ОТЗЫВ

на автореферат диссертации ***Лукиной Елены Александровны***
«Материаловедческие проблемы надежности и биосовместимости перспективных конструкций из сплавов на основе титана для стабилизации позвоночника и способы их решения», представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки)

Сплавы на основе титана и никелида титана нашли широкое применение для создания изделий авиационной и космической техники. В последние годы также расширяется их применение в изделиях медицинского назначения благодаря низкому модулю упругости, наличию эффектов памяти формы и сверхупругости, хорошей коррозионной стойкости в биологических средах. При этом, использование сплавов на основе титана для производства перспективных динамических и скользящих транспедикулярных конструкций, которые устанавливаются на прооперированные сегменты позвоночника без достижения полного их сращения, что обеспечивает функциональную подвижность позвоночника и предотвращает осложнения на смежных сегментах, приводит к сложным условиям эксплуатации элементов таких конструкций, включая наличие микроперемещений в коррозионной среде организма в динамических конструкциях и наличие металл-металлических узлов трения в скользящих спинальных имплантатах. Поэтому диссертационная работа Лукиной Е.А., направленная на выявление материаловедческих проблем, возникающих при эксплуатации перспективных транспедикулярных конструкций в организме человека и их решение с использованием комплексного подхода, включающего оптимизацию фазово-структурного состояния сплавов на основе титана, создания на их поверхности износостойких и механически совместимых с материалом основы функционально-градиентных покрытий, конструктивных решений сопряжения элементов транспедикулярных конструкций, а также разработки методик испытаний для определения характеристик, обеспечивающих надежность и биосовместимость медицинских изделий является актуальной научной задачей и имеет значительную практическую значимость.

На основании всестороннего изучения извлеченных компонентов динамических и скользящих транспедикулярных конструкций из сплава на основе никелида титана и Ti6Al4V выявлены закономерности их разрушения и установлено, что для динамических конструкций с балками из никелида титана основной материаловедческой проблемой является развитие механически усиленной щелевой коррозии балок, приводящей к разрушению балок, снижая надежность изделия. Для скользящих конструкций из титанового сплава Ti6Al4V основной проблемой является повышенный износ ее компонентов, вызывающий снижение биосовместимости материала в данных

условиях эксплуатации. Впервые была установлена критическая величина объемного износа сплава Ti6Al4V на один позвоночный уровень, составляющая 1,9±0,1 мм^3/год, превышение которой вызывает локальные клинические осложнения в виде сером и свищей, требующих медикаментозного лечения или ревизии.

Проведенные в диссертационной работе исследования впервые позволили установить влияние основных параметров, оказывающих наиболее существенное влияние на интенсивность процесса механически усиленной щелевой коррозии, включая величину изгибающего момента, моделирующего функциональные нагрузки, фазово-структурное состояние сплавов на основе никелида титана, развитие локальной пластической деформации на поверхности балок из этого сплава как при их первоначальном закреплении в транспедикулярных винтах, так и при последующем приложении функциональных нагрузок. Для предотвращения коррозионного процесса автором работы разработаны технологические рекомендации, включающие выбор состава сплава на основе никелида титана, а также метода выплавки слитков, режим высокотемпературного вакуумного отжига, обеспечивающие снижение объемной доли и максимального размера частиц соединений $Ti_4Ni_2O_x$ до 3,5±0,7 об.% и d_{max}=7 мкм, соответственно, рекомендации по проектированию винтов в части обеспечения условий соединения элементов крепления с балками, препятствующих протеканию локальной пластической деформации на поверхности балок при зажатии и последующем приложении функциональных нагрузок для обеспечения высокой стойкости к коррозионно-механическому разрушению и надежности конструкций, а также разработаны режимы напыления функционально-градиентного покрытия на основе системы Ti-Zr-Nb-N. Для снижения объемного износа в металл-металлической паре трения «Ti6Al4V–Ti6Al4V» до выявленных безопасных значений предложено напыление вакуумного ионно-плазменного покрытия на основе TiN. На основании сравнительного анализа повреждений динамических и скользящих транспедикулярных конструкций в условиях эксплуатации *in vivo* и технических испытаний *in vitro* разработаны методики проведения испытаний для определения стойкости их компонентов к коррозионно-механическому разрушению и выявлены условия триботехнических испытаний, позволяющих оценивать надежность и биосовместимость узлов перспективных транспедикулярных конструкций.

Достоверность результатов работы подтверждается использованием широкого круга современных физических методов исследования структуры материалов, а также большим объемом технологических исследований. Работа характеризуется тщательной методической проработкой результатов экспериментов. Интерпретация экспериментальных результатов соответствует современным представлениям научного металловедения.

Диссертационная работа Лукиной Е.А. является законченной научно-квалификационной работой и соответствует критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук.

По автореферату диссертации можно сделать следующее замечание:

В главе 2 автореферата обсуждается влияние объемной доли частиц $Ti_4Ni_2O_x$ на потенциал питтнгообразования в сплаве на основе TiNi. Например, установлено, что данный потенциал увеличивается с уменьшением объемной доли с 5,1 до 3,5 %. Однако согласно стандарту ASTM F2063 объемная доля таких частиц в этом сплаве не должна превышать 2,8%.

Указанное замечание не снижает научной и практической значимости диссертации, которая выполнена на высоком научном уровне, удовлетворяет всем требованиям п.п. 9-16 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор Лукина Елена Александровна, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.17. «Материаловедение» (технические науки).

Заведующий кафедрой
«Материаловедение, литье и сварка»
ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный
авиационный технический университет
имени П.А. Соловьева»
д.т.н., профессор _____ Шатульский
Александр Анатольевич

Подпись Шатульского А.А. удостоверяю,
Начальник управления
научно-исследовательской работы А.В. Курочкин

152901, Россия, Ярославская область, г. Рыбинск, ул. Пушкина, д.53
ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет
имени П.А. Соловьева»
Электронный адрес: shatulsky@rsatu.ru
Телефон: 8-906-635-8225