

1 Структура и классификация аддитивных технологий

Аддитивная технология – это последовательный процесс создания цельных трехмерных объектов любой геометрической формы на основе цифровой модели и 3D-печати наносимыми слоями.

3D-печать является полной противоположностью таких традиционных методов механического производства и обработки, как фрезеровка или резка, где формирование структуры изделия происходит за счет удаления лишнего материала («субтрактивное производство»). Процесс печати состоит из ряда этапов:

- создания или импорта цифровой трехмерной модели,
- обработки цифровой модели для печати с добавлением поддерживающих структур
- расположения и ориентировки цифровой модели на рабочем столе,
- слайсинга – нарезки цифровой модели на отдельные слои с преобразованием данных в инструкции для работы принтера, называемые G-кодом,
- непосредственно печати,
- при необходимости, физической или химической обработки готовой модели.

Достоинства аддитивной технологии:

- **Сокращение сроков.** На создание прототипа нового устройства с помощью 3D-принтера нужно всего несколько часов. Вам не придется больше ждать по 2-3 недели, пока подрядчик изготовит для вас образец.
- **Снижение стоимости продукции.** Стоимость изготовления объекта на 3D-принтере в несколько раз ниже, чем если создавать для этого пресс-форму.
- **Сохранение коммерческой тайны.** 3D-принтер в офисе позволит сохранить все подробности новых разработок внутри компании. Не нужно передавать сведения сторонним заказчикам для производства нужной детали.
- **Широкие возможности тестирования и доработки.** Вы можете быстро и дешево изготавливать столько прототипов, сколько вам нужно. Тестируйте, вносите улучшения — пока не достигнете идеала.

В компании Logitech созданы прототипы **компьютерных мышек** из полупрозрачного фотополимера, чтобы не только оценить эргономику и внешний вид нового изделия, но и провести анализ расположения компонентов внутри конструкции. Также 3D-печать была использована для сборки тестовых образцов одной из гарнитур компании. Всестороннее тестирование позволило выпустить максимально удобный, прочный и функциональный продукт в очень короткие сроки.

Для мирового тура группы U2 специально был спроектирован и напечатан на 3D-принтере **микрофон со светодиодами вставками**. Благодаря сложной внутренней структуре, в нем удалось разместить не только большое количество электроники, но и сделать его достаточно прочным, чтобы выдерживать вес вокалиста. По аддитивной технологии изготавливают платы и корпуса электронных устройств (рисунок 1.1).

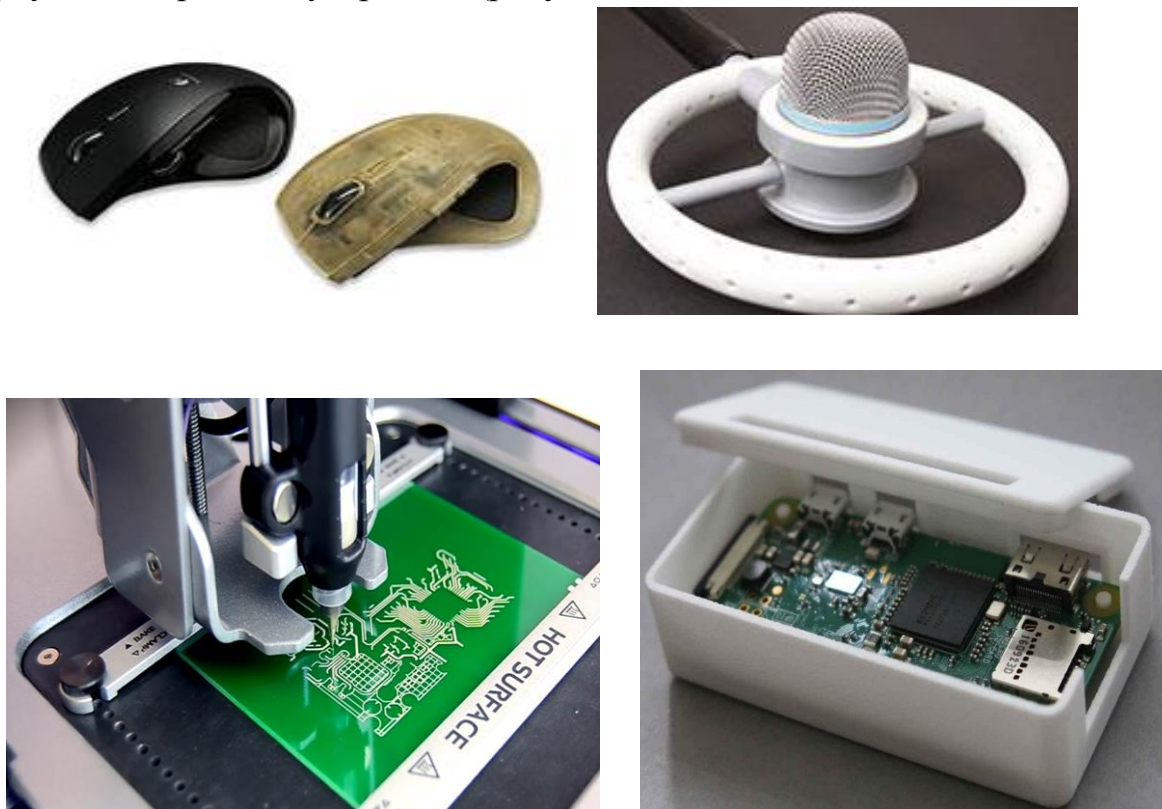


Рисунок 1.1– Примеры изделий по аддитивной технологии

Аддитивные технологии относятся к инновационному производству.

Инновация (от лат. Innovato) – обновление, процесс создания новшеств.

Главная цель инноваций- увеличение интеллектуального и материального потенциала общества, приращение его ресурсов, увеличение возможностей развития в сфере п производства, экологии и культуры.

Основные признаки инноваций – наличие научно-технической новизны, практическая применимость и коммерческая целесообразность. Инновационный процесс включает 5 основных этапов. Жизненный цикл инноваций не включает эксплуатацию и утилизацию изделий (рисунок 1.2).

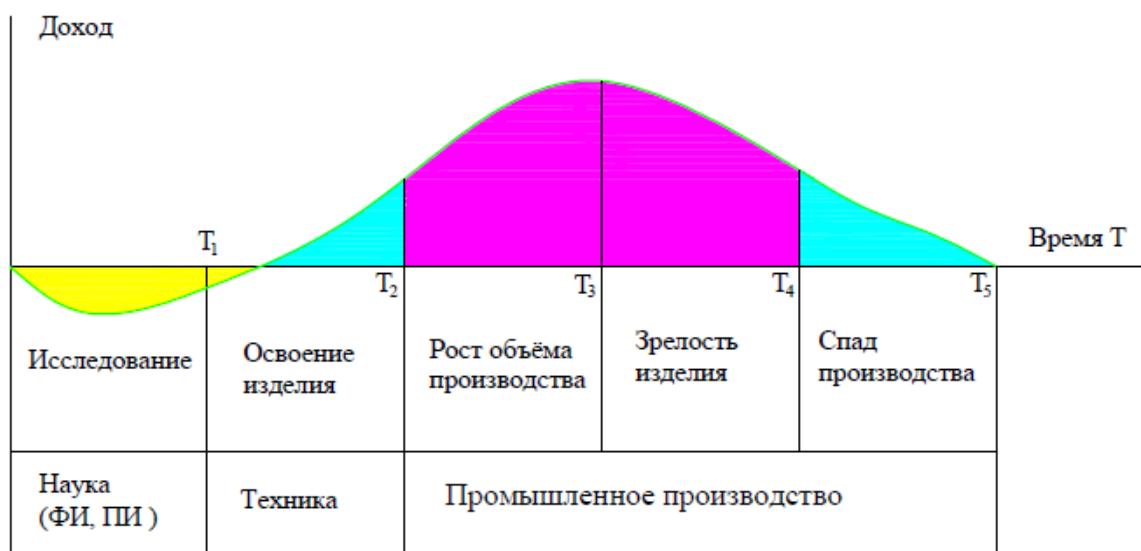


Рисунок 1.2 – Жизненный цикл инновационного производства

Классификация и характеристика методов аддитивной технологии приведена в таблице 1.1.

Таблица 1.1– Классификация методов аддитивной технологии

Метод	Технология	Используемые материалы
Экструзионный	Моделирование методом послойного наплавления (FDM или FFF)	Термопластики (PLA, ABS)
Проволочный	Производство произвольных форм электронно-лучевой плавкой (EBF3)	Металлические сплавы
Порошковый	Прямое лазерное спекание металлов (DMLS)	Металлические сплавы
	Электронно лучевая плавка (EBM)	Титановые сплавы
	Лазерная плавка (SLM)	Титановые сплавы, кобальт хромовые сплавы. нержавеющая сталь

	Выборочное тепловое спекание (SHS)	Порошковые термопластики
	Выборочное лазерное спекание (SLS)	Термопластики. металлические и керамические порошки
Струйный	Струйная трехмерная печать (3DP)	Гипс. пластики. металлические порошки
Ламинирование	Изготовление объектов методом ламинирования (LOM)	Бумага, металлическая фольга, пластиковая пленка
Полимеризация	Стереолитография (SLA)	Фотополимеры
	Цифровая светодиодная проекция (DLP)	Фотополимеры

Технология литых монтажных оснований (MID) для производства электронных систем

MID – это сокращение от molded interconnect device (литое монтажное основание). Благодаря разнообразию процессов литья под давлением и структурированной металлизации в MID-основании можно напрямую интегрировать механические и электронные функции, а также оптические, жидкостные и тепловые.

Расширение термина MID-основания и включение в него мехатронного монтажного основания объясняется тем фактом, что трехмерные носители не обязательно должны быть изготовлены методом литья или вообще из пластика; можно использовать и другие материалы, например, керамику. Значение MID - оснований растет, поскольку по мере появления новых материалов для подложки появляются новые возможности процесса структурирования, что открывает новые перспективные функциональные возможности и области применения (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Процесс изготовления MID изделий

Трехмерное расположение позволяет устанавливать компоненты под определенным углом, вертикальный монтаж и точное позиционирование чипов, а также образование полостей.

Множественность вариантов расположения MID-оснований позволяет интегрировать на контактную поверхность переключатели или датчики и пассивные электрические функции (в этом числе емкость, индуктивность, сопротивление), а также антенны для передачи или приема электромагнитных волн (рисунок 1.4).

Частичная металлизация с полным охватом поверхности образует экран, защищающий от электромагнитного обучения и излучения, и теплоотводы для рассеивания избыточного тепла. Геометрическую форму основания можно модифицировать для установки узлов крепления, ребер жесткости и теплоотвода прямо на корпус.



Рисунок 1.4 –Потенциальные возможности 3D-MID изделий

Две отрасли демонстрируют огромный потенциал в применении высокотехнологичных MID-устройств - **автомобильная и медицинская электроника**. Для рынков информационных технологий и телекоммуникаций характерно массовое производство сенсоров и антенн. Другими областями применения MID-устройств являются промышленная и медицинская автоматизация и аэрокосмические технологии.

Технологический процесс изготовления MID-изделий приведен на рисунке 1.5.



Рисунок 1.5 – Технологический процесс изготовления MID-изделий

Технология трехмерных литых узлов и плат использует прямую лазерную активацию.

Материалы – полиамид, поликарбонат, полифталамид. Основные критерии: механические свойства, коэффициент термического расширения, степень влагопоглощения, обрабатываемость на различных этапах.

Операции процесса: литье в формы (запрессовка внешних контактов), лазерная обработка (формирование отверстий, углубления пол проводники), химическая металлизация проводников шириной 150 мкм и толщиной 8 мкм, термообработка при 125С в течение 1 часа для улучшения сцепления покрытия, им-

мерсионное золочение, ультразвуковая микросварка проволочных проводников, пайка наружных SMD компонентов (рисунок 1.6).



Рисунок 1.6 – Внешний вид 3D MID изделия

С точки зрения геометрии композиты можно разделить (рисунок 1.7):
- на армированные частицами; армированные волокном; слоистые (ламинаты); инфильтрированные; конструкционные.

Компоненты композитов сами могут являются композитами. Композиты, армированные частицами, содержат частицы (волоконные композиты – волокна), внедренные в другие компоненты композита, образующие матрицу. Волокна волоконных композитов могут быть как ориентированы в желаемом направлении, так и не ориентированы.

Для изготовления трехмерных литых монтажных оснований MID используют такой класс материалов, как **пластмассы**. Эти материалы предпочитают использовать для носителей основной части MID-изделий (рисунок 1.8).

Преимущество пластмасс – рассеивать путем эластичной или пластичной деформации (ввиду их высокой вязкости) местные пиковые напряжения, возникающие вследствие механической нагрузки. Пластмассы обладают большей производственной гибкостью по всей линии производства от макро- до микро- MID-изделий.

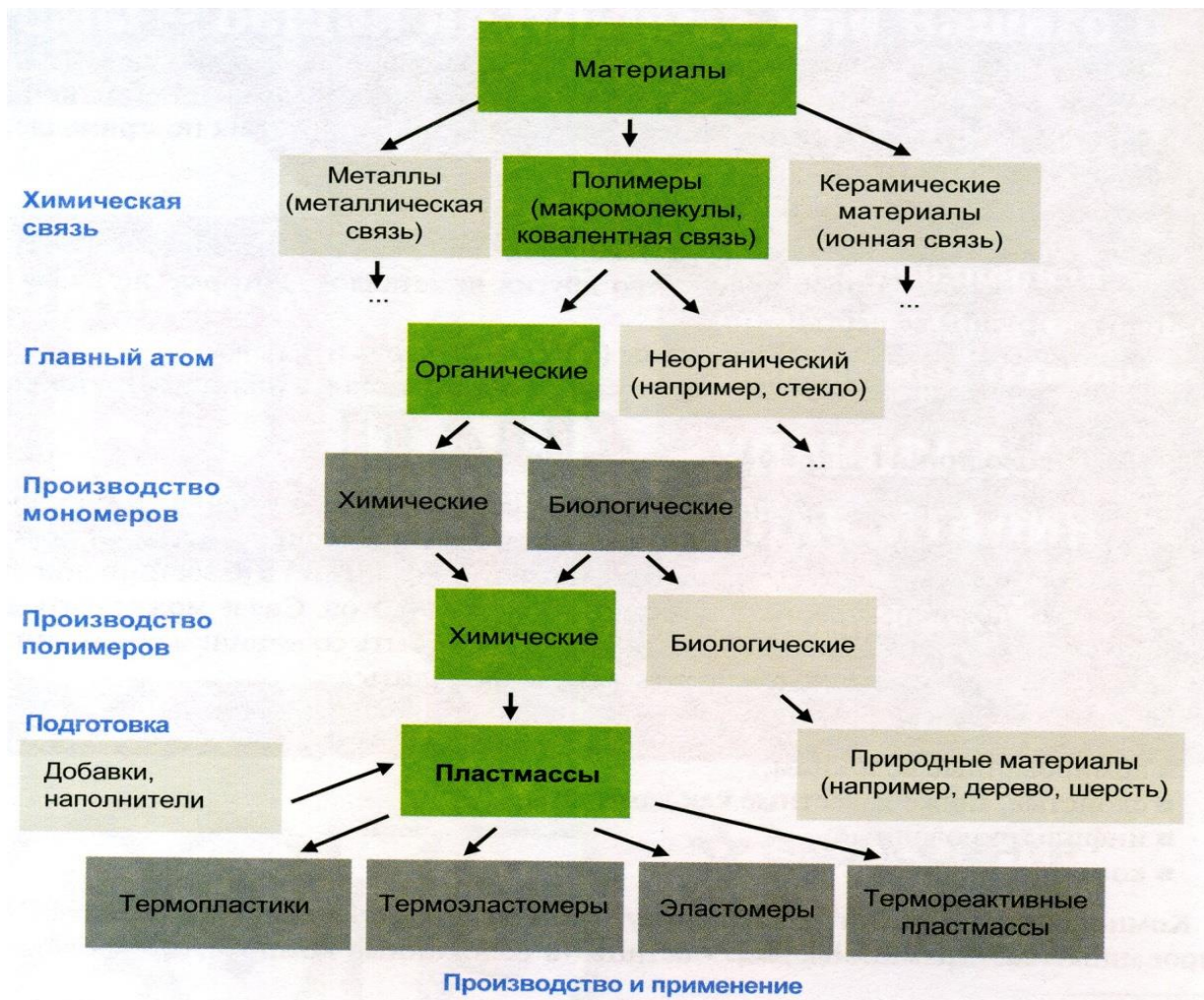


Рисунок 1.7 – Классификация материалов 3D-MID изделий

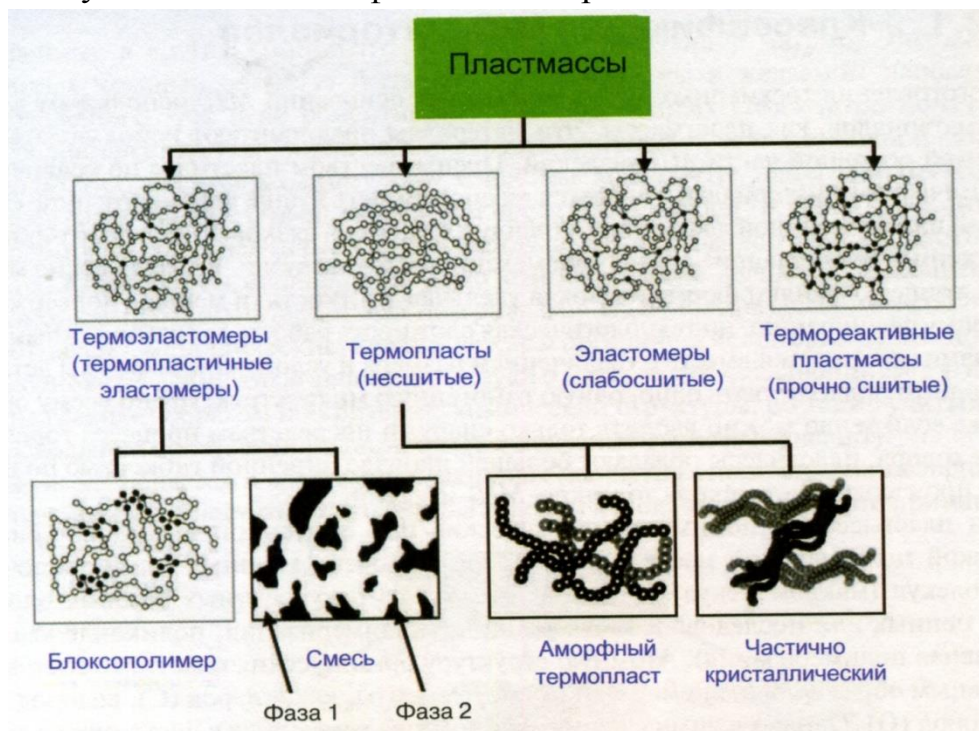


Рисунок 1.8 – Классификация пластмасс

Керамические материалы лучше сохраняют форму (высокая удельная жесткость) и меньше подвержены тепловому расширению, но технологическая сложность работы с керамическими материалами повышается вместе с увеличением размера и усложнением формы детали. Необходимо поддерживать однородную гомогенную микроструктуру по всему объему, даже если тепло можно вводить только снаружи посредством процесса горения.

АБС-пластик (акрилонитрил бутадиен стирол, $(C_8H_8)_x \cdot (C_4H_6)_y \cdot (C_3H_3N)_z$) — ударопрочная техническая термопластическая смола на основе сополимера акрилонитрила с бутадиеном и стиролом. Пропорции могут варьироваться в пределах: 15—35 % акрилонитрила, 5—30 % бутадиена и 40—60 % стирола. Производство одного килограмма АБС требует эквивалента примерно 8 кг нефти в виде материалов и энергии. Также он может быть повторно переработан. Некоторые виды АБС **могут разрушаться под воздействием солнечного света.**

- Непрозрачный материал желтоватого оттенка. Окрашивается в различные цвета.
- Нетоксичность в нормальных условиях
- Долговечность в отсутствии прямых солнечных лучей и ультрафиолета
- Стойкость к щелочам и моющим средствам
- Влагостойкость
- Маслостойкость
- Кислотостойкость
- Теплостойкость 103 °С (до 113 °С у модифицированных марок)
- Широкий диапазон эксплуатационных температур (от -40 °С до +90 °С)
- Плотность 1.02-1.06 г/см³.

Полилактид (PLA)— биоразлагаемый, биосовместимый, термопластичный, алифатический полиэфир, мономером которого является молочная кислота. PLA-пластик, или полилактид, является наиболее биологически совместимым и экологически чистым из всех материалов, применяемых в 3D-принтерах.

Обладает следующими преимуществами:

- размеры стабильны;
- экономия энергозатрат из-за низкой температуры размягчения нити и низкой температуры платформы
- нет необходимости применять каптон для смазывания поверхности для наращивания прототипа;
- гладкость поверхности напечатанного изделия.

Биоразлагаемость PLA-пластика является и основным недостатком этого материала.. Напечатанные с использованием PLA модели под воздействием солнечного света и влаги полностью разлагаются в период от месяца до двух-трех лет. По этой причине PLA-пластик не используется для печати функциональных деталей. Однако, детали из PLA пластика имеют хорошее скольжение, из него можно делать подшипники скольжения. Недостатками полилактида также являются медленное застывание – стеклование происходит при температуре приблизительно 50 °С.; повышенная хрупкость и жесткость.

По своей структуре **HIPS** является аморфным материалом, представляющим собой полимер стирола с разными видами синтетического каучука или смесь стирольных сополимеров.

В сравнении с другими материалами, используемыми при 3D-печати, ударопрочный полистирол обладает рядом преимуществ, среди которых:

- стойкий к воздействиям кислот и щелочей;
- обладает небольшим коэффициентом термоусадки;
- температурный диапазон эксплуатации – от -40 °С до +70 °С;
- низкая в сравнении с ABS и PLA гигроскопичность и не подверженность к разложению;
- хорошая ударная прочность и пластичность готовых изделий, облегчающая проведение механической постобработки;
- хорошие диэлектрические свойства – способен выдерживать большие напряжения, вплоть до 1 кВ.