

температура воздуха не должна превышать 22 °С, в идеале печатать при 19 °С – это оптимальная температура для работы с шоколадом.

На основе проведенного анализа предлагается следующий метод применения технологии моделирования послойным наплавлением, как самой доступной и распространенной аддитивной технологии. На первоначальном этапе создается 3D-модель будущего шоколадного изделия, печать её на 3D-принтере и последующая её постобработка. Полученная мастер-модель используется для изготовления формы. В качестве материала для изготовления формы можно использовать полиуретан, так как полиуретан устойчив к влаге, обладает химической стойкостью к маслам и растворителям (кроме хлористого метилена), выдерживает температуру от –60 °С до +80 °С, так же он является дешевым и доступным материалом для литья, что позволяет использовать его для изготовления форм для литья изделий из шоколада.

Применение аддитивных технологий в сфере производства пищевых продуктов во всем мире расширяется и имеет большой потенциал. Одним из главных преимуществ 3D-печати в производстве является возможность создания индивидуального дизайна. Для некоторых бизнес-проектов применение аддитивных технологий позволяет выйти на новый уровень конкуренции.

Список использованных источников

1. Формы для шоколада: какие бывают и как их выбрать? / вПлатье.ру [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://vplate.ru/kuhonnnye-aksessuary/formy-dlya-shokolada>. – Дата доступа: 01.04.2023.
2. Обзор шоколадного 3D-принтера Choc Creator 2.0 plus / kornveits, Блог компании Цветной Мир; habr.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://habr.com/ru/companies/cvetmir3d/articles/370433>. – Дата доступа : 01.04.2023.
3. Шоколадный 3D-принтер Choc Creator V2.0 Plus / ООО «Оргтехникс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://orgtechnics.ru/shokoladnyii-3d-printer-choc-creator-v2-0-plus-chocv2-0>. – Дата доступа : 01.04.2023.

УДК 621.7

КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА НАПЛАВЛЕНИЕМ НИТЕВИДНОГО МАТЕРИАЛА

*Медведев Г.Г., студ., Климентьев А.Л., ст. преп.
Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрены композитные материалы для FDM-технологии, их основные разновидности, способы получения, свойства и механические характеристики.

Ключевые слова: полимер, композит, производство наплавлением нитевидного материала, FFF, моделирование методом послойного наплавления, FDM, армирование.

Технология производства наплавлением нитевидного материала (fused filament fabrication, FFF) представляет собой технологию создания трехмерных объектов за счёт последовательного формирования слоёв (сечений) на основе цифровой модели объекта материалом из термопластичного полимера в виде нити (филамента) или прутка. Этот термин аналогичен технологии моделирования методом послойного наплавления (fused deposition modeling, FDM), принадлежащей компании Stratasys.

Особый интерес для применения в данной технологии, помимо традиционных материалов, представляют композиционные материалы (композиты). Композит – это сочетание двух и более разнородных и разнотипных материалов в сопоставимых количествах, отличающихся по ряду физических, технологических и механических свойств, один из которых выступает в качестве матрицы, а другой – в качестве армирующего компонента. Целью создания композиционных материалов является изменение (улучшение) свойств (как правило, физико-механических) исходного материала.

В процессе создания композита в основу (термопластичную матрицу) добавляется

армирующий компонент – синтетическое или натуральное волокно. Из синтетических чаще всего применяются углеволокно (CF), стекловолокно (GF) и арамидное волокно (KF). Из натуральных – кокосовое, целлюлозное или бамбуковое волокно.

Известно два метода армирования: дискретное и непрерывное. Технология дискретного армирования состоит из следующих этапов: смешивание пластиковых гранул с измельченным волокном (стружкой) в блендере, расплавление полученной смеси и экструзия, с формированием филамента, готового для печати. Схема процесса дискретного армирования филамента представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема процесса дискретного армирования

Технология непрерывного армирования подразумевает «непрерывное» армирование пластика нитью в процессе печати. Схема установки и процесса непрерывного армирования изображена на рисунке 2.

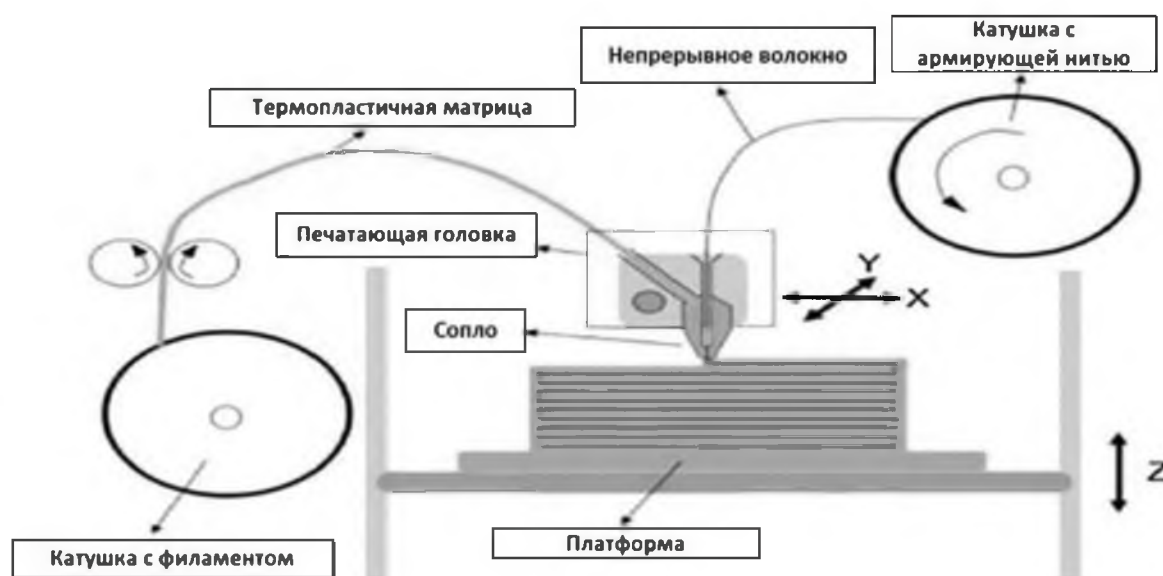


Рисунок 2 – Схема установки и процесса производства объектов наплавлением нитевидного материала с непрерывным армированием филамента

Механические свойства композитов можно оценить по пределу прочности на растяжение, для PLA, ABS и Nylon, разделенных по методу армирования и расположению нити в пространстве, численные значения данного параметра отображены на рисунке 3.

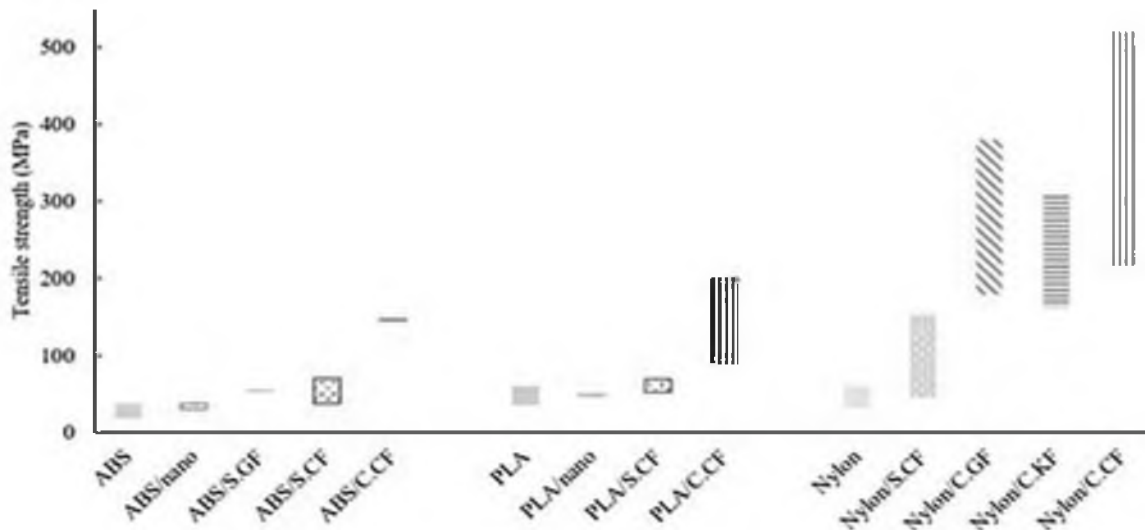


Рисунок 3 – Сравнение пределов прочности (tensile strength, МПа) некоторых композитных и обычных пластиков [1]

Значение предела прочности ABS-пластика, армированного «коротким» углеволокном, в два раза выше, чем у обычного ABS. А нейлон, армированный непрерывным углеволокном с расположением нити параллельно нагрузке, превосходит по пределу прочности обычный в десять раз.

Для сравнения физических свойств композитов с обычными пластиками и металлическими сплавами можно использовать области значений модуля Юнга и плотности для каждого типа материала, представленные на рисунке 4.

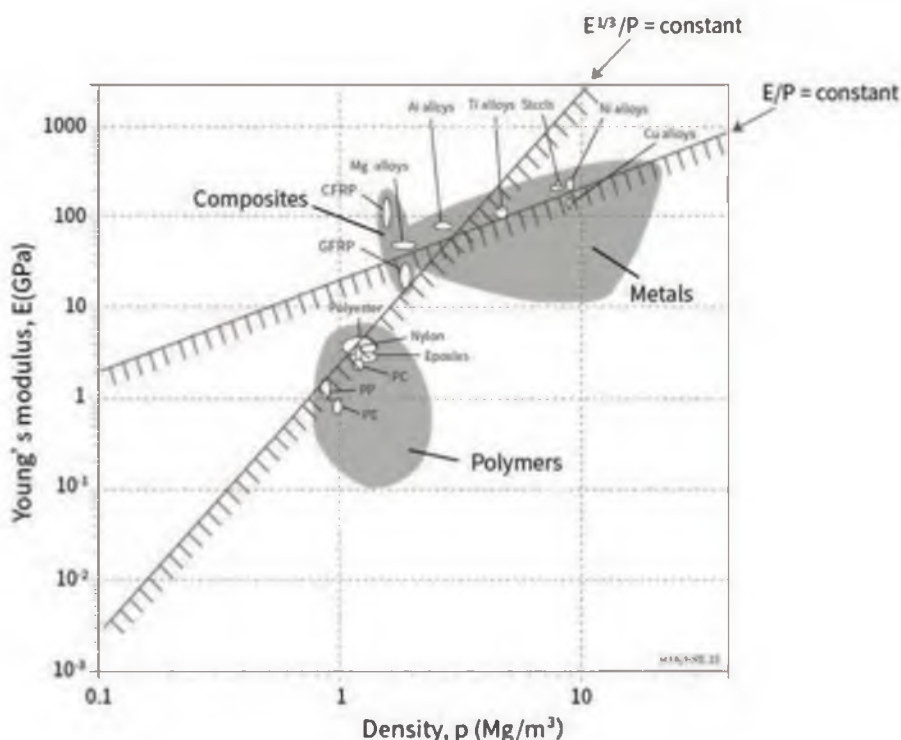


Рисунок 4 – Значения модуля Юнга (Young's modulus, ГПа) и плотности (density, Мг,м3) некоторых композитов, металлических сплавов и обычных пластиков [2]

Как видно, по своим физическим свойствам композиты занимают промежуточное положение между металлическими сплавами и обычными пластиками. Что позволяет использовать их в тех задачах, в которых к изделию предъявляются повышенные требования.

Кроме того, в зависимости от метода армирования, композиты не только становятся прочнее, но и получают новые полезные свойства: повышенная термоустойчивость, электрическая проводимость, хорошая износостойкость. Но существует и ряд недостатков, к которым можно отнести то, что при дискретном армировании снижается качество поверхности напечатанной модели, а при непрерывном армировании в мелких областях модели невозможно уложить нить, что приводит к неравномерности распределения нагрузки.

Композитные материалы для технологии производства наплавлением нитевидного материала (технологии моделирования методом послойного наплавления) представляют собой технологичные и перспективные материалы, которые постепенно заменяют классические материалы.

Список использованных источников

1. Fused Deposition Modelling of Fibre Reinforced Polymer Composites: A Parametric Review (Моделирование методом направленного осаждения полимерных композитов, армированных волокном: параметрический обзор) / MDPI [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mdpi.com/2504-477X/5/1/29> Дата доступа: 01.04.2023.
2. Reinforced Composite Materials Used in 3D Printing (Армированные композитные материалы, применяемые в 3D-печати) / Raise3D [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.raise3d.com/academy/reinforced-composite-materials-used-in-3d-printing/>. – Дата доступа: 01.04.2023.

УДК 678.7:535-31

ПЕРЕКРЕСТНОЕ ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НАПОЛНИТЕЛЯ И ТОЛЩИНЫ СЛОЯ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФОТОПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМ

Ходер В.Б., асс., Кордикова Е.И., к.т.н., доц.

*Белорусский государственный технологический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

Реферат. В работе рассмотрены вопросы проведения двухфакторного экспериментального исследования прочностных и упругих характеристик композиционного фотополимерного материала с добавлением отходов технологического процесса для оценки возможности применения их в лазерной стереолитографии. Приведены результаты исследований влияния содержания наполнителя и высоты слоя печати на механические характеристики отвержденного композиционного материала. В результате проведения исследования установлено, что введение измельченного наполнителя из фотополимерных отходов снижает влияние технологических параметров печати на механические характеристики полученного композиционного материала.

Ключевые слова: аддитивные технологии, 3D-печать, фотополимеризация в ванне, SLA, композиционный материал, наполнитель, предел прочности.

Современные технологии аддитивного производства фотополимеризацией в ванне включают в себя методы лазерной стереолитографии (SLA), проекционной масочной стереолитографии (DLP), непрерывной жидкостной интерфазной печати (CLIP) и отверждение при дневном свете (DPP) [1]. Все процессы имеют один общий принцип работы – изделие изготавливается путем селективного отверждения слоев светочувствительной полимерной смолы с применением различных источников света [2].

Аддитивные технологии фотополимеризации в ванне нашли активный отклик в производстве различного направления и занимают высокотехнологичную нишу в современном промышленном секторе. Основной задачей поиска высокотехнологичных решений для аддитивного производства является разработка и модификация полимерных материалов, в частности полимерных композиционных систем. Механическое поведение композиции и её свойства определяются соотношением компонентов и отдельными характеристиками матрицы и армирующих элементов, а также типу и прочностью связи между ними [3,4].

В подавляющем большинстве исследований композиционных систем на макроуровне,