



Zachodniopomorski
Uniwersytet Technologiczny
w Szczecinie



**ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY
w SZCZECINIE
WYDZIAŁ INŻYNIERII MECHANICZNEJ i MECHATRONIKI**

Prof. dr hab. inż. Mirosław Pajor

ul. Al. Piastów 19 70-310 Szczecin
tel. +48 604-652-813,
e-mail: miroslaw.pajor@zut.edu.pl

Szczecin: 30.11.2023

**Recenzja dorobku naukowego dra inż. Rafała Gołębskiego
w postępowaniu habilitacyjnym**

Podstawa opracowania recenzji jest pismo Pani Dziekan Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Informatyki Politechniki Częstochowskiej prof. dr hab. inż. Małgorzaty Klimek z dnia 16.08.2023r. o decyzji Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna z dnia 29 czerwca 2023 r. dotyczącej powołania mnie na recenzenta w postępowaniu habilitacyjnym dra inż. Rafała Gołębskiego.

1. Podstawowe dane dotyczące Habilitanta

Habilitant ukończył 1 lipca 1999r. studia magisterskie w Politechnice Częstochowskiej na kierunku Mechanika i Budowa Maszyn, w zakresie Maszyn Technologicznych i Systemów Produkcyjnych. Stopień doktora nauk technicznych Habilitant obronił z wyróżnieniem, 24 października 2006 roku na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Informatyki Politechniki Częstochowskiej (praca doktorska pt. *Analiza geometryczna przekładni ślimakowej walcowej*).

Habilitant ukończył również studia podyplomowe w zakresach: administracja i bezpieczeństwo lokalnych sieci komputerowych (Politechnika Częstochowska), zarządzanie bezpieczeństwem i higieną pracy (Politechnika Częstochowska), przygotowanie pedagogiczne (Wyższa Szkoła Zarządzania w Częstochowie) oraz studium pedagogiczne (Politechnika Częstochowska).

Habilitant zgodnie ze złożonym oświadczeniem, nie ubiegał się wcześniej o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego.

Po ukończeniu studiów Habilitant podjął pracę w roku 1999 w Instytucie Technologii Maszyn i Automatykacji Produkcji na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Informatyki Politechniki Częstochowskiej na stanowisku asystenta. Następnie od 2010 r. rozpoczął pracę na stanowisku adiunkta naukowo-badawczego, którą kontynuuje do dnia dzisiejszego.

2. Informacje o obowiązujących kryteriach oceny i przepisach prawa w zakresie postępowania habilitacyjnego

Podstawa prawna jaka została zastosowana w recenzji w zakresie postępowania habilitacyjnego i obowiązujących kryteriów to art. 219 ust. 1 pkt. 1, 2 i 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz. U. 2018 poz. 1668).

3. Analiza i ocena osiągnięcia naukowego

Habilitant dr inż. Rafał Gołębski jako podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego, w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria mechaniczna, wskazał jako osiągnięcie naukowe cykl piętnastu powiązanych tematycznie artykułów naukowych pod tytułem *Teoretyczna i doświadczalna analiza technologicznych metod obróbki i badań uzębienia przekładni zębatach z wykorzystaniem obrabiarek CNC według autorskich technologii*. Cykl obejmuje publikacje z okresu od 2017 do 2022 roku i składa się 10 artykułów opublikowanych w czasopismach posiadających *impact factor* oraz 5 publikacji publikowanych w materiałach konferencyjnych i jednym czasopiśmie. Większość publikacji z cyklu (13) jest współautorskich przy czym Habilitant wniósł w nich znaczący wkład merytoryczny. Habilitant na potrzeby publikacji wykonywał analizy i badania eksperymentalnych oraz opracowywał wyniki, był głównym redaktorem tekstu publikacji.

Głównym celem prac badawczych prezentowanych w ramach cyklu było opracowanie unikatowej technologii wytwarzania kół zębatach na obrabiarkach CNC, umożliwiającej modyfikację wzdłużną zębów i ich zarysu. Habilitant koncentruje się przede wszystkim na kołach zębatach walcowych, dla których opracował oryginalną geometrię z możliwością modyfikacji wzdłużnej zębów. Habilitant

przeprowadzono analizę zazębienia prezentowanych kół oraz zaproponowano technologię ich wykonania. Ponadto wykonał analizy kształtowania ślimaka globoidalnego oraz analizy kształtowania koła ślimakowego klasycznymi metodami obróbki. Habilitant opracował technologię obróbki ślimaka o zarysie kołowo-wklęsłym, kształtując dowolny zarys ślimaka metodą wielokrotnych przejść.

W technologii obróbki kół zębatach istnieje jeszcze wiele interesujących obszarów badawczych, szczególnie z zastosowaniem wieloosiowych obrabiarek CNC ze sterowaniem numerycznym. Habilitant postawił sobie oryginalny cel badawczy opracowania teoretycznych i doświadczalnych podstaw projektowania konstrukcji elementów uzębionych i operacji technologicznych ich obróbki na uniwersalnych obrabiarkach sterowanych numerycznie z zastosowaniem narzędzi skrawających niezwiązanych z kształtem obrabianej powierzchni. Tak postawiony cel badań pokrywa się z obserwowanymi trendami rozwoju technologii obróbki złożonych kształtowo powierzchni na obrabiarkach CNC. Obserwuje się bowiem rozwój konstrukcji obrabiarkowych w kierunku obróbki wieloosiowej oraz koncentrację wielu operacji technologicznych na jednej obrabiarence. Pojawiają się nowe rozwiązania kinematyczne obrabiarek wieloosiowych ze sterowaniem CNC, które stanowią potencjał do zastępowania specjalistycznych obrabiarek i narzędzi do obróbki kół zębatach przez uniwersalne obrabiarki wieloosiowe sterowane numerycznie. Ten trend potęgowany jest przez powszechną kastomizację produkcji i konieczność zwiększania poziomu elastyczności linii produkcyjnych. Taki stan rzeczy rodzi potrzebę realizacji prac badawczych: analitycznych, obliczeniowych i eksperymentalnych, które Habilitant podjął w ramach prezentowanego cyklu publikacji. Należy mieć jednak świadomość, że jest to bardzo wąska i niszowa tematyka o silnym aspekcie aplikacyjnym. Prezentowane wyniki badań są interesujące z naukowego punktu widzenia oraz mają duży potencjał wdrożeniowy.

Habilitant, dr inż. Rafał Gołębiowski, zrealizowanymi badaniami prezentowanymi w ramach cyklu, wniósł znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria mechaniczna w obszarze wiedzy obejmującej problematykę kształtowania uzębień kół zębatach. Do najważniejszych osiągnięć Habilitanta zaliczam:

- Opracowanie oryginalnej metodyki obróbki kół zębatach na frezarkach CNC. Metoda bazuje na wielokrotnych przejściach, gdzie powierzchnia zarysu koła zębatego kształtowana jest w wyniku wielu przejść freza palcowego, kulistego. Narzędzie w punkcie styku z zarysem obliczeniowym zęba pokrywa się z normalną leżącą w płaszczyźnie poziomej. Możliwe jest przeprowadzenie dowolnej modyfikacji zęba w kierunku normalnym do powierzchni zęba.

Ponadto opracowanie modelu matematyczny opisu zarysu koła zębatego uwzględniającego możliwość modyfikacji wzdłużnej linii zęba. Metodyka umożliwia opracowaną strategię obróbki stopy zęba (tzw. krzywej przejściowej) oraz wykonaniu obliczeń parametryzacji zarysu dla przypadku obróbki zęba o zarysie ewolwentowym z modyfikacją wzdłużną. Przeprowadzono integrację kodu obróbki z wynikami obliczeń. Metodyka umożliwia implementację zaprojektowanej obróbki kół zębatych na frezarce CNC. Osiągnięcie zostało zgłoszone do ochrony patentowej.

- Opracowanie oryginalnej metody obróbki kół zębatych na tokarce CNC. Do obróbki zastosowano narzędzia napędzane, których geometria nie odpowiada zarysowi zęba. Analogicznie jak dla frezarek opracowano model matematyczny zarysu koła zębatego z możliwością jego modyfikacji. W modelu uwzględniono kształtu stopy i głowy zęba. Opracowana metodyka integruje kod obróbki z wynikami obliczeń. Metodyka została również zgłoszona do ochrony patentowej.
- Opracowanie oryginalnej metody pomiaru zarysu zęba koła zębatego z zastosowaniem mikroskopu warsztatowego. Metoda pomiaru polega na ustawieniu końcówki pomiarowej mikroskopu w punkcie początkowym zarysu ewolwentowego zęba - na walcu zasadniczym w płaszczyźnie osiowej mierzonego koła. Ponadto zaprojektowany został specjalny wzornik do ustawienia końcówki mikroskopu warsztatowego. Rozwiązanie zostało zgłoszone do ochrony patentowej.
- Opracowanie metodyki symultanicznej obróbki 4-osiowej ślimaka na tokarce CNC z zastosowaniem narzędzi napędzanych. Opracowano model matematyczny trajektorii ruchu freza kulistego przy kształtowaniu powierzchni śrubowej o zarysie wklęsłym. Model umożliwia implementację parametrycznego zapisu powierzchni do kodu numerycznego obróbki oraz translację kodu obróbki ślimaka na obrabiarkę CNC.

Prezentowana tematyka badań mieści się w obszarze dyscypliny *Inżynieria mechaniczna* i wytycza interesujące kierunki rozwoju tej dyscypliny w zakresie technologii obróbki kół zębatych z zastosowaniem nowoczesnych obrabiarek CNC. Uzyskane przez Habilitanta wyniki badań analitycznych i eksperymentalnych stanowią autorski wkład w rozwój badań dotyczących technologii obróbki uzębień kół zębatych. Przedstawiony dorobek naukowy habilitanta jest spójny naukowo i mieści się trendach rozwojowych obserwowanych w zakresie obróbki kół zębatych. Habilitant wyczerpująco omawia rozwiązywane problemy naukowe i techniczne oraz problemy metodologicznie związane z warsztatowym pomiarem kół zębatych. Badania te wnoszą istotny

wkład w rozwój wiedzy związanej z technologią obróbki kół zębatych i posiadają dużą wartość poznawczą oraz użyteczną. Stwierdzam, że przedstawione w dokumentacji wyniki badań Habilitanta spełniają wymagania stawiane w postępowaniu habilitacyjnym i mogą być potraktowane jako osiągnięcie naukowe w procedurze habilitacyjnej.

Prezentowane osiągnięcie naukowe w postaci cyklu publikacji stanowią wartościowy dorobek naukowy dra inż. Rafała Gołębskiego. Dorobek ten wskazuje, że Habilitant posiada dużą wiedzę i umiejętność realizacji badań eksperymentalnych. Habilitant jest zatem dobrze przygotowany do samodzielnego rozwiązywania problemów naukowo-badawczych organizowania działalności naukowej.

W podsumowaniu analizy i oceny osiągnięć naukowych Habilitanta stwierdzam, że spełnione są wymagania stawiane przez aktualne regulacje prawne, zatem przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe może być podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego.

4. Analiza i ocena istotnej aktywności naukowej, w tym aktywności realizowanej w więcej niż jednej uczelni, w szczególności zagranicznej

Habilitant przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora, zajmował się przede wszystkim zagadnieniami identyfikacji i technologii wykonania ślimaków walcowych. Badania te zaowocowały rozprawą doktorską pt. *Analiza geometryczna przekładni ślimakowej walcowej*. W tym okresie Habilitant był współautorem 9 opublikowanych referatów w materiałach konferencji polskich i międzynarodowych, jednego fragmentu w książce oraz brał aktywny udział w 3 konferencjach naukowych o zasięgu międzynarodowych.

Dorobek publikacyjny Habilitanta po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, obejmuje 43 prace oraz 7 artykułów opublikowanych jako materiały pokonferencyjne. Sumaryczny Impact Factor tych publikacji wynosi $IF = 34,04$. Habilitant jest autorem bądź współautorem 22 publikacji wykazanych w bazie Web of Science. Liczba ich cytowań wynosiła 94 (74 – bez autocytowań). Według WoS Habilitant ma indeks Hirscha równy 7. Natomiast według bazy Scopus indeks Hirscha wynosi 6, przy czym liczba publikacji indeksowanych w bazie Scopus wynosi 20, liczba cytowani 87 (bez autocytowań 71).

Habilitant publikował swoje prace w takich czasopismach jak: *Materials, Technical Gazette, Polymers, Transactions of Famena, Procedia Engineering, International Journal of Numerical*

Methods for Heat & Fluid Flow, Tehnicki Glasnik, Measurement Science Review, Mechanik, TTS Technika Transportu Szynowego, Logistyka, Technologia i Automatyzacja Montażu.

Dorobek publikacyjny Habilitanta jest wartościowy i na zadowalającym poziomie. Habilitant, dr inż. R. Gołębski dużo publikował w polskich czasopismach. Na podstawie analizy dorobku publikacyjnego i aktywności na konferencjach stwierdzam, że Habilitant prezentuje wyniki swoich badań, które są interesujące, aktualna oraz reprezentuje odpowiedni poziom merytoryczny. Ponadto aktywność naukowa Habilitanta przejawia się w odniesieniu do innych zagadnień, niż wymienione w zgłaszanym cyklu, stanowiącym podstawę ubiegania się o awans. Habilitant wykazuje również aktywność naukową w takich obszarach jak: badania materiałów kompozytowych i polimerowych oraz technologii ich wytwarzania (w tym prasowania i technologii przyrostowych), zastosowania oprogramowania CAD/CAM i MES do modelowania i obliczeń różnych reduktorów (w tym ślimakowych) oraz przygotowywania operacji realizowanych na giętarcie CNC, badania nad zagadnieniami zużywania się kół zębatach oraz analizy błędów montażu przekładni ślimakowych, badania konstrukcji obrabiarek CNC.

Ponadto Habilitant może w swoim dorobku wykazać członkostwo w komitetach naukowych czterech konferencji w tym międzynarodowych konferencji w Rumunii i na Słowacji. Habilitant wygłaszał referaty na 19 konferencjach w Polsce, w Rumunii i na Słowacji, trzy z nich realizowane były w okresie przed doktoratem.

Słabą stroną dorobku Habilitanta jest brak realizacji badań w projektach finansowanych ze źródeł zewnętrznych pozyskiwanych w drodze konkursowej z takich agencji jak NCBiR, NCN czy lokalnych programów operacyjnych. Habilitant w pewnym stopniu rekompensuje ten brak licznymi pracami badawczymi realizowanymi na bezpośrednie zlecenie przemysłu oraz kierowaniem projektami badawczymi realizowanymi w ramach działalności statutowej jednostki. Taki stan rzeczy może wynikać z faktu, iż badania realizowane przez Habilitanta w zakresie rozwoju technologii obróbki kół zębatach na obrabiarkach CNC z zastosowaniem uniwersalnych narzędzi do obróbki powierzchni kształtowych, to tematyka stosunkowo niszowa o silnym nastawieniu wdrożeniowym. Habilitant ma osiągnięcia w kształceniu kadru naukowo-badawczej, był promotorem pomocniczym w zakończonym przewodzie doktorskim oraz pełni funkcję promotora pomocniczego w innym toczącym się przewodzie doktorskim.

Habilitant może się wykazać dużą aktywność w zakresie współpracy międzynarodowej. Aktywnie działa w programie CEEPUS (Central European Exchange Program for University Studies) i ERASMUS+. Habilitant koordynuje jedną z sieci CEEPUS oraz jest partnerem w trzech innych

sieciach. W ramach programu CEEPUS Habilitant odbył 26 staży naukowo-badawczych i dydaktycznych w Rumunii, na Słowacji, w Chorwacji i w Czechach. Wymiernym naukowym owocem tej współpracy były opublikowane wyniki wspólnych prac z naukowcami z TU Ostrawa (Czechy), z STU Bratysława – w Trnawie (Słowacja) oraz z Uniwersytetu w Slawońskim Brodzie (Chorwacja).

Habilitant wykonał szereg recenzji artykułów naukowych w takich czasopismach, jak: *Energies*, *Micromachines*, *Materials*, *Symmetry*, *International Review of Applied Sciences and Engineering*, *Applied Acoustics*, *Sensors*, *Measurement*, *Technical Gazette*, *Actuators*, *Applied Sciences*, *Machines*.

Ponadto Habilitant jest członkiem komitetu redakcyjnego międzynarodowego czasopisma naukowego *Journal of Engineering Science* oraz „guest” edytorem numeru specjalnego zatytułowanego *Manufacturing Technology, Materials and Methods* czasopisma *Materials*. Swoje osiągnięcia Habilitant zgłosił do ochrony patentowej, zgłosił 4 wnioski patentowe (1 autorski, 3 pozostałe z jednym współautorem).

Na podstawie przedstawionej analizy dorobku naukowego Habilitanta mogę **sformułować konkluzję dotyczącą analizy i oceny istotnej aktywności naukowej, w tym aktywności realizowanej w więcej niż jednej uczelni, w szczególności zagranicznej oraz dorobku naukowego i doświadczenia Habilitanta jako badacza. Stwierdzam, że Habilitant na odpowiednim poziomie spełnia wymagania stawiane przez aktualne regulacje prawne**, wobec czego przedstawiony do oceny dorobek może być podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego.

5. Analiza i ocena dorobku dydaktycznego, popularyzatorskiego i organizacyjnego

Dr inż. Rafał Gołębski jest aktywnym nauczycielem akademickim. Habilitant prowadzi wykłady, zajęcia projektowe, zajęcia laboratoryjne oraz seminaria na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Informatyki Politechniki Częstochowskiej dla studentów kierunku Mechanika i Budowa Maszyn. W swoim dorobku dydaktycznym wykazuje prowadzenie zajęć z przedmiotów: Hydraulika, pneumatyka i systemy automatyzacji produkcji; Napędy i sterowanie elektrohydrauliczne i elektropneumatyczne maszyn; Obrabiarki CNC i ich programowanie; Podstawy programowania maszyn sterowanych numerycznie; Projektowanie procesów technologicznych na obrabiarki CNC;

Metrologia; Inżynieria wytwarzania, Projekt inżynierski, Seminarya dyplomowe, Komputerowe bazy technologiczne oraz Programowanie robotów.

Habilitant był promotorem 24 prac dyplomowych magisterskich oraz 51 prac dyplomowych inżynierskich.

Jest opiekunem Studenckiego Koła Naukowego POSN – Programowanie Obrabiarek Sterowanych Numerycznie. Ponadto Habilitant był wielokrotnie inicjatorem i organizatorem wyjazdowych zajęć dydaktycznych dla studentów kierunku Mechanika i Budowa Maszyn oraz Mechatronika do przedsiębiorstw przemysłowych.

Habilitant opracował koncepcję uruchomienia nowego laboratorium programowania wieloosiowych obrabiarek CNC. Od roku 2019 jest członkiem zespołu do spraw opracowania programów studiów dla kierunku Mechanika i Budowa Maszyn oraz Mechatronika. Habilitant aktywnie uczestniczył w uruchomieniu studiów podyplomowych Automatyzacja i Eksploatacja Maszyn i Systemów Produkcyjnych. Ponadto Habilitant angażuje się aktywnie w popularyzację nauki, biorąc czynny udział w wielu działaniach popularyzujących naukę w ramach różnych projektów. Habilitant opracował program pokazów technologicznych z zakresu technologii wytwarzania z zastosowaniem maszyn CNC. Ponadto aktywnie działa w zakresie promocji realizując pokazy popularyzujące naukę dla szkół średnich z obróbki CNC.

Prezentowane osiągnięcia dydaktyczne pozwalają na pozytywną ocenę aktywności dydaktycznej Habilitanta, jako pracownika naukowo-dydaktycznego.

Habilitant pełnił funkcję kierownikiem Zakładu Automatyzacji Produkcji i Technologii w Instytucie Technologii Mechanicznych. Obecnie jest zastępcą kierownika Katedry Technologii i Automatyzacji na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Informatyki. Ponadto Habilitant jest członkiem Senatu Politechniki Częstochowskiej oraz pełnomocnikiem rektora do spraw programu CEEPUS.

W roku 2019 Habilitant odbył miesięczny staż badawczy w przedsiębiorstwie przemysłowym, ponadto uczestniczył w pięciu pracach badawczo-rozwojowych i wdrożeniowych zleconych przez przedsiębiorstwa produkcyjne oraz opracował siedem ekspertyz na zlecenie przemysłu.

Habilitant za działalność naukową, dydaktyczną i organizacyjną uzyskał cztery nagrody Rektora Politechniki Częstochowskiej. Ponadto otrzymał Brązowy Medal *Zasłużony dla Uczelni*.

Podsumowując, dobrze oceniam aktywność Habilitanta w zakresie dorobku dydaktycznego, popularyzatorskiego, organizacyjnego i współpracy z partnerami przemysłowymi.

6. Wniosek końcowy

Na podstawie przeprowadzonej analizy osiągnięć naukowych, istotnej aktywności naukowej oraz dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego stwierdzam, że recenzowany dorobek dra inż. Rafała Gołębskiego spełnia wymagania stawiane w postępowaniu habilitacyjnym. Wobec tego, może stanowić podstawę do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego. **Habilitant ma osiągnięcia naukowe, uzyskane po otrzymaniu stopnia doktora, stanowiące znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej Inżynieria mechaniczna oraz wykazuje się istotną aktywnością naukową, w tym realizowaną w więcej niż jednej uczelni.**

W konkluzji stwierdzam, że **osiągnięcia naukowe oraz aktywność naukowo-badawcza dra inż. Rafała Gołębskiego spełniają wymagania stawiane przez aktualne regulacje prawne, tj. art. 219 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668) i mogą być podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie naukowej Inżynieria mechaniczna.**

