

## **Исследование с помощью атомно-силовой микроскопии структуры титана VT1-0, разрушенного при многоциклового усталости после электронно-пучковой обработки**

К.А. Осинцев<sup>1</sup>, И.А. Комиссарова<sup>1</sup>, С.В. Коновалов<sup>2</sup>, Ю.Ф. Иванов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Сибирский государственный индустриальный университет, 654007, Новокузнецк, Россия

*kirilloss@yandex.ru*

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Самара, Россия

<sup>3</sup>Институт сильноточной электроники СО РАН, 634055, Томск, Россия

В данной работе было проведено исследование методами атомно-силовой и оптической микроскопии образца титана VT1-0, подвергнутого разрушению при многоциклового усталости и предварительно обработанного электронным пучком. Проведен анализ использования данных методов при изучении структуры материала.

## **AFM investigation of titanium VT1-0 structure destroyed during multicyclic fatigue after electron-beam treatment**

K.A. Osintsev<sup>1</sup>, I.A. Komissarova<sup>1</sup>, S.V. Konovalov<sup>2</sup>, Yu.F. Ivanov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Siberian State Industrial University, 654007, Novokuznetsk, Russia

*kirilloss@yandex.ru*

<sup>2</sup>Samara National Research University, 443086, Samara, Russia

<sup>3</sup>Institute of High Current Electronics SB RAS, 634055, Tomsk, Russia

In this paper, a study was conducted by atomic force and optical microscopy of titanium VT1-0 sample subjected to degradation at high cycle fatigue and pre-treated by the electron beam. The analysis of the use of these methods in the study of the structure of the material was performed.

Стремительно развивающиеся технологии упрочнения материалов внешними энергетическими воздействиями требуют современного подхода к выбору метода исследования их влияния на материалы [1].

Зарекомендовавшим и относительно недорогим методом в данной области материаловедения, является оптическая микроскопия. Её возможности достаточны для определения таких характеристик материалов, как средний размер зерна, скалярная плотность дислокаций и др. В противовес оптической микроскопии, имеющей давнюю историю, в данном исследовании выступает метод атомно-силовой микроскопии (АСМ), появившийся в современной науке как самостоятельный метод лишь с 1982 г. Таким образом, целью данной работы является сравнение оптической и атомно-силовой микроскопии, на примере изучения структуры титана VT1-0, подвергнутого обработке высокоинтенсивным импульсным потоком пучков электронов и разрушенного при многоциклового усталости.

Изучение поверхности материала проводилось при помощи методов АСМ с применением контактного метода в режиме «постоянной силы» [2], (прибор Solver Next, изготовленный ЗАО «Нанотехнология-МДТ») и оптической микроскопии (OLYMPUS GX51) при различном увеличении.

Для исследования структуры титана VT1-0, разрушенного после электронно-пучковой обработки (ЭПО), был выбран участок образца, находящийся в зоне термического влияния пучков электронов на материал. Для наглядности сравнения методов АСМ и оптической микроскопии, изображения были составлены панорамно (Рис. 1).

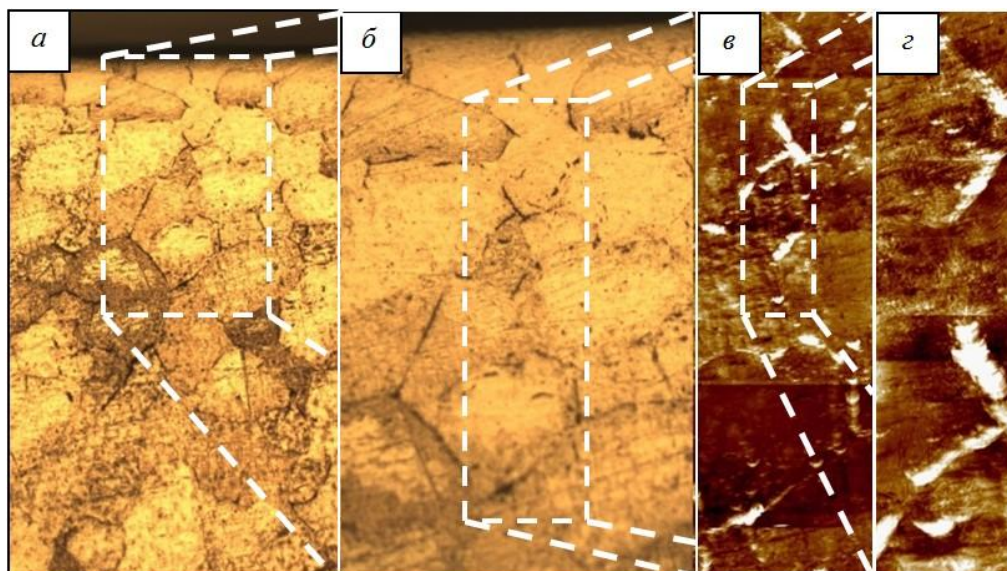


Рисунок 1. Изображение участка поверхности технически чистого титана ВТ1-0 после воздействия электронным пучком (а, б – оптическая микроскопия, увеличение в 100 и 200 раз, соответственно; в, г – панорама изображений атомно-силовой микроскопии со стороны 100 и 30 мкм, соответственно)

Представленные на Рисунке 1 (а, б) микроскопические изображения демонстрируют, что структура титана ВТ1-0, разрушенного после электронно-пучковой обработки, является мелкозернистой и равноосной. Дальнейшее углубление в структуру с помощью АСМ, позволяет рассмотреть отдельные границы зерен (Рис. 2).

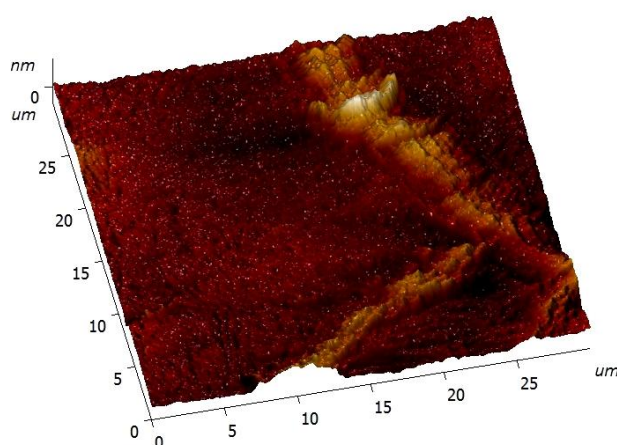


Рисунок 2. Изображение границ зерен технически чистого титана ВТ1-0 после воздействия электронным пучком (АСМ, 30×30 мкм)

Таким образом, применение оптической микроскопии в сочетании с атомно-силовой микроскопией, позволяет получать дополнительную информацию об отдельных структурных элементах исследуемого объекта. Изучение возможностей АСМ применительно к исследованию локальных свойств объектов материаловедения будет следующим этапом в работе авторов.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного задания (номер заявки 3.1283.2017/ПЧ) и гранта РФФИ (проект № 16-43-700659-р\_сибирь\_a).

1. А.П. Ласковнев, Ю.Ф. Иванов, Е.А. Петрикова и др., *Модификация структуры и свойств эвтектического силумина электронно-ионно-плазменной обработкой*, (Белорусская наука), 287 (2013).
2. В.Л. Миронов, *Основы сканирующей зондовой микроскопии*, (РАН, Институт физики микроструктур), 110 (2004)