

## Редакционная колонка — личное мнение

### Полиимидные порошки для 3D-печати по методу СЛС

*В. Е. Юдин<sup>+</sup>, Г. В. Ваганов*

Институт высокомолекулярных соединений (ИВС) РАН, В. О. Большой проспект, 31, 199004, г. Санкт-Петербург, Россия

В последние годы во многих сферах, таких как аэрокосмическая, медицинская, электронная, архитектурная, пищевая и автомобильная, широко внедряются аддитивные технологии (АТ). Данные технологии позволяют быстро создавать уникальные изделия, которые практически невозможно или трудно получить традиционными методами. В РФ рынок 3D-технологий молод, но уже показывает динамичный рост — по данным РОСНАНО около 30% в год.

Одной из наиболее перспективных разновидностей АТ для получения высококачественных изделий из металлов, их сплавов, керамики и полимеров является технология, основанная на выращивании заготовок и деталей методом селективного лазерного сплавления (СЛС) [Gibson I., Rosen D., Stucker B. *Additive Manufacturing Technologies*. NY: Springer Science: Business Media, 2010. 498 p.]. СЛС представляет собой процесс производства изделия путем послойного лазерного спекания порошкообразного материала, микрочастицы которого связываются между собой путём их проплавления при помощи лазерного луча, движущегося в каждом слое по определённой траектории согласно предварительно запрограммированной трёхмерной модели изделия.

Среди преимуществ технологии СЛС над другими технологиями аддитивного прототипирования можно отметить её многофункциональность, так как она позволяет на одном принтере использовать несколько видов порошковых расходных материалов и получать достаточно точные изделия с высокими техническими характеристиками. Благодаря этому такие высокотехнологические отрасли промышленности, как авиационная, аэрокосмическая, судостроение, микро- и нанoeлектроника, а также медицина заинтересованы в производстве новых материалов, сочетающих тепло- и термостойкость, с хорошей износостойкостью, стабильностью размеров, высокой химической и радиационной стойкостью, низкой горючестью, изолирующими свойствами.

Анализ современной литературы показывает, что на сегодняшний день исследования в области применения термостойких полимеров для СЛС сосредоточены лишь на семействе полиэфиркетонов [Berretta S., Ghita O., Evans K. E. // *European Polymer Journal*, 2014. Vol. 59. P. 218–229]. На данный момент практически отсутствуют сведения об использовании других классов термостойких полимеров, таких, например, как полиимиды (ПИ). Кроме того, существует ряд противоречивых сведений о влиянии тех или иных парамет-

ров на процесс СЛС и конечные свойства материала в целом. В связи с этим, с научной и технической точки зрения весьма перспективным представляется исследование закономерностей формирования структуры при СЛС порошков ПИ, изучение процесса их сплавления в зависимости от свойств порошка, содержания нанонаполнителей, а также параметров СЛС.

В ИВС РАН синтезированы термопластичные частично кристаллические ПИ гомологического ряда Р-ОДФО на основе отечественного резорцинового диангидрида Р (1,3-бис-(3,3,4,4-дикарбоксифеноксид)-бензол) и четырехядерного диамина ОДФО (4,4-бис(4-аминофеноксид)бифенил) методом химической (с использованием катализаторов) и термической имидизации [Юдин В. Е., Светличный В. М. // *Высокомолекулярные соединения*, серия С, 2016. Т. 58. №1. С. 19]. Исследованы форма, размер частиц (фракционный состав ПИ порошка). Показано, что методом химической имидизации формируются порошки с более узким распределением частиц по размерам (6–10 мкм), по сравнению с термически имидизованным порошком, а при увеличении молекулярной массы и дополнительной термообработке возрастает их насыпная плотность (до 0,5 г/мл), что способствует улучшению механических характеристик изделий, формируемых по методу СЛС. Важно отметить, что с увеличением молекулярной массы ПИ наблюдается резкое возрастание вязкости его расплава, что препятствует слиянию частиц в процессе СЛС.

На основе ПИ порошка Р-ОДФО впервые методом СЛС получены образцы в виде пленок. Исследованы свойства образцов в зависимости от способа синтеза, молекулярной массы и мощности лазера и показано, что более однородная и плотная структура плёнок с относительно высокими механическими характеристиками получается из порошков, синтезируемых по методу химической имидизации.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 17-03-00733.



*Юдин В. Е. —  
главный научный  
сотрудник, д.ф.-м.н.*



*Ваганов Г. В. —  
старший научный  
сотрудник, к.т.н.*

<sup>+</sup> E-mail: yudin@hq.macro.ru