

Niniejszy projekt dotyczy wyjaśnienia podstawowych procesów chemicznych i elektrochemicznych zachodzących w elektrodzie powietrznej działającej w odwracalnych ogniwach stałotlenkowych (ang. *reversible Solid Oxide Cells*, rSOC) skonstruowanych przy użyciu nowych materiałów tlenkowych zawierających miedź o składzie $RE_{1-x}A_xM_{1-x}Cu_xO_{3-\delta}$ (RE: wybrane pierwiastki ziem rzadkich, A: wybrane metale ziem alkalicznych, M: wybrane metale 3d). Badania skoncentrują się na identyfikacji i zrozumieniu zasad rządzących aktywnością elektrokatalityczną w kierunku reakcji redukcji tlenu oraz wydzielania tlenu. Na podstawie badań możliwe będzie zaproponowanie zoptymalizowanych, stabilnych chemicznie i termomechanicznie związków na bazie Cu, zapewniających wydajną pracę elektrody powietrznej w trybie ogniwa paliwowego i elektrolizera w obniżonych temperaturach, poniżej 800 °C (z celem zapewnienia efektywnej pracy w zakresie 600 °C). Jednocześnie, dzięki podejściu inżynierii chemicznej i materiałowej, zostaną zaprojektowane, wyprodukowane i przetestowane elektrody powietrzne o morfologii zorientowanej przestrzennie, co ma na celu zrozumienie roli właściwości powierzchniowych w działaniu ogniwa typu rSOC. Większość z dotychczas opracowanych materiałów elektrod powietrznych ogniwa rSOC oparta jest na związkach kobaltu, istnieją jednak ważne powody, aby ograniczyć tę zależność: złoża rud Co są ograniczone, a komercyjne źródła zlokalizowane są w regionach o niestabilnej sytuacji gospodarczej i politycznej, ponadto, kobalt klasyfikowany jest jako rakotwórczy. Z drugiej strony istnieją duże zasoby taniej i przyjaznej dla środowiska miedzi, w szczególności w Polsce.

Zaproponowane badania bazują na starannie zaplanowanych pomiarach empirycznych wykorzystujących zaawansowane techniki eksperymentalne, a także na obliczeniach kwantowo-mechanicznych pozwalających przewidzieć i modelować właściwości strukturalne oraz transportowe analizowanych materiałów. Metodyka badawcza obejmuje syntezę materiałów metodą wysokotemperaturową lub/oraz metodą typu zol-żel, analizę strukturalną w temperaturze pokojowej, w temperaturach wysokich, badania spektroskopowe oraz mikrostrukturalne, badanie stabilności chemicznej i termicznej, a także szeroko zakrojoną analizę właściwości transportu jonowego oraz elektronowego. Przeprowadzone zostaną pomiary termogravimetryczne (pomiar masy próbki względem zmian temperatury) umożliwiające wyznaczenie zawartości tlenu i jej zależności od temperatury, pomiary przewodnictwa elektrycznego (w tym wyznaczenie składowej jonowej i elektronowej) w funkcji temperatury, określenie współczynnika dyfuzji D oraz stałej wymiany powierzchniowej k z pomiarów relaksacyjnych. Dodatkowo, kluczową część projektu stanowią zamierzone modyfikacje mikrostruktury materiałów elektrodowych tj. planowane otrzymanie mikro- lub nanowłókien z materiału katodowego (bądź jego kompozytu z najbardziej obiecującym elektrolitem) o zwiększonej powierzchni właściwej oraz optymalnej porowatości. Jednocześnie przeprowadzone zostaną badania zgodności chemicznej i termomechanicznej tlenku ceru domieszkowanego lantanem jako potencjalnej warstwy buforowej oraz elektrolitu stałego w ogniwach o płaskiej konstrukcji opartej na anodzie. Oczekuje się, że w projekcie zostaną opracowane nowe urządzenia elektrochemiczne zdalne do generacji wysokiej gęstości prądu.

Wśród głównych powodów podjęcia proponowanej tematyki badawczej można zaliczyć konieczność rozwoju nowych, czystych, efektywnych oraz tanich technologii energetycznych, natomiast od strony naukowej, potrzebę rozwoju wiedzy w zakresie zagadnień chemii i fizyki ciała stałego, elektrochemii oraz katalizy. Należy zauważyć, że stale zmniejszające się zasoby paliw kopalnych stwarzają potrzebę rozwoju nowoczesnych technologii pozyskiwania energii elektrycznej, bez której trudno wyobrazić sobie w dzisiejszych czasach nie tylko życie codzienne przeciętnego człowieka, ale i praktycznie funkcjonowanie wszystkich gałęzi przemysłu. Wśród tych alternatywnych technologii wyróżnić można m.in. ogniwa fotowoltaiczne, turbiny wiatrowe oraz najbardziej obiecujące ogniwa paliwowe, stanowiące przedmiot niniejszego projektu. Stałotlenkowe ogniwa paliwowe typu SOFC są urządzeniami konwertującymi energię chemiczną zawartą w paliwie (np. wodorze, tlenku węgla lub węglowodorach) i utleniaczu bezpośrednio na energię elektryczną. Pracują one typowo w temperaturach rzędu 800-1000 °C, co powoduje trudności w konstrukcji, obniża żywotność oraz zwiększa koszty. W ostatnich latach sporo badań dotyczyło rozwoju ogniwa pracujących w obniżonym zakresie temperatur, 600-800 °C. Równocześnie, możliwość pracy w trybie odwrotnym, tj. elektrolizera wysokotemperaturowego, jest przedmiotem szczególnego zainteresowania, ponieważ umożliwia wytwarzanie wodoru przy użyciu nadwyżki energii elektrycznej. Prawdopodobnie pojawią się nowe możliwości zastosowania generatorów opartych o odwracalne ogniwa rSOC. Niestety, istnieją też przeszkody utrudniające wytworzenie i implementację efektywnie pracujących systemów. Obniżenie temperatury pracy powoduje wzrost elektrodowych strat polaryzacyjnych oraz rezystancji ceramicznego elektrolitu (znaczący spadek gęstości generowanej mocy). Niesie to potrzebę opracowania nowoczesnych materiałów elektrodowych i elektrolitowych mogących efektywnie działać w takich warunkach.

Od strony naukowej, realizacja zadań badawczych będzie miała znaczący wpływ na rozwój nauki w aspekcie zrozumienia mechanizmu transportu jonowo-elektronowego w materiałach elektrodowych oraz procesów zachodzących na granicy elektroda/elektrolit dla tlenków o strukturze perowskitu oraz materiałów kompozytowych. Ponadto, w ramach projektu zaproponowany zostanie model reakcji elektrodowych, w tym określenie wpływu zastosowanych modyfikacji na aktywność katalityczną elektrod.