

## РОЛЬ СВОБОДНОГО ОБЪЕМА В ПРОЦЕССАХ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ АМОРФНЫХ СПЛАВОВ $\text{Al}_{87}\text{Ni}_8\text{Gd}_5$

Чиркова В.В., Волков Н.А., Першина Е.А., Абросимова Г.Е., Аронин А.С.

*Институт физики твердого тела РАН, г. Черноголовка, Россия*  
[valyffkin@issp.ac.ru](mailto:valyffkin@issp.ac.ru)

Пластическая деформация аморфных сплавов происходит путем образования и распространения полос сдвига. При образовании полос сдвига плотность аморфной фазы в полосе может уменьшаться на 1–12% [1]. Это значит, что полосы сдвига являются областями с повышенным количеством свободного объема, и, следовательно, с повышенным значением коэффициента диффузии [2]. Согласно литературным данным, образование нанокристаллов при деформации происходит в полосах сдвига, что может быть связано с увеличением количества свободного объема в этих местах.

При структурной релаксации происходит уменьшение количества свободного объема в аморфных сплавах путем выхода его на поверхность [3]. Напротив, пластическая деформация приводит к увеличению количества свободного объема. Для определения роли свободного объема в процессах кристаллизации аморфных сплавов проведено исследование структуры деформированных аморфных сплавов  $\text{Al}_{87}\text{Ni}_8\text{Gd}_5$  в условиях ограниченного выхода свободного объема.

Исследуемые образцы подвергались многократной прокатке для увеличения количества свободного объема. Сохранение свободного объема в деформированных образцах осуществлялось с помощью нанесения защитного покрытия [4]. В качестве покрытия был выбран тантал. Нанесение покрытия проводилось методом катодного распыления. Исходные, а также деформированные образцы с покрытием и без покрытия подвергались изотермическому отжигу. Структура сплавов исследовалась методами рентгеноструктурного анализа и просвечивающей электронной микроскопии. Тепловые характеристики определялись с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии.

Исследование показало, что количество нанокристаллов, образующихся в деформированных образцах с покрытием, больше, чем в соответствующих образцах без покрытия. Это значит, что если в образцах сохраняются области с повышенным количеством свободного объема (области с повышенным значением коэффициента диффузии), то образование нанокристаллов облегчается и при одновременном отжиге количество нанокристаллов больше в образцах с покрытием. Таким образом, показано, что использование защитных покрытий позволяет сохранить большую часть свободного объема, а сохраненный свободный объем способствует ускорению процессов кристаллизации.

*Работа выполнена в рамках госзадания ИФТТ РАН.*

1. C. Liu, V. Roddatis, P. Kenesei, R. Maaß, Shear-band thickness and shear-band cavities in a Zr-based metallic glass, *Acta Mater.*, 2017, 140, 206.
2. A.S. Aronin, D.V. Louzguine-Luzgin, On nanovoids formation in shear bands of an amorphous Al-based alloy, *Mech. Mater.*, 2017, 113, 19.
3. T. Egami, Structural relaxation in amorphous alloys – Compositional short range ordering., *Mater. Res. Bull.*, 1978, 13, 557.
4. Z.Q. Chen, L. Huang, F. Wang, P. Huang, T.J. Lu, K.W. Xu, Suppression of annealing-induced embrittlement in bulk metallic glass by surface crystalline coating. *Mater. Des.*, 2016, 109, 179.