

УДК 538.9:546.87:537.63

**С.Д. ШАВРЕЙ<sup>1</sup>, А.И. ПИНЧУК<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Мозырь, МГПУ имени И.П. Шамякина, <sup>2</sup>Брест, БГТУ

## **ПОВЕРХНОСТНЫЙ ХАРАКТЕР ЭЛЕКТРОПЛАСТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В УСЛОВИЯХ НАЛОЖЕНИЯ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ**

В последние десятилетия широко изучается влияние внешних энергетических воздействий на пластичность и прочность различных материалов. Несмотря на значительные достижения в этой области, вопрос о процессе двойникования в условиях наложения электромагнитного поля изучен недостаточно. Важным фактором, определяющим несомненную актуальность исследований в данной области, является то, что скольжение и двойникование являются взаимосвязанными процессами. Это дает возможность изучать влияние внешних полей на оба процесса одновременно.

Для исследований использовались монокристаллы висмута, выращенные по методу Бриджмена из сырья химической чистоты. Раскальванием монокристалла висмута по плоскости спайности (111) получалась гладкая поверхность, пригодная к исследованиям без дальнейшей обработки. Образцы имели размеры 10×5×5 мм. Исследования проводились с помощью микротвердомера ПМТ-3. Специально созданная установка позволила исключить инструментальные эффекты, возможные при одновременном прохождении импульсного электрического тока и наложении на образец постоянного магнитного поля. Особое внимание было уделено жесткости элементов крепления образца к экспериментальной установке и жесткости самой установки. Алмазный индентор вдавливался в плоскость (111). Изучались клиновидные двойники системы {110}<001>. Векторы нагрузки  $\mathbf{P}$ , плотности тока  $\mathbf{j}$  и магнитной индукции  $\mathbf{B}$  образовывали тройку взаимно перпендикулярных векторов. Векторы  $\mathbf{j}$  и  $\mathbf{B}$  лежали в плоскости (111). Импульс тока, имевший длительность  $t_{imp}=4 \cdot 10^{-4}$  с, пропускался после 20 секундного вдавливания индентора в плоскость (111).

Структурные несовершенства кристалла выступают стопорами для движущихся двойникоующих дислокаций. Такими стопорами для растущего двойникового клина могут быть двойниковые прослойки другой ориентации, дислокации леса, пороги и перегибы на полных дислокациях различного типа. Наличие в кристалле подобных структурных несовершенств приводит к значительному разбросу длин двойников не только в пределах одного образца, но даже у одного отпечатка. Геометрические размеры двойников являются структурно-зависимыми характеристиками. Степень разброса их размеров

может служить мерой совершенства кристалла в различных его частях. Поэтому в предыдущих работах в качестве основного количественного параметра характеризующего механизм пластической деформации двойникованием при приложении внешних полей выбрана средняя линейная плотность двойнивающих дислокаций  $\langle \rho \rangle(L)$ .

В [1] получено, что одновременное воздействие на кристаллы висмута импульсного электрического тока и постоянного магнитного поля существенно снижает среднюю линейную плотность двойнивающих дислокаций  $\langle \rho \rangle(L)$ , локализованных на границах клиновидных двойников.

В работе [2] было показано, что удлинение двойников сопровождается падением  $\langle \rho \rangle(L)$  на границах двойниковых прослоек. Движущей силой этого процесса является снижения сил отталкивания между двойнивающими дислокациями. Однако, путем усреднения невозможно корректно выявить дислокационные механизмы двойникования при приложении внешних полей. Двойники, образующиеся у отпечатка индентора, могут быть застопорены как в вершине клина, так и в его устье. Увеличение длины двойника  $L$  при постоянной толщине  $h$  связано с блокированием источников двойнивающих дислокаций в устье и прекращением процесса генерирования. Рост толщины двойника  $h$  при неизменной длине  $L$  соответствует случаю остановки двойникового клина у мощного протяженного стопора, в направлении движения лидирующей дислокации дислокаций ансамбля. В этом случае источники двойнивающих дислокаций в устье продолжают генерировать дислокации, которые движутся к вершине двойникового клина вдоль его границ. Поэтому в качестве основного количественного параметра характеризующего механизм пластической деформации двойникованием при приложении внешних полей в данной работе выбрана линейная плотность двойнивающих дислокаций, локализованных на границе двойник-матрица, как функция длины двойника, т.е.  $\rho(L)$ . Получено, что плотность дислокаций на границах раздела при приложении полей и без их воздействия практически одинакова. Однако, при пропускании импульсов тока и одновременного воздействия МП и сосредоточенной нагрузки, зависимость  $\rho(L)$  смещается в сторону больших длин  $L$ . Таким образом, рост двойников за счет разрядки мощных дислокационных скоплений на двойниковых границах обнаруживается не для всех двойников самосогласованного ансамбля, но лишь для тех из них, вершина которых разблокирована от мощных стопоров.

Ранее в работе [3] было получено, что ЭПЭ при двойниковании обнаруживает поверхностный характер. Подтверждение этого вывода получено при анализе зависимости  $\rho(L)$  от нагрузки. Как видно из рис. 1 в области больших нагрузок и больших длинах двойников кривые  $\rho(L)$  схо-

дятся. Последнее свидетельствует о поверхностном характере наблюдаемого эффекта.

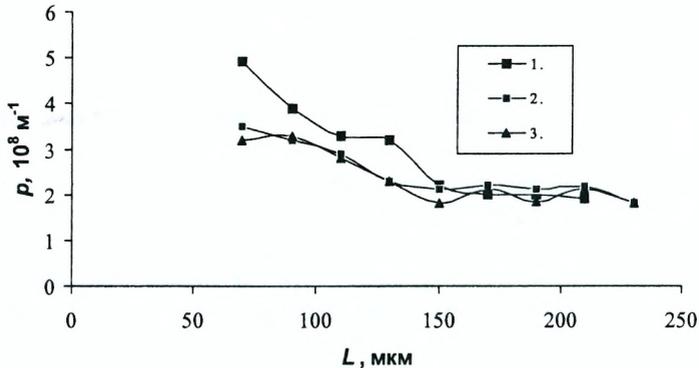


Рисунок 1 – Зависимость  $\rho(L)$  при различных нагрузках на индентор  $P$ .

Кривая 1.  $j_{imp}=40$  А/мм<sup>2</sup>;  $B=0,2$ Тл;  $P=0,11$  Н.

Кривая 2.  $j_{imp}=40$  А/мм<sup>2</sup>;  $B=0,2$ Тл;  $P=0,14$  Н.

Кривая 3.  $j_{imp}=40$  А/мм<sup>2</sup>;  $B=0,2$ Тл;  $P=0,20$  Н.

Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (договор Ф06 - 203)

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пинчук, А.И. Влияние постоянного магнитного поля и импульсного электрического тока на среднюю линейную плотность двойникоующих дислокаций в кристаллах висмута А.И. Пинчук, С.Д. Шаврей // Физика твердого тела. – 2001. – Т.43, вып.8. – С.1416–1417.

2. Pinchook A.I. On the nature of the low-field electromagneto-plastic effect // Journal of Applied Physics. – 2002. – V.92, №5. – P. 2343-2345

3. Шаврей С.Д., Пинчук А.И. Влияние постоянного магнитного поля и сосредоточенной нагрузки на двойникование в кристаллах висмута // Машиностроение: Сб. научн. трудов. – Вып.18. – Минск.: УП «Технопринт», 2002.