

УДК 629.7.02:67.02

Разработка технологии изготовления панелей активного типа для защиты космических аппаратов от воздействия частиц космического мусора

Жилин Егор Олегович

jilinegor@yandex.ru

Ермакович Никита Ильич

nik.yermakovich@mail.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Представлена технология изготовления композитных панелей активного типа для защиты космических аппаратов от высокоскоростного воздействия частиц космического мусора. При этом использован метод на основе вакуумной инфузии с применением позиционирующей сетки, магнитного прижима, вибрационного воздействия и двойного вакуумного мешка. Показана возможность формирования углепластика с равномерно внедренными стеклянными сферами. Выполненный рентгеноконтроль структуры изготовленного образца показал возможность использования разработанной технологии для производства защитных бамперов из композитных материалов.

Ключевые слова: космический мусор, активная защита космических аппаратов, композит с внедренными элементами, вакуумная инфузия, технология изготовления, композитные защитные экраны

Введение. Количество космического мусора растет с каждым годом, и согласно известным прогнозам будет увеличиваться и в будущем [1, 2]. Таким образом, остро стоит вопрос повышения надежности защиты космических аппаратов от воздействия частиц космического мусора. Высокую эффективность показывают защитные бамперы с внедренными активными элементами [3]. За счет сгорания материала бампера его защитные свойства могуткратно расти по сравнению с аналогичными по массе защитными экранами без активных элементов. Перспективным представляется создание экранов активного типа на основе композитных материалов, разработка технологии производства подобных конструкций является предметом представленного исследования.

Методы и материалы; результаты. Для изготовления заданной конструкции был применен ряд методов, позволивших обеспечить широкую вариативность применяемых материалов и конструкторских решений. Был выбран метод вакуумной инфузии, как наиболее эффективный метод для изготовления представленной конструкции, отличающийся относительной простотой и дешевизной производства. При этом пропитка ткани совместно с внедряемыми элементами позволяет обеспечить однородность конструкции. Также применение низкотемпературных связующих позволяет в перспективе использовать более широкий перечень как альтернативных составов активных элементов, так и применить иные ткани без принципиального изменения технологического процесса. Для задания структуры была применена сетка с раз-

мером ячейки равным целевому размеру элемента (1 мм). Возможность аддитивного изготовления сетки с требуемыми параметрами позволяет варьировать расположение элементов в широком диапазоне. Поверхность, на которую укладываются сферы, обрабатывалась эпоксидным клеем, растворяющимся в связующем, что позволило фиксировать элементы без влияния на качество готового изделия. Для более надежной фиксации и прижима сетки использовалась фиксация магнитными прижимами, что позволило улучшить равномерность укладки элементов. При распределении элементов через сетку к изделию прикладывалось вибрационное воздействие, что также улучшило итоговую структуру. Применен метод двойного вакуумного мешка, для более равномерной пропитки и недопущения вымывания элементов [4].

Заключение. На данном этапе изготовлен образец из углепластика с внедренными стеклянными сферами в качестве имитатора. Элементы укладывались по сетке, расстояние между элементами порядка 0,6 мм. Использовалась укладка слоев ткани 0–90 с целью уменьшения коробления образца. Несмотря на дефекты в структуре расположения внедренных элементов, выявленные рентгеноконтролем, разработанная и представленная технология показала свою эффективность

Список источников

- [1] Назаренко А.И. *Моделирование космического мусора*. Москва, ИКИ РАН, 2013, 216 с.
- [2] ГОСТ Р 25645.167–2022. *Космическая среда (естественная и искусственная). Модель пространственно-временного распределения плотности потоков техногенного вещества в околоземном космическом пространстве*. Москва, Стандартиформ, 2022.
- [3] Колпаков В.И., Фёдоров С.В., Виноградова Е.П. Анализ стойкости защитных конструкций космических аппаратов к высокоскоростному воздействию алюминиевых частиц орбитального мусора. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2024, № 3 (147). <https://doi.org/10.18698/2308-6033-2024-3-2344>
- [4] Хрульков А.В., Донецкий К.И., Усачева М.Н., Горянский А.Н. Методы инфузии для изготовления полимерных композиционных материалов (обзор). Ч. 2. *Труды ВИАМ*, 2022, № 7 (113). <https://doi.org/10.18577/2307-6046-2022-0-7-50-62>