

Исследование влияния варьирования технологических параметров при 3D-печати PLA пластиком на прочностные характеристики изделий

Магистрант Савченя А. А.
Научный руководитель - к.т.н., доцент Ермаков А.И.
Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь, г. Минск

Основными проблемами современного машиностроения является повышение надежности и долговечности деталей и узлов механизмов, наряду с постоянным снижением металлоемкости конструкций. Одним из перспективных вариантов замены, является использование в конструкциях узлов пластиков, в частности, полимолочной кислоты (PLA).

Однако, не смотря на широкое распространение 3D-печати PLA пластиком, в открытом доступе практически отсутствуют данные о механических характеристиках изготавливаемых изделий. Поэтому, исследование режимов 3D-печати PLA пластиком, влияющих на механические характеристики изделий представляет серьёзный научный интерес.

Для установления механических характеристик изделия с различными технологическими параметрами, их необходимо подвергнуть серии испытаний, среди основных – испытания на разрыв. Испытания образца необходимы для установления прочности, что является особо важным параметром при дальнейшем его использовании. Данные испытания были проведены на гидравлической разрывной машине с измерительным программным комплексом в комплекте Kason WAW-300, где образец подвергался растягивающим усилиям до разрушения. Прибор, установленный на машине, определяет масштаб растяжения в виде диаграммы.

Определение прочности образца при растяжении проводится согласно ГОСТ 11262, а определение модуля упругости – ГОСТ 9550-81. Спроектированная 3D-модель в программе SOLIDWORK и напечатанная на 3D-принтере, соответствует типу и размерам, указанным в ГОСТ.

В работе было использовано четыре типа формы заполнения: треугольный, сотовый, линия и печать на ребре. Был подобран оптимальный процент заполнения, он определяет какое количество пластика будет находиться внутри образца, выбор был остановлен на 20% [1].

Испытания на растяжение были проведены при температуре $23 \pm 2^\circ\text{C}$ в соответствии с ГОСТ 11262–80 и ГОСТ 9550–81. Перед испытаниями замерили ширину и толщину образцов в рабочей части с точностью до 0,01 мм в трех местах и вычислили площадь поперечного сечения.

Образцы были закреплены в зажимы испытательной машины по меткам, определяющим положение кромок зажимов, таким образом, чтобы продольные оси зажимов и ось образца совпадали между собой и с направлением движения подвижного зажима. Зажимы затягивались равномерно, чтобы не было проскальзывания образца в процессе испытания, но при этом не происходило его разрушение в месте закрепления. Затем образцы нагружались возрастающей нагрузкой, скорости раздвижения зажимов составила 5 мм/мин при определении прочности и относительного остаточного удлинения. В момент разрушения фиксировалось усилие. Печать образцов проводилась при постоянной температуре сопла – 215°C и нагревательного столика – 55°C [2]. Скорость печати – 60 мм/с. По результатам испытаний были получены данные, представленные в таблице 1.

При испытании на растяжение лучше всего зарекомендовало себя продольное расположение волокон (ребро), в связи с тем, что оно наиболее приближено к исходным характеристикам материала и меньшее воздействие оказывают параметры, влияющие на склеивание слоев.

Таблица 1 – Прочностные характеристики исследуемых образцов

Образец/№ Повтора		Нагрузка	Напряжение	Зона пластичности	Предел упр.	Модуль упр.	Нагрузка	Напряжение	Зона пластичности	Предел упр.
		Fm (Max Force), Кн		Fr, МПа		E, МПа	Fm (Max Force) Кн		Fr, МПа	
		Среднее значение								
Треугольник	1	1,09	27,25	0,71	17,75	0,41	1,11	27,75	0,74	18,42
	2	1,11	27,75	0,74	18,5	0,46				
	3	1,13	28,25	0,76	19	0,33				
Соты	1	1,17	29,25	0,76	19	0,47	1,15	28,67	0,73	18,25
	2	1,12	28	0,71	17,75	0,48				
	3	1,15	28,75	0,72	18	0,36				
Линия	1	1,02	25,5	0,67	16,75	0,46	1,08	26,92	0,68	16,5
	2	1,1	27,5	0,7	17,5	0,32				
	3	1,11	27,75	0,67	15,25	0,38				
Ребро	1	1,62	40,5	0,96	24	0,53	1,53	38,25	0,90	22,42
	2	1,35	33,75	0,77	19,25	0,41				
	3	1,62	40,5	0,96	24	0,53				

Тем не менее следует отметить, что результаты, приведенные в таблице 1 справедливы только для нагрузки, приложенной перпендикулярно направлению волокон, в случае же приложения нагрузки вдоль волокна прочностные характеристики значительно снижаются, то есть существует сильная корреляция характеристик между направлением нагрузки и волокна.

Полученные экспериментальные и теоретические данные могут быть использованы для углубления и корректировки существующих теоретических моделей, описывающих процессы 3D-печати.

Литература

1. Савченя, А. А., Исследование влияния формы заполнения ячеек при 3D-печати PLA пластиком на механические характеристики изделий / А. А. Савченя, А. И. Ермаков, А. В. Иванов // Материалы XIII международной научно-технической конференции «Техника и технология пищевых производств», – Могилёв: МГУП, 2020. Т. 2. – С. 35-36.

2. Савченя А. А., Исследование влияния технологических-параметров 3D-печати PLA пластиком на механические характеристики изделий / А. А. Савченя, А. И. Ермаков // Материалы 16-го Международного научно-практического семинара «Мировая экономика и бизнес-администрирование малых и средних предприятий», проводимого в рамках 18-й Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике», – Минск, 2020, – С. 231-232.