

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения
Российской академии наук

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**Перспективные материалы
с иерархической структурой
для новых технологий
и надежных конструкций**

19 - 23 сентября 2016 г.

Томск, Россия

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

3. Неустойчивость и локализация деформации и разрушения в материалах с иерархической структурой

Для оценки устойчивости дисклинационных конфигураций проведен анализ их энергий. Выявлены значительные различия в энергиях как квадрупольных, так и мультипольных конфигураций по сравнению с нанодиполем в широком интервале геометрических размеров квадрупольных. При этом энергии указанных выше конфигураций оказываются в несколько раз меньше энергии нанодиполя.

Установлено, что важным энергетическим стимулом локализации деформации в области упругих дисторсий является тот факт, что при неизменной величине общего сдвига энергия обеспечивающего этот сдвиг дисклинационного ансамбля тем ниже, чем меньше размеры плеч входящих в него нанодиполей.

На основе анализа упруго - напряженного состояния и энергий дисклинационных конфигураций предложен механизм локализации деформации в области упругих дисторсий, представляющий собой квазипериодическую последовательность формирования и релаксации дисклинационных ансамблей различного типа с периодическим изменением энергии дефекта.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы с финансовой поддержкой программы повышения конкурентоспособности НИ ТГУ (Tomsk State University Competitiveness Improvement Program).

ДЕФЕКТЫ ДИСКЛИНАЦИОННОГО ТИПА В ЗОНАХ ЛОКАЛИЗАЦИИ УПРУГИХ ДИСТОРСИЙ И КВАЗИВЯЗКИЕ МЕХАНИЗМЫ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ В НАНОКРИСТАЛЛАХ

Тюменцев А.Н.^{1,2}, Дитенберг И.А.^{1,2}, Суханов И.И.²

¹Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия,

²Томский государственный университет, Томск, Россия

tyuments@phys.tsu.ru, ditenberg_i@mail.ru, suhanii@mail.ru

В условиях деформации кручением на наковальнях Бриджмена в зернах динамической рекристаллизации никеля обнаружено явление локализации деформации в области упругих дисторсий с формированием нанополос упругих сдвигов и поворотов с высокой (сотни град/мкм) кривизной кристаллической решетки, ограниченных дисклинационными конфигурациями дипольного, квадрупольного и мультипольного типа.

Проведено исследование полей напряжений и энергий этих конфигураций в зависимости от их геометрических параметров. Дано физическое обоснование указанного выше явления как способа релаксации энергии упруго деформированной среды. Предложен механизм локализации деформации в области упругих дисторсий, представляющий квазипериодическую последовательность формирования и релаксации дисклинационных ансамблей различного типа с периодическим изменением энергии дефектов.

Показано, что характерной особенностью упруго-напряженного состояния в зонах нанодиполей и мультиполей частичных дисклинаций являются необычно высокие (до $20E \text{ мкм}^{-1}$, E – модуль Юнга) локальные градиенты давления – новый эффективный канал пластической деформации в нанокристаллах. Обсуждается возможность 2-стадийного механизма развития такой деформации: 1 – стадия зарождения и распространения нанодиполей частичных дисклинаций как волн локализованной упругой дисторсии (кривизны со сдвигом); 2 - стадия пластической релаксации механизмами квазивязкого массопереноса, в том числе потоками неравновесных точечных дефектов в полях указанных выше градиентов. Проведен анализ основных физических факторов и условий реализации этого механизма.

3. Неустойчивость и локализация деформации и разрушения в материалах с иерархической структурой

Результатом реализации этого механизма является формирование широкого спектра наноструктурных состояний:

- двухуровневые наноструктурные состояния – нанозерна размерами до 100 нм, содержащие разориентированные фрагменты размерами от нескольких до нескольких десятков нанометров с дипольным и мультипольным характером разориентировок и высокой упругой кривизной кристаллической решетки;
- мезополосы деформации вихревого типа, представляющие собой пачки нанополос с дипольным характером разориентировок, формирующиеся в процессе группового движения нанодиполей частичных дисклинаций;
- нанокристаллическая структура с размерами зерен несколько нанометров, упругой кривизной кристаллической решетки сотни град/мкм и близкими к теоретической значениями твердости.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАКРОЛОКАЛИЗАЦИИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ КАНАЛЬНО-УГЛОВОМ ПРЕССОВАНИИ

Валуйская Л.А.¹, Старенченко В.А.², Липатникова Я.Д.², Соловьева Ю.В.²,

¹Сибирский государственный медицинский университет, Томск, Россия,

²Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск, Россия
val_larisa@mail.ru

Проведено моделирование макроскопической локализации пластической деформации сплавов со сверхструктурой $L1_2$ при динамическом канально-угловом прессовании. Был рассмотрен процесс и условия образования полос суперлокализации пластической деформации.

Ранее явление локализации пластической деформации при одноосном прессовании было изучено нами методами математического моделирования. Разработанная модель является многоуровневой и сочетает в себе две модели: модель дислокационной кинетики сплавов со сверхструктурой $L1_2$ и модель механики сплошной среды. Численные эксперименты проводились с использованием метода конечных элементов. При этом кривая деформационного и термического упрочнения элементарного объема среды задавалась моделью дислокационной кинетики. При решении системы уравнений дислокационной кинетики в зависимости от параметров, контролирующих перераспределение дислокаций в границы разориентации, были получены различные кривые упрочнения, как монотонно возрастающие, так и немонотонные имеющие один или несколько пиков максимума. Данные зависимости $\sigma - \epsilon$ задавали упрочнение элементарных объемов в конечно-элементарной модели. Оказалось, что только в условиях немонотонного упрочнения элементарных деформируемых объемов при одноосном прессовании можно наблюдать явление суперлокализации пластической деформации. Причем образование нескольких полос суперлокализации возможно только в условиях немонотонного упрочнения элементарного объема с несколькими пиками максимума на зависимости $\sigma - \epsilon$. В условиях монотонно возрастающего упрочнения элементарных объемов полос суперлокализации пластической деформации не наблюдалось.

В настоящей работе исследовался процесс образования полос суперлокализации пластической деформации в зависимости от вида деформационного упрочнения в условиях высокоскоростного углового прессования. Образец продавливался через пересекающиеся под углом 90° и 120° каналы. Если кривая упрочнения элементов среды имела немонотонный вид с одним пиком максимума, то при более жестком прессовании (под углом 90°) наблюдалось последовательное образование нескольких