

АДДИТИВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

для промышленного применения и не только

Дмитрий ТРУБАШЕВСКИЙ, компания «Солвер»

Понятие «прорывные технологии» подразумевает технические и технологические разработки, которые позволяют промышленным предприятиям значительно повысить свою эффективность и произвести зачастую революцию в подходах, скорости взаимодействия как между подразделениями внутри предприятия, так и с заказчиками продукции, а также значительно повысить качество и скорость выхода продукции на рынок. Много ли примеров подобных технологий последнего времени приходит на ум? Безусловно, аддитивные технологии или 3D-печать – одни из них.

В 80-90-е годы прошлого века еще новое и поэтому воспринимаемое как фантастическое технологическое направление Rapid Prototyping или быстрое прототипирование ассоциировалось исключительно с деятельностью наиболее передовых научно-исследовательских институтов или мировых промышленных гигантов, которые могли позволить себе применять новейшие и прогрессивные технологии. Однако, поскольку скорости подготовки выхода новой продукции на рынок тогда еще не придавалось столь большого значения, все явные преимущества от использования установок быстрого прототипирования буквально «размывались» в суровых заводских реалиях. В то время происходил качественный переход на использование станков с ЧПУ в производстве. Силы крупных производителей были направлены на оснащение цехов станками с электронными «мозгами», что сулило собственникам предприятий огромные перспективы роста за счет автоматизации производства. Те из них, кто тогда поверил в оборудование с ЧПУ и начал внедрять его первым, находят сейчас в ряду признанных лидеров.

Примерно то же самое сейчас происходит в сегменте аддитивных технологий. Будучи некогда молодой и перспективной отраслью, сегодня эти технологии становятся «де факто» параллельной ветвью производства, а в ряде случаев – гибридной, совмещающей свои возможности с традиционным производством. Теперь не считается с 3D-печатью означает закрыть для себя пути дальнейшего развития и сохранения конкурентоспособности. На заре промышленной автоматизации находились «адепты», уверяющие в «излишней сложности» этих процессов и советовавшие не увлекаться новомодным «трендом». Какой выбор сделала мировая промышленность, всем хорошо известно.

ТРЕНД 3D-ПЕЧАТИ

Безусловно, он есть. Благодаря постепенному высвобождению патентного портфолио многих ключевых игроков рынка сейчас наблюдается лавинообразный поток разработок-клонов от молодых и амбициозных изобретателей в области аддитивных технологий. В результате рынок наводнен похожими «коробками», low end принтерами, предла-

гающими вроде как что-то новое и оттого модное. Задачи, с которыми «на ура» справляются такие устройства, это, как правило, печать фигурок «селфи» или зверят, кружечек, аксессуаров для мобильных телефонов, украшений и т.п. Иначе говоря – не точные и абсолютно не ответственные детали. То есть налицо практически полное отсутствие по-настоящему полезных и практических применений.

Следует признать, что индустрия потребительских 3D-принтеров достаточно быстро развивается по аутсорсингу. Однако еще очень многое предстоит сделать молодым изобретателям в части адаптации программного обеспечения, повышения интуитивности освоения и удобства использования. Должно пройти определенное время для осмысления дизайна и конструкции изделий, материалов, качества и повторяемости результатов 3D-печати. А что делать тому, кто не готов ждать? Советуем обратить внимание на лидеров рынка, имеющих уже несколько десятилетий опыта в разработке установок быстрого прототипирования не только для промышленного применения, но и для рядовых пользователей.

НЕМНОГО СКУЧНОЙ АНАЛИТИКИ И ПОЗНАВАТЕЛЬНЫХ НОВОСТЕЙ

По данным аналитической компании Wohlers Associates от 18 ноября 2013 года, набирает обороты использование 3D-печати в качестве способа изготовления деталей

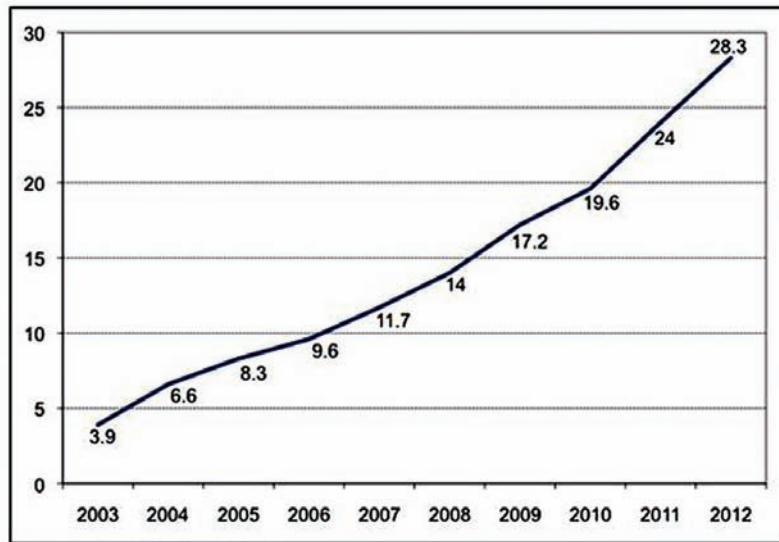


Рис. 1. Доля расходов на изготовление деталей для конечной продукции в общем объеме затрат на 3D-печать (источник – Wohlers Associates)

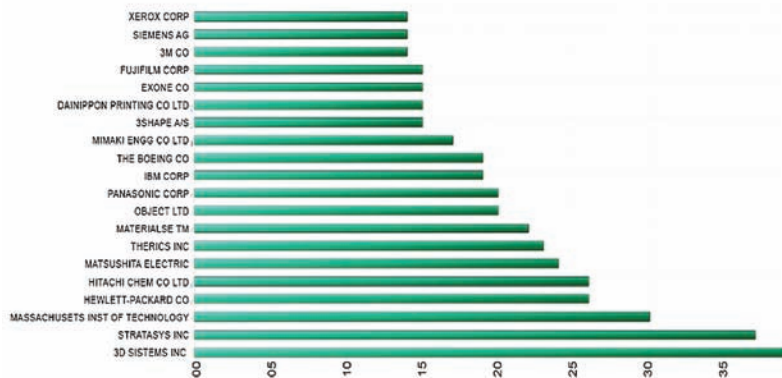


Рис. 2. Топ-лист компаний в области 3D-печати (источник – Gridlogics Technologies, 2014)

для конечной продукции. По оценке аналитиков, в 2012-м доля расходов на производство таких деталей выросла до 28,3% от общего объема затрат на 3D-печать, который составил 2,2 млрд долларов.

Как отмечают аналитики, аддитивное производство все шире применяется в самых разных отраслях и сегментах, таких как изготовление металлических зубных коронок и мостов, ортопедических имплантантов, ювелирных изделий.

Важным рынком для 3D-печати также является авиационная и космическая отрасли. Корпорация Boeing активно использует аддитивное производство для изготовления систем, направляющих воздушный поток в военных и гражданских самолетах. Компания GE

Aviation собирается применять 3D-печать при производстве новых двигателей LEAP для изготовления распылителей топлива и планирует в ближайшие годы выпускать таким образом ежегодно порядка 40 тыс. распылителей.

По мнению аналитиков Wohlers Associates 3D-печать будет гораздо шире использоваться в производстве деталей для конечной продукции, чем для изготовления прототипов, так как деталей создается в тысячи раз больше, чем прототипов. Они уверены, что перспективы рынка 3D-печати связаны именно с производством, а не с прототипированием, так как аддитивное производство открывает огромные возможности с точки зрения выпуска коммерческой продукции.

Рынок 3D-печати, по оценке Wohlers Associates, растет все быстрее. Так, средний ежегодный рост за последние 25 лет составил 25,4%, а за последние три года – 27,4%. При этом особой популярностью пользуются недорогие устройства стоимостью менее 5 тыс. долларов, продажи которых с 2008-го по 2011-й росли ежегодно на 346%. Правда, в 2012-м темп снизился до 46%. Их покупают в основном люди, увлеченные своим хобби, любители все делать своими руками, студенты инженерных вузов и образовательные учреждения.

Согласно интервью¹ с Терри Веллерсом (Terry Wohlers), президентом Wohlers Associates, инвестиции в эту область будут продолжаться на всем протяжении 2014 года. Причем эта волна в большей степени будет распространяться благодаря государственным учреждениям всех уровней, а также учреждениям образовательным. Крупные корпорации также будут инвестировать в эти технологии немалые средства. Терри Веллерс считает, что сейчас мы живем в самый переломный момент захвата позиций традиционного производства аддитивными технологиями.

Согласно сообщению исследователей из компании Canalys², рынок устройств 3D-печати достиг в 2013 году отметки 2,5 млрд долларов, а в 2014 году его объем ожидается равным 3,8 млрд долларов. К 2018 году он будет составлять уже 16,2 млрд долларов! Все, что может сдерживать рост, – это слабые компетенции пользователей в овладении базовыми приемами работы с CAD-системами и недостаточные объемы выпуска самих принтеров. Тем не менее благодаря совершенствованию современных CAD-систем, их простоте и доступности, а также все большему вовлечению производителей 3D-принтеров в борьбу за потребителя достигнуть ожидаемых экономических показателей вполне возможно в самой ближайшей перспективе.

Анализ патентного портфолио, проведенный Gridlogics Technologies, демонстрирует явное превосходство компаний Stratasys и 3D Systems по отношению к остальным 18 участникам рынка различных аддитивных технологий.

Однако стоит отметить, что существует и другое мнение, более скептическое в отношении роста технологий. Инженер и изобретатель трехмерной печати Чарльз Халл (Charles Hull) утверждает³, что рынок 3D-печати слишком раздут и преувеличен – более чем он является на самом деле. По его словам, рост будет происходить, но достаточно эволюционно. Требуется приложить много усилий для лучшей проработки программной части принтеров и обслуживающего софта, а также скорости печати. По его словам обилие принтеров любительского класса не предлагает ничего нового. Единственный стойкий интерес к этой области есть у промышленных пользователей, когда сроки и гибкость процессов разработки новой продукции имеют принципиальное значение. Здесь Чарльз Халл отдает предпочтение «металлической» порошковой печати. Также, по его мнению, в традиционном производстве существует еще масса других важных направлений, нуждающихся в оптимизации. И трехмерная печать там стоит не на самом первом месте.

ЗНАЧИМЫЕ СОБЫТИЯ 2014 ГОДА В МИРЕ 3D-ПЕЧАТИ

Компания Stratasys анонсировала выпуск своей новой модели 3D-принтера – Objet500 Connex3, который является первым и пока единственным на рынке, объединяющим способность одновременной печати цветных деталей из разных по свойствам материалов. Благодаря технологии Polyjet в готовом изделии теперь могут присутствовать конструктивные элементы, например, из прозрачных и непрозрачных материалов с яркими насыщенными



Рис. 3. Мультиматериальный цветной 3D-принтер Objet500 Connex3

цветами, материалов с различной степенью гибкости.

Как и другие принтеры линейки Polyjet, Objet500 Connex3 способен печатать с толщиной слоя в 16 микрон. Новым в технологии является тот факт, что для смешения используются уже три цвета материала, например, VeroCyan, VeroMagenta и VeroYellow. Это дает возможность получать готовый объект с насыщенными цветами почти полиграфической CMY палитры. Пользователю уже не придется отдельно собирать будущее изделие из отдель-

ных деталей с разнородными свойствами и цветами – все будет построено за один раз! На выставке «Металлообработка-2014» компания «Солвер» впервые в России презентовала революционные возможности нового принтера.

Разработчики из Stratasys также порадовали двумя новыми материалами с выдающимися свойствами – Nylon 12 и Endur. Nylon 12 представляет собой материал, используемый в установках Fortus. Его особенностью является одновременное воспроизведение жестких и гибких



Рис. 4. Детали, полученные на 3D-принтере Objet500 Connex3



Рис. 5. Этот гребень из материала Nylon 12 изготовлен по технологии FDM



Рис. 6. Крышка объектива и пинцет изготовлены из полипропиленоподобного материала Endur на установке Polyjet

свойств изделий. Он имеет высокие показатели удлинения при разрыве и предела усталости, самую высокую ударную вязкость, а также высокую химическую стойкость. Материал идеален для сфер применения, требующих высокой усталостной прочности. Например, из него могут изготавливаться многократно защелкивающиеся элементы и фрикционные вставки, противоударные компоненты изделий, которые широко используются, например, в аэрокосмической промышленности и в системах автоматизации, монтажных и крепежных элементах, в прототипах обшивки, воздухозаборниках и кожухах антенн, эксплуатируемых при низких температурах.

Другой новый материал Endur применяется в технологии Polyjet для имитации свойств полипропилена и может использоваться практически на всех 3D-принтерах серии Design семейства Objet. Он подобен материалу DurusWhite, однако превосходит его по большинству параметров. Гибкий и одновременно жесткий, идеален для конструкций с элементами защелок, упаковки, тестирования формы, собираемости и функциональности. Широко используется для товаров народного потребления, в производстве электроники и изделий для медицины.

2 апреля 2014 года Stratasys сообщил о приобретении компаний Solid Concepts и Harvest Technologies – лидеров в области предоставления сервисных услуг, связанных с 3D-печатью. Согласно договоренностям Stratasys приобретает калифорнийскую компанию Solid Concepts за 295 млн долларов. Стоимость приобретения Harvest Technologies не разглашается.

Solid Concepts является крупнейшим производственным сервисным бюро, штаб-квартира которого находится в г. Валенсия, штат Калифорния (США). Основанное в 1991 году, оно насчитывает 450 сотрудников. Годовой доход компании составляет около 65 млн долларов, а количество постоянных клиентов превысило 5000!

Другая компания, Harvest Technologies – лидер в предоставлении услуг в области 3D-печати со

штаб-квартирой в г. Белтон, штат Техас (США), с персоналом в 80 человек.

Процесс сделки окончательно должен завершиться в третьем квартале 2014 года. Обе приобретенные компании совместно с компанией RedEye образуют крупнейшего провайдера сервисных услуг в области аддитивных и традиционных технологий. Ключевые области, которые будет обслуживать новоиспеченная компания, – медицина, авиация и космос – т.е. только высокоинтеллектуальные направления.

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В «СОЛВЕР» – ТОЛЬКО ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Недавно в компании «Солвер» был образован новый отдел DDM.Lab⁴ – аддитивные технологии для прикладных применений. Специалисты отдела, обладающие более чем 14-летним опытом в этой области, предлагают клиентам компании комплексный подход к внедрению технологий 3D-печати. Мы окажем помощь в выборе оптимальной модели установки, проведем консультации по той или иной технологии и материалу, соответствующему требованиям вашего технического задания.

Зачастую решить задачу клиента лишь подбором материала по одной технологии бывает невозможно. В этом случае мы предлагаем применять принципы гибридной технологии, совмещающей в себе традиционную (субтрактивную) технологию обработки различных металлов на станках и аддитивную технологию изготовления деталей из промышленных пластиков.

В качестве примера совместного использования этих диаметрально разных технологий могут послужить работы, выполненные нами для НПО «Молния», по изготовлению термопластиковых и металлических деталей в рамках опытно-конструкторских работ «АДМ-МРКС-1-Солвер» для аэродинамических моделей многоэшелонной ракетно-космической системы первого этапа.

Собранные из деталей, изготовленных в компании «Солвер», аэродинамические модели возвращае-



Рис. 7. Сравнение эффективности применения аддитивной и субтрактивной технологии



Рис. 8. Процесс сборки АДМ

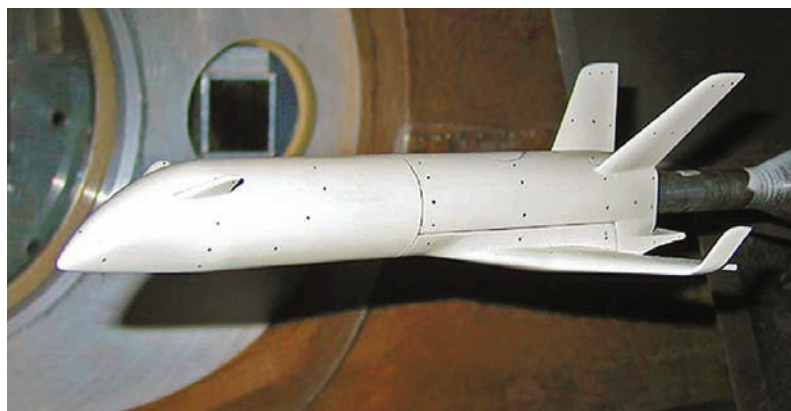


Рис. 9. АДМ-3 ВРБ в аэродинамической трубе

мого ракетного блока (ВРБ) и многоэшелонной ракеты космического назначения масштабе 1:150, 1:80 прошли испытания в аэродинамических трубах ЦАГИ им. проф. Н.Е.

Жуковского. В ходе этих испытаний были выявлены основные проблемы аэротермодинамики, анализ которых позволил ученым ЦАГИ выработать важные рекомендации по даль-

Технологические операции	По традиционной технологии	По технологии с использованием Fortus
Проектирование модели отливки и оснастки	–	4
Проектирование литниковой системы	–	4
Проверка технологичности отливки в САЕ-системе	–	1 час
Изготовление модели детали	56 часов	3 часа
Сборка оснастки	–	16 часов
Итого (время на изготовление оснастки)	56 часов	28 часов

Таблица 1. Сравнение затрат рабочего времени на изготовление оснастки по традиционной технологии и при использовании установки Fortus на примере детали «Кронштейн» (см. Рис. 12)

Технологические операции	Технология с использованием станка с ЧПУ		Технология с использованием установки Fortus	
	Затраты времени, ч	Стоимость работ, руб.	Затраты времени, ч	Стоимость работ, руб.
Проектирование модели отливки	8	1 636	8	1 636
Проектирование литниковой системы	16	2 986	16	2 986
Проектирование электронной модели оснастки	80	16 358	24	4 908
Разработка программы ЧПУ	252	34 650	–	–
Подготовка заготовок для станка с ЧПУ	40	8 687	–	–
Изготовление оснастки на оборудовании	100	36 712	85	28 482
Окончательная доработка оснастки на модельном участке	80	17 376	64	13 900
Итого	536	118 405	189	51 912

Таблица 2. Сравнение затрат на изготовление оснастки с использованием станка с ЧПУ и установки Fortus на примере детали «Горловина заливная»



Рис. 10. Изготовление модельных плит и закрепление моделей FDM

нейшему улучшению аэродинамической компоновки аппаратов.

«В целом проделанная работа содержит обширные материалы исследований, открывающие реальные научно-технические возможности создания в ближайшей перспективе качественно нового многоэтапного средства выведения с крылатыми блоками первой ступени. Уже в 2016 году мы планируем продолжение опытно-конструкторских работ в данном направлении», – пояснил Андрей Шустов, начальник отделения стратегического планирования, системных исследований и перспективного развития авиационно-космической техники ЦАГИ⁵.

Результаты ОКР «АДМ-МРКС-1-Солвер» были рассмотрены на заседании научно-технического совета НПО «Молния», прошедшего в июне прошлого года. Технология компьютерного проектирования аэродинамических моделей и изготовления их деталей на установке быстро прототипирования признана перспективной и рекомендована для дальнейших этапов работ по МРКС-1, создаваемой для космодрома «Восточный».

По словам Кирилла Ратникова, руководителя конструкторско-исследовательской группы НПО «Молния», «первое применение новых технологий при изготовлении АДМ позволило существенно сократить сроки изготовления и выполнить большую часть запланированных экспериментов».

Еще один пример результативного промышленного применения аддитивного производства по технологии FDM, опять же используя гибридные принципы, – проектирование и изготовление моделей и литейной оснастки для литья в песчаные формы в ОАО «Арсеньевская авиационная компания «Прогресс» (ОАО ААК «Прогресс») им. Н.И. Сазыкина. На предприятии, занятом выпуском ударно-разведывательных вертолетов Ка-52 «Аллигатор», а также подготовкой к производству военно-морского вертолета Ка-52К и гражданского Ка-62И, в режиме «24/7» эксплуатируются две установки Fortus – 900mc и 400mc.

Сравнение традиционной технологии изготовления моделей отливок и по новой с использованием технологии FDM позволили сделать следующие выводы:



Рис. 11. Готовые литьевые детали

● В зависимости от сложности оснастки и геометрии детали выигрыш во времени получения первой отливки с применением системы аддитивного производства Fortus составляет от 2 до 10 раз, а по стоимости выполненных работ – более 2 раз (см. табл. 1 и 2).

● В новой технологии исключаются ошибки в геометрии отливки, если они отсутствуют в модели детали, используемой при проектировании оснастки.

● Термопластиковые модели более долговечны, меньше подвержены износу.

● Отсутствует явление растрескивания, разбухания, усушки как в деревянной оснастке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Компания «Солвер» работает с аддитивными технологиями практически с начала своей деятельности. Мы ос-

нащаем ими отечественные предприятия, располагаем своим оборудованием. Сегодня мы можем сделать некоторые выводы. Наша практика и опыт показывают, что прогнозы о все более широком применении аддитивных технологий сбываются как в профессиональной среде, так и в потребительской. Возможно, российская тенденция больше соответствует приведенной выше осторожной оценке Чарльза Халла, но она налицо. Все больше заказчиков становятся обладателями установок разного класса – от наиболее продвинутых до самых недорогих. Все больше предприятий обращается к нам с заказами на изготовление единичных изделий – прототипов или испытательных моделей, а также малых партий деталей из промышленных пластиков, изготовленных по аддитивной технологии. Таким образом, тренд 3D-печати и аддитивного подхода к производству набирает обо-

роты. Присоединяйтесь и вы! Мы готовы поделиться с вами своим опытом и знаниями. ■

Ссылки:

1. Подробнее с интервью можно ознакомиться здесь: <http://inside3dprinting.de/interviews/exclusive-interview-with-terry-wohlers/>
2. Подробнее с отчетом можно ознакомиться здесь: <http://www.canalys.com/newsroom/3d-printing-market-grow-us162-billion-2018#>.
3. Подробно – <http://qz.com/207152/the-father-of-3d-printing-says-its-overhyped/>
4. От DDM – Direct Digital Manufacturing (англ.), что означает методологию прямого цифрового производства, опирающуюся на технологии 3D-печати
5. Источник – <http://www.tsagi.ru/pressroom/news/1192/>

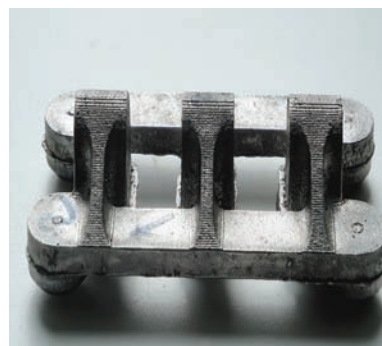
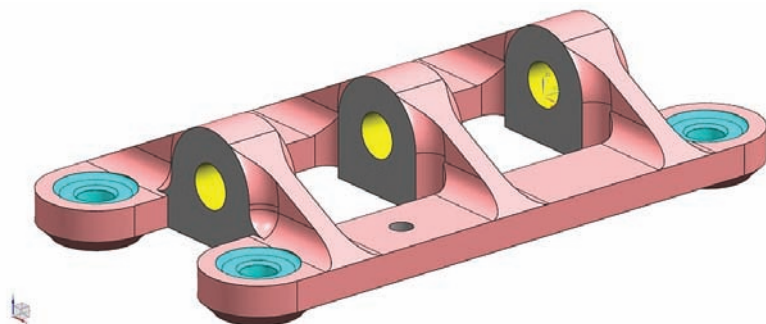


Рис. 12. Модель и готовая деталь «Кронштейн»