

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 фотополлимерных 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 фотополлимерных 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



Рисунок 1 – Пример изделия и силиконовой формы для его получения [4]

форм является получение силиконовых форм на основе мастер-моделей (рис. 1), так как именно силикон является самым доступным материалом, пригодным для изготовления шоколадных изделий [2].

Технологическая схема изготовления формы по данному варианту включает в себя следующую последовательность:

1. Создание необходимой трехмерной электронной модели изделия.
2. Печать созданной трехмерной модели на 3D-принтере.
3. Доработка при необходимости поверхности полученной модели для придания ей необходимой гладкости (постобработка модели).
4. Изготовление формы на основе полученной модели, которая выступает в качестве мастер-модели изделия.

Следует обратить внимание, что

для изготовления форм для производства пищевых изделий следует использовать только подходящие для этого виды силикона, в частности, силиконы на платиновом катализаторе. Например, возможно использование двухкомпонентного силикона марки Пенэлэст-750. Данный силикон представляет собой двухкомпонентный компаунд, состоящий из основы, которая при смешении с отверждающим агентом (катализатором) затвердевает при комнатной температуре за счет дополнительной реакции. Положительными свойствами силикона Пенэлэст-750 является смешение в равном объеме компонентов, низкая усадка материала (заявленная линейная усадка составляет менее 0,05 %), хорошие механические свойства (твердость 35–40 ед. Шор А для Пентэлэст 750 марки А, 18–20 ед. Шор А для Пентэлэст 750 марки Б; условная прочность при разрыве – 2,5–4,0 МПа и 4,0–6,0 МПа соответственно) и высокие эксплуатационные свойства (рабочий интервал температур от -60 °С до +200 °С; время жизни 90–120 мин при 23 °С).

Перед заливкой формы необходимо на мастер-модель и элементы используемой опалубки нанести разделительный состав, который позволит облегчить отделение полученной формы от мастер-модели. Следует отметить, что при контакте с некоторыми веществами (например, amino- и серосодержащими материалами, оловосодержащими органическими солями) происходит ингибирование катализатора, в результате чего пограничный слой компаунда не отверждается. Поэтому следует использовать в качестве разделяющего агента восковую смазку на соответствующих растворителях, технический вазелин или мыльный раствор (щелок).

Также следует отметить, что при заливке могут образовываться пузырьки воздуха, которые необходимо удалить, чтобы на готовом шоколадном изделии не появилось поверхностных дефектов. Это можно сделать с помощью вакуумирования в камере.

После окончательного застывания силикона извлекается мастер-модель. После чего полученная форма тщательно промывается и пригодна для дальнейшего производства изделий.

Вариант с непосредственной печатью литейной формы подходит для небольшого серийного производства [3], особенно если для производства изделий требуется достаточно жесткая и долговечная форма (рис. 2).

Применение аддитивных технологий, в частности технологии производства наплавлением волокна (FFF-технологии, аналогично FDM-технологии), и комбинирование 3D-печати с литьем значительно сокращает временные и финансовые затраты, позволяет повысить гибкость производства и существенно расширить ассортимент изделий.

Данная комбинация технологий позволяет легко масштабировать производство – при резком росте спроса можно на основе мастер-модели изготовить дополнительные формы и нарастить производство изделий. То же самое касается и замены изношенных форм.

Предлагаемый вариант сочетания аддитивных технологий при производстве мастер-моделей и использованием силиконовых форм для производства изделий из шоколада можно охарактеризовать рядом ключевых особенностей. Низкой стоимостью вхождения в аддитивное производство (при использовании технологии производства наплавлением волокна),



Рисунок 2 – Пример изделия из шоколада и формы для его производства [3]

с высоким процентом какао, в составе которого присутствуют натуральные компоненты. Иначе материал будет плохо плавиться, изделие получится жестким, слоистым, с возможными дефектами по геометрии и поверхности.

использованием простых полимеров с невысокой температурой экструзии (например, PLA), низкими эксплуатационными затратами, с одной стороны. Достаточно высокой производительностью, низкими эксплуатационными затратами при производстве изделий из шоколада с использованием силиконовых форм, с другой стороны.

В качестве рекомендаций по печати мастер-модели следует устанавливать соответствующее значение высоты слоя, исходя из того, что чем это значение меньше, тем выше качество поверхности модели и, следовательно, формы.

Также, как отмечают, следует отдавать предпочтение шоколаду высокого качества

#### Список использованных источников

1. Рыбченко, У. Ф. Применение технологии моделирования избирательным наплавлением для изготовления оснастки при производстве изделий из шоколада / У. Ф. Рыбченко, Д. В. Мурашко, А. Л. Климентьев // Материалы докладов 56-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов; УО «Витебский государственный технологический университет». В 2 х т. Т. 2. – Витебск, 2023. – С. 491–493.
2. Как сделать силиконовую форму для шоколада / Silikoni UA; youtube.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=puHX4ACSkWE>. – Дата доступа: 06.04.2024.
3. 3D-печать литейных форм: зачем это нужно и когда это выгодно / ООО «РЭК» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rec3d.ru/rec-wiki/3d-pechat-liteynykh-form-zachem-eto-nuzhno-i-kogda-eto-vygodno>. – Дата доступа: 06.04.2024.
4. Силиконовый молд 3D-Мишка геометрический [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://condishop.ru/product/silikonovyj-mold-3d-mishka-6-7-6-7-sm>. – Дата доступа: 06.04.2024.

УДК 621.7

## ПРИМЕНЕНИЕ FFF-ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ КАНЮЛИ ПЕРЕХОДНОЙ ДЛЯ ИГЛЫ КУЛИКОВСКОГО И ШПРИЦА ТИПА «ЛУЕР»

**Климентьев А.Л.<sup>1</sup>, ст. преп., Климентьева Е.А.<sup>2</sup>, врач-оториноларинголог**

<sup>1</sup>Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Лепельская центральная районная больница, г. Лепель, Республика Беларусь

**Реферат.** Рассмотрена возможность применения технологии производства наплавлением волокна (FFF; fused filament fabrication) для решения задач оперативного изготовления изделий медицинского назначения на примере канюли переходной для иглы Куликовского и шприца однократного применения типа «Луер».

**Ключевые слова:** аддитивные технологии, производство наплавлением волокна, FFF-технология, канюля переходная, игла Куликовского, шприц типа «Луер».