

## Особенности проектирования системы охлаждения FDM-принтера

Студент гр.10404121 Крыжевич И.С.

Научный руководитель - Дикун А.О.

Белорусский национальный технический университет  
г.Минск

Аддитивные технологии — это производственные процессы, которые основаны на создании объектов путем последовательной экструзии материала послойным методом. В отличие от традиционных методов производства, где материал удаляется из исходного объекта, в аддитивных технологиях материал добавляется точно или слоями на основе цифровой 3D-модели.

Благодаря аддитивным технологиям удается сократить время, путём сокращения числа операций и количества оборудования, что позволяет так же сократить стоимость производства, улучшить качество и создавать детали с более сложными геометрическими формами. Кроме того, аддитивные технологии вносят существенный вклад в производство, позволяя использовать только необходимое количество материала и минимизировать отходы [1].

Принцип работы FFF принтера заключается в том, что филамент (обычно PLA или ABS) подается через экструдер, который нагревает и плавит материал. Затем расплавленный полимер экструдирован на платформу и кристаллизуется, образуя слой изделия. После кристаллизации каждого слоя платформа опускается на один уровень, и процесс повторяется для создания следующего слоя. Таким образом, объект создается путем наложения множества тонких слоев полимера друг на друга [2].

Однако разогретый полимер обладает высокой текучестью, что может привести к деформации модели. Также важно учитывать воздействие термического излучения, испускаемого соплом: перемещение экструдера над слоем полимера может привести к деформации слоя, что в свою очередь может привести к дефектам в печатаемой модели.

Для интенсификации процесса кристаллизации полимерного материала и обеспечения требуемой прочности соединения наплавляемого материала с нижележащим слоем предлагается использовать охлаждения зоны наплавки потоком воздуха через специальное сопло охлаждения [3].

Материал	Температура плавления	Температура стеклования
ABS	255 °C	105 °C
PLA	215 °C	65 °C
PET(G)	230 °C	75 °C

Рисунок 1 - Температурные режимы полимерных материалов.

При этом следует учитывать:

1. Тип полимера: ABS (акрилонитрилбутадиенстирол) и PETG (Полиэтилентерефталат-гликоль) обладают высокой температурой плавления и требуют менее интенсивного охлаждения. Детали из PLA (полилактида) требуют высокоинтенсивного охлаждения (Рисунок 1).

2. Геометрические размеры модели: при печати малогабаритных деталей тепловое излучение от сопла, перемещающегося на небольшой площади печати препятствует полной кристаллизации слоев полимера. Соответственно, печать объекта с малой площадью поверхности

должно происходить с охлаждением, интенсивность которого будет тем выше, чем меньше размер зоны печати (Рисунок 2).



Рисунок 2 – График зависимости интенсивности охлаждения от размера зоны печати.

Геометрическая форма печатаемого объекта. Модели с малогабаритными, ажурными элементами, а также модели, печатаемые с заполнением полимером менее 30% требуют высокоинтенсивного охлаждения. Соответственно, печать объекта должно происходить с охлаждением, интенсивность которого будет тем выше, чем меньше процент заполнения полимером (Рисунок 3).



Рисунок 3 – График зависимости интенсивности охлаждения от процента заполнения

Исходя из вышеописанного, можно сделать следующий вывод: при проектировании системы охлаждения необходимо добиться температурного баланса так, чтобы экструзия материала производилась беспрепятственно, а полимер интенсивно кристаллизовался, обеспечивая точные габаритные размеры и качественную поверхность 3D-детали.

#### Список использованных источников

1. Ким В.С. Теория и практика экструзии полимеров // Химия – 2005.
2. The 3D Printing Handbook: Technologies, design and applications" by Ben Redwood, Filemon Schöffner, Brian Garret.
3. D-печать. Моделирование и печать на 3D-принтере - Игорь Пантелеев.