

УДК 621.01:621.77.04

КЛАССИФИКАЦИЯ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Е. С. Борзякова, студентка гр. УКб-131, 4 курс

Д. М. Дубинкин, к.т.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева
г. Кемерово

Аддитивные технологии (Additive Manufacturing) – технологии, предполагающие изготовление изделия по данным цифровой модели методом послойного добавления материала. При использовании аддитивных технологий все стадии реализации проекта от идеи до материализации (в любом виде – в промежуточном или в виде готовой продукции) находятся в одной технологической среде, в которой каждая технологическая операция также выполняется в цифровой CAD/CAM/CAE - системе.

Широкое распространение цифровых технологий в области проектирования (CAD), моделирования и расчётов (CAE) и механообработки (CAM) стимулировало развития технологий 3D-печати. Методами «быстрого прототипирования» сейчас изготавливаются коммерческие, товарные изделия – имплантаты и эндо-протезы, инструменты и литейные формы, детали самолётов и спутников, и многое другое [1].

Аддитивные технологии охватывают новые сферы деятельности человека (рис. 1; рис. 2) [1]. Дизайнеры, архитекторы, кондитеры, археологи, астрономы, палеонтологи, преподаватели и представители многих других профессий используют 3D-принтеры для реализации совершенно новых идей и проектов. Активно создаются роботизированные комплексы для «печати» быстротвердеющими бетонными смесями.

Аддитивные технологии классифицируют:

- по применяемым строительным или модельным материалам (жидкие, сыпучие, полимерные, металлопорошковые и т. д.);
- по наличию или отсутствию лазера;
- по методам подвода энергии для фиксации слоя построения (с помощью теплового воздействия, облучения ультрафиолетовым или видимым светом, посредством связующего состава и т. д.);
- по методам формирования слоя;
- по типу движения.

Классификация и терминологии аддитивных технологий рассматривалась организацией ASTM International, которая занимается разработкой стандартов для широкого спектра материалов, изделий, систем и услуг. Стандарт ASTM F2792.1549323-1 определяет аддитивные технологии, как: «Процесс объединения материала с целью создания объекта из данных 3D-модели, как правило, слой за слоем, в отличие от механообрабатывающих производственных технологий».



Рис 1. Распределение аддитивных технологий по отраслям



Рис 2. Сферы применения аддитивных технологий

По классификации ASTM в версии 2012 г. аддитивные технологии разделены на 7 категорий [2]:

Material Extrusion – «выдавливание материала»	Material Jetting – «разбрызгивание материала», «струйные технологии»	Binder Jetting – «разбрызгивание связующего»	Sheet Lamination – «соединение листовых материалов»
Vat Photopolymerization – «фотополимеризация в ванне»	Powder Bed Fusion – «расплавление материала в заранее сформированном слое»	Directed energy deposition – «прямой подвод энергии непосредственно в место построения	

К категории Material Extrusion [2] относится, например, технология MJS, в соответствии с которой, в место построения модели через подогреваемый экструдер выдавливается пастообразный строительный материал – смесь металлического порошка и связующего – пластификатора. Модель помещают в печь для удаления связующего и дальнейшего спекания, так же как это делается в традиционных MIM-технологиях (Metal Injection Molding).

Примером технологии Material Jetting может быть технология Polyjet, согласно которой, модельный материал, обычно фотополимер или воск, подается в зону построения через многоструйную головку. В технической литературе эту технологию иногда называют как Multi Jetting Material.

К категории Binder Jetting [2] относятся струйные технологии или Ink-Jet-технологии, в которых в отличие от технологии Material jetting в зону построения впрыскивается не модельный материал, а связующий реагент (например, технология ExOne).

К Sheet Lamination [2] категории относят технологии, использующие в качестве строительного, листовый материал в виде полимерной пленки, металлической фольги, листов бумаги и т.д. Примером может быть технология UAM (Ultrasonic additive manufacturing, Fabrisonic), сущность которой заключается в том, что тонкие металлические пластины сваривают с помощью ультразвука и затем «лишний» металл удаляют фрезерованием. Эта технология представляет собой сочетание аддитивной и «вычитающей» технологии [4].

К категории Vat Photopolymerization [2] относят технологии, использующие жидкие модельные материалы – фотополимерные смолы, например SLA-технология (3D Systems) и DLP-технология (Digital Light Procession, Envisiontec).

В категорию Powder Bed Fusion [2] входит группа SLS-технологий, в которых в качестве источника тепла применяется лазер. Это такие технологии, как Arcam технология, использующая электронный луч, и технология SHS (Selective Heat Sintering (Blueprinter), в которой источником тепла являются ТЭНы.

В категорию Directed energy deposition [2] входят технологии, согласно которым строительный материал и энергия для его сплавления подводятся

одновременно к месту построения изделия. Эти технологии предполагают применение машин, оснащенных системами подвода модельного (строительного) материала и энергии, обычно в виде сфокусированного лазерного излучения (Optomes, POM) или электронного луча (Sciaky). В ряде случаев рабочий орган – головку устанавливают на роботизированной «руке».

Процессы формообразования заложены в основу различных видов технологического оборудования для производства деталей методами аддитивных технологий: SLA - технология лазерной стереолитографии; SLS - технология селективного лазерного спекания; MJM - метод наплавления; DLP - технология наплавления (цифровая светодиодная проекция); LOM - технология изготовления объектов методом ламинирования объектов; FDM - технология послойного наложения расплавленной полимерной нити; SHS - технология выборочного теплового спекания.

В результате разработки и внедрения аддитивного оборудования появились новые технологические возможности в машиностроительной отрасли [4÷8]. Пока еще не везде, но в целом ряде направлений аддитивные технологии начали быстро вытеснять традиционные методы производства. В машиностроении 3D-печать создает условия, позволяющие решать самые разные задачи эффективно, быстро и качественно. Среди этих задачи можно отметить следующие:

– разработка прототипов и изготовление новых компонентов и агрегатов (концепт-модели, тестовые образцы рис. 3) для тестирования еще до начала серийного производства и осуществлять тестирование и проверку различных характеристик, чтобы заранее устранить вероятные дефекты [4];

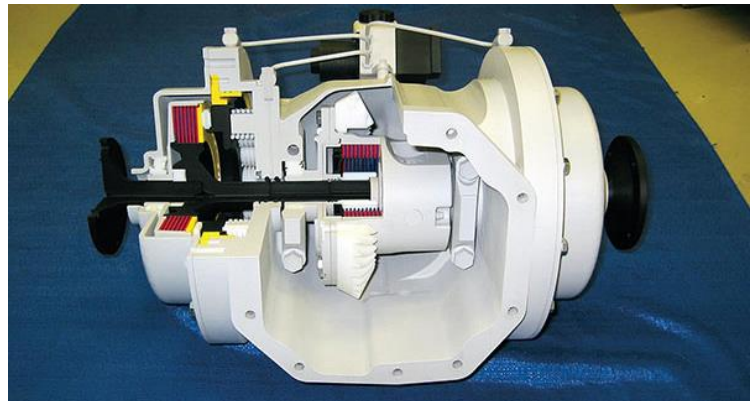


Рис. 3. Тестовые образцы, напечатанные на 3D FDM принтере

– создание более современных систем и/или их элементов;
– производство ремонта и/или замены старых деталей, которые уже готовы к эксплуатации (компоненты различных механизмов, детали и запчасти для ремонта, компоненты двигателей и др.).

Таким образом, применение аддитивных технологий для конструкторско-технологической подготовки производства позволяет:

– повысить эффективность и возможности по производству более качественных и менее дорогих по себестоимости изделий;
– усложнять конструкции без дополнительных финансовых средств;
– изменять формы без дополнительных финансовых средств;

- минимизировать время на освоение новой продукции;
- создавать новые сложные формы;
- организовать компактное, мобильное производство;
- снизить количество отходов производства;
- точно копировать физические тела и сократить возможность допуска ошибок;
- создавать удобную и эффективную технологическую оснастку, ускоряющей производство основной продукции;
- создавать быстро и качественно литейные модели (восковые, выжигаемые модели, а также образцы для литья в силикон);
- исключить технологические составляющие в модели;
- снижать себестоимость продукции, улучшать ее параметры, а также характеристики многих изделий и их возможности;
- создавать возможности по управлению физико-механическими свойствами компонентов и систем с помощью смешивания различных расходных материалов.

Внедрение 3D технологии в образовательную и научную деятельность высших учебных заведений позволит:

- увеличить научный потенциал образовательной организации, т.е. расширит возможности для будущих поколений инженеров реализовывать свои идеи намного эффективней, чем это происходит сейчас;
- ускорить и удешевлять этапы прототипирования и экспериментального тестирования новых образцов и изделий;
- повысить интерес обучающихся к образовательному процессу, т.к. 3D технологии дают возможность визуально оценить и протестировать результаты их работы [3];
- готовить высококвалифицированные кадры для машиностроительной отрасли [3].

Список литературы:

1. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении / М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш // пособие для инженеров. – М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» 2015. 220 с.
2. Greul M. Metal and ceramic prototypes using the Multiphase Jet Solidification (MJS) process Metallische und keramische Prototypen mit 186 dem Multiphase jet Solidification (MJS) Verfahren. Fraunhofer IFAM // Conference on Rapid Tooling & Manufacturing, 1997.
3. Лащинина С.В., Бакулин Е.В. Исследование твердости изделий из ABS пластика изготовленных по FDM технологии // Сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием "РОССИЯ МОЛОДАЯ" Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева; Ответственный редактор О.В. Тайлаков. 2016. С. 236.
4. <http://top3dshop.ru/wiki/3d-print-machinery/>

5. <http://fabrisonic.com>
6. <https://rec3d.ru/>
7. <http://3dtoday.ru/>
8. <http://3dprofy.ru/>