

**Dr hab. inż. Stanisław Kuciel, prof. PK**  
Katedra Inżynierii Materiałowej I-1  
Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki  
Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki

23 luty 2024 r.

**Recenzja wniosku dr inż. Tomasza Stachowiaka** w postępowaniu prowadzonym przez **Radę Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Informatyki, Politechniki Częstochowskiej** w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

Podstawą do opracowania recenzji było pismo kierownika dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Pana dr hab. inż. Janusza Szmidli, prof. PCz, z dnia 20 grudnia 2023 r (R-WIMiI-BOD.521.4.2023)

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**

Aktualne na 23 lutego 2024 roku, te dane to 24 dokumenty w bazie Scopus, i 179 cytowań tych dokumentów, przy liczbie Hirscha  $h=6$ . Habilitant ukończył jednolite studia magisterskie w 2005 roku na Politechnice Częstochowskiej na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Informatyki z zakresu baz danych a jego praca nosiła tytuł „Wykorzystanie aplikacji bazodanowych w serwisach internetowych na przykładzie witryny KPTSIZP Politechniki Częstochowskiej”. W roku 2010 obronił na tym samym wydziale pracę doktorską z zakresu nauk technicznych i zagadnień przetwórstwa tworzyw sztucznych pt. „Analiza wpływu warunków przetwórstwa na wybrane właściwości wyprasek wytwarzanych metodą wtryskiwania wspomaganego gazem”. Od 2010 - do teraz pracuje na stanowisku Adiunkta w Katedrze Technologii i Automatykacji, Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Informatyki Politechniki Częstochowskiej.

Podstawą ubiegania się o uzyskanie stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna przedstawione przez Habilitanta są wyniki badań i analiz opublikowane w cyklu publikacji naukowych powiązanych tematycznie pt. „**Badanie możliwości**

## **ograniczenia oddziaływania polimerów termoplastycznych na środowisko naturalne poprzez wykorzystanie recyklingu mechanicznego oraz polimerów biopochodnych”.**

Celem badań było bardziej efektywne oraz świadome wykorzystanie termoplastycznych tworzyw sztucznych poprzez ich recykling oraz wprowadzenie do powszechnego stosowania bezpiecznych termoplastycznych biopochodnych oraz biodegradowalnych tworzyw umożliwiających znaczącą redukcję śladu węglowego oraz obciążenia dla środowiska naturalnego. Dodatkowym efektem jest wprowadzenie do powszechnego stosowania tworzyw biodegradowalnych mogących być źródłem energii (po zakończeniu cyklu życia produktu kompostowanie pozostałości w celu pozyskania np. metanu i wykorzystanie gazu jako źródła energii do napędzania turbin lub ogrzewania) lub nośnikiem substancji odżywczych (w przypadku pozostawienia np. folii biodegradowalnych w glebie na kolejny okres wegetacyjny w celu dostarczenia do gleby minerałów.

### **2. Ocena osiągnięcia naukowego**

Podstawą oceny osiągnięcia naukowego jest cykl 10 publikacji w czasopismach naukowych i publikacji konferencyjnej Web of Science, przy czym na podkreślenie zasługują 3 publikacje w całości autorstwa Habilitanta, co świadczy o samodzielności i umiejętności przygotowywania publikacji naukowych. Sumaryczny IF wynosi 29 a suma punktów ministerialnych 980 przy średnim udziale Autora 54%. Nie jest to dorobek imponujący, niemniej publikacje są powiązane tematycznie i konsekwentnie prezentują zagadnienia związane z przedstawionym do oceny tematem naukowym. Habilitant w odróżnieniu od dotychczasowych nurtów oraz kierunków w pracach naukowych odniósł innowacyjność swojej tematyki do możliwości ponownego zagospodarowania nieprzetwarzalnych dotychczas odpadów z przemysłu samochodowego. Ponadto poddał analizie możliwość wykorzystania recyklingu mechanicznego w celu ponownego przetwórstwa polimerów biopochodnych i biodegradowalnych. Ta tematyka jest innowacyjna i rzadko podejmowana w badaniach naukowych. Badania były prowadzone w ścisłej współpracy z przemysłem co stanowi niewątpliwą atut aplikacyjny. Postawiony wyraźnie cel pracy polegający na założeniu, iż proces recyklingu mechanicznego jest jedną z dróg ponownego

zagospodarowania termoplastycznych tworzyw sztucznych wytwarzanych z ropy naftowej i w uzasadnionych przypadkach polimerów wytwarzanych z surowców odnawialnych (biopolimerów) jest moim zdaniem poprawny i prowadzi do rozwoju wiedzy o możliwości wykorzystania odpadów tworzyw biopochodnych.

Szczegółowe hipotezy postawione przez Habilitanta są liczne, niektóre z nich są oczywiste

w świetle rozwoju gospodarki odpadami, niemniej część zagadnień podejmowanych jest po raz pierwszy.

- proces recyklingu odpadów z polimerów termoplastycznych w znaczącym stopniu zależny jest od pochodzenia odpadu oraz jego czystości (stopień i rodzaj zabrudzenia znacząco wpływają na przebieg procesu ponownego przetwórstwa),
- proces recyklingu odpadów z polimerów termoplastycznych jest uzależniony od rodzaju napełniacza (jego kształtu, rozmiarów), stopnia napełnienia oraz oczekiwanych właściwości końcowych regranulatu (kolejne przetwórstwo wpływa nie tylko na właściwości samego polimeru ale również np. na długość napełniaczy włóknistych, co powoduje pogorszenie właściwości mechanicznych tworzywa),
- wybrane właściwości otrzymywanych w procesie recyklingu mechanicznego regranulatów polimerów termoplastycznych mogą być z powodzeniem modyfikowane i polepszane dzięki zastosowaniu odpowiednich napełniaczy, modyfikatorów lepkości, barwników, to stwierdzenie oczywiste i postawione słusznie w pierwszym punkcie,
- procesowi recyklingu mechanicznego z powodzeniem mogą być poddawane również inne materiały polimerowe (nie tylko termoplastyczne) jak również polimery termoplastyczne nie będące pochodnymi ropy naftowej (biopolimery pozyskiwane ze źródeł odnawialnych), to nowe podejście rzadko podejmowane przez badaczy,
- warunkiem powodzenia recyklingu mechanicznego w przypadku termoplastycznych tworzyw polimerowych jest pozytywny bilans energetyczny oraz ekonomiczny, jak również wynikowe właściwości otrzymanych regranulatów lub gotowych produktów,
- źródło odpadu (zarówno w przypadku polimerów ropopochodnych jak i biopolimerów)

w znaczącym stopniu determinuje późniejsze aplikacje docelowe/obszary docelowe/obszary wdrożeniowe, w których można ponownie wykorzystać

regranulaty pochodzące z recyklingu mechanicznego, teza ogólna znana, warto ją było przypomnieć

- termoplastyczne polimery biodegradowalne mogą z powodzeniem być stosowane w takich gałęziach przemysłu jak przemysł opakowaniowy, rolnictwo, wybrane wyroby medyczne itp.; jest to związane z cyklem życia produktu oraz możliwością późniejszego zagospodarowania odpadów, stwierdzenie poprawne – ciągle warte przypomnienia i promocji,
- właściwości wytwarzanych obecnie polimerów biodegradowalnych nie różnią się w sposób znaczący od odpowiadających im polimerom ropopochodnym,
- termoplastyczne polimery biodegradowalne przetwarzane są w warunkach technologicznych zbliżonych do parametrów przetwórstwa klasycznych polimerów termoplastycznych, teza poprawna, dziś bardziej znana, niestety koszty materiałów ciągle wysokie,
- ponowne przetwórstwo biopochodnych oraz biodegradowalnych polimerów termoplastycznych jest możliwe do przeprowadzenia z wykorzystaniem recyklingu mechanicznego przy znacząco niższych nakładach energetycznych (niższa temperatura przetwórstwa, niższe zużycie energii elektrycznej),
- strumienie odpadów polimerów ropopochodnych oraz polimerów biopochodnych nie powinny ulegać mieszaniu ze względu na odmienne pochodzenie, a co za tym idzie odmienny mechanizm degradacji lub jego brak. Dobra oryginalnie postawiona teza pozwalająca na dalsze badania.

Przeprowadzone przez Habilitanta badania oraz otrzymane wyniki pozwalają stwierdzić, że

postawione w pracy poddanej ocenie tezy zostały udowodnione i poparte wynikami badań.

Na szczególną uwagę zasługują badania prowadzone nad możliwością recyklingu mechanicznego termoplastycznych materiałów polimerowych do tej pory uważanych za nieprzetwarzalne oraz analiza możliwości zastosowania recyklingu mechanicznego w procesie ponownego przetwórstwa biopolimerów. Aspekt recyklingu i ponownego wykorzystania biopolimerów jest o tyle ciekawy, że można go rozpatrywać również wielopoziomowo, stawiając kryterium odzyskania środków poprzez recykling mechaniczny produktów biopolimerowych. Habilitant słusznie

zauważył, że w przypadku termoplastycznych polimerów powtórnie przetwarzanych niezależnie od ich pochodzenia (polimery ropopochodny czy też biopolimery) następuje pogorszenie ich właściwości mechanicznych oraz termicznych. Możliwość odzysku materiałów w procesie przetwórstwa stanowi alternatywę co do ich dalszego zagospodarowania.

### **3. Wnioski ogólne**

Prace naukowo-badawcze dr inż. Tomasza Stachowiaka w dziedzinie recyklingu mechanicznego termoplastycznych odpadów tworzyw ropopochodnych i polimerów z biomasy przynoszą cenne spostrzeżenia i wnioski. Autor przedstawia w kilku aspektach nowe podejścia do problemów związanych z możliwością zagospodarowania odpadów tworzyw sztucznych. Wskazuje także na obszary, które wymagają dalszych badań i zgłębienia. Praca jest czytelna, precyzyjna i stanowi wartościowy wkład w dziedzinę inżynierii mechanicznej. Na szczególną uwagę zasługują wnioski odnośnie recyklingu biopolimerów, Habilitant dowiódł, iż zastosowanie biopolimerów umożliwi ich ponowne zagospodarowanie z wykorzystaniem np. recyklingu mechanicznego bez znaczącego ubytku w szeroko rozumianych właściwościach przy zdecydowanie niższych nakładach energetycznych. W przypadku materiałów charakteryzujących się znaczącym stopniem zabrudzenia, biopolimer może zostać poddany procesowi kompostowania, w celu uzyskania jego rozkładu, a co za tym idzie całkowitej dezintegracji, bez negatywnego wpływu na środowisko naturalne oraz konieczności ponoszenia kolejnych nakładów ekonomicznych i energetycznych związanych z jego ponownym zagospodarowaniem, składowaniem lub utylizacją. Oryginalne i dostarczające nowych interesujących wyników są badania, których celem było modyfikowanie biopolimerów napełniaczami (biowęgle, talku, kredy, nawozów lub substancji modyfikujących własności gleby lub roślin), w tym napełniaczami pochodzenia naturalnego, w celu otrzymywania różnego rodzaju wyrobów (w tym kompozytów) mogących w określonych warunkach ulegać degradacji prowadząc do znaczącej redukcji obciążenia środowiska naturalnego.

Reasumując, przedstawiona do oceny praca w formie cyklu publikacji pomimo pewnych braków, szczególnie w postaci większego zakresu badań, stanowi bardzo

atrakcyjny materiał dla licznego grona odbiorców i stanowi cenny element aktualizacji bazy wiedzy dotyczącej przetwórstwa biopochodnych kompozytów termoplastycznych.

#### **4. Ocena istotnej aktywności naukowej, dydaktycznej i organizacyjnej**

##### **Kandydata**

Aktualny dorobek publikacyjny Habilitanta odnotowany w bazie Scopus to 24 publikacje, h indeks 6 oraz 240 cytowań, na podkreślenie zasługuje fakt, iż większość tych publikacji jest po uzyskaniu stopnia doktora, niemniej dorobek ten nie jest imponujący. Podobnie wystąpienia na konferencjach zagranicznych są nieliczne i przeważają wystąpienia na konferencjach i wystawach w Polsce. Niemniej wszystkie wystąpienia i publikacje związane są ściśle z tematyką naukowo-badawczą Habilitanta oraz przedstawionej do oceny pracy. Na podkreślenie zasługuje realizacja prac badawczych w ścisłej współpracy z przemysłem i bardzo dobre rekomendacje uzyskiwane od firm współpracujących w realizowanych projektach. Cztery zgłoszenia patentowe z tematyki pracy są wynikiem bardzo dobrym i częściowo tłumaczą mniejszą ilość publikacji naukowych, ta droga skutkuje ograniczeniem w publikowaniu do czasu uzyskania zgłoszenia patentowego, niemniej jest to ważny element współczesnej nauki pracującej dla potrzeb przemysłu. Bardzo dobrze należy ocenić działalność dydaktyczną i organizacyjną Habilitanta. Aktywnie rozwijał współpracę z podmiotami otoczenia gospodarczego, realizowana ona była w celu umożliwienia prowadzenia zajęć terenowych i poszerzania wiedzy studentów (zajęcia terenowe prowadziłem dla studentów pierwszego i drugiego stopnia studiów stacjonarnych jak również dla słuchaczy studiów podyplomowych). Zajęcia te odbywały się na terenie całego kraju we wiodących zakładach przemysłowych z takich branż jak przemysł samochodowy, przemysł zbrojeniowy, wytwarzanie materiałów polimerowych oraz compounding i wytwarzanie mieszanin. Na uwagę zasługują liczne promotorstwa prac inżynierskich i magisterskich oraz promotorstwo pomocnicze w dwóch przewodach doktorskich zakończonych i dwóch otwartych. Reasumując całościowa ocena aktywności naukowej, dydaktycznej i organizacyjnej Habilitanta pozostaje na poziomie dobrym, tematyka prowadzonych badań jest

bardzo aktualna i zgodna z polityką ograniczania odpadów zrównoważonej gospodarki opartej na surowcach częściowo pochodzących z biomasy.

## 5. Wniosek końcowy

Habilitant po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych w 2010 roku, osiągnął znaczące powiększenie swojego dorobku naukowego, publikując wyniki swoich prac w krajowych i zagranicznych czasopismach oraz przedstawiając je na międzynarodowych i krajowych konferencjach. Stał się uznanym specjalistą w zakresie recyklingu mechanicznego i przetwórstwa odpadowych termoplastycznych polimerów w tym biopochodnych. Wiele prac i rozwiązań Habilitanta posiada znaczenie praktyczne i zostało lub jest w trakcie procedury patentowania.

W związku z moją pozytywną oceną osiągnięcia naukowego (zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt 2a Ustawy), przedstawionego przez Pana dr inż. Tomasza Stachowiaka w formie cyklu publikacji, pt. **„Badanie możliwości ograniczenia oddziaływania polimerów termoplastycznych na środowisko naturalne poprzez wykorzystanie recyklingu mechanicznego oraz polimerów biopochodnych”** oraz oceniając pozytywnie aktywność naukową Habilitanta i Jego osiągnięcia w pracy naukowej, będę wnioskował o dalsze procedowanie wniosku. Jego wszechstronna znajomość zagadnień inżynierii mechanicznej, technologii przetwórstwa tworzyw sztucznych oraz rozwiązywania problemów z teorii i przetwórstwa termoplastycznych polimerów, wskazuje na dużą dojrzałość naukową. Opracowania naukowo – badawcze Habilitanta mają istotne znaczenie praktyczne i gospodarcze. **Biorąc pod uwagę pozytywną ocenę osiągnięcia naukowego w postaci cyklu publikacji oraz pozostałego dorobku naukowego (walory merytoryczne i formalne), a także doświadczenie dydaktyczne i badawcze stwierdzam, iż w mojej ocenie Pan dr inż. Tomasz Stachowiak spełnia ustawowe wymogi stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego (art. 219 z dn. 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz 85. z późn. zm.)). Wnioskuje zatem o dopuszczenie Pana dr inż. Tomasza Stachowiaka do dalszych etapów zmierzających do nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynierjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna.**

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