

prof. dr hab. Piotr M. Słomkiewicz
Instytut Chemii
Wydział Nauk Ścisłych i Przyrodniczych
Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr inż. Mateusza Lisa
pt. „*Struktura i własności porowatych pianek szklanych
modyfikowanych popiołami lotnymi*”
wykonanej pod kierunkiem Promotora dr hab. inż. Klaudiusza Gołombka, prof. PŚ
i Promotora pomocniczego dr inż. Piotra Sakiewicza
na Wydziale Mechanicznym Technologicznym
Politechniki Śląskiej w Gliwicach

1. Podstawa prawna recenzji.

Podstawą wykonania recenzji było wyznaczenie mnie na recenzenta uchwałą Rady Dyscypliny *Inżynierii Materiałowej* Politechniki Śląskiej w Gliwicach (RDIMa.512.18.2024) z dnia 22 października 2024 r.

2. Ogólna charakterystyka rozprawy

Rozprawa doktorska Pana mgr inż. Mateusza Lisa pt. „Struktura i własności porowatych pianek szklanych modyfikowanych popiołami lotnymi” została przygotowana w formie 227 stronicowego opracowania.

Badania w niniejszej pracy w znacznej części zostały wykonane ze wsparciem projektu badawczego: „Optymalizacja procesu spalania i waloryzacja ubocznych produktów spalania dla wypełnienia założeń gospodarki o obiegu zamkniętym, UPS-Plus” (www.ccf.polsl.pl) finansowanym przez Fundację na Rzecz Nauki Polskiej w programie TEAM-TECH Core Facility (POIR.04.04.00-00-31B4/17-00).

Rozprawa doktorska składa się z 9 głównych rozdziałów: wstępu, części literaturowej, celu i hipotezy, części doświadczalnej i wniosków. Na końcu opracowania zamieszczono spis literatury oraz streszczenie w języku polskim i angielskim i trzy załączniki z wynikami pomiarów.

Przegląd literatury obejmuje 71 stron tekstu. Cel i hipotezy oraz opis części doświadczalnej i wyniki badań i wnioski zajmują 86 stron. Na zakończeniu rozprawy znajduje się spis literatury, gdzie zacytowano 441 pozycji, głównie zagranicznych. Większość cytowanych prac zostało opublikowanych w ostatnich latach.

Uwzględniając te dane, stwierdzam, że proporcje pomiędzy częścią literaturową i eksperymentalną są zgodne z przyjętymi zasadami redagowania rozpraw doktorskich.

Biuro Dziekana

3. Ocena szczegółowa rozprawy

We wstępie pracy wskazano konieczność rozwiązywania problemów z wykorzystaniem materiałów odpadowych, pochodzących z recyklingu, traktowanych, jako surowce do wykorzystania w nowo opracowanych technologiach. Także we wstępie sformułowano cel pracy polegający na przeprowadzeniu badań nad strukturą i własnościami porowatych pianek szklanych wytwarzanych z pochodzących z recyklingu materiałowego odpadów szklanych oraz ubocznych produktów spalania - popiołów lotnych.

Część rozprawy dotyczącą przeglądu literatury została podzielona na cztery rozdziały

W pierwszym rozdziale przeglądu literaturowego omówiono modele wykorzystania surowców naturalnych w obiegu gospodarczym oraz rolę inżynierii materiałowej w tworzeniu nowych technologii w tym obiegu.

Drugi rozdział jest poświęcony szkłu, jako materiałowi surowcowemu do wytwarzania szkła spienionego. Omówiono w nim następujące zagadnienia: właściwości fizykochemiczne różnych rodzajów szkieł, strukturę i właściwości szkieł krzemianowych, metody ich wytwarzania oraz recycling.

W trzecim rozdziale zamieszczono charakterystykę, podział, strukturę i właściwości materiałów porowatych, zwracając szczególną uwagę na strukturę i właściwości szkieł spienionych oraz procesy i technologie wytwarzania szkieł spienionych.

Procesy konwersji termicznej surowców i materiałów opisano w rozdziale czwartym. W podsumowaniu na podstawie przeglądu literatury stwierdzono, że brakuje informacji o szczegółowych założeniach technologii wytwarzania szkieł spienionych i sformułowano następującą tezę badawczą: *Dodatek sfunkcjonalizowanych popiołów lotnych do pochodzących z recyklingu materiałowego odpadów szklanych pozwala kształtować strukturę i umożliwić optymalizację własności użytkowych porowatych pianek szklanych przez odpowiedni dobór parametrów i procesów przetwórczych.*

W rozdziale zatytułowanym *Wyniki badań i ich omówienie* przedstawiono tezę, która pozwoliła na sformułowanie celów pracy doktorskiej, tj.:

- *celem naukowym pracy jest zbadanie struktury i własności porowatych pianek szklanych wytwarzanych z pochodzących z recyklingu materiałowego odpadów szklanych oraz ubocznych produktów spalania - popiołów lotnych;*
- *celem użytecznym pracy, w myśl koncepcji Gospodarki o Obiegu Zamkniętym, jest optymalizacja technologii otrzymywania nowo opracowanych materiałów porowatych - szkieł spienionych, wytworzonych z materiałów odpadowych - stłuczki szklanej i po procesowych odpadów energetycznych - popiołów lotnych, co może stanowić realną*

odpowiedź na użyteczne zastosowanie materiałów, zgodnie z koncepcją 9R - etap 8: recykling, w wyniku działań zmierzających w kierunku identyfikacji, sortowania i przetwarzania odpadów, w celu ich konwersji dla kolejnych cykli produkcyjnych.

W tym rozdziale także opisano i scharakteryzowano materiały użyte do badań.

Do wytworzenia szkieletu szkieł spienionych wykorzystano zmielony odpad szklany typu float, także popioły lotne pochodzące ze spalania biomasy oraz popioły wtórne otrzymane w wyniku obróbki cieplnej w temperaturach 500-800⁰C, frakcji przesianej przez sito 45µm; 100µm; 200µm i 500µm. Jako lepiszcza tych materiałów użyto gliceryny.

Skład chemiczny proszku szklanego określono metodami: spektrometrii dyspersji energii promieniowania rentgenowskiego (EDS), spektrometrii fluorescencji rentgenowskiej z dyspersją długości fali (WD-XRF) i proszkowej dyfrakcji rentgenowskiej (XRD), Do zobrazowania morfologii proszku szklanego użyto mikroskopii elektronowej, a jego zakresy przemian fazowych wyznaczono za pomocą technik symultanicznej analizy termicznej (STA) i mikroskopii wysokotemperaturowej (MWT).

Skład chemiczny popiołów lotnych określono metodami: spektrometrii dyspersji energii promieniowania rentgenowskiego (EDS), spektrometrii fluorescencji rentgenowskiej z dyspersją długości fali (WD-XRF) i proszkowej dyfrakcji rentgenowskiej (XRD), Do zobrazowania morfologii popiołów lotnych użyto mikroskopii elektronowej. Zakresy przemian fazowych wyznaczono za pomocą technik symultanicznej analizy termicznej (STA) i mikroskopii wysokotemperaturowej (MWT). Oznaczono straty prażenia.

Te badania posłużyły do uściślenia receptur wytwarzania szkieł spienionych polegających na dobraniu dla celów określenia wpływu zmiany lepkości szkła na strukturę porowatą i wybrane własności fizyczne szkieł spienionych, maksymalnych temperatur wygrzewania: 750, 800 oraz 850⁰C, szybkości nagrzewania wynosząca 10⁰C/min, czasu wygrzewania 30 min, oraz składu mieszanin proszku szklanego, popiołu lotnego i gliceryny, w proporcjach (98/1/1%; 96/3/1%; 94/5/1%; 91/8/1%; 89/10/1%). Wytypowane mieszaniny komponentów (proszku szklanego, popiołu lotnego i gliceryny) poddano analizie w celu określenia wpływu ilości popiołu lotnego na wybrane własności wytworzonych materiałów oraz wyznaczenie maksymalnej temperatury obróbki cieplnej.

Wykonano analizę własności wytworzonych szkieł spienionych polegającą na oznaczeniu gęstości rzeczywistej, pozornej oraz porowatości całkowitej dla wytworzonych szkieł spienionych i oznaczono ich skład fazowy. Wykonano także analizę struktury szkieł spienionych za pomocą mikroskopii stereoskopowej, skaningowej mikroskopii elektronowej, wysokorozdzielczego transmisyjnego mikroskopu elektronowego oraz tomografii

komputerowej. Zbadano wytrzymałość na ściskanie dla wytworzonych szkieł spienionych i wyznaczono dyfuzyjność cieplną i wartości współczynnika przewodzenia ciepła.

Najważniejsze wnioski, jakie wynikają z badań przedstawionych w rozprawie doktorskiej, to udowodnienie możliwości stosowania popiołu lotnego z biomasowych odpadów drewnopochodnych i z odpadów szklanych pochodzących z recyklingu materiałowego do wytwarzania szkieł spienionych o jednorodnej strukturze porowatej. Także udowodniono, że jest możliwe kształtowanie struktury wytworzonych porowatych pianek szklanych, poprzez dobór udziału masowego popiołu lotnego, jako środka porotwórczego.

Uwagi do merytorycznej strony rozprawy doktorskiej

Obowiązkiem recenzenta jest również wskazanie pewnych niedokładności, błędnych sformułowań, niejasności i błędów czy też fragmentów polemicznych. W treści rozprawy doktorskiej można się doszukać elementów budzących pewne wątpliwości, należy jednak dodać, iż jest ich niewiele i nie zmniejszają wartości i istoty prezentowanych wyników oraz mojej pozytywnej oceny recenzowanej pracy.

Uwagi edycyjne to przykładowo:

1. Brak zestawienia wszystkich skrótowych oznaczeń próbek. Wprawdzie te informacje umieszczono w kilku miejscach w tekście, ale ich odszukanie bardzo utrudnia analizę rozprawy.
2. *Material C Zastosowana gliceryna (Anvit) cechowała się czystością na poziomie 99,5%, miała charakter gęstej cieczy i była pochodzenia roślinnego. Pełniła funkcję lepiszcza oraz środka spieniającego. Gliceryna lub inaczej glicerol jest organicznym związkiem chemicznym, który należy do grupy cukroli, czyli alkoholi cukrowych. Jest zarazem najprostszym trwałym alkoholem trójwodorotlenowym.*

Sądzę, że lepiej i prościej można byłoby napisać:

Zastosowano glicerynę (3-propanotriol) firmy Anvit o czystości 99,5%, która pełniła funkcję lepiszcza oraz środka spieniającego.

Uwagi końcowe

Analizując treść pracy, opis wyników i wnioski należy stwierdzić, że cele badań zostały osiągnięte i udokumentowane wynikami badań. Tym samym założone hipotezy badawcze zostały udowodnione. Podsumowując należy podkreślić, że przeanalizowano wiele prób i wykonano odpowiednie oznaczenia analityczne z wykorzystaniem nowych technik

pomiarowych. Dokonano opisu wyników, uzupełniając go rysunkami i tabelami oraz właściwie je zinterpretowano.

Rozprawa jest zredagowana z zachowaniem nomenklatury stosowanej w pracach naukowych. Uważam, że rozprawa doktorska Pana mgr inż. Mateusza Lisa jest dziełem o istotnych walorach zarówno poznawczych jak i aplikacyjnych. Po zapoznaniu się z treścią rozprawy twierdzę, że zgromadzenie bogatego materiału doświadczalnego wymagało dużego nakładu pracy. Z materiału zawartego w rozprawie wynika, że prace prowadzone były konsekwentnie i obejmowały wiele etapów. Z całym przekonaniem mogę stwierdzić, że przeprowadzone i przedstawione w pracy badania poszerzają wiedzę w zakresie otrzymywania oraz charakterystyki szkieł spienionych, a recenzowana rozprawa doktorska Pana mgr inż. Mateusza Lisa posiada elementy nowości.

Wniosek końcowy

Uznając walory merytoryczne ocenianej rozprawy, jako spełniające formalne i zwyczajowe wymagania stawiane dysertacjom doktorskim stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Mateusza Lisa spełnia warunki określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 roku prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2018 r. tekst jednolity art. 186, 187) i Obwieszczenia Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 10 marca 2023 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z dnia 20 kwietnia 2023 r. Poz. 742) i wnioskuję do Rady Dyscypliny *Inżynieria Materiałowa* Politechniki Śląskiej w Gliwicach o dopuszczenie Pana mgr inż. Mateusza Lisa do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora.

Ja, niżej podpisany wnioskuję o wyróżnienie rozprawy doktorskiej.



Kielce, 3.11.2024r

data sporządzenia recenzji

podpis recenzenta