



Politechnika Łódzka
Instytut Technologii Polimerów i Barwników



Dr hab. inż. Anna Masek, profesor uczelni

Instytut Technologii Polimerów i Barwników

Wydział Chemiczny

Politechnika Łódzka

ul. Stefanowskiego 16, Łódź 90-537

email: anna.masek@p.lodz.pl

Łódź, 3.11.2023 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr Anny Fenyk

zatytułowanej

„BADANIA WŁAŚCIWOŚCI CIECZY

I ELASTOMERÓW MAGNETOREOLOGICZNYCH

W STAŁYM POLU MAGNETYCZNYM”

Podstawa: *Pismo Przewodniczącego Komisji Uniwersytetu Łódzkiego do spraw stopni naukowych z dziedziny nauki chemiczne, Pani Dziekan Wydziału Chemii UŁ - Prof. Dr hab. Sławomiry Skzypek*

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr Anny Fenyk została zrealizowana w Katedrze Chemii Nieorganicznej i Analitycznej Wydziału Chemii Uniwersytetu Łódzkiego.

Pracę wykonano pod kierunkiem Pana dr hab. inż. Marka Zielińskiego, profesora UŁ, posiadającego znaczące osiągnięcia naukowe w zakresie magnetochemii. Drugim promotorem rozprawy jest Pani dr

hab. Ewa Chrześcijańska z Instytutu Chemii Ogólnej i Ekologicznej Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej.

Pani Anna Fenyk ukończyła studia magisterskie na kierunku chemicznym Wydziału Fizyki i Chemii Uniwersytetu Łódzkiego uzyskując tytuł zawodowy magistra. W roku 2018 rozpoczęła interdyscyplinarne studia doktoranckie InterChemMed na Wydziale Chemii UŁ. Obecnie jest zatrudniona na stanowisku starszego specjalisty chemika w Katedrze Chemii Nieorganicznej i Analitycznej Uniwersytetu.

W recenzji przedłożonej do oceny rozprawy doktorskiej Pani mgr Anny Fenyk wzięłam pod uwagę następujące kryteria: podjęty problem badawczy, innowacyjność badań, adekwatność technik badawczych oraz umiejętność merytorycznej, naukowej dyskusji uzyskanych wyników, w odniesieniu do aktualnego stanu wiedzy.

Celem pracy doktorskiej była analiza zmian właściwości cieczy oraz wytworzonych elastomerów magnetoreologicznych w stałym polu magnetycznym. Na uwagę zasługuje fakt, że w ramach pracy zastosowano innowacyjne połączenie różnych interdyscyplinarnych metod badawczych, w tym dokonano obszernej analizy właściwości reologicznych i mechanicznych próbek. Doktorantka opisała wpływ poszczególnych składników cieczy MR na ich właściwości dynamiczne. Ciekawym i innowacyjnym aspektem badawczym w pracy było wyznaczanie modułów sprężystości oraz stratności, i współczynników tłumienia w funkcji różnych wartości indukcji pola magnetycznego.

Doktorantka sformułowała właściwie cel i tezę przedłożonej do recenzji pracy doktorskiej.

Na podkreślenie zasługuje naukowy wątek zaprojektowania składu, a także sposobu wytwarzania cieczy oraz elastomerów o właściwościach magnetoreologicznych. Doktorantka bardzo dokładnie opisała badania związane z oceną wpływu najważniejszych czynników fizycznych oraz chemicznych na zmianę właściwości cieczy magnetoreologicznych, w tym: rodzaju cząstek magnetycznych, stabilizatorów oraz innych zastosowanych dodatków.

Duża część badań przedłożonej dysertacji opierała się na dokładnej analizie wpływu cząstek magnetycznych na właściwości fizykochemiczne elastomerów, w tym zbadano właściwości mechaniczne, odporność chemiczną oraz mrozoodporność. Istotnym aspektem badań była także analiza zmian właściwości próbek elastomerów pod wpływem działania starzenia termooksydacyjnego.

Opracowane badania stanowią duży wkład w zakresie badań podstawowych w dyscyplinie nauk chemicznych oraz inżynierii materiałowej.

W badaniach zastosowano szerokie spektrum metodyczne, w tym metodę mikroskopową, spektroskopową (zmiana barwy), badania swobodnej energii powierzchniowej, badania kąta zwilżania, twardości, właściwości mechanicznych, a także zaawansowane badania właściwości dynamicznych. Dodatkowym wątkiem badawczym była analiza wytworzonych próbek pod kątem odporności na starzenia i mrozoodporności.

Tematyka kompozytów o właściwościach magnetoreologicznych cieszy się ogromnym zainteresowaniem naukowców na całym świecie. Praktycznie codziennie pojawiają się nowe doniesienia literaturowe dotyczące tzw. „smart- materiałów”, w szczególności ze względu na ich ogromny potencjał aplikacyjny i unikalne właściwości, niekiedy inspirowane naturą.

Na tej podstawie stwierdzam, że podjęta przez Panią Annę Fenyk problematyka badawcza jest niezwykle ważna w zakresie projektowania nowych inteligentnych materiałów o unikalnych właściwościach. Należy podkreślić, że tematyka badawcza pracy jest wielowątkowa, obejmuje zarówno ciecze, jak i kompozyty elastomerowe o projektowanych właściwościach użytkowych.

To właśnie kluczowe zagadnienia w obrębie obszaru metod otrzymywania i optymalizowana właściwości materiałów o cechach magnetoreologicznych stanowią domenę recenzowanej dysertacji doktorskiej Pani mgr Anny Fenyk. Świadczy, to zatem niepodważalnie o aktualności problemu badawczego, jak i umiejętności doboru tematyki badawczej w aspekcie rozwoju badań podstawowych. O znaczeniu wyżej nakreślonych kierunków badań świadczą dodatkowo dane statystyczne zaczerpnięte z bazy SCOPUS, z dnia 10.10.2023 r.

Oceniana rozprawa doktorska została przedstawiona w języku polskim na 238 stronach maszynopisu. Tytuł rozprawy został sformułowany poprawnie i odpowiada przedstawionym w ramach pracy rezultatom badań. Praca ma klasyczny układ dla prac eksperymentalnych z nauk chemicznych, dlatego została podzielona na jedenaście części plus spis dorobku naukowego Doktorantki. Dysertacja napisana jest poprawnym językiem, czyta się ją płynnie i z dużym zainteresowaniem. Stronę edytorską przedłożonej pracy oceniam pozytywnie.

W pierwszym rozdziale części literaturowej przybliżono teorię podstaw reologii. W kolejnym rozdziale skupiono się na pełnej charakterystyce przeglądu aktualnego stanu wiedzy o cieczach i

elastomerach MRE. Trzeci i czwarty rozdział części literaturowej przedłożonej dysertacji dotyczy analizy kolejno materiałów i cieczy o właściwościach megnetoelastologicznych.

Pani magister szczegółowo przedstawiła pomiarowe techniki reometryczne, szczegółowo opisując budowę i rodzaje reometrów stosowanych w badaniach właściwości różnorodnych materiałów.

Część literaturową pracy doktorskiej zamyka podrozdział 6.2. zawierający wytyczne i wskazówki dotyczące wyboru odpowiedniego reometru do badań określonego materiału. Przedstawiony opis uważam za wartościowe kompendium wiedzy do celów edukacyjnych dla przyszłych młodych pokoleń realizujące prace naukowe z zastosowaniem badań reologicznych.

Od strony numer 199 pracy można znaleźć podsumowanie najważniejszych wniosków z wykonanych badań, a od strony 209 Doktorantka przedstawiła obszary potencjalnego zastosowania cieczy MR i elastomerów megnetoelastologicznych.

Pani Magister dokonała logicznego podziału pracy doktorskiej na III nurty badawcze. Pierwszy dotyczy cieczy MR, drugi przypisany jest sposobie wytwarzania i modyfikacji megnetoelastomerów, a trzeci dotyczy zgłębienia podstaw teoretycznych i możliwości pomiarów reometrycznych. Doktorantka opisała nadrzędny cel badań, zadania badawcze oraz prawidłowo postawiła hipotezę badawczą do której odniosła się także w końcowej części dysertacji. Do najważniejszych zadań badawczych należy zaliczyć:

- a) Przeanalizowanie i opisanie wpływu czynników fizycznych oraz chemicznych na właściwości cieczy i elastomerów MRE.
- b) Opis wpływu właściwości magnetycznych proszku ferromagnetycznego na odpowiedź megnetoelastologiczną cieczy.
- c) Potwierdzenie, że właściwości magnetyczne proszku ferromagnetycznego oraz rodzaj stabilizatora mają znaczący wpływ na moduły sprężystości i stratności.
- d) Potwierdzenie, że dodatek grafitu do cieczy MR skutkowało obniżeniem wartości naprężeń statycznych.
- e) Wykazano, że (EM) uzyskują w stałym polu magnetycznym właściwości materiałów anizotropowych
- f) Udowodnienie, że stałe pole magnetyczne obniża mrozoodporność elastomerów MR z domieszką celulozy mikrokrystalicznej.

- g) Wytworzenie materiałów MRE o podwyższonej zdolności do tłumienia drgań, wysoką wytrzymałość na rozciąganie oraz trwałość, a także odporności na niekorzystne działanie czynników atmosferycznych.
- h) Opracowanie kompendium podstaw teoretycznych do właściwego doboru reometru dla badanego materiału. Opis stanowi wartościowy materiał edukacyjny w zakresie badań reometrycznych.

Charakterystyka metod badawczych oraz materiałów i odczynników chemicznych stosowanych w pracy jest wyjątkowo precyzyjnie opisana, zawiera wszystkie niezbędne szczegóły potrzebne do właściwego zrecenzowania poprawności i adekwatności doboru materiałów oraz technik badawczych w świetle podjętego przez Doktorantkę problemu badawczego. Z przedstawionych publikacji wynika, że w badaniach zastosowano Gumosil B z katalizatorem OL-1 zakupione z Silikonów Polskich (Nowa Sarzyna) oraz celulozę mikrokrystaliczną (Avicel PH-101). Pani Fenyk porównawczo zastosowała w badaniach ciecz handlową MRF-122 EG firmy LORD. Natomiast, jako cząstki magnetyczne zastosowano w pracy żelazo karbonylkowe oraz magnetyt Fe_3O_4 . Doktorantka w publikacjach innowacyjnie przedstawiła, że zastosowanie różnych domieszek oraz wpływanie na sam proces polimeryzacji stałym polem magnetycznym umożliwia otrzymanie materiałów o projektowanych właściwościach fizykochemicznych.

Uważam, że na podstawie uzyskanych rezultatów badań Doktorantka wyciągnęła właściwe, bardzo konstruktywne wnioski. Według recenzenta, przeprowadzone do tej pory badania i wyciągnięte na ich podstawie wnioski wzbogaciły przedmiotową literaturę o dokładne dane dotyczące analizy zmian właściwości reologicznych materiałów magnetoreologicznych. Takie informacje z pewnością przyczynią się do rozwoju prac związanych z wytwarzaniem inteligentnych materiałów MR o projektowanych właściwościach wpisujących się w określone zastosowanie przemysłowe. Proponowane przez Doktorantkę opracowanie technologiczne może mieć w przyszłości pełne przełożenie na wdrożenie opracowanych rozwiązań.

Kolejnym ważnym punktem tej części pracy jest *Wskazanie osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę postępowania doktorskiego*. W skład tej bardzo istotnej części pracy wchodzi wykaz artykułów naukowych stanowiących osiągnięcia naukowe z określonym IF oraz ilością punktów wg listy MNiSW. Pani Magister Anna Fenyk wykazała współautorstwo w 11 publikacjach w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym i znaczącej wartości IF, np. Journal of Intelligent Material

Systems and Structures (IF= 2,774); Materials (IF= 3,4) lub Ecological Chemistry and Engineering S (IF= 1,9);

Dysertacja doktorska zawiera jednak pewne błędy edytorskie czy stylistyczne (brak znaków interpunkcyjnych, błędy literowe i stylistyczne, terminologiczne etc.). Wyżej wymienione uwagi lub komentarze są jedynie drobnymi sugestiami i proszę, aby Doktorantka ustosunkowała się podczas publicznej obrony jedynie do najistotniejszych kwestii. Ponadto, pozwolę sobie w tym miejscu wskazać kilka kwestii dyskusyjnych czy problematycznych, a wynikają one z obowiązków recenzenta i dają pośrednio dowód na zapoznanie się z pracą:

1. Proszę o wyjaśnienie zagadnienia związanego z dyspersją proszków ferromagnetycznych w matrycy elastomerowej. Jak proszki ferromagnetyczne wpływają na proces sieciowania elastomerów?
2. Czy zbadano, jak zastosowane dodatki wpływają na przemiany fazowe elastomerów oraz ich stabilność termiczną?
3. Proces przetwórstwa elastomerów jest kluczowym etapem wpływającym na właściwości tych materiałów, zatem proszę o dokładne przedstawienie procesu wytwarzania elastomerów MRE na bazie silikonu.
4. Proszę o odniesienie się do wniosku, „Zawartość wypełniacza w postaci żelaza karbonylowego w elastomerach magnetoreologicznych powoduje wzrost twardości po procesie starzenia termooksydacyjnego.” - Proszę o wyjaśnienie, dlaczego obserwujemy wzrost twardości elastomerów po procesie starzenia?
5. Proszę o wyjaśnienie zagadnienia:
Dlaczego elastomer MR zawierający 30% mas. magnetytu otrzymany w s.p.m zmniejsza swoją nasiąkliwość? oraz dlaczego kauczuk silikonowy pod wpływem działania acetonu wykazuje przyrost masy zarówno dla próbek w s.p.m jak i bez działania s.p.m.?
6. Warto byłoby stworzyć według mnie tabelę porównawczą, która będzie zawierała najważniejsze nowe informacje uzyskane przez Doktorantkę w ramach rozprawy doktorskiej

Z pełnym przekonaniem mogę stwierdzić, że inteligentne materiały magnteoreologiczne mają wielki potencjał wdrożeniowy, dlatego tego typu prace badawcze są wyjątkowo ważne do rozwoju ekologicznych rozwiązań dla przemysłu polimerowego. Przedłożona praca wnosi także wiele nowości naukowych, które pozwolą na pełniejszą kontrolę właściwości fizykochemicznych kompozytów polimerowych zmodyfikowanych dodatkami o właściwościach ferromagnetycznych.

Wymienione powyżej komentarze są symboliczne i nie umniejszają mojej bardzo pozytywnej oceny recenzowanej rozprawy. Doktorantka włożyła w nią duży wkład pracy. Z całą odpowiedzialnością mogę powiedzieć, że rozprawa ta jest w każdym analizowanym elemencie wyróżniająca.

Na koniec, chciałabym pokrótce podsumować dotychczasową całkowitą aktywność naukową Pani mgr Anny Fenyk. Dorobek naukowy wyrażony jest w postaci współautorstwa w 11 opublikowanych publikacjach naukowych oraz 11 publikacji/streszczeń w materiałach konferencyjnych. Doktorantka w swoim dorobku wymienia współautorstwo w trzech zgłoszeniach patentowych (P.439879, P.440916 oraz P.444036) oraz udział w 3 projektach, takich jak: „Młodzi Kreatywni – innowacyjne podejście do nauki chemii wśród młodzieży szkolnej”, „Kształcenie kompetencji kluczowych poprzez zajęcia eksperymentalne z chemii dla niestandardowych odbiorców szkolnictwa wyższego –

Trzecia Misja Uczelni” oraz projektu Santander Universidades „Czuję chemię”. Pani Magister ma w swoim dorobku naukowym także liczne nagrody np. II nagroda Oddziału Łódzkiego PTChem. na VI Sesji Posterowej Tematów Prac Dyplomowych Środowiska Chemików Łódzkich (17.06.2003) oraz zdobycie srebrnego medalu za poster na IX Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej „Innowacje w praktyce” (Lublin, 20-21.10.2022).

Nie tylko kwestie naukowe, ale także rozwój w ramach działalności popularyzującej naukę wyróżnia Panią magister Annę Fenyk. Brała Ona czynny udział w organizacji pokazów w ramach „Uniwersytet Zawsze Otwarty”, projektu „Uniwersytet dla dzieci”, „Akademii Ciekawej Chemii”, Festiwalu Nauki Techniki i Sztuki w Łodzi, „Akademii Ciekawej Chemii”, "Wieczorach Naukowców”, Piknikach Naukowych”. Aktywność Doktorantki potwierdza także udział w organizacji VII (9-10.05.2019) oraz VIII (24.09.2021) Łódzkiego Sympozjum Doktorantów Chemii oraz pełnienie funkcji referenta w Komitecie Okręgowym Olimpiady Chemicznej w Łodzi. W latach 2018-2019 oraz 2023 Pani Fenyk była Społecznym Inspektorem Pracy na Wydziale Chemii UŁ. Podsumowując, chciałabym wyraźnie zaznaczyć imponujący wkład Pani mgr Anny Fenyk w rozwój dyscypliny – nauki chemiczne, inżynieria materiałowa oraz inżynieria chemiczna, w szczególności w zakresie badań proszków ferromagnetycznych oraz wytwarzania na ich bazie materiałów magnetoreologicznych. Sposób zaplanowania eksperymentów, zrealizowania badań, jak i forma przedstawienia wyników oraz ich rzeczowa analiza, świadczą o dobrych kompetencjach badawczych Doktorantki i są dowodem Jej właściwego przygotowania do prowadzenia badań naukowych.

Na podstawie oceny pracy doktorskiej Pani mgr Anny Fenyk zatytułowanej „*Badania właściwości cieczy i elastomerów magnetoreologicznych w stałym polu magnetycznym*”

stwierdzam, że recenzowana rozprawa spełnia wszystkie wymogi ustawowe i zwyczajowe stawiane rozprawom doktorskim. Wniosuję do Rady Dyscypliny Nauki Chemiczne Uniwersytetu Łódzkiego o przyjęcie pracy i dopuszczenie do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Biorąc pod uwagę istotny wkład w rozwój uprawianej przez Doktorantkę dyscypliny, ponadprzeciętną jakość i poziom naukowy pracy doktorskiej oraz dorobek naukowy Kandydatki wniosuję o wyróżnienie tej rozprawy. Ponadto, kluczowe wyniki, stanowiące odniesienie do celu i zakresu pracy, zostały opublikowane w renomowanych czasopismach o obiegu międzynarodowym. Dodatkowo, sama praca doktorska stanowi kompendium wiedzy w zakresie badań reologicznych materiałów o właściwościach magnetoreologicznych.



Dr hab. inż. Anna Masek, profesor uczelni