ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

INTERNATIONAL WORKSHOP

**«Multiscale Biomechanics and Tribology
of Inorganic and Organic Systems»**

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

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

**VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,
ПОСВЯЩЕННАЯ 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ
ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ**

«Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»

DOI: 10.17223/9785946218412/27

**НЕДИСЛОКАЦИОННЫЕ МЕХАНИЗМЫ ДЕФОРМАЦИИ В ЗОНАХ
ЛОКАЛИЗАЦИИ УПРУГИХ И ПЛАСТИЧЕСКИХ ДИСТОРСИЙ ПРИ
ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НИКЕЛЯ НА НАКОВАЛЬНЯХ БРИДЖМЕНА**

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

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

²*Томский государственный университет, Россия*

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

В процессе интенсивной пластической деформации никеля на наковальнях Бриджмена обнаружено явление локализации деформации в области упругих дисторсий с образованием нанополос переориентации с упругой кривизной кристаллической решетки сотни град/мкм и нанодиполей частичных дисклинаций как дефектов упруго деформированной среды и носителей упругих сдвигов и поворотов на фронте распространения нанополос. Важными особенностями упруго – напряженного состояния указанных выше дефектов являются высокие локальные внутренние напряжения и градиенты этих напряжений с их максимальными значениями в плоскостях залегания нанодиполей.

Нанодиполи частичных дисклинаций являются неустойчивыми конфигурациями, которые на фронте распространения нанополос локализации упругих дисторсий трансформируются в более сложные дисклинационные ансамбли с кратным уменьшением энергии. Продвижение такого фронта включает квазипериодическую последовательность структурных трансформаций нанодиполя в систему квадруполей и обратно с периодическим изменением энергии дисклинационного ансамбля.

Молекулярно-динамическое исследование динамических дефектов, формирующихся в области упругих дисторсий, показало, что в качестве зародышей нанополос локализации упругой деформации могут выступать ансамбли динамических вихрей, размеры и геометрия атомных смещений и поворотов в которых аналогичны наблюдаемым в указанных выше нанополосах и связанных с ними нанодиполях частичных дисклинаций. Предполагается, что формирование этих вихрей в области упругих дисторсий определяет как характерные размеры (ширину) нанополос, так и саму возможность локализации деформации в этой области.

В области пластической деформации эволюция нанополос локализации деформации развивается движением нанодиполей частичных дисклинаций с участием не дислокационных мод пластической деформации: 1 - локальных обратимых (ГЦК→ОЦК→ГЦК) структурных превращений мартенситного типа с осуществлением обратных превращений по альтернативным системам; 2 - квазивязкого массопереноса потоками неравновесных точечных дефектов в полях высоких локальных градиентов давления. 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. Это качественно разные моды деформации. Первая полностью определяется свойствами (стабильность и симметрия) кристаллической решетки; вторая может быть описана в моделях движения жидкостей.

Следствием реализации первого из указанных выше механизмов является образование нанодвойников деформации и нанополос $\approx 60^\circ \langle 110 \rangle$ или $\approx 90^\circ \langle 110 \rangle$ переориентации кристаллической решетки. Электронно-микроскопическое исследование микроструктуры, особенностей упруго-напряженного состояния и пластической деформации внутри и на фронте распространения нанополос показало, что важной особенностью их эволюции является одновременная реализация указанных выше мод деформации.

Проведен теоретический анализ скорости пластической деформации (движения фронта нанополосы) механизмами квазивязкого массопереноса потоками неравновесных точечных дефектов в зависимости от температуры деформации, концентрации и типа этих

Секция 1. Основные принципы и методология физической мезомеханики материалов с иерархической структурой

дефектов. Показано, что, если в качестве таких дефектов выступают межузельные атомы, при экспериментально наблюдаемых величинах ширины нанополос, мощности нанодиполей и связанных с ними градиентов давления скорости распространения нанополос сравнимы со скоростью звука.

В условиях одновременной реализации указанных выше механизмов деформации важную роль в активизации квазивязкой моды деформации играет фазовая нестабильность кристалла в зонах обратимых структурных превращений мартенситного типа. В модели квазивязкого массопереноса потоками неравновесных точечных дефектов значительное увеличение скорости деформации может быть результатом уменьшения энергии активации образования и миграции точечных дефектов вследствие снижения упругих модулей.

Обсуждаются вопросы формирования нанокристаллических структур с предельными минимальными размерами зерен несколько нанометров; структурных состояний с высокой (сотни град/мкм) кривизной кристаллической решетки и близкими к теоретической значениями твердости; механизмы сверхвысокой технологической и структурной сверхпластичности наноструктурных металлических материалов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РНФ, проект № 17-19-01374.