

ПОЛУЧЕНИЕ МАТЕРИАЛА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ 3D-ПЕЧАТИ

Появление аддитивных методов производства изделий стало новым и прогрессивным этапом в развитии технологии в различных отраслях: от изготовления простейших пластиковых элементов общей инженерии до сложных металлических конструкций аэрокосмической отрасли, таких как элементы конструкций аэрокосмической техники [1]. Так, компания Rolls-Royce с 2013 года наладила производство турбин аддитивным методом. Ведущие авиастроительные корпорации, включая Boeing и Lockheed Martin, проводят отработку технологии лазерного спекания и плавки для производства систем вентиляции, несущих компонентов, а также деталей реактивных двигателей.

Интенсивное применение и развитие аддитивных технологий обусловлено прежде всего возможностями, связанными с получением геометрически сложных монолитных форм, обеспечением высокой точности и качества изделия. Особенности этой технологии позволяют значительно ускорить производственный процесс, повысить эффективность производства. Кроме того, 3D-печать расширяет возможности проектирования, применять алгоритмы топологической оптимизации, что приводит к снижению массы конструкции при заданной прочности.

Применение 3D-печати актуально и для изготовления композитов, так в недавнем времени появился первый серийный принтер для печати композитных конструкций MarkTwo [2] на основе технологии FDM. 3D-печать композитов дает возможность автоматического изготовления сложных геометрических форм на основе однонаправленного материала с термопластичной матрицей.

Однако существуют определенные трудности в применении аддитивной технологии при производстве композитных конструкций, связанные прежде всего с этапом совмещения волокна и связующего, а также с возможностью применения данной технологии для изготовления определенных типов композитных конструкций. Для решения задачи, связанной с совмещением армирующего и связующего, необходимо, чтобы термопластичное связующее обладало высокой адгезионной прочностью к волокну, а также высокими удельными характеристиками.

Помимо традиционной FDM-печати, существуют два метода, с помощью которых можно реализовать композитные конструкции аддитивным способом. Первый метод – это FFF-наплавление армированного термопласта, здесь используется ABS пластик и

рубленое волокно. Вторым методом – SLS-спекание композитных гранул с тугоплавким ядром и оболочкой с пониженной температурой плавления. Однако эти методы имеют два существенных недостатка: недостаточная прочность для печати ответственных деталей, а также сложные и габаритные конструкции принтера.

Проанализировав существующие методы изготовления армирующего материала, была спроектирована установка и разработан технологический процесс получения армированной термопластичной заготовки для аддитивной печати на основе стекловолокна [3, 4].

Работа установки основана на каландровом принципе [5, 6] (схематично установка изображена на рис. 1).

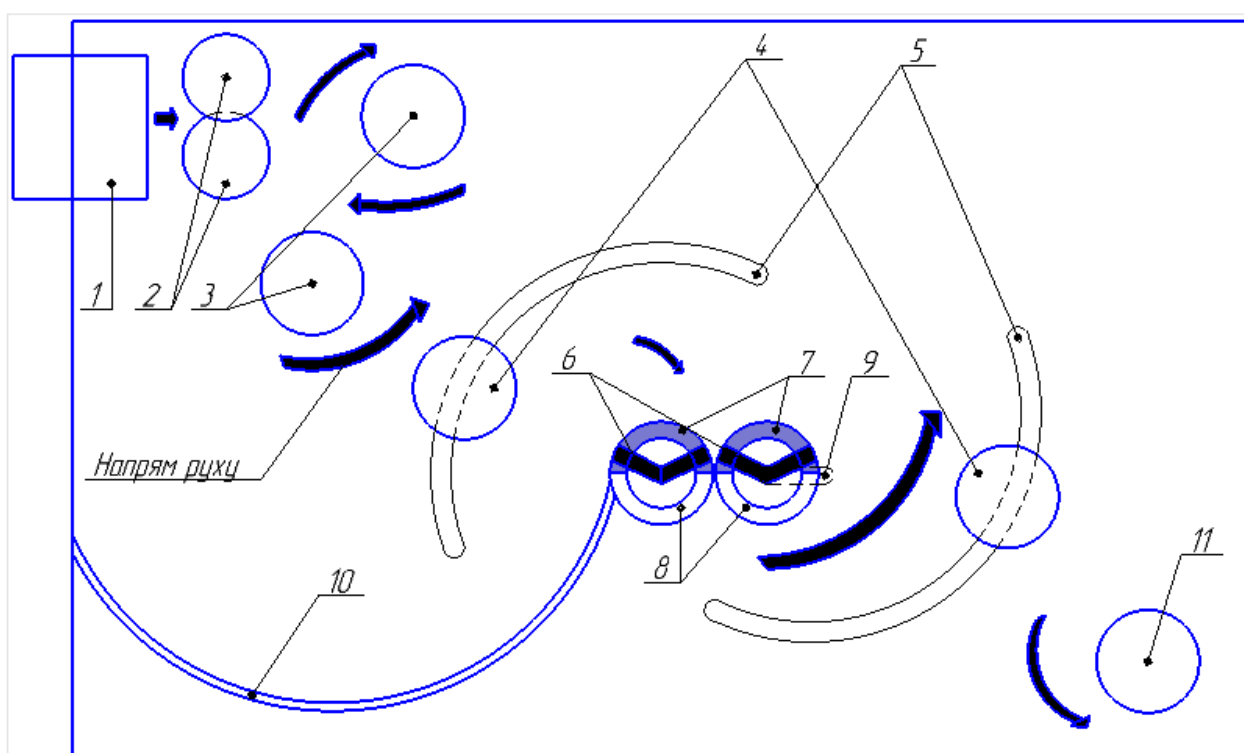


Рисунок 1 – Схема пропиточной установки:

1 – направляющий механизм; 2 – натяжные ролики; 3 – дополнительные ролики; 4 – регулирующие ролики; 5 – пазы для регулировки; 6 – устройство поддержки нагревательного элемента; 7 – нагревательный элемент; 8 – каландры; 9 – паз для регулировки расстояния между каландрами; 10 – трубка для подачи пластика; 11 – конечный ролик

В зазор между разогретыми валками (каландрами) подается расплав термопластичного материала. Ровинг подается через направляющий механизм и раскатывается на дополнительных роликах, после чего попадает на регулировочный ролик, с помощью которого можно менять натяжение нити. После этого нить проходит между каландрами, которые разогреты до температуры плавления

термопласта (поступает через трубку). В этот момент каландры вдавливают с двух сторон термопласт в нить, тем самым обеспечивая равномерную пропитку. После этого пропитанный материал идет через регулировочный и выходной ролики на бобину. Все ролики вращаются свободно, и движение нити происходит за счет вращения бобины, на которую наматывается готовый материал. Управление шаговыми двигателями и нагрев каландров осуществлялся с помощью встроенного контроллера и программного обеспечения, которое установлено на ПК.

Представленная схема была реализована в виде установки для пропитки армирующего материала термопластом (рис. 2).



Рисунок 2 –Установка для пропитки

Пропиточный тракт армирующего материала, а также основные параметры, характеризующие процесс, отображены на рис. 3. Основными параметрами, которые характеризуют процесс пропитки на данной установке, являются: T_1 , T_2 – температуры первого и второго валков; N_0 – входное натяжение армирующего материала; α_1 , α_2 – углы обхвата каландров армирующим материалом; v_{AM} – скорость движения армирующего материала (скорость пропитки).

В качестве армирующего материала было выбрано стекловолокно, а в качестве термопласта – PLA, поскольку он имеет меньшую температуру плавления, чем ABS.

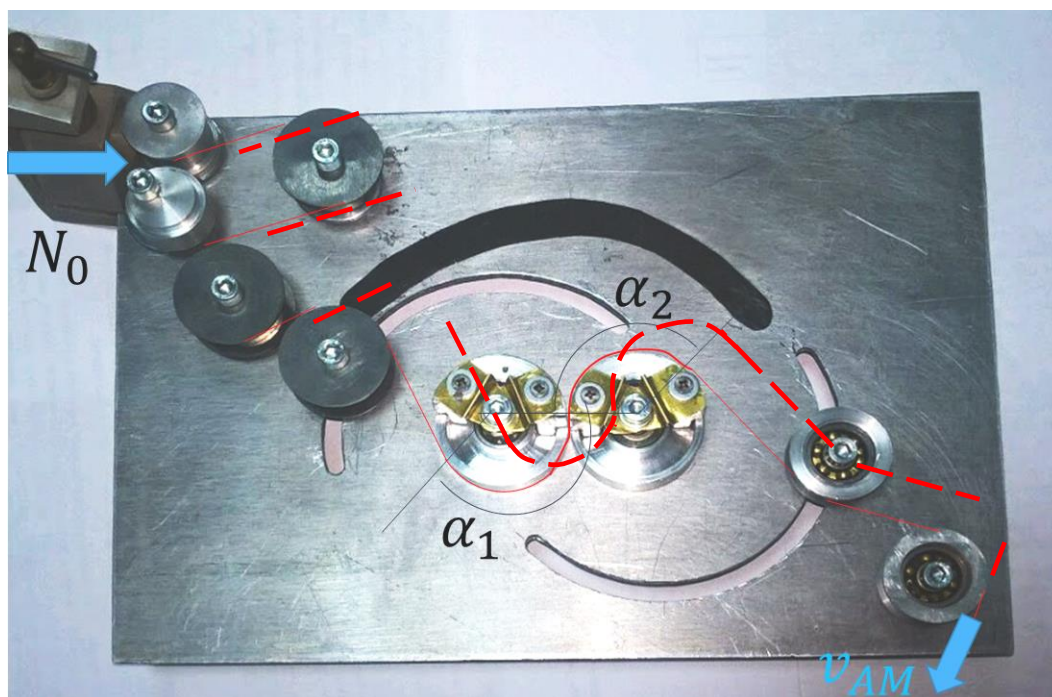


Рисунок 3– Пропиточный тракт армирующего материала

Таким образом, в результате пропитки на представленной установке (рис. 4) удалось получить армирующий материал, который имеет равномерное покрытие термопластом и может быть использован в технологическом процессе изготовления композитных конструкций аддитивным методом.

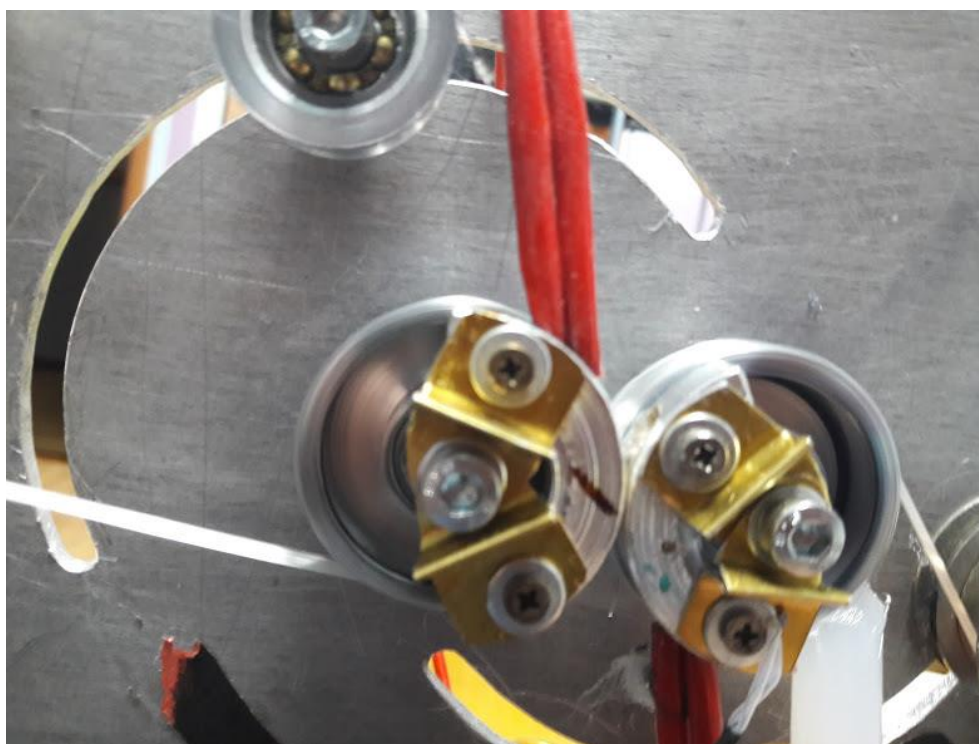


Рисунок 4 – Процесс получения материала для 3D-печати

Тем не менее представленный способ не лишен недостатков, основными из которых являются: большие теплотери установки, а также перетекание термопласта в края каландров.

В дальнейшем планируется проведение работ по устранению недостатков конструкции. В первом случае необходимо улучшить теплоизоляцию между каландрами и листом, на котором они установлены. Это даст возможность получать необходимые температуры плавления термопластов. Во втором случае необходимо установить на каландры лопатки, которые будут направлять термопласт к центру каландра.

Список использованных источников:

1. Beyer, S.: Additive Manufacturing applied to liquid propulsion & equipment parts for next generation launcher – hurdle sand challenges along the value chain, SPC2016-3125070, Space Propulsion Conference 2016, 02.-06.06.2016, Rome, Italy.
2. Markforged Chopped Carbon 3D-Printer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.engineering.com>. – 17.09.2016 г.
3. Перспективы развития производства авиационных деталей из композиционных материалов / А.В. Калгин, Ю.Е. Калинин, А.М. Кудрин, А.В. Малюченков, Ю.В. Панин, А.В. Ситников // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – № 112. – С. 146-153.
4. ОАО «Авангард». Опыт производства крупногабаритных изделий из композиционных материалов для ракетно-космической отрасли [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.avangard-plastik.ru>. – 27.05.2011 г.
5. Основы технологии переработки пластмасс / С.В. Власов, Л.Б. Кандырин, В.Н. Кулезнев и др. – М.: Химия, 2004. – С. 336–349.
6. Современные технологии получения и переработки полимерных и композиционных материалов / В.Е. Галыгин, Г.С. Баронин, В.П. Таров, Д.О. Завражин. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», – 2012. – С. 54–100.

Поступила в редакцию 20.02.2018.

*Рецензент: д-р техн. наук, проф. Я.С. Карпов,
Национальный аэрокосмический университет
им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков.*