

**СТРУКТУРНО - МАСШТАБНЫЕ УРОВНИ ДЕФОРМАЦИИ ДВУХФАЗНОГО ТИТАНОВОГО
СПЛАВА**

Е.Н. Николенко, Т.С. Куницына

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м. н. Л.А. Теплякова
Томский государственный архитектурно-строительный университет,
Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2. 634003
E-mail: kma11061990@mail.ru

DEFORMATION OF TWO –PHASE TITANIUM ALLOY AT DIFFERENT SCALE LEVELS

E.N. Nikolenko, T. S. Kunitsyna,

The scientific adviser: professor L. A. Teplyakova
Tomsk State University of Architecture and Building, Solyanaya sq., 2, Tomsk, Russia; 634003
E-mail: kma11061990@mail.ru

***Abstract.** The paper deals with the type VT6 alloy defect structure which forms nearby the fracture surface. The main types of the deformation substructure are identified at two scale levels, namely colonies and lamellas. The relationship between these types of the deformation substructure and scale levels is detected in this paper.*

Введение. Сплав типа ВТ6 относятся к числу наиболее распространенных двухфазных титановых сплавов. Это объясняется удачным его легированием. Алюминий в сплавах системы Ti-Al-V повышает прочностные и жаропрочные свойства, а ванадий относится к числу тех немногих легирующих элементов в титане, которые повышают не только прочностные свойства, но и пластичность. Благодаря этому сплав может выдерживать значительные нагрузки. Однако, при ударном нагружении, когда скорость механического воздействия достаточно велика, он проявляет ярко выраженную локализацию деформации, которая приводит к быстрому разрушению материала. Очевидно, что локализация деформации в данном сплаве связана с особенностями структурно-фазового состояния и закономерностями его изменения при высокоэнергетическом механическом воздействии.

Между тем, сплав ВТ6 в этом отношении мало изучен даже в условиях статического нагружения. Сплав ВТ6 имеет многомасштабную дефектно-фазовую структуру. Настоящая работа посвящена изучению дефектной структуры двухфазного титанового сплава ВТ6, формирующейся вблизи зоны разрушения на двух структурно-масштабных уровнях деформации.

Материал и методы исследования. Титан существует в двух модификациях: высокотемпературной, обладающей ОЦК кристаллической решеткой (β -фаза), которая при понижении температуры до 882,5° С превращается в низкотемпературную модификацию (α -фазу) имеющую ГПУ решетку. Исследованный сплав ВТ-6 имеет следующий состав: Ti – 6 вес. %Al – 4 вес.%V. Ванадий является β -стабилизирующим компонентом. Однако, концентрация ванадия в сплаве ВТ-6 меньше критической, поэтому сплав при комнатной температуре содержит лишь 17 вес.% β -фазы и 83 вес% α -фазы. Фазовый состав сплава был определен двумя методами: рентгеноструктурным и электронномикроскопическим, которые дали близкие результаты. Изучение дефектной структуры проводилось с использованием методов оптической и дифракционной электронной микроскопии; Для

механических испытаний использовались стандартные образцы размерами $(3 \times 3 \times 6)$ мм³. Образец подвергали деформированию (одноосное сжатие при комнатной температуре со скоростью $0,02$ мин⁻¹), в результате которого происходило разрушение материала.

Результаты. Исследование эволюции субструктуры сплава ВТ6 при статическом нагружении [1] показало, что с началом пластической деформации происходит поляризация дислокационной структуры. При степенях деформации, больших $0,2$, процессы поляризации дислокационной структуры активизируются, что приводит к формированию в образце субструктуры, известной в литературе [2] как субструктура с непрерывными разориентировками. Затем в этой субструктуре появляются деформационные субграницы. В результате в материале образуется новый тип субструктуры – это субструктура с непрерывными и дискретными разориентировками. При дальнейшем деформировании она эволюционирует во фрагментированную субструктуру.

На рис. 1 представлен микроснимок дефектной структуры вблизи зоны разрушения, на котором видны две подсистемы изгибных экстинкционных контуров. Крупномасштабная подсистема экстинкционных контуров свидетельствует о накоплении избыточной плотности дислокаций и создании полей дальнедействующих напряжений в масштабе колонии. Как правило, это сравнительно широкие контуры (например, у А на рис. 1а).

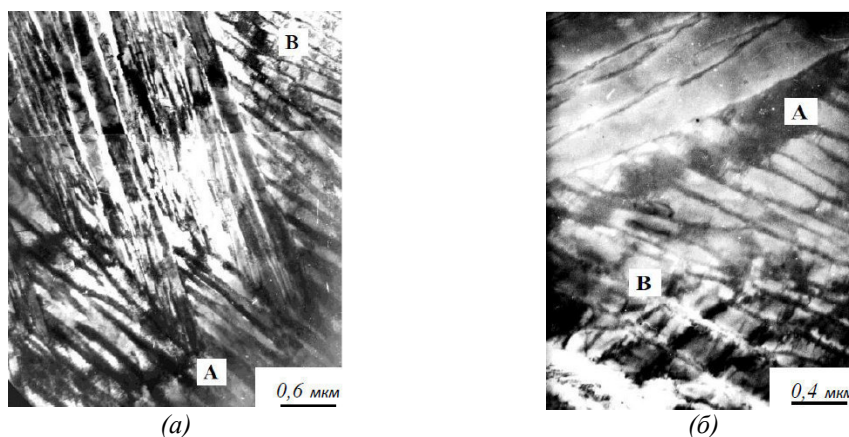


Рис.1 Картина экстинкционных контуров вблизи зоны разрушения сплава ВТ6

Их источниками чаще всего являются острые стыки колоний или их границы. В первом случае контуры замкнуты (рис.1а, у А) и при повороте фольги в электронном микроскопе, когда происходит смещение экстинкционного контура, острый стык колоний является «точкой закрепления» контура. Во втором случае(рис.1б, у А), контуры локализованы вдоль границы стыкующихся колоний и, как правило, обнаруживаются в той из них, в которой ламели расположены под большими углами к границе колонии (рис. 1б у А). При повороте фольги в микроскопе такие контуры обычно смещаются параллельно границе стыкующихся колоний. Такая картина контуров, в частности, может свидетельствовать об изгибах достаточно больших объемов колоний, в результате закономерным образом распределенного в масштабах колонии заторможенного границами ламелей сдвига.

В ламелях наблюдается своя подсистема изгибных экстинкционных контуров - узкие контуры (рис. 1б у В), не выходящие за пределы ламели, то есть контур начинается на одной границе ламели, а заканчивается на другой. Подсистема «ламельных» контуров представлена двумя их видами: контуры, в

которых наблюдаются дислокации и контуры «бездислокационные». Появление первого типа «ламельных» контуров, естественно, обусловлено накоплением избыточных дислокаций у тех границ ламелей (или их участков), организация сдвига через которые затруднена. В тех участках колоний, в которых сдвиги через границу ламели оказываются возможными и происходят, избыточная плотность дислокаций не накапливается и контуры экстинкции не наблюдаются. Наличие «бездислокационных» экстинкционных контуров свидетельствует об упругом изгибе ламелей.

Фрагментированная субструктура также формируется на двух масштабных уровнях. Наблюдается фрагментация колоний и ламелей. Соответственно, обнаруживаются крупномасштабные фрагменты колоний (рис.2а у В) и фрагменты в ламелях (рис.2б). В масштабах колонии формирование этого типа субструктуры связано с разрушением межфазных границ.

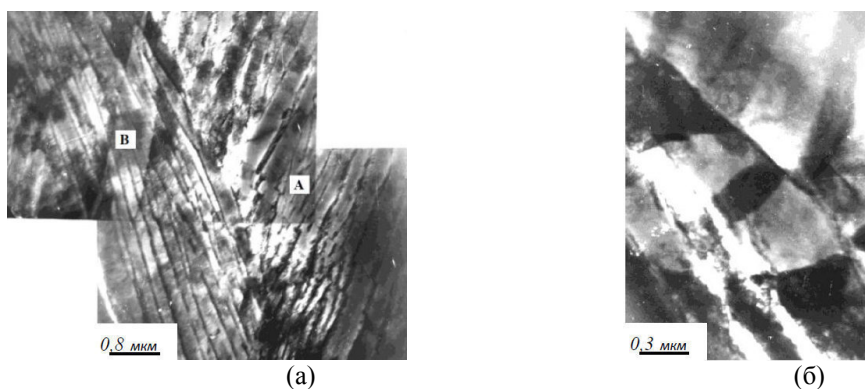


Рис. 2. Электронномикроскопическое изображение фрагментированной субструктуры на двух масштабных уровнях

Первые участки с фрагментированной субструктурой формируются в областях острых стыков колоний, с высокой плотностью избыточных дислокаций, а значит повышенных внутренних напряжений. Углы разориентации на границах фрагментов достигают нескольких градусов. Фрагментацию в масштабах колонии можно назвать мезофрагментацией.

Средние линейные размеры фрагментов на более мелком масштабном уровне соизмеримы с поперечными размерами α - и β - пластин. По сути, линейные размеры α - и β - фрагментов «навязываются» масштабами обеих структурных составляющих ламелей.

Выводы. Поляризация и фрагментация дислокационной структуры происходят на двух структурно-масштабных уровнях: колония и ламель. Фрагментированная субструктура, формирующаяся в ламелях, является последней в последовательности субструктурных превращений исследованного сплава ВТ6 перед разрушением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куницына Т. С., Теплякова Л.А. Эволюция дефектной структуры двухфазного титанового сплава при активном нагружении // Изв. вузов. Физика. - 2017, - Т. 60, - №5, - С. 93-98.
2. Козлов Э.В., Конева Н.А., Тришкина Л.И. Дислокационно-дисклинационные субструктуры, формирующиеся при большой пластической деформации ГЦК поликристаллов: эволюция и связь с напряжением течения // Изв. вузов. Физика. - 2014. - №2. - С. 38-44.