

3D-принтеры. Что выбрать?

(Окончание. Начало в #1/2009)

Михаил Зленко, д.т.н. (Центр Аддитивных Технологий ФГУП "НАМИ")

Принтеры Desktop Factory

В 2009 году компания *Desktop Factory Inc.* из США (www.desktopfactory.com) выходит как новый игрок на рынок дешевых моделлеров со своим порошковым принтером стоимостью 5-7 тыс. долларов. Для полимеризации композитного пластикового порошка (нейлон с алюминиевым наполнителем) используется галогенная лампа. Размер зоны построения – 127×127×127 мм, толщина слоя построения – 0.254 мм. Размер самой машины – 635×508×508 мм, вес – порядка 40 кг. Стоимость расходного материала – 1\$/куб. дюйм (примерно 60-65 \$/кг).



Рис. 12. Desktop Factory 125ci 3D Printer и пример модели

Принцип построения модели оригинальный: каждый слой печется как блинчик, а затем они укладываются друг на друга, формируя модель. Конечно, эти модели по качеству и чистоте поверхности не могут идти ни в какое сравнение с тем, что можно получить на AF-машинах, скажем, 3D Systems или Stratasys. С помощью Desktop Factory (рис. 12) нельзя "напечатать" модели с толщиной стенки менее 1 мм – это "чисто дизайнерский" принтер. Однако во многих случаях этого качества вполне достаточно для достижения конкретной цели в маркетинге, дизайне или при обсуждении и решении технологических вопросов.

Таким образом, этот 3D-принтер предназначен для широкого круга потребителей – в частности, для учебных заведений, дизайнеров и просто для творческих людей, которым необходимо быстро и дешево изготовить презентационную модель. В будущем году планируется обкатка устройства на рынке США, а с 2010 года – в Европе.

Продукция Z Corporation

Американская *Z Corporation* (www.zcorp.com) – один из мировых лидеров по продажам 3D-принтеров. На её счету 687 проданных устройств в 2005 году, 777 – в 2006 году, 1022 – в 2007 году. План 2008 года – порядка 1500 штук. Популярность продаж в Европе и США объясняется невысокой ценой принтеров (от 20 тыс. долл.) и расходных материалов (30-50 \$/кг).

Принцип действия машин *ZCorp.* – послойное "склеивание" частиц порошкообразных материалов

с помощью связующего состава, подаваемого через струйную головку. Эта технология разработана в Массачусетском технологическом институте (*Massachusetts Institute of Technology*), и иногда её так и называют – MIT.

"Фишкой" устройств *ZCorp.* является возможность цветной "печати". Большое количество принтеров закупается в учебных целях. Цветные модели нужны не только для дизайнерских задач, они активно используются и в НИОКР, связанных с конечно-элементными расчетами. Для разных целей прототипирования компания предлагает различные модельные материалы. Это и специальные композиты на основе гипса, целлюлозы, и резиноподобный материал, и специальный гипсо-керамический порошок для изготовления литьевых форм и стержней



ZPrinter310



ZPrint450



Spectrum Z510



ZPrint650



Пример модели – турбина



ZPrint650

Рис. 13. Продукция компании Z Corporation

Табл. 4. Основные характеристики RP-машин ZCorp.

	ZPrinter 310	ZPrinter 450	Spectrum Z510	ZPrinter 650
Размеры зоны построения, мм	203×254×203	200×250×200	350×250×200	254×381×203
Толщина слоя построения, мм	0.089÷0.203	0.089÷0.102	0.089÷0.203	0.089÷0.102
Кол-во печатающих головок	1	2	4	5
Кол-во форсунок	304	604	1216	1520
Габаритные размеры, мм	740×860×1090	1220×790×1400	1070×790×1270	1880×740×1450
Вес, кг	115	193	204	340
Базовая цена EXW, евро	19÷22 000	38÷42 000	49 900÷52 000	58 000
Базовая цена DDP, евро	20÷24 000	35÷41 000	43÷48 000	68÷70 000

для цветного литья (температура заливки металла – не выше 1150°C). Загрузка материала и обслуживание принтеров достаточно просты. Помимо концептуального моделирования наиболее популярным является литейное направление – то есть быстрое получение металлического прототипа по выращенным литейным формам и выжигаемым моделям. Однако по точности и чистоте поверхности получаемые на устройствах ZCorp. образцы существенно уступают моделям, построенным по другим технологиям. Это естественно, поскольку струйная Inkjet-технология обеспечивает тем более высокую детализацию и качество поверхности, чем большей будет плотность чернильных пятен, то есть пикселей. Принтеры ZCorp. имеют разрешение 300×450 dpi, тогда как машины ProJet обеспечивают 656×656, а EnvisionTEC – 1400×1050 пикселей на дюйм.

С 2009 года начнется выпуск новой модели – ZPrinter 650 (рис. 13) с увеличенным до 600×540 dpi разрешением и уменьшенным шагом построения; кроме того, к палитре красок добавлен черный цвет.

Устойчивый спрос на принтеры Z Corporation – один из самых дешевых “визуализаторов” – существует в учебных заведениях, в дизайнерских компаниях, а также небольших сервис-бюро и предприятиях, специализирующихся на оказании услуг (в частности, по литью цветных металлов). Принтеры моделей 310 и 510 – отличное решение для компаний, занимающихся литьем металлических изделий из цветных металлов в таких объемах, что подпадают под понятие “малые серии”. И здесь коммерческая составляющая вполне понятна и обоснована, особенно, когда речь идет о деталях с повышенными требованиями к качеству. То же можно сказать и в отношении использования принтеров в учебном процессе.

В принтерах ZCorp. пользователей привлекает и невысокая цена приобретения, и невысокая цена владения (табл. 4). Так, в России модельный материал (на условиях DDP) стоит примерно 500 евро/10 кг, или порядка

5 евроцентом за кубический сантиметр модели, что существенно дешевле расходных материалов для других принтеров (пожалуй, только Solido может конкурировать по этому показателю). Однако пользователю не следует ожидать чего-то выдающегося с точки зрения качества моделей – оно вполне соответствует цене (на взгляд автора, даже несколько выше). Но нужно помнить, что это всё-таки дешевый принтер, и предназначен он для решения вполне определенных задач прототипирования.

Одним из дистрибьюторов оборудования Z Corporation в России является компания “Сайберком” (www.cybercom.ru).

Принтеры Mcor Technologies

3D-принтер ирландской компании Mcor Technologies (www.mcor technologies.com) работает по LOM-технологии, используя в качестве модельного материала обычную писчую бумагу формата A4 для офисных принтеров. В машину (рис. 14) закладывается три стандартные пачки бумаги (что соответствует максимальной высоте модели, которую можно построить за один пуск). Толщина листа определяет шаг построения модели по высоте. Листы последовательно укладываются слой за слоем, модель формируется с помощью мелкодисперсного клеевого состава и режущего инструмента (ножа, изготовленного из карбида вольфрама). Клеевой состав (на базе PVA) подается в то место бумажного слоя, где компьютер “видит” тело. По завершении построения модель оказывается заключенной в бумажном блоке (как и у Solido), и пользователю



Рис. 14. Mcor Matrix 3D Paper Printer и примеры моделей

необходимо провести определенные операции для её извлечения из массива лишней бумаги.

Размеры зоны построения – 297×210×150 мм, разрешение при “печати” клеевым составом – 48 000 точек на один лист бумаги (слой).

С I квартала 2009 года планируется начать продажи принтеров в США и Великобритании, и если опыт окажется удачным, то в 2010 г. поставки расширятся на весь Евросоюз и другие регионы. Ориентировочно базовая цена принтера составит 23÷25 тыс. долл.



Рис. 15. Технология FDM

Продукция компании Stratasys

Машины американской фирмы *Stratasys* (www.dimensionprinting.com) для выращивания моделей из нитевидных ABS-пластиков (технология FDM – Fused Deposition Modeling) по праву считаются самыми популярными в мире. Уже третий год подряд компания сохраняет лидирующие позиции по числу инсталляций 3D-принтеров. В 2007 году было поставлено 2169 машин; в 2008-м на долю *Stratasys* пришлось 44% от общего числа 3D-принтеров.

Популярность *Stratasys* объясняется хорошим соотношением “цена/качество”. В большинстве случаев эти машины используют для концептуального моделирования, а также в учебном процессе в колледжах и университетах. Суть FDM-технологии (рис. 15) состоит в последовательной укладке полимерной нити в соответствии с геометрией текущего горизонтального сечения CAD-модели. В качестве модельного материала служит нить расплавленного ABS-пластика, который закладывается в машину с помощью картриджа в виде катушки. Поддерживающие структуры формируются таким же образом, но из легко удаляемого в процессе пост-обработки материала.

Машины *FDM 400 mc* и *FDM 900 mc* (рис. 16) предлагают больше функциональных возможностей и более широкий ряд моделируемых материалов, включая PPSF (*polyphenylsulfone*) – более гибкий, прочный, устойчивый к нагреву и агрессивным средам материал, а также PC (*polycarbonate*),

хорошо подходящий для изготовления габаритных моделей.

Модель *FDM 900 mc* позиционируется как первая машина семейства *Stratasys*, предназначенная не для классического прототипирования, а для изготовления конечных деталей (*end-use parts*). Таким образом, она призвана занять свое место в технологической цепи производства. В последней модели этой машины – *Dimension Elite* – толщина слоя построения составляет 0.178 или 0.254 мм.

Машины *Dimension* выпускаются в двух модификациях:

- *BST* – устройства начального уровня (поддержки удаляются вручную);
- *SST* – с вымываемыми поддержками (используются специальный материал поддержек и концентрат для их вымывания).

Главным преимуществом *Dimension* является стоимость: самая дешевая версия *BST* в США стоит 18.9 тыс. долл., в странах ЕС – порядка 20 тыс. евро. Надежность, простота инсталляции и обслуживания, удачная маркетинговая политика – всё это обусловило успех 3D-принтеров *Stratasys* на западном рынке (табл. 5).

В России принтеры *Dimension* также пользуются популярностью, их дистрибьюторами являются “Солвер” (www.solver.ru) и “Компания Би Эй Ви” (www.bavcompany.ru). Ряд предприятий успешно использует их и для собственных нужд, и для оказания услуг в области быстрого прототипирования. Однако из-за относительно высокой цены расходных материалов стоимость моделей оказывается не самой низкой. По-видимому, ценовая стратегия компании направлена на получение основной доли прибыли не от продажи собственно машин, а от реализации расходных материалов. В России картридж и модельного, и поддерживающего материалов, каждый весом чуть менее 1 кг, стоит порядка 320 евро.

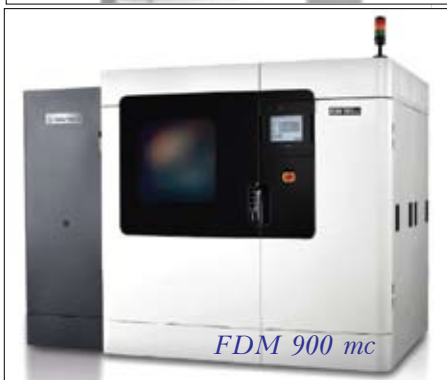
Компания *Dimension 3D Printing Group* (дочернее предприятие *Stratasys*) в январе 2009 года объявила о начале продаж



Dimension



FDM 400 mc



FDM 900 mc

Рис. 16. Продукция компании Stratasys

Табл. 5. Основные характеристики *RP*-машин *Stratasys*

	Размеры зоны построения, мм	Толщина слоя построения, мм	Габаритные размеры, мм	Вес, кг	Цена EXW, евро	Цена DDP, евро
<i>Dimension Elite</i>	203×203×305	0.178; 0.254	686× 914×1041	136	23÷ 26 тыс.	33÷ 35 тыс.
<i>Dimension BST 768</i> <i>Dimension BST 1200es</i>	203×203×305 254×254×305	0.25; 0.33	686× 914×1041 838× 737×1143	136 146	20÷ 25 тыс. 26÷ 30 тыс.	33÷ 35 тыс. 50÷ 55 тыс.
<i>Dimension SST 768</i> <i>Dimension SST 1200es</i>	203×203×305 254×254×305	0.25; 0.33	686× 914×1041 838× 737×1143	136 146	15÷ 20 тыс. 26÷ 30 тыс.	46÷ 48 тыс. 58÷ 60 тыс.
<i>FDM 360 mc</i>	355×254×254	0.127; 0.178; 0.25; 0.33	1281× 895×1962	726	90÷140 тыс.	160÷180 тыс.
<i>FDM 400 mc</i>	355×254×254 406×355×406		1281× 895×1962		120÷180 тыс.	300÷350 тыс.
<i>FDM 900 mc</i>	406×355×406 914×610×914		2772×1683×2027	1134	360÷400 тыс.	550÷600 тыс.

в США новых принтеров *uPrint* (рис. 17) класса *Desk-Top*, работающих по технологии *FDM* и предназначенных, как указано в рекламе, “для населения” – то есть для пользователей практически всех уровней. Демократичный характер принтера подчеркивает цена – 14 900 долл. Пока неясно, является эта цифра рекомендуемой розничной ценой или ценой для реселлеров, но уже очевидно, что на сегодняшний день *uPrint* стал одним из самых дешевых *3D*-принтеров на мировом рынке *AF*-технологий. Размеры его зоны построения – 203×152×152 мм, толщина слоя – 0.254 мм, модельный материал – *ABSplus* цвета слоновой кости. Как опция, может быть установлен дополнительный контейнер с расходным материалом. Габаритные размеры принтера – 635×660×787 мм, вес – 76 кг (с двойным контейнером – 94 кг).



Рис. 17. “Демократичный” *3D*-принтер *uPrint*

Заключение

Многообразие *3D*-принтеров диктуется многообразием задач прототипирования и аддитивных технологий в целом. Для удачного выбора *3D*-принтера нужно четко ответить на вопрос: зачем он приобретается, для решения каких (в основном) задач?

Безусловно, по точности и по гладкости моделей *3D*-принтеры компаний *ZCorp.*, *Stratasys*, *Solido*, *Desktop Factory* уступают грандам *AF*-технологий, таким как *3D Systems* и *EOS*. Тем не менее, значительное число дизайнерских, конструкторских, технологических и других задач может быть успешно решено с помощью более доступных и дешевых технологий: *FDM*, *Inkjet* или *LOM*. Если основной задачей прототипирования является поиск форм, создание дизайнерских макетов или контроль и визуализация конструкторских работ, то в этих случаях применение простых и недорогих принтеров

офисного типа вполне уместно и рационально. Если же необходимо создать, например, высококачественную мастер-модель, по которой затем будет изготавливаться силиконовая форма для получения ответственной полиуретановой отливки, то, безусловно, предпочтение следует отдать более точным и дорогим технологиям – *SLA*, *PolyJet* или *DLP*.

Поэтому при выборе *RP*-оборудования далеко не всегда следует

стремиться к универсальности. Особенно это касается предприятий, специализирующихся на выпуске определенного вида продукции. Разнообразие *RP*-технологий как раз и обусловлено стремлением производителей более точно и более полно удовлетворить разнообразные запросы клиентов. Нужно реально оценить потребность в каждом типе моделей, оценить удельный вес той или иной технологии в “потребительской корзине” предприятия. Возможно, пользователь придет к выводу о необходимости приобретения дорогой, но сравнительно универсальной машины типа *Sinterstation HQ* от *3D Systems*. Однако не исключено, что более рациональным решением окажется приобретение специализированной машины типа *EnvisionTEC* или *Objet*, которая “закроет” 90% его задач; при этом остальные 10% можно будет решить посредством аутсорсинга или взаимобмена с партнерами, имеющими *RP*-оборудование других типов, но зато приобретенная машина будет работать с наибольшей эффективностью. Если же принтер рассматривается в качестве инструмента для обучения, то предпочтение следует отдать устройствам с наименьшей “ценой владения”, с наименьшей стоимостью расходных материалов, поскольку именно они будут определять основные затраты на содержание этой техники. В этом случае принтеры *Solido* и *ZCorp.* представляются наилучшим решением. ☺