

W dobie zwiększającej się niemal w tempie wykładniczym liczby ludności na świecie oraz bardzo szybkiego wzrostu zapotrzebowania na energię, rozwój nowoczesnych, niskoemisyjnych technologii jej otrzymywania stawiany jest jako priorytet światowej gospodarki energetycznej, zwłaszcza przy wyczerpujących się zapasach stosowanych obecnie paliw kopalnych, których zużywanie generuje ogromną ilość gazów cieplarnianych do atmosfery. Pośród najbardziej obiecujących rozwiązań, wyróżnić można technologie ogniw paliwowych oraz wodorowe, ze względu na możliwości pozyskiwania energii, ograniczające hałas i emisję szkodliwych substancji, przy zachowaniu wysokiej sprawności energetycznej.

Uwzględniając zalety ogniw, najlepszym rozwiązaniem wydają się być ogniwa paliwowe SOFC (z ang. *Solid Oxide Fuel Cells*) z zastosowaniem stałotlenkowego elektrolitu. Poza 70% wydajnością energetyczną (wynikająca z możliwości regeneracji na drodze utrzymywania wysokiej temperatury pracy ogniwa – 800°C), niski koszt i prosta modułarna budowa (dająca możliwość skalowania wielkości produkowanej mocy do konkretnych potrzeb) stanowią o wielkim potencjale ogniw SOFC. Ich odpowiednia moc ogniwa wynika z połączenia wielu pojedynczych komórek (anoda/elektrolit/katoda) w tzw. stos (z ang. *stack*) o zwielokrotnionej mocy. Oddziela się je tzw. interkonektorami w postaci bipolarnych płyt separujących przestrzeń anodową od katodowej, zapewniając tym samym stabilność mechaniczną i przepływ prądu w całym stosie. Dodatkowo, wyposażone są one w kanały doprowadzające gazy (utleniacz i paliwo) niezbędne do zajścia reakcji elektrochemicznej, będącej źródłem generowanej energii elektrycznej i ciepła.

Biorąc powyższe pod uwagę, interkonektory pracują w najbardziej agresywnym środowisku (wysoka temperatura oraz gazy utleniająco-redukujące) ze wszystkich elementów pojedynczej komórki ogniwa SOFC. Dlatego, materiały na ich wykonanie muszą spełniać szereg rygorystycznych wymogów, z których najważniejsze dotyczą wysokiej odporności na korozję wysokotemperaturową oraz przewodnictwo elektryczne. Niestety, dotychczas badane materiały, w tym jako najbardziej obiecująca grupa ferrytycznych stali, nie spełniają wszystkich wymagań, głównie ze względu na tzw. „efekt parowania chromu” oraz zbyt szybki przyrost zgorzeliny Cr_2O_3 prowadzący do jej odpadania oraz zwiększenia oporu elektrycznego.

Poza modyfikacją składu chemicznego stali, bardzo ciekawą alternatywą jest zastosowanie powłok ochronnych, działających jako tzw. bariera zaporowa przeciw niekontrolowanym procesom dyfuzyjnym. Do tej pory, materiałami powłokowymi badanymi na największą skalę są tlenki o strukturze spineli lub perowskitów. W ramach realizacji opisywanej rozprawy doktorskiej, postanowiono zaproponować całkowicie nowe podejście, w postaci alternatywnego materiału na powłoki ochronne jakimi są tzw. czarne szkła z grupy PDCs (z ang. *Polymer Derived Ceramics*) na bazie oksywęgliku krzemu bez modyfikacji (SiOC) oraz domieszkowanego kationami glinu (SiAlOC).

Materiały te dzięki zawartości węgla w dwóch formach (silne, kowalencyjne wiązania Si-C oraz tzw. faza wolnego węgla w postaci nanometrycznych wydzielen lub powiązanych sieci), wykazują odpowiednio wysoką stabilność termomechaniczną, odporność chemiczną i na korozję, a także niską rezystancję elektryczną. Co więcej, dzięki transformacji polimeru w ceramikę na drodze obróbki termicznej w beztlenowej atmosferze, można kontrolować proces otrzymywania materiału na każdym jego etapie, wpływając tym samym na jego końcowe własności.

Zastosowana metoda zol-żel, jako najpopularniejsza do produkcji PDCs, daje wręcz nieograniczone możliwości w postaci doboru odpowiednich prekursorów (zawierających mniej lub więcej węgla oraz wprowadzających kationy metali np. Al^{3+} do struktury szkieł) oraz formowania materiału w dowolnej postaci (w tym powłok). Wybór zadanej proporcji prekursorów gwarantuje kontrolę ilości węgla w strukturze oraz fazy węgla wolnego, co prowadzi do uzyskania idealnej równowagi pomiędzy odpornością korozyjną, a przewodnictwem elektrycznym końcowego materiału. Dlatego, aby wykorzystać ogromny potencjał szkieł z grupy PDCs, za główny cel przyjęto optymalizację procesu otrzymywania powłok na ich bazie. Uwaga została skupiona na funkcjonalizacji składu chemicznego, preparatyce podłoża, parametrach nakładania warstw (techniką dip-coatingu) oraz parametrach dwustopniowej obróbki termicznej (suszenia i pirolizy).

Uformowane powłoki o planowanej strukturze (stosunek zawartości dwóch form węgla) i mikrostrukturze (szczelność i jednorodności), zweryfikowanych poprzez szereg badań spektroskopowych i mikroskopowych, poddawane są testom właściwości użytkowych (odporności na utlenianie oraz przewodnictwa elektrycznego). Pierwsze, bardzo obiecujące wyniki potwierdzają, iż kompleksowo zoptymalizowany proces otrzymywania powłok, pozwalający uzyskać dwuwarstwowy układ ochronny (powłoka PDCs/podpowłoka na bazie spinelu Mn-Cr) przyczynia się do znacznego wzrostu stabilności termicznej badanej stali ferrytycznej poprzez wyraźne zahamowanie procesów dyfuzyjnych oraz uzyskanie akceptowalnego poziomu rezystancji elektrycznej w agresywnych warunkach pracy.

Dodatkowe badania własności mechanicznych i trybologicznych, zaplanowane w trakcie zagranicznego stażu, uzupełnią opis innowacyjnych powłok o bardzo cenne informacje na temat np. ich adhezji czy twardości. Zapewni to spełnienie podstawowego celu pracy w postaci w pełni zoptymalizowanej procedury uzyskiwania sfunckjonalizowanego materiału na interkonektory, który będzie w stanie zapewnić długoterminową odporność korozyjną, przewodnictwo elektryczne oraz stabilność mechaniczną układu.