

Kraków, dn.14.04.2025 r.

dr hab. inż. Paweł Kielbasa, prof. URK
Katedra Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych
Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 116 B, 30-149 Kraków

Recenzja

osiągnięć naukowych w związku z postępowaniem o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego dr inż. Pawłowi Czarniakowi

1. Podstawa formalna recenzji

Podstawą opracowania niniejszej recenzji jest pismo Zastępcy Dyrektora Instytutu Nauk Drzewnych i Meblarstwa nt. INDiM.5110.1.2025 informujące o powołaniu mojej osoby na recenzenta dorobku naukowego dr inż. Pawła Czarniaka przez Radę Dyscypliny Nauki Leśne SGGW w Warszawie na posiedzeniu 29 stycznia 2025 r., drogą uchwały nr 19/NL-2024/2025 w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego dr inż. Pawłowi Czarniakowi, w dziedzinie nauk rolniczych w dyscyplinie nauki leśne. Datą wszczęcia postępowania habilitacyjnego jest data wpłynięcia dokumentacji dr inż. Pawła Czarniaka do RDN. W przypadku prowadzonego postępowania jest to data 2 sierpnia 2024 r.

Recenzję sporządziłem w oparciu o dostarczoną dokumentację, która została przygotowana zgodnie z wymaganiami wniosków ws. nadania stopnia doktora habilitowanego przedstawionymi przez Radę Doskonałości Naukowej:

- dane Wnioskodawcy;
- kopię dyplomu potwierdzającego nadanie stopnia doktora w dyscyplinie nauki leśne;
- autoreferat przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych;
- wykaz osiągnięć naukowych;
- kopię publikacji wchodzących w skład głównego osiągnięcia naukowego;
- oświadczenia Współautorów o ich udziale merytorycznym i procentowym w publikacjach współautorskich wchodzących w skład osiągnięcia merytorycznego;
- zaświadczenia dotyczące staży, promotorstwa, współpracy pomiędzy jednostkami naukowymi i przemysłowymi oraz działalności organizacyjnej i grantowej.

2. Podstawowe informacje o kandydacie

Pan dr inż. Paweł Czarniak w 1987 r. ukończył studia na kierunku Mechanicznej Obróbki Drewna, Wydziału Technologii Drewna SGGW w Warszawie uzyskując stopień magistra inżyniera. W 2010 r. uzyskał stopień doktora w dyscyplinie naukowej: nauki leśne broniąc z wyróżnieniem pracę doktorską pt. „Monitorowanie stopnia zużycia narzędzia podczas wiercenia w płycie wiórowej

laminowanej”. Na tej podstawie stwierdzam, że spełniona jest przesłanka, o której mowa w art. 219 ust. 1 pkt 1 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 r. poz. 1571, z późn. zm.). Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce dotycząca posiadania stopnia doktora przez osobę ubiegającą się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

Pan dr inż. Paweł Czarniak w 2010 roku został zatrudniony na macierzystym Wydziale w Katedrze Mechanicznej Obróbki Drewna najpierw jako starszy specjalista, później asystent a obecnie jako adiunkt naukowo dydaktyczny. Wg danych w przedstawionej dokumentacji do oceny, Kandydat nie ubiegał się dotychczas o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

3. Informacja o obowiązujących przepisach prawa na dzień wszczęcia ocenianego postępowania habilitacyjnego, w tym obowiązujących kryteriów oceny

Oceny dokonano w oparciu o przepisy Ustawy Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce, art. 219 ust. 1 pkt 1, 2 i 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 r. poz. 1571, z późn. zm.) określającym warunki nadania stopnia doktora habilitowanego. W przypadku dorobku naukowego dr inż. Pawła Czarniaka ocena dotyczyła (czcionka pogrubiona) następujących elementów formalnych i merytorycznych:

1) posiada stopień doktora;

2) posiada w dorobku osiągnięcia naukowe albo artystyczne, stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny, w tym co najmniej:

a) 1 monografię naukową wydaną przez wydawnictwo, które w roku opublikowania monografii w ostatecznej formie było ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. a, lub

b) 1 cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, które w roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. b, lub

c) 1 zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe, konstrukcyjne, technologiczne lub artystyczne;

3) wykazuje się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

2. Osiągnięcie, o którym mowa w ust. 1 pkt 2, może stanowić część pracy zbiorowej, jeżeli opracowanie wydzielonego zagadnienia jest indywidualnym wkładem osoby ubiegającej się o stopień doktora habilitowanego.

3. Obowiązek publikacji nie dotyczy osiągnięć, których przedmiot jest objęty ochroną informacji niejawnych.

4. Ocena osiągnięć naukowych będących przedmiotem postępowania habilitacyjnego

4.1. Ocena formalna

Osiągnięciem naukowym wymagany art. 219 ust. 1 pkt 2 i 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 r. poz. 1571, z późn. zm.) jest przedstawiony przez Kandydata cykl ośmiu oryginalnych, współautorskich publikacji naukowych pod wspólnym tytułem „**Analiza współczesnych możliwości zwiększania odporności na zużycie narzędzi skrawających do drewna i materiałów drewnopochodnych za pomocą nanoszenia wybranych powłok PVD**”.

W skład omawianego cyklu wchodzi artykuły wg następującego wykazu:

- I. **P. Czarniak**, K. Szymanowski, B. Kucharska, A. Krawczyńska, J. Sobiecki, J. Kubacki, P. Panjan (2020). Modification of tools for wood based materials machining with TiAlN/a-CN coating. *Materials Science & Engineering B*, 257, 114540 (IF: 3.400/Pkt. MNiSW: 100/udział własny 60%).
- II. B. Kucharska, **P. Czarniak**, K. Kulikowski, A. Krawczyńska, K. Roźniatowski, J. Kubacki, K. Szymanowski, P. Panjan, JR. Sobiecki (2022). Comparison Study of PVD Coatings: TiN/AlTiN, TiN and TiAlSiN Used in Wood Machining. *Materials*, 15, 7159 (IF: 4,051/Pkt. MNiSW: 100/udział własny 60%).
- III. B. Kucharska, JR. Sobiecki, **P. Czarniak**, K. Szymanowski, K. Cymerman, D. Moszczyńska, P. Panjan (2021). Influence of Different Types of Cemented Carbide Blades and Coating Thickness on Structure and Properties of TiN/AlTiN and TiAlN/a-C:N Coatings Deposited by PVI Techniques for Machining of Wood-Based Materials, *Materials*, 14, 2740 (IF: 3.748/Pkt. MNiSW: 140/udział własny 60%).
- IV. **P. Czarniak**, K. Szymanowski, P. Panjan, J. Górski (2022). Initial Study of the Effect of Some PVD Coatings ("TiN/AlTiN" and "TiAlN/a-C:N") on the Wear Resistance of Wood Drilling Tools. *Forests*, 13, 286 (IF: 2,900/Pkt. MNiSW: 100 udział własny 85%).
- V. **P. Czarniak**, B. Kucharska, K. Szymanowski, C. Nouveau, P. Panjan, K. Kulikowski, A. Roguska, M. Gloeh, J. Sobiecki (2023). Coatings deposited by physical vapor deposition (PVD) on high-speed steel used in the processing of wood materials. *Wood Material Science & Engineering*, 1-10. DOI: 10.1080/174802722023.2289023 (IF: 2.2/Pkt. MNiSW: 100/udział własny 60%).
- VI. **P. Czarniak**, K. Szymanowski, J. Górski, D. Jarosiewicz (2023). Effect of the dragfinishing of cutting blades made of sintered carbides on tool life in particleboard machining. *Wood Material Science & Engineering*, 1-7. DOI: 10.1080/17480272.2023.2289042 (IF: 2.2/Pkt. MNiSW: 100/udział własny 85%).
- VII. **P. Czarniak**, K. Szymanowski, J. Bucki, D. Jarosiewicz (2023). Micro geometry analysis of WC-Co carbide blades modified with PVI coating subjected to blunting during milling

in chipboard. Wood Material Science & Engineering. 19(2), 398-407. DOI: 10.1080/17480272.2023.2251026 (IF: 2.2/Pkt. MNiSW: 100/udział własny 85%).

- VIII. **P. Czarniak**, K. Szymanowski, P. Panjan, D. Jarosiewicz (2023). Influence of WC-Co knives pre-treatment with drag finishing method subjected to tool coatings deposition on blunting process, Wood Material Science & Engineering, 19(2). 391-397. DOI: 10.1080/17480272.2023.2248471 (IF: 2,2/Pkt. MNiSW: 100/udział własny 85%).

Habilitant jest pierwszym autorem w sześciu z ośmiu przedstawionych publikacji, w każdej określił swój wkład, tym samym wiodącą rolę w ich opracowaniu (dołączył potwierdzenia merytorycznego i procentowego udziału pozostałych Współautorów). Chciałbym zaznaczyć, że Pan dr inż. Paweł Czarniak we wszystkich przedłożonych publikacjach naukowych stanowiących monotematyczny cykl składający się na oceniane osiągnięcie naukowe, był pomysłodawcą, inicjatorem i autorem koncepcji badań oraz określił w nich szczegółowy zakres i cel naukowy, co jednoznacznie wskazuje na indywidualizm w/w osiągnięcia.

4.2. Ocena merytoryczna

W ostatnich latach obserwuje się dynamiczny rozwój technologii powlekania narzędzi skrawających wykorzystywanych w przemyśle drzewnym. Szczególną uwagę naukowców i inżynierów przyciąga technologia fizycznego osadzania z fazy gazowej (PVD – Physical Vapor Deposition), która pozwala na nanoszenie cienkich, twardych powłok ochronnych o precyzyjnie kontrolowanych właściwościach. Celem najnowszych badań jest nie tylko zwiększenie odporności narzędzi na zużycie, ale także ograniczenie zjawisk adhezji, poprawa jakości obróbki oraz zwiększenie efektywności produkcji. Badania prowadzone w wielu ośrodkach koncentrują się m.in. na zastosowaniu powłok typu TiAlN, AlCrN, CrCN oraz nowoczesnych struktur wielowarstwowych. Wyniki eksperymentów pokazują, że powłoki AlCrN charakteryzują się wyjątkową odpornością na działanie wysokich temperatur i ścieranie, co czyni je idealnymi do obróbki płyt MDF oraz HDF. Z kolei powłoki DLC (Diamond-Like Carbon), dzięki bardzo niskiemu współczynnikowi tarcia, skutecznie redukują przywieranie żywicy, co przekłada się na mniejsze zużycie ostrzy. Interesującym kierunkiem badań są także powłoki adaptacyjne, które zmieniają swoje właściwości w reakcji na temperaturę i ciśnienie występujące w strefie skrawania. Badania nad powłokami TiSiN wykazują ich zdolność do formowania warstwy samosmarującej podczas pracy, co może znacząco zwiększyć żywotność narzędzia. Zastosowanie technologii HiPIMS (High Power Impulse Magnetron Sputtering) do nanoszenia powłok pozwala uzyskać wyjątkowo gładką, gęstą i dobrze przylegającą warstwę ochronną.

Podsumowując, współczesne badania naukowe jednoznacznie wskazują na ogromny potencjał technologii PVD w sektorze obróbki drewna. Dalszy rozwój zaawansowanych powłok oraz technik ich nanoszenia może znacząco przyczynić się do zwiększenia efektywności i ekologiczności procesów skrawania materiałów drewnopochodnych, a badania w tym zakresie należy uznać za zasadne.

Habilitant w swoich rozważaniach naukowych skoncentrował się na badaniach związanych z trwałością narzędzi skrawających w przypadku których stosowano powłokę PVD nakładaną na narzędzie skrawające w przypadku którego zastosowano dodatkowo mikroobróbkę ścierną w celu jego zaokrąglenia. Chciałby podkreślić, że p. dr inż. P. Czarniak zbudował zespół badawczy, co jest niezwykle istotną umiejętnością w przypadku samodzielności naukowej, do której pretenduje. Jako lider przedmiotowego zespołu naukowego podjął ważny problem naukowy związany z poprawą trwałości narzędzi stosowanych w obróbce materiałów drewnopochodnych. Punktem wyjścia badań była ograniczona trwałość ostrzy wykonanych z węgla spiekane WC-Co, które są powszechnie używane w przemyśle meblarskim. Głównym powodem ograniczonej trwałości tych ostrzy jest szybkie zużywanie się krawędzi skrawających w wyniku dużych naprężeń mechanicznych, termicznych oraz chemicznych, występujących podczas procesu obróbki materiałów drewnopochodnych, szczególnie płyt wiórowych. W badaniach opublikowanych w 2020 roku, przedstawił innowacyjne rozwiązanie polegające na pokrywaniu ostrzy dwuwarstwową powłoką TiAlN/aCN przy użyciu technologii fizycznego osadzania z fazy gazowej (PVD) metodą magnetronowego sputteringu. Nowością naukową było zastosowanie amorficznej warstwy węgla (aCN), która została nałożona na tradycyjną, twardą powłokę ceramiczną TiAlN. Dzięki tej hybrydowej strukturze uzyskano znaczący wzrost trwałości narzędzia (droga skrawania wzrosła z 5275 m do 6740 m). Powłoka ta charakteryzowała się również wysoką odpornością na tzw. kruche pękanie, czyli zjawisko, które jest kluczowe dla wydłużenia żywotności narzędzi skrawających. Zastosowane analizy z użyciem technik SEM, EDS, XRD oraz XPS umożliwiły szczegółowe poznanie mechanizmów odpowiedzialnych za poprawę właściwości użytkowych powłok.

Kontynuacją tych badań były prace przedstawione w 2022 roku, które poszerzyły zakres analizowanych powłok o wielowarstwową nanopowłokę TiN/AlTiN oraz nanokompozytową powłokę TiAlSiN. Nowatorskim odkryciem w skali światowej było stwierdzenie, że wzrost nanotwardości powłok nie zawsze wiąże się ze wzrostem ich trwałości użytkowej. Autorzy ustalili, że kluczową rolę odgrywa przede wszystkim odporność powłok na uszkodzenia mechaniczne, zwłaszcza na kruche pękanie wynikające z oddziaływania zanieczyszczeń mineralnych w drewnie lub płytach drewnopochodnych. Spośród badanych powłok, najlepsze właściwości eksploatacyjne uzyskano dla nanopowłoki TiN/AlTiN, która mimo umiarkowanej nanotwardości wykazała dłuższy okres eksploatacji narzędzi.

W kolejnych współautorskich pracach szczegółowo przeanalizował wpływ grubości powłok oraz rodzaju podłoża (odmian węgla WC-Co oraz stali szybko tnącej HSS) na ich właściwości użytkowe. Nowatorskie podejście polegało na kompleksowej analizie zależności między grubością powłoki, jej przyczepnością do podłoża a realną trwałością narzędzia. Ustalono, że powłoki o większej grubości (ok. 5 μm) miały większą trwałość mimo nieco słabszej przyczepności. Jednakże, w przypadku powłoki TiAlN/aCN na podłożu o najwyższej twardości (WC-Co ultrafine-nano), zaobserwowano katastrofalne stępienie, co podkreśliło potrzebę precyzyjnego doboru konfiguracji powłoki i podłoża.

Potwierdziło to uniwersalność nanopowłoki TiN/AlTiN, która stała się rekomendowanym rozwiązaniem dla obróbki drewna i materiałów drewnopochodnych.

Istotną nowością było również zastosowanie metody drag finishing, co przedstawiono w najnowszych publikacjach zespołu z 2023 roku. Metoda ta polegała na wstępnym kształtowaniu mikrogeometrii krawędzi skrawających ostrzy. W efekcie uzyskano korzystniejszą mikrostrukturę powierzchni ostrzy, co w rezultacie doprowadziło do istotnego zwiększenia ich trwałości. Szczegółowa analiza mikrogeometrii ostrza pozwoliła na wprowadzenie nowych wskaźników geometrycznych, w tym współczynników asymetrii zaokrąglenia K, co stanowi znaczący wkład do światowej literatury przedmiotu. Badania te są zgodne z aktualnymi trendami światowymi, gdzie podkreśla się znaczenie mikrogeometrii narzędzi w kontekście poprawy efektywności procesów skrawania.

Z punktu widzenia nauk leśnych, a zwłaszcza technologii drewna, wyniki omawianych badań mają charakter przełomowy, ponieważ rozwijają wiedzę inżynierską dotyczącą przetwórstwa surowców drewnopochodnych, uwzględniając ich mikrostrukturę, obecność wtrąceń mineralnych oraz specyficzne mechanizmy zużycia narzędzi. Ponadto przyczyniają się do poprawy efektywności procesów technologicznych w przemyśle meblarskim i płytowym – dłuższa trwałość narzędzi to rzadsze przestoje produkcyjne, mniejsze koszty wymiany ostrzy i większa precyzja obróbki. Otwierają również nowe kierunki badań nad inżynierią powierzchni narzędzi stosowanych w przemyśle drzewnym – wcześniej niedocenianą dziedziną w literaturze leśnej, zdominowanej przez analizy biologiczne i chemiczne drewna. Pokazują również, jak interdyscyplinarne podejście (łączenie inżynierii materiałowej, mikroskopii, obróbki skrawaniem i metod modelowania matematycznego) może być skutecznie zastosowane do rozwiązywania praktycznych problemów w leśnictwie przemysłowym.

Dodatkowo, przedstawione rozwiązania, szczególnie nanopowłoki wielowarstwowe TiN/AlTiN, przyczyniają się do poprawy jakości wytwarzanych wyrobów drewnopochodnych. Wydłużenie żywotności narzędzi powoduje, że proces produkcyjny jest bardziej stabilny, co wpływa na równomierną jakość wyrobów, zmniejszenie częstotliwości wymiany narzędzi i obniżenie ryzyka błędów jakościowych. Prezentowane przez Habilitanta rozwiązania są też ważnym krokiem w stronę realizacji koncepcji zrównoważonego rozwoju w przemyśle drzewnym. Wyniki tych badań są więc istotnym wkładem do dyscypliny naukowej nauki leśnej, szczególnie w zakresie drzewnictwa.

Rozwiązanie problemu naukowego zaproponowane przez p. dr inż. Pawła Czarniaka stanowi oryginalny i dobrze udokumentowany wkład w światową literaturę z zakresu obróbki materiałów oraz ma wymierne znaczenie aplikacyjne w przemyśle leśnym. Potwierdza to potrzebę rozwijania specjalistycznych powłok narzędziowych dedykowanych obróbce drewna i materiałów drewnopochodnych, które ze względu na swoje właściwości znacznie różnią się od metali, i w tym kontekście powłoka TiN/AlTiN jawi się jako najbardziej uniwersalne i trwałe rozwiązanie. Zatem nie ma wątpliwości, że problem naukowy został rozwiązany a na realizację tego rozwiązania składały się istotne dla nauki osiągnięcia Habilitanta:

- a) dokonał eksperymentalnej oceny trwałości narzędzi skrawających w kontekście obróbki materiałów drewnopochodnych z zastosowaniem zaawansowanych powłok narzędziowych, gdzie jako cel postawił sobie ilościowe określenie trwałości operacyjnej wybranych narzędzi skrawających stosowanych do obróbki płyt drewnopochodnych, w tym narzędzi pokrytych niekonwencjonalnymi powłokami narzędziowymi. Analizowano wpływ składu chemicznego oraz architektury powłok – zarówno standardowych (związków Al, Ti, Cr), jak i powłok gradientowych – na odporność narzędzi na zużycie w warunkach rzeczywistej eksploatacji. Badania miały na celu identyfikację relacji pomiędzy strukturą powłok a mechanizmami degradacji ostrza, co przyczynia się do pogłębienia wiedzy w zakresie inżynierii trwałości narzędziowej.
- b) dokonał parametryzacji i przeanalizował zmiany mikrogeometrii ostrzy narzędzi skrawających w procesie obróbki płyt drewnopochodnych z uwzględnieniem asymetrii zaokrąglenia krawędzi tnącej. W tym przypadku celem badań była identyfikacja i analiza zmian mikrogeometrii narzędzi skrawających, które uległy procesowi eksploatacyjnego tępienia podczas frezowania materiałów drewnopochodnych. Badania skoncentrowane były na zjawisku asymetrii zaokrąglenia krawędzi tnącej, które może wpływać na jakość obróbki i intensyfikację lokalnych naprężeń podczas skrawania, co pozwoli na lepsze zrozumienie ewolucji geometrii ostrza w czasie pracy oraz jej wpływu na efektywność procesu technologicznego.
- c) przeanalizował wpływ wstępnej modyfikacji mikrogeometrii krawędzi tnącej metodą mikroobróbki ścierniej na trwałość narzędzi skrawających podczas obróbki płyt drewnopochodnych. W ramach tego osiągnięcia przeprowadził eksperymentalną ocenę wpływu wstępnej modyfikacji mikrogeometrii ostrzy – realizowanej za pomocą precyzyjnej mikroobróbki ścierniej – na trwałość narzędzi skrawających stosowanych do frezowania płyt drewnopochodnych. Analizował narzędzia wyposażone w zaawansowane powłoki wielowarstwowe, m.in. typu TiN/AlTiN, co pozwoliło określić zależności pomiędzy parametrami modyfikacji krawędzi a odpornością ostrza na zużycie, które mają istotne znaczenie dla projektowania narzędzi o zoptymalizowanej geometrii początkowej i zwiększonej trwałości operacyjnej.

Opracowując wyniki badań Kandydat wykazał, że:

- cienka warstwa węgla amorficznego a-CN nałożona na powłokę typu TiAlN w istotny sposób poprawia jej trwałość. Natomiast pojedyncza powłoka TiAlN, z uwagi na niską odporność na kruche pękanie, nie znajduje zastosowania w przypadku obróbki materiałów drewnopochodnych. Zaobserwował korzystne zjawisko polegające na wcieraniu węgla amorficznego w podłoże bez oznak oderwania się powłoki od powierzchni ostrza.
- wyższość nanopowłok wielowarstwowych takich jak TiN/AlTiN w stosunku do pozostałych analizowanych podczas badań. Przy czym wysoki poziom nanotwardości nie oznacza, że dana

powłoka wykaże się dużą trwałością podczas eksploatacji narzędzia. Duża odporność na zarysowania, która świadczy o jej dobrej przyczepności, również nie gwarantuje uzyskania dobrych właściwości użytkowych, jak to miało miejsce w przypadku pojedynczej powłoki TiN.

- optymalną grubością powłok przeznaczonych do obróbki materiałów drewnopochodnych uznano grubość ok. 5 μm . Zmniejszenie grubości do ok. 2 μm wprowadzie zwiększa jej przyczepność, ale jednocześnie obniża jej trwałość.
- powłoka zawierająca amorficzny C naniesiony na twarde podłoże w postaci podpowłoki TiAlN nie do końca sprawdziła się w testach trwałościowych (WC-Co KCR02+) dotyczących obróbki frezowaniem, co powoduje, że jej zastosowanie w obróbce materiałów drewnopochodnych jest ograniczone.
- skuteczność dwuwarstwowej powłoki TiAlN/aCN w przypadku wiertel do otworów przelotowych wykonanych z węgla spiekane WC-Co (K05) po przekroczeniu okresu tzw. docierania narzędzia okazała się niewystarczająca. Potwierdziły się natomiast zadowalające wyniki testów trwałościowych dotyczących wielowarstwowej nanopowłoki TiN/AlTiN.
- skuteczność dwuwarstwowej powłoki TiAlN/aCN oraz wielowarstwowej nanopowłoki TiN/AlTiN w odniesieniu do stali szybko tnącej HSS. Wykazał kluczowe znaczenie metodyki przygotowania powierzchni ostrza i procesu nakładania, o czym świadczą niezadowalające rezultaty badań dla powłok opartych na Cr.
- mikroobróbka ścierna narzędzi przynosi pozytywne efekty jedynie w przypadku twardego podłoża (WC-Co KCR02+), którego odporność na zjawisko kruchego pęknięcia jest niska.
- zastosowanie powierzchniowej obróbki mikrościerniej zmienia mikroteorię ostrza, co pociąga za sobą konieczność przyjęcia odpowiedniej procedury opisującej precyzyjnie kształt zaokrąglenia krawędzi tnącej.
- wstępna obróbka mikrościerna zastosowana przed procesem nanoszenia powłoki przyczynia się do istotnego wzrostu trwałości narzędzia. Optymalizacja kształtu zaokrąglenia, a szczególnie dobór odpowiednich wartości współczynników asymetrii K, może przyczynić się do znacznego zwiększenia atrakcyjności technologii powłok narzędziowych.

Wobec powyższego uznaję, że podjęta tematyka wpisuje się w najnowsze trendy badawcze dyscypliny naukowej nauki leśnej (w zakresie drzewnictwa), a poszukiwanie nowych rozwiązań dotyczących poprawy odporności na zużycie narzędzi skrawających wykorzystywanych w przypadku obróbki drewna i materiałów drewnopodobnych realizowanych metodą nanoszenia powłok PVD stanowi niewątpliwie istotny wkład habilitanta nowej wiedzy do dyscypliny naukowej nauki leśnej. Na podkreślenie zasługuje tematyka osiągnięcia naukowego, którego stopień wysublimowania naukowego stawia Habilitanta w wąskim gronie specjalistów w tym zakresie, a jego

interdyscyplinarność daje w perspektywie kolejnych prac duże możliwości współpracy ze specjalistami z zakresu nauk inżynieryjno-technicznych całego świata, co jest niezwykle ważne w przypadku samodzielnej pracy naukowej i potencjału naukowego Kandydata. Ma to swoje odzwierciedlenie w przedstawionych przez Habilitanta częściowo już zrealizowanych planach badawczych, które dotyczą wpływu:

- powłoki gradientowej AlCrN/CrN na trwałość narzędzi wykonanych z WC-Co,
- powłok zawierających Niob i Hafn na trwałość narzędzi do obróbki materiałów drewnopochodnych (diagnostyka procesu skrawania ostrzami ze stali HSS pokrytymi powłoką zawierającą Al oraz Ti, obejmująca pomiar trwałości narzędzi, oporów skrawania, drgań i hałasu podczas frezowania w płycie MDF),
- obecności wielowarstwowej nanopowłoki TiN/AlTiN na mikroteometrię ostrza wykonanego z HSS przeznaczonego do frezowania materiałów drzewnych,
- obróbki narzędzi powlekanych powłoką TiAlN/aCN z użyciem metody mokrego mikropiaskowania na ich trwałość,
- obróbki narzędzi powlekanych powłokami zawierającymi Al i Ti z użyciem metody suchego mikropiaskowania na ich trwałość.

Opracowane cele badawcze wskazują na przemyślaną kolejność przeprowadzonych badań naukowych oraz poprawnie przyjętą metodykę badawczą. Realizacja pierwszych celów badawczych pozwoliła Kandydatowi na podjęcie współpracy pomiędzy jednostkami naukowymi i przemysłowymi. Reasumując stwierdzam, że oceniane elementy *(1 cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopiśmie naukowym lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, które w roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. B)* osiągnięć naukowych mają wartość merytoryczną charakterystyczną dla poziomu habilitacyjnego. Pan dr inż. Paweł Czarniak posiada umiejętność trafnego wyboru aktualnych problemów badawczych, a treści zawarte w opublikowanych pracach dotyczące współczesnych możliwości zwiększania odporności na zużycie narzędzi skrawających do drewna i materiałów drewnopochodnych za pomocą nanoszenia wybranych powłok PVD przyczyniają się do postępu wiedzy naukowej w dyscyplinie naukowej nauki leśne, co jest niewątpliwym wkładem Habilitanta w przedmiotową dyscyplinę naukową.

5. Ocena istotnej aktywności naukowej realizowanej w dyscyplinie naukowej: nauki leśne w więcej niż jednej Uczelni lub instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej, zgodnie z przepisami o których mowa w pkt. 2, zgodnie z oceną istotności tej działalności

Pan dr inż. Paweł Czarniak w całym ocenianym okresie intensywnie podnosił swoje kompetencje naukowe uczestnicząc w licznych szkoleniach w ramach COST ACTION E35, a po uzyskaniu stopnia doktora COST ACTION FP0904, COST ACTION FP1101 oraz COST ACTION

1006 realizowanych w wielu zagranicznych ośrodkach naukowych. Ponadto prowadził badania naukowe w istotnych dla nauk leśnych ośrodkach naukowych międzynarodowych i krajowych w ramach kilku staży naukowych i pobytów studyjnych. Doświadczenie naukowe Habilitanta znalazło swoje odzwierciedlenie w pracach aplikacyjnych, gdzie aplikował swoje pomysły przy realizacji trzech granów, w których pełnił rolę wykonawcy. Również upowszechniał swoje osiągnięcia naukowe poprzez wystąpienia na licznych konferencjach naukowych, konfrontując wyniki swoich badań z wynikami innych naukowców i autorytetów naukowych przedmiotowego obszaru badawczego. Dodatkowo opublikował dwie prace popularno- naukowe. Był wielokrotnym beneficjentem programu CEEPUS, Erasmus Mundus oraz Erasmus +.

Należy zatem stwierdzić, że praca naukowa Habilitanta charakteryzuje się wysokim stopniem zaawansowania merytorycznego oraz aktywną współpracą z uznanymi ośrodkami badawczymi w kraju i za granicą. Na szczególne podkreślenie zasługuje efektywna kooperacja z Instytutem Josefa Stefana w Lublanie oraz Instytutem Technologicznym w Cluny, gdzie realizowano zaawansowane procesy nanoszenia powłok narzędziowych. Niezwykle ważne jest ściśle powiązanie prowadzonych badań z praktyką przemysłową, czego przykładem jest współpraca z Fabryką Narzędzi FABA SA, która udostępniła zarówno specjalistyczne urządzenia do modyfikacji narzędzi (drag finishing), jak i aparaturę pomiarową umożliwiającą precyzyjną charakterystykę mikrogeometrii ostrzy. Wysoki poziom prowadzonych analiz potwierdza również współpraca z Politechniką Śląską oraz Politechniką Warszawską, w ramach której realizowano badania właściwości fizyko-mechanicznych oraz składu chemicznego powłok. Kwalifikacje Kandydata potwierdzają również wyniki współpracy międzynarodowej, w tym wspólna publikacja z naukowcami Uniwersytetu w Mons oraz zaangażowanie Uniwersytetu Masaryka w Brnie, gdzie w oparciu o zaprojektowane badania powstały prace dyplomowe.

Dorobek publikacyjny habilitanta po uzyskaniu stopnia doktora obejmuje 48 oryginalnych prac twórczych w tym 13 prac posiadających IF, którego sumaryczna wartość wynosi 18,2. Należy zaznaczyć, że publikacje dotyczą kilku obszarów wpasowujących się w główny kierunek badań Habilitanta a mianowicie:

- a) badania skrawalności materiałów drzewnych (*dorobek w tym obszarze stanowi 16 publikacji i świadczy o wysokich kompetencjach badawczych Habilitanta oraz dużym wkładzie w rozwój dyscypliny Nauki Leśne. Prowadzone prace, realizowane m.in. we współpracy z Uniwersytetem w Mons, cechuje wysoki poziom metodyczny oraz szerokie spektrum analiz, obejmujące zarówno klasyczne materiały drzewne, jak i nowoczesne kompozyty oraz materiały pochodzenia odpadowego. Kandydat z powodzeniem stosuje zaawansowane metody pomiarowe, analizuje wskaźniki skrawalności w kontekście oporów skrawania, jakości obróbki oraz emisji pyłów, uwzględniając także aspekty środowiskowe i zdrowotne. Wartością dodaną są opracowane przez Kandydata skrócone metody badawcze, pozwalające na znaczne ograniczenie materiałochłonności bez utraty*

- wiarygodności wyników. Jego badania mają wyraźny potencjał aplikacyjny i stanowią istotny wkład w optymalizację procesów skrawania w przemyśle drzewnym).
- b) zastosowanie technik plazmowych do modyfikacji powierzchni materiałów ligninocelulozowych (dorobek w tym obszarze stanowi 2 publikacje naukowe będące wynikiem staży naukowych w Instytucie Blaise Pascala w Clermont-Ferrand (Francja) świadczą o jego aktywności badawczej ukierunkowanej na poszukiwanie innowacyjnych rozwiązań w zakresie poprawy właściwości użytkowych materiałów drewnopochodnych. Zastosowanie technologii plazmowania DBD do modyfikacji powierzchni płyt MDF i wiórowych oraz wykorzystanie zaawansowanych technik pomiarowych, takich jak XPS, analiza kąta zwilżania czy mikroskopia skaningowa SEM-EDS, pozwoliło na pogłębione poznanie mechanizmów zachodzących na poziomie powierzchniowym. Szczególnie wartościowe było podejście Habilitanta polegające na weryfikacji praktycznej efektywności plazmowania w kontekście zwiększenia przyczepności powłok malarskich i folii wykończeniowych. Uzyskane rezultaty, mimo że wskazują na ograniczoną skuteczność omawianej modyfikacji w aspekcie adhezji, dostarczają ważnych danych dla dalszego rozwoju technologii wykańczania materiałów drewnopochodnych i stanowią istotny wkład w dyscyplinę naukową Nauki Leśne).
- c) diagnostyka procesu skrawania materiałów drzewnych (dorobek w tym obszarze stanowi 4 publikacje, gdzie wyraźnie widać duże zaangażowanie i kompetencje Habilitanta w obszarze nowoczesnej diagnostyki zużycia narzędzi skrawających, stanowiącej jedno z kluczowych wyzwań współczesnej inżynierii. Już we wczesnym etapie swojej działalności badawczej podejmował tematy związane z analizą stanu narzędzi na podstawie jakości wykonanych otworów, oporów skrawania oraz sygnałów wibroakustycznych. W kolejnych etapach rozwinął tę tematykę o zastosowanie zaawansowanych metod analizy sygnałów oraz sztucznej inteligencji – w tym sieci neuronowych – do klasyfikacji stopnia zużycia narzędzi. Otrzymane wyniki, wskazujące na wysoką skuteczność klasyfikacji oraz trafność przyjętych algorytmów, potwierdzają zarówno rzetelność prowadzonych badań, jak i ich istotny wkład w rozwój zautomatyzowanych systemów oceny stanu narzędzia. Szczególnie cenne są elementy uwzględniające ograniczenia wybranych metod oraz próby optymalizacji modeli predykcyjnych, co czyni ten dorobek ważnym elementem w kontekście rozwoju inteligentnych systemów obróbkowych).
- d) trwałość narzędzi skrawających przeznaczonych do obróbki materiałów drzewnych (dorobek w tym obszarze stanowi 8 publikacji naukowych, których wartość merytoryczna stanowi istotny wkład w rozwój technologii obróbki drewna. Prowadzone prace obejmowały zarówno analizę wpływu parametrów skrawania i właściwości materiału narzędziowego (w szczególności wielkości ziarna WC i zawartości kobaltu), jak i zastosowanie nowoczesnych metod zwiększania trwałości, takich jak implantacja jonów azotu, cyrkonu i molibdenu. Habilitant wykazał się dużymi umiejętnościami w zakresie planowania i realizacji badań eksperymentalnych, także w ramach projektów zespołowych. Zastosowanie technologii MEVVA oraz symulacji Monte Carlo świadczy

o jego kompetencjach w zakresie badań zaawansowanych technologicznie. Jednocześnie Habilitant podjął próbę oceny niekonwencjonalnych metod modyfikacji, takich jak obróbka laserowa, wskazując na ich ograniczenia. Dorobek ten ma wyraźne znaczenie aplikacyjne i dowodzi konsekwentnego rozwoju zainteresowań badawczych w obszarze trwałości narzędzi skrawających).

Podsumowując, działalność naukową dr inż. Pawła Czarniaka oceniam pozytywnie. Spełnia ona wszystkie kryteria wymagane w stosunku do osób ubiegających się o stopień naukowy doktora habilitowanego. Wymieniony dorobek obejmuje prace naukowe, opracowywane w ramach projektów i badań własnych, jego efektywność publikacyjna znacząco wzrosła po otrzymaniu stopnia doktora.

Dorobek ten jednoznacznie świadczy o ugruntowanej pozycji naukowej Kandydata, wysokich kompetencjach w zakresie organizacji i prowadzenia badań oraz zdolności do budowania interdyscyplinarnej współpracy badawczej o zasięgu międzynarodowym. Badania mają charakter naukowy o bardzo dużym znaczeniu aplikacyjnym.

6. Wniosek końcowy

Moja końcowa ocena osiągnięcia naukowego przedstawionego w formie cyklu publikacji naukowych oraz pozostałego dorobku naukowego w odniesieniu do aktualnego stanu wiedzy jest **pozytywna**. Duży, interesujący naukowy i wdrożeniowy dorobek Habilitanta świadczy o szerokich możliwościach intelektualnych i fachowych Kandydata do stopnia naukowego doktora habilitowanego. Przedstawione osiągnięcie naukowe pt.: „**Analiza współczesnych możliwości zwiększania odporności na zużycie narzędzi skrawających do drewna i materiałów drewnopochodnych za pomocą nanoszenia wybranych powłok PVD**” stanowi samodzielny dorobek naukowy w zakresie ważnego dla nauki i praktyki zagadnienia naukowego i jest dowodem należytej znajomości i umiejętności metodyki pracy naukowej. Stanowi ono wkład w rozwój dyscypliny naukowej – nauki leśne przez zaproponowanie nieznanych charakterystyk i relacji w układzie przyczynowo - skutkowym.

Na podstawie dostarczonej do oceny dokumentacji stwierdzam, że osiągnięcie naukowe oraz aktywność naukowa Pana dr inż. Pawła Czarniaka spełnia wymagania określone w art. 219 ust. 1 pkt 1, 2 i 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 r. poz. 1571, z późn. zm.), dotyczące zasad przyznawania stopnia doktora habilitowanego, nauk rolniczych w dyscyplinie naukowej nauki leśne i wnioskuję do Rady Dyscypliny Nauki Leśne Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie o przeprowadzenie zgodnie z obowiązującymi przepisami dalszych etapów postępowania zmierzających do nadania dr inż. Pawłowi Czarniakowi stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk rolniczych, w dyscyplinie nauki leśne.

Paweł Głuch