

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«Физическая мезомеханика.
Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»,**

посвященная 90-летию со дня рождения
основателя и первого директора ИФПМ СО РАН
академика Виктора Евгеньевича Панина

в рамках
**Международного междисциплинарного симпозиума
«Иерархические материалы: разработка и приложения
для новых технологий и надежных конструкций»**

**5–9 октября 2020 года
Томск, Россия**

Томск
Издательство ТГУ
2020

DOI: 10.17223/9785946219242/15

**ОБРАТИМЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ МАРТЕНСИТНОГО ТИПА КАК НОВЫЕ
МЕХАНИЗМЫ ОБРАЗОВАНИЯ ДИСЛОКАЦИЙ, ПОЛОС ЛОКАЛИЗАЦИИ И
ДВОЙНИКОВ ДЕФОРМАЦИИ**

^{1,2}Тюменцев А.Н., ^{1,2}Литовченко И.Ю.

¹Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

²НИ Томский государственный университет, Томск

Обобщены закономерности и механизмы пластической деформации и переориентации кристаллической решетки в металлических материалах в условиях их фазовой нестабильности в полях высоких локальных напряжений и реализации механизмов обратных (прямых плюс обратных) структурных превращений мартенситного типа с осуществлением обратных мартенситных превращений (МП) по альтернативным системам.

Представлены результаты исследования этих вопросов в широком классе металлических материалов - в стабильных (02X17H14M2) и метастабильных (Fe-18.02%Cr-9.77%Ni-1.4%Mn-0.59%Ti) аустенитных сталях, интерметаллидах (TiNi, Ni₃Al), чистых металлах (Ni, Mo) и сплавах (V-Ti-Cr, Mo-Re) с различным типом (ГЦК и ОЦК) кристаллической решетки. В качестве методов интенсивного механического воздействия использованы большие пластической деформации прокаткой, кручение под давлением на наковальнях Бриджмена, методы термомеханической обработки.

Предложены новые атомные модели и механизмы указанных выше превращений, позволяющие с единых позиций описать широкий спектр явлений пластической деформации. Это зарождение и движение частичных и полных дислокаций, механическое двойникование, образование полос локализации деформации (ПЛД) со специфическим спектром векторов переориентации (см. таблицу), и др. Установлено, что эти механизмы одинаково важны как для сталей и сплавов с высокой склонностью к мартенситным превращениям, так и для чистых металлов, интерметаллидов (Ni, Ni₃Al) и аустенитных сталей с высокой стабильностью кристаллической решетки.

Наиболее важными факторами и условиями реализации этих механизмов являются высокие локальные внутренние напряжения и невозможность их дислокационной релаксации в нанобъектах с высокими (близкими к теоретической прочности) напряжениями работы источников Франка – Рида.

Возможность описания в рамках обратимых МП большого количества указанных выше явлений пластической деформации обеспечивается теорией МП [1], основанной на важной роли кооперативных тепловых колебаний атомов плотноупакованных плоскостей ОЦК фазы в процессе коллективных перестроек. Эта теория, во-первых, описывает широкий спектр мартенситных превращений (ОЦК→ГЦК, ОЦК→ГПУ, ГЦК→ОЦК и др.). Во-вторых, включает атомные модели указанных выше превращений, которые позволяют выделить различные моды дисторсии кристаллической решетки в процессе прямых плюс обратных МП, а также рассмотреть различные варианты превращений с учетом роли этих мод в изменении системы обратных превращений. При этом спектр таких превращений (ГЦК→ОЦК→ГЦК, ОЦК→ГЦК→ОЦК, ОЦК→ГПУ→ОЦК) включает следующие варианты (таблица 1):

- изменение направления сдвига (при неизменной плоскости превращения);
- изменение направления однородной деформации превращения (при сохранении плоскости превращения и направления сдвига);
- изменение плоскости превращения, ведущее одновременно к изменению направлений как сдвиговой, так и однородной деформации превращения;
- изменение типа ориентационного соотношения (ОС): Курдюмова - Закса (К-З) или Нишиямы - Вассермана (Н-В).

Как видно из таблицы, с использованием этих механизмов удастся объяснить характерный спектр векторов $\langle 110 \rangle$ переориентации в полосах локализации деформации

Секция 1. Современные задачи и новые приложения физической мезомеханики материалов с иерархической структурой

широкого класса металлических материалов; механическое двойникование в плоскостях с разными индексами в монокристаллах никелида титана; зарождение и движение частичных и полных дислокаций в нанокристаллах с ГЦК решеткой.

Таблица 1 – Различные варианты прямых плюс обратных превращений мартенситного типа

Тип превращения	Результат
Изменение направления мартенситного сдвига.	
ГЦК→ОЦК→ГЦК в двух соседних плоскостях {111}.	Зарождение частичных и полных дислокаций в ГЦК кристаллах.
ГЦК→ОЦК→ГЦК в нескольких плоскостях {111}.	Образование {111} двойников деформации в ГЦК кристаллах.
ОЦК→ГЦК→ОЦК при ОС К-З.	Образование {112} двойников деформации в ОЦК кристаллах.
ОЦК→ГЦК→ОЦК при ОС Н-В.	Образование областей с векторами переориентации $\theta = 60^\circ \langle 110 \rangle$ в ОЦК кристаллах.
ОЦК→ГЦК→ОЦК при различных (К-З и Н-В) вариантах ОС прямого и обратного превращений.	Образование областей с векторами переориентации $\theta = (60 \pm 5.23)^\circ \langle 110 \rangle$ в ОЦК кристаллах.
Изменение направления однородной деформации превращения.	
ОЦК→ГПУ→ОЦК при неизменных плоскости превращения и направлении сдвига.	Образование {112} двойников с некогерентными границами и полос переориентации с векторами $\theta = (49.5, 60, 60 \pm 5.23)^\circ \langle 110 \rangle$ в ОЦК сплавах.
V2→V19'→V2 (ОЦК→ГПУ→ОЦК) при неизменных плоскости превращения и направлении сдвига.	Образование двойников деформации по плоскостям {112}, {113}, {225} и {332} в монокристаллах никелида титана.
Изменение плоскости превращения.	
ГЦК→ОЦК→ГЦК при ОС К-З с изменением направлений мартенситного сдвига и однородной деформации превращения.	ПЛД и фрагменты переориентации с векторами $\theta \approx 60^\circ \langle 110 \rangle$ в аустенитных сталях и интерметаллиде Ni ₃ Al.
ГЦК→ОЦК→ГЦК при ОС К-З в зонах двойников деформации.	ПЛД и фрагменты переориентации с векторами $\theta \approx (10.5, 35, \text{ и } 49.5)^\circ \langle 110 \rangle$.
ГЦК→ОЦК→ГЦК при ОС Н-В с изменением направлений мартенситного сдвига и однородной деформации превращения.	Нанополосы $90^\circ \langle 110 \rangle$ переориентации в нанокристаллах чистого никеля.
ОС К-З – ориентационное соотношение Курдюмова – Закса; ОС Н-В – ориентационное соотношение Нишиямы – Вассермана; ПЛД – полосы локализации деформации; θ - вектор переориентации.	

Рассчитаны тензоры дисторсии кристаллической решетки в процессе пластической деформации механизмами указанных выше превращений. Установлена важная роль однородной деформации превращения в реализации этих механизмов. Показано, что ее вклад в общую дисторсию превращения может быть сравним с вкладом деформации сдвигом. Введены представления о новых носителях деформации и переориентации кристалла – микрообъемах неравновесных (существующих только в ходе деформации) фазово-структурных состояний, являющихся суперпозицией нескольких кристаллических структур.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, проект III.23.2.6.