

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

Итак, 3D-печать. Вокруг этой загадочной технологии ходят легенды. Одни утверждают, что за 3D-принтерами будущее, а 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 в наши дни технологии объемной печати?

Владимир Филаткин

info@ostec-group.ru

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. Данный 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) — ламинирование — послойное склеивание тонких пленок и последующего вырезания контуров объекта;
- SLS (Selective laser sintering), 3DP (3D Powder) — склеивание или спекание частиц материала.

FDM-технология пригодна для прототипирования изделий для функциональных тестов, так как для производства моделей применяются высокопрочные 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. Да и скорость печати и качество поверхности зачастую проигрывают другим способам печати.

Метод SLA является одним из точнейших способов создания 3D-моделей (рис. 2), однако он и весьма дорогостоящий. Кроме того, у принтеров есть ограничения по форме производимого изделия. Например,



Рис. 1. 3D-принтер FDM

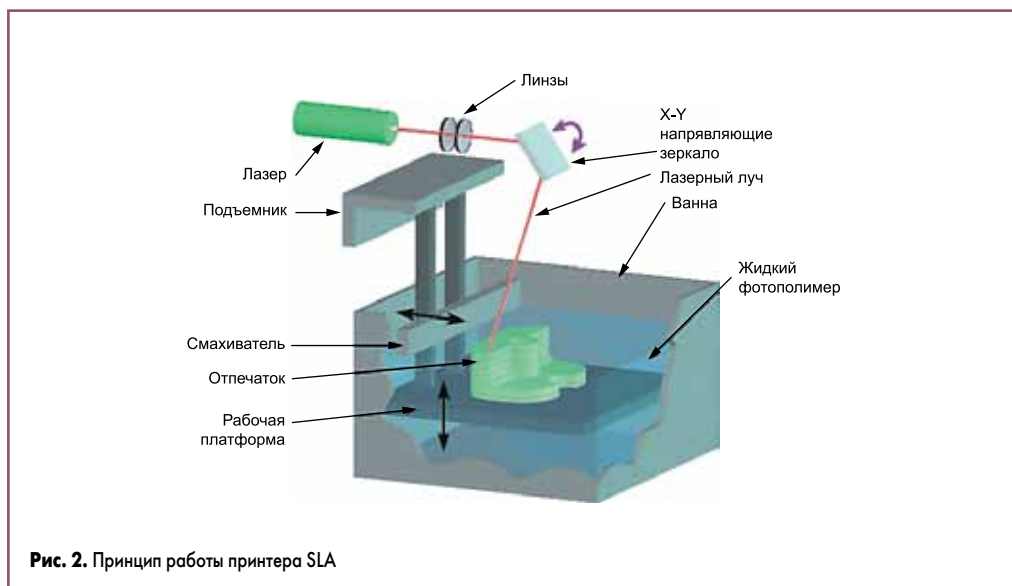


Рис. 2. Принцип работы принтера SLA



Рис. 4. Пример изделий, напечатанных по технологии 3DP

если сечение детали имеет неоднородную форму, то нужно пропечатывать отдельные поддерживающие элементы. Изделия получаются глянцевыми и с высоким качеством. Однако, как было сказано, данный метод финансово- и энергозатратный. Специальные ультрафиолетовые лампы и фотополимеры на сегодня остаются 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 крупносерийного производства эта технология трудноприменима.

Методом LOM тонкие ламинированные листы материала вырезают с помощью ножа или лазера, затем они спекаются или склеиваются в трехмерный объект. То есть 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. Подобным способом изготавливают 3D-модели из бумаги, пластика или алюминия (рис. 3). Для печати изделий из алюминия предназначена тонкая алюминиевая фольга, 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



Рис. 3. Пример напечатанного изделия по LOM-технологии

расслоения. Грубая поверхность получаемых 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. Дело в том, что получаемые модели имеют самую низкую себестоимость. Они даже могут создавать конкуренцию продуктам, изготовленным традиционными способами. На материал в порошковой форме наносится клей, связывающий гранулы, затем на склеенный слой наносится свежий слой порошка и так далее. По сравнению со многими другими технологиями способ 3DP обладает невысокой себестоимостью, но 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 точки зрения организации промышленного производства и экономической эффективности.

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

Более того, если использовать не пластик, а кварцевый песок, то можно печатать непосредственно литейные формы и заменить существующую технологию литья в песок.

Экономическая эффективность применения технологии 3D-печати

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

В машиностроении и автомобильной промышленности выпускается множество сложных деталей, таких как лопатки 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 дорогие инструменты и формовщики. Эти затраты на оборудование и технологический процесс могут оказаться слишком дорогими, особенно при небольших сериях. Кроме того, производство макетов отнимает много времени. В конечном счете стоимость готового изделия может стать очень высокой.

Технология печати 3DP способна оказать существенную помощь в решении данной проблемы, а также открыть новые перспективы для литейных производств. Современные 3D-принтеры производят более совершенные выплавляемые модели быстро, точно и экономически эффективно. Напечатанные изделия из PMMA-пластика могут полностью заменить восковые модели, а самое важное — использование 3D-принтера является очень простым, точным и быстрым. Оснастки не требуется, поскольку для процесса цифровой печати необходимы только данные с САПР. Принтер «печатает» модели слой за слоем, с исключительной точностью и повторяемостью независимо от сложности конструкции, от проекта до готового изделия проходят считанные часы.



Рис. 5. Модель колеса Фрэнсиса



Рис. 6. Примеры изделий, отлитых по выплавляемым пластиковым моделям

Новейшие принтеры печатают пластиковую модель колеса Фрэнсиса (рис. 5) диаметром 500 мм менее чем за 24 часа. Материал, используемый в данном процессе, — PMMA, который размягчается уже при +73 °С и выгорает без остатка при температуре +700 °С. Это означает, что высокоточные пластиковые детали идеально подходят в качестве заготовки для литья по выплавляемым моделям. Отзывы компаний, имеющих большой опыт применения напечатанных пластиковых 3D-моделей, звучат так: «Преимущества технологии 3D-печати наряду с постоянно возрастающими требованиями побуждают инвестировать средства в собственный принтер. Теперь можно изготавливать изделия до размеров 1060×600×500 мм с максимальным весом 70 кг. Это позволяет предложить заказчикам еще более быструю и эффективную поддержку».

Модели строятся методом склеивания слой за слоем. 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 покры-

тий наносятся сразу после визуального осмотра и монтажа литника. Далее модели помещают в печь. Так как модели из пластика размягчаются уже при +73 °С и не дают усадки, керамическая оболочка не повреждается. После того как температура в печи достигнет +700 °С и более, формы выгорают полностью, не оставляя следов. В итоге получается однородная литейная форма.

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

На сегодняшний день изготовление изделий методом 3DP уже налажено за рубежом. Один из примеров — элемент ДВС новой конструкции (рис. 7). Поскольку 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 окажется на уровне 5 евро. А если речь идет о прототипе, она может вырасти до 500 евро, ведь для создания парафиновой модели необходимо сделать на фрезерном станке с ЧПУ литейную форму из стальной заготовки с большими габаритами, чем само изделие. Затем форму нужно обработать антиадгезивом, залить парафиновый раствор, охладить и аккуратно извлечь получившуюся модель из формы. Все эти операции дорогостоящие, и если речь идет о прототипах или небольших партиях, цена готового изделия может значительно вырасти.

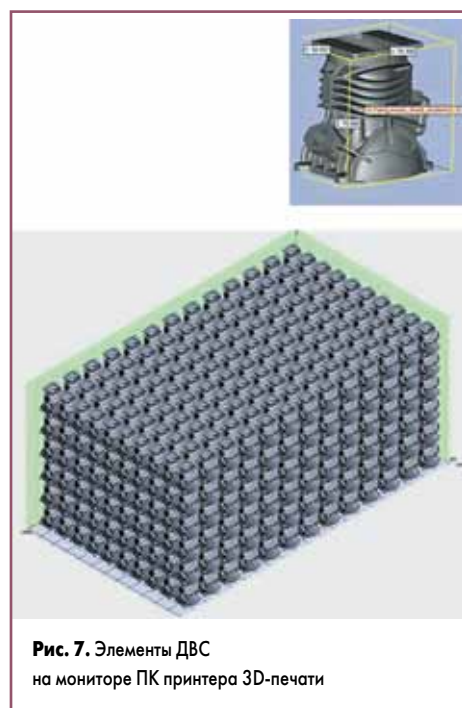


Рис. 7. Элементы ДВС на мониторе ПК принтера 3D-печати

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

В настоящее время технология 3DP — уникальный 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 сегодня — единственной.