

ТЕХНОЛОГИИ СЕЛЕКТИВНОГО СПЕКАНИЯ ДЛЯ АВИАСТРОЕНИЯ

Е. А. Шестакова, Е. Ф. Шайхутдинова, Р. М. Янбаев, Ф. М. Янбаев
Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А. Н. Туполева-КАИ, г. Казань, Россия

В статье рассматривается вопрос применения аддитивных технологий для авиастроения. Приведены преимущества и недостатки нескольких способов селективного спекания.

Ключевые слова: селективное спекание, аддитивные технологии, авиастроение

SELECTIVE SINTERING TECHNOLOGIES FOR AIRCRAFT INDUSTRY

E. A. Shestakova, E. F. Shaykhutdinova, R. M. Yanbaev, F. M. Yanbaev
Kazan national research technical university, Kazan, Russia

This paper presents question of additive technology appliance for aircraft industry. The advantages and disadvantages of several selective sintering methods.

Keywords: selective sintering, additive technology, aircraft industry

Рассматривая вопрос аддитивных технологий, на сегодняшний день существует множество технологий создания различных объектов и 3D моделей. Для лучшего понимания приведем четыре базовых типа:

1. Ламинирование – склеивание слоев материала с последующим вырезанием заготовки детали.
2. Гранулирование – склеивание или спекание частиц материала.
3. Экструдирование – выдавливание расплавленного материала.
4. Фотополимеризация – отверждение полимера ультрафиолетовым или лазерным излучением.

Проведем классификацию существующих технологий 3D-печати (таблица 1) по литературным источникам [1].

Наиболее перспективным является гранулирование, а именно технологии селективного лазерного спекания, селективного лазерного наплавления, электронно-лучевой плавки и избирательного теплового спекания [1].

Селективное лазерное наплавление (SLM)

Селективное лазерное плавление (SLM) является аддитивным производственным процессом, который использует данные CAD файлов в качестве цифрового источника ин-

формации и энергию в виде лазерного луча высокой мощности для создания 3D-деталей из металла путем сплавления мелких металлических частиц порошка вместе [1].

Суть технологии SLM заключается в следующем: тонкие слои качественного порошка металла равномерно распределяются с использованием специального покрывающего механизма, платформа, на которой расположен порошок, при этом может опускаться по вертикали. Весь процесс происходит внутри камеры, которая поддерживает жесткий контроль атмосферных инертных газов таких, как аргон, азот, кислород. Затем каждый слой формируется путем избирательного воздействия лазеров на поверхность порошка с помощью двух высокочастотных сканеров. Тем самым формируется 2D срез модели. При SLM технологии используются импульсные лазеры [1].

Процесс печати начинается с разделения цифровой 3D-модели на слои толщиной 20–100 микрон. Готовый файл в стандартном формате STL используется в качестве чертежей для построения физической модели [3].

Производственный цикл состоит из нанесения тонкого слоя порошка на рабочую поверхность – как правило, металлический

стол, способный передвигаться в вертикальном направлении. Процесс печати протекает в рабочей камере, заполняемой инертными газами. Отсутствие кислорода позволяет избежать окислации расходного материала, что делает возможной печать такими материалами, как титан. Каждый слой модели сплав-

ляется, повторяя контуры слоев цифровой модели. Плавка производится с помощью лазерного луча, направляемого по осям X и Y двумя зеркалами с высокой скоростью отклонения. Мощность лазерного излучателя достаточно высока для плавки частиц порошка в гомогенный материал [3].

Таблица 1 – Классификация технологий 3D-печати

ТЕХНОЛОГИЯ	ТИП НАРАЩИВАНИЯ МАТЕРИАЛА	МАТЕРИАЛ
FDM - Fused Deposition Modeling (моделирование посредством наплавления)	Экструзия	Термопластики (ПЛА, АБС и т.п.), легкоплавкие металлы и сплавы, съедобные материалы (например, шоколад)
DOD Jet - напыление капель нагретого материала (Drop-On-Demand-Jet)	Экструзия	Литейный воск
SFF (Solid Freeform Fabrication)	Экструзия	Шоколад, гидроколлоиды и др.
SLA - стереолитография (Stereolithography)	Фотополимеризация	Фотополимерная смола
DLP - цифровая обработка света (Digital Light Processing)	Фотополимеризация	Жидкая смола
MJM - метод многоструйного моделирования (Multi Jet Modeling)	Фотополимеризация	Фотополимерная смола, акриловый пластик, литейный воск
PolyJet	Фотополимеризация	Фотополимерная смола
DMLS - прямое металлическое лазерное спекание (Direct metal laser sintering)	Гранулирование	Практически любой металлический сплав в виде гранулы/крошки/порошка
SLM - селективное лазерное наплавление (аналог DSLM)	Гранулирование	В виде порошков: нержавеющая сталь, инструментальная сталь, хром, титан, кобальт, алюминий
EBM - электронно-лучевая плавка (Electron Beam Melting)	Гранулирование	Сплавы титана
SHS - избирательное тепловое спекание (Selective heat sintering)	Гранулирование	Термопластичный порошок
SLS - селективное лазерное спекание (Selective laser sintering)	Гранулирование	Термопластик, металлический порошок, керамический порошок
3DP - послойное склеивание тонких пленок и последующего вырезания контуров объекта	Гранулирование	Гипс, композит на основе гипса, гипсовый порошок
Full Color Printing - полноцветная 3D печать	Гранулирование	Гипс
LOM - послойное склеивание тонких пленок и последующее вырезание контуров объекта (Laminated object manufacturing)	Ламинирование	Бумага, металлическая фольга, полиэтиленовая пленка

Основными сферами применения процесса SLM являются производство фигур со сложной геометрией и структур с тонкими

стенками, а также со скрытыми полостями или каналами в основном для космической отрасли [1].

Селективное лазерное спекание (SLS технология)

Селективное лазерное спекание SLS технология аддитивного производства, используется для производства небольшого объема продукции [1].

Технология послойного построения, SLS предполагает использование лазерного излучения с высокой мощностью для того, чтобы плавить небольшие частицы пластика, металла, керамические или стеклянные порошки в массу, которая имеет желаемую трехмерную форму [1].

Лазер избирательно спекает порошкообразный материал путем сканирования поверхности порошка и последовательной сверки его с генерируемой в памяти компьютера 3D-моделью детали. После этого емкость с порошком погружается на один слой ниже и процесс повторяется [1].

Поскольку плотность готовой детали зависит от пиковой мощности лазера, а не продолжительности воздействия, то SLS машины обычно используют импульсный лазер [1].

Существует два алгоритма спекания: в одном случае плавят только те участки, которые соответствуют границе перехода, в другом – плавят по всей глубине модели. Кроме того, само спекание может варьироваться по силе, температуре и длительности [1].

Физический процесс может быть представлен в виде полного плавления, частично-го плавления, или жидкофазного спекания. В зависимости от материала до 100 % плотности может быть достигнуто при изготовлении деталей, что соответствует монолитному выплавлению деталей традиционными способами. Зачастую одновременно может производиться несколько деталей, что повышает производительность [1].

SLS технология широко используется во всем мире благодаря своей способности легко и просто создавать самые сложные объекты, используя данные, заложенные в компьютер [1].

Стоит отметить, что это пока единственная технология, позволяющая изготавливать металлические формообразующие для литья. А материалом для печати может послужить широкий спектр материалов: термопластичные полимеры, воск, керамика, стекло, металл и т. д. [2].

Селективное лазерное спекание SLS использует полимерные порошки [1].

Выборочное тепловое спекание (SHS)

В большинстве технологий аддитивного производства деталь формируется постепен-

но, при этом эта постепенность сильно увеличивает время изготовления детали. Метод SHS позволяет частично решить эту проблему: здесь слой формируется единовременно. Суть в том, что здесь используется не дорогостоящий высокоточный лазер, а лишь направленное тепло. Специальная лампа закрывается маской, и таким образом появляется возможность выборочно воздействовать на исходный материал. В данной технологии применяют специальные ультрафиолетовые лампы [1].

Одним из основных преимуществ является то, что для данной длины волны ИК-излучения возможно подобрать 2 вида материала: один будет пропускать тепло, а другой будет отражать. Также одним из основных свойств ИК излучения является возможность подобрать такую длину волны, при которой конкретный материал будет поглощать или отражать все излучение [1].

Предварительно изображение печатается на пластине из кварцевого стекла, которое размещают между источником излучения и подложкой, где создается модель. Незатронутые зоны печати пропускают тепло и запекают порошок, остальные - отражают тепловой поток, таким образом, формируется готовое изделие [4]. Один слой толщиной 0,1 мм печатается за 1–2 с. Печать маски занимает 10 с. Не использованный порошок можно использовать повторно [1].

Электронно-лучевая плавка (EBF)

Производство произвольных форм электронно-лучевой плавкой (EBF) – новаторский метод аддитивного производства, разработанный Исследовательским центром NASA в Лэнгли (LaRC) под руководством Карен Тамингер. Технология EBF нацелена на аддитивное производство комплексных моделей с пониженным по сравнению с традиционными методами расходом материалов и практическим отсутствием необходимости механической обработки. Метод использует электронные пучки высокой мощности для последовательного наплавления материалов в форме металлической проволоки [3].

Концепция EBF основана на постройке «практически готовых форм». Это означает, что изделия создаются на основе 3D-моделей с настолько высокой точностью, что механическая обработка и доводка изделий практически не требуется. Современные производственные методы с использованием программного управления основываются на обработке 3D-модели для создания алгоритмов, используемых в машинной обработке.

Алгоритмы служат для определения траектории движения режущих инструментов в процессе создания готового изделия из болванки. В случае с EBF процесс имеет прямо противоположное направление: те же самые цифровые модели используются для выработки производственных алгоритмов, регулирующих не удаление лишней массы, а нанесение необходимого материала. Технология использует электронные излучатели высокой мощности в вакуумной камере для плавки металла. Электронный пучок передвигается по рабочей поверхности, повторяя контуры цифровой модели, в то время как металлическая проволока постепенно подается в точку фокусирования пучка. Расплавленный материал немедленно застывает, формируя прочные слои заданной модели. Процесс повторяется до построения цельной модели, требующей лишь минимальной обработки внешней поверхности. Технология EBF позволяет создавать объекты размером от нескольких миллиметров до нескольких метров. Практические ограничения по объему построения

накладываются физическими размерами вакуумной рабочей камеры и количеством доступного расходного материала [3].

Список литературы

1. ФОТО-БИЗНЕСС - <<http://www.fotobusiness.ru/stati.html>>. - Дата обращения 25.06.2014.
2. Creadjo tech - <<http://creadjo.com/likbez/print-tech/sls.html>>. - Дата обращения 25.06.2014.
3. 3dtoday - <http://3dtoday.ru/wiki/SLM_print/>. - Дата обращения 25.06.2014.
4. FOROFFICE - <<http://www.foroffice.ru/articles/74528/>>. - Дата обращения 25.06.2014 г.

Шестакова Екатерина Александровна – ассистент

Шайхутдинова Евгения Флюровна – к.т.н., доцент

Янбаев Руслан Мискадесович – к.т.н, заведующий кафедрой

Янбаев Фатих Мискадесович – к.т.н, доцент

ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева-КАИ», г. Казань, Россия