

RECENZJA

osiągnięć naukowych zawartych we wniosku dr inż. Tomasza Stachowiaka, z dnia 19 maja 2023 r. o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

Podstawę opracowania przedmiotowej recenzji stanowią następujące dokumenty:

- pismo Pana dr hab. inż. Janusza Szmidla prof. P.Cz, Kierownika Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Częstochowskiej, R-WIMil-BOD.521.4.2023, z dnia 19-05-2023 r.,
- obowiązująca Ustawa Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce, art. 219, Warunki nadawania stopnia doktora habilitowanego,
- dokumentacja wniosku dr inż. Tomasza Stachowiaka o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna (otrzymana w dniu 24.11.2023 r).

Podstawowe dane o Kandydacie i przebiegu pracy naukowo-zawodowej

Dr inż. Tomasz Stachowiak, urodził się [REDACTED]. W 2005 roku ukończył jednolite studia magisterskie, finalizując je pracą pt.: „Wykorzystanie aplikacji bazodanowych w serwisach internetowych na przykładzie witryny KPTSIZP Politechniki Częstochowskiej”. W latach 2005 -2010 realizował studia doktoranckie, które zakończył rozprawą doktorską, pt. ”Analiza wpływu warunków przetwórstwa na wybrane właściwości wyprasek wytwarzanych metodą wtryskiwania wspomaganego gazem”, pod opieką naukową promotora, dr hab. inż. Elżbiety Bociąga Prof. P.Cz. W dniu 23.09.2010r, nadany Mu został, przez Radę Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Informatyki P.Cz. stopień doktora nauk technicznych, w zakresie budowy i eksploatacji maszyn. Recenzentami w przewodzie doktorskim byli: prof. dr hab. inż. Józef Koszkul oraz Prof. dr hab. inż. Marian Żenkiewicz. Kandydat nie ubiegał się wcześniej o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

Kandydat od 2010 - do teraz jest zatrudniony na stanowisku adiunkta w Katedrze Technologii i Automatykacji, na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Informatyki, P. Cz. Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora w swojej działalności zawodowej, Habilitant zajął się zagadnieniami związanymi z technologią wtryskiwania tworzyw polimerowych, w szczególnych warunkach wspomagania procesu gazem. Badania były ukierunkowane na poprawę właściwości przetwórczych i użytkowych tworzyw polimerowych. W swoich badaniach uzasadniał możliwości redukcji gęstości tworzywa przy jednoczesnej poprawie

właściwości mechanicznych, wyznaczając wpływ parametrów procesowych na konstytuowanie tych właściwości. Zajmował się też zagadnieniami termostatowania form wtryskowych, głównie w celu redukcji czasu cyklu przetwórczego i wpływu tego parametru na jakość wyprasek. Kolejne działania związane były z wykorzystaniem skanerów optycznych, w celu weryfikacji cech geometrycznych wyprasek i akwizycji uzyskanych wyników. Nowy obszar zainteresowań Habilitanta związany był z kompozytami polimerowymi i ich szczególnym przypadkiem jakim są kompozyty na bazie biopolimerów. W badaniach uwzględniano ich podatności na recykling i biodegradację. Dr inż. Tomasz Stachowiak był także wykonawcą w szeregu projektach badawczych w tym projektach wewnętrznych P.Cz. Szczególnym obszarem działalności naukowej były zagadnienia recyklingu materiałów polimerowych, a głównym ich celem było poszukiwanie warunków niezbędnych do zwiększenia efektywności tego procesu. Autor przed uzyskaniem stopnia doktora w latach 2005-2010 opublikował 10 prac, głównie w czasopiśmie branżowym.

Istotny element osiągnięć Habilitanta stanowi Jego dorobek dydaktyczny i popularyzatorski. Za swoją działalność otrzymał 7 nagród i wyróżnień indywidualnych i zespołowych JM Rektora P.Cz. Habilitant otrzymał również złote, srebrne i brązowe medale na międzynarodowych targach, związanych z tematyką przetwórstwa i zastosowania tworzyw oraz szeroko pojętą innowacyjnością. W zakresie popularyzacji nauki w Jego dorobku ważnymi osiągnięciami jest promocja 23 prac inżynierskich, 38 prac magisterskich i 14 prac na studiach podyplomowych. Opiekował się ponadto 3 doktorantami w charakterze promotora pomocniczego (jeden przewód został już zakończony). Brał udział w organizacji dodatkowych zajęć dla uczniów szkół średnich, których celem było propagowanie wiedzy technicznej i zachęta do wybierania kierunków technicznych. Aktywnie uczestniczył w organizacji zajęć terenowych dla studentów, realizowanych w wiodących przedsiębiorstwach regionu, a także warsztatów podwyższających kompetencje studentów związane z branżą przetwórstwa tworzyw.

Prowadzone przez Pana dr inż. Tomasza Stachowiaka badania, zaowocowały przygotowaniem 58 publikacji, których był Autorem i współautorem (w 3 jest indywidualnym Autorem a w kolejnych 2 pierwszym Autorem). Sumaryczna liczba punktów MNiSW wynosi 1965. Ponadto brał udział w realizacji jako główny wykonawca i współwykonawca w 14 projektach wewnętrznych P. Cz. Wyniki prowadzonych prac naukowych przedstawił w 12 materiałach na konferencjach, które odbyły się w latach 2008 - 2022.

Według bazy Web of Science - 20 publikacji Habilitanta cytowanych było 97 razy a Index Hirscha w tym przypadku wynosił 5, według bazy Scopus to również 20 publikacji cytowanych 113 razy a indeks Hirscha wynosił 7. W Google Scholar Index Hirscha wynosił 7 i Autor był cytowany 162 razy. Cały dorobek publikacyjny dr inż. Tomasza Stachowiaka

przedstawiony został w załączniku do autoreferatu w formie tabeli zbiorczej i zgodnie z tym zestawieniem sumaryczna wartość współczynnika IF wynosi 60,037.

W latach od 2011 do 2023 aktywnie uczestniczył w szeregu projektach i spotkaniach branżowych w tym międzynarodowych targach takich jak AMME w Gliwicach-Wrocław, „Profesorskich Warsztatach Naukowych, Przetwórstwo Tworzyw”, konferencji zorganizowanej przez firmę Engel w Austrii, Plastivent, Polychar. Kierował projektami realizowanymi we współpracy z naukowcami z innych ośrodków krajowych i zagranicznych a także z przedsiębiorcami. Brał m.in. udział w projekcie którego celem było „Opracowanie technologii modyfikacji i procesu przetwarzania odpadowych materiałów tekstylnych na bazie politeraftalanu etylenu z dodatkiem silikonu”. Na międzynarodowej środkowo europejskiej konferencji „Recykling i odzysk, innowacyjne technologie materiałów polimerowych, nauka przemysł”, przedstawił referaty opisujące wybrane problemy wtórnego przetwórstwa poliolefin napełnionych włóknem konopnym. Ponadto w ramach tego projektu przygotowano pracę doktorską, w której Habilitant pełnił funkcję promotora pomocniczego. Dodatkowo w projekcie tym dokonano zgłoszenie patentowe pt: Wytłaczarka do wytwarzania regranulatów z odpadów pochodzących z poduszek powietrznych w pojazdach samochodowych. Habilitant brał udział w projekcie pt. Organic-Plus (HORIZON 2020) w ramach którego zaprojektowano i wykonano, alternatywną do stosowanych obecnie folię ściółkową, wykorzystywaną przy uprawach wielkoobszarowych. Obiektem badań była folia wielowarstwowa biodegradowalna, którą napełniano węglanem wapnia pochodzącym z hodowli ostryg. Produkt ten testowano w warunkach polowych w celu wyznaczenia podatności na biodegradację w warunkach klimatycznych panujących w UK i Turcji. Na podstawie wyników tych badań powstało kilka publikacji i złożono także dwa wnioski patentowe pt. „Folia warstwowa biodegradowalna” i „Wielowarstwowa folia biodegradowalna”.

Habilitant aktywnie uczestniczył w projekcie „Inkubatora Innowacyjności 4.0” finansowanym przez MNiSW. Główne zadanie w tym projekcie polegało na wspieraniu uczelnianych Centrów Transferu Technologii działających w ramach jednostek naukowych. Wymiernym efektem projektu była szeroka analiza oraz opracowanie związanych z przygotowaniem dla nowoczesnego rolnictwa materiałów i akcesorii wytworzonych z tworzyw biodegradowalnych. Uczestniczył także w projekcie w ramach Uniwersytetu Młodego Odkrywcy, którego głównym celem było szerzenie wiedzy technicznej wśród dzieci i młodzieży i zachęcanie ich do studiowania na kierunkach technicznych.

Aktywność Habilitanta została potwierdzona przez szereg podmiotów gospodarczych, które w wystosowanych listach rekomendowały i pozytywnie oceniały współpracę naukową a także wspieranie firm w kontaktach z klientami. Habilitant jest członkiem m.in. Stowarzyszenia TOP

500 Innovators od 2015, członkiem Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Mechaników Polskich. Współpracuje z różnymi zespołami badawczymi P. Cz. a także aktywnie udziela się w obszarze dydaktycznym przygotowując treści wykładów i laboratoriów w języku angielskim. Jest aktywnym uczestnikiem społeczności swojej uczelni, udzielając się w pracach Rady Wydziału a także wydziałowego i uczelnianego kolegium elektorów.

W dorobku dr inż. Tomasza Stachowiaka znajduje się 58 artykułów naukowych, z tego 20 zostały opublikowane w czasopismach z listy JCR (Journal Citation Reports). Są to pozycje o uznanej renomie m.in. Polymer Engineering and Science, Acta Physics Polonica A, Advances in Polymer Technology, International Agrophysics, Waste and Biomass Valorization, Sustainability, Jurnal of Cleaner Production, Archives of Metallurgy. Najwięcej swoich dokonań Autor opublikował w czasopiśmie Materials (7) wydawanym przez (MDPI), w modelu Open Access. W dorobku Autora jest również publikacja zamieszczona w czasopiśmie Polimery, które warto podkreślić, że jest Polskim czasopismem o zasięgu międzynarodowym. W wcześniejszym dorobku dr inż. Tomasza Stachowiaka znajdują się również artykuły w polskich czasopismach takich jak Tworzywa Sztuczne i Chemia, Mechanik i Kompozyty.

W załączonym do wniosku zbiorze publikacji, zgodnie z oświadczeniami współautorów Habilitant odgrywał znaczącą rolę zarówno w obszarze ustalania koncepcji badań, implementacji, przeprowadzenia badań, przygotowanie treści publikacji wraz z bibliografią, opracowania wyników badań oraz ich interpretacji, udzielania odpowiedzi recenzentom i nanoszenie poprawek. W publikacjach [4, 8, 9] zamieszczonych we wniosku, Habilitant był jedynym autorem i odpowiadał za całość tych opracowań. Średni procentowy udział Autora w przedstawionych w wniosku publikacjach wynosi 54,5%, co w przypadku części publikacji o charakterze interdyscyplinarnym (współautorzy z innych dyscyplin naukowych) oceniam jako wystarczający.

Rozwiązywane przez Kandydata problemy poznawcze i użytkarne, wynikają z procesu zgłębiania i rozwijania coraz to nowych obszarów zagadnień naukowych, w realizowanych badaniach zarówno laboratoryjnych jak i technologicznych. W tym celu Autor analizował zjawiska i właściwości charakteryzujące materiały polimerowe tradycyjne i biodegradowalne, a także poszukiwał optymalnych warunków ich przetwarzania (metodą wyłaczania, wtryskiwania) i użytkowania. Zagadnienia te należą do zbioru problemów naukowych, ważnych również w przypadku innych dyscyplin naukowych, z różnych przestrzeni wiedzy począwszy od nauk podstawowych, fizyki, chemii biologii po nauki stosowane (inżynieria mechaniczna, automatyka, agronomia, ochrona środowiska i inne). W ostatnim czasie zaobserwowano duże zainteresowanie środowisk inżynierskich, efektami prac związanych z recyklingiem tworzyw. Dotyczy to przede wszystkim jednostek rozwojowych i

wdrożeniowych a także firm produkujących maszyny przetwórcze, (układy uplastyczniające i narzędzia) a także realizujących recykling na skalę przemysłową.

Na podstawie wybranych wyników badań własnych, Autor zaproponował główne osiągnięcia naukowe, które zatytułował następująco:

„Badanie możliwości ograniczenia oddziaływania polimerów termoplastycznych na środowisko naturalne poprzez wykorzystanie recyklingu mechanicznego oraz polimerów biopochodnych”.

Osiągnięcia te zostały opisane, zgodnie z Ustawą, w cyklu powiązanych tematycznie 10 artykułów w czasopismach naukowych, w tym trzech pracach autorskich i siedmiu współautorskich, które ukazały się w latach 2019 (1), 2020 (3), 2021 (2) i 2022 (4). Jest to więc dorobek bardzo aktualny, a w roku opublikowania, wszystkie te czasopisma ujęte były na liście pozycji indeksowanych. W przedstawionym opracowaniu, na podstawie wybranych wyników badań Habilitant dokonał analizy możliwości ograniczania oddziaływania polimerów termoplastycznych na środowisko naturalne, głównie poprzez poprawę jakości materiałów, efektywność procesów i rozwijanie istniejących systemów techniczno - organizacyjnych recyklingu [2, 5, 7, 8]. Działania naukowe Autora można usystematyzować w trzech podstawowych obszarach; konstytuowanie właściwości przetwórczych tworzyw wtórnych (ropopochodnych i biodegradowalnych), doskonalenie warunków technicznych i organizacyjnych przetwórstwa a także wyznaczanie podatności na recykling mechaniczny i biodegradację opracowanych w pierwszym obszarze tworzyw (kompozytów).

Główny problemem badawczym jaki zaproponował Habilitant obejmuje kompleksowe podejście do recyklingu, szczególnie trudno przetwarzalnych tworzyw. Badania te prowadził wykorzystując recykling mechaniczny tworzyw, powstałych na bazie surowców nieodnawialnych, których przetwórstwo zdecydowanie dominuje w gospodarce światowej i krajowej. Z kolei doświadczenia z tego obszaru, zaimplementował w wybranych przypadkach tworzyw biopochodnych i biodegradowalnych. Jest to zatem oryginalna próba wykorzystania potencjału istniejącej wiedzy polegająca na połączeniu tych dwóch strumieni wytwarzania i recyklingu tworzyw, dotychczas najczęściej rozpatrywanych osobno.

Załączone hipotezy szczegółowe wydają się być w niektórych przypadkach dość oczywiste i rozpoznane tym bardziej, że dla typowych polimerów analiza podatności tworzyw na recykling, też w Polskiej literaturze, analizowana była od wielu lat, natomiast zweryfikowana metodyka badań i uzyskana wiedza implementowana do tworzyw biopolimerów jest działaniem oryginalnym. W 5 hipotezie szczegółowej Autor potencjalny sukces recyklingu przypisuje pozytywnemu bilansowi energetycznemu i ekonomicznemu jak również jakości recyklatów, mających wpływ na właściwości użytkowe produktów na bazie tych surowców.

Złożoność problemu wynika z tego, że tylko na część energetyczną wpływ ma przyjęta metodyka, natomiast całkowity pozytywny bilans (w tym ekonomiczny) regulowany jest m.in. poprzez różnego typu podatki czy kaucje. Warto podkreślić, że zdecydowanie odmiennie powinno się analizować dwa różne strumienie odpadów: technologicznych (PPR) i użytkowych (PCR), w których najczęściej wspólny jest tylko proces rozdrabniania. Słuszne jest założenie, że termoplastyczne polimery biodegradowalne mogą z powodzeniem być stosowane w przemyśle opakowaniowym, rolnictwie nawet w medycynie. Tym bardziej, że wykorzystywane może tu być doświadczenie przetwórstwa standardowych technologii wtryskiwania, wytłaczania, wytłaczania z rozdmuchiwaniem i innych. Autor jako ważną zaletę przywołał w 10 hipotezie szczegółowej możliwość przeprowadzania recyklingu tworzyw biodegradowalnych przy znacząco niższych nakładach energetycznych, wynikających z niższej temperatury przetwórstwa.

Ważnym osiągnięciem Autora jest wyznaczenie podatności na recykling materiałów trudno przetwarzalnych, na przykładzie samochodowych poduszek powietrznych, z uwzględnieniem trendu wzrostu wymagań technologicznych stawianych przetwórstwu tworzyw, w tym szczególnie tworzyw pochodzących z recyklingu. Ze względu na to, że w warunkach rzeczywistych najczęściej występują różne zanieczyszczenia i dodatki modyfikujące, Autor w swoich badaniach zaproponował eksperyment, w którym uwzględniono różny poziom dozowania tych dodatków i rozległą metodykę badań w celu kompleksowej oceny wpływu na najważniejsze wskaźniki przetwórcze a także użytkowe recyklatu (gęstość, DMA, DSC, MFI itp.) Z wykorzystaniem podstawowego procesu recyklingu mechanicznego (rozdrabniania) oceniano wpływ wielkości cząstki napelnacza (zanieczyszczenia) na właściwości mechaniczne. W badaniach wykorzystywano standardowe próbki wtryskowe i pozyskiwane z wytłoczonej folii. Badania te w rozszerzonym zakresie opisano m.in. w publikacji [9] gdzie badania uzupełniono o kolejne frakcje paździerza konopii, mączki oraz pulpy. Na podstawie tych badań pozytywnie zweryfikowano wpływ wielkości cząstek napelnacza na przebieg procesu przetwórstwa a także jego właściwości użytkowe. Zaobserwowano tu pogorszenie tych właściwości w stosunku do próbek pierwotnych. W publikacji [6] przedstawiono kolejną modyfikację kompozytu biodegradowalnego w którym jako napelnicz wykorzystano biowęgiel pochodzący z odpadów ściekowych i zrębków drzewnych. Różny poziom napelnienia tymi „modyfikatorami” PLA i tworzywa Bioplast na bazie skrobi, przetwarzano w procesie wtryskiwania, wykazując różnicę w właściwościach użytkowych tych kompozytów, wyznaczając zakres obniżenia tych wskaźników. W publikacji [3] z kolei opisano rezultaty badań w tym wysoką podatność na biodegradację (100%) w warunkach kompostowania przemysłowego, wytworzonych wtryskowo elementów.

W ramach osiągnięcia wystąpiła próba pogodzenia dwóch sytuacji, stosunkowo słabo rozpoznanych warunków recyklingu mechanicznego, regranulacji i wtórnego przetwórstwa termodynamicznie niemieszalnych, polimerów o dużej niejednorodności. Bazowano tu na poszukiwaniu i weryfikowaniu parametrów materiałowych i procesowych tworzyw pierwotnych, ich modyfikacji oraz dostosowaniu do zidentyfikowanych w ramach obszernych badań właściwości otrzymanych recyklatów. Ważnym osiągnięciem Autora jest analiza porównawcza właściwości fizykochemicznych tworzyw bazujących na surowcach ropopochodnych i biodegradowalnych a także metodyki badań z uwzględnieniem odmiennych procesów degradacji i możliwości powtórnego stosowania. Problemem na tym etapie nierozwiązanym jest jednak brak możliwości mieszania odpadów pochodzących z polimerów ropopochodnych i biopochodnych, związany głównie z ich strukturą i odmiennym mechanizmem degradacji. Powoduje to więc potrzebę kolejnej segregacji już na etapie indywidualnych użytkowników (potrzeba dodatkowego „miejsca” w obszarze segregacji).

Osiągnięciem Habilitanta jest także doskonalenie warunków technicznych i organizacyjnych przetwórstwa uwzględniających regulacje prawne i podnoszenie świadomości społecznej w zakresie ochrony środowiska. Stosując modyfikacje konstrukcyjne i procesowe Autor dokonał porównania nakładów energetycznych i kosztów ponownego wykorzystywania tworzyw w zamkniętym cyklu życia. [5] W tym celu m.in. zaprojektował i wykonał zmodyfikowany układ uplastyczniający wyłaczarki jednoślindakowej. Zaproponowano zarys ślimaka który umożliwi intensywne mieszanie dwu fazowej mieszaniny tworzyw pochodzących m.in. z rozdrobnionych samochodowych poduszek powietrznych [4]. Dodatkowo analizie poddano wpływ parametrów procesu rozdrabniania, głównie szybkości cięcia krawędzi noży tnących, na cechy granulometryczne produktu rozdrabniania (przemiału) i ich wpływ na zachowanie się tego materiału w procesie wtryskiwania. Zastosowanie skorygowanego zarysu ślimaka umożliwiło poprawę stopnia zmieszania (homogenizacji) tej trudno przetwarzalnej kompozycji a jednorodność zmieszania określano z wykorzystaniem rozbudowanej metodyki badań w tym mikroskopii SEM. W ramach eksperymentu uzupełniającego zweryfikowano również wpływ innych substancji pomocniczych umożliwiających otrzymanie regranulatu o powtarzalnych cechach geometrycznych i jednorodności materiałowej. Ważnym dokonaniem Autora jest ocena możliwości ponownego zagospodarowania polimerów biopochodnych z wykorzystaniem recyklingu mechanicznego i zaproponowanie ich w strumieniu odpadów kierowanych do kompostowania. Wyznaczając podatność na przetwórstwo szerokiej gamy materiałów polimerowych szczególnie modyfikowanego PP (talk, włókno szklane, kulki szklane) wykazano potrzebę stosowania „wyższej kultury” technicznej” [7, 10] co w przypadku masowej skali recyklingu tworzyw takich jak PE, PP, PET, PA związane jest z potrzebą

stosowania nowoczesnych rozwiązań przemysłowych z zakresu automatyki oraz przemieszczania (dozowanie, mieszanie, filtrowanie itp.) a także wymiany danych w celu nadzorowania oraz weryfikacji kluczowych parametrów przetwórstwa. Z wykorzystaniem nowoczesnych technologii monitorowania i kontrolowania a także automatyzacji istnieje możliwość pomiaru ilości energii, na podstawie rzeczywistych danych procesowych. Możliwe jest zatem wyznaczanie efektywności procesu poprzez analizę ilości odpadów produkcyjnych i bezpośredniego wykorzystania ich w bieżącej produkcji. Stosowanie optymalnych parametrów technologicznych oraz powtarzalności produkcji jest kluczowe, ze względu na właściwości końcowe produktu, powtarzalność jakości i pośrednio ocenę właściwości recyklatów. Kontrolowanie parametrów przetwórstwa tworzyw pochodzących z recyklingu jest szczególnym wyzwaniem ze względu na potrzebę „śledzenia” jakości materiału wsadowego i szczególnej roli procesów mycia i czyszczenia (filtrowania).

Osiągnięciem Habilitanta było również przeprowadzenie, na podstawie szerokiego eksperymentu analizy porównawczej potencjału aplikacyjnego tworzyw biodegradowalnych w tym folii biodegradowalnych z foliami wykonanymi w technologiach standardowych. Podatność na wtórne zastosowanie dr inż. Tomasz Stachowiak uzupełnił o ocenę nieszkodliwości w relacjach produktów degradacji z środowiskiem naturalnym oraz interakcje z organizmami żywymi [3]. Dokonał oceny wpływu środowiska naturalnego (potencjalnych warunków użytkowania) na właściwości gotowych wyrobów wytworzonych z tworzyw biopochodnych i biodegradowalnych. Autor podjął próbę oceny nakładów energetycznych a także wpływu ponownego przetwórstwa na jeden z ważniejszych wskaźników charakteryzujących podatność na przetwórstwo wskaźnik szybkości płynięcia MFI. Weryfikował także wpływ warunków rozdrabniania na efektywność kompostowania [3]. Zaprojektował technologię wytwarzania wielowarstwowych folii biodegradowalnych, które podczas procesu degradacji mogą być nośnikami szeregu dodatków stosowanych do poprawy jakości gleby i wegetacji a także ograniczających rozwój pasożytów. Ma więc tu miejsce ograniczanie niekorzystnego wpływu odpadów powstałych z polimerów ropopochodnych. Pewne ograniczenie związane są również z jeszcze niepełnym poznaniem skuteczności procesów wytwarzania i degradacji tworzyw biopochodnych, a także ich relatywnie wysoką ceną.

Habilitant potwierdził możliwość ponownego zagospodarowania analizowanych tworzyw biopochodnych z wykorzystaniem technologii recyklingu mechanicznego, z jednoczesną oceną związanych z tym nakładów energetycznych. W analizie tej uwzględniono niższą niż w przypadku standardowych polimerów, temperaturę przetwórstwa tworzyw biodegradowalnych. Habilitant wykorzystując odpady organiczne o różnym stopniu

rozdrobienia (m.in. paździerz konopny) wytworzył biokompozyt na bazie PLA, poddany ocenie w warunkach użytkowania, podatności na biodegradację i recykling mechaniczny. Wyznaczał również podatność na kolejne przetwórstwo w warunkach wtryskiwania, weryfikując takie właściwości jak struktura, twardość w zależności od procentowego udziału konopi, co potwierdzał m.in. analizując równomierność rozkładu poszczególnych frakcji w objętości wtrysniętego elementu.

W ramach projektu ORGANIC plus Habilitant weryfikował podatność na przetwórstwo a także użytkowanie, w tym degradację innowacyjnej folii rolniczej stosowanej do ściółkowania. Równocześnie w ramach tego projektu weryfikował podatność na ograniczone czasem degradacji użytkowanie akcesoria ogrodniczych. Akcesoria te równocześnie z zakończeniem procesu wegetacji (stosowania) podlegają degradacji w warunkach polowych. W ocenie porównawczej wykazał że, stosowanie takiej folii z np. polietylenu w zamkniętym obiegu, na skutek naturalnego zabrudzenia wynikającego z warunków i procesów agrotechnicznych w zamkniętym obiegu, ze względu na konieczność stosowania energochłonnych procesów mycia i czyszczenia tych zabrudzeń, zdecydowanie podnoszą koszty takiego recyklingu.

Na podstawie uzyskanych przez Habilitanta rezultatów badań wykazano potrzebę zastosowania pogłębionej analizy procesu recyklingu, poprzez wykorzystanie narzędzia jakim jest ocena „cyklu życia” [2,8]. Na przykładzie zanieczyszczeń polipropylenem czy silikonem, występujących w tkaninach poliamidowych, weryfikowano wpływ ponownego przetwórstwa na właściwości reologiczne. W analizie tej uwzględniono wszystkie etapy tego cyklu, od sposobu pozyskiwania odpadu po ponowne wykorzystanie w kolejnym przetwórstwie. W szerokim eksperymencie Autor uzyskał potwierdzenie możliwości uzyskania recyklatu o akceptowalnych i powtarzalnych właściwościach. Pomimo obniżenia niektórych wskaźników przetwórczych i użytkowych, również w przypadku tworzyw biodegradowalnych możliwe jest zatem stosowanie recyklingu mechanicznego opartego na doborze cech geometrycznych i dynamicznych rozdrabniacza (granulatora) i parametrów przetwórczych.

W pracach Habilitanta dokonano analizy stanu wykorzystania standardowych technologii przetwórstwa materiałów biopochodnych i porównano właściwości użytkowe z tworzywami ropopochodnymi. Uznano, że kontrolowana degradacja jest jedną z większych zalet tych stosunkowo nowych materiałów. Jest to komplementarne z równolegle rozwijanymi procesami kompostowania. Ten aspekt uzasadnia realizowanie części badań w zespołach interdyscyplinarnych, co moim zdaniem jest zaletą tego dokonania. W pracy poszukuje się takiego rozwiązania organizacyjnego i technicznego w którym, po zakończeniu cyklu życia wytworu ulegają one w warunkach przemysłowych instalacji czy kompostników

przydomych kontrolowanej degradacji. W tym obszarze konsekwentnie realizowane są poszukiwania nowych materiałów biodegradowalnych. W dobrze zaprojektowanych produktach z zastosowaniem tworzyw biodegradowalnych, szczególnie w rolnictwie mamy do czynienia z ważną zaletą i uproszczeniem procesu recyklingu tworzyw biodegradowalnych. W tym przypadku pomijany może być całkowicie proces zbierania i utylizacji.

Analizując wytwarzanie folii wielowarstwowych o charakterystyce biodegradowalnej, Habilitant wykorzystywał możliwości technologiczne maszyn do przetwórstwa metodą wytłaczania z rozdmuchiwaniem. W tych foliach poszczególne warstwy stanowiły bazę do zaimplementowania dodatkowych nośników wybranych substancji pomocniczych. Wykorzystując „wielo funkcyjność” tych folii weryfikowano ich podatność na destrukcję w różnych warunkach klimatycznych. Jak wynika z ograniczeń ustawowych na terenie UE, przy aktualnie obowiązujących przepisach to rozwiązanie nie może być jednak stosowane. Oryginalność zaproponowana w rozwiązaniu została zgłoszona w formie opisu patentowego, oczekującego na ostateczną akceptację. W dalszych badaniach zastosowano do modyfikacji polimeru kurzy obornik, jako dodatek w procesie wytwarzania folii. Stosowano także inne funkcjonalne związki takie jak olejki eteryczne lawendy, wanilii i innych a także biopescytydy.

W publikacji [1] opisano wykorzystanie dotychczasowych doświadczeń uzyskanych w procesie wytwarzania biodegradowalnych wielowarstwowych folii stosowanych do ściółkowania. Powstałą w ramach projektu folię biodegradowalną porównano w szerokim zakresie właściwości mechanicznych i termicznych z komercyjną folią polietylenową, komercyjnymi foliami biodegradowalnymi i z innowacyjną folią opracowaną w projekcie ORGANIC plus. Pozytywnie zweryfikowano tu kompozycję CUT1-3, której wskaźniki wytrzymałościowe zdecydowanie przewyższały folie komercyjne. Stosunkowo niszowym zastosowaniem folii biodegradowalnych jest wykorzystanie ich do wytwarzania woreczków na odchody zwierząt domowych. W tradycyjnym procesie recyklingu w którym występuje proces rozdrabniania, mycia i czyszczenia proces ten jest zdecydowanie nie uzasadniony ekonomicznie. Wykorzystanie równoczesnej degradacji opakowania i jego zawartości w warunkach kontrolowanych (przewidywalnych) jest rozwiązaniem znacznie bardziej korzystnym dla środowiska.

Podsumowując zaprezentowane w przedmiotowym jednotematycznym cyklu publikacji osiągnięcia, uznaję za znaczące dla rozwoju nauk inżynierjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria mechaniczna. Przedstawione do oceny osiągnięcia naukowe obejmują oryginalne podejście do problematyki recyklingu tworzyw. Należy podkreślić wagę przedstawionego

problemu szczególnie silnie związanego z od lat dynamicznie rozwijającą się dziedziną wytwarzania i przetwórstwa tworzyw polimerowych. Nawiązując do wiedzy związanej z technologią przetwórstwa i użytkowania tworzyw, a także zaprezentowane przez Habilitanta dokonania potwierdzają że, proces recyklingu mechanicznego może stanowić jedną z dróg efektywnego zagospodarowania termoplastycznych tworzyw wytwarzanych z ropy naftowej i w uzasadnionych przypadkach polimerów wytwarzanych z surowców odnawialnych (biopolimerów). Autor przekonująco uzasadnił, że wprowadzenie do szerokiego stosowania w wybranych gałęziach przemysłu polimerów biopochodnych i biodegradowalnych, prowadzi do redukcji obciążenia środowiska naturalnego, zużycia energii, emisji substancji szkodliwych oraz uniknięcie konieczności ich uciążliwego składowania.

Znaczenie osiągnięcia naukowego, wobec przedstawionego stanu wiedzy i prezentacji dokonań własnych należy potwierdzić, gdyż moim zdaniem Habilitant zaproponował skuteczny i efektywny sposób rozwiązania problemu ograniczania oddziaływania polimerów termoplastycznych na środowisko naturalne, głównie poprzez wykorzystanie recyklingu mechanicznego oraz polimerów biopochodnych. Potwierdził również, że istnieje potrzeba i możliwość budowy jednolitych systemów oceny wybranych wskaźników materiałowych i przetwórczych na poszczególnych etapach „cyklu życia” tworzyw.

Uważam, że w złożonym do oceny wniosku uzupełniono i poszerzono wiedzę na temat podatności na recykling mechaniczny tworzyw trudno przetwarzalnych. Opracowano też własne, oryginalne rozwiązanie recyklingu mechanicznego na przykładzie kompozytu PA/PP i PA/Silikon z wykorzystaniem opatentowanego zmodyfikowanego układu uplastyczniającego wylączarki jednoślismakowej. Uzupełniono również wiedzę na temat podatności na degradację wybranej grupy tworzyw biodegradowalnych. Stosując standardowe technologie przetwórstwa tworzyw termoplastycznych, wytworzono z nich produkty o wysokim potencjale użytkowym w ogrodnictwie i rolnictwie.

Ciągle jeszcze, pomimo wielu publikowanych prac z przedmiotowego zakresu, istnieje zapotrzebowanie na nową wiedzę, opartą na gruntownej, wnikliwej i syntetycznej weryfikacji naukowej zaproponowanych we wniosku problemów. Należy podkreślić, że problematyka wniosku mieści się w obszarze ważnego, intensywnie rozwijanego w Europie trendu tzw. Gospodarki Obiegów Zamkniętych.

Przyjęty jako główny cel badań określenie przydatności procesu recyklingu w kontekście zagospodarowania ropopochodnych tworzyw sztucznych jest już dość dobrze rozpoznany i zweryfikowany w rzeczywistości naukowej i przemysłowej, natomiast te wyzwania które dotyczą tworzyw kompozytowych i biodegradowalnych, pomimo tego, że w ostatnim czasie pojawiło się szereg i publikacji i dysertacji ciągle jeszcze istnieje potrzeba prowadzenia

badan przez specjalistów wielu dyscyplin . Szczególnie dotyczy to wybranych gałęzi przemysłu opakowaniowego a także rolnictwa z którym związane są naturalne warunki do przyspieszonej degradacji.

Zawarta w przedmiotowych opracowaniach wiedza, w mojej ocenie, jest próbą skutecznego, twórczego, kompleksowego spojrzenia na zagadnienia ograniczania oddziaływania na środowisko naturalne tradycyjnych polimerów oraz tworzyw biodegradowalnych. Autor zaproponował tu wykorzystanie innowacyjnych rozwiązań zarówno w zakresie oceny właściwości materiałów polimerowych jak i użytych w tym zakresie technologii. Moja ocena w zakresie spójności zaprezentowanego przez Kandydata cyklu publikacji prezentującego oceniane osiągnięcia naukowe jest pozytywna. Szeroko rozumiane efekty naukowe i użyteczne są wyrazem konsekwentnych działań rozwojowych, zazębiających się realizacji badawczych w kierunku poznania podatności na przetwórstwo, recykling i degradację materiałów polimerowych. Te obszary zasygnalizowane w opisie wniosku uznaję za dokonania, których opis przedstawiony w formie cyklu 10 jednotematycznych publikacji, wypełnia kryteria stawiane w postępowaniach habilitacyjnych.

W mojej opinii zaprezentowany w Autoreferacie i załącznikach materiał, jest udaną próbą opisu stanów, zjawisk i procesów występujących w obszarze przetwórstwa i recyklingu tworzyw polimerowych opisanych pracach Kandydata. W przypadku publikacji współautorskich, biorę pod uwagę i doceniam deklarowany wkład Habilitanta w powstanie tych opracowań. Uważam, że przedstawiony cykl publikacji wykazuje wartości tematycznie zazębiających się analiz badań i wywodów naukowych - wnosi do inżynierii mechanicznej nowe elementy dla jej rozwoju.

Ocena aktywności naukowej realizowana w innych ośrodkach naukowych

Zasadniczym miejscem pracy naukowej Habilitanta jest Wydział Inżynierii Mechanicznej Politechniki Częstochowskiej. Zgodnie z przyjętymi kryteriami opiniowania procesu habilitowania, dr inż. Andrzej Stachowiak zrealizował 8 staży w innych ośrodkach naukowo-badawczych, w tym m.in. półroczny staż naukowy w ramach programu Ekostaż, który dotyczył „Możliwości i technologii zagospodarowania odpadów z tworzyw polimerowych mających kontakt z substancjami chemicznymi”. Kolejny dwutygodniowy staż odbył w firmie KGL SA. Habilitant zrealizował też półroczny program stażowy zorganizowany przez „Bydgoski Klaster Przemysłowy z innowacją za pan brat”, współfinansowany ze środków Unii Europejskiej, w roli doradcy odpowiedzialnego za opracowanie koncepcji rozwiązania innowacyjnego dla przedsiębiorstwa Tyco Electronics Polska. Uczestniczył w 3 miesięcznym programie stażowym „Pomost dla transferu wiedzy o województwie opolskim” organizowanym przez Park Naukowo Techniczny Techno Park Gliwice. Brał również udział

w 3 miesięcznym, prestiżowym programie Polands TOP 500 Innovators realizowanym w Stanford University (USA). Łącznie Autor zewnętrzną współpracę z innymi ośrodkami głównie w zakresie naukowo badawczym i innowacyjnym realizował przez ponad 18 miesięcy. Ponadto wykonał szereg ekspertyz dotyczących audytów maszyn i urządzeń technologicznych pod względem bezpieczeństwa i zgodności z Dyrektywą Maszynową 2006/42/WE w zakładach produkcyjnych na terenie Europy, na zlecenie firmy DEKRA.

W latach 2013-2022 Habilitant zrealizował 52 prace zlecone głównie związane z wyznaczaniem cech materiałowych różnych polimerów z wykorzystaniem zaawansowanych metod badawczych (MFI, DSC, SEM, DMA, właściwości wytrzymałościowe i inne). Dla firm z otoczenia biznesowego wykonał 12 opinii o innowacyjności. Był Autorem recenzji w krajowych i międzynarodowych czasopismach. W roku 2022 uzyskał uprawnienia biegłego sądowego a od roku 2017 jest ekspertem w NCBiR.

Kompetencje swoje rozszerzał między innymi poprzez udział w szkoleniach (32) kończących się potwierdzającymi kompetencje certyfikatami. Są to m.in. Certyfikat Auditora wewnętrznego systemu zarządzania jakością wg wymagań normy ISO 9001, ISO 14001, zaawansowanych metod pomiarowych w analizie termicznej, a także innowacyjnych rozwiązań zastosowanych w technologiach wytłaczania i wtryskiwania.

Biorąc pod uwagę powyższe informacje stwierdzam, że dr inż. Tomasz Stachowiak wykazał się wymaganą istotną aktywnością realizowaną w więcej niż jednej instytucji naukowej.

Podsumowanie recenzji

Na podstawie analizy, przedstawionej mi do opinii dokumentacji, będącej podstawą wszczęcia postępowania habilitacyjnego, zawierającej osiągnięcia naukowe, oraz pozostałe osiągnięcia dr inż. Tomasza Stachowiaka stwierdzam, że w moim przekonaniu wypełniają one wymagania i warunki stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego, określone w obowiązującej Ustawie. Wobec powyższego wyrażam pozytywną opinię w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego dr inż. Tomaszowi Stachowiakowi przez Radę Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Częstochowskiej w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

Habilitant spełnia następujące wymagania:

- posiada stopień doktora nauk technicznych w zakresie budowy eksploatacji maszyn, nadany uchwałą Rady Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Informatyki P. Cz. z dnia 23.09.2010.

- posiada w swoim dorobku osiągnięcia naukowe stanowiące znaczący wkład w rozwój dziedziny nauk inżynieryjno-technicznych, w szczególności zaś dyscypliny inżynieria mechaniczna w postaci prac naukowych opisanych i ocenionych w recenzji,
- wykazał się istotną aktywnością naukową zrealizowaną we współpracy z innymi instytucjami naukowymi i badawczo rozwojowymi.

Bydgoszcz, 2024-01-21