



г. Москва, ул. Островная 2, офис 304
121614, Tel. +7-964-521-84-69

www.titan-association.com

Дата «12» декабря 2025г. № АТ/1-38

ОТЗЫВ

на диссертационную работу Лукиной Елены Александровны «**Материаловедческие проблемы надежности и биосовместимости перспективных конструкций из сплавов на основе титана для стабилизации позвоночника и способы их решения**»,

представленную на соискание степени доктора технических наук
по специальности 2.6.17. – Материаловедение (технические науки)

Диссертационная работа Лукиной Е.А. посвящена выявлению материаловедческих проблем, возникающих при эксплуатации перспективных динамических и скользящих транспедикулярных конструкций на основе анализа клинических результатов потери работоспособности их компонентов и определения путей решения выявленных проблем.

Актуальность диссертационной работы очевидна и обусловлена необходимостью совершенствования транспедикулярных конструкций, состоящих из продольных силовых элементов в виде балок и винтов или ламинарных крюков, используемых для их закрепления. Потребность изготовления данных медицинских изделий для лечения заболеваний позвоночника уступает лишь эндопротезам тазобедренного и коленного суставов. Однако, сложные условия эксплуатации таких конструкций могут вызвать снижение их надежности и биосовместимости даже при изготовлении из сплавов на основе титана вследствие развития коррозионных процессов или интенсивного изнашивания.

В работе на основании совокупности экспериментальных данных о закономерностях потери работоспособности компонентов скользящих транспедикулярных конструкций из титанового сплава Ti6Al4V и динамических конструкций с балками из TiNi в условиях эксплуатации *in vivo* и проведенных коррозионных, триботехнических и усталостных лабораторных испытаний *in vitro*, выявлены материаловедческие проблемы их клинического применения, заключающиеся в развитии механически усиленной щелевой коррозии TiNi балок и повышенного износа компонентов скользящей конструкции и предложены методики проведения испытаний для определения стойкости узлов перспективных транспедикулярных к коррозионно-механическому разрушению и износу, позволяющих оценивать их надежность и биосовместимость. Для решения выявленных материаловедческих проблем в работе установлено влияние фазово-структурного состояния сплавов на основе титана при термической и лазерной обработке, в процессе создания на их поверхности износостойких и механически совместимых с материалом основы функционально-градиентных покрытий на основе Ti-Zr-Nb-N, а также выявлено влияние изменения элементов сопряжения транспедикулярных конструкций на стойкость к коррозионно-механическому повреждению и износу.

По результатам проведенных исследований разработаны и внедрены технологические рекомендации, включающие выбор состава сплава на основе никелида титана, учитывающего соотношение основных компонентов сплава и примесного содержания кислорода, а также метода выплавки слитков, режим высокотемпературного вакуумного отжига, обеспечивающие снижение объемной доли и максимального размера частиц

соединений $Ti_4Ni_2O_x$ до $3,5 \pm 0,7$ об. % и $d_{max} = 7$ мкм, режимы вакуумной ионно-плазменной обработки для создания на поверхности сплавов на основе никелида титана функционально-градиентного покрытия на основе системы Ti-Zr-Nb-N, включающие регламентацию тока дуги и продолжительность последующего насыщения азотом, рекомендации по проектированию винтов для динамических транспедикулярных конструкций с балками из никелида титана в части обеспечения условий соединения элементов крепления с балками, препятствующих протеканию локальной пластической деформации на поверхности балок при зажатии и последующем приложении функциональных нагрузок, что обеспечило высокую стойкость к коррозионно-механическому разрушению и надежность динамических конструкций. Для скользящих конструкций рекомендовано напыление износостойкого покрытия на основе TiN методом вакуумной ионно-плазменной обработки с нанотвердостью не менее $H = 29$ ГПа, параметром $H/E = 0,08$ и адгезионной прочностью при не менее 26 Н (Lc2) на компоненты скользящих блоков крепления.

Полученные в диссертационной работе результаты являются новыми, а сделанные рекомендации имеют высокое практическое значение для области медицины. Достоверность научных результатов подтверждается комплексным подходом при проведении исследований и грамотным выбором методов исследования, включающих металлографический анализ с использованием световой микроскопии и электронной микроскопии, компьютерного моделирования методом конечных элементов, детальным изучением и сопоставлением поврежденных поверхностей металлических материалов, продуктов коррозии и частиц износа после эксплуатации имплантатов *in vivo* и *in vitro*.

Диссертационная работа Лукиной Е.А. 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).

Генеральный директор
ЗАО «Межгосударственная ассоциация Титан»
К.Т.Н.

 Александров Андрей Валентинович

