

УДК 621.793

## ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЛЕНОЧНЫХ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВАКУУМНЫХ МЕТОДОВ ГЕРМЕТИЗАЦИИ

Небога К. В., Гиорбелидзе М. Г., Зотов Е. А.

Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва, г. Самара

Одним из важных направлений производственной деятельности является уменьшение массы космических аппаратов и ракет-носителей (РН) [1]. Снижение массы РН позволяет увеличивать массу полезной нагрузки, выводимой в космическое пространство. Одним из методов решения данной задачи является конструктивное изменение компоновки РН и технологическое совершенствование изготовления составных частей с применением новых материалов и методов нанесения покрытий. Решение ряда таких задач связано с повышением эффективности системы активного терморегулирования за счет использования комбинации тепловых труб и пленочных электронагревателей (ПЭН), что даёт значительные преимущества по массе и точности по сравнению с рядом других систем.

В процессе изготовления пленочных электронагревателей из полимерной плёнки с металлизированным покрытием, возникает ряд проблем, связанных с качеством и надежностью данных изделий [2-7]. В настоящее время в процессе изготовления ПЭН выявляется большое количество замечаний, связанных с попаданием посторонних частиц между слоями пленки. Это происходит из-за высокой степени наэлектризованности пленки и дефектов завода изготовителя. Наличие таких частиц приводит к ускоренному прогару металлизированного покрытия и самой пленки, а также может привести к короткому замыканию на этапе приемо-сдаточных испытаний. В связи с наличием данных проблем предлагается разработать технологический процесс получения пленки на основе полипараксилилена.

Для разработки новых ПЭН необходимо провести дополнительные исследования шероховатости покрытия и возможности нанесения на него металлизированного покрытия, проверить адгезию металлизированного слоя на полипараксилилене. Для этого необходимо подобрать материал, при осаждении на котором полипараксилилен будет иметь наименьшую адгезию, но позволит формировать пленку как готовую подложку для металлизации без применения других резистивных подложек. ПЭН на основе пленок из полипараксилилена и последующей герметизацией этим же материалом будут представлять собой совершенно новый образец с улучшенными характеристиками и с большим ресурсом эксплуатации.

### Библиографический список

1. Барвинок, В.А. Современные технологии в авиа- и ракетостроении: учебник для студентов высших учебных заведений [текст] / В.А. Барвинок, В.И. Богданович, С.Г. Дементьев, А.Н. Кирилин, Ю.С. Клочков, Г.А. Кулаков, В.К. Моисеев, А.И. Пекарш, С.Г. Рыжаков, В.И. Шпорт. Под ред. Чл.-корр. РАН В.А. Барвинка – М.: Машиностроение, 2014. – 320 с.
2. Барвинок, В.А. Физические основы и математическое моделирование процессов вакуумного ионно-плазменного напыления [текст] / В.А. Барвинок, В.И. Богданович. – М.: Машиностроение, 1999. – 309 с.

3. Богданович, В.И. Оптимизация термического цикла нагрева тонкоплёночного полимера при получении наноструктурных ионно-плазменных покрытий [текст] / В.И. Богданович, В.А. Барвинок, В.Г. Небога, А.Н. Асмолов, М.Г. Гиорбелидзе, Г.З. Бунова, Е.В. Еськина // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2013. – №4. – С. 221 – 226.
4. Богданович, В.И. Математическое моделирование нагрева тонкоплёночных полимеров при их циклической ионно-плазменной металлизации [текст] / В.И. Богданович, В.А. Барвинок, В.Г. Небога, А.Н. Асмолов, В.И. Фролов, М.Г. Гиорбелидзе // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. – 2012. – Том 14. – № 6. – С. 221 – 226.
5. Bogdanovich, V.I. Enhancing thermal barrier coatings performance through reinforcement of ceramic topcoat [текст] / V.I. Bogdanovich, M.G. Giorbelidze // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – 2016. – Vol. 156. – №1 – article number 012016.
6. Ноженков, М.В. Структура и свойства вакуумных ионно-плазменных покрытий / М.В. Ноженков // Поверхность. – 2014. – № 1. – с. 54 – 63.