

Prof. dr hab. inż. Lucjan Śniezek
Instytut Robotów i Konstrukcji Maszyn
Wydział Inżynierii Mechanicznej
Wojskowa Akademia Techniczna
ul. Gen. Sylwestra Kaliskiego 2
00-908 Warszawa

Warszawa, 11.05.2023 r.

Recenzja

dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego dr. inż. Tomasza Kozióra w aspekcie spełnienia kryteriów związanych z nadaniem stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauki inżynierijno-techniczne, w dyscyplinie inżynieria mechaniczna, przygotowana na zlecenie Wydziału Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej ze szczególnym uwzględnieniem osiągnięcia pt.: „Ocena określonych cech jakości elementów wytwarzanych wybranymi technologiami przyrostowymi”

1. Podstawa formalna i dokumentacja wniosku

Recenzję przygotowano na zlecenie Politechniki Świętokrzyskiej, reprezentowanej przez Dyrektora Naukowego Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna dr. hab. inż. Sławomira Błasiaka, prof. PŚk, wyrażone w piśmie nr MAA-511/22/2023 z dnia 28.03.2023 roku. Podstawę do oceny merytorycznej stanowią następujące załączniki przesłane w wersji elektronicznej:

1. Dane wnioskodawcy
2. Kopia dokumentu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora nauk technicznych
3. Autoreferat
4. Wykaz osiągnięć naukowych stanowiących istotny wkład w rozwój dyscypliny
5. Zbiór załączników zawierający:
 - Pełne teksty artykułów wchodzących w skład osiągnięcia naukowego,
 - Oświadczenia współautorów,
 - Kopie potwierdzeń odbycia staży naukowych,
 - Kopie dokumentów potwierdzających uzyskanie nagród,
 - Kopie potwierdzeń odbycia szkoleń,
 - Kopie potwierdzeń pełnienia funkcji Guest Editor w wydaniach specjalnych czasopism.

2. Charakterystyka sylwetki naukowej Habilitanta

Dr inż. Tomasz Koziór tytuł zawodowy mgr. inż. uzyskał w 2011 roku w Wydziale Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej, na podstawie pracy magisterskiej pt. „Projekt koła zębatego walcowego o zębach prostych do napędu tokarki kłowej TPC-40”. Stopień naukowy doktora nauk technicznych w dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn mgr inż. Tomasz Koziór uzyskał w 2018 roku na podstawie rozprawy pt. „Analiza wpływu parametrów procesów technologicznych wybranych technologii przyrostowych na geometrię i właściwości mechaniczne wyrobów”. Promotorem rozprawy był prof. dr hab. inż. Czesław Kundera, dr h.c.

Przed uzyskaniem stopnia doktora, w latach 2014-2018, Habilitant:

a) opublikował:

- 3 rozdziały w monografiach naukowych dotyczące zagadnień przyrostowego wytwarzania, w szczególności zastosowań technologii PolyJet Matrix w odlewnictwie i wytwarzania połączeń sworzniowych, a także aplikacji technologii rapid prototyping w procesie projektowania uszczelnień,
- 13 publikacji w czasopismach umieszczonych w wykazie czasopism punktowanych MEiN, z których tylko jedna nie dotyczyła praktycznych aspektów różnego rodzaju technologii przyrostowego wytwarzania, w tym: PolyJet Matrix (PJM), Fused Deposition Modeling Technologia (FDM), Fused Filament Fabrication (FFF) i Selective Laser Sintering (SLS),
- 16 publikacji w materiałach konferencji (9 międzynarodowych i 7 krajowych), z których również tylko jedno wystąpienie nie dotyczyło tematyki przyrostowego wytwarzania,

b) był współautorem przyznanego patentu (numer prawa wyłącznego Pat.230620/2018) pt. „*Samocentrujący uchwyt szczękowy z kompensacją negatywnych skutków siły odśrodkowej*”,

c) kierował projektem naukowo-badawczym w ramach programu „Inkubator Innowacyjności” oraz uczestniczył w realizacji projektu w ramach programu „Perspektywy. Regionalne Strategie Innowacji. Świętokrzyskie – IV etap”,

d) odbył krótkoterminowy staż badawczy w Bielefeld University of Applied Science w ramach programu Erasmus Training and Teaching, podczas którego przeprowadził pierwsze wspólne badania dotyczące oceny jakości kompozytów wytwarzanych drukiem 3D na konwencjonalnie wykonanych materiałach tekstylnych. Wyniki tych badań zostały opublikowane w czasopiśmie z wykazu MEiN - *Advances in Mechanical Engineering*.

Podczas realizacji rozprawy doktorskiej, w prowadzonych badaniach i publikacjach, zajmował się między innymi badaniami wpływu określonych parametrów technologii SLS, PJM i FDM na wybrane właściwości mechaniczne, w tym wytrzymałość na rozciąganie i ściskanie oraz dokładność wymiarowo-kształtową próbek o zadanej geometrii z uwzględnieniem badań struktury geometrycznej powierzchni i warstwy wierzchniej, a także właściwości tribologicznych.

Po uzyskaniu stopnia doktora, od 2019 roku, Habilitant zatrudniony jest na stanowisku Adiunkta w grupie pracowników badawczo-dydaktycznych w Katedrze Metrologii i Niekonwencjonalnych Metod Wytwarzania Wydziału Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej, jednocześnie pełniąc obowiązki:

- metrologa do spraw technologii druku 3D w Zakładzie Technologii Cyfrowych Głównego Urzędu Miar w Warszawie (od 2022 roku) oraz
- eksperta szkoleniowego w firmie doradczej i szkoleniowej FORMAC z siedzibą w Krakowie (od 2020 roku na podstawie umowy cywilnoprawnej).

Wcześniej, w latach 2016-2019, zajmował stanowisko Asystenta w grupie pracowników badawczo-dydaktycznych w Katedrze Technologii Mechanicznej i Metrologii Wydziału Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej.

Dr inż. Tomasz Kozior po uzyskaniu stopnia doktora inżyniera konsekwentnie kontynuuje szeroko zakrojone badania dotyczące właściwości elementów wytworzonych z wykorzystaniem technologii przyrostowych, skupiając się zarówno na ich jakości metrologicznej, jak i na właściwościach wytrzymałościowych.

3. Ocena problematyki rozprawy

Jak wynika z autoreferatu, podstawą postępowania habilitacyjnego jest osiągnięcie naukowe dr. inż. Tomasza Koziora zatytułowane „Ocena określonych cech jakości elementów wytwarzanych wybranymi technologiami przyrostowymi” stanowiące cykl 21 powiązanych tematycznie indywidualnych i współautorskich artykułów naukowych:

- [1] Kozior T., Bochnia J., Gogolewski D., Zmarzły P., Rudnik M., Szot W., Szczygieł P., Musiałek M.: Analysis of metrological quality and mechanical properties of models manufactured with PJM technology for medical applications, *Polymers*, 14(3), s. 408, 2022. DOI10.3390/polym14030408, IF: 4,967, MEiN: 100 pkt, udział własny 25 %,
- [2] Kozior T., Mamun Al., Trabelsi M., Sabantina L.: Comparative Analysis of Polymer Composites Produced by FFF and PJM 3D Printing and Electrospinning Technologies for Possible Filter Applications, *Coatings*, 12(1), s. 48, 2022. DOI10.3390/coatings12010048, IF: 3,236, MEiN: 100 pkt, udział własny 50 %,
- [3] Rudnik M., Hanon M., Szot W., Beck K., Gogolewski D., Zmarzły P., Kozior T.: Tribological properties of medical material (MED610) used in 3D printing PJM technology, *Tehnički Vjesnik/Technical Gazette*, 29(4), s. 1100-1108, 2022. <https://doi.org/10.17559/TV-20220111154304>, IF: 0,783, MEiN: 40 pkt, udział własny 25%,
- [4] Bochnia J., Błasiak M., Kozior T.: A Comparative Study of the Mechanical Properties of FDM 3D Prints Made of PLA and Carbon Fiber-Reinforced PLA for Thin-Walled Applications, *Materials*, 14(22), s. 7062, 2021. DOI10.3390/ma14227062, IF: 3,748, MEiN: 140 pkt, udział własny 40%,
- [5] Gogolewski D., Kozior T., Zmarzły P., Mathia T.G.: Morphology of Models Manufactured by SLM Technology and the Ti6Al4V Titanium Alloy Designed for Medical Applications, *Materials*, 14(21), s. 6249, 2021. DOI10.3390/ma14216249, IF: 3,748, MEiN: 140 pkt, udział własny 40%,
- [6] Gogolewski D., Bartkowiak T., Kozior T., Zmarzły P.: Multiscale Analysis of Surface Texture Quality of Models Manufactured by Laser Powder-Bed Fusion Technology and Machining from 316L Steel, *Materials*, 14(11), s. 2794, 2021. DOI10.3390/ma14112794, IF: 3,748, MEiN: 140 pkt, udział własny 10%,
- [7] Saharudin M.S., Hajnys J., Kozior T., Gogolewski D., Zmarzły P.: Quality of surface texture and mechanical properties of PLA and PA-based material reinforced with carbon fibers manufactured by FDM and CFF 3D printing technologies, *Polymers*, 13(11), s. 1671, 2021. DOI10.3390/polym13111671, IF: 4,967, MEiN: 100 pkt, udział własny 20%,

- [8] Kozior T., Kundera Cz.: Rheological Properties of Cellular Structures Manufactured by Additive PJM Technology, *Tehnički Vjesnik/Technical Gazette*, 28(1), s. 82-87, 2021. DOI10.17559/TV-20191007145545, IF: 0,783, MEiN: 40 pkt, udział własny 80%,
- [9] Kozior T., Kundera Cz.: Viscoelastic properties of cell structures manufactured using a photo-curable additive technology - PJM, *Polymers*, 13(11), s. 1895, 2021. DOI10.3390/polym13111895, IF: 4,967, MEiN: 100 pkt, udział własny 80%,
- [10] Kozior T., Błachowicz T., Ehrmann A.: Adhesion of three-dimensional printing on textile fabrics: Inspiration from and for other research areas, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 15, s. 1-6, 2020. <https://doi.org/10.1177/1558925020910875>, IF: 0,814, MEiN: 40 pkt, udział własny 50%,
- [11] Zmarzły P., Gogolewski D., Kozior T.: Design guidelines for plastic casting using 3D printing, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 15, s. 1-10, 2020. DOI10.1177/1558925020916037, IF: 0,814, MEiN: 40 pkt, udział własny 35%,
- [12] Kozior T., Mamun Al., Trabelsi M., Sabantina L., Ehrmann A.: Quality of the surface texture and mechanical properties of FDM printed samples after thermal and chemical treatment, *Strojniški Vestnik – Journal of Mechanical Engineering*, 66(2), s. 105-113, 2020. DOI10.5545/sv-jme.2019.6322, IF: 1,377, MEiN: 100 pkt, udział własny 60% ,
- [13] Kozior T.: Rheological properties of polyamide PA 2200 in SLS technology, *Tehnički Vjesnik/Technical Gazette*, 27(4), s. 1092-1100, 2020. DOI10.17559/TV-20190225122204, IF: 0,67, MEiN: 40 pkt, udział własny 100% ,
- [14] Bochnia J., Błasiak M., Kozior T.: Tensile strength analysis of thin-walled polymer glass fibre reinforced samples manufactured by 3D printing technology, *Polymers*, 12(12), s. 2783, 2020. DOI10.3390/polym12122783, IF: 4,329, MEiN: 100 pkt, udział własny 40%
- [15] Kozior T., Bochnia J.: The influence of printing orientation on surface texture parameters in powder bed fusion technology with 316L steel, *Micromachines*, 11(7), s. 639, 2020. DOI10.3390/mi11070639, IF: 2,523, MEiN: 70 pkt, udział własny 80%,
- [16] Kozior T.: The Influence of Selected Selective Laser Sintering Technology Process Parameters on Stress Relaxation, Mass of Models, and Their Surface Texture Quality, *3D Printing and Additive Manufacturing*, 7(3), s. 126-138, 2020. DOI10.1089/3dp.2019.0036, IF: 3,579, MEiN: 100 pkt, udział własny 100%,
- [17] Kozior T., Bochnia J., Zmarzły P., Gogolewski D., Mathia T.G.: Waviness of Freeform Surface Characterizations from Austenitic Stainless Steel (316L) Manufactured by 3D Printing - Selective Laser Melting (SLM) Technology, *Materials*, 13(19), s. 4372, 2020. DOI10.3390/ma13194372, IF: 3,057, MEiN: 140 pkt, udział własny 70%,
- [18] Zmarzły P., Kozior T., Gogolewski D.: Dimensional and shape accuracy of foundry patterns fabricated through photo-curing, *Tehnički Vjesnik/Technical Gazette*, 26(6), s. 1576-1584, 2019. DOI10.17559/TV-20181109115954, IF: 0,644, MEiN: 40 pkt, udział własny 35%,
- [19] Kozior T., Mamun Al., Trabelsi M., Sabantina L., Wortmann M., Ehrmann A.: Electrospinning on 3D Printed Polymers for Mechanically Stabilized Filter Composites, *Polymers*, 11(12), s. 2034, 2019. DOI10.3390/polym11122034, IF: 3,426, MEiN: 100 pkt, udział własny 50%,
- [20] Kundera Cz., Kozior T.: Evaluation of the influence of selected parameters of Selective Laser Sintering technology on surface topography, *Journal of Physics: Conference Series*,

1183, s. 1-8, 2019. DOI10.1088/1742-6596/1183/1/012002, MEiN: 40 pkt, udział własny 80%,

[21]Kozior T., Mamun Al., Trabelsi M., Sabantina L., Ehrmann A.: Stabilization of Electrospun Nanofiber Mats Used for Filters by 3D Printing, *Polymers*, 11(10), s. 1618, 2019. DOI10.3390/polym11101618, IF: 3,426, MEiN: 100 pkt, udział własny 60%.

Zgłoszone artykuły dotyczą rozległego zakresu tematycznego powiązanego z technologiami przyrostowego wytwarzania z: płynnych żywic fotopolimerowych – PolyJet Matrix (PJM), tworzyw termoplastycznych - Fused Deposition Modeling Technologia (FDM) i Fused Filament Fabrication (FFF), a także z tworzyw wzmocnionych włóknami węglowymi - Continuous Fiber Fabrication (CFF), selektywnego spiekania wiązką lasera proszków polimerowych (SLS) oraz selektywnego spiekania wiązką lasera proszków metali (SLM). W szerokim rozumieniu ciągle aktualizowanego pojęcia jakości wraz z definiowanymi cechami tejże jakości, wszystkie zgłoszone publikacje należy uznać za tematycznie dobrze skorelowane z tytułem osiągnięcia. Nie sposób jednak nie odnieść wrażenia, że zrezygnowanie z niektórych prac wpłynęłoby korzystnie na możliwość jednoznacznego wskazania na rozwiązanie konkretnego problemu naukowego i ułatwiłoby ocenę wartości naukowej zbioru publikacji przedstawionych jako rozprawa habilitacyjna. Dotyczy to z pewnością grupy publikacji, w których udział własny habilitanta wynosi od 10% do 25%, tym bardziej, że w grupie tej można znaleźć prace opublikowane w czasopismach, którym przypisano w wykazie MEiN relatywnie małą liczbę punktów. Artykuły te nie wchodząc do grupy prac składających się na osiągnięcie i tak wpłynęłyby pozytywnie na sumaryczną ocenę sylwetki naukowej Habilitanta, uzasadniając ubieganie się o stopień doktora habilitowanego w dyscyplinie inżynieria mechaniczna. Co prawda 20 z 21 publikacji osiągnięcia naukowego posiada współczynnik wpływu Impakt Factor, a sumaryczna jego wartość na dzień sporządzania recenzji wynosi 55,687, jednak podkreślić warto, że jest to 98,5% z wartości sumarycznej IF z okresu całej kariery naukowej Habilitanta, bowiem do osiągnięcia naukowego zaliczono 20 prac z całkowitej liczby 21 prac, które ukazały się w czasopismach z bazy Journal Citation Reports. Skutkuje to znaczącym zubożeniem wykazu publikacji naukowych w czasopismach z tej bazy niewchodzących w skład osiągnięcia.

W świetle powyższego wątpliwość może także budzić staranność wyliczenia sumarycznej wartości IF publikacji zamieszczonego na stronie 71 Autoreferatu, która zdaje się nie uwzględniać publikacji: Kozior T., Döpke C., Grimmelsmann N., Junger I.J., Ehrmann A.: Influence of fabric pretreatment on adhesion of three-dimensional printed material on textile substrates, *Advances in Mechanical Engineering*, 10(8), s. 1-8, 2018. DOI10.1177/1687814018792316.

Można żałować, że Habilitant nie zdecydował się na opracowanie i włączenie do osiągnięcia monografii, która scalając i porządkując dotychczasowy jego dorobek mogłaby stanowić niezwykle cenną pozycję poświęconą ocenie jakości elementów wytwarzanych wybranymi technologiami przyrostowymi, a zarazem ugruntować przekonanie o samodzielności publikacyjnej, warsztacie naukowym i wiedzy Autora.

Problematyka badawcza, której podjął się Habilitant, dotyczy kształtowania przyrostowego, które na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat stało się jedną z najszybciej rozwijających się technik wytwarzania zarówno materiałów, jak i różnego typu elementów

konstrukcyjnych. Innowacyjność tej techniki wytwarzania determinuje powstanie znaczącego obszaru prowadzenia różnego rodzaju badań i testów. Jednocześnie dostęp do informacji dotyczących praktycznych efektów wdrażania tych technik jest ograniczony, a baza tego rodzaju opracowań jest ciągle w fazie tworzenia. Kluczowym z uwagi na dalszy jej rozwój jest inicjowanie szczegółowych prac w zakresie identyfikacji istotnych z praktycznego punktu widzenia właściwości użytkowych, w tym właściwości wytrzymałościowych z uwzględnieniem wpływu różnego rodzaju obróbek dodatkowych na określone cechy jakości elementów wytwarzanych. Z tego względu podjęcie tejże problematyki w recenzowanej rozprawie uważam za w pełni uzasadnione.

4. Ocena osiągnięcia naukowego

Tytuł przedstawionego osiągnięcia naukowego, będącego podstawą oceny dorobku w postępowaniu o stopień naukowy doktora habilitowanego wskazuje, że zainteresowania Habilitanta obejmują przede wszystkim zagadnienia jakości przyrostowo wytwarzanych modeli z uwzględnieniem zarówno dokładności wymiarowo-kształtowej, jak i jakości warstwy wierzchniej wynikającej z przeprowadzonych pomiarów z jednoczesnym uwzględnieniem oceny wytrzymałości wytwarzanych produktów przy wykorzystaniu wybranych technologii przyrostowych. Oczywiście tak liczna grupa publikacji zaliczonych do osiągnięcia naukowego utrudnia szczegółowe odniesienie się do wyników i osiągnięć prezentowanych w każdej z nich. Niestety w Autoreferacie Habilitant nie sformułował jednoznacznie brzmiącego celu badań własnych, co ułatwiłoby ocenę osiągnięcia. Brak ten należy uznać za pewne niedociągnięcie całości opracowania. Można takich celów doszukać się, co prawda, w poszczególnych publikacjach, jednak nie pozwala to na ocenę efektu synergii opisanych w nich częściowych osiągnięć naukowych.

Wyniki badań jakości kompozytowych modeli wytwarzanych z wykorzystaniem połączonych technologii druku 3D i elektroprzędzenia przedstawiono w artykułach: A2, A10, A19 i A21. Udział Habilitanta w tych artykułach wynosi od 50 do 60%, a jego wkład w opracowanie publikacji obejmuje oprócz wykonania modeli CAD 3D i ich wytworzenia technologiami druku 3D, przede wszystkim opracowanie strategii prowadzonych badań, w tym dobór materiałów, parametrów technologicznych oraz maszyn pomiarowych, a także udział we wszystkich pracach związanych z wytwarzaniem kompozytów technologią elektroprzędzenia, wszelkimi badaniami oraz analizą wyników i sformułowaniem wniosków badawczych. Grupa prac: A4, A7, A8, A9, A13, A14 i A16 poświęcona została przedstawieniu wyników badań dotyczących właściwości mechanicznych z uwzględnieniem oceny reologicznej, analizy struktur komórkowych, oceny modeli cienkościennych oraz wytwarzanych drukiem 3D i poddanych obróbce wykańczającej - cieplnej i chemicznej. Dwie z wymienionych publikacji stanowią samodzielne opracowania Habilitanta, a jego udział w pozostałych wynosi od 20 do 80%. W pracach tych odpowiedzialny był za modelowanie i wytworzenie drukiem 3D elementów modelowych, przeprowadzenie testów relaksacji naprężeń zgodnie z obowiązującymi normami badawczymi oraz opracowanie wniosków. Oprócz artykułów jednoosobowych, również w znaczącej części pozostałych Habilitant wskazany został jako *corresponding author*.

Obszarowi badań w zakresie zgodności wymiarowo-kształtowej i struktury geometrycznej powierzchni wytworzonych elementów modelowych, w odniesieniu do ukształtowanych

wcześniej modeli bryłowych 3D, poświęcona została kolejna, trzecia grupa publikacji: A1, A3, A5, A6, A11, A12, A15, A17, A18 i A20. Habilitant w tym przypadku włączył do osiągnięcia prace, w których jego udział wynosi od 25 do 80%, a wkład w ich opracowanie obejmuje przede wszystkim: wygenerowanie modeli 3D CAD i STL, wytworzenie dostępnymi technologiami druku i przeprowadzenie w określonym zakresie badań próbek obejmujących pomiary metrologiczne zarówno dokładności wymiarowo-kształtowej jak i stanu powierzchni. Ponadto w pełni samodzielnie przeprowadził testy termiczne i chemiczne dotyczące obróbki wykończeniowej próbek wytworzonych podczas stażu badawczego w *Bielefeld University of Applied Science*. Należy podkreślić, że opisane badania przeprowadzono również na próbkach wytworzonych przez zewnętrznych dostawców.

Należy zaznaczyć, że opisane przez Habilitanta w autoreferacie osiągnięcia przyporządkowano kolejnym publikacjom w sposób rozproszony, bez precyzyjnego sformułowania oryginalnych osiągnięć wynikających z realizacji szerokiego spektrum badań i ich wyników opisanych w przytoczonych pracach. Zamykające punkt 4.3 Autoreferatu „*Podsumowanie i wnioski końcowe*” zapisane zostało bez wskazanego wypunktowania. Zgłębiąca analiza opisu wyników opublikowanych prac naukowych umożliwia jednak wyszczególnienie najważniejszych ustaleń przekładających się na wartość naukową całości osiągnięcia.

W zakresie badań jakości kompozytowych modeli wytwarzanych z wykorzystaniem połączonych technologii druku 3D i elektroprzędzenia do wiodących osiągnięć należy zaliczyć ocenę jakości kompozytów wytwarzanych podczas połączenia technologii druku 3D FDM i PJM oraz elektroprzędzenia umożliwiającego wytwarzanie nanowłókien na bazie PAN (poliakrylonitryl) rozpuszczonego w DMSO (Dimetylosulfotlenek) z uwzględnieniem zmiennych parametrów procesu. W pracach ujętych w tej grupie wyznaczono siłę adhezji pomiędzy dwoma składowymi materiałami kompozytu i opisano cechy jakościowe uzyskanych tą drogą modeli. Opracowano również wytyczne w zakresie parametrów wytwarzania materiału kompozytowego dotyczące zachowania odpowiedniej odległości pomiędzy dyszą drukującą a elektroprzędzoną matą. Dowiedziono, że wybór technologii druku 3D ma bezpośredni wpływ na orientację oraz ukierunkowanie nanowłókien w budowanym kompozycie, co jest bardzo ważne z punktu widzenia wykorzystania modeli do celów filtracji. Bazując na uzyskanych rezultatach wykonanych badań wyciągnięto wniosek, że w przypadku zastosowania technologii PolyJet i materiału MED610 średnice nanowłókien przyjmują wyraźnie mniejsze wartości w porównaniu z kompozytami wykonanymi na bazie materiału PLA, co ma bezpośrednie przełożenie na potencjalne zastosowanie w filtracji. Rozmiar włókien i ich ułożenie może również wpływać na zwiększenie lub zmniejszenie stopnia filtracji wytwarzanych modeli kompozytowych. Ponadto wyciągnięto wniosek, że istnieje możliwość zarządzania jakością poprzez dobór odpowiednich materiałów druku 3D i elektroprzędzenia w celu produkcji modeli spełniających zakładane cechy jakościowe. W przypadku modeli, dla których określone cechy jakościowe wymagają wysokiego stopnia filtracji, technologia PJM i materiał MED610 jest znacznie lepszym wyborem w porównaniu z FDM i PLA, gdyż umożliwiają kierunkowanie budowanych nanowłókien oraz otrzymywanie włókien o mniejszej średnicy. Przedstawione w badaniach wyniki pomiarów kąta zwilżania również niosą wiele cennych informacji na temat właściwości użytkowych wytwarzanych kompozytów. Wydaje się, że zaprezentowane

połączenie dwóch niekonwencjonalnych technologii pozwala na wytwarzanie obiektów o nowych cechach jakościowych i wysokim stopniu skomplikowania geometrii.

W wyniku przeprowadzonych badań właściwości mechanicznych i reologicznych oraz analizy struktur komórkowych z uwzględnieniem postprocesowych obróbek cieplnej i chemicznej udowodniono m.in. wpływ kierunku wydruku na wytrzymałość na rozciąganie cienkościennych próbek wykonanych w technologii selektywnego spiekania laserowego techniką SLS z materiałów kompozytowych bazującym na poliamidzie PA 12 wzbogaconym dodatkiem włókien szklanych. Wykazano także, że dodatek włókna węglowego zamiast włókien szklanych może wpływać korzystnie na wytrzymałość materiałów kompozytowych na bazie poliaktydu PLA. To zachęciło Habilitanta do dalszych badań materiałów kompozytowych w układach materiałowych: PLA+CF, Onyx na bazie Poliamidu (z wypełnieniem 95%), Onyx (z wypełnieniem 37%) oraz Onyx + CF (czysty Onyx z włóknem węglowym), dla których również wyznaczono podstawowe właściwości wytrzymałościowe. Mając na uwadze, że wytrzymałość na rozciąganie oraz proste testy statyczne w niedostatecznym stopniu odzwierciedlają faktyczne zachowanie materiału w cyklu użytkowania produktu i jego cechy jakościowe, dotychczasowy zakres badań Habilitant poszerzył o badania reologiczne, których wyniki opublikował w kolejnych czterech artykułach. Badania właściwości reologicznych przeprowadzono na próbkach z poliamidu PA 2200 wytworzonych technologią SLS. Analizie poddano wpływ modyfikacji procesu technologicznego na stan warstwy wierzchniej oraz masę wytwarzanych modeli. Ustalono zależności relaksacji naprężeń od parametrów technologicznych przyrostowego wytwarzania. Wykazano, że zmieniając parametry technologiczne można sterować procesem wytwarzania i produkować modele o pożądanych cechach jakościowych. Ustalono, że grubość budowanej warstwy jest kluczowym parametrem wpływającym na relaksację naprężeń ściskających, wytrzymałość mechaniczną budowanych modeli oraz gęstość materiału modelowego. Badaniom właściwości reologicznych poddano również struktury komórkowe wykonane technologią foto-utwardzania ciekłych żywic polimerowych - PJM. Dowiedziono w tym przypadku, że struktury komórkowe zbudowane z materiałów polimerowych metodą przyrostową PJM wykazują istotne różnice właściwości lepko-sprężystych, w szczególności w przypadku dodatkowego wykorzystania miękkiego materiału wspierającego.

Do najważniejszych osiągnięć opisanych w tej grupie publikacji należy zaliczyć także zbadanie możliwości aplikacyjnych elementów wykonanych z materiału MED610 technologią PJM na węzły cierne. Stwierdzono w tym przypadku, że materiał ten pomimo odpowiedniej dokładności wymiarowo-kształtowej i wytrzymałości na rozciąganie charakteryzuje się stosunkowo małą odpornością na zużycie ściernie.

W zakresie badań zgodności wymiarowo-kształtowej i struktury geometrycznej powierzchni wytworzonych elementów modelowych wskazano na możliwość kontrolowania procesu wytwarzania w taki sposób, aby otrzymać model o zadanej dokładności wymiarowo-kształtowej, jakości warstwy wierzchniej, wytrzymałości mechanicznej oraz cechach użytkowych. Tezę tę dowiedziono na podstawie wyników badań wytworzonych przyrostowo materiałów i elementów (np. implantu w kształcie endoprotezy stawu biodrowego, uchwytów hakowych) stosowanych w medycynie, w szczególności w implantologii, w tym modeli wytworzonych z proszków stali 316L i stopu tytanu Ti6Al4V technologią SLM i materiału MED610 wytworzonego technologią PJM. Za niewątpliwe osiągnięcie należy uznać uzyskane

wyniki analizy dokładności wymiarowo-kształtowej wraz z oceną struktury geometrycznej powierzchni tych modeli oraz wyznaczeniem wpływu kierunku wydruku na parametry profilu, chropowatości oraz falistości badanych powierzchni, co ważne, z uwzględnieniem parametrów objętościowych. Ustalono, że najkorzystniejszym wariantem usytuowania modeli wykonywanych ze stali 316L jest przypadek, w którym analizowana powierzchnia jest równoległa do płaszczyzny platformy budowania, a kierunek wydruku ma znaczący wpływ na parametry falistości powierzchni. Wyniki zrealizowanych badań dowodzą, że charakterystyka powierzchni na podstawie jej oceny w wielu skalach może być przydatna w specyfikacji topografii, ocenie jej podobieństwa oraz ocenie wpływu parametrów technologicznych na jej jakość. W toku badań uchwytów hakowych wyznaczono takie cechy jakości, jak wytrzymałość zarówno samych uchwytów hakowych, jak i próbek oraz wykorzystując optyczne przyrządy pomiarowe oceniono jakościową cechę – zgodność z modelem CAD. Wyniki pomiarów wytrzymałościowych częściowo porównano z przeprowadzonymi symulacjami komputerowymi w celu oceny zgodności symulacji bazujących na danych producenta materiału z rzeczywiście wykonanymi pomiarami rozciągania uchwytów hakowych. Ostatecznie stwierdzono, że precyzja odwzorowania wymiarów modeli próbek jest „wysoka” i spełnia kryteria jakości w aspekcie praktycznego zastosowania wytwarzanych modeli w przemyśle medycznym.

Do wymienionej grupy osiągnięć dołączyć należy niewątpliwie wyniki badań dotyczące implementacji technologii druku 3D w przemyśle odlewniczym, do budowy modeli odlewniczych jednorazowych form piaskowych z wykorzystaniem technologii PJM oraz ciekłych żywic polimerowych. W szczególności ustalono wpływ kierunku wydruku na dokładność wymiarowo-kształtową (okrągłość, kąt pochylenia) oraz parametry chropowatości 3D i falistości wytwarzanych modeli. Osiągnięcie to ma charakter użyteczny, a rozważaną technologię fotoutwardzania uznano jako jedną z metod budowy dokładnych modeli odlewniczych.

Należy stwierdzić, że tematyka osiągnięcia naukowego przedstawiona przez Habilitanta w 21 publikacjach jest interesująca pod względem poznawczym i aplikacyjnym, a artykuły stanowiące jednotematyczny cykl publikacji powstały we współpracy z ośrodkami światowymi i krajowymi, co w dużej mierze było efektem aktywności Habilitanta w inicjowaniu i realizacji wspólnych przedsięwzięć o charakterze naukowym. Do tych ośrodków zaliczyć należy m.in.: Bielefeld University of Applied Science (Niemcy), Universiti Kuala Lumpur (Malezja), Technical University of Ostrava (Czechy), Laboratory of Tribology and System Dynamics - Ecole Centrale de Lyon (Francja), Szent István University (Węgry) i Politechnikę Poznańską. Rozważane publikacje wchodzące w skład osiągnięcia opublikowane zostały w satysfakcjonującej liczbie liczących się czasopism (11 z nich posiada IF od 3,236 do 4,967) i wszystkie z nich znajdują się w wykazie czasopism punktowanych MEiN.

Udokumentowana zgłoszonymi, powiązаныmi tematycznie artykułami problematyka rozprawy sytuuje się tematycznie w obszarze inżynierii mechanicznej, a jakość zdecydowanej większości z nich i wskaźniki naukometryczne przemawiają za pozytywną oceną całego osiągnięcia naukowego. Opisane przez Habilitanta wyniki opierają się na badaniach empirycznych zrealizowanych z wykorzystaniem nowoczesnej aparatury badawczej i poszerzają wiedzę w zakresie jakości elementów wytwarzanych wybranymi technologiami przyrostowymi. Należy zatem stwierdzić, że przedstawione publikacje, zebrane w jedną całość,

stanowią oryginalne rozwiązanie problemu naukowego wnosząc znaczący wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna.

5. Ocena aktywności naukowej Habilitanta

Dr inż. Tomasz Koziar jest współautorem łącznie 54 publikacji naukowych, w tym 29 po uzyskaniu stopnia doktora, przy czym: sumaryczny Impact Faktor wynosi 56,535, łączna liczba punktów publikacji według wykazu Ministerstwa Edukacji i Nauki wynosi 2363, Indeks Hirscha Habilitanta bazujący na wszystkich publikacjach, tych z cyklu jak i nie wchodzących do cyklu publikacji na dzień sporządzenia recenzji wg bazy Web of Science wynosi 15, według bazy Scopus również 15, a wg bazy Google Scholar 18. Liczba cytowań tych publikacji wynosi: 497 (łącznie)/322 (bez autocytowań) a 353 łącznie po uzyskaniu stopnia doktora - według bazy Web of Science , 511 według bazy Scopus i 758 według Google Scholar.

Osiągnięcia publikacyjne oceniam jako zadawalające, chociaż jak podkreśliłem we wcześniejszej części recenzji, Habilitant niepotrzebnie włączył do osiągnięcia naukowego tak liczną grupę publikacji, uszczuplając znacząco swój dorobek publikacyjny niewchodzący do tego osiągnięcia. Mimo to, ocena całokształtu aktywności publikacyjnej potwierdza w wystarczającym stopniu przygotowanie merytoryczne i predyspozycje Habilitanta do prowadzenia badań naukowych. Po uzyskaniu stopnia doktora kierował projektem *Miniatura 4* (2020-2021) i brał udział w projekcie finansowanym ze środków NCBiR w ramach „Przyszłościowych technologii dla obronności” (2019), a obecnie kieruje projektem w ramach pracy statutowej Politechniki Świętokrzyskiej pt. „Analiza metrologiczna i wytrzymałościowa modeli wykonanych technologiami druku 3D” (2020-2023). Ponadto bierze udział w realizacji projektu pt. „Ocena przydatności przyrostowych technologii wytwarzania do szybkiej budowy modeli odlewniczych” finansowanego ze środków NCBiR przyznanych na lata 2021-2024. W ramach projektów przyznawanych w drodze konkursów zagranicznych uczestniczył w projekcie pt. „Toughening Mechanism of PLA Nanocomposites Filament for 3D Printing Application” finansowanym ze środków Universiti Kuala Lumpur w latach 2020-2022. Wszystkie te projekty dotyczyły, dotyczą lub zawierają zadania związane z tematyką przyrostowego wytwarzania.

Podczas realizacji badań właściwości materiałów i elementów wytworzonych technologiami przyrostowymi Habilitant współpracował z krajowymi i zagranicznymi jednostkami naukowymi , a wynikiem tej współpracy jest szereg wspólnych publikacji. Badania dotyczące oceny jakości kompozytów wytwarzanych drukiem 3D na konwencjonalnie wykonanych materiałach tekstylnych, budowy kompozytowych modeli przy wykorzystaniu technologii druku 3D i elektroprzędzenia oraz ocena jakości modeli tak wytworzonych w zastosowaniach filtracyjnych, to obszary współpracy z ośrodkiem Bielefeld University of Applied Science w Niemczech. Współpraca z Uniwersiti Kuala Lumpur w Malezji zaowocowała wspólnymi wynikami badań tekstury powierzchni i właściwości mechanicznych materiałów na bazie PLA i PA wzmocnionych włóknami węglowymi, wytwarzanych technologiami druku 3D FDM i CFF. Podczas współpracy z VSB - Technical University of Ostrava w Czechach Habilitant prowadził wspólne prace badawcze związane z drukiem 3D oraz dalszym zastosowaniem wytworzonych modeli do budowy implantów kostnych z uwzględnieniem oceny wymiarowo-kształtowej tychże implantów. Za owocną należy uznać również współpracę z Laboratory of Tribology and System Dynamics - Ecole Centrale de Lyon

we Francji, podczas której ocenie poddano jakość/stan warstwy wierzchniej elementów modelowych wytwarzanych w trzech zadanych kierunkach usytuowania na platformie podczas druku z proszku stali 316L technologią SLM. W ramach współpracy z *Szent István University w Godollo na Węgrzech* realizowano badania ukierunkowane na aspekty tribologiczne modeli wytwarzanych drukiem 3D z tworzyw sztucznych i fotoutwardzalnych ciekłych żywic polimerowych oraz materiału MED610 z uwzględnieniem zastosowań medycznych i stomatologicznych. Wśród polskich jednostek naukowo-badawczych Habilitant najściślej współpracuje z Politechniką Poznańską w zakresie badań jakości modeli wytwarzanych drukiem 3D. W badaniach tych wykorzystywane są nowoczesne metody analizy powierzchni przy użyciu transformaty falkowej. Efektem tej współpracy jest zastosowanie nowoczesnych metod analizy sygnału do identyfikacji parametrów powierzchni modeli wytwarzanych technologiami druku 3D z proszków metali. Ponadto w zakresie współpracy międzynarodowej Habilitant uczestniczył łącznie w 15 stażach krótkoterminowych realizowanych w ramach programu Erasmus w takich krajach, jak: Niemcy, Włochy, Hiszpania, Ukraina, Malezja, Czechy, Słowacja, Brazylia. Staże te jednak w większości miały charakter krótkoterminowy i realizowane były w ramach programu Erasmus Plus, zatem dotyczyły w głównej mierze tematyki dydaktycznej. Za wartościowy pod względem naukowym uznać należy 3-miesięczny staż badawczy w Niemczech odbyty w 2022 r. w ramach programu finansowanego przez Niemiecką Centralę Wymiany Akademickiej – DAAD. Korzyści płynące ze współpracy międzynarodowej należy ocenić bardzo wysoko. Oprócz aktywności potwierdzonej udziałami w stażach, na podkreślenie zasługuje również udział w międzynarodowych konferencjach, w tym w: Republice Południowej Afryki, Szkocji, Hiszpani, Niemczech, Francji, Chorwacji, Słowacji i Austrii. Przez dwa lata Habilitant był koordynatorem wydziałowym programu Erasmus do spraw wymiany międzynarodowej studentów i pracowników, co sprzyjało nawiązywaniu licznych kontaktów z zagranicznymi koordynatorami programu oraz naukowcami. Był inicjatorem rozszerzenia kierunków tejże współpracy o uczelnie w Malezji oraz Brazylii. W ramach działalności międzynarodowej opracował 72 recenzje w szeregu czasopism z IF, znajdujące się w bazie JCR.

Należy zatem podkreślić aktywny udział dr. inż. Tomasza Koziora w zakresie współpracy i wymiany międzynarodowej.

Na podkreślenie zasługuje duża aktywność wynalazcza Habilitanta. Jest autorem lub współautorem 11 udzielonych patentów na wynalazek i dwóch wzorów przemysłowych oraz współautorem dwóch kolejnych zgłoszeń patentowych i jednego wzoru użytkowego.

Pewien niedosyt musi budzić ograniczony obszar tematyczny aktywności naukowej Habilitanta sprowadzający się do relatywnie wąskiego spektrum zagadnień z obszaru inżynierii mechanicznej, ograniczonej właściwie do przyrostowego wytwarzania, mimo że tematyka ta jest istotna pod względem naukowym, poznawczym i aplikacyjnym. Niemniej aktywność naukową Habilitanta oceniam pozytywnie, zwłaszcza w zakresie istotnej aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej uczelni, instytucji, a w szczególności instytucji zagranicznej.

6. Ocena dorobku dydaktycznego i organizacyjnego

Dr inż. Tomasz Kozior jest zatrudniony w Politechnice Świętokrzyskiej od 7 lat. W tym czasie oprócz badań naukowych jego działalność obejmowała prowadzenie zajęć dydaktycznych w formie wykładów, projektowania i laboratoriów w licznej grupie ponad

dwudziestu przedmiotów, w tym przedmiotów prowadzonych w języku angielskim: Fundamental of Rapid Prototyping, Fundamental of Machining, Advanced Manufacturing, Manufacturing Engineering, Computer-Aided Manufacturing i Specialized Machine Tools. W celu zabezpieczenia procesu kształcenia w ramach prowadzonych przedmiotów uczestniczył w organizacji laboratoriów dydaktycznych związanych z konwencjonalnymi i niekonwencjonalnymi technologiami wytwarzania oraz laboratorium inżynierii odwrotnej, a także wyposażeniu ich w metrologiczne przyrządy pomiarowe, dydaktyczne drukarki 3D oraz oprogramowanie niezbędne do symulacji druku 3D. Opracował też serię materiałów pomocniczych dotyczących prowadzenia zajęć z przedmiotów: Techniki Wytwarzania II, Obróbka Ubytkowa, Podstawy Szybkiego Prototypowania. Jest opiekunem studentów studiów I stopnia na kierunku Mechanical Engineering w Wydziale Mechatroniki i Budowy Maszyn.

Od 2018 roku dr inż. Tomasz Kozior pełnił funkcję promotora dziewiętnastu prac dyplomowych (12 inżynierskich oraz 7 magisterskich). Jedną z tych prac opracowano w języku angielskim. Opieka i współpraca ze studentami zaowocowały uzyskaniem wspólnego prawa ochronnego do wzoru przemysłowego oraz współautorską publikacją w czasopiśmie z IF, znajdującego się w bazie *JCR*. Od 2021 roku jest promotorem pomocniczym w dwóch przewodach doktorskich dotyczących tematyki przyrostowego wytwarzania. Jego działalność organizacyjna przejawia się między innymi poprzez udział w pracach: organizacji naukowej ASTM, Polskim Towarzystwie Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej - Oddział w Kielcach, Polskim Oddziale Niemieckiej Centrali Wymiany Akademickiej – DAAD. Jak wspomniano wcześniej, w latach 2020-2022 pełnił funkcję wydziałowego koordynatora programu Erasmus. Jest też członkiem Rady Wydziału Mechatroniki i Budowy Maszyn.

Aktywność wydawnicza Habilitanta nie ogranicza się jedynie do publikowania artykułów. W 2021 roku podjął się zadania pełnienia funkcji Redaktora Naczelnego nowo uruchamianego czasopisma Wydziału Mechatroniki i Budowy Maszyn w Politechnice Świętokrzyskiej, „Mechatronics and Mechanical Engineering” i jest Członkiem Review Board czasopisma naukowego Polymers (MDPI). Został również zaproszony jako Guest Editor do edycji czterech wydań specjalnych czasopism naukowych: Materials (MDPI), Electronics (MDPI), Polymers (MDPI), Crystals (MDPI) i Journal of Engineered Fibers and Fabrics (SAGE).

Za osiągnięcia naukowe, wynalazcze i organizacyjne Habilitant był wielokrotnie nagradzany między innymi: czterokrotnie indywidualnymi i zespołowymi nagrodami Rektora Politechniki Świętokrzyskiej, wyróżnieniem na prestiżowej liście najwyższej cytowanych na świecie naukowców - Stanford University TOT 2% i nagrodą za zgłoszony wynalazek w konkursie „Świętokrzyski Racjonalizator”.

W oparciu o przedstawione informacje, aktywność, dorobek dydaktyczny i organizacyjny Habilitanta oceniam pozytywnie.

7. Ocena ogólna i wniosek końcowy

Po zapoznaniu się z całokształtem działalności naukowej, dydaktycznej, organizacyjnej i współpracy międzynarodowej oraz jednotematycznym cyklem publikacji zawartych we wniosku dr. inż. Tomasza Koziora stwierdzam, że przedstawione osiągnięcie naukowe pt. „Ocena określonych cech jakości elementów wytwarzanych wybranymi technologiami przyrostowymi” zawiera oryginalny i znaczący wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria Mechaniczna. Uważam, że opublikowany dorobek naukowy dr. inż. Tomasza Koziora oraz

istotna aktywność naukowa realizowana w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej, są znaczące i wystarczające do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego. W świetle powyższej opinii stwierdzam, że dorobek ten spełnia wymagania określone w art. 219 ust. 1 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz. U. z 2021 r., poz. 478 z późn. zm.) i wnioskuję o dopuszczenie dr. inż. Tomasza Koziora do dalszego postępowania przed Radą Naukową Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Świętokrzyskiej i nadanie mu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie Nauk Inżynieryjno-Technicznych w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna.

A handwritten signature in blue ink, reading "Lucjan Świertek". The signature is written in a cursive style with a horizontal line under the last part of the name.