DOI: 10.17117/na.2016.04.03.254

Поступила (Received): 03.04.2016

<http://ucom.ru/doc/na.2016.04.03.254.pdf>

Петелина Ю.П., Каюда А.В., Шмидт А.А., Иванова К.Е. **Исследование зависимости дислокационной динамики** **кристаллографического скольжения от напряжения** **решеточного и примесного трения в алюминии и свинце**

Petelina Yu.P., Kayuda A.V., Shmidt A.A., Ivanova K.E.
The dependence of the dislocation dynamics crystallographic slip
from the stress of lattice friction and impurity in aluminum and lead

Для исследования использована математическая модель динамики замкнутой дислокационной петли, разработанная на основе континуальной теории дислокаций. Показано, что максимальное значение кинетической энергии и скорости дислокации в алюминии более чем в 3 раза больше, чем в свинце. Но длина пробега дислокации от её испускания до остановки в алюминии практически в 4 раза меньше, чем в свинце

Ключевые слова: дислокация, напряжение решеточного и примесного трения

For the study used a mathematical model of the dynamics of closed dislocation loop, designed on the basis of the continuum theory of dislocations. It is shown that the maximum value of the kinetic energy and the speed of dislocation in the aluminum is more than 3 times greater than in lead. But the dislocation mean free path of its emission to a stop in aluminum almost 4 times less than in the lead

Key words: dislocation, stress lattice and impurity friction

Петелина Юлия Павловна

Ассистент

Национальный исследовательский Томский государственный университет

г. Томск, пл. Ленина, 36

Petelina Yulia Pavlovna

Assistant

National research Tomsk state university
Tomsk, Lenina ave., 36

Каюда Анна Вячеславовна

Магистрант

Национальный исследовательский Томский государственный университет

г. Томск, пл. Ленина, 36

Kayuda Anna Vyacheslavovna

Master

National research Tomsk state university
Tomsk, Lenina ave., 36

Шмидт Анна Александровна

Магистрант

Национальный исследовательский Томский государственный университет

г. Томск, пл. Ленина, 36

Shmidt Anna Aleksandrovna

Master

National research Tomsk state university
Tomsk, Lenina ave., 36

Иванова Ксения Евгеньевна

Магистрант

Национальный исследовательский Томский государственный университет

г. Томск, пл. Ленина, 36

Ivanova Kseniya Evgenievna

Master

National research Tomsk state university
Tomsk, Lenina ave., 36

Одним из определяющих механизмов пластического формоизменения кристаллических тел является кристаллографическое скольжение [1, 2]. При исследовании кристаллографического скольжения его границу можно представить как замкнутую дислокационную петлю, отделяющую область, где произошло скольжение, от остальной части плоскости скольжения. В свою очередь, дислокационный источник как правило генерирует серию дислокационных петель, которые формируют зону кристаллографического сдвига.

В настоящей работе методами математического моделирования проведено исследование зависимости дислокационной динамики кристаллографического скольжения от напряжения решеточного и примесного трения в алюминии и свинце. В исследовании используется математическая модель [3–7], разработанная в предположении, что скольжение осуществляется в однородной изотропной среде; линейное натяжение одинаково по всей длине петли; напряжение, связанное с генерацией точечных дефектов на винтовых и околосвинтовых составляющих дислокационной петли, равномерно распределено по всей длине петли. Также в расчетах предполагается, что в начальной конфигурации дислокационная петля представлена в форме окружности, и при расширении она сохраняет эту форму.

Для проведения вычислительных экспериментов использован специализированный комплекс программ Dislocation Dynamics of Crystallographic Slip [8, 9].

Таблица 1. Значения характеристик алюминия и свинца при комнатной температуре, полученные экспериментальным путем [10–12]

Металл	Характеристика металла				
	B, Н·с	ν	G, Н/м ²	b, м	d, кг/м ³
Al	$4,92 \cdot 10^{-6}$	0,3	$2,61 \cdot 10^{10}$	$2,86 \cdot 10^{-10}$	2700
Pb	$3,4 \cdot 10^{-5}$	0,3	$7 \cdot 10^9$	$3,5 \cdot 10^{-10}$	11350

Рис. 1. Зависимость кинетической энергии единицы длины дислокации (а) и скорости дислокации (б) от пробега, рассчитанные для алюминия (кривые 1, 2) и свинца (3, 4) при значении напряжения решеточного и примесного трения 0,1 МПа (1, 3) и 2 МПа (2, 4)

Расчеты проведены при значениях параметров математической модели [3–7], характерных для алюминия и свинца при комнатной температуре (табл. 1), а также при плотности дислокаций в материале 10^{12} м^{-2} и действующем напряжении 23 МПа.

В результате проведенного вычислительного эксперимента показано, что после испускания дислокационной петли на начальном её пробеге резко возрастают скорость дислокации и кинетическая энергия единицы длины дислокации. После преодоления начального пробега рост перечисленных характеристик сменяется монотонным убыванием (рис. 1).

Показано, что максимальное значение кинетической энергии и скорости дислокации, которые дислокационная петля достигает после прохождения начального пробега, в алюминии более чем в 3 раза больше, чем в свинце. Но длина пробега дислокации от её испускания до остановки в алюминии практически в 4 раза меньше, чем в свинце. Длина начального пробега дислокации в алюминии около 4 %, а в свинце около 1 % от всего пробега дислокации.

Список используемых источников:

1. Слободской М.И., Попов Л.Е. Исследование явления скольжения в кристаллах методами имитационного моделирования. Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2004. 450 с.
2. Попов Л.Е., Слободской М.И., Колупаева С.Н. Моделирование элементарного скольжения в ГЦК-металлах // Изв. вузов. Физика. 2006. Т. 49. № 1. С. 57–68.
3. Пуспешева С.И., Колупаева С.Н., Попов Л.Е. Динамика кристаллографических скольжений в меди // Металловедение. 2003. №9. С. 14–19.
4. Петелин А.Е., Колупаева С.Н. Математическое моделирование формирования зоны кристаллографического сдвига в алюминии // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2010. № 3. С. 175–181.
5. Петелин А.Е., Батуев С.П., Колупаева С.Н. Влияние плотности дислокаций, решеточного и примесного трения на динамику формирования зоны кристаллографического сдвига в алюминии, меди и свинце // Перспективные материалы в технике и строительстве (ПМТС-2013). 2013. С. 77–79.
6. Петелин А.Е., Колупаева С.Н. Математическое моделирование формирования зоны кристаллографического сдвига в алюминии // Вестник ТГАСУ. 2010. № 3. С. 175–181.
7. Петелин А.Е. Математическое моделирование динамики дислокационной петли и формирования зоны кристаллографического сдвига в ГЦК металлах: диссертация ... канд. физ.-мат. наук. Томск, 2013. 157 с.
8. Самохина С.И., Петелин А.Е. Разработка программного комплекса для моделирования зоны сдвига в ГЦК-металлах // Новые информационные технологии в исследовании сложных структур // Вестник Томского государственного университета. 2006. С. 141–145.
9. Самохина С.И., Петелин А.Е., Колупаева С.Н. Моделирование зоны кристаллографического сдвига в ГЦК металлах. Численное решение системы жестких дифференциальных уравнений // Вестник Томского государственного университета. 2007. № 23. С. 333–338.
10. Фридель Ж. Дислокации. М.: Мир, 1967. 644 с.
11. Лейбфрид Г. Точечные дефекты в материалах. М.: Мир, 1981. 439 с.
12. Судзуки К., Фудзимори Х., Хасимото К. Аморфные металлы. М.: Металлургия, 1987. 328 с.

© 2016, Петелина Ю.П., Какюда А.В., Шмидт А.А., Иванова К.Е.

Исследование зависимости дислокационной динамики кристаллографического скольжения от напряжения решеточного и примесного трения в алюминии и свинце

© 2016, Petelina Yu.P., Kayuda A.V., Shmidt A.A., Ivanova K.E.

The dependence of the dislocation dynamics crystallographic slip from the stress of lattice friction and impurity in aluminum and lead