

УДК 678.5

Исследование реологических свойств полимерных материалов в производстве изделий ракетно-космической техники с использованием аддитивных технологий

Васильева Татьяна Владимировна

vasilievatv@bmstu.ru

SPIN-код: 2279-0839

Григорьев Петр Михайлович

petr.peter03@yandex.ru

Шайда Иван Юрьевич^(*)

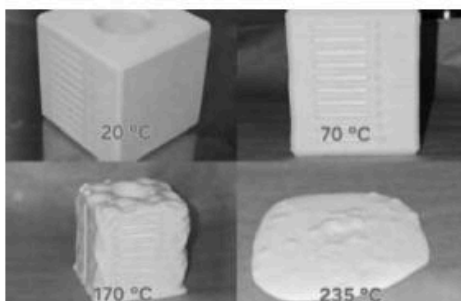
ivanschaida@yandex.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрено влияние температурных режимов на геометрическую стабильность и механическую прочность четырех полимерных материалов (ABS, PLA, PETG, стандартная фотополимерная смола), используемых при аддитивном производстве мастер-моделей и элементов крепежа ракетно-космической техники (РКТ). Проведены термические испытания образцов в лабораторной печи и определено изменение размеров, визуальные признаки размягчения и потери формы. Испытаны три метода внедрения металлической гайки. По результатам экспериментов сделаны выводы.

Ключевые слова: аддитивные технологии, полимеры, термостойкость, фотополимер

Введение. Развитие аддитивных технологий требует подбора материалов, характерных для изготовления мастер-моделей и функциональных элементов ракетно-космической техники [1, 2]. Актуальной задачей является оценка термостойкости и технологичности наиболее распространенных полимеров, а также определение оптимальных методов внедрения металлических элементов в крепежные детали, предназначенные для сборки ферменной композитной конструкции разгонного блока [3].



Процесс расплавления образца из PLA

Методы и материалы; результаты. Испытаны материалы: PLA, ABS, PETG, фотополимерная смола. Образцы-кубики 50×50×50 мм нагревались ступенчато от 50 °C до температуры разрушения с выдержкой 10 мин на каж-

дом этапе. На протяжении всего эксперимента фиксировались размеры, до наступления фазы активного разрушения полимера, а также визуальные изменения. Процесс испытания образца из полимера PLA представлен на рисунке. Вторая часть включала внедрение металлической гайки тремя методами: 1) вставка при паузе печати; 2) вплавка нагретой гайки вдоль слоев; 3) вплавка нагретой гайки поперек слоев. Испытание на прочность соединений проводилось путем косвенного приложения нагрузки на резьбовое соединение с помощью динамометрического ключа. Результаты испытаний представлены в таблице.

Результаты термических и механических испытаний

Материал	Температура размягчения, °C	Размеры при температуре размягчения, мм, ±1	Время разрушения образца, мин	Температура расплавления, °C	Пригодность для изготовления узлов крепления
PLA	75	46,5×46,5×54,3	7	235	Хорошая
ABS	120	49,8×51×50,4	15	240	Наилучшая
PETG	95	51×51,1×51,7	8	235	Хорошая
Фотополимерная смола	55	51,8×49,7×50	15	190	Непригоден

Выводы. Исследование показало, что для изготовления мастер-моделей наиболее пригодны PLA и PETG. Для узла крепления необходимо использовать ABS и метод вплавки гайки вдоль слоев, что обеспечивает наилучшее сочетание прочности и технологичности. Фотополимерную смолу целесообразно использовать для низкотемпературных или демонстрационных задач из-за низкой температуры размягчения, наименьшей усадкой материала, а также лучшим качеством поверхности. Полученные результаты могут быть использованы при совершенствовании технологий литья и сборки изделий РКТ.

Список источников

- [1] Шумейко И.А., Зайченко Н.О. Анализ пластмасс при их выборе для 3D-печати модели ветроэнергетической установки. *Universum: технические науки*, 2021, № 3–1 (84).
- [2] Герфанов А.А., Припадчев А.Д. Применение аддитивных технологий с использованием метода литья по выплавляемым моделям. *Научный Лидер*, 2024, № 19 (169). URL: <https://scilead.ru/article/6437-primenenie-additivnikh-tekhnologij-s-ispolzov> (дата обращения 11.11.2025).
- [3] Говоров И.С., Потапов А.А., Веневцев А.Ю. Исследование физико-механических свойств образцов после FDM-печати. *Известия ТулГУ. Технические науки*, 2023, № 11, с. 446–450.