ВНИИХТ
Открытое акционерное общество
«Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии»
(ОАО «ВНИИХТ»)

Каширское ш., д.33, Москва, 115409
Телефон: (499) 324 61 55 Факс: (499) 324 54 41
e-mail: info@vniiht.ru

07 .11.2017 № 063-02-02/140

На № _____ от _____ г

ФГБОУ ВО
«Московский авиационный институт
(Национальный исследовательский
университет)» (МАИ)
Учёному секретарю
диссертационного совета
Д 212.125.15, д.т.н. С.В. Скворцовой

ОТЗЫВ

к.х.н., с.н.с. Коцаря Михаила Леонидовича на автореферат диссертации Ю.Э. Руновой по теме«Термоводородная обработка пористого материала из диффузионно сваренных волокон титана», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – «Материаловедение (Машиностороение)»

Коцарь М.Л., кандидат химических наук, старший научный сотрудник, начальник лаборатории «Чистых металлов и функциональных материалов» АО «Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии» (АО «ВНИИХТ»). Адрес: 115409, г. Москва, Каширское шоссе, д. 33, тел. +7(499) 324-63-75*5-44, E-mail: kotsar@vniiht.ru

Представленная диссертационная работа посвящена решению важной научной проблемы - усовершенствованию технологии получения пористого остеоинтегрирующего материала (ПОМ) путём использования термоводородной обработки (ТВО) для для улучшения структуры и свойств литых изделий, снижения температуры обработки давлением полуфабрикатов. Однако, сведения о влиянии ТВО на структуру и свойства волоконных ПОМ и покрытий, необходимые для разработки технологии, производства имплантатов отсутствуют. В работе была поставлена задача усовершенствования технологии получения ПОМ и пористых покрытий на медицинских имплантатах различного назначения. *В этом состоит актуальность диссертационной работы*. Она подтверждается также выполнением работы в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы».

В первой главе проанализированы основные направления применения остеоинтегрирующих пористых материалов в медицине. В качестве материала для ПОМ чаще всего используется технический титан, обладающий высокой коррозионной стойкостью и биологической инертностью. Показана перспективность использования в качестве исходного материала волокна титана

и диффузионной сварки для формирования ПОМ и покрытий. Приведены сведения о механизмах и закономерностях влияния ТВО на структуру и свойства полуфабрикатов и изделий из титановых сплавов. В результате критического анализа достигнутого уровня и недостатков известной технологии сформулированы цели и задачи диссертационного исследования, открывающие путь к повышению комплекса механических свойств ПОМ с помощью термоводородной обработки, включающей этапы введения водорода (наводороживания) и его удаления (вакуумный отжиг).

Вторая глава посвящена описанию объектов, методов и методик исследований. Экспериментальные результаты, представленные в работе, были получены с использованием современных методов исследований: оптической и электронной микроскопии, рентгеноструктурного анализа, фазовой сканирующей калориметрии, механических испытаний образцов на растяжение, сжатие и изгиб. Это в совокупности со статистической обработкой данных и многократным воспроизведением экспериментов подтверждает *обоснованность* и *достоверность* полученных автором результатов.

В третьей главе работы всесторонне исследовано влияние условий наводороживания на кинетику поглощения водорода и структуру монолитного и пористого материала. Исследования показали, что в зависимости от условий, насыщение водородом может происходить в несколько стадий, определяемых особенностями его взаимодействия с материалом. Установлено, что фазовая перекристаллизация, протекающая в процессе введения и удаления водорода в пористый материал из волокон технического титана, способствует преобразованию механических контактов волокон между собой и с поверхностью монолитного материала в физико-химические, что обеспечивает повышение прочности их соединения. Обнаружено, что при ТВО монолитных образцов из сплава ВТ6 с пористым покрытием из сплава ВТ1-0 происходит их коробление после введения водорода, которое сохраняется при последующем вакуумном отжиге и приводит к частичному отслоению покрытия от основы. Причиной этого являются различия в скорости поглощения водорода монолитным и пористым материалами и развитие $\beta \rightarrow \alpha$ и $\beta \rightarrow \alpha+\delta$ превращений, сопровождающихся значительным объёмным эффектом. В этом заключается *научная новизна* диссертационной работы Ю.Э. Руновой.

В четвёртой главе приведены результаты исследования влияния температуры (1000-800°С) диффузионной сварки на структуру и механические характеристики образцов пруткового и листового ПОМ. Установлено, что количество контактов между волокнами материала определяется в основном объёмной пористостью. Эти контакты могут носить механический характер, когда граница между волокнами выявляется четко как контакт поверхностей, и физико-химический характер, с исчезновением этой границы и формированием общих зерен α-фазы для соприкасающихся волокон. С ростом температуры диффузионной сварки ($t_{диф.}$), доля физико-химических контактов увели-

чивается. Это приводит к повышению напряжений разрушения образцов ПОМ при всех схемах испытаний. Однако, с повышением $t_{диф.}$ увеличивается размер α-зерен, особенно когда температура превышает Ac_3 (900°С). Это приводит к снижению характеристик пластичности материала.

В пятой главе, посвящённой исследованию влияния режимов диффузионной сварки и ТВО на структуру и механические характеристики пористого покрытия на монолитной основе из сплава ВТ6 автором установлено, что в изученных условиях - температура диффузионной сварки 850-900°С, наводороживание до 0,8% при температуре 650°С, вакуумный отжиг 650-800°С, обеспечивают высокий комплекс их механических характеристик.Это подчёркивает *ценность выполненного исследования для науки и практики.*

Практическая значимость работы заключается в том, что по результатам проведенных исследований была не только показана возможность получения высокопористого остеоинтегрирующего материала из волокон титана и покрытий из него эндопротезов с уровнем прочности, достаточным для их использования в имплантируемых медицинских изделиях различного назначения, но и выполнено опробование разработанных рекомендаций при разработке макетов новых медицинских изделий (протезов тел позвонков, вертлужных компонентов эндопротеза тазобедренного сустава).

Всё вышесказанное свидетельствует о *научной и практической значимости* диссертационной работы Ю.Э. Руновой. К очевидным достоинствам диссертации следует отнести также использование современных научных методов, глубину теоретических посылок и обоснований, разработку собственных эффективных методик исследования взаимодействий в гетерогенных системах.

Основные результаты работы доложены и обсуждены на 9 международных и всероссийских научных конференциях и семинарах. По теме диссертации *опубликовано 6 статей в рецензируемых журналах и 5 докладов.*

По автореферату имеются следующие замечания:

1. Отсутствие в тексте автореферата сведений о защите созданных технических решений патентами РФ. Это усилило бы *Новизну, существенные отличия и положительный эффект* от использования результатов работы.

2. В таблице 1 (с. 15) в подтверждение фразы об удовлетворении макетов тел позвонко вмедико-техничеким требованиям следовало бы привести эти требования.

Представленный на отзыв авторефератЮ.Э. Руновой свидетельствует, что диссертация актуальна, содержит решение задачи, имеющей значение для соответствующей отрасли знаний, выполнена достаточно тщательно с методической точки зрения, обладает научной новизной, представляет ценность для науки и практики и соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении учёных степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

Автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 –«Материаловедение (Машиностороение)»

Начальник лаборатории «Чистых металлов и функциональных материалов» АО «Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии» (АО «ВНИИХТ») кандидат химических наук, старший научный сотрудник

М.Л. Коцарь

Подпись к.х.н., с.н.с. Коцаря М.Л. заверяю:

Учёный секретарь АО «ВНИИХТ», к.т.н. С.Л. Кочубеева

3-МК
М.Л. Коцарь
07.11.2017
Тел. +7(499)324-63-75*5-44

22.11.2017г.