

# ОТЗЫВ на автореферат диссертации

Шереметьева                      Вадима                      Алексеевича                      «НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ОБРАБОТКИ СВЕРХУПРУГИХ СПЛАВОВ Ti-Zr-Nb МЕТОДАМИ КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕНИЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОРТОПЕДИЧЕСКИХ ИМПЛАНТАТОВ», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.1. – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Одним из широких применений сплавов с памятью формы в медицине является имплантология. Это объясняется тем, что сплавы с эффектом памяти формы проявляют высокую био- и механическую совместимость. Наиболее используемым сплавом с памятью формы является никелид титана, однако он содержит никель, который является канцерогенным элементом. Несмотря на то, что в этом сплаве никель связан с титаном, ионы никеля выходят в организм, что может приводить к нежелательным последствиям для человека. Поэтому в последние 20 лет активно разрабатывают безникелевые сплавы с эффектом памяти формы, которые проявляют эффекты памяти формы и не содержат нежелательных элементов. Одними из таких сплавов являются сплавы на основе Ti-Zr-Nb. Структура и свойства таких сплавов исследованы на лабораторных образцах, и показано, что эти материалы могут быть успешно использованы для изготовления имплантатов. Однако, в отличие от никелида титана, эти сплавы не производят в коммерческих масштабах, поскольку не отработаны технологии получения и термомеханической обработки этих материалов. Вместе с тем, решение данной технологической задачи является крайне важным для развития технологий и коммерческого изготовления имплантатов в России. В связи с этим тема диссертационной работы Шереметьева В.А., посвященной созданию научно-технологической основы для разработки ортопедических имплантатов из новых сверхупругих сплавов Ti-Zr-Nb, является очень актуальной.

В работе получены слитки сплава Ti-Zr-Nb массой от 10 до 30 кг, которые были подвергнуты различным видам термомеханической обработки для получения длинномерных полуфабрикатов. Кроме этого, был получен порошок для 3D печати. Выполнен огромный объем экспериментальных исследований структуры и функциональных свойств сплавов, подвергнутых различным видам термомеханической обработки и последеформационного отжига. На основе полученных результатов разработаны методы термомеханической обработки сплавов Ti-Zr-Nb. Установлено влияние режимов ВТМО, НТМО и ПДО на формирования структуры в сплаве Ti-Zr-Nb. Показано, что после ВТМО со смешанной полигонизованной и рекристаллизованной  $\beta$  фазой усталостная долговечность (в режиме сверхупругости) выше, чем в сплавах после НТМО и ПДО. Разработан маршрут технологических операций ТМО, позволяющий реализовать обработку слитка из сплава Ti-Zr-Nb для получения длинномерного пруткового полуфабриката. Исследовано влияние интенсивной пластической деформации (РКУП) на формирование структуры и свойств сплава Ti-Zr-Nb. Показано, что сплавы с ультрамелкозернистой структурой проявляют лучшие функциональные свойства, однако поскольку до настоящего времени нет технологии РКУП для длинномерных образцов, то применение данной технологии невозможно. Исследовано влияние режимов селективного лазерного плавления на свойства образцов, спеченных из порошка сплава Ti-Zr-Nb,



который также был получен в рамках диссертационного исследования. На основе полученных данных скорректирован состав порошка для получения образцов методом СЛП, демонстрирующих необходимые функциональные свойства. Проведены исследования биосовместимости полученных сплавов, что позволяет их использовать для имплантатов.

По автореферату необходимо сделать следующие замечания:

1. Указано, что при деформировании сплава Ti-Zr-Nb при температурах 250 – 400 °C наблюдается немонотонное изменение напряжения. Указано, что это связано с процессами динамического деформационного старения, однако механизм влияния старения на немонотонное изменение напряжения при деформировании не объяснен.
2. Результаты главы 4 очень кратко описаны, что не позволяет понять их смысл и значимость.
3. Сверхупругое поведение сплава определяется положением температуры деформирования относительно температур мартенситных переходов. Однако в работе ни для одного сплава температуры мартенситных переходов не представлены.
4. В тексте автореферата присутствует жаргон, например, «эффект «двойной текучести» и неудачные выражения, например, «исследование результатов реализации».

Сделанные замечания касаются оформления представленных результатов и не влияют на важность и значимость полученных данных. Диссертационная работа является законченным научным исследованием и удовлетворяет требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям. Шереметев В.А. заслуживает присуждения степени доктора технических наук по специальности 2.6.1. – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Реснина Наталья Николаевна

Доктор физико-математических наук (специальность 01.04.07 (1.3.8.) – физика конденсированного состояния),

профессор кафедры общей математики и информатики

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет".

199034, Санкт-Петербург, Университетская наб. д.7-9

Тел. +79119949636

e-mail: [n.resnins@spbu.ru](mailto:n.resnins@spbu.ru)

