

Wiele materiałów używanych w życiu codziennym to materiały polikrystaliczne i kompozyty, które są narażone na duże naprężenia lub duże różnice temperatur podczas produkcji i dalszego użytkowania. Dlatego materiały te powinny charakteryzować się dużą odpornością na zmiany temperatury i obciążenia zewnętrzne. Bardzo ważna jest znajomość budowy wewnętrznej i odpowiedzi zastosowanych materiałów na dane czynniki zewnętrzne, takie jak podwyższona temperatura czy wysokie naprężenia zewnętrzne. Właściwości makroskopowe materiałów polikrystalicznych są determinowane przez zjawiska zachodzące w ziarnach polikrystalicznych i wzajemne oddziaływanie tych ziaren. Zachowanie mechaniczne stekstrowanego materiału może wykazywać bardzo duże różnice w zależności od kierunku i rodzaju przyłożonego do niego obciążenia.

Właściwości mechaniczne materiału polikrystalicznego w skali ziaren można badać różnymi metodami eksperymentalnymi, w tym metodami dyfrakcyjnymi, których zalety leżą w nieniszczącym charakterze i możliwości wykonywania niezależnych pomiarów dla poszczególnych faz lub grup ziaren. Metody dyfrakcyjne pozwalają na wyznaczenie naprężeń w materiałach polikrystalicznych poprzez pomiar odkształceń sprężystych sieci krystalicznej. Jedną z metod dyfrakcyjnych jest dyfrakcja neutronów. Pozwala ona na głęboką penetrację próbki i pomiary odkształcenia sieci krystalicznej pod wpływem warunków zewnętrznych, takich jak przyłożone naprężenie czy temperatura. Jednoczesne pomiary wielu faz w materiałach wielofazowych oraz wielu grup krystalitów w materiałach polikrystalicznych umożliwiają analizę różnych zjawisk fizycznych, takich jak np. poślizgi krystalograficzne i proces bliźniakowania. Wyznaczenie naprężeń w fazach materiału jest możliwe poprzez wybór pików dyfrakcyjnych pochodzących z dyfrakcji na każdej z faz materiału.

Celem pracy jest zbadanie lokalizacji naprężeń w ziarnach materiałów polikrystalicznych oraz zbadanie procesu odkształcenia plastycznego zachodzącego w skali ziaren. Uzyskane wyniki posłużą do opisu mechanizmów odkształcenia plastycznego na poziomie ziaren, tj. do wyznaczenia krytycznych naprężeń ścinających dla systemów poślizgu i bliźniakowania oraz procesu umacniania materiału. Materiały, które zostaną zbadane w ramach tego projektu, to dwufazowy mosiądz o silnej teksturze (i opcjonalnie stal duplex) oraz teksturowany stop magnezu. Autorzy tego projektu mają duże doświadczenie w metodologiach, które zostaną wykorzystane do badania materiałów teksturowanych i stworzyli oryginalną metodologię eksperymentalną opartą na dyfrakcji neutronów, którą wcześniej zastosowali do badania odkształceń plastycznych stopów magnezu. W ramach tego projektu, do pomiaru naprężeń w wybranych grupach krystalitów w materiale wielofazowym (mosiądz dwufazowy) zastosowana zostanie tzw. metoda grup krystalitów. Stanowi to logiczną kontynuację wcześniejszych badań, przez połączenie lokalizacji naprężeń na poszczególnych krystalitach oraz na poszczególnych fazach materiału. Drugim celem grantu jest zastosowanie omawianej metodologii dla stopów jednofazowych (stopów Mg), dla których pomiary będą wykonywane przy obciążeniach przyłożonych w różnych kierunkach. Pozwoli to zrozumieć anizotropowe zachowanie materiału i poznać sekwencje aktywacji systemów poślizgów i zjawiska bliźniakowania dla różnych obciążeń.

Głównymi badaniami realizowanymi w ramach tego projektu będą pomiary dyfrakcji neutronów przy przyłożonym obciążeniu zewnętrznym. Uzupełniające badania zostaną przeprowadzone z wykorzystaniem dyfrakcji rentgenowskiej oraz pomiarów mikrostruktury z wykorzystaniem dyfrakcji elektronów wstecznie rozproszonych (EBSD). Spodziewamy się zaobserwować różnicę w naprężeniach zlokalizowanych na dwóch różnych orientacjach w fazie beta i na jednej orientacji w fazie alfa, zwłaszcza podczas odkształcania plastycznego dwufazowego mosiądzu. Wartości krytycznych naprężeń ścinających i umocnienia dla aktywnych systemów poślizgu zostaną wyznaczone bezpośrednio z pomiarów. Na podstawie otrzymanych wyników spodziewamy się określić rolę umocnienia dyslokacyjnego i oddziaływania ziaren w procesie umocnienia tego dwufazowego materiału. W tym projekcie pomiary dyfrakcyjne in-situ zostaną wykonane podczas prób ściskania wykonywanych dla różnych kierunków względem próbek ze stopu magnezu. Wybór kierunku obciążenia pomoże nam określić różne sekwencje aktywacji poślizgów i bliźniaków dla różnych preferowanych orientacji. Należy podkreślić, że bezpośrednie pomiary naprężeń i mechanizmów odkształcenia plastycznego wykonywane są po raz pierwszy z wykorzystaniem naszej metodologii, podczas gdy we wcześniejszych badaniach interpretację wyników eksperymentalnych oparto na modelach, w których wprowadzano założenia dotyczące oddziaływań ziaren. Dlatego wyniki uzyskane metodą bezpośrednią są jednoznaczne w porównaniu z wynikami uzyskanymi z pomocą modelu.

Przedstawiając nową metodę eksperymentalną i wykorzystując ją dla różnych materiałów, przybliżamy społeczności naukowej nową metodologię badania mechanizmów odkształcenia plastycznego w skali ziaren polikrystalicznych, jak również opisujemy te mechanizmy dla konkretnych, interesujących materiałów. Przykładowo jesteśmy w stanie jednoznacznie określić rolę rozkładu naprężeń między ziarnami i umocnienia dyslokacyjnego w umacnianiu plastycznie odkształcanego materiału. Wyniki tej pracy przyczynią się do postępu w nauce o materiałach, zarówno z punktu widzenia metodologicznego, jak i badania właściwości konkretnych materiałów polikrystalicznych.