МНОГОУРОВНЕВАЯ РАСШИРЕННАЯ СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОПИСАНИЯ КОАЛЕСЦЕНЦИИ СУБЗЕРЕН

Кондратьев Н.С., П.В. Трусов, Подседерцев А.Н., Балдин М.Н.

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь
kondratevns@gmail.com, tpv@matmod.pstu.ac.ru, stevenmoore@yandex.ru, matvej1999@gmail.com

Актуальной проблемой является разработка технологических способов обработки и получения функциональных поликристаллических материалов с наперед заданными свойствами [1]. Физико-механические свойства материалов и эксплуатационные характеристики изделий из них определяются состоянием внутренней структуры материала. Интенсивная пластическая деформация приводит к существенным перестроениям материальной структуры на различных масштабных уровнях, в результате меняются макросвойства поликристаллов. Подходящим и эффективным инструментом исследования эволюции структуры является многоуровневый подход к описанию неупругого деформирования с внутренними переменными [1]. Высокотемпературное пластическое деформирование сопровождается рядом процессов, приводящих к значительной перестройке мезо- и микроструктуры. Наиболее существенным с точки зрения изменения свойств поликристалла являются эволюция зеренной и дефектной структуры, осуществляемой за счет динамической рекристаллизации [2]. На последовательность ее прохождения влияет динамический возврат. В работе рассматривается проблема слияния субзерен в результате их разворотов при неупругом горячем деформировании. Этот процесс носит название коалесценции субзерен и является частью динамического возврата, в результате которого происходит изменения тонкой субзеренной структуры [2]. При соответствующих термомеханических воздействиях процесс коалесценции способствует формированию зародышей рекристаллизации, которые способны видоизменять зеренную структуру поликристалла [2]. Для решения поставленной задачи применяется расширенная статистическая модель неупругого деформирования, в которой предлагается способ учета коалесценции субзерен. Модель модифицирована для учета между структурными элементами (субзернами) локальных контактных взаимодействий, без рассмотрения которых отсутствует возможность корректного описания коалесценции, осуществляемой в результате понижения энергии субзеренных границ при их слиянии. Для этого формируется приближенная к реальной субзеренная структура с применением полиэдров Лагерра. Применяется оригинальная модель разворотов субзерен, основанной на выделении краевой составляющей избыточной плотности дислокаций одного знака на субзеренных границах. Приводятся результаты моделирования для поликристалла меди, показано влияние температуры, скорости деформирования на коалесценцию субзерен.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках реализации национального проекта «Наука и университеты» (в рамках выполнения государственного задания в лаборатории многоуровневого моделирования конструкционных и функциональных материалов, проект № FSNM-2021-0012).

Литература

[1] Трусов П.В., Швейкин А.И. Многоуровневые модели моно- и поликристаллических материалов: теория, алгоритмы, примеры применения, 2019. – 605 с.

[2] Горелик С.С. , Добаткин С.В., Капуткина Л.М. Рекристаллизация металлов и сплавов, 2005. – 433 с.