

REFERENCES

1. Ivanova S.V., Glagovskiy A.M. and etc. The surface modification of zirconium components of thermal neutrons nuclear reactors FA for increasing of exploitation properties// Physics and chemistry of materials processing. – 2009. – №3. – P. 5-7.
2. Sain A., Samajdar I. etc. Resistance to hydride formation in zirconium: An emerging possibility // Acta Materialia. – 2006. – V.54. – P. 4665-4675.
3. Zalogina A.S. Changes of structure and properties of zirconium alloy treated by pulsed electron beam // Theses of reports: X International Conference of students and young scientists “Prospect of fundamental sciences development”, April 23-26, 2013. Tomsk, 2013. – P. 68-70.
4. Guang Q.F., Yang P.L. Nanocrystalline and amorphous surface structure of 0.45%C steel produced by high current pulsed electron beam // Mater SCI. – 2006. – V. 41. – P. 479-483.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ СОСТОЯНИЯ СПЛАВА TiNi С ПОКРЫТИЕМ ИЗ Ta

М.А.Захарова, Е.Ю. Гудимова, Л.Л. Мейснер

Научный руководитель: ассистент, к.ф.-м.н М.Г.Остапенко

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: maz1@tpu.ru

THE EFFECT OF ELECTRON BEAMS ON THE STRUCTURE-PHASE STATE OF NITI WITH TANTALUM COATING

M.A.Zakharova, E.Yu.Gudimova, L.L.Meisner

Scientific Supervisor: assistant, PhD M.G.Ostapenko

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

E-mail: : maz1@tpu.ru

After the electron beam processing on the alloy TiNi with tantalum coating it was developed, that the amount of β -Ta phase increases in modified layer; the phase state changes with the appearance of B19' martensite phase.

Никелид титана как конструкционный материал широко применяется в современной имплантологии, что делает его объектом множества исследований, направленных на улучшение биосовместимости сплава. В частности, одной из проблем, возникающих при контакте имплантов с биосредой, может быть выход ионов никеля, провоцирующих повышение вероятности возникновения злокачественных новообразований. Наиболее привлекательным для решения такой задачи представляется метод магнетронного нанесения покрытий, использование которого в комплексе с электронно-пучковыми поверхностными обработками обеспечивает формирование однородных покрытий с заданными химическим составом и толщиной [1]. Известно, что тантал, обладающий высокими показателями биосовместимости и рентгеноконтрастности, необходимой при проведении эндоскопических операций,

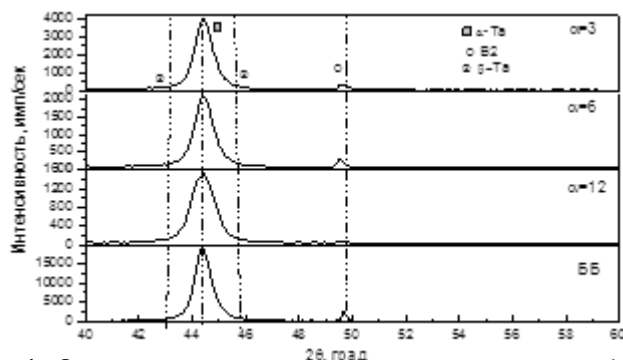


Рис.1. Фрагменты рентгенограмм, полученных на исходном образце с покрытием. Симметричная (ББ) и асимметричные ($\alpha=3,6,12^\circ$) схемы съемок, CoK_α -излучение.

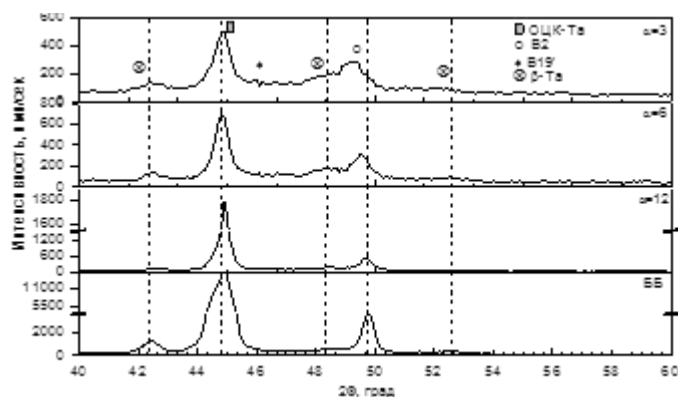


Рис.2. Фрагменты рентгенограмм, полученных на образце $(400\text{Ta}/\text{TiNi})^{\text{e15}}$. Симметричная (ББ) и асимметричные ($\alpha=3,6,12^\circ$) схемы съемок, CoK_α -излучение.

является одним из наиболее перспективных материалов в области медицины [2]. Как показали исследования, покрытия из тантала не нарушают морфологию поверхности и обладают высокой адгезионной прочностью [1, 3]. При нанесении покрытий из тантала возможно образование двух фаз α - и/или β -Ta, которые имеют объемно-центрированную кубическую (ОЦК) и тетрагональную кристаллическую решетку, соответственно. Наличие в покрытиях из тантала α -Ta и/или β -Ta фазы может оказать влияние на их физико-механические свойства [4].

Целью данной работы являются исследование влияния электронно-пучковой обработки на структурно-фазовые состояния никелида титана с покрытием из тантала.

В качестве подложки был использован сплав $\text{Ti}_{49,5}\text{Ni}_{50,5}$.

Магнетронное осаждение проводилось в ИФПМ СО РАН в условиях высокого вакуума ($\sim 10^{-4}$ Па). Толщина покрытий из Ta составила ~ 400 нм. (далее образцы обозначались $400\text{Ta}/\text{TiNi}$). Импульсная электронно-пучковая обработка поверхности образцов никелида титана с покрытиями из тантала проводилась в Институте сильноточной электроники СО РАН с использованием источника сильноточных электронных пучков низких энергий с плотностью энергии пучка электронов $E=15$ Дж/см² (далее образцы обозначались $(400\text{Ta}/\text{TiNi})^{\text{e15}}$). Исследование параметров структуры проводили методами рентгеноструктурного анализа (РСА) на дифрактометре ДРОН-7 (ЦКП «НАНОТЕХ» ИФПМ СО РАН, г. Томск) с использованием симметричной и асимметричной схем съемок [5] на Co-K_α излучении.

Рентгеноструктурные исследования образцов $400\text{Ta}/\text{TiNi}$ сразу после осаждения показали (рис. 1), что на рентгеновских дифракционных картинах, полученных при симметричных и асимметричных съемках с углами скольжения первичного рентгеновского пучка $\alpha=3, 6, 12$ градусов, присутствуют фаза B2 материала подложки (TiNi), α -Ta и β -Ta фазы покрытия, причем рефлексы фазы α -Ta обладают значительно большей интенсивностью, чем рефлексы β -Ta фазы.

Для облученного образца $400\text{Ta}/\text{TiNi}^{\text{e15}}$ анализ рентгенограмм, снятых с использованием симметричных схем съемок с максимальной толщиной анализируемого слоя, выявил в образце помимо фаз B2, α -Ta и β -Ta наличие низкотемпературной фазы B19'. При этом интенсивность рефлексов фазы α -Ta уменьшается по сравнению интенсивностью рефлексов данной фазы на рентгенограмме, полученной

на исходном образце 400Ta/TiNi. Анализ рентгенограмм, полученных при использовании ассиметричных схем съемок, показал, что в приповерхностных слоях, претерпевших модификацию электронным пучком, отсутствуют рефлексы мартенситной фазы В19'. Это свидетельствует о том, что слой, содержащий фазу В19', находится на некоторой глубине от поверхности образца. Также установлено увеличение интенсивности рефлексов фазы β -Ta по мере уменьшения угла скольжения пучка, что говорит о преобладании этой фазы в приповерхностных слоях образца (400Ta/TiNi)^{e15}.

На рисунке 3 показан характер изменения фазового состава образцов в зависимости от обработок и геометрии рентгеновских съемок. Как видно из рисунка 3а, до обработки в покрытии преобладала фаза α -Ta, объемная доля которой при $\alpha=3^\circ$ составила 90 об.%. Однако при изменении угла скольжения до 12° и, как следствие, увеличении глубины анализируемого слоя относительно поверхности, было зафиксировано уменьшение количества данной фазы. После электронно-пучковой обработки (рис 3б), помимо возникновения мартенситной фазы В19', наблюдается также изменение соотношения фаз α - и β -Ta. В поверхностных слоях образца (400Ta/TiNi)^{e15} зафиксировано увеличение объемной доли фазы β -Ta до 52 об.% с одновременным уменьшением количества фазы α -Ta до 34 об.%.

Таким образом, модификация поверхности никелида титана с покрытием из тантала электронным пучком приводит к образованию низкотемпературной фазы В19' и увеличению объемной доли фазы β -Ta в приповерхностных слоях образца.

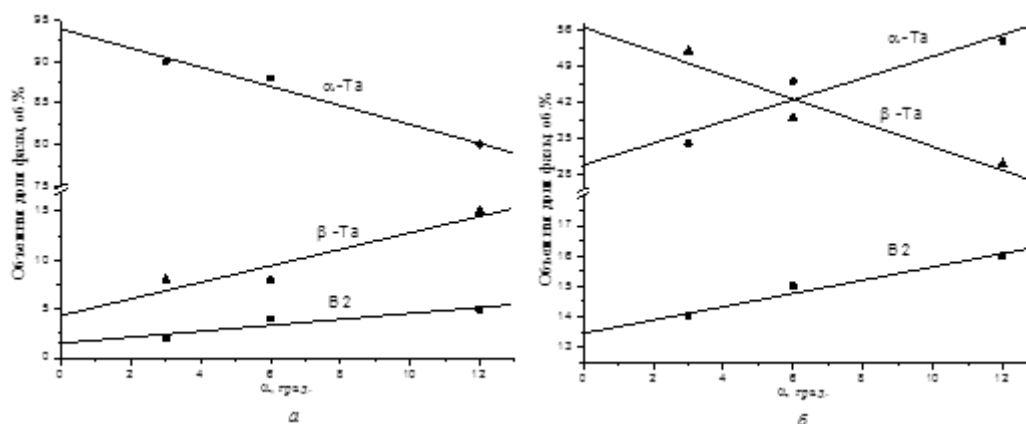


Рис.3. Зависимость объемной доли фазы от угла скольжения α для исходного образца с покрытием (а) и образца, модифицированного электронным пучком (б)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cheng Y., Cai W., Li H. T., Zheng Y. F. Surface modification of NiTi alloy with tantalum to improve its biocompatibility and radiopacity // J Mater Sci – 2006 – V. 41. – P. 4961–4964.
2. Zardiackas L.D., Kraay M.J., Freese H.L. Titanium, Niobium, Zirconium, and Tantalum for Medical and Surgical Applications. – ASTM, 2005. – 265 p.
3. Мейснер Л.Л., Гудимова Е.Ю., Остапенко М.Г., Лотков А.И. Адгезионная прочность и структурно-фазовые состояния покрытий из тантала и поверхностных слоев никелида титана// Сборник материалов V международной конференции «Деформация и разрушение материалов и наноматериалов». – Москва, 2013. – Т. 1. – С. 472–474.
4. Йоханнон А. Характеристика альфа- и бета- фаз покрытий из тантала. – Диссертация канд. физ.-мат. наук. – Нью-Джерси, 2001. – 107 с.

5. Иванов А. Н., Ягодкин Ю. Д. Рентгеноструктурный анализ поверхностного слоя // Заводская лаборатория. – 2000. – Т. 66. – № 5. С. 24–35.

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПУЧКА УСКОРЕННЫХ ИОНОВ НА ИМПУЛЬСНОМ УСКОРИТЕЛЕ ИДМ-20

О.А. Звягинцев

Научный руководитель: старший научный сотрудник, В.Н. Падалко
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: kudriashkin@inbox.ru

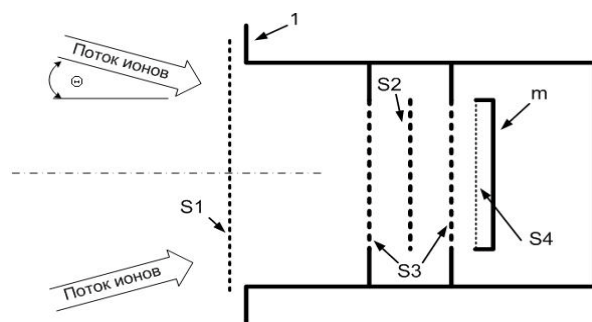
MEASUREMENT OF PARAMETERS OF ACCELERATED ION BEAM WITH THE IMPULSE ACCELERATOR IDM-20

O.A. Zviagintcev

Scientific Supervisor: Senior Researcher, V.N. Padalko
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050
E-mail: kudriashkin@inbox.ru

In present paper the method was developed and energy spectrums of hydrogen ions and helium ions were obtained and analyzed. The contribution of neutral particles in the flux was measured. The result of experiments enables to determine the value of energy spread for specified energy range, measure the upper bound of fraction of fast neutral particles in the accelerated ion flow and find the value of the coefficient of ion-impact emission. The final results will be used in physical calculations in future.

Импульсный сильноточный ускоритель ионов используется для изучения ядерных реакций ${}^2\text{H}(d,n){}^3\text{He}$, ${}^2\text{H}(p,\gamma){}^3\text{He}$ в области низких энергий 4 – 20 кэВ[1]. Изучение состава пучка ионов является трудоемкой, но необходимой составляющей экспериментальных исследований. Как правило, в таких исследованиях пучок частиц падает на металлическую дейтерированную мишень и количество частиц,



1 – вакуумная камера, S1 – S4 – металлические сетки, m – мишень.

Рис.1. - электростатический спектрометр

Рис.1. Электростатический спектрометр
1 – вакуумная камера, S1 ÷ S4 – металлические сетки, m – мишень

проваимодействовавших с мишенью в каждом импульсе ускорителя, определяется интегрированием тока мишени.

В настоящей работе разработана методика и измерены энергетические спектры ионов водорода и гелия. Измерен вклад нейтральных частиц в потоке. Результат проведенных экспериментов позволил: определить величину энергетического разброса для заданного диапазона энергий; измерить верхнюю границу относительного содержания быстрых

нейтральных частиц в потоке ускоренных ионов; получить значение коэффициента ионно-электронной эмиссии.