

Globalne ocieplenie jest jednym z najpoważniejszych problemów, z którymi boryka się nasza planeta. Do najważniejszych zadań współczesnej nauki należy znalezienie sposobów na ograniczenie emisji gazów cieplarnianych, które przyczyniają się do tego zjawiska. Unia Europejska (UE) jest obecnie czwartym emitentem gazów cieplarnianych na świecie, a Polska znajduje się wśród pięciu państw UE o najwyższej emisji tych gazów. Do roku 2050, UE planuje osiągnąć neutralność klimatyczną. Aby osiągnąć ten cel, należy ograniczyć emisje związane z głównymi źródłami gazów cieplarnianych: energetyką i transportem.

Pomimo rosnącej popularności odnawialnych źródeł energii, ich największym problemem jest to, że nie są one dostępne przez cały czas. Produkcja energii zależy między innymi od warunków pogodowych. Dlatego potrzebny jest nośnik energii, który pozwoli na jej magazynowanie i wykorzystanie w razie potrzeby. Można to osiągnąć poprzez magazynowanie energii w wiązaniach chemicznych wodoru. Energia chemiczna wodoru może być następnie przekształcona w energię elektryczną przy pomocy ogniw paliwowych, takich jak stałotlenkowe ogniwa paliwowe (SOFC). Ogniwa SOFC pracują w wysokich temperaturach (do 800°C) i agresywnych atmosferach (powietrze oraz wodór-para wodna), co powoduje, że ich elementy są narażone na korozję wysokotemperaturową. Pojedyncze ogniwo SOFC nie jest w stanie wygenerować wystarczającej mocy, dlatego łączy się je w stosy, co pozwala uzyskać większą ilość energii. Aby oddzielić poszczególne ogniwa i zebrać produkowany przez nie ładunek, stosuje się metalowe płytki zwane interkonektorami. Interkonektory są szczególnie podatne na korozję wysokotemperaturową, która prowadzi do obniżenia efektywności stosu. Dlatego konieczne jest stosowanie ochronnych powłok przewodzących prąd, które zabezpieczają interkonektory przed korozją w atmosferze powietrza oraz wodoru i pary wodnej.

W transporcie najczęściej używane są pojazdy z silnikami spalinowymi o spalaniu wewnętrznym, które są głównym źródłem emisji gazów cieplarnianych, takich jak CO₂. Aby ograniczyć emisję CO₂, wprowadzane są pojazdy napędzane wodorem, które emitują głównie parę wodną. Istnieje również możliwość przystosowania konwencjonalnego silnika spalinowego do pracy w wodorze. Silniki wodorowe pracują w wysokich temperaturach (ok. 900°C), w cyklach grzania i chłodzenia, w atmosferze pary wodnej oraz w obecności resztkowego wodoru. Taka kombinacja warunków sprawia, że elementy silników wodorowych, takie jak zawory wylotowe, są narażone na: (1) korozję wysokotemperaturową w parze wodnej podczas pracy oraz (2) potencjalną degradację związaną z przenikaniem resztkowego wodoru podczas chłodzenia silnika. Dlatego konieczne jest opracowanie powłok o dwóch właściwościach: odporności na korozję w parze wodnej oraz zdolności do blokowania przenikania wodoru.

Materiały ceramiczne są znane z odporności na korozję, co czyni je świetnymi kandydatami do zastosowania jako powłoki ochronne w obu wspomnianych przypadkach. Szczególnie interesującą grupą materiałów ceramicznych jest tzw. ceramika pochodzenia polimerowego (PDCs), która dzięki dużej elastyczności w zakresie składu chemicznego i właściwości fizycznych idealnie nadaje się do tworzenia powłok. PDCs otrzymuje się zazwyczaj z preceramicznych polimerów krzemooorganicznych w procesie pirolizy (kontrolowanego rozkładu termicznego) w atmosferze gazu obojętnego. Przykładem PDC, który zostanie poddany badaniom w ramach tego projektu, jest węglikoazotek krzemu (SiCN). Można go otrzymać z polimerów zawierających krzem, węgiel, azot i wodór, np. z polisilazanów. SiCN zawiera silne, kowalencyjne wiązania Si–C i Si–N, które nadają mu doskonałą odporność na korozję wysokotemperaturową. Co więcej, przy odpowiedniej zawartości węgla w preceramicznym polimerze, pojawiają się nanodomeny tzw. wolnego węgla, które umożliwiają przewodnictwo elektryczne. Ze względu na zwartą i mocno związaną strukturę, SiCN stanowi również dobrą barierę dla przenikania wodoru.

Celem projektu jest opracowanie powłok ochronnych na bazie PDCs z układu SiCN, przeznaczonych do stosowania na metalicznych podłożach pracujących w wysokich temperaturach (600–1000°C) w atmosferach zawierających wodór i/lub parę wodną, takich jak interkonektory ogniw SOFC oraz zawory wylotowe silników spalinowych zasilanych wodorem. Jednocześnie projekt rozwiąże problemy związane z powłokami PDC, takie jak (a) ich stosunkowo niewielka grubość oraz (b) niewystarczające przewodnictwo elektryczne.

Projekt obejmuje badania nad powłokami na bazie SiCN oraz SiCN domieszkowanym glinem, tj. SiAlCN. Prekursory tych powłok zostaną zsyntezowane z monomerów i zmodyfikowane związkami zawierającymi glin. Powłoki zostaną naniesione na cztery rodzaje stali: po dwie dla każdego z zastosowań. Aby poprawić grubość i przewodnictwo powłok, zostaną one dodatkowo wzbogacone w ceramiczne wypełniacze (filery). Zarówno powłoki bez wypełniaczy, jak i z ich dodatkiem zostaną poddane testom odporności na korozję wysokotemperaturową w atmosferach bogatych w wodór i/lub parę wodną. Wykonane zostaną także badania absorpcji i przenikania wodoru, pomiary przewodnictwa elektrycznego, testy mechaniczne oraz analizy strukturalne, mikrostrukturalne i chemiczne przed i po badaniach korozyjnych i przenikalności wodoru.

Przeprowadzone eksperymenty pozwolą lepiej zrozumieć zachowanie powłok PDC w środowiskach bogatych w wodór i parę wodną. Aby ułatwić przejście od paliw kopalnych do wodoru, konieczne jest testowanie materiałów w atmosferach zawierających H₂ i H₂O oraz opracowywanie nowych, ulepszonych rozwiązań. Wyniki projektu będą zatem istotne w kontekście realizacji celów klimatycznych Unii Europejskiej.