

OPIS POPULARNONAUKOWY

Materiały konstrukcyjne przeznaczone do budowy reaktorów jądrowych IV generacji muszą sprostać wymagającym warunkom pracy takim jak: wysoka temperatura, złożone pole naprężeń czy intensywny strumień neutronów. Jedną z głównych konsekwencji oddziaływania cząstek o wysokiej energii z materiałami jest powstawanie tzw. defektów radiacyjnych. Tworzą się one w wyniku transferu energii przez bombardujące cząstki do struktury materiału. Defekty te mogą przybierać różne formy: atom może zostać wybity ze swojej pozycji sieciowej, pozostawiając po sobie puste miejsce (tzw. wakans) i tworząc atom międzywęzłowy. Ponadto, pojedyncze defekty punktowe mogą aglomerować i tworzyć skupiska defektów: pętle i linie dyslokacyjne lub tzw. SFTs – Stacking Fault Tetraedra. W celu zrozumienia procesu tworzenia się defektów w materiale wykorzystuje się implantację jonową. Technika ta pozwala na wytworzenie defektów, które są tożsame z tymi, które generowane są przez promieniowanie neutronowe bez aktywacji próbki. Ponadto metoda ta jest znacznie tańsza od klasycznego napromieniowywania w reaktorze i oferuje szybki proces tworzenia się defektów radiacyjnych.

Wymagające środowisko pracy wymaga zastosowania materiałów o zwiększonej odporności na promieniowanie i posiadających dobre własności mechaniczne w wysokich temperaturach. W związku z tym tradycyjne materiały konstrukcyjne, nie są w stanie sprostać ekstremalnym warunkom panującym w reaktorze. W konsekwencji może to prowadzić do awarii elementów konstrukcyjnych. Z tego powodu opracowywanie nowych materiałów o doskonałych właściwościach mechanicznych (zwłaszcza w wysokich temperaturach) i odporności na promieniowanie jest niezwykle potrzebne. Stanowi to główną motywację proponowanej pracy, w której ewolucja właściwości funkcjonalnych nowo opracowanych stopów monokrystalicznych fcc NiFe_x będzie badana w ekstremalnych warunkach (wysoka temperatura i promieniowanie). Wyniki projektu będą mieć kluczowe znaczenie w zrozumieniu zachowania materiałów i pozwolą na uzupełnienie wyników nad nowymi materiałami konstrukcyjnymi. **Ponadto otrzymane dane pozwolą wyselekcjonować odpowiednie materiały do zastosowań w reaktorach jądrowych (Gen. IV).**

Proponowana praca badawcza dotyczy nowatorskich stopów monokrystalicznych fcc NiFe_x do zastosowań jądrowych, które zostały wyprodukowane w NCBJ. Prowadzone w ramach projektu badania będą pierwszymi tego typu. Pozwolą one zrozumieć ewolucję mikrostruktury i właściwości mechanicznych stopów fcc NiFe_x poddanych napromieniowaniu oraz ich reakcję na wysoką temperaturę. Do badań wykorzystane zostaną najnowocześniejsze techniki eksperymentalne, takie jak implantacja jonowa, spektrometria z rozpraszaniem wstecznym Rutherforda (kanałowanie jonowe RBS/C), które są wykorzystywane do jakościowej oceny uszkodzeń radiacyjnych. Ponadto widma RBS/C zostaną dopasowane za pomocą symulacji Monte Carlo (MC), co pozwoli określić liczbę defektów i ich rozkład w badanych monokryształach. Technika RBS/C pomoże określić poziom uszkodzenia radiacyjnego wybranych stopów przy różnych fluencjach jonów. Następnie zostaną przeprowadzone badania z wykorzystaniem transmisyjnej mikroskopii elektronowej (TEM). Badania te mają na celu weryfikację typów defektów radiacyjnych i ich koncentrację w funkcji fluencji jonów oraz pozwolą zrozumieć mechanizm migracji defektów. Zebranie wyników z ww. eksperymentów pozwoli na kompleksowy wgląd w zmiany strukturalne badanych materiałów. W kolejnym kroku wykorzystana zostanie metoda nanoindentacji, która pozwoli określić zmiany mechaniczne w funkcji fluencji jonów. Aby lepiej zrozumieć zachowanie monokrystalicznych stopów NiFe_x w wysokiej temperaturze wszystkie materiały zostaną przetestowane in-situ do temperatury 600° wykorzystując metodę nanoindentacji. Materiały będą badane w stanie wyjściowym i po implantacji jonowej (dla fluencji jonów 4x10¹⁵ jonów/cm²). **Wyniki projektu mają kluczowe znaczenie dla uzupełnienia badań nad nowymi materiałami konstrukcyjnymi oraz pomocy w ich kwalifikacji i selekcji do zaawansowanych koncepcji reaktorów jądrowych (Gen. IV) lub powiązanych zastosowań.**

Uzyskane wyniki pozwolą na kompleksowe zrozumienie wpływu promieniowania na mikrostrukturę i właściwości mechaniczne monokryształów fcc NiFe_x oraz korelację między tymi aspektami. Przewiduje się, że projekt pozwoli na udzielenie odpowiedzi na następujące pytania: 1) Jakie rodzaje defektów powstają podczas napromieniania?; 2) Jaki jest rozmiar, gęstość i rozkład defektów w monokryształach NiFe_x?; 3) Jak wygląda ewolucja powstawania/migracji defektów przy wykorzystaniu różnych fluencji wraz ze zmieniającą się zawartością żelaza? 4) Jak zmiany mikrostrukturalne wpływają na właściwości mechaniczne?; 5) Jakie są właściwości mechaniczne czystego i zdeformowanego monokryształu fcc NiFe_x? Jaka wysoka temperatura wpływa na defekty radiacyjne i właściwości mechaniczne?