

Streszczenie rozprawy doktorskiej mgr Agnieszki Chojnackiej pt.
„Nanokompozytowe materiały anodowe C/Sn dla nowej generacji
systemów magazynowania energii”.

Od ponad dekady dominującą technologią wśród systemów magazynowania energii są ogniwa litowo-jonowe (Li-ion, LIB). Ze względu na wysoką gęstość zmagazynowanej energii oraz bardzo dobrą stabilność w cyklach ładowania-rozładowania, zapotrzebowanie rynku na ogniwa typu Li-ion w najbliższych latach będzie wzrastało w bardzo szybkim tempie. Analizy finansowe prowadzone przez firmę Avicenne Energy utrzymują, że w roku 2025 wielkość globalnego rynku akumulatorów litowych wynosić będzie ok. 37 miliardów dolarów, co wskazuje na ponad dwukrotny przyrost względem roku 2015. Mocno rozwiniętym obszarem zastosowań ogniwi Li-ion będą przenośne urządzenia elektroniczne tj. telefony komórkowe, laptopy, czy tablety. Szczególnie znaczący wzrost zapotrzebowania akumulatorów litowo-jonowych jest widoczny w sektorze motoryzacyjnym, gdzie ogniwa te coraz częściej wykorzystywane są do zasilania pojazdów z napędem elektrycznym (EV), hybrydowym (HEV), jak również typu plug-in (P-HEV). Warto jednak zaznaczyć, że miniaturyzacja oraz wzrost mocy obliczeniowej urządzeń elektronicznych postępują znacznie szybciej niż rozwój systemów ich zasilania. Fakt ten sprawia, że koniecznym jest opracowanie nowych rozwiązań materiałowych i procesowych dla technologii akumulatorów LIB, które łączyłyby w sobie oczekiwane parametry użytkowe oraz niski koszt produkcji. Nowe możliwości technologiczne w dziedzinie wytwarzania nanomateriałów pozwalają na efektywne podejście do stawianych problemów badawczych, jak np. zwiększenie pojemności grawimetrycznej anod w komercyjnie stosowanych ogniwach Li-ion. Obecnie wykorzystywanym materiałem anodowym w akumulatorach typu LIB jest grafit oraz jego pochodne, których pojemność grawimetryczna (372 mAh g^{-1} dla grafitu), jak również wolumetryczna ($330\text{-}430 \text{ mAh cm}^{-3}$) jest stosunkowo niska, co limituje rozwój ogniwi Li-ion. W celu zwiększenia pojemności, a tym samym gęstości zmagazynowanej energii w komercyjnych anodach, wskazane jest zastosowanie nowych materiałów jak np. Si, czy Sn. Obiecującą alternatywą jest zastąpienie obecnie wykorzystywanych anod węglowych materiałami opartymi na metalicznej cynie, co pozwoliłoby na ok. trzykrotne zwiększenie pojemności grawimetrycznej anod, gdyż teoretyczna

pojemność grawimetryczna cyny (dla stopu $\text{Li}_{4.4}\text{Sn}$) wynosi 994 mAh g^{-1} . Wbudowywaniu się litu w strukturę cyny, towarzyszą jednak zmiany objętości komórki elementarnej materiału aktywnego, sięgające nawet 300%. W trakcie pracy ogniwa, naprężenia sieci krystalicznej powstające w strukturze cyny podczas tworzenia stopów Li-Sn prowadzą zatem do mechanicznych uszkodzeń elektrody, a w konsekwencji do utraty kontaktu elektrycznego pomiędzy materiałem aktywnym, a kolektorem prądowym. Rozwiązaniem tego problemu może być m.in. wytworzenie kompozytu typu cyna-węgiel (C/Sn), w którym nanometryczne ziarna cyny są enkapsulowane w elastycznej matrycy węglowej, która będzie pełnić funkcję buforu amortyzującego zmiany objętości nanoziaren cyny.

Celem niniejszej rozprawy doktorskiej było opracowanie nanokompozytowych materiałów anodowych C/Sn, w których nanometryczne ziarna cyny zostały enkapsulowane w elastycznej matrycy węglowej, pełniącej funkcję buforu amortyzującego zmiany objętości materiału aktywnego podczas pracy ogniwa. Przeprowadzone badania obejmują syntezę i komplementarną charakterystykę fizyko-chemiczną nanokompozytu anodowego C/Sn oraz określenie wpływu pochodzenia i właściwości matrycy węglowej kompozytu na jego właściwości elektrochemiczne. Do najważniejszych rezultatów osiągniętych w trakcie badań należą opracowanie i optymalizacja metodyki syntezy nanokompozytów C/Sn z wykorzystaniem procesu impregnacji na mokro oraz kleikowania skrobi, jak również określenie szczelności nanokompozytów typu C/Sn, po raz pierwszy przy zastosowaniu metod analizy termicznej. Wykonane eksperymenty pozwoliły także na wyznaczenie korelacji pomiędzy pochodzeniem matrycy węglowej, a właściwościami elektrochemicznymi otrzymanych materiałów oraz zaproponowanie optymalnego składu nanokompozytowej anody C/Sn.

Otrzymane wyniki w ramach niniejszej rozprawy doktorskiej stanowią podstawę do dalszego rozwoju nanokompozytowych materiałów C/Sn, które w przyszłości mogą posłużyć do konstrukcji akumulatorów Li-ion o wysokiej pojemności przeznaczonych do zastosowań w wielkoskalowych systemach magazynujących energię elektryczną.