

Dr hab. inż. Marcin Lutyński, prof. PŚ
Katedra Geoinżynierii i Eksploatacji Surowców
Wydział Górnictwa, Inżynierii Bezpieczeństwa
i Automatyki Przemysłowej
Politechnika Śląska, Gliwice

RECENZJA

pracy doktorskiej mgr inż. Rafała Gąsiora

**pt.: „Analiza możliwości wykorzystania węgla niskoenergetycznych i odpadów w procesie
współgazowania”**

1. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest praca doktorska pt.: „Analiza możliwości wykorzystania węgla niskoenergetycznych i odpadów w procesie współgazowania”. Autorem pracy jest mgr inż. Rafał Gąsior ubiegający się o stopień doktora nauk technicznych przed Radą Naukową Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach. Promotorem pracy doktorskiej jest Prof. dr hab. Adam Smoliński, a promotorem pomocniczym Dr inż. Karolina Wojtacha-Rychter.

Podstawą formalną opracowania recenzji jest pismo nr NSR/278/2021 Dyrektora Głównego Instytutu Górnictwa z dnia 8 listopada 2021 roku.

2. Ogólna charakterystyka recenzowanej pracy

Recenzowana praca liczy, wraz ze spisem literatury, 110 stron. Praca składa się z pięciu zasadniczych rozdziałów tj. wprowadzenia, celu naukowego i użytecznego pracy, części poświęconej przeglądowi literaturowemu, części badawczej, podsumowania i wniosków oraz spisu literatury. Na końcu pracy umieszczono spis tabel i rysunków. Spis literatury liczy 104 pozycje, z czego 49 (45%) pozycji wydanych zostało w okresie ostatnich 5 lat.

Pierwszy rozdział pracy stanowi Wprowadzenie, w którym Doktorant uzasadnił cel podjęcia przedmiotowych badań. Jako główny cel pracy obrano określenie parametrów procesu współgazowania wybranych węgla niskoenergetycznych, mułów oraz flotokoncentratów uzyskanych

w procesie produkcyjnym w trakcie wzbogacania węgla i odpadów przetworzonych na paliwa alternatywne (RDF). Celem utylitarnym pracy było natomiast wskazanie, iż możliwe jest wykorzystanie wybranych węgli oraz odpadów w procesie współzgaszania, które to zgaszanie ukierunkowanie jest na pozyskanie gazu bogatego w wodór. W pracy nie postawiono jasnej tezy badawczej ani nie przedstawiono hipotez badawczych. W przypadku pracy doktorskiej, która w opiera się głównie na badaniach laboratoryjnych brak taki można uznać za pewne niedociągnięcie.

W części literaturowej pracy Doktorant zwięźle opisał podstawową charakterystykę węgla kamiennego i problematykę Czystych Technologii Węglowych w konwencjonalnym ujęciu tj. jako element wzbogacania węgla. Kolejno przedstawił charakterystykę paliw alternatywnych typu RDF oraz scharakteryzował wodór jako czysty nośnik energii. W kolejnym podrozdziale Doktorant opisał technologie zgaszania poczynając od przedwojennych patentów, a kończąc na obecnie stosowanych komercyjnych technologiach. W podrozdziale tym Doktorant dokonał także przeglądu literatury dotyczącej procesu i warunków zgaszania węgla niskiej jakości i odpadów, a także współzgaszania tych materiałów.

Rozdział czwarty pracy dotyczy możliwości wykorzystania węgla niskoenergetycznych w procesie zgaszania. Zawiera opis metodyki badawczej, stanowisk badawczych, szczegółową charakterystykę fizykochemiczną próbek użytych oraz wyniki badań. W pierwszym etapie Doktorant dokonał analizy hydrotermalnej upłynniania trzech próbek węgla kamiennych. Następnie wykonał badania reaktywności próbek 10-ciu próbek węglowych (w tym dwóch flotokonzentratów) i jednego materiału RDF. W kolejnym podrozdziale przedstawił wyniki zgaszania i współzgaszania węgla oraz flotokonzentratów i RDF w reaktorze ze złożem stałym. Analiza uzyskanych wyników została przeprowadzona przy użyciu metody skupień czyli grupowania hierarchicznego (HSA - hierarchical clustering analysis), które zostały uzupełnione o wyniki badania składu tlenkowego popiołów. Na końcu rozdziału czwartego Doktorant przedstawił "model", który *de facto* jest prostym algorytmem procesu współzgaszania.

Praca kończy się krótkim podsumowaniem i wnioskami.

Analizując cel pracy oraz postawiony problem badawczy uważam, że przyjęty temat pracy doktorskiej jest ciekawy, a rozważane w niej zagadnienia mają znaczenie istotne z punktu widzenia naukowego, ale przede wszystkim praktycznego, biorąc pod uwagę obecne uwarunkowania polityki energetycznej i górnictwa węgla kamiennego, które ukierunkowane są na pozyskanie wodoru jako nośnika energii.

3. Merytoryczna ocena pracy

Temat podjęty w pracy doktorskiej dotyczy problemu współzgazowania węgla, w szczególności węgla niskiej jakości, z odpadami typu RDF. Zagadnienie to jest istotne z dwóch powodów. Po pierwsze, umożliwia wykorzystanie niskiej jakości węgla, którego sprzedaż obecnie jest coraz trudniejsza, jednocześnie pozwalając na wykorzystanie paliw alternatywnych RDF i odpadów węglowych zdeponowanych w osadnikach. Tym samym technologia ta pozwala na ograniczenie składowania odpadów. Po drugie, technologia zgazowania pozwala na uzyskanie gazu bogatego w wodór, którego produkcja możliwa jest obecnie głównie w oparciu o paliwa kopalne. Technologie zgazowania wraz z instalacjami CCS lub CCU pozwolą na produkcję "szarego" wodoru, który może stać się pomostem do rozwinięcia technologii wodorowych i w przyszłości będzie zastąpiony przez wodór zielony.

Doktorant podjął się więc istotnego problemu, który szczególnie na Górnym Śląsku, jest wart rozwijania i dalszych prac rozwojowych w większej skali. Praca jest jednak jedynie wstępnym studium możliwości wykorzystania tych materiałów i pozwala odpowiedzieć na podstawowe pytania jakie związane są z tą technologią. Doktorant wykazał się znajomością podstawowych technik analitycznych takich jak analiza termogravimetryczna i interpretacja uzyskanych danych. Wykorzystanie techniki grupowania hierarchicznego pozwala na spojrzenie na ten problem z szerszej perspektywy, mimo tego nie w pełni odpowiada na pytanie czy materiały poddane badaniom będą możliwe do zastosowania w komercyjnych technologiach. Niemniej jednak, struktura pracy oraz zastosowana procedura badawcza pozwalają stwierdzić, że Doktorant opanował umiejętność prowadzenia badań naukowych i pomimo skrótowej dyskusji uzyskanych wyników, **poziom merytoryczny pracy oceniam pozytywnie.**

4. Uwagi szczegółowe

Pomimo pozytywnie ocenianej rozprawy doktorskiej mam kilka uwag i pytań do przedstawionych treści pracy:

1. Praca powinna posiadać bardziej rozbudowaną dyskusję wyników. Odnosi się to szczególnie do podrozdziału dotyczącego badań reaktywności materiałów oraz hydrotermalnego upłynnienia węgla. Czy próbki P1, P2 i P3 użyte do badań upłynnienia węgla są takie same jak użyte do badań reaktywności? W jakim stanie były próbki użyte do badań upłynnienia? Roboczym czy

analitycznym? Jeśli w stanie roboczym to w jakim stopniu zawartość wilgoci może wpłynąć na stosunek mieszania próbek z wodą dla próbek o dużej zawartości wilgoci?

2. Dobór próbek do badań określanych jako węgle niskoenergetyczne jest dyskusyjny. Wartość opałowa określona w pracy jako "wstępna" dla pięciu próbek jest powyżej 29 MJ/kg, a taki węgiel nie można nazwać niskoenergetycznym.
3. Określenie "wstępna wartość opałowa" jest nieprawidłowe. Czy chodzi tutaj o stan roboczy? W pracy brak jest charakterystyki próbek w stanie roboczym.
4. Pomiędzy tabelą 4.3 a tabelą 4.4 widać dużą różnicę pomiędzy "wstępną" wartością opałową a wartością opałową w stanie analitycznym dla próbek P3.1, P4.1, P5.1, P5.2, P6.1. Należy spodziewać się, że wynika to z dużej zawartości wilgoci próbek. Czy nie wpływa to na sposób przygotowania próbek co opisano w rozdziale dotyczącym upłynniania, gdzie próbki miesza się z wodą w odpowiednim stosunku?
5. Niektóre termogramy na rys. 4.8 pod koniec procesu ogrzewania do 800°C nie są wyfłaszczone wskazując na niepełne odgazowanie próbki. Proszę o szerszy opis tego zjawiska.
6. Czy uzyskane wyniki, szczególnie jeśli chodzi o temperaturę topliwości popiołu, pozwalają na zastosowanie użytych materiałów i mieszanek w komercyjnych technologiach zgazowania jak np. technologia firmy SES?
7. Tytuł podrozdziału 4.6 jest niewłaściwy i nie odpowiada treści. Nie zaproponowano modelu lecz algorytm. Zaproponowana procedura jest procedurą postępowania i na wyrost nazwana jest modelem.
8. W pracy widać pewne błędy stylistyczne (np. rozpoczynanie zdania od spójnika "oraz" lub zdania bez podmiotu).

Wątpliwości te winny być wyjaśnione przed dalszym publikowaniem wyników pracy.

9. Wniosek końcowy

Przedstawione powyżej uwagi krytyczne nie umniejszają wartości recenzowanej pracy doktorskiej, która posiada duże walory poznawcze. Uzyskane wyniki i wysnute wnioski mogą mieć też duże znaczenie praktyczne podczas rozwoju technologii zgazowania.

Podsumowując stwierdzam, że rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Doktorant wykazał się umiejętnością formułowania problemów naukowych, prowadzenia badań oraz dokonywania analiz wyników. Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska dotyczy dyscypliny naukowej górnictwo i geologia inżynierska (obecnie: inżynieria

środowiska, górnictwo i energetyka), stanowi samodzielne rozwiązanie problemu, a Doktorant wykazał się dobrym poziomem wiedzy teoretycznej.

Stwierdzam, że praca doktorska mgr inż. Rafała Gąsiora „Analiza możliwości wykorzystania węgla niskoenergetycznych i odpadów w procesie współgazowania” w pełni odpowiada warunkom określonym w art. 13 ustęp 1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2016 r. poz. 882) i wnoszę o dopuszczenie jej przez Radę Naukową Głównego Instytut Górnictwa do publicznej obrony.

Gliwice 10.12.2021

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Rafał Gąsior', is written over the date. The signature is fluid and cursive.