

## RECENZJA

dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego  
dr inż. Marka Stanisława Węglowskiego w postępowaniu habilitacyjnym  
w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa

Recenzja została wykonana na podstawie decyzji Rady Doskonałości Naukowej pismem z dnia 12.12.2023 nr DRKN.Z2.400.240.2023.

Ocena całokształtu dorobku Habilitanta dokonana została na podstawie dostarczonej dokumentacji zawierającej

- Dane wnioskodawcy (zał.1)
- Kopia dokumentu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora (zał. 2)
- Autoreferat przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych (zał. 3)
- Wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria materiałowa (zał. 4)
- Dokumenty potwierdzające osiągnięcia wskazane w autoreferacie (zał. 5)
- Monografia pt. „Teoretyczno-doświadczalne podstawy procesu tarciowej modyfikacji warstw wierzchnich (FSP)” (zał. 6)

### 1. Ogólna charakterystyka Habilitanta

Dr inż. Marek Stanisław Węglowski uzyskał tytuł zawodowy magistra inżyniera broniąc pracę dyplomową w 2002 pt. „Wpływ zakłóceń i parametrów spawania metodami GMA i GTA na natężenie promieniowania świetlnego łuku spawalniczego” pod kierunkiem dr hab. inż. Krzysztofa Luksa w Politechnice Śląskiej w Katedrze Spawalnictwa, zaś stopień doktora nauk technicznych w 2010 roku broniąc pracę doktorską pt. „Wykorzystanie promieniowania emitowanego przez łuk elektryczny do monitorowania procesu spawania metodą TIG”. Promotorem był prof. dr hab. inż. Marian Nowak z Politechniki Śląskiej z Instytutu Fizyki, Zakład Fizyki Ciała Stałego. Praca została wyróżniona uchwałą Rady Wydziału Inżynierii Materiałowej i Informatyki Przemysłowej Akademii Górniczo-Hutniczej. W 2004 roku został

zatrudniony jako asystent w Instytucie Spawalnictwa a w roku 2011 jako adiunkt. W 2019 roku został zatrudniony jako Kierownik Zakładu Badań Spawalności i Konstrukcji Spawanych. Od roku 2015 był p.o. Kierownika. W 2021 został Dyrektorem Departamentu DRT ds. Rozwoju Technologii Spawalniczych w Instytucie Spawalnictwa a od roku 2023 został Zastępcą Dyrektora Centrum Spawalnictwa Łukasiewicz Górnośląskiego Instytutu Technologicznego.

## **2. Ocena dorobku naukowego**

### **2.1. Ocena osiągnięcia naukowego**

Jako osiągnięcie naukowe wynikające z art. 219 ust.1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” stanowiące podstawę ubiegania się o uzyskanie stopnia naukowego doktora habilitowanego dr inż. Marek Stanisław Węglowski przedstawił monografię pt. „Teoretyczno-doświadczalne podstawy procesu tarciowej modyfikacji warstw wierzchnich (FSP)” Wydawca: Wydawnictwo Sieć Badawcza Łukasiewicz – Górnośląski Instytut Technologiczny (poprzednio Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Metalurgii Żelaza im. Stanisława Staszica w Gliwicach), ISBN 978-83-958775-8-2, liczącą 334 strony.

Tarciowa modyfikacja powierzchni (ang. Friction Stir Processing - FSP) jest procesem realizowanym w stanie stałym tzn. poniżej temperatury topnienia modyfikowanego materiału. Proces może być realizowany na konwencjonalnych frezarkach, co ogranicza nakłady inwestycyjne, a narzędzie robocze może być wykonane z komercyjnie dostępnych stopów. Ponadto technologia FSP umożliwia w szerokim zakresie kształtowanie mikrostruktury i właściwości warstw powierzchniowych powszechnie stosowanych materiałów konstrukcyjnych. W monografii przedstawiono wyniki badań doświadczalnych oraz modelowania numerycznego procesu tarciowej modyfikacji FSP odlewniczego stopu aluminium AlSi9Mg. Opracowano metodykę badawczą oraz dla wytypowanych czterech narzędzi roboczych, przeprowadzono pomiary siły docisku, siły w kierunku przesuwu, momentu obrotowego działającego na narzędzie robocze oraz temperaturę narzędzia. Wyznaczono również naprężenia w materiale po modyfikacji przy użyciu metody trepanacyjnej. Przeprowadzono badania mikrostruktury materiału zmodyfikowanego tarciowo metodami mikroskopii świetlnej, SEM i TEM oraz wyznaczono teksturę lokalną materiału przy użyciu metody rentgenowskiej i globalną przy zastosowaniu dyfraktometru neutronowego. W pracy przedstawiono również wyniki pomiarów temperatury powierzchni przy użyciu kamery termowizyjnej i stwierdzono, że metodą tą można stosować do monitorowania procesu FSP i wykrywania wad materiałowych obserwowanych na powierzchni. W celu scharakteryzowania

ruchu uplastycznionego materiału w trakcie modyfikacji FSP i wyznaczenia pola temperatury opracowano zespolony model numeryczny dla narzędzia z trzpieniem oraz bez trzpienia. Opracowany model umożliwił również wyznaczenie naprężeń w materiale po modyfikacji tarciowej. Istotny wkład pracy habilitacyjnej do nauki w dyscyplinie inżynieria materiałowa związany jest z wyjaśnieniem zjawisk i mechanizmów mających wpływ na moment obrotowy działający na narzędzie i jego temperaturę, w oparciu o badania doświadczalne oraz analizę teoretyczną i modelowanie numeryczne. Istotnym jest również wyjaśnienie mechanizmu ruchu uplastycznionego materiału wokół narzędzia bez trzpienia oraz z trzpieniem. Złożoność procesu tarciowej modyfikacji oraz brak opracowanych metod symulacji fizycznych powoduje, że analiza procesu FSP jest skomplikowana i opiera się jedynie na dostępnych metodach badawczych jak np. modelowanie numeryczne i badania metalograficzne. Nowością w pracy jest również analiza lokalnej i globalnej tekstury materiału przed i po modyfikacji FSP. Osiągnięciem naukowym autora monografii jest wszechstronna analiza procesu tarciowej modyfikacji FSP stopów metali na przykładzie stopu AlSi9Mg. Do niej zaliczam:

- Wyjaśnienie mechanizmu ruchu uplastycznionego materiału wokół narzędzia roboczego w oparciu o badania doświadczalne i modelowanie numeryczne.
- Analiza mikrostruktury i wyjaśnienie wpływu procesu FSP na jej ujednorodnienie i rozdrobnienie oraz analizę tekstury materiału zmodyfikowanego.
- Określenie wpływu wybranych parametrów technologicznych procesu FSP, tj. rodzaju narzędzia roboczego, prędkości przesuwu, prędkości obrotowej narzędzia na: siłę docisku i w kierunku przesuwu, moment działający na narzędzie robocze, temperaturę i jakość materiału zmodyfikowanego oraz rozkład naprężeń.

Osiągnięciem użytecznym jest opracowanie metodyki badawczej, która będzie mogła być stosowana przy analizie procesu FSP również innych materiałów oraz technologii zgrzewania metodą FSW (ang. Friction Stir Welding). Na potrzeby badań własnych zaprojektowano i wykonano specjalistyczną głowicę pomiarową do mierzenia temperatury w narzędziu roboczym - TempSTIR. Zaadaptowano i doświadczalnie sprawdzono możliwość wyznaczenia naprężeń przy zastosowaniu metody trepanacyjnej, która do tej pory nie była stosowana do badania materiałów modyfikowanych tarciowo. Ponadto opracowano zespolony model numeryczny, który umożliwia obliczenie temperatury oraz trajektorii ruchu i prędkości materiału uplastycznionego wokół narzędzia roboczego. Jednocześnie model pozwala na wyznaczenie naprężeń w materiale po modyfikacji. Opracowano zakres parametrów technologicznych przy stosowaniu których proces tarciowej modyfikacji FSP odlewniczego

stopu aluminium jest stabilny, a w materiale modyfikowanym nie występują niezgodności materiałowe typowe dla materiałów po odlewaniu grawitacyjnym.

Celem przeprowadzonych badań było wyznaczenie eksperymentalnych zależności pomiędzy parametrami technologicznymi procesu FSP a siłami, momentem i temperaturą w obszarze modyfikacji.

Celem naukowym było wyjaśnienie: zjawisk i mechanizmów mających wpływ na moment obrotowy działający na narzędzie robocze i temperaturę narzędzia, różnic w mikrostrukturze obszaru zmodyfikowanego materiału oraz wyjaśnienie mechanizmu ruchu uplastycznionego materiału w trakcie procesu modyfikacji i jego wpływ na kształt obszaru zmodyfikowanego i poziom naprężeń.

Celem użytkowym pracy było doświadczalne dobranie parametrów obróbki tarciowej stopu AlSi9Mg umożliwiające uzyskanie warstwy zmodyfikowanej bez wad materiałowych jak np. pustek oraz o wyższych właściwościach mechanicznych. Istotnym celem użytkowym pracy było opracowanie metodyki badawczej, w tym zaprojektowanie i wykonanie specjalistycznej głowicy TempSTIR. Celem praktycznym było ponadto doświadczalne wyznaczenie naprężeń przy użyciu metody trepanacyjnej. Celem praktycznym było również opracowanie, na podstawie wyników badań doświadczalnych, zespolonego modelu numerycznego umożliwiającego obliczenie temperatury oraz trajektorii ruchu i prędkości materiału uplastycznionego wokół narzędzia roboczego. W ramach pracy opracowany model został doświadczalnie zweryfikowany.

W pierwszej części monografii przedstawiono przegląd literatury dotyczący technologii tarciowej modyfikacji powierzchni. Przybliżono pojęcia powierzchni, warstwy i powłoki oraz metod wytwarzania warstw wierzchnich. Omówiono technologię FSP (ang. Friction Stir Processing), parametry technologiczne i opisano strukturę obszaru modyfikowanego tarciowo. Ponadto przedstawiono szczegółową charakterystykę stosowanych maszyn i urządzeń, stanowisk zrobotyzowanych, oprzyrządowania, systemów pomiarowych oraz narzędzi roboczych wraz z rozwiązaniami konstrukcyjnymi oraz materiałowymi. Omówiono również wpływ warunków technologicznych procesu na siły i moment działający na narzędzie i wyniki modelowania numerycznego procesu modyfikacji FSP. Część pierwsza pracy zakończona jest rozdziałem, w którym przybliżono możliwości modyfikacji FSP złączy spawanych.

Część druga pracy zawiera wyniki badań własnych dotyczących tarciowej modyfikacji odlewniczego stopu aluminium AlSi9Mg. Badania były realizowane w ramach działalności statutowej Instytutu Spawalnictwa. Ponadto badania były realizowane w ramach projektów finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki, Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, oraz

dwustronnej współpracy międzynarodowej pomiędzy Instytutem i Miami University (College of Engineering & Computing, Department of Mechanical & Manufacturing Engineering) i krajowej (Akademia Górniczo Hutnicza, Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej oraz Wydział Metali Nieżelaznych).

Na podstawie przeprowadzonych badań doświadczalnych i obserwacji procesu modyfikacji, w celu ustalenia właściwych parametrów modyfikacji procesu FSP, zaproponowano uniwersalną procedurę opracowywania technologii modyfikacji FSP i doboru parametrów technologicznych. Do tej pory takie procedury dla technologii FSP nie były przedstawiane.

Przeprowadzono również analizę zarejestrowanych przebiegów siły w kierunku przesuwu, siły docisku oraz momentu w funkcji czasu i zaobserwowano, iż w trakcie prowadzenia procesu FSP można wyróżnić kilka charakterystycznych etapów odpowiadających wprowadzaniu narzędzia roboczego wprawionego w ruch obrotowy w materiał modyfikowany. Badania te umożliwiły określenie czasu, po którym proces modyfikacji przebiegał stabilnie. Ustalono, że dopiero po czasie ok. 20 s od włączenia ruchu stołu roboczego następuje stabilizacja procesu modyfikacji.

Powstawanie okresowych zmian momentu obrotowego wyjaśniono naprzemiennie występującymi zjawiskami poślizgu i tarcia pomiędzy powierzchnią czołową wieńca opory i materiałem modyfikowanym. Analizy takie dla procesu FSP stopu aluminium nie były do tej pory prowadzone, co stanowi o nowości przeprowadzonych badań. Ustalono także, że na przebieg wartości momentu obrotowego wpływa również ilość wytwarzanego ciepła w wyniku silnego odkształcenia plastycznego oraz jego odprowadzanie poprzez przewodzenie. Wykazano, że moment obrotowy działający na narzędzie robocze silnie zależy od prędkości obrotowej narzędzia FSP przy stałej prędkości przesuwu.

W ramach prowadzonych badań przeanalizowano również wpływ prędkości przesuwu, przy stałej prędkości obrotowej narzędzia, na moment obrotowy, temperaturę oraz kształt obszaru po modyfikacji. Badania wykazały, że wraz ze wzrostem prędkości przesuwu, przy stałej prędkości obrotowej narzędzia moment obrotowy rośnie. Przy stałej prędkości obrotowej narzędzia i rosnącej prędkości przesuwu objętość materiału odkształcanego przy każdym obrocie wzrasta. Dlatego ciepło wytwarzane jest w większej objętości, co z kolei prowadzi do obniżenia temperatury materiału modyfikowanego.

Przedstawione wyniki badań i analiza wyjaśniająca wpływ prędkości obrotowej i przesuwu na moment obrotowy działający na narzędzie robocze FSP i temperaturę materiału modyfikowanego stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria materiałowa. Do tej pory wyniki badań były przedstawiane w ograniczonym zakresie, bez ścisłego powiązania ze

zmianami wartości współczynnika tarcia i ze zmianami właściwości mechanicznych modyfikowanego materiału.

Przeprowadzone badania wykazały, że zarówno prędkość obrotowa, jak i prędkość przesuwu mają istotny wpływ na wartość momentu obrotowego i temperaturę w obszarze modyfikacji materiału. Z tego wynika, że celowe jest jednoczesne analizowanie wpływu dwóch parametrów technologicznych procesu na ilość energii cieplnej wygenerowanej w trakcie procesu. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń ustalono, iż wraz ze wzrostem prędkości obrotowej, przy stałej prędkości przesuwu, moc wytwarzana w wyniku modyfikacji rośnie.

Analizując moc wytwarzaną w trakcie procesu tarciowej modyfikacji zaobserwowano, że wzrost prędkości przesuwu, przy stałej prędkości obrotowej, powoduje wzrost mocy wytworzonej. Jednak po uwzględnieniu wpływu parametrów technologicznych na wartość energii liniowej, można zaobserwować, że przy wzroście prędkości przesuwu znacząco zmniejsza się energia liniowa w procesie FSP. Tak silna zależność nie występuje już w przypadku zmiany prędkości obrotowej narzędzia. Dla procesu FSP badanie energii liniowej i mocy nie były prowadzone i stanowią istotny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria materiałowa. Jednoczesna analiza wpływu prędkości obrotowej i prędkości liniowej na proces tarciowej modyfikacji, była już częściowo przeprowadzona z punktu widzenia analizy momentu obrotowego działającego na narzędzie robocze. W analizie zastosowano sztuczne sieci neuronowe oraz metodę powierzchni odpowiedzi. Wykazano, że najistotniejszym parametrem wpływającym na wartość momentu obrotowego jest prędkość obrotowa. Wykazano ponadto, że metoda powierzchni odpowiedzi przy uwzględnieniu modelu kwadratowego i interakcji pomiędzy zmiennymi wyjściowymi umożliwia lepsze dopasowanie modeli do wyników badań doświadczanych. Podobnie lepsze dopasowanie zapewnia sieć neuronowa zbudowana w oparciu o perceptron wielowarstwowy typu 3:2-9:1. Zastosowanie sieci neuronowych oraz metody powierzchni odpowiedzi do analizy wpływu parametrów technologicznych procesu FSP na wartość momentu obrotowego stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria materiałowa.

Przeanalizowano również wpływ parametrów technologicznych procesu modyfikacji na temperaturę powierzchni zmierzoną przy użyciu kamery termowizyjnej. Stwierdzono, iż wzrost prędkości obrotowej narzędzia w badanym zakresie (112÷1800 obr/min) powoduje wzrost temperatury powierzchni materiału.

Zauważono, iż pomiar przy użyciu kamery termowizyjnej obarczony jest dużą niepewnością pomiarową i nie odwzorowuje danych zarejestrowanych przy użyciu głowicy TempSTIR. Jest to związane z faktem, iż pomiar temperatury przy użyciu kamery termowizyjnej jest pomiarem

pośrednim, a wartość zarejestrowanej temperatury zależy od wielu czynników zewnętrznych, które zakłócają sam pomiar. Z powyższego wynika, iż w celu szczegółowej analizy procesu FSP bardziej wiarygodnym sposobem pomiarowym jest pomiar temperatury wewnątrz narzędzia roboczego przy użyciu głowicy TempSTIR.

W ramach przeprowadzonych badań przeanalizowano również wpływ procesu tarciowej modyfikacji na naprężenia w materiale po modyfikacji. Określono wpływ prędkości obrotowej, rodzaju narzędzia roboczego oraz wielokrotności procesu modyfikacji na rozkład naprężeń. Przeprowadzone pomiary wykazały, że wzrost prędkości obrotowej powoduje wzrost naprężeń, co jest związane ze wzrostem temperatury materiału modyfikowanego.

W celu pełniejszej analizy procesu tarciowej modyfikacji FSP opracowano zespolony model numeryczny umożliwiający wyznaczenie pola temperatury, temperaturę wybranych obszarów w pobliżu narzędzia, prędkości i trajektorii ruchu uplastycznionego materiału oraz poziomu naprężeń pozostających. Na podstawie obliczeń numerycznych stwierdzono, że najwyższa temperatura występuje na powierzchni materiału pod przednią częścią narzędzia. Do tej pory obliczenia pola temperatury w tej postaci dla procesu tarciowej modyfikacji nie były wykonywane i stanowią istotny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria materiałowa.

Podsumowaniem badań przedstawionych w pracy jest analiza zmian mikrostruktury warstwy materiału zmodyfikowanego tarciowo w odniesieniu do materiału w stanie dostawy. W pracy szczegółowo zbadano makrostrukturę obszaru materiału po modyfikacji oraz mikrostrukturę w strefach: po stronie natarcia i po stronie spływu, odkształcenia termomechanicznego, obrotowego ścinania materiału oraz grani. Opisano mechanizm kształtowania poszczególnych stref w warstwie materiału modyfikowanego tarciowo. Zwrócono uwagę, że kształt stref zależy od parametrów technologicznych procesu, a wyrazistość granic poszczególnych stref od warunków ruchu uplastycznionego modyfikowanego materiału.

Wykazano, że proces FSP umożliwia znaczące ograniczenie porowatości materiału zmodyfikowanego oraz wytworzenie drobnoziarnistej mikrostruktury. Znaczące rozdrobnienie mikrostruktury w obszarze mieszania FSP zostało również potwierdzone badaniami SEM, TEM oraz EBSD.

Ponadto mikrostruktura zbudowana jest z małych podziarn, co potwierdza intensywne zdrowienie dynamiczne zachodzące podczas procesu FSP. Obecność dyslokacji w materiale po modyfikacji sugeruje, że rekrytalizacja nie była zakończona w całym analizowanym materiale i miała charakter bardziej dynamiczny niż statyczny. Również badania tekstury przy użyciu metod dyfrakcji rentgenowskiej i neutronowej wykazały, że proces FSP wpływa na teksturę

materiału. Stwierdzono wyraźną niejednorodność tekstury obu faz  $\alpha$ -Al i Si zarówno na grubości, jak i na szerokości modyfikowanej warstwy.

Modyfikacja tarciova z mieszaniem spowodowała znaczny wzrost plastyczności – wydłużenie wzrosło do 12,3%,  $R_m$  wzrosło do 215,5 MPa. Jednocześnie zauważono, że  $R_e$  jest nieco mniejsze i wynosi 117,2 MPa. Przeprowadzenie pomiarów twardości umożliwiło określenie wpływu działania wieńca opory oraz trzpienia na zmiany twardości w materiale modyfikowanym.

Na podstawie uzyskanych wyników pomiarów twardości można zaobserwować, że przy wyższej prędkości obrotowej i niższej przesuwu, gdy ilość energii liniowej jest większa, twardość w obszarze oddziaływania narzędzia jest większa niż w materiale rodzimym.

W podsumowaniu tej części recenzji stwierdzam, że osiągnięcia naukowe wykazane w monografii przez Habilitanta stanowią istotny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria materiałowa. Zaliczam do nich wyjaśnienie:

- zjawisk i mechanizmów mających wpływ na moment obrotowy działający na narzędzie i jego temperaturę,
- mechanizmu ruchu uplastycznionego materiału wokół narzędzia,
- wpływu parametrów technologicznych na moment obrotowy działający na narzędzie robocze FSP i temperaturę materiału modyfikowanego, również przy zastosowaniu sieci neuronowych oraz metody powierzchni odpowiedzi,
- wpływu parametrów technologicznych procesu tarciovej modyfikacji na energię liniową i moc wytwarzaną w trakcie procesu,
- wpływu procesu FSP na wartość naprężeń oraz ich rozkład w materiale po procesie tarciovej modyfikacji, również przy zastosowaniu modelowania numerycznego,
- wpływu parametrów technologicznych na pole temperatury i trajektorię ruchu uplastycznionego materiału przy zastosowaniu modelowania numerycznego,
- zmian w mikrostrukturze i teksturze materiału po tarciovej modyfikacji.

## **2.2. Ocena aktywności naukowej**

Dorobek publikacyjny dr inż. Marka Stanisława Węglowskiego to jedna monografia, 7 rozdziałów w monografiach i 29 prac z listy JCR. Łączna Liczba publikacji naukowych w czasopiśmie międzynarodowych i krajowych wynosi 150, a liczbę wystąpień na międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych Habilitant oszacował na 144.

Liczba cytowań wg bazy WoS 801 a indeks Hircha 13. Jest on także współautorem 9 wynalazków i wzorów przemysłowych.

Habilitant był uczestnikiem 35 projektów badawczych realizujących projekty na drodze konkursów krajowych i międzynarodowych. Nie kierował samodzielnie projektami pozyskanymi ze źródeł zewnętrznych. Otrzymał 13 międzynarodowych i krajowych nagród za działalność naukową.

Jego aktywność naukowa w więcej niż jednej uczelni i instytucji naukowej jest w mojej ocenie imponująca.

Przed doktoratem w roku 2007 otrzymał 6 miesięczne stypendium Fullbrighta na College of Engineering, University of Kentucky, Lexington w Stanach Zjednoczonych.

Współpracował z Zakładem Fizyki Ciała Stałego w Instytucie Fizyki Centrum Naukowo–Dydaktycznego na Politechnice Śląskiej w roku 2005 przy realizacji projektu finansowanego przez Komitet Badan Naukowych.

Po uzyskaniu stopnia doktora w roku 2010 nawiązał współpracę z Akademią Górniczo-Hutniczą w Krakowie, Wydziałem Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej, Katedrą Inżynierii Powierzchni i Analiz Materiałów. Współpraca była związana z realizacją projektu „Lider”, którego kierownikiem był prof. dr hab. inż. Marek Blicharski. W ramach współpracy z tą jednostką w roku 2013 odbył 3 tygodniowy staż w Katedrze Inżynierii Powierzchni i Analiz Materiałów, opiekunem naukowy był prof. dr hab. inż. Stanisław Dymek ówczesny Kierownik Katedry. Współpraca z pracownikami Katedry Inżynierii Powierzchni i Analiz Materiałów, była również kontynuowana w latach 2019-2023 w ramach projektu finansowanego przez NCN a także w ramach projektu międzynarodowego nr RFSR–CT–2013–00025. European Commission – Research Fund for Coal and Steel realizowanego w latach 2013-2016.

Habilitant współpracował i współpracuje z innymi jednostkami naukowymi takimi jak:

- Miami University, Department of Mechanical & Manufacturing Engineering, Oxford, Stany Zjednoczone
- Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej im. Aleksandra Krupkowskiego Polskiej Akademii Nauk
- Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Metali Nieżelaznych, Katedra Przeróbki Plastycznej i Metaloznawstwa i Katedra Nauki o Materiałach i Inżynierii Metali Nieżelaznych
- Łukasiewicz – Instytut Metali Nieżelaznych w Gliwicach oraz oddziałem w Poznaniu
- Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Materiałowej, Zakład Inżynierii Powierzchni

- Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny Katedra Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Katedra Mechanizacji i Robotyzacji Górnictwa jak również Katedra Spawalnictwa i Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn.

- Łukasiewicz – Instytut Metalurgii Żelaza.

Biorąc po uwagę powyższe uważam, że Habilitant reprezentuje bardzo wysoki poziom aktywności naukowej.

### **3. Ocena dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego**

Habilitant od roku 2005 prowadzi w Instytucie wykłady pod egidą Europejskiej Federacji Spawalniczej (EWF) i Międzynarodowego Instytutu Spawalnictwa (IIW) na kursach Międzynarodowych i Europejskich Inżynierów (IWE, EWE), Inspektorów (IWI), Technologów (IWT), Mistrzów (IWP) i Instruktorów Spawalników (IWS) z zakresu:

- stale niestopowe ogólnego przeznaczenia,
- stale do pracy w niskich temperaturach,
- wprowadzenie do korozji,
- stale drobnoziarniste,
- wysokomanganowe stale węglowe,
- zastosowanie stali wysokowytrzymałych.

W sumie w ramach kursów prowadzonych w Łukasiewicz – Górnośląskim Instytucie Technologicznym, Centrum Spawalnictwa dla personelu spawalniczego prowadzi zajęcia w łącznej ilości ponad 130 godzin rocznie.

Przed uzyskaniem stopnia doktora w roku 2009 współtworzył program specjalistycznego kursu „Macroscopic and microscopic metallographic examination of structural materials and their joints made by welding and allied techniques” - Guideline of the European Federation for Welding, Joining and Cutting.

Na potrzeby prowadzonych zajęć dydaktycznych opracował materiały na kurs IWE – Międzynarodowy Inżynier Spawalniki i niższych szczebli personelu spawalniczego (IWT – Międzynarodowy Technolog Spawalniki, IWS – Międzynarodowy Mistrz Spawalniki, IWP – Międzynarodowy Instruktor Spawalniki, IWI – Międzynarodowy Inspektor Spawalniczy). Były materiały dla wykładów: „Stale niestopowe ogólnego przeznaczenia”, „Wprowadzenie do korozji metali”, „Stale do pracy w niskich temperaturach”.

Opracował również, w roku 2010, materiały szkoleniowe na kurs „Makroskopowe i mikroskopowe badania metalograficzne materiałów konstrukcyjnych i ich połączeń spajanych”

Po uzyskaniu stopnia doktora w roku 2018 współtworzył program kursu pt. „Nadzór nad spajaniem prętów do zbrojenia betonu” wg wytycznych EWF i opracował materiały szkoleniowe pt. „Materiały i ich zachowanie w trakcie spawania”.

Na potrzeby prowadzonych zajęć dydaktycznych opracował materiały na kurs IWE – Międzynarodowy Inżynier Spawalnik i niższych szczebli personelu spawalniczego (IWT – Międzynarodowy Technolog Spawalnik, IWS – Międzynarodowy Mistrz Spawalnik, IWP – Międzynarodowy Instruktor Spawalnik, IWI – Międzynarodowy Inspektor Spawalniczy) dla wykładów „Stale wysokowytrzymałe drobnoziarniste” „Wysokomanganowe stale węglowe”, „Zastosowanie stali wysokowytrzymałych”.

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych rozpoczął również opiekę nad studentami. Jest powoływany jako drugi promotor, opiekun naukowy lub recenzent przy realizacji prac magisterskich i inżynierskich (30 prac), które były realizowane na Wydziale Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej i Wydziale Metali Nieżelaznych Akademii Górniczo Hutniczej w Krakowie oraz Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej.

#### **4. Ocena dorobku organizacyjnego**

Przed uzyskaniem stopnia doktora był koordynatorem w Instytucie projektu finansowanego przez Komitet Badań Naukowych nr 3 T10C 021 28 realizowanego w latach 2005-2007 a także kierował 5 pracami badawczymi finansowanymi w ramach dotacji statutowej oraz 2 pracami realizowanymi na bezpośrednie zlecenie klientów z przemysłu.

Ponadto w okresie od 04.2008 do 02.2020 był Członkiem Kolegium Instytutu Spawalnictwa. W ramach działań Kolegium opiniował wnioski oraz realizację prac badawczych finansowanych z środków Instytutu przeznaczonych na działalność statutową. Po uzyskaniu stopnia doktora był promotorem pomocniczym 3 prac doktorskich. Utworzył nowoczesne i unikatowe w skali kraju Laboratorium Technologii Elektronowych w którym rozpoczęto prace badawcze i projekty dotyczące wykorzystania wiązki elektronów do spawania, napawania, modyfikacji powierzchni oraz szybkiego prototypowania.

Zarządzał jako koordynator w Instytucie 3 projektami międzynarodowymi i 6 krajowymi. Kierował 4 pracami finansowanymi w ramach subwencji, 6 pracami finansowanymi w ramach Funduszu Rozwoju Instytutu oraz 13 pracami realizowanymi na bezpośrednie zamówienie klientów zewnętrznych.

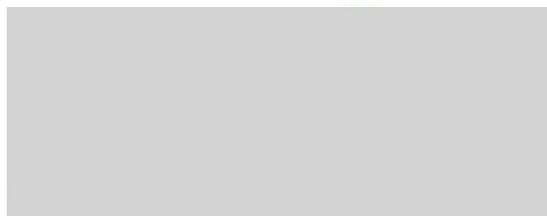
W dniu 1 stycznia 2023 r. rozpoczął pełnić funkcję Zastępcy Dyrektora Centrum Spawalnictwa w Łukasiewicz - Górnośląskim Instytucie Technologicznym.

W dniu 1 maja 2021 r. został powołany na Dyrektora Departamentu DRT ds. Rozwoju Technologii Spawalniczych w Łukasiewicz - Instytucie Spawalnictwa, funkcję tę sprawował do dnia 31 grudnia 2022 r.

W 2019 r. powierzona mu została funkcja p.o. Kierownika Zakładu Badań Spawalności i Konstrukcji Spawanych, po czym w roku 2021 został powołany na Kierownika tego Zakładu. Jego działalność organizacyjna jest również związana z organizacją krajowych oraz międzynarodowych konferencji naukowych, w których pełnił funkcję członka komitetu organizacyjnego lub naukowego.

## **5. Podsumowanie**

W związku z bardzo dobrą oceną osiągnięć naukowych oraz innej działalności naukowej jak również wysoką oceną działalności dydaktycznej oraz organizacyjnej stwierdzam, że dr inż. Marek Stanisław Węglowski spełnia wymagania stawiane osobom ubiegającym się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie inżynieria materiałowa i na tej podstawie wnoszę o dopuszczenie dr inż. Marka Stanisława Węglowskiego do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.



Podpisał: dr hab.inż. Jerzy Robert Sobiecki, prof. PW