

УДК 681.6, 681.9, 004.356

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 3D ПЕЧАТИ**Лысыч М.Н., Шабанов М.Л., Качурин А.А.***ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный лесотехнический университет», Воронеж,
e-mail: miklynea@yandex.ru*

В статье дана классификация наиболее распространенных и перспективных технологий 3D печати, таких как: ламинирование; гранулирование; экструдирование; фотополимеризация. По каждой из технологий дается анализ областей применимости и обзор применяемых материалов. В рамках каждого класса выделена наиболее распространенная технология 3D печати и дано ее подробное описание. Приведены схемы, наглядно иллюстрирующие принципы функционирования конкретных технологий. Сделаны выводы о перспективах развития технологий 3D печати в ближайшем будущем.

Ключевые слова: 3D печать, технологии, материалы, применение**REVIEW MODERN TECHNOLOGIES 3D PRINTING****Lysych M.N., Shabanov M.L., Kachurin A.A.***Voronezh state forest technical university, Voronezh, e-mail: miklynea@yandex.ru*

The article presents the classification of the most common and advanced 3D printing technology, such as lamination; granulation; extrusion; photopolymerization. For each of the technology areas of applicability analyzes and review of the materials used. In each of the classes of 3D printing technology to identify the most common and is given a detailed description. The diagrams clearly illustrating the principles of the core technology. The conclusions about the prospects of 3D printing technology in the near future.

Keywords: 3D printer, technologies, materials, application

На первый взгляд, может показаться, что 3D печать – это какая-то одна определенная технология. Однако это совсем не так в наше время. Сегодня существует множество технологий для создания реальных объектов из 3D моделей. Они очень активно развиваются в настоящий момент. Наиболее актуальная – печать пластиком за счет доступности и практичности (технология FDM). Для лучшего восприятия проведем классификацию технологий 3D печати по типу наращивания слоев материала.

На данный момент существует четыре базовых типа:

ламинирование – склеивание слоев материала с последующим вырезанием;

гранулирование – склеивание или спекание частиц материала;

экструдирование – выдавливание расплавленного материала;

фотополимеризация – отверждение полимера ультрафиолетовым или лазерным излучением [3].

Технология, использующая принцип **ламинирования**.

LOM – послойное склеивание тонких пленок и последующее вырезание контуров объекта (Laminated object manufacturing) (рис. 2). Материалы – бумага, металлическая фольга, полиэтиленовая пленка.

В данной технологии лучом лазера раскраивают листовый материал, в качестве которого может выступать что угодно (бумага, ламинат, металлическая фольга и даже керамика), а затем нагреваемые вал-

ки склеивают полученные слои друг с другом. Недостатки метода понятны: грубая поверхность изделий, возможность расслоения и ошибок при не полностью прорезанном листе. Зато можно без проблем удалить испорченные слои и сделать их заново. Судя по результатам в поисковых системах (точнее, по их отсутствию), подобные принтеры уже не в моде, тем не менее на сайте фирмы Landfoam можно увидеть восхитительные образчики ландшафтов и архитектурных объектов, изготавливаемых по заказам с помощью подобной технологии [5].

К технологиям **сублимирования** в 3D печати относят:

SLS – селективное лазерное спекание (Selective laser sintering). Материалы – термопластик, металлический порошок, керамический порошок.

DMLS – прямое металлическое лазерное спекание (Direct metal laser sintering). Материалы – практически любой металлический сплав в виде гранул, крошки, порошка.

SLM – селективное лазерное наплавление (аналог DSLM). Материалы – порошки нержавеющей стали, инструментальной стали, хрома, титана, кобальта, алюминия.

EBM – электронно-лучевая плавка (Electron Beam Melting). Материалы – сплавы титана.

SHS – избирательное тепловое спекание (Selective heat sintering). Материалы – термопластичный пластиковый порошок.

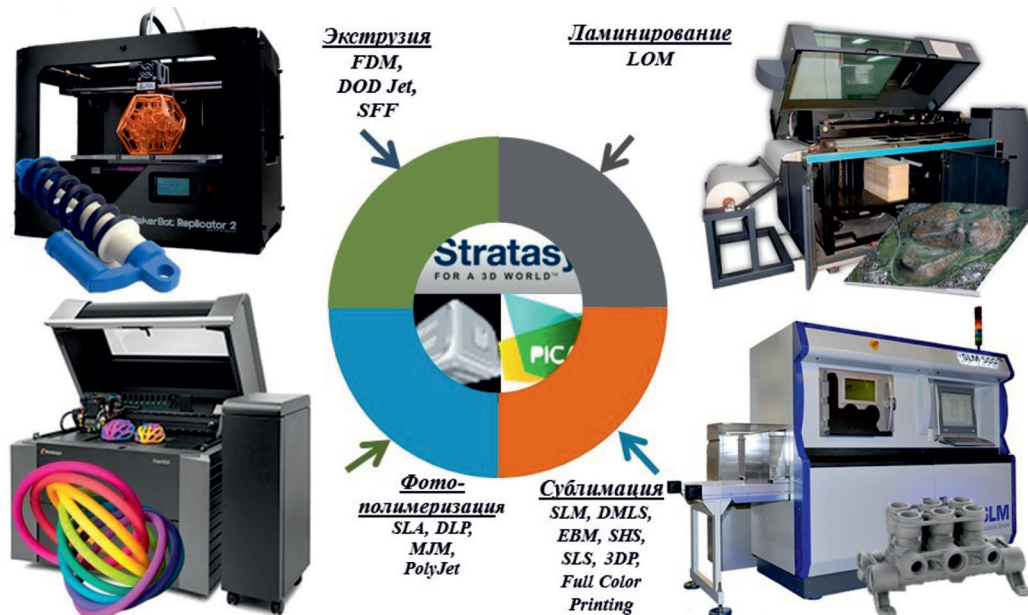


Рис. 1. Технологии 3D печати

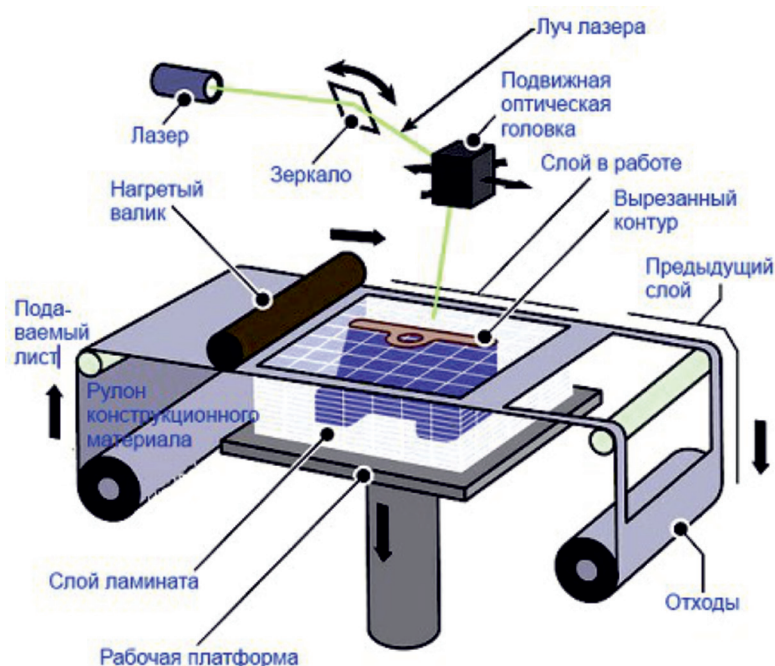


Рис. 2. Ламинирование (LOM)

CDP – послойное склеивание тонких слоев модельного порошка. Материалы – гипсopodobный порошок.

Рассмотрим более подробно SLS технологию (рис. 3). Она широко распространена и позволяет печатать изделия из пластика, металла, керамики, стекла, нейлона. В ней используется лазерное излучение с высокой мощностью для того, чтобы плавить неболь-

шие частицы пластика, металла (прямое лазерное спекание металла), керамические или стеклянные порошки в массу, которая имеет желаемую трехмерную форму. Лазер избирательно спекает порошкообразный материал путем сканирования поверхности порошка и последовательной сверки его с генерируемой в памяти компьютера 3D моделью детали. После того как сечения де-

тали закончено, емкость с порошком погружается на один слой ниже и процесс повторяется. Сыпучий материал предварительно нагревается несколько ниже температуры плавления, чтобы ускорить нагрев лазером до пиковой точки.

DOD Jet – напыление капель нагретого материала (Drop On Demand Jet). Материал – литейный воск.

SFF – 3D печать еды (Solid Freeform Fabrication). Материалы – шоколад, гидроколлоиды и др.

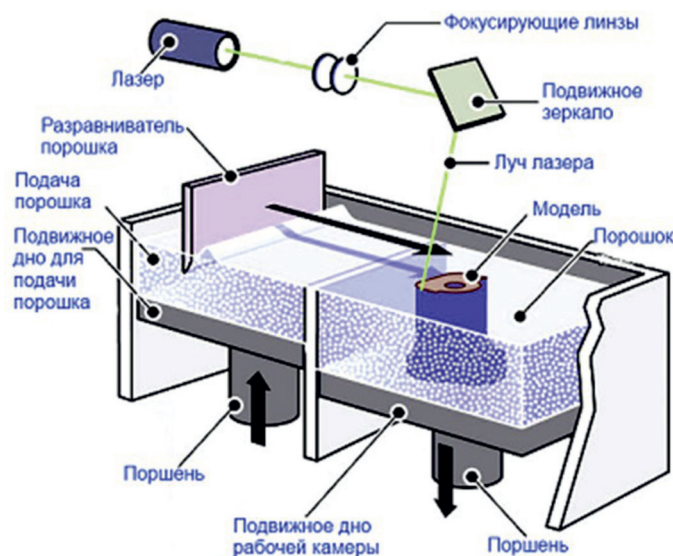


Рис. 3. Лазерное спекание порошковых материалов (SLS)

Существует два алгоритма запекания: в одном случае плавят только те участки, которые соответствуют границе перехода, в другом – плавят по всей глубине модели. Кроме того, само запекание может варьироваться по силе, температуре и длительности.

По сравнению с другими методами аддитивного производства, SLS может изготавливать детали посредством широкого диапазона доступных в продаже порошков. Они включают полимеры, такие как нейлон (чистый, наполненный стекловолокном, или другими наполнителями) или полистирол, металлы, включая сталь, титан, драгоценные металлы и композиты.

Физический процесс может быть представлен в виде полного плавления, частичного плавления, или жидкофазного спекания. В зависимости от материала, можно достигнуть 100%-й плотности при изготовлении деталей, что соответствует монолитному выплавлению деталей традиционными способами [2].

К технологиям **экструзионной** печати относят:

FDM – моделирование посредством наплавления (Fused Deposition Modeling). Материалы – термопластики (ПЛА, АБС и т.п.), легкоплавкие металлы и сплавы, съедобные материалы (например, шоколад).

Рассмотрим наиболее распространенную технологию экструзионной печати – FDM (рис. 4). По этой технологии построение объекта идет за счет расплавления нити пластика, которая через экструдер подается на рабочую поверхность и там уже застывает. Напечатав первый слой, экструдер поднимается и процесс продолжается снова.

FDM – это единственная технология «выращивания» 3D объектов, использующая промышленные термопластики, которые могут выдерживать высокую температуру и механические нагрузки.

Послойное построение позволяет получать детали с достаточно сложной геометрией, которую нельзя получить традиционными методами производства. И поскольку FDM – технология использует те же материалы (термопластики), что и традиционные методы, она может строить детали, по прочности, не уступающие деталям, полученным традиционными методами.

У метода FDM есть объективные минусы, которые обойти пока не удастся. Пластик плавится и распространяется во все стороны, контролировать этот процесс практически невозможно, поэтому модели, которые напечатаны посредством технологии FDM имеют ярко выраженную рельеф-

ную поверхность, обработка которой ведет к потере точности [4].

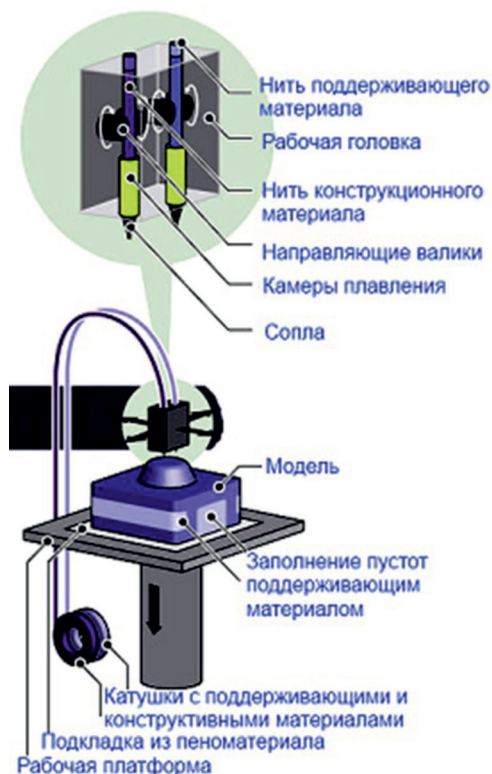


Рис. 4. Моделирование посредством наплавления (FDM)

заливается полимером, выравнивается, и на ней рисуется рисунок следующего «среза». Готовую модель промывают и для окончательного затвердевания некоторое время выдерживают под ультрафиолетовой лампой.

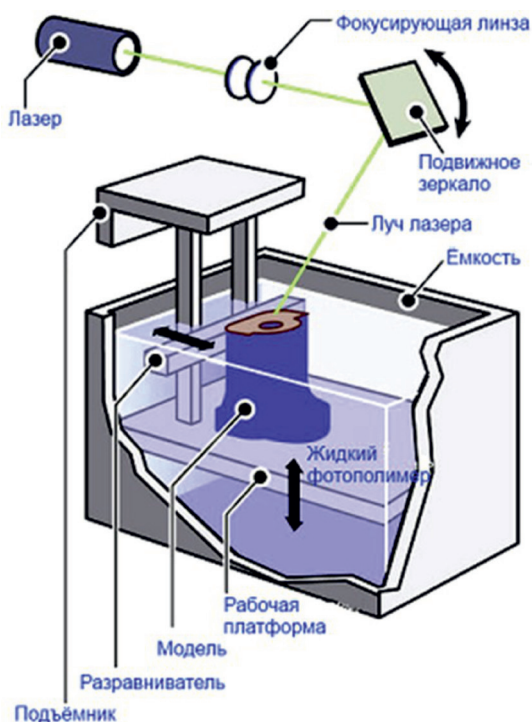


Рис. 5. Стереолитография (SLA)

К технологиям **фотополимерной** печати относят:

SLA—стереолитография (Stereolithography). Материал – фотополимерная смола.

DLP – цифровая обработка света (Digital Light Processing). Материал – фотополимерная смола.

MJM – метод многоструйного моделирования (Multi Jet Modeling). Материал – фотополимерная смола, акриловый пластик, литейный воск.

PolyJet. Материал – фотополимерная смола.

Рассмотрим распространенную технологию фотополимерной печати – SLA (рис. 5). Это технология, при которой фотополимер в жидком состоянии под действием светового излучения лазера меняет свои физические свойства и затвердевает. Как правило, толщина слоя составляет порядка – 0,1 мм, что обеспечивает превосходное качество печати.

При работе подвижная платформа, на которой формируется изделие, опускается на толщину одного слоя, и лазером создается рисунок первого «среза» модели. Затем платформа снова опускается, поверхность

Принтеры, использующие SLA-технологию, имеют самое высокое разрешение печати среди аналогичных устройств (минимальная толщина слоя SLA-принтеров от 3D Systems доходит до 0,025–0,05 мм) и позволяют создавать гладкие и прочные модели с тщательной проработкой мельчайших деталей. Габариты получаемых изделий могут достигать 75x75x75 см, но и сами принтеры отличаются крупными размерами и большим весом: аппарат для печати даже небольших (25x25x25 см) фигур имеет размеры шкафа и весит около полутонны. Кроме того, такие принтеры довольно дороги (например, цена Viper SLA – от 150000 €).

Прототипы, сделанные с использованием стереолитографии, достаточно прочные и могут использоваться в качестве форм для литья под давлением, а также термоформования, формования раздувом и других [1].

На данный момент наиболее распространенными являются 3D-принтеры, печатающие по технологии FDM (моделирование посредством наплавления). Всего пять лет назад подобные принтеры стои-

ли 14,000 долларов, а теперь купить такой 3D-принтер можно всего за 300 долларов. Подобный бум связан с истечением срока действия на соответствующие патенты, что вызвало появление множества open-source разработок, и теперь таких принтеров на рынке сотни.

Подобный прорыв может произойти в ближайшее время и с технологией SLS (лазерное спекание порошковых материалов), так как в феврале 2014 года истек срок действия ключевых патентов, которые сейчас предотвращают конкуренцию среди производителей самых продвинутых и самых функциональных 3D-принтеров на рынке.

Таким образом, в ближайшее время начнется новый виток в развитии технологий 3D-печати, которые уже будут способны по-

теснить классические технологии промышленного производства.

Список литературы

1. Лазерная стереолитография (SLA) [Электронный ресурс] / URL: <http://3dp.su/lazernaya-stereolitografiya-sla/> – Загл. с экрана. (дата обращения: 23.09.2014).
2. Селективное лазерное спекание (Selective Laser Sintering – SLS) [Электронный ресурс] / URL: <http://3dp.su/selektivnoe-lazernoe-spekanie-selective-laser-sintering-sls/> – Загл. с экрана. (дата обращения: 23.09.2014).
3. Технологии 3D печати [Текст] / М.Н. Лысыч, Р.А. Белинченко, А.А. Шкильный // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2014. – Т. 2. № 4–3 (9–3). – С. 215–219.
4. Что такое технология FDM? [Электронный ресурс] / URL: <http://3dp.su/chto-takoe-tehnologiya-fdm/> – Загл. с экрана (дата обращения: 23.09.2014).
5. Layer Object Manufacturing, LOM [Электронный ресурс] / URL: <http://3dp.su/layer-object-manufacturing-lom/> – Загл. с экрана. (дата обращения: 23.09.2014).