

вспомогательные объекты (например, мятую бумагу) к сканируемой сцене или нарисовав так называемые маркеры (например, X-образной формы) на окружающих поверхностях.

В процессе сканирования объект размещается на поворотном столе. Сканирование производится под углом 45° к объекту сканером, расположенным на расстоянии 200–300 мм, при постепенном вращении стола на 360°.

Уплощенная форма объекта может усложнить процесс сканирования и сборки, так как после двустороннего сканирования область перекрытия двух сканов станет минимальной, что при их совмещении может сильно деформировать модель по толщине. Для решения данной проблемы производится дополнительное сканирование объекта, установленного вертикально.

Обработка полученных сканов проводится в программе Artec Studio в следующей последовательности.

Удаление опорной поверхности и посторонних объектов.

Приведение всех сканов в одну систему координат с помощью инструмента «Сборка».

Оптимизация взаимного положения всех поверхностей в единой системе координат с помощью алгоритма глобальной регистрации.

Удаление полигонального шума, образующегося при сканировании.

Создание полигональной 3D-модели с помощью инструмента «Склейка».

Обработка полигональных моделей (фильтр мелких объектов, заполнение дырок, упрощение полигональной структуры).

Проецирование текстуры отдельных отснятых кадров на склеенную полигональную модель.

Полученная в результате обработки полигональная модель (рис. 4) может быть экспортирована в один из форматов файлов, используемых для 3D-печати или преобразования в CAD модель, например, STL (от англ. Stereolithography).

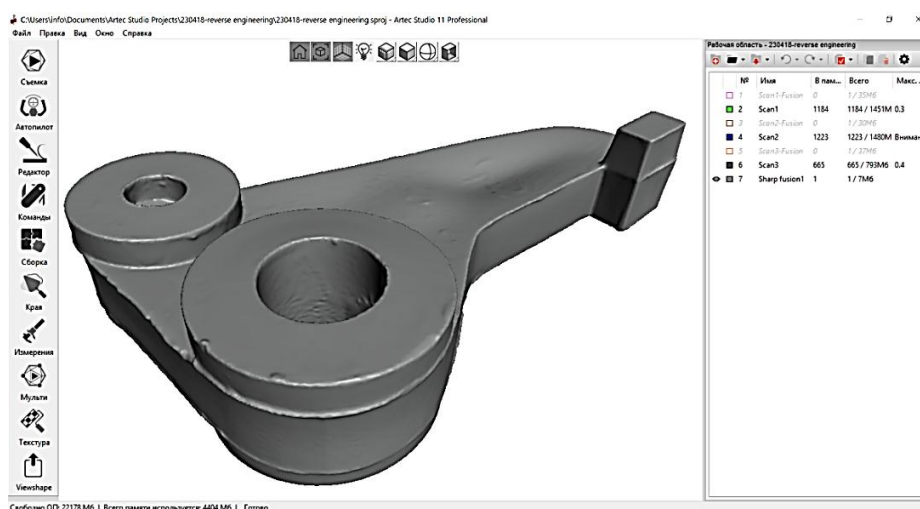


Рисунок 4 – Полигональная модель в окне программы Artec Studio

Предлагаемая методика позволит повысить качество оцифровки и сократить время на обратный инжиниринг изделий.

УДК 004.925.83/.84:[614.844.5:614.884.2]

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ПРОТОТИПОВ РОЗЕТОЧНЫХ ОРОСИТЕЛЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ

Камлюк А.Н., к.ф.-м.н., доц., Лихоманов А.О., асп., Говор Э.Г., студ.

*Университет гражданской защиты МЧС Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь*

Реферат. Произведен выбор и оценка свойств материала для изготовления

элементов розеточных оросителей при помощи 3D-печати, определены оптимальные параметры технологии печати, изготовлен аналог металлического розеточного оросителя из термопластичного материала, проведено сравнение его рабочих характеристик с оригиналом по результатам экспериментального определения качественных характеристик пены.

Ключевые слова: аддитивные технологии, 3D-принтер, автоматическая установка пожаротушения, ороситель, прототип, розетка оросителя, воздушно-механическая пена, кратность пены, устойчивость пены.

Исследование влияния геометрических параметров розеточных оросителей в автоматических установках пожаротушения на качественные характеристики получаемой пены может быть существенно упрощено путем прототипирования их элементов при помощи аддитивных технологий. Наиболее доступной и эффективной по технико-экономическим показателям является прототипирование методом послойного наплавления (англ. Fused deposition modeling (FDM) [1]. Технология FDM подразумевает создание трехмерных объектов за счет нанесения последовательных слоев материала, повторяющих контуры цифровой модели, в отличие от традиционных методов за счет удаления материала из массива заготовки. Как правило, в качестве материалов для печати выступают термопластичные полимеры различных видов, поставляемые в виде катушек нитей или прутков. Технология FDM отличается высокой гибкостью и возможностью быстрого прототипирования, что облегчает повторное тестирование с последовательной, пошаговой модернизацией объекта. Быстрое производство служит в качестве недорогой альтернативы стандартным методам при создании мелкосерийных партий. Данная технология является одним из наименее дорогих методов печати, а 3D-принтеры, работающие по технологии FDM, могут применяться для создания самых разных объектов целевого назначения [1]. Однако для создания изделий с определенной точностью формы и показателями физико-механических свойств необходимо правильно подбирать оборудование, материал и соблюдать определенную технологию печати, ввиду чего был проведен ряд исследований с целью оптимизации процесса печати элементов оросителя.

Исследования материалов, технологии печати, а также изготовление экспериментальных образцов производилось на базе Белорусского государственного технологического университета на кафедре механики и конструирования факультета химической технологии и техники. Для изготовления экспериментальных образцов применялся профессиональный 3D-принтер Sharebot Next Generation [2]. Данный принтер выбран в связи с наличием широкого диапазона регулировки основных технологических параметров процесса печати, что делает его эффективным при отработке технологии, проведении экспериментов с материалами различных составов, изучении анизотропии материалов в изделиях и др.

Выбор материала для печати производился из наиболее распространенных при реализации технологии FDM с учетом особенностей эксплуатации оросителей. Требованиям соответствуют следующие материалы: АБС-пластик, PLA-пластик, RELAX. Для исследования материалов при одинаковых параметрах печати были изготовлены образцы с поперечным и продольным направлением слоев по отношению к вектору действия растягивающей нагрузки, размеры и форма которых соответствовали требованиям [3]. Растяжение образцов производилось на испытательной машине MTS 43 при параметрах нагружения согласно [3] не менее пяти раз для каждого. По результатам испытаний были определены такие показатели, как предел прочности при растяжении, модуль продольной упругости, коэффициент анизотропии свойств [4]. Также были установлены численные значения объемной усадки материалов путем сравнения объемов конечного изделия и его цифровой модели. Анализ полученных данных показал, что наиболее подходящим для печати элементов оросителя является PLA-пластик (полилактид) [4].

Получение изделия требуемого качества возможно при определенных значениях технологических параметров FDM-печати: толщина наносимого слоя h , температура экструдера $T_{\text{э}}$, скорость перемещения экструдера v и температура рабочего стола $T_{\text{с}}$. С целью определения оптимальных параметров печати была произведена практическая отработка процесса синтеза образцов из полилактида в диапазонах значений данных параметров, рекомендуемых изготовителем оборудования 3D-печати [2]. Далее данные образцы испытывались на прочность согласно [3]. Анализ полученных зависимостей предела прочности при растяжении образцов из полилактида от технологических параметров печати (рис. 1) показал, что наиболее оптимальными являются: толщина слоя –

0,1 мм, температура экструдера – 210 °С, скорость печати – 80 мм/с [4].

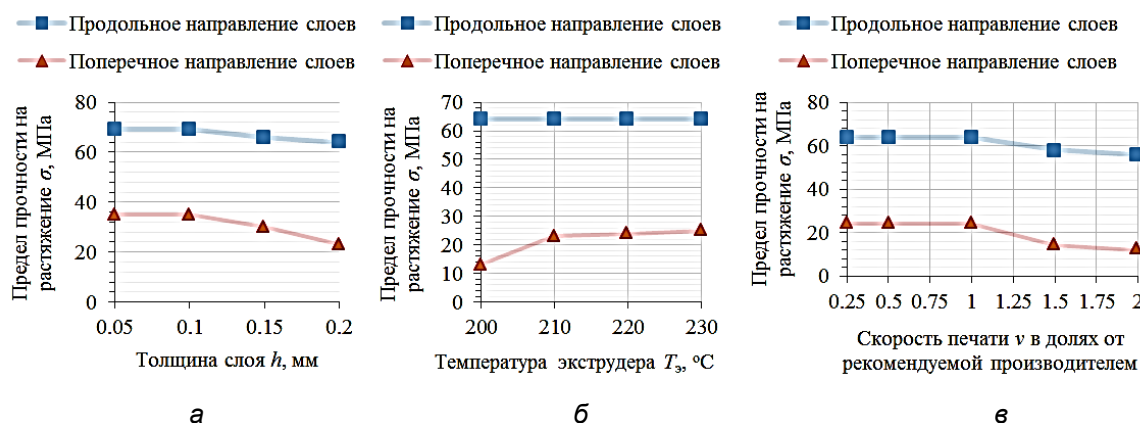


Рисунок 1 – Зависимость предела прочности при растяжении образцов из полилактида в зависимости от $T_{\text{э}}$, h и v соответственно:

а – при постоянных параметрах $v = 1$ и $T_{\text{э}} = 230$ оС; б – при постоянных параметрах $v = 1$ и $h = 0,1$ мм; в – при постоянных параметрах $T_{\text{э}} = 210$ оС и $h = 0,1$ мм

При FDM-печати изделий возникает явление, получившее название деламинация – отлипание углов изделия от стола. Происходит это вследствие усадки материала. В современных 3D-принтерах данная проблема решается путем нагрева рабочего стола до определенных температур в зависимости от применяемого материала. Чем ниже усадка материала, тем меньше температура нагрева рабочего стола. В случае применения полилактида с объемной усадкой не более 0,8 % [4] производителем оборудования для печати рекомендуется нагревать рабочий стол до температуры не более 90 °С. При этом чем больше размер печатаемого изделия, тем выше должна быть данная температура. В результате практической отработки печати элементов прототипа розеточного оросителя определена оптимальная температура нагрева – 70 °С.

Далее при помощи ПЭВМ была создана цифровая модель элементов розеточного оросителя, по которой на принтере [2] были синтезированы физические объекты. Полученный сборный прототип розеточного оросителя по своим геометрическим параметрам отличался от металлического оригинала не более чем на 7,7 % (рис. 2). Монтаж элементов из полилактида осуществляется на металлическом штуцере, взятом от оригинального оросителя с конической дюймовой резьбой (1/2").

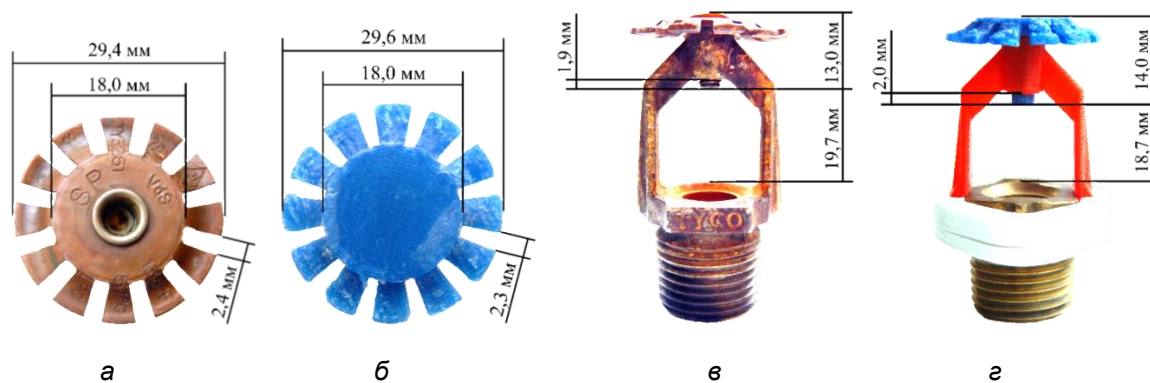


Рисунок 2 – Внешний вид металлического розеточного оросителя (а, в) и его аналога (б, г), элементы которого выполнены из полилактида при помощи 3D-печати:

а, б – вид сверху; в, г – вид сбоку

Экспериментальные исследования качественных характеристик пены (кратность, устойчивость), полученной при помощи металлического оросителя и оросителя из полилактида, показали, что разница в кратности пены составляет не более 1,7 %, а в устойчивости не более 2,1 % [4]. Из анализа полученных экспериментальных данных можно сделать вывод, что в отношении оросителей для автоматических установок пожаротушения недостатки 3D-печати пластиком по технологии FDM, выражающиеся в наличии усадочных

явлений, неровности поверхности конечного изделия и т.п., не оказывают существенного влияния на степень дезинтеграции потока огнетушащего вещества и как следствие не отображаются на изменении качественных характеристик пены (кратность и устойчивость изменяется в пределах погрешности измерений). При этом прототип оросителя обладает необходимой прочностью и упругостью и не разрушается при давлении жидкости до 0,4 МПа [4].

Следовательно, выбранное оборудование, технология печати и материал для производства экспериментальных образцов (полилактид), а также разработанная сборная конструкция оросителя, элементы которой выполнены посредством 3D-печати, позволяют применять данную технологию для прототипирования элементов автоматических установок пожаротушения, в частности розеточных оросителей, а полученные изделия обладают необходимой прочностью и упругостью.

Список использованных источников

1. Зленко, М. А., Нагайцев, М. В., Довбыш, В. М. Аддитивные технологии в машиностроении. Пособие для инженеров. – Москва : ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. – 219 с.
2. Sharebot Next Generation. User's manual [Электронный ресурс] / Sharebot S.r.l. – Режим доступа : https://www.sharebot.it/downloads/NG/Manual_EN.pdf – Дата доступа : 15.01.2018.
3. Государственный стандарт Союза ССР. Пластмассы. Метод испытания на растяжение [Текст] : ГОСТ 11262-80. – Введ. 01.12.1980. – М. : Государственный комитет СССР, 1980. – 16 с.
4. Лихоманов, А. О. Обоснование применения розеточных оросителей, изготавливаемых при помощи аддитивных технологий, в экспериментальных исследованиях качественных характеристик воздушно-механической пены низкой кратности / А. О. Лихоманов, Э. Г. Говор, А. Н. Камлюк // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2018. – № 1. – С. 25–39.