

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ (19) **ВУ** (11) **6708**



(13) **С1**

(51)⁷ **F 28D 15/02**

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(54)

ТЕПЛОВАЯ ТРУБА

(21) Номер заявки: а 20030485

(22) 2003.06.03

(46) 2004.12.30

(71) Заявитель: Государственное научное учреждение "Институт тепло- и массообмена им. А.В.Лыкова" НАН Беларуси (ВУ)

(72) Авторы: Васильев Леонард Леонидович; Кулаков Андрей Геннадьевич; Рабецкий Михаил Иванович; Антух Александр Антонович; Васильев Леонид Леонардович (ВУ)

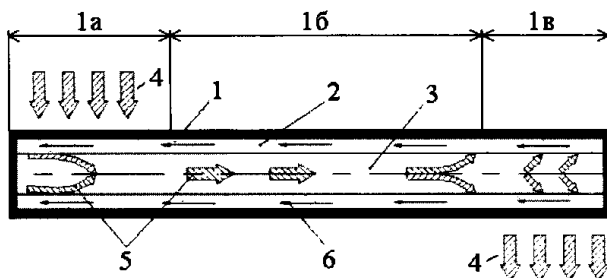
(73) Патентообладатель: Государственное научное учреждение "Институт тепло- и массообмена им. А.В.Лыкова" НАН Беларуси (ВУ)

(57)

1. Тепловая труба, содержащая герметичный корпус с зонами испарения, транспорта и конденсации, насыщенную теплоносителем в жидкой фазе капиллярно-пористую структуру, размещенную на внутренней поверхности корпуса и выполненную с переменными размерами пор в разных зонах, внутренний паровой канал с теплоносителем в паровой фазе, отличающаяся тем, что по меньшей мере в зоне испарения капиллярно-пористая структура выполнена бипористой, причем среднегидравлический радиус пор одной группы пор бипористой структуры больше среднегидравлического радиуса пор другой группы пор бипористой структуры не менее чем в два раза, среднегидравлический радиус пор в остальных зонах больше среднегидравлического радиуса пор группы пор меньшего размера в зоне испарения, а объем заправки тепловой трубы теплоносителем в жидкой фазе лежит в диапазоне от полного объема пор всей капиллярно-пористой структуры до суммы объема пор группы пор меньшего размера в зоне испарения и полного объема пор в зонах транспорта и конденсации.

2. Труба по п. 1, отличающаяся тем, что по меньшей мере в зоне испарения капиллярно-пористая структура выполнена с использованием порошка хотя бы одного высоко-теплопроводного материала.

3. Труба по п. 1 или 2, отличающаяся тем, что группа пор большего размера имеет ориентацию перпендикулярно оси тепловой трубы.



Фиг. 1

ВУ 6708 С1

BY 6708 C1

4. Труба по п. 2 или 3, отличающаяся тем, что капиллярно-пористая структура в зонах транспорта и конденсации выполнена с использованием порошка, размеры частиц которого больше размеров частиц порошка, с использованием которого выполнена капиллярно-пористая структура в зоне испарения.

(56)

SU 877305, 1981.

SU 1495627 A1, 1986.

WO 98/33031 A.

WO 98/06992 A.

US 5046553 A, 1991.

Изобретение относится к теплопередающим устройствам, в частности к тепловым трубам, и может быть использовано в электронике, энергетике, электротехнике, холодильной технике и других отраслях промышленности.

Известна тепловая труба [1], включающая корпус с насыщенной теплоносителем капиллярной структурой, по меньшей мере в одной теплообменной зоне выполненной с переменной вдоль тепловой трубы пористостью, увеличивающейся по направлению к транспортной зоне. Недостатком такой конструкции является высокое термическое сопротивление, т.к. площадь поверхности испарения равна внутренней поверхности пористой структуры в зоне испарения и практически неизменна при изменении теплового потока. Известная тепловая труба не обеспечивает и высокую теплопередающую способность, т.к. транспортные свойства тепловой трубы определяются не только теплообменными зонами, но и транспортной зоной, и увеличение пористости в зоне конденсации в направлении транспортной зоны приводит к снижению транспортных свойств капиллярно-пористой структуры. Кроме того, фактором, непосредственно влияющим на гидравлическое сопротивление тепловой трубы, является прежде всего среднегидравлический размер пор, а не пористость.

Известна также тепловая труба [2] (прототип), содержащая герметичный корпус с зонами испарения, транспорта и конденсации, насыщенную жидким теплоносителем капиллярно-пористую структуру, размещенную на внутренней поверхности корпуса с переменными по длине корпуса размерами пор к разным зонам тепловой трубы, в виде войлока в зоне испарения и в виде продольных канавок в остальной ее части. К причинам, препятствующим решению поставленной ниже задачи, относится отсутствие оптимизации капиллярно-пористой структуры как вдоль тепловой трубы, так и в зоне испарения.

Задачей предлагаемого изобретения является снижение термического сопротивления тепловой трубы и повышение теплопередающей способности. Указанный технический результат при осуществлении изобретения достигается тем, что в известной тепловой трубе, содержащей герметичный корпус с зонами испарения, транспорта и конденсации, насыщенную теплоносителем в жидкой фазе капиллярно-пористую структуру, размещенную на внутренней поверхности корпуса и выполненную с переменными размерами пор в разных зонах, внутренний паровой канал с теплоносителем в паровой фазе, капиллярно-пористая структура выполнена таким образом, что, по крайней мере, в зоне испарения она имеет две группы пор по размеру, т.е. является бипористой, причем среднегидравлический радиус пор одной группы пор больше среднегидравлического радиуса пор другой группы пор не менее чем в два раза, среднегидравлический радиус пор в зонах транспорта и конденсации больше среднегидравлического радиуса пор группы пор меньшего размера в зоне испарения, а объем заправки тепловой трубы теплоносителем в жидкой фазе лежит в диапазоне от полного объема пор всей капиллярно-пористой структуры до суммы объема

ВУ 6708 С1

пор группы пор меньшего размера в зоне испарения и полного объема пор в зонах транспорта и конденсации.

Кроме того, тепловая труба имеет, по крайней мере, в зоне испарения капиллярно-пористую структуру, выполненную с использованием порошка хотя бы одного высокотеплопроводного материала.

Для усиления положительного эффекта предпочтительно использование ориентации группы пор большого размера перпендикулярно оси тепловой трубы.

Тепловая труба может иметь капиллярно-пористую структуру, в зонах транспорта и конденсации выполненную с использованием порошка, размеры частиц которого больше размеров частиц порошка, с использованием которого выполнена капиллярно-пористая структура в зоне испарения.

Предложенная конструкция обеспечивает перераспределение и специализацию функций групп пор разных размеров. В зоне испарения поры большего размера заполнены паром, увеличивая поверхность испарения, что ведет к увеличению коэффициента теплоотдачи и снижению общего термического сопротивления тепловой трубы, которое определяется главным образом коэффициентом теплоотдачи в зоне испарения. В зонах транспорта и конденсации в порах большего размера, имеющих низкое гидравлическое сопротивление, в основном осуществляется транспорт теплоносителя в жидкой фазе. Общее гидравлическое сопротивление тепловой трубы снижается, что приводит к увеличению передаваемого теплового потока. Группа пор меньшего размера в зоне испарения имеет высокий капиллярный потенциал, что также ведет к увеличению транспортной способности ТТ и соответствующему повышению передаваемого теплового потока.

Применение высокотеплопроводных порошков обеспечивает дополнительное увеличение коэффициента теплоотдачи, зависящего от теплопроводности капиллярно-пористой структуры. Этой же цели служит и ориентация группы пор большого размера перпендикулярно оси тепловой трубы, что содействует выходу пара из пор. Использование более крупных частиц порошка в зонах транспорта и конденсации ведет к снижению гидравлического сопротивления и соответственно увеличивает теплопередающую способность тепловой трубы.

Сущность изобретения поясняется чертежами 1-6.

На фиг. 1 представлена схема предлагаемой тепловой трубы.

На фиг. 2 показана фотография капиллярно-пористой структуры с двумя группами пор по размеру.

На фиг. 3 приведен пример функции распределения пор по размерам капиллярно-пористой структуры с двумя группами пор по размеру.

На фиг. 4 показана капиллярно-пористая структура с добавками к основному порошку.

На фиг. 5 показана фотография обычной капиллярно-пористой структуры.

На фиг. 6 приведен пример функции распределения пор по размерам обычной капиллярно-пористой структуры.

Тепловая труба содержит замкнутый герметичный корпус 1 с зонами испарения 1а, транспорта 1б и конденсации 1в. На внутренней поверхности корпуса размещается капиллярно-пористая структура 2, насыщенная жидким теплоносителем, а внутренний паровой канал 3 заполнен теплоносителем в паровой фазе. Капиллярно-пористая структура (фиг. 2) в зоне испарения выполнена бипористой: состоит из двух групп пор по размеру, т.е. функция распределения пор по размерам имеет два максимума (фиг. 3).

Размеры пор капиллярно-пористой структуры в зоне транспорта 1б и конденсации 1в больше размера пор группы пор меньшего размера в зоне испарения. При этом в этих зонах может быть использована такая же капиллярно-пористая структура, как и в зоне испарения.

Объем теплоносителя в жидкой фазе в тепловой трубе находится в пределах от полного объема пор всей капиллярно-пористой структуры до суммы объема пор группы пор меньшего размера в зоне испарения и полного объема пор в зонах транспорта и конденсации. При этом минимальная заправка обеспечивает минимальное термическое сопротивление.

ВУ 6708 С1

Дополнительно, часть порошка капиллярно-пористой структуры (фиг. 4) может состоять из порошка более высокотеплопроводного материала (частицы черного цвета), чем основной объем материала порошка (частицы серого цвета). Например, в качестве капиллярно-пористой структуры может использоваться композит, состоящий из металлического и алмазного порошка, который имеет теплопроводность, в два раза большую теплопроводности меди. Могут использоваться добавки графита к порошку из нержавеющей стали, алмаза к медному порошку, алюминия к Al_2O_3 . Это обеспечивает увеличение общей теплопроводности капиллярно-пористой структуры и соответственно уменьшение термического сопротивления.

При использовании определенной фракции порошка при получении капиллярно-пористых структур, обычно применяемых в тепловых трубах, образуются поры соответствующего размера, по которым осуществляется транспорт теплоносителя в жидкой фазе. При этом получается капиллярно-пористая структура (фиг. 5), с функцией распределения пор по размерам, имеющей один основной максимум (фиг. 6), а среднегидравлический размер пор зависит от размера частиц соответствующей фракции. Так, например, при получении пористой структуры путем спекания свободнонасыпанного медного порошка получаются поры, примерно в три раза меньшие среднего размера частиц в фракции (таблица). Для увеличения размера пор и пористости структуры, состоящей из частиц определенной фракции, применяются специальные методы, например используется порообразователь.

Размеры частиц во фракции, мкм	Средний размер частиц, мкм	Средний гидравлический размер пор, мкм
40-63	51,5	18,37
63-100	81,5	24,48
100-160	130	35,4
160-200	180	48,8
200-315	257,5	65

Для получения бипористой капиллярно-пористой структуры для образования пор группы пор большего размера (макропор) используется порообразователь соответствующих размеров, который выгорает (сублимирует) при спекании пористой структуры, и на его месте образуются поры большего размера. Порообразователь берется с размерами гранул, не менее чем в 2 раза большими среднегидравлического радиуса пор группы пор меньшего размера. В качестве порообразователя может быть использован карбамид.

Второй способ получения бипористой структуры состоит в использовании смеси частиц порошка, обладающих разной усадкой при спекании, приводящей к образованию микротрещин - дополнительных пор.

Третий способ заключается в предварительном получении мелкопористой структуры из частиц мелкой фракции, размоле этой структуры на пористые частицы большего размера, чем частицы порошка мелкой фракции, и последующем получении пористой структуры из полученных мелкопористых частиц.

Капиллярно-пористая структура в зонах транспорта и конденсации может изготавливаться как с использованием порообразователя или за счет использования в этих зонах фракции порошка больших размеров, чем в зоне испарения.

Тепловая труба работает следующим образом. Тепловой поток 4 при нагреве зоны испарения 1а тепловой трубы вызывает испарение жидкого теплоносителя из пропитанной им капиллярно-пористой структуры 2 в паровой канал 3, движение потока пара (направление показано стрелками 5) под действием перепада давления через зону транспорта 1б в зону конденсации 1в и конденсацию на поверхности капиллярно-пористой структуры в этой зоне. При этом отводится переданной тепловой трубой тепловой поток 4, а сконденсировавшийся теплоноситель возвращается в жидкой фазе в зону испарения под действием капиллярных сил (направление движения показано стрелками 6).

ВУ 6708 С1

Теплопередающая способность тепловой трубы тем больше, чем меньше гидравлическое сопротивление капиллярно-пористой структуры и больше ее капиллярный потенциал в зоне испарения, а термическое сопротивление определяется в основном коэффициентом теплоотдачи в зоне испарения. Обычно в тепловых трубах транспорт теплоносителя осуществляется порами всех размеров, при этом в зоне испарения одни и те же поры служат и в качестве капиллярного насоса и для транспорта теплоносителя, и из них же идет испарение при нагреве этой зоны тепловой трубы. Т.е. поверхностью испарения является внутренняя поверхность капиллярно-пористой структуры.

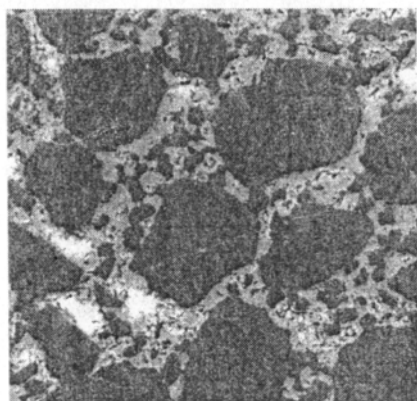
Отличием предложенной конструкции является то, что группа пор меньшего размера полностью насыщена теплоносителем и по ней осуществляется транспорт теплоносителя к поверхности испарения. При этом в зоне испарения с увеличением теплового потока растет осушение группы пор большего размера. Т.е. степень насыщенности капиллярно-пористой структуры теплоносителем пропорциональна плотности теплового потока. С увеличением плотности теплового потока увеличивается площадь испарения, что обеспечивает пропорциональность коэффициента теплоотдачи при испарении плотности подводимого теплового потока, что приводит к увеличению коэффициента теплоотдачи в зоне испарения и соответственно к снижению термического сопротивления тепловой трубы в целом.

Весь объем пор в зонах транспорта и конденсации заполнен теплоносителем. При этом больший среднегидравлический размер пор в этой зоне по сравнению с размером группы пор меньшего размера в зоне испарения снижает общее гидравлическое сопротивление при сохранении высокого капиллярного потенциала, определяемого порами меньшего размера зоны испарения. Группа пор большего размера в зонах транспорта и конденсации, полностью насыщенная теплоносителем, является артерией для транспорта жидкости в этих зонах.

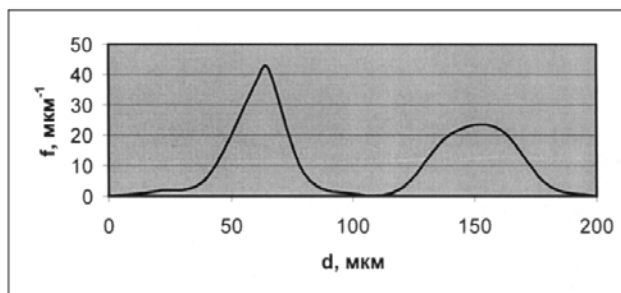
Проведенные испытания подтвердили, что предложенная тепловая труба по сравнению с известными конструкциями позволяет за счет оптимизации капиллярно-пористой структуры достичь увеличения теплопередающей способности и снижения термического сопротивления тепловой трубы.

Источники информации:

1. А.с. СССР 802772, МПК F 28D 15/00, 1981.
2. А.с. СССР 877305, МПК F 28D 15/00, 1981.

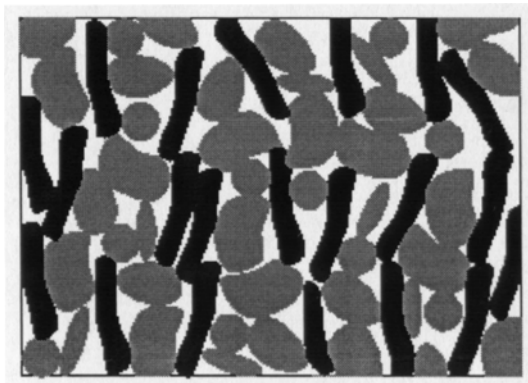


Фиг. 2

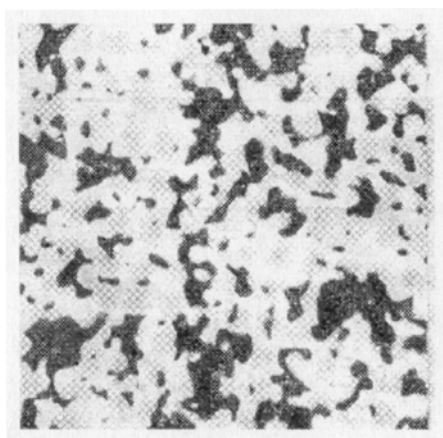


Фиг. 3

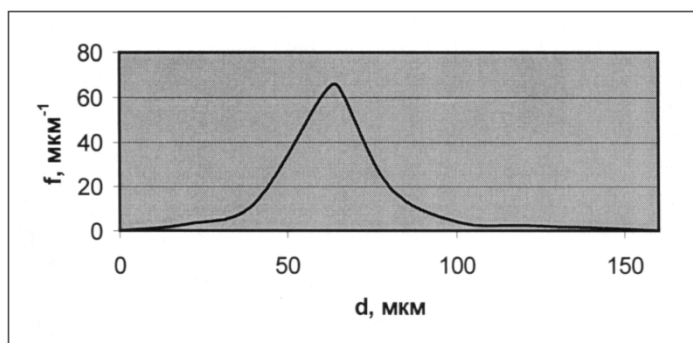
ВУ 6708 С1



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6