ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Физическая мезомеханика. Материалы с многоуровневой иерархически организованной структурой и интеллектуальные производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.
Томск, Россия

Томск – 2021
Издательство ТГУ

DOI: 10.17223/978-5-907442-03-0-2021-040

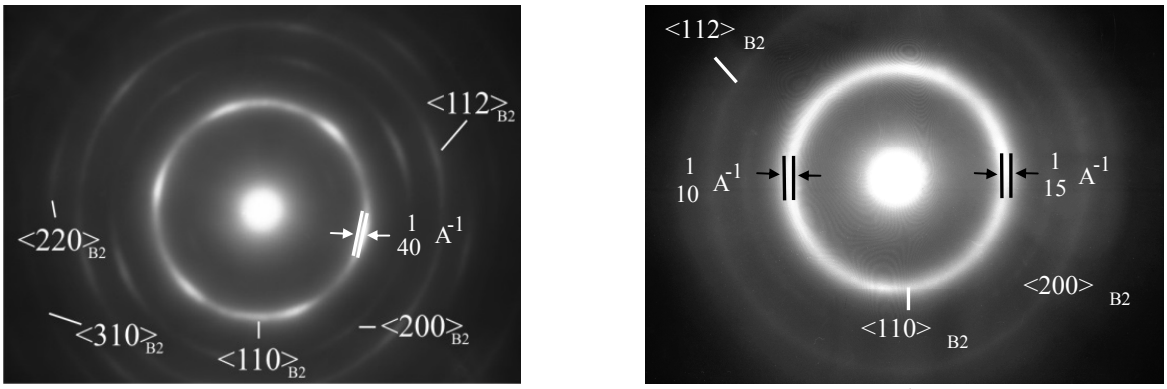
ОЦК→ГПУ→ОЦК ПРЕВРАЩЕНИЯ КАК МЕХАНИЗМЫ СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ И ФОРМИРОВАНИЯ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СТРУКТУР В СПЛАВАХ НА ОСНОВЕ НИКЕЛИДА ТИТАНА И ВАНАДИЯ

[1,2]Тюменцев А.Н., [1,2]Дитенберг И.А., [1,2]Суханов И.И.
[1]*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск*
[2]*Томский государственный университет, Томск*

Изучены закономерности структурных превращений в условиях сверхвысокой технологической пластичности и формирования наноструктурных состояний при больших пластических деформациях сплавов на основе никелида титана и ванадия прокаткой и кручением на наковальнях Бриджмена при комнатной температуре.

В сплаве TiNi(Fe,Mo) в процессе пластической деформации кручением под давлением при величинах истинной логарифмической деформации $e \approx$ 5-6 получено нанокристаллическое (аморфно-кристаллическое) структурное состояние с размерами нанозерен (d ≈ 10-15 Å) в несколько межатомных расстояний (рис. 1). Это предельная (максимально возможная) степень наноструктурирования кристалла, когда более половины атомов границ нанозерен и их тройных стыков находится в аморфном состоянии.

Механизмами формирования таких состояний являются B2→B19′→B2 превращения путем их многократного повторения в процессе повышения степени деформации и квазивязкий механизм переориентации потоками неравновесных точечных дефектов в полях высоких локальных градиентов (моментов) напряжений. Эти механизмы отражают реализацию качественно разных мод дисторсии. Первый осуществляется с участием единственной моды деформации – однородной деформации мартенситного превращения типа деформации Бейна. Второй обеспечивает повороты кристаллической решетки, отражающие антисимметричную часть тензора дисторсии в стесненных условиях деформации или полях локальных градиентов (моментов) напряжений.



а б

Рис. 1. Картины микродифракции наноструктурных состояний с размерами нанозерен d ≈ 40 (а) и (10-15) Å (б) после деформации сплава TiNi(Fe, Mo) на наковальнях Бриджмена при величинах истинной логарифмической деформации $e \approx$ 3 (а) и 6 (б)

Основными факторами формирования указанных выше предельных аморфно-кристаллических структур в никелиде титана являются:

1. Низкая дислокационная активность в B2 фазе TiNi сплавов, определяющая высокий уровень деформирующих напряжений и связанных с ними неравновесных дислокационно-дисклинационных субструктур – источников высоких локальных градиентов (моментов) наномасштабного уровня, определяющих характерные размеры микрообъемов, способных быть зародышами новых кристаллитов, и определяющих размеры субмикро- или нанозерен и субзерен.

2. Снижение в зонах B2→B19`→B2 превращений интенсивности диффузионных механизмов релаксации микроструктуры (например, диффузионного роста нанозерен)

вследствие уменьшения в этих зонах запасенной энергии деформации при высокой плотности низкоэнергетических двойниковых границ специального типа.

Пластическая деформация путем многократной последовательности ОЦК→ГПУ→ОЦК превращений в указанном выше TiNi сплаве и малоактивируемом ванадиевом сплаве V-4Ti-4Cr обеспечивает возможность их сверхвысокой технологической пластичности – способности к неограниченным ($e > 7$) степеням деформации при комнатной температуре без каких-либо промежуточных отжигов. Эта возможность, в отличие от способности к измельчению зеренной структуры, слабо зависит от характеристик прочности или стабильности кристаллической решетки. Важными условиями ее реализации являются высокая эффективность процессов релаксации неравновесных динамических структур, формирующихся в процессе многократного повторения этих превращений, и геометрии деформирующих напряжений, обеспечивающей высокие компоненты сжатия в направлениях типа <110> в процессе как прямого (ОЦК→ГПУ), так и обратного (ГПУ→ОЦК) превращений.

Обсуждаются атомные механизмы деформации и переориентации кристалла в зонах ОЦК→ГПУ→ОЦК превращений в условиях одновременной реализации мартенситной и квазивязкой моды деформации в зависимости от структурного состояния, свойств материала и условий (температура, скорость и др.) деформации.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, номер FWRW-2021-0008.