



КАК АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МЕНЯЮТ МИР МОДЫ

Эргашова Г.Б.

БухМТИ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7194652>

ARTICLE INFO

Received: 01st September 2022

Accepted: 08st October 2022

Online: 13rd October 2022

KEY WORDS

3D-печатная одежда,
аддитивная технология, 3D-
принтер, 3D-модели.

ABSTRACT

В данной статье рассматриваются вопросы преимущества и классификация аддитивных технологий, роль компьютерного моделирования в аддитивных технологиях.

Аддитивные технологии активно штурмуют мир высокой моды: 3D-печатная одежда, обувь и аксессуары всё чаще появляются на подиумах. Если раньше это были редкие коллекции, то сегодня практически каждый именитый дизайнер старается внедрить в свои продукты хотя бы небольшую 3D-печатную деталь.

Краткая история развития направления 3D-fashion. Направление 3D-fashion громко заявило о себе в 2011 году. Именно тогда дизайнеры добились успеха при создании оригинальной 3D-печатной обуви, а на Парижской неделе высокой моды Ирис ван Херпен презентовала коллекцию весенне-летних платьев, напечатанных на 3D-принтере. Это был успех. Все заговорили о новой технологии, которая перевернёт мир моды.

Но особого переворота не случилось. На тот момент 3D-печать была дорогостоящей технологией, поэтому

экспериментировать могли только единицы. И они экспериментировали. И ещё как! В 2013 году, помимо коллекций с 3D-печатными моделями, было реализовано два интересных проекта. Американцы Майкл Шмидт и Фрэнсис Битонти напечатали платье для бурлеск-дивы Диты фон Тиз. А дизайнер из Китая Се Вэй Луном создал эпатажный наряд для Леди Гаги. Платья были откровенными и неудобными, зато зрелищными. Вау-эффект достигнут.



На новую технологию обратили внимание и известные обувные бренды. В 2013-м NIKE использовала 3D-печать, чтобы создать уникальную модель Vapor Laser Talon Cleat с практически невесомыми подошвами. Позже бренд создал кроссовки Zoom Superfly Flyknit, в которых спортсменка Эллисон Феликс завоевала золотую медаль на Олимпиаде в Рио-де-Жанейро. От массового производства обуви с 3D-печатной подошвой компания отказалась. Инициативу перехватила adidas.

Так как аддитивные технологии стали более доступными, их начали использовать не только известные дизайнеры, но и небольшие студии. В 2014-м массачусетская компания Nervous System создала на 3D-принтере гибкие украшения. Они состояли из тысяч оригинальных фрагментов, соединённых шарнирами. Позже, в 2016 году, студия поразила fashion-сообщество алым кинематическим платьем из чешуек. Оно идеально сидело по фигуре и эффектно реагировало на движения модели.

Применение новых технологий - главный тренд последних лет в любой сфере промышленного производства. Каждое предприятие и мире стремиться создавать более дешёвую, надёжную и качественную продукцию, используя самые совершенные методы и материалы. Использование аддитивных технологий - один из ярчайших примеров того, как новые разработки и оборудование могут существенно улучшать традиционное производство. Аддитивные технологии производства позволяют изготавливать любое изделие послойно на основе компьютерной 3D-модели. Такой процесс создания объекта также называют «выращиванием» из-за постепенности его изготовления. Если при традиционном производстве в начале имеется заготовка, от которой потом отсекается все лишнее, либо которая деформируется, то в случае с аддитивными технологиями из ничего

(а точнее, из аморфного расходного материала) объект создаётся путём добавления материала слой за слоем. В зависимости от технологии, объект может строиться снизу-вверх или наоборот, получать различные свойства. Общую схему аддитивного производства можно изобразить в виде следующей последовательности:



Рис. 1. - Общая схема аддитивного производства.

Первые аддитивные системы производства работали главным образом с полимерными материалами. Сегодня 3D-принтеры, олицетворяющие аддитивное производство, способны работать не только с ними, но и с инженерными пластиками, композитными порошками, различными типами металлов, керамикой, песком. Аддитивные технологии активно используются в машиностроении, промышленности, науке, образовании, проектировании, медицине, литейном производстве и многих других сферах. Схематично различия в традиционном и аддитивном производстве приведены на рис.2:

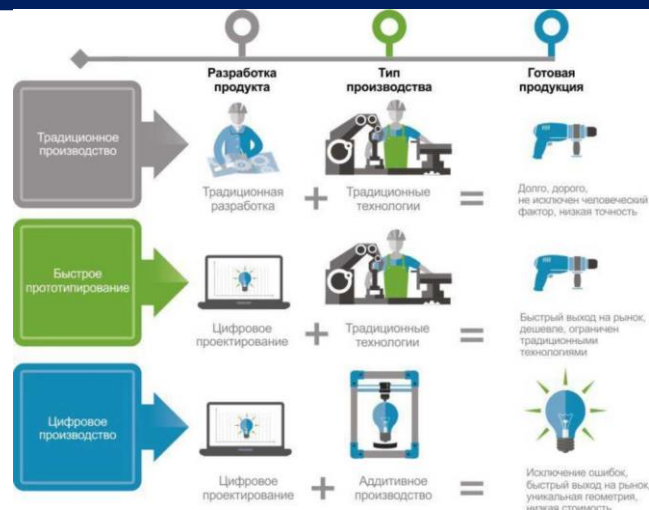


Рис.2 - Различия в традиционном и аддитивном производстве.

Преимущества аддитивных технологий. Одной из самых распространённых на данный момент аддитивных технологий является 3D-печать.

У данной технологии по сравнению с «вычитающими», есть несколько неоспоримых преимуществ:

- Большая экономия сырья. Аддитивные технологии используют ровно столько материала, сколько необходимо для производства изделия. Тогда как при традиционных способах изготовления потери сырья могут составлять до 80-85%;
- Отсутствие в деталях дефектов производства. Это достигается за счёт постепенного создания изделия слой за слоем;
- Возможность изготовления изделий со сложной геометрией. Оборудование для аддитивных технологий позволяет производить предметы, которые невозможно получить другим способом. Например, деталь внутри детали или очень сложные системы охлаждения на основе сетчатых конструкций;



- Улучшенные свойства готовой продукции. Благодаря послойному построению, изделия обладают уникальным набором свойств. Например, детали, созданные на металлическом 3D-принтере по своему механическому поведению, плотности, остаточному напряжению и другим свойствам превосходят аналоги, полученные с помощью литья или механической обработки;

- Мобильность производства и ускорение обмена данными. Не требуется никаких чертежей, замеров и громоздких образцов. В основе аддитивных технологий лежит компьютерная модель будущего изделия, которую можно передать в считанные минуты на другой конец мира - и сразу начать производство.

Классификация аддитивных технологий. Суть аддитивных технологий заключается в соединении материалов для создания объектов из данных 3D-модели слой за слоем. Этим они отличаются от обычных субтрактивных технологий производства, подразумевающих механическую обработку - удаление вещества из заготовки.

Аддитивные технологии классифицируют:

- по используемым материалам;
- по наличию лазера;
- по способу фиксирования слоя;
- по способу образования слоя.

На сегодняшний день существует два способа формирования слоя. При первом способе сначала насыпают на платформу порошковый материал, распределяют его роликом или ножом для создания ровного слоя материала заданной толщины. При этом порошок

подвергается выборочной обработке лазером или другим способом соединения частиц (плавкой или склеиванием) согласно текущему сечению CAD-модели. Плоскость построения неизменна, а часть порошка остаётся нетронутой. Этот способ называют селективным синтезом или селективным лазерным спеканием в случае, если инструментом соединения является лазер. Второй способ состоит в непосредственном осаждении материала в точку подведения энергии. Организация ASTM (American Society for Testing and Materials), занимающаяся разработкой отраслевых стандартов, разделяет 3D- аддитивные технологии на 7 категорий по используемым материалам и способу их нанесения.

1. Material extrusion (выдавливание материала). В точку построения по подогретому экструдеру подаётся пастообразный материал, представляющий собой смесь связующего и металлического порошка. Построенная сырая модель помещается в печь для того, чтобы удалить связующее и спечь порошок - так же, как это происходит в традиционных технологиях. Эта аддитивная технология реализована под марками MJS (Multiphase Jet Solidification - многофазное отверждение струи), FDM (Fused Deposition Modeling - моделирование методом послойного наплавления), FFF (Fused Filament Fabrication - производство способом наплавления нитей).

FDM (Fused deposition modeling) - послойное построение изделия из расплавленной пластиковой нити. Это самый распространенный способ 3D-печати в мире, на основе которого



работают миллионы 3D- принтеров - от самых дешевых до промышленных систем трехмерной печати. FDM-принтеры работают с различными типами пластика, самым популярным и доступным из которых является ABS. Изделия из пластика отличаются высокой прочностью, гибкостью, прекрасно подходят для тестирования продукции, прототипирования, а также для изготовления готовых к эксплуатации объектов. Крупнейшим в мире производителем пластиковых 3D-принтеров является американская компания Stratasys.

2. Material jetting (разбрызгивание материала). Например, в технологии Polyjet воск или фотополимер по многоструйной головке подается в точку построения. Эта аддитивная технология также называется Multi jetting Material.

MJM (Multi-jet Modeling) - многоструйное моделирование с помощью фотополимерного или воскового материала. Эта технология используется в 3D-принтерах серии ProJet компании 3D Systems и для изготовления выжигаемых или выплавляемых мастер-моделей для литья, а также прототипов различной продукции.

PolyJet - отверждение жидкого фотополимера под воздействием ультрафиолетового излучения. Эта технология используется в линейке 3D-принтеров Objet американской компании Stratasys для получения прототипов и мастер-моделей с гладкими поверхностями.

3. Binder jetting (разбрызгивание связующего). К ним относятся струйные Ink-Jet-технологии впрыскивания в зону построения не модельного материала, а

связующего реагента (технология аддитивного производства ExOne).

CJP (Color jet printing) - цветная струйная печать. На сегодняшний день CJP является единственной промышленной технологией полноцветной ЭЭ-печати. С ее помощью изготавливают яркие красочные прототипы продукции для тестирования и презентаций, а также различные сувениры, архитектурные макеты.

4. Sheet lamination (соединение листовых материалов). Строительный материал представляет собой полимерную плёнку, металлическую фольгу, листы бумаги и др. Используется, например, в технологии ультразвукового аддитивного производства Fabrisonic. Тонкие пластины из металла свариваются ультразвуком, после чего излишки металла удаляются фрезерованием. Аддитивная технология здесь применяется в сочетании с субстративной.

5. Vat photopolymerization (фотополимеризация в ванне). Технология использует жидкие модельные материалы - фотополимерные смолы. Примером могут служить SLA-технология компании 3D Systems и DLP-технология компаний Envisiontec, Digital Light Procession.

SLA (сокращенно от Stereolithography) - лазерная стереолитография, отверждение жидкого фотополимерного материала (смолы) под воздействием лазера. Эта технология аддитивного цифрового производства ориентирована на изготовление высокоточных изделий с различными свойствами. Крупнейшим производителем SLA-принтеров

является американский концерн 3D Systems.

6. Powder bed fusion (плавка материала в заранее сформированном слое). Используется в SLS-технологиях, использующих в качестве источника энергии лазер или термоголовку (SHS компании Blueprinter).

SLS (Selective laser sintering) - селективное (выборочное) лазерное спекание полимерных порошков. С помощью этой технологии можно получать большие изделия с различными физическими свойствами (повышенная прочность, гибкость, термостойкость и др). Крупнейшим производителем SLS-принтеров является американский концерн 3D Systems.

7. Directed energy deposition (прямое подведение энергии в место построения). Материал и энергия для его плавления поступают в точку построения одновременно. В качестве рабочего органа используется головка, оснащённая системой подвода энергии и материала. Энергия поступает в виде сконцентрированного пучка электронов (Sciaky) или луча лазера (POM, Optomec,). Иногда головка устанавливается на «руке» робота.

В отличие от предыдущих классификаций последняя подчеркивает все тонкости аддитивных технологий.

Сферы применения. Рынок аддитивных технологий в динамике развития опережает остальные отрасли производства. Его средний ежегодный рост оценивается в 27% и, по оценке компании IDC, к 2019 г. составит 26,7 млрд долларов США по сравнению с 11 млрд в 2015 г.

Однако АТ-рынку ещё предстоит раскрыть неиспользованный потенциал в сфере производства товаров широкого потребления. До 10% средств компаний от стоимости производства товара расходуется на его прототипирование. И большинство компаний уже заняли данный сегмент рынка. Но остальные 90% идут в производство, поэтому создание приложений для быстрого изготовления товаров станет основным направлением развития этой отрасли в будущем.

В 2014 г. доля быстрого прототипирования на рынке аддитивных технологий хотя и уменьшилась, оставалась наибольшей - 35%, доля быстрого производства росла и достигла 31%, доля в создании инструментов оставалась осталась на уровне 25%, остальное приходилось на исследования и образование.

Применение АТ-технологий пользователю по отраслям raytracing экономики отображено на приведенной также ниже диаграмме (рис.3.).



Рис. 3. – Сферы низкой применения аддитивных технологий.

Роль компьютерного моделирования в аддитивных технологиях. Этапы создания изделия на 3D-принтере приведены на рис. 4:

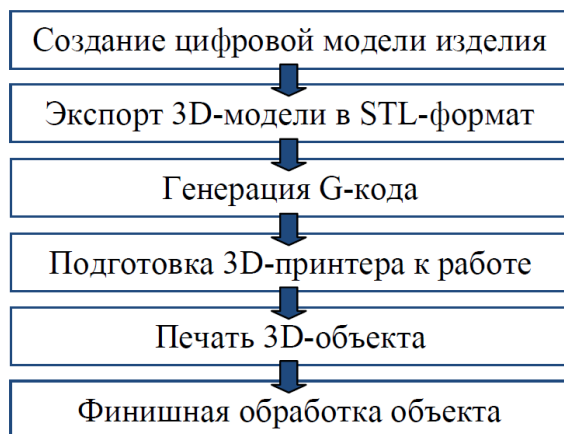


Рис. 4. - Этапы создания изделия на 3D-принтере

Рассмотрим каждый этап подробнее:

- Создание цифровой модели изделия. На данном этапе при помощи системы трёхмерного геометрического моделирования (3D Computer Aided Design (CAD) - систем автоматизированного проектирования) создаётся компьютерная модель будущего изделия. Так же возможно создание компьютерной модели изделия, на основании 3D-сканирования объекта.

- Экспорт 3D-модели в STL-формат. STL - это специальный формат, созданный для 3D-печати, он описывает треугольники, из которых состоят контуры любого объекта.

- Генерация G-кода. Создаётся набор, представляющий собой, нарезку цифровой модели на отдельные слои с преобразованием данных в инструкции для работы принтера.

- Подготовка 3D-принтера к работе. Данный этап может немного отличаться в зависимости от типа печати, но в основном все схоже и представляет

собой загрузку материала, калибровку позиционирования печатного сопла.

- Печать 3D-объекта. Непосредственно происходит создание изделия путём послойного синтеза материала.

- Финишная обработка объекта. Полировка, шлифовка объекта. Обычно для этих целей используют автоматический пескоструйный аппарат или ручную обработку наждачной бумагой мелкой зернистости.

Одной из основных ролей компьютерного моделирования в аддитивных технологиях является создание геометрической 3D-модели будущего изделия при помощи CAD пакетов. За счёт того, что объект создаётся путём послойного синтеза, создаваемая 3D-модель представляет собой виртуальный прототип будущего изделия. За счёт этого всегда есть возможность в быстрой корректировке изделия, а так же для будущей модернизации объекта. Благодаря этому открываются широкие возможности в применении аддитивных технологий в различных областях.

Также одной из важнейших ролей компьютерного моделирования в аддитивных технологиях является компьютерный анализ и оптимизация изготавливаемого объекта до его физических испытаний. Проведя такой анализ можно минимизировать количество итераций на производстве и испытании изделия. Для такого рода задач используются системы инженерного анализа (Computer-aided engineering (CAE) - компьютерной инженерии).

Современные системы анализа позволяют моделировать различные



физические процессы, которые могут произойти с изготавливаемым объектом. Наиболее распространённые типы задач, которые анализируют при помощи CAE пакетов:

- Анализ механических свойств (structural analysis): расчёт динамических пластических деформаций, при статической и динамической нагрузке, анализ прочности и механической устойчивости изделия.
- Моделирование динамики систем твердых тел (Rigid Body Dynamics): анализируется сложная механическая система с большим количеством элементов, учитывающая деформации различных частей высокой твёрдости.
- Вычислительная гидродинамика (Computational Fluid Dynamics): расчёт потоков газа и жидкости вокруг или через объекты.
- Тепловой анализ (thermal analysis): расчёт температурных показателей, процессы диффузии, конвекции и излучения.
- Электромагнитное моделирование (Electromagnetic simulation): моделирование статических и динамических электромагнитных полей.
- Моделирование процессов (Process Simulation): физическое моделирование определённых процессов, штамповка, прокатка.

Для проведения CAE анализа 3D-модель изделия импортируется в программу, где она проходит следующие этапы:

- Определение параметров модели. На данном этапе задаются свойства материала, из которого предполагается производство изделия.
- Определение контактных параметров. Указываются точки приложения воздействия (механическое, тепловое и т.д.) на объект.
- Определение кривой нагружения. Задаются тип и время воздействия.
- Определение времени расчёта.
- Анализ результатов компьютерного моделирования.

После проведения комплексного анализа при помощи CAE становится понятно, надо ли изменять что-либо в будущем изделии. При условии выявления недочётов в 3D-модели она передаётся на доработку. Если все результаты в допустимых рамках, модель отправляется на печать.

В производстве изделий при помощи аддитивных технологий, роль компьютерного моделирования очень высока. Начиная от первого этапа, на котором создаётся будущая 3D-модель при помощи CAD пакетов, так и при последующем этапе CAE анализе полученной модели. За счёт такой взаимосвязи можно получить изделие 3D-печати высокого качества.

References:

1. Формирование поверхностных слоев при лазерной наплавке с использованием мощных волоконных лазеров/ Е. В. Земляков [и др.]. // Научно-технические ведомости санкт-петербургского государственного политехнического университета, 2013. №. 166. С. 231-236.



2. Лазеры на алюмоиттриевом гранате с неодимом/ Г.М. Зверев [и др.]. М.: Радио и связь. 1985. 240 с. (С. 128).
3. Способ изменения диаметра перетяжки выходного лазерного пучка на фиксированном расстоянии от лазера / А.Я. Ставертий [и др.] // Патент России №2488861, 29.06.2012.
4. Chirag P., Patel I., Patel R.I. 3d Heat Transfer analysis and numerical modeling of LENS TM process for thin wall by using stainless steel 304. // International journal of modern engineering research. 2012. №4. P. 15961601.
5. Третьяков Р. С. Технологические особенности процесса лазерной модификации поверхностей с коаксиальной подачей порошковых материалов: дис. ... канд. техн. наук. М., 2014. 158 с. (С. 56).