

УДК 536.248.2

Плоская контурная тепловая труба с центральным пароотводом

Недайвозов А.В., аспирант

кафедры «Теплофизика»

Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: Афанасьев В.Н., д.т.н. профессор

Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана

khves@power.bmstu.ru

Интенсивное развитие космической, авиационной, электронной, компьютерной и других видов техники требует разработки, создания и внедрения эффективных и компактных теплообменных устройств. К числу эффективных и надежных элементов систем обеспечения тепловых режимов относятся тепловые трубы [1] – устройства, работающие по принципу испарительно-конденсационного цикла, в которых процессы теплообмена и транспорта жидкого теплоносителя происходят в капиллярной структуре.

Использование тепловых труб в энергетике, энергомашиностроении, металлургии, химической технологии, в радиоэлектронике, авиационной и, особенно, в ракетной технике обусловлено их основными свойствами: передача больших тепловых потоков при малых перепадах температур; способность передавать теплоту при произвольной ориентации в поле действия массовых сил; существенное уменьшение массы и габаритов теплопередающих систем; удобство и простота монтажа и обслуживания; отсутствие затрат энергии на перемещение теплоносителя и отсутствие подвижных деталей; возможность изготовления теплоотводов различной геометрической формы; бесшумность; долговечность и надежность работы и т.п.

Особое место среди теплообменных аппаратов занимают контурные тепловые трубы, которые являются одним из видов тепловых труб, относящихся к двухфазным теплопередающим устройствам. Как известно, наряду с многочисленными преимуществами тепловые трубы ограничены по величине передаваемых мощностей и расстоянию переноса теплоты. Что существенно сужает область их применения. Всеми достоинствами теп-

ловых труб, указанных выше, обладают контурные тепловые трубы. Однако, по сравнению с обычными тепловыми трубами, они способны передавать достаточно эффективно теплоту на расстояние до нескольких метров при любой ориентации в гравитационном поле или до нескольких десятков метров в горизонтальном положении или в невесомости [2]. Контурные тепловые трубы (КТТ) относятся к двухфазным теплопередающим устройствам, работающим по испарительно-конденсационному циклу, в которых используются капиллярные силы для прокачки теплоносителя.

Несмотря на то, что данные устройства известны уже достаточно давно, потенциальные возможности их полностью не реализованы, что связано, главным образом, с технологическими ограничениями и отсутствием единого теоретического представления о процессах, происходящих в КТТ.

В последние годы в МГТУ имени Н.Э. Баумана на кафедре «Теплофизики» проводятся комплексные исследования КТТ с использованием различных видов КТТ, фитилей, конденсаторов, поверхностей испарения, в том числе получаемых методом деформирующего резания [3–5]. Использование микроканальных поверхностей с различной геометрией делает возможным применение в качестве капиллярных структур (фитилей) как металлических (спеченные никелевые, титановые, медные порошки, порошки из нержавеющей стали), так и неметаллических пористых материалов (стекловолокно, синтетические волокна, фильтровальная бумага и др.)

Учитывая, что одними из недостатков КТТ [1-5] является неравномерность подвода теплоносителя (жидкости) к поверхности испарения и неравномерность отвода пара от нее, в МГТУ им. Н.Э. Баумана создана плоская КТТ с центральным пароотводом (рис. 1), позволяющая исследовать влияние различных конструктивных и геометрических параметров узлов КТТ: испарителя, фитиля, конденсационной полости и конденсатора, а так же их взаимного расположения в гравитационном поле – на эффективность работы КТТ.

КТТ состоит из испарителя 1 и конденсатора 6, которые соединены между собой трубопроводами паропроводом 3 и конденсатопроводом 4, что является одним из важнейших отличий традиционной тепловой трубы от КТТ, т.е. в КТТ пар и конденсат не контактируют между собой.

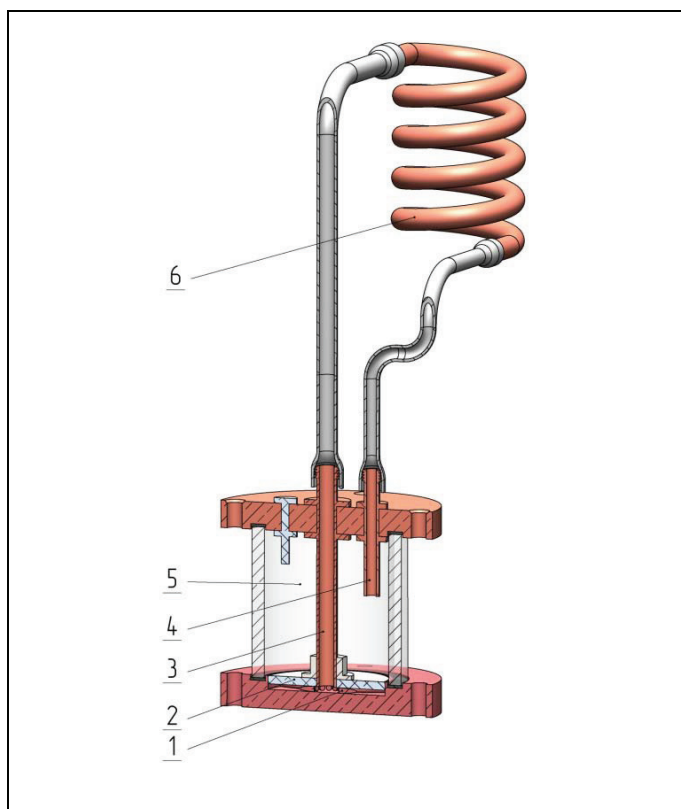


Рис. 1. КТТ с центральным пароотводом:
1 - испаритель; 2 - фитиль; 3 - паропровод;
4 - конденсатопровод; 5 - компенсационная полость; 6 - конденсатор

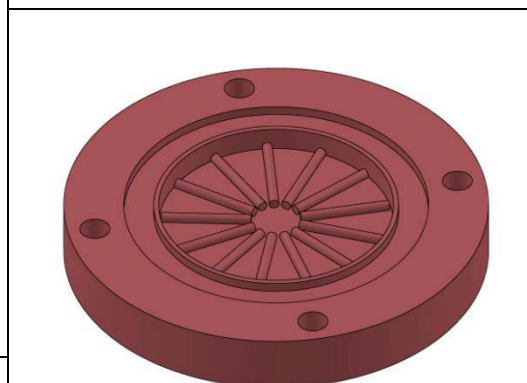


Рис. 2. Испаритель

Испаритель (рис. 2) представляет собой плоскую поверхность с припаянными на нее ребрами, пространство между которыми служит пароотводными каналами. На испаритель устанавливается фитиль 2 (пористая капиллярная структура), который выполняет следующие функции:

1. Непрерывная подпитка жидкостью зоны испарения, которая может находиться как на границе контакта фитиля с теплообменной поверхностью, так и на определенном заглублении внутри капиллярной структуры.
2. Обеспечение гидравлического барьера для пара, т.е. предотвращение попадания пара в КП.
3. Обеспечение «теплового затвора», т.е. препятствование возникновению больших тепловых потоков из зоны испарения в компенсационная полость.

К испарителю примыкает компенсационная полость (КП) 5, стенки которой выполнены из оптического стекла, что позволяет визуализировать процессы, протекающие в испарителе, фитиле и в КП. Конструктивное совмещение испарителя с КП в одном корпусе позволяет обеспечить равномерную и непрерывную смачиваемость фитиля жидкостью и

регулировать изменение объема жидкости в КТТ при различных тепловых потоках. Следует отметить, что при таком размещении испаритель-фитиль-КП желательно использовать фитили с низкой теплопроводностью (стекловолокно, синтетические волокна, фильтровальная бумага и т.п.), что значительно уменьшит потери теплоты в КП и снизит рабочую температуру КТТ.

Особенностью данной схемы КТТ являются:

1. Центральное расположение пароотвода, что обеспечивает равномерный отвод пара из испарителя.
2. Равномерность и непрерывность подвода теплоносителя в зону испарения.
3. Использование стеклянного корпуса испарителя и КП позволяет визуализировать процессы, протекающие в них.

Список литературы

1. Дан П.Д., Рей Д.А. Тепловые трубы. Пер. с англ.: -М.: Энергия, 1979 г. -272с.
2. Майданик Ю. Ф. Достижения и перспективы развития контурных тепловых труб // 4-я конференция по тепломассообмену, Москва, 2006.
3. Морской Д. Н., Якомаскин А. А. Режимы работы контурной тепловой трубы с микроканалами при низких тепловых потоках. Студенческий научный вестник / Сборник тезисов докладов общеуниверситетской научно-технической конференции «Студенческая научная весна-2011». Т. 11, Ч. 3, с.198-199.
4. A.A. Yakomaskin, D.N. Morskoy, V.N. Afanasiev. Feasibility study of loop heat pipes with flat microchannel evaporator and non-metal wick. Proc. of the 10th IHPS, Taiwan, nov. 2011. pp 143-146.
5. Зубков Н.Н., Овчинников А.И., Кононов О.В. Изготовление теплообменных поверхностей нового класса деформирующим резанием // Вестник МГТУ. М., 1993. № 4.