

Nowoczesne technologie wymagają materiałów o niezwyklej kombinacji właściwości, których nie można osiągnąć w przypadku konwencjonalnych stopów. W celu poszerzenia zakresu możliwych właściwości, opracowano wiele stopów wielofazowych i materiałów kompozytowych o cechach znacznie lepszych niż te, które posiadają poszczególne fazy. Materiały badane w tej pracy wykazują bardzo dobre charakterystyki wytrzymałościowe, które można jeszcze potencjalnie poprawić wykorzystując wyniki badań planowanych w niniejszym projekcie. Na przykład, badana będzie dwufazowa stal nierdzewna, która składa się z ferrytu i austenitu, łączy zalety każdej z faz, tj. jest równie wytrzymała mechanicznie jak stal ferrytyczna i odporna na korozję jak stal austenityczna. Kompozyty o osnowie metalicznej (np. Al/SiC), w których wzmocnienie ceramiczne (SiC) poprawia znaczne właściwości mechaniczne metalu (Al), a jednocześnie nie zwiększa gęstości kompozytu. Kompozyty tego typu są stosowane w przemyśle lotniczym i motoryzacyjnym, gdzie zmniejszenie masy pojazdu prowadzi do oszczędności paliwa. Stal perlityczna, również badana w tym projekcie, oferuje doskonałą kombinację plastyczności i wytrzymałości, w związku z czym jest ona używana do produkcji drutów wzmacniających opony, sprężyn, kabli do podwieszania mostów. Z kolei dwu i jednofazowe stopy Ti wykazują doskonałe połączenie wytrzymałości, odporności na korozję, spawalności i trwałości. Stopy te są stosowane w przemyśle chemicznym jako materiał odporny na korozję, w przemyśle lotniczym, ze względu na dużą wytrzymałość mechaniczną i stosunkowo małą gęstość, oraz do produkcji implantów chirurgicznych ze względu na doskonałą biogodność.

Badanie właściwości mechanicznych materiałów polikrystalicznych jest ważnym zagadnieniem w dziedzinie nauk o materiałach. Zwykle badane są właściwości makroskopowe, takie jak moduły sprężystości, granica plastyczności, umocnienie odkształceniowe. Jednakże makroskopowe zachowanie materiałów zależy od procesów zachodzących wewnątrz ziaren i między ziarnami. Celem niniejszego projektu jest opracowanie teoretycznych i eksperymentalnych metod badania mikromechanicznych właściwości materiałów polikrystalicznych. Pomiary będą prowadzone zarówno dla dużych objętości wewnątrz próbek oraz w warstwach powierzchniowych, używając metod dyfrakcyjnych, których wyniki interpretowane będą za pomocą modelu samouzgodnionego. Badane będzie zachowanie ziaren polikrystalicznych podczas odkształcenia sprężysto-plastycznego, a szczególnie takie zjawiska jak poślizgi na płaszczyznach krystalograficznych, zjawisko bliźniakowania, naprężenia między ziarnami, zmiany tekstury krystalograficznej oraz mikrozniszczenia. Opracowane metody zastosowane będą dla wybranych materiałów polikrystalicznych, np. tych wymienionych powyżej, a otrzymane wyniki mogą potencjalnie być wykorzystane do poprawienia właściwości mechanicznych tych materiałów.

W niniejszym projekcie zastosowana zostanie dyfrakcja neutronów, klasycznego promieniowania rentgenowskiego i promieniowania synchrotronowego. Metody dyfrakcyjne zastosowane do pomiaru odkształceń sieci krystalicznej w materiałach polikrystalicznych mogą dostarczyć użytecznych informacji dotyczących zachowania się ziaren podczas odkształcenia sprężysto-plastycznego. Odkształcenia sieci wyznaczane są na podstawie przesunięć pozycji zmierzonych pików dyfrakcyjnych. Ponadto, na podstawie zmierzonych odkształceń można wyznaczyć stan naprężeń w badanych próbkach. Zaletą metod dyfrakcyjnych jest to, że pomiary są przeprowadzane selektywnie tylko dla krystalitów o takich orientacjach sieci, dla których spełnione jest prawo Bragga. W przypadku materiałów wielofazowych, pomiary różnych pików dyfrakcyjnych umożliwiają badanie zachowań każdej z faz niezależnie.

Odształcenia sieci krystalicznej mierzone są "in situ" podczas monotonicznych testów rozciągania lub ściskania próbek. Porównanie danych dyfrakcyjnych z modelami teoretycznymi pozwala opisać właściwości sprężysto-plastyczne w skalach mikroskopowej i makroskopowej. W pracy zaproponowane i przetestowane będą nowe metody umożliwiające eksperymentalne wyznaczenie lokalizacji naprężeń na poszczególnych ziarnach lub fazach, jak również pomiar naprężeń krytycznych potrzebnych do uruchomienia poślizgów na płaszczyznach krystalograficznych oraz procesu bliźniakowania. Również opracowana zostanie dyfrakcyjna metoda umożliwiająca identyfikację fazy, w której rozpoczynają się procesy mikrozniszczeń. W interpretacji wyników eksperymentalnych zastosowany zostanie rozwijany obecnie model samouzgodniony, umożliwiający przewidywanie mikrozniszczeń zachodzących w ziarnach.

Najważniejszym zagadnieniem niniejszego projektu jest zaproponowanie oryginalnych metod umożliwiających określenie właściwości mikromechanicznych materiałów polikrystalicznych bezpośrednio z doświadczenia. Nowe metody nie będą zależne od założeń teoretycznych modeli używanych uprzednio do interpretacji wyników eksperymentalnych. Co więcej, znajomość zachowań materiału w skalach mikroskopowej i makroskopowej posłuży do weryfikacji założeń modeli. Będzie to z pewnością bardzo ważne narzędzie do wyznaczenia lokalizacji naprężeń na ziarnie polikryształu. Prace zaplanowane w tym projekcie pozwolą zrozumieć zjawiska fizyczne, występujące podczas procesu odkształcania próbki i mechanizmy powstawania mikrozniszczeń. Należy podkreślić, że metody dyfrakcyjne są jedynymi, które mogą być wykorzystane do bezpośredniego badania mikromechanicznych właściwości polikryształów w skali ziaren, a otrzymane wyniki będą unikalne i poszerzą wiedzę na temat badanych materiałów.