

ТЕХНОЛОГИИ 3D ПРИНТЕРОВ ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ ДЛЯ ПЕЧАТИ МЕТАЛЛ**TECHNOLOGY 3D PRINTERS USED TO PRINT METAL**

Бул макалада металл кукүмдөрүн колдонуучу 3D принтерлер технологиясы жана металлдын нанобөлүкчөлөрүн колдончу жана технология каралган.

Ачык сөздөр: *Аддитивдүү технологиялар, 3D принтерлер, үч өлчөмдүү басма, металл кукүмү.*

В статье описаны технологии 3D принтеров использующие металлический порошок и новая технология, с применением металлических наночастиц.

Ключевые слова: *Аддитивные технологии, 3d принтер, трёхмерная печать, металлический порошок.*

This article describes the 3D printer technology using a metal powder and a new technology, with the use of metal nanoparticles.

Keywords: *Additive technology, 3D printer, three-dimensional printing, metal powder.*

Развитие науки и техническое совершенствование выносит технологию на абсолютно новый уровень. Фантастическая скорость, с которой развивается трехмерная печать, заставляет лишь удивляться непостижимыми возможностями.

3D-принтер – это печатное оборудование для создания высокоточных макетов и изделий по образцам трехмерных виртуальных моделей. Принцип действия таких аппаратов заключается в послойном «выращивании» заданного объекта из различных рабочих материалов (полимеров, пластикатов, смол, металла, целлюлозы, керамики).

В трехмерной печати металлом наибольшее распространение получили титановые, алюминиевые и никелевые сплавы, сплав кобальт-хром, конструкционная и нержавеющая сталь, жаропрочные сплавы, металлглина и металлические наночастицы. Несмотря на широкий спектр названий, суть процесса не меняется — деталь изготавливается слой за слоем по трехмерной компьютерной модели, которая выполнена в специализированных программах, с минимальными трудозатратами на подготовку производства и постпроцессинг.

Металлические порошки — самые прочные материалы для 3D-печати(Рис.1.). Изделия, созданные на трехмерных принтерах, по многим параметрам превосходят аналоги, произведенные с помощью традиционных технологий (литье, прокатка и др.).



Рис. 1. Титановый порошок

Основные характеристики изделий из металлического порошка:

- Большой выбор металлов и их сплавов;
- Повышенная прочность;
- Любая геометрия;
- Шероховатые поверхности;
- Отсутствие напряженности металла;
- Любая пост-обработка;
- Материал поддержки используется для повторной печати.

Таблица 1 - Виды металлических порошков для 3D-печати

Кобальт-хром	Устойчивый к коррозии биосовместимый материал. Обладает высокой прочностью, используется в медицине и стоматологии, а также отраслях с высокими температурами.
Титан	Высокопрочный биосовместимый материал, применяемый в медицине, авиастроении, машиностроении, промышленности.
Алюминий и его сплавы	Легкий сплав, обладающий более низкой плотностью, чем другие металлы для 3D-печати. Обладает хорошими легирующими свойствами и электропроводностью. Используется в автомобилестроении, аэрокосмической отрасли, промышленности.
Инструментальная и нержавеющая сталь	Различные сплавы стали — самые распространенные материалы для 3D-печати. Они служат для решения широкого круга задач в различных сферах, устойчивы к коррозии, обладают повышенной прочностью и износоустойчивостью.
Никелевые сплавы	Материал с механической прочностью и свариваемостью. Устойчив до 7000°C. Используется в авиации, энергетике, производстве инструментов и других отраслях.
Другие сплавы и металлы	3D-принтеры могут использовать для печати широкий набор материалов и настраиваться для работы практически с любыми другими типами металлов: вольфрамом, никеле-кадмиевыми сплавами, железом, медью и т.д.

Трехмерные принтеры по металлу заметно отличаются от обычных принтеров, в частности касается это габаритов. Устройства для трехмерной печати даже при относительно небольших размерах обладают внушительным весом.

3D-принтеры печатающие металлом, условно можно разбить на три группы:

1. Струйные принтеры, которые работают с пластиком и легкоплавкими металлами, например, свинцом или оловом.
2. 3D-принтеры, работающие на основе металлического порошка со склеивающим веществом. На основе таких устройств печатаются прототипы, которые в дальнейшем подвергаются дополнительному обжигу.
3. 3D-принтеры, которые работают на основе технологий плавки лазером. Такие детали широко применяются в промышленности.

Металлический порошок применяется в нескольких технологиях 3D-печати:

- Селективном лазерном спекании, SLS (Selective Laser Sintering) - метод 3D, использующий материал, спекаемый с помощью лазера.
- Селективном лазерном плавлении, SLM (Selective Laser Melting) - частицы металла подвергаются плавке, после чего образуется жесткий каркас. Производственный процесс ведется в вакуумной камере, которая заполняется инертными газами.

□ Электронно-лучевой плавки EBM (Electron Beam Melting) . В процессе электронно-лучевой плавки металлический порошок плавится посредством воздействия электронных лучей. На основе данной технологии создаются детали и прототипы для медицинской сферы, аэрокосмической промышленности, автомобилестроения.

Технология SLS (селективное лазерное спекание, Рис.2.).

Выборочное лазерное спекание выполняется на основе лазерных излучателей высокой мощности. Тонкий слой порошкообразного рабочего материала, находящегося в соответствующей камере, переносится на рабочую платформу равномерным тонким слоем с помощью специального ролика - разравнивателя порошка. Лазерный луч, направление которого варьируется подвижным зеркалом, очерчивает на нанесенном слое порошка текущее сечение модели. Поскольку лазерный луч является сфокусированным источником тепла, происходит спекание гранул материала, в результате которого на том месте, где проходил лазерный луч, образуется твердый полимер. Таким образом, на данном этапе формируется очередной слой будущей детали. Подвижная платформа рабочей камеры опускается вниз (как правило, на доли миллиметра) для того, чтобы можно было нанести следующий слой материала поверх отвердевшего. В то же время подвижное дно в камере для подачи порошка подымается вверх. С помощью разравнивателя равномерно наносится следующий слой порошка в рабочей камере поверх предыдущего, под действием лазера новый слой затвердевает и спекается с предыдущим, и т.д.

Действия повторяются до тех пор, пока не будет готова вся модель. Таким образом, распечатываемая деталь как бы выращивается снизу вверх.

Необходимости в поддерживающем материале не требуется, поскольку незатвердевший порошок окружает модель и поддерживает все ее части на протяжении всего процесса 3D-печати. Сфера применения 3D печати методом SLS обширна: детали силовых установок, авиастроение, машиностроение, космонавтика, оборудования для бизнеса, электрические приборы, дизайн (Рис.3).

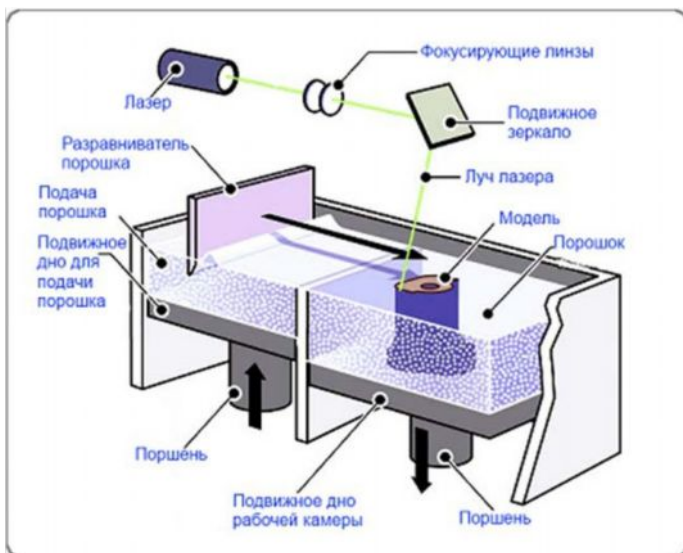


Рис.2. Схема работы 3D-принтеров по технологии SLS.



Рис.3. Сложные металлические детали распечатанные по технологии SLS.

Технология (селективное лазерное плавление Рис.4.).

Технология селективного лазерного плавления предполагает плавку металлических порошков под лазерным лучом. На рабочую платформу с помощью ракеля наносится равномерный тонкий слой металлического порошка. Мощный лазерный луч, управляемый специальной системой сканирования, очерчивает на нанесенном слое текущее сечение детали. Энергия лазерного луча приводит к сплавлению частиц порошка, в результате чего

образуется очередной сплавленный слой будущей детали. Рабочая платформа опускается вниз на величину толщины одного слоя модели. На рабочую платформу поверх созданного слоя наносится следующий слой металлического порошка. Лазерный луч очерчивает на нанесенном слое следующее сечение детали и т.д.

Действия продолжают до тех пор, пока процесс "выращивания" металлической детали не будет завершен. После печати последнего слоя, нерасплавленные частицы порошка удаляются с помощью газа под высоким давлением. В итоге на выходе получается металлическая деталь, полностью готовая к использованию и не требующая пост-обработки.

Создаются изделия для стоматологии, протезы или иные аксессуары, необходимые для медицины (Рис.5).

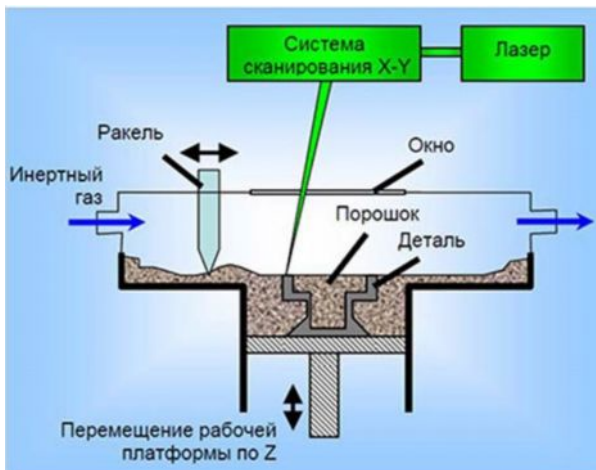


Рис.4. Схема работы 3D-принтеров по технологии SLM.



Рис.5. Частичные зубные протезы с использованием SLM.

Технология (электронно-лучевая плавка Рис.6.).

Данная технология предполагает создание трехмерных моделей посредством электронно-лучевой плавки. Сначала на специальную платформу насыпают или распыляют дозу порошкового материала, после чего слой разравнивается при помощи валика или ножа. Согласно координатам, полученным с компьютерной модели, с помощью электронно-лучевой пушки начинают бомбардировать электронами поверхность порошка. При этом генерируется достаточное количество тепла, позволяющее расплавить титан. При этом часть металлического порошка остается нетронутой. Платформа опускается и процесс повторяется. Печать осуществляется в камере, где создан искусственный вакуум, это необходимо для сохранения свойств титана, который теряет их при плавке. Также это помогает нагреву, дело в том, что газовая или воздушная среда создает слишком высокое сопротивление для электронов. Особенностью подобных устройств является возможность одновременного «облучения» нескольких участков заготовки, что ускоряет процесс «выращивания».

По такой технологии создаются металлические детали для промышленного производства на основе сплавов титана, ортопедических изделий, которые отличаются прочностью, износостойкостью, легкостью. Рис.7. При этом весь неиспользованный материал собирается и подвергается вторичной обработке. Размеры будущего изделия, его диаметр и высота зависят от размерных особенностей рабочей камеры.

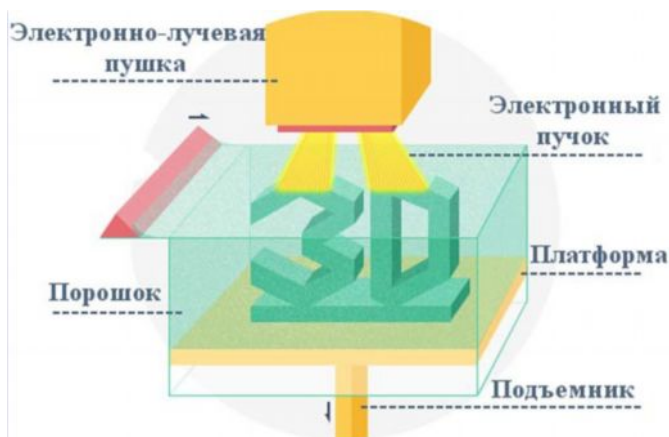


Рис.6. Схема работы 3D-принтеров по технологии EBM

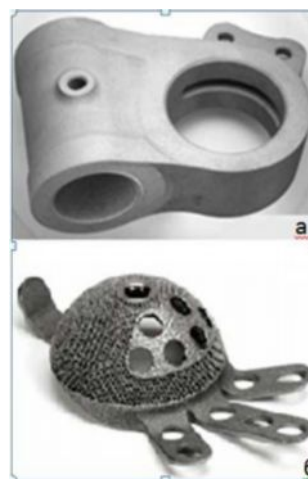


Рис.7. Детали из титановых сплавов, полученные по технологии EBM.
а - элемент шасси; б - коленная чашечка.

Производство на основе применения металла развивается быстрыми темпами. Так, многие крупные компании и концерны используют в своей деятельности разработки (такие как печать трехмерных объектов прямо в воздухе, без какой-либо опоры) на основе подобных технологий.

Одно из важных открытий в сфере аддитивного производства это технология NanoParticle Jetting «Распыление наночастиц». В основе данной технологии лежит применение металлических наночастиц, загруженных в специальные картриджи. Потом эти картриджи вставляются в систему XJet (известная компания XJet, которая впервые предложила использовать технологию трёхмерной печати объектов жидким металлом) и наночастицы пропускаются через распыляющие сопла, т.е. материала для 3D-печати не нужно касаться руками, а значит, нет угрозы заражения токсичными веществами. Жидкий металл проходит через сопла со скоростью 221 капля в секунду. Готовое металлическое изделие подвергается легкому спеканию, и поддерживающие конструкции удаляются. Важно, что весь этот процесс практически не требует вмешательства оператора.

Компания описывает новую технологию следующим образом:

- Детали: размер частиц и ультратонкие слои материала позволяют передавать мельчайшие детали и изготавливать изделия с тонкими стенками.
 - Рассеивание: печатающие головки системы XJet наносят ультратонкие слои жидких капель металлических наночастиц. Чернила заключены в герметичные картриджи, что гарантирует высокий уровень безопасности и простоты обращения.
 - Свобода моделирования: поддерживающие материалы легко удаляются, что позволяет создавать изделия высокой сложности.
- С помощью такой технологии XJet NanoParticle Jetting можно создавать аккуратные металлические изделия с мельчайшими деталями и идеально ровной поверхностью (Рис.8).



Рис. 8. Металлические изделия с мельчайшими деталями и идеально ровной поверхностью.

Возможности применения 3D-печати безграничны. В скором будущем все окружающие предметы могут быть напечатаны в предельно короткие сроки, с минимальными затратами ресурсов и с максимально возможной детализацией, недоступной традиционным средствам производства.

Список литературы

1. Григорьянц А.Г. Технологические процессы лазерной обработки [Текст]: Учеб. Пособие для ВУЗов / А.Г. Григорьянц, И.Н. Шиганов, А.И. Мисюров / Под ред. А.Г. Григорьянца. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 664с.
2. Технологии 3D-печати «Принципы, возможности, расходные материалы, цены» [Электронный ресурс] Режим доступа: // http://www.ixbt.com/printer/3d/3d_tech.shtml
3. Металлы для 3D-печати [Электронный ресурс] Режим доступа: http://3d.globatek.ru/3d_printing_materials/metal/
4. Electron Beam Melting (EBM) for Titanium Implant Production. // <http://www.medicalmodeling.com/solutions-for-engineers/electron-beam-melting-ebm-for-titanium-implant-production>
5. Первый завод для 3D-печати металлических деталей / [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.nanonewsnet.ru/news/2016/pervyi-zavod-dlya-3d-pechati-metallicheskih-detalei>
6. Metal 3D Printing: Israel's XJet to Showcase NanoParticle Jetting Technology at RAPID. 2016. // <http://www.nanonewsnet.ru/news/2016/3d-pechat-metallom-xjet-predstavit-tekhnologiyu-nanoparticle-jetting-na-konferentsii-rapid>.