

Для получения ленточных образцов смесь загружают в экструдер со щелевой головкой для расплавления и гомогенизации при температуре 160–175 °С и закручивают на каландр.

По сравнению с чистым полилактидом полученные образцы обладают более высоким водопоглощением и повышенной способностью к биоразложению за счет наличия органического наполнителя и более рыхлой структуры.

Таким образом, создана термопластичная композиция с уменьшенным периодом биоразложения с использованием лигноцеллюлозного наполнителя – костры льняной, изделия из которой разрушаются полностью после эксплуатации под действием влаги и микрофлоры компоста или почвы за 5–6 месяцев.

Литература

1. Ahmed, J. Polylactides—Chemistry, Properties and Green Packaging Technology : a review / J. Ahmed, S. K. Varshney // International Journal of Food Properties. – Vol. 14. – P. 37–58.
2. Rogovina, S. Z. Biodegradable Polymer Composites Based on Synthetic and Natural Polymers of Various Classes / S. Z. Rogovina // Polymer Science, Series C. – 2016. – Vol. 58, N 1. – P. 62–73.
3. Polyblends and composites of poly (lactic acid) (PLA) : a review on the state of the art / Krishna Prasad Rajan [et al.] // Journal of Polymer Science and Engineering. – 2018. – Vol. 1. – P. 1–14.
4. Карпунин, И. И. Химия льна и перспективные технологии его углубленной переработки / И. И. Карпунин, И. А. Голуб, П. П. Казакевич. – Минск : Беларус. навука, 2013. – 96 с.

УДК 546:54.057

РЕВЕРСИВНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И 3D-ПЕЧАТЬ КАК ИНСТРУМЕНТЫ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ОГНЕУПОРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

И. Н. Прусенко

*Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого, Республика Беларусь*

Реверсивное проектирование – это эффективный способ построения компьютерных 3D-моделей на основе физических объектов. Для этого, как правило, применяется комплекс технологий, состоящий из оборудования и программных решений. Совместное использование 3D-сканирования и аддитивных технологий представляет собой современный инструмент для прототипирования объектов в различных отраслях промышленности.

В лаборатории «Аддитивные технологии» Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого используется высокоточное оборудование для 3D-печати по технологиям FDM и SLA. При этом изготовление цифровых моделей для аддитивного синтеза изделий производится посредством сканирования по световозвратной технологии структурированного света (точность – 7 и 40 мкм) либо с использованием систем автоматизированного проектирования.

Используя опыт работы лаборатории «Аддитивные технологии», совместно с ООО «Рефралит» произвели разработку технологической оснастки для изготовления горелки печной установки патентирования. Для этого была разработана CAD-модель существующей горелки, после чего проведена оптимизация ее конструкции и произведена 3D-печать.

Для построения 3D-модели использовался оптический сканер Shining EinScan Pro 2x Plus. Данное устройство позволяет зафиксировать форму физических объектов с использованием структурированных линий светового излучения и получить макси-

мально точную цифровую модель объекта с учетом всех размерностей. Полученная таким образом цифровая модель представляет собой совокупность координат точек в пространстве, которые объединены в поверхность отдельными полигонами (рис. 1).

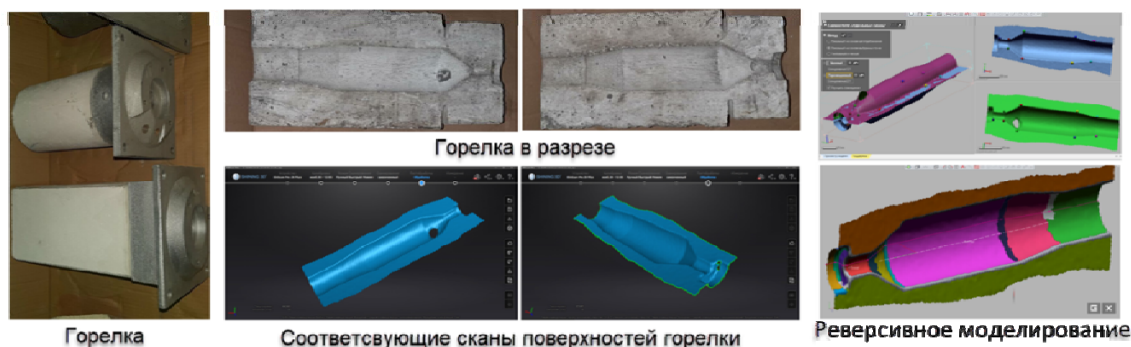


Рис. 1. Проектирование 3D-модели горелки

Следующим шагом исследования было построение твердотельного объекта полученной полигональной 3D-модели с использованием средства обратного моделирования. Полигональные модели в программах точного САПР представляют собой совокупность поверхностей, являющимися не только граничными условиями твердотельного моделирования, но и вспомогательными компонентами для формирования плоскостей, осей, точек и других базовых элементов проектирования. Это позволяет сформировать вектор пересечения пронизывающей плоскости через отсканированную поверхность, т. е. сформировать контур ее сечения для построения полноразмерного эскиза и создания отдельного элемента твердотельной модели. Такой подход позволил произвести построение всего «тела» 3D-модели.

Для контроля геометрической и размерной точности полученной 3D-модели был произведен анализ отклонений параметров сканируемого изделия от эталонного «тела». Для этого 3D-модель сопоставляли с 3D-сканом, что позволило определить отклонения по всей поверхности и размеров в сечениях, погрешности формы и расположения.

После получения твердотельной модели с максимально приближенными значениями размерной и геометрической точности к исходному телу горелки была проведена оптимизация ее конструкции. Для этого произведен CAE-анализ имитации продувки горелки газом. При этом параметры CAE-моделирования движения газообразного топлива максимально были приближены к реальным. В результате проведенного исследования были предложены конструктивные изменения геометрической формы горелки с целью некоторого снижения турбулентности и завихрения потока газа.

Печать оптимизированной модели производили на 3D-принтере Ultimaker S5. Для этого в слайсере Ultimaker Cura была разработана программа изготовления элемента технологической оснастки в виде gcode. Для построения использовали сопло диаметром 0,4 мм, что соответствовало ширине экструзии полимера. Выбор толщины слоев осуществлялся согласно обеспечению достаточной площади сцепления потоков расплавленного полимера, формированию поверхности изделия с возможно меньшей шероховатостью и минимальными затратами времени.

Для улучшения адгезии сатинированного стекла платформы 3D-принтера и печатаемого изделия высота первого слоя составляла 0,28 мм (70 % от диаметра сопла), а для последующих слоев – 0,2 мм (50 % от диаметра сопла). Данные параметры печати обеспечивают достаточную площадь сцепления накладываемых друг на друга слоев с формированием вертикальной стенки изделия близкой к плоской гладкой.

Учитывая, что 3D-принтер Ultimaker S5 имеет жесткий каркас, экструзионную систему Bowden, качественную картезианскую кинематическую схему перемещения печатающей головки и платформы, печать производили на максимальной скорости допустимой для полимера Tough PLA в рамках отдельных слоев и периметров.

Были также произведены настройки 3D-печати, связанные с температурными характеристиками материала и рабочей среды построения, корректировкой показателей потока жидкого полимера, охлаждения и формирования внутренних и внешних периметров, вспомогательных стенок, режима перемещения печатающей головки и др. При этом параметры построения подбирались с учетом обеспечения высокой точности соответствия геометрическим и размерным характеристикам 3D-модели и снижения времени 3D-печати элемента технологической оснастки (рис. 2).

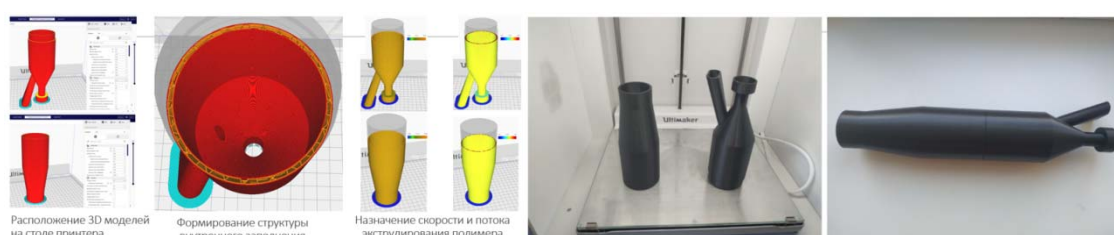


Рис. 2. Подготовка оптимизированного изделия к 3D-печати и реальный образец

По полученному элементу технологической оснастки был изготовлен реальный образец горелки из огнеупорных материалов, обеспечивающий заданные параметры работы печной установки патентирования. В данный момент разработанная горелка эффективно используется в производственных условиях ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК».

Таким образом, проведенный комплекс работ позволяет заключить, что использование современных средств цифровых технологий в производстве изделий (в том числе огнеупорных элементов) позволяет не только снизить расход материальных ресурсов и время изготовления, но и улучшить их технологические показатели.

Л и т е р а т у р а

1. Additive Manufacturing Technologies. Third Edition / I. Gibson [et al.]. – Cham, Switzerland : Springer, 2021. – 685 p.

УДК 546:54.057

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРОВ

М. И. Михайлов, О. А. Лапко

*Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого, Республика Беларусь*

В настоящее время ввиду неуклонного роста доли полимерных композиционных материалов в технике научно-технический прогресс отрасли в значительной степени определяется как расширением производства новых видов [1], так и совершенствованием существующих полимерных материалов [2]. Одно из ведущих мест в машиностроении занимают полимерные материалы. При этом особая роль отво-