МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Национальный исследовательский Томский государственный университет
Томский государственный архитектурно-строительный университет
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК

Сборник научных трудов
XII Международной конференция студентов и молодых ученых

21–24 апреля 2015 г.

PROSPECTS OF FUNDAMENTAL SCIENCES DEVELOPMENT

XII International Conference of students and young scientists

21–24 April, 2015

Томск 2015

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Ti-Nb, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРОННОГО ЛУЧА

Г.В. Хомякова, А.М. Майрамбекова, И.А. Глухов
Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. Ю.П. Шаркеев
Национальный Исследовательский Томский Государственный Университет,
Россия, г.Томск, пр. Ленина, 36, 634050
Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,
Россия, г.Томск, пр. Академический, 2/4, 634021
E-mail: homyakova.galina.17@yandex.ru

STUDY OF ALLOYS OF THE Ti-Nb SYSTEM OBTAINED BY HIGH-ENERGY ELECTRON BEAM POWDER METALLURGY

G.V. Khomyakova, A.M. Mairambekova, I.A. Gluhov
Scientific Supervisor: Prof., Dr Yu.P. Sharkeev
Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenina ave., 36, 634050
Institute of strength physics and materials science SB RAS, Russia, Tomsk, Akademicheskii pr., 2/4, 634021
E-mail: homyakova.galina.17@yandex.ru

The present paper is devoted to the study of the Ti-Nb system alloys obtained by high-energy electron beam powder metallurgy. It was shown that the method allows to obtain the Ti-Nb alloys of different elemental composition on the Ti substrate. It was studied the dependence of mechanical properties on the alloy elemental compositions.

Сплавы системы Ti-Nb определенного состава имеют достаточно низкий модуль упругости, сопоставимый с модулем упругости костной ткани, поэтому такие сплавы являются перспективными материалами для биомедицинских приложений [1]. В то же время получение данных сплавов с однородной структурой является достаточно сложной задачей ввиду того, что ниобий является тугоплавким элементом и компоненты сплава имеют существенное различие в температурах плавления [2]. Цель работы состояла в применении метода порошковой металлургии, используя высокоэнергетический электронный пучок, обладающий высокой проникающей способностью, для получения сплавов системы Ti-Nb на титановой подложке.

В качестве объекта исследований были выбраны образцы в виде наплавок системы Ti-Nb различного элементного состава. Для получения наплавки сплава Ti-Nb использовали титановые подложки из сплава марки ВТ1-0 размерами 50x50x10 мм^3 или 50x100x10 мм^3. В качестве источника энергии был применен выпущенный в атмосферу электронный пучок с энергией электронов 1,4 МэВ [2]. Выделяемая энергия была достаточна для быстрого нагрева поверхностного слоя до температуры плавления. Поскольку диаметр электронного пучка (~ 1 см) значительно меньше размеров подложки использовали сканирование пучком в пределах подложки (с амплитудой 2,5 см и частотой 50Гц) при ее одновременном перемещении в перпендикулярном направлении со скоростью 1 мм/с. В качестве наплавочного материала использова-

ли смесь порошков Nb и Ti, а в качестве флюса – смесь фтористых солей CaF_2 и LiF. Составы шихты (Таблица 1) изменялись для получения различной концентрации Nb в сплаве и для определения рационального соотношения порошков сплава к флюсам. Помимо этого в образце 4 в шихте отсутствовал порошок титана, что было сделано для исследования возможности получения сплава в таком режиме.

Металлографические исследования проводили на поперечных шлифах на оптическом микроскопе Altami MET – 1 MT. Элементный состав определялся с поверхности образцов со стороны наплавки с помощью рентгенофлуоресцентного анализатора Niton XL3t серии 900. Измерение микротвердости по методу Виккерса проводили на поперечных шлифах на микротвердомере ПМТ – 3 М при нагрузке на индентор 0,1 Н по 3-м параллельным линиям, начинающихся от поверхности образца со стороны наплавки и заканчивающихся на противоположной поверхности подложки. Расстоянием между двумя соседними отпечатками составляло 0,5 мм.

Результаты анализа элементного состава полученных наплавок представлены в таблице 1.

Таблица 1

Соотношение порошков в насыпке и элементный состав полученных сплавов

Номер образца	Содержание исходных порошков в шихте, мас.%				Содержание элементов в наплавке, мас.%	
	Ti	Nb	CaF_2	LiF	Ti	Nb
1	25	35	30	10	78,79 ± 0,38	20,79 ± 0,22
2	30	20	34	16	74,14 ± 0,44	25,66 ± 0,30
3	38	12	34	16	79,16 ± 0,4	20,35 ± 0,23
4	–	50	33	17	68,25 ± 0,5	31,51 ± 0,42
5	17	50	22	11	73,26 ± 0,4	26,41 ± 0,32

Помимо титана и ниобия содержание других элементов (Fe, N, O, Ta, Hf) было незначительно. Из таблицы 1 видно, что элементный состав получаемых сплавов можно изменять, варьируя соотношение компонентов шихты.

Необходимо отметить, что наилучшая поверхность была у образца 1, где шлак легко удалялся и трещин на поверхности образца не образовывалось. Это связано с составом шихты. Следовательно, для получения сплавов целесообразно использовать соотношение порошков сплава к порошкам флюса 3 к 2, как и в случае образца 1. Образец 4, не содержащий смачивающую компоненту (порошок Ti), также имел хорошую поверхность наплавки. Таким образом, наплавки в виде сплава Ti-Nb можно получить, используя только порошок ниобия совместно с флюсами в шихте.

На рис. 1. представлены оптические изображения поперечных сечений образцов.

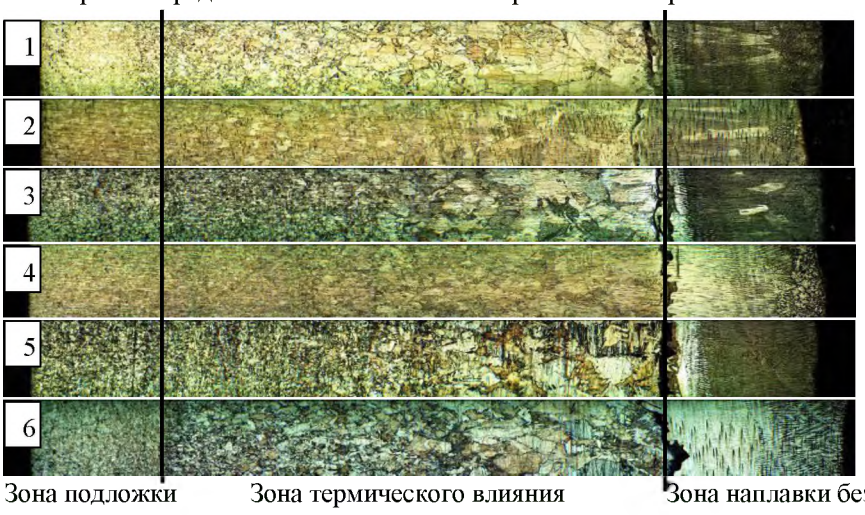

Рис. 1. Структура образцов в поперечном сечении. Номера образцов показы в левой части рисунка. Границы образовавшихся зон выделены линиями

На всех образцах можно выделить три зоны. Первая зона – это сплав титан-ниобий. Вторая зона –зона подложки с измененной структурой вследствие термического воздействия в процессе наплавки. Далее расположена зона подложки без структурных изменений. Видно, что для одной наплавки толщины зоны наплавки, зоны термического влияния и зоны подложки без структурных изменений остаются примерно равными независимо от состава шихты.

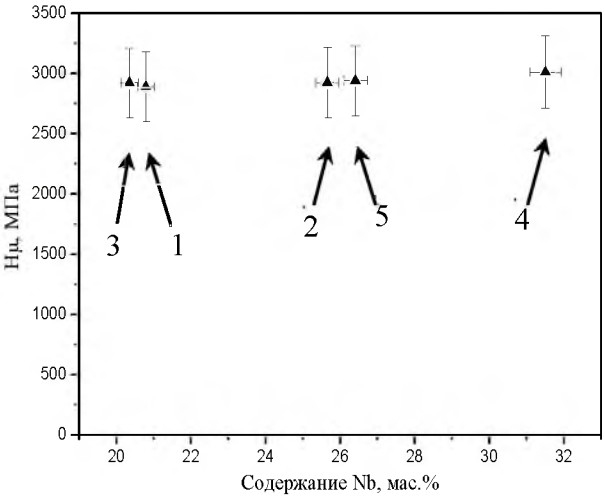

Рис. 2. Средняя микротвердость в зоне наплавки в зависимости от концентрации Nb. Показаны номера образцов согласно таблице 1

Величина микротвердости в зоне наплавки для всех образцов практически не меняется по всей ее толщине. Разброс значений микротвердости составлял не более 10 %, что согласуется с результатами, представленными в [3]. Среднее значение микротвердости в зоне наплавки в зависимости от концентрации ниобия приведено на рис. 2. Видно, что независимо от соотношения титана к ниобию в полученных сплавах и соотношения порошков, образующих сплав (Ti и Nb), к порошкам флюса в шихте микротвердость образцов в исследованном интервале концентрации ниобия (от 20 до 32 мас.% Nb) имеет одинаковое значение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Метод высокоэнергетической электронно-лучевой порошковой металлургии позволяет получать сплавы системы Ti-Nb с варьируемым элементным составом в виде наплавки на титановой подложке. Оптимальным соотношение порошков титана и ниобия и флюса в шихте является 3 : 2, что обеспечивает хорошее качество наплавки. Толщина зоны наплавки не зависит от состава шихты. Микротвердость в зоне наплавки составляет 3000 ± 300 МПа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Niinomi M., Nakai M., Hieda J. Development of new metallic alloys for biomedical application // Acta Biomaterialia. – 2012. – №8. – P. 3888-3903.
2. Golkovski M. G., Bataev I. A., Bataev A. A., Ruktuev A. A., Zhuravina T. V., Kuksanov N. K., Salimov R. A., Bataev V. A. Atmosferic electron-beam surface alloying of titanium with tantalum. // Material Science and Engineering A. – 2013. – P. 310-317.
3. Глухов И. А., Майрамбекова А. М. Получение биоинертных сплавов системы титан-ниобий методом порошковой металлургии с применением пучка, обладающего высокой проникающей способностью // Современные биоинженерные и ядерно-физические технологии в медицине: сборник материалов Всероссийской молодежной научной конференции. – М.: Прондо, 2014.–. с.379-383.