Prof. dr hab. inż. Tadeusz Wierzchoń

Politechnika Warszawska

Wydział Inżynierii Materiałowej

ul. Wołoska 141

02-507 Warszawa

Warszawa 18.12.2023r

RECENZJA

osiągnięcia naukowego pt. „Efekt pamięci kształtu jako funkcjonalna właściwość bioresorbowalnych poliestrów do zastosowań w wyrobach medycznych" oraz dorobku naukowego dr inż. Michała Soboty w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego.

Podstawa prawna opracowania recenzji: pismo prof. dr hab. inż. Ewy Piętki - Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynieria Biomedyczna Politechniki Śląskiej z dnia 6.11.2023 roku, informujące o powołaniu Komisji Habilitacyjnej uchwałą Rady nr 101/2023 w celu przeprowadzenia postepowania habilitacyjnego dr inż. Michała Soboty wraz z dokumentacją oraz uchwałą Rady Dyscypliny z dnia 19 października 2023r. znak sprawy RDlB.0211.101.2023.

Ogólna charakterystyka Habilitanta

Dr inż. Michał Sobota ukończył studia magisterskie w 2003 roku na Wydziale MatematycznoPrzyrodniczym Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Częstochowie. Stopień doktora nauk technicznych w zakresie technologii chemicznej uzyskał w 2011 roku w Politechnice Śląskiej na Wydziale Chemicznym na podstawie rozprawy doktorskiej pt." Nowe materiały poliestrowe dla biodegradowalnych opakowań mono- i wielowarstwowych zawierających ataktyczny poli[(R,S)-3- hydroksymaślan], której promotorem był prof. dr hab. Marek Kowalczuk. Od 1.09.2003r. Habilitant zatrudniony jest w Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych Polskiej Akademii Nauk (CMPW PAN) w Zabrzu kolejno jako asystent do 30.11.201 Ir. , adiunkt w okresie 1.12.2011 r.- 1.03.2017r. w Pracowni Materiałów Biodegradowalnych, a następnie do chwili obecnej adiunkt w Pracowni Polimerowych Materiałów Biomedycznych. W trakcie pracy zawodowej odbył trzymiesięczny staż w Uniwersytecie w Utrechcie w Niderlandach (Departament of Science, Technology and Society) w ramach europejskiego projektu COST-Action 868 „Biotechnical Functionalisation of Renewable Polymeric Materials" oraz w 2005r. tygodniowy staż szkoleniowy „EUROGREENPOL"- First Summer School on Green Chemistry of Polymers w Rumunii.

Ocena osiągnięcia naukowego

Za osiągnięcie naukowe po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych dr inż. Michał Sobota przedstawił cykl 8 artykułów oraz jednego patentu nr PL221555 BI z 2016 roku pt. „Materiał polimerowy z indukowanym termicznie efektem pamięci kształtu oraz sposób jego

otrzymywania” , powiązanych tematycznie pod wspólnym tytułem: ” Efekt pamięci kształtu jako funkcjonalna właściwość bioresorbowalnych poliestrów do zastosowań w wyrobach medycznych”. Artykuły są opublikowane w czasopismach o zasięgu międzynarodowym w latach 2014-2022, tj. trzy publikacje w „ Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials” (F=3,229-2017r., 3,485- 2018r., 4,042-2022r.),” Polymer Testing”(IF=2,247), ” International Journal of Pharmaceutics” (IF=6.510), „ Polymer Chemistry” (IF=5,520), „Textle Research Journal” (IF=1,540) , „Biomedical Materials”(IF=3,697) o sumarycznym 30,28, liczbie punktów MEN: 810. Wszystkie publikacje i patent zamieszczone w osiągnięciu naukowym Habilitanta są współautorskie, a tylko w przypadku jednej dr inż. M. Sobota jest pierwszym autorem. Z przedstawionej dokumentacji wynika, że wkład Kandydata był znaczący, zarówno w opracowywaniu koncepcji artykułów, realizacji badań, interpretacji prezentowanych wyników badań, jak też w pełnieniu obowiązków tzw. autora korespondującego. Zaznaczyć należy, że cztery z tych publikacji zostały opracowane w oparciu o badania w ramach projektu SONATA Narodowego Centrum Nauki (NCN), realizowanego w latach 2013-2016 pt.” Syntetyczne analogi biopoliestrów alifatycznych generujących kontrolowaną odpowiedz w postaci efektu mechanicznego na bodziec temperatury”, którego dr inż. M. Swoboda był kierownikiem. Przeprowadzone badania prezentowane w publikacjach były ukierunkowane na badania bioresorbowalnych materiałów polimerowych wykazujących efekt pamięci kształtu, w szczególności stanowiących mieszanki poliestrów: ataktycznego poli-[(R,S)-3- -hydroksymaślanu] oraz polimerów laktydu, wybranych z grupy obejmującej homopolimery L-laktydu (lub L-kwasu mlekowego) lub D-laktydu (lub D-kwasu mlekowego) oraz ich wzajemnych kopolimerów, a także kopolimerów L-laktydu z glikolidem , wpływu zawartości fazy krystalicznej i określenia zależności między strukturą, budową łańcucha polimerowego, zmianami morfologii powierzchni w trakcie degradacji badanych polimerów tj. poliestrów i kopoliestrów , a zmianą ich właściwości mechanicznych i możliwości kształtowania w nich efektu pamięci kształtu. Pozwoliły na opracowanie prototypów bioresorbowalnych polimerowych stentów naczyniowych, włóknin opatrunkowych samo-dopasowujących się z wykorzystaniem zjawiska pamięci kształtu, jak też rusztowań naczyniowych przeznaczonych do hodowli komórkowej. W realizacji tych prac istotną rolę spełnił patent PL221555 BI przyznany w 2016r.związany ze sposobem otrzymywania badanych polimerów z indukowanym termicznie efektem pamięci kształtu. Jest to tematyka aktualna, związana z rozwojem biodegradowalnych polimerów oraz ich coraz szerszym zastosowaniem w wyrobach medycznych. Zawarte w cyklu artykułów i w autoreferacie wyniki badań wskazują na możliwość kształtowania efektu pamięci kształtu w/w czynnikami w wytwarzanych bioresorbowalnych poliestrach, ponadto dr inż. Michał Sobota wskazał i potwierdził badaniami nowe sposoby ich przetwórstwa.

Do najważniejszych osiągnięć naukowych Habilitanta prezentowanych w w/w publikacjach należy zaliczyć:

- opracowanie sposobu otrzymywania biodegradowalnych polimerów, stanowiących mieszaninę poliestrów oraz ich wzajemnych kopolimerów (współautor patentu nr PL 221555 BI przyznanego w 2016r.). Jak dotąd, w literaturze fachowej, brak jest informacji na temat materiałów z pamięcią kształtu stanowiących mieszaninę ataktycznego poli-[(R,S)-3hydroksymaślanu] z polilaktydem oraz jego kopolimerami, co wskazuje na innowacyjność tych prac.

-określenie zależności pomiędzy strukturą badanych polimerów , a takimi właściwościami efektu pamięci kształtu jak temperatura inicjacji zmiany kształtu oraz wartość siły generowanej w trakcie zainicjowanej termicznie zmiany kształtu badanego detalu,

- wykazanie, że właściwości badanych biodegradowalnych polimerów można kształtować poprzez ich obróbkę cieplną, polegającą na wygrzewaniu i kondycjonowaniu gotowych wyrobów, co wpływa na ich odpowiedni skład fazowy i strukturę.

- opracowanie technologii przetwórstwa związanej z formowaniem prototypu stentu naczyniowego wykorzystującą metodę mikrowtrysku (współautor zgłoszenia patentowego nr P-424 990 z 22.3.2018r.), która została opracowana w ramach realizacji projektu NCBiR POIR.04.01.02-OO-0105/17-MlKROlNSTENT), a w konstrukcji i wykonaniu stentu zawarte zostały wyniki badań , dotyczące kształtowania pamięci kształtu z wykorzystaniem zmian w strukturze i stopniu krystaliczności polimeru.

- prace badawcze w zakresie wykorzystania resorbowalnych poliestrów wykazujących efekt pamięci kształtu w produkcji włóknin otrzymywanych w procesach elektroprzędzenia , w tym wykonanie z amorficznego poli(R,S)-3-hydroksymaślanu w formie mieszaniny z izotaktycznym poli(R)-3-hydroksymaślanem włókniny stanowiącej rusztowanie (skafold) pod hodowlę komórkową.

- opracowanie sposobu otrzymywania napełniacza polimerowego o podwyższonej adhezji do osnowy poliestrowej modyfikującej właściwości mechaniczne badanych kompozytów otrzymywanych metodą termoplastycznego przetwórstwa.

Zaznaczyć należy, że istotne znaczenie mają także wykonane w aspekcie zastosowań resorbowalnych polimerów, jako spełniających również rolę leków z kontrolą ich dozowania, badania dotyczące wskazania czynników wpływających na przebieg ich biodegradacji. Są to prace o dużym znaczeniu zarówno poznawczym, jak też aplikacyjnym.

Przedstawiony przez dr inż. Michała Sobotę cykl artykułów jest powiązany tematycznie i wraz z autoreferatem przedstawia szeroki zakres prowadzonych przez Niego prac naukowo badawczych, związanych ściśle z opracowywaniem nowoczesnych materiałów polimerowych z pamięcią kształtu, stosowanych w coraz większym zakresie w medycynie, w szczególności nowych rozwiązań materiałowych w implantologii; obejmujący wszystkie etapy pracy naukowej, począwszy od analizy aktualnego stanu zagadnienia, postawienia koncepcji i celów badawczych, wytwarzania materiałów polimerowych z indukowanym termicznie efektem pamięci kształtu, opracowania metodyki badań i ich realizacji, poprzez interpretację uzyskanych wyników badań, po udział w opracowywaniu konstrukcji prototypów konkretnych wyrobów medycznych i ich wykonania. Przedstawiona dokumentacja potwierdza bardzo dobrą znajomość tematyki badawczej i przygotowanie merytoryczne Habilitanta do prowadzenia badań zarówno o charakterze poznawczym, jak też utylitarnym w obszarze inżynierii biomedycznej, a w szczególności bioresorbowalnych i biozgodnych materiałów polimerowych dla potrzeb medycyny.

Stwierdzam, że cykl 8 artykułów oraz jednego patentu nr PL221555 BI pod wspólnym tytułem: ” Efekt pamięci kształtu jako funkcjonalna właściwość bioresorbowalnych poliestrów do zastosowań w wyrobach medycznych” spełnia ustawowe kryteria w zakresie osiągnięcia naukowego, pozwalającego na uzyskanie stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie inżynieria biomedyczna.

Ocena dorobku naukowego i aktywności naukowej

Działalność naukowa dr inż. Michała Soboty skupia się przede wszystkim- już od realizacji pracy magisterskiej - na wytwarzaniu i badaniu polimerów poliestrowych ze szczególnym ukierunkowaniem- po obronie rozprawy doktorskiej- na biodegradowalne, biozgodne materiały poliestrowe z pamięcią kształtu, ich wytwarzanie, modyfikowanie pod katem kształtowania właściwości, przetwórstwo oraz prace badawcze w aspekcie zastosowania ich w medycynie. W tej tematyce badawczej, realizowanej we współpracy z ośrodkami krajowymi i zagranicznymi Habilitant byt współautorem : 4 rozdziałów w monografiach naukowych, w tym dwóch po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych, 51 artykułów indeksowanych w bazie danych „Scopus”, w tym 43 po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych z uwzględnieniem 8 publikacji stanowiących przedmiot w/w osiągnięcia naukowego. Były to artykuły w takich czasopismach o zasięgu międzynarodowym jak: European Polymer Journal, Reactive and Functional Polymers, Chemical and Biochemical Engineering, Fibers and Polymers, Journal of Applied Polymer Science, Journal o Chemical Technology and Biotechnology, Pharmaceutical Research, Polymer International, RSC Advances, Cardiology Journal, Polymer Degradation and Stability, European Journal of Pharmaceutics, Materials Letters, Materials, Polymers, International Journal of Molecular Sciences, Catalysts, Frontiers in Cardiovascular Medicine, Journal of Biomedical Materials Research-Part B Applied Biomaterials oraz 20 publikacji nieindeksowanych w bazie danych , „Scopus”, w tym 9 po obronie rozprawy doktorskiej w 2011 roku publikowanych w czasopismach: Engineering of Biomaterials -4 , PAS Annual Reports-l , Nanoscience and Nanotechnology-l i w materiałach konferencji ISPCS 2013 w Częstochowie -3. Sumaryczny Impact Factor tych publikacji wynosi według danych Web of Science 143,872 z uwzględnieniem 51 publikacji, po uzyskaniu stopnia doktora -130,602(43 artykuły), sumaryczna liczba cytowań 755 (bez autocytowań 705, w tym dla artykułów opublikowanych po doktoracie kolejno: 528 i 489), a indeks Hirscha: 15(baza WOS) i 16 (Scopus), . Dane te świadczą o dużym zainteresowaniu publikacjami współautorstwa dr inż. M. Soboty, które związane są z aktualną tematyką badawczą w zakresie biozgodnych i bioresorbowalnych polimerów z pamięcią kształtu dla potrzeb medycyny.

Na podkreślenie zasługuje opracowanie dwóch alternatywnych warunków technologicznych otrzymywania poli[(R,S)-3-hydroksymaślanu] podczas trzymiesięcznego pobytu w Niderlandach w Department of Science, Technology and Society na Uniwersytecie w Utrechcie w ramach europejskiego projektu COST-Action pt.” Biotechnical

Functionalisation of Renewable Polymeric Materials" we współpracy z zespołem prof. Martina Patela, uwzględniające wpływ produkcji tego polimeru na środowisko. Wyniki tych prac były uwzględnione w projekcie NCBiR nr POIG.01.03.01-OO-018/08 MARGEN . Jak wynika z załączonej do wniosku dokumentacji Habilitant w ostatnich dziewięciu latach brał udział w nowatorskich pracach badawczych z zakresu optymalizacji funkcjonalności opracowanych prototypów w trakcie badań in vivo w Centrum Badawczo-Rozwojowym firmy Polsko-Amerykańskiej Kliniki Serca w ramach 4 projektów: NR PBS3/A9/38/2015 - BSM STEN T, „ Opracowanie metody otrzymywania samorozprężalnych, biodegradowalnych, polimerowych stentów naczyniowych uwalniających leki ; STRATEGMED 2/269760/1/NCBR/2015 - APOLLO, „Opracowanie i kompleksowa ocena biodegradowalnego i elastycznego stentu wewnątrznaczyniowego rozprężanego na balonie opartego na cienkich przęsłach o wysokiej wytrzymałości" ,STRATEGMED 1/233166/6/NCBR/2014 - INFLOW, "Opracowanie i wdrożenie pierwszej polskiej niskoprofilowej zastawki aortalnej implantowanej przezskórnie"; POIR.04.01.02-OO-0105/17 - MICROINJSTENT "Technologia otrzymywania stentów naczyniowych nowej generacji metodą mikrowtrysku. Dr inż. Michał Sobota jest również autorem opracowania technologicznego umożliwiającego zwiększenie skali syntezy poli[(R,S)-3-hydroksymaślanu], współautorem 18 patentów i zgłoszeń patentowych, w tym jednego patentu europejskiego EP2885449 . Na podkreślenie zasługuje aktywny udział Habilitanta w konferencjach krajowych i międzynarodowych — łącznie 79 , w tym po uzyskaniu stopnia doktora - 44 oraz 9 wykładów na zaproszenie (7 po uzyskaniu stopnia doktora), w tym jeden plenarny na konferencji „ Biomaterials in Medicine and Veterinary Medicine" w 201 Ir. w Rytrze, 3 referaty na konferencjach: Materiały Polimerowe, Międzyzdroje 2016r.,Innovation in Biomedical Engineering-2018r. i 13th International Conference in Plastics Technology-2019r. oraz na zaproszenia Akademii Rolniczej w Krakowie-2014r., Instytutu Polimerów Słowackiej Akademii Nauk-2017r. i na 61 Zjeździe Naukowym Polskiego Towarzystwa Chemicznego w Krakowie w 2018r. oraz V Warsztatach Biotechnologicznych w Spytkowicach w 2014r. Były to konferencje o zasięgu międzynarodowym jak np.: 25th European Conference on Biomaterials-Madryt,2013r., POLYCHAR 21 World Forum on Advanced Materials- Gwangju,Korea,2013r., 4th International Conference on Biodegradable and Biobased Polymers-Rzym, Włochy 2013r., 9th Conference Green Chemistry and Nanotechnologies in Polimeric Materials-Kraków, 2018r., Biomaterials in Medicine and Veterinary Medicine —Rytro, 2018r., XI Slovak-Czech Conference on Polymers —Bratislava, 2020r.(online). Prace badawcze, w których uczestniczył Habilitant, były realizowane w dużym zakresie w ramach 12 projektów badawczych: dwóch NCN, których był kierownikiem tj. SONATA i OPUS- obecnie w trakcie realizacji, dwóch NCBiR jako kluczowy wykonawca B+R w projektach wdrożeniowych tj. POIR.04.01.02-00-0105/17 — MICROINJSTENT oraz w trakcie realizacji-POlR.01.01.01-OO-2116/20-OO-4MEDPRlNT oraz jako wykonawca w 8 projektach NCN(I) i 7 NCBiR. Habilitant bierze również aktywny udział we współpracy z przemysłem oraz ośrodkami badawczymi w kraju m.in. sprzedaży licencji Spółce Innovation for Heart and Vessels na: formowanie prefabrykatów w produkcji systemów przezcewnikowej implantacji zastawki aortalnej, otrzymywania rozprężanej na balonie sztucznej zastawki serca, kształtu stentu do zastawki aortalnej , w zakresie opracowywania technologii przetwórstwa odpadów polimerowych, realizacji zleceń badawczych i wykonywania ekspertyz. Jest również tzw. „Review Editor" w czasopiśmie

naukowym „Frontiers in Chemistry/Polymer Chemistry, był recenzentem trzech artykułów : dwóch w czasopiśmie Journal of Applied Polymer Science i 1 w Przetwórstwie Tworzyw.

Dr inż. M. Sobota został dwukrotnie nagrodzony przez Radę Naukową CMPW PAN za wyróżniającą aktywność naukową w latach 2012-2013 i 2020-2021, w 2009 roku otrzymał Nagrodę Przewodniczącego Wydziału III Nauk Matematycznych, Fizycznych i Chemicznych PAN za najlepsze prace prowadzone w CMPW PAN w 2009 roku. W latach 2005 i 2007 został laureatem konkursów Regionalnego Funduszu Stypendiów Doktoranckich za projekt „ Nowe biodegradowalne kompozycje polimerów. Otrzymywanie oraz właściwości fizyko-chemiczne i przetwórcze" oraz Złotym medal podczas Targów INTARG@ 2021 dla wynalazku
Opracowanie nowej technologii wytwarzania biodegradowalnych stentów naczyniowych i wieńcowych metodą mikrowtrysku", Złotym medalem Brussels Eureka podczas 61 Wystawy „The World Exhibition on Inventions, Research and New Technologies - Brussels Innova za wynalazek pt.: Biodegradable textiles and methods of their manufacture" w ramach projektu „BIOGRATEX" - 2012r., za który otrzymał też Medal przyznany przez Rumuńskie
Ministerstwo Edukacji, Badań, Młodzieży i Sportu za wysoki poziom naukowy i techniczny wynalazku.

Z przedstawionych danych dotyczących aktywności naukowej Habilitanta ukazuje się sylwetka pracownika naukowego konsekwentnie rozszerzającego swoje zainteresowania naukowobadawcze, charakteryzującego się inicjatywą w działalności naukowej, którego dorobek naukowy, znacząco rozszerzony po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych, jest twórczy i oryginalny, widoczny w środowisku naukowym w dyscyplinie inżynieria biomedyczna. Dorobek naukowy dr inż. Michała Soboty sprawia, że jest cenionym autorytetem, szczególnie w zakresie bioresorbowalnych poliestrów do zastosowań w wyrobach medycznych.

Działalność dydaktyczna i organizacyjna

Dr inż. Michał Sobota jako pracownik Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych Polskiej Akademii Nauk (CMPW PAN) w Zabrzu w latach 2017-2018 był promotorem pomocniczym dwóch prac doktorskich, dotyczących tematyki z zakresu inżynierii biomedycznej, obecnie jest promotorem trzeciej pracy dotyczącej prac badawczych związanych z opracowaniem włóknin opatrunkowych. Był również opiekunem 6 prac magisterskich. W latach 2007-2008 uczestniczył w ramach Dni Nauki w Zabrzu w organizacji i prezentacji prac Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych Polskiej Akademii Nauk.

Wniosek końcowy

Na podstawie analizy całokształtu pracy naukowej dr inż. Michała Soboty uważam, że:

1. cykl 8 artykułów oraz jednego patentu nr PL221555 BI z 2016 roku pt. „Materiał polimerowy z indukowanym termicznie efektem pamięci kształtu oraz sposób jego otrzymywania" powiązanych tematycznie pod wspólnym tytułem: " Efekt pamięci kształtu jako

funkcjonalna właściwość bioresorbowalnych poliestrów do zastosowań w wyrobach medycznych” stanowi osiągnięcie naukowe będące twórczym wkładem Habilitanta w rozwój dyscypliny inżynieria biomedyczna,

- Habilitant jest w mojej opinii dojrzałym pracownikiem naukowym o szerokiej wiedzy, doświadczeniu i dynamice twórczej, specjalistą w zakresie inżynierii biomedycznej,
- dorobek naukowy Habilitanta jest znaczący, nowatorski, szczególnie po obronie rozprawy doktorskiej, udokumentowany licznymi publikacjami rozpowszechnionymi w zdecydowanej większości w skali międzynarodowej.

Uwzględniając osiągnięcia naukowe dr inż. Michała Soboty wyrażam opinię, że spełnione zostały wszystkie wymagania stawiane w ustawie z dnia 20.07.2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2023r. poz.742) w zakresie przyznawania tytułu doktora habilitowanego nauk inżynieryjno-technicznych. Stawiam zatem wniosek do Rady Dyscypliny Inżynieria Biomedyczna Politechniki Śląskiej o nadanie dr inż. Michałowi Sobocie stopnia doktora habilitowanego nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria biomedyczna.

Podpisał T. Wierzchoń (podpis odręczny)