

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej

INTENSYFIKACJA TRANSPORTU REAGENTÓW W OGNIWACH DFAFC – MODELOWANIE NUMERYCZNE ORAZ BADANIA DOŚWIADCZALNE

mgr inż. Monika Jałowiecka

Politechnika Warszawska

Dyscyplina Naukowa – Inżynieria Chemiczna

Dziedzina Nauk – Inżynierijno-Techniczne

Recenzowana rozprawa doktorska pt. „Intensyfikacja transportu reagentów w ogniwach DFAFC – modelowanie numeryczne oraz badania doświadczalne” została przygotowana przez Mgr inż. Monikę Jałowiecką pod opieką naukową Prof. dra hab. inż. Łukasza Makowskiego, promotora rozprawy.

Omawiana rozprawa dotyczy ogniw paliwowych. Obecnie w tej dziedzinie najwięcej publikacji odnosi się do ogniwa wodorowego, ale nadal szeroko są badane ogniwa na paliwa ciekłe: na metanol, etanol, amoniak i kwas mrówkowy. Doktorantka podjęła badania na ogniwie z kwasem mrówkowym, uzasadniając to takimi jego zaletami jak możliwość łatwego wdrożenia do istniejącej infrastruktury na ciekłe paliwa benzynowe, możliwość otrzymywania z odnawialnych źródeł, duża objętościowa gęstość energii, bezpieczne użytkowanie.

Tematem wiodącym rozprawy jest transport reagentów i produktów między kanałami interkonektora a elektrodą z katalizatorem, oddzieloną porowatą tkaniną węglową. Celem pracy było poprawienie sprawności ogniwa poprzez polepszenie transportu kwasu mrówkowego i spowodowanie jego bardziej równomiernego dopływu do elektrody.

Rozprawę doktorską Mgr inż. Moniki Jałowieckiej oceniam bardzo wysoko. Rozprawa jest bardzo obszerna, zawiera 198 stron, 62 rysunki i 18 tabel, cytuje 175 publikacji. W przeglądzie literaturowym Autorka przedstawiła historię rozwoju ogniw paliwowych, ich stosowanie, scharakteryzowała ogniwo na kwas mrówkowy (opracowane niedawno, bo dopiero w roku

2002), opisała budowę ogniwa, dała podstawy termodynamiczne i elektrochemiczne działania ogniwa, a także rodzaje strat napięcia w ogniwie, w tym od ograniczeń transportowych. W omówieniu dobrze uzasadniono wybór problemu dystrybucji masy jako zasadniczego tematu pracy doktorskiej.

Najpierw Autorka zajęła się dystrybucją kwasu mrówkowego na elektrodzie w standardowym serpentynowym układzie (kanały zakręcają podobnie jak serpentyny górskich dróg). W tym celu została przeprowadzona symulacja metodą analizy Obliczeniowej Mechaniki Płynów (CFD). Modelowanie wykazało obniżenie dopływu paliwa na zagięciach kanałów. Celem spowodowania turbulencji przepływu, Autorka wprowadziła do kanałów przegrody o przekroju trapezoidalnym. Poprawiło to transport masy, co zostało wytłumaczone zawirowaniami za przegrodami, sprzyjającym odrywaniu pęcherzyków dwutlenku węgla. Obliczenia CFD zostały potwierdzone doświadczalnie pomiarami stężenia kwasu mrówkowego na wylocie układu. Przegrody poprawiły wymieszanie i zwiększyły maksymalną gęstość mocy, ale też spowodowały wzrost spadku ciśnienia. Ta część pracy została opublikowana w dobrym czasopiśmie (impact factor IF 13,4), a układ z przegrodami jest przedmiotem zgłoszenia patentowego.

Przeprowadzono analizę wpływu orientacji ogniwa i obecności przegród na charakterystykę przepływu dwufazowego - płynu i dwutlenku węgla. Skonstruowano do tego celu ogniwo przezroczyste. Obserwowano zatrzymywanie się pęcherzyków gazu w kanałach. Celem zmniejszenia tego zjawiska, zarekomendowano używanie elektrod hydrofilowych.

Zaproponowano zastosowanie układu dystrybucji z siecią przecinających się kanałów, charakteryzujący się równomierną dystrybucją strumieni. Porównano w tym układzie dwa rodzaje przegród: o przekroju rombu i o geometrii ściętego graniastosłupa prostego o podstawie trójkąta. Wykazano, że układ ze ściętymi przegrodami znacznie poprawia wymieszanie masy. Jest to przedmiotem postępowania patentowego.

Ponadto, opracowano model teoretyczny ogniwa, który umożliwił analizę zależności prądowo-napięciowej od parametrów materiałowych i warunków procesowych.

Zakres przebadanych parametrów i zależności jest bardzo szeroki. Przeprowadzono wielorakie badania i opisano je bardzo szczegółowo, a każdy rozdział podsumowano streszczeniem i wnioskami. Praca jest napisana dobrym językiem i w dobrym stylu. Tu i ówdzie występują słowa angielsko-polskie, z pierwszą połową angielską, a drugą – polską, jak np.

predykcja, walidacja, transparentna płyta, implementacja otworu w płycie. Jednak nie utrudnia to odbioru tekstu, a wręcz przeciwnie - może go ubarwiać.

Nie zgłaszam zastrzeżeń, ale prosiłabym o wyjaśnienie w następujących sprawach.

1. Co było podstawą do zaprojektowania geometrii przegród? Czy modelowanie numeryczne CFD, które służy do opisu dystrybucji płynu, może dać konkretne wytyczne?
2. Czy symulacja CFD uwzględnia rozmiar porów warstwy węglowej między kanałami a elektrodą?
3. W pracy podano, że opracowany model teoretyczny pomoże obniżyć koszty modelowania. Zalecane modyfikacje zwiększają spadek ciśnienia, a stąd zwiększają energię pompowania. Użytkownikom zależy jednak na niższych kosztach eksploatacji. Czy można obliczyć, jak polecane rozwiązania wpłyną na zmianę kosztów uzyskanej energii?

Reasumując stwierdzam, że rozprawa doktorska Mgr inż. Moniki Jałowieckiej prezentuje wysoki poziom naukowy, dotyczy ważnych problemów z dziedziny inżynierii chemicznej, przedstawia badania nad wpływem wielu różnych parametrów, badania są dobrze opisane, a wnioski dobrze udokumentowane. Rozprawa zawiera wszystkie elementy wymagane według przepisów ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce:

1. Obszerne wprowadzenie obejmujące zarówno charakterystykę i przegląd ogniw paliwowych, jak i podejście od strony inżynierskiej i obliczeniowej do procesów transportowych, świadczy o szerokiej wiedzy Doktorantki w zakresie dziedziny nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie naukowej inżynieria chemiczna;
2. Przeprowadzone przez Doktorantkę prace eksperymentalne oraz modelowanie procesów transportu reagentów potwierdzają Jej umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej;
3. Dwa zgłoszenia patentowe, dwie publikacje w czasopismach naukowych z tzw. listy filadelfijskiej oraz liczne artykuły w materiałach konferencyjnych, które ukazały się w trakcie realizowania pracy doktorskiej przez Mgr inż. Monikę Jałowiecką wskazują na podjęcie przez Doktorantkę tematyki oryginalnej o możliwości zastosowania uzyskanych wyników badań w sferze gospodarczej związanej z energetyką.

Uważam, że praca ta bardzo dobrze spełnia wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim.

Wnioskuje zatem do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Chemiczna PW o dopuszczenie Mgr inż. Moniki Jałowieckiej do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora i o wyróżnienie rozprawy zgodnie z zasadami stosowanymi na Politechnice Warszawskiej.