

Оригинал статьи *“The New Age Of Rapid Prototyping”* на английском языке можно найти на сайте журнала *“Machine Design”* (www.machinedesign.com).

Новая эра быстрого прототипирования

Опыт авиакосмической промышленности

Bryan Newbrite (3D Systems)

©2019 Penton Media Group



Bryan Newbrite получил степень бакалавра по авиакосмической технике в университете *Embry-Riddle Aeronautical University*. Сейчас г-н Newbrite работает в компании *3D Systems* и занимается внедрением передовых аддитивных технологий в сложившихся цепочках поставщиков авиакосмической отрасли. До этого работал в компании *GE*.

Благодаря возможностям аддитивного производства, создание прототипов становится быстрым, точным, доступным и функциональным – в мире, где спрос на всё более быстрое проектирование только растёт.

При наличии *CAD*-систем и огромного количества программных инструментов численного моделирования (*CAE*), это зачастую может показаться избыточным – изготавливать предварительные наглядные образцы или даже проводить раннее тестирование новых конструкций. Однако быстрое прототипирование остается ключевым фактором при проектировании и дальнейшем развитии изделий, а аддитивные технологии позволяют поставлять необходимые образцы.

С момента появления в середине 1980-х годов стереолитографии (*Stereolithography, SLA*) – технологии, которую изобрел основатель и технический директор компании *3D Systems*, мой босс **Chuck Hull** – быстрое

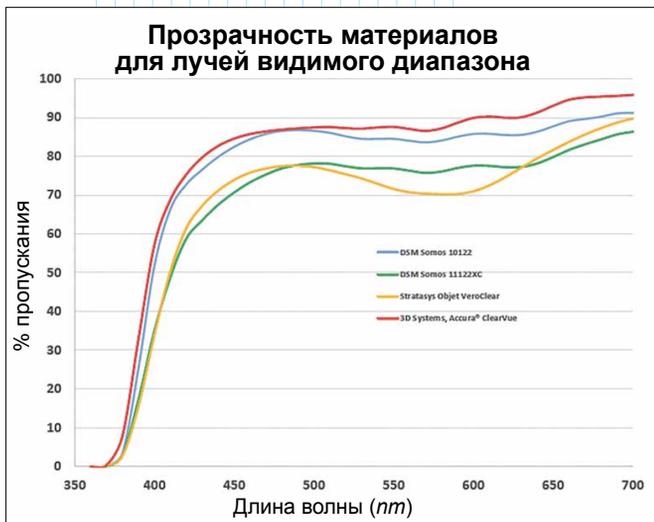
прототипирование, опирающееся на возможности аддитивного производства, прошло длинный путь. Являясь ключевой частью процесса разработки изделий, прототипы созданные на как можно более ранних этапах проектирования, наглядно демонстрируют форму и функциональность изделий, позволяют лучше подгонять их – и, таким образом, продолжают сокращать сроки конструирования, поставлять лучшие изделия, ускорять вывод изделий на рынок.

И хотя аддитивное производство (*Additive Manufacturing, AM*) уже прошло самый трудный участок пути в деле становления полноценным производством, которое может поставлять законченные продукты, идеи прототипирования еще далеко не устарели. Во многих случаях изготавливать прототипы на ранних этапах теперь еще более важно и выгодно, чем прежде.

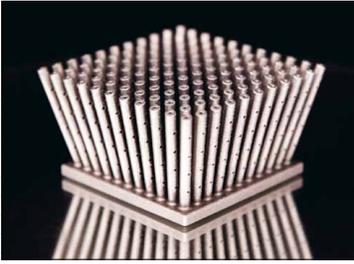
Запрос на быстрое прототипирование сегодня растет

Срок службы изделий сокращается. Мы ожидаем новый *iPhone* каждый год. Периодичность обновления транспорта уменьшилась с десяти до двух лет. В авиастроении сроки аттестации двигателя сократились с десяти до менее чем пяти лет; ожидается, что главные авиастроительные компании будут обновлять салоны своих самолетов каждые пять лет, а не просто поддерживать традиционные интервалы.

Инновационность изделий и ожидания потребителей влияют друг на друга во всё ускоряющемся темпе. Результатом этого является повышенный спрос на разнообразие, возможности кастомизации и почти непрерывные инновации. Такой высокий темп и ограниченная серийность изделий могут быть обеспечены при помощи быстрого прототипирования ад-



Спектр пропускания материалов, применяемых в традиционном прототипировании, *SLA* и *DLP*



Напечатанный прототип новой конструкции теплообменника позволяет быстро протестировать потоки жидкости и тепла до изготовления окончательного варианта детали

дитивными методами, без затрат времени и средств на изготовление оснастки.

Процесс *SLA* был первым, и всё еще остается одним из основных для быстрого изготовления прототипов. Занятие, которое при использовании традиционных методов создания образцов в 1990-х годах занимало недели, в случае применения *SLA* ускоряется в 12÷15 раз. Инновации в виде бесконтактной непрерывной печати, когда смола спекается цифровым светодиодным проектором (*Contactless Digital Light Processing, CDLP*), обеспечивают еще более быструю работу. Сегодня высокоскоростное изготовление концептуальных моделей с помощью *CDLP* завоевывает популярность, поскольку позволяет получать прототипы очень быстро и значительно сокращает сроки разработки изделий.

Команды разработчиков в сфере авиационно-космического и промышленного проектирования в значительной степени полагаются на прототипирование при создании новых отраслевых методик аддитивного производства. Благодаря последним инновациям по отводу тепла при плавлении заранее сформированного слоя материала в порошковой камере (*Powder Bed Fusion, PBF*), такие технологии, как *SLA* с прозрачной смолой, становятся частью рабочего процесса проектирования и рассмотрения вариантов. Это позволяет построить множество [прозрачных] вариантов конструкции быстрее, чем за неделю, и исследовать динамику внутреннего тока жидкости.

Методы традиционного [для сегодняшнего дня] проектирования основаны на инженерном анализе. Однако сложность геометрии металлических изделий, ставшая возможной благодаря аддитивному производству, растягивает сроки полной симуляции с дней на недели. Вместо ожидания, вы можете вживую протестировать видимые потоки жидкости в прототипе и сделать изменения в течение дня, чтобы обеспечить требуемые характеристики потока. В случае сложных проектов это позволит изучить дюжину вариантов конструкции за считанные недели и поставить для тестирования окончательный вариант в металле на несколько месяцев быстрее, чем при любом подходе, не включающем прототипирование.

В таких сферах применения прозрачность *SLA*-материалов чрезвычайно важна для качественного исследования прототипов. Одной из



Компания TecNiq сэкономила время и трудозатраты, напечатав прототипы линз промышленного качества. Это позволяет демонстрировать их характеристики еще до создания оснастки для производства

компаний, которая получила пользу от этого, является *TecNiq*, разработчик световых решений для водного транспорта. Критически важной задачей для *TecNiq* является выбор смоляной системы, обеспечивающей прозрачность корпусов осветительных приборов. Любые оптические или цветовые искажения могут привести к изготовлению прототипа, бесполезного для получения окончательной конструкции.

Но всё это не ограничивается только *3D*-печатью методом *SLA*.

Технология использующего нейлон селективного лазерного спекания (*Selective Laser Sintering, SLS*) позволяет делать на основе сборочной модели высококачественные функциональные прототипы, которые могут включать в себя подвижные шарниры, гибкие и монокристаллические детали. Кроме того, применение нейлона и других термически и химически стойких материалов дает конструкторам возможность быстро и недорого получать детали для тестирования в двигателе и на стенде – без необходимости изготовления оснастки или инъекционных пресс-форм.

Компания *Idaho Steel*, изготовитель оборудования для линий производства пищевых продуктов, использует *3D*-печать методом *SLS* как для функционального тестирования, так и для изготовления готовых деталей, устанавливаемых прямо на её станки. Поскольку каждая производственная линия требует кастомизации, технология *SLS* дает компании возможность производства без использования оснастки, плюс надежные детали, которые нужны для быстрого исполнения заказов. Как результат, *Idaho Steel* сообщает, что продолжительность изготовления деталей уменьшилась с 250-ти до 90 часов.

Аддитивная технология *SLS* чрезвычайно важна и для компаний, которые занимаются интерьером салонов. Наша группа работала с четырьмя такими компаниями над созданием полнофункциональных прототипов. В

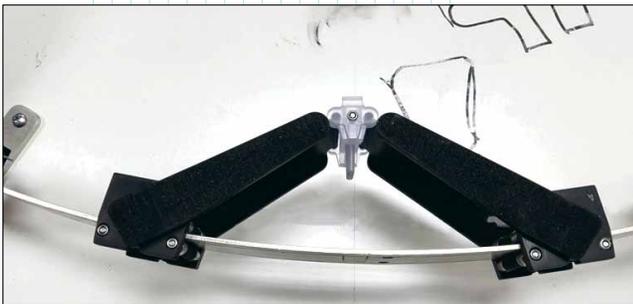


Применение технологии SLS и таких термопластиков, как DuraForm EX Black от 3D Systems, позволяет поставлять детали, обладающие прочностью отлитого под давлением полипропилена, и создавать функциональные прототипы, которые можно тестировать в реальной среде

последнем проекте с поставщиком 1-го уровня (Tier 1), выпускающим сидения, наличие аддитивного производства с машинами SLS и SLA позволило последовательно предоставить несколько вариантов полнофункциональных прототипов кресел класса Super Luxury.

Использование AM-технологий помогает компании продвигать свой производственный цикл на высоко конкурентном рынке в надежде за считанные месяцы увеличить свою рыночную долю до двухзначного числа процентов. Аддитивные технологии избавляют от необходимости терять время на подготовку производства: компания либо печатает прототипы напрямую, либо делает пресс-формы для литья из уретана более крупных деталей. В нише, где сильных игроков не так много, а потребность в обновлении сидений класса люкс велика, AM предоставляет средства для агрессивного увеличения рыночной доли – даже если окончательный вариант изделия будет производиться традиционным способом.

Компания Span Tech, производитель модульных конвейеров, полагается на платформу



Компания Span Tech использует два разных материала VisiJet, чтобы получить оптимальные характеристики прототипа детали, который будет всесторонне тестироваться перед тем, как заказывать оснастку для её изготовления

MultiJet Printing (MJP) для прототипирования и тестирования деталей конвейера перед тем, как заказывать пресс-формы для литья под давлением. Ассортимент материалов для таких платформ весьма обширен, и эти материалы вполне надежны для задач тестирования защелок, деталей скольжения и деталей с вставленными металлическими подшипниками.

Хотя спектр прототипов, который можно получить аддитивными методами, почти бесконечен, необходимо отметить и наличие конструкторских ограничений. Технология SLA требует построения поддерживающих структур, а это значит, что конструкторы должны учитывать необходимость их удаления и зачистки лицевых поверхностей. Технологии SLS и MJP позволяют обходиться без опор, но обеспечивают меньшую точность, чем можно получить в системах, использующих смолу.

Если помнить об этом, то доступный ассортимент аддитивных материалов будет служить гарантией того, что вы сможете быстро изготавливать детали почти любого типа, включая эластичные, многослойные, высокопрочные и полноцветные, чтобы точно представить внешний вид конструкции.

Цветная струйная печать (Color Jet Printing, CJP) – еще одно мощное средство в мире прототипирования. Очевидные варианты использования CJP – реалистичная имитация многоцветных потребительских товаров, таких как одежда, и архитектурная сфера.

С момента своего изобретения технология CJP революционизировала архитектурное проектирование, равно как и разработку потребительских товаров. Кроме того, имеется несколько весьма полезных областей применения и в техническом проектировании. Способность передавать 6 млн. оттенков (обеспечивается полный цветовой спектр 2D-принтера по всем трем координатам!) делает CJP полезным инструментом при оптимизации топологии. Изготовление полноразмерных прототипов с разными вариантами концентрации напряжений стало важной



Технология CJP революционизировала процесс разработки потребительских товаров, поскольку она позволяет оценить, как будет выглядеть готовое изделие в цвете. На иллюстрации показан прототип велосипедного сидения

частью процесса конструирования и промышленного освоения; в авиакосмической сфере такой способ можно использовать для маркетинга и убеждения консервативных или скептически настроенных компаний при создании новых аддитивных конструкций. Наличие ярко окрашенной материальной детали, на которой отображены расчетные концентрации напряжений, становится жизненно необходимым для процесса внутренней валидации и обеспечения продаж.

Кроме того, аддитивность находит применение и в том, чтобы быстрее поставить полномасштабный прототип автомобиля для функционального тестирования на практике и верификации конструкции. Показанный на иллюстрации автомобиль был создан по полученным CAD-данным за 8 недель; использовалось сочетание 3D-печати методами *SLA* и *SLS*, листовой штамповки и механообработки. После этого команды инженеров автомобилестроительной компании, отвечающие за конструирование, производство и техническое обслуживание, смогли провести полную оценку внешнего вида, методов производства, проверить зазоры и доступность для операций технического обслуживания.

Важно отметить, что прототипирование с помощью аддитивных технологий не всегда означает прямое изготовление конечной детали – зачастую речь идет об изготовлении оснастки. Возможность получения ультратонких пресс-форм (которые потом разбиваются, как яичная скорлупа – *Eggshell Molding*) позволяет проектировать и тестировать уплотнители динамичной формы именно из того материала, который будет заливаться потом в рабочие пресс-формы. На машинах *SLA* или *CDLP* это потребует совсем немного – иногда меньше



Для изготовления этого прототипа двойного уплотнительного кольца была напечатана ультратонкая пресс-форма, что позволило использовать именно тот материал уплотнителя, который необходим

чайной ложки – смолы для изготовления наружной формы, которую, после заполнения силиконом/резиной и затвердевания, можно легко отделить. Это экономит месяцы по сравнению с обычными циклами конструирования и производства.

Быстрое прототипирование меняет правила игры и для литейного производства. Теперь, используя технологию *SLA* или струйной печати, можно печатать литейные модели напрямую, без оснастки.

Традиционными методами формы изготавливаются долго. Даже в случае простой геометрии может пройти 8÷12 недель до того, как можно будет заполнить исходные формы, а более сложная геометрия может обойтись в сотни тысяч долларов и занять более полугода перед тем, как её можно будет протестировать. Струйная технология может поставлять десятки готовых к заливке форм за недели и даже быстрее, экономя от нескольких месяцев до нескольких лет в случае сложных отливок. Кроме того, она допускает отрицательные углы конусности – неслыханная вещь для традиционного проектирования форм, но очень полезная при изготовлении турбинных импеллеров и пр.

В случае более крупных отливок технология *SLA* может помочь создать большие и сложные литейные модели.

Эти возможности можно реализовать как на собственном оборудовании, так и через нашу службу услуг по запросу.

Итак, как мы видим, благодаря возможностям аддитивного производства, быстрое прототипирование становится всё более быстрым, точным, доступным и функциональным – в мире, где спрос на всё более быстрое проектирование только растет. Независимо от того, для чего именно используется прототипирование, независимо от способа производства окончательного изделия, аддитивное производство играет критически важную роль в разработке изделий во всех производственных отраслях мира. 🗨️



Технологии 3D-печати могут быть объединены с традиционными, чтобы предоставить реалистичный, достоверный прототип, который инженеры по производству и техническому обслуживанию могут использовать для валидации конструкции и процесса производства перед тем, как будут инвестированы средства в подготовку серийного производства