

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Резяповой Луизы Рустамовны  
«Механические свойства и биосовместимость наноструктурного титана Grade 4  
для медицинских применений», представленную на соискание ученой степени  
кандидата технических наук  
по специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы.

В последние годы большое внимание в современном медицинском материаловедении уделяется разработке металлических материалов с заданным комплексом свойств для изготовления имплантатов. При этом одним из основных требований к таким материалам являются биомеханическая и биохимическая совместимость с тканями организма. В соответствии с этими требованиями, наибольший интерес для широкого применения в качестве материала для имплантологии представляют не содержащие вредных для живого организма легирующих элементов титан и его сплавы. Однако чистый титан обладает относительно низкими прочностными свойствами, а его легирование такими элементами как ванадий и алюминий, может приводить к негативному токсическому воздействию на организм человека. В этой связи разработка новых подходов повышения прочностных характеристик технически чистого титана является актуальной задачей.

В работе с использованием большого числа экспериментальных методик, современного аналитического и испытательного оборудования проведен широкий спектр исследований закономерностей формирования наноструктуры и нанодисперсных частиц вторых фаз в титане Grade 4 после различных обработок, в том числе с использованием методов интенсивной пластической деформации. В результате проведенных исследований показано, что последовательное применение методов интенсивной пластической деформации (кручение и равноканальное угловое прессование) и термических обработок приводит к формированию в рассматриваемом титане наноструктуры с размером зерен  $\alpha$ -фазы около 100 нм и наноразмерных частиц вторых фаз. Установлено, что в результате таких обработок наблюдается не только существенное увеличение механических свойств титана Grade 4 (предел прочности может достигать 1500 МПа), но и заметно улучшается его обрабатываемость резанием при изготовлении прутков полуфабрикатов для медицинских изделий. Показано, что медицинские имплантаты в виде пластин и винтов, изготовленные из полученного при выполнении настоящей работы нанотитана, проявляют повышенные механические свойства при различных видах испытаний (растяжение, усталость, скручивание) и обладают ускоренной остеоинтеграцией.

Полученные в работе результаты представляются новыми и достоверными, докладывались на российских и международных конференциях, опубликованы в авторитетных научных журналах, а также подтверждаются положительными результатами *in vivo* экспериментов опытных образцов-имплантатов изготовленных из полученного нанотитана.

В качестве замечаний к автореферату можно отметить следующее:

1. В третьей главе отмечается, что проведены расчеты вкладов различных механизмов в упрочнение нанотитана Grade 4 во всех состояниях. Однако полученные в результате таких расчетов величины не приводятся.
2. В главе четвертой указывается, что различие механических свойств рассматриваемого титана после кручения и равноканального углового прессования может быть связано, в том числе, с различным типом образцов. В частности, с различным направлением вырезки образцов. Однако, судя по автореферату, при этом не делается никаких оценок о

ВХОД. № 096-13  
«05» 03 2014 г.

возможном влиянии на механические свойства нанотитана текстуры и размеров рабочей базы образцов.

3. В пятой главе отмечается, что механическая полировка образцов формирует «гладкую бездефектную текстуру поверхности». Что такое – текстура поверхности?
4. Приведенные в данной работе результаты свидетельствуют о большой роли железа в структуре исследуемого титана Grade 4. В связи с этим, желательны иметь данные о фактической концентрации данного элемента в исследуемом титане.

В целом, судя по автореферату, несмотря на сделанные замечания, диссертационная работа Резяповой Луизы Рустамовны соответствует специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы, отвечает требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», а её автор, Резяпова Луиза Рустамовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы.

Зав. лабораторией физического  
материаловедения ИФПМ СО РАН  
доктор физ.-мат. наук

Е.В. Найденкин

Старший научный сотрудник  
лаборатории физического  
материаловедения ИФПМ СО РАН  
кандидат физ.-мат. наук

И.В. Раточка

Подписи Е.В. Найденкина и И.В. Раточки заверяю,  
Зам. директора ИФПМ СО РАН  
доктор физ.-мат. наук



Е.В. Шилько

01.03.2024 г.

Найденкин Евгений Владимирович,  
доктор физ.-мат. наук

1.3.8. Физика конденсированного состояния  
заведующий лабораторией физического материаловедения,  
ФГБУН Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН),  
634055, г. Томск, пр. Академический, 2/4  
тел.: +7-913-858-8092 (моб.), (3822) 491245 (раб.),  
e-mail: nev@ispms.ru

Раточка Илья Васильевич,  
кандидат физ.-мат. наук

1.3.8. Физика конденсированного состояния  
снс лаборатории физического материаловедения,  
ФГБУН Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН),  
634055, г. Томск, пр. Академический, 2/4  
тел.: (3822) 286950 (раб.),  
e-mail: ivr@ispms.ru