

Celem projektu jest opracowanie i scharakteryzowanie zaawansowanych powłok ochronnych ogólnodostępnych stali ferrytycznych o wysokiej zawartości chromu, które można wykorzystać do konstrukcji interkonektorów dla stosów ogniwo stałotlenkowych (SOC, ang. *Solid Oxide Cell*). Dotychczas, w badaniach naukowych, pracach B+R i rozwiązaniach komercyjnych, wykorzystuje się przede wszystkim kosztowną, specjalistyczną stal o składzie zoptymalizowanym pod kątem wysokosprawnego działania SOC w wysokich temperaturach (powyżej 750°C) – stal typu Crofer® (niemieckiej firmy VDM Metals). Wykorzystanie szeroko dostępnej stali o niższym koszcie, pozwoli na obniżenie kosztu wytwórczego SOC oraz zminimalizuje ryzyko związane z ograniczoną ilością stali typu Crofer® na rynku (jeden dostawca), co niewątpliwie zwiększy atrakcyjność rynkową technologii SOC. Jednakże, implementacja ogólnodostępnych stali ferrytycznych w stosach SOC jako interkonektorów wiąże się z dużym wyzwaniem badawczym ze strony inżynierii materiałowej, chemicznej i procesowej. Powłoki ochronne stali, zarówno tej specjalistycznej, jak i tej szeroko dostępnej, są niezbędne do poprawnego działania stosów SOC, ze względu na zatrucie elektrody powietrznej ogniwa na skutek parowania chromu ze stali w temperaturach pracy SOC. Rolą warstw ochronnych jest zatrzymanie dyfuzji chromu z powierzchni stali i ograniczenie przyrostu zgorzeli tlenku chromu o niskiej przewodności elektrycznej, która tworzy się na powierzchni interkonektorów po stronie powietrznej. Jakość warstwy ochronnej, rozumiana przez pryzmat takich właściwości jak gęstość, stabilność termomechaniczna oraz przewodność elektryczna, rzutuje na żywotność stosu SOC i tempo jego degradacji. Istotną różnicą pomiędzy stalami jest również sposób produkcji, który umożliwia niemal całkowite wyeliminowanie krzemu w stali specjalistycznej, podczas gdy w typowej stali ferrytycznej wysokochromowej ilość krzemu wynosi ok. 0,5-1 wag.%. Z uwagi na ten fakt, zastosowanie tańszej stali wiąże się z powstawaniem nieprzewodzącego amorficznego tlenku krzemu - opracowywane w ramach projektu powłoki ochronne dodatkowo muszą ten problem ograniczyć, np. poprzez niewielką domieszkę pierwiastków metali ziem rzadkich lub ziem alkalicznych mogących wychwytywać krzemionkę, przyczyniając się do tworzenia skrzystalizowanych mikroziaren. Ponadto, z uwagi na brak domieszkowania typowych stali takimi pierwiastkami jak La lub Ti, wspomagających formowanie się gęstej, dobrze przylegającej zgorzeli na powierzchni stali, zamiast utleniania międzyziarnowego wewnątrz stali, konieczne jest zaproponowanie takiej techniki osadzania warstwy ochronnej, która nie będzie wymagała spiekania w wysokiej temperaturze. Dotychczas, formowanie powłoki ochronnej wiązało się najczęściej z dwuetapowym spiekanem materiałów tlenkowych takich jak spinel manganowo-kobaltowy lub manganowo-miedziowy, tj. redukcją w temperaturze ~1000°C i ponownym utlenianiem powyżej 800°C. Dodatkowo, projekt zakłada wykorzystanie funkcjonalizowanych powierzchniowo elektroprzędzonych mikro- i nanowłókien jako składnika warstwy ochronnej interkonektora, co mogłoby całkowicie lub częściowo zastąpić stosowane pasty kontaktowe na bazie proszków, bezpośrednio przyczyniając się do poprawy wydajności układu z ogniwami SOC.

W trakcie badań planowane jest porównanie dwóch typów stali reprezentujących szeroko dostępną stal ferrytyczną: AISI 430 (1.4016) oraz AISI 441 (1.4509). W roli powłoki referencyjnej zostanie osadzony spinel $Mn_{1,5}Co_{1,5}O_4$. Jednym z kluczowych badanych parametrów będzie rezystancja powierzchniowa (ASR), mierzona zarówno, w krótkim czasie, jak i podczas długotrwałej ekspozycji na symulowane warunki pracy SOC (1000 h), zarówno w atmosferze utleniającej, jak i podwójnej – utleniającej i redukcyjnej, wykorzystując specjalnie przygotowane stanowisko pomiarowe. Nowe powłoki zostaną wykonane na bazie spineli $(Mn,Fe,Cu)_3O_4$, w które zostaną włączone elektroprzędzone włókna na bazie wysokoprzewodzących perowskitów (np. $La(Mn,Cu,Co)O_3$). Zbadana zostanie kinetyka korozji stali z powłokami poprzez pomiary termogravimetryczne próbek poddanych utlenianiu w czasie 3000-5000 h. Próbkę po obydwu badaniach zostaną poddane szczegółowej analizie *post mortem* wykorzystując techniki SEM, EDS, TEM, XRD, aby lepiej poznać procesy degradacji stali oraz zrozumieć zmiany powstające na granicy warstwa ochronna - stal. Materiały o najlepszych właściwościach zostaną finalnie użyte do wykonania pełnowymiarowych interkonektorów i przeprowadzenia badań stosu ogniwo SOC w trybie odwracalnym – zarówno w trybie ogniwa paliwowego (SOFC), jak i w trybie elektrolizy (SOEC). Planowany jest długoterminowy test (ok. 1000 h), w celu weryfikacji aplikacyjności opracowanych rozwiązań.

Motywacją do podjęcia zaproponowanych badań jest zapotrzebowanie na nowoczesne, niskoemisyjne technologie efektywnie wytwarzające i magazynujące energię, które mogłyby bilansować sieć elektroenergetyczną ze źródłami odnawialnymi. Technologia SOC jest bardzo obiecującą perspektywą, która oferuje zarówno wsparcie produkcji energii, jak i produkcję wodoru jako formy magazynowania energii czy też konwersji energii do syntezy paliw gazowych, ciekłych, bądź amoniaku. Jednocześnie, od strony naukowej istnieje potrzeba lepszego poznania mechanizmów degradacji stali ferrytycznych w temperaturach 600-700°C w atmosferze utleniającej i redukcyjnej oraz określenie właściwości materiałów mogących tworzyć skuteczne powłoki ochronne przewidziane do pracy w analogicznych warunkach. Spodziewanym efektem projektu jest znaczący postęp w technologii SOC, wykraczający poza aktualny stan wiedzy, jak również otrzymanie nowego materiału ochronnego i opracowanie efektywnej techniki jego depozycji dla interkonektorów SOC bazujących na ogólnodostępnych stalach ferrytycznych.