

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ИСТОРИЯ, МЕТОДЫ, МАТЕРИАЛЫ

© 2018 А. П. Преображенский, Н. М. Токарева

Воронежский институт высоких технологий (г. Воронеж, Россия)

ООО «3Д комплекс», г. Воронеж (г. Воронеж, Россия)

В работе рассматриваются история развития аддитивных технологий, используемые материалы и методы в 3D-печати.

Ключевые слова: аддитивные технологии, 3D-моделирование, 3D-печать.

Аддитивные технологии (если в оригинале, то AF – Additive Fabrication), относящиеся к технологиям послойного синтеза, в настоящее время можно рассматривать как наиболее активно развивающиеся направления в «цифровом» производстве. Эти технологии являются противоположностью вычитающим технологиям.¹

В среде интернет-сообществ, популярных научно-технических изданиях, а также разговорной речи профессиональных работников можно встретить выражения «3D-печать», «3D-принтер» или «3D-принтинг», которые вполне можно рассматривать как синонимы.

Основная идея AF-технологий заключается в том, что происходит послойное построение (синтез) изделий – модели, формы, мастер-модели и т. д. на основе того, что фиксируются слои модельных материалов и осуществляется их последовательное соединение между собой при помощи разных способов: спекание, сплавление, склеивание, полимеризация. Это все зависит от особенностей конкретных технологий.

Помимо того, что есть очевидные преимущества в скорости а, часто, в стоимости формирования изделий, такие технологии характеризуются важным достоинством при охране окружающей среды, например, в задачах эмиссии парниковых газов и «тепловом» загрязнении.

Первая реализация идей изготовления трехмерных твердых тел была в 18 в. при копировании медальонов.

Созданию современных AF-технологий предшествовали разработки топографических макетов, которые рассматривались как трехмерные карты поверхностей местности

(Josef E. Blather, 1890 г.). Тонкие восковые пластины позволяли осуществлять «послойный синтез» холмов или оврагов. Затем этот подход стали применять в ЛОМ-технологии – послойном ламинировании (Lamination Object Manufacturing) (Nakagawa, 1979 г.)

Второй предшественницей AF-технологий является фотоскульптура (François Willème, 1890 г.). Основная идея состояла в одномоментном фотографировании на множество камер, расположенных вокруг объекта и обрисовывании контура при помощи пантографа, связанного с режущими инструментами, удаляющими глину, что соответствовало профилю существующего контура.

Затем эту технологию усовершенствовали при помощи фоточувствительного желатина (Carlo Baese, 1904 г.)

Через несколько десятилетий топография и фотоскульптура были объединены (Isao Morioka, 1935 г.).

Способ, близкий к тому, который применяется в современной стереолитографии, был предложен в 1956 г (Otto Munz). В нем использовалась селективная (послойная) экспозиция прозрачной фотоэмульсии, на которую осуществлялась проекция контуров объекта. Совокупность проекций при затверждении прозрачных материалов давала образ трехмерного объекта.

Технологии, позволяющие делать твердым фоточувствительный полимер при пересечении лазерных лучей, предложили в 1977 г. (Wyn Kelly Swainson). Технологии, позволяющие проводить послойный синтез из порошковых материалов, возникли в 1972 г. (P. A. Ciraud).

Совершенствование порошкового подхода было в 1981 г. (R. F. Housholder), при этом порошковый материал наносили на плоскую платформу, разравнивали и затем спекали слой.

Преображенский Андрей Петрович – ВИБТ-АНОО ВО, д. т. н., профессор, app@vibt.ru.
Токарева Наталия Михайловна – ООО «3Д комплекс», генеральный директор, tokkarewwa_561@mail.ru.

В течение 1981-1982 гг. появились разработки, основанные на использовании ультрафиолетового излучения в процессах фотополимеризации (Hideo Kodama, A. J. Herbert).

Технология, которую называют «трехмерная печать», возникла в 1986 г. (Charles W. Hull, фирма 3D Systems). Ультрафиолетовое излучение направлялось тонкие слои фотополимерной смолы, этот процесс называли «стереолитография» и был создан соответствующий 3D-принтер – SLA (Stereolithography Apparatus).

В течение почти десятилетия аддитивные технологии не были доступны для широкой общественности, но прорыв был сделан в 1995 г. в Массачусетском технологическом институте (Джим Бредт и Тим Андерсон) за счет того, что послойный синтез материалов был реализован в обычном настольном принтере.

В начале 2000-х гг. аддитивные технологии применялись большей частью в тех областях, где требовалось в течение как можно меньшего времени произвести качественную продукцию. Но в настоящее время эти технологии значительно расширили сферы использования – научные разработки, образование, дизайн, развлечения.

Различные аддитивные технологии базируются на том, что формирование объектов осуществляется за счет того, что удаляется «лишний» материал.

Широко применяется в промышленности, литейном производстве, дизайнерских моделях SLA-технология (Stereolithography Apparatus), называемая стереолитографией, в которой идет поэтапное послойное отверждение жидкого фотополимера при помощи лазера.

Сейчас идет активное развитие SLS-технологии, основывающейся на послойном селективном лазерном плавлении металлических порошков, что предоставляет возможности для того, чтобы было безотходное изготовление объектов непосредственным образом по данным, содержащимся в 3D CAD-системах, при этом сложность практически любая при большом выборе металлов.

Основная идея такой технологии состоит в том, что идет выборочное плавление тонких слоев металлических порошков при помощи луча лазера, основываясь на том, какая геометрия сечения объекта, что относится к каждому слою из порошков. Процесс селективного лазерного спекания изначально

но возник в виде усовершенствованного метода отверждения жидких фотополимеров.

В качестве строительного материала применяют сыпучие, порошкообразные материалы, тепло получают за счет лазера. Модельными материалами являются полимерные и металлические порошки. В современных SLS-принтерах есть возможности для работ с керамической глиной, металлическими порошками, комплексными полимерами.

Самые дешевые устройства в настоящий момент – это FDM-принтеры, которые используют послойное наплавление филаментов, когда создается трехмерный объект. Появились принтеры, в которых уже не одноцветная нить, а несколько разноцветных, создаются цветные объекты.

При том, что идет непрерывная разработка новых материалов, пластик и его разные сплавы все еще характеризуются лидирующими позициями.

Это связано не только с тем, что большая доля оборудования в сфере трехмерной печати представлена FDM-принтерами.

Производственные процессы и дальнейшее применение «полимерных» чернил будут обходиться значительно дешевле, чем при использовании металлглины или фотополимеров.

1. АБС-пластик является ударопрочной технической термопластической смолой, основывающейся на сополимере акрилонитрила с бутадиеном и стиролом. Может быть вариация пропорций в диапазонах: 15-35 % по акрилонитрилу, 5-30 % по бутадиену и 40-60 % по стиролу.

Для того, чтобы произвести один килограмм, необходим эквивалент порядка 2 кг нефти. Некоторые АБС подвержены разрушению под действием солнечных лучей.

2. Полилактид (ПЛА) является биоразлагаемым, биосовместимым, термопластичным, алифатическим полиэфиром, мономер его – молочная кислота. В качестве сырья в производстве применяют кукурузу и сахарный тростник, являющимися возобновляемыми ресурсами.

3. При помощи керамического порошка и металлической глины идет имитация характеристик, относящихся к металлическим сплавам и натуральным глиняным смесям, которые применяют в промышленности.

4. Фотополимер является веществом, которое, изменяет свои свойства при воздействии света, часто это ультрафиолетовый свет. До того, как произошло световое воз-

действие, материал большей частью является мягким и светочувствительным.

Таким образом, в работе рассмотрены основные исторические этапы развития аддитивных технологий, некоторые материалы, используемые при моделировании, методы, которые используют в аддитивных технологиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Au K. M. Visibility-based conformal cooling channel generation for rapid tooling / K. M. Au, K. M. Yu, W. K. Chiu // *Computer-Aided Design*, 2011, 43(4), pp/356-373.
2. Baechler C. Distributed recycling of waste polymer into RepRap feedstock / C. Baechler, M. DeVuono, J. M. Pearce // *Rapid Prototyping*, 2013, 19(2), pp.118-125.
3. Белов В. Д. Новые материалы и ускоренная подготовка производства – гарантия успеха на рынке литейной продукции / В. Д. Белов, Н. А. Белов, В. В. Дрокина // *Литейное производство – 2009*. – № 5. – С. 13-16.
4. Blanthier J. E. Manufacture of contour relief maps / J. E. Blanthier // *US Patent 473901*, 24.04.1890.
5. Gilman P. P. Mechanical alloying / P. P. Gilman, J. S. Benjamin // *Ann. Rev. Materials Sci.*, 1933. – Vol. 13. – pp. 279-330.
6. Housholder R. F. Molding Process / R. F. Housholder // *US Patent 4, 247, 508*, 1981.
7. Huang S. H. Additive manufacturing and its societal impact: a literature review / S. H. Huang, P. Liu, A. Mokasdar, L. Hou // *International Journal of Additive Manufacturing Technology*, 2013, 67, pp. 1191-1203.
8. Koch C. C. Materials Synthesis by Mechanical Alloying / C. C. Koch // *Annual Reviews of Materials Science*. 1988, vol. 19, p. 18.
9. Abbé François Moigno Photo-sculpture, art nouveau imaginé par M. François Willème / Abbé François Moigno // *Revue photographique*, tome 6, 1861, P. 136.
10. Роман О. В. Актуальные проблемы порошковой металлургии. / О. В. Роман, В. С. Аруначалама. – М.: Металлургия, 1990. 232 с.
11. Слюсар В. Фаббер-технологии. Новое средство трехмерного моделирования / В. Слюсар // *Электроника: наука, технологии, бизнес*. – 2003. – № 5. – С. 54-60.

ADDITIVE TECHNOLOGIES: HISTORY, METHODS, MATERIALS

© 2018 A. P. Preobrazhenskiy, N. M. Tokareva

Voronezh Institute of high technologies (Voronezh, Russia)
LLC «3D complex», Voronezh (Voronezh, Russia)

This paper considers the history of the development of additive technology, materials and techniques in 3D printing.

Key words: additive technologies, 3D modeling, 3D printing.