

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТАКТНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПОРИСТЫХ СТРУКТУР ТЕПЛОВЫХ ТРУБ С ПОМОЩЬЮ ГЕЛИОКОНЦЕНТРАТОРОВ

Шаповал А.А., Косторнов А.Г., Шаповал Арт. А.⁽¹⁾

Институт проблем материаловедения НАН Украины,

ул. Кржижановского 3, Киев, 03142 Украина; otd5@ipms.kiev.ua

(1) Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»
проспект Победы 37, Киев, 03056 Украина

Введение

При создании новых теплообменных систем для водородной энергетики, в которых используются тепловые трубы - сверхвысокотеплопроводные устройства, возникают проблемы с расчётами величин термических сопротивлений $R_{\text{конт}}$ в местах контакта пористых структур (ПС) с поверхностями нагрева. Данные для расчётов характеристик контактной теплопроводности, в частности, влияния условий контакта и характеристик ПС на величину $R_{\text{конт}}$, в литературе отсутствуют. Задачи исследований, позволяющих получить достоверные результаты, необходимые для практики конструирования, возможно решить с помощью экспериментального стенда, созданного с использованием гелиоконцентраторов солнечной энергии. Представлены конструкция стенда и некоторые результаты экспериментов, полученные в Гелиоцентре ИПМ НАН Украины.

Результаты и обсуждение

Тепловые трубы (ТТ), разрабатываемые, в частности, в ИПМ НАН Украины с 70-х годов, являются сверхвысокотеплопроводными устройствами, способными решать ряд сложных теплофизических проблем, возникающих при конструировании новых теплообменных аппаратов и оборудования, в т.ч., водородной энергетики. Капиллярно-пористые структуры тепловых труб (КПС) являются важнейшими деталями ТТ, от конструкции и качества изготовления которых существенно зависят основные теплофизические характеристики ТТ, в частности - теплопередающая способность Q_{max} и суммарное термическое сопротивление $R_{\text{ТТ}}$. Расчёты контактного термического сопротивления $R_{\text{конт}}$ в местах присоединения КПС к корпусу ТТ должны основываться на достоверных опытных данных, получаемых, в основном, экспериментальными методами.

Величина контактного термического сопротивления $R_{\text{конт}}$ в местах присоединения капиллярных структур к корпусам ТТ зависит от ряда факторов. Кроме условий присоединения, на $R_{\text{конт}}$ влияют физические характеристики КПС (пористость, теплопроводность и прочие).

В качестве экспериментального стенда использован солнечный параболический зеркальный гелиоконцентратор Института проблем материаловедения НАН Украины. К числу преимуществ его применения можно отнести: возможность получения высоких значений плотности теплового потока, скорость проведения эксперимента, минимальные теплотери. Для проведения экспериментов по определению термических сопротивлений в местах контакта КПС с гладкими несущими поверхностями (тепловых труб) создан рабочий участок (рис.1), в состав которого входят: 1) исследуемый опытный образец КПС; 2) измерительные цилиндры из нержавеющей стали, в которые предварительно вставлены термопары; 3) датчики теплового потока; 4) несущая обойма; 5) радиатор-теплоотвод; 6) охлаждающий вентилятор. Опытные образцы КПС помещались между нержавеющей цилиндрами и нагревались за счет концентрированного потока солнечной энергии. Датчики теплового потока и дифференциально расположенные термопары предварительно оттарированы; также предварительно определено термическое сопротивление в месте контакта цилиндров при отсутствии КПС.

Методика экспериментов была следующей: 1) устанавливали образец КПС с определёнными физическими характеристиками; 2) нагревали образец концентрированным потоком солнечной энергии, плотность которого определяли посредством датчиков-тепломеров (разработанных в ИТТФ НАНУ); 3) измеряли значения температур в контрольных точках металлических цилиндров термопарами. Также проведены предшествующие опыты без КПС. Применение цилиндров-теплоотводов со сменной массой позволило получить данные по влия-

янию различных усилий прижатия КПС к греющей поверхности на значение $R_{\text{конт}}$.

Полученные результаты дают возможность установить характер влияния на $R_{\text{конт}}$ параметров металлических порошковых и волокнистых капиллярных структур ТТ в следующих диапазонах изменения их физических характеристик: пористость $\Theta_{\text{кк}} = 30...90\%$; теплопроводность $\lambda_{\text{кк}} = 0,1...70$ Вт/мК; толщина $\delta_{\text{кк}} = 0,3...3$ мм; материал КС - медь и коррозионностойкая сталь типа 9Х18Н10Т.

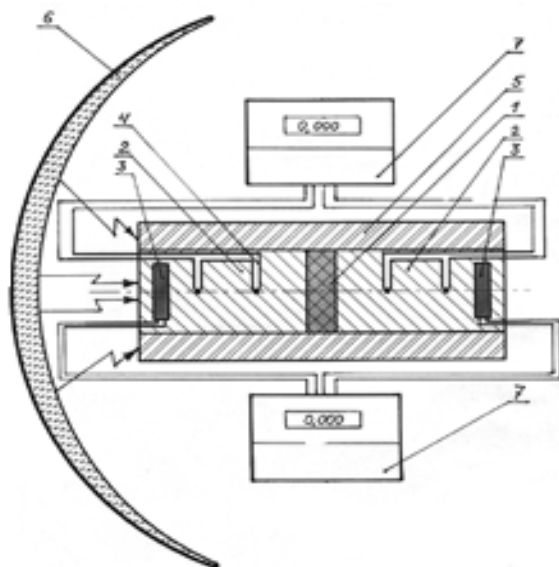


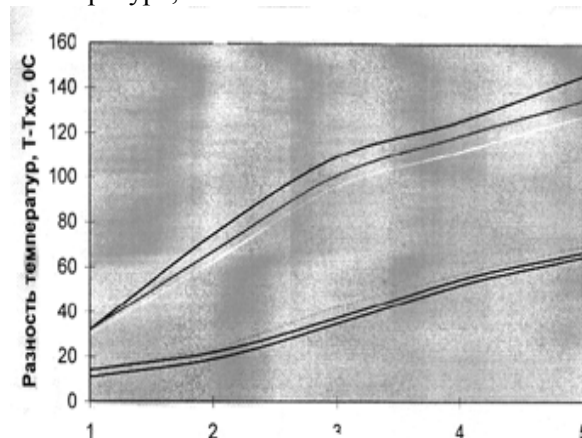
Рис. 1. Схема конструкции рабочего участка экспериментального стенда для исследований контактной теплопроводности пористых структур в месте присоединения к поверхности

1 – образец пористого материала; 2 – измерительный цилиндр; 3 – датчик-тепломер; 4 – термопары; 5 – обойма; 6 – зеркало гелиоконцентратора; 7 – измерительные приборы

На рис. 2 представлены некоторые результаты экспериментов, полученные в виде зависимости температуры в контрольных точках нержавеющей цилиндрической структуры от времени нагрева образца металловолокнистой ПС (материал – 9Х18Н9Т). Начиная с 3-й минуты нагрева, разность температур между контрольными точками – практически постоянна, что позволяет использовать её в качестве исходной величины для расчётов $R_{\text{конт}}$. Вычитая из полученного значения разности температур для данного образца КПС значение аналогичной разности ΔT , полученное в

опытах при отсутствии образца КПС, легко получить экспериментальное значение $R_{\text{конт}}$.

Температура, $^{\circ}\text{C}$



Время, мин

Рис. 2. Экспериментальные данные измерений температур при нагреве опытного образца капиллярно-пористой структуры концентрированным потоком солнечной энергии

Верхние кривые – показания термопар, расположенных по направлению теплового потока до образца КПС; нижние – после образца

Выводы

Рассмотрены некоторые научно-технические проблемы определения контактных термических сопротивлений в местах соединения капиллярно-пористых структур с корпусами тепловых труб - сверхтеплопроводных устройств, перспективных для теплообменной аппаратуры водородной энергетики. Разработанный метод определения контактных термических сопротивлений КПС с греющими поверхностями, использующий солнечные гелиоконцентраторы, имеет ряд технических преимуществ и позволяет получать достоверные экспериментальные данные о влиянии физических характеристик КПС на величины $R_{\text{конт}}$.

Работа выполнена при поддержке Государственного фонда фундаментальных исследований Министерства образования и науки Украины (проект № Ф7/569).