

– обеспечивает высокую производительность и эффективность по сравнению с альтернативными методами металлообработки — раскрой происходит на высокой скорости и одновременно на одном листе можно компактно разместить несколько деталей;

– экономичность — в процессе переработки образуется минимальное количество отходов, технология экономит рабочее время и ресурсы, а также требует меньше сырья по сравнению с другими способами.

Но есть у технологии и некоторые минусы, среди них можно назвать:

– дорогое оборудование — но это минус, актуальный только для компаний, предоставляющих такие услуги; для заказчиков это скорее плюс, так как это будет для них своеобразной гарантией того, что работа будет выполнена качественно на данном оборудовании;

– несовместимость с некоторыми видами металлов — к ним относятся, например, с повышенной отражательной способностью (например, медь: луч отражается от ее поверхности и не может разрезать);

– ограничения по толщине обрабатываемого металла — не должны превышать 2 см [3].

Заключение. Таким образом, лазерная резка является одной из современных передовых технологий металлообработки. Она обеспечивает высокую точность, значительно ускоряет процесс производства деталей переменной сложности и позволяет получить образцовое изделие. Эта технология значительно упростила работу многих компаний, но из-за дороговизны оборудования не всем предприятиям она по карману.

К счастью, сейчас многие предприятия предлагают услуги лазерной резки по очень доступным ценам. Это позволяет получить нужные изделия, даже при отсутствии станка в самые сжатые сроки.

Список цитируемых источников

1. Лазерная резка толстых стальных листов при использовании сверхзвуковой струи кислорода / А. В. Зайцев [и др.] // Квантовая электроника. — Т. 37. — № 6. — 2007. — 891 с.

2. Технология лазерной резки металла [Электронный ресурс] — Режим доступа : <https://met-all.org/obrabotka/rezka/tehnologiya-lazernoj-rezki-metalla.html>. — Дата доступа : 05.10.2022.

3. Преимущества лазерной резки металла [Электронный ресурс] — Режим доступа : <https://profstal.by/stati/preimushhestva-lazernoj-rezki-metalla>. — Дата доступа : 05.10.2022.

УДК 621.577

М. А. Покровский, А. В. Дубешко, И. В. Дубень

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ТЕПЛОВОЙ ТРУБЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УГЛА НАКЛОНА

Введение. Тепловая труба представляет собой герметичный корпус, на внутренней поверхности которого располагается фитиль, насыщенный жидкостью, а центральная часть — канал для транспортировки пара. Функционально тепловая труба разделена на три зоны: испаритель, транспортная зона и конденсатор. В процессе работы к испарителю подводится тепло, рабочая жидкость испаряется, передача тепла из испарителя в конденсатор осуществляется путем переноса скрытой теплоты парообразования с массой пара. В конденсаторе происходит обратный фазовый переход с выделением тепла, и жидкость возвращается в зону испарения под действием гравитации или по микроканалам фитиля под действием капиллярных сил.

Достоинства тепловых труб заключаются в простоте, для их работы не требуется затрат энергии и технического обслуживания. Тепловые трубы обладают эффективной теплопроводностью 5000—10000 Вт / (К · м), при этом перепад температур между зонами подвода и сброса тепла будет минимальным [1]. Высокая теплопередача достигается за счет того, что в тепловой трубе осуществляется конвективный перенос тепла при фазовых переходах теплоносителя — испарении и конденсации. Так, при нагреве 1 кг воды от 0 °С до температуры кипения 100 °С к ней требуется подвести количество теплоты

$$Q = C \Delta t = 4,187 \times 100 = 418,7 \text{ кДж / кг,}$$

где C — теплоемкость воды, $C = 4,187 \text{ кДж / (кг} \cdot \text{°С)}$.

Чтобы превратить такое же количество воды с температурой 100 °С в пар той же температуры, надо подвести еще теплоту парообразования, равную 22578,2 кДж, т. е. в 5,4 раза больше.

В гладкостенных трубках (термосифонах) конденсат возвращается в зону испарения исключительно под действием силы тяжести. Тепловые трубки с наполнителем (фитилями или пористым покрытием внутри и т. п.) могут работать практически в любом положении, поскольку жидкость возвращается в зону испарения под действием капиллярных сил, а сила тяжести в этом процессе играет незначительную роль [2].

Современные концепции с использованием капиллярного эффекта в тепловых трубах предложены в 1942 г. в патенте US2448261A, их преимущества были продемонстрированы Джорджем Грувером в 1964 году

в статье под названием «Устройство, обладающее очень высокой теплопроводностью» [3]. Материалы и хладагенты для тепловых труб и термосифонов выбирают в зависимости от условий применения, однако чаще всего в качестве рабочей жидкости используют аммиак, воду, метанол и этанол [2].

Тепловые трубы применяются для передачи больших объемов тепловой энергии с минимальными затратами в системах охлаждения, для отвода тепла в устройствах микроэлектроники, для оборудования систем отопления производственных и жилых помещений, в холодильниках и устройствах охлаждения, в космической промышленности, при строительстве дорог и домов в условиях вечной мерзлоты. На практике наиболее часто тепловые трубы применяются в конструкциях гелиоколлекторов для подогрева воды за счет энергии Солнца.

Солнечный коллектор состоит из двойных вакуумированных стеклянных трубок, внутрь каждой из которых помещена медная тепловая труба. Тепловые трубы своей верхней частью входят в коллектор, где отдают собранное от солнечного излучения тепло циркулирующему по контуру теплоносителю — воде или незамерзающей жидкости (антифризу). Температура кипения теплопроводной жидкости 25—30 °С, температура замерзания — 0 °С, но так как тепловая труба находится в вакуумной трубе, она не замерзает при температуре минус 30 °С, при этом циркуляция теплоносителя прекращается.

Основная часть. В проведенных нами опытах ставилась задача определить наиболее эффективный угол наклона установки тепловой трубы, используемой в гелиоколлекторах, а также исследовать процесс изменения температуры в нижней, средней и верхней ее частях во времени. Материал корпуса — медная трубка диаметром 8 мм длиной 164 см, имеющая утолщение на верхнем конце диаметром 14 мм (конденсатор) длиной 6 см. Мощность электрического нагревательного элемента, смонтированного в нижней части трубы на длине 10 см—38 Вт. Для одновременного измерения температуры t_1 , t_2 и t_3 в нижней, средней и верхней части трубы соответственно использовали термопары, входящие в комплект цифровых мультиметров типа DT838 (рисунок 1), при этом расстояние между точками измерения температуры составляло 0,7 м.

В ходе проведения опытов сначала тепловую трубу устанавливали на заданный угол наклона — от 0° (горизонтально) до 80°. Затем на конденсаторе тепловой трубы крепили теплоприемник, в качестве которого использовали эластичную емкость вместимостью 0,3 кг с начальной температурой воды 18 °С. После включения нагревательного элемента с интервалом 60 с фиксировали показания термометров до тех пор, пока температура трубы в ее разных частях не достигнет установившихся значений. Следующий опыт проводили после охлаждения трубки до начальной температуры 20 °С.

Установлено, что нагрев тепловой трубки подчиняется общим закономерностям, которые свойственны всем переходным процессам. Примерно через 12 мин после начала опыта температура на всех участках тепловой трубы стабилизируется (рисунок 1), и температура в верхней части достигает установившемуся значению 30—42 °С в зависимости от угла установки α к линии горизонта.

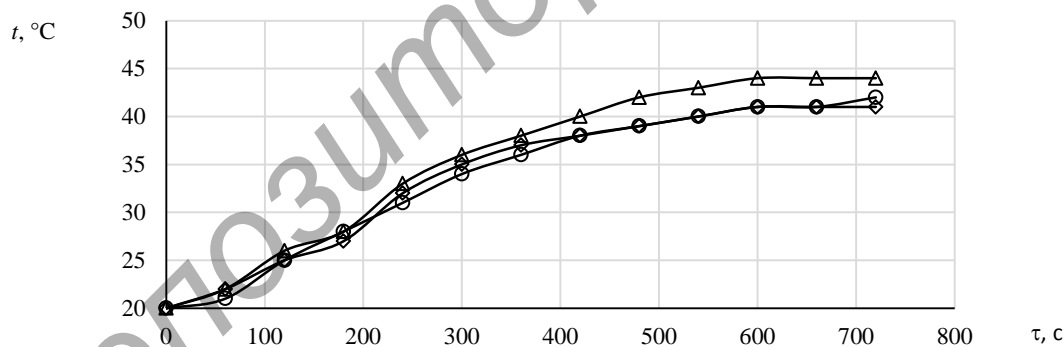


Рисунок 1 — Зависимость температуры t_1 в нижней (◇), t_2 в средней (Δ) и t_3 в верхней (○) части тепловой трубы от времени нагрева при угле установки $\alpha = 40^\circ$

При расчетах определяли градиент температуры (°С/м), который в общем случае характеризует разность температур в испарителе и конденсаторе в расчете на 1 м расстояния теплопередачи:

$$\text{grad } t = (t_1 - t_3) / L,$$

где L — расстояние между нижней и верхней точками измерения, м.

При горизонтальном положении тепловой трубы ($\alpha = 0^\circ$) в нижней ее части температура достигает 60 °С, в то время как в верхней части не превышает 30 °С (градиент температуры $\text{grad } t > 30^\circ$). Это говорит о том, что между испарителем и конденсатором теплоперенос b в таком положении тепловая труба неработоспособна. При относительно небольшом угле наклона $\alpha = 10 \dots 30^\circ$ значение градиента температуры составляет около 1,5 °С/м и резко снижается до значений менее 0,5 °С/м при угле наклона $\alpha = 40^\circ$. При дальнейшем увеличении угла наклона среднее значение градиента температуры повышается до 1 °С/м и более (рисунок 2). Таким образом, наиболее предпочтительное положение тепловой трубы в гелиоколлекторе составляет 40—45° к горизонтали.

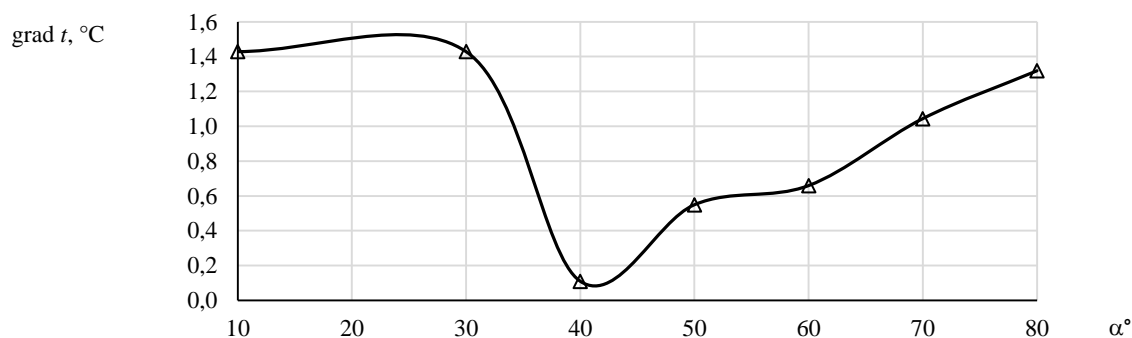


Рисунок 2 — Зависимость среднего значения градиента температуры от угла наклона α тепловой трубы

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].