

УДК 539.383

## ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ЗАПОЛНЕНИЯ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ PLA-ПЛАСТИКА ПРИ СЖАТИИ

Л. Л. СОТНИК, О. И. НАЛИВКО

Барановичский государственный университет

Барановичи, Беларусь

Аддитивная технология с каждым годом все больше и больше проникает в различные направления промышленности, в том числе и в машиностроение. Для внедрения FDM-технологий в машиностроение необходимо четкое понимание прочностных характеристик материала после 3D-печати.

Целью исследования является определение прочностных характеристик изделий, полученных 3D-печатью, при различной степени заполнения изделий. Наблюдение за поведением образцов проводилось при сжатии элементов.

Представлены исследования с варьированием одним параметром – величина заполнения. Заполнение сильно влияет на прочность детали. Использование различных вариантов заполнения – это хорошее решение для декоративных изделий, т. к. увеличивается скорость печати и при этом уменьшается расход материала, но для нагруженных деталей в машиностроении такое решение нуждается в анализе.

Специально для испытаний напечатаны на FDM 3D-принтере образцы в форме цилиндра диаметром 25 мм и высотой 25 мм с заполнением 100 %, 75 % и 50 % (рис. 1, а, в, д), температура экструдера – 200 °С, температура стола – 60 °С, толщина слоя – 0,1 мм, скорость печати – 60 мм/с, обдув – 100 %.

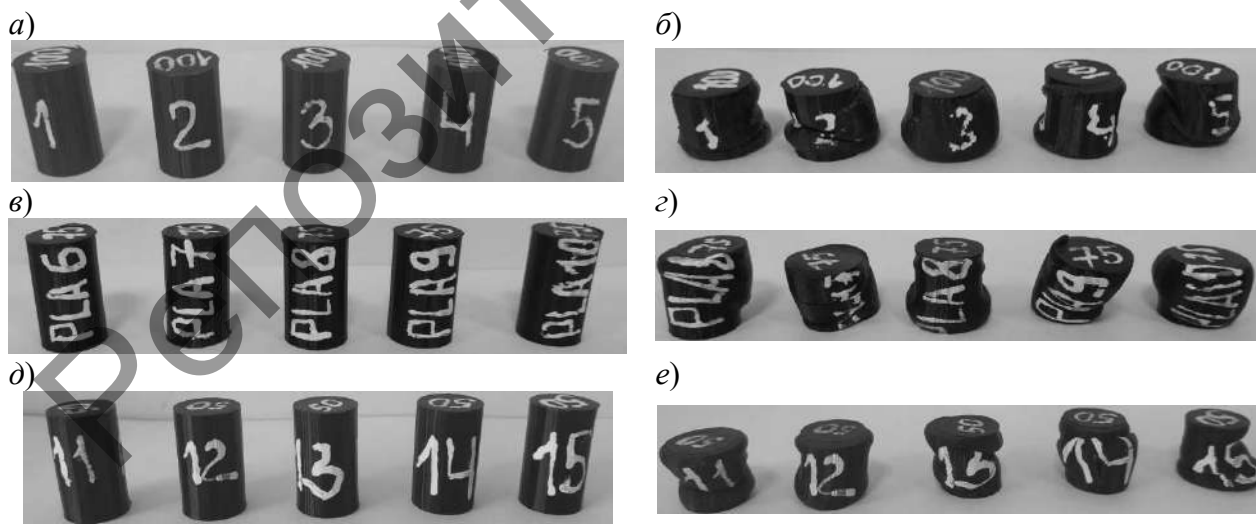


Рис. 1. Форма образцов: а – образцы до испытания, заполнение 100 %; б – образцы после испытания, заполнение 100 %; в – образцы до испытания, заполнение 75 %; г – образцы после испытания, заполнение 75 %; д – образцы до испытания, заполнение 50 %; е – образцы после испытания, заполнение 50 %

*Методика испытаний.* Для проведения испытаний на сжатие использовался универсальный пресс с пишущим механизмом. Образцы по очереди

устанавливаются на нижнюю опорную плиту пресса. Верхняя опорная плита опускается при помощи винтового механизма, затем включается насос и при помощи гидравлического усилия происходило сжатие образцов. Испытания проводились при скорости сближения опорных плит 50 мкм/с в соответствии с ГОСТ 4651–2014 и ГОСТ 28840–90 [1, 2].

На первой стадии нагружения образцы работали упруго. При достижении текучести стрелка оставалась на месте или колебалась в небольших пределах, что говорит о наступлении стадии пластических деформаций. Далее стрелка медленно двигалась вверх, испытания прекращались при сжатии образца на 50 % первоначальной длины. На рис. 1, б, г, е представлены образцы после силового нагружения, а на рис. 2 показаны диаграммы сжатия образцов (заполнение 100 %), полученные на универсальном прессе.

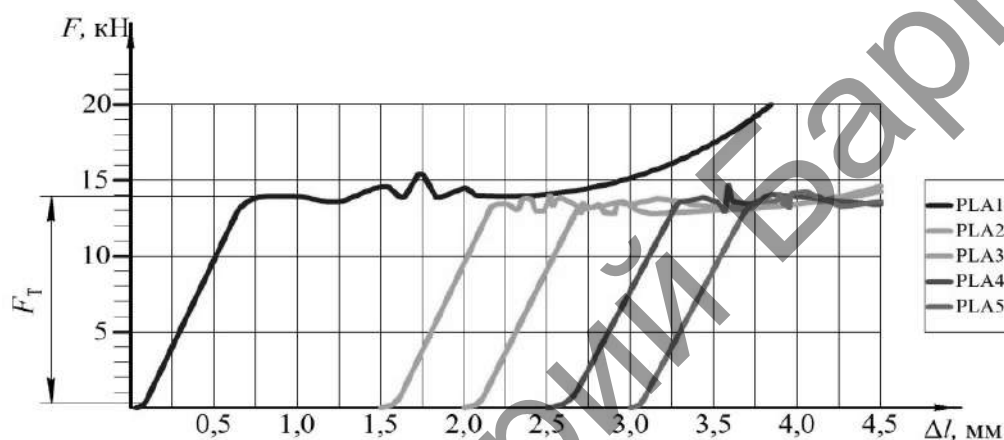


Рис. 2. Диаграммы сжатия образцов из PLA-пластика в осях  $F$ – $\Delta l$

Аналогичные диаграммы получаются при величине заполнения 75 % и 50 %.

Анализ результатов показывает, что при заполнении образца на 75 % несущая способность образца снижается, по сравнению со 100 % заполнением, на 16 %, модуль продольной упругости – на 2,4 %, напряжение текучести – на 3,8 %. При заполнении образцов на 50 % несущая способность образца снижается на 29,5 %, модуль продольной упругости – на 2,8 %, напряжение текучести – на 5,9 %.

Работа материала в пластической стадии представляет огромный резерв прочности, благодаря которому конструкция, как правило, не разрушается в прямом смысле (нарушение целостности), а теряет несущую способность из-за больших остаточных деформаций. Изменение процента заполнения элементов конструкции снижает несущую способность, но при этом в конструкции происходит перераспределение напряжений, о чем свидетельствует их изменение в небольшом диапазоне.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 4651–2014. Пластмассы. Метод испытания на сжатие.
2. ГОСТ 28840–90. Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб. Общие технические требования.