



POLITECHNIKA
LUBELSKA
LUBLIN UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY

POLITECHNIKA POZNAŃSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII MECHANICZNEJ

WPEŁ.
DNIA 24-02-2026

[Signature]

Lublin, 26.01.2026r.

Dr hab. inż. Jerzy JÓZWIK, prof. Uczelni
POLITECHNIKA LUBELSKA
WYDZIAŁ MECHANICZNY
Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji
ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin

Telefon: + 48 606 296 823; + 48 (81) 5384230; j.jozwik@pollub.pl

RECENZJA

Jawna

Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgra inż. Krzysztofa Smaka pt.: „Badania procesu skrawania osiowo-symetrycznych cienkościennych części silników lotniczych o dużej smukłości wykonywanych z materiału trudno skrawalnego”, w związku z prowadzonym przez Radę Dyscypliny Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej (Wydział Inżynierii Mechanicznej) przewodem o nadanie stopnia doktora.

Zamawiający

Opinię wykonano na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynierii Mechanicznej z Wydziału Inżynierii Mechanicznej PP dra hab. inż. Bartosza Gapińskiego, prof. PP i jednocześnie Dziekana Wydziału Inżynierii Mechanicznej PP.

Informacje dodatkowe

Rozprawa doktorska została wykonana w ramach programu "Doktorat wdrożeniowy", finansowanego z budżetu Państwa i realizowanego przy współpracy Politechniki Poznańskiej oraz zakładu Pratt & Whitney Kalisz sp. z o.o., Umowa nr DWD/5/0388/2021.

Informacje ogólne

Recenzja obejmuje ocenę treści merytorycznych rozprawy, ocenę wartości naukowej, też i rozwiązania problemu badawczego, jak również ocenę redakcyjną rozprawy i wnioski końcowe. Promotorem rozprawy jest Pan prof. dr hab. inż. Stanisław Legutko, dr h.c., prof. h.c., natomiast promotorem pomocniczym jest Pan dr inż. Piotr Szablewski. Pracę przedstawiono na 265 stronach maszynopisu, w układzie 8 rozdziałów głównych wraz z licznymi podrozdziałami, streszczeniem w języku polskim i angielskim oraz spisem literatury obejmującym 128 pozycji bibliograficznych. Wprowadzenie poprzedza wykaz akronimów oraz ważniejszych oznaczeń. Praca zawiera bogaty materiał ilustracyjny obejmujący liczne i odpowiednio dobrane rysunki oraz tabele. Struktura pracy jest logiczna i przejrzysta - od analizy stanu wiedzy, przez sformułowanie celów i hipotez badawczych, opis metodyki badań, prezentację i analizę wyników, aż po wdrożenie opracowanego rozwiązania i wnioski końcowe.

Temat, treść rozprawy, tezy i rozwiązanie problemu naukowego

Przedmiotem rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Krzysztofa Smaka jest identyfikacja relacji pomiędzy parametrami technologicznymi i warunkami skrawania a dokładnością wykonania części, i wybranymi cechami warstwy wierzchniej podczas skrawania wewnętrznych powierzchni osiowo-symetrycznych cienkościennych części o dużej smukłości wykonywanych z trudno skrawalnego stopu Inconel 718.

Autor pracy podejmuje bardzo ważny i aktualny problem naukowy dotyczący obróbki części lotniczych. Tematyka ta jest szczególnie istotna w kontekście dynamicznego rozwoju przemysłu lotniczego oraz rosnących wymagań jakościowych stawianych współczesnym silnikom odrzutowym i turbośmigłowym. Potwierdza to szereg problemów praktycznych poruszanych w fachowej literaturze przedmiotu rozprawy, poczynając od rozwiązań naukowych problemów teoretycznych, jak również ważnych problemów konstrukcyjnych

i technologicznych. Praca wykonana jest w ośrodku o długoletnich tradycjach badawczych - Politechnice Poznańskiej - przy współpracy z renomowanym producentem części lotniczych - firmą Pratt & Whitney Kalisz.

Temat i treści pracy są spójne. Treści merytoryczne prezentowane w rozprawie są przedstawiane z bardzo dużym poziomem szczegółowości i są adekwatne do rozpatrywanych problemów. Można stwierdzić, że Autor przeprowadził szerokie studium literatury obejmujące 128 pozycji bibliograficznych i posiada umiejętność syntetyzowania wiedzy oraz planowania eksperymentu. Ponadto, na szczególną uwagę zasługują konstruktywne i twórcze rozwiązania autorskie samego Doktoranta, który udowodnił w pracy swoje wysokie kompetencje w zakresie obróbki skrawaniem i realizacji badań eksperymentalnych dotyczących tychże procesów.

Cel badawczy pracy został jasno sformułowany jako opracowanie rozwiązania technologicznego dla operacji toczenia wykończeniowego wewnętrznej powierzchni części cienkościennych o dużej smukłości wykonywanych z Inconelu 718, które wymagają użycia narzędzi o długim wysięgu i niestandardowo dużej trwałości ostrza. Cel wdrożeniowy natomiast dotyczył optymalizacji fragmentu procesu technologicznego części krytycznej, tj. cienkościennego wału głównego silnika lotniczego.

Główne tezy rozprawy zostały sformułowane następująco:

- Wpływ zmiany mikrogeometrii ostrza skrawającego w funkcji czasu skrawania na dokładność wymiarową jest zależny od rodzaju zastosowanej oprawki narzędziowej.
- Wzrost ciśnienia roboczego cieczy chłodząco - smarującej powyżej 50 bar wpływa negatywnie na mikrostrukturę obrabianego stopu Inconel 718.

Tezy te są właściwie sformułowane, konkretne i możliwe do weryfikacji eksperymentalnej. Stanowią one solidną podstawę metodologiczną dla przeprowadzonych badań. Zakres pracy obejmuje zarówno badania podstawowe wykonane na próbkach, jak i badania zasadnicze przeprowadzone na rzeczywistych częściach produkcyjnych, co znacząco podnosi wartość użyteczną rozprawy.

Ocena wartości naukowej rozprawy

Autor pracy podejmuje bardzo ważny i jednocześnie trudny do jednoznacznego rozwiązania problem naukowy, dotyczący procesu toczenia wykończeniowego stopu Inconel 718 narzędziami o długim wysięgu, wyposażonymi w tłumik drgań. Przeprowadzona przez Doktoranta analiza literatury krajowej i światowej wykazała, że istnieje nadal deficyt informacji na temat tego typu obróbki, co uzasadnia celowość podjęcia badań mających charakter poznawczy i użytkowy, szczególnie w kontekście wdrożeniowym.

Do oryginalnych elementów pracy należy zaliczyć:

- kompleksową analizę wpływu wysięgu zestawu narzędziowego na zużycie ostrzy skrawających, dokładność wymiarową, jakość powierzchni oraz mikrostrukturę warstwy wierzchniej,
- badania wpływu ciśnienia cieczy chłodząco - smarującej na efekty technologiczne obróbki wykończeniowej,
- porównawczą analizę różnych powłok przeciwzużyciowych płytek skrawających z węglików spiekanych,
- opracowanie i wdrożenie rozwiązania technologicznego do produkcji seryjnej części silnika lotniczego.

Metodyka badań została właściwie dobrana do realizacji celów pracy. Autor wykorzystał nowoczesną aparaturę pomiarową i badawczą, w tym poziome centrum tokarsko-frezarskie M40 firmy WFL Millturn, współrzędnościową maszynę pomiarową Accura II firmy Zeiss, mikroskop optyczny 3D Portable RL firmy Bruker Alicona, mikroskop skaningowy SEM Mira 3 firmy Tescan z przystawką EDS, profilografometr Surfcom130A firmy Seimitsu, mikrotwardościomierz, mikromierze, mikroskopy oraz aparaturę do analizy tribologicznej i topografii powierzchni oraz drgań mechanicznych. Wykorzystany sprzęt pomiarowy daje gwarancję pozyskania wysokiej jakości danych oraz szerokie możliwości ich analizy.

Procedury eksperymentalne zostały opisane w sposób umożliwiający powtórzenie badań, co świadczy o rzetelności naukowej Autora.

Szczególnie wartościowe są badania przeprowadzone etapowo, zrealizowane w następującej kolejności: badania podstawowe na próbkach, badania zasadnicze przeprowadzone porównawczo na próbkach oraz badania na rzeczywistych częściach produkcyjnych. Takie podejście metodologiczne pozwoliło na stopniowe zawężanie zakresu badań i wybranie optymalnego rozwiązania do wdrożenia przemysłowego.

Wyniki badań zostały właściwie przeanalizowane, choć z ograniczonym wykorzystaniem metod statystycznych. Autor dokonał rzetelnej interpretacji uzyskanych wyników, na ile to było tylko możliwe, odnosząc je do danych literaturowych. Zgromadzony materiał badawczy jest imponujący - przeprowadzono kompleksową ocenę zużycia ostrzy, chropowatości i topografii powierzchni, mikrostruktury warstwy wierzchniej, dokładności wymiarowej oraz analizę drgań.

Niewątpliwie efektem naukowym pracy jest:

- określenie związków przyczynowo - skutkowych pomiędzy parametrami technologicznymi a efektami obróbki stopu Inconel 718 (choć w bardzo ograniczonym zakresie zmienności warunków obróbki),
- wykazanie, że zastosowanie oprawki narzędziowej wyposażonej w tłumik drgań istotnie i korzystnie wpływa na spowolnienie zużywania ostrza narzędzia skrawającego (brak jednak gruntownej analizy drgań).
- potwierdzenie negatywnego wpływu wysokiego ciśnienia CCS na mikrostrukturę warstwy wierzchniej. Warto by było jednak gruntownie uzasadnić dlaczego, ponieważ analiza literatury wskazuje odmienny pogląd.

Pewien niedosyt w pracy budzi brak systematycznego planu eksperymentalnego i statystycznej walidacji wyników. To osłabia generalizację wniosków, mimo praktycznego wdrożenia. Badania opierają się na sekwencyjnym testowaniu (badania wstępne na 4 ostrzach, badania zasadnicze na 5 ostrzach, potem 3 - na częściach docelowych), bez użycia metodologii DOE (Design of Experiments) czy Taguchi. Parametry skrawania są stałe lub dwupoziomowe, bez pełnej faktorialnej analizy interakcji (np. wysięg $\times$ ciśnienie CCS $\times$ posuw). Testy na próbkach są pojedyncze, tzn. pojedyncze ostrze na próbkę (14 przejść na ostrze). Na częściach produkcyjnych: 10 części na ostrze ale bez replik dla innych ostrzy czy warunków. Brakuje większej od trzech powtórzeń (≥ 3), chociażby na kombinację, co uniemożliwia ocenę powtarzalności (np. rozrzut R_a do $1,5 \mu m$). Przedziały ufności ustalono dla R_a/S_a (t-Studenta, $\alpha=0,1$), ale brak analizy ANOVA, testów istotności (np. Tukey) czy regresji wieloczynnikowej dla zależności V_{BC} w funkcji wysięg/ciśnienie. Wyniki są prezentowane jako średnie/odchylenia standardowe, bez p-value czy efektów głównych. Walidacja pracy jest ograniczona. Model ugięcia oprawki jest uproszczony, bez analizy FEM czy pomiarów dynamicznych (tylko RMS drgań i wyraźny brak analizy FFT, poza wynikami z rys. 6.80). Wdrożenie na 20 częściach bez długoterminowej walidacji (np. 100+ sztuk) czy kontroli procesowej (C_p/C_{pk}) jest jedynie wstępne, co nie oznacza, że nie akceptowalne. Autor twierdzi, że ciśnienie CCS powyżej zidentyfikowanego poziomu negatywnie wpływa na mikrostrukturę warstwy wierzchniej (poważniejsze deformacje ziaren). Obecna literatura wskazuje jednak, że HPC (70-200 bar) zazwyczaj poprawia efekty skrawania Inconel 718, tzn. zwiększa trwałość narzędzia nawet o 350-740%, redukuje siły, poprawia segmentację wióra i chłodzenie strefy skrawania, bez negatywnego wpływu na mikrostrukturę (raczej zmniejsza naprężenia szczątkowe) i przede wszystkim intensywnie odprowadza generowane ciepło podczas skrawania. Brakuje w pracy odniesienia do progów krytycznych lub warunków obróbki (np. obróbka zgrubna vs. wykańczająca), co czyni wniosek autora rozprawy zbyt uogólniony. W przyszłych badaniach chciałbym zasugerować autorowi aby uwzględnić lub odnieść się do wyników zaprezentowanych np. w pracy: „Effect of high-pressure coolant supply when machining nickel-base, Inconel 718, alloy with coated carbide tools” (E.O. Ezugwu, J. Bonney: Journal of Materials Processing Technology, Volumes 153–154, 10 November 2004, Pages 1045-1050, i wielu innych). Ponadto brak szerszej i gruntownie przeanalizowanej wzmianki o umocnieniu przez zgniot. Stwierdzono brak umocnienia przez zgniot (work hardening) w

warstwie wierzchniej, mimo deformacji plastycznych. Nowsze badania potwierdzają, że toczenie stopu Inconel 718 indukuje silne umocnienie „work hardening” (wzrost mikrotwardości o 10-20% w subwarstwie), zwłaszcza przy zużytym ostrzu lub dużym wysięgu – co obserwowano w pracy (deformacje ziaren do 35 μm). Interpretacja pomija ten efekt, skupiając się wyłącznie na deformacjach wizualnych (SEM). Warto aby autor w przyszłych pracach badawczych skorzystał z porównania wyników z informacjami zawartymi w podobnych pracach (np. pod linkiem: <https://www.mwalloys.com/how-to-machine-inconel-718-methods-for-turning-milling-drilling/>). W oparciu o dane literaturowe zawarte w pracy „Machining-Induced Work Hardening Behavior of Inconel 718 Considering Edge Geometries (Bin Zhou, Weiwei Zhang, Zhongmei Gao, Guoqiang Luo, Materials 2022, 15(2), 397;) zidentyfikowano pewne nieścisłości autora rozprawy w zawartym stanie wiedzy w zakresie prędkości skrawania oraz wpływie promienia naroża. Zalecane v_c dla obróbki wykończeniowej mieści się w standardach (60-150 m/min dla obróbki wykończeniowej), ale literatura podkreśla, że dla cienkościennych wałów HRSA wyższe v_c (do 120-150 m/min) z HPC i tłumikami drgań dają lepsze rezultaty bez wzrostu zużycia. Autor pracy nie eksploruje tego, ograniczając się do konserwatywnych parametrów. Analiza literatury przeprowadzona przez Doktoranta (rozdział 2) dobrze opisuje wzrost zużycia w zależności od r_n , ale pomija nowsze rekomendacje, a mianowicie duże r_n (20-60 μm) generują naprężenia rozciągające blisko powierzchni, pogarszając integralność – co potwierdza praca, lecz nie kwantyfikuje tych związków. Do innych słabych stron pracy należy zaliczyć: ograniczony zakres zastosowanych parametrów technologicznych skrawania, niedostateczna analiza drgań oraz brak statystycznej walidacji. Testy skupiają się na wąskim zestawie pytek (5 typów) i stałych warunków technologicznych skrawania, bez szerszej optymalizacji, co ogranicza generalizację i wyciągnięcie uogólnień z przeprowadzonych badań. Wyniki opierają się na pojedynczych lub nielicznych powtórzeniach (np. 3-20 części), bez analizy wariancji (ANOVA) czy testów istotności, co osłabia wiarygodność. Mierzone RMS wskazują podatność podtrzymki na wibracje, ale brak dynamiki częstotliwościowej (FFT poza wynikami z rys. 6.80) czy modelowania OUPN uniemożliwia pełne zrozumienie wpływu tłumika na badane procesy i kształtowanie jakości obrabianych części. Warto, żeby w przyszłości Autor pracy gruntownie przeanalizował tematyczną i stosunkowo obszerną publikację pt.: „Future research directions in the machining of Inconel 718” (Andrea De Bartolomeisa, Stephen T Newmana, I S Jawahirb, Dirk Biermannnc, Alborz Shokranian, University of Bath, England (46 stron, https://purehost.bath.ac.uk/ws/portalfiles/portal/221315565/Future_research_directions_in_the_machining_of_Inconel_718.pdf).

Cel użytkowy pracy objawia się wdrożeniem opracowanego rozwiązania do produkcji seryjnej, co jest jednym z kluczowych osiągnięć autora. Wyprodukowano wiele zgodnych części spełniających przyjęte kryteria jakościowe, co potwierdza praktyczną użyteczność przeprowadzonych badań. Autor Pracy dokonał praktycznego wdrożenia wyników w warunkach przemysłowych. Badania zaprezentowane w pracy ewoluują od testów wstępnych na próbkach, przez porównania na próbach produkcyjnych, po wdrożenie rozwiązania z oprawką antywibracyjną, umożliwiając produkcję części zgodnych/seryjnych spełniających normy ESA. Autor zastosował kompleksową metodologię i dokonał wielu czasochłonnnych i wymagających badań. Ocena obejmuje zużycie ostrzy (VBC), chropowatość (R_a , S_a), topografię 3D, mikrostrukturę warstwy wierzchniej (SEM), siły skrawania, drgania (RMS przyspieszeń) i próby tribologiczne, z użyciem zaawansowanych technologicznie (a także metrologicznie) dużej liczby stanowisk i aparatury naukowo – badawczej, dającej wiarygodne dane eksperymentalne. Autor rozprawy podjął próbę sformułowania wielu wartościowych i konstruktywnych wniosków, zarówno wynikających z analizy literatury, ale przede wszystkim z przeprowadzonych prac badawczych. Za cenne uznaje wnioski odniesione do postawionych tez pracy, wnioski poznawcze oraz z przeprowadzonego wdrożenia jak również wnioski o charakterze użytkowym i sugestie dotyczące dalszych badań. Potwierdzono, że oprawki antywibracyjne spowalniają zużycie ostrzy ale wymagają one monitoringu, poprawiają chropowatość i stabilizują mikrostrukturę zaś zbyt wysokie ciśnienie pogarsza deformację ziaren. Jednak te rozbieżności nie podważają wdrożenia (sukces w produkcji), ale sugerują potrzebę dalszych badań.

Pomimo pozytywnej oceny pracy, nasuwają się pytania o charakterze jakościowym i ilościowym:

- Jakie jest naukowe uzasadnienie doktoranta, że wysokie ciśnienie CCS powyżej wskazanej w pracy wartości negatywnie wpływa na mikrostrukturę warstwy wierzchniej?
- Na jakiej podstawie autor stwierdził brak umocnienia przez zgniot?
- Jaki był cel oceny kształtu i postaci wiórów?
- Czym była podyktowana liczba prób/powtórzeń?
- Dlaczego Autor nie zastosował analizy FFT drgań (poza wynikami z rys. 6.80) i bardziej zaawansowanej analizy statystycznej uzyskanych wyników,
- Czy opracowane rozwiązanie technologiczne może być zastosowane do innych części cienkościennych o dużej smukłości w silnikach lotniczych?
- Jak zaprezentowana metodyka może zostać przetransponowana na inne materiały trudno skrawalne z grupy nadstopów niklu?
- Jakie są perspektywy dalszego rozwoju badań w zakresie zastosowania oprawek z tłumikiem drgań do obróbki innych typów części?
- W jaki sposób Autor planuje kontynuować badania w kierunku optymalizacji parametrów skrawania dla różnych wariantów geometrii części?

Ocena językowa i redakcyjna rozprawy

Ocena redakcyjna rozprawy obejmuje: strukturę pracy, poprawność językową, stosowanie odpowiednich skrótów, odnośników i cytowań, zamieszczanie i prezentację rysunków, wzorów i tabel wraz z ich właściwym opisem, podpisami i objaśnieniami, opracowanie literatury oraz streszczeń w języku polskim i angielskim. Struktura pracy jest logiczna i przejrzysta. Układ rozprawy i podział treści między poszczególne rozdziały są właściwe i nie budzi większych zastrzeżeń. Kolejność rozdziałów jest poprawna i uzasadniona. Autor rozpoczął rozprawę od zagadnień ogólnych (analiza stanu wiedzy), sformułowanie celów i hipotez, prezentację zastosowanej metodyki badań, prezentację wyników, aż do wdrożenia i wniosków końcowych.

Materiał ilustracyjny pracy jest bogaty (liczne rysunki, tabele), w przeważającej części wysokiej jakości. Rysunki i wykresy są czytelne i właściwie opisane. Tabele zawierają kompletne informacje. Numeracja elementów graficznych jest konsekwentna. Literatura specjalistyczna obejmująca 128 pozycji dobrana jest trafnie i obejmuje zarówno publikacje krajowe, jak i zagraniczne. Wykaz literatury zawiera aktualne pozycje, w tym wiele prac opublikowanych w ostatnich latach.

Analiza rozprawy pod kątem redakcyjnym nie budzi zastrzeżeń, niemniej jednak Autor nie ustrzegł się pewnych niedociągnięć i niedoskonałości. Do najważniejszych z nich należą:

- miejscami zbyt długie zdania utrudniające czytelnikowi odbiór tekstu,
- nieliczne niekonsekwencje w stosowaniu terminologii (np. próbki materiału zamiast próbki badawcze ew. testowe, wibracje zamiast drgania, komponenty zamiast części),
- błędy stylistyczne i językowe (np. powłoki budowane?, ustroje cienkościenne?, elementy konstrukcyjne w przyrodzie i technologii),
- pojedyncze literówki i błędy interpunkcyjne,
- brak zachowania proporcji cytowanych lub prezentowanych rysunków własnych,
- niektóre rysunki mogłyby mieć wyższą rozdzielczość dla lepszej czytelności,
- powtórzone, te same, podpisy pod rysunkami np. rys. 2.8 i rys. 2.9,
- zbyt dużo wielocytowań typu [4, 19, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47],
- duża liczba powtórzeń treści merytorycznych w różnych częściach/rozdziałach pracy np. dotyczących stopu Inconel 718,
- niewłaściwe sformułowanie wynikające z syntetyzowania wiedzy, typu.: „...skrawalność poprawia zmniejszenie zawartości węgla w stopie...”

Przytoczone niedociągnięcia nie obniżają wartości naukowej i poznawczej ocenianej rozprawy doktorskiej. Struktura pracy i treści merytoryczne odpowiadają wymaganym

standardom stawianym rozprawom doktorskim. Język pracy nie budzi istotnych zastrzeżeń, jest stosunkowo i przeważnie fachowy oraz profesjonalny.

Podsumowanie i wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę całość rozprawy, należy stwierdzić, że zaprezentowane wyniki posiadają wymiar poznawczy i naukowy, a także użyteczny. Podsumowując aspekty naukowe pracy, pomimo nielicznych niedoskonałości, uważam je za wartościowe oraz o dużym potencjale naukowym. Autor osiągnął postawione cele i pozyskał wystarczający materiał badawczy pozwalający na udowodnienie postawionych w rozprawie tez. Na podstawie analizy rozprawy oraz bibliografii oraz dorobku Autora można stwierdzić, że jest on przygotowany do prowadzenia samodzielnej pracy naukowej. Autor rozprawy wydatnie poszerzył swoją wiedzę w obszarze badań naukowych z zakresu dyscypliny naukowej Inżynieria Mechaniczna.

Podsumowując moją ocenę stwierdzam, że:

- rozprawa spełnia wymóg oryginalnego rozwiązania zagadnienia naukowego, wykonanego przez Autora,
- dokumentuje wiedzę teoretyczną doktoranta w dyscyplinie naukowej Inżynieria Mechaniczna,
- praca ma istotny wkład w rozwój i podniesienie ogólnego poziomu wiedzy w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna,
- Autor wykazał się umiejętnościami samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, planowania eksperymentu i wyciągania z nich poprawnych wniosków,
- szczególnie cenne jest wdrożenie opracowanego rozwiązania do produkcji seryjnej, co potwierdza użyteczny charakter rozprawy.

Uwzględniając przedstawioną do recenzji rozprawę doktorską i jej naukowy wkład w Dyscyplinę Naukową Inżynieria Mechaniczna stwierdzam, że praca zaprezentowana przez Pana mgr inż. Krzysztofa Smaka pt.: „Badania procesu skrawania osiowo-symetrycznych cienkościennych części silników lotniczych o dużej smukłości wykonywanych z materiału trudno skrawalnego”, to oryginalne i wartościowe pod względem naukowym, ale także praktycznym osiągnięcie oraz rozwiązanie problemu określonego w tytule, celu i zakresie pracy, a jednocześnie oryginalne rozwiązanie w zakresie implementacji wyników własnych badań naukowych noszących znamiona praktycznego przemysłowego zastosowania.

Rozprawa spełnia wymagania określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz. U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zm.), zatem wnioskuję do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Poznańskiej o jej przyjęcie oraz dopuszczenie Autora do publicznej obrony rozprawy.

Lublin, dnia 26.01.2026r.

Politechnika Lubelska
WYDZIAŁ MECHANICZNY
Katedra Podstaw Inżynierii Mechanicznej

dr hab. inż. Jerzy Józwik
profesor uczelni

.....
(podpis recenzenta)