

УДК 539.25

DOI: 10.17223/00213411/62/8/196

А.М. ГЛЕЗЕР^{1,2}, А.Н. БЕЛЯКОВ³, Г.Р. РОСТОВЦЕВ², М.В. ОДНОБОКОВА³, И.В. ЩЕТИНИН¹, А.А. ТОМЧУК^{2,4}

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ И КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЙ ТЕКСТУРЫ В КРЕМНИСТОМ ЖЕЛЕЗЕ (Fe – 3 % Si) В ПРОЦЕССЕ КРУЧЕНИЯ ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ*

Методами EBSD, рентгеноструктурного анализа, мгновенного фиксирования ЭДС, измерения микротвердости и коэрцитивной силы изучены закономерности эволюции микроструктуры, кристаллографической текстуры и физико-механических свойств кремнистого железа (Fe – 3 % Si) при кручении под высоким квазигидростатическим давлением в камере Бриджмена. Установлено, что деформация сопровождается значительным упрочнением сплава. Показано, что средний размер зерен в плоскости кручения резко падает до 185 нм после 1/4 оборота подвижной наковальни, а затем постепенно уменьшается до 150 нм с увеличением количества оборотов до шести. В то же время средний размер субзерен характеризуется более слабой зависимостью от степени деформации. Особенности эволюции кристаллографической текстуры заключаются в формировании сильной компоненты {001}<110> после сравнительно небольших величин мегапластической деформации с последующим формированием текстуры простого сдвига. Установленные закономерности могут быть корректно описаны в рамках законов неравновесной термодинамики.

Ключевые слова: большая деформация, структура, текстура, коэрцитивная сила, микротвердость, неравновесная термодинамика.

Введение

Кремнистое железо (Fe – 3 мас. % Si) является основным модельным сплавом, на котором были изучены основные закономерности пластической деформации и формирования кристаллографической текстуры в ОЦК-металлических кристаллах [1], поскольку в нем отсутствует высоко-температурное $\gamma \rightarrow \alpha$ -превращение и, кроме того, этот сплав является основой для получения текстурованной электротехнической стали с низкими электромагнитными потерями (электротехническая сталь) [2].

Эффективным способом получения ультрамелкозернистых и нанокристаллических материалов является, как известно, обработка большими пластическими деформациями при относительно невысоких температурах. К настоящему времени накоплен богатый экспериментальный опыт получения металлических материалов с ультрамелкозернистой и нанокристаллической структурами с помощью различных способов пластической деформации [3]. В то же время основные механизмы структурных изменений, ответственные за формирование ультрамелкозернистой или нанокристаллической структуры в процессе больших пластических деформаций, требуют более глубокого и систематического анализа.

Недостатки в исследовании закономерностей микроструктурных и текстурных изменений в процессе больших пластических деформаций обусловлены сложностью получения достоверных результатов. В частности, это касается деформации путем кручения под высоким квазигидростатическим давлением (КВД) в камере Бриджмена [4], когда в условиях высоких приложенных напряжений резко возрастает плотность дефектов кристаллического строения, включая дислокационную субструктуру, которая вносит существенные искажения в изображения микроструктуры, полученные традиционными методами электронной микроскопии [5]. Кроме того, небольшой размер таких образцов также осложняет проведение количественного структурного и текстурного анализа. Эволюцию ультрамелкозернистой структуры изучали преимущественно на образцах, деформированных при относительно высоких гомологических температурах. Развитие современной высокоразрешающей растровой электронной микроскопии в сочетании с автоматическим анализом картин дифракции обратно рассеянных электронов позволяет восполнить недостаток количественных структурных исследований ультрамелкозернистых и нанокристаллических металлических материалов в процессе холодной пластической деформации, включая обработку в камере Бриджмена сталей и сплавов с высокой температурой плавления.

* Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки России (№ 2017/113 (2097)).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>