

## ОТЗЫВ

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

Диссертационная работа Резяповой Л.Р. посвящена улучшению механических и биомедицинских свойств титана марки *Grade 4* путем его наноструктурирования методами интенсивной пластической деформации для его дальнейшего использования при создании медицинских имплантатов с повышенными эксплуатационными характеристиками.

Актуальность представленной диссертации определяется тем, что полученные результаты позволят создавать из технически чистого титана отечественные медицинские изделия улучшенной конструкции с повышенным комплексом механических и конструкционных свойств, улучшенной биосовместимостью и более высокой скоростью восстановления костной ткани.

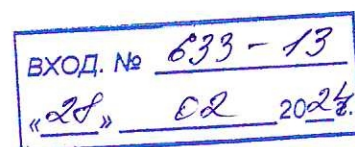
В работе изучено влияние методов и режимов термомеханической обработки титана марки *Grade 4* на его структуру, механические свойства, а также показатели остеоинтеграции опытных образцов-имплантатов, изготовленных из наноструктурного титана. Показано, что последовательное применение многостадийной интенсивной пластической деформации и последующей термической обработки позволяет достичь наиболее высокого предела прочности до 1510 МПа при сохранении достаточного уровня пластичности 9.5%. Кроме этого, проведенные испытания медицинских имплантатов (пластин и винтов) показали, что показанный способ обработки титана марки *Grade 4* повышает циклическую долговечность изделий до 2.8 раза, а дополнительная обработка поверхности значительно улучшает показатели остеоинтеграции, а именно приводит к формированию большего количества костной ткани по сравнению с классическими титановыми имплантатами.

Диссертационная работа Резяповой Л.Р. обладает требуемой научной новизной и практической ценностью, а представленный способ обработки титана может быть использован для создания современных медицинских имплантатов с повышенным сроком службы. Полученные автором закономерности влияния термомеханической обработки на структуру и механические свойства материала могут быть использованы при разработке титановых изделий с повышенными механическими свойствами в различных отраслях промышленности.

Приведенные в автореферате положения, выносимые автором на защиту, обоснованы и доказаны. По полученным результатам сделаны основные выводы.

Однако, необходимо сделать следующие замечания:

1. Автором заявляется, что увеличение прочности титана марки *Grade 4* после термомеханической обработки (сочетание интенсивной пластической



деформации с отжигом) объясняется формированием наноразмерных частиц  $\beta$ -фазы и интерметаллидов  $Ti_2Fe$ . В этом случае необходимо дать пояснение, что является причиной пониженных свойств материала после режима ИПДК+700, с учетом высокого содержания  $\beta$ -фазы (2,5%) и интерметаллидов (3%) в сравнении с другими режимами термомеханической обработки, указанными в таблице 1.

2. На странице 13 указано, что для исследования механических свойств образцы после ИПДК вырезались в поперечном направлении, а после РКУП-К – в продольном – учитывалась ли автором анизотропия микроструктуры при исследовании механических свойств?

Считаю, что диссертационная работа Резяповой Луизы Рустамовны «Механические свойства и биосовместимость наноструктурного титана *Grade 4* для медицинских применений» по своему научному уровню, актуальности и практической ценности соответствует требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям и п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», а её автор – Резяпова Луиза Рустамовна – заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы.

Старший инженер-исследователь  
Центра технологий материалов  
АНООВО «Сколковский институт  
науки и технологий», к.т.н.

 Даутов Станислав Сагитович  
19.04.2024

Кандидатская диссертация защищена по специальности:  
05.07.05 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергетические установки  
летательных аппаратов

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования  
«Сколковский институт науки и технологий»  
Адрес организации: 121205, г. Москва, территория инновационного центра  
«Сколково», Большой бульвар, д. 30 стр.1  
Телефон организации: +7 (495) 280-14-81  
e-mail: [inbox@skoltech.ru](mailto:inbox@skoltech.ru)

Подпись Даутова С.С. заверяю

Руководитель отдела  
кадров СГ О администрирования  
Гук О.С.

