

## POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU

Zmiany właściwości termo-mechanicznych materiałów podczas napromieniania ma fundamentalne znaczenie dla projektowania konstrukcji pracujących w warunkach ekstremalnych. Ocena szkód powstałych w ciałach stałych poddanych promieniowaniu jest głównym wyzwaniem w wielu dziedzinach technologii związanych z przemysłem elektronicznym, kosmicznym i jądrowym. Rozwój materiałów konstrukcyjnych dla reaktorów jądrowych jest ważną częścią wysiłków zmierzających do stworzenia niezawodnego, bezpiecznego dla środowiska oraz wydajnego systemu produkcji energii jądrowej. Podczas napromieniowania cząstki energetyczne, takie jak elektrony, protony, neutrony, lekkie i ciężkie jony, powodują znaczne uszkodzenia mikrostruktury w materiałach. Charakter szkód w materiałach krystalicznych jest w większości związany z tworzeniem punktowych defektów, klastrów pustek oraz atomów międzywęzłowych. Uszkodzenia powstałe w materiałach poddanych promieniowaniu prowadzą do znacznego pogorszenia ich właściwości zarówno mechanicznych jak i fizycznych. Zrozumienie mechanizmów powstawania i ewolucji uszkodzeń radiacyjnych ma znaczący wpływ na projektowanie materiałów odpornych na promieniowanie.

Głównym celem proponowanego projektu jest opracowanie fizycznego, wieloskalowego modelu konstytutywnego materiałów napromieniowanych. Przeanalizowany zostanie wpływ napromieniowania na właściwości mechaniczne metali poddanych różnym obciążeniom mechanicznym i warunkom temperaturowym. Nowatorskie podejścia oparte na teorii perydynamiki zostaną wykorzystane do sformułowania nowych modeli materiałów dla materiałów napromieniowanych.

Badania zostaną zrealizowane w dwóch etapach obejmujących eksperymenty oraz modelowanie konstytutywne mechanizmów uszkodzeń radiacyjnych w materiałach poddanych monotonicznym i cyklicznym obciążeniom mechanicznym. Materiały konstrukcyjne zostaną napromieniowane wiązką wysokoenergetycznych jonów. Skaningowy transmisyjny mikroskop elektronowy (TEM) zostanie wykorzystany do identyfikacji defektów radiacyjnych, takich jak klastry pustek, dyslokacje oraz bąble helowe. Znaczącą rolę będą miały również testy rozciągania i ściskania. Identyfikacja właściwości mechanicznych (modułu sprężystości i twardości) warstw napromieniowanych jonami zostanie przeprowadzona w oparciu o przeprowadzone testy indentacyjne przy użyciu węgelnika sferycznego oraz Berkovicha na różnych etapach obciążenia cyklicznego.

Konstytutywny model wieloskalowy napromieniowanych materiałów stałych będzie zawierał człony określające mechanizmy umocnienia pochodzące od przemieszczenia dyslokacji, pętli dyslokacyjnych, oraz defektów punktowych, odpowiednie prawa kinetyki ewolucji mikro defektów wywołanych promieniowaniem. Dwa typy zmiennych deskryptorów uszkodzeń pozwolą na uchwycenie porowatości wywołanej promieniowaniem i ewolucji pętli dyslokacji generowanych przez napromienianie. Model konstytutywny obejmie prawa kinetyki dla obu deskryptorów uszkodzeń. W matematycznym opisie zmian właściwości termomechanicznych materiałów podczas napromieniania uwzględniono występowanie pól sprzężonych: odkształcenia plastycznego oraz pól mikrouszkodzeń i mikrouszkodzeń wywołanych promieniowaniem. Model zostanie opracowany w ramach opisu wieloskalowego i będzie uwzględniał relacje pomiędzy wszystkimi parametrami a funkcjami stanu na poziomach mikro-, mezo- i makroskopowym. W skali atomowej procesy zachodzące w napromieniowanych materiałach będą badane za pomocą symulacji dynamiki molekularnej (MD). W modelu perydynamicznym zostaną wykorzystane informacje o charakterze i energii defektów radiacyjnych. Na poziomach mezo- i makroskopowych zostanie zaproponowany nowy model materiałowy oparty na nielokalnej teorii perydynamiki. Teoria perydynamiki jest odpowiednia do rozwiązywania problemów związanych z ewolucją uszkodzeń wywołanych promieniowaniem pod wpływem obciążeń mechanicznych. Perydynamika może dostarczyć odpowiednich narzędzi do symulacji procesów, takich jak te zaproponowane w projekcie: testy indentacyjne oraz testy rozciągania oraz ściskania przy różnych prędkościach odkształcania dla bardziej szczegółowych badań ewolucji uszkodzeń wywołanych promieniowaniem.

Prawidłowy opis zjawisk dysypatywnych i sprzężeń między nimi, a także ich wpływ na zachowanie się materiałów ma fundamentalne znaczenie dla projektowania działających urządzeń i ich trwałości. Wciąż rośnie zainteresowanie badaniami i rozwojem oraz sektorami technicznymi w modelowaniu materiałów zdolnych do pracy w ekstremalnych warunkach. Opracowanie efektywnego fizycznego modelu rozpatrywanych zjawisk pozwoli na rozszerzenie klasy materiałów, a także na rozszerzenie warunków eksploatacyjnych aktualnie wykorzystywanych materiałów.