

Wśród różnych gałęzi przemysłu, sektor energetyczny i transportowy, w tym przemysł lotniczy i motoryzacyjny, rozwijają się w szczególnie szybkim tempie. Pomimo wielu prób i środków zapobiegawczych, problem łączący obie branże, a mianowicie zjawisko utleniania wysokotemperaturowego, zbiera obfite żniwo na wydajności technologii wykorzystywanych w przemyśle, generując ogromne, wielomiliardowe koszty. Nie można jednak pominąć drugiego, kluczowego dla niniejszego projektu aspektu utleniania wysokotemperaturowego, jakim jest prawidłowa ocena odporności materiału na agresywne warunki pracy za pomocą ściśle opracowanych procedur opartych na zaawansowanych metodach badawczych. Aby właściwie podejść do tego zagadnienia, za niezbędne należy uznać kompleksowe badania uwzględniające wpływ temperatury, atmosfery, czasu utleniania i modyfikacji materiału na zmiany strukturalne zachodzące w całym układzie, zwłaszcza w początkowych etapach utleniania. W związku z tym szczególnie pożądane są wszechstronne podejścia, często wykorzystujące metodologie spoza obecnego stanu wiedzy, które zapewnią prosty, szybki i niedrogi sposób badania kilku grup materiałów wysokotemperaturowych pod względem ewolucji strukturalnej niezależnie od etapu utleniania.

Dlatego celem naukowym projektu jest kompleksowe opisanie mechanizmów narastania zgorzeliny na modelowych przykładach materiałów wysokotemperaturowych, takich jak stopy tworzące zgorzeliny ochronne na bazie  $\text{Al}_2\text{O}_3$  i  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , (z ang. *alumina* i *chromia formers*) przy użyciu spektroskopii Ramana w warunkach *in-situ* i *ex-situ*. Badania uwzględnią ewolucję strukturalną składu fazowego zgorzelin, w tym rodzaj, stechiometrię, wzajemne położenie i kolejność tworzenia różnych faz, a także analizę stanu naprężenia w odniesieniu do atmosfery, temperatury, a przede wszystkim czasu utleniania (z naciskiem na początkowe etapy ekspozycji). Uwzględniony zostanie również wpływ wybranych powłok ochronnych. Co więcej, proponowana metodologia obejmie również wewnętrzne strefy utleniania i przemiany fazowe zachodzące w metalicznych podłożach.

Następujące pytania badawcze postawione w tym projekcie odnoszą się do każdego z poszczególnych materiałów - jaki jest skład fazowy zgorzelin (włączając odmiany polimorficzne  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , jeśli jest to istotne), w zależności od atmosfery, temperatury i czasu ekspozycji, biorąc pod uwagę zarówno początkowe, jak i dalsze etapy utleniania, dla:

- Stali ferrytycznych na interkonektory w stałotlenkowych ogniwach paliwowych (SOFC) i elektrolizerach (SOEC),
- Stopów FeAl do kotłów nadkrytycznych i elementów silników spalinowych,
- Nadstopy na bazie Ni z powłoką ochronną opartą na międzywarstwie NiCrAlY i warstwie wierzchniej na bazie powłokowej bariery cieplnej (TBC) jako niezwykle wydajny system powłok do zastosowań na łopatki turbin silników lotniczych,
- Nadstopy nowej generacji na bazie Co (potencjalne stopy typu *alumina formers*) do zastąpienia obecnie stosowanych nadstopów na bazie Ni.

Hipoteza badawcza jest taka, że spektroskopia Ramana (pomiar w skali 1D, 2D i 3D) może dostarczyć kluczowych informacji do zrozumienia procesów utleniania materiałów wysokotemperaturowych, jako obiecująca alternatywa dla obecnie stosowanych metod, takich jak dyfrakcja rentgenowska (XRD) lub elektronów wstecznie rozproszonych (EBSD) i transmisyjna mikroskopia elektronowa (TEM) w zakresie: oceny składu fazowego, badań *in-situ* wczesnych etapów utleniania oraz badań *ex-situ* w celu weryfikacji długoterminowej wydajności materiału.

Główną ideą projektu jest ustanowienie spektroskopii Ramana jako wiodącej metody w badaniach utleniania wysokotemperaturowego. Inne metody będą wykorzystywane, albo w celu uzupełnienia danych, albo w celu zapewnienia niezbędnego odniesienia w celu porównania z najnowocześniejszymi technikami, które potencjalnie mogą zostać zastąpione przez spektroskopię Ramana:

- SEM/EPMA (lub EDS w zależności od złożoności zgorzeliny) - uzupełnienie mikrostruktury powierzchni i przekrojów oraz składu pierwiastkowego z tego samego obszaru,
- XRD/XRD ze stałym kątem padania wiązki (GIXRD) (w zależności od grubości zgorzeliny) - ponieważ pomiar Ramana jest znacznie bardziej lokalny niż XRD, wyniki *in-situ* XRD uzupełnią identyfikację faz, dostarczając informacji "z objętości", a także w przypadku nieaktywnych drgań Ramana,
- TEM - ostateczna walidacja wyników.

Podsumowując, spektroskopia Ramana może być niezwykle wygodnym narzędziem do projektowania nowych materiałów metalicznych (poprzez zrozumienie mechanizmów narastania zgorzeliny i degradacji) mających zastosowanie w wielu gałęziach gospodarki i przemysłu, takich jak wspomniany przemysł lotniczy, energetyczny i motoryzacyjny, które są kluczowymi obszarami badawczymi dla nauk inżynierskich, a przede wszystkim są głównymi odbiorcami nowości naukowych pochodzących z inżynierii materiałowej. Biorąc pod uwagę zaplecze techniczne, doświadczenie kierownika projektu w zarządzaniu projektami oraz doświadczenie grupy badawczej w badaniach strukturalnych, gwarantowana jest terminowa i sprawna realizacja projektu, która zaowocuje licznymi publikacjami w renomowanych czasopismach, pogłębieniem współpracy z silnymi ośrodkami naukowymi oraz szybkim rozwojem w dziedzinie utleniania wysokotemperaturowego.