Prof. dr hab. inż. Anna Biedunkiewicz
Katedra Technologii Materiałowych
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
70-310 Szczecin
Al. Piastów 19
Tel.: +48 914494071

Szczecin, 23.05.2022r.

Recenzja
dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego
dra inż. Marcina Winnickiego
ze szczególnym uwzględnieniem osiągnięcia pt.:
„Technologia wytwarzania powłok z proszków ceramiczno-metalicznych oraz ceramicznych metodą niskociśnieniowego natryskiwania zimnym gazem"
w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego *nauk technicznych* w dyscyplinie *inżynieria mechaniczna*

Recenzja została wykonana na podstawie decyzji Rady Doskonałości Naukowej oraz uchwały Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Wrocławskiej nr 249/15/RDND07/2021÷2024 i w zw. z art. 221 ust.4 i art.183 oraz art. 115 ust. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku - *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U.2021r. poz.478 z późniejszymi zmianami) oraz dokumentację merytoryczną przygotowaną przez dra inż. Marcina Winnickiego, którą stanowiły: *wniosek przewodni, dane wnioskodawcy, autoreferat wraz z wykazem publikacji, kopię dokumentu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora, wykaz osiągnięć naukowych albo artystycznych stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny, oświadczenia współautorów poszczególnych prac, kopie dokumentów poświadczające poszczególne osiągnięcia naukowe, wykaz prac ujętych w powiązanym tematycznie cyklu publikacji naukowych. Dokumentacja wraz z załącznikami dostarczona została również w wersji papierowej.*

Charakterystyka ogólna

Pan Marcin Winnicki jest absolwentem Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej, kierunku Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, gdzie we wrześniu 2009 roku obronił pracę magisterską pt.: „***Analiza techniczno-ekonomiczna zastosowań zgrzewania tarciowego***" w ramach specjalności organizacja produkcji. Od czerwca 2010 roku do chwili obecnej jest zatrudniony jako administrator studiów podyplomowych Procesy Spajania, Projektowanie i Wytwarzanie Struktur Spawanych realizowanych na Wydziale Mechanicznym Politechniki Wrocławskiej. W styczniu 2011 roku ukończył studia podyplomowe nt. „Zarządzanie projektami Unii Europejskiej" na Wydziale Informatyki i Zarządzania Politechniki Wrocławskiej. Od września 2008 do sierpnia 2009 roku Marcin Winnicki pracował w firmie ASPA Sp.z o.o. na stanowisku technologa, od stycznia 2010 do września 2011 roku w Technologii Instytucie Maszyn i Automatyzacji Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej na stanowisku starszego referenta technicznego, a od grudnia 2011 do grudnia 2013 roku na stanowisku naukowym w ramach grantu

Preludium- programu finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki. Stanowisko asystenta naukowo-dydaktycznego w Katedrze Materiałoznawstwa, Wytrzymałości i Spawalnictwa Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej otrzymał w październiku 2014 roku.

Po obronionej pracy doktorskiej ***„Wybrane właściwości powłok cynowych i miedzianych naniesionych na podłoże aluminiowe metodą niskociśnieniowego natryskiwania na zimno"*** dnia 8. lipca 2015 roku otrzymał dyplom doktora nauk technicznych w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn. Decyzją Rady Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej rozprawa doktorska otrzymała wyróżnienie. Pan Marcin Winnicki pracę doktorską realizował pod opieką prof. dra hab. inż. Andrzeja Ambroziaka w funkcji promotora oraz dra hab. inż. Jana Hejny w funkcji kopromotora podczas Interdyscyplinarnych studiów doktoranckich na nowoutworzonym kierunku Procesy, Technologie i Materiały Przyjazne Środowisku w Budowie Środków Transportu na Wydziale Informatyki i Zarządzania PWr, w ramach projektu finansowanego z Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki pt. „Młoda Kadra 2015+". Na realizację rozprawy doktorskiej Pan Marcin Winnicki otrzymał dwa stypendia, tj. stypendium projakościowe Politechniki Wrocławskiej przyznawane doktorantom z wyróżniającym się dorobkiem naukowym oraz stypendium dla najlepszych doktorantów Politechniki Wrocławskiej, które otrzymywał w latach 2011-2015. Ponadto, Urząd Marszałkowski Województwa Dolnośląskiego przyznał Doktorantowi stypendium Grant Plus na okres od października 2013 do września 2014 roku.

Awans na stanowisko adiunkta naukowo-dydaktycznego dr inż. Marcin Winnicki otrzymał w październiku 2015 roku. W 2016 roku Marcin Winnicki uzyskał roczne stypendium START dedykowane dla wybitnych młodych uczonych na początku kariery naukowej posiadających udokumentowane osiągnięcia w swojej dziedzinie badań od Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej. W styczniu 2019 roku przeniósł się do Katedry Obróbki Plastycznej, Spawalnictwa i Metrologii Wydziału Mechanicznego PWr, gdzie pracuje do chwili obecnej na tym samym stanowisku. W marcu 2017 roku objął funkcję kierownika pracowni Natryskiwania Zimnym Gazem, najpierw w Katedrze Materiałoznawstwa, Wytrzymałości i Spawalnictwa, a obecnie w Katedrze Przeróbki Plastycznej, Spawalnictwa i Metrologii.

Z przedstawionej dokumentacji wynika, że po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych Habilitant był kierownikiem projektu naukowego SONATA nr 2016/23/D/ST8/00675, pt. „Mechanizm łączenia submikronowych cząstek ceramicznych w procesie natryskiwania zimnym gazem" finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki w latach 2017-2020. Wyniki badań uzyskane w ramach tego projektu opublikowane zostały w publikacjach wskazanych przez Kandydata w formie cyklu trzynastu **(13)** powiązanych tematycznie artykułów naukowych pod wspólnym tytułem ***„Technologia wytwarzania powłok z proszków ceramiczno-metalicznych oraz ceramicznych metodą niskociśnieniowego natryskiwania zimnym gazem"***, które ukazały się w latach 2016-2021.

W lipcu 2019 roku dr inż. Marcin Winnicki odbył finansowany z projektu SONATA tygodniowy staż naukowy na Uniwersytecie w Limoges we Francji. Pod opieką prof. Alaina Denoirjeana prowadził testy zarysowań powłok ceramicznych naniesionych na podłoża metaliczne metodą LPCS (niskociśnieniowe zimne natryskiwanie). Wyniki badań pozyskane podczas stażu zostały opublikowane w artykule „*Mechanical properties of TiO_2 coatings deposited by low pressure cold spraying*" w czasopiśmie Surface and Coatings Technology w 2021 roku **[A10]**. W ramach stażu Habilitant dodatkowo zapoznał się z budową stanowiska do wykonywania testów fotokatalitycznych rozkładu barwnika organicznego. Na podstawie uzyskanej wiedzy zbudował podobne stanowisko w laboratorium macierzystej jednostki, które już funkcjonuje.

Habilitant brał udział w realizacji projektów w ramach trzech edycji programu Mozart organizowanego przez Urząd Miasta Wrocław. Kolejne edycje programu Mozart umożliwiły Jemu realizacje następujących projektów: „*Optymalizacja technologii nanoszenia powłok z wolframu na styki kontaktronów próżniowych*" w latach 2017-2018 (Mozart VI), „*Opracowanie technologii regeneracji elementów sprężarki tłokowej, układu hamulcowego oraz skrzyni biegów*" w latach 2018-2019 (Mozart VII) oraz "*Opracowanie*

innowacyjnego zrobotyzowanego stanowiska do wytwarzania robotów budowlanych" w latach 2019-2020 (Mozart VIII). W VIII edycji programu Mozart, którego efektem było wdrożenie przemysłowe polegające na doborze technologii i optymalizacji parametrów spawania wybranych podzespołów produkowanego przez firmę Advanced Robotic Engineering Sp. z o.o. robota budowlanego pełnił funkcję kierownika projektu. Wyniki tych badań Habilitant nie zalicza do osiągnięć naukowych zawartych we wniosku o nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego.

Realizując badania naukowe i rozwojowe w ramach programu Mozart odbywał staże przemysłowe, które miały miejsce w takich firmach jak: PIT-Radwar, Oddział Wrocław, Wabco Polska oraz Advanced Robotic Engineering Sp. z o.o.

Od marca 2021 roku Habilitant zostaje kierownikiem trzyletniego projektu Lider nr 0142/L-11/2019 pt. „*Sonic Jet - precyzyjna drukarka do wytwarzania elastycznej elektroniki*" finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Wyniki badań realizowanych w ramach tego projektu nie wpisują się w osiągnięcia naukowe zawarte w tytule rozprawy habilitacyjnej.

Za działalność naukowo-badawczą Marcin Winnicki otrzymał następujące nagrody: Nagroda Rektora Politechniki Wrocławskiej za osiągnięcia naukowe (2014 r.), Nagroda Rektora Politechniki Wrocławskiej w uznaniu wyróżniającego wkładu w działalność uczelni (2017 r.).

W ramach konkursów zorganizowanych przez Politechnikę Wrocławską w 2020 roku Habilitant został laureatem konkursów *Primus* oraz *Secundus*, a także *Boost your Research Impact 2020* jako naukowiec odpowiednio: (i) o najwyższym dorobku publikacyjnym z dyscypliny inżynieria mechaniczna, a także (ii) wyróżniony w gronie dwudziestu naukowców, którzy najbardziej powiększyły swój dorobek w stosunku do roku poprzedniego.

Wykazując swoje osiągnięcia naukowe Habilitant wskazał List Nominacyjny do Polskiej Nagrody Inteligentnego Rozwoju pod patronatem Prezes Urzędu Patentowego RP w kategorii Naukowiec Przyszłości, otrzymany za realizację projektu Sonata (2019 r.).

Z przedstawionej do oceny dokumentacji nie wynika informacja, że Kandydat ubiegał się wcześniej o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

Ocena dorobku naukowego

Jako osiągnięcie naukowe stanowiące znaczny wkład w rozwój nauki wynikający z ustawy - *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (j.t. Dz.U.2021r. poz.478 z późniejszymi zmianami) dr inż. Marcin Winnicki wskazał cykl trzynastu (**13**) powiązanych tematycznie artykułów naukowych pod wspólnym tytułem ***„Technologia wytwarzania powłok z proszków ceramiczno-metalicznych oraz ceramicznych metodą niskociśnieniowego natryskiwania zimnym gazem"***, które ukazały się w latach 2016-2021 w czasopismach naukowych z listy Journal Citation Reports (JCR): Coatings [**A0**-2021, **A4**-2018, **A5**-2021, **A12**-2019], Archives of Civil and Mechanical Engineering [**A1**-2016], Surface and Coatings Technology [**A2**-2021, **A8**-2019, **A10**-2021, **A11**-2021], Surface Engineering [**A3**-2018], Scanning [**A6**-2017], Materials [**A7**-2021], Journal of Thermal Spray Technology [**A9**-2018]. Przeglądowa publikacja [**A0**] jest jedyną publikacją autorską Habilitanta, opartą na szerokim przeglądzie stanu wiedzy na temat zaawansowanych funkcjonalnych powłok ceramicznych osadzanych techniką low pressure cold sprying (LPCS). Pozostałe publikacje **A1-A12** są wieloautorskie, w publikacjach **A1-A8** oraz **A10 i A11** Habilitant jest głównym autorem.

Większość publikacji, stanowiących 54% dorobku habilitacyjnego z jednotematycznego cyklu były efektem realizacji projektu naukowego SONATA, pt. „Mechanizm łączenia submikronowych cząstek ceramicznych w procesie natryskiwania zimnym gazem" finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki w latach 2017-2020, którego Habilitant był kierownikiem. Sumaryczny *impact factor* (IF) jednotematycznego cyklu publikacji wynosi **30,083**.

Dr inż. Marcin Winnicki jest współautorem łącznie **57** publikacji naukowych, w tym **35** w czasopismach indeksowanych z listy JCR, z tego **28** prac indeksowanych powstało po uzyskaniu stopnia doktora. Sumaryczny Impact Faktor wynosi **80,550** (70,465 po uzyskaniu stopnia doktora), indeks Hircha wynosi **11**, a cytowania tych publikacji, bez autocytowań, wynoszą **286** wg. bazy Web of Science (dane z dnia 12 maja 2022roku).

Należy podkreślić, że w dorobku Habilitanta znajdują się **2** udzielone polskie patenty i jedno (**1**) zgłoszenie patentowe. Habilitant aktywnie uczestniczył w **12** konferencjach naukowych krajowych (8) i międzynarodowych (4). Wygłosił **7** referatów w ramach konferencji krajowych, w tym **2** na konferencjach międzynarodowych. Pan Marcin Winnicki brał udział w realizacji **10** projektów krajowych i **2** europejskich. W trzech projektach krajowych pełnił funkcję kierownika, w tym:

- przed doktoratem – projektem PRELUDIUM pt. „*Właściwości adhezyjne warstw różnorodnych materiałów naniesionych metodą niskociśnieniowego natryskiwania na zimno*" finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki,
- po doktoracie – projektu SONATA pt. „*Mechanizm łączenia submikronowych cząstek ceramicznych w procesie natryskiwania zimnym gazem*" finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki,
- od roku kieruje realizacją projektu LIDER pt. „*Sonic Jet - precyzyjna drukarka do wytwarzania elastycznej elektroniki*" finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

W projektach tych brak było udziału pracowników naukowych z innych jednostek naukowych krajowych i zagranicznych. Pełniąc rolę wykonawcy Habilitant uczestniczył w **9** projektach badawczych, w tym **7** krajowych i **2** międzynarodowych.

Jak wynika z tytułu rozprawy doktorskiej i osiągnięcia naukowego będącego podstawą oceny dorobku w postępowaniu o stopień naukowy doktora habilitowanego zainteresowania Habilitanta obejmują przede wszystkim procesy wytwarzania powłok techniką LPCS. Technika ta jest odmianą metody zimnego natrysku gazowo-dynamicznego (Cold Spray), której historia sięga ponad 40 lat wstecz. Natryskiwanie na zimno (CS) to unikalny proces natryskiwania, w którym materiały natryskiwane nie są topione w pistolecie natryskowym. Zamiast tego cząstki są kinetycznie osadzane na podłożu w niskiej temperaturze przy użyciu sprężonego gazu. W niskociśnieniowym natryskiwaniu na zimno (LPCS) sprężone powietrze lub inny gaz są podgrzewane i wtłaczane przez dyszę naddźwiękową. Proszek jest podawany do powstałego w ten sposób strumienia gazu, który przyspiesza cząsteczki proszku i osadza je na podłożu docelowym. W zależności od trybu pracy urządzenia, obrabiana powierzchnia może być erodowana lub pokrywana odpowiednimi kompozycjami. Technika ta nadaje się do naprawy powierzchni metalowych konstrukcji lub okładzin podczas remontów kapitalnych w przemyśle. Technika ta jest odpowiednia do wytwarzania powłok z lekkich materiałów oraz mieszaniny cząstek metalowych i ceramicznych na szerokiej gamie podłoży.

W prezentowanej pracy Habilitant stosował proces LPCS do wytwarzania powłok na podłożach takich jak stopy aluminium typu AA5754 oraz AA1350, stale typu S235JR, S235GJ oraz S235JRG2, miedź typu M1E (E-Cu57/58 wg. DIN, symbol EN : Cu-ETP), terpolimer akrylonitrylo-butadieno-styrenowy ABS [poli(akrylonitryl-*co*-butadien-*co*-styren], a także do spajania stopu AA5754 ze stalą typu DC01. W warunkach procesu wytworzone były następujące powłoki:

- kompozytowe powłoki: Al umocnione ceramicznymi cząstkami Al_2O_3 (korund),
- kompozytowe powłoki: Ni umocniony ceramicznymi cząstkami Al_2O_3,
- kompozytowe powłoki otrzymane z mieszaniny proszków $Al+Ni+Al_2O_3$ zawierające fazy międzymetaliczne z układu Al-Ni, do łączenia (spajania) stopu aluminium ze stalą,
- kompozytowe powłoki: Cu+SiC jako materiał na emiter polowy, ,

- półprzewodniki, kompozytowe powłoki: $Sn+In_2O_3$ (ITO - indium-tin oxide) należący do grupy TCO - transparent conductivity oxide) na targety do rozpylania impulsowego wysokiej mocy (HPIS),
- powłoki: z tlenku tytanu TiO_2 o strukturze amorficznej, anatazu i rutylu oraz mieszanki (amorficzny-TiO_2+anataz- TiO_2),
- superhydrofobowe powłoki SiO_2 wytwarzane techniką LPCS z zastosowaniem proszku subkrystalicznego SiO_2 syntezowanego techniką zol-żel, którego powierzchnie pokryte były dwiema warstwami funkcjonalizującego czynnika, jakim był fluoroalkilokrzemian (FOTS).

W grupie metod charakteryzacji proszków oraz/lub powłok dr inż. Marcin Winnicki stosował następujące techniki badawcze i analityczne:

- elektronową spektroskopię skaningową (SEM w połączeniu z detekcją elektronów wtórnych (SE) i elektronów wstecznie rozproszonych (BSE),
- spektroskopię rentgenowską z dyspersją energii (EDS/EDX), analizę dyfrakcji elektronów wstecznie rozproszonych (EBSD) w połączeniu z dyspersyjną spektroskopią rentgenowską (EDXS),
- dyfrakcję rentgenowską (XRD),
- metodę rozpraszania promieniowania rentgenowskiego padającego pod małymi kątami (grazing incidence x-ray diffraction-GIXRD) do oceny właściwości strukturalnych i składu fazowego osadzonych cienkich warstw ITO,
- Spektroskopię Ramana,
- analizę obrazu z zastosowaniem oprogramowania ImageJ do półilościowej oceny porowatości i wtrąceń mikrocząstek cyny w foliach ITO, a także ilości cząstek SiC na przekroju poprzecznym powłok oraz do wizualizacji zmienności profili topografii powierzchni powłok,
- porozymetrię rtęciową do pomiaru porowatości powłok,
- zastosowanie działa jonowego-techniki zogniskowanej wiązki jonów (Focused Ion Beam - FIB) do wycinana próbek z określonych obszarów folii ITO,
- analizę wielkości krystalitów metodą Scherrera,
- analizę grubości osadzonych warstw za pomocą urządzenia FEI Helios NanoLab 600i; grubość powłok mierzono również za pomocą grubościomierza i porównywano z pomiarami lokalnymi uzyskanymi na obrazach SEM,
- profilografometrię stacjonarną do pomiaru grubości, falistości i chropowatości powierzchni powłok,
- jednoczesną analizę termiczną DSC/TGA do badania fizykochemicznych właściwości źródłowego proszku TiO_2 i proszku oderwanego od powłoki wytworzonej z użyciem gazu roboczego podgrzanego do temperatury 600°C, a także funkcjonalizowanych cząstek proszku SiO2-F,
- profilometrię oraz stereoskopową mikroskopię świetlną z przemysłową kamerą cyfrową do analizy topografii powierzchni powłok,
- zastosowanie kamery termowizyjnej do pomiaru temperatury podłoża i osadzanej powłoki.

Właściwości mechaniczne powłok otrzymanych techniką LPCS oceniano następująco:

- mikrotwardość, oceniano wg. normy PN-EN ISO 6507-3:2007P za pomocą cyfrowego mikrotwardościomierza oraz programu SBO (Indentation Release Candidate),
- lokalną twardość i moduł Younga powłok np. twardości Hit i modułu Younga Eit. moduł Younga Eit. B modelu Olivera i Pharra przy użyciu Nanoindentera,

- wytrzymałość powłoki na rozciąganie do podłoża określono zgodnie z normą PN-EN 582 *„Natryskiwanie cieplne - Oznaczanie wytrzymałości na rozciąganie"*, zwana też próbą odrywania przy rozciąganiu,
- próby odrywania przy rozciąganiu zgodnie z normą ISO 14916:2017-05 z zastosowaniem miernika Elcometer 510 oraz testy zarysowania przy użyciu urządzenia MicroCombiTester do badania przyczepności powłok do podłoża,
- próby ścinania przy rozciąganiu przeprowadzono zgodnie z normą ISO 14273:2016 z zastosowaniem maszyny wytrzymałościowej do rozciągania.

Właściwości funkcjonalne powłok otrzymanych techniką LPCS oceniano następującymi technikami badawczymi:

- w badaniach emisji polowej do wyznaczenia współczynników wzmocnienia pola elektrycznego oraz progowego pola elektrycznego powłok z układu Cu+SiC zastosowano zewnętrznie pole elektryczne ze źródła wysokiego napięcia generujące napięcie do 2,5 kV w warunkach próżni, natężenie prądu mierzono za pomocą Pracitronic MV 40 DC-Milli-Pico-Meter, natomiast napięcie mierzono multimetrem; układ był chroniony przed zakłóceniami elektronicznymi za pomocą klatki Faradaya,
- wysokowydajny system do precyzyjnych pomiarów źródeł prądu stałego, impulsów i prądu przemiennego o niskiej częstotliwości, technika czteropunktowa do pomiaru rezystywności elektrycznej cienkich warstw $Sn+In_2O_3$ (ITO),
- spektrofotometria w zakresach długości fal 200÷1000 nm oraz 900÷2200 nm z zastosowaniem źródła światła składającego się ze sprzężonych lamp deuterowych i halogenowych do wyznaczania współczynnika transmitancji,
- osadzanie powłok w próbach rozpylania magnetronowego (magnetronu WMK-50) do oceny właściwości użytkowych „targetów" wykonanych z cienkich filmów $Sn+In_2O_3$ (ITO),
- pomiary kąta zwilżania przeprowadzono wykorzystując w tym celu goniometr z ręcznym dozownikiem i dokładnością kątową ±0,5° do oceny hydrofobowości i hydrofilowości powłok typu SiO_2-F,
- trwałość powłoki typu SiO_2-F badano za pomocą serii testów sprawdzających odporność termiczną, chemiczną i na ścieranie; stabilność chemiczna obejmowała testy statyczne i dynamiczne, w tym zanurzenie w wodzie i alkoholu absolutnym oraz w kąpieli ultradźwiękowej w alkoholu absolutnym, natomiast pomiary zużycia ściernego przeprowadzono ręcznie przesuwając powierzchnię próbki po powierzchni papieru ściernego.

Wynikiem tej pracy jest zgromadzony wartościowy materiał doświadczalny oraz poznawczy.

Przedstawione w cyklu trzynastu (**13**) powiązanych tematycznie artykułów naukowych pod wspólnym tytułem ***„Technologia wytwarzania powłok z proszków ceramiczno-metalicznych oraz ceramicznych metodą niskociśnieniowego natryskiwania zimnym gazem"***, kolejne etapy badawcze w pracy naukowo-badawczej dają świadectwo posiadania przez Habilitanta obszernego doświadczenia z zakresu technologii wytwarzania powłok ceramiczno-metalicznych i ceramicznych techniką LPCS. W tytule rozprawy zawarta jest informacja: ..." *niskociśnieniowego natryskiwania zimnym gazem"...*, co sugeruje że technika wytwarzania powłok polega na rozpylaniu zimnego gazu. Takie ujęcie nazwy techniki może być wynikiem błędnego tłumaczenia z języka angielskiego oryginalnej nazwy Low-Pressure Cold Spraying, jednakże przedmiotem rozpylania w warunkach względnie niskiego ciśnienia i temperatury jest układ dyspersyjny zawierający co najmniej dwie fazy, najczęściej układ gaz-ciało stałe.

Osiągnięcia te osadzone są na przesłankach literaturowych wynikających z szerokiego rozpoznania literaturowego oraz szczególnie dużego nakładu badań eksperymentalnych i dobrze zorganizowanej współpracy z pracownikami naukowymi uczelni macierzystej. Jak wynika z oświadczeń współautorów realizujących badania w obszarze będącym podstawą oceny w postępowaniu habilitacyjnym główny autor trzynastu publikacji kierujący realizacją badań nie jest jedyny, który opracował koncepcję i metodologię badań. Jedyną autorską publikacją w prezentowanym cyklu jest praca przeglądowa [**A0**] pt.: *„Advanced Functional Metal-Ceramic and Ceramic Coatings Deposited by Low-Pressure Cold Spraying: A Review"* z 2021 roku opublikowana w czasopiśmie „Coatings" (ed.mdpi) oraz w Scholarly Community Encyclopedia pod tytułem „LPCS for Metal-Ceramic/Ceramic Coatings"(https://encyclopedia.pub/15166) , co stanowi wyróżnienie dla jej wkładu w naukę i popularyzację nauki.

Za najważniejsze osiągnięcia [**A0-A12**] uważam:

1. Wytworzenie homogennych powłok ceramiczno-metalicznych o dużej zawartości fazy zbrojącej z opisaniem towarzyszących temu zjawisk [**A1, A2,A5**].
2. Znaczne zwiększenie udziału fazy ceramicznej w kompozytowych powłokach niklowo-korundowych w porównaniu do komercyjnego proszku, wyjaśnienie sposobu zapobiegania wybijaniu cząstek ceramicznych z powłoki oraz otrzymanie powłok kompozytowych o wysokiej twardości [**A2,A5**].
3. Zaprojektowanie międzywarstwy do punktowego zgrzewania rezystancyjnego aluminium ze stalą, określenie warunków wydzielenia twardych faz międzymetalicznych wewnątrz powłok natryskiwanych zimnym gazem, podwyższenie wytrzymałości na ścinanie złącza w wyniku zastąpienia kruchych faz z układu Al-Fe fazami z układu Al-Ni o wyższej plastyczności, określenie parametrów niezbędnych do zainicjowania reakcji chemicznej aluminium z niklem i tworzenia się faz międzymetalicznych w powłokach, zminimalizowanie efektu Kirkendalla w efekcie zastosowania docisku podczas wygrzewania powłok [**A3,A4**]-. zgłoszenie patentowe pt. *„Sposób łączenia różnorodnych metali metodą zgrzewania rezystancyjnego"*, na które została przydzielona ochrona patentowa - patent PL 227090 B1, opublikowany 31.10.2017 r. (udział Habilitanta wynosi 50%).
4. Innowacyjne zastosowanie ekonomicznej techniki LPCS do wytwarzania emiterów polowych, uzyskanie wysokiej wartości głównych parametrów emisji polowej elektronów [**A5**].
5. Opracowanie warunków wytwarzania nowego rodzaju hybrydowych targetów metaliczno-ceramicznych typu $Sn+In_2O_3$ (ITO) o niskiej rezystancji oraz wysokim współczynniku transmitancji, do procesu rozpylania magnetronowego, uzyskanie równomiernego rozmieszczenia submikrometrycznych cząstek ceramiki w powłoce kompozytowej [**A6, A7**].
6. Zastosowanie proszków TiO_2 wytworzonych metodą zol-żel do formowania grubych i gęstych powłok ceramicznych bez osnowy metalicznej, określenie warunków osadzania dla różnych odmian polimorficznych ditlenku tytanu w powtarzalnych warunkach otrzymywania powłok TiO_2 o grubości dochodzącej do 300 μm, dobranie warunków procesu LPCS otrzymywania fazy anatazu w powłoce i inicjacji przemiany fazowej proszku amorficznego TiO_2 w anataz podczas natryskiwania [**A9,A8,A10**].
7. Określenie wpływu materiału podłoża stali (S235GJ) i stopu aluminium (AW1350) oraz metody przygotowania ich powierzchni na właściwości mechaniczne powłok ceramicznych, uzyskanie właściwości mechanicznych powłok TiO2 na poziomie porównywalnym do metody natryskiwania plazmowego z zawiesin [**A10**].
8. Określenie parametrów decydujących o jakości powłok ceramicznych amorficzno-anatazowych (TiO_2) osadzanych na podłoże polimerowe ABS [**A11**].

9. Oryginalny i skuteczny sposób formowania funkcjonalnych superhydrofobowych powłok typu SiO2-F, wyjaśnienie zjawisk zachodzących podczas procesu wytwarzania powłoki z udziałem cząstek SiO_2 pokrytych podwójną warstwą fluoroalkilowych węglowodorów [**A12**].
10. Modyfikacja i uzupełnienie schematu przedstawiającego zależność wydajności osadzania natryskiwanego materiału proszkowego w procesie LPCS w zależności od prędkości cząstek (*Autoreferat* str.15). Pierwotna wersja wykresu opublikowana została w 2009 roku przez Tobiasa Schmidta i współautorów w czasopiśmie Journal of Thermal Spray Technology (str.794, Volume 18) pt.: „*From Particle Acceleration to Impact and Bonding in Cold Spraying*". Wykres ten przedstawia zależność wydajności osadzania natryskiwanego materiału proszkowego w zależności od prędkości cząstek tylko dla metalicznych proszków i ceramicznych, ze wskazaniem, że wytwarzanie powłok ceramicznych w warunkach procesu LPCS nie jest możliwe, gdyż stosowanie ceramicznych cząstek prowadzi tylko do erozji podłoża. Habilitant dokonał uzupełnienia faktu możliwości otrzymywania powłok ceramicznych w tzw. „oknie osadzania" oraz określenia warunków wzrostu ich grubości bazując na wynikach badań procesów osadzania powłok krystalicznego TiO_2 w warunkach natryskiwania cząstkami z udziałem amorficznego ditlenku tytanu. Jednak, jako recenzenta, zastanawia mnie fakt dlaczego w publikacjach przedstawionych do oceny nie ma wyników badań procesów osadzania powłok TiO_2 przy zmiennej szybkości cząstek TiO_2, w całym zakresie od prędkości krytycznej do prędkości erozji, czyli w tzw. „oknie osadzania.

Obszar naukowo-badawczy rozprawy habilitacyjnej dra inż. Marcina Winnickiego wpisuje się głównie w zakres inżynierii materiałowej. Ten fakt wpłynął więc na zwrócenie przeze mnie uwagi na opracowanie uzasadnienia podjęcia tematu zawartego w *Autoreferacie* Habilitanta. Podczas lektury *Autoreferatu* nasunęło się kilka uwag krytycznych, w tym:

- Charakteryzując ceramiczne materiały szeroko stosowane w inżynierii powierzchni do zastosowań w procesach otrzymywania powłok ceramicznych lub kompozytowych ceramiczno-metalicznych, czy ceramiczno-polimerowych Autor pominął ważną ich grupę, czyli ceramikę metaliczną (węgliki, azotki i borki metali przejściowych), zwaną też w literaturze polskiej ceramiką narzędziową, co wskazuje na niepełną analizę tematu leżącego u podstaw próby zdefiniowania celu i tez pracy.
- Stosowanie w tekstach wymiennie określeń: *nanoszenie*, *osadzanie* lub *deponowanie* powłok. Warto zauważyć, że w zależności od warunków procesu LPCS przyczepność powłoki do podłoża może być efektem wiązania na drodze chemicznej, dyfuzji składników stykających się materiałów powłoki i podłoża, podobieństwa strukturalnego połączonego z istnieniem fizycznych sił wiążących (przyczepność adhezyjna) lub w wyniku mechanicznego kotwiczenia. Przynajmniej dwa rodzaje przyczepności można było zaobserwować w wynikach badań eksperymentalnych Habilitanta. W takich przypadkach, kiedy nie mamy pewności lub wiedzy o tym, jakie zjawiska determinują przyczepność powłoki do podłoża, proponuję stosować uniwersalne określenie - *wytwarzanie* powłok.
- Stwierdzenie, na stronie 9 *Autoreferatu*, że ..." *w przypadku tak zwanych funkcjonalnych materiałów ceramicznych, ich aktywność jest silnie zależna od wielkości ziaren*" ... Uwzględniając podstawy wiedzy o materiałach, w tym także materiałach nanostrukturalnych stwierdzenie to można uznać za zbyt duże uogólnienie.
- Stwierdzenie, na stronie 9 *Autoreferatu*, że ... „*koncentrując się na kontroli wielkości ziaren materiału w powłoce oraz składu fazowego, wybrałem odpowiednią metodę deponowania powłok, którą była LPCS*"...wydaje się zbyt powierzchownym podejściem do badań naukowych. Kontrola ilości, wielkości cząstek, zmiana morfologii w trakcie trwania procesu umożliwia wykonywanie kluczowych badań wpływu parametrów procesu, tj. temperatura, ciśnienie, mieszanie, energia cząstek i in. na

kinetykę , a tym samym mechanizm wzrostu warstw/powłok w procesie, co przekłada się na efekt końcowy - jednoznacznie zdefiniowane właściwości warstw/powłok. Wymaga to zastosowania narzędzi *in-situ*, których Autor nie stosował.

- Stwierdzenie, na stronie 13 *Autoreferatu*, że ... „*Uwzględniając różnorodność zastosowanych materiałów, każdorazowo badania rozpoczynałem od optymalizacji parametrów natryskiwania pod względem pożądanych właściwości nanoszonej powłoki*"…. Autor nie zdefiniował kryteriów optymalizacji, warunków granicznych oraz metody optymalizacji w żadnej publikowanej w ww. cyklu pracy. Badania bazowały na wariantowaniu grupą parametrów materiału wyjściowego i ich wpływu na wydajność procesu osadzania. Stosowane zmienne to np. temperatura proszków lub podłoża, sposoby przygotowania powierzchni podłoża, wytwarzanie powłok na różnych podłożach (stal i stop aluminium), zmienne stosunki ilościowe gazów roboczych, zmienne proporcje ilościowe metalu do cząstek ceramicznych, różne metody mieszania/homogenizacji proszków przed procesem. Niezmiennymi były parametry procesu natryskiwania, tj. ciśnienie gazu roboczego, prędkość liniowa, prędkość cząstek, odległość dyszy od powierzchni podłoża i in., co wynika z treści publikacji.
- Stwierdzenie, na stronie 13 *Autoreferatu*, że ... „*Opracowana technologia nanoszenia powłok z proszków ceramiczno-metalicznych oraz ceramicznych metodą LPCS umożliwiła wyznaczenie nowych trendów rozwojowych procesu w budowie maszyn i urządzeń*". Nigdzie nie znalazłam uzasadnienia tej tezy.
- Krytycznie oceniam też uzasadnienie podjęcia tematu, ponieważ niektóre sformułowania zawarte w *Autoreferacie*, brak związków przyczynowo skutkowych nie doprowadziły Autora do sformułowania tez pracy.

W zakresie oryginalnych osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych i technologicznych dr inż. Marcin Winnicki jest autorem:

- technologii nanoszenia proszku cyny na elementy aluminiowe wykorzystywane w przemyśle energetycznym z zastosowaniem techniki LPCS -wdrożenie w firmie Conweld S.C. 2020r.,
- opracowania sposobu regeneracji łożysk ślizgowych poprzez zastosowanie natrysku babbit do regeneracji podzespołów samochodów zabytkowych- wdrożenie w firmie Conweld S.C. 2019r.,
- opracowania innowacyjnego zrobotyzowanego stanowiska do wytwarzania robotów budowlanych - wdrożenie w firmie Advanced Robotic Engineering Sp. z o.o. 2020r.,

Ocena dorobku dydaktycznego, upowszechniającego naukę i organizacyjnego

W ramach działalności dydaktycznej dr inż. Marcin Winnicki opracował materiały i prowadził zajęcia dydaktyczne z zakresu: *Specjalne metody łączenia, Technologia materiałów inżynierskich, Zintegrowane systemy zarządzania*. Pełnił funkcje promotora pomocniczego trzech (**3**) prac magisterskich, których promotorem był profesoe Andrzej Ambroziak.

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych opracował materiały do pracy stacjonarnej oraz zdalnej i prowadził zajęcia w ramach kursów: *Specjalne metody łączenia, Procesy i techniki wytwarzania, Techniki wytwarzania – spawalnictwo, Technologia materiałów inżynierskich, Zintegrowane systemy zarządzania, Maszyny technologiczne CNC, Systemy mechatroniczne w technikach wytwórczych, Systemy informatyczne w zarządzaniu przedsiębiorstwem, Materiałoznawstwo I, Materiałoznawstwo II oraz w j. angielskim Manufacturing systems CNC*. Opracował pomoce dydaktyczne i prowadził zajęcia z tematyki *natryskiwania cieplnego* podczas programu TECHSummer, realizowanego w Politechnice Wrocławskiej w

ramach szkoły letniej dla studentów z partnerskiej uczelni Parul University, Vadodara, Indie – lipiec 2015 i 2016 r. Od 2015 roku był promotorem **14** prac magisterskich oraz **22** prac inżynierskich realizowanych w j. polskim oraz w j. angielskim. W 2015 roku przystąpił do pracy w komisji egzaminów dyplomowych w funkcji sekretarza, do 07.2021 roku uczestniczył w **26** komisjach. Aktualnie jest promotorem **pomocniczym dwóch przewodów doktorskich** realizowanych w Szkole Doktorskiej Politechniki Wrocławskiej: Pani mgr inż. Wioletty Seremak oraz mgr. inż. Wojciecha Łapy.

Do aktywności Habilitanta w obszarze upowszechniania nauki zaliczyć należy:

- członkostwo w komitecie naukowym VIII Wrocławskiego Sympozjum Spawalniczego, a obecnie w komitecie naukowym IX Wrocławskiego Sympozjum Spawalniczego
- członkostwo w komitetach naukowych:
  - (i) międzynarodowej konferencji 10 RIPT (Les Rencontres Internationales de la Projection Thermique) 8-10.12.2021 r., Jülich, Niemcy. Zaproszenie do komitetu stanowi wyróżnienie w uznaniu mojego dorobku i działalności na rzecz rozwoju technologii natryskiwania cieplnego. Konferencja RIPT wraz z ITSC (Intenational Thermal Spray Conference) stanowią największe międzynarodowe cykliczne wydarzenia z tej tematyki
  - (ii) międzynarodowej konferencji organizowanej przez Politechnikę Wrocławską we Wrocławiu pt. 6th International Thermal Spray and Hardfacing Conference, która odbędzie się w dniach 26-28.09.2022 r.

Do osiągnięć organizacyjnych Habilitanta zaliczyć można:

- administrowanie studiów podyplomowych „*Procesy spajania, projektowanie i wytwarzanie struktur spawanych*", realizowanych na Wydziale Mechanicznym Politechniki Wrocławskiej przez Zakład Spawalnictwa Instytutu Technologii Maszyn i Automatyzacji. Do Jego obowiązków należało: (i) aktualizowanie strony internetowej, (ii) podejmowanie kontaktu z kandydatami, (iii) przyjmowanie zgłoszeń, (iv) przygotowywanie stosownych dokumentów, (v) nadzorowanie wymogów formalnych stawianych słuchaczom studiów, zgodnie z Regulaminem studiów podyplomowych Politechniki Wrocławskiej, a po uzyskaniu stopnia doktora (vi) przygotowywanie egzaminów w formie elektronicznej dla słuchaczy; (vii) utrzymywanie kontaktu z Ośrodkiem Certyfikacji Instytutu Spawalnictwa Sieci Łukasiewicz w Gliwicach w ramach weryfikacji kandydatów oraz ich egzaminowania (Studia podyplomowe są akredytowane przez Instytut Spawalnictwa i stanowią jednocześnie kurs przygotowawczy do egzaminu Międzynarodowego Inżyniera Spawalnika – International Welding Engineer – IWE); (viii) nadzór nad dokumentami w ramach cyklicznej akredytacji Instytutu Spawalnictwa Sieci Łukasiewicz;
- pełnienie funkcji sekretarza w Zakładzie Spawalnictwa Instytutu Technologii Maszyn i Automatyzacji;
- współuczestnictwo w obsłudze kilku konferencji, do których należały:
  - 3. i 4. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna pt. „Postęp w Technologiach Lutowania" (2010, 2013),
  - I Międzynarodowa Konferencja pt. „Napawania – postęp i zastosowania" (2011), Dolnośląskie Sympozja Spawalnicze (2012,2013,2014);
- w 2017 roku wraz z kierownikiem studiów – Profesorem Andrzejem Ambroziakiem uczestniczył w zgłoszeniu studiów podyplomowych do otwartego konkursu, w ramach którego przyznany został certyfikat „Studia z przyszłością",;

- od 01.2020 roku jest członkiem Wydziałowej Komisji Wyborczej;
- od 12.2021 r. jest członkiem Rady Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej.

Do innych osiągnięć Habilitanta wpisujących się w aktywność naukową należą:

- członkostwo wśród edytorów tematycznych w czasopismach *Materials* (IF2021: 3.623, 140 pkt. MEN),
- wydawca: MDPI oraz *Processes* (IF2021: 2.847, 70 pkt. MEN), edytor główny numeru specjalnego czasopisma Processes pt. „Thermal Spray Processes: Characterization of Materials, Microstructure and Functional Properties of Coatings",
- recenzowanie artykułów w następujących czasopismach międzynarodowych:
  - Surface and Coatings Technology (62 recenzje),
  - Journal of Thermal Spray Technology (12 recenzji),
  - Archives of Civil and Mechanical Engineering (8 recenzji),
  - Materials (1 recenzja), Coatings (1 recenzja),
  - Metals (1 recenzja),
  - Materials Science Poland (1 recenzja),
- rola eksperta Narodowego Centrum Badań i Rozwoju od 01.2021 roku.

Ocena końcowa i wnioski

Przedłożony do oceny jednotematyczny cykl publikacji pod tytułem ***„Technologia wytwarzania powłok z proszków ceramiczno-metalicznych oraz ceramicznych metodą niskociśnieniowego natryskiwania zimnym gazem"***, stanowi istotny wkład Habilitanta w rozwój nauki.

Uważam, że dr inż. Marcin Winnicki jest doświadczonym naukowcem o dobrym dorobku naukowym w obszarze badawczym, głównie badań stosowanych ogólnie związanych z naukami inżynieryjnymi. Dorobek ten charakteryzuje się wysokimi wskaźnikami bibliometrycznymi.

Na podstawie dokonanej oceny osiągnięcia naukowego przedstawionego w cyklu trzynastu publikacji naukowych i dwóch polskich patentów, trzech wdrożeń naukowych oraz pozostałych osiągnięć naukowych, dydaktycznych i organizacyjnych stwierdzam, że dr inż. Marcin Winnicki wykazał się kompetencją i dojrzałością w stopniu uzasadniającym uzyskanie samodzielności naukowej i spełnia wymagania Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku - *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U.2021r. poz.478 z późniejszymi zmianami). **Popieram wniosek o nadanie dr inż. Marcinowi Winnickiemu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk techniczno-inżynieryjnych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.**

Anna Bieduńkiewicz