



UNIWERSYTET
WARSZAWSKI

Wydział Chemii



Warszawa, 15.11.2023 r.

dr hab. Zbigniew Rogulski, prof. ucz.
Wydział Chemii
Uniwersytetu Warszawskiego

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr inż. Anny Szczęsnej-Chrzan pt.:
„Ogniwa ery post-lithium. Nowe materiały do ogniw sodowo-jonowych”

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska wykonana została w Katedrze Chemii Nieorganicznej, Wydziału Chemicznego Politechniki Warszawskiej pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Marka Marcinka. Praca stanowi spójny tematycznie cykl dziesięciu publikacji, dotyczących materiałów elektrodowych i ich zastosowania w ogniwach sodowo-jonowych.

Aspekt tematyczny pracy

Postępujące zmiany klimatu wymagają intensyfikacji działań związanych z przejściem z systemu scentralizowanego wytwarzania energii, opartego na paliwach kopalnych na system zdecentralizowany, wykorzystujący odnawialne źródła energii w systemach energetyki rozproszonej. Ogromne znaczenie dla poprawy wykorzystania energii w gospodarce światowej mają prowadzone procesy poprawy efektywności energetycznej, termomodernizacja, racjonalna i odpowiedzialna gospodarka materiałami i odpadami, a także optymalizacja wykorzystania energii. Działania w zakresie wdrażania gospodarki o obiegu zamkniętym służą poprawie wykorzystania materiałów krytycznych, których ograniczona dostępność może skutkować drastycznym wzrostem cen wybranych technologii energetycznych lub procesów przemysłowych.

Ramy transformacji energetycznej Polski na najbliższe lata określono w dokumencie pt. „Polityka energetyczna Polski do 2040 r (PEP2040)”. Wskazuje on strategiczne obszary w zakresie doboru technologii służących budowie niskoemisyjnego systemu energetycznego. Przedstawione cztery ścieżki ewentualnego rozwoju sektora energetycznego wskazują na ich

potencjalne skutki ekonomiczne, środowiskowe oraz oceniają wpływ na gospodarkę krajową. Analizowane scenariusze to: węglowy (udział OZE wynosi 17%), zdywersyfikowany z energetyką jądrową (udział OZE wynosi 38%), scenariusz zdywersyfikowany bez energetyki jądrowej (udział OZE wynosi 50%), odnawialny „OZE” (udział OZE wynosi 73%).

Przeprowadzone analizy wskazują, że jedynie scenariusze zdywersyfikowane i OZE dają szansę na spełnienie celów redukcji emisji dwutlenku węgla założone przez UE. Bezpośrednią konsekwencją rozwoju OZE jest zwiększenie dynamiki fluktuacji obciążenia w systemie energetycznym, która wymusza elastyczne reagowanie całego systemu. Wzrost udziału OZE wymusza konieczność budowy magazynów energii elektrycznej w oparciu o istniejące rozwiązania konstrukcyjne oraz poszukiwanie nowych alternatywnych metod magazynowania energii w oparciu o szeroko dostępne surowce.

Tematyka podjętych badań jest zatem niezwykle aktualna i nowatorska, odpowiadająca na wzrastające zapotrzebowanie w zakresie rozwoju rozwiązań konstrukcyjnych, umożliwiających wytwarzanie nowych typów ogniw. Ogniw te w przyszłości mogą stanowić alternatywę oraz uzupełnienie dla ogniw litowo-jonowych, ze szczególnym uwzględnieniem systemowego magazynowania energii elektrycznej wytwarzanej w instalacjach OZE.

Aspekty formalne pracy

Publikacje oryginalne składające się na cykl rozprawy doktorskiej to niewątpliwie niezwykle wartościowe doniesienia literaturowe podejmujące to zagadnienie. Praca doktorska liczy 282 strony i obejmuje streszczenie, spis treści, wykaz publikacji wchodzących w skład cyklu doktorskiego, wstęp, część eksperymentalną, informacje na temat realizacji Indywidualnego Planu Badawczego, opis w zakresie podejścia projektowego w realizacji projektów (badawczych w szczególności międzynarodowych), przegląd artykułów naukowych wchodzących w skład rozprawy doktorskiej, podsumowanie i wnioski. Cytowana w rozprawie doktorskiej literatura odzwierciedla najnowsze trendy w pracach eksperymentalnych bezpośrednio związanych z tematyką pracy.

Tytuł rozprawy doktorskiej odpowiada całkowicie tematyce załączonych publikacji. Cykl stanowi 10 oryginalnych prac z lat 2020-2023 opublikowanych w czasopiśmie o znaczącym współczynniku oddziaływania IF (Impact Factor) o łącznej wartości przekraczającej $IF > 71$. Należy szczególnie podkreślić, że Doktorantka jest pierwszą autorką w czterech publikacjach ($IF=29,2$) oraz osobą wskazaną do korespondencji w trzech publikacjach ($IF=17,3$).

Wkład mgr inż. Anny Szczęsnej-Chrzan w powstanie publikacji jest niewątpliwie znaczący co znalazło odzwierciedlenie w załączonych do pracy oświadczeniach współautorów. Z oświadczeń współautorów wyraźnie wynika, że Doktorantka była nie tylko głównym badaczem, ale odegrała kluczową rolę w planowaniu eksperymentów, analizie i interpretacji wyników oraz finalnie przy tworzeniu publikacji.

Zgodnie z zamieszczonymi informacjami Doktorantka zrealizowała całkowicie Plan Badawczy w zakresie wytwarzania/testowania:

1. elektrolitów dla ogniw sodowo-jonowych
2. elektrod wykonanych z metalicznego sodu z wykorzystaniem różnych elektrolitów
3. litowych analogów materiałów aktywnych dla ogniw sodowo-jonowych
4. materiałów anodowych i katodowych do ogniw sodowo-jonowych
5. półogniw oraz ogniw z zastosowaniem wybranych materiałów elektrodowych

Na szczególne podkreślenie zasługuje zrealizowanie ostatniego etapu Planu Badawczego związanego z konstrukcją prototypowych ogniw (typu Swagelok).

Powyższa część pracy napisana jest poprawnie, zauważyć można pewne niedociągnięcia, nieścisłości np.:

1. str. 11 – brak pełnego opisu składowej rozprawy doktorskiej nr 4,
2. zastosowanie uproszczeń i słownictwa popularnonaukowego np. „ str. 13... zaprojektowałam linię prototypującą dla ...”, „str. 13... zgłębiałam na poziomie merytorycznym ...”, „str. 15... baterie li-ion są lepiej przystosowane do aplikacji”, „str. 63 ...specyficznych zastosowaniach ...”.
3. brak wyraźnego wskazania w oddzielnym punkcie celu rozprawy doktorskiej

Aspekt merytoryczny pracy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska podzielona została na tematyczne obszary. W publikacjach 1-3 (wykaz prac ze stron 11-12) Doktorantka przeprowadziła analizę nowoczesnych materiałów katodowych do ogniw sodowo-jonowych w oparciu o dodatek itru do struktury tlenku litowo-kobaltowego, optymalizacji składu oraz metod wytwarzania materiału katodowego. W publikacjach 4-6 (wykaz prac ze stron 11-12) Doktorantka zaprezentowała dogłębną analizę dotychczas stosowanych technologii oraz materiałów w ogniwach sodowo-jonowych, zaproponowała innowacyjną metodę syntezy materiałów sodowych prowadzącą do otrzymania materiału katodowego NaNMC. Przeprowadziła charakterystykę fizykochemiczną otrzymanych materiałów (w tym analogów sodowych), zoptymalizowała skład elektrolitu do danego układu elektrodowego, wykonała pomiary pojemnościowe wykonanych półogniw.

W publikacjach 7-10 (wykaz prac ze stron 11-12) Doktorantka skoncentrowała się na metodologii prowadzenia analiz technologii post-lithium, możliwości zastosowania kompozytowych elektrolitów polimerowych, określeniu możliwości zastosowania soli Hückla w ogniwach sodowo-jonowych, skupiając się na lepkości, przewodnictwie jonowym oraz współczynniku dyfuzji. dopełnieniem części eksperymentalnej jest praca przeglądowa 9 (wykaz prac ze stron 11-12) w zakresie zastosowanie elektrolitów polimerowych w ogniwach galwanicznych.

Przeprowadzone prace badawcze zostały już wcześniej pozytywnie ocenione przez kolegia redakcyjne i niezależnych recenzentów prestiżowych czasopism naukowych, co potwierdza, że podjęte badania były uzasadnione, prawidłowo zaplanowane i finalnie właściwie zrealizowane. Metodyka i wyniki zawarte w pracach składających się na cykl rozprawy doktorskiej pod względem merytorycznym i formalnym nie budzą zastrzeżeń.

Uzyskane wyniki potwierdzają, że zastosowane procedury wytwarzania i testowania materiałów elektrodowych, przeprowadzona optymalizacja składu elektrolitu zastosowanego w ogniwach i półogniwach pozwalają na wykonanie prototypów ogniw sodowo-jonowych jako układu rozwojowego i komplementarnego w wielu obszarach gospodarki z ogniwami litowo-jonowymi.

Aspekt rozwoju metodyki realizacji prac badawczych

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska zawiera element warty szczególnego podkreślenia. Dotyczy on rozwoju Doktorantki w zakresie metodologii realizacji projektów badawczych i wdrożeniowych oraz roli jaką pełniła w projektach B+R: od wykonawcy do koordynatora i inicjatora prac. Doktorantka ukończyła studia podyplomowe (Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych PW) oraz specjalistyczne kursy (Prince2, AgilePM) w zakresie zarządzania projektami. Zdobyte doświadczenie zostało wdrożone w działalności pracowni naukowej kierowanej przez prof. Marka Marcinka. Nawiązanie kontaktów międzynarodowych skutkowało przygotowaniem i opublikowaniem Manifestu Młodych Naukowców w zakresie szeroko rozumianego przemysłu bateryjnego.

Podsumowanie

Pomimo nielicznych aspektów stylistycznych, poziom naukowy rozprawy doktorskiej oraz opublikowanych prac mgr inż. Anny Szczęsnej-Chrzan jest bardzo wysoki i stanowi istotny wkład w rozwój materiałów i metod eksperymentalnych związanych z opracowaniem ogniw sodowo-jonowych. Uważam, że Doktorantka poprawnie przeprowadziła eksperymenty i trafnie sformułowała wnioski z przeprowadzonych badań. Podsumowując, chciałbym podkreślić samodzielność naukową, umiejętność wyciągania poprawnych wniosków z przeprowadzanych badań. Temat ocenianej pracy doktorskiej został właściwie dobrany, eksperymenty składowe wchodzące wymienione w Indywidualnym Planie Badawczym zaplanowano i wykonane poprawnie, otrzymane wyniki mają znaczny wymiar praktyczny. Przeprowadzone badania stanowią niezwykle cenne uzupełnienie dostępnego piśmiennictwa naukowego, a jednocześnie mogą stanowić solidną podstawę do kontynuowania omawianej tematyki badawczej. Na szczególne podkreślenie zasługuje wpisywanie się pracy w globalne trendy związane z poszukiwaniem alternatywnych materiałów i układów do magazynowania energii elektrycznej oraz szeroko zakrojoną współpracę międzynarodową Doktorantki.

W oparciu o przeprowadzoną analizę rozprawy doktorskiej stwierdzam, że przedłożona do recenzji rozprawa mgr inż. Anny Szczęsnej-Chrzan pt. „Ogniwa ery post-lithium. Nowe materiały do ogniw sodowo-jonowych” spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (art. 187, Dz. U. 2023 r. poz. 742), wnoszę do Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Chemiczne Politechniki Warszawskiej o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie Doktorantki do publicznej obrony.

Jednocześnie, biorąc pod uwagę aspekty aplikacyjne pracy, nowe oryginalne dane na temat materiałów elektrodowych do zastosowania w ogniwach ery post-lithium oraz spełnienie wymogów w sprawie wyróżniania rozpraw doktorskich, wnoszę do Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Chemiczne Uniwersytetu Warszawskiego o wyróżnienie pracy doktorskiej Pani mgr inż. Anny Szczęsnej-Chrzan.



dr hab. Zbigniew Rogulski, prof. ucz.