



**Prof. dr hab. Agnieszka Nosal - Wiercińska**  
Katedra Chemii Analitycznej  
Instytut Nauk Chemicznych  
Wydział Chemii  
Pl. M. Curie – Skłodowskiej 3/518  
20-031 Lublin  
Tel. 81 537 56 27  
agnieszka.nosal-wiercinska@mail.umcs.pl

Lublin, 27.10.2023r.

**Recenzja**  
rozprawy doktorskiej  
mgr Anny Fenyk

pt. „***BADANIA WŁAŚCIWOŚCI CIECZY I ELASTOMERÓW  
MAGNETOREOLO-GICZNYCH W STAŁYM POLU MAGNETYCZNYM***”

Praca została wykonana w ramach Interdyscyplinarnych studiów doktoranckich łódzkich uczelni publicznych InterChemMed pod kierunkiem dra hab. inż. Marka Zielińskiego, prof. UŁ Uniwersytet Łódzki, Wydział Chemii oraz dr hab. Ewy Chrześcijańskiej Politechnika Łódzka, Wydział Chemiczny jako promotorów i przedstawiona Radzie Wydziału Chemii Uniwersytetu Łódzkiego.

Rosnąca popularność tzw. „materiałów inteligentnych” związana jest z tym, że stanowią one uniwersalne rozwiązania w konstrukcjach wykorzystywanych w przemyśle, technice, inżynierii materiałowej, medycynie. Historia inżynierii materiałowej wykazuje wyraźny trend w rozwoju nowych materiałów, od materiałów konstrukcyjnych po materiały funkcjonalne lub wielofunkcyjne. Można zdecydowanie powiedzieć, że to ta właśnie grupa materiałów istotnie wpływa na rozwój głównych gałęzi gospodarki na świecie, a poszukiwania nowych, zaawansowanych produktów cieszą się wciąż dużym zainteresowaniem naukowców i projektantów w wielu ośrodkach badawczych.



**Prof. dr hab. Agnieszka Nosal - Wiercińska**

Katedra Chemii Analitycznej

Instytut Nauk Chemicznych

Wydział Chemii

Pl. M. Curie – Skłodowskiej 3/518

20-031 Lublin

Tel. 81 537 56 27

agnieszka.nosal-wiercinska@mail.umcs.pl

Jedną z grup „materiałów inteligentnych” są kompozytowe materiały magnetoreologiczne. Należą do nich ciecze magnetoreologiczne oraz elastomery magnetoreologiczne. Materiały te zmieniają swoje właściwości pod wpływem działania zewnętrznego bodźca jakim jest pole magnetyczne. W obecności pola następuje zmiana parametrów takich jak np. lepkość, granica plastyczności czy moduły sprężystości.

Szczególne cechy cieczy magnetoreologicznych umożliwiają wykorzystywanie ich przede wszystkim w różnorodnych aplikacjach mających za zadanie kontrolowanie i tłumienie drgań (przemysł motoryzacyjny, budownictwo, robotyka czy biocybernetyka). Również elastomery magnetoreologiczne znajdują zastosowanie w szerokim zakresie nowoczesnych technologii. Należy jednak podkreślić, że parametry magnetoreologiczne, przede wszystkim efekt magnetoreologiczny, jakimi cechują się elastomery opracowane dotychczas są niewystarczające, przy stosunkowo trudnym i drogim procesie wytwarzania, aby mogły być stosowane na skalę przemysłową.

Tematyka badawcza rozprawy doktorskiej Pani mgr Anny Fenyk bardzo dobrze wpisuje się w nurt poszukiwania i otrzymywania nowych, innowacyjnych „materiałów inteligentnych” o dużym potencjale aplikacyjnym i możliwościach praktycznego zastosowania.

Dotyczy ona badań związanych z utworzeniem szeregu cieczy i elastomerów magnetoreologicznych, określeniem struktury i scharakteryzowaniem ich właściwości w bardzo szerokim aspekcie badawczym, zarówno w polu magnetycznym jak i bez jego udziału. W tym celu wykorzystano całą gamę aparatów oraz technik pomiarowych. Na uwagę zasługuje fakt szeroko rozumianej współpracy naukowej z różnymi zespołami i ośrodkami badawczymi.

Przedłożona do recenzji dysertacja, licząca 238 stron została podzielona na 11 części. Rozpoczyna się od *Wykazu stosowanych symboli i skrótów*. Następnie *Wstęp i cel pracy* uzasadnia wybór tematyki badawczej oraz wskazuje na jej istotne znaczenie.



**Prof. dr hab. Agnieszka Nosal - Wiercińska**

Katedra Chemii Analitycznej

Instytut Nauk Chemicznych

Wydział Chemii

Pl. M. Curie – Skłodowskiej 3/518

20-031 Lublin

Tel. 81 537 56 27

agnieszka.nosal-wiercinska@mail.umcs.pl

*Studia literaturowe* przedstawione na 95 stronach oparto o 163 pozycje bibliograficzne, co potwierdza i w pełni argumentuje zarówno naukowy jak i praktyczny aspekt podjętej w pracy tematyki badawczej.

Dział ten zawiera szczegółowo opisane podstawy reologii z akcentem na parametry opisujące właściwości reologiczne materiałów magnetoreologicznych, dokładną charakterystykę materiałów magnetoreologicznych w kontekście rysu historycznego, otrzymywania, właściwości fizyko – chemicznych czy też zastosowania.

Ta część pracy napisana jest w sposób logiczny i spójny, co świadczy o dobrym opanowaniu literatury przedmiotu przez Doktorantkę. Dowodzi również ogromnego nakładu pracy Autorki, która zgromadziła tak obszerny materiał literaturowy i umiejętnie wybrała oraz przejrzysto przedstawiła najważniejsze zagadnienia. Chcę jednak zwrócić uwagę na zbyt szczegółowe podejście do zagadnienia.

W *Części doświadczalnej* Autorka skupiła swoją uwagę na zakresie prowadzonych badań, stosowanej aparaturze pomiarowej, metodach i stanowiskach badawczych. Ta część dysertacji pokazuje bardzo szeroki zakres badań eksperymentalnych oraz bogate spektrum aparaturowe, które to umożliwiły realizację założonego celu badawczego.

*Część doświadczalna* to również wykaz stosowanych odczynników chemicznych, skład oraz sposób przygotowywania próbek, metodyka badań oraz analiza wyników badań.

Analizę badawczą podzielono na dwie zasadnicze części, w których przedstawiono:

- wyniki badań reologicznych cieczy magnetoreologicznych bez udziału stałego pola magnetycznego oraz w stałym polu magnetycznym;
- wyniki badań elastomerów magnetoreologicznych w kontekście badań: twardości, procesu starzenia termooksydacyjnego, zmiany barwy, nasiąkalności, odporności chemicznej, mrozoodporności, wytrzymałości mechanicznej, struktury, kąta zwilżania czy swobodnej energii powierzchniowej.



**Prof. dr hab. Agnieszka Nosal - Wiercińska**Katedra Chemii Analitycznej  
Instytut Nauk Chemicznych  
Wydział Chemii  
Pl. M. Curie – Skłodowskiej 3/518  
20-031 Lublin  
Tel. 81 537 56 27  
agnieszka.nosal-wiercinska@mail.umcs.pl

Ten rozdział dysertacji został jasno przedstawiony a wyczerpująco omówiony eksperyment znalazł odniesienie do istniejącego stanu wiedzy.

*Podsumowanie i Wnioski* wynikające z przeprowadzonych doświadczeń zostały zamieszczone w kolejnej części dysertacji. Ich analiza dowiodła, że cel badań został w pełni zrealizowany.

Fragment dysertacji opisujący *Przewidywane obszary nowych zastosowań badanych cieczy i elastomerów magnetoreologicznych* zdecydowanie podkreśla sens prowadzonych badań. Końcowe fragmenty pracy zawierają: spis cytowanej literatury, streszczenie w języku polskim i angielskim, spis rysunków i tabel, sylwetkę Autorki oraz dorobek naukowy a także dwie publikacje związane z dysertacją. Pragnę zauważyć, że praca oparta jest na 189 pozycjach bibliograficznych, z których większość pochodzi z ostatnich lat, co świadczy o dużej aktualności podjętych badań.

Przedstawiony przez Panią mgr Anny Fenyk materiał doświadczalny, a także wnikliwa analiza i dyskusja uzyskanych wyników wnosi znaczący element nowości naukowej w obecny stan wiedzy. Wszystkie postawione cele pracy zostały poprawnie i w pełni zrealizowane. Wyniki badań zostały przedstawione w przejrzysty i zrozumiały sposób. Odznaczają się one oryginalnością, a ich rezultaty wskazują na potencjał uzyskanych cieczy i elastomerów magnetoreologicznych w aspekcie ich zastosowania.

Za najważniejsze i najbardziej wartościowe osiągnięcie recenzowanej rozprawy doktorskiej uważam otrzymanie innowacyjnych cieczy i elastomerów magnetoreologicznych o nowych parametrach, które mogą stanowić wartość poznawczą i aplikacyjną. Wskazano na zmianę parametrów oraz właściwości cieczy i elastomerów magnetoreologicznych w zależności od ich ściśle dobranych składów. Warto podkreślić, że do utworzenia próbek cieczy i elastomerów magnetoreologicznych zastosowano wypełniacze o celowo wybranych właściwościach, nie używane w takich polimerach jak



**Prof. dr hab. Agnieszka Nosal - Wiercińska**Katedra Chemii Analitycznej  
Instytut Nauk Chemicznych  
Wydział Chemii  
Pl. M. Curie – Skłodowskiej 3/518  
20-031 Lublin  
Tel. 81 537 56 27  
agnieszka.nosal-wiercinska@mail.umcs.pl

żywica epoksydowa i kauczuk silikonowy czy ich mieszkankach a także fakt zastosowania stałego pola magnetycznego podczas przebiegu polimeryzacji materiałów.

Tak przeprowadzone badania zdecydowanie wpłynęły na poszerzenie spektrum możliwości projektowania materiałów o nowych, zmodyfikowanych oraz ulepszonych właściwościach fizykochemicznych.

Obowiązkiem recenzenta jest również wskazanie pewnych nieścisłości oraz kwestii dyskusyjnych, których oczywiście bardzo trudno uniknąć podczas opracowywania tak obszernego materiału badawczego. Podczas czytania recenzowanej pracy nasunęły mi się pewne uwagi, wątpliwości i pytania, które przytoczyłam poniżej i proszę o odniesienie się do nich podczas publicznej obrony.

- Na rysunku III.4.1.1.2.3 (str. 144) na krzywej CM7 widoczne jest wyraźne zagięcie od 0,1% do 1% odkształcenia, co nie wskazuje na liniowy zakres sprężystości wynoszący 1%. Proszę również o wyjaśnienie przyczyny dużego wahanía CM3 w zakresie odkształceń od 0,001% do 0,01%?
- W pracy eksperymentalnej brakuje charakterystyki strukturalnej otrzymanych cieczy.
- Co by się stało, gdyby ktoś zmienił rozmiar cząstek magnetycznych, używając tych samych materiałów?
- Jakie mogą być korzyści wynikające z zastosowania polimeryzacji elastomerów magnetoreologicznych w stałym polu magnetycznym?
- Jakie są możliwości zastosowania metody tworzenia elastomerów magnetoreologicznych w stałym polu magnetycznym?

Pragnę zasygnalizować, że w pracy pojawiają się błędy interpunkcyjne i edytorskie, mimo to nie wydaje się zasadne ich przytaczanie.



**Prof. dr hab. Agnieszka Nosal - Wiercińska**Katedra Chemii Analitycznej  
Instytut Nauk Chemicznych  
Wydział Chemii  
Pl. M. Curie – Skłodowskiej 3/518  
20-031 Lublin  
Tel. 81 537 56 27  
agnieszka.nosal-wiercinska@mail.umcs.pl

Powyższe uwagi, sugestie i zapytania nie umniejszają jednak wartości merytorycznej prezentowanych rezultatów oraz mojej bardzo pozytywnej oceny.

Chciałabym również podkreślić imponujący dorobek naukowy Doktorantki.

Pani mgr Anna Fenyk jest współautorem 9 oryginalnych publikacji naukowych, z których 8 ukazało się w renomowanych czasopismach z listy filadelfijskiej (całkowita wartość współczynnika IF wynosi 19,238 a punktów  $P_{\text{MNI SW}} = 940$ ) oraz 6 monografii. Dorobek naukowy Doktorantki stanowią także 34 prezentacje na konferencjach międzynarodowych i krajowych, w tym 9 wystąpień ustnych. Naukowy potencjał Doktorantka prezentuje również jako współautor 3 zgłoszeń patentowych, 3 projektów oraz udział w 7 certyfikowanych szkoleniach i w odbytych krótkoterminowych stażach naukowych w Katedrze Projektowania i Eksploatacji Maszyn na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Robotyki AGH w Krakowie.

Na duże wyróżnienie zasługuje Jej aktywność organizacyjna i działania na rzecz promocji Wydziału Chemii i Uniwersytetu Łódzkiego. Pragnę podkreślić, że Doktorantka zdobyła wiele różnorodnych nagród zarówno za działalność naukową jak i organizacyjno – popularyzatorską.

Reasumując, uważam, że założony przez Panią mgr Annę Fenyk cel badań został zrealizowany, a otrzymane wyniki w znacznym stopniu poszerzają dotychczasowy stan wiedzy w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych.





**Prof. dr hab. Agnieszka Nosal - Wiercińska**

Katedra Chemii Analitycznej

Instytut Nauk Chemicznych

Wydział Chemii

Pl. M. Curie – Skłodowskiej 3/518

20-031 Lublin

Tel. 81 537 56 27

agnieszka.nosal-wiercinska@mail.umcs.pl

W podsumowaniu stwierdzam, że recenzowana przeze mnie rozprawa doktorska Pani mgr Anny Fenyk spełnia kryteria określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z 2018 r., poz. 1668). Dlatego też wnioskuję do Komisji Uniwersytetu Łódzkiego do spraw stopni w dyscyplinie nauki chemiczne o przyjęcie pracy i dopuszczenie Doktorantki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Prof. dr hab. Agnieszka Nosal – Wiercińska

