

ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ FDM-3D ПРИНТЕРОВ

Трошин Андрей Александрович, аспирант

Захаров Олег Владимирович, профессор

*Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А., г.Саратов, Россия*

Рассмотрена современная технология 3D печати. Представлена попытка классификации современных FDM 3D – принтеров по конструкции и кинематической схеме. Приведены технические характеристики FDM 3D принтеров. Описаны направления совершенствования FDM 3D – принтеров.

Ключевые слова: FDM – технология, 3D – принтер, печать, технология.

Аддитивные технологии (технология 3D-печати) в настоящее время активно применяются на различных предприятиях по всему миру. Технология 3D-печати позволяет изготовить любое изделие поэтапно путем добавления материала на основу по 3D-модели.

Различные способы технологии аддитивного производства даны на рис. 1.



Рис.1. технологии аддитивного производства

Технология печати методом послойного наплавления (FDM - Fused Deposition Modeling - послойное наплавление или моделирование методом осаждения расплавленной нити) получила применение, в первую очередь, для быстрого прототипирования. Также данная технология позволяет создавать функциональные модели различных деталей. Модель по технологии FDM-печати создается послойно. Для изготовления слоев термопластичный материал нагревается в печатающей головке до полужидкого состояния и выдавливается в виде нити через сопло с отверстием малого диаметра, оседая на поверхности рабочего стола (для первого слоя) или на предыдущем слое, соединяясь с ним. [1-3]

Областью целесообразного применения технологии FDM являются такие сферы как авиация, машиностроение, архитектура, медицина. Например, в самолете Airbus A350 по технологии FDM напечатано более тысячи деталей.

Классифицировать FDM 3D-принтеры можно по следующим признакам: конструкции, кинематической схеме, производительности.

По конструкции 3D-принтеры делятся на 2 группы: по наличию или отсутствию закрытого корпуса с регулируемой температурой - термостатичной камеры.

FDM-принтеры различаются по кинематической схеме, согласно которой приводятся в движение механические части устройства: платформы и экструдеры. Существует 4 схемы FDM 3D-принтеров: картезианская, дельта, полярная(Polar) и роботизированная(Scara).

Самой распространенной схемой является картезианская схема. Построенная на декартовой системе координат, эта технология работает на основе трех осей – X, Y и Z. По одной или нескольким из них осуществляется движение механических частей устройства, т.е., заданные по осям координаты реализуют схему перемещения и положения печатающей головки относительно платформы.[2] Из всех видов кинематических схем FDM 3D-принтеров, картезианская показывает сравнительно высокую стабильность результатов.

Вторая по популярности схема - Delta. В этой схеме перемещение печатающей головки происходит по трем параллельным направляющим, изменение координат по оси Z происходит при изменении угла между приводами. Рабочее пространство в принтерах с такой системой обычно значительно больше по вертикали. Они также бывают с открытым и закрытым корпусами. К достоинствам схемы Delta можно отнести более высокую скорость печати, но меньшую точность на краях модели по сравнению с картезианской схемой. Это связано с тем, что для движения экструдера задействуются все три точки крепления, электродвигатели работают одновременно, и это приводит к накоплению ошибок в координатном позиционировании.

Кинетическая схема типа Polar - достаточно новая схема, представленная одноименной компанией. Ее принципиальное отличие от картезианской схемы состоит в том, что экструдер движется в плоскостях X и Y не линейно, а по окружности относительно платформы. Платформа такой схемы 3D-принтеров имеет круглую форму, вращается по кругу и двигается целиком по одной горизонтальной оси, экструдер движется вверх и вниз.

3D-принтеры с роботизированными манипуляторами (Scara) представляют собой конструкцию с механическим программируемым манипулятором-захватом заменяемым экструдером. Scara - кинетическая схема, предназначенная для манипуляторов с ограниченной подвижностью с повышенными точностью и жесткостью. В данной схеме экструдер располага-

ется на конце манипулятора, движущегося за счет рычажных сочленений по осям XY и отдельного привода по оси Z. Построенные по данной схеме устройства отличаются очень высокой точностью и повторяемостью, низким уровнем шума и вибрации, компактностью. Из недостатков - усложненное ПО по сравнению с картезианскими.

По производительности 3D принтеры можно условно разделить на персональные, профессиональные и промышленные.

Наиболее важными техническими характеристиками, определяющими назначение и область применения 3D-принтеров можно считать следующие: используемые материалы, размер печати, точность позиционирования, диаметр нити, скорость печати, диаметр сопла, подогреваемый стол, высота слоя, скорость печати, количество печатающих головок.

Область печати. Данный параметр отвечает за максимально возможный размер изготавливаемой детали, максимальная длина детали ограничена длиной диагонали стола;

Точность позиционирования по осям X, Y, Z. Данный параметр отвечает за качество печати и показывает, насколько точно принтер может расположить экструдер над областью печати; на данный параметр влияют механика принтера и направляющие;

Диаметр нити – данный параметр показывает, какого диаметра нить используется в принтере. Существует два типоразмера нитей: 1.75мм 3мм. Размер 1.75мм на данный момент является самым распространенным, большинство 3D-принтеров используют данный диаметр и все новые материалы появляются в первую очередь именно в таком типоразмере;

Диаметр сопла – чем меньше диаметр, тем с более высокой точностью печатается модель; наиболее распространенными являются сопла с диаметром 0.3 – 0.4мм, для печати больших деталей используются сопла с диаметром 0.5 – 1.0мм для увеличения скорости печати;

Подогреваемый стол – при его наличии возможно использование практических всех материалов для печати, а также материалов с большой усадкой;

Параметр высоты слоя отвечает за качество печати. Для большинства задач достаточно высоты слоя 0.1мм, т.к. чем тоньше слой, тем дольше время печати детали. Для качественной печати требуется толщина слоя не более 0.5 от диаметра сопла, например для сопла 0.3мм оптимальная высота слоя будет составлять 0.15мм;

Скорость печати – средняя скорость печати современных 3D-принтеров составляет 50-100 мм/сек. Высокое качество печати достигается при скорости печати равной 30-50мм/сек;

Количество печатающих головок – большинство современных 3D-принтеров имеют одну печатающую головку (экструдер) для решения практически всего спектра задач. Вторая печатающая головка используется для печати несколькими цветами, а также двухматериальной печати (3D-принтер PICASO PRO250 с экструдером с поворотными соплами

JetSwitch). Несколько экструдеров используются для печати сложных деталей, т.к. переключение между экструдерами занимает некоторое время.

Сравнение характерных моделей принтеров приведено в табл. 1.

Таблица 1. Технические характеристики различных FDM 3D-принтеров

Модель (страна)	t° экструдера	t° стола	t° рабочей камеры	Кол-во экструдеров, сопел	Размеры рабочей камеры	Стоимость
Intamsys FUNMAT HT (Китай)	400	100-150	90	1 (1)	260x260x260 мм	450000р.
Creatbot F430 (Китай)	420	100	70	2 (1/5)	400x300x300 мм	400000р.
Creatbot F160 (Китай)	420	130	-	1 (1/5)	160x160x200 мм	250000р.
Picaso Designer X Pro (Россия)	380	140	-	2	200x200x210 мм	3000000р.

Современные 3D – принтеры совершенствуются по следующим направлениям: производители улучшают электронику с целью повышения производительности печати, увеличением диапазона рабочих температур. Производители добавляют в свои продукты поддержку различных материалов для изготовления моделей, таких как термопластичный полиуретан, нейлон, поликарбонат, полиэтилентерефталат. Для изготовления сложных деталей применяют такие конструкционные материалы как полиэфирэфирфиркетон, полиэфиримид, поливинилсульфон и т.д. Вышеперечисленные материалы позволяют печатать прочные, пожаробезопасные, износоустойчивые детали. Также совершенствуется и конструкция принтеров: добавляются поворотные столы для построения геометрически сложных моделей, совершенствуются печатные головки для улучшения точности печати.

Список литературы

1. Low – cost 3D printing for science, education sustainable development / E. Canessa, C. Fonda, M. Zennaro. 2013, 202с.
2. 3D - печать с нуля / Горьков Д. 2015, 400с.
3. Теория и практика экструзии полимеров / Ким В.С. 2005, 568с.
4. Григорьев С.Н., Смуров И.Ю. Перспективы развития инновационного аддитивного производства в России и за рубежом // Инновации. 2013. Т. 10. С. 2-8.
5. Григорьянц А.Г., Шиганов Игорь Николаевич, Мисюров А.И., Третьяков Р.С. Лазерные аддитивные технологии в машиностроении. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. 278 с.
6. Погораздов В.В. Геометро-аналитическая поддержка технологий формообразования винтовых поверхностей: учеб. пособие / В.В. Погораздов, О.В. Захаров. Саратов: СГТУ, 2004. 72 с.
7. Прогнозирование погрешностей сборки изделий с использованием действительных моделей деталей / Ю.С. Елисеев, М.А. Болотов, В.А. Печенин, И.А. Грачев, Е.В.

Кудашов // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2019. Т. 18. № 2. С. 128-137.

8. Захаров О.В. Стабильность силового замыкания контакта при бесцентровом шлифовании на неподвижных опорах / О.В. Захаров // СТИН. 2011. № 7. С. 8-10.

9. Печенин В.А., Болотов М.А., Рузанов Н.В. Модель распознавания элементов геометрии пера лопаток газотурбинных двигателей // Проблемы машиностроения и надёжности машин. 2018. № 3. С. 102-108.

10. Гречников Ф.В., Ерисов Я.Ф. Разработка критерия пластичности для расчётов формообразования высокотекстурированных анизотропных заготовок // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2012. № 1. С. 94-99.

Troshin Andrey A., Postgraduate student

Zakharov Oleg V., Ph.D., Full Professor

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia

OVERVIEW OF THE TECHNOLOGICAL CAPABILITIES OF FDM-3D PRINTERS

Abstract. *Modern FDM 3D printing technology with a description of the 3D printer device is considered. The classification of modern FDM 3D printers by design and applied kinematic scheme is considered, indicating the advantages and disadvantages. The technical characteristics of popular printers are given. Methods for improving FDM 3D printers are described.*

Keywords: *FDM technology, 3D printer, printing.*