



RPW/1030/2025 N
Data: 2025-01-20

Gliwice, 12.01.2025

dr hab. inż. Małgorzata Szymiczek, prof. PŚ
Katedra Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej
Wydział Mechaniczny Technologiczny
Politechnika Śląska

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Dawida Damiana Zielińskiego
pt.: “ **Badanie kierunków potencjalnego zastosowania cieczy jonowych
w procesach wytwarzania i modyfikacji kompozytów epoksydowych
oraz ocena ich właściwości**”

promotorzy: prof. dr hab. inż. Hieronim Maciejewski

dr hab. inż. Marcin Śmiglak

Praca została zrealizowana w Zakładzie Chemii i Technologii Związków Krzemu, Wydziału Chemii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza z Poznaniu

Podstawa opracowania recenzji:

Niniejsza recenzja została opracowana na podstawie Uchwały Rady Naukowej Nauki Chemiczne Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu z dnia 11.10.2024 roku, o czym poinformowano mnie pismem o z dnia 29.10.2024 r. o nr. WCH/333/KZ/2024, które zostało podpisane przez Prodziekana Wydziału Chemii UAM, Pana Prof. dr hab. Roberta Pietrzaka.

Ogólna charakterystyka dorobku naukowego

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pana mgr inż. Dawida D. Zielińskiego pt.: “Badanie kierunków potencjalnego zastosowania cieczy jonowych w procesach wytwarzania i modyfikacji kompozytów epoksydowych oraz ocena ich właściwości” została przygotowana w oparciu o cykl 7 publikacji oznaczonych jako A1 –A7, o łącznym IF = 31,255

i sumie punktów ministerialnych równej 660. Doktorant we wszystkich wskazanych publikacjach jest pierwszym Autorem.

Przedłożona do recenzji praca, będąca podsumowaniem badań opublikowanych we wskazanych artykułach, stanowiąca swego rodzaju autoreferat, została zredagowana w języku polskim jako monografia licząca 213 stron, z tym że 93 strony obejmują kopie przytoczonych publikacji, a na 14 stronach (a właściwie na 7) przedstawiono oświadczenia współautorów potwierdzające zaangażowanie i udział Doktoranta w ich przygotowaniu. Praca, będąca przewodnikiem po cyklu publikacji, zawiera 8 rozdziałów obejmujących wprowadzenie w tematykę pracy, cel i zakres pracy, wyniki badań, opis syntezy cieczy jonowych oraz procesu utwardzania żywicy epoksydowej, analizę właściwości struktur kompozytowych, wnioski, a ostatnim rozdziałem jest bibliografia. Ponadto praca obejmuje wykaz skrótów, streszczenie w języku polskim i angielskim, ankietę dorobku, wspomniane już kopie publikacji wchodzących w skład cyklu, oświadczenia Współautorów oraz tabelę związków chemicznych.

Należy podkreślić, że badania zawarte w pracy były realizowane w ramach projektów finansowanych przez:

- NCN - SONATA BIS (2017/26/E/ST8/01059) oraz PRELUDIUM (2023/49/N/ST11/04057),
- NCBiR - Projekty badawcze na rzecz obronności i bezpieczeństwa, DOB-1P/02/19/2016,
- Inkubator Innowacyjności 4.0 - Program Operacyjny Inteligentny Rozwój 2014-2020, MNiSW/2020/349/DIR,
- Projekt „Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza” - Zadanie 13 - Wsparcie umiędzynarodowienia badań naukowych prowadzonych w Szkole Doktorskiej UAM, 080/13/UAM/0040.

Obok wskazanego cyklu publikacji Doktorant jest współautorem monografii, 6 artykułów z impact factorem, a także zgłoszenia patentowego. W sumie jego całkowity IF = 63,731 (63,326 na dzień 12.01.2025), a suma punktów ministerialnych wynosi 1280. Index Hirsha na dzień 12.01.2024 wynosi 5 wg <https://researchportal.amu.edu.pl/>.

Pan mgr inż. Dawid D. Zieliński prezentował wyniki swoich prac konferencjach krajowych i zagranicznych w formie prezentacji ustnej (4) oraz posterów (44). Był Kierownikiem 3 projektów lub wykonawcom w projektach wskazanych powyżej. Odbył 3 staże zagraniczne, a także był uczestnikiem wizyty studyjnej w Norwegii organizowanej przez PARP. Na uwagę zasługuje również jego szeroka działalność popularnonaukowa i społeczna.

Podsumowując działalność naukową, organizacyjną i popularnonaukową, Pan mgr inż. Dawid D. Zieliński jest w pełni zaangażowany w promocję nauki, a jego aktywność

publikacyjna i projektowa daje podstawy do wniosku, że Doktorant jest gotów prowadzić badania naukowe na najwyższym stopniu.

Analiza cyklu publikacji będąca podstawą wniosku

Przewodnik po cyklu publikacji ma typową strukturę dla pracy naukowej i obejmuje 69 stron wraz ze spisem literatury.

Autor w pierwszym rozdziale wprowadza czytelnika w temat cieczy jonowych uwzględniając przy tym rys historyczny i wskazując na definicję, klasyfikację, a także ich zastosowanie. Na uwagę zasługuje tabela 1 (podrozdział 1.2), która zawiera syntetyczny wykaz cieczy sklasyfikowanych wg kryteriów strukturalno-funkcjonalnych, co ułatwia poruszanie się w tym temacie. Doktorant wskazuje na ograniczenia i zalety poszczególnych metod otrzymywania cieczy jonowych, których synteza jest uzależniona od planowanego zastosowania, jakości, czasu, kosztów. Jednocześnie nawiązując do głównej aplikacji, Autor omawia prace z zakresu inicjowania reakcji sieciowania żywic epoksydowych cieczeniami jonowymi, co wymaga jednak podwyższonej temperatury. W podrozdziale 1.6 Pan mgr inż. Dawid D. Zieliński przedstawia analizę bibliograficzną przeprowadzoną za pomocą VOSviewer, co pozwoliło na zdefiniowanie obszarów zainteresowań naukowców w danych czasookresach, dla aplikacji cieczy jonowych jako systemów utwardzania żywic epoksydowych. W kolejnym rozdziale Autor charakteryzuje badane ciecze jonowe w aspekcie celów zrównoważonego rozwoju pod kątem:

- wzrostu gospodarczego oraz bezpieczeństwa i higieny pracy,
- innowacyjności,
- odpowiedzialnej konsumpcji i produkcji,
- ochrony klimatu,
- życia na lądzie,
- partnerstwa na rzecz celów, które może prowadzić do zupełnie nowych rozwiązań.

W ostatnim podrozdziale „Wprowadzenia” Doktorant wskazuje na możliwości komercjalizacji wyników prac z badanego obszaru, jednocześnie opisując pewne ograniczenia wynikające z dostępności komponentów, rachunku ekonomicznego oraz możliwości aplikacji jako systemów utwardzania żywic epoksydowych, co związane będzie głównie z ich wdrażaniem na szeroką skalę produkcyjną.

Na podstawie przeprowadzonej analizy literaturowej Doktorant sformułował cel pracy, który brzmi: „...*Celem niniejszej pracy doktorskiej było opracowanie, synteza oraz charakterystyka cieczy jonowych jako utwardzaczy, wielofunkcyjnych modyfikatorów i nośników wypełnienia dla żywic epoksydowych oraz kompozytów wzmocnionych włóknami....*”, a także 5 celów szczegółowych oraz 6 hipotez badawczych.

W rozdziale 3 Pan mgr inż. Dawid D. Zieliński omówił wyniki badań przedstawione w cyklu publikacji. Autor omówił syntezę i scharakteryzował ciecze jonowe bazujące na kationach pochodnych:

- 1,4-diazabicyklo[2.2.2]oktanu,
- urotropiny,
- aniliny
- imidazolu,

a także przeciwjonach przede wszystkim w formie anionu:

- dicyjanoamidowego,
- trifluorometanosulfonowego
- bis(trifluorometanosulfonylo)imidkowego.

w aspekcie zastosowania cieczy jonowych zarówno w formie czystej, jak również ich mieszanin, w obszarze żywic epoksydowych i ich kompozytów wzmacnianych włóknami.

W rozdziale 4 Doktorant prezentuje metody syntezy cieczy jonowych oraz ich mieszanin wraz z ich charakterystykami, jednocześnie wskazując ich ograniczenia. Charakteryzuje otrzymane związki metodą spektroskopii podczerwieni, a także pod względem termicznym skaningową kalorymetrią różnicową, a wyniki prezentuje w sposób bardzo przejrzysty i zrozumiały dla czytelnika. Opracowane związki, charakteryzuje pod kątem procesu utwardzania określając temperaturę początku i końca polimeryzacji oraz szczytu temperaturowego, który nieodzownie powiązany jest z czasem żelowania, istotnym dla procesu wytwarzania kompozytów konstrukcyjnych. Autor przytacza również wyniki wybranych badań mechanicznych, zarówno samych cieczy, jak i kompozytów. Całość pracy podsumowana została wnioskami.

Bibliografia obejmuje 96 pozycji, a których zdecydowana większość została opublikowana publikacje z ostatnich 10 lat. Najstarsza pozycja jest 2002 roku.

Podsumowując, recenzowana praca jest w mojej opinii przygotowana z dużą starannością. Autor w sposób przejrzysty prezentuje wyniki i osiągnięcia, jednocześnie

wskazując na pewne ograniczenia opracowanych związków i ich mieszanin, także w ujęciu wytwarzania kompozytów wzmacnianych tkaninami.

Ocena podjętej tematyki badawczej

Podjęta w pracy tematyka badawcza jest alternatywnym spojrzeniem na proces sieciowania żywic epoksydowych, również a może szczególnie w aspekcie zminimalizowania wpływu na środowisko. W literaturze można znaleźć wiele doniesień na temat stosowania cieczy jonowych w różnych obszarach, co też wykazał Doktorant. Ponadto są to związki, które przy wielu swoich ograniczeniach i wadach mogą mieć pozytywny wpływ na środowisko, co jednak zdeterminowane strukturą chemiczną, składem, a także obszarem stosowania i sposobu utylizacji.

Podsumowując, podjęta w niniejszej rozprawie tematyka jest ciekawym i nowym podejściem do opracowania innowacyjnych systemów utwardzania żywic epoksydowych, które jednocześnie pozwala na modyfikację wybranych charakterystyk. Proponowane rozwiązanie może mieć szeroki potencjał aplikacyjny, szczególnie w aspekcie zrównoważonego rozwoju. Autor dokonał szerokiego przeglądu literatury zarówno w prezentowanym resume cyklu publikacji jak i w oryginałach prezentowanych artykułów.

Zatem z punktu widzenia walorów naukowych oraz użytkowych należy jednoznacznie uznać, że tematyka przedłożonej do recenzji rozprawy doktorskiej jest ważna, stanowi ciekawą alternatywę do obecnie stosowanych systemów sieciowania i ma duży potencjał aplikacyjny. Spełnia ona wymagania, jakie są stawiane pracom doktorskim, które są realizowane w Dyscyplinie Nauki Chemiczne.

Analiza i ocena merytoryczna rozprawy

Na podstawie merytorycznej analizy zakresu jak i treści przedłożonej rozprawy należy jednoznacznie stwierdzić, że recenzowana dysertacja Pana mgr inż. Dawida D. Zielińskiego jest interesująca i wartościowa zarówno pod względem naukowym, jak również ma potencjał aplikacyjny.

Doktorant prawidłowo zrealizował założone zadania badawcze, zaplanował i przeprowadził szeroko zakrojone eksperymenty, które pozwoliły na osiągnięcie założonego celu. Autor w ramach prowadzonych prac opracował sposób syntezy proponowanych rozwiązań, dokonał analizy wpływu opracowanych związków na proces sieciowania żywicy, a także idąc dalej przeprowadził badania wytworzonych kompozytów wzmacnianych

włóknem węglowym i lnianym. Przyjęty program badań wymagał znajomości bardzo zróżnicowanych metod badawczych obejmujących obszar chemii, inżynierii materiałowej, a nawet w pewnym zakresie inżynierii mechanicznej. Doktorant wykazał się umiejętnością interpretacji i analizy uzyskanych wyników, co pozwoliło na zdefiniowanie bardzo konkretnych wniosków.

Recenzowana rozprawa została przygotowana z dużą starannością oraz poprawnie pod względem merytorycznym jak i językowym. Niemniej jednak kilka kwestii poruszonych w dysertacji budzi pewne zastrzeżenia i wątpliwości:

- Przeprowadzona analiza bibliograficzna przy użyciu VOSviewer nie jest do końca dla mnie jasna. Proszę o wyjaśnienie szczególnie doboru słów kluczowych oraz przyjętych ograniczeń.
- Dlaczego w przedstawionym na rys. 2 *Kalendarium osiągnięć w dziedzinie cieczy jonowych* historia kończy się na 2016 roku? W literaturze pojawiają się pozycje sugerujące nowe obszary aplikacji tych związków po 2016 roku.
- Myślę, że warto było zakończyć rozdział „Wprowadzenie” wnioskami z przeglądu literatury, co pozwoliłoby na płynne przejście do części badawczej i jednocześnie podkreśliłoby osiągnięcia Pana mgr inż. Dawida D. Zielińskiego. Uważam, też, że wprowadzenie rozdziału dotyczącego programu, planu badań porządkującego zawarte w artykułach wyniki, ułatwiłoby czytelnikowi poruszanie się po wskazanych pracach.
- W mojej ocenie w pracy powinien być doprecyzowany mechanizm utwardzania żywic epoksydowych.
- Dlaczego do badań wytypowano żywice epoksydowe np. Epidian 53, EnviPOXY 530, EnviPOXY 525, LH 289? Czy są to żywice o specjalnych właściwościach istotnych dla stosowania jako utwardzacza cieczy jonowych? Czy można wyniki badań uogólnić na wszystkie żywice epoksydowe?
- Moim zdaniem doprecyzowania wymaga też metodyka badań mechanicznych kompozytów dotycząca przygotowania próbek (proces wytwarzania, zachowania równoległości płaszczyzn, kondycjonowania itd.), podania warunków badania określonych w stosownych normach. Biorąc pod uwagę właściwości materiałów polimerowych i ich wrażliwość na temperaturę, prędkość badania ma to istotne znaczenie.
- W mojej ocenie wyniki pracy mają duży potencjał aplikacyjny, jednak ich wdrożenie do przemysłu wymaga jeszcze wielu badań dotyczących m.in. technologii wytwarzania kompozytów na osnowie żywic epoksydowych o różnej grubości, oddziaływania

środowiska eksploatacji, zmęczenia itd., Czy przewiduje się dalsze badania, albo może już nawet są przeprowadzone, tylko nie ujęte w pracy?

Wniosek końcowy

Należy podkreślić, że zawarte w mojej recenzji uwagi oraz sugestie nie wpływają na holistyczną ocenę rozprawy doktorskiej, która jest jednoznacznie pozytywna. Autor wykazał się wiedzą, umiejętnością planowania eksperymentu, realizacją badań naukowych, oraz rzetelną oceną i interpretacją uzyskanych wyników, co świadczy o predyspozycjach do prowadzenia prac naukowych przy jednoczesnym bardzo praktycznym podejściu do rozwiązywania problemów i zadań naukowych. Postawiony cel pracy został osiągnięty. W mojej ocenie ważnym aspektem recenzowanej pracy jest potencjalna możliwość aplikacji jej wyników do procesu wytwarzania kompozytów na osnowie żywic epoksydowych.

Podsumowując stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgra inż. Dawida D. Zielińskiego pt. „Badanie kierunków potencjalnego zastosowania cieczy jonowych w procesach wytwarzania i modyfikacji kompozytów epoksydowych oraz ocena ich właściwości”, spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy prawa (art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce) i może być dopuszczona do publicznej obrony.

