

РАЗРАБОТКА АНТИЭРОЗИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ СИЛОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Алякрецкий Р. В., Раводина Д. В., Трушкина Т. В., Вахтеев Е. В., Алексеева Е. Г.
Сибирский государственный аэрокосмический университет
им. академика М. Ф. Решетнева, г. Красноярск, Красноярский край, Россия

Для обеспечения функционирования космического аппарата (КА) в течение всего срока активного существования (САС) изделия необходимо, чтобы деградация ряда параметров аппаратуры и систем в процессе эксплуатации не приводила к нарушению его целевого использования. Ужесточение требований по массе, энерговооруженности, и повышение требований к ресурсу и надежности КА приводят к уплотнению его компоновочной схемы. Как следствие, возрастает эрозионное воздействие стационарных плазменных двигателей (СПД), используемых в качестве двигателей коррекции, на материалы элементов конструкции КА.

Эрозионное воздействие плазменных струй СПД, заключающееся в уносе материала конструкции в результате длительной бомбардировки ионами газа, приводит к уменьшению их толщины и к загрязнению внешних поверхностей КА продуктами распыления. Основной характеристикой данного вида воздействия является глубина эрозии, т.е. толщина распыленного слоя.

Еще одно негативное воздействие плазменных струй СПД проявляется с эрозией электропроводящего слоя (ПЭП) с терморегулирующих покрытий КА, что приводит к накоплению статического заряда и возникновению электропробоев на поверхности КА.

Таким образом, с целью повышения качества изготовления изделий космической техники необходимы разработка и применение на критических поверхностях КА покрытий с повышенной стойкостью к эрозионному воздействию плазмы СПД.

Проведенный предварительный анализ показал, что к веществам, обладающим высокой стойкостью к воздействию струи плазмы инертных газов (аргона, ксенона), относится оксид алюминия (Al_2O_3). Оценочные расчеты показывают, что необходимая толщина защитного покрытия из Al_2O_3 для активного существования КА 15 лет должна быть не менее 30 мкм.

В данной работе предлагается защищать элементы конструкции КА попадающие под действие плазмы СПД тонкой (до 100 мкм) алюминиевой фольгой с покрытием из оксида алюминия толщиной до 30 мкм, нанесенного микродуговым оксидированием (МДО), что приемлемо и по весовым характеристикам. На конструкции КА, изготовленных из алюминиевых сплавов, покрытия могут наноситься непосредственно на защищаемые поверхности.

Покрытия наносились на установке ИАТ-Т, источник питания которой позволяет осуществлять независимую регулировку анодной и катодной составляющих тока, и одновременно стабилизировать средние величины этих токов, что существенно упрощает проведение процесса МДО и ведет к улучшению качества получаемых покрытий. Источник имеет следующие технические характеристики: диапазон регулируемых напряжений – (0-800 В); диапазон регулируемых токов – (0-120) А/дм²; погрешность стабилизации тока до 5%.

В качестве подложки использовались образцы фольги АД размерами 160x130 мм и толщиной 100 мкм. Микродуговое оксидирование образцов проводили в слабощелочных водных электролитах различных составов.

Покрытия формировали при соотношении I_k / I_a от 0,6 до 1,4, плотностях тока в диапазоне от 10 до 40 А/дм², продолжительность обработки составляла 10-60 мин.

Для проведения испытаний защитных покрытий на воздействие факторов хранения и эксплуатации были изготовлены образцы защитного покрытия на алюминиевой фольге АД по ГОСТ 4784 74 микродуговым оксидированием поверхности. Размер образцов 100x100 мм.

На образцах были проведены следующие виды испытаний:

- циклическое сгибание на диаметре 20 мм;
- ускоренные климатические испытания (УКИ);
- радиационное воздействие;
- термоциклирование.

Проведенные исследования полученных образцов показали, что после воздействия плазмы у образцов алюминиевой фольги с микродуговым оксидированием поверхности внешний вид остался без изменений. Максимально изменились масса и толщина у образцов полиамидной пленки. Образцы МДО потеряли массу большую, чем образцы алюминиевой фольги, это можно объяснить некоторой гигроскопичностью МДО покрытий. Толщина покрытий практически не изменилась. Исследования показали, что покрытия полученные методом МДО, могут быть использованы в качестве защитных покрытий на КА.