

УДК 621.98.043

### **3D печать штамповой оснастки для прессования изделий из полимерных материалов**

Студент гр. 10402119 Биленко Ю.Э.  
Научный руководитель – Зеленин В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

3D печать позволяет избежать ошибок и снизить сроки создания оснастки. Также, благодаря исключению необходимости участия большого количества людей и дорогостоящего оборудования для обработки, сокращаются затраты на создание оснастки. При использовании полимерных материалов можно добиться требуемых свойств оснастки, таких как быстрое охлаждение в процессе штамповки. А благодаря возможности задавать внутреннюю структуру изделия, мы имеем возможность уменьшить массу оснастки, путём сокращения используемого материала у добавления рёбер жёсткости. Так же благодаря использованию 3D печати, мы можем получать сложные формы оснастки, не боясь, что, рабочие не смогут выполнить такие изгибы и отверстия. В кратчайшие сроки создавать как сложные, так и простые детали как показано на рисунке 1.

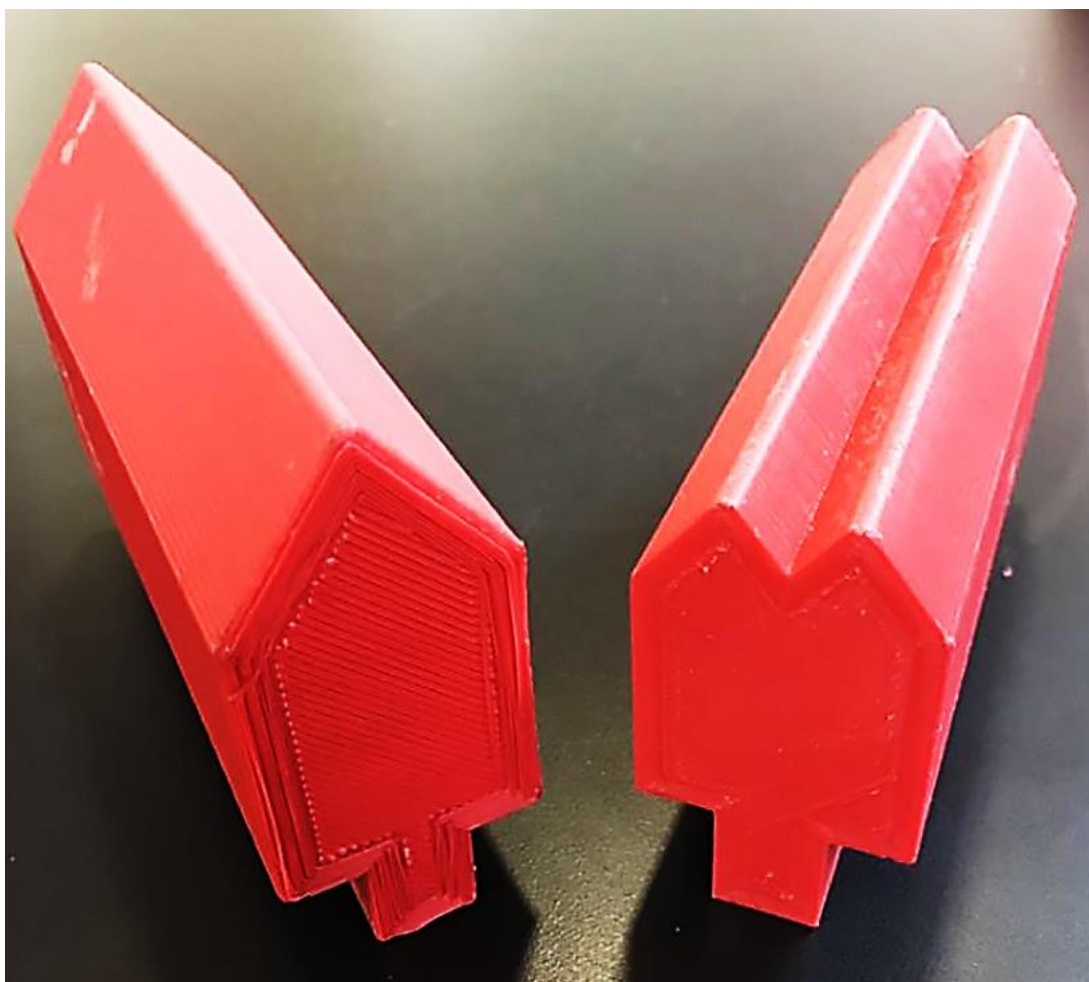


Рисунок 1 – Пример оснастки, напечатанной при помощи 3D технологии

Благодаря исключению человека из процесса создания оснастки, точность итогового изделия увеличивается, и снижаются погрешности изготовления, но усложняется организация процесса. Для организации этого процесса используется ЧПУ (числовое программное управление) или же автоматизация за счёт замещения человека роботом. Машина не совершает ошибок, однако встаёт вопрос, каким именно способом это реализуется. Есть несколько вариантов.

Первый, шарнирные роботы. В работе они напоминают движение человеческой руки, они состоят из вращательных кинематических пар и имеют от 4 до 6 управляемых осей. Такая конструкция позволяет шарнирным роботам выполнять пространственные перемещения со сложной траекторией. Примерами задач, с которыми справятся шарнирные роботы, являются: контурная сварка или фрезеровка, а также окрашивание сложных поверхностей, таких как, например, автомобильный кузов. Однако с точностью у этого робота имеются некоторые проблемы, поэтому этот робот для печати оснастки не подходит.

Второй, дельта-роботы – это один из видов параллельных роботов, отличительной особенностью которых является треугольная платформа с тремя шарнирными рычагами. Именно из-за треугольной платформы робот получил свое название, так как визуально она похожа на букву греческого алфавита «Δ – дельта». Особенностью является использование параллелограммов в конструкции манипулятора, что позволяет сохранять пространственную ориентацию исполнительного устройства робота. Основным преимуществом дельта-роботов является их высочайшая скорость перемещения за счет минимальной инерции. Однако из-за сложной конструкции и алгоритма задания направления движения головки на программном уровне эти роботы также не оптимальны.

Третий, декартовы роботы имеют, как правило, три линейные оси управления. Каждая из этих осей находится под прямым углом к двум другим. Если одно из звеньев, которое совершает горизонтальное перемещение, имеет поддержку на обоих концах звена, то такой декартов робот называется порталным. Так как декартовы роботы имеют только линейные перемещения, то разработчикам достаточно просто написать программу для перемещения манипуляторов в любую точку пространства, используя несложные тригонометрические функции, именно эти роботы чаще всего и используются.

Итак, после выбора ЧПУ, следующим этапом является решение проблемы поставки полимера в головку экструдера. Обычно в таких принтерах используются трубки, по которым и поступает материал из катушки, специальным образом, нарезанным для подачи через эти трубки. Так как мы собираемся использовать пластики PEEK, ULTEM, ULTEM-CF, то вполне можем использовать обычные силиконовые трубки.

#### *Виды промышленных пластиков*

PEEK, ULTEM, ULTEM-CF – наиболее распространенные инженерные пластики для формовки, обладают высокой тугоплавкостью. Для печати пластиком ULTEM требуется хороший подогрев камеры построения и стола. Исходя из этого нам понадобится головка принтера и стол, способные разогреться минимум до 300 °C.

PEEK (Полиэфирэфиркетон) - представляет собой бесцветный органический термопластичный полимер из семейства полиарилэфиркетонов (PAEK), полимер был впервые разработан в ноябре 1978 года, позже был представлен на рынке компанией Victrex PLC, а затем Imperial Chemical Industries (ICI) в начале 1980-х годов.

ULTEM – это семейство продуктов PEI, разработанных Джозефом Г. Виртом из General Electric в начале 1980-х годов. Смолы ULTEM используются в медицинских химических и технических приборах благодаря их термостойкости, стойкости к растворителям и огнестойкости. ULTEM 1000 (стандартный полиэфиримид без наполнителя) обладает высокой диэлектрической прочностью, собственной огнестойкостью и чрезвычайно низким дымообразованием. ULTEM обладает высокими механическими свойствами и работает при непрерывном использовании до 340 °F (170 °C), легко обрабатывается и изготавливается с

превосходной прочностью и жесткостью. Полиэфиримид (PEI) представляет собой аморфный термопласт от янтарного до прозрачного с характеристиками, аналогичными родственному пластику PEEK. По сравнению с PEEK, PEI дешевле, но у него ниже ударная вязкость и рабочая температура.