

## Отзыв

официального оппонента Бажина Павла Михайловича  
на диссертационную работу Конушкина Сергея Викторовича  
«Разработка технологии получения композиционного материала «основа Ti-  
Nb-Ta – биodeградируемый полимер»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.16.06 – «Порошковая металлургия и композиционные  
материалы»

На отзыв представлена диссертация общим объемом 195 страниц, включающая введение, 5 глав, общие выводы, библиографический список и содержащая 109 рисунков, 27 таблиц и список использованной литературы из 147 пунктов, и представлен автореферат общим объёмом 24 страницы, включая 8 рисунков, 5 таблиц, общих выводов и список опубликованных работ из 13 наименований.

Работа Конушкина С.В. посвящена актуальной теме, т.к. связана с решением важной научно-практической задачи, заключающейся в создании новых материалов медицинского назначения, обладающего наилучшей биосовместимостью с человеческим организмом и применимого в имплантологии. В качестве основы материала был взят новый титановый сверхэластичный сплав, являющийся биологически инертной и коррозионностойкой альтернативой известному, широко используемого в этой области никелиду титана; изучены технологические режимы его получения и обработки для нанесения функциональной поверхности из полимера с лекарственным наполнением.

Перспективность никелида титана в настоящее время вызывает дискуссии, особенно со стороны материаловедов и медиков, хотя уже несколько десятилетий эффективно используются такие его свойства, как эффект памяти формы, позволяющий создавать интеллектуальные системы, меняющиеся необходимым образом при заданном воздействии (например -

стенты, самораскрывающиеся при температуре человеческого тела и восстанавливающие проходимость сосудов, ЖКТ, дыхательных путей и т.д.) и эластичность, близкая к таковой у живых тканей и позволяющая подстраиваться под их нагрузки. Но за эти же годы была отмечена возрастающая чувствительность населения к никелю (одному из сильнейших аллергенов, содержащегося в сплаве в высокой концентрации), его канцерогенное воздействие, запротоколирован целый спектр заболеваний, вызванных применением никельсодержащих сплавов в медицине.

В связи с этим поставленная диссертантом задача по созданию нового сплава, обладающего эффектом памяти формы и сверхэластичности, не содержащего токсичные элементы, и изучение формирования на его основе нового биосовместимого композиционного материала с модифицированными композиционными поверхностными слоями из биodeградируемого полимера и пролонгировано выделяющегося лекарственного средства, представляется крайне результативной.

Во введении диссертации обосновывается актуальность проблемы, ставится цель и задачи работы, указывается научная новизна, практическая ценность, положения, выносимые на защиту, апробация результатов, личный вклад и количество публикаций по теме диссертации, приведена структура диссертации.

В первой главе приводится аналитический обзор литературы, использованной в диссертационной работе. Рассмотрены материалы для имплантологии, биохимическая и биомеханическая совместимость применяемых медицинских материалов, в частности для производства малоинвазивных эндоскопических имплантатов типа «стент», как то металлы, сплавы и полимеры (в основном в виде покрытий на металлической основе), а также внедряемые в их структуру лекарственные средства (антибиотики гентамицин, линкомицин, цефотаксим). Содержание обзора показывает, что автор разбирается в выбранной сфере исследований и

способен правильно поставить цель и задачи работы и выбрать обоснованные методы их решения.

Во второй главе приводится подробный перечень и описание материалов и методов исследования.

Третья глава посвящена созданию и исследованию структуры и свойств (в том числе их наследственности) сплавов системы Ti-(15-25)Nb-5Ta на разных стадиях обработки от слитков до проволоки в зависимости от различных технологических параметров. Установлен оптимальный состав Ti-20Nb-5Ta и выбраны оптимальные условия для создания основы биосовместимых композитов, предназначенных для производства изделий медицинского назначения типа «стент», показана перспективность разработанной методики для создания и других сверхэластичных титановых сплавов различного функционального назначения.

Четвертая глава описывает композиционный полимерный материал из биodeградируемой полимерной матрицы и лекарственных включений. Изучена структура, механические и биологические свойства, параметры биodeградации и выхода лекарственных средств в модельные среды. Показана потенциальная возможность создания материалов для локального терапевтического воздействия в течение заданного периода времени.

Пятая глава посвящена созданию композиционного материала «основа Ti-Nb-Ta – биodeградируемый полимер», изучению его структуры и свойств. Отмечено явное проявление биосовместимости, как с точки зрения соответствия механическим свойствам живых тканей, так и отсутствия биохимической токсичности материала для организма.

Выводы соответствуют поставленным задачам. Диссертация написана доступным и грамотным языком. Автореферат диссертации и публикации автора соответствуют представленной работе и достаточно полно ее отражают.

**Новизна исследования и полученных результатов** заключается, в первую очередь, в разработке ранее не существовавших биосовместимых

многослойных композиционных материалов медицинского назначения, обладающих, согласно проведенным исследованиям, значительно улучшенными в сравнении с существующими медицинскими материалами комплексными эксплуатационными характеристиками.

Кроме того интерес представляют проведенные исследования основных закономерностей влияния режимов термообработки и состава на структуру, в т.ч. размер зерен, формирование фаз  $\alpha'$ -Ti,  $\alpha''$ -Ti,  $\beta$ -Ti и  $\omega$ -Ti и их взаимное превращение, и механические свойства ранее не изученных сплавов системы Ti-(15-25)Nb-5Ta. При этом определено влияние параметров термической обработки на свойства и структуру сплавов исследованных составов.

Проведенные исследования закономерностей формирования композиционного материала и его составляющих представляет базу для обширных дальнейших исследований в этой области.

**Значимость для науки и производства** полученных автором диссертации результатов состоит в разработке научных основ технологии формирования многослойных композитов функционального назначения, имеющих широкие перспективы применения в биомедицине; в исследовании структуры, физико-химических свойств и закономерностей формирования нового сверхупругого титанового сплава, представляющего интерес в различных сферах человеческой деятельности, особенно за счет эффекта памяти формы.

**Степень обоснованности и достоверности** каждого научного положения, выводов и заключений соискателя, сформулированных в диссертации подтверждается применением современных методов исследования структуры и свойств материалов, хорошей воспроизводимостью экспериментальных результатов, систематическим характером проведенных исследований в рамках академических научных школ, а также согласованностью полученных результатов с литературными

данными, представительным объемом экспериментальных и теоретических данных; результаты работы прошли апробацию на конференциях.

**Основные результаты диссертации** опубликованы в 13 печатных работах, в том числе в 2-х статьях в рецензируемых отечественных журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, и 6 статьях в иностранных журналах.

По содержанию диссертационной работы могут быть сделаны следующие **замечания**:

1. В работе не обоснован выбор изучаемых составов на основе Ti-(15-25)Nb-5Ta. В выводах из 1 главы (52 стр. в диссертации) указано, что на основе анализа имеющихся данных были выбраны соответствующие составы: Ti-15Nb-5Ta, Ti-20Nb-5Ta, Ti-25Nb-5Ta (ат. %). Не ясно в чем заключался анализ, чем руководствовался автор при выборе именно этих составов и почему выбран шаг в 5 ат. % при изменении количества ниобия в материале.

2. На рисунках 3.1.1.(1-3) (82-84 стр. в диссертации) и рисунке 1 (11 стр. в автореферате) приведены структуры слитков с разными масштабными метками, что несколько затрудняет сравнение полученных структур и установление влияния температуры отжига.

3. На рис. 3.1.1 (89 стр. в диссертации) приведены рентгенограммы сплава Ti-15Nb-5Ta после выплавки и гомогенизирующих отжигов при температурах 900 и 950 °С, на которых отмечены фазы:  $\alpha''$ ,  $\beta$  и  $\omega$ -Ti и их количество (автору необходимо было на рисунке указать в каких-то одних долях, потому что, только после согласовывая с таблицей 3.1.2.1 становится понятно, что после выплавки указаны массовые доли, а для остальных случаев - объемные). Для случая отжига при 900 °С отмечены рефлексы  $\beta$ -Ti на углах 37-39° и 82-83° слишком высокой интенсивности. Особенно вызывает вопросы высокая интенсивность рефлексов  $\beta$ -Ti на углах 82-83°, которая должна быть в несколько раз меньше пика на углах 37-39°. При этом при отжиге при 950 °С этот пик отсутствует.

4. Из таблицы 5.2.1 (164 стр. в диссертации) видно, что механические характеристики композиционного материала несколько снижены по сравнению с основой, возникает вопрос с чем это может быть связано? Также не ясно, что означает последний столбец «нагрузка, кгс».

5. В пункте 6 практической ценности работы (14 стр. в диссертации и 7 стр. в автореферате) указано, что результаты нашли применение в ООО «ПушИнноТех». Данный факт следовало бы отразить в виде акта использования результатов диссертационной работы или акта внедрения результатов диссертационной работы.

6. Автору стоило в диссертации говорить, что разработаны научные основы технологии и отработаны технологические режимы, а не разработана полностью технология. Технология полностью разработана тогда, когда оформлены соответствующие технологические инструкции и технологические условия на выпуск конкретных материалов или изделий, но про них автор в диссертации не говорит.

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы «Разработка технологии получения композиционного материала «основа Ti-Nb-Ta – биodeградируемый полимер», выполненной на высоком экспериментальном, научном и методическом уровне и являющейся законченной научно-исследовательской работой, в которой содержится решение конкретной задачи, имеющей важное значение для развития материаловедения в области создания новых композиционных материалов для медицинского назначения.

### **Заключение**

Считаю, что представленная к защите диссертационная работа по экспериментальному, методическому и теоретическому уровню, объему работы, научной новизне, актуальности, теоретической и практической значимости полностью отвечает требованиям пункта 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к

кандидатским диссертациям. По совокупности полученных результатов автор диссертации, Конушкин Сергей Викторович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

Заместитель директора по научной работе,  
ведущий научный сотрудник,  
д.т.н.



П.М. Бажин  
19.05.2021.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г. Мерджанова Российской академии наук (ИСМАН),  
Адрес: 142432, г. Черноголовка, ул. Академика Осипьяна, д.8, ИСМАН  
Тел: +74965246555, E-mail: [bazhin@ism.ac.ru](mailto:bazhin@ism.ac.ru)