



УКРАЇНА

(19) UA (11) 90356 (13) C2
(51) МПК (2009)
F28D 7/00
F28F 3/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ТЕПЛООБМІННИЙ ПАКЕТ ДОБРОВА

1

(21) а200806758
(22) 16.05.2008
(24) 26.04.2010
(46) 26.04.2010, Бюл.№ 8, 2010 р.
(72) ДОБРОВ ВІКТОР ІВАНОВИЧ
(73) ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
"БІОТЕХНІКА"
(56) UA 79023 C2, 10.05.2007
SU 1710974 A1, 07.02.1992
US 4738225 A, 19.04.1988
EP 1361405 A2, 12.11.2003
US 4574112 A, 04.03.1986
RU 2075704 C1, 20.03.1997
WO 2005064259 A1, 14.07.2005
SU 1483231 A1, 30.05.1989
GB 2001422 A, 31.03.1979
JP 2004044909 A, 12.02.2004
(57) Теплообмінний пакет, що містить багатоходовий трубчастий змійовик із круглих цільнотягнутих труб, які мають U-подібні відрізки вигину із круглим поперечним перерізом і переміжні з ними паралельні між собою прямолінійні відрізки, деформовані

2

з утворенням каналів плоскоовального поперечного перерізу, оребрення у вигляді гофрованих пластин, яке розміщене на плоских поверхнях прямолінійних відрізків змійовика, який **відрізняється** тим, що теплообмінний пакет містить тільки один трубчастий змійовик, виконаний у вигляді багатовиткової просторової спіралі, частина кожного витка якої утворена двома прямолінійними відрізками і U-подібним відрізком вигину між ними і розташована в площині, перпендикулярній осьовій лінії просторової спіралі, а оребрення розміщене між суміжними витками трубчастого змійовика, є загальним для плоских поверхонь його плоскоовальних каналів і визначає крок H витків, величина якого може приймати значення, визначені співвідношенням:

$$D_{\text{тр.}} \leq H \leq 2R_{\text{изг.}},$$

де: $D_{\text{тр.}}$ - зовнішній діаметр труби;

$R_{\text{изг.}}$ - радіус вигину U-подібного відрізка труби;

H - крок витків трубчастого змійовика.

Пропонований винахід відноситься до трубчастих теплообмінних апаратів і може знайти застосування в транспортному й енергетичному машинобудуванні, а також у мікробіологічній, хімічній і іншій галузях промисловості.

Відома секція теплообмінного апарата, що містить багатоходові змійовики з U-образними і прямолінійними відрізками, вигнуті з цільнотягнутої труби з плоскоовальним поперечним перерізом. При цьому більші вісі поперечних перерізів прямолінійних відрізків змійовика перпендикулярні площині розташування поздовжньої осьової лінії плоскоовальної труби, вигнутої у вигляді багатоходового змійовика [1]. Зовнішнє оребрення у вигляді гофрованих пластин розміщене в просторі між ходами кожного зі змійовиків на плоских поверхнях їх прямолінійних відрізків. Теплообмінний апарат для одержання необхідної поверхні теплообміну повинен мати відповідну кількість виготовлених таким чином окремих секцій, взаємна фіксація яких не передбачена і, як наслідок,

жорсткість і тривкість такої конструкції не забезпечується. Недоліком цієї конструкції [1] є також необхідність забезпечення з високим ступенем точності паралельності й однакової відстані між всіма плоскими поверхнями прямолінійних відрізків ходів змійовика, що потрібно для одержання надійного механічного й теплового контакту оребрення з поверхнею плоскоовальної труби змійовика. Це істотно ускладнює технологію виготовлення багатовиткових змійовиків і процес складання теплообмінного пакета. Принциповий же недолік такої конструкції [1] - це неможливість виконання з цільнотягнутої плоскоовальної труби багатоходового змійовика, який має на U-образних відрізках вигину радіус кривизни, що забезпечував би необхідну відстань між плоскими поверхнями прямолінійних відрізків змійовика. Ця відстань обумовлює висоту оребрення, розташованого в просторі між ходами змійовика, і навіть при мінімальному технологічно можливому значенні радіуса вигину плоскоовальної труби, надається заздалегідь більшою, ніж це

(13) C2

(11) 90356

(19) UA

необхідно виходячи з умов теплообміну. Як слідство, суттєво зменшується коефіцієнт ефективності ребра, що значно зменшує тепловідведення з одиниці об'єму теплообмінного апарата і погіршує його масогабаритні характеристики.

Відомий також теплообмінний пакет, що містить багатоходові змійовики із круглих цільнотягнутих труб з U-образними і переміжними з ними прямолінійними відрізками, прийнятий за прототип [2]. Багатоходовий змійовик деформований тільки на прямолінійних відрізках змійовика з утворенням каналів, що мають плоскоовальні поперечні перерізи, великі вісі яких розміщені в одній площині - площині розташування подовжньої осьової лінії труби, вигнутої у вигляді змійовика. Оребрення розміщене між суміжними змійовиками теплообмінного пакета і є загальним для всіх плоских поверхонь двох сусідніх змійовиків. Таке рішення дозволяє вибрати найбільш ефективний тип поверхні оребрення - пластинчато-ребристий та з параметрами, які повністю відповідають умовам теплообміну [3,4]. При цьому забезпечуються надійний механічний та тепловий контакти оребрення з плоскими поверхнями трубчатих змійовиків пакета, що дозволяє одержувати жорстку й тривку конструкцію. Така конструкція теплообмінного пакета [2], що містить кілька трубчастих змійовиків, найбільш повно відповідає умовам роботи теплообмінних апаратів, у каналах яких відбувається зміна фазового стану теплоносія, що накладає істотні обмеження на відношення довжини каналу для циркуляції теплоносія до його еквівалентного діаметра $L/d_{\text{екв}}$, (що найбільш характерно для холодильної техніки). При відсутності ж зміни фазового стану теплоносія використання апарата, який містить кілька трубчастих змійовиків і отже вхідний і вихідний колектори, які з'єднують їх, менш доцільно. Наявність колекторів ускладнює конструкцію, призводить до збільшення маси й габаритів теплообмінного апарата, а також до додаткових витрат на його виготовлення.

Завданням, на рішення якого спрямований пропонований винахід, є інтенсифікація теплообміну, спрощення конструкції, підвищення надійності й поліпшення масо-габаритних характеристик теплообмінного пакета, розширення функціональних можливостей і області його застосування.

Завдання вирішується тим, що теплообмінний пакет містить тільки один трубчастий змійовик, виконаний із круглої цільнотягнутої труби у вигляді багатовиткової просторової спіралі з постійним кроком витків так, що частина кожного витка змійовика, яка утворена із двох паралельних між собою прямолінійних відрізків і U-образного відрізка вигину із круглим поперечним перерізом між ними, розташована в одній площині, й ця площина перпендикулярна осьовій лінії просторової спіралі. Прямолінійні відрізки кожного витка трубчастого змійовика деформовані по всій їх довжині з утворенням каналів плоскоовального поперечного перерізу. Причому деформація прямолінійних відрізків здійснена таким чином, що більші вісі поперечних перерізів двох плоскоовальних каналів кожного витка трубчастого змійовика перебувають в одній площині, що перпендикулярна осьовій лінії

цього змійовика, який виконаний у вигляді просторової спіралі. Оребрення ж розміщене між суміжними витками трубчастого змійовика є загальним для плоских поверхонь їх плоскоовальних каналів і визначає крок витків трубчастого змійовика. Крок витків H трубчастого змійовика однаковий, обумовлюється висотою оребрення, розрахованої для конкретних умов теплообміну, і може приймати значення, визначених співвідношенням:

$$D_{\text{тр.}} \leq H \leq 2R_{\text{изг.}}$$

де: $D_{\text{тр}}$ - зовнішній діаметр труби;

$R_{\text{изг.}}$ - радіус вигину U-образного відрізка труби;

H - крок витків трубчастого змійовика.

У прототипі [2] в одній площині (це площина розташування подовжньої осьової лінії круглої труби, вигнутої у вигляді змійовика) перебувають більші вісі поперечних перерізів всіх плоскоовальних каналів прямолінійних відрізків кожного трубчастого змійовика, що входить до складу теплообмінного пакета. У запропонованій же конструкції трубчастий змійовик тільки один і виконаний у вигляді багатовиткової просторової спіралі таким чином, що в площинах, які перпендикулярні осьовій лінії просторової спіралі, розташовані більші вісі поперечних перерізів плоскоовальних каналів тільки двох прямолінійних відрізків з U-образним відрізком вигину між ними, що утворюють лише частину кожного витка трубчастого змійовика. При цьому другий U-образний відрізок вигину кожного витка спіралі розташований похило, що і забезпечує крок H її витків, величина якого обумовлюється висотою оребрення. Так як U-образні відрізки вигину трубчастого змійовика мають круглий поперечний переріз, то це дає можливість виконати U-образні відрізки з мінімальним радіусом вигину й розташувати їх похило до площин, у яких розташовані два прямолінійні відрізки і U-образний відрізок вигину між ними кожного витка трубчастого змійовика.

Таким чином, трубчастий змійовик пропонованого теплообмінного пакета виконаний у вигляді багатовиткової просторової спіралі й має як U-образні відрізки вигину, розташовані в одній площині із двома прямолінійними відрізками плоскоовальних каналів кожного його витка, так і U-образні відрізки вигину розташовані з нахилом, відповідним до кроку витків трубчастого змійовика. При цьому плоскі поверхні плоскоовальних каналів суміжних витків змійовика паралельні між собою, відстань між цими поверхнями однакова й дорівнює висоті оребрення. Висота плоскоовальних каналів багатоходового трубчастого змійовика, отриманих при деформації його прямолінійних відрізків, вибирається з урахуванням фізичних характеристик (в основному - в'язкості) теплоносія. Оребрення пластинчато-ребристого типу виконане у вигляді суцільних гофрованих пластин шириною, рівній глибині пакета за рухом повітря й розміщене на плоских поверхнях плоскоовальних каналів трубчастого змійовика між його суміжними витками, тоді як у прототипі [2] оребрення розміщується між поверхнями каналів сусідніх змійовиків теплообмінного пакета. Виконання теплообмінного па-

кета тільки з одним змійовиком із круглої цільнотягнутої труби дозволяє збільшити жорсткість і монолітність конструкції при збереженні надійного механічного й теплового контакту оребрення з поверхнею його плоскоовальних каналів. Кількість витків багатоголового трубчастого змійовика й довжина його прямолінійних відрізків визначається тепловим навантаженням апарата й відповідної йому величиною поверхні теплообміну. Пропонований теплообмінний пакет має тільки один трубчастий змійовик для циркуляції теплоносія, що дозволяє обійтися без вхідного й вихідного колекторів. Це спрощує конструкцію теплообмінного апарата з таким пакетом і технологію його виготовлення, зменшує габарити й масу, знижує трудовитрати й вартість матеріалів на виготовлення. Підвищується експлуатаційна надійність апарата, розширюється функціональні можливості й область його застосування. Сполучення вискоєфективної пластинчато-ребристої поверхні теплообміну, що має оптимальні параметри, і багатовиткового трубчастого змійовика із прямолінійними каналами плоскоовального поперечного перерізу дозволяє максимально інтенсифікувати теплообмін.

На фіг. 1 зображений теплообмінний пакет у зборі.

Теплообмінний пакет містить трубчастий змійовик 1 у вигляді багатовиткової просторової спіралі, виконаної із круглої цільнотягнутої труби із прямолінійними каналами 2 плоскоовального поперечного перерізу й U-образними відрізками вигину 3 круглого поперечного перерізу, розташованими в площинах, перпендикулярних осьовій лінії просторової спіралі, а також U-образні відрізки 4 круглого поперечного перерізу, розташовані похило до цих площин. Між витками трубчастого змійовика 1 на плоских поверхнях прямолінійних відрізків каналів 2 розміщене поперечне оребрення 5.

Оребрення 5 виконане у вигляді гофрованих пластин із шириною, рівній глибині теплообмінного пакета в напрямку руху повітря і є загальним для суміжних прямолінійних відрізків трубчастого змійовика 1.

При складанні теплообмінного пакета гофровані пластини оребрення 5 розміщують у просторі між прямолінійними відрізками каналів 2 суміжних витків змійовика 1 і додають зусилля, необхідне для забезпечення контакту між елементами конструкції. Так як оребрення 5 контактує із плоскими поверхнями плоскоовальних каналів 2 тільки кожних двох суміжних витків трубчастого змійовика 1, то це дозволяє забезпечити їх рівномірне й щільне сполучення. З'єднання всіх елементів конструкції в монолітний нероз'ємний блок здійснюють, при використанні алюмінієвих сплавів, пайкою у ванні з розплавленим флюсом або, наприклад, за допомогою теплопровідного клею.

Запропонована конструкція дозволяє використовувати зовнішнє оребрення пластинчато-ребристого типу з розвинутою поверхнею теплообміну й параметрами, які відповідають конкретним умовам теплообміну, що забезпечує її високу теплову ефективність. Також забезпечується компактність, монолітність, тривкість і жорсткість конструкції, спрощується технологія виготовлення теплообмінного апарата й досягається розширення функціональних можливостей і області його застосування.

Джерела інформації:

1. Патент США №2.427.336
2. Патент UA №79023, F28D 7/08, F25B 39/00, F28F 3/00 опуб.2007р, Бюл. №6 - прототип.
3. В.М. Кэйс, А.Л. Лондон. Компактные теплообменники. М., «Энергия», 1967, 224 с.
4. Керн Д., Краус А. Развитие поверхности теплообмена. М., «Энергия», 1977, 464 с.

