



УКРАЇНА

(19) UA (11) 40835 (13) U
(51) МПК (2009)
F28D 15/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) КОНТУРНА ТЕПЛОВА ТРУБА

1

2

(21) u200813847

(22) 01.12.2008

(24) 27.04.2009

(46) 27.04.2009, Бюл.№ 8, 2009 р.

(72) БАТУРКІН ВОЛОДИМИР МИХАЙЛОВИЧ, UA,
ЖУК СТАНІСЛАВ КОСТЯНТИНОВИЧ, UA, САВІНА
ВІРА МИКОЛАЇВНА, UA, НАУМОВА АЛЬОНА МИ-
КОЛАЇВНА, UA

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИ-
ТУТ", UA

(57) Контурна теплова труба, що містить: трубчастий корпус із зоною нагріву з кільцевою насичкою

на внутрішній поверхні; зони транспорту і конденсації; капілярну структуру; паропровідну трубку та компенсаційні порожнини, яка **відрізняється** тим, що капілярна структура в зоні нагріву контурної теплової труби має наскрізні прорізи, а на ділянці зони транспорту - компенсаційні порожнини, при цьому до внутрішньої поверхні капілярної структури від зони нагріву до кінця зони конденсації приєднана паропровідна трубка, в якій по довжині зони нагріву над прорізами капілярної структури виконані отвори.

Корисна модель відноситься до теплотехнічної галузі, зокрема систем забезпечення теплових режимів пристроїв і транспорту тепла.

Відомі теплові труби з капілярною структурою на внутрішніх стінках і термосифони (без капілярних структур), всередині яких аксіально розміщена трубчаста вставка. Приклади застосування таких пристроїв і їх конструкції наведені у [кн. Безродный М.К., Пиоро И.Л., Костюк Т.О. "Процессы переноса в двухфазных термосифонных системах". Изд-во "Факт". К. -2003, с.с.21, 261, 292].

Вони включають зовнішній герметичний корпус із зонами нагріву, транспорту і конденсації, трубчастий елемент, встановлений в середині корпусу з однаковим кільцевим зазором між внутрішньою стінкою корпусу і зовнішньою поверхнею елемента, при цьому один його торець закріплено біля зони нагріву, а другий заходить у верхній частині зони конденсації на відстані від торця зовнішнього корпусу. По суті, навіть у межах прямолінійного корпусу створюється контур з роздільною циркуляцією пари і рідини. Таке рішення підвищує стабільність процесу теплообміну як у зоні нагріву, так і в зоні конденсації. Разом з тим, треба зазначити відносно невеликі щільності теплових потоків, що підводяться до зони нагріву, навіть за умов наявності капілярної структури в зоні нагріву. Для удосконалення конструкції теплових труб (ТТ) у напрямку інтенсифікації тепломасообміну широко застосовуються різноманітні прийоми: відсутність капілярних структур в зоні конденсації (сприяє зменшенню термічного опору); виготовлення дріб-

ної нарізки на внутрішній поверхні корпусу, як в зоні нагріву (з.н.), так і по всій довжині ТТ; різноманітні артерії для транспорту і забезпечення теплоносієм з.н. і т.п. З цими прийомами можна ознайомитись у зб. "Heat Pipes: Construction and Application", London and New York, Elsevier applied science, 1987, pp.34; 35; 36; 57. У цьому ж зб. (с.с. 6; 7; 114) наведені дані по конструктивному оформленню контурних теплових труб (КТТ), англ. "Loop Heat Pipe", запатентованих у США (US-PS 4467861), Німеччині (DE-PS 3301998) і Франції (FR-PA 2540613), віднесених до міжнародної класифікації F28D15/00.

Конструкція контурної теплової труби (КТТ) включає: зону нагріву, зону транспорту, зону конденсації, трубопроводи пари і рідини, корпус зони нагріву, внутрішня поверхня якого має різьбову насичку, до якої щільно приєднана капілярна структура, на зовнішній поверхні якої сформовані глухі паровідвідні канали, об'єднані на одному із торців колектором.

Такі конструкції КТТ, окрім високої ефективності роботи, відрізняються від звичайних теплових труб спроможністю передавати теплові потоки високої щільності, що обумовлено інтенсифікацією процесу пароутворення за допомогою перекинутих менісків. Разом з тим, їх виготовлення включає складні технологічні процеси: створення дрібнопористої капілярної структури складної форми, забезпечення щільних теплових контактів, значну кількість високощільних з'єднань гідравлічних трактів різних розмірів, товщини стінок і т.і., що сутте-

UA (19) 40835 (13) U

во підвищує їх вартість і, відповідно, не сприяє розширенню їх застосування в різних галузях народного господарства.

Найближчим аналогом технічної пропозиції слід вважати конструкцію контурної теплової труби, яка наведена в матеріалах (Proceed of the 6th European Symposium on Space Environmental Control Systems, Noordwijk, The Netherlands, 20-22 May 1997 (ESA Sp-400; August 1997) pp.372-375). Конструкція КТТ включає: зону нагріву, що складається з: трубчастого корпусу; капілярно-пористого елементу (капілярного насосу); випарника з паровідвідними каналами та колектором, які утворюються канавками на зовнішній поверхні капілярно-пористого елементу і з'єднаної з ним внутрішньої поверхні корпусу нагрівача; конденсатора та трубопроводів пари і конденсату. Теплоносій (рідинна фаза) заповнює внутрішню частину циліндричного капілярно-пористого елементу і через нього, в радіальному напрямку, підводиться в зону випарника, при цьому капілярний насос виконує функцію гідравлічного затвору, що перешкоджає "прорив" пари в середину елементу.

Наведена конструктивна схема передбачає підвід теплового потоку до зовнішньої поверхні корпусу зони нагріву і, відповідно, до контактуючого з нею капілярно-пористого елементу. На границі цих поверхонь відбувається пароутворення. Пара через паровідвідні канали і колектор поступає у паропровід, по якому переміщується у конденсатор, що охолоджується, наприклад, водою. Сконденсований теплоносій по конденсатопроводу повертається до зони нагріву, через компенсаційну порожнину у внутрішню частину капілярного насосу, який підживлює конденсатом (теплоносієм) зону пароутворення, і тепломасообмінний цикл контурної теплової труби повторюється. Наведена конструкція КТТ має недоліки, які обмежують її можливості більш широкого застосування у практиці:

- технологічна складність виготовлення: капілярно-пористого елементу, значної кількості вакуум-щільних з'єднань і деталей конструкції; високі вимоги до точності спряження (з'єднання і розташування деталей в середині КТТ);
- суттєвий інтервал коливань теплообмінних характеристик між окремими КТТ одного типорозміру (в одній серії), що обумовлено складністю процесів дегазації, вакуумування і точністю заповнення теплоносієм;
- конструкція капілярно-пористого елементу вимагає використання матеріалів з низькою теплопровідністю (нікелеві, титанові порошки);
- всі КТТ такого типу мають високу собівартість їх виробництва.

В основу корисної моделі поставлена задача поєднання відносно простої технології виготовлення традиційних теплових труб (ТТ) з властивостями КТТ, зокрема можливістю сприйняття і передачі теплових потоків високої щільності, що пов'язано з реалізацією при пароутворенні принципу "перекинутого меніска". Цей підхід дозволяє відбирати тепло від "джерела" зі щільністю до 100 Вт/см^2 і тим самим розширити можливості застосування. Особливо актуальною ця властивість

стає при використанні такого пристрою в теплонавантажених елементах електроніки, наприклад, у високочастотних потужних транзисторах.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що контурна теплова труба складається з: трубчастого корпусу із зоною нагріву, на внутрішній поверхні якої нанесена кільцева насічка; зон транспорту і конденсації; капілярної структури; компенсаційних порожнин та трубопроводів пари і конденсату, яка відрізняється тим, що капілярна структура в зоні нагріву контурної теплової труби має наскрізні прорізи, а на ділянці зони транспорту - компенсаційні порожнини, при цьому до внутрішньої поверхні капілярної структури від зони нагріву до кінця зони конденсації приєднана паропровідна трубка, в якій по довжині зони нагріву над прорізами капілярної структури виконані отвори.

Виготовлення такої конструкції КТТ суттєво спрощує технологію її виробництва і значно розширює можливості її застосування в галузях з масовим виробництвом приладів, що потребують вирішення проблем забезпечення теплових режимів. До цих галузей належить, наприклад, радіоелектроніка, мікроелектроніка, комутаційні та інформаційні системи та ін., де мають місце теплонавантажені елементи з високою щільністю теплових потоків.

Принцип дії і послідовність тепломасообмінних процесів корисної моделі ілюструються кресленням.

На Фіг.1 зображено повздовжній перетин КТТ;

на Фіг.2 - її поперечний перетин І-І на Фіг.1.

Конструкція КТТ складається з наступних елементів: трубчастого корпусу 1 із зонами конденсації (з. к.), транспорту (з. т.) і нагріву (з. н.) з кільцевою насічкою у вигляді дрібної різьби 2 на її внутрішній поверхні, капілярної структури 3, приєднаної до трубчастого корпусу 1, наприклад, спіканням, яка починається від зони нагріву і досягає початку зони конденсації. Капілярна структура 3, в межах зони нагріву, має повздовжні наскрізні прорізи 4, а в зоні транспорту сформовані компенсаційні порожнини 7, які зменшують поперечну площину структури у транспортній зоні на $1/4 \dots 1/3$ периметру. До внутрішньої поверхні капілярної структури 3 від зони нагріву до кінця зони конденсації приєднана паропровідна трубка 5, в якій по довжині зони нагріву (над прорізами капілярної структури 4) виконані отвори 6.

Деталі КТТ можуть бути виготовлені з розповсюджених матеріалів, наприклад: легованих сталей, а також використані теплопровідні матеріали, такі як мідь і алюміній. Це обумовлено тим, що ця конструкція виключає можливість "прориву" пари із зони нагріву в зону транспорту і припинення надходження рідини до зони нагріву. Паропровідна трубка 5 і капілярна структура 3 виготовляються з тих самих матеріалів, при цьому структура може формуватись як з мілкодисперсних металевих порошоків з діаметром часток $1 \dots 10 \text{ мкм}$, так і металевих волокон діаметром $20 \dots 50 \text{ мкм}$ і довжиною $3 \dots 4 \text{ мм}$. В якості теплоносія допускається використання широкого спектру рідин (аміак, спирти, вода та ін.), підбір яких визначається хімічною нейтра-

льністю по відношенню до інших деталей КТТ, а також рівнем робочих (теплових) характеристик.

КТТ працює наступним чином: тепловий потік Q підводиться до зони нагріву (кондукцією, конвекцією або випромінюванням), через стінку трубчатого корпусу 1 тепло передається у зону контакту виступів насічки 2 і капілярної структури, насиченої теплоносієм. Внаслідок нагріву, в найближчих до виступів порах структури виникає пароутворення. Пара по "канавках" насічки переміщується до найближчого прорізу 4 капілярної структури 3 і через нього і отвори 6 у паропровідній трубці 5 спрямовується до зони конденсації, де тиск пари завжди менше, ніж у зоні нагріву. Потік пари через торець паропровідної трубки 5 попадає до зони конденсації, на внутрішній стінці якої відбувається його конденсація. Конденсат всмоктується в капілярну структуру 3 і під дією капілярних сил (менісків у

мікропорах в зоні контакту структури і виступів насічки) переміщується до зони нагріву, забезпечуючи пароутворення по всій її внутрішній поверхні, і цикл повторюється. У випадках коливання теплових потужностей або при запуску КТТ, коли сили тяжіння можуть частину теплоносія зосередити у вигляді "калюжі", наприклад у зоні конденсації, виникає потреба в надійному підживленні зони нагріву рідким теплоносієм. Для цього також, як і в прототипах, в конструкції КТТ передбачаються компенсаційні порожнини 4, заповнені теплоносієм. В цих випадках рідина з компенсаційних порожнин підживлює структуру у зоні нагріву до початку стабілізації тепломасообмінного циклу, наведеного вище.

Запропонована конструкція КТТ не вимагає складних технологій для своєї реалізації і суттєво розширює діапазон її застосування.

