

Рисунок 2 — Зависимость среднего значения градиента температуры от угла наклона α тепловой трубы

Заключение. На основе экспериментальных данных установлено, что оптимальный угол установки тепловой трубы в составе гелиоколлектора составляет 40—45° к линии горизонта, при этом создаются наилучшие условия для теплопереноса к конденсатору и последующего нагрева теплоносителя в системе нагрева воды гелиоустановки.

Список цитируемых источников

1. Термосифоны и тепловые трубы в системах для использования низкопотенциального тепла / Л. Л. Васильев [и др.] // Вест. ГГТУ им. П. О. Сухого. — № 2. — 2019. — С. 34—40.
2. Тепловая трубка [Электронный ресурс] // Википедия. — Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Тепловая_трубка. — Дата доступа : 17.09.2022.
3. Дан, П. Д. Тепловые трубы : пер. с англ. / П. Д. Дан, Д. А. Рей. — М. : Энергия, 1979. — 272 с.

УДК 539.383

М. С. Потоцкий, Л. Л. Сотник

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ, ИСПЫТЫВАЮЩИХ СЖАТИЕ, ПРИ ПОМОЩИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Введение. Аддитивные технологии — это послойное наращивание и синтез объекта с помощью компьютерных 3D технологий. Аддитивные технологии (Additive Fabrication) — это технологический процесс, основанный на изготовлении деталей путем послойного выращивания из различных материалов: порошков (пластиков и металлов), жидкостей и композитов [1]. Технология трёхмерной печати появилась в конце 1980х гг.

Цифровые 3D-технологии открыли новые возможности изготовления инженерных конструкций и механизмов. Отличаются скоростью изготовления, что позволяет выпускать несерийные изделия дешевле и рентабельно. Технологии быстрого производства предполагают изготовление физических образцов на основе CAD файлов или др. параметров (к примеру 3D сканирования) с использованием оборудования 3D послойного синтеза с минимумом или вообще без оснастки [1]. Технологии активно используются в машиностроении, нефтегазе, авиастроении и судостроении.

Цель данной работы — теоретическое изучение и оценка способа заполнения образца, испытывающего сжатие, полученного методом FDM-печати.

Основная часть. Моделирование методом послойного наплавления (англ. fused deposition modeling, FDM) — аддитивная технология с каждым годом все больше и больше проникает в различные направления промышленности, в том числе и в машиностроение. Так как данная технология раньше использовалась в основном для элементов декора и частично для создания прототипов изделий, характеристики элементов получаемых при 3D печати изучены очень слабо или не рассматривались вообще. Поэтому для внедрения FDM технологий в машиностроение необходимо четкое понимание возможностей использования технологии и, в частности, различных материалов после 3D печати.

Технология FDM подразумевает создание трёхмерных объектов за счёт нанесения последовательных слоёв материала, повторяющих контуры цифровой модели. Как правило, в качестве материалов для печати выступают термопластики, поставляемые в виде катушек нитей или прутков [2].

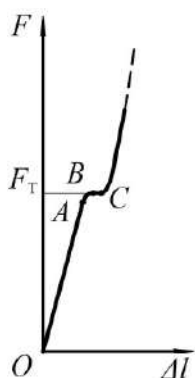


Рисунок 1 — Диаграмма сжатия пластического материала

При испытании на сжатие пластических материалов из-за сильной деформации (сплющивания) удается определить лишь предел текучести. Практически они не могут быть разрушены и исследуемые материалы получают значительную пластическую деформацию, обусловленную пластичностью материала [3, 4].

На рисунке 1 представлена диаграмма сжатия образца из пластического материала.

Первоначальный участок диаграммы (рисунок 1) OA представляет собой прямую линию, отражающую прямую пропорциональность между нагрузкой и деформацией (закон Гука). При дальнейшем сжатии образец деформируется без значительного увеличения нагрузки (материал течет). Текучесть при сжатии коротких образцов выявляется не очень отчетливо BC, поэтому при испытании ее определить удается не всегда. Затем нагрузка начинает вновь возрастать, образец непрерывно сжимается, поперечное сечение его увеличивается — образец сплющивается.

Предел текучести определяется по формуле

$$\sigma_t = \frac{F_T}{A}, \quad (1)$$

где F_T — усилие текучести, Н;

A — площадь поперечного сечения, мм².

Различные варианты 3D принтеров и технология FDM позволяет регулировать различные параметры печати: температуру экструдера и стола, толщину слоя, скорость печати и обдув. В данной статье представлены исследования по изучению влияния одного параметра — способа заполнения — на прочность конструкции. Использование различных вариантов заполнения — это хорошее решение для декоративных изделий, так как увеличивается скорость печати и при этом уменьшается расход материала, но для нагруженных деталей в машиностроении такое решение нуждается в анализе.

Анализируя формулу (1) можно сделать вывод, что определяющим параметром является площадь поперечного сечения, поэтому для того чтобы результаты были сопоставимы необходимо, чтобы у образцов была одинаковая площадь поперечного сечения. Для этого было выбрано 3 вида заполнения (рисунок 2): шестигранник, треугольник и параллельные линии.

Для получения корректных результатов требовалась равная площадь заполнения. Это было достигнуто выбором одинакового расстояния между линиями заполнения (в данном случае 9 мм) и варьирующейся от способа заполнения ширины линии заполнения (для заполнения шестигранниками из треугольников ширина линии заполнения составляет 0,45 мм, для линий — 0,6 мм, для треугольников — 0,4 мм).

Параметры печати образца: тип пластика — PLA, температура сопла — 210 °С, стола — 60 °С, высота слоя — 0,2 мм, скорость печати — 60 мм / с, обдув — 100 %.

При испытании на сжатие пользуются образцами небольшой высоты, которые сжимают между плоскими плитами испытательной машины. При испытании приходится считаться с силами трения, возникающими между торцами образца и плитами машины, и возможностью изгиба образца. Влияние сил трения уменьшается с увеличением высоты образца, но во избежание искривления необходимо применять короткие образцы.

На рисунке 3 представлены различные стадии деформации образца стали при сжатии.

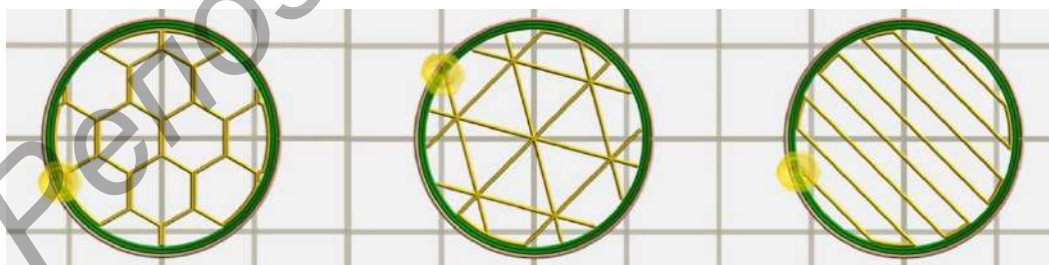


Рисунок 2 — Способы заполнения

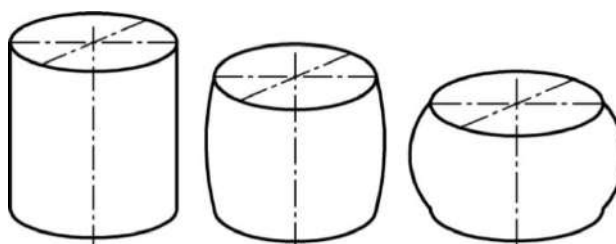


Рисунок 3 — Деформация образца при сжатии

Образец из пластических материалов при сжатии приобретает слегка бочкообразную форму из-за сил трения, между торцами образца и опорными плитами, так как силы трения препятствуют слоям, лежащим близко к опорам, расширяться в поперечном направлении. Влияние трения можно уменьшить путем смазки опорных поверхностей или применением образцов специальной формы [5].

Анализ исследований [3; 4] показывает, что упругие деформации PLA пластика не превышают 3 %, а пластические деформации в десятки раз могут превышать упругие, их развитие в перенапряженных элементах сложных конструкций приводит к перераспределению и выравниванию усилий за счет догрузки менее напряженных элементов. Тем самым повышается работоспособность конструкции в целом по сравнению с расчетными пределами. Поэтому немаловажной задачей является оценка влияния способа заполнения на работу конструкции при одноосном сжатии.

Заключение. Анализ теоретических исследований показывает, что при одинаковой площади поперечного сечения образцы должны иметь приблизительно равные значения предела текучести, однако данное заключение нуждается в практическом подтверждении.

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.

Создание конструкций из PLA пластиков при помощи технология FDM обладает значительным потенциалом и нуждается в дальнейшем исследовании.

Список цитируемых источников

1. Аддитивные технологии [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <https://neftegaz.ru/tech-library/tekhnologii/451308-additivnye-tekhnologii/#:~:text=> — Дата доступа : 05.10.2022.
2. Моделирование методом наплавления [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <https://ru.wikipedia.org/wiki/>. — Дата доступа : 18.04.2021.
3. Сотник, Л. Л. Испытания на сжатие образцов напечатанных с помощью FDM технологии для оценки прочностных и упруго-пластических характеристик материала при разной степени заполнения / Л. Л. Сотник, О. И. Наливко // «Наука – практике» : материалы II Междунар. науч.-практ. конф., г. Барановичи, 13 мая 2021 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Баранович. гос. ун-т. — Барановичи, 2021. — С. 197—199.
4. Сотник, Л. Л. Влияние степени заполнения на прочностные характеристики PLA пластика при сжатии / Л. Л. Сотник, О. И. Наливко // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 21—22 апр. 2022 г. / редкол.: М. Е. Лустенков (гл. ред.) [и др.]. — Могилев, 2022. — С. 101—102.
5. Копнов, В. А. Сопротивление материалов : рук. для решения задач и выполнения лаб. и расчетно-граф. работ / В. А. Копнов, С. Н. Кривошапка. — М. : Высш. шк., 2005. — 351 с.

УДК 621.9.01

В. А. Серпухов, В. А. Дремук

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Введение. Нынешний уровень машиностроения, требует применения современных и экономически выгодных технологий. На смену устаревшим методам обработки материалов все больше приходят лазерные и фотонные технологии. Исследование в области фотоники позволили разработать мощные и стабильные лазерные установки, которые применяются для: лазерной сварки, лазерной резки, лазерного термического упрочнения и лазерного нанесения покрытий, лазерного спекания, лазерной диагностики, лазерного послойного синтеза.

Лазер — генератор когерентного электромагнитного излучения в оптическом диапазоне, основанный на использовании индуцированных переходов. Лазер дает оптическое излучение, характеризующееся высокой степенью упорядоченности светового поля. Такое излучение отличается высокой монохроматичностью и направленностью.

Основная часть. Лазерные технологии имеют ряд преимуществ перед «классическими» механическими и термическими. А именно:

1. Высокая концентрация подводимой энергии и локальность позволяют производить обработку только поверхности участка материала без нагрева остального объема и нарушения структуры и свойств, что приводит к минимальному короблению деталей. Кроме того, высокая концентрация подводимой энергии позволяет провести нагрев и охлаждение обрабатываемого материала с большими скоростями при очень малом времени воздействия.

2. Возможность регулирования параметров лазерной обработки в широком интервале режимов позволяет разработать обширный ряд методов обработки поверхности, регулировать структуру поверхностного слоя.

3. Отсутствие механических усилий на обрабатываемую заготовку дает возможность обрабатывать хрупкие и ажурные конструкции.