

УДК 669: 675.043.82: 620.172.2: 620.187

## **ПОЛУЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО НАПЫЛЕНИЯ**

*Новикова Дарья Андреевна,  
Магистр 2 курса,  
кафедра «Материаловедение»*

*Московский государственный технический университет  
им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Р.С. Фахуртдинов,  
кандидат технических наук, доцент кафедры «Материаловедение»*

Функциональные материалы, в том числе с покрытиями, применяются в различных областях современной микроэлектроники, оптики, биомедицины и трибологии, а также химической промышленности. Особое место уделено разработкам в областях медицины, созданию различных эндопротезов, имплантантов, стентов, скоб, фильтров, фиксаторов, требующих особое внимание к процессам биосовместимости [1]. Эксплуатационные требования к материалам могут быть решены с помощью нанесения специальных функциональных покрытий.

Одними из перспективных методов получения покрытий являются вакуумные технологии, в частности, метод магнетронного напыления. Он обладает явным преимуществом в связи с его высокой производительностью и универсальностью, равномерностью нанесения и чистотой получаемых покрытий [2].

Большую роль в качестве получаемых слоев оказывают параметры проведения процесса, такие как: время распыления, дистанция между распыляемой мишенью и подложкой, подводимая мощность. Поэтому необходимо установление закономерностей формирования поверхностных слоев при варьировании параметров процесса, что позволит прогнозировать получаемые результаты.

Далеко не все металлы пригодны для применения в медицинской сфере по ряду причин. Титан и тантал в качестве материалов, формирующих поверхностный слой, обеспечивают прочность, коррозионную стойкость, износостойкость функционального покрытия, а главное – совершенно нейтральны в биологическом отношении [3].

Поэтому целью данной работы являлось получение и исследование поверхностных монослоев титана и тантала на никелиде титана методом магнетронного напыления.

В данном исследовании для отработки параметров магнетронного напыления и определения их влияния на структуру поверхностного слоя использовались

проволочные и пластинчатые образцы из наноструктурированного никелида титана состава 55,91 мас. % Ni – 44,03 мас.% Ti с поверхностным слоем. В качестве материала поверхностного слоя использовали химически чистый титан или тантал (99,6 ат. %).

Функциональные покрытия наносились на установке BYKY Multi tool TORR International — многофункциональной системе высокого вакуума с использованием магнетронного распыления в газовой среде аргона при рабочем и остаточном давлениях  $\sim 0,4$  и  $4 \times 10^{-4}$  Па. При получении поверхностных слоев варьировались следующие параметры процесса:

- мощность напыления ( $I \approx 370 - 1100$  мА;  $U \sim 360 - 700$  В),
- время распыления  $t = 5 - 120$  мин,
- дистанция напыления (расстояние от распыляемой мишени до поверхности подложки)  $100 - 250$  мм.

Морфологию и послойный элементный состав поверхности материалов исследовали на растровом электронном микроскопе (СЭМ) TESCAN VEGA и электронном Оже-спектрометре JAMP-9500F.

Для исследования коррозионной стойкости было решено подобрать и приготовить растворы, кислотность и/или состав которых совпадали бы с кислотностью и составом физиологических жидкостей. Были подобраны соответствующие стандартные буферные растворы, которые были приготовлены из соответствующих фиксаналов фирмы «Merk». Для сравнения использовали 0,0275 М раствор соляной кислоты, что расчетно соответствовало рН раствора 1,56. Также были использованы нейтральный 0,9 масс. % раствор хлорида натрия и искусственная плазма.

Микротвердость определяли с помощью оснащенного оптическим микроскопом прибора WOLPERT GROUP 401/402 – MVD с компьютерным управлением. Испытания проводили по схеме "микро-Виккерс", используя алмазный индентор размером 10 мкм и нагрузки в размере  $100 - 200$  гс.

Статические свойства исследованных образцов определяли на универсальной испытательной механической  $10 -$  тонной машине INSTRON 3382, со скоростью испытаний не более  $2$  мм/мин, с точностью скорости траверсы  $\pm 0,2\%$  от значения величины установленной скорости. Система соответствует всем европейским стандартам. Точность измерения нагрузки:  $\pm 0,5\%$  от измеренного значения и до  $1/100$  максимального значения динамометрического датчика.

Установлен послойный элементный состав, полученных функциональных покрытий из титана и тантала, представляющих собой: «оксидный слой – поверхностный слой – переходный слой– основа». Толщина поверхностного слоя при времени напыления 30 мин, мощности 70% и дистанции напыления 150 мм не превышала 1 мкм.

В ходе отработки параметров магнетронного напыления были установлены следующие закономерности: с увеличением времени, мощности распыления и уменьшением дистанции напыления толщина металлического поверхностного слоя нелинейно возрастает, но с определенного момента наблюдается либо незначительный рост, либо отсутствие изменения переходного и поверхностного слоев. Также с определенного этапа наблюдается больший расход мишени и увеличивается вероятность загрязнения поверхности покрытия.

В процессе исследований было выявлено, что полученные композиты обладают хорошей коррозионной стойкостью в отличие от наноструктурной подложки. Выход никеля из исследованного наноструктурного никелида титана меньше по сравнению с данными приводимыми по никелиду титана микроструктурному в растворе с любой кислотностью, механическая обработка позволяет увеличить его коррозионную стойкость в 2–3 раза. Термическая обработка уменьшает коррозионную стойкость материала, а наноструктурность, возможно, служит причиной наличия в растворе любой кислотности ионов титана.

Также наблюдалось повышение показателей прочности, пластичности и микротвердости на 17-26%, полученных одномерных композиционных материалов на основе наноструктурированного NiTi с поверхностным слоем из Ta или Ti толщиной 1 мкм, по сравнению с микроструктурным никелидом титана.

В дальнейшем в работе планируется использовать полученные закономерности и исследования для создания более сложных покрытий нитридов титана и тантала методом реактивного магнетронного распыления.

Работа выполнена при поддержке РФФИ по проекту № 19-08-00642 А.

### **Литература**

1. Гюнтер, В.Э. Искусственные материалы и проблемы их биосовместимости с тканями организма / В.Э. Гюнтер // Материалы с памятью формы и новые технологии в медицине. –Томск, 2007 – С. 4-12

2. Кузьмичев А.И. Магнетронные распылительные системы. Кн. 1. Введение в физику и технику магнетронного распыления. – Киев: Аверс, 2008. – 244 с.
3. Шишкин А. Металлы и их свойства // Зубной техник 2005 – №3 – С. 16-17