

## ФИЗИКА ПЛАСТИЧНОСТИ И ИЗНОСА

УДК 538.911; 548.4; 620.192.63

DOI: 10.17223/00213411/62/8/5

А.Н. ТЮМЕНЦЕВ<sup>1,2</sup>, И.А. ДИТЕНБЕРГ<sup>1,2</sup>, И.И. СУХАНОВ<sup>1,2</sup>**НЕДИСЛОКАЦИОННЫЕ МЕХАНИЗМЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ ДЕФОРМАЦИИ  
В НАНОКРИСТАЛЛАХ НИКЕЛЯ В ПРОЦЕССЕ ДЕФОРМАЦИИ КРУЧЕНИЕМ  
НА НАКОВАЛЬНЫХ БРИДЖМЕНА \***

С применением методов просвечивающей электронной микроскопии в нанокристаллах никеля в условиях интенсивной пластической деформации кручением на наковальнях Бриджмена проведено исследование особенностей формирования нанополос переориентации с участием недислокационных механизмов деформации: локальных обратимых (ГЦК→ОЦК→ГЦК) превращений мартенситного типа и квазивязкого массопереноса потоками неравновесных точечных дефектов в полях высоких локальных градиентов давления. Изучены особенности дисклинационной структуры и упругонапряженного состояния на фронте распространения нанополос. Проведен теоретический анализ скорости пластической деформации механизмами квазивязкого массопереноса потоками неравновесных точечных дефектов. Установлена возможность одновременной реализации мартенситной и квазивязкой мод деформации на фронте продвижения нанополос. С использованием этих результатов проведен анализ условий и механизмов реализации мартенситной и квазивязкой мод деформации в зависимости от типа точечных дефектов (вакансии и межузельные атомы), температуры деформации, особенностей дисклинационной структуры и упругонапряженного состояния на фронте распространения нанополос.

**Ключевые слова:** электронная микроскопия, наноструктурные состояния, пластическая деформация, дисклинация, внутренние напряжения, точечные дефекты, мартенситные превращения.

**Введение**

Важной особенностью механического поведения наноструктурных металлических материалов в различных условиях интенсивных внешних воздействий является активизация недислокационных механизмов пластической деформации [1–4]: локальных обратимых структурных превращений мартенситного типа [1, 2] и квазивязкого массопереноса потоками неравновесных точечных дефектов в полях высоких локальных градиентов давления [1, 3, 4]. Наиболее важными факторами и условиями реализации этих механизмов являются высокие локальные внутренние напряжения и невозможность их дислокационной релаксации в нанокристаллах с высокими (близкими к теоретической прочности) напряжениями работы источников Франка – Рида. Следствием реализации первого из указанных выше механизмов являются новые механизмы локализации деформации с формированием полос <110> переориентации кристаллической решетки [1, 2, 5] и механического двойникования [1, 2, 6–10].

В работах [1, 2, 5, 11–13] с использованием теории мартенситных превращений (МП), основанной на концепции кооперативных тепловых колебаний атомов плотноупакованных плоскостей ОЦК-фазы [14], разработаны атомные модели образования указанных выше полос <110> переориентации и двойников деформации. В ГЦК-кристаллах это прямые плюс обратные ГЦК→ОЦК→ГЦК-превращения [2, 5, 11, 12]; в ОЦК-решетке – ОЦК→ГПУ→ОЦК- [1, 2] или ОЦК→ГЦК→ОЦК-превращения [13].

В работах [2, 5–7] внутри и в окрестности полос <110> переориентации и двойников деформации обнаружены высокодефектные структурные состояния с малоугловыми дискретными и высокими непрерывными разориентировками с кривизной кристаллической решетки десятки град/мкм. Образование этих состояний не сводится к указанным выше прямым плюс обратным превращениям мартенситного типа.

В нанокристаллах никеля в условиях интенсивной пластической деформации кручением на наковальнях Бриджмена образование нанополос <110> переориентации наблюдается одновременно с активизацией квазивязкой моды деформации потоками неравновесных точечных дефектов в

\* Электронно-микроскопические исследования проведены в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 гг. (направление III.23); теоретический анализ скорости пластической деформации – в рамках выполнения гранта РНФ (проект № 17-19-01374).

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>