

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

уникальной производственной оснастки

Владимир ЕЖЕЛЕНКО, Дмитрий ТРУБАШЕВСКИЙ,
группа компаний «Солвер», ООО «Современное оборудование»

Главная проблема 3D-печати и основная причина ее затянувшегося отсутствия в «официально признанном» списке величайших технологических прорывов современности заключается не в том, что она чересчур сложна и, значит, ограничена для широкого использования, а в том, что мало кто понимает, на что она практически способна. Однако пользователи, уже распробовавшие ее на практике, утверждают: для современного промышленного производства трехмерная печать стала поистине золотой находкой.

Моделирование изделий методом FDM – послойным наплавлением полимерной нити (от англ. Fused Deposition Modeling) в соответствии с геометрией цифровой модели – одна из ведущих технологий аддитивного производства, широко используемая при создании трехмерных моделей для прототипирования и промышленного производства. Технология была разработана в конце 1980-х и вышла на коммерческий рынок в 1990 году. Универсальность и широкий диапазон ее применения в промышленном производстве уникальных изделий малыми партиями вывели ее на лидирующие позиции в мире среди аддитивных технологий.

Давняя потребность в простом и изящном инструменте, способном стать мостом между дизайном изделия и его физической формой и дающим адекватные и упреждающие ответы на запросы человеческого и технологического плана при создании и подготовке к производству новых продуктов, – все это выводит применение FDM на новый уровень. Предоставляя кратчайший путь от идеи до твердотельного объекта, технология FDM дает возможность упрощать сложные вопросы, решать серьезные технологические проблемы, находить новые решения.

3D-печать уже стала вполне привычным делом для конструкторских служб многих ведущих промышленных компаний. Работа с аддитивными технологиями в сфере авиакосмической промышленности, автомобилестроения и образования в целом дала импульс целому поколению инноваций. И FDM среди других принципов аддитивного производства занимает особое место. Недаром ее предпочитают ведущие производители и передовые дизайнеры, разработчики уникальных продуктов по всему миру. Давайте вместе попробуем разобраться в некоторых особенностях применения этой технологии для не столь явного, но уже востребованного направления – изготовления уникальной производственной оснастки.

Если металлическая 3D-печать (о которой мы рассказывали в предыдущем номере журнала) является пока еще экзотическим и недешевым удовольствием, то технология FDM сегодня, без преувеличения, стала обыденностью. Однако до сих пор мы зачастую не замечаем ее или даже не знаем, что она применяется в той или иной степени при создании используемого нами товара. В настоящей статье мы покажем неко-

торые возможности промышленного применения технологии FDM на современных производствах.

УНИКАЛЬНЫЕ СБОРОЧНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И КРЕПЕЖНАЯ ОСНАСТКА

Производители продукции различного назначения все чаще используют специализированные приспособления и оснастку для обеспечения качества, эффективности и безопасности труда. 3D-печать позволяет существенно упростить производство этих инструментов, способствуя как увеличению производительности и улучшению эргономики труда, так и повышению качества конечных изделий.

В стандартных производственных процессах, не применяющих технологию FDM, чаще всего оснастка изготавливается из дерева, металла или модельного пластика в количестве от 1 до 100 единиц. При этом задействуют ручной труд и станочную обработку. В среднем проектирование и изготовление каждой единицы оснастки при использовании традиционных технологий занимает от одной до четырех недель, а нередко на это уходит и несколько месяцев. Необходимо также учитывать тот факт, что независимо от способа изготовления оснастки, с первого раза обычно не удается получить требуемые параметры и характеристики. Поэтому разработчики постоянно дорабатывают и совершенствуют

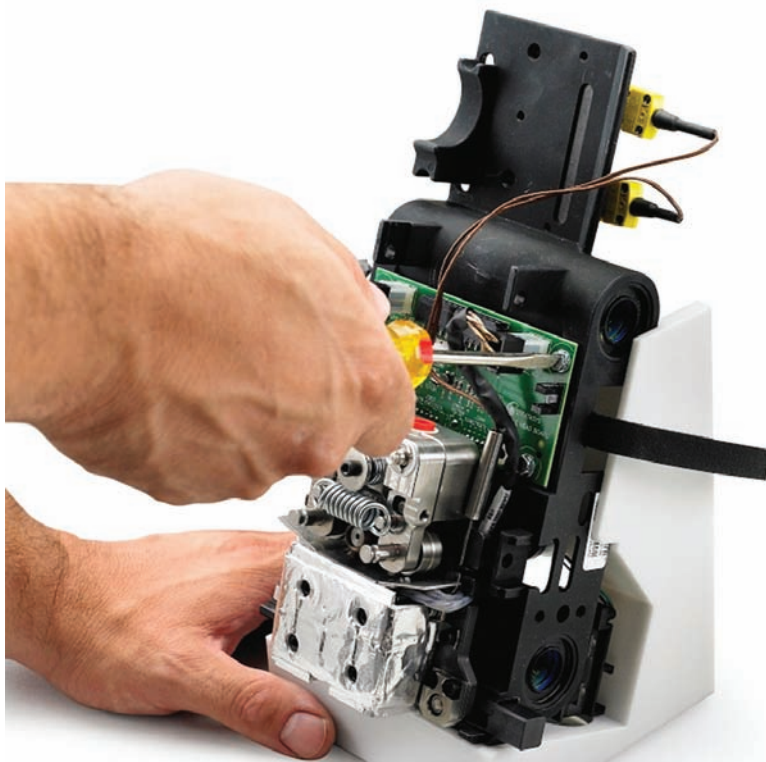


Рис. 1. Вариант крепежной оснастки для сборки узла печатающей головки 3D-принтера Dimension SST1200es, изготовленной на аналогичном FDM-аппарате

ют элементы оснастки, что не самым благоприятным образом сказывается на общих сроках изготовления и стоимости как самой оснастки, так и конечной продукции.

В промышленном производстве деталей и узлов различного назначения обычно применяют вспомогательные сборочные приспособления и крепежную оснастку. Это различного рода ложементы, шаблоны и калибры, служащие для поддержания требуемого качества производства и его эффективности. Их используют для ориентирования изделий в пространстве, их закрепления при сборке, они защищают изделия от повреждений и кинематически связывают компоненты и узлы будущего готового продукта на всех этапах производственного процесса.

И хотя в хорошо налаженном массовом производстве зависимость от таких вспомогательных инструментов с высокой степенью вариативности уже не так очевидна, они становятся особенно актуальными в мелкосерийном производстве. Чтобы избежать простоев производства или дефектов конечного продукта,

новые приспособления и крепежная оснастка должны быть разработаны или доработаны, а также изготовлены быстро и столь же быстро внедрены в производственный процесс.

Здесь на помощь могут прийти многочисленные технологии 3D-печати. Однако далеко не все из них

способны предоставить широкий ассортимент необходимых современному пользователю материалов с различной степенью физико-химических свойств для эффективного и надежного решения производственных задач. Технология FDM здесь вне конкуренции, так как имеет в своем арсенале целый ряд производственных, в полном смысле этого слова, пластиков с высокими характеристиками, позволяющих изделиям выдерживать интенсивную цеховую эксплуатацию, а также обладающих специфическими технологическими свойствами.

Для примера – специализированная крепежная оснастка для сборки элементов жесткого диска (см. рис. 3). Примечательным и уникальным ее свойством является материал, из которого она изготовлена, – это антистатический пластик ABS-ESD7, применяемый в ряде промышленных установок Fortus компании Stratasys.

Приведем еще один показательный пример. Компания Ogeck MFG (США) успешно выпускает и продает вакуумные пылесосы с такими «продвинутыми» функциями, как гипоаллергенный уровень фильтрации выпускаемого воздуха, регулируемый двухскоростной двигатель, усиленная звукоизоляция. К качеству сборки таких высокотехнологичных пылесосов предъявляются повышенные требования. Кроме того, компания старается часто обновлять модельный ряд своей продукции. Вот поче-

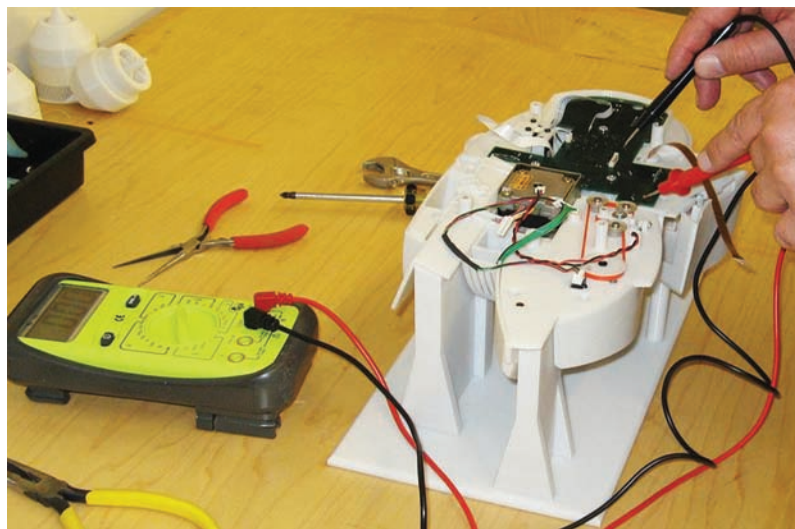


Рис. 2. Организация рабочего места «электронщика» с помощью оснастки, напечатанной по технологии FDM

му сборка пылесосов осуществляется с использованием большого числа специальных, также часто обновляемых ложементов. В сборочном цехе компании для каждой серии пылесосов используют от 40 до 50 приспособлений для быстрой и безошибочной ориентации верхней крышки вакуумной камеры в единственно правильном положении. После размещения двигателя, корпуса вентилятора и других компонентов в верхней крышке нижняя крышка также с помощью оснастки FDM крепится на свое место.

Каждый такой ложемент состоит из основания и четырех выступающих опор. Помимо обеспечения четкого взаимного расположения частей, этот ложемент также позиционирует в себе всю сборочную единицу с допуском всего 0,0762 мм!

Традиционно для технологий аддитивного производства присутствует бесшовная цифровая интеграция с любой современной САПР, что успешно используется инженерами Ogeck. По утверждению специалистов компании, спроектировать крепежную оснастку достаточно просто. Имея готовую математическую модель для стандартного фиксирующего ложемента, для каждого нового изделия в виртуальное пространство САПР добавляется лишь 3D-модель базируемой



Рис. 3. Для сборки жесткого диска используется ложемент, напечатанный по технологии FDM из электростатически нейтрального материала ABS-ESD7

ТЕХНОЛОГИЯ FDM ИМЕЕТ В СВОЕМ АРСЕНАЛЕ ЦЕЛЫЙ РЯД ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПЛАСТИКОВ, ПОЗВОЛЯЮЩИХ ИЗДЕЛИЯМ ВЫДЕРЖИВАТЬ ИНТЕНСИВНУЮ ЦЕХОВУЮ ЭКСПЛУАТАЦИЮ, А ТАКЖЕ ОБЛАДАЮЩИХ СПЕЦИФИЧЕСКИМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

верхней крышки. Затем определяются места опор, задается их точный контур в соответствии с формой крышки. Вся работа по проектированию занимает около полутора часов.

В прошлом в компании использовали только традиционные методы производства сборочной оснастки: силиконовые или эпоксидные и полиуретановые формованные отливки со вставками. После того, как несколько лет назад Ogeck приобрел две большие производственные системы Fortus от компании Stratasys, у него появилась возможность прямого цифрового производства сборочной оснастки при каждой смене технологической цепочки.

По оценкам компании Ogeck, использование прямого цифрового производства при изготовлении сборочной оснастки сокращает их затраты на 65 процентов. В некоторых проектах использование традиционных методов разработки и изготовления оснастки может стоить компании более 100 000 долларов. Именно поэтому в подобных случаях переход на аддитивные технологии дает столь существенную общую экономию. В таких проектах установки послынного синтеза могут окупиться всего за несколько месяцев использования.

Неоспоримым преимуществом аддитивных технологий в компании

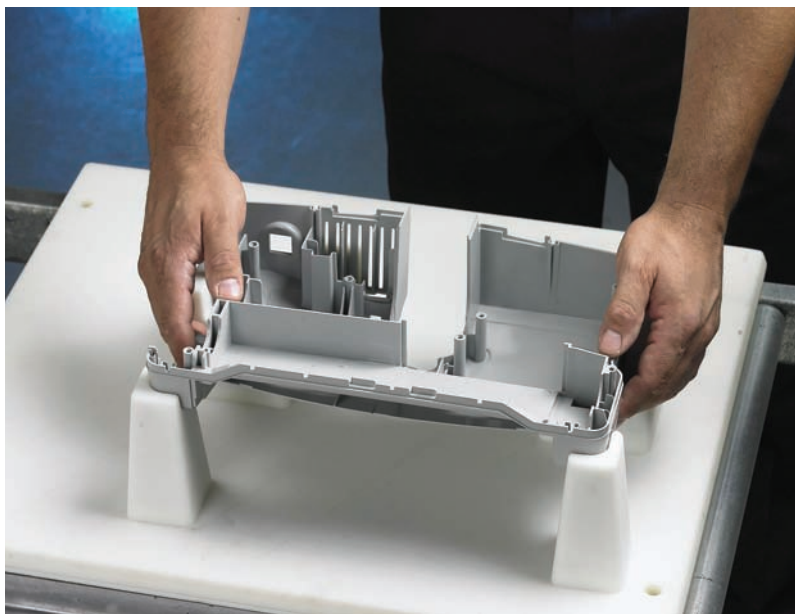


Рис. 4. Напечатанный по технологии из FDM из стандартного модельного материала ABS-M30 ложемент на одном из этапов сборки вакуумного блока пылесоса

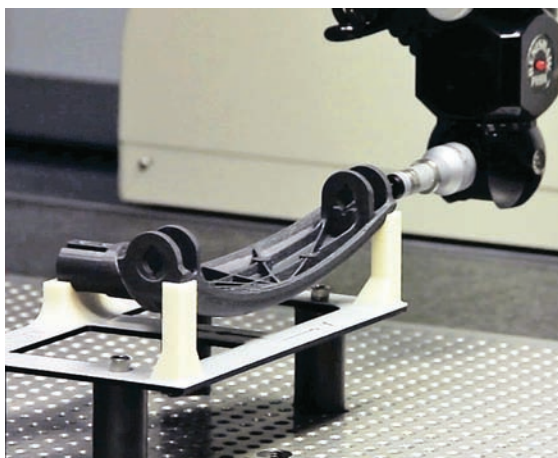


Рис. 5. Напечатанный по технологии FDM ложемент из ABS-M30 используется как фиксирующая опора для выполнения измерений на контрольно-измерительной машине

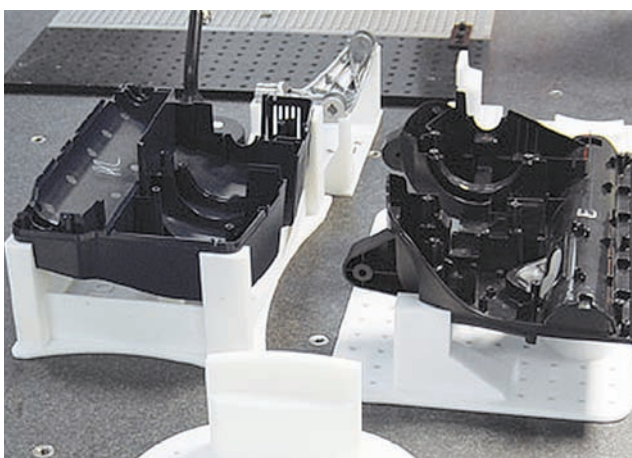


Рис. 6. Обе части вакуумной камеры пылесоса, размещенные в сборочных ложементах оснастки, готовы для проведения монтажных операций

Огекс также считают возможность их применения при осуществлении быстрого ремонта вышедших из строя приспособлений. На производстве жизненно необходимо поддерживать наличие и качество оснастки, особенно при ее интенсивной эксплуатации. Если по какой-то причине

компонент приспособления выйдет из строя в ходе эксплуатации, его можно быстро и легко заменить, применив средства прямого цифрового производства.

Помимо создания оснастки, производитель пылесосов использует технологию FDM для прототипиро-

вания новой продукции, а также моделирования изделия для маркетинговых и рекламных целей.

Таким образом, аддитивное производство по методологии FDM в компании Огекс задействуется по непрерывному графику «24/7» и в самом широком диапазоне: для изготовления специализированных инструментов сборки, ложементов для координатно-измерительных машин, инженерных тестов, полно-размерных макетов новых изделий. Причем геометрия всего производимого ограничена только творческим воображением конструкторов и технологов.

Аддитивное производство уже стало своеобразным стандартом в разработке современных товаров. На заводе BMW AG (Германия) технология FDM является важным элементом создания конструкции каждого транспортного средства, выпускаемого компанией.

Подразделение завода по разработке оснастки и приспособлений использует производственные системы Fortus для изготовления ручной оснастки для сборки автомобильных аксессуаров и их последующего тестирования. В компании пришли к выводу, что оборудование FDM может быть хорошей альтернативой обычным металлорежущим станкам, например, фрезерным, токарным и электроэрозионным. Их опыт показывает, что получаемые при этом финансовые преимущества включают снижение стоимости под-



Рис. 7. Напечатанный из ABS-M30 по технологии FDM ложемент используется как базировочная оправка для крепления эмблемы на крышку багажника автомобиля BMW



Рис. 8. Ручная базирующая оправка в работе



Рис. 9. Инструментальный «органайзер», изготовленный с использованием технологии FDM

готовки технической документации, складирования и производства.

Инженеры компании утверждают, что для производства ручной оснастки, используемой на конвейерной сборке, технология FDM предлагает значительные преимущества за счет возможности использования любого, лишённого ограничений традиционных технологий, дизайна приспособлений.

Теперь завод на регулярной основе использует оборудование FDM для изготовления удобной монтажной оснастки, что положительным образом сказывается на повышении производительности труда работников, их комфорта, легкости в использовании и повторяемости технологических процессов. Например, для одного вида своей оснастки в компании удалось снизить ее вес на 1,3 кг (или 72%), применив при этом внутри изделия функцию частичного заполнения материалом. Возможно, кому-то такое сни-

НА ПРОИЗВОДСТВЕ ЖИЗНЕННО НЕОБХОДИМО ПОДДЕРЖИВАТЬ НАЛИЧИЕ И КАЧЕСТВО ОСНАСТКИ, ОСОБЕННО ПРИ ЕЕ ИНТЕНСИВНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ. ЕСЛИ ПО КАКОЙ-ТО ПРИЧИНЕ КОМПОНЕНТ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ВЫЙДЕТ ИЗ СТРОЯ В ХОДЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ЕГО МОЖНО БЫСТРО И ЛЕГКО ЗАМЕНИТЬ, ПРИМЕНИВ СРЕДСТВА ПРЯМОГО ЦИФРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

жение веса покажется не столь значительным для относительно небольших партий изделий, к которым относится оснастка. Однако напомним, что работник использует свой инструмент сотни раз за смену, и столь ощутимое снижение веса инструмента, несомненно, будет прямо влиять на производи-

тельность и качество труда работника. Кроме того, облегченная и эргономичная конструкция подобных приспособлений позволяет полностью исключить повреждения при перемещении оснастки и деталей, а также упростить и ускорить традиционные производственные процессы.



Рис. 10. Вариант организации рабочего места, для которого также применили технологию FDM

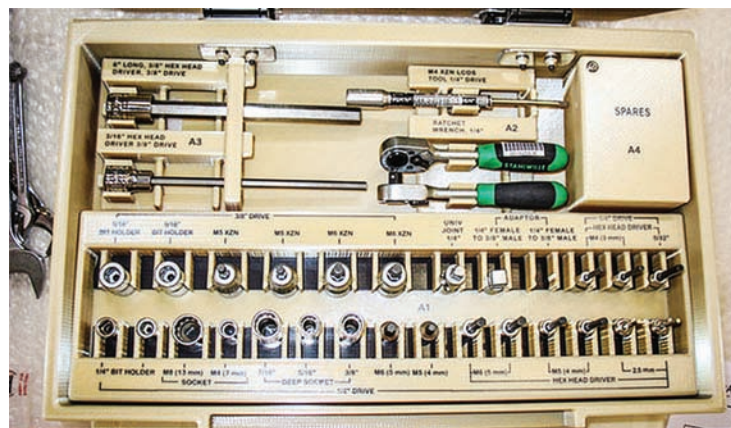


Рис. 11. Органайзеру, изготовленному из материала ULTEM 9085 по технологии FDM, не страшны никакие производственные нагрузки и внешние условия



Рис. 12. Так выглядит захват для манипулятора, напечатанный по технологии FDM из материала ULTEM 9085. Захват выполнен с внутренними вакуумными каналами



Рис. 13. Готовое вакуумное приспособление для роботизированного манипулятора и перемещаемая им деталь

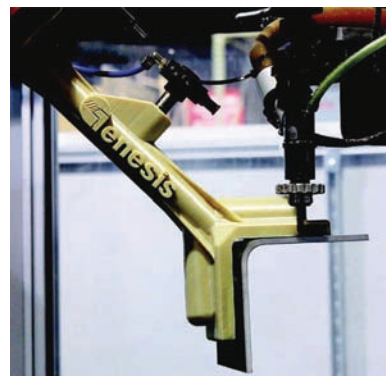


Рис. 14. Это же приспособление в работе

УНИКАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОЧЕГО МЕСТА

В производстве для организации рабочего места приходится решать такие задачи, как:

- оснащение средствами и предметами труда в соответствии с заданными технологическими процессами;
- рациональная планировка рабочего места;
- обеспечение безопасности работы и условий труда.

Чтобы определить, насколько рационально организовано рабочее место, проводят его эргономическую оценку. Каждое рабочее место рассматривают как систему, включающую человека и машину (производственное оборудование). Этот комплекс мероприятий призван обеспечить на рабочем месте необходимые условия для высокопроизводительного и безопасного труда работников, выпуска продукции требуемого качества, наиболее пол-

С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ FDM ВОЗМОЖНОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОЧЕГО МЕСТА ВЫХОДЯТ НА ПРИНЦИПИАЛЬНО НОВЫЙ УРОВЕНЬ, ПОЗВОЛЯЯ КАЧЕСТВЕННО И ОПЕРАТИВНО РЕШАТЬ ЭТУ ЗАДАЧУ

ное использование возможностей оборудования, а кроме того, что не менее важно сегодня, – повышение содержательности и привлекательности ручного труда. С использованием технологии FDM возможности оптимизации рабочего места выходят на принципиально новый уровень, позволяя качественно и оперативно решать эту задачу, не взирая на многообразие используемых в повседневной работе инструментов, что демонстрируется на рисунках 9 и 10.

Так как назначение инструментальных боксов, или «органайзеров», может быть весьма разнообразным,

это следует учитывать при их проектировании и изготовлении. Органайзер может быть рассчитан как на хранение, например, только монтажного инструмента или слесарных принадлежностей, или быть универсальным, совмещающим в своей конструкции отделения, предназначенные для различных инструментов и видов монтажной оснастки: шуруповерта, дрели, «болгарки», хомутов, сверл, стяжек, саморезов и прочего. Выбор из широкого ряда материалов для FDM-печати дает возможность их максимально технологически и экономически целесообразного применения под требуемую задачу.

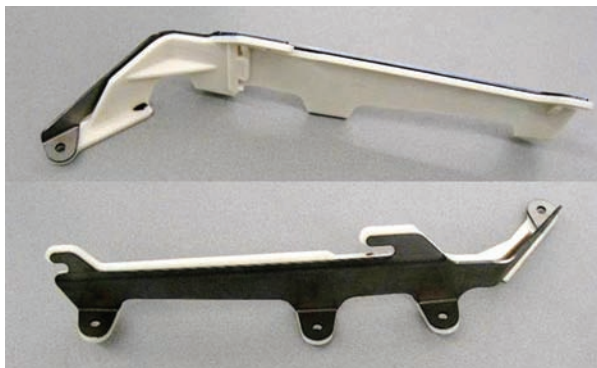


Рис. 15. Шаблон из ABS для контроля геометрической формы металлического изделия

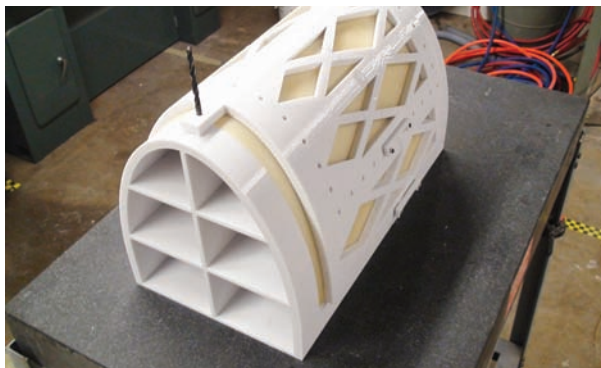


Рис. 16. Шаблон для контроля оболочковой формы, изготовленный по технологии FDM

На рисунке 11 представлен органайзер из высокоэксплуатационного материала ULTEM 9085. Детали из этого материала устойчивы к ударам, падениям, знакопеременным нагрузкам, являются в высокой степени пожаробезопасными, имеют малый вес, что делает ULTEM 9085 идеальным выбором для изготовления переносных инструментальных боксов с практически «вечным» периодом эксплуатации.

УНИКАЛЬНАЯ ОСНАСТКА ДЛЯ РОБОТОВ

Роботизированные манипуляторы выполняют различные производственные задачи с не доступной человеку скоростью, точностью и надежностью, начиная от окраски, погружно-разгрузочных операций, заканчивая прецизионными перемещениями при высокоточной сборке. Однако сами по себе роботизированные манипуляторы бесполезны, если не оснащены специализированными захватами.

По сравнению с произведенными станочной обработкой компонентами захватов для манипуляторов из металла, легкие, но прочные детали, полученные по технологии FDM, значительно экономят время на изготовление и многократно снижают затраты на производство. Оснастка, полученная из термопластиков, работает зачастую лучше и, в силу своей меньшей массы, существенно снижает эксплуатационную нагрузку на оборудование.

Модульная система захватов является превосходящей по экономическим и эксплуатационным характеристикам альтернативой захватов только одного назначения. Собранные из комплекта взаимозаменяемых компонентов, модульные приспособления легко перенастраиваются для выполнения широкого ряда задач. Пример, приведенный на рисунках 12 – 14, иллюстрирует подобный подход, реализованной компанией Genesis Systems Group (США). С использованием технологии FDM за одну операцию был построен специализированный захват с недоступными при изготовлении по традиционным технологиям вакуумными каналами в теле самого захвата. Это позволило исключить из конструкции навесные



Рис. 17. Набор специальных приспособлений, напечатанный на установке FDM, предназначен для сборки электрических разъемов различной конфигурации

вакуумные трубки и фитинги для них, а в результате снизить габариты захвата, вес, повысить эргономичность, эффективность и надежность его как рабочего инструмента, исключить потери вакуума на стыках элементов.

УНИКАЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ

Контрольные приспособления – это специальные производственные средства измерений, представляющие собой конструктивное сочетание базисных, зажимных, передающих и измерительных устройств. Благодаря комплексу этих основных элементов контрольное приспособление обеспечивает объективность, точность и производительность контроля. На многих современных производствах широко используют технологию FDM для быстрого создания единичных или немногочисленных приспособлений для контроля (см. рис. 15 – 17). Для этих целей зачастую обходятся использованием стандартных и реже инженерных термопластиков, таких как ABS, ASA (для использования на открытом воздухе), поликарбонат.

На самом деле примеров использования технологии FDM для производства уникальной технологической оснастки и приспособлений бесчисленное множество.

Отдельная тема – промышленное применение технологии FDM в ремонтном производстве, в коммерческом производстве инструментов и

деталей путем прямого производства запасных частей, в том числе для эксплуатационного сопровождения изделий по первому запросу. Об этом направлении применения технологий FDM мы расскажем в одном из следующих номеров журнала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отставание в технологическом развитии неизбежно ограничивает творческий потенциал ученых и разработчиков, вынуждая их применять лишь те технические решения, которыми они располагают, а не те, которые требуются для достижения целей. И наоборот, обладание современными технологиями дает им в руки мощные инструменты для реализации новых идей. Технологии позволяют применять новые высокоэффективные материалы, новые методы управления и таким образом обуславливают новое функциональное и интеллектуальное содержание продукта. Поэтому технологии непосредственно являются главным объектом инновационной деятельности. Именно технологии определяют экономический статус страны, ее стратегические позиции в мире.

Аддитивные технологии имеют огромный потенциал в деле снижения энергетических затрат на создание самых разнообразных видов продукции. И наконец, степень их использования в производстве продукции является верным индикатором реальной индустриальной мощи государства, индикатором его инновационного развития. ■