

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

УДК 539.3

DOI: 10.17223/00213411/62/9/3

Е.С. ЕМЕЛЬЯНОВА^{1,2}, В.А. РОМАНОВА¹, Р.Р. БАЛОХОНОВ¹, М.В. СЕРГЕЕВ²

ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ В ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОМ ТИТАНЕ. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ *

Деформационное поведение поликристаллического титана численно моделируется в рамках физической теории пластичности. Трехмерная модель поликристаллической структуры генерируется на основе экспериментальных данных методом пошагового заполнения. Определяющие соотношения для описания деформационного поведения зерен построены на основе физической теории пластичности с учетом особенностей кристаллического строения и дислокационного скольжения в ГПУ-кристаллах. Краевая задача упругопластического деформирования модельных структур решается численно методом конечных элементов. Для тестирования разработанной модели проведены расчеты упругопластического деформирования монокристаллов титана с различной ориентацией. С использованием разработанной модели исследовано влияние кристаллографической текстуры на локализацию пластической деформации в поликристаллах.

Ключевые слова: микромеханика, физическая теория пластичности, поликристаллические структуры, численное моделирование, локализация деформации.

Введение

В рамках современных представлений о процессах деформации и разрушения материалов под нагрузкой важнейшая роль отводится микроструктуре. Экспериментальные и теоретические данные свидетельствуют о том, что внутренние границы раздела являются источниками концентрации микронапряжений, величина которых может на порядок отличаться от среднего уровня напряжений в нагруженном материале. Именно в областях концентрации микронапряжений начинается необратимая деформация и зарождение микротрещин. Необратимые изменения, возникающие на нижележащих масштабах, формируют деформационный отклик материала на более крупных масштабах. Таким образом, ранний прогноз необратимой деформации и разрушения на макроуровне требует изучения деформационного отклика на микро- и мезоуровнях.

В вопросах изучения деформационных процессов, развивающихся в материалах на разных масштабах, наряду с экспериментальными методами важным инструментом являются методы численного моделирования. Ключевой проблемой численного моделирования является разработка конститутивных моделей (определяющих соотношений), позволяющих описать особенности деформационного поведения исследуемых материалов.

Для описания поликристаллических материалов, характеризующихся существенной анизотропией упругопластических свойств, связанной с кристаллическим строением, а также для материалов с ограниченным набором систем скольжения и текстурированных металлов и сплавов, учет в моделях физических механизмов пластичности приобретает особое значение. Модели такого типа развиваются в рамках физической теории пластичности (ФТП), рассматривающей взаимосвязь характеристик напряженно-деформированного состояния с физическими (дислокационными) механизмами пластического течения на микроуровне.

Существующие модели ФТП можно условно разделить на две группы. Первая группа имеет целью построение определяющих соотношений для описания осредненного отклика материала с учетом вкладов от зерен с различной ориентацией [1, 2]. В настоящее время развиваются более сложные модели этого типа, позволяющие учитывать вклады с различных масштабов, например с мезоуровня [3]. Такие модели важны для расчета изменения текстуры в процессе деформирования, расчета отклика текстурированного материала в процессе формовки и других видов пластического деформирования. Однако в рамках таких подходов не представляется возможным оценить локальные характеристики напряженно-деформированного состояния. Подобные проблемы решаются с использованием другого класса моделей ФТП, предполагающих решение краевых задач с явным

* Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 гг., направление III.23.

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>