

ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ 3D-ПЕЧАТИ

Янкевич С.Н.

начальник научно-исследовательского отдела ОАО «Приборостроительный завод ОПТРОН»

АННОТАЦИЯ

В последние годы трехмерная (3D) печать привлекает все больший интерес благодаря возможности быстрого прототипирования деталей и изделий за счет сокращения времени и материалоёмкости производства. Как показывает практика, большее количество пользователей 3D-принтеров заинтересованы в получении геометрической точности изделий не обращая внимание на механические свойства изделий, но в тоже время 3D-печать позволяет получить огромное разнообразие структур и плотностей заполнения деталей. Целью данного исследования является изучение влияния плотности заполнения на механические свойства изделия с целью оптимизации временных и материальных затрат при производстве продукции. Для прототипирования образцов использовалась технология моделирования методом осаждения расплавленной нити (FDM), которая является одним из наиболее часто используемых процессов аддитивного производства. В качестве материала для печати использовался полилактид (PLA). Для проведения контроля механических свойств использовался метод испытания на растяжение. Результаты показали, что механические свойства образцов при испытаниях на растяжение изменяются нелинейно при варьировании плотности заполнения.

Ключевые слова: 3D-принтер, механические свойства, PLA

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время наблюдается прогресс в развития производственных процессов. Аддитивное производство (АП), широко известное как трехмерная (3D) печать, представляет собой процесс, при

котором продукт печатается слой за слоем в декартовой системе координат. Одним из наиболее часто используемых АП-процессов является моделирование методом осаждения расплавленной нити (FDM). FDM – технология обычно используется для печати изделий со сложной геометрией, которые необходимы в медицинской, аэрокосмической и автомобильной промышленности. Большинство исследований в области 3D-печати сосредоточено на получении геометрической точности детали, в то время как исследований касающихся механических свойств конечного продукта было проведено относительно немного. Поэтому данная работа направлена на экспериментальное исследование влияния плотности заполнения детали на ее механические свойства.

1. СРЕДСТВА ИСПЫТАНИЙ

Для печати образцов использовался 3D-принтер TEVOMichelangelo. Технологические параметры: диаметр сопла 0,4 мм, скорость печати 60 мм/с, температура печатающей головки 220 °С, 2 наружных слоя твердого заполнения.

Для проведения испытаний на растяжение использовалась установка WDW – 100 Е.

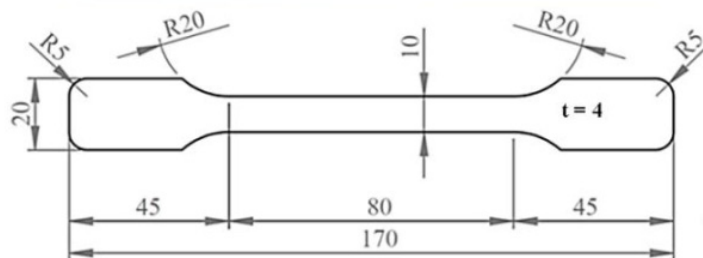


Рис. 1. Геометрические параметры образца для проведения испытаний

В качестве контрольного образца был выбран тип 1А по ГОСТ 11262-2017 (ISO 527-2:2012).

При печати была использована прямолинейная схема заполнения детали. Образцы изготавливались по 5 штук с шагом 10 %, начиная от 10 % до полного заполнения внутреннего объема детали.

Характеристики испытуемого пластика приведены в табл. 1.

Табл. 1

Характеристики
используемого PLA пластика

Температура плавления	173–178°C
Температура размягчения	50°C
Твердость (по Роквеллу)	R70–R90
Относительное удлинение при разрыве	3,8 %
Прочность на изгиб	55,3 МПа
Прочность на разрыв	57,8 МПа
Модуль упругости при растяжении	3,3 ГПа
Модуль упругости при изгибе	2,3 ГПа
Температура стеклования	60–65°C
Плотность	1,23–1,25 г/см ³
Минимальная толщина стенок	1 мм
Точность печати	± 0,1 %
Размер мельчайших деталей	0,3 мм
Усадка при изготовлении изделий	нет
Влагопоглощение	0,5–50 %

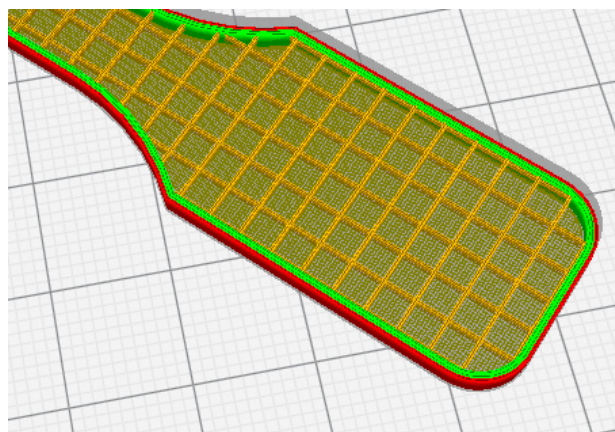


Рис. 2. Рисунок заполнения внутренней структуры образца

Создание управляющей программы 3D-принтера выполнялось в программном обеспечении CURA.

2 РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

С помощью испытательной установки WDW-100E были проведены исследования 50 образцов (по 5 образцов каждой плотности заполнения).

По итогам испытаний для каждой плотности заполнения были посчитаны средние значения, приведенные в табл. 2. Стоимость изготовления отражает только материальные затраты на приобретение сырья.

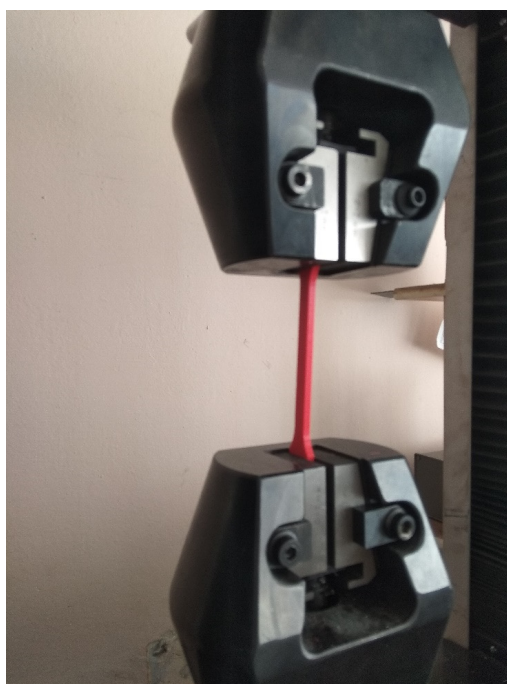


Рис. 3. Проведение испытаний образцов

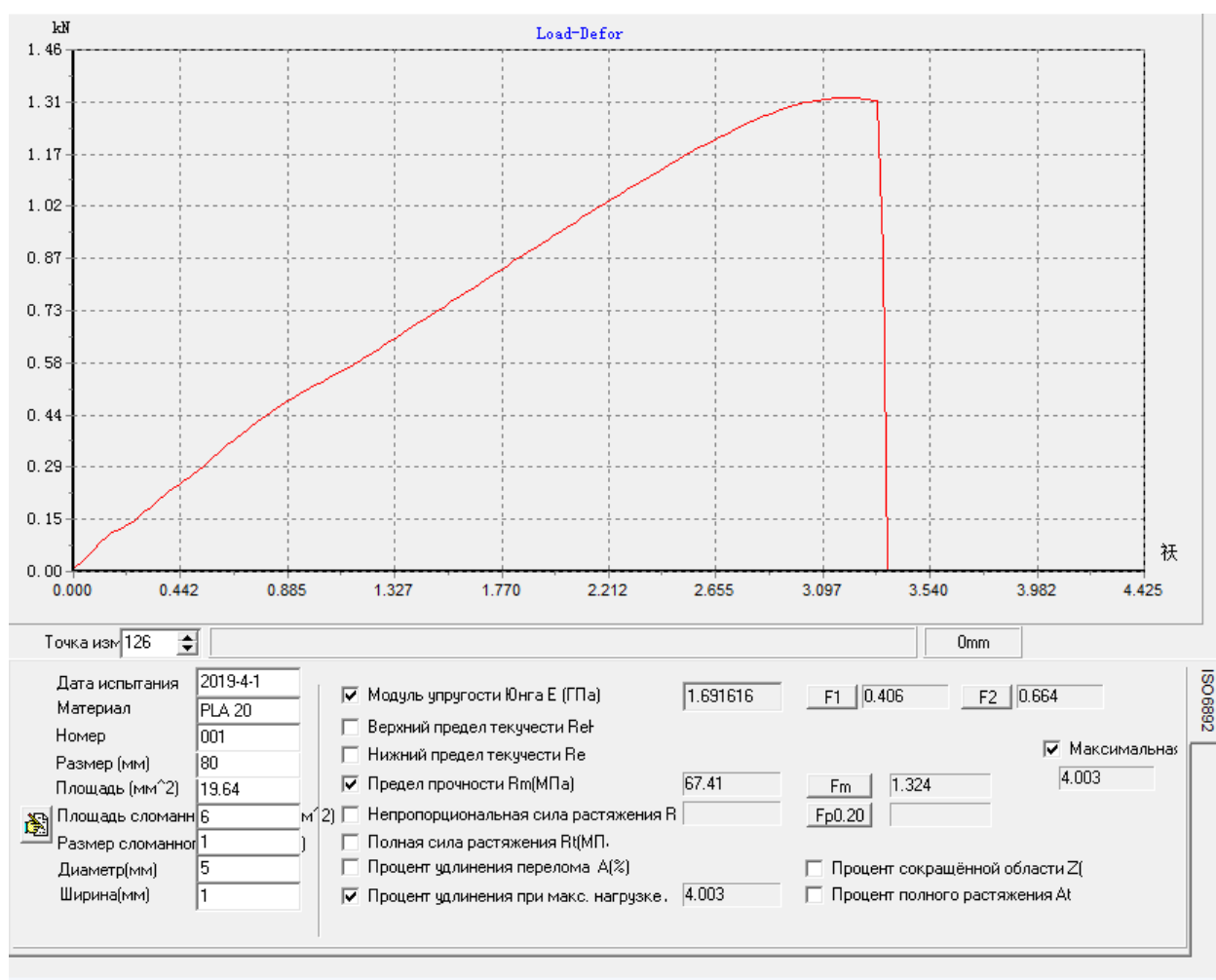


Рис. 4. Пример снятой характеристики образца (20 % заполнения)

Табл. 2

Результаты испытаний

Плотность заполнения, %	Среднее значение нагрузки, кН	Время печати, мин	Масса, гр.	Стоимость, руб.
10	1,0148	40	5	0,31
20	1,0190	44	5	0,31
30	1,0290	48	6	0,38
40	1,3310	52	7	0,44
50	1,4352	56	8	0,50
60	1,9933	60	9	0,56
70	2,0940	64	10	0,63
80	2,2320	68	11	0,69
90	2,4867	72	11	0,69
100	2,8680	76	12	0,75

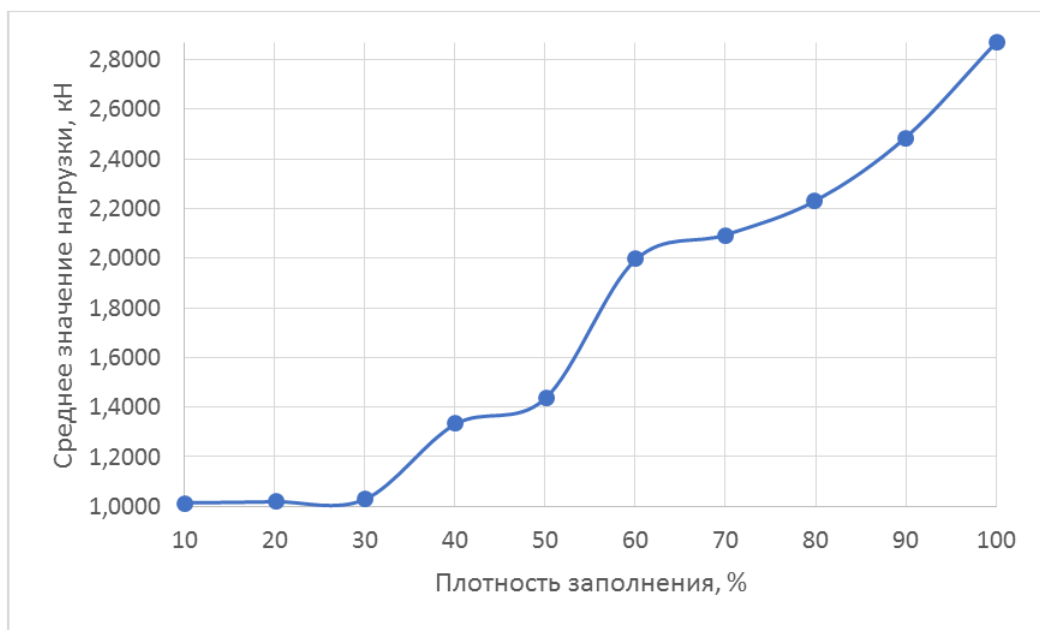


Рис. 5. Результаты испытаний

ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате анализа полученных данных можно делать выводы о нелинейности зависимости увеличения процента заполнения образца от его механических свойств при испытаниях на растяжение. Так, образцы с заполнением от 10 % до 30 % показали схожие результаты при увеличении времени и стоимости изготовления на 20 %, что показывает отсутствие целесообрано-

сти увеличения плотности заполнения выше 10 % для неответственных деталей. Тоже самое относительно образцов с заполнением 40 % и 50 %, здесь потери времени составили 7 % при увеличении стоимости на 13 %. Касаемо образцов с заполнением от 60 % до 100 % можно утверждать об целесообразности увеличения плотности для достижения лучших механических свойств.