

Prof. dr hab. inż. Halina Pawlak Kruczek
Katedra Inżynierii Konwersji Energii
Politechniki Wrocławskiej
50-370 Wrocław, Poland
Tel 00713203942

Wrocław , 2021-12 14

RECENZJA
ROZPRAWY HABILITACYJNEJ
ORAZ OCENA DOROBKU NAUKOWEGO

dr inż. Anny Pajdak

Podstawa opracowania recenzji

Podstawa opracowania recenzji

Niniejszą recenzję opracowałam na zlecenie Rady Naukowej Głównego Instytutu Górnictwa z dnia 8 października 2021 roku (znak: NSR/272/2021).

Przedmiotem recenzji są osiągnięcia i dorobek naukowy przedstawiony w postaci Cyklu dziewięciu publikacji o wspólnej tematyce:

„Badanie zjawisk sorpcji i transportu gazu w przestrzeni porowej skał na podstawie ich charakterystyki strukturalnej”

oraz opisu i spisu innych tematycznie publikacji i działalności organizacyjnej i dydaktycznej..

Recenzję sporządziłem na podstawie przedstawionych przez Habilitantkę następujących dokumentów:

- autoreferatu,
- dziewięciu publikacji jednotematycznych stanowiących przedmiot osiągnięcia naukowego,
- spis publikacji w okresie przed i po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych odpowiednio w liczbie 40.
- spis udziału w grantach badawczych w liczbie 8 oraz opis współpracy z przemysłem KGHM oraz działalność w międzynarodowych i krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych
- -wystąpienia na krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych
- Opis działalności wynalazczej i uzyskane nagrody (2-a nagrodzone wynalazki) .

- sumaryczny wskaźnik dokonań naukowych habilitantki wg Web of science w oparciu o publikacje i cytowania mierzony indeksem Hirsch (7)

2. Podstawowe dane o kandydacie

Dr inż. Anna Pajdak ukończyła studia na Wydziale Inżynierii i Ochrony Środowiska Politechniki Częstochowskiej gdzie uzyskała stopień mgr na podstawie pracy pt.: „Dyskusja różniczkowego równania ustalonego ruchu wolnozmiennego w korytach otwartych”.

Kolejno ukończyła studia podyplomowe na Politechnice Śląskiej, na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki, 10.2007 –12.2008 i wykonała „Audyt energetyczny ‘ i dla sześciu bloków mieszkalnych Spółdzielni Mieszkańców Osiedla "Słoneczne" w Piekoszowie” .

W roku 210 rozpoczęła studia doktoranckie w dyscyplinie inżynieria środowiska na Politechnice Częstochowskiej- Wydziale Inżynierii Środowiska i Biotechnologii, (10.2010-09.2015). Stopień naukowy: doktora nauk technicznych w dyscyplinie: technologia chemiczna, uzyskała w AGH w Krakowie, 17.12.2015 w oparciu o rozprawę doktorską pt.: „Modyfikowane związki sodowe w usuwaniu zanieczyszczeń typu kwasowego z gazów odlotowych”

Głównym tematem badań i zainteresowań naukowych kandydatki były i są ,w okresie po uzyskaniu stopnia doktora, badania i analizy dotyczące materiałów porowatych w tym dolomitu oraz węgla. Badania w większej części realizowała eksperymentalnie stosując zaawansowane metody pomiarowe i analityczne. Badania charakteryzujące właściwości strukturalne i teksturę ciał porowatych prowadziła zaawansowanymi metodami pomiarowymi takimi jak: Mikroskopii MS, mikro tomografii rentgenowskiej Micro-CT, porozymetri rtęciowej i sorpcji gazowej.

Większość zaprezentowanych prac z okresu lat 2017-2020 przedstawiała szczegółowe badania porowatości, rozkładu por, wielkości powierzchni i objętości por w podziale na, mikro mezo i makro pory i ich rolę w sorpcji różnych gazów w tym CO₂ , CH₄.

W szczególności opracowano metodę oceny udział por zamkniętych i otwartych w całkowitej porowatości materiałów. (dolomit).

Wiedza w zakresie wielkości charakteryzujących strukturę porowatą materiałów jest niezbędna do rozpoznania zjawisk i czynników związanych z obecnością gazów w ich strukturze porowej, przebiegiem procesów transportu i lokowania cząsteczek gazu na ich powierzchni. Umożliwia ponadto ocenę potencjalnej możliwości zastosowania materiałów porowatych w kontekście akumulacji w nich gazów w tym CO₂ CH₄ i ew. innych.

2. Ocena osiągnięcia naukowego

Habilitantka przedstawiła dorobek naukowy w postaci 9-u publikacji składających się na jej istotne osiągnięcia naukowe i stanowiące podstawę do uzyskania tytułu doktora habilitowanego. Publikacje mieszczą się w podobnej tematyce i generalnie dotyczą efektu struktur porowatych występujących w dolomitach i węglach kamiennych na sorpcję i desorpcję wybranych gazów i ich mieszanin, opublikowane zostały w czasopismach znajdujących się na liście filadelfijskiej o wysokiej randze naukowej.

Prace obejmowały następujące zagadnienia uwzględniające ich praktyczne znaczenie, co stanowiło zasadniczy dorobek i osiągnięcia naukowe habilitantki:

1. Kompleksowa charakterystyka przestrzeni porowej skał na przykładzie dolomitu z kopalni rud miedzi. -
2. Kompleksowa analiza przebiegu mechanizmu zjawisk sorpcji CO₂ i CH₄ w skrajnie różnych materiałach węglowych pochodzenia naturalnego i antropogenicznego tj. nanomateriałach węglowych, określając również kinetykę sorpcji
3. Badań zjawiska kinetyki adsorpcji/desorpcji CO₂ w polskich węglach kamiennych. Wpływ wilgoci na zjawiska sorpcji i transportu CO₂ w węglu. ▪
4. Ocena temperaturowej zależności parametrów opisujących zjawiska sorpcji i transportu CO₂ i CH₄ w węglu. oraz zjawisko konkurencyjnej sorpcji na węglu z wykorzystaniem mieszanin gazowych CO₂ i CH₄.
5. Powtarzalność procesów sorpcyjnych zachodzących w układzie węgiel-metan przy wielokrotnych seriach pomiaru. ▪

Ad.1. W odniesieniu do 1-go zagadnienia tj. badań nad strukturą a i rodzajem porów w dolomitach należy zauważyć że mają one aspekt praktyczny tj. są przydatne do oceny zagrożenia „gazodynamicznego”. Do oceny wielkości porowatości całkowitej określono wielkość porów zamkniętych stosując mielenie próbek w oryginalnym urządzeniu do mikro rozmiarów (nano) i kolejno odgazowano i szlifowanie co powodowało otwarcie większości zamkniętych porów w dolomicie.

Proces specjalnego rozdrabniania mielenia na oryginalnym urządzeniu – analizatorze georadarowym do ziaren o wielkości porównywalnej z wielkością porów zastosowano do walidacji metody bilansowania gazu zawartego w przestrzeni porowej skał.

To rozwiązanie technologiczne do bilansowania gazu zawartego w przestrzeni porowej skał miedzionośnych przedstawiono w pracy opublikowanej Archivum of Mining Science (A3). Idea opracowanej metody do bilansowania ilości i składu gazu zawartego w skałach polegała na otwarciu ich przestrzeni porowej poprzez rozdrobnienie skały do ziarn o średnicy porównywalnej do średnicy zawartych w niej porów przed rozdrobnieniem. W pracy (A3) dokonano walidacji tego założenia, która polegała na zestawieniu analiz dystrybucji objętości porów w kilku próbkach dolomitu z rozkładem granulometrycznym ziaren tych próbek po rozdrobnieniu. Założono, że przecięcie się krzywych rozkładu porozymetrycznego i granulometrycznego stanowiło warunek wystarczający do otwarcia określonego udziału procentowego objętości porów tych skał. Na podstawie wyników badań oraz dodatkowej analizy ilości gazu uwolnionego w wyniku rozdrobnienia potwierdzono, że opracowana technologia rozdrabniania zapewnia poprawne bilansowanie składu i ilości gazu zawartego w porach skał.

Ad.2. Badania sorpcji mieszanin CO₂ i CH₄ na nanomateriałach węglowych o bardzo uporządkowanej strukturze oraz w węglu niejednorodnym strukturalnie. prowadzono celem porównania efektu struktury na właściwości sorpcyjne oraz kinetykę sorpcji CO₂ i CH₄. Do badań wykorzystano nanorurki węglowe i tlenek grafenu (rGO), i węgle o różnym stopniu uwęglenia.

W oparciu o określone wartości pola powierzchni Langmuira i Brunauera, Emmetta i Tellera badania sorpcji i wyznaczone parametry izoterm sorpcji przy ciśnieniu 0–2,0

MPa wykazano że nanomateriały o większym polu powierzchni osiągały równowagę sorpcji znacznie szybciej niż węgiel. Natomiast najwyższą całkowitą pojemność sorpcyjną CH₄ stwierdzono w węglu niskowęglowym. Najwyższą całkowitą pojemność sorpcyjną CO₂ stwierdzono w zarówno w nanorurkach i węglu niskowęglowym.

Określono też kinetykę sorpcji CH₄ i CO₂ w materiałach o bardzo zróżnicowanej strukturze. Szybkość akumulacji CH₄ i CO₂ w uporządkowanych strukturalnie nanomateriałach szybkość była wielokrotnie wyższa niż w węglach kamiennych.

Ad 3

Do prac nad sorpcją i desorpcją CO₂ w węglach kamiennych wybrano węgle z dwóch polskich kopalń, różniących się właściwościami petrograficznymi i strukturalnymi. Określono nie tylko wpływ typu węgla –stopnia uwęglenia ale też wpływ kształtu próbek tj. kulistych i płaskich na wielkość efektywnego współczynnika dyfuzji. Wpływ ten określono w oparciu o badania eksperymentalne model matematyczny.

Dodatkowo porównano kinetykę desorpcji CO₂ z próbek płaskich z kinetyką skurczu próbek węgla. Kinetyka zmiany wielkości – skurczu i kinetyka desorpcji CO₂ różniły się istotnie między próbkami. W obu próbkach wyznaczona kinetyka skurczu była wyraźnie szybsza niż kinetyka CO₂.

Ponadto w autorskiej publikacji A6 z roku 2020 opublikowanej w czasopiśmie International Journal of Greenhouse Gas Control , przedstawiono wyniki badań nad wpływem wilgoci na procesy sorpcji i transportu CO₂ oraz na zmiany zachodzące w strukturze porów węgla.

Wykonane przez autorkę analizy pojemności sorpcyjnych węgla w stosunku do CO₂, określone izotermy sorpcji Langmuira, efektywne współczynniki dyfuzji oraz parametry strukturalne potwierdziły, że wilgoć znacząco (nawet 6-krotnie) zmniejsza pojemność sorpcyjną węgla w stosunku do CO₂ Największy spadek pojemności sorpcyjnych odnotowano dla węgla o najniższym współczynniku odbicia witrynytu. Jednakże efekt ten maleje dla rosnących ciśnień, a powyżej 1,0 MPa efekt ten zanika całkowicie. Stad określono tzw. wilgotność krytyczną, powyżej której nie następuje dalsze zmniejszenie pojemności sorpcyjnej węgla ze względu na wzrost

wilgotności. Przy czym w warunkach niskociśnieniowej adsorpcji CO₂ w temperaturze 273 K i 0-0,1 MPa nie uzyskano jasnego wpływu wilgotności na dyfuzję CO₂. Efekt wilgotności węgla na pole powierzchni jest znaczny następuje jej zmniejszenie o 50% oraz zarówno maleje objętość dostępnych porów o średnicach w zakresie 0,5-0,6 nm.

Uwaga brak jest oceny wpływu efektu rodzaju i postaci i zachowania się wilgotności w warunkach niskich ciśnień w przestrzeni porowej węgla.

CO₂ i CH₄.

Ad. 4.

W pracy pt. „CH₄ and CO₂ sorption and diffusion carried out in various temperatures on hard coal samples of various degrees of coalification”. [Journal of Natural Gas Science and Engineering Vol. 81 (2020)] przebadano zjawiska sorpcji i transportu CO₂ i CH₄ na węglach kamiennych o różnym stopniu uwęglenia. Szczegółowo określono wpływ temperatury na sorpcję i dyfuzję CO₂ i CH₄ na węglu kamiennym. Efekt wzrostu temperatury w przebadanym zakresie temperatur 278–353 K na wielkość pojemności sorpcyjnej węgla w stosunku do CH₄ i CO₂ był ujemny a spadek pojemności miał charakter wykładniczy. Bezwzględne spadki całkowitej pojemności sorpcyjnej były różne dla CO₂ i CH₄ i wyniosły od 0,03 cm³/g do 0,21 cm³/g w odniesieniu do CH₄ oraz od 0,10 cm³/g do 0,51 cm³/g w odniesieniu do CO₂ na jeden stopień wzrostu temperatury.

Natomiast wzrost temperatury powodował wzrost wartości efektywnych współczynników dyfuzji w stosunku do CH₄ o więcej niż jeden rząd wielkości, a w stosunku do CO₂ około czterokrotnie.

Przy czym dla węgla o różnym stopniu uwęglenia zdolność sorpcyjna Langmuira w stosunku do CH₄ i CO₂ różniła się znacznie, najwyższą uzyskano dla węgla o najniższym stopniu uwęglenia.

Badania sorpcji CO₂ i CH₄ na węglach kamiennych mają wymiar aplikacyjny w zastosowaniu do technologii ECBM i CCS tj. technologii odzysku metanu ze złóż i magazynowania CO₂. W pracy A9 pt. „Studies on the competitive sorption of CO₂ and CH₄ on hard coal” [International Journal of Greenhouse Gas Control, 2019]

Określono przebieg sorpcji konkurencyjnej CO₂/CH₄ z wykorzystaniem mieszanin gazowych CO₂ - CH₄ o różnym stosunku stężeń.

Wzrost stężenia CO₂ w mieszaninie zwiększał wartość efektywnego współczynnika dyfuzji De wraz pojemnością sorpcji.

Ad 5. Przebadano też powtarzalność procesów sorpcyjnych zachodzących w układzie węgiel-metan podczas wielokrotnych serii pomiarowych. W pracy A8 pt. „The repeatability of sorption processes occurring in the coal-methane system during multiple measurement series” [Energies, Vol. 10, 5 ,2017] opublikowano rezultaty badań.

Porównano zdolności sorpcyjne oraz wartości efektywnych współczynników dyfuzji dla trzech cykli pomiarowych i nie zaobserwowano zmian parametrów sorpcji węgla kamiennego w kolejnych cyklach nasycania metanem.

Podsumowanie dorobku naukowego

Badane przez Habilitantkę zagadnienia wymagały wielu analiz i testów wykorzystując specjalistyczny sprzęt i kolejno opracowania wyników i wnikliwej analizy co wymagało pracy w zespole. Dlatego zrozumiałe jest, że przedstawione publikacje w większości są współautorskie. Podany i potwierdzony przez współautorów udział procentowy dr Anny Pajdak w publikacjach jest znaczący, a w niektórych wypadkach przeważający.

Uważam, że przedstawiona przez dr inż. Annę Pajdak cykl 9-u artykułów opublikowanych w czasopiśmie o światowym zasięgu, swym poziomem naukowym spełnia z nadmiarem wymagania konieczne do uzyskania stopnia doktora habilitowanego.

3. Ocena aktywności naukowej

Dorobek Habilitantki jest pod względem tematyki spójny, a prace dotyczące innych zagadnień. Oprócz 9-u publikacji w recenzowanych czasopiśmie, składających się na omawiane osiągnięcie naukowe habilitantka jest współautorem 31 publikacji w okresie po uzyskaniu stopnia doktora. Sumaryczny Impact Factor (IF) według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania wynosi 47,147 a index Hirscha 7.

Habilitantka prezentowała swoje rezultaty prac naukowo- badawczych na 13

konferencjach zarówno krajowych jak i międzynarodowych i jest współautorem zgłoszenia patentowego.

Habilitantka uczestniczyła też w pracach w 8-u projektach krajowych i międzynarodowych jako wykonawca samodzielnych zadań.

Działalność dydaktyczna i organizacyjna habilitantki jest znaczna w okresie 10-0 letniej pracy naukowo-badawczej. W początkowym okresie przebywała na Politechnice Częstochowskiej(w tym studia doktoranckie) i na Wydziale Nauk Ścisłych, Przyrodniczych i Technicznych Uniwersytetu Humanistyczno - Przyrodniczego im. Jana Długosza w Częstochowie (UJD), Od wielu lat pracuje w Instytucie Mechaniki Górniczej Polskiej Akademii Nauk w Krakowie ostatnio na stanowisku adiunkta.

3. Wniosek końcowy

Dr inż. Anna Pajdak posiada udokumentowany znaczny dorobek naukowy mieszczący się w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska , górnictwo i energetyki.

Uważam, że dorobek naukowy, organizacyjny i dydaktyczny dr inż. Anny Pajdak spełnia wymagania art. 219 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r., poz.478). Dlatego zwracam się do Komisji Habilitacyjnej o dalszą kontynuację postępowania habilitacyjnego Pani dr inż. Anny Pajdak w sprawie nadania Jej stopnia naukowego doktora habilitowanego w dyscyplinie naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

