

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ СПЛАВА VT10 ПОСЛЕ ЕГО ОБРАБОТКИ
ИОНАМИ МЕДИ**

А.В. Никоненко, М.П. Калашников, В.П. Сергеев

Научный руководитель: доцент, к.ф.-м.н. М.В. Федорищева

Национальный исследовательский Томский государственный университет,

Россия, г. Томск, Ленина, 36, 634050

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,

Россия, г.Томск, Академический 2/4, 634055

fed_mv@mail.ru

**THE STRUCTURE AND PHASE COMPOSITION OF THE SURFACE LAYER OF SAMPLES UNDER
PROCESSING OF TITANIUM ALLOYS BY COPPER IONS**

A.V. Nikonenko., M.P. Kalashnikov, V.P. Sergeev

Scientific Supervisor: Ass. Prof., Dr. M.V. Fedorischeva

National Research Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str. 36, 634050

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

Institute of Strength Physics and Materials Science, SB RAS, Russia, Tomsk, av. Academicheskii, 2/4, 634055

fed_mv@mail.ru

***Abstract.** Phase composition, structure and morphology of the surface of the VT10 titanium alloy modified by copper ions were investigated by X-ray, SEM and TEM. It was established that the phase structure and morphology of the surface layers of the VT1-0 alloys depend on time of treatment.*

Титан по своим физико-механическим свойствам и технологичности превосходит большинство современных конструкционных материалов, включая самые распространенные: сталь и алюминий. Он характеризуется высокой температурой плавления и удельным электросопротивлением, прочностью, сравнимой с большинством марок легированных сталей, коррозионной стойкостью в воздухе, воде и химически агрессивных средах и многими другими полезными свойствами.

Перспективным направлением повышения эксплуатационных свойств конструкционных материалов является ионно-пучковая модификация [1]. С помощью обработки сильноточными потоками тяжелых ионов низкой энергии можно эффективно модифицировать поверхностный слой, изменять его структурно-фазовое состояние [2]. При этом могут улучшаться триботехнические, механические свойства, в том числе, усталостные характеристики конструкционных материалов [2].

Обработку образцов титана проводили с помощью вакуумно-дугового источника ионов металлов с энергией 0,5...2,5 keV и плотностью тока 2...20 mA/cm² на вакуумной установке УВН-05МД «Квант». Образец помещался в камеру на предметный стол напротив ионного источника для ионной бомбардировки. Температура образцов в процессе ионной бомбардировки поднималась до 900-1000К.

Фазовый состав поверхностного слоя модифицированных подложек исследовали методом рентгеноструктурного анализа (РСА) на дифрактометре ДРОН-7 (Буревестник, Россия) в Co-K_α и методом электронной микроскопии. Для расшифровки рентгенограмм использовали банк данных JCPDS.

Целью работы было исследовать влияние длительности процесса предварительной обработки ионами меди на микроструктуру и фазовый состав поверхностного слоя сплава ВТ1-0.

Методом рентгеноструктурного анализа показано, что сплав ВТ1-0 в исходном состоянии представляет собой α -фазу как видно из рис. 1. Установлено, что в зависимости от времени обработки ионами меди титанового сплава может существенно изменяться структурно-фазовое состояние поверхности титана. По равновесной диаграмме состояния в системе Cu-Ti возможно существование следующих фаз: TiCu , Ti_2Cu_3 , Cu_4Ti_3 , Cu_2Ti и Cu_3Ti [3].

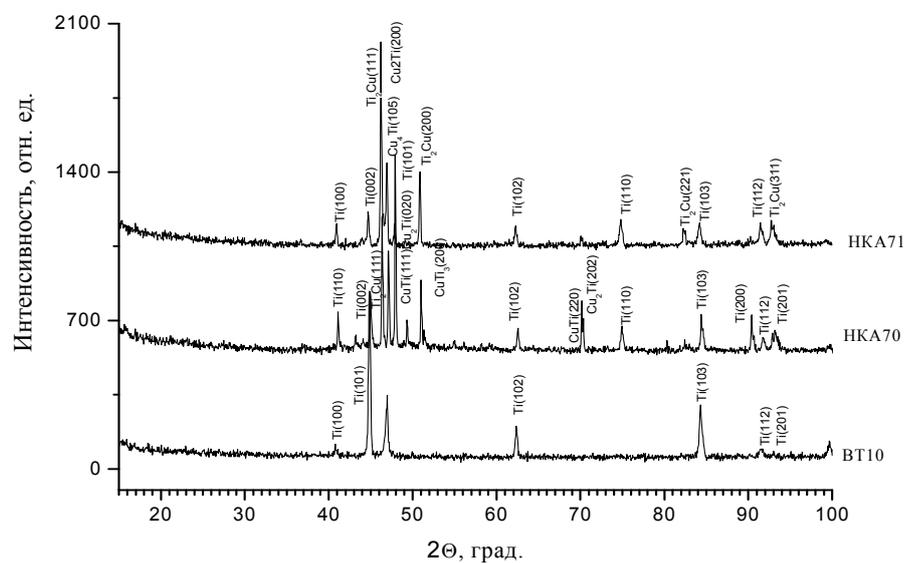


Рис.1. Рентгенограммы сплава ВТ10 при обработке ионами меди при разной продолжительности обработки

На рис.1. приведены рентгенограммы сплава ВТ1-0 при разном времени обработки. Видно, что фазовый состав образцов существенно меняется. При обработке ионами меди, кроме α титана появляются интерметаллидные фазы диаграммы состояния Cu-Ti , которые, как известно, имеют более высокие механические свойства, чем α -Ti и β -Ti. Видно, что сначала появляются фазы, обогащенные Ti, такие как CuTi_3 с тетрагональной решеткой $P4/mmm$ с параметрами $a=4,258$, $c=3,594$ Å, затем с увеличением продолжительности обработки появляются фазы обогащенные медью, такие как Cu_2Ti с орторомбической решеткой $Amm2$ с параметрами $a = 4,363$, $b = 7,977$, $c=4,478$ Å.

Тонкую структуру ионно-модифицированного слоя титановых сплавов исследовали методом электронной микроскопии. На рис.2 приведено поперечное сечение титанового сплава ВТ10 модифицированного ионами меди. Как установлено методом ПЭМ с использование методики темнопольного изображения, поперечное сечение модифицированного образца сильно неоднородно. Условно его можно разделить на несколько зон: материал титанового сплава ВТ10 практически в

исходном состоянии (< 4 мкм, рис.1,а). Далее идет переходная зона, имеющая в своем составе такие фазы как CuTi , Cu_4Ti_3 , которые располагаются в матрице $\alpha\text{-Ti}$, имеющего дендритную структуру (рис.1,в). Интересно отметить, на участках фазы Cu_4Ti_3 располагаются включения фазы CuTi (рис.1,г).

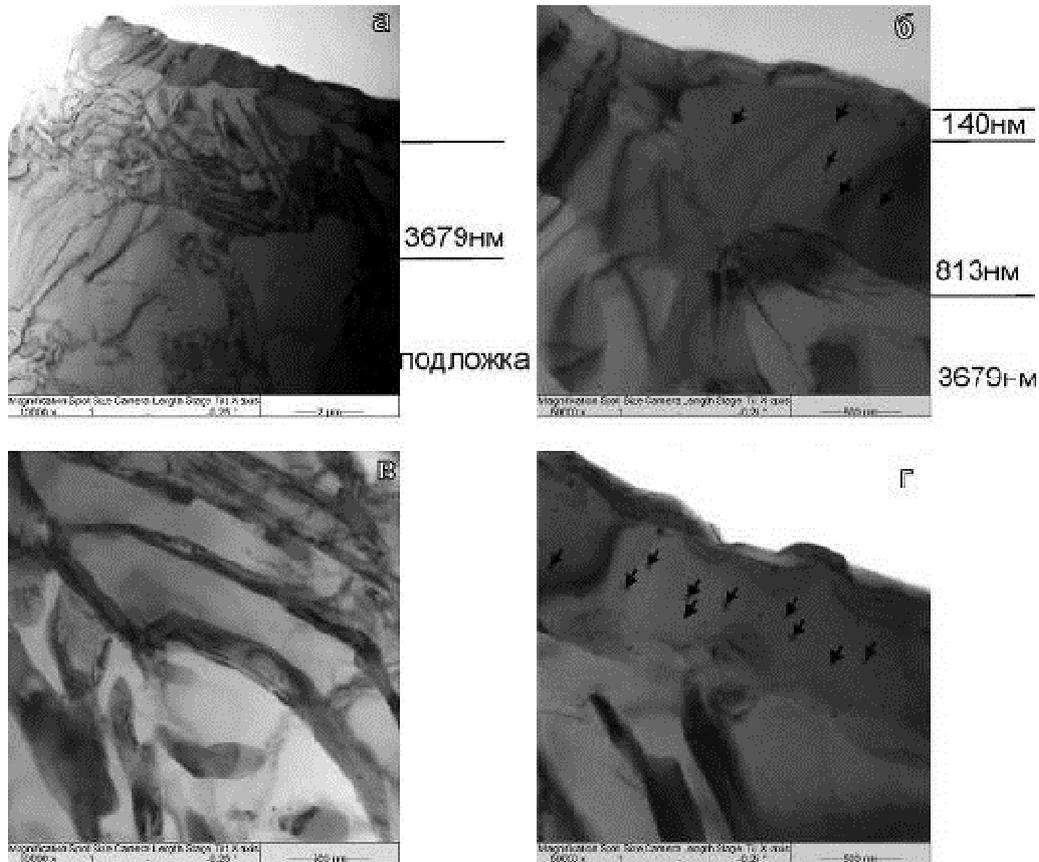


Рис.2. Электронно-микроскопическое изображение модифицированной ионами меди поверхности титана BT10 (7,5 мин): а- общий вид поперечного сечения модифицированной поверхности, б-поперечное сечение, цифрами обозначены слои с разной структурой; в-дендритная структура промежуточного слоя, г- тонкая структура модифицированного слоя, черными стрелками обозначены фазы второго уровня

Таким образом, обработка поверхности титанового сплава BT23 ионами меди приводит к изменению фазового состава, морфологии поверхности, к существенному увеличению микротвердости.

Работа выполнена в рамках основной научной программы исследований академии наук за 2013-2020 годы и в рамках государственного задания Минобрнауки России №3.295.2014/к и при финансовой поддержке РФФИ № 16-48-700198

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сергеев В.П., Федорищева М.В., Сергеев О.В., Сунгатулин А.Р., Панин В.Е. // Изв. ВУЗов. Физика. - 2012.-55.- № 6/2.- С.139 – 146.
2. Sergeev V.P., Fedorischeva M.V., Neufeld V.V., Kalashnikov M.P. // Advanced Materials Research.- 2014. - 880. - С. 184-189.
3. Диаграммы состояния двойных металлических систем: Справочник в 3 томах. Т. 2 / Под общ. ред.Лякишева Н.П. М.: Машиностроение, 1997. - 1024 с.