

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ



Студенттер мен жас ғалымдардың  
**«ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ - 2016»** атты  
XI Халықаралық ғылыми конференциясының  
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
XI Международной научной конференции  
студентов и молодых ученых  
**«НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ - 2016»**

PROCEEDINGS  
of the XI International Scientific Conference  
for students and young scholars  
**«SCIENCE AND EDUCATION - 2016»**

2016 жыл 14 сәуір  
Астана

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

**Студенттер мен жас ғалымдардың  
«Ғылым және білім - 2016»  
атты XI Халықаралық ғылыми конференциясының  
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
XI Международной научной конференции  
студентов и молодых ученых  
«Наука и образование - 2016»**

**PROCEEDINGS  
of the XI International Scientific Conference  
for students and young scholars  
«Science and education - 2016»**

**2016 жыл 14 сәуір**

**Астана**

**ӘӨЖ 001:37(063)**

**КБЖ 72:74**

**F 96**

**F96** «Ғылым және білім – 2016» атты студенттер мен жас ғалымдардың XI Халық. ғыл. конф. = XI Межд. науч. конф. студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2016» = The XI International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education - 2016» . – Астана: <http://www.enu.kz/ru/nauka/nauka-i-obrazovanie/>, 2016. – .... б. (қазақша, орысша, ағылшынша).

**ISBN 978-9965-31-764-4**

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

**ӘӨЖ 001:37(063)**

**КБЖ 72:74**

**ISBN 978-9965-31-764-4**

©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия  
ұлттық университеті, 2016

болса, бұл жағдайда, айналу кезінде, оның энергиясы өзін және манипуляторды жоюға жеткілікті болуы мүмкін. Сонымен қатар, оның орнына төмен Жер орбитада кеңістікті жақсартуға әкелуі, басқа да екіталай үлкен санының қоқыс нысанды құруы болып табылады. Бұл жағдайда, әрине, идеясы қызықты, және техникалық жүзеге асыруы – тиімді.

#### **Қолданылған әдебиеттер тізімі**

1. Юфев С., Борьба с космическим мусором. [Электронный документ] (<http://oko-planet.su/science/scienceday/171818-borba-s-kosmicheskim-musorom.html>). 13.03.2013
2. Борьба с космическим мусором. [Электронный документ] (<http://inosmi.ru/world/20130425/208426899.html>) 2016.
3. [Электронный документ] <http://www.3dnews.ru/916819>

УДК 544.653.22

### **ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ОКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ**

**Әнуар Ғалымжан Амандықұлы**

*[galym\\_enu@mail.ru](mailto:galym_enu@mail.ru)*

Магистрант кафедры «Космическая техника и технологии»

ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Научный руководитель – Д. Ергалиев

В настоящее время в нашей стране идет формирование новой космической отрасли, удовлетворяющей потребностям экономики и общества. Создается специальное конструкторско-технологическое бюро космической техники со сборочно-испытательным комплексом космических аппаратов по сборке и испытаниям КА, которые позволят обеспечить участие Казахстана в создании отечественных спутников, а впоследствии разрабатывать и создавать спутниковые системы самостоятельно. Активно ведутся работы по созданию отечественных образцов космической техники и технологий, являющиеся приоритетными видами деятельности в космической отрасли. Для ряда деталей новой техники требуются покрытия, обладающие комплексом свойств: коррозионная стойкость в окислительной среде; повышенная твердость; способность отражать (поглощать) световое излучение и др. Поэтому становится актуальным исследование по разработке многофункциональных защитных покрытий для производства перспективной космической техники нового поколения.

В качестве конструкционных материалов в космической отрасли широко используются сплавы алюминия, титана, циркония, токопроводящие углеродные материалы. Поиск новых эффективных покрытий на детали машин аэрокосмического назначения идет непрерывно. В последнее время для получения защитных оксидных покрытий на алюминии и его сплавах широко используется метод, основанный на использовании явления анодного искрового разряда, известный также как микродуговое оксидирование (МДО) [1,2]. Микродуговое оксидирование (МДО) – электрохимический процесс модификации (окисления) поверхности вентильных металлов и их сплавов (оксиды которых, полученные электрохимическим путем, обладают униполярной проводимостью в системе металл-оксид-электролит, например сплавы Al, Mg, Ti, Zr, Nb, Ta и др.) в электролитной плазме с целью получения оксидных покрытий. Метод позволяет получать принципиально новые покрытия с уникальным комплексом свойств, характеризующиеся высокими эксплуатационными показателями [3,4].

Коррозионная стойкость алюминия и его сплавов зависит как от количества примесей или специально введенных в сплав добавок, так и от качества покрывающей его защитной

пленки. Легирующие присадки меди, кремния, марганца, никеля, кобальта, железа значительно улучшают механические свойства, но снижают коррозионную стойкость. Естественную оксидную пленку алюминия не считают достаточной для защиты основного металла (сплава) от коррозии, эту пленку искусственно утолщают и уплотняют в зависимости от требований, предъявляемых к изделиям [5].

Целью данной работы являлось формирование оксидных покрытий методом микродугового оксидирования при различных длительностях анодного импульса тока с целью определения возможности использования данных покрытий в качестве защитных.

#### **Методика эксперимента**

Образцы для нанесения оксидного покрытия изготавливали из алюминия марки А0 размером 2x2 см и толщиной 3 мм, площадь обрабатываемой поверхности составляла 8 см<sup>2</sup>. Формирование оксидного покрытия осуществляли в растворе электролита состава, г/л: Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>·12H<sub>2</sub>O - 40; Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>·10 H<sub>2</sub>O- 30; H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> - 20, NaF – 10. Электролит готовили на дистиллированной воде из реактивов марки "ч.д.а", "х.ч". Микродуговое оксидирование проводили на установке АО «Национальный центр космических исследований и технологий, которая состоит из импульсного источника питания, ванны из нержавеющей стали и системы крепления деталей. Катодом при процессе МДО являлся корпус ванны. Импульсный источник питания позволял получать импульсы напряжения прямоугольной трапецеидальной формы при частоте следования импульсов 50 Гц и плотности тока 114-130 А/дм<sup>2</sup>, напряжении 300В.

Оксид-фторопластовые покрытия получали погружением подогретых до температуры 30-40<sup>0</sup>С образцов с оксидным покрытием в раствор фторопласта Ф-32 и последующей сушкой при комнатной температуре или в сушильном шкафу при температуре 180-200<sup>0</sup>С в течение 10-15 минут.

Для оценки коррозионных свойств полученных покрытий по ГОСТ 9.302-88 и 9.031-74 "Единая система защиты от коррозии и старения" были использованы методы, основанные на разрушении оксидных покрытий под действием испытательных растворов. В одном случае при проведении контроля защитных свойств оксидных покрытий, на поверхность образца наносили 2-4 капли раствора, выдерживали в течение времени, 1-50 минут, и наблюдали за изменением цвета капли. В другом случае образцы с покрытием периодически погружались в испытательный раствор при температуре от 20 до 25 <sup>0</sup>С, по циклу: 10 мин в растворе, 50 мин на воздухе. Продолжительность испытаний устанавливали в зависимости от толщины полученных оксидных покрытий. В качестве испытательных растворов применялись: 1) кислота соляная-250 см<sup>3</sup>/дм<sup>3</sup> (плотностью 1,19 г/см<sup>3</sup>), калий двуххромовокислый-30 г/дм<sup>3</sup>; 2) раствор хлористого натрия 5%, хлорной меди-0,3г, доведенный до рН=3,3-3,5 уксусной кислотой. Критериями разрушения оксидных покрытий согласно ГОСТ считалось: 1) появление очагов коррозии на поверхности покрытия, изменение цвета капли испытательного раствора; 2) появление очагов коррозии и контактное выделение меди на поверхности покрытия.

Толщину покрытий определяли на толщиномере QuaNix-1500. Толщину рассчитывали как среднее из 15 измерений, с обеих сторон образца.

Общую пористость покрытия находили по данным анализа микрофотографий исследуемых образцов, полученных на растровом электронном микроскопе ISM – 84 по методике С.А. Салтыкова [6], пользуясь методами планиметрии, секущих и точек, как отношение площади изображения пор F<sub>п</sub> к общей площади участка наблюдения F: П=F<sub>п</sub>/F·100 %. Абсолютная погрешность измерения диаметра пор составляет ± 0.01мкм. Относительная погрешность методики измерения пористости 5 %.

#### **Обсуждение результатов**

Коррозионная стойкость оксидного покрытия определяется химической инертностью самого покрытия, его равномерностью и сквозной пористостью. Как известно при прохождении электрического тока через границу раздела электрод-раствор на поверхности металла возникают локальные микроплазменные разряды. Под их воздействием происходит

формирование и изменение структуры образованной оксидной пленки. И, как правило, в местах искрения на поверхности образуются поры. В результате сформированные оксидные покрытия обладают различной пористостью, которая зависит от режимов формирования и состава электролита [7]. Значения пористости толщина покрытий, полученных при различных длительностях анодного импульса тока, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Поверхностная пористость оксидных покрытий

№	Длительность анодного импульса тока, мкс	Толщина покрытия, мкм	Пористость $\Delta S$ , %
1	50	8	6,4
2	100	11	11,7
3	150	20	5,5
4	200	27	8,7

Морфология поверхности оксидного покрытия, полученного при длительности анодного импульса тока 50 мкс, показал, что формирование основного наружного функционального слоя является не завершенным, образование покрытия идет островками. При этом наблюдается образование значительного количества пор округлой формы на единицу площади поверхности. Поры имеют сквозной характер, поэтому данный образец не подвергали испытаниям.

Проведенные коррозионные испытания (ГОСТ 9.302-88 и 9.031-74) показали, что на образце с покрытием, полученного при длительности анодного импульса тока 100 мкс, происходит изменение цвета капли испытательного раствора и на поверхности покрытия выделяется контактная медь в местах расположения пор (таблица 2), что говорит о низких защитных свойствах покрытия.

Покрытие, полученное при длительности импульса 100 мкс, обладает наибольшей пористостью. В том и другом случае испытательные растворы через поры проникают к подложке материала и коррозионное воздействие начинается на дне поры, в результате чего изменяется цвет капли испытательного раствора и выделяется контактная медь.

Морфология покрытий, полученных при длительности 150-200 мкс, показал, что с ростом толщины покрытия мелкие поры зарастиваются, количество пор уменьшается. Так как цвет капли не менялся и контактная медь не выделялась, то видимо с ростом толщины покрытия поры становятся замкнутыми.

Таблица 2 - Результаты коррозионных испытаний методом капли

Вид обработки сплава	Длительность анодного импульса тока, мкс	Результаты испытания
Микродуговое оксидирование	100	Цвет капли изменился, защитные свойства не удовлетворительные
	150	Цвет капли не изменился.
	200	Покрытия коррозионностойкие.

Для увеличения коррозионной стойкости покрытия и уменьшения пористости, образец, полученный при длительности анодного импульса 100 мкс, обработали в растворе фторопласта. При этом формировали 3 слоя полимера. Полученные таким образом оксид-фторопластовые покрытия испытывали в тех же условиях. Результаты испытаний показали, что коррозионные свойства покрытий значительно улучшились, цвет капли не менялся, контактная медь не выделялась.

Как отмечалось ранее, сформированные оксидные покрытия обладают различной пористостью. С одной стороны увеличение пористости приводит к ухудшению

коррозионных свойств покрытия, с другой стороны, в поры покрытия можно вводить полимерные материалы, тем самым улучшая коррозионные свойства покрытия.

#### **Заключение**

Таким образом, в режиме микродугового оксидирования получены оксидные покрытия, обладающие защитными свойствами. Показано, что для улучшения защитных свойств в поры покрытия можно вводит полимер, который уменьшает пористость покрытия.

#### **Список использованных источников**

1. Криштал М. М., Ивашин П. В., Павлов Д. А., Полуниин А. В. О первичной оценке воздействия температурных перепадов на механические свойства защитного оксидного слоя, полученного микродуговым оксидирование, на сплаве АК9 // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. 2011. № 5 (29). С. 138-14.
2. Рамазанова Ж.М. Исследование влияния режимов микроплазменных процессов на физико-механические свойства листового алюминия, Материалы 9 международной научной конференции «Физика твердого тела» 25-27 мая, г. Караганда, 2006. С.26-28.
3. Мамаев А.И., Дорофеева Т.И., Емельянова Е.Ю., Мамаева В.А., Будницкая Ю.Ю. Исследование свойств слоистых наноструктурных неметаллических неорганических покрытий, сформированных при локализации высокоэнергетических потоков на границе раздела фаз // Известия вузов. Физика. 2012. Том 55. № 7/2. С. 107-115.
4. Суминов И.В., Эпельфельд А.В., Людин В.Б. и др. Микродуговое оксидирование (теория, технология, оборудование). - М.: ЭКОМЕТ, 2005, 368 с.
5. Лайнер В.И. Защитные покрытия металлов. - М.: Metallургия, 1974, 560 с.
6. Салтыков С.А. Стереометрическая металлография. - М.: Metallургия, 1970, 375 с.
7. Рамазанова Ж.М., Получение тонкослойного оксидного покрытия с квазипериодическим расположением пор // Международная конференция «Космос на благо человечества – взгляд в будущее» 6-7 января, Астана, 2011. С. 137-138.

УДК 535.373.2

### **МЕТОДЫ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОЙ ЗАЩИТЫ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА**

**Базар К.С.**

[kuan@ya.ru](mailto:kuan@ya.ru)

Магистрант кафедры космической техники и технологии  
ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан  
Научный руководитель – А. Тулегулов

Под системой управления полетом космического аппарата (КА) понимается определение текущего и прогнозируемого положения КА в пространстве, проведение анализа соответствия его фактического движения поставленным целям и задачам полета, выработка рекомендаций по навигации КА в рамках решаемых задач, обеспечение систем и служб, участвующих в управлении полетом, требуемой информацией на вхождение в связь с КА, проведение маневров, экспериментов, спуска и пр.

На этапах проектирования, подготовки и выполнения полета навигационно-баллистическое обеспечение решает комплекс задач, который условно можно разделить на три группы.

I группа – задачи оптимального планирования полета:

- выбор номинальной орбиты выведения КА;
- выбор времени старта ракеты-носителя, обеспечивающего наилучшие условия полета и возвращения на Землю;