

Lublin, 19 lipca 2019

Dr hab. inż. Mateusz Stasiak, prof. IA PAN  
Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie  
ul. Doświadczalna 1  
20-290 Lublin 27

## RECENZJA

**rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Sylwii Kozdry  
pt. "Mechanochemiczne otrzymywanie i badania właściwości  
polimerowych kompozytów przewodzących",**

**wykonanej w Katedrze Inżynierii Chemicznej i Procesowej Wydziału Chemicznego  
Politechniki Rzeszowskiej pod kierunkiem  
promotora Pana dr hab. inż. Ireneusza Opalińskiego, prof. PRz**

### PODSTAWY FORMALNE

Ocenę rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Sylwii Kozdry wykonano na zlecenie Prodziekana ds. Nauki Wydziału Chemicznego Politechniki Rzeszowskiej, Pana dr hab. inż. Mirosława Tyrki (pismo z dnia 26 czerwca 2019), na podstawie przedłożonego maszynopisu pracy. Główne kryterium dokonanej oceny stanowiły wymogi stawiane rozprawom doktorskim, zawarte w Ustawie z dnia 14 marca 2003 o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jednolity Dz.U. 2014 poz.1852), oraz Rozporządzenia MNiSW z dnia 30 października 2015 w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzenia czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz.U. 2015, poz. 1845).

### OCENA TRAFNOŚCI WYBORU TEMATYKI

Na obecnym etapie rozwoju cywilizacyjnego konieczne jest tworzenie nowych materiałów o niespotykanych dotąd cechach. Głównym kierunkiem rozwoju inżynierii materiałowej jest opracowywanie nowych, inteligentnych i funkcjonalnych materiałów o zaprojektowanych właściwościach, spełniających bardzo konkretne zadania. Projektowanie materiałów o określonych cechach jest istotne dla wielu dziedzin nauki i zastosowań praktycznych, szczególnie w obecnych czasach, kiedy to postępujący rozwój technologiczny wymaga coraz to nowych rozwiązań inżynierskich. W ten trend wpisują się materiały kompozytowe budowane z różnych składników i posiadające cechy odmienne od surowców

służących do ich wytworzenia. Jednym z zastosowań materiałów kompozytowych jest magazynowanie energii, które jest jednym z najważniejszych wyzwań cywilizacyjnych obecnych czasów.

Materiały kompozytowe mogą być stosowane jako elektrolity polimerowe do baterii litowo-jonowych, zastępując fazę ciekłą. Zastąpienie fazy ciekłej ciałem stałym w postaci elektrolitu polimerowego i rozproszenie w nim nośników ładunku otwiera znacznie więcej możliwości dla rozwoju przemysłu energetycznego. Wytworzenie lekkiego i wydajnego ogniwa pozwoli na zastosowanie tych baterii również w, dotąd nieskonstruowanych urządzeniach, a z racji szybkiego rozwoju informatycznego, ich zastosowanie może być niezbędne w technologiach dostępnych dopiero w przyszłości.

Metoda wytwarzania tego typu materiałów ma decydujące znaczenie w doborze i określeniu cech produktu końcowego. Jednym ze sposobów ich produkcji jest mechanochemia. W trakcie tego procesu do materiału dostarczane są duże porcje energii mechanicznej kumulowanej w naprężeniach zwiększające aktywność fizykochemiczną.

Podjęty przez Doktorantkę temat zastosowania mieszania wysokoenergetycznego do otrzymywania, kompozytów polimerowych o właściwościach przewodzących oraz oceny właściwości tych materiałów jest cenny w rozwoju nauki, oraz korzystny z punktu widzenia gospodarczego i aplikacyjnego. Praca naukowa dająca odpowiedź na praktyczne problemy i propozycje konkretnych rozwiązań jest bardzo wartościowa. Podjęty przez Doktorantkę problem ma istotne znaczenie gospodarcze o charakterze aplikacyjnym. Analiza wpływu parametrów mieszania wysokoenergetycznego pozwoli na uzupełnienie wiedzy o interakcji materiałów w kompozycie oraz dobranie optymalnych warunków ich wytwarzania. Uzyskane wyniki dają podstawę do prognozowania kierunków przyszłych prac w zakresie doboru rodzaju aparatury, warunków przetwarzania i składu mieszanek kompozytowych.

## OCENA FORMALNA

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Sylwii Kozdry ma poprawny układ. Zawiera 9 rozdziałów, a jej tytuł jest adekwatny do zawartej treści. Przegląd literatury jest wystarczający. Autorka poruszyła w nim najważniejsze aspekty związane z tematyką rozprawy. W poprawny sposób omówiła aspekty teoretyczne ulepszania mechanochemicznego materiałów proszkowych przy pomocy aparatury do mieszania wysokoenergetycznego. Omówiła również teoretyczne aspekty kompozytów polimerowych o właściwościach przewodzących, ich wytwarzanie, metody badań i mechanizmy przewodzenia. Cel i zakres pracy sformułowano poprawnie, a metodykę prowadzonych badań opisano wyczerpująco.

Opracowanie liczy 148 stron, z czego 41 stron zajmują wstęp i przegląd literatury. Pozostałą część stanowią wyniki wraz z omówieniem i wnioskami. Ostatnia, podsumowująca część pracy, dotycząca oceny wpływu modyfikacji mechanochemicznej na mechanizmy przewodzenia stałych elektrolitów polimerowych liczy 9 stron. W wyniku przeprowadzonych testów osiągnięto postawiony na początku cel pracy oraz przedstawiono 7 prawidłowo sformułowanych wniosków.

Pracę wzbogacają liczne wykresy, tabele i fotografie. Literatura zawiera 164 pozycje, w znacznej części obcojęzyczne i opublikowane w ostatnim okresie. Cytowana jest prawidłowo, prawidłowy jest również jej dobór. Praca przygotowana jest starannie, pod względem edytorskim i napisana poprawnym językiem co sprawia, że pomimo iż dotyczy skomplikowanych zagadnień jest przejrzysta i łatwa w czytaniu.

#### OCENA MERYTORYCZNA

Przedstawiona przez Panią mgr inż. Sylwię Kozdrę praca doktorska dotyczy mechanochemicznego przetwarzania polimerów proszkowych przy współudziale modyfikatorów aktywnych i inertnych w kierunku uzyskania przemian chemicznych i strukturalnych zapewniających dobre właściwości przewodzące otrzymanych kompozytów.

Z wyczerpującej analizy literaturowej przedstawionej przez Doktorantkę jasno wynikają braki w wiedzy, będące uzasadnieniem postawionych przed Nią celów. Podejmuje Ona próbę porównania urządzeń do mieszania wysokoenergetycznego oraz analizy wpływu warunków ich pracy na właściwości otrzymanych kompozytów polimerowych. Celem pracy jest uzyskanie odpowiedzi czy możliwa jest aktywacja ich właściwości przewodzących. Celem perspektywicznym pracy jest dobór metody i warunków przetwarzania wybranych polimerów z ich przeznaczeniem na stałe elektrolity polimerowe do baterii litowo-jonowych. Trafna jest analiza zmian fizykochemicznych struktury kompozytów, spowodowanych modyfikacją oraz wpływu tych zmian na właściwości przewodzące. Oryginalnym podejściem Doktorantki jest również próba zastosowania mieszalnika ścinającego do otrzymywania kompozytów. Niestety, bez powodzenia. Dobór materiałów do przeprowadzonych eksperymentów jest prawidłowy i właściwie uzasadniony, a ich właściwości wyczerpująco opisane. Aparatura zastosowana do wytworzenia polimerowych kompozytów przewodzących dobrana jest prawidłowo i daje szerokie spektrum poznawcze. Kompozyty wytwarzane były w młynie planetarno kulowym, młynie kulowym wibracyjnym oraz mieszalniku ścinającym.

Za najważniejsze osiągnięcie przedstawionej do oceny pracy doktorskiej uważam wytworzenie polimerowych kompozytów przewodzących z wykorzystaniem trzech różnych

urządzeń. Pozwoliło to na wybranie najwłaściwszego ze względu na korzystne właściwości produktu końcowego. Analiza wpływu matrycy polimerowej homopolimeru, kopolimeru oraz modyfikatora aktywnego na właściwości przewodzące pozwoliła wybrać najkorzystniejszą matrycę i modyfikator. Ponadto, określono optymalne warunki prowadzenia procesu mieszania wysokoenergetycznego poprzez wnikliwą analizę wpływu prędkości, czasu mieszania, ilości modyfikatorów aktywnych na strukturę i właściwości przewodzące wytworzonych kompozytów.

Pani mgr. inż. Sylwia Kozdra osiągnęła wszystkie postawione cele. Z całym przekonaniem uważam, że Jej praca doktorska poszerza stan wiedzy dotyczący materiałów kompozytowych i ma wartościowy aspekt praktyczny. Pragnę jeszcze raz podkreślić, że Doktorantka wykazała się dobrym przygotowaniem do prowadzenia badań i dojrzałością naukową.

W trakcie lektury pracy doktorskiej nasunęły mi się pewne kwestie, które może warto byłoby rozszerzyć. W żadnym stopniu uwagi te nie pomniejszają mojej wysokiej oceny rozprawy doktorskiej. Uważam, że warte byłyby przedyskutowania i rozwinięcia w trakcie obrony publicznej.

Odczuwam pewien niedosyt w związku z brakiem fotografii makro otrzymanych folii przewodzących, jeśli takie zostały wykonane proszę ich prezentację w czasie autoreferatu. Doktorantka przedstawia w pracy zalety ekologiczne wytwarzania kompozytów przy pomocy mechanochemii, nie opisując możliwości utylizacji badanych struktur. Proszę o rozwinięcie tematu możliwych sposobów utylizacji tego typu materiałów po zużyciu docelowych urządzeń. Czy w trakcie mieszania wysokoenergetycznego obserwowano zjawisko samosegregacji? Proszę o rozwinięcie tego zagadnienia.

#### UWAGI REDAKCYJNE

Praca przygotowana jest niezwykle starannie lecz, mimo to, Autorka nie ustrzegła się kilku drobnych błędów, głównie o charakterze edycyjnym. Świadczy to o ogromnej staranności i pracy włożonej w przygotowanie pracy doktorskiej.

#### WNIOSEK KOŃCOWY

Dysertacja Pani mgr inż. Sylwii Kozdry pt. ” Mechanochemiczne otrzymywanie i badania właściwości polimerowych kompozytów przewodzących” stanowi kompleksowe

podejście do problemu oceny wpływu modyfikacji mechanochemicznej na mechanizmy przewodzenia stałych elektrolitów polimerowych.

Praca jest oryginalnym opracowaniem naukowym o istotnym potencjale aplikacyjnym. Przedstawione w rozprawie problem i jego rozwiązanie świadczą o prawidłowym przygotowaniu i dojrzałości naukowej Pani mgr inż. Sylwii Kozdry. Jestem przekonany, że Jej praca doktorska, zgodnie z ustawą z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595 z późniejszymi zmianami), stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i odpowiada wymaganiom stawianym rozprawom doktorskim. W związku z tym, przedkładam wniosek o dopuszczenie Jej do dalszego toku przewodu doktorskiego.

Biorąc pod uwagę wysoką wartość naukową dysertacji oraz jej aspekty praktyczne wnioskuję o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Sylwii Kozdry stosowną nagrodą.

*Motku Steinh*