

УДК 620.3:544.478.3

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО ПОЛИМЕРНОГО ПЬЕЗОМАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ PVDF/ВАТІО ДЛЯ ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ

Дудченко Дмитрий Николаевич

Студент 3 курса, кафедра «Материаловедение» (МТ-8), МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Научный руководитель: М. С. Чувикина, младший научный сотрудник ИМЕТ РАН.

Актуальность. Мировой рынок 3D-печати вырос с 5 млрд долл. в 2020 г. до 15 млрд долл. в 2023 г. и к 2030 г. прогнозируется на уровне 65 млрд долл. При этом в России отсутствуют отечественные порошковые пьезокерамические материалы для метода SLS (Selective Laser Sintering — селективное лазерное спекание), а зарубежные аналоги (Porcelite Ceramic Resin, Tethonite, компания Tethon 3D) требуют высокотемпературного обжига свыше 500 °С и стоят 8–20 тыс. руб./кг. Создание отечественного полимерного пьезокомпозита, совместимого с промышленными SLS-системами, является актуальной научно-технической задачей.

Цель и задачи. Цель работы — разработка технологических основ получения композиционного порошкового пьезоматериала на основе поливинилиденфторида (PVDF) с наполнителем из нанопорошка титаната бария (BaTiO_3) для SLS 3D-печати функциональных изделий.

Задачи:

1. Синтез нанопорошка BaTiO_3 с заданными характеристиками;
2. Разработка состава и технологии получения композитного порошка PVDF/ BaTiO_3 ;
3. Изготовление образцов методом SLS;
4. Исследование структуры и физико-механических свойств;
5. Определение пьезоэлектрического коэффициента d_{33} по ГОСТ 6363.

Текущее состояние работы. Проведён сравнительный анализ доступных материалов для SLS-печати, обоснован выбор системы PVDF/ BaTiO_3 как наиболее перспективной: матрица PVDF является пьезоэлектрически активным полимером с рабочей температурой до 200 °С и совместимостью с процессом SLS (температура нагрева платформы 40–250 °С, толщина слоя 75–175 мкм). В настоящее время ведётся синтез нанопорошка BaTiO_3 методом золь-гель с целевыми параметрами: размер частиц 0,05–3 мкм, чистота 99,5 % (500 г/партия).

Научная новизна. Предлагается оригинальный состав порошкового пьезокомпозита PVDF/ BaTiO_3 для SLS-печати без высокотемпературного обжига, а также методика управления пьезоэлектрическими свойствами через концентрацию и дисперсность керамического наполнителя. В отличие от зарубежных керамических порошков, требующих обжига при 500–1600 °С, предлагаемый материал спекается непосредственно в SLS-принтере, что снижает себестоимость до расчётных 3–4 тыс. руб./кг.

Планируемые результаты. После получения готового нанопорошка BaTiO_3 предусмотрены: формирование композитной смеси PVDF/ BaTiO_3 (концентрация наполнителя 0,05–3 % масс.), SLS-печать не менее 10 образцов, исследование микроструктуры (РЭМ, РФА), измерение d_{33} и определение физико-механических характеристик. Расчётные параметры (рабочая температура до 200 °С, толщина слоя 75–

175 мкм) подлежат экспериментальной верификации. Область применения — датчики, актуаторы и пьезопреобразователи для авиакосмической, оборонной и приборостроительной отраслей.

Литература

1. Ramadan K.S., Sameoto D., Evoy S. A review of piezoelectric polymers as functional materials for electromechanical transducers // *Smart Materials and Structures*. — 2014. — Vol. 23. — No. 3. — P. 033001.
2. Chen Z., Song X., Lei L. et al. 3D printing of piezoelectric element for energy focusing and ultrasonic sensing // *Nano Energy*. — 2016. — Vol. 27. — P. 78–86.
3. Пат. RU2247087C2. Способ получения порошков поливинилиденфторида для лазерного спекания / ФГУП «НИФХИ им. Л.Я. Карпова». — Опубл. 27.02.2005.