

dr hab. inż. Izabela Sówka, prof. uczelni

**Politechnika Wrocławska
Wydział Inżynierii Środowiska
Katedra Inżynierii Ochrony Środowiska**



Plac Grunwaldzki 13
50-377 WROCŁAW
tel. (71) 320 25 60
e-mail: izabela.sowka@pwr.edu.pl

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Cieplińskiej

pt. Badania zmian właściwości fizyko-chemicznych odpadowych, wapniowych zawiesin wodnych, poddanych aktywacji mechanicznej, przeznaczonych do mokrego odsiarczania spalin

opracowana w oparciu o uchwałę nr 45/2022/2023 Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Częstochowskiej z dnia 11. lipca 2023 roku na podstawie pisma Pana prof. dr hab. inż. Roberta Nowickiego – kierownika Dyscypliny Naukowej Informatyka Techniczna i Telekomunikacja (nr pisma: R-WIMil-510-17/19) z dnia 27.07.2023 r.

Praca doktorska mgr inż. Aleksandry Cieplińskiej dotyczy badań nad możliwością wtórnego wykorzystania poprodukcyjnego odpadu wapiennego składowanego na składowiskach odpadów, poprzez przywrócenie jego właściwości na drodze aktywacji elektromagnetycznej, w procesie mokrego odsiarczania spalin.

Realizację pracy w określonym zakresie można uznać jako o dużym znaczeniu, zwłaszcza w kontekście wykorzystania odpadowych związków wapnia w procesie oczyszczania gazów odlotowych pochodzących, z ciągle wciąż dominujących w Polsce, procesów spalania paliwa stałego, jakim jest węgiel. Poprzez zastosowanie określonych rozwiązań i technik umożliwiających wtórne wykorzystanie określonych rodzajów odpadów możliwym jest bowiem podjęcie działań spełniających warunki gospodarki obiegu zamkniętego i

ograniczających strumienie niewykorzystywanych odpadów z jednoczesnym ujęciem kwestii zastosowania nowych rozwiązań technologicznych wspomagających procesy ograniczające emisje zanieczyszczeń do powietrza atmosferycznego.

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Aleksandry Ciepłińskiej została przygotowana w formie i układzie obejmującym opracowanie uwzględniające: spis treści; wstęp (rozdział 1); dwie główne części tj. część, którą można uznać za teoretyczną i w niej autorka rozprawy zawarła charakterystykę podstawowych procesów obróbki minerałów i odpadów (rozdział 2) oraz urządzeń do rozdrabniania i aktywacji (rozdział 3) oraz część badawczą, w której zaprezentowane zostały: odpady zastosowane do badań (rozdział 4), teza i cele pracy (rozdział 5), stanowisko badawcze (rozdział 6), wyniki badań laboratoryjnych wraz z ich dyskusją (rozdział 7) i podsumowaniem (rozdział 8), wyniki badań nad możliwością realizacji procesu aktywacji na poziomie przemysłowym (rozdział 9), podsumowanie (rozdział 10) i wnioski (rozdział 11); bibliografię (rozdział 12); spisy rysunków i tabel (rozdział 13 i 14) oraz streszczenie w języku polskim i angielskim (rozdział 14 i 15).

W niemalże 3 stronicowym wstępie (rozdział 1) autorka rozprawy uzasadniła wybór tematyki podjętych badań. Natomiast wyniki przeprowadzonych prac laboratoryjnych - wraz z ich analizą- obejmujące wyniki w zakresie: analiz składu granulometrycznego oraz zawartości wybranych pierwiastków metodą SEM-EDX (rozdział 7.1), identyfikacji jakościowej i ilościowej odpadów wapniowych techniką fluorescencji rentgenowskiej WD-XRF (rozdział 7.2), analiz zawartości siarki i węgla na urządzeniu elementarnym LECO (rozdział 7.3), badań przemian termochemicznych odpadów wapniowych techniką analizy termicznej (rozdział 7.4), analiz składu i struktury przestrzennej odpadów wapniowych metodą proszkową rentgenowskiej analizy dyfraktograficznej (rozdział 7.5), badań odpadu nieaktywowanego (rozdział 7.6) i aktywowanego (rozdział 7.7), w tym oznaczeń tlenu wapniowego (rozdziały 7.6.1 i 7.7.1) i badań reaktywności (rozdziały 7.6.2 i 7.7.2) – stosując zapisy normy PN-76/B-04350, badań reaktywności przy wykorzystaniu testów Astroma (rozdziały 7.6.3 i 7.7.3) oraz badań rozkładu ziarnowego i powierzchni właściwej przy użyciu analizatora rozkładu ziarnowego Malvern (rozdziały 7.6.4 i 7.7.4), badań powierzchni właściwej dla wybranych trzech składowisk z zastosowaniem porozymetru rtęciowego (rozdział 7.8) oraz dyskusją i podsumowaniem autorka rozprawy przedstawiła kolejno w rozdziałach nr 7 oraz nr 8. Za główne elementy szczegółowe rozdziału nr 9

stanowiącego o określeniu mechanizmów zachodzących w zawieszinach wapniowo-wodnych w wymiarze przemysłowym uznać natomiast należy zaprezentowanie wyników: obliczeń indukcji oraz potencjału wektorowego pola elektromagnetycznego w modelu symulacyjnym i matematycznym pozwalających na zaprojektowanie uzwojenia wzbudnika, analiz w zakresie oceny wydajności młyna elektromagnetycznego, analiz prac weryfikujących poprawność zaprojektowanych parametrów urządzeń w skali przemysłowej na instalacji odsiarczania spalin z użyciem aktywowanego odpadu wraz z badaniami parametrów chemicznych i reaktywnych sorbentu i odpadu oraz pomiarami parametrów procesu odsiarczania spalin.

W ostatniej, opisowej części rozprawy zawarto podsumowanie i wnioski końcowe (rozdziały 10 i 11). Elementy 'porządkowe' tekstu pracy zawierające bibliografię (rozdział 12) oraz spisy rysunków i tabel wraz ze streszczeniami (rozdziały 13-16) zamykają rozprawę doktorską mgr inż. Aleksandry Cieplińskiej.

W tak syntetycznie zaprezentowany przeze mnie sposób mgr inż. Aleksandra Cieplińska w rozprawie doktorskiej spójnie i chronologicznie:

- 1) sformułowała główny cel pracy jako (cyt.): 'pokazanie możliwej ścieżki przeprowadzenia odpadu niebezpiecznego, ulokowanego na składowiskach w produkt rynkowy jakim jest gips' oraz:
- 2) zdefiniowała następującą tezę naukową (cyt.): 'Istnieje możliwość wytworzenia wapniowych suspensji wodnych na bazie odpadów przemysłowych, oraz przeprowadzenia ich aktywacji elektromagnetycznej. Zakłada się, że uwodnione i aktywowane zawiesziny będą się charakteryzowały podwyższonymi właściwościami sorpcyjnymi w stosunku do ditlenku siarki w porównaniu z klasycznym mlekiem wapiennym';
- 3) przedstawiła wyniki szeroko zakrojonych prac w swoim zakresie polegających m.in. na:
 - przeglądzie bieżącej wiedzy w tematyce rozprawy doktorskiej;
 - wykonaniu badań mających na celu identyfikację materiału wyjściowego oraz jego zmian zależnych od czasu i warunków atmosferycznych, w tym badań obejmujących: analizę składu granulometrycznego oraz specyfikacji ilościowej wybranych pierwiastków (C, O, Mg, Al, Si, Cl, Ca, Fe) z wykorzystaniem skaningowego mikroskopu elektronowego SEM oraz spektrometru rentgenowskiego EDX z detektorem Xflash 4010, identyfikację

jakościową związków chemicznych techniką fluorescencji rentgenowskiej WD-XRF z wykorzystaniem spektrometru Spectron Optel RMA, badania zawartości Ca, Mg, Si, Fe i Al. techniką fluorescencji rentgenowskiej WD-XRF z wykorzystaniem spektrometru Spectron Optel RMA, ocenę składu i struktury przestrzennej metodą proszkową rentgenowskiej analizy dyfraktograficznej z wykorzystaniem dyfraktometru X-Pert PRO Systems, przemiany termochemiczne techniką analizy termicznej z wykorzystaniem termoanalyzera Simultaneous TGA-DTA Thermal Analysis, pomiary zawartości siarki i węgla przy zastosowaniu analizatora S C firmy LECO, badania reaktywności zgodnie z normą PN-76/B-04350, badania reaktywności na stanowisku do badań reaktywności sorbentów, analizę rozkładu ziarnowego oraz powierzchni właściwej na analizatorze rozkładu ziarnowego firmy Malvern, analizę parametrów strukturalnych obejmującą całkowitą objętość porów, powierzchnię właściwą porów, średnią średnicę porów oraz porowatość procentową z wykorzystaniem porozymetru rtęciowego Auto Pore IV 9500;

wykonaniu badań mających na celu przekształcenie odpadowego wodorotlenku wapnia w sorbent ditlenku siarki, w tym badań obejmujących: ocenę reaktywności zgodnie z PN-76/B-04350, analizę reaktywności na stanowisku do badań reaktywności sorbentów, analizę rozkładu ziarnowego oraz powierzchni właściwej przy zastosowaniu analizatora rozkładu ziarnowego firmy Malvern, analizę parametrów strukturalnych, między innymi: całkowitej objętości porów, powierzchni właściwej porów, średniej średnicy porów oraz porowatości procentowej z wykorzystaniem porozymetru rtęciowego Auto Pore IV 9500;

wykonaniu badań mających na celu określenie mechanizmów zachodzących w suspensjach wapniowo-wodnych polegających na badaniach obejmujących analizę uzyskanych w mikro- i makroskali wyników przeprowadzonych badań;

4) zaprezentowała efekty naukowe przeprowadzonych prac w zakresie :

rozpoznania zjawisk zachodzących w zawiesinach wapniowo-wodnych powstałych na bazie odpadów poddanych obróbce mechanicznej ;

określenia wpływu aktywacji zawiesin wapniowo-wodnych w procesie mokrego odsiarczania spalin;

- określenia zmian właściwości strukturalnych suspensji wapniowo-wodnych oraz zmian powierzchni właściwej i reaktywności badanego przez doktorantkę materiału;
- charakterystyki przebiegu procesów aktywacji i odsiarczania spalin oraz nowej technologii i urządzeń, które powstały podczas realizacji rozprawy doktorskiej.

Oceniając zakres i realizację przeprowadzonych prac, które wg mojej oceny zostały zaplanowane i przeprowadzone we właściwy, kompleksowy sposób, jako najważniejsze oraz mające znamiona nowości naukowej wymienić należy te związane z: tworzeniem aktywowanych suspensji wapniowych na bazie odpadowych poprodukcyjnych związków wapnia, zastosowaniem aktywacji elektromagnetycznej do poprawy właściwości sorpcyjnych odpadów wapiennych oraz oceną wpływu poszczególnych związków wapnia zawartych w mieszaninie na reaktywności po aktywacji z jednoczesną aplikacją uzyskanych wyników do warunków technologicznych w wymiarze przemysłowym. Wyniki badań laboratoryjnych wskazały, że zastosowanie procesu aktywacji wpłynęło m.in. reaktywność badanego odpadu wapiennego (w stosunku do jego reaktywności jako surowego odpadu) oraz przyczyniło się do przyrostu porowatości w każdej poddanej badaniu próbce. Wyniki przeprowadzonych analiz w skali przemysłowej, w porównaniu z surowym odpadem, wykazały, że uwodnione i aktywowane zawiesiny charakteryzowały się podwyższonymi właściwościami sorpcyjnymi (w odniesieniu do ditlenku siarki). Podczas próby przemysłowej uzyskiwano wyniki zbliżone do tych uzyskiwanych dla czystego wodorotlenku wapnia. Zastosowanie, opracowanego w ramach realizacji dysertacji doktorskiej prac, rozwiązania pozwoliło na uzyskanie skuteczności odsiarczania spalin ok. 78%. Pokreślić należy iż w tym przypadku skuteczność oczyszczania gazów była wyższa od skuteczności uzyskiwanej przy zastosowaniu wodorotlenku wapnia mieszczącej się w granicach ok. 71%. Dodatkowo, zużycie sorbentu aktywowanego podczas badań było niższe o 25% niż w przypadku sytuacji, kiedy używano wodorotlenek wapnia. Dodać należy iż uzyskiwane wyniki stężeń ditlenku siarki w spalinach po odsiarczaniu były prawie o 50% niższe w odniesieniu do funkcjonujących norm.

Podsumowując, przeprowadzone i zaprezentowane w rozprawie doktorskiej badania potwierdziły możliwość przywrócenia właściwości sorpcyjnych badanego odpadu poprodukcyjnego, użycie go w mokrym odsiarczaniu spalin w miejsce stosowanego świeżego wodorotlenku wapnia, a następnie uzyskanie gipsu handlowego.

Uznaję, że rozprawa doktorska mgr inż. Aleksandry Cieplińskiej jest przygotowana w przemyślany i właściwy sposób –jednak wg mojej opinii w części rozprawy dotyczącej zarówno metodyki, ale również i wyników analizy badań zabrakło informacji nt. parametrów określających m. in. precyzję zastosowanych urządzeń i metod pomiarowych oraz podstawowych parametrów świadczących o analizie błędów uzyskanych wyników badań i analiz. W tekście rozprawy nie odnalazłam również informacji nt. charakterystyki technologicznej obiektu przemysłowego (elektrociepłowni), na terenie którego przeprowadzono badania oraz zabrakło mi zestawienia informacji dotyczących charakterystyki fizyko-chemicznej emitowanych w warunkach rzeczywistych gazów. Proszę zatem o krótki komentarz i ew. uzupełnienie informacji w tym zakresie podczas obrony.

Oceniając tekst rozprawy doktorskiej pragnę podkreślić iż źródła literaturowe są dobrane w prawidłowy sposób. Pragnę zwrócić uwagę na drobne błędy redakcyjne, w tym związane m.in. ze znakami interpunkcyjnymi. Ich ilość nie jest jednak tak znaczna aby umniejszać wartości wykonanych badań oraz zaprezentowanych wyników analiz i przeprowadzonej dyskusji.

Oceniając pracę 'całościowo' pragnę podkreślić iż wskazane przeze mnie pewnego rodzaju niejasności, czy niedociągnięcia nie pomniejszają w żaden sposób osiągnięć naukowych w niej przedstawionych.

Wnioski

Mgr inż. Aleksandra Cieplińska w pracy doktorskiej, przygotowanej pod opieką promotora dr hab. inż. Arkadiusza Szymanka, prof. PCz oryginalnie rozwiązała problem naukowy. Doktorantka podsumowała stan wiedzy w tematyce swojej pracy doktorskiej, co potwierdziło jej określony poziom ogólnej wiedzy teoretycznej w poruszanej tematyce badań i analiz. Pani mgr inż. Aleksandra Cieplińska określiła cel, zakres i tezę naukową dysertacji doktorskiej. Zrealizowane przez doktorantkę prace oraz analizy pozwoliły m.in. potwierdzić możliwość przywrócenia właściwości sorpcyjnych badanego odpadu poprodukcyjnego, a następnie zastosowanie go w procesach mokrego odsiarczaniu spalin w miejsce stosowanego świeżego wodorotlenku wapnia z jednoczesnym uzyskaniem jako

efekt końcowy produktem - gipsem o charakterze 'dobra' handlowego. Poprzez użycie odpowiednich metod i przeprowadzenie określonych w zakresie dysertacji badań i analiz doktorantka umożliwiła m.in. praktyczne posługiwanie się nimi w określonych warunkach na skalę przemysłową, co przy analizach na szerszą skalę ma potencjał aplikacyjny.

Reasumując, stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Aleksandry Cieplińskiej spełnia wymagania nakładane przez Ustawę z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2003 nr 65 poz. 595 z późniejszymi zmianami). W związku z tym wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Aleksandry Cieplińskiej do publicznej obrony przedstawionej pracy doktorskiej.

Wrocław, 9. października 2023 r.

