

- Rozwój nowych stopów ODS tworzących tlenek glinu: podstawowe badania mechanizmów degradacji wieloczynnikowej-

Rosnące zapotrzebowanie na energię oraz konieczność ograniczenia wykorzystania paliw kopalnych powodują, że na całym świecie wzrasta zainteresowanie zaawansowanymi systemami energetyki jądrowej. Przyszłe reaktory IV generacji będą pracować w wyjątkowo trudnych warunkach w wysokich temperaturach, intensywnym promieniowaniu jonizującym oraz w kontakcie z agresywnymi chemicznie chłodziwami. Tak ekstremalne środowisko stawia przed materiałami konstrukcyjnymi niezwykle wysokie wymagania. Projekt koncentruje się na specjalnej grupie zaawansowanych materiałów – stalach typu ODS (z ang. Oxide Dispersion Strengthened), które zawierają nanometryczne cząstki tlenkowe równomiernie rozmieszczone w osnowie metalicznej. To właśnie one zapewniają materiałom wyjątkową odporność na wysoką temperaturę i promieniowanie.

Głównym problemem obecnie rozwijanych stali ODS jest ich ograniczona odporność na korozję w podwyższonych temperaturach. Jednym z obiecujących rozwiązań tego zagadnienia jest optymalizacja składu chemicznego i procesów obróbki cieplnej. Udowodniono, że odpowiedni dodatek glinu w stopie umożliwia spontaniczne tworzenie zwartej, ochronnej i niezwykle stabilnej warstwy tlenku glinu (Al_2O_3) - materiały te nazywamy stopami typu AFA (z ang. Alumina Forming Alloy). Jednak obecność glinu w składzie chemicznym wpływa również na strukturę i morfologię cząstek wzmacniających, powodując powstawanie kompleksowych tlenków Y-Al-O, które obniżają pozytywny efekt umocnienia tlenkami. Jedną z metod rozwiązania tego problemu jest dodatek niewielkiej ilości cyrkonu. Ze względu na to, że tlenki typu Y-Zr-O tworzą się łatwiej niż kompleksy Y-Al-O, cyrkon powoduje zatrzymanie glinu w matrycy, umożliwiając tworzenie się ochronnej warstwy Al_2O_3 . W ten sposób Zr poprawia i stabilizuje architekturę mikrostruktury. Strategia ta ma jednak pewne ograniczenia - niezbędna jest ściśle zoptymalizowana obróbka cieplna, aby uniknąć niekorzystnej dyfuzji Zr do powierzchni i tworzenia się tlenku cyrkonu ZrO_2 , który osłabia ochronne właściwości warstwy.

Celem projektu jest zaprojektowanie, wytworzenie i charakterystyka nowej klasy wielofunkcyjnych stali ODS o podwyższonych właściwościach mechanicznych, zwiększonej odporności na korozję oraz wyższej stabilności radiacyjnej. Opracowane zostaną dwa warianty stopów typu AFA-ODS różniących się obecnością Zr. Optymalizacja składu chemicznego i obróbki termicznej obejmuje zaawansowane techniki metalurgii proszków i dedykowane procesy technologiczne. Materiały zostaną poddane szeregowi oddziaływań degradacyjnych, symulujących realne warunki pracy reaktora: wysokim naprężeniami, środowisku korozyjnemu, podwyższonej temperaturze oraz promieniowaniu jonizującemu. Każdy z czynników będzie analizowany osobno i w kombinacji, co umożliwi głębsze zrozumienie zachowania materiału w warunkach ekstremalnych.

Realizacja projektu pozwoli na głębokie zrozumienie mechanizmów degradacji stali AFA-ODS w środowisku wieloczynnikowym. Pozwoli określić zależność pomiędzy poszczególnymi czynnikami oraz określić rolę Zr w stabilizacji cząstek umacniających przy zachowaniu zdolności stopu do tworzenia stabilnej i ciągłej warstwy tlenku aluminium. Łącząc kontrolowany dobór składu stopu, wieloskalową charakterystykę i złożone testy degradacyjne, projekt dostarczy nowej wiedzy o ewolucji warstw tlenkowych, dyspersji cząstek oraz osnowy metalicznej w warunkach zbliżonych do rzeczywistych warunków reaktora jądrowego. Wyniki badań uzupełnią istotną lukę w aktualnym stanie wiedzy i przyczynią się do rozwoju bezpieczniejszych, trwalszych i bardziej efektywnych materiałów dla przyszłych reaktorów jądrowych.