

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr inż. Rafała Łysowskiego

pt.: „Związki o strukturze typu perowskitu i spinelu zawierające w składzie żelazo i miedź do zastosowań w procesach CLC i CLOU”

Promotor: dr hab. Ewelina Ksepko, prof. uczelni

Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest praca doktorska pt. „Związki o strukturze typu perowskitu i spinelu zawierające w składzie żelazo i miedź do zastosowań w procesach CLC i CLOU”. Autorem pracy jest mgr inż. Rafał Łysowski ubiegający się o stopień doktora nauk technicznych przed Radą Dyscypliny Inżynieria Chemiczna Politechniki Wrocławskiej. Promotorem pracy doktorskiej jest dr hab. Ewelina Ksepko, prof. uczelni z Katedry Inżynierii i Technologii Procesów Chemicznych Wydziału Chemicznego Politechniki Wrocławskiej. Podstawą formalną opracowania recenzji jest pismo Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynieria Chemiczna prof. dr hab. inż. Izabeli Michalak z dnia 8 grudnia 2025 r.

Opis ogólny recenzowanej pracy doktorskiej:

Przedmiotowa rozprawa doktorska opiera się na trzech artykułach naukowych opublikowanych w czasopiśmie o uznanych reputacjach i wysokim wskaźniku oddziaływania – dwóch w Waste Management oraz jednym w Journal of Environmental Management –



Politechniki
Śląskiej

uzupełnionych wprowadzeniem do badanej problematyki. Monografia została przygotowana w konwencjonalnym układzie obejmującym wstęp teoretyczny, precyzyjne określenie celu i zakresu badań, szczegółowy opis materiałów i metodologii badawczej, pełny tekst publikacji wraz z syntetycznymi streszczeniami ułatwiającymi czytelnikom zrozumienie zakresu pracy, podsumowanie z konkluzjami, bibliografię oraz zwartą prezentację wyróżniającego się dorobku naukowego doktoranta.

Rozdziały pracy są dobrze skomponowane pod względem merytorycznym i zawierają istotne informacje na temat zarówno materiałów jak i procedur eksperymentalnych zastosowanych w badaniach. Opis metodyki wykazuje wewnętrzną spójność i logicznie nawiązuje do zawartych artykułów naukowych, których streszczenia łączą poszczególne etapy pracy. Pod względem redakcji praca spełnia ogólne standardy; stwierdzono jedynie pojedyncze niedociągnięcia o charakterze językowym, przede wszystkim dotyczące interpunkcji. Błędy te wydają się wynikać raczej z technicznych problemów przy transferze dokumentu między platformami edytorskimi. Układ graficzny i ogólne opracowanie wizualne rozprawy są właściwe i spójne.

Charakterystyka merytoryczna przygotowanej pracy

Praca poświęcona jest badaniom nad syntezą i charakteryzacją nowych materiałów perowskytowych i spinelowych zawierających żelazo i miedź, przeznaczonych jako nośniki tlenu w spalaniu w chemicznej pętli tlenkowej. Proces ten reprezentuje grupę czystych technologii węglowych, które poprzez dostarczenie stechiometrycznej ilości tlenu umożliwiają spalanie paliw z istotnym zmniejszeniem emisji. Wynikiem jest strumień spalin bogaty w dwutlenek węgla, podatny na sekwestrację, magazynowanie lub chemiczne wykorzystanie.

Wybór materiałów podyktowany był ich niskim oddziaływaniem środowiskowym oraz właściwościami fizykochemicznymi — stabilnością strukturalną i wysoką wytrzymałością mechaniczną. Doktorant postawił sobie zadanie zbadania możliwości syntezy tego typu związków

poprzez systematyczne modyfikacje składu chemicznego. Strategie badawcze obejmowały: (1) zwiększenie zawartości kationów miedzi w strukturze perowskytowej, (2) redukcję wakansów tlenowych mających na celu poprawę przenoszenia tlenu, (3) optymalizację właściwości mechanicznych i wydajności tlenkowej spineli poprzez zmianę składu chemicznego. Dodatkowym celem było określenie wpływu zmian w składzie pierwiastkowym na reaktywność materiałów wobec składników popiołu powstającego ze spalania paliw.

Do syntezy materiałów zastosowano mieszanie mechaniczne i kalcynację. Struktura krystaliczna i fazowa określana była za pomocą dyfraktometrii rentgenowskiej, morfologię obserwowano skaningowym mikroskopem elektronowym z dyspersją energii, zaś właściwości mechaniczne badano dynamometrycznie. Kluczową część badań stanowiła analiza termogravimetryczna, umożliwiająca charakteryzację zdolności przenoszenia tlenu, stabilności w cyklach redukcji–utleniania oraz zachowania materiałów podczas spalania paliw stałych (biomasa) i gazowych. W kolejnych etapach dokonano modyfikacji spineli przez doping magnezem, a perowskytów poprzez zastąpienie części żelaza miedzią i tytanem.

Doktorant przeprowadził syntezę i badania 15 materiałów jako potencjalnych stałych nośników tlenu, z czego 13 stanowiło nowe kompozycje wcześniej niebadane w tym zastosowaniu. Uzyskane perowskyt wykazały zwiększoną stabilność fizykochemiczną podczas wielokrotnych cykli redukcji–utleniania w temperaturze do 1000°C. Spinele domieszkowane magnezem wykazały poprawioną odporność na działanie popiołu pochodzącego z biomasy, zawierającego wysokie stężenia alkalicznych metali. Godna podkreślenia jest rzetelność doktoranta, który w swoim opracowaniu przedstawił zarówno osiągnięte sukcesy, jak i niepowodzenia oraz założenia niezrealizowane. Podejście takie świadczy o dojrzałości naukowej i etycznym podejściu do prezentacji wyników badań.

Uwagi szczegółowe

Praca napisana jest poprawnym językiem, choć nie jest wolna od pewnych drobnych niedociągnięć (literówki, interpunkcja, styl), ale jak wspomniałem już wcześniej sądzię,

że wynikają one raczej z technicznych problemów przy transferze dokumentu między platformami edytorskimi (łączenie niektórych wyrazów i brak spacji) i mają one marginalny charakter. Zasadnicza część pracy poświęcona realizacji postawionych celów badawczych jest bardzo mocną stroną pracy. W tym miejscu chciałbym zwrócić uwagę na kilka kwestii i zdać parę pytań:

1. strona 19, zacytowane zostały koszty syntezy stałych nośników tlenu podane w USD, jednakże nie podano informacji dla jakiej masy nośnika kwoty te zostały podane,
2. część z umieszczonych rysunków i grafik nie posiada informacji dotyczącej ich pochodzenia, czy wszystkie one zostały przygotowane przez autora?
3. strona 31, w jaki sposób były przygotowane granulki stałych nośników tlenu i czy były one poddawane analizie czy też były to ziarna uzyskane bezpośrednio po kalcynacji?
4. w artykule 1 (w jego streszczeniu) podano, że spektroskopię w podczerwieni z transformacją Fouriera wykorzystano celem potwierdzenia struktury typu spinelu dla otrzymanych materiałów – czy wykorzystywano do tego celu dodatkową transformację np. poprzez dekonwolucję?

Wnioski końcowe

Analiza przedstawionej pracy doktorskiej mgr inż. Rafała Łysowskiego pozwala na pozytywną ocenę jej wartości naukowej i praktycznej. Badania podejmują aktualne i znaczące zagadnienia z zakresu inżynierii chemicznej, zaś proponowana metodologia badawcza oraz zastosowane techniki analityczne demonstrują zaawansowaną wiedzę specjalistyczną doktoranta w omawianej dyscyplinie. Zakres pracy i sprecyzowany cel badawczy stanowią wyraźny dowód zdolności mgr inż. Rafała Łysowskiego do samodzielnego prowadzenia badań naukowych na poziomie doktorskim. Niniejsza rozprawa pt. „Związki o strukturze typu perowskitu i spinelu zawierające w składzie żelazo i miedź do zastosowań w procesach CLC i CLOU” w pełni odpowiada



Politechniki
Śląskiej

wymogom zawartym w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. poz. 1668 z późn. zm.). Praca zawiera istotne elementy nowości naukowej, wykazuje znaczący potencjał aplikacyjny oraz spełnia zarówno wymogi ustawowe, jak i standardy akademickie obowiązujące dla rozpraw doktorskich.

Na podstawie przeprowadzonej analizy rekomenduje się Radzie Dyscypliny Inżynieria Chemiczna Politechniki Wrocławskiej przyjęcie rozprawy doktorskiej oraz przystąpienie do dalszych etapów postępowania doktorskiego. Ponadto na podstawie wykazanej wysokiej jakości pracy rekomenduję o przyznanie wyróżnienia dla niniejszej rozprawy doktorskiej.

Marcin Sztybel