

4.9 Аддитивные технологии

УДК 004.356:612.014.462

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ LCD 3D-ПЕЧАТИ ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ АНАЛИТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Ефремова А.Я., преп.-стажер, Пивовар М.Л., к.ф.н., доц., Сабодина М.Н., к.х.н., доц.
Витебский государственный медицинский университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В работе рассмотрены возможности использования аддитивных технологий, в частности, LCD фотополимерной 3D-печати для обслуживания и модификации аналитического оборудования. Приведены особенности проектирования различных элементов и запасных частей, подбора фотополимерных материалов, необходимых для изготовления деталей жидкостных хроматографов Agilent 1100 и Agilent 1260. Оценен практический опыт использования полученных деталей, влияние химических факторов на их механическую прочность. Результаты исследования показали невозможность использования изделий из изученных фотополимерных смол в условиях длительного контакта с большинством органических растворителей.

Ключевые слова: аддитивные технологии, 3D-печать, LCD-принтеры, фотополимерные смолы.

Аддитивные технологии за последние годы приобрели статус полноценного и независимого метода производства, который позволяет в короткие сроки по сравнению с классическими методами обработки материалов выполнить проектирование и изготовление изделий различной сложности для широкого спектра оборудования [1].

В условиях большинства контрольно-аналитических и научно-исследовательских лабораторий фармацевтического профиля крайне затруднительно использование классических методов производства запасных частей для аналитического оборудования ввиду отсутствия необходимого оборудования (обрабатывающие станки, литейные формы) и высокой технической квалификации специалистов. 3D-технологии, в то же время, позволяют создать модели с необходимыми индивидуальными характеристиками (в том числе улучшенными относительно исходных объектов) за счет параметрической оптимизации модели, подбора метода и условий печати. Ввиду специфики преподаваемых дисциплин и научно-исследовательской деятельности сотрудников кафедры фармацевтической и токсикологической химии ВГМУ, а также большого количества имеющегося на кафедре аналитического оборудования и лабораторной посуды, становится актуальной потребность кафедры в замене вышедших из строя или утративших функциональные свойства элементов и комплектующих, которые необходимы для обеспечения функционирования имеющегося оборудования.

В настоящий момент наиболее доступными для широкого использования являются технологии FDM и фотополимерной (в частности, LCD) 3D-печати. Принтеры, основанные на технологии FDM, позволяют быстро распечатывать объекты при относительно низкой себестоимости печати. Полученные таким путем изделия имеют слоистую структуру и требуют трудоемкой механической или химической постобработки. Кроме того, в виду особенностей данной технологии, имеются сложности с печатью малоразмерных объектов сложной геометрии. Принтеры, основанные на фотополимеризации в жидкой фазе (к которым относят LCD-принтеры), лишены указанных недостатков FDM-печати. Они характеризуются высокой разрешающей способностью, высокой монолитностью изделий, а также широким ассортиментом материалов для печати с разнообразным набором физических свойств (гибкость конечных изделий, повышенная жесткость и твердость получаемых конструкций, их прозрачность и др.). Тем не менее, при сопоставимой стоимости LCD и FDM 3D-принтеров, фотополимерные принтеры отличаются более высокой стоимостью используемых материалов и необходимостью отмывки в органических растворителях готовых изделий от остатков неполимеризовавшейся смолы [2].

В связи с необходимостью получения монолитных высокоточных изделий, на кафедре фармацевтической и токсикологической химии LCD 3D-печать используется как для производства

единичных изделий, которые сняты с производства и недоступны к закупке, так и для прототипирования при разработке уникальных (по эксплуатационному назначению) изделий для обслуживания аналитического оборудования и отдельных элементов лабораторной посуды.

Для ввода в эксплуатацию и последующего технического обслуживания жидкостных хроматографов Agilent 1100 и Agilent 126 с помощью 3D-моделирования были разработаны цифровые модели и напечатаны различные запасные части, расходные материалы и инструменты [3]. В частности, в конструкции хроматографов Agilent 1100 используются различные способы сочленения гидравлических магистралей с блоками хроматографа (переходники, фитинги, коннекторы), монтаж и демонтаж различных блоков может быть затруднен ввиду отсутствия инструментов, облегчающих данные виды работ. Например, в блоке смесителя компонентов подвижной фазы имеется 5 портов (4 входа и 1 выход) для подключения гидравлических коммуникаций, и их независимое обслуживание затруднено близким расположением точек подключения. Таким образом, для осуществления технического обслуживания и проверки работоспособности магистралей хроматографа необходим специальный инструмент. Смоделированный инструмент для установки фитингов значительно облегчает установку и снятие отдельных гидравлических коммуникаций в труднодоступных местах жидкостных хроматографов компании Agilent.

При проведении пуско-наладочных работ раньше предусматривался специальный переходник для подключения и прокачки вручную магистралей медицинским шприцом типа Луер. Однако данный переходник не доступен для отдельного приобретения, поэтому были разработаны собственные переходники: шприц-капилляр под фитинги двух типов с дюймовыми резьбами 10-32 и 1/4-28, которые периодически необходимы для удаления воздуха из гидравлических магистралей низкого давления при рутинной эксплуатации жидкостных хроматографов.

С целью предотвращения попадания посторонних механических частиц в гидравлическую систему хроматографа, в емкостях для подвижной фазы устанавливаются фильтры из пористого стекла. Для их присоединения используются специальные напечатанные переходники. Также с помощью 3D-моделирования были созданы оригинальной конструкции фильтры для подвижной фазы, соответствующие по эксплуатационным свойствам оригинальным, но содержащие меньшее количество деталей и более удобные для печати на 3D-принтере.

Для плотного фиксирования капилляров в емкости с подвижной фазой, уравнивания атмосферного давления внутри и снаружи сосуда и уменьшения испарения органических растворителей, входящих в состав подвижных фаз, были напечатаны крышка со вставкой для емкости с подвижной фазой. За счет подобранных размеров и материала вставка предусматривает уплотнение крышки и обеспечивает герметичность всей конструкции.

Выбор фотополимерных смол в качестве материалов для LCD 3D-печати обусловлен их физическими свойствами, указанными производителем. Состав фотополимерных смол представляет собой многокомпонентную смесь из способных к полимеризации мономеров, олигомеров (могут отсутствовать) и фотоинициаторов, а также различных добавок для придания определенных характеристик конечным изделиям. Для обеспечения устойчивости тонкостенных элементов инструмента для установки фитингов и переходников для присоединения стеклянного фильтра к капилляру предусмотрены фотополимерные смолы повышенной прочности, в частности, eSUN Hard-Tough Resin. Смолы Voxelab Standard Photopolymer Resin использовали для печати прозрачных изделий, например, фильтров для емкостей с подвижной фазой, в то время как для печати вставок в емкость для подвижной фазы использовали гибкую смолу (eSUNFlex) для получения свойств упругой деформации у готовых изделий. Остальные элементы для жидкостных хроматографов были напечатаны из смолы Anycubic Basic с универсальным набором свойств.

После изготовления выполнялась оценка напечатанных изделий на соответствие полученных функциональных свойств ожидаемым. Было установлено, что при эксплуатации деталей из гибких смол в контакте с парами метанола и ацетонитрила (органические модификаторы подвижной фазы в жидкостной хроматографии) наблюдается увеличение хрупкости и линейных размеров изделий из-за набухания полимера. При непосредственном контакте указанных органических растворителей с напечатанными изделиями происходит деградация полимера (предположительно, выделение мономеров или низкомолекулярных олигомеров), что приводит к быстрому забиванию системы фильтров жидкостного хроматографа.

Аналогичным образом себя вели и изделия из смолы повышенной жесткости. Дополнительно, в ходе серии экспериментов установлено, что у изделий из смолы повышенной жесткости eSUN Hard-Tough Resin зафиксированы процессы деляминации при длительном контакте со многими

органическими растворителями (более 24 часов). В эксперименте происходит расслаивание изделий в результате недостаточной межслойной адгезии слоев с образованием трещин или значительных промежутков между слоями. Под действием буферных растворов на изделиях из различных смол в сильноокислой и щелочной среде ускорялись появления трещин на поверхности за счет водопоглощения поверхностными слоями изделий, что может приводить к значительному снижению механической прочности изделий в целом.

Перечисленные факты указывают на необходимость проведения дополнительных исследований свойств фотополимерных смол перед использованием полученных из них деталей в конкретном аналитическом оборудовании. В технической документации производителей и научной литературе данная информация отсутствует или представлена краткими теоретическими обзорами. Конкретизированные сведения о качественном и/или количественном составе фотополимерных композиций также являются закрытыми для пользователей 3D-принтеров, зачастую, из-за сохранения коммерческой тайны производителя.

Список использованных источников

1. Гордеев, Е. Г. Общедоступные технологии 3D-печати в химии, биохимии и фармацевтике: приложения, материалы, перспективы / Е. Г. Гордеев, В. П. Анаников // Успехи химии. – 2020. – Т. 89, № 12. – С. 1507–1561.
2. Малаев, И. А. Аддитивные технологии: применение в медицине и фармации / И. А. Малаев, М. Л. Пивовар // Вестник фармации. – 2019. – Т.84, № 2. – С. 98–107.
3. Ефремова А. Я. Использование 3D-технологий для проектирования элементов аналитического оборудования и его обслуживания / А. Я. Ефремова, М. Л. Пивовар, М. Н. Сабодина // Вестник ВГМУ. – 2023. – Т. 22, № 2. – С. 80–89.

УДК 621.7

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ФОРМ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ШОКОЛАДА

*Рыбченко У.Ф., студ., Климентьев А.Л., ст. преп.
Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. Рассмотрены варианты применения аддитивных технологий, в частности технологии производства наплавлением волокна при производстве форм для изготовления изделий из шоколада.

Ключевые слова: аддитивные технологии, технология производства наплавлением волокна, FFF-технология, FDM-технология, 3D-принтер, 3D-печать, изделия из шоколада, форма, мастер-модель.

Технология так называемой 3D-печати набрала свою популярность в промышленности благодаря способности создавать изделия сложной формы более простым путем, по сравнению с изготовлением традиционными методами. Так для многих появилась уникальная возможность производить изделия неповторимого дизайна в домашних условиях. Что, в свою очередь, делает предлагаемую продукцию более конкурентоспособной на рынке.

Как уже отмечалось, например, в [1], возможны две базовые стратегии применения аддитивных технологий при производстве изделий из шоколада. Первая основана на применении аддитивных технологий непосредственно для производства изделий, а вторая – на использовании аддитивных технологий для изготовления технологической оснастки (форм) или мастер-моделей, которые используются для изготовления соответствующей технологической оснастки.

В соответствии со второй стратегией применения аддитивных технологий существующие способы получения форм для производства изделий из шоколада можно разделить на:

1. Печать непосредственно формы.
2. Печать мастер-модели для последующего изготовления по ней формы.

Для небольшой серии изделий одним из наиболее доступных эффективных вариантов получения