

dr hab. inż. Stanisław Kuciel, prof. PK
Katedra Inżynierii Materiałowej
Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki
Politechnika Krakowska
Al. Jana Pawła 37
31-864 Kraków

Kraków, 6 marzec 2024 r.

RECENZJA

osiągnięcia naukowego dr inż. Stanisława Frąckowiaka będącego podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego - cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, (zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2b ustawy) pt.: „Analiza możliwości implementacji wybranych biopolimerów jako alternatywy dla konwencjonalnych tworzyw sztucznych” na podstawie art. 221 ust. 10 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 zm.) w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Podstawą opracowania niniejszej recenzji jest przesłanie mi pisma (RDND08/210/2023) przez Przewodniczącą Rady Dyscypliny Naukowej **Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka** Politechniki Wrocławskiej dr hab. inż. Roberta Króla, prof. uczelni. Recenzja została wykonana zgodnie z wytycznymi Rady Doskonałości Naukowej na podstawie art. 221 ust. 4 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

1. Podstawowe informacje o kandydacie

Dr inż. Stanisław Frąckowiak urodził się 9 maja 1979 roku. Pracę magisterską pt. „Kompozyty elektroprzewodzące”, obronił na Wydziale Mechanicznym, Politechniki Wrocławskiej na pod kierunkiem dr hab. inż. Marka Kozłowskiego. Rozprawę doktorską: „Polimerowe materiały sensoryczne z pierwotnych i odpadowych tworzyw sztucznych”. Której promotorem też był: dr hab. inż. Marek Kozłowski, a recenzentami byli: prof. dr hab. inż. Krzysztof Pieliowski oraz dr hab. Andrzej Szczurek. Od 1 października 2012 zatrudniony jest na stanowisku adiunkta, na Wydziale Inżynierii Środowiska, Politechniki Wrocławskiej w Katedra Inżynierii Ochrony Środowiska. Jego aktualny dorobek to 27 publikacji w bazie Scopus oraz 231 cytowań przy liczbie Hirscha H=10.

1. Ocena osiągnięcia naukowego

W cyklu sześciu powiązanych tematycznie publikacji Autor przedstawił swoje najważniejsze osiągnięcie naukowe po uzyskaniu stopnia doktora czyli opracowanie kompleksowej analizy dotyczącej określenia potencjału aplikacyjnego dla względnie nowych materiałów polimerowych pochodzących z surowców odnawialnych (zwanymi dalej „biopolimerami”), jak i których istotną cechą jest biodegradowalność w odpowiednich, kontrolowanych, warunkach. Za kryterium doboru przy ogromnej różnorodności gatunków słusznie przyjęto dostępność na rynku komercyjnym. Zaś uzyskanie odpowiednich, pożądanych, właściwości uzyskano na drodze wytworzenia materiałów kompozytowych z wybranymi napełniaczami. Poruszane w osiągnięciu zagadnienia naukowe dotyczą głównie:

- powiązania technologii produkcji opracowanych materiałów z ich końcowymi właściwościami funkcjonalnymi,
- odniesienie metod modyfikacji składników materiałów kompozytowych do oddziaływań na granicy osnowa/napełniacz,
- potencjału opracowanych materiałów do zastąpienia tworzyw ropopochodnych.

Przedstawiony do oceny wniosek autorstwa dr inż Stanisława Frąckowiaka, stanowi dogłębną analizę możliwości zastosowania i oceny właściwości podstawowych polimerów biodegradowalnych oraz ocenę możliwości ich modyfikacji. Skupia się na istotnym obszarze badawczym, który ma znaczenie w kontekście rozwoju materiałów polimerowych i nowego ekologicznego podejścia do tworzyw sztucznych.

Tezy sformułowane przez Autora stanowią solidny punkt wyjścia dla opracowania prawidłowej metodyki badawczej, przyczyniającym się do rozwoju wiedzy w omawianym temacie, oryginalnym osiągnięciem Autora jest wykorzystanie metod modyfikacji struktury biodegradowalnych kompozytów w celu poprawę wybranych jego właściwości np. struktur o kontrolowanej porowatości, czy też modyfikowanych za pomocą orientacji na gorąco.

W przedstawionym do oceny autoreferacie Autor w pierwszej części wskazuje na skuteczną modyfikację szeregu materiałów kompozytowych na osnowie między innymi polimerów pochodzących z recykliżu (wtórnych). Wytworzone materiały miały za zadanie wykazywać oczekiwane właściwości funkcjonalne, w tym zdolność do zmian oporności elektrycznej w obecności wybranych substancji na drodze selektywnej rozpuszczalności. Celem tych badań była ocena możliwości wdrażania materiałów odpadowych do elementów bardziej konstrukcyjnych a nie tylko opakowań czy wyrobów o niewielkich obciążeniach. Wyniki jak wskazuje Autor okazały się obiecujące, jednak w dalszych pracach skupił się na zagadnieniach naukowych związanych z powstającymi komercyjnie biodegradowalnymi biopolimerami.

Na osiągnięcie naukowe Autora przedstawione we wniosku składa się monotematyczny cykl 6 publikacji o sumarycznym Impact Factor wynoszącym 19,505 oraz łącznej sumie punktów MNiSW równej 430. Dorobek przedstawiony do oceny po ponad 15 lat pracy

naukowej nie jest może imponujący, ale nie są to jedyne publikacje Autora, a jego rozpoznawalność w środowisku naukowym skupiającym się na biokompozytach i polimerach naturalnych jest znaczna. Na podkreślenie zasługuje fakt, iż publikacje były realizowane w małej grupie naukowej powiązanej ściśle z realizowanymi projektami badawczymi. Najbardziej cenna jest publikacja [3] "New class of shear oriented, biodegradable packaging material" opublikowana w *Composites Part B, Engineering*. 2016, vol. 92, s. 1-8. Aspektem pracy była ocena możliwości implementacji do osnowy biokompozytu mieszaniny dwóch biopolimerów, a Habilitant jest pierwszym autorem i odpowiadał za merytoryczne opracowanie artykułu oraz przeprowadzeniu i interpretacji badań reologicznych, koordynacji prac pozostałych Autorów. Znaczącym podsumowaniem cyklu publikacji jest [6] S. Frąckowiak. *Sustainable Approaches to Plastics*. *Rocznik Ochrona Środowiska*. 2023, vol. 25, pp. 128-140. Jest ona pracą przeglądową i stanowi niejako próbę holistycznego podejścia do zagadnienia zrównoważonej polityki w stosunku do wyrobów i w konsekwencji odpadów z tworzyw sztucznych. Głównym aspektem badawczym pracy było określenie światowych trendów w pracach badawczych (o zasięgu światowym, opublikowanych na przestrzeni ostatnich 4 lat) dotyczących minimalizacji ilości odpadów z tworzyw sztucznych w środowisku naturalnym. Autor z uwagi na szeroki zakres omawianego zagadnienia, sprowadził je do dwóch podstawowych metod. Ponownego wykorzystania powstałych odpadów z tworzyw sztucznych, czyli stosowanych obecnie metod recyklingu oraz wykorzystania zamienników konwencjonalnych polimerów ropopochodnych w postaci biodegradowalnych materiałów polimerowych.

Podsumowując Autor w przedstawionym do oceny cyklu publikacji Autor skupia się na analizie możliwości zastosowani wybranych biodegradowalnych polimerów, pochodzących z surowców odnawialnych jako zamienników konwencjonalnych, ropopochodnych odpowiedników.

Biopochodne tworzywa charakteryzują się wysokimi właściwościami mechanicznymi porównywalnymi z tradycyjnymi tworzywami sztucznymi. Wytworzone kompozyty polimerowe o wysokich właściwościach wytrzymałościowych z powodzeniem mogą znaleźć zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu.

2. Ocena istotnej aktywności naukowej, dydaktycznej i organizacyjnej Kandydata

Habilitant w trakcie swojej kariery naukowej aktywnie od początku uczestniczył w realizacji projektów naukowych polskich z ale też zagranicznych finansowanych ze źródeł Komisji Europejskiej. Aktywność jest znacząca i przyczyniała się do rozwoju wiedzy o recyklingu i biokompozytach w Polsce. I tak jeszcze przed doktoratem co nie podlega ocenie, ale przyczyniło się do późniejszej aktywności naukowej i organizacyjnej współtworzył Centrum

Doskonałości Recyklingu Materiałów MAREC, utworzone decyzją Unii Europejskiej w 2002 r. jako wiodący ośrodek recyklingu w Europie Centralnej i Wschodniej współpracujący z Virtual European Recycling Center, Hiszpania, APME Bruksela, PETCORE Bruksela. Był również koordynatorem Międzynarodowej Sieci Recyklingu Materiałów 3RNET oraz partnerem merytorycznym periodyku „Recykling Review”. W latach po uzyskaniu stopnia doktora w trakcie kilku kolejnych lat (2017-2022) uczestniczył w realizacji dalszych projektów badawczych, dotyczących różnorodnych zastosowań polimerów biodegradowalnych i pochodzących ze źródeł odnawialnych, przykładowo: Conversion of phytogenic silica reach food industry by-products into value added products “Convert-Si”. Projekt dotyczył wykorzystania odpadowych materiałów pochodzenia naturalnego, celulozy jako napełniacza do kompozytów przeznaczonych na surowiec do produkcji opakowań. Jednostki współpracujące przy realizacji to ICECHIM Rumunia, MKF Ergis oraz Politechnika Wroclawska. Realizowane zadania były ambitne, celuloza przetwarzana była do formy włókien na drodze nowej techniki jaką było elektroprzędzenie z roztworu dalej wprowadzana do matryc polimerowych, dostępnych na rynku polimerów ze źródeł odnawialnych. Prace przeprowadzone w tym projekcie pozwoliły na opracowanie technologii przetwarzania odpadowej celulozy do formy nanowłókien i wytworzenie na skalę laboratoryjną w pełni biodegradowalnego materiału kompozytowego o dużym potencjale aplikacyjnym w sektorze opakowań. Na szczególną uwagę w projekcie zasługuje połączenie recyklingu (ponowne wykorzystanie odpadowej celulozy) z biopolimerami. Innym ciekawym projektem był Biocomposite Packaging for Active Preservation of Food "BioFoodPack" Liderem projektu był Uniwersytet w Aveiro (Portugalia), pozostali uczestnicy konsorcjum to jednostki badawcze oraz firmy z Portugalii, Cypru i Polski. Projekt dotyczył opracowania nowego biodegradowalnego materiału opakowaniowego do żywności, wydłużającego termin przydatności do spożycia, jednocześnie umożliwiając niskotemperaturową sterylizację żywności w pulsacyjnym polu elektrycznym (PEF). Autor był w projekcie odpowiedzialny ze realizację większości zadań badawczych, które były po stronie Politechniki Wroclawskiej. Z uwagi na specyficzny charakter aplikacji otrzymanych materiałów (kontakt z żywnością) konieczne było spełnienie wielu warunków dla opracowywanych materiałów (odpowiednia przenikalność par i gazów, odporność na działanie wilgoci, odpowiednia przewodność elektryczna i innych). W trakcie realizacji projektu opracowano rodzinę materiałów kompozytowych na osnowie biodegradowalnych tworzyw z surowców odnawialnych, opisano większość możliwych zależności pomiędzy właściwościami fizyko-chemicznymi kompozytów a ich strukturą, wdrożono pilotażową produkcję, przeprowadzono badania na ludziach celem określenia ewentualnej migracji składników opakowań do żywności.

3. Wniosek końcowy

Podsumowując, potwierdzam słuszność postawionej w autoreferacie tezy o możliwość modyfikacji właściwości biokompozytów poprzez stosowanie różnego typu wypełniaczy co znacznie poszerza zakres ich stosowalności. Autor poprawnie zweryfikował i usystematyzował możliwe scenariusze aplikacji zrównoważonego rozwoju gospodarczego w kontekście stosowania biopochodnych polimerów. W oparciu o analizę literaturową wykazano, iż scenariusz stopniowego zastępowania ropopochodnych tworzyw polimerowych przez biopolimery ma sens i jest obecnie realizowany przez liczne zespoły badawcze na całym świecie.

W związku z moją pozytywną oceną osiągnięcia naukowego (zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt 2a,b Ustawy), przedstawionego przez Habilitanta będącego podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego - cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych, pt.: „Analiza możliwości implementacji wybranych biopolimerów jako alternatywy dla konwencjonalnych tworzyw sztucznych”, będę wnioskował do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka; Politechniki Wrocławskiej o dalsze procedowanie wniosku o nadanie Panu dr inż., Stanisławowi Frąckowiakowi stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka. Jego wszechstronna znajomość zagadnień inżynierii w aspekcie materiałów i technologii przyjaznych dla środowiska oraz rozwiązywania problemów z teorii i praktyki kompozytów polimerowych, wskazuje na dużą dojrzałość naukową. Opracowania naukowo – badawcze Habilitanta mają istotne znaczenie praktyczne i gospodarcze dla ochrony naturalnego środowiska człowieka.

Stanisław Kuciel

Dr hab. inż. Stanisław Kuciel, Profesor PK
Politechnika Krakowska
Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki