

Gliwice, 12.12.2024 r.

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Karoliny Olszowskiej zatytułowanej  
"Binarne i hybrydowe kompozyty epoksydowe z piankami węglowymi i  
materiałem grafenowym w roli napelniaczy"**

dotycząca spełnienia warunków określonych w art. 187 ustawy z dnia 20. lipca 2018 r. –  
Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2020, poz. 85, z późniejszymi zmianami)  
przygotowana w odpowiedzi na pismo Pani Dyrektor Centrum Materiałów  
Polimerowych i Węglowych Polskiej Akademii Nauk prof. dr hab. Barbary Trzebieckiej  
datowane 19.11.2024 r. (1606/2024) otrzymane 22.11.2024 r.

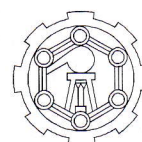
Przedstawiona do oceny rozprawa dotyczy wytwarzania i charakterystyki kompozytów polimerowo-węglowych, w których rolę wypełniacza pełniły ziarna pianki węglowej, opcjonalnie z dodatkiem materiału grafenowego. Praca doktorska została wykonana pod kierunkiem Pani dr hab. Sławomiry Pusz pełniącej rolę promotora głównego oraz Pana dr inż. Marcina Godziera będącego promotorem pomocniczym.

Rozprawa została przygotowana w tradycyjnym stylu. Jej trzon stanowi siedem rozdziałów: wprowadzenie (Rozdział 1), część literaturowa (Rozdział 2), opis celu i zakresu pracy (Rozdział 3), prezentacja metodyki badań (Rozdział 4), część przedstawiająca wyniki prac własnych (Rozdział 5), podsumowanie wyników (Rozdział 6), oraz wnioski (Rozdział 7). Wraz z prezentacją dorobku badawczego oraz bibliografią praca liczy 203 strony. Co się tyczy sekcji literaturowej, składa się na nią 228 źródeł, które zostały opublikowane relatywnie niedawno, sygnalizując, że problem badawczy rozpatrywany przez doktorantkę jest aktualny i wpisuje się w aktywnie eksplorowany obszar naukowy.

Pani mgr inż. Karolina Olszowska jest autorką aż 16 publikacji wydanych w uznanych czasopismach takich jak Advanced Engineering Materials, Advanced Materials Technologies, Journal of Applied Polymer Science, Tribology International, Ceramics International, Applied Surface Science, Wear, etc. Trzykrotnie pełniła funkcję pierwszego autora. Wygłosiła dwa wykłady oraz trzynastokrotnie prezentowała wyniki prowadzonych przez siebie prac za pomocą posterów. Doktorantka może także pochwalić się szerokim spektrum osiągnięć organizacyjnych. Podsumowując powyższe, pomimo wczesnego etapu kariery naukowej, Pani mgr inż. Karolina Olszowska posiada duże doświadczenie w rozpowszechnianiu rezultatów swoich prac.

*Rozdział 1:* Wprowadzenie w odpowiedni sposób nadaje kontekst prowadzonym pracom badawczym, które zostały opisane w dalszej części rozprawy. Napełniacze węglowe, dzięki swoim obiecującym właściwościom, mogą w znaczący sposób poprawić charakterystykę materiałów polimerowych, co potwierdza słuszność koncepcji rozwijanej nie tylko przez doktorantkę, ale również niezliczone grupy badawcze działające w tym obszarze. Zdecydowanie zgadzam się ze zdaniem doktorantki, że porowate materiały węglowe jako napełniacze osnów polimerowych nie zostały jeszcze dostatecznie przebadane. Co za tym idzie, dalsze prace na tym polu są jak najbardziej uzasadnione, zwłaszcza, że wskazane materiały nadal dają nadal spore możliwości zarówno w pod kątem badań podstawowych jak i aplikacyjnych.

*Rozdział 2:* Część teoretyczna wyczerpująco zarysowuje stan techniki tematyki rozwijanej w ramach przedstawionej do oceny pracy. Po ogólnej prezentacji kompozytów polimerowo-węglowych, ich obiecujących właściwości oraz użyteczności praktycznej, doktorantka szczegółowo opisuje jak materiały polimerowe mogą posłużyć do przygotowania kompozytów. Na szczególną uwagę zasługuje opis wielu rodzajów polimerów, ich głównych zalet oraz konkretnych polach eksploatacji, w których znalazły swoje zastosowanie. Szczegółowo ujęto także aspekty sieciowania układów polimerowych, dużą wagą obejmując żywice epoksydowe, co bezpośrednio



dotyczy realizowanych później oryginalnych prac badawczych. W dalszej części rozdziału, analogicznie precyzyjnie zostały zaprezentowane typy napełniaczy kompozytów oraz aspekty związane z wykorzystaniem pianek węglowych stanowiących jeden z głównych materiałów tego doktoratu. Napełniacze zostały sklasyfikowane pod wieloma względami dając doskonały ogłęd na sytuację osobom, dla którym ta tematyka jest obca, dzięki czemu recenzowana praca doktorska może stanowić bardzo przystępne wprowadzenie do niej.

Nie ulega wątpliwości, że doktorantka jest biegła w nakreślonej przez siebie tematyce. Rozległa wiedza w dziedzinie kompozytów polimerowo-węglowych pozwoliła na identyfikację nisz badawczych, które przedstawiona dysertacja wypełnia bardzo wartościowymi wynikami.

Tym niemniej, chciałbym upewnić się czy doktorantka podtrzymuje, że nanorurki i grafen są napełniaczami organicznymi, co wynika z podsumowania zawartego na stronie 22. Zdaje się, że odmiany alotropowe węgla są z definicji nieorganiczne, ale jestem otwarty na polemikę podczas obrony. Poza tym, nie mam większych uwag dotyczących części literaturowej doktoratu, której ogólny poziom merytoryczny jest wysoki i spełnia oczekiwania.

*Rozdział 3:* W tym miejscu znajduje się prezentacja głównego celu i zakresu pracy, którym, jak już poprzednio zasygnalizowano, jest wykorzystanie pianek węglowych jako napełniacz osnowy epoksydowej, z lub bez nanopłatków grafenowych, celem weryfikacji jak taka kombinacja wpływa na właściwości kompozytów polimerowo-węglowych. By zrozumieć to zagadnienie, sformułowano pięć odpowiednio ambitnych i precyzyjnych celów badawczych oraz przyporządkowano im adekwatną metodologię, która umożliwiła osiągnięcie tych zamierzeń. Pozytywnie odbieram z jak dużą szczegółowością zostały sformułowane te plany badawcze, co z pewnością ułatwiło organizację dość rozległych prac eksperymentalnych.

Drobnym mankamentem jest brak skonkretyzowania w sposób ilościowy oczekiwań odnośnie pożądanych właściwości opracowywanych przez siebie kompozytów. Przykładowo, jestem ciekawy jakie wartości odporności termicznej bądź twardości otrzymanych kompozytów wg doktorantki stanowiłyby na tyle znaczący postęp w stosunku do stanu techniki by mówić o przełomie.

*Rozdział 4:* Ta część prezentuje metodykę badań wyselekcjonowaną do osiągnięcia obranych przez siebie celów badawczych. Dobór technik eksperymentalnych jest właściwy i bardzo wszechstronny (e.g., spektroskopia Ramana, FTIR, SEM, DSC, DMA, TGA, etc. wraz z wyznaczeniem właściwości mechanicznych bądź tribologicznych), dzięki czemu stawiane później wnioski są odpowiednio poparte danymi. Pozytywnie oceniam także prezentacje w formie graficznej zakresów prowadzonych przez siebie badań (Rys. 12-13), które potwierdzają słuszność obranego rozumowania. Podobnie jasno zobrazowane są wieloetapowe procesy wytwarzania materiałów (Rys. 18-20). Przedstawione opisy charakteryzuje wysoki poziom szczegółowości, dzięki czemu możliwe będzie odtworzenie w przyszłości prac prowadzonych w ramach tego doktoratu, co jest oczywiście kluczowe. Niedociągnięć w tym aspekcie jest niewiele. Przykładowo, zabrakło określenia jaka jest szybkość wzrostu temperatury grzania w trakcie sieciowania polimeru (dot. grafiki nr 15).

*Rozdział 5:* Ta sekcja, stanowiąca clou rozprawy doktorskiej, także z dużą szczegółowością przedstawia wyniki prac badawczych wskazanych kompozytów polimerowo-węglowych. Otrzymane nowatorskie kompozyty zostały gruntownie przebadane pod wieloma kątami, co zaowocowało uzyskaniem głębokiego zrozumienia jak skład i mikrostruktura kompozytu wpływa na jego właściwości. Tego typu szeroko zakrojone prace badawcze są niezmiernie istotne by wyłuskać takie zależności, bo to dzięki nim możliwa jest później świadoma konstrukcja materiałów o „zaprogramowanych” właściwościach. Mnogość cennych spostrzeżeń w obszarze badań podstawowych zawarta w tym rozdziale połączona z wysoką wartością aplikacyjną opracowywanych materiałów czynią przedstawione opracowanie bardzo cennym.

Chciałbym jednak zasugerować trzy kwestie, które wymagają uwagi:

- By upewnić się, że wyciągane wnioski są odpowiednio poparte danymi, konieczne jest zaangażowanie statystyki. Doktorantka jest z pewnością świadoma tej kwestii, gdyż sama pisze na str. 51, że w przypadku widm Ramana rejestrowano pomiary min. w 3 punktach. Jednakże, Tabela 2. dokumentująca wyniki spektroskopii Ramana nie zawiera informacji o zmierzonym odchyleniu standardowym. Analogicznie, wartości gęstości pozornej i rzeczywistej napełniaczy węglowych w Tabeli 1 nie informują czytelnika o tym jaki jest błąd pomiaru. Równocześnie, zdarza się, że w tekście interpretowane są minimalne różnice wartości pomiędzy próbkami, które niekoniecznie są statystycznie istotne. Warto mieć na to uwagę w przyszłości.
- Co się także tyczy spektroskopii Ramana, we wskazanej powyżej Tabeli, zawarto informacje odnośnie stosunków pól powierzchni pasm D oraz G, ale nie odnotowałem w doktoracie jak modelowano kształt tych pików by wyznaczyć te wartości.
- Przedstawiony doktorat to także bogata biblioteka obrazów SEM otrzymanych materiałów. Porównywanie mikrostruktur jest jednak utrudnione przez to, że przybliżenia nie są konsekwentnie stosowane (długość pasków skali się różni pomiędzy odpowiadającymi panelami), e.g. Rys. 23, Rys. 25, Rys. 32, Rys. 33, Rys. 35, itp.

*Rozdział 6:* W tym rozdziale znajduje się podsumowanie wyników prowadzonych badań, które bardzo dobrze podkreśla wypracowane przez doktorantkę osiągnięcia. Bardzo szczegółowo podsumowano jakie materiały zostały otrzymane, jakie były ich parametry strukturalne i konfiguracja grup funkcyjnych, oraz jak różnice w tych kwestiach wpłynęły na zmianę właściwości kompozytów. Podkreślono główne powody dla których otrzymane materiały wykazywały odmienną charakterystykę oraz zidentyfikowano kluczowe zależności między strukturą a właściwościami, co jest kluczowe by wykorzystać te wnioski do interpretacji zachowań innych materiałów. Nie mam żadnych zastrzeżeń do tej części doktoratu.

*Rozdział 7:* Doktorat kończy rozdział z wnioskami, w którym autorka wyłuszczyła najważniejsze spostrzeżenia badawcze dotyczące opracowywanych przez siebie materiałów. 13 przedstawionych wniosków w syntetyczny sposób prezentuje esencję

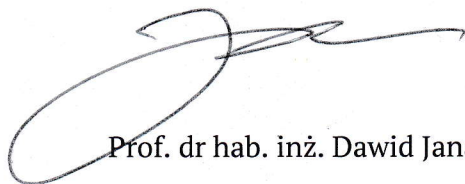
tej pracy. Są to bardzo wartościowe konkluzje, które z pewnością pomogą w dalszym rozwoju koncepcji przez jednostkę, stopniowo zwiększając jej poziom gotowości technologicznej by, w szerszej perspektywie czasowej, z opracowywanych materiałów mogło skorzystać społeczeństwo. Drobnym niedosyt stanowi dość zwięzła prezentacja dalszych perspektyw badawczych, ale, w świetle dużej konkurencji naukowej w tym obszarze, jest to absolutnie zrozumiałe.

Co nie umniejsza wartości merytorycznej doktoratu, znalazły się w nim nieliczne błędy edytorskie, z których kilka wymieniam poniżej:

- Strona 4 – błędna numeracja rozdziałów pracy (brak rozdziału szóstego),
- Strona 57 – liczba, nie „ilość” warstw grafenowych,
- Bibliografia – błędny zakres stron w cytowanych pracach [24], [77], [78], [82], [91], [102], [107], [143], [152], [153], [159], [224], [267], [273] oraz [277],
- etc.

Podsumowując, chciałbym zaznaczyć, że wszystkie obrane cele badawcze zostały osiągnięte, a jakość rozprawy doktorskiej jest wysoka. W związku z tym, na podstawie oceny przedstawionej pracy, jednoznacznie stwierdzam, że zaopiniowana rozprawa doktorska spełnia wymagania określone w art. 187 ustawy z dnia 20. lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2020, poz. 85, z późniejszymi zmianami). W związku z tym, wnioskuję do Rady Naukowej Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych Polskiej Akademii Nauk o przyjęcie pracy i przeprowadzenie dalszych etapów postępowania doktorskiego.

Z wyrazami szacunku



Prof. dr hab. inż. Dawid Janas