

ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КВАЗИСТАТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ АМОРФНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ

Е.Е. Слядников^{1,2}, И.Ю. Турчановский¹

¹ *Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий,
г. Новосибирск, Россия*

² *Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, г. Томск, Россия*

Сформулирована физическая модель квазистатической деформации аморфных металлических сплавов как сложного многоэтапного релаксационного процесса, представляющего собой упорядоченную во времени иерархическую последовательность взаимосвязанных структурных переходов первого рода на различных масштабных пространственно-временных уровнях, которые сопровождаются последовательными превращениями энергии упругой деформации в энергию неупругой деформации, а затем энергии неупругой деформации в энергию пластической деформации.

Ключевые слова: аморфные металлические сплавы, квазистатическая деформация, физическая модель, структурные переходы первого рода.

Введение

В аморфных металлических сплавах (АМС) обнаружен более высокий уровень механических свойств, чем в кристаллических сплавах [1, 2]. Уникальные механические свойства являются весьма полезными для инновационных изделий, сконструированных с помощью аддитивных технологий [3]. Однако АМС демонстрируют низкую пластическую деформацию (ПД). Решить проблему можно с помощью конструирования новых композиционных материалов, состоящих как из аморфной матрицы, так и из кристаллитов. Использование прочности аморфной матрицы и пластичности кристаллитов позволяет решить проблему низкой пластичности АМС.

Для системной и эффективной разработки методов получения таких композиционных материалов необходимо понимание как механизмов кристаллизации и деформации металлических стекол, так и влияния внутренней структуры АМС на механические свойства. На данный момент не существует завершеного понимания процессов кристаллизации и деформации металлических стекол. Предложено несколько конкурирующих теорий зарождения нанокристаллов, зарождения зон сдвиговых деформаций (STZ), зарождения и движения полос скольжения [4–11]. Формирование наноструктуры в процессе кристаллизации и деформации является важнейшим результатом термомеханической обработки и одним из способов повышения пластичности АМС [1, 2, 9].

Таким образом, актуальным и перспективным направлением исследований является установление физических закономерностей формирования наноструктуры АМС в процессе их кристаллизации и деформации, а также влияния наноструктуры на механические свойства. Сложность экспериментального исследования динамики формирования наноструктуры металлических стекол делает актуальным теоретическое исследование неравновесных структурных переходов из аморфного в наноструктурное состояние, инициированных различными внешними воздействиями [10, 11].

Для описания ПД кристаллических твердых тел предложен масштабный подход [12]. В зонах концентраторов напряжений процессы ПД могут развиваться как локальные структурные превращения различного масштаба. Области с локализованной ПД обладают избыточным свободным объемом, что приводит к локальным атомным перестройкам между различными конфигурациями атомов с помощью коллективных конфигурационных возбуждений. ПД развивается как последовательный процесс потери сдвиговой устойчивости на микроскопическом, мезоскопическом и макроскопическом уровнях.

Из-за недостатка надежных экспериментальных данных о деформации АМС [1–11, 13–18] сложно выделить основные механизмы деформации, взаимосвязанно описать ее многокомпонентность (упругая, неупругая, пластическая), ее пространственно-временную иерархичность. Для разработки единой теории деформации АМС необходимо принять во внимание связь процессов макроскопической деформации с изменением структуры на субатомном уровне. В настоящей работе

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>