

Оригинал статьи “3D Printing Dives Into Mass Production” на английском языке можно найти по адресу: [www.machinedesign.com/3d-printing/3d-printing-dives-mass-production](http://www.machinedesign.com/3d-printing/3d-printing-dives-mass-production)

## Проникновение 3D-печати в массовое производство

Jeff Kerns (MachineDesign.com)

©2017 Penton Media Group

Любой, кто следит за развитием 3D-печати, наверняка скажет, что она прекрасно подходит для прототипирования или для выпуска небольших промышленных партий. Но как только количество выпускаемых деталей достигает определенной величины, то, из-за недостаточной окупаемости инвестиций (*Return On Investment – ROI*), начинается переориентация на более традиционные процессы, такие как литье пластмассы под давлением.

Однако с течением времени это количество увеличивается. Недавно *Formlabs* и *Stratasys* выпустили новые устройства, которые могут автоматизировать весь процесс 3D-печати. Эти компании улучшают показатели окупаемости 3D-печати и помогают увеличить рыночную долю 3D-печати за счет доли традиционных технологий.

Важно отметить преимущества от ускорения процессов 3D-печати. Для производителей это означает новые возможности, позволяющие:

- ускорить итерационный цикл при модификации прототипов или деталей;
- уменьшить вес (3D-печать позволяет изменять наполнение деталей материалом – от максимальной сплошности до совсем полых);
- формировать сложную геометрию, которую невозможно получить с помощью других процессов;
- открыть новые источники доходов за счет возможности предлагать заказчикам кастомизацию.

Опишем некоторые способы, позволяющие производственным компаниям получать преимущества от применения технологий 3D-печати:

- объединение нескольких деталей в одну, чтобы уменьшить или вовсе устранить затраты времени на сборочные операции;
- использование вложенности деталей (если конкретная аддитивная технология это позволяет);
- уменьшение или изменение наполненности, уменьшение точности наполнения, чтобы принтер мог быстрее работать в тех областях, где точность не критична;
- уменьшение последующей обработки за счет минимизации применения поддерживающих



У двигателя LEAP будет 19 топливных форсунок, напечатанных на 3D-принтере, и множество других 3D-печатных деталей – например, корпус сенсора T25, который обеспечивает измерение давления и температуры для управляющей системы двигателя. (Иллюстрация любезно предоставлена компанией CFM International)

структур или применения таких структур, которые легко удалить (растворить, например);

- автоматизация (что и является темой данной статьи).

Некоторые компании (в их числе *Boeing*, *Sikorsky*, *Airbus* и *Ford*) уже используют 3D-печать таким образом, что это уже может считаться массовым производством. К примеру, в следующем году *Airbus* планирует изготавливать по 30 тонн 3D-печатных деталей в месяц. Однако это всё поставщики первого уровня (*Tier 1*), и речь зачастую идет о высококачественных дорогих деталях. Кроме того, многие из таких производителей относятся к сфере транспорта, где уменьшение веса является настоятельной необходимостью. А что насчет обычных дешевых деталей, которые не имеют ограничений по весу?

### Моделирование методом наплавления

Компания *Stratasys* имеет опыт в производстве низкочастотных деталей. Недавно она совместно с компанией *Desktop Metal* представила Демонстратор непрерывной 3D-печати – *Stratasys Continuous Build 3D Demonstrator*. Это масштабируемый стеллаж из размещенных один над другим в три ряда 3D-принтеров для моделирования методом наплавления (*Fused Deposition Modeling – FDM*), которые печатают непрерывно. Под деталь подкладывается



*Stratasys Continuous Build 3D Demonstrator помогает увеличить производительность 3D-печати методом FDM. Все принтеры могут коммуницировать в режиме реального времени. Система работает непрерывно, остановок между деталями или между работами нет. Кроме того, метод наплавления не требует такого этапа, как финальное облучение изделий светом для отвердевания материала, что необходимо в SLA-процессе*

пластмассовая лента, которая выдвигает деталь из принтера, когда она готова. Затем пленка отрезается, новый лист покрывает талер печатной машины, а готовая деталь падает в корзину.

“С помощью девяти машин, которые у нас есть, мы можем изготавливать 1500 деталей в день”, – говорит **Mark Neilson**, президент компании **In'Tech**.

Если требуется увеличить производительность, то нужно просто добавить принтеры в стеллаж. Программное обеспечение обеспечивает параллельное выполнение нескольких разных работ без простоя. Здесь не надо менять инструмент, а цепочка материально-технического снабжения почти отсутствует.

“В прошлом мы обычно переключались с 3D-печати на литье под давлением тогда, когда объем заказа превышал 300÷400 деталей. Но Демонстратор непрерывной 3D-печати позволил увеличить этот порог до 1500÷2000 деталей”, – говорит **Rich Stump**, руководитель и соучредитель компании **FATHOM**. – “Демонстратор позволяет нашим заказчикам пожинать плоды в виде выигрыша по времени и затратам от повторяемой, непрерывной 3D-печати. Таким образом, *Stratasys Continuous Build 3D Demonstrator*, наряду с преимуществами итеративного процесса проектирования и свободы в отношении сложных форм, делает аддитивные технологии серьезным соперником литья под давлением для производства с малыми объемами”.

Тем не менее, хотя увеличение степени автоматизации позволяет 3D-печати конкурировать с литьем пластмассы под давлением, здесь имеются следующие ограничения:

- процесс FDM дает более грубые поверхности, чем литье под давлением;
- ограничения по материалам – если вас устраивает материал типа ABS (акрилонитрилбутадиенстирол), то всё в порядке, но что-либо требующее сертификации пока не поддерживается;
- сложность обеспечения окупаемости для партий свыше 1500÷2000 деталей увеличивается по возрастающей.

## Стереолитография

К счастью, *Stratasys Demonstrator* – это не единственная возможность. Процесс FDM не предназначен для получения финишных поверхностей. И хотя затем можно сделать чистовую обработку, но стереолитография (**SLA**) может обеспечить большее разрешение, а, следовательно, более качественную поверхность. Несмотря на то, что SLA тоже имеет свои проблемы, связанные с материалами и величиной заказа, этот метод успешно используется для изготовления демонстрационных деталей, у которых качество поверхностей является критически важной характеристикой.

Компания **Formlabs**, лидер в сфере SLA, выпустила принтер *Form 1* в 2012 году. Некоторые детали на этом принтере можно производить тысячами, причем это будет дешевле, чем с помощью пресс-форм. Например, в рабочей зоне *Form 1* удалось разместить 400 деталей (муфт) для шагового двигателя.



*Недавно выпущенная автоматизированная секция Form Cell использует специальное ПО для уменьшения количества поддерживающего материала. В отличие от процесса FDM, стереолитография поддерживает вложенность деталей*

Это позволило поднять критерий рентабельности до 11 000 деталей (подробнее об этом – в видеоролике по ссылке [www.youtube.com/watch?v=52e8VJEVw8Y](http://www.youtube.com/watch?v=52e8VJEVw8Y)).

Учитывая всё в комплексе (материал, труд, последующую дообработку), компания *Formlabs* подсчитала, что поворотная точка *ROI* – чтобы выгоднее стало использовать традиционный процесс – составляет для данного примера 28 “распечаток” (по всей видимости, речь идет о сеансах 3D-печати: 11000 / 400. – *Прим. ред.*).

Но всё это было в 2012 году. В 2015 году компания выпустила принтер *Form 2*. И хотя сравнительный анализ рентабельности для определения поворотной точки от применения *Form 2* к традиционным процессам не проводился, но компания сделала сравнение возможностей *Form 2* и только что выпущенной автоматизированной секции *Form Cell*.

“*Form 2* – самый продаваемый профессиональный 3D-принтер, который отлично подходит для использования в *Form Cell*”, – говорит **Maxim Lobovsky**, президент *Formlabs*.

Секция *Form Cell* сочетает в себе:

- одну или более станций *Form 2*;
- блок промывки;
- ультрафиолетовую печь (для полного затвердевания фотополимера);
- порталный загрузчик.

Вот один из примеров. Если использовать только простой принтер *Form 2*, то себестоимость напечатанного протеза составляет \$52.30 за одну руку (16 деталей). Эту сумму образуют затраты на владение оборудованием, на материалы и труд. Когда такая же рука печатается в секции *Form Cell*, себестоимость уменьшается на 41% (см. видео). В первом случае бóльшая её часть приходится на трудозатраты, теперь же они уменьшаются втрое (с \$26.10 до \$8.70). Цена материала не изменилась, но цена владения уменьшилась. Загружая принтер работой 90÷95% времени (по сравнению с 30%, если лотки меняет рабочий), вы увеличиваете производительность и уменьшаете затраты владения в пересчете на одну деталь – за счет увеличения партии.

Manual	VS	Form Cell
7.24	Equipment Ownership	3.01
18.96	+	18.96
26.10	Materials	
	+	8.70
	Labor	
<b>\$52.30</b>	Total Cost	<b>\$30.67</b>

**3D Systems** – еще одна компания, планирующая присоединиться к тренду увеличения производительности. Их платформа, получившая название *Figure 4*, пока еще не вышла в свет. Тем не менее, по данным компании, она будет производить больше деталей меньшим количеством принтеров. Так, **Jacqueline Troutman**, старший менеджер *3D Systems* по коммуникациям и наполнению контентом, ожидает, что *Figure 4* позволит уменьшить себестоимость деталей примерно на 30% по сравнению с традиционными *SLA*-машинами.

Итак, ключевой момент для 3D-печати отражает ровно то же, что мы годами видели на производстве: пользу автоматизации. Например, секция *Form Cell* не только загружает и выгружает детали, но и выполняет заключительные операции. Манипулятор забирает детали из принтера и помещает их в мойку для удаления поддерживающего материала. Затем он переместит чистую деталь в ультрафиолетовую печь для затвердевания. Продвинутый 3D-принтер *Form 2*, работающий по принципу “подключай и используй”, продается по цене менее 5000 долларов. Кроме того, у компании *Formlabs* имеется программное обеспечение для уменьшения количества поддерживающего материала, что тоже сокращает затраты на последующие операции.

### Что дальше?

Используя преимущества описанных новых процессов, предприятия могут найти новые источники доходов. Например, известно, что *SLA*-процесс использует материалы, которые хорошо подходят для таких медицинских приложений, как изготовление слуховых аппаратов, стоматологическая хирургия и протезирование. Это может расширить производственные операции компаний за счет возможности быстро производить специализированную оснастку и/или детали для медицинской промышленности, а также автомобилестроения или машиностроительных отраслей.

Вопрос заключается в том, куда технология пойдет дальше.

“Будущее можно прогнозировать по закону Мура”, – считает **David Lakatos**, директор по продуктам компании *Formlabs*. – “Если вы понимаете, как будут снижаться затраты на деталь, то сможете понять, какие отрасли и сферы приложения будут затронуты в дальнейшем”. Поскольку 3D-принтеры работают всё быстрее, а инженеры находят новые способы проектирования изделий для 3D-печати, это, безусловно, приведет к увеличению размера рентабельной партии деталей для такого способа производства. 😊