

ТЕХНОЛОГИИ

Реализация производства по индивидуальным заказам с помощью промышленных 3D-принтеров



Текст: **Владимир Филаткин**



Итак, 3D печать. Вокруг этой загадочной технологии ходят легенды. Одни утверждают, что за 3D-принтерами будущее и модели самолетов, автомобилей, предметов мебели и различных аксессуаров — это только начало. Другие, напротив, относятся скептически к подобным экспериментам и уверены, что дальше незамысловатых объемных фигурок дело не пойдет. На чьей же стороне истина, и на что, действительно, способны технологии объемной печати в наши дни?

Для начала рассмотрим основные технологии 3D печати, которые можно встретить в промышленности. Работа всех принтеров основана на том, что любое объемное изделие можно разбить на сечения. Далее, если последовательно соединить эти сечения, можно получить объемную модель выбранной детали. Этот принцип и лежит в основе всех методов современной трехмерной печати.

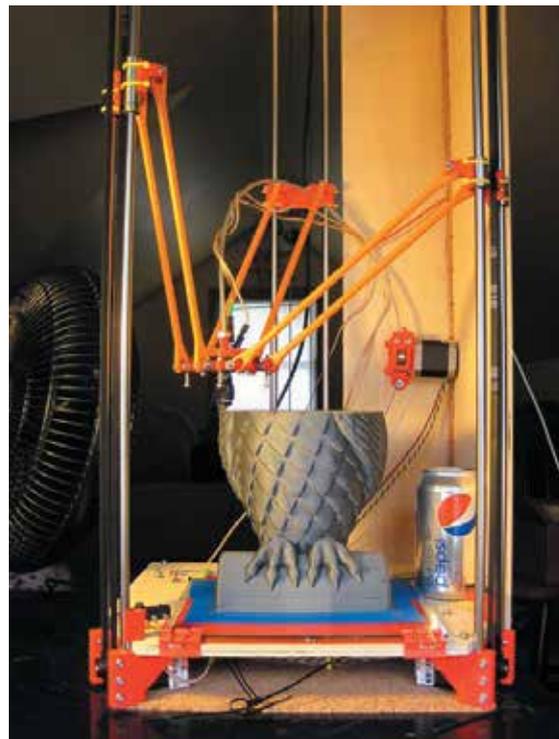
Для лучшего понимания технологии ознакомимся с существующими способами печати 3D моделей, а также оценим их достоинства и недостатки.

На сегодня можно выделить четыре основных метода работы 3D принтеров:

- FDM (Fused deposition modeling) — что означает экструдирование — выдавливание расплавленного материала **рис 1**;
- SLA (Stereolithography) — фотополимеризация — отверждение полимера УФ или лазерным излучением;
- LOM (Laminated object manufacturing) — послойное склеивание тонких пленок и последующее вырезание контуров объекта, ламинирование;
- SLS (Selective laser sintering), 3DP (3D Powder) — склеивание или спекание частиц материала.

FDM технология подходит для прототипирования изделий для функциональных тестов, так как для производства моделей используются распространенные промышленные пластики (PLA, ABS и т.д.). Прямое использование 3D принтеров, построенных по этой технологии, в промышленных масштабах не представляется возможным из-за высокой стоимости моделей. Также скорость печати и качество поверхности зачастую проигрывают другим способам печати.

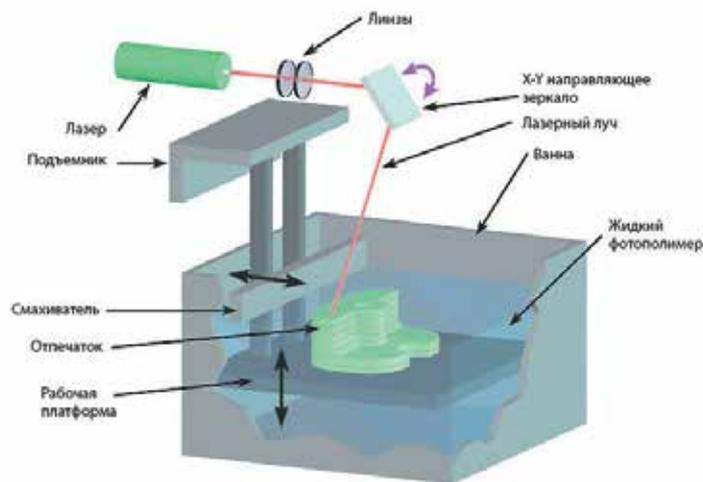
Способ SLA является одним из точнейших способов создания 3D моделей **рис 2**, однако он также дорогостоящий. Кроме того, у принтеров есть ограничения по форме производимого изделия. Например, если сечение детали имеет неоднородную форму, то нужно пропечатывать отдельные поддерживающие элементы. Изделия получаются глянцевыми с высоким качеством. Однако, как уже сказано выше, данный метод финансово- и энергозатратный. Специальные ультрафиолетовые лампы и фотополимеры на сегодняшний день являются одними из самых дорогих расходных материалов. В промышленности данная технология используется, как правило, для создания прототипов изделий, медицинского оборудования (процесс экологически чистый), моделей новых телефонов и других применений. Для серийного и круп-



1
3D принтер FDM

носерийного производства продукции эта технология трудноприменима.

Методом LOM тонкие ламинированные листы материала вырезают с помощью ножа или лазера и затем они спекаются или склеиваются в трехмерный объект. Т.е. укладывается тонкий лист материала, который вырезают по контуру объекта, таким образом получается один слой, на него укладывается следующий лист и так далее. После этого все листы прессуются или спекаются. Таким способом изготавливают 3D модели из бумаги, пластика или из алюминия **рис 3**. Для печати изделий из алюминия используется тонкая алюминиевая фольга,



2
Принцип работы принтера SLA



3
Пример напечатанного изделия по LOM технологии

где слои спекаются с помощью ультразвуковой сварки. Данная технология чаще всего применяется для быстрого прототипирования и моделирования. Однако модели, изготовленные по технологии LOM, получаются шероховатыми, удалить лишний материал с их поверхности сложно из-за риска расслоения. Получаемая грубая поверхность изделий и возможность ошибок при не полностью прорезанном листе сделали этот метод менее популярным в промышленности.

С точки зрения промышленного применения самым интересным способом создания 3D моделей является 3DP (3D Powder). Дело в том, что получаемые модели имеют самую низкую себестоимость. Они даже могут создавать конкуренцию изделиям, произведенным традиционными способами. На материал в порошковой форме наносится клей, который связывает гранулы, затем на склеенный слой наносится свежий слой порошка и так далее. По сравнению со многими другими технологиями способ 3DP обладает невысокой себестоимостью производства, но при этом обеспечивает высокое качество созданных моделей и высокую скорость печати рис 4. Такой результат достигается благодаря низкой стоимости материала, а также безотходному использованию порошка. Сегодня именно эта технология 3D печати получила наиболее широкое распространение.

Рассмотрим метод 3DP с точек зрения организации промышленного производства и экономической эффективности.

3D принтеры, работающие по этой технологии, нашли свое применение во многих отраслях промышленности. Среди них: автомобилестроение, машиностроение, приборостроение, искусство и архитектура, наука. Наибольшую популярность технология обрела в литейной промышленности. Традиционная технология литья по выплавляемым моделям заключалась в создании макета



4
Пример изделий, напечатанных по технологии 3DP

из восстеариновой смеси, пропитке, формовке, сушке, вытапливании модели, закалки формы и литья. Теперь же, с применением 3D принтеров, можно изготовить выплавляемую модель за считанные часы или даже минуты методом прямой печати изделий любой сложности. Для этого процесса используется специальный полимерный порошок, который сгорает с остаточным содержанием золы менее 0,02%. Это позволяет обойти существующие технологии на порядок.

Более того, если печатать не пластиком, а кварцевым песком, то можно печатать непосредственно литейные формы и заменить существующую технологию литья в песок.

Экономическая эффективность применения технологии 3D печати

До сегодняшнего дня для мелкосерийных производств сложное литье по выплавляемым моделям ассоциировалось с высокой стоимостью и большим сроком производства. Теперь появился ещё один способ — это технология прямой 3DP печати именно выплавляемых моделей. Данное решение позволяет производствам выходить на принципиально новый уровень эффективности затрат, точности, сложности и времени производства.

В машиностроении и автомобильной промышленности производится множество сложных деталей, таких как лопасти турбин, зубчатые редукторы, элементы трансмиссии и прочее. Все это начинается с разработки и мелкосерийного производства, которые должны быть быстрыми и эффективными. В этом отношении обычное литье имеет ряд недостатков. В целом, специалисты по литью сходятся в одном: «Проблема в том, что необходимо немедленно произвести восковые модели, используя при этом дорогие инструменты и формовщики. Эти затраты на оборудование и технологический процесс могут оказаться значительными, особенно при небольших сериях. Кроме того, производство макетов отнимает много времени. В конечном счете, стоимость готового изделия может стать очень высокой».

Технология печати 3DP может существенно помочь в решении данной проблемы, а также открыть новые перспективы для литейных производств. Современные 3D принтеры способны производить более совершенные выплавляемые модели быстро, точно и экономически эффективно. Напечатанные изделия из ПММА¹ пластика могут полностью заменить восковые модели, а самое важное — использование 3D принтера является простым, точным и быстрым. Оснастка не требуется, так как для процесса цифровой печати необходимы только данные с САПР. Принтер «строит» модели слой за слоем с исключительной точностью и повторяемостью независимо от сложности конструкции, от проекта до готового изделия проходят всего лишь считанные часы.

Новейшие принтеры могут напечатать пластиковую модель колеса Фрэнсиса **рис 5** диаметром 500 мм менее чем за 24 часа. Материал, используемый в данном процессе — ПММА, который размягчается уже при 73°C и выгорает без остатка при температуре 700°C. Это означает, что высокоточные пластиковые детали идеально подходят в качестве заготовки для литья по выплавляемым моделям. Отзывы компаний, имеющих большой опыт использования напечатанных пластиковых 3D моделей, звучат так: «Преимущества технологии 3D печати, наряду с постоянно возрас-



5 Модель колеса Фрэнсиса в восковой ванне

тающими требованиями, побуждают инвестировать средства в собственный принтер. Теперь можно изготавливать изделия до размеров 1060x600x500 мм с максимальным весом 70 кг. Это позволяет предложить заказчикам ещё более быструю и эффективную поддержку».

Принтер состоит из печатающей головки, распределителя пластикового порошка и камеры печати. Пластиковый порошок наносится на горизонтальную площадку (строительную платформу) внутри камеры печати тонким равномерным слоем. Затем печатная головка выборочно наносит растворитель, и частицы пластика склеиваются между собой. Далее строительная платформа опускается на 100 мкм, и распределитель материала наносит следующий слой пластика, затем процесс повторяется. Порошок, на который не наносился растворитель, поддерживает печатную структуру так, что даже самые сложные геометрические формы могут быть напечатаны без дополнительных опорных конструкций. После процесса печати остаточные частицы материала удаляются из готовой модели, которая затем покрывается воском. Это обеспечивает закрытие пор и более ровную поверхность заготовок, что благоприятно сказывается на качестве литья по выплавляемым моделям.

В литейных производствах пластиковые модели вытесняют модели из воска. Процесс литья протекает независимо от того, была ли модель получена обычным способом восковой формовки или распечатана на 3D принтере **рис 6**. Первые слои керамических покрытий наносятся сразу после визуального осмо-

¹ Органическое стекло (оргстекло) или полиметилметакрилат (ПММА) — синтетический полимер, термопластичный прозрачный пластик, продаваемый под торговыми марками плексиглас, ОСТ Карбогласс, новаттро, плексима, лимакрил, перспекс, плазкрил, акрилекс, акрилайт, акрипласт и др., также известный под названием акриловое стекло, акрил, плекс

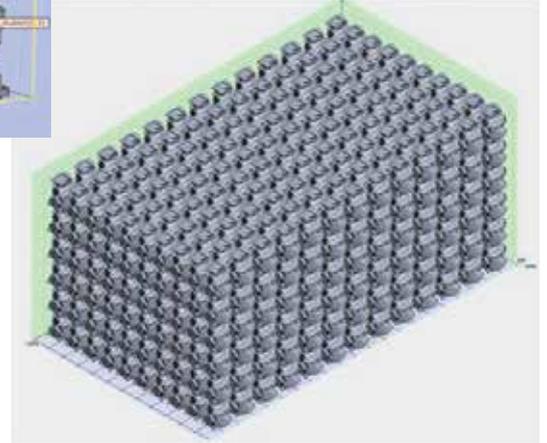


6 Пример изделия, отлитого по выплавляемым пластиковым моделям

тра и монтажа летника. Далее модели помещают в печь. Так как модели из пластика размягчаются уже при 73°C и не дают усадки, керамическая оболочка не повреждается. После того, как температура в печи достигнет 700°C и более, формы выгорают полностью, не оставляя следов. В итоге получается одноразовая литейная форма.

Литейные формы, полученные с помощью 3D-печати, подходят и для стальных, и для алюминиевых сплавов. После отливки и охлаждения летник, питатели и форма должны быть удалены с отливки. Далее, если это необходимо, происходит механическая обработка детали. Этот процесс сопровождается неразрушающим контролем и метрологическими измерениями в соответствии с требованием заказчика. Будь то прототип, отдельная деталь или небольшая серия — 3D технология печати позволяет производить очень сложные проекты методом литья по выплавляемым моделям. И делает это быстро, легко и экономически эффективно, что является огромным преимуществом для специалистов по литью и особенно для производств спецтехники.

На сегодняшний день производство изделий методом 3DP уже налажено за рубежом. Один из примеров — элемент ДВС новой конструкции рис 7. Так как это изделие выполняется по новой технологии, исключая этапы создания парафиновых моделей, стоимость готового пластикового образца составляет 2-3 Евро. Если же работать по существующей технологии, то стоимость такого образца в налаженном производстве будет составлять около 5 Евро. А если речь



7 Элементы ДВС на мониторе ПК принтера 3D печати

идет о прототипе — то его стоимость может вырасти до 500 Евро. Дело в том, что для создания парафиновой модели необходимо изготовить на фрезерном станке с ЧПУ литейную форму из стальной заготовки с большими габаритами, чем само изделие. Затем форму нужно обработать антиадгезивом, залить парафиновый раствор, остудить и аккуратно извлечь получившуюся модель из формы. Все эти операции дорогостоящие, и если речь идет о прототипах или небольших партиях, то цена готового изделия может существенно вырасти.

При прямой 3D печати можно избежать множества подготовительных операций и фактически получить пластиковые выплавляемые модели точностью 100 мкм дешевле, чем парафиновые почти в 2 раза. А учитывая скорость печати 3D принтера (которая составляет примерно 1 см/ч) 780 деталей можно получить за 23 часа, что является недостижимым показателем для традиционных производств.

На сегодняшний день технология 3DP — единственный способ получения изделий наивысшего качества в минимальные сроки. При соблюдении всех требований по точности и скорости печати выплавляемые пластиковые 3D модели являются более технологичными, они могут без изменения технологического процесса литья заменить традиционные выплавляемые модели. Все преимущества сохраняются наряду с высочайшей скоростью производства, так как процесс «от идеи до готового прототипа» занимает меньше суток, что делает эту технологию уникальной и на сегодняшний день — единственной. ▣