

Конкурсная работа авторского коллектива акционерного общества «Центральное конструкторское бюро автоматики»

«Разработка конструкции и технологии изготовления формы для выклейки корпуса узла аккумуляторного блока прибора проверки станции предупреждения об облучении» в номинации «За создание новой технологии»

1. Цель работы. Целью данной работы являлась разработка конструкции и технологии изготовления формы для выклейки корпуса узла аккумуляторного блока (АКБ) прибора проверки станции предупреждения об облучении (СПО) методом послойного синтеза по FDM-технологии.

2. Описание работы.

Одной из важных задач разработки прибора являлось обеспечение заданной массы конструкции. По результатам проведенного расчета прочности конструкции прибора проверки СПО облегчение массы возможно при использовании стеклопластика, который обладает высокой прочностью.

В настоящее время в АО «ЦКБА» изготовление деталей из стеклопластиков предусматривает обязательное использование форм для выклейки – деревянных либо металлических. Стоимость изготовления данных форм варьируется в широком диапазоне и достигает нескольких сот тысяч рублей в зависимости от сложности конструкции и особенностей изготовления. При этом срок изготовления таких форм может составлять от 2-х до 5-ти месяцев.

Альтернативой традиционному методу изготовления форм являются аддитивные технологии, которые приобретают всё большую популярность, так как позволяют сократить время и затраты на изготовление деталей, необходимых в единичных количествах или малых партиях.

Аддитивные технологии (от англ. Additive Fabrication) – технологии, которые предполагают изготовление изделия по данным CAD-модели методом послойного добавления материала. Прототип строится в соответствии с компьютерной 3D- моделью послойным наращиванием тела изделия при точном объемном (3D) воспроизведении формы. Прототип можно использовать для визуализации и анализа конструкции, для выполнения доработки и проведения различных функциональных тестов.

Наиболее распространенной технологией для быстрого изготовления моделей является FDM (Fused Deposition Modeling) – технология. Изделия создаются путем послойного наплавления филамента – расходного материала, представляющего собой пластмассовую (термопластичную) нить сечением 1,75 или 3 мм. Нанесение материала или связующего состава происходит с помощью струйных головок, внутри которых находится нагревательный элемент. Нить нагревается, переходит в вязкотекучее состояние и наносится на матрицу формируемого трехмерного объекта в

ходе построчного сканирования экструдером. При температуре окружающей среды полимерный материал быстро затвердевает.

Преимущества данной технологии состоят в высокой производительности процесса, скорости и простоте изготовления моделей доступности, безопасности, точности построения, простоте использования и обслуживания, прочности изготавливаемых деталей.

Одним из приоритетных направлений развития технологий АО «ЦКБА» является внедрение энергоэффективных, ресурсосберегающих и инновационных технологий, к которым и относятся аддитивные технологии.

Для определения возможности применения аддитивных технологий при изготовлении формы для выклейки стеклопластиковых деталей был поставлен ряд задач:

- 1) проектирование формы для выклейки заготовки из стеклопластика методом контактного формования;
- 2) отработка технологических режимов изготовления деталей формы на 3D-принтере;
- 3) разработка технологической инструкции изготовления деталей (оснастки) методом послойного синтеза по FDM – технологии;
- 4) изготовление деталей формы для выклейки на 3D-принтере;
- 5) испытание формы – выклейка и полимеризация заготовки корпуса из стеклопластика, обрезка, зачистка, контроль заготовки из стеклопластика на соответствие техническим требованиям конструкторской документации (КД);
- 6) окрашивание корпуса узла АКБ, сборка, проведение типовых испытаний.

Для нашего предприятия технология послойного синтеза является достаточно новой, поэтому сначала был проведен обзор периодической и научно-технической литературы, проанализированы опыт других предприятий и информация из сети интернет. Были выбраны материалы, определены технологические параметры печати деталей формы на 3D-принтере. В качестве расходных материалов для принтера использовались термопластичные полимеры, для которых характерны высокие прочностные и деформационные характеристики, ударостойкость, низкая плотность, устойчивость к различным видам химических воздействий.

Полимерные материалы, из которых изготавливались детали формы для выклейки, представляли собой нить (филамент) диаметром $(1,75 \pm 0,05)$ мм, намотанную на катушку. Катушка с материалом устанавливалась в держатель. Для калибровки платформы печатающий узел принтера помещался последовательно в центр стола и по его углам (расстояние между поверхностью стекла и сопла должно быть сравнимо с толщиной бумажного листа). Зона печати (стекло) предварительно обезжиривалась, затем на неё наносился клеевой состав. Стекло закреплялось на платформе прижимными устройствами по периметру области печати. Для управляющей программы 3D-принтера выбирались такие параметры печати, как высота слоя,

температура печати, температура стола, плотность заполнения, скорость печати и др.

Форма для выклейки заготовки проектировалась в программе КОМПАС – 3D и состояла из матрицы, пуансона, съемника и двух колонок. 3D-модели деталей формы проектировались с учетом допусков на размеры, а также на усадку материалов (см. рис.1).

Пуансон, матрицу и колонки изготовили из ABS-пластика (акрилонитрилбутадиенстирол), который устойчив к расслоению при постоянных продольных нагрузках. Преимуществом применения этого материала является также возможность подрастворять детали формы ацетоном как для полировки и выполнения повышенных требований к качеству поверхности формы, так и для облегчения разъема формы и извлечения заготовки. Усиление поперечного сечения матрицы было обеспечено ребрами жесткости, что позволило уменьшить вероятность расслоения и избежать деформации.

Съемник изготовили из PLA (полилактида), обладающего высокой твердостью, что позволило минимизировать повреждения при разборке формы, поскольку съемник испытывает максимальное давление. Установка колонок позволила исключить смещение матрицы относительно пуансона. Фиксация формы в сомкнутом положении осуществлялась установкой груза на матрицу или стяжкой шести винтов.

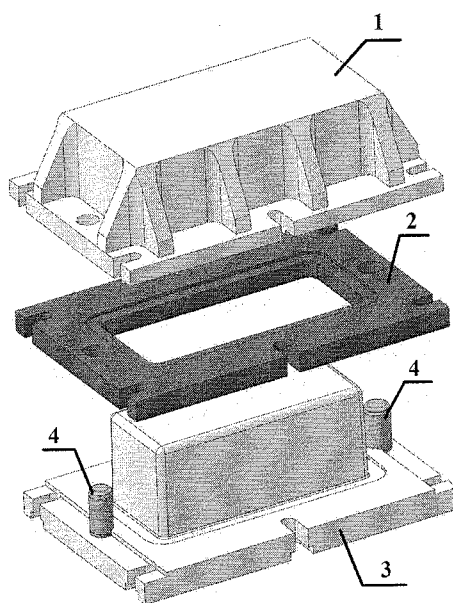


Рис.1. Форма для выклейки

1 - матрица; 2 - съемник; 3 - пуансон; 4 - колонки

Экспериментально был определен оптимальный состав клеящей основы для подготовки рабочей зоны 3D – принтера. Для этого были изготовлены клеящие составы с различным содержанием ацетона : пластика ABS:

- 15:1 (состав I),
- 5:1 (состав II),

- 3:1 (состав III).

Приготовленные составы наносились на обезжиренную стеклянную подложку. После сушки составов проводились испытания на адгезию клеящей основы к поверхности подложки.

В результате проведения экспериментальных работ установлено, что оптимальный состав клеящей основы для рабочей зоны 3D – принтера составляет - ацетон : ABS-пластик - 5:1 масс.ч.

Изготовление деталей формы для выклейки (матрица, пуансон, съемник, две колонки) производилось на 3D-принтере по отработанным параметрам печати, представленным в табл. 1. Общее время изготовления всех деталей формы составило около 20 часов. Напечатанные детали имели отклонения от размера в пределах допуска.

Испытание формы производилось в соответствии с установленными нормативными документами предприятия.

Методом контактного формования была изготовлена заготовка из стеклопластика с применением связующего на основе смолы ЭД-20, затем производились обрезка и зачистка заготовки. Полученная деталь соответствовала КД и техническим требованиям – однородная, без воздушных включений, геометрия детали соблюдена.

Стоимость изготовления формы с применением FDM-технологии составила 3000 руб. (в том числе стоимость материала 500 руб.), что в 50 раз дешевле по сравнению с традиционными материалами и технологиями. Срок изготовления - 20 часов (2,5 рабочих дня). Таким образом, применение FDM-технологии позволило сократить процесс изготовления формы в 30 раз и сэкономить порядка 150000 руб.

3. Достигнутые результаты. По результатам выполненной работы в производство была внедрена технологическая инструкция изготовления изделий методом послойного синтеза по FDM-технологии.

ТАБЛИЦА 1

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ПЕЧАТИ ДЕТАЛЕЙ ФОРМЫ ДЛЯ
ВЫКЛЕЙКИ ЗАГОТОВОК ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКА

Наименование детали	Параметры печати
Матрица	- температура печати, °С 230 - скорость печати, мм/с 80 - температура стола, °С 95 - плотность заполнения, % 20 - время печати, час. мин 10.28
Пуансон	- температура печати, °С 230 - скорость печати, мм/с 80 - температура стола, °С 95 - плотность заполнения, % 20 - время печати, час. мин 6

Колонки	- температура печати, °С 230 - скорость печати, мм/с 60 - температура стола, °С 95 - плотность заполнения, % 70 - время печати, час. Мин 1
Съемник	- температура печати, °С 210 - скорость печати, мм/с 80 - температура стола, °С 55 - плотность заполнения, % 20 - время печати, час. мин 3.15

После окрашивания корпуса узла АКБ и сборки были проведены типовые испытания с положительным результатом.

4. Заключение. Результаты проведенных работ показали, что:

- использование аддитивных технологий для изготовления форм для выклейки стеклопластиковых деталей не только возможно, но и позволяет получать детали из стеклопластиков требуемой формы и размеров, а также в более кратчайшие сроки по сравнению с формами из традиционных материалов;

- технология прототипирования форм для выклейки позволяет изготовить их за одну операцию;

- метод послойного синтеза по FDM-технологии универсален, так как могут быть использованы разные пластики, в зависимости от необходимых свойств (ABS, PLA, PET, Nylon и др);

- технология прототипирования технологической оснастки позволяет значительно сократить затраты на производство деталей, необходимых в единичных количествах, например, при проведении опытных и научно-исследовательских работ.