Poznań, dnia 5.05.2025 r.

Sylwia Ślesińska
Politechnika Poznańska
Wydział Technologii Chemicznej

Streszczenie rozprawy doktorskiej

„Research on the electrode charging and degradation in electrochemical capacitors"

„Badania nad ładowaniem elektrod i degradacji węgla w kondensatorach elektrochemicznych"

Promotor rozprawy doktorskiej: **dr hab. inż. Krzysztof Fic, prof. PP**

Promotor pomocniczy: **dr inż. Jakub Menzel**

Część pierwsza (Rozdział I) zawiera ogólne wprowadzenie do rynku energii, po którym następuje wprowadzenie do urządzeń magazynujących energię, ze szczególnym uwzględnieniem kondensatorów elektrochemicznych oraz kondensatorów litowo-jonowych: ich zasady działania, budowy i powszechnie stosowanych materiałów i elektrolitów. Rozdział kończy się przeglądem aktualnej literatury na temat badań podstawowych i badań starzeniowych kondensatorów elektrochemicznych, zamykając się podrozdziałem, w którym omawiane są techniki elektrochemiczne stosowane w pracy.

Rozdział II – otwiera drugą część pracy, zawierającą podsumowanie publikacji P1 i P2, które dotyczą badania mechanizmów ładowania na poziomie molekularnym w kondensatorach elektrochemicznych opartych na węglu aktywowanym w połączeniu z elektrolitami wodnymi. Te podstawowe badania dotyczą różnych aspektów: pierwsze opiera się na monitorowaniu pH w trybie operando podczas ładowania i wyładowania kondensatora elektrochemicznego w wodnym neutralnym roztworze soli. Stwierdzono, że zmiana pH pobliżu elektrod kondensatora jest dynamiczna: silnie zależy od potencjału i jest różna dla poszczególnych elektrod. W drugiej publikacji opisano strumienie jonowe w materiałach węglowych w połączeniu z różnymi składami i stężeniami elektrolitów przy użyciu elektrochemicznej mikrowagi kwarcowej (EQCM), a także nowe podejścia do bardziej wydajnych zastosowań z nią związanych. Wykazano znaczenie punktu zerowego ładunku (PZC) dla opisu mechanizmu ładowania, wykorzystując różne techniki elektrochemiczne, z udoskonaloną metodą jego wyznaczania opartą na spektroskopii elektrochemicznej z krokowo zmiennym potencjałem ang. step potential electrochemical spectroscopy (SPECS). Po raz pierwszy wprowadzono także koncepcję zakresu ładunku zerowego, ang. region of zero charge (RZC) dla węgla aktywowanego pracującego w elektrolitach wodnych, co oznacza, że PZC nie należy traktować jako bezwzględnej jednopunktowej wartości potencjału.

Część trzecia (Rozdział III) poświęcona jest mechanizmom starzenia elektrod węglowych w środowisku organicznym, zarówno dla kondensatorów elektrochemicznych jak i kondensatorów litowo-jonowych – najczęściej stosowanych urządzeń w zastosowaniach przemysłowych. Określono czynniki takie jak wzrost napięcia oraz rola tlenowych grup funkcyjnych na starzenie się układów. Zawiera ona podsumowanie na podstawie publikacji P3 oraz artykułu A1. W obu pracach techniki elektrochemiczne połączono z analizami fizykochemicznymi. Pierwsza skupia się na mechanizmach starzenia elektrody węglowej i określa zarówno zmiany strukturalne, jak i chemiczne prowadzące do zaniku zdolności do magazynowania energii w kondensatorze litowo-jonowym. Zastosowanie konfiguracji pół-ogniwa pozwoliło na wyizolowanie podstawowych procesów zachodzących tylko na pojedynczej elektrodzie, bez komplikacji wprowadzanych przez pełne ogniwo. Najważniejsze odkrycie wykazało, że wzrost napięcia nie tylko powoduje szybszą

degradację systemu, ale także kieruje procesami starzenia. Artykuł A1 koncentruje się na ocenie działania kondensatora elektrochemicznego przy wysokim napięciu w elektrolicie komercyjnym, tj. 1 mol L^{-1} tetrafluoroboranie tetraetyloamonu ($TEABF_4$) w acetonitrylu (AN). W szczególności przedstawiono rolę tlenowych grup funkcyjnych w przyspieszonym starzeniu. Odkrycia te opisują złożone ścieżki degradacji, w przypadku których w przeciwieństwie do poprzednich założeń ustalono, że na ścieżki degradacji bardziej wpływa rodzaj niż całkowita ilość utlenionych grup funkcyjnych elektrody węglowej.

W ostatniej części znajdują się streszczenia artykułów, które nie są bezpośrednio powiązane z rozprawą, ale prezentują dorobek naukowy zdobyty w trakcie studiów doktoranckich. Dodatkowo, umieszczono spis figur i tabel zawartych w rozprawie, osiągnięć naukowych oraz literatury.

5.05.15 .....

data i podpis autora