i dydaktycznego stwierdzam, że dr inż. Bogdan Rutkowski spełnia wymagania stawiane osobom ubiegającym się o stopień naukowy doktora habilitowanego sformułowane w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U. 2018, poz. 1668, art. 219). Przedstawione przez Niego osiągnięcie naukowe w postaci cyklu powiązanych tematycznie publikacji, ujętych uogólnionym tytułem „*Zaawansowane metody analitycznej mikroskopii elektronowej w badaniach nowoczesnych materiałów metalicznych pod kątem zastosowań w przyjaznej środowisku, niskoemisyjnej energetyce konwencjonalnej*” stanowi, w mojej ocenie, istotny wkład poznawczy do dyscypliny inżynieria materiałowa.

Przedkładam, zatem wniosek o dopuszczenie dr inż. Bogdana Rutkowskiego do dalszego etapu postępowania habilitacyjnego.

