

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации К.Е. Лукашевича на тему «Управление структурой и свойствами сверхупругого сплава Ti-Zr-Nb для ортопедических имплантатов методами комбинированной низко- и высокотемпературной термомеханической обработки прутковых полуфабрикатов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» и состоявшейся в НИТУ МИСИС 17.09.2024 г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС 24.06.2024, протокол № 21.

Диссертация выполнена на кафедре обработки металлов давлением НИТУ МИСИС.

Научный руководитель – к.т.н., доцент, заведующий лабораторией сплавов с памятью формы НИТУ МИСИС, Шереметьев Вадим Алексеевич.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС (протокол № 21 от 24.06.2024 г.) в составе:

1. Белов Николай Александрович - д.т.н., главный научный сотрудник кафедры обработки металлов давлением НИТУ МИСИС - председатель комиссии;

2. Рыклина Елена Прокопьевна - д.т.н., доцент, ведущий научный сотрудник кафедры обработки металлов давлением НИТУ МИСИС;

3. Рогачев Станислав Олегович - д.т.н., доцент кафедры металловедения и физики прочности НИТУ МИСИС;

4. Столяров Владимир Владимирович - д.т.н., главный научный сотрудник федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт машиноведения им. А. А. Благонравова Российской академии наук;

5. Гусев Дмитрий Евгеньевич – д.т.н., доцент, профессор кафедры 1102 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет», г. Тула.

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. Установлено, что сплав Ti-Zr-Nb легко деформируется, не проявляет скоростную чувствительность, склонен к локализации деформации, а также устойчив против динамической рекристаллизации. Показано, что деформация сплава Ti-Zr-Nb при температурах 600–800 °С способствует формированию динамически полигонизованной субструктуры β -фазы.

2. Выявлены закономерности формирования структуры, фазового состояния и кристаллографической текстуры сплава Ti-Zr-Nb при комбинированной низко- и высокотемпературной термомеханической обработке, включающей радиально-сдвиговую прокатку, ротационную ковку, последеформационный отжиг и старение в

различных сочетаниях, и определено их влияние на механические и функциональные свойства прутковых полуфабрикатов.

3. Проведена оценка усталостных свойств балок из сплава Ti-Zr-Nb для системы транспедикулярной фиксации позвоночника в соответствии с ГОСТ Р 57390—2017.

Теоретическая значимость работы

1. Установлены закономерности термомеханического поведения и структурообразования сплава Ti-Zr-Nb с памятью формы в условиях высокотемпературной (в интервале 600–1000 °С) деформации сжатием в интервале скоростей 0,1–10 с⁻¹, позволяющие разработать рекомендации для выбора благоприятных режимов ВТМО.

2. Впервые установлены закономерности влияния схем НТМО и ВТМО, включающих ротационную ковку и последеформационный отжиг, на структуру, фазовый состав, кристаллографическую текстуру и их взаимосвязь с механическими и функциональными, в т. ч. усталостными свойствами длинномерных прутковых полуфабрикатов из сплава Ti-Zr-Nb.

3. Впервые показано, что длинномерные прутковые полуфабрикаты из сплава Ti-Zr-Nb с памятью формы, полученные методом ВТМО, включающей ротационную ковку при температуре 700 °С, с однородной по сечению прутка динамически полигонизованной структурой β -фазы и преобладающей кристаллографической текстурой с направлением $[011]_{\beta}$ вдоль оси прутка проявляют высокую стабильность функциональных циклических свойств при растяжении и наибольшую функциональную усталостную долговечность в условиях трехточечного изгиба.

4. Экспериментально показано, что старение длинномерных прутковых полуфабрикатов из сплава Ti-Zr-Nb, направленное на контролируемое выделение частиц ω -фазы, независимо от исходного структурного состояния эффективно для повышения прочностных свойств ($\sigma_s \geq 900$ МПа) и сохранения удовлетворительной пластичности ($\delta \geq 10$ %), но приводит к значительному ухудшению функциональных свойств, включающему значительное снижение обратимой сверхупругой деформации и увеличение модуля Юнга.

Практическая значимость работы

1. Полученные закономерности изменения параметров диаграмм деформации могут быть использованы при разработке технологии ТМО сплава Ti-Zr-Nb, в частности, при моделировании процессов и выбора технологии обработки металлов давлением.

2. Установлено, что дисперсионное упрочнение сплава Ti-Zr-Nb старением способствует большему повышению прочностных свойств в сравнении с деформационным упрочнением сплава.

3. Разработанные режимы ТМО сплава Ti-Zr-Nb, включающие ротационную ковку, были использованы при производстве длинномерных прутковых полуфабрикатов в ООО «Промышленный центр МАТЭК-СПФ».

4. Длинномерные прутковые полуфабрикаты из сплава Ti-Zr-Nb, полученные по предложенному режиму ТМО, использованы для изготовления опытной партии балок для систем транспедикулярной фиксации позвоночника в ООО «КОНМЕТ».

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что в работе было получено и проанализировано большое количество данных с широким использованием современных методов исследования и обработки результатов экспериментов, которые согласуются с результатами других исследований или не противоречат им. Результаты работы были апробированы на семи евразийских и международных конференциях.

Личный вклад соискателя заключается в проведении анализа литературных источников по проблеме, определении целей и задач работы, организации и проведении экспериментов, осуществление обработки и интерпретации полученных данных, подготовке рукописи диссертации и автореферата, написании статей.

Основные результаты работы опубликованы в виде 5 статей в журналах из перечня ВАК и входящих в базы данных Scopus и WoS, получен 1 патент РФ.

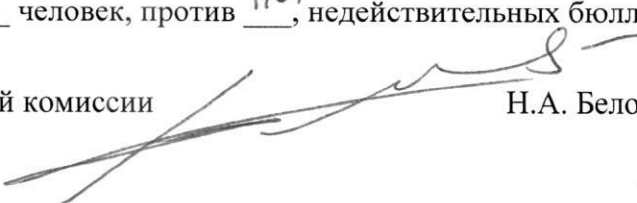
Пункт 2.6 Положения о порядке присуждения ученой степени кандидата наук НИТУ МИСИС соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация К. Е. Лукашевича соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС, так как в ней изложены новые научно-обоснованные технологические решения в области термомеханической обработки сплавов с памятью формы, имеющие существенное значение для развития металловедения и здравоохранения.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Лукашевичу Константину Евгеньевичу ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 - «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Результаты голосования: при проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 5 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за 5 человек, против нет, действительных бюллетеней нет.

Председатель Экспертной комиссии


Н.А. Белов

17.09.2024 г.