

Większość występujących w przyrodzie i wytwarzanych w procesach produkcyjnych materiałów to materiały polikrystaliczne. Szczególnie rozpowszechnione i używane od lat w wielu gałęziach przemysłu są metale, które również wykazują budowę polikrystaliczną. Tak powszechne zastosowanie metali wiąże się z ich dużą wytrzymałością mechaniczną, dobrym przewodnictwem prądu oraz łatwością formowania w różnych procesach technologicznych. Własności metali i innych ciał polikrystalicznych ściśle związane są z ich budową. Materiały polikrystaliczne zbudowane są z małych krystalitów (ziaren) o wymiarach zwykle od ułamków μm nawet do $100 \mu\text{m}$, odgradzonych granicami ziaren. Krystality te posiadają różne orientacje sieci krystalicznej względem układu związanego z materiałem, a statystyczny opis rozkładu orientacji charakteryzuje tak zwaną teksturę krystalograficzną.

Własności mechaniczne pojedynczych ziaren zależą od lokalnych sił działających na nie oraz ich orientacji. Gdy lokalne naprężenie osiągnie określoną wartość i jest odpowiednio zorientowane względem sieci krystalicznej, to dochodzi do trwałego odkształcenia plastycznego ziarna poprzez poślizg na płaszczyźnie krystalograficznej. Jednak odkształcenie takie zachodzi dużo łatwiej na płaszczyznach najgęściej upakowanych atomami i w kierunkach, w których położenia atomów są najgęstsze. Czyli odkształcenie plastyczne zachodzące wskutek poślizgów może występować tylko na określonych płaszczyznach i w określonych kierunkach, które stanowią tak zwane systemy poślizgu. To czy proces ten nastąpi, zależy bezpośrednio od naprężenia ścinającego dla wybranego systemu i to, czy przekroczy ono tak zwane krytyczne naprężenie ścinające dla tego systemu. Co więcej, gdy dla danej sieci krystalicznej (np. sieci heksagonalnej gęsto upakowanej) jest mało dostępnych systemów poślizgu, może zajść zjawisko bliźniakowania, w którym poślizgi zachodzą równocześnie dla sąsiednich płaszczyzn, powodując przekształcenie części ziarna w tak zwane ziarno bliźniacze o identycznej sieci krystalicznej, ale zwierciadlanie odbitej względem wspólnej płaszczyzny habitus. Jest to również odkształcenie plastyczne i można go opisać tzw. systemem bliźniakowania.

Z powyższego opisu wynika, że makroskopowe odkształcenie plastyczne pod wpływem zewnętrznie przyłożonego obciążenia musi zależeć od odkształcenia poszczególnych ziaren, jak również od tekstury krystalograficznej (tzn. rozkładu orientacji ziaren) oraz oddziaływania między tymi ziarnami. Z drugiej strony odkształcenia ziaren zależą od naprężeń ścinających na systemach poślizgu i systemach bliźniakowania, a więc od stanu lokalnych naprężeń dla ziaren. Istnieje więc istotny związek między zachowaniem plastycznym ziaren, a makroskopowym zachowaniem materiału, jego wytrzymałością mechaniczną oraz formowalnością plastyczną.

Aby opisać odkształcenie plastyczne materiału polikrystalicznego można posłużyć się modelem wieloskalowym, wiążącym zachowanie ziarna z makroskopowym zachowaniem materiału (modele samouzgodnione). W modelach tych można uwzględnić teksturę krystalograficzną, opisać zjawiska poślizgu i bliźniakowania, ale trudno jest jednoznacznie określić oddziaływania między ziarnami. Dlatego istnieje duża potrzeba znalezienia metod bezpośredniego wyznaczania naprężeń na ziarnach polikrystalicznych z eksperymentu. Bezcenną techniką, dzięki której potrafimy zbadać naprężenie dla grup ziaren o określonych orientacjach lub należących do poszczególnych faz, jest metoda dyfrakcyjna. W naszych wcześniejszych pracach zaproponowaliśmy oryginalne metodologie, pozwalające wyznaczyć naprężenia dla ziaren wewnątrz materiału (dyfrakcja neutronów i promieniowania synchrotronowego) oraz na powierzchni próbki (niskoenergetyczne promieniowanie rentgenowskie). Jednak metody te były testowane tylko dla prostego materiału jednofazowego (stop magnezu) i dla prostych typów odkształceń (rozciąganie i ściskanie).

Głównym celem tego projektu jest krok naprzód i zastosowanie naszych nowych, oryginalnych metod eksperymentalnych do badania bardziej złożonych materiałów, takich jak stekstrowane materiały dwufazowe i kompozyty, a także do badania zachowania się materiałów podczas złożonych odkształceń. Kolejnym etapem badań będzie weryfikacja modeli wieloskalowych, z wykorzystaniem jako danych wejściowych wielkości wyznaczonych eksperymentalnie. Należy podkreślić, że głównym celem tej pracy jest uzyskanie jak największej ilości informacji o zachowaniu plastycznym ziarna za pomocą metod eksperymentalnych. Mając takie informacje można będzie zweryfikować model. Wcześniej nie było to możliwe, ponieważ założenia modelu musiały być wprowadzone a priori.

Wyniki uzyskane w tej pracy pozwolą opisać mechanizmy odkształcenia plastycznego, takie jak poślizgi krystaliczne i bliźniakowanie (określenie wartości krytycznych naprężeń ścinających) i bezpośrednie powiązanie ich z zachowaniem próbki. Powiązanie zjawisk w różnych skalach pozwoli również przewidywać, za pomocą zweryfikowanych modeli, złożone odkształcenia sprężysto-plastyczne dla materiałów polikrystalicznych o różnym stopniu stekstrowania.