

Recenzja rozprawy doktorskiej pt. "Sustainable conversion of strategic industrial wastes and biomass into activated carbons for CO₂ capture: mechanisms, material design, and adsorption performance" autorstwa BARTOSZA DZIEJARSKIEGO, Politechnika Wrocławska

Teresa J. Bandosz, Ph.D., D.Sci.
Distinguished Professor of Chemistry
The City College of New York
City University of New York

Jak wspomniano na początku niniejszej pracy, jej treść ogranicza się do wyników opublikowanych w czterech artykułach oznaczonych jako Artykuł 1, Artykuł 2, Artykuł 3 i Artykuł 4. Chociaż artykuły te nie zostały uwzględnione w Załączniku, wskazano ich dokładną lokalizację w literaturze. Wybrane artykuły szczegółowo analizują wpływ różnych soli potasu i warunków aktywacji na rozwój porowatości węgla aktywnych pochodzących z materiałów odpadowych. Są to zrębki drzewne, sadza odzyskana z opon oraz grafit odzyskany z baterii litowo-jonowych. Celem jest wykorzystanie tych materiałów do wychwytywania CO₂, co ma przyczynić się do zrównoważonego rozwoju środowiska.

Podsumowanie ogólne:

1. Praca ma logiczny układ, a wyniki podsumowano w tabelach.
2. Chociaż aktywacja wodorotlenkiem potasu jest dobrze znaną i sprawdzoną metodą uzyskiwania chemicznie aktywowanego węgla o dużej porowatości z biomasy, aktywacja odzyskanej sadzy i grafitu niesie ze sobą pewne aspekty nowości.
3. Ponowne wykorzystywanie materiałów odpadowych w celu ochrony środowiska przyczynia się do rozwoju gospodarki o obiegu zamkniętym.
4. Różnice w mechanizmach aktywacji nie tylko pomiędzy stosowanymi solami, ale także pomiędzy alotropami węgla stanowią cenny wkład w naukę.
5. Wykresy i schematy są bardzo szczegółowe i jasno przedstawiają zamierzone informacje (z pewnymi wyjątkami, patrz poniżej).
6. Kandydat zebrał wiele danych eksperymentalnych, w oparciu o które opracował i przedstawił obszerne wprowadzenie do omawianej tematyki.

Sugestie/pytania

1. Praca mogłaby zostać wzbogacona o kilka wykresów podsumowujących wyniki dla próbek z różnych kategorii materiałów. Porównanie w pracy jest przedstawione jedynie w sposób dość ogólny i opisowy.

2. Powiązanie adsorpcji CO₂ z obecnością grup tlenowych wymaga wyjaśnienia. Jaki jest mechanizm? Adsorpcja specyficzna czy fizyczna? W publikacjach wspomniano o pewnych specyficznych oddziaływaniach, gdzie Q_{st} oznacza oddziaływania słabe. CO₂ jest niepolarny.
3. Wpływ porowatości na stopień adsorpcji CO₂ został omówiony oddzielnie dla każdej z dwóch serii węgla wykorzystanych w badaniach. Brakuje jednak zbiorczego zestawienia i powiązania wyników uzyskanych dla obu grup materiałów. Warto przedstawić wspólną analizę zależności ilości zaadsorbowanego CO₂ od parametrów struktury porowatej, przynajmniej od objętości mikroporów, z wykorzystaniem wszystkich zgromadzonych danych. Dzięki temu możliwe byłoby pełniejsze wykazanie wpływu właściwości porowatej struktury na zdolność adsorpcyjną badanych materiałów.
4. Główny problem dotyczy rozkładów wielkości porów (PSD). Wskazano, że zostały one wyznaczone z wykorzystaniem modelu 2D-DFT, jednak przedstawione wyniki sugerują, że nie zastosowano odpowiedniej procedury regularyzacji (wygładzania). W przypadku materiałów węglowych uzyskanie tak dużej liczby wyraźnie rozróżnialnych rozmiarów porów jest mało prawdopodobne. Prawidłowo wyznaczone rozkłady PSD, po zastosowaniu odpowiedniego wygładzenia, mają zazwyczaj charakter dwu- lub trójmodalny.
5. W samej rozprawie należałoby umieścić więcej odnośników do uzyskanych wyników. Całkowicie brakuje cytatów. Nawet jeśli znajdują się one w artykułach 1-4, ich wykorzystanie pomogłoby umieścić wyniki w kontekście tych już opublikowanych.
6. Jak siarka w oponach wpływa na mechanizm pirolizy/wydajność w procesie adsorpcji CO₂?
7. Oczywiście jest, że adsorpcja CO₂ nie była badana dla próbek otrzymanych ze wszystkich prekursorów. Zagadnienie to zostało omówione jedynie w publikacjach 1 i 2, dlatego odpowiednio należy skorygować schematy przedstawione w rozprawie. W obecnej formie sugerują one, że badania adsorpcji CO₂ przeprowadzono dla wszystkich próbek.
8. Sposób dekonwolucji widm XPS zastosowany w publikacjach 1 i 4 znacząco się różni. Na jakiej podstawie dokonano dekonwolucji na tak dużą liczbę składowych, w szczególności rozróżnienia pomiędzy grupami C–O i C–OH w widmach C1s?
9. W rozprawie wskazano, że proces aktywacji modyfikuje grupy funkcyjne na powierzchni materiałów. Jaki jest mechanizm odpowiedzialny za te zmiany?
10. Wnioski mogłyby zostać bardziej rozbudowane i wyraźniej podkreślać nowatorski charakter przeprowadzonych badań. Przykładowo stwierdzenie: „Ta zmienność została przypisana różnicom w organizacji strukturalnej szkieletu węglowego oraz wynikającej z niej dostępności reaktywnych domen węglowych” (“This variation was attributed to

differences in the structural organization of the carbon framework and the resulting accessibility of reactive carbon domain”) jest bardzo ogólne. Rozprawa zyskałaby na wartości, gdyby przedstawiono bardziej szczegółową interpretację tych zależności oraz powiązano wyniki uzyskane dla wszystkich badanych materiałów aktywowanych.

11. W rozprawie stwierdzono, że „materiały węglowe otrzymane z biomasy osiągnęły najwyższą pojemność adsorpcji CO₂ przy niskich ciśnieniach dzięki dużemu udziałowi porów o rozmiarach poniżej 1 nm” (“Biomass-derived carbons achieved the highest low-pressure CO₂ capacities due to dense sub-nanometer pores”). Tymczasem analiza ultramikroporów nie została przedstawiona w żadnej z publikacji, co wymaga wyjaśnienia lub odpowiedniego doprecyzowania tego wniosku.

Wniosek końcowy:

Zgodnie z art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tekst jednolity: Dz.U. z 2024 r., poz. 1571, z późn. zm.) stwierdzam, że rozprawa doktorska potwierdza posiadanie przez Kandydata zaawansowanej wiedzy teoretycznej i praktycznej w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka oraz umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Ponadto, zgodnie z art. 187 ust. 2 ww. ustawy, rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego dotyczącego zrównoważonego przekształcania strategicznych odpadów przemysłowych i biomasy w węgle aktywne przeznaczone do wychwytywania CO₂, podejmując zagadnienie o istotnym znaczeniu środowiskowym, gospodarczym i społecznym.

Stwierdzam, że rozprawa stanowi samodzielne i oryginalne opracowanie problemu naukowego dotyczącego przekształcania odpadów oraz wychwytywania CO₂. Autor wykazał się rozległą wiedzą oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia badań naukowych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

W świetle przedstawionej oceny stwierdzam, że rozprawa spełnia wymagania określone w ustawie – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. W związku z powyższym wnoszę o przyjęcie rozprawy oraz dopuszczenie Pana Bartosza Dziejarskiego do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora.

Mając na uwadze szeroki zakres przeprowadzonych badań przedstawionych w rozprawie, dorobek publikacyjny Autora oraz jego umiejętność analizy oryginalnych danych naukowych i samodzielnego prowadzenia badań, wnoszę o wyróżnienie rozprawy doktorskiej, zgodnie z obowiązującymi przepisami, pod warunkiem pomyślnego przebiegu jej publicznej obrony.

Nowy Jork, NY, 20.07.2026