

# СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОКРЫТИЙ СИСТЕМЫ ТИТАН-ТАНТАЛ-ЦИРКОНИЙ СФОРМИРОВАННЫХ НА ПЛАСТИНАХ ТЕХНИЧЕСКИ ЧИСТОГО ТИТАНА VT1-0

*Самойленко В.В., Комаров П.Н., Фомина К.А.*

*Руководитель – профессор, д.т.н. Батаев В.А.*

НГТУ, г. Новосибирск, [samoilenko.vitaliy@mail.ru](mailto:samoilenko.vitaliy@mail.ru)

В последнее время титан получил широкое распространение в химической и ядерной промышленности в качестве основного компонента жаропрочных и коррозионностойких сплавов. Титан, как материал конструкционного назначения, обладает хорошим соотношением прочностных свойств и коррозионной стойкости. Однако для увеличения ресурса работы элементов конструкций в особо агрессивных средах необходимо создавать сплавы на основе титана с высоким содержанием тантала и циркония.

В работе проводились исследования структуры и механических свойств покрытий системы Ti-Ta-Zr, сформированных методом вневакуумной электронно-лучевой обработки. Наплавка слоев осуществлялась на промышленном ускорителе электронов ЭЛВ-6 в Институте ядерной физики им. Будкера СО РАН.

Перед обработкой на поверхность титановой основы размером 100x50x10 мм наносилась смесь порошков Ta, Zr и флюса. Весовая доля порошков в исходной насыпке указана в таблице 1. Затем сформированная заготовка поступательно перемещалась относительно электронного пучка со скоростью 10мм/с. В результате высокоэнергетического воздействия электронов на поверхности металлической основы формировалось покрытие толщиной 2 мм.

Таблица 1 - Состав порошковой смеси и режимы обработки

№ образца	Ток пучка, мА	Весовая доля порошков в исходной насыпке, %			
		Ta	Zr	CaF <sub>2</sub>	LiF
1	23	45	25	22,5	7,5
2	23	55	20	18,75	6,25
3	23	60	20	15	5
4	23	65	20	11,25	3,75
5	23	70	20	7,5	2,5

Микроструктура наплавленных слоев имеет дендритное строение (рис. 1а). Преимущественная ориентировка дендритов совпадает с направлением теплоотвода: от поверхности вглубь покрытия. При больших увеличениях в покрытиях наблюдается пластинчатая тонкодисперсная структура (рис. 1 б). Пакеты пластин пересекают друг друга, образуя переплетения “корзинчатого” типа.

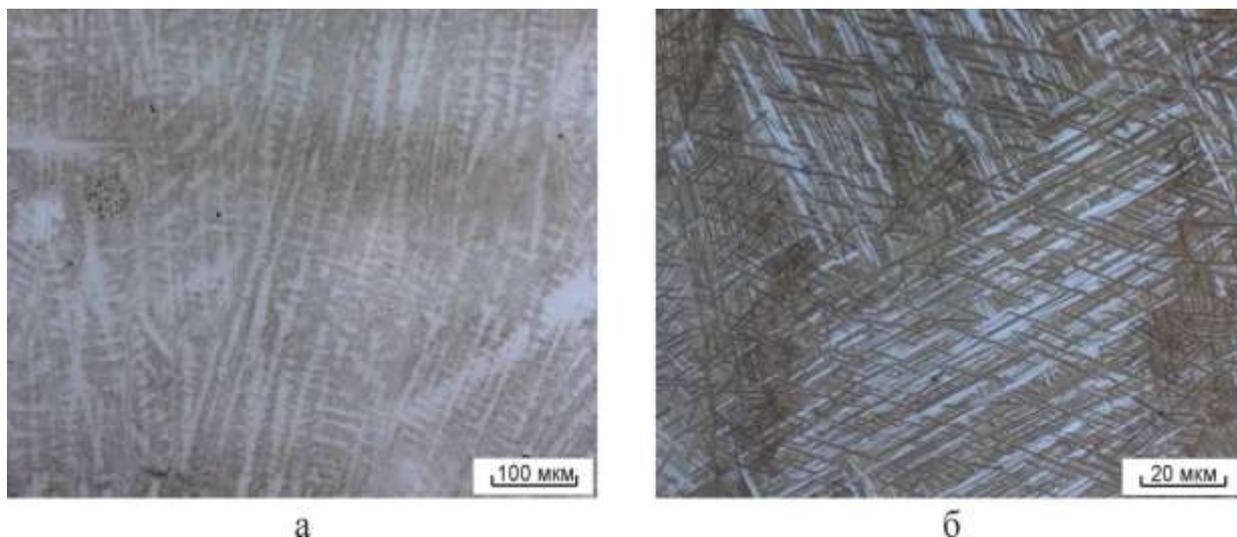


Рисунок 1 – Структура покрытия: а – дендритное строение; б – пластинчатое строение

Для оценки уровня прочностных характеристик сформированных материалов в работе проводились дюрометрические исследования и испытания на изгиб. Было установлено, что микротвердость наплавленных слоев составляет 4000-4500 МПа и не изменяется по сечению образца. При переходе в основной металл происходит падение уровня твердости до 1700 МПа. Указанное значение соответствует микротвердости титана ВТ1-0.

Испытания на ударный изгиб проводились на копре MetroCom. Ударная вязкость оценивалась на образцах с V-образным концентратором, расположенным перпендикулярно наплавленному слою. Свойства образцов с наплавленными покрытиями сравнивались со свойствами титан ВТ1-0. Максимальный уровень ударной вязкости (185 Дж/см<sup>2</sup>) был зафиксирован у технически чистого титана. Ударная вязкость титана, поверхностно легированного танталом и цирконием, составляет 135-145 Дж/см<sup>2</sup>.

Данные фрактографического анализа свидетельствуют о вязком разрушении образцов. Поверхность излома материала, разрушенного в процессе динамического нагружения, характеризуется формированием чашечного рельефа (рис. 2 а). Разрушение наплавленных слоев проходило преимущественно по телу зерна. Кроме того были зафиксированы участки, в которых разрушение имело межкристаллитный характер (рис. 2 б).

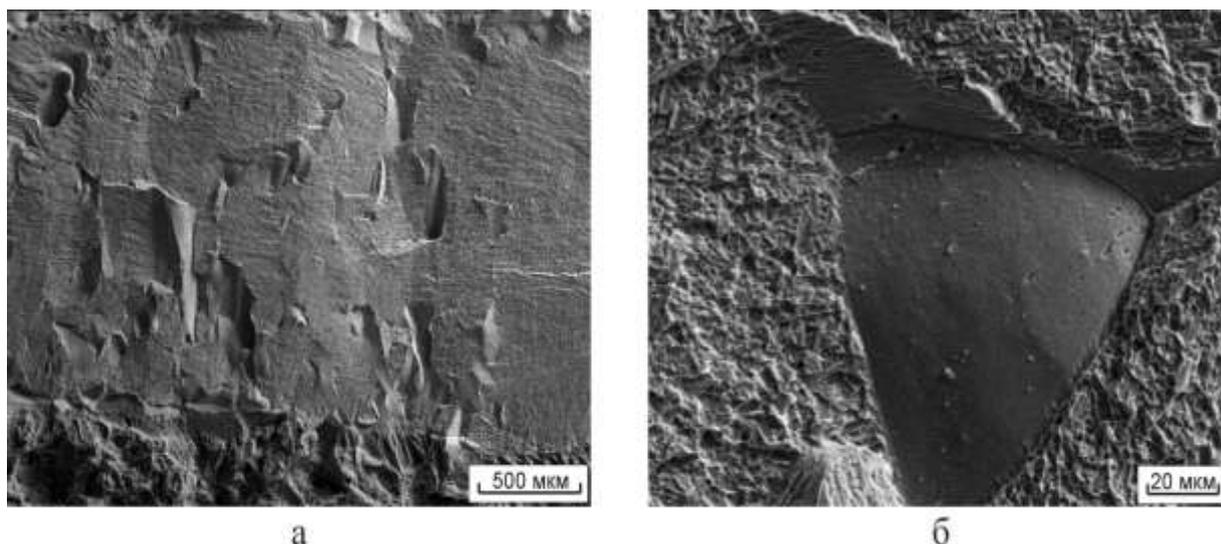


Рисунок 2 – Поверхность разрушения покрытий: а – транскристаллитный излом; б – межкристаллитный излом

На основании результатов проведенных исследований можно сделать вывод, что вневакуумная электронно-лучевая наплавка является высокопроизводительным методом создания покрытий системы Ti-Ta-Zr толщиной 2 мм на пластинах из технически чистого титана VT1-0. В покрытиях отсутствуют микротрещины, поры и нерастворенные частицы. Микротвердость покрытий составляет 4000-4500 МПа. Формирование слоев, легированных танталом и цирконием на поверхности титановых заготовок, приводит к снижению их ударной вязкости на 25...30 % и находится на уровне с 135...145 Дж/см<sup>2</sup>.