

Celem projektu jest zbadanie mechanizmów przystosowania i nieprzystosowania struktur wykonanych z nowoczesnych materiałów (wielofazowych i kompozytowych), poddanych działaniu obciążeń cyklicznie zmiennych w ekstremalnie niskich temperaturach (ciekły azot, 77K, ciekły hel, 4.2K, i nadciekły hel, 1.9K). Przystosowanie do obciążeń cyklicznych (tzw. shakedown) ma kluczowe znaczenie dla czasu życia obiektu (konstrukcji) wyrażonego w liczbie cykli do zniszczenia. Zjawisko przystosowania mierzymy za pomocą energii rozpraszanej na pojedynczym cyklu obciążenia. Jeśli rozpraszana energia maleje z cyklu na cykl i ostatecznie osiąga wartość zerową, to mówimy o przystosowaniu sprężystym. W przeciwnym przypadku, kiedy zachodzi zjawisko nieprzystosowania do obciążeń cyklicznie zmiennych, mamy do czynienia z przyrostem energii rozpraszanej na każdym kolejnym cyklu, co prowadzi do degradacji właściwości fizycznych i mechanicznych materiału oraz przyspieszonego zniszczenia obiektu. Jednym ze zjawisk związanych z nieprzystosowaniem do obciążeń cyklicznych jest tzw. ratchetting, którego cechą zasadniczą jest przyrost odkształcenia (lub naprężenia) średniego na każdym kolejnym cyklu obciążenia. Zjawiska te były szeroko badane w temperaturach pokojowych oraz podwyższonych, natomiast w literaturze światowej nie ma praktycznie żadnych badań tych zjawisk w temperaturach kriogenicznych, w tym bliskich absolutnego zera.

Zasadniczym celem projektu jest zatem stwierdzenie czy zjawiska przystosowania i nieprzystosowania do obciążeń cyklicznie zmiennych występują w ekstremalnie niskich temperaturach, oraz czy przystosowanie do obciążeń cyklicznie zmiennych ma charakter przyspieszony, na co wskazuje znacznie wyższa granica plastyczności metali i ich stopów oraz zjawisko indukowanej odkształceniowo przemiany fazowej, zachodzące w materiałach metastabilnych, od struktury austenitycznej (plastycznej) do struktury martenzytycznej (sprężystej). Dzięki tym czynnikom proces przystosowania w temperaturach kriogenicznych może zapewne zachodzić szybciej aniżeli w temperaturach podwyższonych. Jeśli natomiast zachodzi zjawisko nieprzystosowania (ratchettingu), to należy postawić pytanie jaka jest jego natura, jaki mechanizm powoduje kres pracy obiektu w ekstremalnie niskich temperaturach oraz czy liczba cykli do zniszczenia podlega podobnym prawom jak w temperaturach podwyższonych. W szczególności, należy zapytać czy zjawisko nieciągłego płynięcia plastycznego, charakterystyczne dla temperatur bliskich absolutnego zera, ma wpływ na zjawisko ratchettingu i może przyspieszyć proces degradacji materiału oraz zniszczenia obiektu poddanego działaniu obciążeń cyklicznie zmiennych.

Planowane badania obejmują eksperymenty prowadzone w ekstremalnie niskich temperaturach (77K, 4.2K, 1.9K) w warunkach wieloosiowych obciążeń cyklicznych, z udziałem rozciągania lub ściskania, oraz skręcania. Badania będą prowadzone za pomocą unikalnego zestawu, składającego się z izolowanego próżniowo kriostatu, urządzenia służącego do realizacji cyklicznych obciążeń wieloosiowych, w tym proporcjonalnych i nieproporcjonalnych ścieżek obciążenia. Zestaw badawczy zostanie zmodyfikowany w celu umożliwienia realizacji obciążeń cyklicznych w obydwu kierunkach: osiowym oraz kątowym. Zestaw zostanie również wyposażony w czujniki akustyczne do identyfikacji mechanizmów degradacji materiału, a także w ferytoskop w celu analizy stopnia przemiany fazowej. Ewolucja mikrostruktury w trakcie obciążeń cyklicznych zostanie zbadana za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego wyposażonego w detektory EBSD (krystalografia) oraz EDS (skład chemiczny), oraz za pomocą promieniowania synchrotronowego. Ponadto, w badaniach zostanie wykorzystany i poszerzony fizycznie uzasadniony, wieloskalowy model konstytutywny materiałów metastabilnych, uwzględniający nieciągłe płynięcie plastyczne.

Problem poruszony w projekcie jest kluczowy w kontekście projektowania i optymalizacji złożonych systemów opartych na zjawisku nadprzewodnictwa, pracujących w ekstremalnie niskich temperaturach zarówno na ziemi, jak i w przestrzeni kosmicznej. Większość takich urządzeń pracuje w warunkach obciążeń cyklicznie zmiennych, obejmujących m.in. oscylacje temperatury, ciśnienia oraz cykliczne zmiany obciążeń powierzchniowych czy masowych. Budowa nadprzewodzących akceleratorów cząstek elementarnych (takich jak Wielki Zderzacz Hadronów, LHC lub Przyszły Zderzacz Kołowy, FCC), urządzeń służących do badań za pomocą rezonansu magnetycznego, takich jak magnesy NMR do zastosowań medycznych, czy magnesów Międzynarodowego Reaktora Termojądrowego ITER wymaga analizy struktur z punktu widzenia możliwości przystosowania do obciążeń cyklicznych. Przegląd literatury wskazuje, że liczba publikacji na ten temat jest niewielka, postawiony problem jest w pełni oryginalny, a projekt ma charakter podstawowy i jest nowatorski.