



Dr hab. inż. Dariusz Fydrych, prof. PG
Zakład Technologii Materiałów Konstrukcyjnych i Spajania
Instytut Technologii Maszyn i Materiałów
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa
Politechnika Gdańska

Gdańsk, 6.03.2024 r.

RECENZJA

dorobku naukowego Pana dr. inż. Marka Stanisława Węglowskiego w ramach postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie *inżynieria materiałowa*

Tytuł osiągnięcia naukowego:

Teoretyczno-doświadczalne podstawy procesu tarciowej modyfikacji warstw wierzchnich (FSP)

Podstawa formalna i dokumentacja wniosku

Recenzję przygotowano na zlecenie Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej, wyrażone w piśmie l.dz. RMIa.532.6.2023 z dnia 20 grudnia 2023 r., podpisanym przez Przewodniczącą Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej, prof. dr hab. inż. Marię Sozańską. Podstawę do oceny merytorycznej stanowią, dostarczone w formie papierowej i elektronicznej, dokumenty:

1. Wniosek z dnia 25.09.2023 r.
2. Dane wnioskodawcy (załącznik nr 1)
3. Kopia dokumentu potwierdzająca posiadanie stopnia doktora (załącznik nr 2)
4. Autoreferat (załącznik nr 3)
5. Wykaz osiągnięć naukowych (załącznik nr 4)
6. Dokumenty potwierdzające osiągnięcia wskazane w autoreferacie (załącznik nr 5)
7. Monografia pt. „Teoretyczno-doświadczalne podstawy procesu tarciowej modyfikacji warstw wierzchnich (FSP)” (załącznik nr 6)

Dokumentacja została przygotowana przez Habilitanta starannie i w przemyślany, konsekwentny sposób.

Charakterystyka Habilitanta

Pan dr inż. Marek Stanisław Węglowski uzyskał tytuł zawodowy magistra inżyniera (Mechanika i Budowa Maszyn) w ramach studiów indywidualnych na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach w roku 2002. Stopień naukowy doktora inżyniera w dyscyplinie *inżynieria materiałowa* uzyskał (z wyróżnieniem) w roku 2010 na podstawie rozprawy doktorskiej pt.: „Wykorzystanie promieniowania emitowanego przez łuk elektryczny do monitorowania procesu spawania metodą TIG”. Promotorem przewodu doktorskiego przeprowadzonego na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Informatyki Przemysłowej Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie był prof. dr hab. inż. Marian Nowak z Politechniki Śląskiej.

Habilitant po ukończeniu studiów karierę zawodową rozpoczął w 2003 r. pracą w Zakładach Aparatury Chemicznej „Chemet” S.A. w Tarnowskich Górach. Od 01.08.2003 r. pracował w Instytucie Spawalnictwa w Gliwicach (jednostka zmieniła od tamtego czasu strukturę i nazwę) kolejno na stanowiskach: inżynier mechanik, asystent i adiunkt, a od roku 2019 pełnił różne funkcje kierownicze w tej instytucji, obecnie zajmując stanowisko zastępcy dyrektora Centrum Spawalnictwa, Łukasiewicz – Górnośląski Instytut Technologiczny, Centrum Spawalnictwa (od 1.01.2023 r.).

Ocena osiągnięcia naukowego Habilitanta

Osiągnięcie naukowe Pana dr. inż. Marka Stanisława Węglowskiego zatytułowane: „Teoretyczno-doświadczalne podstawy procesu tarciowej modyfikacji warstw wierzchnich (FSP)” i stanowiące podstawę do wszczęcia postępowania habilitacyjnego, wynikającego z art. 219 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 roku, opisane jest w monografii pod tym samym tytułem.

Monografia (ISBN 978-83-958775-8-2) została wydana w języku polskim przez Wydawnictwo Sieć Badawcza Łukasiewicz – Górnośląski Instytut Technologiczny (poprzednio Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Metalurgii Żelaza im. Stanisława Staszica w Gliwicach), w 2023 r. Wydawnictwo znajduje się w wykazie wydawnictw publikujących recenzowane monografie naukowe. Obszerna i estetycznie wydana pozycja liczy 334 strony i jest skomponowana w klasycznym układzie typu IMRaD obejmując wprowadzenie, materiały i metodykę, badania własne i podsumowanie.

Treść książki dotyczy nowoczesnego (pierwsze patenty datowane są na początek lat 90. XX w.) procesu spajania w stanie stałym zastosowanego do modyfikacji powierzchniowej metali (ang. Friction Stir Processing, FSP), którego badania zaliczane są do jednego z głównych nurtów badawczych we współczesnym spawalnictwie. Habilitant zastosował ten proces do modyfikacji właściwości odlewniczego stopu aluminium AlSi9Mg. Tematyka procesów bazujących na uplastycznieniu materiału wskutek zamiany energii mechanicznej na cieplną jest przedmiotem

wielu prac badawczych na całym świecie i obecnie stanowi intensywnie rozwijającą się gałąź technologii spajania i inżynierii materiałowej z wieloma znakomitymi przykładami zastosowania i perspektywami na dalsze wykorzystanie w nowych obszarach. W świetle aktualnego stanu wiedzy, starannie opisanego w monografii, nie mam wątpliwości, że tematyka prac Kandydata została bardzo dobrze dobrana i istnieje silne zapotrzebowanie ze strony przemysłu i nauki na wyniki takich doświadczeń i analiz. Monografia została dobrze zaplanowana pod względem struktury i objętości poszczególnych części. Z formalnego punktu widzenia zauważalny jest błąd w numeracji rozdziałów w spisie treści (rozdział 18 ma przypisany numer 19). Błąd ten nie występuje w treści pracy. Pierwsze 100 stron (rozdziały 1-10) Autor poświęca przedstawieniu stanu wiedzy w zakresie informacji wstępnych (rozdziały 1 i 2), o rozważanym procesie FSP (rozdziały 3 i 6) i wykorzystywanych urządzeniach, materiałach i narzędziach (rozdziały 4 i 5), a także możliwościach rozwoju tych technologii (rozdziały 8-10), również w aspekcie modelowania numerycznego (rozdział 7). Pierwsza część monografii dobrze wprowadza do kolejnych rozdziałów obejmujących opis przygotowania, realizacji i oceny wyników badań własnych Autora nie pozostawiając wątpliwości odnośnie motywacji i celowości podjęcia tematyki. Prace własne Habilitant przedstawił w rozdziałach 11-16, a w kolejnych dwóch rozdziałach (17 i 18) zaprezentował podsumowanie i wnioski. Jako główne cele prac badawczych i analitycznych Habilitant wskazał (strona 103): „[...] wyznaczenie eksperymentalnych zależności pomiędzy parametrami technologicznymi procesu FSP a siłami, momentem i temperaturą w obszarze modyfikacji. Celem było również wyjaśnienie różnic w mikrostrukturze obszaru zmodyfikowanego materiału. Wyjaśniono mechanizm ruchu uplastycznionego materiału w trakcie procesu modyfikacji i jego wpływ na kształt obszaru zmodyfikowanego i poziom naprężeń pozostających.” Zakres prac obejmował w szczególności: zaprojektowanie i zbudowanie stanowiska badawczego umożliwiającego pomiar sił, momentu i temperatury, przeprowadzenie prób technologicznych modyfikacji FSP z rejestracją sygnałów pomiarowych, przeprowadzenie badań wizualnych i metalograficznych obszarów zmodyfikowanych, opracowanie modeli numerycznych umożliwiających obliczenie pól temperatury, wyznaczenie trajektorii ruchu uplastycznionego materiału w trakcie procesu modyfikacji oraz naprężeń pozostających, doświadczalne wyznaczenie naprężeń pozostających w obszarach zmodyfikowanych, przeprowadzenie badań metalograficznych przy użyciu mikroskopii świetlnej, SEM i TEM oraz dyfraktometru rentgenowskiego i neutronowego. W rozdziałach 12 i 13 opisano przyjętą metodykę doświadczalną i wyniki badań eksperymentalnych, które poddano analizie podanej w rozdziale 14. Modelowanie numeryczne badanego procesu zostało przedstawione w kolejnym rozdziale, a rozdział 16 poświęcony jest badaniom strukturalnym i mechanicznym próbek (pomiar twardości metodą Vickersa oraz wyznaczenie wytrzymałości materiału w statycznej próbie rozciągania). Spis literatury obejmuje 592 pozycje i jest to liczba imponująca. Niezwykle cenne z punktu widzenia czytelnika jest także tabelaryczne zestawienie publikacji dotyczących tematyki FSP i pokrewnego procesu FSA różnych materiałów zamieszczone w załącznikach 1 i 2. Książka jest zakończona Streszczeniem

w języku polskim i angielskim. Dodatkowym elementem ułatwiającym lekturę jest podany na początku opracowania spis wybranych oznaczeń i skrótów.

Efektom prac przedstawionych w monografii jest szereg cennych wyników, które zostały opisane w dwóch ostatnich rozdziałach w postaci podsumowania i wniosków podzielonych na naukowe, użyteczne i perspektywiczne. Za szczególnie interesujące i wartościowe osiągnięcie naukowe Habilitanta uważam: wyjaśnienie mechanizmów zachodzących podczas modyfikacji procesem FSP stopu aluminium AlSi9Mg z wykorzystaniem metod eksperymentalnych i modelowania numerycznego, zarówno w aspekcie mechanicznym (kinetyka procesu), jak i materiałowym (relacja struktura-właściwości). Korzystny wpływ modyfikacji badanego stopu przejawia się wyraźnym rozdrobnieniem mikrostruktury (z 500 μm w stanie wyjściowym, po odlewaniu do 4 μm po procesie FSP) oraz eliminacji porowatości, co w konsekwencji prowadzi do znacznych zmian właściwości wytrzymałościowych i plastycznych. W ujęciu bardziej szczegółowym wyróżniłbym również następujące elementy nowości wskazane przez Habilitanta: ilościowe zweryfikowanie wpływu rozważanego procesu na właściwości badanego materiału, opracowanie i weryfikację modelu numerycznego opisującego ten proces oraz opracowanie i zweryfikowanie użyteczności metodyki badawczej.

Podsumowując ocenę osiągnięcia Pana dr. inż. Marka Stanisława Węglowskiego uważam, że wkład merytoryczny wykazany w treści monografii stanowi wartościowe osiągnięcie naukowe i jest dziełem oryginalnym przynajmniej w skali krajowej. Kandydat poprzez realizację prac i analiz istotnie poszerzył stan wiedzy w zakresie procesu FSP. Procesy spajania pokrewne, do których zaliczana jest badana technologia, opisywane są przez wiele wzajemnie powiązanych czynników technologicznych, materiałowych i konstrukcyjnych, co czyni je wyjątkowo trudnymi w opisie naukowym. Wyniki przedstawionych prac przybliżają osiągnięcie celu, którym jest pełen opis zjawisk i mechanizmów zachodzących podczas modyfikacji tarciowej stopów aluminium. Jednocześnie uważam, że ważne jest, że Habilitant zdaje sobie sprawę z pewnych ograniczeń poznawczych, na które składają się wady zastosowanych przez Niego metod i z oczywistych (głównie ekonomicznych i czasowych) przyczyn ograniczony zakres przeprowadzonych badań proponując kierunki kontynuacji prac.

Ocena dorobku naukowego Habilitanta

Habilitant jest autorem jednej monografii (przedstawionej jako osiągnięcie habilitacyjne) i 7 rozdziałów w monografiach (jednego przed uzyskaniem stopnia doktora), w tym 2 w renomowanych wydawnictwach Woodhead Publishing i Taylor and Francis Group. Dorobek publikacyjny Kandydata jest bogaty i obejmował w chwili składania wniosku: 150 publikacji naukowych, w tym 29 indeksowanych na liście JCR (sumaryczny $IF=43,916$). Od początku kariery naukowej jest aktywnym uczestnikiem konferencji krajowych i zagranicznych (144 seminaria, sympozja i konferencje), podczas których często występował z referatami (44 razy na konferencjach międzynarodowych, 34 razy na spotkaniach krajowych) albo plakatami (39 plakatów). W dorobku publikacyjnym zgromadził również kilkadziesiąt różnych opracowań

pokonferencyjnych. Znaczna liczba tych prac dotyczyła tematyki poruszanej w recenzowanym osiągnięciu. Również w obszarze recenzji prac naukowych Pan dr inż. Marek Stanisław Węglowski wykazuje się ponadprzeciętnym zaangażowaniem sporządzając liczne opinie projektów krajowych i międzynarodowych (634) oraz manuskryptów przeznaczonych do opublikowania w czasopismach naukowych (137). Wykonywał opinie dla renomowanych czasopism z najważniejszych wydawnictw, np. International Journal of Advanced Manufacturing Technology (Springer), Journal of Materials Processing Technology (Elsevier), Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part L-Journal of Materials-Design and Applications (SAGE), Advances in Materials Science (Sciendo), Materials and Manufacturing Processes (Taylor and Francis).

Kandydat jest współautorem 9 patentów z zakresu inżynierii materiałowej i technologii zgrzewania, z których większość została wdrożona do praktyki. Pan dr inż. Marek Stanisław Węglowski jest również współautorem 9 wdrożonych osiągnięć o charakterze projektowym i technologicznym w postaci stanowisk badawczych. Imponujący jest zwłaszcza dorobek Habilitanta w zakresie projektów badawczych: 29 projektów krajowych i 10 międzynarodowych, w których uczestniczył jako wykonawca albo koordynator z ramienia instytucji, w której był zatrudniony. Habilitant odbył kilka staży, wśród których jako szczególnie wartościowe wyróżniłbym staże naukowe w Łukasiewicz-Institut Metalurgii Żelaza, Gliwice (1-23 grudnia 2022 r.), w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie im. Stanisława Staszica, Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej, Kraków (2-18 października 2013 r.), w Center for Manufacturing, College of Engineering, University of Kentucky, Lexington, Stany Zjednoczone, Fulbright Junior Research Grant (17 sierpnia 2007 r.-16 lutego 2008 r.), w Lincoln University, Philadelphia, Stany Zjednoczone, Fulbright-Preacademic Program (22 lipca-5 sierpnia 2007 r.) oraz staż przemysłowy w Cambridge Vacuum Engineering, Cambridge, Wielka Brytania (2-11 listopada 2014 r.).

W zakresie opieki naukowej nad doktorantami Pan dr inż. Marek Stanisław Węglowski wykazał istotną aktywność pełniąc funkcję promotora albo opiekuna pomocniczego w 4 przewodach doktorskich (2 zakończonych): dr inż. Piotr Noga: praca doktorska pt.: „Wpływ technologii łączenia na budowę mikrostrukturalną i własności mechaniczne złączy ze stopów aluminium i stali”, Akademia Górniczo Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, obrona pracy doktorskiej 23.10.2018 r., dr inż. Anatol Kałasznikow: praca doktorska pt.: „System wspomagania decyzji doboru parametrów cięcia plazmowego dla potrzeb redukcji kosztów wytwarzania”, Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, obrona pracy doktorskiej 19.12.2018 r., mgr inż. Przemysław Nosal: praca doktorska pt.: „Modelowanie procesu stopowania tarcowego FSA oraz estymacja właściwości mechanicznych uzyskanego kompozytu”, Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny, otwarcie przewodu 20 czerwca 2018 r. i mgr inż. Beata Rams, praca doktorska (doktorat wdrożeniowy) pt.: „Wpływ wybranych sposobów przygotowania powierzchni stopów aluminium na wytrzymałość złączy klejowych z zastosowaniem klejów epoksydowych”, Politechnika Śląska, otwarcie przewodu 20 września 2022 r.

Moja całościowa ocena dorobku naukowego Kandydata, zarówno osiągnięcia, jak i innych dokonań jest jednoznacznie pozytywna. Stwierdzam jednak, że Pan dr inż. Marek Stanisław Węglowski, nie wskazał w dokumentacji wyraźnie drugiego osiągnięcia wymaganego przez przepisy. Na podstawie lektury załączników 3 (autoreferat) i 4 (wykaz osiągnięć naukowych) oraz analizy merytorycznej treści dorobku publikacyjnego dostępnego w bazach indeksujących, można jednak założyć, że takie dodatkowe osiągnięcia są związane z badaniami procesu spawania elektronowego (EBW), spawalności stali dla energetyki i monitorowania procesów spawania łukowego przy wykorzystaniu promieniowania łuku spawalniczego.

Ocena dorobku organizacyjnego Habilitanta

Pan dr inż. Marek Stanisław Węglowski jest od początku kariery zawodowej zaangażowany we współpracę z otoczeniem gospodarczym i naukowym. Był powoływany na członka komitetów naukowych i organizacyjnych 16 konferencji krajowych i zagranicznych. Kandydat uczestniczy również w charakterze członka w pracach licznych (14) organizacji technicznych: 1. Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Mechaników Polskich (SIMP), od roku 2017. 2. International Institute of Welding, Grupa 1, C-I-F, Additive Manufacturing, od roku 2017. 3. Polskie Towarzystwo Materiałoznawcze, od roku 2016. 4. Klub Złotego Inżyniera, Naczelna Organizacja Techniczna, od roku 2015. 5. International Institute of Welding, Grupa 4, C IV Power Beam Process, od roku 2015. 6. International Institute of Welding, Grupa 12, C-XII-A, Sensors and Control, od roku 2015. 7. Polskie Towarzystwo Próżniowe, od roku 2015. 8. Polskie Stowarzyszenie Alumni Stypendystów Fulbrighta, od roku 2015. 9. Polskie Towarzystwo Metod Komputerowych Mechaniki, od roku 2015. 10. Polskie Towarzystwo Spawalnicze, od roku 2015. 11. European Scientific Association for Material Forming, od roku 2012. 12. Polskie Towarzystwo Mikroskopii, od roku 2012. 13. European Microscopy Society, od roku 2012. 14. International Federation of Societies for Electron Microscopy, od roku 2012. Ponadto brał udział w pozyskaniu środków finansowych na organizację unikalnego i nowoczesnego Laboratorium Technologii Elektronowych. Jest współautorem ekspertyz realizowanych na potrzeby podmiotów zewnętrznych oraz brał udział w pracach doradczych z zakresu spawalnictwa i inżynierii materiałowej dla personelu przedsiębiorstw przemysłowych. Obecnie Habilitant pełni funkcję Zastępcy Dyrektora Centrum Spawalnictwa w Łukasiewiczu - Górnośląskim Instytucie Technologicznym wcześniej (od roku 2015) pracując na stanowiskach kierowniczych niższych szczebli.

Dorobek organizacyjny Kandydata jest znaczący i ważny dla krajowego i zagranicznego środowiska naukowego i przemysłowego. Znalazło to potwierdzenie w wyróżnieniach i nagrodach, które otrzymał za działalność, np. medal im. inż. Stanisława Olszewskiego (najważniejsze wyróżnienie dla polskiego inżyniera spawalnika), Henry Granjon Prize (renomowana spawalnicza nagroda nadawana przez Międzynarodowy Instytut Spawalnictwa) i medale na targach branżowych.

Ocena dorobku dydaktycznego Habilitanta

Kandydat ma relatywnie, biorąc pod uwagę miejsce jego zatrudnienia, które nie jest jednostką dydaktyczną, bogaty dorobek dydaktyczny. Sprawował opiekę dydaktyczną nad 30 studentami i jest współautorem książki, która jest znakomitą pomocą dydaktyczną dla studentów specjalności Spawalnictwo: Brózda J., Jachym R., Kwieciński K., Łomozik M., Węglowski M. St. Stale konstrukcyjne i ich spawalność. Wydawnictwo Instytut Spawalnictwa, Gliwice 2017. Dodatkowo, w latach 2017-2023, był opiekunem naukowców (5 krajowych i jednego zagranicznego) odbywających staże naukowe i przemysłowe w Instytucie Spawalnictwa. Na potrzeby prowadzonych zajęć dydaktycznych opracował i aktualizuje materiały na kursy IWE – Międzynarodowy Inżynier Spawalnik, IWT – Międzynarodowy Technolog Spawalnik, IWS – Międzynarodowy Mistrz Spawalnik, IWP – Międzynarodowy Instruktor Spawalnik oraz IWI – Międzynarodowy Inspektor Spawalniczy.

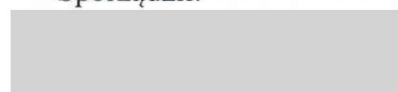
Podsumowując uważam, że jego zaangażowanie w działalność dydaktyczną i popularyzację nauki jest na poziomie bardzo dobrym.

Podsumowanie i wniosek końcowy

Kompleksowa ocena dorobku naukowego Pana dr. inż. Marka Stanisława Węglowskiego wskazuje, że jest on bardzo dobrze osadzony w dyscyplinie naukowej *inżynieria materiałowa*. Z lektury monografii oraz autoreferatu wyłania się sylwetka Pana dr. inż. Marka Stanisława Węglowskiego jako naukowca dojrzałego, stawiającego sobie ambitne i jednocześnie realne cele, konsekwentnie dążącego do ich osiągnięcia. Nie trudno również zauważyć, że jest On sprawnym organizatorem zadań i dobrym wykonawcą i kierownikiem projektów badawczych potrafiącym prowadzić prace we współpracy z naukowcami z kraju i zagranicy. Jego dorobek jest zrównoważony i znaczny w każdym z ocenianych obszarów: naukowym, organizacyjnym i dydaktycznym. Jego osiągnięcia są znane zarówno w krajowym, jak i zagranicznym środowisku naukowców zajmujących się spawalnictwem i inżynierią materiałową. Jestem głęboko przekonany, że dorobek przedstawiony przez Habilitanta potwierdza zasadność ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego.

Oceniając osiągnięcie naukowe w postaci monografii, a także podsumowując wszystkie aspekty składające się na dorobek naukowy, organizacyjny i dydaktyczny oraz w zakresie popularyzacji nauki Pana dr. inż. Marka Stanisława Węglowskiego, zgodnie z art. 219 ustawy *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* z dnia 20 lipca 2018 roku (Dz.U. 2021 poz. 478 z poz. zm.), wnoszę o nadanie mu stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie naukowej *inżynieria materiałowa*.

Sporządził:



Podpisał: dr hab. inż. Dariusz Fydrych, prof. PG