



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»
(ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»)

Вадковский пер., д. 1, Москва, ГСП-4, 127994. Тел.: (499) 973-30-76. Факс: (499) 973-38-85
E-mail: rector@stankin.ru

№ _____

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной деятельности
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»»



Колодяжный Д.Ю.

2023 г

ОТЗЫВ

ведущей организации федерального бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Московский государственный технологический
университет «СТАНКИН»

на диссертационную работу Рыкова Евгения Валентиновича

«Влияние состава и свойств алюминиевых сплавов и параметров покрытий,
полученных микродуговым оксидированием, на характеристики
работоспособности деталей космической техники», представленную на соискание
степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17.

«Материаловедение»

Актуальность темы диссертационной работы.

Работа посвящена актуальному вопросу – поиску технологических решений
по предотвращению адгезии в вакууме и повышению эксплуатационных свойств
контактирующих деталей из алюминиевых сплавов, применяемых в космических
аппаратах (КА). Создание покрытий, стойких к фрикционным и вибрационным

нагрузкам и препятствующим адгезии, исследование их физико-механических свойств весьма актуально для узлов раскрытия КА с длительным ожиданием активации. Главным фактором, определяющим успешное решение задачи, является разработка покрытия, эксплуатационные характеристики которого обеспечивают требуемые защитные свойства поверхности. Способ формирования, режимы его реализации, структура и фазовый состав должны обеспечить требуемые механические и трибологические свойства. В этой связи диссертационная работа Рыкова Е.В., посвященная научно-методическому обоснованию и определению влияния геометрических параметров и физико-механических свойств контактирующих элементов с МДО-покрытием, на их сопротивление комбинированным вибрационным и фрикционным воздействиям, приближенным к условиям выведения КА на орбиту, представляет несомненную актуальность как с научной, так и с практической точки зрения.

Общая характеристика работы.

Автором рассмотрены аварийные случаи, произошедшие с космическими аппаратами по вине адгезии контактирующих поверхностей узлов раскрытия в условиях вакуума. Сделан вывод о том, что основной причиной адгезии контактирующих поверхностей в вакууме является износ защитных покрытий на этапе выведения космического аппарата ракетой носителем. Выполнен обзор применяемых покрытий ракетно-космической отрасли покрытий и их устойчивости к воздействию фреттинга и микроудара. Описан принцип работы типового механизма раскрытия космического аппарата, в конструкции которого целесообразно применение МДО-покрытия. На основании анализа рассмотренных теоретических и экспериментальных данных сформулирована цель и поставлены задачи работы.

В работе проанализированы современные подходы к технологии формирования МДО-покрытий. Описаны экспериментальные образцы для проведения натуральных экспериментов и режимы формирования на них МДО-покрытия.

Автором подробно описаны особенности физико-механических воздействий на контактирующие поверхности элементов раскрытия КА при выведении ракетой-носителем, методики экспериментального исследования износа рассматриваемых

МДО-покрытий и критерии оценки антиадгезионных свойств. Выделено три последовательных стадии разрушения МДО-покрытий:

- фреттинг-износ;
- микроударное воздействие;
- комбинация микроударного воздействия и трения

Приведено описание разработанного автором приспособления для проведения эксперимента. Описаны режимы вибронагружения и показания регистрирующей аппаратуры.

В диссертации приведены результаты анализа экспериментальных данных профилограмм зон износа и снимки зон износа при большом разрешении. Описаны физико-механические особенности МДО-покрытия, проявляющиеся при воздействии сферического индентора на экспериментальный образец. Выявлено влияние твердости материала основы на стойкость основы к ударным и фреттинг-нагрузкам. По результатам экспериментального исследования, уточнено уравнение разрушения керамического покрытия для случая ударного воздействия сферического индентора. Получены графики зависимости глубины износа экспериментальных образцов от толщины МДО-покрытия.

В качестве эффективного способа решения проблемы в работе предложен способ формирования на деталях из алюминиевых сплавов поверхностного слоя методом микродугового оксидирования (МДО). Эффективность предложенной технологии подтверждена результатами натурных испытаний экспериментальной модели, имитирующей типовой узел раскрытия, на вибростенде. По результатам обработки экспериментальных данных автором было предложено математическое описание разрушения МДО-покрытий на образцах из алюминиевых сплавов.

Наиболее важные полученные результаты

Научная новизна диссертационной работы Рыкова Е.В. не вызывает сомнения и заключается в следующем:

Автором подробно описаны стадии и физико-механических процессов разрушения МДО-покрытий при воздействии сферического индентора. В результате в диссертационной работе получены и экспериментально подтверждены математические зависимости, касающихся физико-механических

свойств МДО-покрытий, сформированных на образцах и алюминиевых сплавах, а именно:

- зависимости износа МДО-покрытия от свойств материала основы, параметров покрытия и условий нагружения;
- зависимости стойкости образца с МДО-покрытием площади контакта воздействующего индентора.

Полученные зависимости позволяют теоретически определять необходимые параметры антиадгезионных покрытий для задаваемых эксплуатационных режимов, а также задавать оптимальные геометрические параметры разрабатываемых контактирующих элементов КА

Рекомендации по практическому использованию основных результатов диссертации

Практическая значимость диссертационной работы заключается в решении прикладной задачи снижения износа контактирующих элементов узлов раскрытия КА при выведении и последующей защите от адгезии в вакууме. Разработанная автором методика для исследования и оценки в наземных условиях физико-механических характеристик поверхностных слоев взаимодействующих элементов при комплексном воздействии микроударного и фреттингового нагружения расширяет возможности по разработке и применению новых типов перспективных антиадгезионных покрытий. Практическая значимость результатов подтверждается актом использования результатов исследования в акционерном обществе «Научно-производственное объединение имени С. А. Лавочкина» «НПО Лавочкина».

Достоверность полученных результатов

Достоверность полученных в диссертационной работе научных результатов подтверждается применением современных методов исследования, хорошим совпадением результатов теоретических расчетов и экспериментальных данных. Измерения проводились при помощи средств измерения, прошедших метрологическую поверку, с использованием апробированных методик. Достоверность математической модели обеспечивается современными расчетными методиками моделирования с использованием метода конечных

элементов, а также верификацией модели по результатам анализа показаний акселерометров в ходе вибрационных испытаний.

Замечания к диссертационной работе:

1. В работе отсутствует обоснование выбранных габаритно-массовых параметров экспериментальной установки.
2. В качестве критерия адгезии контактирующих элементов не применялся метод, основанный на электрической проводимости в зоне контакта.
3. Не рассмотрены случаи для МДО-покрытий с удаленным «технологическим» слоем.
4. В диссертационной работе не рассмотрена структура в зоне контакта и состав продуктов износа, а также их влияние на адгезию контактирующих поверхностей.

Отмеченные недостатки не снижают научной и практической значимости диссертации и общей оценки работы.

Заключение

Диссертация Рыкова Евгения Валентиновича выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой, на основании выполненных автором исследований, решается важная для ракетно-космической отрасли проблема защиты от адгезии в вакууме контактирующих деталей из алюминиевых сплавов, применяемых в конструкции космических аппаратов.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на 21 научно-технических конференциях, опубликованы в 35 научных работах, из них 13 в изданиях, входящих в перечень ВАК.

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации.

По научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению представленная работа 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 Рыков Евгений Валентинович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. «Материаловедение» (технические науки).

Диссертационная работа и отзыв рассмотрены на заседании «Центра новых материалов и технологий», протокол № 9 от 29 мая 2023 года. На заседании присутствовало 11 членов из 15. Результаты голосования: «за» 11, против – нет, воздержавшихся – нет.

Председатель заседания

Директор центра

доктор технических наук,

профессор



Суминов Игорь Вячеславович