**Разработка и исследование полимер-керамических композиционных материалов для аддитивных технологий**

***Добрица И.И.1,2***

*Студент, 1 курс магистратуры*

*1Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», институт новых материалов и нанотехнологий, Москва, Россия*

*2ФГБУ Всероссийский научно-исследовательский и проектный институт и тугоплавких металлов твердых сплавов*

*E-mail: vania\_q@mail.ru*

Аддитивные технологии являются крайне перспективным методом изготовления изделий, применяемых во многих областях техники: ракетостроение, авиастроение, машиностроение и др. Обусловлено это большей экономической эффективностью метода, по сравнению с субтрактивными технологиями. Аддитивные методы позволяют изготовлять изделия с высокой точностью, уменьшая необходимость постобработки. К данным методам относятся: фотополимерная печать (SLA, LCD) [1], селективное лазерное спекание (SLS) и плавление (SLM) [2], многоструйное моделирование (MJM) и многие другие. Однако данные методы требуют дорогостоящего оборудования. С другой стороны, существует метод послойного наплавления FDM (Fused Deposition Modeling), позволяющий изготавливать изделия с применением более экономичного и простого оборудования. Преимуществом этого метода является возможность печати композиционными материалами, в том числе и полимер-керамическими композициями, что открывает широкие перспективы применения метода в авиа- и ракетостроении.

В работе представлены результаты исследования и получения смесей полимерных порошков и армирующих дисперсных и дискретных частиц: B4C, Al2O3, HfO2 (как нанодисперсного, так и микродисперсного), УНВ и графена и полимерных порошков PLA, PETG и ABS. Добавление армирующих частиц осуществляли в количестве 10 и 30 % по объему.

В ходе исследования было произведено смешивание компонентов в шаровой мельнице с применением стальных шаров (⌀9.5 мм по ГОСТ 3722-2014) для более равномерного смешивания. Наибольшая эффективность смешивания карбида бора достигается при соотношении масс и тел 1:4 и смешивании в течение 120 минут для пластика PETG. В остальных случаях (PETG, ABS) достаточными являются время, равное 100 минутам при том же соотношении.

По итогам исследования были изготовлены полимер-керамические композиционные прутки для FDM печати. Изготовление производили на экструдере при температуре 230 °C с предварительной выдержкой смеси в течение 15 минут для составов PETG + 10 % частиц и температуре 230 °C с выдержкой в 20 минут для составов PETG + 30 % частиц. В случае смесей PLA режимы составили 180 °C при выдержке 15 для смеси 10 % по объему и 185 °C при выдержке 20 минут для смеси и 30 % по объему.

Представленные результаты являются первым этапом работы, посвященной разработке полимер-керамического композиционного материала для изготовления теплозащитных элементов метеорологических ракет-носителей методом FDM печати. В дальнейшем планируются эксперименты по созданию многокомпонентных составов с несколькими армирующими фазами.

*Благодарность в проведении работы выражается Еремину С.А., Аникину В.Н.*

**Литература**

1. Смирнов С.В., Оболкина Т.О., Гольдберг М.А., Антонова О.С., Титов Д.Д. Разработка и исследования композиционных составов полимер-керамика для 3D-печати методом стериолитографии // Труды Кольского научного центра РАН. С.329-332.

2. Высоцкий А.А. SLM-печать в двигателестроении // Актуальные проблемы космонавтики – 2016. Том 1. Секция «Двигатели и энергетические установки летательных аппаратов». С. 188-189.