

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Научный совет РАН по физике конденсированных сред
Межгосударственный координационный совет
по физике прочности и пластичности материалов
Тольяттинский государственный университет
НИИ прогрессивных технологий

ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

X Международная школа, посвященная 10-летию лаборатории
«Физика прочности и интеллектуальные диагностические системы»

Тольятти, 13–17 сентября 2021 года

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОЧНОСТИ

LXIII Международная конференция, посвященная 70-летию
Тольяттинского государственного университета

Тольятти, 13–17 сентября 2021 года

Сборник материалов

Тольятти
Издательство ТГУ
2021

РОЛЬ СКОЛЬЖЕНИЯ И ДВОЙНИКОВАНИЯ ПРИ СУХОМ ТРЕНИИ МОНОКРИСТАЛЛОВ СТАЛИ ГАДФИЛЬДА

^{1,2} Лычагин Д.В., ²Новицкая О.С., ²Колубаев А.В.

¹ Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Томск, Россия.

² Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения
Российской академии наук, Томск, Россия,
nos@ispms.tsc.ru

В зависимости от кристаллографической ориентации и знака приложенной нагрузки в стали Гадфильда деформационные процессы могут происходить по механизму скольжения или двойникования. Реализация этих механизмов в условиях сухого трения скольжения может быть спрогнозирована путем сравнения расчетных значений напряжений сдвига.

В работе исследовались монокристаллы стали Гадфильда с разными кристаллографическими ориентациями осей нормальной нагрузки и трения. Трение скольжения осуществлялось на трибометре TRIBO technic по схеме «палец-диск» при комнатной температуре. Разориентацию микрообластей определяли на сканирующем электронном микроскопе Tescan Mira 3 с использованием приставки для дифракции отраженных электронов (EBSD).

Расчеты напряжений сдвига позволили выявить наиболее активные системы сдвига для скольжения и двойникования. Результаты по изменению напряжений сдвига в системах скольжения и двойникования представлены в таблице.

Таблица. Сравнение количества наиболее нагруженных систем сдвига в зависимости от приложенной нагрузки

Ориентация моно- кристаллов	Количество наиболее нагруженных систем сдвига для скольжения		Количество наиболее нагруженных систем сдвига для двойникования	
	от $F_{н.н.}$	суммарное действие от $F_{н.н.}$ и $F_{тр.}$	от $F_{н.н.}$	суммарное действие от $F_{н.н.}$ и $F_{тр.}$
[001]/[110]	8	2	4	1
[111]/[211]	6	2	3	3
[110]/[001]	4	2	2	1
[110]/[110]	4	4	2	2
$F_{н.н.}$ – сила нормальной нагрузки, $F_{тр.}$ – сила трения				

Влияние трения, по сравнению с чистым одноосным сжатием, привело в большинстве случаев к уменьшению количества наиболее нагруженных систем как для скольжения, так и для двойникования. При рассмотрении вероятности сдвига по этим системам в каждой из рассматриваемых плоскостей, как правило, вероятность скольжения выше, чем вероятность двойникования. Это обусловлено неоднородностью напряженного состояния по поверхности трения и отличным от активного нагружения видом деформации при трении. Непосредственно вблизи поверхности трения и на площадке трения за счет разного тензора напряжения условия для деформации скольжением и двойникованием заметно различаются. Это хорошо иллюстрируют результаты EBSD анализа, которые показывают разный характер разориентаций по поверхности трения и вблизи нее.

За счет неоднородности схемы напряженного состояния и роли свободной поверхности в приторцевой области роль кристаллографической ориентации на про-

цесс деформации скольжением или двойникованием в масштабе образца нивелируется.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, проект FWRW-2021-0006.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ СДВИГА В КРИСТАЛЛАХ АЛЮМИНИЕВОЙ БРОНЗЫ, СФОРМИРОВАВШИХСЯ ПРИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ АДДИТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

^{1,2} Никонов А.Ю., ^{1,2} Лычагин Д.В., ¹ Новицкая О.С., ^{1,2} Бибко А.А.

¹*Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, Томск, Россия*

²*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия,*

nos@ispms.tsc.ru

Развитие аддитивных технологий в области 3D печати методом электронно-лучевой наплавки ставит задачу прогнозирования поведения готовых металлических изделий под нагрузкой. Для однофазных материалов развитие деформации определяется морфологией и кристаллографией зерен. Исследования проводят как для отдельных зерен (монокристаллов), так и для группы зерен (поликристалла). Процессы изучают экспериментально и путем моделирования. Данный подход был использован для исследования моно- и поликристаллов алюминиевой бронзы. Исследования проведены на монокристаллах и поликристаллах на образцах из детали, полученной 3D электроннолучевой наплавкой.

В работе исследовали деформированные сжатием монокристаллы поликристаллы сплава Cu–13 at.%Al. Деформационный рельеф изучали на лазерном конфокальном LEXT 4100 и электронном Tescan Mira 3 сканирующих микроскопах. Для кристаллографического анализа использовали приставку для дифракции отраженных электронов (EBSD). Моделирование методом молекулярной динамики осуществляли с использованием программного пакета LAMMPS.

Моделирование позволило выяснить какие дислокационные конфигурации образуются в монокристаллах разной кристаллографической ориентации, какие из них неподвижные, а какие могут осуществлять деформацию скольжением и реализовывать двойникование. Морфология зерен была учтена изменением геометрических размеров деформируемых монокристаллов. Скольжение дислокаций приводит к характерной картине деформационного рельефа, которая зависит не только от кристаллографической ориентации оси сжатия, но и от ориентации боковых граней. Экспериментально наблюдаемый деформационный рельеф соответствует картине сдвигов, полученных при моделировании.

Деформация каждого зерна поликристалла происходит в поле напряжения не только преобладающей внешней нагрузки, но и под влиянием соседних зерен. Учет влияния соседних зерен был осуществлен изменением граничных условий при моделировании монокристалла. Это привело к изменению фрагментации сдвига в объеме кристалла и проявилось на уровне междислокационного взаимодействия.

Деформация системы нескольких зерен была смоделирована на объекте, представленном четырьмя зернами, полученными методом поэтапного осаждения. В качестве основных ориентаций зерен в направлении деформации были выбраны ори-