

Prof. dr hab. inż. Bożena Skołod
Katedra Automatykacji Procesów Technologicznych
i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania
Politechnika Śląska

OCENA

osiągnięcia naukowego oraz istotnej aktywności naukowej dr. inż. Rafała Kluza ubiegającego się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

1. Podstawa przygotowania recenzji

Przedmiotem recenzji jest ocena osiągnięcia naukowego dr inż. Rafała Kluza, w związku z postępowaniem habilitacyjnym prowadzonym przez Radę Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza.

Postępowanie toczy się w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

Formalną podstawą do sporządzenia recenzji jest zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna przedstawione w piśmie RM/531-05-06/2-23 (Uchwała Rady Dyscypliny RD IMech Nr 05/10/2023).

2. Stwierdzenie posiadania stopnia doktora

Dr inż. Rafał Kluz uzyskał stopień doktora 14 listopada 2007 r. na podstawie rozprawy doktorskiej zatytułowanej „Wpływ błędów elastycznego zrobotyzowanego systemu montażowego na montowalność cylindrycznych części maszyn”. Stopień doktora w dziedzinie nauk technicznych, dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn nadała Mu Rada Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza. Recenzentami w przewodzie byli prof. dr hab. inż. Wiktor Szabajkiewicz oraz dr hab. inż. Piotr Łebkowski.

Tym samym spełniony jest wymóg zapisany w ustawie, że „stopień doktora habilitowanego nadaje się osobie, która posiada stopień doktora”.

Kandydat nie ubiegał się uprzednio o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

3. Charakterystyka Habilitanta

Pan dr inż. Rafał Kluz jest absolwentem Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej, którą ukończył w 2002 r. uzyskując tytuł zawodowy mgr. inż. Studiował na kierunku mechanika i budowa maszyn, na specjalności organizacja i zarządzanie w przemyśle.

Na tym samym wydziale w 2007 r. uzyskał stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn. W pierwszym okresie po uzyskaniu stopnia doktora, zainteresowania Habilitanta były związane z robotyzacją procesów technologicznych, zwłaszcza zrobotyzowanych procesów odlewania oraz obróbki laserowej powierzchni z wykorzystaniem robota przemysłowego. Kolejnym obszarem Jego zainteresowań były badania wydajności i efektywności linii montażowych, w tym balansowanie linii montażowych, oraz zastosowanie symulacji procesów montażowych w liniach zautomatyzowanych oraz manualnych, w których zadania wykonują osoby z ograniczoną sprawnością ruchową. Zajmował się również poprawą własności połączeń zgrzewanych, wpływem parametrów toczenia na własności warstwy wierzchniej, wpływem parametrów obróbki na zużycie wiertel, jak również badaniami zużycia przeciagaczy. W każdym z wymienionych obszarów Habilitant opracowywał modele matematyczne, co jest charakterystyczne dla jego działalności naukowej. Wyniki prac zostały opublikowane w artykułach oraz zaprezentowane na konferencjach naukowych.

Od samego początku związał się z Wydziałem Budowy Maszyn i Lotnictwa, w latach 2003-2007 był zatrudniony na stanowisku asystenta naukowo-dydaktycznego, a od 1 stycznia 2008 r. do chwili obecnej jest zatrudniony na stanowisku adiunkta naukowo-dydaktycznego.

4. Ocena osiągnięcia naukowego

Podstawą ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego jest osiągnięcie naukowe zatytułowane „Analiza wpływu parametrów i błędów systemów montażowych na montowalność połączeń łączonych z luzem oraz zgrzewanych tarciovo z przemieszczeniem”. Osiągnięcie naukowe zostało udokumentowane monografią wydaną przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Rzeszowskiej w 2023 r. zatytułowaną „Wyznaczanie i kształtowanie poziomu montowalności systemów montażowych” oraz 9. artykułami znajdującymi się w bazie JCR. Dr inż. Rafał Kluz jest pierwszym autorem 6 z nich, co świadczy o Jego wiodącej roli w tych opracowaniach.

Habilitant świadom jest trudności związanej z optymalizacją jakości procesu łączenia części ze względu na liczne, często przeciwstawne kryteria. Poprawa jakości połączeń jest możliwa przez zastosowanie urządzeń i oprzyrządowania wyższej klasy. Taka decyzja bez wątpienia wpłynie na znaczne podniesienie kosztów i ceny produktu przez co może się on stać niekonkurencyjny. Analizując ten problem Habilitant doszedł do słusznego wniosku, że przedsiębiorstwo musi poszukiwać kompromisu (ang.: trade off). W rozważanym przypadku będzie nim określenie akceptowalnego poziomu montowalności bez zbędnego zawyżania dokładności stosowanego wyposażenia.

Wiedząc, że dla każdego rodzaju połączenia można wyznaczyć warunki montowalności podjął się opracowania metod i narzędzi umożliwiających wyznaczenie wpływu parametrów i błędów systemów pomiarowych na prawdopodobieństwo połączenia. Badania i analiza dotyczyły powierzchni walcowych, płaskich, gwintowych oraz połączeń cienkościennych zgrzewanych tarciovo z przemieszczeniem.

Prowadzone badania ukierunkował na potrzeby przedsiębiorstw, zwłaszcza na wykorzystanie wyników badań i opracowanych metod pozwalających na ocenę rzeczywistej dokładności wyposażenia, będącego w dyspozycji przedsiębiorstw, tak by już na etapie podejmowania decyzji o zmianie asortymentu można było przewidzieć jaki będzie przebieg procesu montażu, i czy jego dokładność pozwoli osiągnąć zamierzony wynik.

Niemożliwe jest wyeliminowanie rozrzutów wzajemnego pozycjonowania i orientowania kojarzonych części. Zakłada się, że niedokładności, które uniemożliwiają poprawny montaż muszą zostać skorygowane i temu służy odpowiednio zaprojektowany łańcuch kinematyczny operacji montażowej i w odniesieniu do niego odpowiednio dobierane jest oprzyrządowanie (parametry, własności oraz kolejność czynności), zapewniające jakość montażu z oczekiwanym prawdopodobieństwem. Jak już wcześniej wspomniałam dr inż. R. Kluz zrezygnował z podejścia polegającego na podnoszeniu jakości wyposażenia, co zawsze jest związane z ponoszonymi kosztami bez gwarancji zwrotu zainwestowanego kapitału. W zamian za to zaproponował przeprowadzenie oceny posiadanego wyposażenia i dokładności osiągalnej przez nie, co w efekcie pozwala na oszacowania możliwości przyjęcia danego zlecenia do realizacji, przy istniejących ograniczeniach. Tego rodzaju podejście można uznać za szybkie prototypowanie przyjmowania zleceń montażowych zorientowane na ograniczenia systemu, będącego w dyspozycji producenta. Jest ono radykalną zmianą spojrzenia na kwestie dokładności montażu i jako takie uznaję je za oryginalne i ważne osiągnięcie naukowe.

Habilitant opracował model matematyczny dokładności pozycjonowania robota przemysłowego pracującego w ustabilizowanych oraz zmiennych warunkach temperatury. Wykonał wiele badań, do ważniejszych zaliczam: pomiar błędu powtarzalności pozycjonowania robota, badanie wpływu prędkości efektora robota na zdolność jakościową procesu pozycjonowania. Wykazał m. in., że niezależnie od punktu w przestrzeni dla każdej zmiany prędkości ruchu chwytaka, wzrost prędkości powoduje zmianę wartości średniej zmiennej losowej błędu robota, co przyczynia się do zmniejszenia zdolności jakościowej procesu pozycjonowania robota.

Prowadził badania łączenia powierzchni walcowych i gwintowych i opracował oryginalną, autorską metodę pomiaru błędów. Rejestrował maksymalną wartość błędu powtarzalności pozycjonowania, którą należy przyjąć przy montażu części o powierzchniach walcowych. Z kolei odnosząc się do montażu powierzchni płaskich wskazał dodatkowe błędy trudne do wyznaczenia analitycznego, takie jak błędy orientacji krawędzi części. Zauważył również, że w przypadku montażu części przekraczającej 40 mm rozkład błędu odbiega od normalnego i wymaga niestandardowych metod modelowania błędów. Sam zaproponował metodę Grama-Chaliera polegającą na rozwinięciu funkcji gęstości prawdopodobieństwa.

Inne badania dotyczyły powtarzalności pozycjonowania robota. Prowadząc je zwrócił uwagę, że zgodnie z normą badania tego typu prowadzone są w warunkach stabilnej temperatury, natomiast w rzeczywistych warunkach zmiany temperatury mają miejsce i silnie wpływają na dokładność i pozycjonowanie robota. Ważnym osiągnięciem jest również wykazanie, że w przypadku gdy nie jest możliwe ustabilizowanie temperatury, w której robot pracuje, błędy temperatury można opisać rozkładem prawdopodobieństwa i w ten sposób uwzględnić w strukturze całkowitego błędu powtarzalności pozycjonowania.

Kolejnym zagadnieniem powiązanim z unikaniem błędów montażowych jest wyznaczenie optymalnego miejsca realizacji procesu łączenia części w przestrzeni roboczej stanowiska,

zapewniającej najwyższy poziom montowalności. Zamiast uznania maksymalnej wartości błędu, jak zazwyczaj się przyjmuje, poszukuje On miejsca w przestrzeni roboczej, gdzie błąd jest minimalny. Znalezienie tego rozwiązania sprowadziło do doboru wartości zmiennych decyzyjnych (współrzędnych konfiguracyjnych), takich by przy zadanych ograniczeniach funkcja celu przyjęła wartość minimalną. Uzyskane, obiecujące, wyniki zostały zweryfikowane eksperymentalnie. Kolejnym istotnym osiągnięciem Habilitanta jest przedstawienie wpływu pozycjonowania chwytaka robota na prawdopodobieństwo połączenia części. W ramach badań wykazał, że przez zmianę kąta obrotu chwytaka można zwiększyć prawdopodobieństwo połączenia części oraz wartość wskaźnika zdolności jakościowej.

Dr inż. Kluz opracował metodykę wyznaczania optymalnej konfiguracji wyposażenia oraz modułowego robota montażowego. Dzięki niej możliwe będzie wskazanie rozwiązania odpowiadającego na potrzeby przemysłu lecz jednocześnie uniknięcie przewymiarowania systemu. Polega ona na wyznaczeniu dokładności oprzyrządowania robota montażowego zapewniającego maksymalne zbliżenie prawdopodobieństwa połączenia części do wartości założonej.

Powiązana z technologią montażu jest grupa zagadnień z zakresu łączenia części z wykorzystaniem techniki zgrzewania stopów aluminium stosowanych w konstrukcjach lotniczych. W tym obszarze dr Kluz zajmował się wpływem parametrów procesu zgrzewania na montowalność połączeń, zależną od nośności połączeń oraz stabilności procesu. To skłoniło Go do poszukiwania rozwiązań kompromisowo-optymalnych. Prowadził badania zmian jakości złącza i jego nośności w zależności od liczby wykonanych zgrzein. Wyniki poddawał weryfikacji statystycznej. Wykazał, że zmianie ulega jedynie parametr opisujący zagłębienie narzędzia. Z tego powodu do procesu optymalizacji dodał kryterium wynikające z błędu zagłębienia narzędzia.

Zgrzewanie tarciove (FSW), jako nowoczesna metoda stosowane w przemyśle lotniczym jest kolejnym obszarem badań prowadzonych przez Kandydata w zakresie zapewnienia montowalności połączeń zakładkowych i doczołowych ze stopu aluminium. Wykazał, że wstępne podgrzewanie blach cienkościennych zgrzewanych tarciovo z przemieszczeniem prowadzi do znacznego obniżenia wielkości odkształceń. Udowodnił, że parametry procesu zgrzewania wpływają na montowalność połączeń, co stało się obszarem kolejnych badań oraz budowy modeli doboru optymalnych parametrów procesu zgrzewania połączeń metodą FSW.

Podsumowując ten krótki wywód z całym przekonaniem stwierdzam, że Habilitant wykazał się licznymi oryginalnymi osiągnięciami, które wpłynęły na rozwój dyscypliny inżynieria mechaniczna. Wszystkie te osiągnięcia są powiązane z technologią montażu i niewątpliwie mają duże znaczenie dla nauki, ale również dla gospodarki, co wynika z faktu, że technologia montażu jest dominującą na polskim rynku.

5. Istotna aktywność naukowa realizowana w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej

Habilitant współpracuje z kilkoma uczelniami zagranicznymi oraz krajowymi. Rezultatem tej współpracy są konkretne wyniki przedstawione m. in. w ramach „osiągnięcia naukowego” przedstawionego do oceny oraz inne liczne publikacje o zasięgu międzynarodowym.

Z Belgian Welding Institute - Belgia, Ghent prowadził badania z zakresu technologii zgrzewania metodą RFSSW. Ponadto prowadzi badania metalograficzne próbek. Dowodem skuteczności tej współpracy są wspólne publikacje w czasopismach International Journal of Advanced Manufacturing Technology; Journal of Materials Engineering and Performance; Technologia i Automatykacja Montażu;

Wynikiem współpracy z Technical University of Kosice, Department of Computer Aided Technology – Słowacja, Kosice jest publikacja w czasopiśmie Materials. Badania prowadzone wspólnie z tą jednostką obejmują technologię zgrzewania tarcowego z przemieszczeniem struktur cienkościennych.

W 2019 r. odbył staż w Brno University of Technology, Institute of Aerospace Engineering - Czechy, Brno, z którym prowadził badania z zakresu poprawy własności zmęczeniowych cienkościennych elementów metodą kulowania.

Habilitant współpracuje również z polskimi ośrodkami naukowo-badawczymi.

Badania z zakresu modelowania matematycznego z wykorzystaniem sieci neuronowych do przewidywania błędów pozycjonowania robota prowadzi wraz z Wydziałem Mechanicznym Politechniki Lubelskiej. Wynikiem tej współpracy jest publikacja w Advanced in Intelligent Systems and Computing.

Innym ośrodkiem krajowym, z którym współpraca jest bardzo szeroka i poparta publikacjami w: Journal of Materials Engineering and Performance; Archives of Civil and Mechanical Engineering; Applied Science; Advances in Science and Technology- Research Journal, jest Wydział Matematyczno-Przyrodniczy Uniwersytetu Rzeszowskiego. We współpracy z tym wydziałem prowadził badania metalograficzne.

W zakresie badań wytrzymałości statycznej oraz technologii zgrzewania tarcowego współpracuje z Państwową Wyższą Szkołą Zawodową w Krośnie.

Z kolei badania obciążeń dynamicznych połączeń wykonywanych metodą RFSSW prowadził wraz z Wydziałem Mechaniczno-Energetycznym Akademii Marynarki Wojennej.

W związku z powyższym stwierdzam spełnienie warunku określonego w ustawie, że „Habilitant wykazuje się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej”.

6. Ocena pozostałej aktywności naukowej

Po uzyskaniu stopnia doktora zainteresowania Habilitanta obejmowały zagadnienia związane z robotyzacją procesów technologicznych. Oprócz tematyki dot. zdolności jakościowej wskazanych jako osiągnięcie prowadził również badania dotyczące obróbki laserowej powierzchni z wykorzystaniem robota przemysłowego.

Ponadto zajmował się poprawą wydajności systemów montażowych, w tym również balansowaniem linii montażowych. Prowadził analizy efektywności pracy systemów na podstawie opracowanych modeli matematycznych opartych na rachunku prawdopodobieństwa i statystyce matematycznej.

Prowadził też badania symulacyjne przebiegu procesów w systemach montażowych zarówno zautomatyzowanych jak i manualnych.

Zajmował się również zagadnieniami poprawy własności połączeń zgrzewanych metodą tarciovą. Prowadził badania zużycia narzędzi i inne.

Dane naukometryczne prezentują ilościowo aktywność dr inż. Rafała Kluza: opublikował wyniki swoich prac w czasopismach z bazy JCR - 17 artykułów, w innych czasopismach o zasięgu międzynarodowym -14 artykułów, w czasopismach o zasięgu krajowym - 42 artykuły, jest autorem 1 monografii oraz autorem 1 rozdziału w monografii.

Do najważniejszych czasopism o zasięgu międzynarodowym, w których publikowane były Jego prace zaliczam: Archives of Civil and Mechanical Engineering – Elsevier; Assembly Automation – Emerald; International Journal of Advanced Manufacturing Technology – Springer; Materials- MDPI; Journal of Materials Engineering and Performance – Springer; Eksploatacja i niezawodność - Maintenance and Reliability.

Autorzy publikacji chętnie przywołują te osiągnięcia o czym świadczy: liczba cytowań wynosząca 181 (164 bez autocytowań), indeks Hirscha wynosi 8,

sumaryczny impact factor wynosi 33,535,

sumaryczna liczba punktów MEiN - 986,

uczestniczył w 22 konferencjach międzynarodowych i 6 krajowych,

był recenzentem 26 artykułów, w tym 3 o zasięgu międzynarodowym,

uzyskał 4 nagrody Rektora Politechniki Rzeszowskiej.

Uczestniczył jako wykonawca w projekcie finansowanym w ramach programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pod nazwą „Regionalna Inicjatywa Doskonałości” realizowanym w latach 2019-2022.

Podsumowując, oceniam pozytywnie działalność naukową oraz wartości naukometryczne.

7. Ocena dorobku dydaktycznego, organizacyjnego oraz popularyzujących naukę.

Habilitant prowadzi zajęcia dydaktyczne, m. in. z przedmiotów: Elastyczne systemy produkcyjne, Technologia montażu, Podstawy technologii maszyn, Technologia lotnicza. Prowadził również kursy na studiach podyplomowych: Systemy jakości w narzędziowni; Nadzór metrologiczny w procesach zapewnienia jakości.

Był promotorem 110 prac magisterskich oraz 103 prac inżynierskich. Recenzował 149 prac dyplomowych.

Pełnił funkcję promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim zatytułowanym „Wpływ parametrów szlifowania taśmami ściernymi elementów ze stopu aluminium 6060 na strukturę geometryczną powierzchni i przyczepność powłok malarskich”. Stopień doktora nadała Rada Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej w 2019 r.

Uczestniczył w Komitecie organizacyjnym konkursu POSTER MASTER skierowanym do studentów Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa.

Uczestniczył w organizacji 1 konferencji międzynarodowej i 2 krajowych.

Jest członkiem Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Mechaników Polskich oraz Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją. Jest członkiem komitetu redakcyjnego czasopisma Technologia i Automatyzacja Montażu. Był członkiem licznych komisji dydaktycznych,

koordynatorem układania planów, pełnił funkcje audytora Wewnętrznego Systemu Zarządzania Jakością oraz pełnomocnika ds. szkoleń tego systemu.

Habilitant prezentował wyniki swoich prac w wielu krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych. Uczestniczył w 22 konferencjach międzynarodowych i 6 krajowych prezentując swoje prace.

Na podstawie przedstawionej dokumentacji łatwo zauważyć, że dr Rafał Kluz wykazał się wystarczającą aktywnością w obszarze działalności dydaktycznej oraz organizacyjnej. Zauważalne jest, że również ta działalność jest powiązana z działalnością naukową.

8. Konkluzja

Po zapoznaniu się z przedłożoną dokumentacją habilitacyjną dr. inż. Rafała Kluza, w tym: autoreferatu, w którym wskazano osiągnięcia naukowe zatytułowane „Analiza wpływu parametrów i błędów systemów montażowych na montowalność połączeń łączonych z luzem oraz zgrzewanych tarciovo z przemieszczeniem”, udokumentowanego przez autorską monografię oraz 9 artykułów naukowych stwierdzam, że Habilitant zaprezentował szereg oryginalnych rozwiązań i ważnych wyników mających istotne znaczenie naukowe, przyczynia się do rozwoju badań procesów montażowych zautomatyzowanych i manualnych. Osiągnięcia zaprezentowane przez niego mają perspektywy praktycznego wykorzystania w przemyśle. Sposób postawienia problemu, wybór metod badawczych, umiejętność zastosowania aparatu matematycznego i sposób wnioskowania świadczą o Jego wysokiej klasie jako naukowca.

Wyniki badań stanowią niewątpliwie znaczący, oryginalny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria mechaniczna.

Jestem ponadto przekonana, że osiągnięcia Habilitanta znajdują duże praktyczne zastosowanie, głównie w przemyśle lotniczym, ale również w przemyśle motoryzacyjnym i innych branżach, gdzie są realizowane procesy montażowe lub procesy łączenie elementów techniką zgrzewania. Utylitarny charakter rozwiązań, jest dodatkowym, dużym atutem przedstawionych osiągnięć, gdyż podniesienie jakości, przy zachowaniu poziomu kosztów może w znaczący sposób wpłynąć na konkurencyjność przedsiębiorstw, które takie rozwiązania stosują.

Na podstawie pozostałej dokumentacji, którą stanowi opis aktywności naukowej prowadzonej we współpracy z innymi jednostkami naukowymi w kraju i za granicą; informacji o innych osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę stwierdzam, że dorobek dr. inż. Rafała Kluza spełnia z nadmiarem, wymagania stawiane przez ustawę.

W mojej opinii zaprezentowane osiągnięcie naukowe dr inż. Rafała Kluza, ale również pozostały dorobek naukowy, dorobek określony wskaźnikami naukometrycznymi, współpraca naukowa z innymi jednostkami zagranicznymi i krajowymi oraz jego działalność dydaktyczna i organizacyjna spełniają wymagania określone w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 Nr 65 poz. 595 z późniejszymi zmianami). W związku z tym wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Rzeszowskiej o kontynuację procesu habilitacyjnego dr inż. Rafała Kluza.

Bożena Skolowa