

Szczecin 28.01.2022

Prof. dr hab. inż. Mirosław Pajor
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
w Szczecinie



RECENZJA

**osiągnięcia naukowego, dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego
dr. inż. Piotra SIWAKA
opracowana w związku z postępowaniem o nadanie stopnia naukowego
doktora habilitowanego**

Podstawę formalną wykonania recenzji stanowi decyzja Rady Doskonałości Naukowej nr Z2.4000.74.2021.3.IB z dnia 27.09.2021 oraz pismo DM.075.231.20210 z dnia 09.11.2021 dr hab. inż. prof. PP Olafa Ciszaka Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna, powołujące mnie na recenzenta w postępowaniu habilitacyjnym dr. inż. Piotra Siwaka. Dokumentację merytoryczną i formalną opracowanej opinii stanowi: autoreferat przedstawiający opis dorobku, osiągnięcia w działalności dydaktycznej i popularyzacji nauki oraz działalności organizacyjnej. Ponadto podstawą sporządzonej oceny stanowi zaznajomienie się recenzenta z publikacjami Habilitanta dołączonymi do dokumentacji.

1. Ogólna charakterystyka Habilitanta

Dr inż. Piotr Siwak urodził się 1 W 2006 roku uzyskał tytuł zawodowy magistra inżyniera broniąc pracę dyplomową pt. „Zaprojektowanie specjalistycznego oprzyrządowania do wytaczania długiego stożka wewnętrznego”. W roku 2012 uzyskał stopień naukowy doktora nauk technicznych w dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn, broniąc rozprawę doktorską pt. „Badania właściwości technologicznych i eksploatacyjnych ostrz skrawających z nanowęglików spiekanych wytwarzanych przy użyciu plazmy impulsowej”. Od 2010 roku Habilitant pracuje w Politechnice Poznańskiej na Wydziale Inżynierii Mechanicznej w Instytucie Technologii Mechanicznej. Ponadto od roku 2007 prowadzi działalność gospodarczą jako właściciel zakładu Usługi Ślusarskie CUT STEEL, zajmującego się obróbką mechaniczną, cięciem laserowym oraz spawaniem części maszyn. Od roku 2019 do dnia dzisiejszego pracuje na stanowisku adiunkta w Instytucie Technologii Mechanicznej na Wydziale Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej.

2. Ocena działalności naukowej Habilitanta

2.1. Ocena osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę ubiegania się o uzyskanie stopnia naukowego doktora habilitowanego

Habilitant jako osiągnięcie naukowe wynikające z art. 219 ust.1 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668 z zm.) stanowiące podstawę ubiegania się o uzyskanie stopnia naukowego doktora habilitowanego, wskazał cykl siedmiu monotematycznych publikacji pod wspólnym tytułem „*Technologia iskrowo-plazmowa wytwarzania kompozytów z węglików spiekanych typu WC-Co oraz badania ich właściwości technologicznych i eksploatacyjnych*”.

Cykl publikacji obejmuje następujące pozycje:

1. **P. Siwak:** *Indentation induced mechanical behaviour of spark plasma sintered WC-Co cemented carbides alloyed with Cr₃C₂, TaC-NbC, TiC and VC*, Materials, vol. 14, nr 1, 2021, s. 217 (MNiSW: 140, IF: 3,057, liczba cytowań: 1)
2. **D. Garbiec, P. Siwak:** *Microstructural evolution and development of mechanical properties of spark plasma sintered WC-Co cemented carbides for machine parts and engineering tools*, Archives of Civil and Mechanical Engineering, vol. 19, nr 1, 2019, s. 215-223 (MNiSW: 140, IF: 3,672, liczba cytowań: 11)
3. **P. Siwak, D. Garbiec:** *WC-5Co cemented carbides fabricated by SPS*, Archives of Metallurgy and Materials, vol. 63, nr 4, 2018, s. 2031-2037 (MNiSW: 30, IF: 0,697, liczba cytowań: 1)
4. **P. Siwak, D. Garbiec, M. Rogalewicz:** *The effect of Cr₃C₂ and TaC additives on microstructure, hardness and fracture toughness of WC-6Co tool material fabricated by spark plasma sintering*, Materials Research Ibero-american Journal of Materials, vol. 20, nr 3, 2017, s. 780-785 (MNiSW: 20, IF: 1,103, liczba cytowań: 3)
5. **P. Siwak, D. Garbiec:** *The microstructure and mechanical properties of WC-Co, WC-Co-Cr₃C₂ and WC-Co-TaC cermets fabricated by spark plasma sintering*, Transactions of Nonferrous Metals Society of China, vol. 26, nr 10, 2016, s. 2641-2646 (MNiSW: 30, IF: 1,342, liczba cytowań: 22)
6. **P. Siwak, K. Peta, D. Garbiec:** *Analysis of improvements in technological properties of WC-Co tool materials fabricated by spark plasma sintering*, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, vol. 75, nr 2, 2016, s. 61-65 (MNiSW: 12, liczba cytowań: 1)
7. **D. Garbiec, P. Siwak, J. Jakubowicz:** *The effect of heating rate and sintering time on properties of WC-6Co nanocrystalline composites produced by spark plasma*

sintering, Composites Theory and Practice, r. 15, nr 1, 2015, s. 48-53 (MNiSW: 11, liczba cytowań: 3)

W zaprezentowanym cyklu siedmiu publikacji, wskazanych jako elementy osiągnięcia naukowego, wszystkie publikacje są współautorskie. Habilitant nie podaje informacji o udziale procentowy jego wkładu w opracowaniu poszczególnych publikacji. Z załączonych oświadczeń współautorów można się jedynie domyślać, że miał znaczący udział w ich opracowaniu. Sumaryczny *impact factor* publikacji wskazanych jako element osiągnięcia naukowego wynosi 9,871. Liczba punktów Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego publikacji wskazanych jako element osiągnięcia naukowego wynosi łącznie 383.

Prezentowane publikacje, wskazane jako elementy osiągnięcia naukowego, stanowią logicznie powiązany ciąg prac ilustrujących realizowane przez Habilitanta badania związane z technologią wytwarzaniem materiałów kompozytowych spiekanych (węglików spiekanych) WC-Co o określonych właściwościach mechanicznych z zastosowaniem iskrowego spiekania plazmowego oraz metodami oceny ich wybranych parametrów mechanicznych.

Postęp w dziedzinie projektowania nowych maszyn i urządzeń technologiczny nierozzerwalnie związany jest z projektowaniem nowych materiałów konstrukcyjnych o unikatowych i pożądanых właściwości technologicznych, mechanicznych i użytkowych. Obserwuje się systematycznie rosnące wymagania przemysłu maszynowego w odniesieniu do materiałów konstrukcyjnych przede wszystkim w zakresie ich zwiększonej odporności na oddziaływanie wysokiej temperatury, czynników korozyjnych i zużycie w warunkach eksploatacyjnych. Konwencjonalne materiały konstrukcyjne niejednokrotnie nie są w stanie spełnić tych wymagań. Jedną z grup nowych materiałów konstrukcyjnych o interesujących właściwościach technologicznych i mechanicznych są kompozyty spiekane. Węglik spiekane należą do grupy materiałów kompozytowych, w których rolę osnowy pełni miękki i plastyczny metal (najczęściej kobalt Co), natomiast fazą wzmacniającą jest twardy i kruchy materiał ceramiczny (najczęściej węgiel wolframu WC). Materiały kompozytowe w formie węglików spiekanych charakteryzują się dużą twardością oraz dobrą odpornością na pękanie i zużycie ściernie, zatem chętnie są stosowane do budowy płytek skrawających do obróbki wiórowej metali oraz pewnych części maszyn. Prowadzone są liczne badania nad rozwojem technologii węglików spiekanych koncentrujące się na dwóch nurtach: próby zastąpienia osnowy kobaltowej innymi materiałami oraz próby poprawy właściwości mechanicznych węglików spiekanych z osnową kobaltową poprzez optymalizację parametrów procesu ich wytwarzania. Do wytwarzania węglików spiekanych często stosuje się procesy metalurgii

proszków, w tym spiekanie iskrowo-plazmowe (ang. *Spark Plasma Sintering – SPS*). Technologia SPS polega na jednoczesnym prasowaniu i spiekaniu materiału proszkowego, przy czym do jego nagrzewania stosuje się impulsowy przepływ prądu stałego. Podstawowymi parametrami sterującymi procesem spiekania są: temperatura spiekania, ciśnienie prasowania, czas spiekania, szybkość nagrzewania, czas trwania pojedynczego impulsu prądowego oraz czas przerwy pomiędzy tymi impulsami. Dobór tych parametrów decyduje o procesach fizykochemicznych zachodzących w procesie spiekania, a w efekcie o właściwościach technologicznych, mechanicznych i użytkowych spieku. Istnieje zatem interesujący obszar badawczy, w którym Habilitant ulokował swoje prace.

Główną ideą prowadzonych badań było ulepszenie właściwości mechanicznych materiałów kompozytowych WC-Co wytwarzanych w technologii spiekania iskrowo-plazmowego (SPS). Ponadto Habilitant zaprojektował unikatowe stanowisko badawcze wyposażone w nanotwardościomierz Picodentor HM500, na którym badał mechanizmy odkształcania się węglików spiekanych w trakcie pomiaru ich twardości. W ramach realizowanych prac badawczych Habilitant zaprojektował i wykonał nowe oprzyrządowanie narzędziowe zwiększające wydajność wytwarzania płytek skrawających.

W pierwszym etapie Habilitant koncentrował się na badaniach wpływu parametrów procesu spiekania SPS na parametry mechaniczne otrzymywanych spieków. Wykonana została seria badań eksperymentalnych, w których zastosowano proszek kompozytowy WC-6Co o wielkości cząstek WC w zakresie 40-80 nm i czystości 99,9%. W wyniku spiekania Habilitant uzyskał materiał dwufazowy, składający się wyłącznie z fazy WC i Co. Badania te miały na celu określenie wpływu szybkości nagrzewania oraz czasu nagrzewania na mikrostrukturę spieku. Habilitant przeanalizował wpływ szybkości nagrzewania na rozrost kryształów WC i Co. Istotnym elementem analizowanej pracy było także określenie wpływu szybkości nagrzewania na właściwości mechaniczne węglików spiekanych typu WC-6Co wytwarzanych metodą SPS. W trakcie badań zaobserwowano, że kompozyt spiekany z większą szybkością nagrzewania, przy takim samym czasie spiekania, charakteryzował się lepszą konsolidacją. Porowatość oraz obszary o niepełnej konsolidacji wpływają na twardość spieków, przy czym wzrost porowatości powoduje spadek twardości. W pracy Habilitant wykazał, że dwukrotne zwiększenie czasu spiekania, umożliwia uzyskanie pełnej konsolidację materiału niezależnie od prędkości nagrzewania. Materiały kompozytowe wykonane w takich warunkach charakteryzowały się znacznie większą twardością. Ponadto, w przypadku kompozytów spiekanych w czasie 10 min, Habilitant zaobserwował

zmniejszenie wpływ szybkości nagrzewania na twardość spieku. Otrzymane w tych warunkach spieki charakteryzowały się korzystną odpornością na kruche pękanie. W autorskich badaniach Habilitant udowodnił, że zarówno szybkość nagrzewania, jak i czas spiekania w istotny sposób zmieniają właściwości materiałów. Spiekanie z większą szybkością nagrzewania intensyfikuje proces konsolidacji. W przypadku wydłużenia czasu spiekania również obserwowano poprawę właściwości mechanicznych badanych materiałów. Na podstawie prezentowanych wyników badań Habilitant wyciągnął wniosek, że wzrost szybkości nagrzewania konsolidowanego proszku tylko nieznacznie wpływa na zmniejszenie sztywności spieków. Natomiast wydłużenie czasu spiekania, powoduje wzrost modułu Younga zarówno dla większej jak i mniejszej szybkości nagrzewania.

Kontynuacją tych prac były badania, w których Habilitant porównywał wpływ różnych wielkości cząstek proszku WC-6Co na właściwości mechaniczne uzyskanych spieków, które Habilitant wyznaczał metodą indentacji. Do badań zastosował dwa rodzaje mieszanin proszkowych WC-6Co o wielkości cząstek WC w zakresie 100-200 nm i 30-50 μm . Na podstawie krzywych obciążenia/wgłębienia zarejestrowanych podczas indentacji wykonanej przy obciążeniu 300 mN. Habilitant zauważył, że nanotwardość spieków z proszku o ultradrobnej wielkości cząstek zwiększa się wraz ze skróceniem czasu spiekania i zmniejszeniem szybkości nagrzewania. W ramach przeprowadzonych badań Habilitant wykonał również pomiary modułu Younga uzyskanych węglików. Habilitant zauważa, że w warunkach pracy uderzeniowej ostrzy skrawających z węglików spiekanych proces zużycia następuje przede wszystkim poprzez pękanie, a tylko w ograniczonym stopniu przez typowe zużycie ściernie. W związku z powyższym Habilitant wyznaczył podatność na kruche pękanie badanych próbek. Badania wykazały, że jedynie spiek wytworzony z proszku mikrometrycznego osiągnął wynik 0,53 $\mu\text{m}/\text{N}$. Natomiast spieki wykonane z proszku o ultradrobnej wielkości cząstek, uzyskały wartość tego parametru na poziomie 0,59-0,60 $\mu\text{m}/\text{N}$. Habilitant zauważa, że praca pękania węglików spiekanych wytworzonych z proszku o wielkości cząstek w zakresie 100-200 nm, niezależnie od zastosowanego czasu spiekania i szybkości nagrzewania, wyniosła 0,09 μJ . Natomiast węgliki spiekane otrzymane z proszku mikrometrycznego osiągają wartość pracy pękania w zakresie 0,09-0,13 μJ , co oznacza, że praca pękania tych materiałów niewiele wzrasta wraz ze znaczącym zmniejszeniem twardości.

W dalszych badaniach Habilitant przeanalizował wpływ dodatku inhibitorów Cr_3C_2 i TaC wzrostu ziaren WC na mikrostrukturę oraz twardość węglików spiekanych i ich odporność na kruche pękanie. W badaniach analizowano rozkład ziaren WC i fazy wiążącej

Co. Badania wielkość ziaren węglików spiekanych potwierdziły skuteczności działania inhibitorów wielkości ziaren. Po zastosowaniu inhibitorów wielkość cząstek kompozytu WC-5Co zmniejszyła się z 47 nm nawet do 26 nm (dla inhibitora Cr_3C_2). Otrzymane węgliki spiekane charakteryzowały się gęstością względną powyżej 97%. Zrealizowane przez Habilitanta pomiary wykazały, że spiek WC-5Co-2 Cr_3C_2 ma największą twardością spośród badanych materiałów o 39% większą niż bez dodatku inhibitora Cr_3C_2 . Ponadto otrzymane kompozyty z dodatkiem inhibitorów wzrostu ziaren charakteryzowały się większą odpornością na kruche pękanie. Poprawę tego parametru Habilitant uzyskał odpowiednio dobierając warunki spiekania. Habilitant również zauważył, że dodatek inhibitorów powoduje wzrost modułu Younga węglików spiekanych, co wskazuje jednoznacznie, że obecność inhibitorów ograniczania wzrostu ziaren wpływa na poprawę sztywności spieku.

Uzyskanie pozytywnych wyników z wcześniejszych badań skłoniły Habilitanta do kontynuacji prac badawczych nad wpływem dodatków inhibitorów wzrostu ziaren na właściwości mechaniczne węglików spiekanych typu WC-Co. W kolejnym etapie prac badawczych Habilitant wytwarzał węgliki spiekane z jednoczesnym dodatkiem dwóch inhibitorów wzrostu ziaren Cr_3C_2 i TaC zmieszanych w różnych proporcjach. W ramach prowadzonych prac Habilitant badał rozkład ziaren WC i Co i zaobserwował ich równomierność. W niektórych spiekach zauważył wady mikrostrukturalne w postaci aglomeratów, których przyczynę powstanie Habilitant tłumaczy procesem mieszania proszków i wynikającą z niego segregacją cząstek. Aby ograniczyć to niekorzystne zjawisko Habilitant zaproponował ultradźwiękowe mieszanie proszków. Ponadto w badaniach wykazał, że zwiększenie zawartości dodatków inhibitorów może zapobiegać powstawaniu aglomeracji cząstek proszków, dzięki czemu uzyska się drobną mikrostrukturę bez wewnątrzstrukturalnych wad. Przebadane przez Habilitanta materiały kompozytowe z mieszaną inhibitorów wzrostu ziaren, wykazywały większą twardość węgla oraz poprawę odporności na kruche pękanie. Największą twardością odznaczał się węgiel spiekany WC-6Co-0,5 Cr_3C_2 -0,5TaC z dodatkami zarówno Cr_3C_2 jak i TaC, który uzyskał twardość 1870 HV30, przy jednoczesnej odporności na pękanie równej 9,48 MPa·m^{1/2}. Cennym wynikiem badań zrealizowanych przez Habilitanta było porównanie właściwości mechanicznych uzyskanych kompozytów z materiałami dostępnymi w handlu. Do porównania Habilitant wybrał płytki skrawające firmy Baidonit: H10 (WC-6Co) i H10S (WC-4,5Co-4,5TaC-NbC). Wyniki analizy porównawczej wskazały, że twardość handlowych płytek skrawających jest mniejsza niż w przypadku spieków wytworzonych przez Habilitanta o podobnym składzie chemicznym, ale z zawartością inhibitorów wzrostu.

Na podstawie uzyskanych wyników porównania można wyraźnie zauważyć pozytywny wpływ zastosowania dodatków stopowych zarówno na twardość kompozytów, jak i na inne właściwości mechaniczne węglików spiekanych wytwarzanych metodą SPS.

W następnych etapach pracy badawczej Habilitant kontynuował badania nad wpływem dodatku wybranych inhibitorów wzrostu ziaren, takich jak Cr_3C_2 i TaC-NbC , na ewolucję mikrostruktury i wybrane właściwości mechaniczne węglików spiekanych. W badaniach Habilitant konsolidował uzyskane mieszaniny proszków przy zastosowaniu różnych parametrów procesu SPS celem wyznaczenia najkorzystniejszego wariantu temperatury spiekania i ciśnienia prasowania. W badaniach mikrostruktury spieków Habilitant wykazał obecność fazy wtórnej η o prawie kulistym kształcie. Przeprowadzone przez Habilitanta badania rentgenowskie wykazały, że udział faz wtórnych zmniejsza się wraz ze wzrostem ciśnienia prasowania i szybkości nagrzewania. W badaniach mikrostruktury węglików Habilitant wykazał, że dodatek inhibitorów wzrostu ziarna Cr_3C_2 i TaC-NbC wpłynął na ewolucję mikrostruktury w zakresie intensywniejszego tworzenia się faz wtórnych, co jest zjawiskiem niekorzystnym. Pojawianie się fazy wtórnej można ograniczyć dobierając odpowiednio parametry procesu spiekania. Najmniejszą obecność fazy wtórnej zaobserwowano dla spieków wytworzonych przy ciśnieniu 60 MPa i szybkości nagrzewania 400°C/min. Habilitant wykazał, że dodatek inhibitorów wzrostu ziaren wpływa na poprawę twardości węglików spiekanych, tylko wówczas, gdy ich zawartość nie przekroczyła 2% udziału wagowego składu chemicznego kompozytu. W przeciwnym razie właściwości mechaniczne ulegają pogorszeniu. Odporność na kruche pękanie spieków z dużą zawartością inhibitorów wzrostu ziaren jest mniejsza ponieważ w mikrostrukturze wzrasta zawartość fazy wtórnej.

Kolejne prace badawcze Habilitanta dotyczyły określenia wpływ dodatków stopowych Cr_3C_2 , TaC-NbC , TiC i VC na twardość kompozytów. Z przeprowadzonych badań wynikało, że mikrotwardość węglików spiekanych WC-Co dla wszystkich badanych wariantów była większa niż uzyskana podczas badań twardości kompozytów. Habilitant zauważył, że przyczyną takiego stanu rzeczy może być rozwój pękania w trakcie procesu mikrowgłębienia oraz zmniejszenie naprężenia kompozytu WC-Co. Habilitant wykazał wpływ mechanizmów deformacji i pękania faz WC i Co na wyniki pomiarów mikro- i nanoindentacji. W przeprowadzonych badaniach Habilitant podjął się określenia wpływu tzw. efektu wgłębienia na wartość mierzonej twardości kompozytów z węglików spiekanych.

Ostatnim etapem pracy badawczej Habilitanta było wdrożenie uzyskanych wyników badań do praktyki przemysłowej. Celem tych badań było zastosowanie węglików spiekanych typu WC-Co otrzymanych metodą SPS do wytwarzania płytek narzędzi skrawających oraz elementów maszyn szczególnie narażonych na występowanie dużych obciążeń mechanicznych. Badania te Habilitant zrealizował w ramach projektu finansowanego przez NCBiR pt. *„Wytwarzanie innowacyjnych elektrod do nagrzewania i hartowania drutu oraz narzędzi do obróbki twardych materiałów z nanokrystalicznych proszków WC-Co spiekanych metodą SPS”*. Habilitant zaprojektował narzędzia grafitowe do wytwarzania na skalę półprzemysłową półfabrykatu na płytki skrawające w formie spieku o wymiarach 29,8 x 29,8 mm oraz technologię jego cięcia metodą elektroerozyjną na płytki o wymiarach 9,70 x 9,70 x 3,16 mm. Ponadto Habilitant w ramach projektu kontynuował badania proces wytwarzania kompozytów z węglika spiekane WC-5Co. W efekcie tych badań Habilitant otrzymał węgliki spiekane WC-5Co o większej twardości i jednocześnie takiej samej odpornością na kruche pękanie jak komercyjne płytki skrawające dostępne w handlu. Opracowana technologia została również zastosowana do wytwarzania odpornych na zużycie ściernie elementów maszyn, takich jak: tuleje, dysze przewodzące, elektrody do nagrzewania i hartowania drutu.

Przedstawiony cykl siedmiu publikacji dobrze ilustruje opisane powyżej osiągnięcia naukowe Habilitanta. Badania naukowe Habilitanta mają silny aspekt praktyczny. W autorskich badaniach Habilitant rozwijał technologię wytwarzania węglików spiekanych typu WC-Co z dodatkami stopowymi metodą spiekania SPS. Habilitant przeanalizował wpływ parametrów tego procesu na właściwości mechaniczne węglików spiekanych typu WC-Co. Ponadto wykazał, że zastosowanie odpowiednich inhibitorów wzrostu ziaren umożliwia otrzymywanie materiałów o dużo lepszych właściwościach technologicznych. Habilitant opracował zestaw efektywnych parametrów procesu spiekania technologią SPS do wytwarzania materiałów kompozytowych typu WC-Co. Prace badawcze Habilitanta obejmowały również określenia wpływu tzw. efektu wgłębienia na wartość twardości kompozytów z węglików spiekanych. W efekcie końcowym Habilitant wdrożył w praktyce przemysłowej wyniki swoich prac. Działania te umożliwiły uzyskanie znacząco lepszej produktywności technologii SPS wytwarzania płytek skrawających oraz elementów i części maszyn oraz lepsze właściwości technologiczne i eksploatacyjne ostrzy narzędzi skrawających.

Podsumowując przedstawione osiągnięcia naukowe stwierdzam, że wskazany przez Habilitanta cykl **siedmiu powiązanych tematycznie publikacji pod wspólnym tytułem:**

„Technologia iskrowo-plazmowa wytwarzania kompozytów z węglików spiekanych typu WC-Co oraz badania ich właściwości technologicznych i eksploatacyjnych” może stanowić podstawę do ubiegania się o uzyskanie stopnia naukowego doktora habilitowanego przez dr inż. Piotra Siwaka.

2.2. Ocena pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych, dorobku naukowego i publikacyjnego

Habilitant obok publikacji będących elementami osiągnięcia naukowego przedstawił szereg publikacji będących efektem jego pozostałej działalności naukowej. Dorobek ten obejmuje 61 publikacji oraz jeden patent krajowy (uzyskany przed doktoratem) i jeden wzór użytkowy. Przedstawiony dorobek współautorskich publikacji obejmuje: 11 publikacji w czasopiśmie z JCR posiadających Impact Factor, 26 publikacji w czasopiśmie nie posiadających Impact Factor, 3 rozdziały w monografiach, 11 publikacji w materiałach konferencyjnych oraz 10 streszczeń w materiałach konferencyjnych.

W przedstawionym dorobku całościowym liczącym 68 pozycji, 15 pozycje jest wyróżnionych w *Journal Citation Reports* (sumaryczny IF=24,920). Liczba punktów Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego za powyższe publikacje wynosi łącznie 1043 punkty. Habilitant osiągnął indeks *Hirscha* (stan na 10 maja 2021) wg bazy *SCOPUS* równy 6. Całkowita liczba cytowań wynosi 107, przy czym bez autocytowań 104. Oceniając osiągniętą wartość indeksu *Hirscha* można stwierdzić, że w inżynierii mechanicznej jest to wynik dostateczny, wystarczający przy ubieganiu się o stopień doktora habilitowanego.

Odnosząc się do poza publikacyjnych osiągnięć naukowo-badawczych stwierdzam co następuje:

- Habilitant jest autorem i współautorem ośmiu osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych i technologicznych: innowacyjnego stanowiska do zrobotyzowanego spawania elementów nadwozia specjalistycznych pojazdów, technologii mieszania i wykonywania innowacyjnych mieszanin proszkowych nowej generacji materiału narzędziowego, konstrukcji specjalistycznej elektrody do nagrzewania i hartowania drutu stosowanego na sprężyny, konstrukcji wibroizolacyjnego stołu laboratoryjnego stosowanego w pomiarach twardości, konstrukcji mieszalników kaskadowych jedno- oraz dwu-misowych, konstrukcji regulowanego młyna mieląco-rozdrabniającego, konstrukcji mechanicznego stołu przesuwnego XY oraz konstrukcji stacji kontroli jakości do pomiarów ściernic szlifierskich typu BZZ.

- Habilitant brał udział we wdrażaniu dla potrzeb przemysłu oryginalnych rozwiązań konstrukcyjnych i technologicznych z czego pięć wdrożeń po doktoracie: technologii wytwarzania elektrod do nagrzewania i hartowania drutu i narzędzi do obróbki twardych materiałów z nanokrystalicznych proszków WC-Co, krążków z nanowęglików spiekanych do hartowania sprężyn, technologii wykonywania mieszanin proszkowych stosowanych jako nowej generacji materiał narzędziowy, technologii zrobotyzowanego spawania i skanowania 3D wyrobów metalowych oraz technologii kontrolno-pomiarowej przy zastosowaniu innowacyjnego wysokościomierza pomiarowego sterowanego na poduszce powietrznej.
- Habilitant jest autorem jednego patentu (osiągnięcie przed doktoratem). Patent nr 217930 pt.: *Włącznik i wyłącznik do parasola ogrodowego*.
- Habilitant jest autorem jednego wzoru użytkowego. Wzór użytkowy nr 68055 pt.: *Grawerko frezarka*.
- Habilitant po doktoracie opracował łącznie 7 ekspertyz, opinii i analiz naukowych na zamówienie instytucji publicznych i przedsiębiorców.
- Habilitant posiada duży dorobek projektowy. Jeszcze przed doktoratem brał udział w 3 projektach krajowych, przy czym jednym z nich kierował. Po doktoracie Habilitant brał udział w 9 projektach krajowych. W dwóch z tych projektów był kierownikiem. W chwili obecnej bierze udział w dwóch projektach kierując jednym z nich.
- Habilitant uzyskał dwie nagrody o charakterze międzynarodowym (wyróżnienie na Międzynarodowych Targach w Japonii „Precision Sheet Metal Technology Fair” w 2019 oraz nagroda na Międzynarodowych Targach Amada w 2021) oraz siedem nagród krajowych o charakterze lokalnym (w tym jedna nagroda rektora Politechniki Poznańskiej za osiągnięcia naukowe).
- Habilitant uczestniczył łącznie w 14 konferencjach. Wszystkie konferencje organizowane były w kraju z czego 5 miało charakter międzynarodowy. Przy czym po doktoracie brał udział w 9 konferencjach z czego dwie o charakterze międzynarodowym.

Podsumowując stwierdzam, że osiągnięcia naukowo-badawcze Habilitant są na dobrym poziomie i pokrywają wiele obszarów aktywności naukowej. W świetle powyższego stwierdzam, że w odniesieniu do osiągnięć naukowo-badawczych uznaję spełnienie przez Habilitanta wymagań stawianych przy ubieganiu się o stopień naukowy doktora habilitowanego.

3. Ocena działalności dydaktycznej i organizacyjnej

Oceniając dorobek dydaktyczny i popularyzatorski oraz dorobek organizacyjny i współpracę międzynarodową stwierdzam co następuje:

- Habilitant deklaruje we wniosku uczestnictwo w trzech projektach finansowanych z funduszy europejskich realizowanych w ramach programu Kapitał Ludzki, Narodowej Strategii Spójności z Europejskiego Funduszu Społecznego. Zatem, aktywność Habilitanta na tym polu jest zadowalająca.
- Habilitant po doktoracie deklaruje dwukrotny udział w pracach komitetów organizacyjnych konferencji *Ogólnopolskie Seminarium Spark Plasma Sintering* w charakterze Vice-przewodniczącego i Członka komitetu organizacyjnego.
- Habilitant deklaruje udział w dwóch konsorcjach badawczych powiązanych z realizacją projektów badawczych z jednostkami innymi niż macierzysta uczelnia, krajowymi i zagranicznymi. Jest to współpraca z Siecią Badawczą Łukasiewicz – Instytutem Obróbki Plastycznej w Poznaniu oraz University of Windsor, Kanada.
- Habilitant nie deklaruje członkostwa w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism, zatem kryterium to nie jest spełnione.
- Habilitant deklaruje członkostwa w dwóch krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych. Ponadto jest członkiem jednej organizacji o charakterze biznesowym (izby gospodarczej) oraz członkiem Rady Programowej przy PWSZ w Koninie.
- Habilitant prowadzi liczne zajęcia w 12 przedmiotach i formach dydaktycznych. Jest autorem oryginalnych materiałów dydaktycznych oraz opracowywał treści kształcenia. Był członkiem zespołów odpowiedzialnych za moduły kształcenia na kierunkach: inżynieria biomedyczna, mechanika i budowa maszyn oraz mechatronika. Organizował zajęcia dydaktyczne laboratorium badań własności technologicznych. Był łącznie promotorem 11 prac magisterskich i 26 prac inżynierskich. Habilitant pełnił funkcję przewodniczącego komisji egzaminacyjnej w przypadku studiów pierwszego stopnia. Ponadto Habilitant był członkiem gremiów kolegialnych o charakterze dydaktycznym:
 - Członek Wydziałowej Komisji Kwalifikacyjnej w Politechnice Poznańskiej w ramach rekrutacji na studia stacjonarne II stopnia studiów dziennych, kierunki: zarządzanie i inżynieria produkcji oraz mechatronika w okresie 2015/2016; 2018/2019.
 - Członek dziekańskiej komisji ds. nagród na Wydziale Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej w okresie 2016-2020.

- Członek komisji ds. nauki i ewaluacji działalności naukowej na Wydziale Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej w kadencji 2020-2024.
- Habilitant jest promotorem pomocniczym w dwóch przewodach doktorskich, przy czym jeden z przewodów jest otwarty a drugi zamknięty.
- Habilitant uczestniczył dwukrotnie w stażach naukowych, w jednostce zagranicznej (University of Windsor, Kanada w okresie 28.11.2018 – 19.08.2019r.) i jednostce krajowej (Sieci Badawczej Łukasiewicz, Instytucie Obróbki Plastycznej w Poznaniu w okresie 01.12.2019- 31.12.2019r.).
- Habilitant ma bogatą współpracę z przemysłem. Współpracował z 9 firmami krajowymi i zagranicznymi. Publikował w czasopismach branżowych (6 publikacji) oraz odbywał staże i praktyki zawodowe.
- Habilitant był członkiem zespołów na Międzynarodowych Targach Poznańskich. Uczestniczył w wydawaniu opinii i ekspertyzy dotyczących produktów zgłoszonych do konkursu o Złoty Medal MTP na targach ITM Polska 2013r.
- Habilitant deklaruje współpracę w zakresie przygotowywania recenzji w czasopiśmie *Materials* (IF3,057). W ramach współpracy opracował 9 recenzji.
- Habilitant brał udział w działaniach promujących naukę na Międzynarodowych Targach Poznańskich z cyklu Innowacje – Technologie – Maszyny, Poznań 2009.

Podsumowując stwierdzam, że w odniesieniu do osiągnięć dydaktycznych i organizacyjnych Habilitant wykazuje dużą różnorodną aktywność zatem spełnia wymagania stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego na dobrym poziomie. W świetle powyższego stwierdzam, że **w odniesieniu do osiągnięć dydaktycznych i organizacyjnych Habilitant spełnia stawiane wymagania.**

4. Podsumowanie i wnioski końcowe

W świetle przedstawionej powyżej oceny osiągnięcia naukowego w formie cyklu siedmiu artykułów powiązanych tematycznie pod wspólnym tytułem: „*Technologia iskrowo-plazmowa wytwarzania kompozytów z węglików spiekanych typu WC-Co oraz badania ich właściwości technologicznych i eksploatacyjnych*”, stwierdzam, że spełnia ono wymagania wynikające z ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668 z zm.), stanowiąc podstawę ubiegania się o uzyskanie stopnia naukowego doktora habilitowanego. Osiągnięcia Habilitant wniosły istotny wkład w dyscyplinę inżynieria mechaniczna. Do oryginalnych osiągnięć Habilitanta zaliczam:

1. Poprawę właściwości mechanicznych (twardości, odporności na kruche pękanie, modułu sprężystości wzdłużnej, gęstości, naprężeń plastycznych, odporności na zużycie ścierne) kompozytów z węglików spiekanych typu WC-Co, w stosunku do materiałów konwencjonalnych, dzięki zastosowaniu nanoproszków oraz dodatków stopowych jako inhibitorów wzrostu ziaren.
2. Analizę eksperymentalną i opracowanie wytycznych do doboru efektywnych warunków i parametrów realizacji procesu spiekania technologią SPS do wytwarzania materiałów kompozytowych typu WC-Co.
3. Uzyskanie znacząco lepszej produktywności procesu SPS do wytwarzania części maszyn poprzez odpowiednie modyfikacje technologii, tj. zastosowanie przepływu impulsowego prądu elektrycznego przez zaprojektowany zestaw narzędziowy (stemple i matryce grafitowe).

Odnosząc się do istotnej aktywności naukowo-badawczych Habilitanta stwierdzam, że w na zadowalającym poziomie spełnia on wymagania wynikające z ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668 z zm.). Analiza dorobku dydaktycznego, popularyzatorskiego oraz organizacyjnego wykazała, że Habilitant również na odpowiednim poziomie spełnia wymagania wynikające z ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668 z zm.).

W konkluzji, wniosek o nadanie **dr inż. Piotrowi Siwakowi stopnia doktora habilitowanego nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna** uważam za uzasadniony. W związku z tym wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Poznańskiej o podjęcie dalszej procedury w sprawie nadania **dr inż. Piotrowi Siwakowi stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.**

