

ОТРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ ПОЛИМЕРНЫМ КОМПОЗИЦИОННЫМ МАТЕРИАЛОМ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОСМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Юркина В.А.^{1,a}, Батрагин А.В.¹, Клименов В.А.¹

¹ Томский политехнический университет, г. Томск, Российская Федерация

^a yurkinavarvara@yandex.ru

В космическом авиастроении использование таких свойств композитов, как высокой удельной прочностью, стойкости к воздействию высоких температур, магнитных волн, радиации, стойкости к вибрационным нагрузкам и малым удельным весом позволяет снизить вес конечных изделий, уменьшить расход горючего, повысить безопасность полётов, сократить эксплуатационные расходы [1,2,3].

В данной работе представлены результаты экспериментов, направленные на изучение влияния космических факторов на конструкции космических аппаратов, выполненных из композитных материалов методом аддитивных технологий. В качестве материала для исследования был выбран полиэфирэфиркетон (РЕЕК) наполненный 30% рубленым стекловолокном. Данная модификация идеально подходит для структурных частей, требующих повышенной прочности, жесткости и стабильности размеров, особенно при высоких температурах.

Выполнили цифровую 3D-модель образцов для трехмерной печати. Для трехмерной печати использован 3D – принтер композиционных полимерных материалов, изображенный на рисунке 1, разработанный НИ «Томским политехническим университетом», научно-производственной лабораторией «Современные производственные технологии».

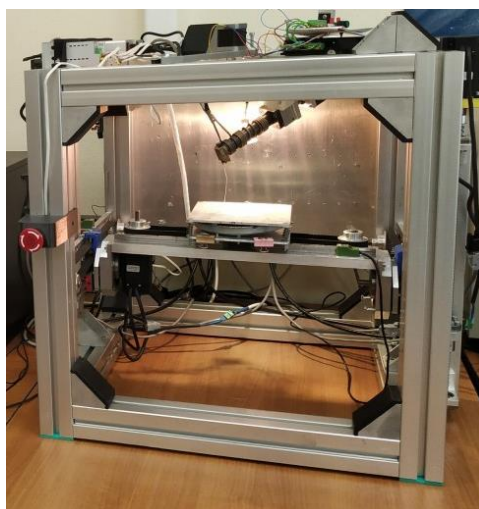


Рисунок 1. Принтер композиционных полимерных материалов

В процессе исследования проводилось изучение композиционного материала из полимеров для космических аппаратов. По результатам полученных образцов провели томографический анализ и исследовали влияние космических факторов [4], а именно облучение импульсным электронным ускорителем на прочностные свойства образцов.

Испытания воздействия облучения проводились в импульсном электронном ускорителе АСТРА-М с кинетической энергией электронов 0,3-0,5 МэВ, способный инжектировать импульсный (100 нс) электронный пучок в атмосферу с частотой до 100 имп./с при средней мощности пучка 1 кВт. Произведена настройка всех показателей ускорителя для эксперимента.

Произведены испытания для сравнения прочностных свойств образцов. Сравнили насколько изменились механические свойства после воздействия испытаний.

Таблица 1. Результаты измерений образцов на растяжение после 3D-печати

Данные образцов после 3D-печати							
	L1	B1	B2	D	Максимальная нагрузка, Н	Прочность при растяжении МПа	Относительное удлинение при растяжении, %
1	80,6	12	6,5	4,5	2042,25	69,82	3,65
2	80,8	12	5,2	4,2	1635,89	74,90	2,6
3	81	12	6,28	4,65	2211,84	76,11	3,48
						73,61±1,34	3,24±0,56

Таблица 2. Результаты измерений образцов на растяжение после воздействия импульсной электронной установки

Данные образцов после воздействия низкой температуры							
	L1	B1	B2	D	Максимальная нагрузка, Н	Прочность при растяжении МПа	Относительное удлинение при растяжении, %
4	79,8	12	6,38	4,48	2090,02	73,12	3,2
5	80,5	11	5,65	4,3	1544,02	63,55	2,61
						68,34±1,77	2,88±0,41

Полученные результаты показали, что прочностные свойства образцов после влияния космических факторов незначительны.

Томографический анализ показал, что после облучения структурных изменений в образцах не наблюдается. Для определения степени кристалличности образцов провели дифференциальную сканирующую калориметрию. У исследуемого материала после облучения кристалличность не изменилась.

В ходе исследования были обнаружены лишь незначительные изменения свойств материала. Данный материал, может применяться для космических аппаратов с малым сроком службы без учета старения. Поведение материала при более длительном воздействии космических факторов требует дальнейшего изучения.

Список литературы

1. Kutz M. (ed.). Applied plastics engineering handbook: processing and materials. – William Andrew, 2011.
2. Каблов Е. Н. и др. Свойства полимерных композиционных материалов после воздействия открытого космоса на околоземных орбитах //Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2012. – №. 11. – С. 2-16.
3. В.В. Федоров, А.Н. Яковлев, К.С. Костиков, А.Г. Чернявский, Д.А. Дерусова, В.А.Клименов. Опыт создания первого российского спутника, с использованием технологии 3D- печати. 2017.
4. Saif M. J. et al. Irradiation applications for polymer nano-composites: A state-of-the-art review //Journal of industrial and engineering chemistry. – 2018. – Т. 60. – С. 218-236.