

А. Г. Любимов, доц., канд. техн. наук;
О. М. Касперович, доц., канд. техн. наук;
А. Ф. Петрушеня, ст. преп., канд. техн. наук;
Л. А. Ленартович, ассистент, канд. техн. наук;
Авраменко Н. А., студ. (БГТУ г. Минск);
Г. В. Горохов, мл. науч. сотр. (НИИ Ядерных проблем БГУ)

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ 3D ПЕЧАТИ И ИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА В СВЧ ДИАПАЗОНЕ

Получение материалов с заданными электромагнитными свойствами, пригодных для 3D-печати является важной задачей современного материаловедения и физики твердого тела. Углеродные включения различной морфологии: углеродные нанотрубки, графеновые нанопластинки, углеродные волокна, технический углерод и др. хорошо зарекомендовали себя в качестве наполнителей при изготовлении полимерных композиционных материалов.

При использовании технического углерода, проводимость материала напрямую зависит от качества смешения наполнителя с матрицей полимера. Ключевую роль здесь играет высокий процент наполнения термопласта благодаря чему проводимость может осуществляться как через перколяционный слой, так и через туннельный эффект [1]. Применение таких материалов в области 3D-печати открывает новые возможности для создания прототипов, производство персонализированных деталей и узлов любой конфигурации. Ранее проведенные исследования [2] показали, что углеродные микроволокна можно ввести не более 10 мас.%, с дальнейшим повышением содержания волокна начинает идти нестабильно процесс экструзии: обрыв прутка, пульсации расплава.

Целью данной работы было исследование поглощения СВЧ излучения экранирующими элементами в виде решетки Эшби. Материалы: PLA 20A-30-МК (ПТР 14 г/10 мин), технический углерод марки №121 (ОмскКарбонГрупп). Филаменты получали методом смешения в расплаве на двухшнековом экструдере в несколько стадий: получение компаунда, получение филамента из компаунда. Рекомендуется вести процесс при давлении выше 6 бар, поскольку в этом случае гарантированно отсутствуют пульсации расплава. Были получены филаменты с содержанием 10 и 25 мас.%. На рисунке 1 представлены изображения филамента с содержанием 10 мас.% техуглерода.

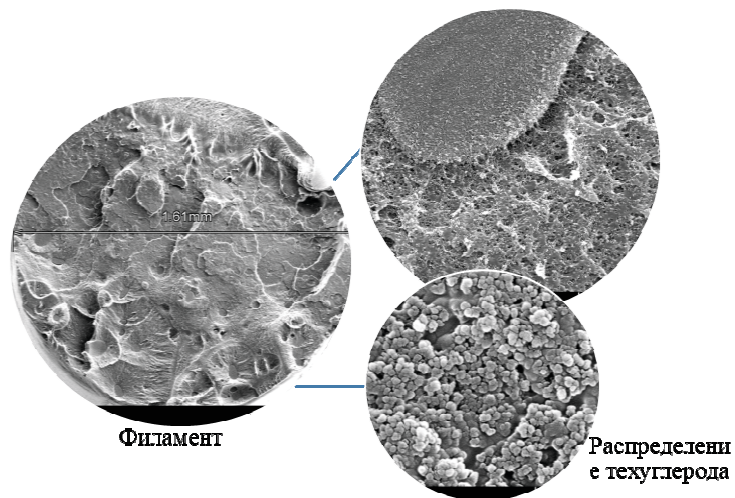


Рисунок 1 - Структура полученного филамента

В работе [3] описываются различные структуры и способность их поглощать электромагнитное излучение в СВЧ диапазоне, авторы приходят к выводу что монолитные структуры неэффективны поскольку имеют большую массу и меньшее поглощение. Использование гофрированных композитов позволяет увеличить коэффициент поглощения, а также снизить массу композита (на 28% в рассматриваемом композите), что, например, особенно важно в авиастроении. Структуры в виде решеток Эшби еще легче, и более подходят для СВЧ диапазона. В структуру описанную в работе [4] были внесены изменения: для придания устойчивости модели при печати часть стенок была сделана монолитной. Это связано с ограничениями технологии FDM. Структура экранирующих элементов представлена на рисунке

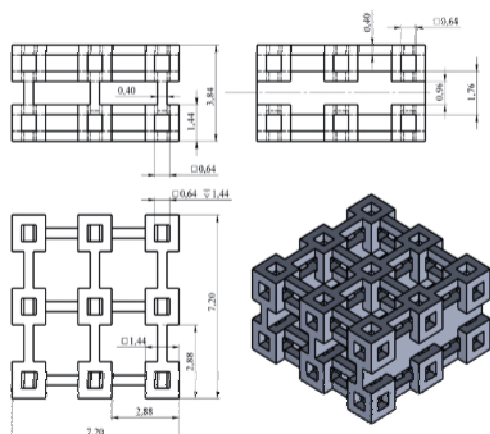


Рисунок 2 – Структура экранирующего элемента

2. Параметры печати: диаметр сопла 0,4 мм; высота слоя 0,1 мм; ширина слоя – 0,35 мм; скорость печати 10 мм/с; откат материала отключен; печать без подложки; скорость экструзии PLA – 110%; температура экструдера – 215°C; температура стола PLA – 40°C; температура камеры PLA – 30°C. Филамент PLA 20A-30-МК+25 % технического углерода оказалось невозможно использовать поскольку он

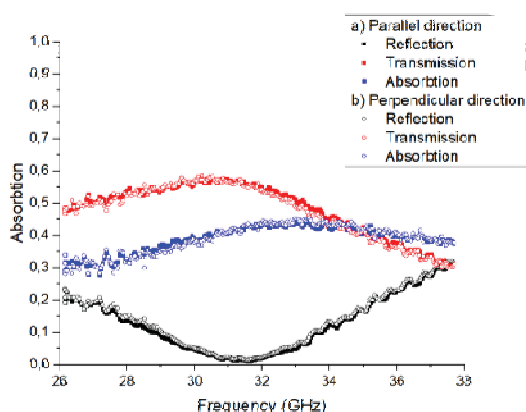


Рисунок 3 – Результаты измерений экранирующего элемента в СВЧ диапазоне

Таким образом разработана технология получения композитов на основе полилактида с наноструктурированными углеродными включениями, обеспечивающая равномерное распределение наночастиц в полимере, что подтверждается результатами электронной микроскопии, и результатами измерения электромагнитного отклика в СВЧ диапазоне.

ЛИТЕРАТУРА

1. D S. J. Leigh, R. J. Bradley, C. P. Purcell, D. R. Billson, and D. A. Hutchins, “A Simple, Low-Cost Conductive Composite Material for 3D Printing of Electronic Sensors,” *PLoS One*, vol. 7, №. 11, pp. 1–6, 2012.
2. Материалы для 3D печати и их электромагнитные свойства в СВЧ диапазоне / А. Г. Любимов [и др.] // Технология органических веществ : материалы докладов 83-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 4-15 февраля 2019 г. - Минск : БГТУ, 2019. – С. 47-48.
3. Быченок Д.С. и др. Поглотители СВЧ излучения на основе гофрированных композитов с углеродными волокнами // Журнал Технической Физики. - 2016. -Vol. 86, № 12. – Р. 124.
4. Ashby M.F. The properties of foams and lattices // *Philos. Trans. R. Soc. A Math. Phys. Eng. Sci.* 2006. Vol. 364, № 1838. P. 15–30.