

Prof. dr hab. inż. Michał Kulka  
Politechnika Poznańska  
Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej  
Instytut Inżynierii Materiałowej

## RECENZJA

**dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego dr. inż. Pawła Czaja  
w związku z ubieganiem się o stopień naukowy doktora habilitowanego w dziedzinie nauk  
inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie *inżynieria materiałowa*,  
na podstawie cyklu 12 publikacji pt.:**  
**„Opis mikrostruktury i charakteru oddziaływań magnetycznych stopów z pamięcią kształtu  
na osnowie Ni-Mn poddanych procesom stopowania, obróbki mechanicznej oraz cieplnej w  
celu optymalizacji właściwości funkcjonalnych”**

*Podstawą formalną opracowania recenzji jest Uchwała nr 7/3/159/23 Rady Naukowej Instytutu Metalurgii i Inżynierii Materiałowej im. A. Krupkowskiego PAN z dnia 16 listopada 2023 r. oraz pismo Pani Dyrektora Instytutu Metalurgii i Inżynierii Materiałowej im. A. Krupkowskiego PAN dr hab. Joanny Wojewoda-Budka, prof. Instytutu z dnia 5.01.2024 r.*

*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.), która w art. 219 formułuje wymagania stawiane osiągnięciom naukowym osoby ubiegającej się o stopień doktora habilitowanego.*

Ocenę merytoryczną dorobku dr. inż. Pawła Czaja opracowałem na podstawie następujących materiałów:

1. Wniosek przewodni,
2. Dane wnioskodawcy,
3. Autoreferat,
4. Wykaz osiągnięć naukowych,
5. Oświadczenia współautorów,
6. Kopia dokumentu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora.
7. Potwierdzenie nominacji na stanowisko Visiting Assistant Professor at Stanford University,
8. Oświadczenie dotyczące prowadzenia zajęć dydaktycznych,
9. Zaświadczenie o ukończeniu studiów doktoranckich,
10. Zaświadczenie o uzyskaniu stypendium „Doctus – Małopolski fundusz stypendialny dla doktorantów”,
11. Kopia dyplomu za wyróżniającą się rozprawę doktorską,
12. Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego.

### 1. Ogólna charakterystyka Habilitanta

**Dr inż. Paweł Czaja jest absolwentem Wydziału Inżynierii Materiałowej i Ceramiki Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie. Tytuł zawodowy magistra**

inżyniera uzyskał w roku 2005, broniąc pracy magisterskiej pt. **„Bioactive sol-gel glasses featuring antibacterial properties”**, której promotorem była dr inż. Katarzyna Cholewa-Kowalska. Na podkreślenie zasługuje fakt, że w roku 2009 ukończył też studia magisterskie na kierunku chemia na Wydziale Chemii Uniwersytetu w Aberdeen zakończone pracą pt. **„Investigation into the formation and decomposition of alloocimene oxide”** napisaną pod kierunkiem prof. Jamesa A. Andersona. W ramach tej pracy we współpracy z przemysłem prowadził badania dotyczące katalizy heterogenicznej, a dokładniej: procesu selektywnego uwodornienia i utleniania węglowodorów nienasyconych w obecności katalizatorów Au/TiO<sub>2</sub>, Pd/CeO<sub>2</sub>. Stosował takie techniki badawcze, jak chromatografia gazowa i cieczowa oraz spektroskopia masowa. Uzyskane wyniki dostarczyły cennych informacji w zakresie szerszej tematyki procesów epoksydacji, istotnego nurtu wiedzy w branży chemicznej. Rezultatem przeprowadzonych prac była **monografia naukowa, której Habilitant był wyłącznym autorem, zatytułowana „Olefin epoxidation and catalysis. Formation and decomposition of alloociemene oxide**, wydana nakładem oficyny Lambert Academic Publishing w 2012 r.

Po podjęciu studiów doktoranckich zainteresowania naukowe Habilitanta ukierunkowały się na zjawisko efektu magnetokalorycznego w stopach Heuslera na osnowie Ni-Mn. W swojej pracy doktorskiej zajmował się kształtowaniem efektu magnetokalorycznego w stopach polikrystalicznych. Oprócz tego kierując projektem Preludium IV finansowanym przez Narodowe Centrum Nauki, realizowanym w latach 2013-16 i zatytułowanym „Optymalizacja procesu wytwarzania monokryształów metamagnetycznych stopów Ni-Mn-Sn”, prowadził równolegle niezależne badania nad optymalizacją procesu wzrostu monokryształu stopu Ni-Mn-Sn, który wykazywałby typową strukturę Heuslera L21. **Najważniejszym osiągnięciem tych badań było uzyskanie monokryształu stopu Ni-Mn-Sn, opis jego mikrostruktury i właściwości mechanicznych, a także poznanie procesu krystalizacji stopów z tego układu.**

**Stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa został mu nadany 18 czerwca 2015 r.** uchwałą Rady Naukowej Instytutu Metalurgii i Inżynierii Materiałowej im. Aleksandra Krupkowskiego Polskiej Akademii Nauk. **Temat jego rozprawy doktorskiej brzmiał: „Magnetostuctural transition and magnetocaloric effect in Ni-Mn-Sn based Heusler alloys”**. Promotorami rozprawy byli: dr hab. inż. Wojciech Maziarz, prof. Instytutu Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN i dr hab. Aleksandra Kolano-Burian, prof. Instytutu Metali Nieżelaznych, a jej recenzentami: prof. dr hab. inż. Tadeusz Kulik i dr hab. Tomasz Goryczka, prof. Uniwersytetu Śląskiego. Od 1 lipca 2015 do dzisiaj dr inż. Paweł Czaja jest zatrudniony w Instytucie Metalurgii i Inżynierii Materiałowej im. Aleksandra Krupkowskiego PAN w Krakowie na stanowisku adiunkta. W okresie po uzyskaniu stopnia doktora oprócz badań przedstawionych w cyklu 12 publikacji stanowiących podstawę do wszczęcia postępowania habilitacyjnego główne zainteresowania naukowe Habilitanta obejmowały rozwijanie metodyki transmisyjnej mikroskopii elektronowej w zastosowaniu do badań różnych grup materiałów; począwszy od materiałów metalicznych, poprzez ceramikę, aż po materiały organiczne. Możliwości ku temu Habilitant uzyskał po instalacji nowego transmisyjnego mikroskopu elektronowego z korektorem aberracji sferycznej marki Thermo Fisher Scientific model Themis 200 kV xFEG, który wraz z torem do preparatyki cienkich folii techniką zogniskowanej wiązki jonów galu oddano do użytku w Instytucie Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN w 2020 roku. Dr inż. Paweł Czaja wyspecjalizował się w obsłudze różnych trybów pracy tego urządzenia, zoptymalizował warunki obrazowania w trybie różnicowego kontrastu fazowego, a także dokonał

opracowania optymalnych warunków przygotowania cienkich folii do eksperymentów grzewczych. Umiejętności te wykorzystał do analizy szeregu materiałów, a w szczególności wniósł wkład w realizację trzech tematów badawczych: badań mikrostrukturalnych i katalitycznych szybkochłodzonych taśm z układu Ni-X (X=Al, Sn, Ga, In), badań mikrostruktury magnetycznej magnetyków miękkich z wykorzystaniem technik Lorentza i różnicowego kontrastu fazowego w trybie niskopowiększeniowej skaningowej mikroskopii elektronowej oraz badań ewolucji mikrostruktury bezołowiowych stopów lutowanych. W ramach realizacji wyżej wspomnianych badań dr inż. Paweł Czaja był wykonawcą w kilku projektach badawczych finansowanych przez NCBiR i NCN.

## 2. Charakterystyka i ocena cyklu publikacji stanowiącego osiągnięcie naukowe

Wniosek dr. inż. Pawła Czaja do Rady Doskonałości Naukowej o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk inżynierijno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa w punkcie 4. Autoreferatu zawiera opis osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust.1 pkt.2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz. 85 z późn. zm.). Osiągnięcia w postaci **cyklu 12 powiązanych tematycznie publikacji** Habilitant zatytułował „**Opis mikrostruktury i charakteru oddziaływań magnetycznych stopów z pamięcią kształtu na osnowie Ni-Mn poddanych procesom stopowania, obróbki mechanicznej oraz cieplnej w celu optymalizacji właściwości funkcjonalnych**”. W skład cyklu wchodzi:

- **jedna publikacja autorska** [A12],

- **11 publikacji współautorskich** [A1-A11], w których Habilitant jest pierwszym autorem i autorem korespondencyjnym.

**Habilitant załączył do wniosku kopie publikacji** stanowiących osiągnięcie naukowe będące podstawą do ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego, a także **oświadczenia własne oraz współautorów wskazujące na wkład w powstanie tych publikacji**. Na podkreślenie zasługuje fakt, że **wszystkie prace wchodzące w skład cyklu opublikowano w czasopiśmie posiadającym współczynnik wpływu Impact Factor z dużą liczbą punktów wg MEiN (od 70 do 200 pkt.)**. Z załączonych oświadczeń dotyczących wkładu poszczególnych autorów w publikacje współautorskie wynika, że w dwóch pracach udział Habilitanta wynosił 85%, w jednej - 80%, w jednej - 75%, w jednej - 70%, w trzech kolejnych - 65%, w jednej - 60%, w dwóch - 50%, a swój wkład merytoryczny w powstanie publikacji współautorskich Habilitant scharakteryzował szczegółowo w Załączniku nr 4 (Wykaz osiągnięć naukowych). **Należy zatem uznać, że wkład Habilitanta w realizację badań i tworzenie wszystkich tych współautorskich publikacji był niewątpliwie dominujący**. Habilitant **nie podał w wykazie publikacji wchodzących w skład cyklu liczby cytowań każdej z nich wg bazy Web of Science, czy Scopus**. Stosunkowo łatwo było to sprawdzić w bazie Scopus, która umożliwia odrzucenie samocytowań wszystkich współautorów tak, by liczba cytowań była bardziej miarodajnym wskaźnikiem zainteresowania opublikowanymi pracami w środowisku naukowym i wkładu autorów w rozwijaną tematykę badawczą. Okazało się, że **publikacje wymienione w cyklu były łącznie cytowane 92 razy wg bazy Scopus z wyłączeniem samocytowań wszystkich współautorów**, przy czym na tle innych wyróżnia się praca [A6] cytowana 22 razy. **Wskazuje to**

na istotne zainteresowanie treścią opublikowanych prac na arenie międzynarodowej i świadczy o istotnym wkładzie autorów w prezentowaną tematykę badawczą.

Zaprezentowany przez Habilitanta cykl publikacji dotyczy perspektywicznego kierunku badań w inżynierii materiałowej, obejmującego projektowanie materiałów funkcjonalnych, a więc zaawansowanych materiałów, które mogą stanowić końcowy produkt będący funkcjonalnym elementem konstrukcji dzięki posiadaniu pewnych szczególnych właściwości optycznych, elektrycznych, biologicznych, fizycznych czy też chemicznych. Takie materiały stosuje się między innymi w energetyce, elektronice czy medycynie.

**Opis osiągnięcia zgłoszonego we wniosku Habilitant rozpoczął w Autoreferacie od zaprezentowania jego tytułu i wykazu prac tworzących cykl publikacji.** Następnie, w punkcie 4.1.3 Autoreferatu dr inż. Paweł Czaja omawia cel naukowy prac wchodzących w skład cyklu, osiągnięte wyniki i ich ewentualne wykorzystanie, a także **podaje najważniejsze osiągnięcia opiniowanego cyklu publikacji.** Habilitant stwierdza, że **magnetyczne stopy z pamięcią kształtu, które były przedmiotem jego zainteresowań, stanowią względnie nową grupę materiałów o unikalnych właściwościach,** interesujących zarówno z punktu widzenia poznawczego, jak i użytkowego, a więc możliwego zastosowania ich w różnych dziedzinach techniki (silowniki, sensory, chłodzenie bezemisyjne). Stopy takie zachowują cechy klasycznych stopów z pamięcią kształtu, tj. pod wpływem temperatury zdolne są do odzysku pierwotnego kształtu po uprzednim odkształceniu mechanicznym, ale ponadto odzysk kształtu może być w tym wypadku stymulowany działaniem pola magnetycznego. Habilitant zauważa, że ta dodatkowa podatność w istotny sposób zwiększa częstotliwość pracy magnetycznych stopów z pamięcią kształtu w porównaniu z ich bardziej konwencjonalnymi odpowiednikami, co sprawiło, że na przestrzeni ostatnich dwóch dekad stały się one obiektem intensywnych zainteresowań naukowych wielu laboratoriów na świecie. Dr inż. Paweł Czaja wskazuje, że **podstawą naukową zjawiska tak konwencjonalnej, jak i magnetycznej pamięci kształtu jest odwracalna przemiana martenzytyczna zachodząca w przypadku stopów Heuslera z fazy o strukturze typu  $L2_1$  do niżej symetrycznej fazy martenzytycznej,** cechującej się nierzadko modulacją struktury. Habilitant zauważa złożoność struktury krystalicznej martenzytu a także subtelność licznych powiązań na poziomie struktury i mikrostruktury z właściwościami funkcjonalnymi i stwierdza, że **bardzo istotnym naukowo zadaniem pozostaje lepsze zrozumienie natury i mechanizmu oddziaływań magnetycznych oraz poprawny opis charakteru tych oddziaływań w tej grupie materiałów.** Stwierdza też, że w literaturze brakuje wyczerpujących opracowań dotyczących fazy martenzytycznej, zwłaszcza w przypadku stopów na podstawie Ni-Mn-X ( $X=Sn, In$ ), które pod względem ilości publikowanych na ich temat prac nie dorównują prototypowemu stopowi z magnetyczną pamięcią kształtu tj. Ni-Mn-Ga. Habilitant podkreśla, że **z punktu widzenia inżynierii materiałowej ważnym zadaniem, niezależnie od składu stopu, jest poznanie roli szeregu czynników zorganizowanych na poziomie struktury i mikrostruktury,** takich jak stopień uporządkowania atomowej fazy macierzystej, zabiegów obróbki cieplno-mechanicznej czy dodatków stopowych, które mogą mieć wpływ na mikrostrukturę, przemianę martenzytyczną i właściwości magnetyczne, a tym samym **mogą stanowić dogodne narzędzie kształtowania i optymalizacji właściwości funkcjonalnych tej unikalnej grupy stopów.**

Główny cel naukowy swoich badań Habilitant określił zatem jako poprawny opis natury oddziaływań magnetycznych w stopach na podstawie Ni-Mn w zależności od struktury krystalicznej i mikrostruktury, które modyfikowano poprzez zmianę składu oraz obróbkę

termo-mechaniczną. W zależności od specyfiki wybranej grupy stopów oraz zabiegów inżynierii materiałowej jakim zostały one poddane **dr inż. Paweł Czaja sformułował następujące szczegółowe cele badawcze:**

1. Wyjaśnienie wpływu uporządkowania atomowego i jego korelacji z mikrostrukturą na przemiany martenzytyczną i magnetyczną oraz na charakter oddziaływań magnetycznych w trój-, cztero- i pięcioskładnikowych stopach na osnowie Ni-Mn-Sn/Ga, opisane w pracach [A1-A4],
2. Wyjaśnienie wpływu austenitu szczątkowego na powstawanie oddziaływań superparamagnetycznych, wyznaczenie stałej anizotropii magnetokrystalicznej oraz oszacowanie jej wkładu jako siły pędnej do indukowanej polem magnetycznym odwrotnej przemiany martenzytycznej, ilościowa analiza wielkości zmian entropii magnetycznej w stopie o silnej teksturze na osnowie Ni-Mn-Sn, opisane w pracach [A5-A7],
3. Poprawny opis mikrostruktury i oddziaływań magnetycznych w wysokomanganowych stopach na osnowie Ni-Mn-Sn z dodatkiem czwartego i piątego pierwiastka (Co, Cu, Fe, Ge, In, Al), opisane w pracach [A8-A12].

Następnie Habilitant opisuje szczegółowo w Autoreferacie, w jaki sposób osiągnano te cele w poszczególnych publikacjach cyklu zgłoszonego jako osiągnięcie. **Do najważniejszych osiągnięć przedstawionego cyklu 12 powiązanych tematycznie publikacji Habilitant zaliczył:**

- wykazanie, że mechanizm wpływu procesu uporządkowania na zmianę temperatury przemiany martenzytycznej i magnetycznej w stopach z układu Ni-Mn należy rozpatrywać dwutorowo z punktu widzenia termodynamiki i mechaniki na poziomie mikrostrukturalnym [A1],
- stwierdzenie, że obróbka temperaturowa zmielonych taśm na osnowie Ni-Mn prowadzi do zaniku oddziaływań typu antyferromagnetycznego [A2],
- potwierdzenie przemiany alotropowej austenitu z komórki regularnej przestrzennie centrowanej do komórki regularnej ściennie centrowanej w mielonych taśmach z układu Ni-Mn-Ga [A3],
- stwierdzenie stanu magnetycznie twardego charakteryzującego się występowaniem oddziaływań typu *exchange-bias* w taśmach na osnowie Ni-Mn-Sn-Al [A4],
- wykazanie, że obecność ferromagnetycznych klastrów austenitu szczątkowego w stopach na osnowie Ni-Mn wzmacnia oddziaływanie typu superparamagnetycznego ale nie jest jego wyłącznym źródłem [A5],
- wyznaczenie stałej anizotropii magnetokrystalicznej w monokryształach Ni-Mn-Sn [A6],
- wykazanie, że stała anizotropii magnetokrystalicznej ma zanedbywalny wpływ na indukowaną polem magnetycznym odwrotną przemianę martenzytyczną [A6],
- potwierdzenie, że wielkość zmian entropii magnetycznej w stopach na osnowie Ni-Mn silnie zależy od tekstury materiału [A7],
- opracowanie quasi magnetycznego diagramu fazowego dla pięcioskładnikowego stopu  $Ni_{45-x}Co_xCu_5Mn_{39}Sn_{11}$  ( $x = 0, 1, 2$ ) [A8],
- opracowanie diagramu zależności temperatury przemiany martenzytycznej i magnetycznej oraz teoretycznego odkształcenia dla stopów z układu  $Ni_{50-x}Mn_{44}Sn_6$  ( $x = 5$  at.% Co, Cu, Fe) [A9],
- potwierdzenie w pracy [A10], że zgrubnie stosowany parametr  $e/a$  oraz tzw. ciśnienie chemiczne nie są czynnikami w pełni kontrolującymi zmiany temperatur przemiany martenzytycznej i magnetycznej w stopach na osnowie Ni-Mn,
- potwierdzenie w pracy [A11] występowania efektu *exchange bias* w zakresie niskotemperaturowego martenzytu w stopach z układu  $Ni_{50}Mn_{37.5}Sn_{12.5-x}Ge_x$  ( $x = 0, 1, 2, 3$ );
- wyznaczenie magnetycznego quasi diagramu fazowego dla stopów z układu Ni-Mn-Sn-Al. [A12].

Jak z tego wynika, w każdej z publikacji rozpatrywanego cyklu Habilitanta doszukać się można przynajmniej jednego istotnego osiągnięcia. Świadczy to o dobrze zaplanowanych i konsekwentnie realizowanych eksperymentach przeprowadzanych w kolejnych publikacjach za pomocą odpowiednio dobranych narzędzi i zaawansowanych technik badawczych. Niewątpliwie na uwagę zasługuje wyznaczenie stałej anizotropii magnetokrystalicznej w monokryształe Ni-Mn-Sn, a także opracowanie quasi magnetycznych diagramów fazowych dla wybranych stopów. **Jedynie, co budzi pewien niedosyt, to brak szerszego wskazania aspektów aplikacyjnych badanych magnetycznych stopów z pamięcią kształtu na osnowie Ni-Mn.** Autor w podsumowaniu stwierdza tylko dość ogólnikowo, że otrzymane wyniki badań „pozwołyły w efekcie na lepsze zrozumienie struktury stopów Heuslera na osnowie Ni-Mn, a także w aspekcie wiedzy użytkowej przyczyniły się do udoskonalenia narzędzi inżynierii materiałowej niezbędnego dla świadomego projektowania stopów o pożądanych właściwościach funkcjonalnych w przyszłości.

W opisie osiągnięcia naukowego dr inż. Paweł Czaja nie ustrzegł się pewnych drobnych błędów stylistycznych i redakcyjnych, co nie umniejsza oczywiście wartości naukowej prezentowanych badań, po prostu Habilitant powinien w przyszłości zwrócić większą uwagę na stosowane sformułowania podczas redagowania podobnych opracowań.

**Przedstawiony jako osiągnięcie naukowe cykl publikacji jest spójny i w konsekwentny sposób prowadzi do sformułowania wniosków, które mają istotne znaczenie i wnoszą istotny wkład w rozwój inżynierii materiałowej, w szczególności w zakresie projektowania stopów z pamięcią kształtu na osnowie Ni-Mn poddawanych procesom stopowania, obróbki mechanicznej oraz cieplnej w celu otrzymywania ich korzystnych właściwości funkcjonalnych.**

### **3. Charakterystyka i ocena dorobku naukowo-badawczego**

Przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych dr inż. Paweł Czaja był autorem 2. monografii naukowych (w tym rozprawy doktorskiej) oraz współautorem 12 artykułów naukowych, z których 7 było opublikowanych w czasopismach posiadających współczynnik wpływu Impact Factor. **Po uzyskaniu stopnia doktora dr inż. Paweł Czaja był współautorem 1. rozdziału monografii naukowej, a także autorem lub współautorem 70. artykułów naukowych, z których aż 66 opublikowano w czasopismach posiadających współczynnik wpływu Impact Factor, a jeden w materiałach konferencyjnych.** Większość z tych czasopism charakteryzowała się dużą liczbą punktów wg MEiN, a **na szczególną uwagę zasługują prace opublikowane w takich renomowanych czasopismach, jak: Acta Materialia, International Journal of Plasticity, Materials Science and Engineering A, Journal of Alloys and Compounds, International Journal of Molecular Sciences, czy Scripta Materialia.**

**Dr inż. Paweł Czaja odnotował łącznie 24 wystąpienia na konferencjach naukowych, w tym w 7 wystąpieniach przed uzyskaniem stopnia doktora i 17 po jego uzyskaniu. Wśród tych konferencji 12 były konferencjami zagranicznymi, 7 – konferencjami międzynarodowymi w Polsce, a 3 - krajowymi. Habilitant też dość często wygłaszał wykłady na zaproszenie w jednostkach naukowych w kraju i za granicą. Łącznie wygłosił 14 takich wykładów (w tym 8 w języku angielskim), z czego 4 przypadły na okres przed uzyskaniem stopnia doktora, a 10 – po doktoracie.**

Przed uzyskaniem stopnia doktora Habilitant był członkiem komitetu organizacyjnego jednej konferencji międzynarodowej w Polsce oraz sekretarzem komitetu organizacyjnego kolejnej takiej konferencji. Po doktoracie był sekretarzem komitetu organizacyjnego jednej konferencji międzynarodowej w Polsce i jednej konferencji krajowej oraz członkiem komitetu organizacyjnego jednej konferencji międzynarodowej w Polsce.

Wskaźniki bibliometryczne Habilitanta wskazują (dane na dzień 15.02.2024 r.) **wg bazy Scopus na indeks Hirscha  $h = 11$  przy liczbie cytowań 379 (bez samocytowań wszystkich współautorów) i liczbie publikacji 93.** W bazie **Web of Science** trudno jest wyeliminować samocytowania wszystkich współautorów, w związku z tym **indeks Hirscha wynosił  $h = 14$  (z uwzględnieniem samocytowań wszystkich współautorów) przy liczbie cytowań 491 (bez samocytowań) i liczbie publikacji 95,** przy czym należy zauważyć, że prawdopodobnie w profilu Habilitanta uwzględniono kilka publikacji innego autora (Czaja Philippe). **Wskaźniki te wydają się wskazywać na istotnie zauważalny wkład działalności naukowej dr. inż. Pawła Czaja w rozwój wiedzy w reprezentowanej dyscyplinie inżynieria materiałowa.**

**Na uwagę zasługuje udział Habilitanta w zespołach badawczych realizujących projekty uzyskane w drodze konkursów.** Przed doktoratem dr inż. Paweł Czaja był kierownikiem jednego projektu PRELUDIUM i wykonawcą w projekcie HARMONIA finansowanych przez NCN. **Po doktoracie Habilitant uczestniczył lub uczestniczy w pracach 9. zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych.** Sześć z tych projektów (OPUS, PRELUDIUM) były lub są finansowane przez Narodowe Centrum Nauki, a dr inż. Paweł Czaja był lub jest nadal wykonawcą w tych projektach. Trzy zakończone projekty TECHMAGSTRATEG, w których Habilitant był wykonawcą, były finansowane przez NCBiR. W większości z projektów finansowanych przez NCN Habilitant zajmował się badaniami mikrostruktury warstw techniką skaningowej i transmisyjnej mikroskopii elektronowej, preparatyką cienkich folii techniką zogniskowanej wiązki jonów galu FIB, analizą i opracowaniem wyników oraz przygotowaniem publikacji naukowych. Oprócz tego w ramach projektów finansowanych przez NCBiR prowadził: obserwacje mikrostruktury amorficznych, nanokrystalicznych i nanokompozytowych taśm z materiałów magnetycznie miękkich wytwarzanych metodą szybkiej krystalizacji, badania ścian domen magnetycznych mikroskopią Lorentza w TEM na próbkach specjalnie preparowanych metodą FIB, badania techniką TEM mikrostruktury oraz jej korelacji z właściwościami magnetycznymi taśm i proszków stopów Heuslera typu  $Ni_2MnGa$  z dodatkami Cu, Co, Fe charakteryzujących się efektem magnetycznej pamięci kształtu, czy też badania mikrostruktury platerów zgrzewanych wybuchowo techniką TEM.

**Habilitant wykazał się istotną współpracą z innymi uczelniami lub jednostkami naukowymi w kraju i za granicą, co znajduje potwierdzenie w stażach naukowych odbytych w tych jednostkach.** Przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych dr inż. Paweł Czaja odbył w roku 2011 dwumiesięczny staż naukowy w Zakładzie Inżynierii Materiałowej i Metalurgii Proszków Instytutu Metali Nieżelaznych w Gliwicach. W roku 2013 rozpoczął badania na Uniwersytecie Wysp Balearskich na Majorce w grupie prof. Eduarda Cesariego związane z analizą kalorymetryczną przemiany martenzytycznej w stopach Heuslera na osnowie Ni-Mn. Przebywał tam w okresie od 16 czerwca do 07 lipca 2013 r. w ramach Programu Erasmus, a przez kolejne dwa tygodnie w ramach projektu Harmonia NCN, w którym był wykonawcą. Część uzyskanych wtedy wyników badań opublikowana została w ramach prac obejmujących jego rozprawę doktorską (Załącznik nr 4, pkt. II 1.2, -prace: 4.70, 4.74, 4.76, 4.79). **Po uzyskaniu**

stopnia doktora nauk technicznych, podczas krótkiego pobytu naukowego w Centrum Synchrotronowym DESY w Hamburgu w dniach 9-12 października 2015 r. Habilitant zajął się tematyką relacji uporządkowania atomowego oraz temperatur przemian magnetycznej oraz strukturalnej i ich wpływu na właściwości funkcjonalne stopów Heuslera na osnowie Ni-Mn i prowadził badania z udziałem z wysokoenergetycznej wiązki promieniowania X. **Otrzymane wyniki opublikowano w trzech artykułach z listy JCR, które stanowią część powiązanych tematycznie 12 artykułów naukowych, będących podstawą wszczęcia postępowania habilitacyjnego [A5-A7]. Kolejna jego aktywność naukowa za granicą związana była z półrocznym stypendium naukowym na Uniwersytecie Technicznym w Dreźnie.** W okresie od 1 marca do 30 sierpnia 2016 r. w ramach niemieckiego stypendium badawczego Dresden Fellowship (PSP: F-003661-553-51D-1736100) realizował badania dotyczące min. analizy techniką tomografii rentgenowskiej cenofer i kompozytów metalowo-ceramicznych. Celem analiz była rekonstrukcja przestrzenna rozkładu porów w kompozytach uzyskanych poprzez infiltrację cenofer ciekłym aluminium. **Tematykę tą realizował we współpracy z prof. dr hab. inż. Natalią Sobczak z Instytutu Odlewnictwa w Krakowie.** Drugą równoległą tematyką, którą Habilitant realizował podczas pobytu w Dreźnie była analiza mikrostruktury techniką transmisyjnej i skaningowej mikroskopii elektronowej, szczególnie w aspekcie zmian mikrostrukturalnych stowarzyszonych z przemianą przedmartenzytyczną w stopach na osnowie Ni-Mn. **Rezultatem tych prac jest publikacja naukowa wymieniona w załączniku nr 4 (Wykaz osiągnięć naukowych) w pozycji 4.63.** Jednocześnie w Dreźnie podjął osobne zagadnienie dotyczące analizy domen magnetycznych w stopach na osnowie Ni-Mn. Pierwsze prace w tym zakresie w wykorzystaniem skaningowej mikroskopii elektronowej **prowadził na Uniwersytecie Technicznym a następnie z wykorzystaniem mikroskopii świetlnej i efektu Kerra w Leibnitz Institute for Solid State and Materials Research w Dreźnie w grupie prof. Rudolfa Schaefera.** Tematykę tą kontynuował po powrocie do Polski i nadal prowadzi badania w tym zakresie we współpracy z dwoma grupami badawczymi w Polsce i za granicą. **Przez 10 miesięcy w okresie 1.02-30.11.2018 r. Habilitant pracował na stanowisku specjalisty ds. badań i rozwoju w firmie Pasek Europe/Pasek Espana Technical Centre w Hiszpanii odbywając staż przemysłowy.** Zadaniem Habilitanta było opracowywanie nowych składów betonów ogniotrwałych, analiza termofizyczna próbek materiałów pochodzących z reklamacji i uszkodzeń powstałych w trakcie procesu eksploatacji w celu wyjaśnienia przyczyny usterki i zaproponowania ewentualnej modyfikacji procesowej bądź eksploatacyjnej. W charakterze technologa nadzorował też procesy lania betonu i montażu dużych elementów ogniotrwałych, takich jak: wykładziny pieców hutniczych czy kadzi typu torpedo. **Doświadczenie to dr inż. Paweł Czaja aktualnie wykorzystuje jako promotor pomocniczy mgr inż. Marcina Prochwicza, który w Instytucie Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN realizuje doktorat wdrożeniowy w tematyce materiałów ogniotrwałych.** Wyniki badań prowadzonych podczas tego stażu w zakresie opracowania nowych generacji betonów ogniotrwałych Habilitant prezentował na konferencji zagranicznej V Congreso Hispano-Luso y LVI Congreso de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, Spain, Barcelona oraz konferencji międzynarodowej w Polsce Polska Ceramika, Kraków. **Habilitant odnotował w dorobku jeszcze dwa krótkoterminowe pobyty w ośrodkach zagranicznych.** Pierwszy z nich to **10-dniowy pobyt na Uniwersytecie Szanghajskim w okresie 19-28.11.2019 r.** Dr inż. Paweł Czaja wygłosił tam w języku angielskim wykład dla studentów nt. obróbki cieplnej stopów z magnetyczną pamięcią kształtu pt. „*Heat treatment effects in Ni-Mn based metamagnetic shape memory alloys*”. **W**



wyniku tego wyjazdu Habilitant podjął współpracę w zakresie magnetycznych stopów z pamięcią kształtu, której wynikiem jest m.in. publikacja naukowa wymieniona w załączniku nr 4 (Wykaz osiągnięć naukowych) w pozycji 4.38. **Drugi krótkoterminowy pobyt miał miejsce w Budapeszcie w Centrum Badań Energii (Centre for Energy Research).** Habilitant przebywał tam w dniach 06-11.12.2023 r. Podczas tego pobytu wygłosił wykład na temat obrazowania domen magnetycznych przy pomocy różnicowego kontrastu fazowego w transmisyjnej mikroskopii elektronowej pt. „*LM-STEM DPC for study of soft ferromagnetic materials*”. Celem wizyty było podjęcie współpracy w tematyce materiałów dwuwymiarowych. Grupa w Budapeszcie ma znaczące osiągnięcia w aspekcie syntezy dichalogenków metali przejściowych w postaci ultra cienkich warstw. Swoją rolę w ramach współpracy Habilitant widzi w analizie wysokorozdzielczej przy pomocy transmisyjnej mikroskopii elektronowej monowarstw atomowych, w tym analizie defektów, struktury i stabilności wysokotemperaturowej z udziałem holdera grzewczego. Doświadczenie w zakresie specjalistycznej metodologii Habilitant planuje zdobyć podczas **10-miesięcznego stypendium Polsko-Amerykańskiej Komisji Fulbrighta na Uniwersytecie Stanforda w Stanach Zjednoczonych** (Numer GAF: PL/2023/28/SR), które rozpoczęło się we wrześniu 2023 r.

**Dr inż. Paweł Czaja wykazał się współpracą z otoczeniem społecznym i gospodarczym,** choć w szerszym zakresie związana ona była wyłącznie ze wspomnianym już wyżej **stażem przemysłowym w firmie Pasek Europe na stanowisku specjalisty ds. badań i rozwoju.** W czasie swojego zatrudnienia przez pierwsze dwa miesiące pracował w Polsce, gdzie nadzorował i kontrolował jakość dostarczanych materiałów i usług w ramach kontraktu firmy z korporacją Arcerol Mittal w jej oddziałach w Krakowie i Dąbrowie Górniczej (huty stali). Nadzorował też deponowanie i demontaż ogniotrwałych warstw monolitycznych w kadziach stosowanych do ciągłego odlewania stali, a także pokrywanie ścian wewnętrznych dużych kadzi typu torpeda metodą shotcrete. Na kolejne osiem miesięcy został oddelegowany do centrali firmy w Hiszpanii, gdzie wykonywał zadania w obrębie centrum badawczo-rozwojowego tejże firmy; tj. w Pasek Technical Centre - R&D Department. W tym czasie, podobnie jak w Polsce odpowiedzialny był za nadzór technologiczny nad dostarczaniem produktami w hutach w Hiszpanii, a równocześnie prowadził badania zmierzające do opracowania nowych generacji betonów ogniotrwałych. Habilitant w punkcie III.4 Załącznika nr 4 (Wykaz osiągnięć naukowych) podaje, że w okresie jego zatrudnienia w firmie Pasek Europe wdrożono technologie nowych betonów ogniotrwałych, jednak brak jest w tym zakresie bardziej szczegółowych danych. Podczas pracy w tej firmie wykonywał też ekspertyzy materiałów pochodzących z reklamacji odbiorców. **Jako ekspert w laboratorium Analitycznej Mikroskopii Elektronowej i Skaningowej Mikroskopii Elektronowej w obrębie Zespołu Laboratoriów Badawczych przy Instytucie Metalurgii i Inżynierii Materiałowej im. Aleksandra Krupkowskiego wykonuje ekspertyzy na zlecenie krajowych podmiotów gospodarczych i publicznych,** w tym m.in. dla: Katedry Inżynierii Procesowej i Technologii Chemicznej Wydziału Chemicznego Politechniki Gdańskiej, Wydziału Inżynierii Materiałowej i Ceramiki Akademii Górniczo-Hutniczej im. St. Staszica w Krakowie, Katedry Chemii i Technologii Organicznej Wydziału Inżynierii i Technologii Chemicznej Politechniki Krakowskiej, czy Katedry Energetyki Wodorowej Wydziału Energetyki i Paliw Akademii Górniczo-Hutniczej.

Warto odnotować, że **Habilitant opracował 60 recenzji artykułów naukowych zgłaszanych do czasopism posiadających współczynnik wpływu Impact Factor** takich, jak: Journal of Alloys and Compounds, Materials Letters, Intermetallics, Materials Design, Journal of Magnetism

and Magnetic Materials, Journal of Materials Science, Materials Research Express, Journal of Materials Chemistry C, Surfaces and Interfaces, Materials Research, The European Physical Journal Plus, Advanced Functional Materials, Advanced Science, Journal of Materials Research, Applied Physics Letters, Inorganic Chemistry, Scientific Reports, Transactions of Nonferrous Metals Society of China, Materials and Manufacturing Processes, Materials Chemistry and Physics, Archives of Metallurgy and Materials, Bulletin of the Polish Academy of Sciences Technical Sciences. **Dr inż. Paweł Czaja jest członkiem komitetów redakcyjnych dwóch czasopism:** Bulletin of the Polish Academy of Sciences Technical Sciences oraz Archives of Metallurgy and Materials. Habilitant jest też członkiem zarządu **Polskiego Towarzystwa Mikroskopii**, członkiem **Europejskiego Towarzystwa Mikroskopii** (European Microscopy Society), **Polskiego Towarzystwa Materiałoznawczego** oraz **Małopolskiego Towarzystwa Ornitologicznego**.

**Habilitant otrzymywał stypendia i wyróżnienia w związku z prowadzoną działalnością naukową.** W latach 2013-2015 Habilitant był stypendystą projektu „Doctus - Małopolski fundusz stypendialny dla doktorantów”. W 2013 r. uzyskał **wyróżnienie za najlepszą prezentację posterową** podczas konferencji Intermetallics, a w roku 2015 – **dyplom za wyróżniającą się rozprawę doktorską** od Rady Naukowej Instytutu Metalurgii i Inżynierii Materiałowej im. Aleksandra Krupkowskiego PAN. **W 2019 r. otrzymał trzyletnie (2020-2022) stypendium Ministra Edukacji i Nauki dla wybitnych młodych naukowców**, a w roku 2022 uzyskał **10-miesięczne stypendium Polsko-Amerykańskiej Komisji Fulbrighta** na realizację badań naukowych dotyczących materiałów 2D w laboratorium mikroskopii elektronowej **na Uniwersytecie Stanforda w Stanach Zjednoczonych**.

Podsumowując stwierdzam, że **dorobek naukowo-badawczy Habilitanta jest znaczący oraz wykazał się on istotną aktywnością w zakresie działalności naukowo-badawczej realizowanej w więcej niż jednej uczelni (jednostce naukowej) i spełnia w tym zakresie wymagania stawiane kandydatom do uzyskania stopnia doktora habilitowanego.**

#### **4. Charakterystyka działalności dydaktycznej, organizacyjnej i popularyzującej naukę**

**W ramach działalności dydaktycznej dr inż. Paweł Czaja prowadził cykl wykładów w j. polskim i j. angielskim** pt. „Inżyniera materiałów funkcjonalnych” i „Engineering of functional materials” dla studentów II stopnia studiów stacjonarnych, o specjalności Inżynieria Materiałowa i Functional Materials na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie. **Był promotorem pomocniczym w zakończonym przewodzie doktorskim** mgr inż. Agnieszki Brzozy-Kos, której rozprawa doktorska „Struktura oraz właściwości magneto-mechaniczne stopów Heuslera Ni-Mn-Ga-(Co, Cu) po szybkiej krystalizacji” została zrealizowana w IMiM PAN. **Obecnie jest promotorem pomocniczym w przewodzie doktorskim** mgr inż. Marcina Prochwicza realizowanej w ramach doktoratu wdrożeniowego, a także promotorem pomocniczym pracy doktorskiej pani mgr inż. Mileny Kowalskiej dotyczącej właściwości magnetomechanicznych szybkochłodzonych taśm po różnych warunkach obróbki cieplnej. **Podczas pobytu na Uniwersytecie Szanghajskim wygłosił dla studentów wykład** „Heat treatment effects in metamagnetic shape memory alloys” wprowadzający ich w zagadnienie efektów obróbki cieplnej magnetycznych stopów z pamięcią kształtu. **Był też opiekunem praktyk studenckich 5 studentek** trzeciego roku kierunku Inżynieria Materiałowa na Wydziale Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej Akademii

Górniczno-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie. **W ramach programu Erasmus pełnił też funkcję opiekuna 2 studentów z Uniwersytetu Sakarya w Turcji**, którzy przebywali w IMiM PAN w okresie od 4.09.2017 r. do 16.02.2018 r. **Opiekował się praktykami 2 studentów Politechniki Sorbońskiej goszczących w IMiM PAN.**

**Habilitant aktywnie angażuje się w działania popularyzujące naukę w Instytucie Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN. 17 marca 2023 był koordynatorem w IMiM PAN Ogólnopolskiego Dnia Inżynierii Materiałowej**, który zgromadził w progach instytutu ponad 100 uczniów krakowskich szkół podstawowych i ponadpodstawowych. **Prowadzi w mediach społecznościowych fan-page IMiM i Polskiego Towarzystwa Mikroskopii.** W grudniu 2022 roku był odpowiedzialny za przygotowanie i obsługę stoiska Polskiego Towarzystwa Mikroskopii podczas Śląskiego Festiwalu Nauki. **Jest także autorem podcastu popularno-naukowego poświęconego min. tematyce inżynierii materiałowej oraz mikroskopii elektronowej.**

**W zakresie osiągnięć organizacyjnych** Habilitant wskazał następujące swoje funkcje i działania:

- członek komitetu organizacyjnego warsztatu pt. „**Workshop Advanced Materials and Nano-analysis**”, 25-26.06.2012, Kraków,
- sekretarz konferencji **XII International Symposium on Explosive Production of New Materials: Science, Technology, Business and Innovations; EPNM**; 25-30.05.2014, Kraków,
- pomysłodawca i głównego organizatora **Krakowskiego Sympozjum Mikroskopii**, 12.06.2017, Kraków,
- sekretarz konferencji **The XVIII International Conference on Electron Microscopy**, planowanej na 2024 rok,
- członek komitetu doradczego **Międzynarodowego Kongresu Mikroskopii** planowanego na sierpień 2024.

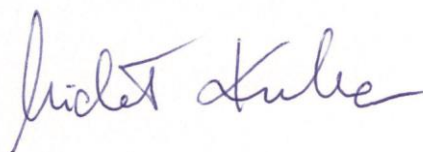
Podsumowując stwierdzam, że dr inż. Paweł Czaja wykazał się również istotnym dorobkiem dydaktycznym, organizacyjnym i popularyzującym naukę.

## 5. Wniosek końcowy

Dokonując całościowej oceny dorobku naukowo-badawczego, dydaktycznego oraz organizacyjnego i popularyzującego naukę dr. inż. Pawła Czaja stwierdzam, że w mojej opinii:

- główne osiągnięcie naukowe dr. inż. Pawła Czaja w postaci cyklu 12 publikacji zatytułowanego „**Opis mikrostruktury i charakteru oddziaływań magnetycznych stopów z pamięcią kształtu na osnowie Ni-Mn poddanych procesom stopowania, obróbki mechanicznej oraz cieplnej w celu optymalizacji właściwości funkcjonalnych**” wnosi znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria materiałowa,
- dotychczasowe osiągnięcia naukowo-badawcze, udokumentowane przedstawionym cyklem publikacji, artykułami naukowymi w renomowanych czasopismach z listy JCR, wskaźnikami bibliograficznymi, udziałem w projektach badawczych, w konferencjach naukowych oraz stażami naukowymi i współpracą prowadzoną z krajowymi i zagranicznymi ośrodkami naukowymi dają podstawę do stwierdzenia, że dr inż. Paweł Czaja wykazuje istotną aktywność naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, czy instytucji naukowej.

W związku z powyższym stwierdzam, że **dr inż. Paweł Czaja** spełnia wymagania stawiane **kandydatom pretendującym do otrzymania stopnia doktora habilitowanego** zawarte w **art. 219 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 r., poz. 1668)**. Habilitant wykazał się również osiągnięciami dydaktycznymi, organizacyjnymi i popularyzującymi naukę. Wnioskuje zatem o dopuszczenie dr. inż. Pawła Czaja do dalszego postępowania przed Radą Naukową Instytutu Metalurgii i Inżynierii Materiałowej im. A. Krupkowskiego PAN i **nadanie mu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynierijno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa.**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Jacek Kule", is positioned on the right side of the page.