

Synteza nanostruktur węglowych z enkapsulowanymi nanocząstkami metali i ich zastosowanie jako dwufunkcyjne elektrokatalizatory redukcji i wydzielania tlenu

Obserwujemy obecnie przyspieszony rozwój wszechobecnych urządzeń elektronicznych, które muszą spełniać coraz wyższe wymagania użytkowników, takie jak wielofunkcyjność, bezprzewodowość oraz giętkość. Ich możliwości bardzo często są ograniczone właściwościami dostępnych źródeł energii, czyli baterii i akumulatorów. Obiecującą kategorię przenośnych nośników energii stanowią akumulatory cynkowo-powietrzne. Ich półotwarta struktura, wykorzystująca podczas rozładowania tlen z powietrza jako utleniacz pozwala na osiągnięcie pojemności większych niż w przypadku baterii litowo-jonowych. Co więcej, zastosowanie w ich konstrukcji giętkiej elektrody tlenowej i stałego elektrolitu może pozwolić na stworzenie giętkich akumulatorów cynkowo-powietrznych do zastosowania, np. w rozwijanych ekranach.

Największym ograniczeniem rozwoju tego typu baterii są powolne reakcje elektrodowe zachodzące podczas ich użytkowania. Podczas rozładowania zachodzi tam reakcja redukcji tlenu (*ang. oxygen reduction reaction* – ORR), a podczas ładowania reakcja wydzielania tlenu (*ang. oxygen evolution reaction* – OER). Reakcje te może przyspieszać zastosowanie odpowiedniego materiału elektrodowego, czyli elektrokatalizatora, który musi wykazywać aktywność zarówno w ORR jak i OER. Dlatego obecnie trwają wzmożone badania nad dwufunkcyjnym elektrokatalizatorem o wysokiej aktywności w kierunku obu reakcji, który zachowa stabilność właściwości w warunkach pracy i będzie otrzymywany z możliwie jak najtańszych surowców. Szeroko badane w tym kierunku są materiały na bazie metali nieszlachetnych, takie jak: tlenki, wodorotlenki, siarczki i azotki metali przejściowych. Z ich zastosowaniem wiąże się jednak ryzyko degradacji materiału w silnie utleniających warunkach ładowania baterii, związanej z utlenianiem metali przejściowych. W ostatnich latach ukierunkowało to badania na elektrokatalityczne materiały niemetaliczne, szczególnie te na bazie materiałów węglowych.

Nanorurki węglowe (*ang. carbon nanotubes* – CNTs) cieszą się w tym zakresie szczególnym zainteresowaniem, dzięki rozwiniętej powierzchni właściwej, zapewniającej wiele miejsc aktywnych elektrokatalitycznie, w połączeniu z wysokim przewodnictwem elektrycznym. Jednak, jak pokazały badania ostatnich lat, CNTs mogą zawdzięczać swoją szczególną aktywność jeszcze innemu czynnikowi. Ich synteza odbywa się bowiem zwykle na metalicznych katalizatorach, które często pozostają, w ilościach poniżej 1% wag, w produkcie w postaci nanocząstek enkapsulowanych w nanostrukturach węglowych. Badania zarówno teoretyczne, jak i eksperymentalne pokazały, że nanocząstki metali enkapsulowane nawet w niewielkich ilościach w nanostrukturach węglowych wpływają istotnie na rozkład ładunku w materiale węglowych tworząc miejsca aktywne elektrokatalitycznie i istotnie poprawiając aktywność materiału. Co więcej, otoczka materiału węglowego zapobiega ługowaniu nanocząstek, zwiększając stabilność elektrokatalizatora podczas pracy baterii.

Wykorzystując opisany powyżej efekt, w niniejszej pracy chcemy otrzymać dwufunkcyjne elektrody do ORR i OER o dużej aktywności elektrokatalitycznej, poprzez bezpośrednią syntezę CNTs na giętkiej tkaninie węglowej, z zastosowaniem różnych katalizatorów. Katalizatory te, mają spełnić dwojaką funkcję – warunkować wzrost CNTs o danych właściwościach, jak również intencjonalnie zostać enkapsulowane w otrzymanym materiale węglowym. Dzięki zastosowaniu różnych prekursorów katalizatorów oczekujemy uzyskania nanorurek o różnych charakterystykach fizykochemicznych (rozmiarach, składzie chemicznym, strukturze), jak również enkapsulowanych nanocząstek o różnych właściwościach (rozmiarach, kształcie i składzie chemicznym). Dzięki temu, że nanorurki będą nanoszone bezpośrednio na giętką tkaninę węglową, oczekujemy łatwego transferu elektronów pomiędzy elektrodą a reagentami, jak również dobrej przyczepności materiału naniesionego na tkaninę, co jest szczególnie istotne w zastosowaniu w giętkiej baterii.

Oczekujemy, że badania pozwolą na ocenę właściwości fizycznych nanorurek węglowych jak również enkapsulowanych nanocząstek, które warunkują aktywność elektrokatalityczną otrzymanych elektrod i przyczynią się do lepszego zrozumienia zjawisk elektrokatalizy w ORR i OER.