

Студент гр. 10404220 Пугач М.В.
Научный руководитель Одиночко В.Ф.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Аддитивные Технологии (Additive Manufacturing) это ряд цифровых технологий, в которых создание изделия происходит путем добавления материала (от англ. add – "добавлять") в отличие от традиционных технологий производства, где создание изделия происходит путем удаления "лишнего" материала с заготовки.

Создание объекта аддитивным способом происходит по заранее подготовленной цифровой модели объекта – 3D-модели. При этом широко применяется 3D сканирование – создание виртуальной цифровой копии поверхности реального объекта и 3D печать – набор технологических методов производства изделий и прототипов, основанных на поэтапном формировании изделия путём добавления материала на основу (платформу или заготовку).

Аддитивные технологии (АТ) применяются в литейном производстве для создания модельной оснастки, для создания готовых форм для литья без модельной оснастки, а также для создания стержней для литья сложных объектов.

Внедрение АТ в литейное производство позволяет сократить время производственного цикла, снизить стоимость изготовления отливок и уменьшить вероятность появления брака. Кроме того, АТ даёт возможность повысить сложность геометрии изделий и использовать материалы, недоступные для традиционных технологий.

АТ применяются в технологиях литья в ХТС и ПГС, технологиях литья по выжигаемым и выплавляемым моделям, в кокильном литье и литье в керамические формы.

Современные АТ развиваются в следующих направлениях:

- FDM (Fused Deposition Modeling) / FFF (Fused Filament Fabrication) – **послойное наплавление термопластиков из нити;**
- FGF (Fused Granular Fabrication) – **послойное наплавление термопластиков из гранул;**
- MJM (Multi Jet Modeling) – **многоструйное моделирование восковыми материалами;**
- SLA (Stereolithography) – **стереолитография, или построение из жидких фотополимерных смол, затвердевающих под действием лазера;**
- PCM (Patternless Casting Manufacturing) / BJ (Binder Jetting) – **построение песчаных форм для литья без модельной оснастки;**
- DLP (Direct Light Processing) – **построение керамических форм для высокоточного литья без модельной оснастки.**

1. Технология FDM (FFF) – моделирование методом послойного наплавления термопластиков из нитей (рисунок 1). Она основана на расплавлении филамента (нити термопластика), экструзии расплавленного материала и дальнейшем наплавлении его слой за слоем для построения трёхмерного объекта. На рисунке: 1 – филамент опорный, 2 – филамент для детали, 3 – головка экструзионная, 4 – деталь, 5 – опора, 6 – платформа.

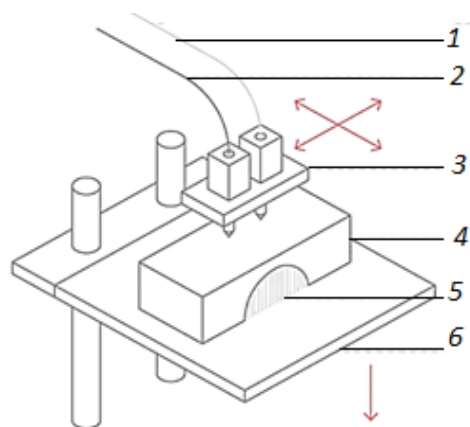


Рисунок 1

Созданный в процессе печати опорный материал удаляется. На сегодня FDM – одна из самых распространенных и востребованных технологий 3D печати.

2. Технология FGF – моделирование методом послойного наплавления термопластиков из гранул и подача полученной массы с постоянной скоростью через сопло экструдера на платформу (рисунок 2). На рисунке: 1 – контейнер для гранулята, 2 – винт экструдера, 3 – внешняя стенка (с нагревательным элементом), 4 – рабочее сопло, 5 – вакуумный стол (платформа построения), 6 – строящийся объект.

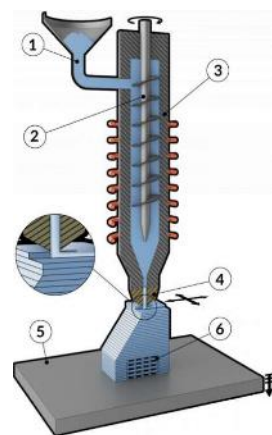


Рисунок 2

Объем подачи пластика в единицу времени можно изменять, применяя сопла разных размеров.

3. Технология MJM – многоструйное моделирование с использованием специальных восковых материалов для технологии высокоточного литья по выплавляемым моделям без применения оснастки (рисунок 3). На рисунке: 1 – контейнер с материалом, 2 – источник УФ-света, 3 – печатающие головки, 4 – деталь, 5 – материал опоры, 6 – рабочая платформа, 7 – подъемный механизм.

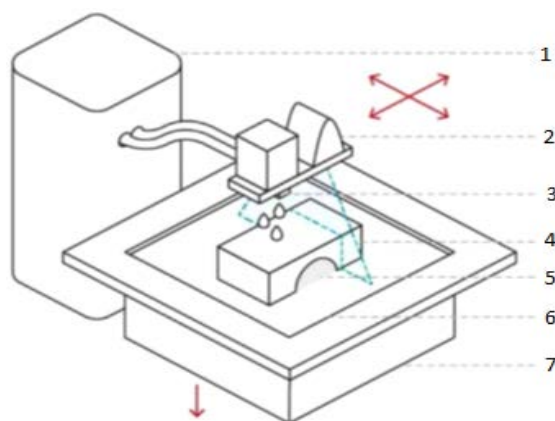


Рисунок 3

4. Технология SLA – стереолитография, или полимеризация смол под действием лазера (рисунок 4). В качестве материала используются светочувствительные (фотополимерные) смолы. Платформа построения опускается или поднимается (зависит от расположения источника света) и жидкая смола полимеризуется лазером в заданных точках. Неизрасходованная смола может быть повторно использована для печати последующих моделей.

5. Технология РСМ – производство песчано-полимерных форм и стержней для литья без использования модельной оснастки (рисунок 5). На рисунке: 1 – контейнер со смолой, 2 – печатный модуль, 3 – ракельный нож, 4 – литейная форма, 5 – бункер построения, 6 – контейнер для излишков.

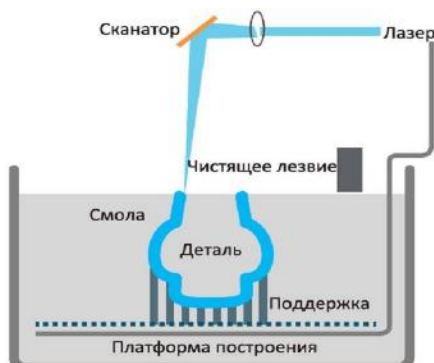


Рисунок 4

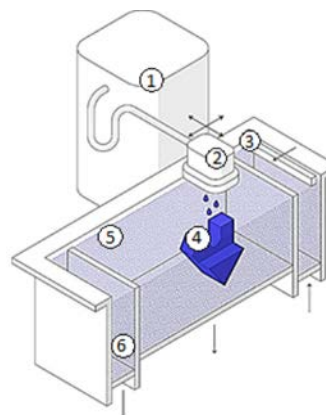


Рисунок 5

В отличие от традиционного производства, технология РСМ (Patternless Casting Manufacturing) позволяет изготавливать песчано-полимерные формы и делать это до 10 раз быстрее чем традиционным способом. При этом хранение всех форм в виде 3D моделей позволяет отказаться от складов по хранению модельной оснастки.

6. Технология DLP (Admaflex) – построение керамических форм для высокоточного литья без модельной оснастки. Технология DLP позволяет получить высокое качество поверхности (шероховатость 0,5-1,9 мкм) и высокую точность (толщина слоя от 10 мкм).

К недостаткам технологии DLP следует отнести высокую стоимость оборудования, ограничение по области печати 200×200×300 мм и необходимость в термической постобработке (выжигание полимера).

Также в современных АТ широко используется лазерное 3D-сканирование для контроля геометрии отливок и обратного проектирования, заключающиеся в создании твердотельных 3D-моделей (рисунок 6) реальных изделий для дальнейшего производства с помощью 3D-сканера (рисунок 7). Для проведения измерений с помощью 3D-сканера требуется компьютер для обработки данных сканирования с помощью соответствующего программного обеспечения.



Рисунок 6



Рисунок 7

Список использованных источников

1. Цифровая литейка (применение 3D-печати в литейном производстве) [Электронный ресурс] – URL: https://i3d.ru/blog/dlya_mozayki/3d-pechat-v-liteynom-proizvodstve/ (дата обращения: 22.03.2022)
2. Алексей Чехович, Аддитивные технологии в литейном производстве [Электронный ресурс] – URL: <https://blog.iqb.ru/additive-technologies-foundry/> (дата обращения: 22.03.2022)
3. Аддитивные технологии в литейном производстве АО «Центр цифровых технологий» [Электронный ресурс] – URL: [http://www.kcdt.ru/additivnye_tehnologii_v_litejnom_proizvodstve#:~:text=%D0%90%D0%B4%D0%B4%D0%B8%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8%20\(Additive%20Manufacturing%20%E2%80%93%D0%BE%D1%82,%D1%81%20%D0%BF%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D1%89%D1%8C%D1%8E%20%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%8B%D1%85%203d%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B9.](http://www.kcdt.ru/additivnye_tehnologii_v_litejnom_proizvodstve#:~:text=%D0%90%D0%B4%D0%B4%D0%B8%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8%20(Additive%20Manufacturing%20%E2%80%93%D0%BE%D1%82,%D1%81%20%D0%BF%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D1%89%D1%8C%D1%8E%20%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%8B%D1%85%203d%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B9.) (дата обращения: 22.03.2022)
4. Аддитивные технологии и литейное производство «Выбираем отечественное оборудование для производства литейных форм методом послойной печати» [Электронный ресурс] – URL: <https://www.ddmlab.ru/wp-content/uploads/2018/12/Additivnye-tehnologii-i-litejnoe-proizvodstvo.pdf> (дата обращения: 22.03.2022)