



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA  
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE  
AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

Prof. dr hab. inż. Piotr Bała

Kraków, dn. 04.10.2023

Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej  
Akademickie Centrum Materiałów i Nanotechnologii  
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica  
Al. A. Mickiewicza 30  
30-059 Kraków

## RECENZJA

osiągnięcia naukowego oraz istotnej aktywności naukowej, dydaktycznej i organizacyjnej dr. inż. Radosława Swadźby, ubiegającego się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego, opracowana na zlecenie Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej Pani Prof. dr hab. inż. Marii Sozańskiej.

### **Podstawa prawna opracowania recenzji:**

Recenzję opracowałem na podstawie dokumentów przesłanych przez Przewodniczącą Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej:

- pismo Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej z dnia 02.08.2023,
- kopia uchwały Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej z dnia 11.07.2023,
- cykl 10 publikacji będący podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego zatytułowany "Mikrostruktura i utlenianie wysokotemperaturowe powłok i warstw wytwarzanych na wybranych stopach stosowanych na elementy turbin silników lotniczych",

- autoreferat zawierający życiorys naukowy i osiągnięcia w działalności naukowo-badawczej, dydaktycznej i organizacyjnej,
- wykaz opublikowanych prac naukowych lub twórczych prac zawodowych oraz informacja o osiągnięciach dydaktycznych, współpracy naukowej i popularyzacji nauki.

## **1. Informacje ogólne**

Dr inż. Radosław Swadźba studia wyższe ukończył w 2011 r. na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Metalurgii na Politechnice Śląskiej w Katowicach na kierunku inżynieria materiałowa, specjalność inżynieria powierzchni. Promotorem jego pracy magisterskiej pt. „Degradacja w warunkach statycznego i cyklicznego utleniania modyfikowanych, aluminidkowych międzywarstw wytwarzanych na żarowytrzymałym stopie monokrystalicznym” był Pan Prof. dr hab. inż. Marek Hetmańczyk. Na tym samym Wydziale, w roku 2016, obronił z wyróżnieniem pracę doktorską pt. „Degradacja powłokowych barier cieplnych na monokrystalicznym żarowytrzymałym stopie niklu w warunkach wysokotemperaturowego utleniania”. Promotorem rozprawy doktorskiej Habilitanta był Pan Dr hab. inż. Jerzy Wiedermann, prof. IMŻ.

Od 2012 r. Habilitant jest związany z Instytutem Metalurgii Żelaza w Gliwicach, a po zmianach strukturalnych w Sieć Badawcza Łukasiewicza, a następnie Sieć Badawcza Łukasiewicz – Górnośląski Instytut Technologiczny w Gliwicach. Zajmując kolejno stanowiska specjalisty inżynierijno-technicznego, specjalisty badawczo-technicznego, asystenta, adiunkta a od 2019 roku Lidera Obszaru (zastępca Lidera Grupy Badawczej: Badania Właściwości i Struktury Materiałów). Od początku pracy w Instytucie Metalurgii Żelaza prowadził badania naukowe z wykorzystaniem skaningowej mikroskopii elektronowej, w tym dyfrakcji elektronów wtórnie rozproszonych, skaningowo transmisyjnej mikroskopii elektronowej oraz preparatyki metodą Focused Ion Beam.

W załączonej dokumentacji nie znalazłem informacji świadczącej o tym, że Pan dr inż. Radosław Swadźba ubiegał się już wcześniej o stopień naukowy doktora habilitowanego. Na tej podstawie stwierdzam, iż nie ubiegał się On wcześniej o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego.

## **2. Ocena osiągnięcia naukowego wynikającego z art. 219 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 roku**

Dr inż. Radosław Swadźba swoje osiągnięcie naukowe po uzyskaniu stopnia naukowego doktora (2016 r.) przedstawił w formie cyklu publikacji powiązanych tematycznie pt. „Mikrostruktura i utlenianie wysokotemperaturowe powłok i warstw wytwarzanych na wybranych stopach stosowanych na elementy turbin silników lotniczych”. Przedstawiony zbiór 10 prac opublikowany został w czasopiśmie z listy JCR w latach 2017-2022. Czasopisma, w których Habilitant opublikował prace z przedstawionego cyklu posiadają wysoki współczynnik wpływu IF od 3,192 do 7,72 (sumarycznie 60,487). 5 prac w Corrosion Science, 2 prace Surface & Coatings Technology, po 1 pracy w Microscopy and Microanalysis, Intermetallics i Applied Surface Science. Są to czasopisma cenione w inżynierii materiałowej. W przedstawionym do oceny cyklu 10 publikacji w jednej pracy Habilitant jest jedynym autorem (pozycja A10 – publikacja w Surface & Coatings Technology z 2019 r.), a w siedmiu z nich Habilitant jest pierwszym autorem. Habilitant nie przedstawił udziału procentowego poszczególnych autorów, lecz w oświadczeniach szczegółowo opisał swój (i innych autorów) udział w poszczególnych pracach, co zostało potwierdzone przez współautorów tych prac, co w moim odczuciu jest zdecydowanie lepszym rozwiązaniem. Z ww. oświadczeń wynika jednoznacznie, że we wszystkich wskazanych pracach odpowiadał za opracowanie programu badań, opracowanie założeń, opracowanie metodyki oraz wykonaniu badań FIB, STEM i HRTEM, a w zdecydowanej większości tych prac jego udział był znacznie większy. Na tej podstawie stwierdzam, że udział Habilitanta w przedstawionym do oceny cyklu publikacji był dominujący i stanowi Jego oryginalny wkład w rozwój inżynierii materiałowej.

Głównym celem przedstawionych prac było wyjaśnienie zjawisk zachodzących podczas wytwarzania oraz degradacji stopów i powłok w podwyższonej temperaturze, a także opracowanie podstaw technologii kształtowania mikrostruktury powłok żaroodpornych metodą kontaktowo-gazową (pack cementation) i fizycznego osadzania z fazy gazowej z wykorzystaniem zamkniętej katody - CHC-PVD. Przedstawiony do oceny cykl publikacji należy oceniać w aspekcie poznawczym i technologicznym. Do najważniejszych osiągnięć dr. inż. Radosława Swadźby zaliczam:

1. wyjaśnienie mechanizmów utleniania wysokotemperaturowego i degradacji mikrostruktury powłok SiAl na stopach TiAl;

2. wyjaśnienie mechanizmów utleniania wysokotemperaturowego i degradacji mikrostruktury międzywarstw NiCoCrAlYHf w powłokowych barierach cieplnych (TBC) na żarowytrzymałym nadstopie niklu;
3. wyjaśnienie mechanizmów utleniania wysokotemperaturowego stopu TiAl 48-2-2 po procesie utleniania wstępnego,

oraz przełożenie ww. osiągnięć na opracowanie podstaw technologii w zakresie kształtowania mikrostruktury powłok ochronnych:

1. wytwarzania dyfuzyjnych żaroodpornych powłok aluminidkowych modyfikowanych krzemem (SiAl) metodą pack cementation dla stopów na bazie faz międzymetalicznych TiAl;
2. wytwarzania międzywarstw TiAlCrYSi dla powłokowych barier cieplnych TBC na stopach TiAl z wykorzystaniem prototypowej konstrukcji – Closed Hollow Cathode Physical Vapor Deposition.

Patrząc przez pryzmat wkładu Habilitanta w rozwój dyscypliny inżynieria materiałowa warto odnieść się do materiałów stosowanych w wysokich temperaturach. Żarowytrzymałe nadstopy na bazie niklu wykazują dobrą kombinację wytrzymałości mechanicznej i odporności na degradację powierzchni pod wpływem aktywnego chemicznie środowiska w podwyższonej temperaturze. Rozwój tych stopów pozwolił na zdecydowane podniesienie temperatury ich pracy. Przykładowo temperatura powierzchni łopatek zaawansowanych silników lotniczych zbliża się do 1150°C, czyli o około 200°C poniżej ich temperatury topnienia, co tak naprawdę stanowi granicę dla stosowania nadstopów na bazie niklu, gdyż podniesienie temperatury pracy tych stopów przyspiesza degradację powierzchni łopatek na skutek utleniania oraz korozji wysokotemperaturowej. Dodatkowo podniesienie temperatury pracy skutkuje powstawaniem stref dyfuzyjnych pomiędzy podłożem a powłokami, co może doprowadzić do nadtopień. Poszukiwane są alternatywne materiały, między innymi te badane przez Habilitanta, takie jak stopy na bazie faz międzymetalicznych TiAl, czy też nowa grupa materiałów na bazie molibdenu i niobu. Wszystkie wymienione wyżej grupy materiałów mają niewystarczającą odporność na utlenianie w wysokiej temperaturze. Dlatego ochrona powierzchni elementów pracujących w wysokich temperaturach takich jak łopatki turbin jest niezwykle istotnym zagadnieniem, które stanowi poważne ograniczenie w dalszym rozwoju materiałów do pracy w wysokich temperaturach. Rozwiązanie tego problemu poprzez

opracowywanie nowych rodzajów powłok ochronnych jest bardzo ważne przy projektowaniu ekonomicznie opłacalnych oraz niezawodnych turbin stacjonarnych i silników lotniczych. Nie da się opracowywać nowych materiałów i technologii bez poznania mechanizmów degradacji materiałów w warunkach ich eksploatacji. W swoich badaniach Habilitant m. in. analizował warstwę wierzchnią łopatek turbin silników lotniczych po eksploatacji w warunkach zmiennej temperatury, ciśnienia, a także w obecności produktów spalania paliwa lotniczego, co odróżnia jego prace od licznych prac spotykanych w literaturze na temat utleniania m. in. nadstopów na bazie niklu w warunkach laboratoryjnych. **Wyjaśnienie zmian mikrostrukturalnych w badanych powłokach pozwoliło Habilitantowi na opracowanie podstaw technologii kształtowania nowych żaroodpornych powłok ochronnych, co stanowi wyraźny wkład Habilitanta w rozwój dyscypliny inżynieria materiałowa.**

W mojej opinii, osiągnięcie naukowe przedstawione w postaci cyklu powiązanych tematycznie publikacji stanowi spójne opracowanie w zakresie badań zjawisk zachodzących podczas wytwarzania oraz degradacji stopów i powłok w podwyższonej temperaturze. Cechują się wspólną myślą przewodnią i bazując na opracowaniu naukowym, prowadzą do konkretnych rozwiązań technologicznych. Na tej podstawie stwierdzam, że zgodnie z wymogami art. 219 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 roku **spełniony jest warunek w zakresie „cyklu powiązanych tematycznie prac opublikowanych w czasopismach naukowych”.**

### **3. Ocena osiągnięć naukowo-badawczych**

Analizując działalność naukowo-badawczą Habilitanta należy podkreślić bardzo dobry dorobek publikacyjny, aktywność projektową i szeroką współpracę z ośrodkami naukowymi w kraju i na świecie, świadczące o jego wysokiej aktywności naukowej. Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora Habilitant był autorem lub współautorem 20 prac opublikowanych w czasopismach naukowych, w tym 10 w czasopismach z bazy JCR. Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora zdecydowanie poszerzył swój dorobek naukowy o kolejnych 30 prac (w tym 10 z cyklu), w tym aż 27 w czasopismach z bazy JCR. Przełożyło się to na wysoki sumaryczny Impact Factor wszystkich jego publikacji (liczony w oparciu o wartość wskaźnika obowiązującą w czasie publikacji) 149,63, świadczący o renomie czasopism w których Habilitant opublikował swoje prace, oraz dużą liczbę cytowań i wysoki indeks H = 13 (Wg bazy WoS). Sumaryczna

liczba cytowań prac Habilitanta (dane z autoreferatu, wg bazy WoS) wynosi 387, a bez autocytowań 318. Część prac Habilitant opublikował w bardzo dobrych czasopismach z zakresu inżynierii materiałowej, m. in. Corrosion Science, Microscopy and Microanalysis, Intermetallics, Surface & Coatings Technology, Applied Surface Science, Materials & Design, Materials Science and Engineering: A.

Habilitant był kierownikiem i głównym wykonawcą w dwóch projektach międzynarodowych "TiAlMET - Surface modification of  $\gamma$ -TiAl alloys and its influence on mechanical properties and phenomena under high temperature conditions", realizowanego we współpracy z German Aerospace Center (DLR) i Karlsruhe Institute of Technology (KIT) z Niemiec w ramach programu Beethoven II z Narodowego Centrum Nauki oraz "Thermal Barrier Coatings for greener heat-to-power applications: understanding limits of operation under hydrogen combustion and sustainable outlook" we współpracy z MINES ParisTech (Francja), Fraunhofer IWS (Niemcy), Politechniką Śląską i AvioAero (GE) w ramach program M-Era.NET 2022. Jako wykonawca brał udział w 16 projektach, w tym w 8 przed uzyskaniem stopnia doktora oraz w 8 po uzyskaniu stopnia, m. in. w ramach programu INNOTECH i INNOLOT. Posiada 4 osiągnięcia projektowe lub technologiczne, w tym 1 przed oraz 3 po uzyskaniu stopnia doktora. Brał udział w 13 pracach statutowych GIT. Współpracował również z otoczeniem społeczno-gospodarczym (70 ekspertyz) oraz posiada 1 patent europejski. Na tym etapie kariery zawodowej należy tę aktywność Habilitanta uznać jako bardzo dobrą.

Habilitant odbył 5 staży naukowych, w tym 2 przed oraz 3 po uzyskaniu stopnia doktora m. in. w Pratt & Whitney Rzeszów, AvioAero Polska (General Electric Business), German Aerospace Center.

Habilitant wykonał 61 recenzji dla czasopism z wydawnictw Elsevier (39), Cambridge (6), MDPI (3), The American Society of Mechanical Engineers - ASME (2), American Society for Testing and Materials - ASTM (4), ASM International - Materials Information Society (1), Wiley (1). Świadczy to o dużej aktywności naukowej Habilitanta i na tym etapie kariery należy uznać za bardzo dobre osiągnięcie.

Podsumowując stwierdzam, że aktywność naukowa Habilitanta w zakresie rozwoju dorobku naukowego i współpracy naukowej (krajowej i międzynarodowej) jest znacząca i **jako całość można ją ocenić jako bardzo dobrą.**

#### 4. Ocena działalności dydaktycznej, organizacyjnej i popularyzujących naukę

Ze względu na specyfikę miejsca pracy Habilitant miał ograniczone możliwości w zakresie dydaktyki. Wykazał się jednak aktywnością i w tym obszarze. W roku 2018 odbył semestralny staż dydaktyczny na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Metalurgii Politechniki Śląskiej w Katowicach. W ramach tego stażu przygotował i przeprowadził wykłady, zajęcia laboratoryjne oraz projektowe z przedmiotu „Szybkie prototypowanie” na specjalności Technologie Materiałów w zakresie skanowania optycznego i druku 3D.

Jest promotorem pomocniczym dwóch doktorantów. Mgr. inż. Radosława Rozmusa, doktoranta w Sieć Badawcza Łukasiewicz – w Górnośląskim Instytucie Technologicznym, którego promotorem jest Pan Dr hab. inż. Krzysztof Radwański oraz w ramach programu „Doktoraty wdrożeniowe” mgr. inż. Łukasza Pyclika z firmy AvioAero (General Electric Aviation), którego promotorem jest Pan Dr hab. inż. Bogusław Mendala, prof. Pol. Śl.

Warto podkreślić, że Habilitant pełnił rolę opiekuna stażystów w Górnośląskim Instytucie Technologicznym z kilku jednostek badawczych: Uniwersytetu Śląskiego z Katowic (styczeń – marzec 2015), Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych z Warszawy (ITWL, kwiecień 2018 - styczeń 2019), Instytutu Inżynierii Materiałowej i Metalurgii Polskiej Akademii Nauk z Krakowa (IMIM PAN, sierpień 2020 – marzec 2021) oraz Politechniki Śląskiej (listopad 2021 – grudzień 2021 i lipiec 2022 – styczeń 2023). Jako opiekun stażystów prowadził szkolenia z zakresu zaawansowanych metod badań mikrostrukturalnych z wykorzystaniem technik mikroskopii elektronowej. W 2019 roku Habilitant brał czynny udział w organizacji dwóch szkoleń. Jako uczestnik w latach 2014-2019 brał udział w pięciu szkoleniach.

Habilitant jest członkiem 4 towarzystw naukowych i 1 grupy roboczej: Polskiego Towarzystwa Mikroskopii Elektronowej; European Microscopy Society; International Federation of Societies for Electron Microscopy; The Minerals, Metals & Materials Society; Grupy Roboczej NATO (North Atlantic Treaty Organization).

Dr inż. Radosław Swadźba wykazał się dużą aktywnością konferencyjną. Wygłosił 5 zaproszonych referatów, 4 w USA i 1 w Niemczech. Przed uzyskaniem stopnia doktora brał udział w 22 krajowych i międzynarodowych konferencjach. Po uzyskaniu stopnia doktora brał udział w 16 konferencjach.

Osiągnięcia dr. inż. Radosława Swadźby w zakresie działalności dydaktycznej, organizacyjnej i popularyzujących naukę **ocenił jednoznacznie pozytywnie.**

**5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej**

W roku 2017 Habilitant odbył staż przemysłowy w lotniczej firmie AvioAero w Bielsku-Białej, należącej do General Electric Aviation. Poza standardowym zapoznaniem się z metodami wytwarzania łopatek i aparatów kierujących, prowadził prace nad doskonaleniem metod kontroli mikrostruktury powłok stosowanych w procesach specjalnych. Równocześnie brał udział w realizacji projektu badawczego COOPERNIK „Zaawansowany zespół turbiny niskiego ciśnienia o podwyższonej sprawności” realizowanego w ramach programu INNOLOT z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Projekt prowadzony był we współpracy pomiędzy firmą AvioAero i Politechniką Śląską, Wydziałem Inżynierii Materiałowej w Katowicach. W ramach projektu opracował podstawy technologii wytwarzania powłok aluminiowych modyfikowanych krzemem (SiAl) metodą pack cementation dla stopów na bazie faz międzymetalicznych TiAl wytwarzanych metodą druku 3D – Electron Beam Melting (EBM). Potwierdzeniem tej współpracy są dwie prace naukowe [1.2.3, 1.2.5].

W latach 2017 – 2020 na Politechniki Śląskiej Habilitant brał udział w realizacji pracy na rzecz obronności zajmując się zaawansowanymi badaniami mikrostrukturalnymi z wykorzystaniem metod SEM, STEM i XRD łopatek turbiny wysokiego ciśnienia w stanie wyjściowym oraz po eksploatacji.


W 2016 roku Habilitant przygotował wspólnie z niemieckimi partnerami z German Aerospace Center (DLR) z Kolonii oraz Karlsruhe Institute of Technology (KIT) wniosek o finansowanie badań w ramach Międzynarodowego Programu Beethoven II z Narodowego Centrum Nauki (NCN) na współpracę polsko-niemiecką, który uzyskał finansowanie, a Habilitant był głównym wykonawcą. Podczas realizacji projektu odbył wizyty naukowe w German Aerospace Center (DLR). W ramach współpracy z partnerami z DLR i KIT powstały następujące publikacje [1.2.4, 1.2.5, 1.2.6]. Osiągnięte przez Habilitanta we współpracy z DLR i KIT wyniki badań opublikowano w czasopismach Corrosion Science, Applied Surface Science, Intermetallics, Metals i Coatings oraz zostały zaprezentowane jako referaty zaproszone.

Uważam, że ze względu na odbyte staże oraz prowadzone wspólne prace badawcze, potwierdzone wspólnymi publikacjami, spełniony jest warunek o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

## 6. Wniosek końcowy

Po zapoznaniu się z przedstawioną dokumentacją dotyczącą dorobku naukowo-badawczego, dydaktycznego oraz organizacyjnego i popularyzującego naukę dr. inż. Radosława Swadźby stwierdzam, że główne osiągnięcie Habilitanta w postaci cyklu 10 publikacji pt. „Mikrostruktura i utlenianie wysokotemperaturowe powłok i warstw wytwarzanych na wybranych stopach stosowanych na elementy turbin silników lotniczych”, spełnia wymogi stawiane tego typu opracowaniom i wnosi znaczący wkład w rozwój dyscypliny inżynieria materiałowa. Dotychczasowe publikacje, udział w projektach badawczych oraz współpraca naukowa prowadzona z krajowymi i zagranicznymi ośrodkami naukowymi są na wysokim poziomie naukowym i potwierdzają aktywność naukową dr. inż. Radosława Swadźby. Habilitant spełnia kryteria oceny osiągnięć dydaktycznych, organizacyjnych i popularyzujących naukę.

Na podstawie pozytywnej oceny całokształtu osiągnięcia naukowego, dorobku naukowo-badawczego oraz dorobku dydaktycznego, organizacyjnego i popularyzującego naukę stwierdzam, że zgodnie z obowiązującą ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. (z późniejszymi zmianami) „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”, dr inż. Radosław Swadźba spełnia warunki do uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego. **Wnioskuje zatem do Rady Dyscypliny Inżynierii Materiałowej Politechniki Śląskiej o nadanie dr. inż. Radosławowi Swadźbie stopnia naukowego doktora habilitowanego.**

  
Prof. dr hab. inż. Piotr Bała