


W ostatnich latach nastąpił intensywny rozwój materiałów metalicznych o strukturze ultradrobnoziarnistej charakteryzujących się szczególnie wysokimi właściwościami wytrzymałościowymi. W materiałach tych głównym czynnikiem umacniającym są granice ziaren. Najczęściej wytwarza się je wykorzystując metody dużego odkształcenia plastycznego (SPD, ang. severe plastic deformation) a powstająca w ich wyniku mikrostruktura nie jest jednorodna i wykazuje silne zróżnicowanie wielkości ziaren czy istnienie znaczącego udziału granic o małym kącie dezorientacji. Innym efektywnym mechanizmem umocnienia stopów metali jest umocnienie wydzieleniowe. Polega ono na wydzieleniu nadmiaru składnika stopowego z przesyconego roztworu stałego i wytworzeniu mikrostruktury składającej się ze względnie dużych mikrometrycznych ziaren osnowy i równomiernie w nich rozmieszczonych nanometrycznych cząstek drugiej fazy. Połączenie obu mechanizmów może doprowadzić do uzyskania materiału o jeszcze wyższych właściwościach. Należy jednak zaznaczyć, że procesy wydzieleniowe mogą być uwarunkowane lokalnym ukształtowaniem defektów struktury krystalicznej i zachodzić inaczej w materiale o rozdrobnionej strukturze. W niniejszej pracy podjęto zagadnienie opisu niejednorodności mikrostruktury w stopie aluminium 6082 kształtowanym metodą wyciskania hydrostatycznego i jej wpływu na procesy wydzieleniowe.

Opisano powstawanie i ewolucję struktur dyslokacyjnych na kolejnych etapach wyciskania hydrostatycznego stopu aluminium 6082 wykorzystując do tego celu badania EBSD i TEM na przekrojach poprzecznych i wzdłużnych produktów wyciskania. Wyróżniono dwa typy ziaren z punktu widzenia orientacji krystalograficznej, tj. ziarna zorientowane  $\langle 111 \rangle$  i  $\langle 001 \rangle$  względem kierunku wyciskania. Są to główne składowe tekstury kształtującej się w procesach wyciskania. Uwzględniając przemiany struktury dyslokacyjnej wyróżniono trzy typy ziaren: mikrometryczne ziarna o orientacji  $\langle 001 \rangle$  wewnątrz, których występuje komórkowa struktura dyslokacyjna; oraz dwa typy ziaren o orientacji  $\langle 111 \rangle$ : drobne ziarna otoczone granicami ziaren o dużym kącie dezorientacji oraz obszary, w których dominują układy dyslokacyjne i granice o małym kącie dezorientacji. Zaproponowano mechanizm powstawania każdego z tych typów ziaren w świetle teorii niskoenergetycznych układów dyslokacyjnych.

Zbadano procesy wydzieleniowe w stopie 6082 po wyciskaniu hydrostatycznym, a uzyskane wyniki odniesiono do procesów zachodzących w materiale mikrokryształicznym. Wykazano, że typ struktury wytworzonej w procesie wyciskania hydrostatycznego w istotny sposób wpływa na procesy dyfuzyjne prowadzące do zarodkowania i wzrostu wydzieleni fazy umacniającej. W ziarnach o orientacji  $\langle 001 \rangle$  zarodkowanie wydzieleni zachodzi w sposób homogeniczny wewnątrz ziaren (podobnie jak w materiale mikrokryształicznym) jednak zamiast typowej dla tego stopu fazy  $\beta''$  powstaje faza L charakterystyczna dla stopów serii 6xxx o dużej zawartości miedzi. W drobnych ziarnach o orientacji  $\langle 111 \rangle$  wydzielenia fazy  $Q'$  tworzą się tylko na granicach ziaren, natomiast w obszarach o tej samej orientacji, w których dominują struktury dyslokacyjne, nie zaobserwowano procesów wydzieleniowych. W konsekwencji następuje zauważalny wzrost wytrzymałości podczas starzenia stopu po wyciskaniu hydrostatycznym jednak wzrost umocnienia jest mniejszy niż dla materiału mikrokryształicznego. Niemniej jednak uzyskano materiał charakteryzujący się znacznie wyższymi właściwościami mechanicznymi niż po konwencjonalnej obróbce.

Wyniki obserwacji EBSD i TEM posłużyły także do dokonania ilościowej oceny wkładu różnych rodzajów umocnienia na właściwości wytrzymałościowe badanego stopu. Wykorzystując prosty model matematyczny, uzyskano dobrą zgodność danych teoretycznych i eksperymentalnych. Stwierdzono, że największy wkład w umocnienie materiału wnoszą ziarna o orientacji  $\langle 001 \rangle$  stanowiące zaledwie 20% objętości materiału. Należy zwrócić uwagę, że w wyniku odkształcenia udział drobnych ziaren, w których procesy wydzieleniowe zachodzą tylko na granicach wynosi 5% objętości. Uzyskane wskazują na to, że kształtowanie mikrostruktury stopów serii 6xxx poprzez odkształcenie plastyczne może być rozpatrywane pod kątem efektywności późniejszej obróbki cieplnej prowadzącej do umocnienia wydzieleniowego.

  
Podpis Promotora

  
Podpis Doktoranta