

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7210151号  
(P7210151)

(45)発行日 令和5年1月23日(2023.1.23)

(24)登録日 令和5年1月13日(2023.1.13)

(51)国際特許分類

F I

F 2 8 F 3/04 (2006.01)

F 2 8 F 3/04

Z

F 2 8 D 9/02 (2006.01)

F 2 8 D 9/02

F 2 8 F 3/08 (2006.01)

F 2 8 F 3/08

3 1 1

F 2 8 F 17/00 (2006.01)

F 2 8 F 17/00

5 1 1

請求項の数 8 (全24頁)

(21)出願番号 特願2018-67616(P2018-67616)  
 (22)出願日 平成30年3月30日(2018.3.30)  
 (65)公開番号 特開2019-178807(P2019-178807  
 A)  
 (43)公開日 令和1年10月17日(2019.10.17)  
 審査請求日 令和3年3月30日(2021.3.30)

(73)特許権者 000183369  
 住友精密工業株式会社  
 兵庫県尼崎市扶桑町1番10号  
 (74)代理人 100104433  
 弁理士 宮園 博一  
 (74)代理人 100155608  
 弁理士 大日方 崇  
 (72)発明者 山腰 宗久  
 兵庫県尼崎市扶桑町1番10号 住友精  
 密工業株式会社内  
 (72)発明者 藤田 泰広  
 兵庫県尼崎市扶桑町1番10号 住友精  
 密工業株式会社内  
 (72)発明者 東後 英二  
 兵庫県尼崎市扶桑町1番10号 住友精  
 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 拡散接合型熱交換器

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

積層されて拡散接合された第1伝熱板および第2伝熱板を含むコアを備え、  
 前記第1伝熱板は、流路幅方向に並んで設けられた溝状の複数のチャネルを有し、高温  
 流体を流通させる高温流路を含み、  
 前記第2伝熱板は、低温流体を流通させる低温流路を含み、  
 前記第1伝熱板の前記高温流路は、前記第2伝熱板の流路入口から前記流路入口よりも  
 下流側の位置までの所定範囲と積層方向に重なる範囲において、前記高温流体が複数の前  
 記チャネル間に跨がって流動可能に構成された連結チャネル部を有し、  
 前記高温流路は、流路幅方向に複数並んだ線状の前記チャネルと、複数の前記チャネル  
 をそれぞれ一定のチャネル幅に区画する線状の隔壁とを含み、  
 前記連結チャネル部では、隣り合う前記チャネル間に跨がって前記チャネル同士を連通  
 させる溝状の連結通路が複数形成されており、  
 複数の前記連結通路は、前記流路幅方向に隣り合う前記連結通路に対して、前記高温流  
 体の流通方向における位置が互いにずれるように、千鳥状に配置されている、拡散接合型  
 熱交換器。

## 【請求項2】

前記高温流路の前記チャネルと前記連結通路とは、それぞれ一定で互いに等しい幅を有  
 する、請求項1に記載の拡散接合型熱交換器。

## 【請求項3】

10

20

積層されて拡散接合された第 1 伝熱板および第 2 伝熱板を含むコアを備え、

前記第 1 伝熱板は、流路幅方向に並んで設けられた溝状の複数のチャンネルを有し、高温流体を流通させる高温流路を含み、

前記第 2 伝熱板は、低温流体を流通させる低温流路を含み、

前記第 1 伝熱板の前記高温流路は、前記第 2 伝熱板の流路入口から前記流路入口よりも下流側の位置までの所定範囲と積層方向に重なる範囲において、前記高温流体が複数の前記チャンネル間に跨がって流動可能に構成された連結チャンネル部を有し、

前記高温流路は、平面視において、前記第 2 伝熱板の前記低温流路と重複する重複領域と、少なくとも前記低温流路の流路入口側で前記重複領域よりも外側に設けられた非重複領域と、を含む、拡散接合型熱交換器。

10

【請求項 4】

積層されて拡散接合された第 1 伝熱板および第 2 伝熱板を含むコアを備え、

前記第 1 伝熱板は、流路幅方向に並んで設けられた溝状の複数のチャンネルを有し、高温流体を流通させる高温流路を含み、

前記第 2 伝熱板は、低温流体を流通させる低温流路を含み、

前記第 1 伝熱板の前記高温流路は、前記第 2 伝熱板の流路入口から前記流路入口よりも下流側の位置までの所定範囲と積層方向に重なる範囲において、前記高温流体が複数の前記チャンネル間に跨がって流動可能に構成された連結チャンネル部を有し、

前記低温流路は、前記第 2 伝熱板の前記所定範囲に設けられた第 1 部分と、前記第 1 部分よりも下流側の第 2 部分とを含み、

20

前記第 1 部分は、前記第 2 部分よりも伝熱性能が低くなるように構成されている、拡散接合型熱交換器。

【請求項 5】

前記連結チャンネル部は、前記第 1 伝熱板において前記高温流路の略全体に亘って形成されている、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の拡散接合型熱交換器。

【請求項 6】

前記低温流路は、前記低温流体を流通させる溝状の複数のチャンネルを含み、

前記第 1 部分の前記チャンネルは、前記第 2 部分の前記チャンネルよりも伝熱性能が低くなるように平面形状が異なっている、請求項 4 に記載の拡散接合型熱交換器。

【請求項 7】

30

前記高温流路を流れる前記高温流体と、前記低温流路を流れる前記低温流体とが、互いに同じ方向に流れる並行流型の熱交換器である、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の拡散接合型熱交換器。

【請求項 8】

前記第 1 伝熱板および前記第 2 伝熱板は、一对の第 1 側端面と前記第 1 側端面に隣接する一对の第 2 側端面とを含み、

前記高温流路は、前記第 1 伝熱板の前記第 1 側端面に開口した流路入口から前記第 2 側端面に沿う方向に延びるように形成され、

前記低温流路は、前記第 2 伝熱板の一对の前記第 2 側端面にそれぞれ開口した前記流路入口からそれぞれ延びた後屈曲して、前記第 2 側端面に沿う方向に延びるように形成されている、請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の拡散接合型熱交換器。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、拡散接合型熱交換器に関し、特に、溝状の流路が形成された複数の伝熱板が積層され拡散接合された構成の拡散接合型熱交換器に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、溝状の流路が形成された複数の伝熱板が積層され拡散接合された構成の拡散接合型熱交換器が知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

50

## 【 0 0 0 3 】

上記特許文献 1 には、第 1 伝熱板と第 2 伝熱板とを交互に積層して拡散接合したコアを備える熱交換器が開示されている。第 1 伝熱板および第 2 伝熱板は、ステンレス鋼材からなり、それぞれ複数の流体通路部が設けられている。流体通路部は、伝熱板の表面に凹状の溝として形成され流体の導入口と導出口との間をつなぐ流路（チャンネル）によって構成されている。流路は、導入口と導出口との間で複数本に分岐している。複数本に分岐した部分は、直線状に延びて互いに間隔を隔てて並んでいる。

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 0 4 】

【 文献 】 特開 2 0 1 7 - 1 8 0 9 8 4 号 公 報

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 5 】

上記特許文献 1 のような拡散接合型の熱交換器は、金属製の伝熱板同士が拡散接合によって一体化されるため強度が高く、一般的な熱交換器と比較して小型の装置とされる。拡散接合型の熱交換器は、大きな熱応力にも耐えうるため、大きな温度差を有する流体間での熱交換用途に好適に用いられる。このような用途として、たとえば液化天然ガス（LNG）や液体水素などの極低温の流体の気化または昇温がある。この場合、熱源となる高温流体として水や不凍液などが一般に用いられる。

## 【 0 0 0 6 】

しかしながら、低温流体として極低温の液化ガスなどを流通させる場合、伝熱板の流路内で水やエチレングリコール水溶液などの高温流体が凍結（凝固）して流路が部分的に閉塞してしまう場合がある。特に、低温流体の入口付近と重なる位置に配置された高温流体側の流路では、低温流体の入口温度が低いため凍結しやすい。拡散接合型の熱交換器は、小型に形成される分、全流路断面積も小さいため、一部の流路が閉塞した場合に熱交換器の性能に与える影響（性能低下）が大きくなるという不都合がある。また、一旦高温流体の凍結が発生すると、凍結部位の下流側で流れが抑制されるので、流路内で凍結部位を起点として凍結領域が拡大することもある。

## 【 0 0 0 7 】

このため、極低温の流体を扱う拡散接合型の熱交換器において、高温流体側の流路に凍結が発生することを抑制でき、たとえ凍結が発生しても凍結領域が拡大することを抑制できるようにすることが望まれている。

## 【 0 0 0 8 】

この発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、この発明の 1 つの目的は、極低温の流体を扱う場合に、高温流体側の流路に凍結が発生することを抑制可能で、凍結が発生した場合でも凍結領域が拡大することを抑制可能な拡散接合型熱交換器を提供することである。

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 0 9 】

上記目的を達成するために、第 1 の発明による拡散接合型熱交換器は、積層されて拡散接合された第 1 伝熱板および第 2 伝熱板を含むコアを備え、第 1 伝熱板は、流路幅方向に並んで設けられた溝状の複数のチャンネルを有し、高温流体を流通させる高温流路を含み、第 2 伝熱板は、低温流体を流通させる低温流路を含み、第 1 伝熱板の高温流路は、第 2 伝熱板の流路入口から流路入口よりも下流側の位置までの所定範囲と積層方向に重なる範囲において、高温流体が複数のチャンネル間に跨がって流動可能に構成された連結チャンネル部を有し、高温流路は、流路幅方向に複数並んだ線状のチャンネルと、複数のチャンネルをそれぞれ一定のチャンネル幅に区画する線状の隔壁とを含み、連結チャンネル部では、隣り合うチャンネル間に跨がってチャンネル同士を連通させる溝状の連結通路が複数形成されており、複数の連結通路は、流路幅方向に隣り合う連結通路に対して、高温流体の流通方向における

10

20

30

40

50

位置が互いにずれるように、千鳥状に配置されている。

また、第2の発明による拡散接合型熱交換器は、積層されて拡散接合された第1伝熱板および第2伝熱板を含むコアを備え、第1伝熱板は、流路幅方向に並んで設けられた溝状の複数のチャンネルを有し、高温流体を流通させる高温流路を含み、第2伝熱板は、低温流体を流通させる低温流路を含み、第1伝熱板の高温流路は、第2伝熱板の流路入口から流路入口よりも下流側の位置までの所定範囲と積層方向に重なる範囲において、高温流体が複数のチャンネル間に跨がって流動可能に構成された連結チャンネル部を有し、高温流路は、平面視において、第2伝熱板の低温流路と重複する重複領域と、少なくとも低温流路の流路入口側で重複領域よりも外側に設けられた非重複領域と、を含む。

また、第3の発明による拡散接合型熱交換器は、積層されて拡散接合された第1伝熱板および第2伝熱板を含むコアを備え、第1伝熱板は、流路幅方向に並んで設けられた溝状の複数のチャンネルを有し、高温流体を流通させる高温流路を含み、第2伝熱板は、低温流体を流通させる低温流路を含み、第1伝熱板の高温流路は、第2伝熱板の流路入口から流路入口よりも下流側の位置までの所定範囲と積層方向に重なる範囲において、高温流体が複数のチャンネル間に跨がって流動可能に構成された連結チャンネル部を有し、低温流路は、第2伝熱板の所定範囲に設けられた第1部分と、第1部分よりも下流側の第2部分とを含み、第1部分は、第2部分よりも伝熱性能が低くなるように構成されている。

なお、本明細書において、「高温流体」および「低温流体」は、両者の間での相対的な温度の違いを表したものであり、絶対値としての特定の温度にあることを意味するものではない。また、本明細書において、「チャンネル」とは、流体の流通方向と直交する流路幅方向において、流路内を区画する隔壁によって仕切られた個々の通路部分を意味する。上記構成によれば、複数のチャンネルが少なくとも連結チャンネル部において相互に連通するため、各々のチャンネルは、流路入口から流路出口に至るまで独立した1本の通路ではない。つまり、各々のチャンネルは、流路入口から流路出口に至るまでに分岐したり別のチャンネルと合流したりしてもよい。

#### 【0010】

第1～第3の発明による拡散接合型熱交換器では、上記のように、第2伝熱板の流路入口から流路入口よりも下流側の位置までの所定範囲（低温流路の入口付近）と重なる高温流路の範囲に、高温流体が複数のチャンネル間に跨がって流動可能に構成された連結チャンネル部を設ける。これにより、高温流路のうち、最も低温となる所定範囲と重なる範囲では、各チャンネルが独立した構成と比較して、伝熱面積（チャンネル内表面積）を増大させるとともに、チャンネル間を跨がる流れによって乱流に近い流れが発生するため、連結チャンネル部における熱伝達率を向上させることができる。その結果、高温流路が形成された第1伝熱板への入熱量が増大して高温流路の内表面の温度を高くすることができるので、高温流路における凍結の発生を抑制することができる。また、たとえ連結チャンネル部において高温流体の凍結（凝固）が生じて一部のチャンネルが閉塞した場合でも、別のチャンネルを流れる高温流体がチャンネル間を跨いで閉塞したチャンネルの下流側へ回り込むことができる。その結果、凍結部分の周囲での高温流体の流れが抑制される事に起因する凍結部位の拡大を抑制できる。さらに、一部のチャンネルが凍結により閉塞すると、その分だけ高温流路の流路断面積が減少し、凍結していないチャンネルでは高温流体の流速が上昇する。その結果、凍結していないチャンネルにおける熱伝達率が向上して第1伝熱板への入熱量が増大するので、高温流体の凍結部位の拡大が抑制される。以上により、極低温の流体を扱う場合に、高温流体側の流路に凍結が発生することを抑制でき、凍結が発生した場合でも凍結領域が拡大することを抑制することができる。

さらに、上記第1の発明による拡散接合型熱交換器では、線状溝からなるチャンネル同士を接続するように溝状の連結通路を形成するだけで、容易に連結チャンネル部を構成できる。特に、第1伝熱板に対してエッチングなどにより高温流路を形成する場合には、線状のチャンネルと連結通路とを構成する溝構造を一括して形成できるので、連結チャンネル部を設ける場合でも製造工程が複雑化することを抑制できる。そして、たとえば連結通路が流路幅方向に直線状に並んでいる場合と比較して、より効率よく高温流体を流路幅方向に移動

10

20

30

40

50

させることができる。この結果、連結チャネル部の伝熱効率の向上および連結チャネル部における凍結部位の周囲への高温流体の回り込みを促進することができる。なお、本明細書において、「千鳥状」とは互い違いになることを意味し、たとえば流路幅方向において奇数番目の連結通路の位置と、偶数番目の連結通路の位置とが、流通方向において互い違いになっていることである。

また、上記第2の発明による拡散接合型熱交換器において、非重複領域では、低温流路側で低温流体が流通しない部分と重複するので、非重複領域を流れる高温流体は、高温流体と低温流体との熱交換にそれほど寄与せず、余剰の高温流体となる。そこで、この非重複領域を低温流路の流路入口側に配置することによって、高温流体の温度が低下する部位（低温流路の流路入口付近の所定範囲と重複する部位）に余剰の高温流体の流れを形成することができる。このため、非重複領域を流れる余剰の高温流体の分だけ高温流体の熱容量を増大させることができる。また、たとえ非重複領域が凍結しても、高温流体の回り込みにより凍結部位よりも下流側に高温流体の流れを形成することができる。その結果、凍結が発生しやすい領域の周辺および下流側に余剰の高温流体の流れを形成できるので、低温流路の流路入口付近の所定範囲と重複する部位での高温流路内の凍結の発生および凍結部位の拡大を、効果的に抑制することができる。

10

また、上記第3の発明による拡散接合型熱交換器において、低温流路の流路入口から流路入口よりも下流側の位置までの所定範囲（最も低温となる低温流路の入口付近）では、第1部分によって低温流路の伝熱性能が抑制されるので、その分、所定範囲と重複する高温流路側の表面温度を上昇させることができる。その結果、低温流路の流路入口付近の所定範囲と重複する部位での高温流路内の凍結の発生を、効果的に抑制することができる。なお、本明細書において、伝熱性能は、熱伝導、熱伝達（対流熱伝達）、熱放射の各々による熱の移動を含む総合的な性能とする。

20

上記第1の発明による拡散接合型熱交換器において、好ましくは、高温流路の前記チャネルと連結通路とは、それぞれ一定で互いに等しい幅を有する。

#### 【0011】

上記第1～第3のいずれかの発明による拡散接合型熱交換器において、好ましくは、連結チャネル部は、第1伝熱板において高温流路の略全体に亘って形成されている。このように構成すれば、上記連結チャネル部によって得られる効果を、所定範囲（低温流路の入口付近）のみならず高温流路全体に亘って実現することができる。高温流路内で凍結が発生する可能性が高い所定範囲は、設計仕様において定められた運転条件下での実験またはシミュレーションにより予め確定することができるが、実際の運転中には、予め把握できない各種の変動要因が存在し、凍結部位が想定よりも大きくなる事もあり得る。そのような場合に、上記構成では高温流路全体に連結チャネル部が形成されていることにより、想定と異なる凍結部位が発生した場合でも凍結の発生および凍結部位の拡大を確実に抑制できる。

30

#### 【0017】

上記第3の発明による拡散接合型熱交換器において、好ましくは、低温流路は、低温流体を流通させる溝状の複数のチャネルを含み、第1部分のチャネルは、第2部分のチャネルよりも伝熱性能が低くなるように平面形状が異なっている。このように構成すれば、たとえばチャネル内表面積を小さくしたり、チャネルの幅を大きくしたり、チャネルを直線形状にしたりするなど、低温流路を構成するチャネルの形状を異ならせるだけで、容易に第1部分の伝熱性能を第2部分の伝熱性能よりも低くすることができる。

40

#### 【0018】

上記第1～第3のいずれかの発明による拡散接合型熱交換器において、好ましくは、高温流路を流れる高温流体と、低温流路を流れる低温流体とが、互いに同じ方向に流れる並行流型の熱交換器である。このように構成すれば、高温流路の流路入口と、低温流路の流路入口とが流路の同じ側に設けられることになる。そのため、高温流路において低温流路の入口付近と重なる位置では、最も高温の状態の高温流体が流通することになるので、高温流体の凍結の発生を効果的に抑制できる。また、実際の熱交換器の運転中には、予め把

50

握できない各種の変動要因によって、高温流体および低温流体の出口温度が想定よりも低温になることもあるが、入口温度についてはそのような変動要因の影響を受けにくい。そのため、各種の変動要因の影響を抑制して安定した凍結の抑制効果を得ることができる。

【 0 0 1 9 】

上記第 1 ～ 第 3 のいずれかの発明による拡散接合型熱交換器において、好ましくは、第 1 伝熱板および第 2 伝熱板は、一对の第 1 側端面と第 1 側端面に隣接する一对の第 2 側端面とを含み、高温流路は、第 1 伝熱板の第 1 側端面に開口した流路入口から第 2 側端面に沿う方向に延びるように形成され、低温流路は、第 2 伝熱板の一对の第 2 側端面にそれぞれ開口した流路入口からそれぞれ延びた後屈曲して、第 2 側端面に沿う方向に延びるように形成されている。このように構成すれば、第 1 側端面側の高温流体の流路入口に対して、左右の両側となる第 2 側端面に低温流体の流路入口をそれぞれ設ける事ができる。そのため、低温流体の流路入口を左右の片側に 1 つだけ設ける場合と比べて、個々の流路入口の開口面積を減少させることができるので、高温流路内で凍結が発生する可能性が高い領域を小さくしつつ、高温流路の左右両側に分散させることができる。これにより、凍結の発生を抑制し、凍結が発生する場合でも凍結部位を小さくすることができる。

10

【発明の効果】

【 0 0 2 0 】

本発明によれば、上記のように、極低温の流体を扱う場合に、高温流体側の流路に凍結が発生することを抑制可能で、凍結が発生した場合でも凍結領域が拡大することを抑制可能な拡散接合型熱交換器を提供することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 1 】

【図 1】第 1 実施形態による熱交換器を示した模式的な斜視図である。

【図 2】図 3 および図 4 の 5 0 0 - 5 0 0 線に沿った断面図である。

【図 3】第 1 伝熱板の高温流路の構成例を示した平面図である。

【図 4】第 2 伝熱板の低温流路の構成例を示した平面図である。

【図 5】連結チャネル部の構成例を示した平面図である。

【図 6】高温流路の各部と低温流路の各部との位置関係を説明するための平面図である。

【図 7】並行流型の熱交換器において流路に沿った流体の温度変化を説明するグラフである。

30

【図 8】第 2 実施形態による熱交換器の第 2 伝熱板を示した模式図である。

【図 9】第 2 実施形態による熱交換器の高温流路と低温流路との位置関係を説明するための平面図である。

【図 1 0】連結チャネル部の他の構成例（ A ）および（ B ）を示した模式図である。

【図 1 1】低温流路の第 1 部分（ A ）および第 2 部分（ B ）の他の構成例を示した模式図である。

【図 1 2】連結チャネル部の連結通路の配置に関する変形例を示した模式図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 2 】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

40

【 0 0 2 3 】

（第 1 実施形態）

図 1 ～ 図 6 を参照して、第 1 実施形態による熱交換器 1 0 0 の構成について説明する。第 1 実施形態による熱交換器 1 0 0 は、それぞれ溝状の流路が形成された第 1 伝熱板 1 0 および第 2 伝熱板 2 0 を積層し、拡散接合によって一体化することにより構成した拡散接合型のプレート式熱交換器である。熱交換器 1 0 0 は、特許請求の範囲の「拡散接合型熱交換器」の一例である。

【 0 0 2 4 】

図 1 に示すように、熱交換器 1 0 0 は、積層されて拡散接合された第 1 伝熱板 1 0 および第 2 伝熱板 2 0 を含むコア 1 を備える。また、熱交換器 1 0 0 は、第 1 入口ポート 2 a

50

および第 1 出口ポート 2 b (図 3 参照) と、第 2 入口ポート 3 a (図 4 参照) および第 2 出口ポート 3 b とを備えている。コア 1 は、複数の第 1 伝熱板 1 0 と、複数の第 2 伝熱板 2 0 とを含む。コア 1 は、第 1 伝熱板 1 0 を流れる高温流体 H F と第 2 伝熱板 2 0 を流れる低温流体 L F との間で熱交換を行う熱交換部である。第 1 入口ポート 2 a および第 1 出口ポート 2 b は、第 1 伝熱板 1 0 に高温流体 H F を導入するための入口および導出するための出口であり、入口側と出口側との対 (ペア) で設けられている。第 2 入口ポート 3 a および第 2 出口ポート 3 b は、第 2 伝熱板 2 0 に低温流体 L F を導入するための入口および導出するための出口であり、入口側と出口側との対 (ペア) で設けられている。

#### 【 0 0 2 5 】

第 1 実施形態による熱交換器 1 0 0 は、高温流体 H F と低温流体 L F との熱交換により低温流体 L F を昇温させて気化させる気化装置として構成されている。熱交換器 1 0 0 は、気化を伴わない昇温装置でもよい。低温流体 L F は、高温流体 H F の凝固点よりも低温の流体である。高温流体 H F は、低温流体 L F よりも高温の流体である。第 1 実施形態では、低温流体 L F は、極低温の液化ガスであり、たとえば液化天然ガス (L N G) である。高温流体 H F としては、たとえば、水または海水、不凍液などの液体である。

#### 【 0 0 2 6 】

第 1 伝熱板 1 0 と第 2 伝熱板 2 0 との積層方向 (Z 方向) におけるコア 1 の両端には、それぞれサイドプレート 4 が設けられている。第 1 伝熱板 1 0 と第 2 伝熱板 2 0 とサイドプレート 4 とは、平面視で同一の矩形形状に形成された平板状の板部材である。コア 1 は、それぞれ溝状の流路が形成された第 1 伝熱板 1 0 および第 2 伝熱板 2 0 が交互に積層され拡散接合されて構成されている。すなわち、コア 1 は、交互に積層した第 1 伝熱板 1 0 と第 2 伝熱板 2 0 との積層体を一对のサイドプレート 4 により挟み込み、拡散接合により相互結合することにより、全体として矩形箱状 (直方体形状) に形成されている。図 1 では便宜的に、5 層 (5 枚) の第 1 伝熱板 1 0 と、4 層 (4 枚) の第 2 伝熱板 2 0 とが交互に積層された例を示しているが、積層枚数はこれに限られず、任意の枚数を積層してよい。以下では、図 1 に示す第 1 伝熱板 1 0 および第 2 伝熱板 2 0 の積層方向を Z 方向とする。また、図 1 に示すように Z 方向から見てコア 1 の長手方向を X 方向とし、コア 1 の短手方向を Y 方向とする。

#### 【 0 0 2 7 】

第 1 伝熱板 1 0 および第 2 伝熱板 2 0 は、それぞれ、一对の第 1 側端面 1 0 a (図 3 参照)、2 0 a (図 4 参照) と、第 1 側端面 1 0 a、2 0 a と隣接する一对の第 2 側端面 1 0 b (図 3 参照)、2 0 b (図 4 参照) とを有する。第 1 側端面 1 0 a、2 0 a は、短辺側の側端面であり、第 2 側端面 1 0 b、2 0 b は、長辺側の側端面である。第 1 伝熱板 1 0 および第 2 伝熱板 2 0 は、共に、第 2 側端面 1 0 b、2 0 b の長さ (コア 1 の長さ) L 0、第 1 側端面 1 0 a、2 0 a の長さ (コア 1 の幅) W 0 を有する。第 1 伝熱板 1 0 および第 2 伝熱板 2 0 は、互いに略等しい厚み t (図 2 参照) を有するが、第 1 伝熱板 1 0 および第 2 伝熱板 2 0 の厚み t は互いに異なってもよい。第 1 伝熱板 1 0 および第 2 伝熱板 2 0 は、たとえばステンレス鋼材からなる。第 1 伝熱板 1 0 および第 2 伝熱板 2 0 は、拡散接合可能であれば、ステンレス鋼材以外の金属材料により形成されてもよい。

#### 【 0 0 2 8 】

図 2 に示すように、第 1 伝熱板 1 0 および第 2 伝熱板 2 0 には、それぞれ一方表面 (上面) に溝状の流路が形成されており、他方表面 (下面) は平坦面となっている。第 1 伝熱板 1 0 は、高温流体 H F を流通させる高温流路 1 1 を含み、第 2 伝熱板 2 0 は、低温流体 L F を流通させる低温流路 2 1 を含む。それぞれの流路は、たとえばエッチングにより所定形状に形成されている。第 1 伝熱板 1 0 および第 2 伝熱板 2 0 の一方表面 (上面) において、流路の形成部分 (溝部分) 以外は平坦面となっており、拡散接合による接合面となっている。

#### 【 0 0 2 9 】

(第 1 伝熱板)

図 3 に示すように、第 1 伝熱板 1 0 は、溝状の高温流路 1 1 と、高温流路 1 1 を区画す

10

20

30

40

50

る隔壁 12 とを含む。図 3 では便宜的に隔壁 12 にハッチングを付している。ハッチングを付した隔壁 12 の上面が拡散接合による接合面である。隔壁 12 は、第 1 伝熱板 10 の表面において流路を構成するための溝形成が行われていない部分である。

【0030】

高温流路 11 は、第 1 伝熱板 10 の第 1 側端面 10a に開口した流路入口 13a から第 2 側端面 10b に沿う方向に延びるように形成されている。高温流路 11 は、第 1 伝熱板 10 の一対の第 1 側端面 10a にそれぞれ開口した流路入口 13a と流路出口 13b との間で直線状に延びる流路である。つまり、高温流路 11 は、第 2 側端面 10b (コア 1 の長辺) に沿って直線状に延びている。

【0031】

コア 1 の各第 1 側端面 10a 側には、一対のヘッダ部 5 が接合されている。一対のヘッダ部 5 は、それぞれ積層された第 1 伝熱板 10 の流路入口 13a または流路出口 13b を覆うように設けられている。一対のヘッダ部 5 には、第 1 入口ポート 2a および第 1 出口ポート 2b がそれぞれ設けられている。これにより、第 1 入口ポート 2a から流入する高温流体 HF がヘッダ部 5 を介してそれぞれの第 1 伝熱板 10 の流路入口 13a に流入し、高温流路 11 を X 1 方向に通過して、流路出口 13b から流出し、ヘッダ部 5 を介して第 1 出口ポート 2b から排出される。

【0032】

(高温流路)

高温流路 11 は、流路幅方向に並んで設けられた溝状の複数のチャネル 14 を有する。複数のチャネル 14 は、流路幅方向において、高温流路 11 内に形成された隔壁 12 によって仕切られた個々の通路部である。図 3 の例では、16 本のチャネル 14 が流路幅方向に等間隔で並んでいる。チャネル 14 の本数は複数であれば特に限定されない。

【0033】

高温流路 11 は、少なくとも第 2 伝熱板 20 の流路入口 23a から流路入口 23a よりも下流側の位置までの所定範囲 PR (図 4 参照) と積層方向に重なる範囲において、高温流体 HF が複数のチャネル 14 間に跨がって流動可能に構成された連結チャネル部 11a を有する。つまり、各々のチャネル 14 は、流路入口 13a から流路出口 13b に至るまで独立した 1 本の通路ではなく、複数のチャネル 14 が少なくとも連結チャネル部 11a において相互に連通している。所定範囲 PR については、後述する。

【0034】

第 1 実施形態では、連結チャネル部 11a は、第 1 伝熱板 10 において高温流路 11 の略全体に亘って形成されている。したがって、高温流路 11 は、流路入口 13a から流路出口 13b に至るまでの全範囲で、高温流体 HF が複数のチャネル 14 間に跨がって流動可能なように構成されている。

【0035】

具体的には、高温流路 11 は、流路幅方向に複数並んだ線状のチャネル 14 を含んでおり、連結チャネル部 11a では、隣り合うチャネル 14 間に跨がってチャネル 14 同士を連通させる溝状の連結通路 15 が複数形成されている。各チャネル 14 は、X 方向に直線状に形成されている。連結通路 15 は、隣り合うチャネル 14 間を仕切る隔壁 12 を貫通 (または分断) するように、流路幅方向 (Y 方向) に延びている。連結通路 15 は、高温流体 HF の流通方向 (X 方向) に、間隔を隔てて複数設けられている。X 方向に並んだ複数の連結通路 15 は、略等間隔で配列されている。

【0036】

図 5 に示すように、第 1 実施形態では、高温流路 11 の各チャネル 14 は、略等しいチャネル幅 W1 (流路幅方向の幅) を有する。また、各チャネル 14 を仕切る隔壁 12 も、略等しい幅 W2 (流路幅方向の幅) を有する。各連結通路 15 は、略等しい通路幅 W3 (X 方向の幅) を有する。なお、連結通路 15 については、流路幅方向に延びる通路であるので、通路幅 W3 を、高温流路 11 における流体の流通方向 (X 方向) の幅と定義する。連結通路 15 の流路幅方向の長さは、隔壁 12 の幅 W2 に一致する。X 方向に並んだ複数

10

20

30

40

50



の連結通路 15 のピッチ（間隔）は、 $p$  である。X 方向に並んだ連結通路 15 の間の隔壁 12 の長さ  $L_1$  は、 $(p - W_3)$  となる。

【0037】

第 1 実施形態では、連結通路 15 の通路幅  $W_3$  は、チャンネル 14 のチャンネル幅  $W_1$  と略等しい ( $W_3 = W_1$ )。これにより、各連結通路 15 と各チャンネル 14 とを、同一のエッチングプロセスにより一括して形成することができるので、製造工程を簡素化できる。連結通路 15 の X 方向のピッチ  $p$  は、チャンネル 14 のチャンネル幅  $W_1$  の約 2.5 倍以上、約 10 倍以下であることが好ましい。または、X 方向に隣り合う連結通路 15 の間の隔壁 12 の長さ  $L_1$  は、チャンネル 14 のチャンネル幅  $W_1$  の約 1.5 倍以上、約 9 倍以下であることが好ましい。ピッチ  $p$ （隔壁 12 の長さ  $L_1$ ）が大きくなるほど、高温流体 HF がチャンネル 14 間に跨がって流動し難くなるため、後述するように凍結部位に対する高温流体 HF の回り込み効果が低下する。また、連結通路 15 間の隔壁 12 の上面は、他の伝熱板（第 2 伝熱板 20）との接合面になるため、ピッチ  $p$ （隔壁 12 の長さ  $L_1$ ）が小さくなるほど、連結通路 15 間の隔壁部分における接合面積が小さくなって、接合強度が低下する。そこで、ピッチ  $p$  を上記範囲にすることにより、高温流体 HF の回り込み効果とチャンネル 14 間の隔壁 12 における接合面積の確保とを両立することが可能である。

10

【0038】

なお、図 5 では、連結通路 15 の X 方向のピッチ  $p$  は、チャンネル幅  $W_1$ （連結通路 15 の通路幅  $W_3$ ）の約 2.5 倍であり、隔壁 12 の長さ  $L_1$  は、チャンネル幅  $W_1$  の約 1.5 倍であり、上記好ましい範囲の下限値の例を示している。

20

【0039】

第 1 実施形態では、複数の連結通路 15 は、流路幅方向（Y 方向）に隣り合う連結通路 15 に対して、高温流体 HF の流通方向（X 方向）における位置が互いにずれるように、千鳥状に配置されている。つまり、Y 方向に隣り合う隔壁 12 に形成された連結通路 15 同士で、X 方向の位置が互い違いになっている。言い換えると、連結通路 15 は、Y 方向に隣り合う隔壁 12 と対向するように設けられている。なお、図 5 のように、Y 方向に隣り合う隔壁 12 に形成された連結通路 15 同士は、X 方向の形成位置が部分的に重複していても良いし、X 方向の形成位置が完全に重複しないように形成されていてもよい。

【0040】

（第 2 伝熱板）

30

図 4 に示すように、第 2 伝熱板 20 は、溝状の低温流路 21 と、低温流路 21 を区画する隔壁 22 とを含む。図 4 では便宜的に隔壁 22 にハッチングを付している。ハッチングを付した隔壁 22 の上面が拡散接合による接合面である。隔壁 22 は、第 2 伝熱板 20 の表面において流路を構成するための溝形成が行われていない部分である。

【0041】

低温流路 21 は、第 2 伝熱板 20 の一方の第 2 側端面 20b にそれぞれ開口した流路入口 23a と流路出口 23b との間を接続する折れ曲がった流路である。低温流路 21 の流路入口 23a は、一方の第 2 側端面 20b において、高温流路 11 の流路入口 13a が配置された一方側（X2 方向側）の端部に設けられている。低温流路 21 の流路出口 23b は、他方の第 2 側端面 20b において、高温流路 11 の流路出口 13b が配置された他方側（X1 方向側）の端部に設けられている。

40

【0042】

低温流路 21 は、第 2 伝熱板 20 の一方の第 2 側端面 20b に開口した流路入口 23a から Y 方向に延びた後屈曲して、第 2 側端面 20b に沿う X 方向に延びるとともに、X1 方向端部まで延びた後屈曲して、他方の第 2 側端面 20b に開口した流路出口 23b まで Y 方向に延びている。

【0043】

コア 1 の各第 2 側端面 20b 側には、一对のヘッダ部 5 が接合されている。一对のヘッダ部 5 には、第 2 入口ポート 3a および第 2 出口ポート 3b がそれぞれ設けられており、それぞれ積層された第 2 伝熱板 20 の流路入口 23a または流路出口 23b を覆うように

50

設けられている。これにより、第 2 入口ポート 3 a から流入する低温流体 L F がヘッダ部 5 を介してそれぞれの第 2 伝熱板 2 0 の流路入口 2 3 a に流入し、低温流路 2 1 を通過して、流路出口 2 3 b から流出し、ヘッダ部 5 を介して第 2 出口ポート 3 b から排出される。

【 0 0 4 4 】

( 低温流路 )

低温流路 2 1 は、流路幅方向に並んで設けられた溝状の複数のチャンネル 2 4 を有する。複数のチャンネル 2 4 は、流路幅方向において、低温流路 2 1 内に形成された隔壁 2 2 によって仕切られた個々の通路部である。

【 0 0 4 5 】

図 4 の構成例では、低温流路 2 1 のチャンネル 2 4 は、流路の途中で平面形状が異なっている。つまり、低温流路 2 1 では、チャンネル形状が、上流側の第 1 のパターンから、下流側の第 2 のパターンに切り替わっている。

【 0 0 4 6 】

具体的には、低温流路 2 1 は、第 2 伝熱板 2 0 の所定範囲 P R に設けられた第 1 部分 2 1 a と、第 1 部分 2 1 a よりも下流側の第 2 部分 2 1 b とを含み、第 1 部分 2 1 a は、第 2 部分 2 1 b よりも伝熱性能が低くなるように構成されている。第 1 実施形態では、この伝熱性能の相違が、チャンネル 2 4 の形状パターンの相違によって実現されている。

【 0 0 4 7 】

第 1 部分 2 1 a は、第 2 伝熱板 2 0 の流路入口 2 3 a から流路入口 2 3 a よりも下流側の位置までの所定範囲 P R に設けられている。第 1 部分 2 1 a の各チャンネル 2 4 a は、線状形状を有し、隔壁 2 2 によって互いに分離されている。このため、複数のチャンネル 2 4 間に跨がって低温流体 L F が流動することはない。また、第 1 部分 2 1 a の各チャンネル 2 4 a は、低温流路 2 1 の折れ曲がり部分を除いて直線状に形成されている。つまり、第 1 部分 2 1 a の各チャンネル 2 4 a は、流路入口 2 3 a から Y 方向に直線状に延びた後、低温流路 2 1 の折れ曲がり部分で屈曲して X 方向に直線状に延びている。チャンネル形状の第 1 のパターンは、個々のチャンネル 2 4 が主として直線により構成された 1 本の線状に形成されたパターンである。

【 0 0 4 8 】

第 2 部分 2 1 b は、第 1 部分 2 1 a ( 所定範囲 P R ) の下流側端部から第 2 伝熱板 2 0 の流路出口 2 3 b までの範囲に設けられている。第 2 部分 2 1 b の各チャンネル 2 4 b は、第 1 部分 2 1 a ( 所定範囲 P R ) の下流側端部から X 方向に直線状に延びた後、低温流路 2 1 の折れ曲がり部分で屈曲して Y 方向に直線状に延びている。

【 0 0 4 9 】

図 4 の例では、第 2 部分 2 1 b の各チャンネル 2 4 b は、高温流路 1 1 の連結チャンネル部 1 1 a におけるチャンネル形状と同様に、( 低温流路 2 1 の折れ曲がり部分を除いて ) 直線状に形成され、連結通路 2 5 によって隣り合うチャンネル 2 4 b 同士で接続されている。すなわち、チャンネル形状の第 2 のパターンは、個々のチャンネル 2 4 b が主として直線により構成されつつ、千鳥状に配列された複数の連結通路 2 5 により相互接続されたパターンである。第 2 部分 2 1 b のチャンネル 2 4 b の形状パターンは、低温流路 2 1 が途中で折れ曲がっている点を除いて、上記高温流路 1 1 の連結チャンネル部 1 1 a と同様である。

【 0 0 5 0 】

なお、図 4 において、第 1 部分 2 1 a のチャンネル幅と、第 2 部分 2 1 b のチャンネル幅とは、略等しい。第 1 部分 2 1 a のチャンネル幅と、第 2 部分 2 1 b のチャンネル幅とを異ならせても良い。

【 0 0 5 1 】

第 1 部分 2 1 a と第 2 部分 2 1 b とを比較すると、第 2 部分 2 1 b の方が連結通路 2 5 によって隔壁 2 2 が分断されている分だけ伝熱面積が大きく、かつ、チャンネル 2 4 b 間での低温流体 L F の流動が可能となる分流れが乱流に近くなるので、第 1 部分 2 1 a の方が伝熱性能が低い。

【 0 0 5 2 】

10

20

30

40

50

(高温流路と低温流路との位置関係)

図6では、高温流路11の流路全体の外形を実線で示し、低温流路21の流路全体の外形を破線で示すことにより、高温流路11と低温流路21とを重ねて図示している。低温流路21の流路入口23aと高温流路11の流路入口13aが、コア1のX方向の一方側(X2方向側)に配置され、低温流路21の流路出口23bと高温流路11の流路出口13bとが、コア1のX方向の他方側(X1方向側)に配置されている。

【0053】

このように、熱交換器100は、高温流路11および低温流路21の各流路入口が共にX2方向側端部に設けられ、高温流路11および低温流路21の各流路出口が共にX1方向側端部に設けられており、高温流路11を流れる高温流体HFと、低温流路21を流れる低温流体LFとが、互いに同じ方向(X1方向)に流れる並行流型の熱交換器である。上記高温流路11では、高温流体HFがX2方向側の流路入口13aからX1方向側の流路出口13bに向けてX1方向に流れる。低温流路21では、X2方向側の流路入口23aから流入した低温流体LFが1回屈曲してX1方向に流れた後、再度屈曲してX1方向側の流路出口23bへ流れる。

【0054】

(低温流路の所定範囲)

次に、第1部分21aが形成された、第2伝熱板20の流路入口23aから流路入口23aよりも下流側の位置までの所定範囲PRについて説明する。図6に示すように、高温流路11と低温流路21とは、低温流路21の流路入口23aの直後の領域および低温流路21の流路出口23bの直前の領域を除いた、X方向に延びる領域の略全体で重なっている。

【0055】

ここで、第1部分21aが形成された、第2伝熱板20の流路入口23aから流路入口23aよりも下流側の位置までの所定範囲PRは、X方向における流路入口23aの一端(X2方向端部)の位置P1から、X方向における流路入口23aの他端(X1方向端部)よりも所定距離だけ下流側となる位置P2までの範囲に設定されている。この所定範囲PRは、入口温度が極低温となる低温流体LFによって、高温流路11側で凍結が発生しやすい高リスク領域Eを内側に含むように設定されている。

【0056】

ここで、第1実施形態の熱交換器100は、任意の運転条件で用いられる汎用的な熱交換器ではなく、予め設定された所定の運転条件において、所定の熱交換性能を達成するように設計されるタイプの熱交換器である。そのため、高リスク領域Eの位置および範囲は、予め特定された運転条件および設計条件に基づいて、実験的手法またはシミュレーション等の解析的手法により、予め把握される。高リスク領域Eは、低温流路21と高温流路11との重複部分であって、かつ、低温流体LFの温度が最も低くなる流路入口23aの近傍の位置と重なる、高温流路11内の位置となる。低温流路21の所定範囲PR(第1部分21a)は、高リスク領域Eを内側に含むとともに、高リスク領域Eよりも下流側まで延びる範囲として設定されている。

【0057】

したがって、高温流路11の連結チャネル部11aは、少なくとも低温流路21の所定範囲PR(第1部分21a)と重複する範囲に亘って形成される。この結果、連結チャネル部11aは、高温流路11において凍結が発生しやすい高リスク領域Eを、内側に含む範囲で設けられる。また、連結チャネル部11aは、高リスク領域Eよりも低温流路21の下流側方向(X1方向)まで延びるように設けられる。

【0058】

また、第1実施形態では、低温流路21の所定範囲PRに設けられた第1部分21aを構成するチャネル24a(図4参照)の形状は、高温流路11の高リスク領域Eにおける流路の内表面温度Tsが、高温流体HFの凝固点FP以上となる条件を満たすように設定されている。並行流型の熱交換器100におけるX方向の位置に応じた典型的な温度分布

10

20

30

40

50

を図 7 に示す。図 7 の横軸は、各流路の X 方向における位置を示し、縦軸が温度を示している。

【 0 0 5 9 】

高温流路 1 1 を流れる高温流体 H F の平均温度および低温流路 2 1 を流れる低温流体 L F の平均温度は、図 7 のように下流側（X 1 方向）に向かうに従って、熱交換により相互に近付く。並行流型の熱交換器 1 0 0 では、上流側端部である低温流路 2 1 の流路入口 2 3 a の近傍の位置（所定範囲 P R）では、流体間の温度差が最も大きい。しかし、図 7 に示した高温流路 1 1 の内表面温度  $T_s$  は高温流体 H F の平均温度よりも低く、内表面温度  $T_s$  が高温流体 H F の凝固点 F P よりも低くなると、流路内表面に局所的な凍結が発生する可能性がある。高温流路 1 1 の内表面温度  $T_s$  は、高温流路 1 1 の伝熱性能が高いほど上昇し、低温流路 2 1 の伝熱性能が低いほど上昇する。そのため、第 1 実施形態では、第 1 部分 2 1 a の伝熱性能を第 2 部分 2 1 b よりも伝熱性能を低くすることによって、高リスク領域 E における内表面温度  $T_s$  が高温流体 H F の凝固点 F P よりも高くなるように熱交換器 1 0 0 が構成されている。

10

【 0 0 6 0 】

（重複領域および非重複領域）

図 6 に示すように、第 1 実施形態では、高温流路 1 1 は、平面視において、第 2 伝熱板 2 0 の低温流路 2 1 と重複する重複領域 1 1 b と、少なくとも低温流路 2 1 の流路入口 2 3 a 側で重複領域 1 1 b よりも外側に設けられた非重複領域 1 1 c と、を含む。低温流路 2 1 の流路入口 2 3 a 側は、図 6 の例では、Y 方向のうち Y 1 方向側である。

20

【 0 0 6 1 】

具体的には、各流路が X 方向に延びる部分において、第 2 伝熱板 2 0 の低温流路 2 1 は流路幅  $W_{12}$  を有しており、第 1 伝熱板 1 0 の高温流路 1 1 は流路幅  $W_{12}$  よりも大きい流路幅  $W_{11}$  を有している。したがって、高温流路 1 1 は、低温流路 2 1 よりも流路幅方向の外側まではみ出すように設けられており、低温流路 2 1 よりもはみ出した部分が非重複領域 1 1 c である。非重複領域 1 1 c には、少なくとも 1 つのチャネル 1 4（図 3 参照）が設けられている。図 6 の例では、非重複領域 1 1 c は、低温流路 2 1 の流路入口 2 3 a 側（Y 1 方向側）の外側のみならず、低温流路 2 1 の流路出口 2 3 b 側（Y 2 方向側）の外側にも設けられている。低温流路 2 1 の流路入口 2 3 a 側に設けられた非重複領域 1 1 c は、平面視において流路入口 2 3 a 側で低温流路 2 1 の Y 方向の外縁に隣接するため、高リスク領域 E および高リスク領域 E の近傍に配置される。

30

【 0 0 6 2 】

重複領域 1 1 b では、高温流路 1 1 と低温流路 2 1 とが積層方向に重複しているので、各流路を流れる高温流体 H F と低温流体 L F との間で熱交換が行われる。

【 0 0 6 3 】

一方、非重複領域 1 1 c では、高温流路 1 1 と、低温流路 2 1 の外縁を区画する隔壁 2 2 の部分（低温流体 L F が流れない部分）とが積層方向に重複している。重複領域 1 1 b と比較すると、非重複領域 1 1 c に設けられたチャネル 1 4（図 3 参照）は、低温流体 L F との熱交換に対する寄与度が低い余剰の高温流体 H F を流通させる。そのため、低温流路 2 1 と重なる重複領域 1 1 b の流路幅方向の外側（Y 1 方向側）に非重複領域 1 1 c が配置されることによって、高リスク領域 E および高リスク領域 E の近傍に、通常の熱交換への寄与度の低い余剰の高温流体 H F を流通させることが可能である。

40

【 0 0 6 4 】

低温流路 2 1 の流路入口 2 3 a 側に設けられる非重複領域 1 1 c の幅は、高温流路 1 1 のチャネル 1 4（図 3 参照）が 1 つ以上 3 つ以下設けられる程度が好ましい。1 つのチャネル 1 4 は、チャネル 1 4 間の隔壁 1 2 を考慮して（ $W_1 + W_2$ ）の幅を占めるので、非重複領域 1 1 c の幅は、（ $W_1 + W_2$ ）の約 1 倍以上約 3 倍以下程度とされる。上記の通り非重複領域 1 1 c を流れる高温流体 H F は通常の熱交換に対する寄与度が低いので、必要以上に設けると熱交換器 1 0 0 の体積当たりの熱交換性能が低下するためである。

【 0 0 6 5 】

50

(第1実施形態の作用)

次に、図6を参照して、第1実施形態の熱交換器100による作用について説明する。各流路の形状はそれぞれ図3および図4を参照するものとする。図6に示したように、高温流路11および低温流路21の各々に高温流体HFおよび低温流体LFが流入すると、各流路が重複する領域において高温流体HFと低温流体LFとの熱交換が行われる。高温流体HFは、低温流路21の所定範囲PRと重なる位置を通過する過程で高リスク領域Eを通る。

【0066】

この際、低温流路21の所定範囲PRに設けられた第1部分21aでは、伝熱性能が相対的に低いため、高温流路11の内表面温度Ts(図7参照)が低下することが抑制される。また、低温流路21の所定範囲PRと重なる高温流路11の範囲には、連結チャンネル部11aが設けられているため、高い伝熱性能を有し、高温流路11の内表面温度Tsが低下することが抑制される。

10

【0067】

熱交換器100の運転中には各種の変動要因があり、運転条件の変化によって設計仕様よりも流体(流路内表面)の温度が低下する可能性がある。その場合には、高温流路11内の高リスク領域Eにおいて、凍結が発生することがあり得る。そこで、高リスク領域Eに凍結が発生し、高リスク領域Eの部分のチャンネル14が閉塞したと仮定する。

【0068】

この場合、チャンネル14が閉塞した分だけ、凍結部位では高温流路11の流路幅がW13まで減少する。その結果、凍結していないチャンネル14では、高温流体HFの流速が上昇し、熱伝達率が向上する。これにより、凍結部位のY方向への拡大が抑制される。

20

【0069】

一方、凍結によって閉塞したチャンネル14では、凍結部位よりも下流側へは高温流体HFが流れない。しかし、連結チャンネル部11aでは高温流体HFがチャンネル14間に跨って流動可能である。凍結部位の側方を通過すると高温流路11の流路幅W13からW11に拡大するので、図6の流れ線で示したように、高温流体HFの流れは、チャンネル14を跨いで流路幅方向に広がる。つまり、凍結部位の周囲の凍結していないチャンネル14から、高温流体HFが凍結部位よりも下流側(裏側)の位置まで凍結部位に沿って流路幅方向(Y方向)に回り込むように流れる。その結果、閉塞したチャンネル14の凍結部位よりも下流側で高温流体HFの流れが滞ることが抑制されるので、凍結部位のX方向への拡大が抑制される。

30

【0070】

さらに、高温流路11の凍結部位の周辺には、低温流路21とは重複しない非重複領域11cがあり、余剰の高温流体HFが流通する。このため、非重複領域11cのチャンネル14に流入する余剰の高温流体HFの分だけ高温流体HFの熱容量が増大する。また、非重複領域11cのチャンネル14が凍結により高リスク領域Eにおいて閉塞しても、高温流体HFの回り込みによって、非重複領域11cにおいて凍結部位よりも下流側には高温流体HFの流れが形成される。非重複領域11cを流れる高温流体HFは、低温流体LFとの熱交換への寄与度が低い分、高温流体HFの持つ余剰の熱量によって凍結部位の拡大が抑制される。

40

【0071】

また、運転条件の変動によって、仮に高リスク領域Eを超えて凍結部位が拡大したとしても、第1実施形態の熱交換器100では、高温流路11の全面に連結チャンネル部11aが設けられているため、高温流体HFの回り込みによる凍結部位の拡大抑制の効果は継続して維持される。

【0072】

低温流路21において、第1部分21aの伝熱性能が第2部分21bよりも小さいため、第1部分21aでは低温流体LFの温度上昇が相対的に抑制される。つまり、第1部分21aを第2部分21bと同じ形状パターンのチャンネルで構成した場合と比較して、低温

50

流体 L F の温度上昇が緩やかになる。一方、低温流体 L F が所定範囲 P R ( 第 1 部分 2 1 a ) を超えて第 2 部分 2 1 b に流入すると、第 2 部分 2 1 b では伝熱性能が高くなるため、高温流体 H F との熱交換が促進され、低温流体 L F は流路出口 2 3 b に到達する過程で目標温度まで昇温される。低温流体 L F が第 2 部分 2 1 b に到達した段階では、高温流路 1 1 側で高温流体 H F を凍結させない程度まで低温流体 L F が昇温されるため、高温流路 1 1 の第 2 部分 2 1 b と重なる領域では、凍結が発生するような高リスク領域 E とはならない。

【 0 0 7 3 】

( 第 1 実施形態の効果 )

第 1 実施形態では、以下のような効果を得ることができる。

10

【 0 0 7 4 】

第 1 実施形態では、上記のように、少なくとも第 2 伝熱板 2 0 の流路入口 2 3 a から流路入口 2 3 a よりも下流側の位置までの所定範囲 P R と重なる高温流路 1 1 の範囲に連結チャンネル部 1 1 a を設けたので、連結チャンネル部 1 1 a における熱伝達率を向上させることができる。その結果、高温流路 1 1 が形成された第 1 伝熱板 1 0 への入熱量が増大して高温流路 1 1 の内表面温度 T s を高くすることができるので、高温流路 1 1 における凍結の発生を抑制することができる。また、連結チャンネル部 1 1 a において高温流体 H F の凍結が発生した場合でも、別のチャンネル 1 4 を流れる高温流体 H F が閉塞したチャンネル 1 4 の下流側へ回り込むことができるので、凍結部位が X 方向に拡大することを回避できる。さらに、一部のチャンネル 1 4 が凍結により閉塞すると、凍結していないチャンネル 1 4 での高温流体 H F の流速が上昇する。その結果、凍結していないチャンネル 1 4 における熱伝達率が向上して第 1 伝熱板 1 0 への入熱量が増大するので、凍結部位の Y 方向の拡大が抑制される。以上の結果、極低温の流体を扱う場合に、高温流体 H F 側の流路に凍結が発生することを抑制でき、凍結が発生した場合でも凍結領域が拡大することを抑制することができる。

20

【 0 0 7 5 】

また、連結チャンネル部 1 1 a が、第 1 伝熱板 1 0 において高温流路 1 1 の略全体に亘って形成されているので、上記連結チャンネル部 1 1 a によって得られる効果を、所定範囲 P R のみならず高温流路 1 1 全体に亘って実現することができる。その結果、想定と異なる凍結部位が発生した場合でも凍結の発生および凍結部位の拡大を確実に抑制できる。

30

【 0 0 7 6 】

また、高温流路 1 1 の連結チャンネル部 1 1 a では、隣り合うチャンネル 1 4 間に跨がってチャンネル 1 4 同士を連通させる溝状の連結通路 1 5 が複数形成されているので、容易に連結チャンネル部 1 1 a を構成できる。特に、第 1 伝熱板 1 0 に対してエッチングにより高温流路 1 1 を形成する際に、チャンネル 1 4 と連結通路 1 5 とを一括して形成できるので、連結チャンネル部 1 1 a を設ける場合でも製造工程が複雑化することを抑制できる。

【 0 0 7 7 】

また、連結チャンネル部 1 1 a において、複数の連結通路 1 5 が、流路幅方向 ( Y 方向 ) に隣り合う連結通路 1 5 に対して、高温流体 H F の流通方向における位置が互いにずれるように、千鳥状に配置されているので、連結通路 1 5 が流路幅方向に直線状に並んでいる場合と比較して、より効率よく高温流体 H F を流路幅方向に移動させることができる。この結果、連結チャンネル部 1 1 a の伝熱効率の向上および連結チャンネル部 1 1 a における凍結部位の周囲への高温流体 H F の回り込みを促進することができる。

40

【 0 0 7 8 】

また、高温流路 1 1 が、少なくとも低温流路 2 1 の流路入口 2 3 a 側で重複領域 1 1 b よりも外側に設けられた非重複領域 1 1 c を含むので、非重複領域 1 1 c を流れる熱交換への寄与度の低い余剰の高温流体 H F の流れを、低温流体 L F の流路入口 2 3 a の近傍と重複する高リスク領域 E の周辺に形成できる。このため、非重複領域 1 1 c を流れる余剰の高温流体 H F の分だけ高温流体 H F の熱容量を増大させることができる。また、たとえ非重複領域 1 1 c が凍結しても、高温流体 H F の回り込みにより凍結部位よりも下流側に

50

高温流体 H F の流れを形成することができる。その結果、余剰の高温流体 H F の流れを高リスク領域 E の周辺および下流側に形成できるので、高リスク領域 E における高温流体 H F の凍結の発生および凍結部位の拡大を、効果的に抑制することができる。

【 0 0 7 9 】

また、低温流路 2 1 において所定範囲 P R に設けられた第 1 部分 2 1 a が、第 2 部分 2 1 b よりも伝熱性能が低くなるように構成されているので、第 1 部分 2 1 a によって低温流路 2 1 の伝熱性能が抑制され、その分、所定範囲 P R と重複する高温流路 1 1 の内表面温度 T s を上昇させることができる。その結果、所定範囲 P R と重複する部位における高温流路 1 1 内の凍結の発生を、効果的に抑制することができる。

【 0 0 8 0 】

また、第 1 部分 2 1 a のチャンネル 2 4 a が、第 2 部分 2 1 b のチャンネル 2 4 b よりも伝熱性能が低くなるように平面形状が異なっているので、図 4 のように低温流路 2 1 を構成するチャンネル 2 4 の形状を異ならせるだけで、容易に第 1 部分 2 1 a の伝熱性能を第 2 部分 2 1 b の伝熱性能よりも低くすることができる。

【 0 0 8 1 】

また、第 1 実施形態の熱交換器 1 0 0 を並行流型の熱交換器としたことにより、高温流路 1 1 において所定範囲 P R と重なる位置では、最も高温の状態の高温流体 H F が流通することになるので、高温流体 H F の凍結の発生を効果的に抑制できる。また、実際の熱交換器 1 0 0 の運転中に予め把握できない各種の変動が発生した場合でも、入口温度についてはそのような変動要因の影響を受けにくいいため、凍結が発生しやすい所定範囲 P R における変動要因の影響を抑制して安定した凍結の抑制効果を得ることができる。

【 0 0 8 2 】

( 第 2 実施形態 )

次に、図 8 および図 9 を参照して、第 2 実施形態について説明する。この第 2 実施形態では、第 2 伝熱板 2 0 の低温流路 2 1 に 1 つの流路入口 1 2 3 a を設けた上記第 1 実施形態と異なり、低温流路 2 1 に複数の流路入口 1 2 3 a を設けた例について説明する。なお、第 2 実施形態において、第 2 伝熱板 1 2 0 および第 2 入口ポート 3 a および第 2 出口ポート 3 b 以外は上記第 1 実施形態と同様であるので、同一の符号を用いるとともに説明を省略する。

【 0 0 8 3 】

図 8 に示すように、第 2 実施形態の熱交換器 2 0 0 では、第 2 伝熱板 1 2 0 には、複数 ( 2 つ ) の流路入口 1 2 3 a が設けられている。また、第 2 伝熱板 1 2 0 には、複数 ( 2 つ ) の流路出口 1 2 3 b が設けられている。

【 0 0 8 4 】

2 つの流路入口 1 2 3 a は、第 2 伝熱板 1 2 0 の一对の第 2 側端面 2 0 b にそれぞれ開口するように、対で ( 一对 ) 設けられている。一对の流路入口 1 2 3 a は、第 2 伝熱板 1 2 0 の X 2 方向側の端部において、Y 方向に互いに対向する位置に形成されている。

【 0 0 8 5 】

2 つの流路出口 1 2 3 b は、第 2 伝熱板 1 2 0 の一对の第 2 側端面 2 0 b にそれぞれ開口するように、対で ( 一对 ) 設けられている。一对の流路出口 1 2 3 b は、流路入口 1 2 3 a とは反対側の X 1 方向側の端部において、Y 方向に互いに対向する位置に形成されている。

【 0 0 8 6 】

各一对の流路入口 1 2 3 a および流路出口 1 2 3 b に対応して、それぞれの開口を覆うようにヘッダ部 5 が合計 4 箇所設けられている。流路入口 1 2 3 a を覆う 2 つのヘッダ部 5 には、低温流体 L F を導入するための第 2 入口ポート 3 a がそれぞれ設けられている。流路出口 1 2 3 b を覆う 2 つのヘッダ部 5 には、低温流体 L F を導出するための第 2 出口ポート 3 b がそれぞれ設けられている。

【 0 0 8 7 】

第 2 実施形態では、低温流路 1 2 1 は、第 2 伝熱板 1 2 0 の一对の第 2 側端面 2 0 b に

10

20

30

40

50

それぞれ開口した流路入口 1 2 3 a からそれぞれ延びた後屈曲して、第 2 側端面 2 0 b に沿う方向に延びるように形成されている。このように、第 2 実施形態では、第 1 伝熱板 1 0 の第 1 側端面 1 0 a に流路入口 1 3 a が設けられた高温流路 1 1 (図 9 参照) に対して、高温流路 1 1 の左右両側となる一對の第 2 側端面 2 0 b に、低温流路 1 2 1 の一對の流路入口 1 2 3 a がそれぞれ設けられている。

【 0 0 8 8 】

低温流体 L F は、低温流路 1 2 1 において、一對の流路入口 1 2 3 a から Y 方向中央に向けて流入した後屈曲して、X 1 方向に進み、X 1 方向端部で Y 方向両側に分岐して、Y 方向両側の流路出口 1 2 3 b からそれぞれ流出する。このように Y 方向の両側に一對の流路入口 1 2 3 a を設けた場合に、同様に Y 方向の両側に一對の流路出口 1 2 3 b を設ける事によって、低温流路 1 2 1 内で低温流体 L F の流れの偏りが生じることを抑制できる。個々の流路入口 1 2 3 a の開口面積 (開口幅) が小さくできるので、低温流路 1 2 1 に重なる高温流路 1 1 において内表面温度 T s が局所的に低下することが抑制される。

10

【 0 0 8 9 】

低温流路 1 2 1 には、上記第 1 実施形態と同様に、第 2 伝熱板 1 2 0 の流路入口 1 2 3 a から流路入口 1 2 3 a よりも下流側の位置までの所定範囲 P R に、第 1 部分 2 1 a (低温流路 1 2 1 内のハッチング部分) が設けられ、第 1 部分 2 1 a よりも下流側に第 2 部分 2 1 b が設けられている。そして、第 1 部分 2 1 a は、第 2 部分 2 1 b よりも伝熱性能が低くなるように構成されている。第 1 部分 2 1 a および第 2 部分 2 1 b における具体的なチャンネルの形状は、上記第 1 実施形態の低温流路 2 1 の構成を、Y 方向の左右に分岐させたものと同様であるため、図示を省略する。そのため、第 1 部分 2 1 a のチャンネルは、第 2 部分 2 1 b のチャンネルよりも伝熱性能が低くなるように平面形状が異なっており、詳細な説明は省略する。

20

【 0 0 9 0 】

図 9 は、高温流路 1 1 (実線) と低温流路 1 2 1 (破線) とを重ねて示したものである。第 2 実施形態では、低温流路 1 2 1 に一對の流路入口 1 2 3 a を設けているため、個々の流路入口 1 2 3 a の開口面積 (開口幅) が、上記第 1 実施形態の流路入口 2 3 a の開口面積 (開口幅) と比較して、略半分となっている。極低温の状態の低温流体 L F の流入位置が分散され、個々の流路入口 1 2 3 a における流量が抑制されるため、これに対応して、高温流路 1 1 の高リスク領域 E も、2 箇所に分散されて面積が小さくなっている。したがって、第 2 実施形態の熱交換器 2 0 0 では、高温流路 1 1 において凍結が発生しやすい高リスク領域 E を分散させると共に小さくして、凍結の発生をさらに抑制している。また、仮にそれぞれの高リスク領域 E で凍結が発生した場合でも、より小型の凍結部位が流路幅方向 (Y 方向) に互いに離れた位置に形成されるので、個々の凍結部位が拡大することも効果的に抑制される。

30

【 0 0 9 1 】

高温流路 1 1 における連結チャンネル部 1 1 a によって得られる効果は、上記第 1 実施形態と同様である。図 3 および図 9 から分かるように、2 箇所の高リスク領域 E のいずれに凍結が発生した場合でも、高温流体 H F は連結チャンネル部 1 1 a においてチャンネル 1 4 間を跨いで流動することによって、凍結部位を回り込むように流れる事が可能である。

40

【 0 0 9 2 】

第 2 実施形態では、低温流路 1 2 1 において、Y 方向の両側に流路入口 1 2 3 a がそれぞれ設けられているので、高温流路 1 1 のうち低温流路 1 2 1 と重複しない非重複領域 1 1 c も、流路入口 1 2 3 a が設けられた Y 方向の両側にそれぞれ設けられている。

【 0 0 9 3 】

第 2 実施形態のその他の構成は、上記第 1 実施形態と同様である。

【 0 0 9 4 】

(第 2 実施形態の効果)

第 2 実施形態でも、上記第 1 実施形態と同様に、少なくとも第 2 伝熱板 1 2 0 の流路入口 1 2 3 a から流路入口 1 2 3 a よりも下流側の位置までの所定範囲 P R と重なる高温流

50



路 1 1 の範囲に連結チャネル部 1 1 a ( 図 3 および図 9 参照 ) を設けたので、極低温の流体を扱う場合に、高温流体 H F 側の流路に凍結が発生することを抑制でき、凍結が発生した場合でも凍結領域が拡大することを抑制することができる。

【 0 0 9 5 】

また、第 2 実施形態では、低温流路 1 2 1 を、第 2 伝熱板 1 2 0 の一对の第 2 側端面 2 0 b にそれぞれ開口した流路入口 1 2 3 a からそれぞれ延びた後屈曲して、第 2 側端面 2 0 b に沿う X 方向に延びるように形成したので、高温流体 H F の流路入口 1 3 a に対して、低温流体 L F の流路入口 1 2 3 a を左右の両側の第 2 側端面 2 0 b に設ける事ができる。そのため、低温流体 L F の流路入口 1 2 3 a を左右の片側に 1 つだけ設ける場合と比べて、個々の流路入口 1 2 3 a の開口面積を減少させることができるので、高温流路 1 1 内で高リスク領域 E を小さくしつつ、高温流路 1 1 の左右両側に分散させることができる。これにより、凍結の発生を抑制し、凍結が発生する場合でも凍結部位を小さくすることができる。

10

【 0 0 9 6 】

第 2 実施形態のその他の効果は、上記第 1 実施形態と同様である。

【 0 0 9 7 】

( 流路の構成例 )

次に、流路およびチャネルの構成例について説明する。上記第 1 および第 2 実施形態では、高温流路 1 1 の連結チャネル部 1 1 a を、直線状のチャネル 1 4 と、隣り合うチャネル 1 4 同士を連通させる連結通路 1 5 とによって構成した例を示したが、連結チャネル部 1 1 a の構成はこれに限られない。

20

【 0 0 9 8 】

たとえば図 1 0 ( A ) および ( B ) に示したように、チャネルが直線状に形成されていなくてもよい。図 1 0 ( A ) および ( B ) の構成例では、高温流路 1 1 は、連結チャネル部 1 1 a において、流路中に点在するように複数配置された島状の隔壁 2 1 2 に沿って分岐し、互いに合流し合う複数のチャネル 2 1 4 を含む。これらの構成例においては、チャネル 2 1 4 は、高温流体 H F の流通方向 ( X 方向 ) と直交する流路幅方向 ( Y 方向 ) において、隣り合う隔壁 2 1 2 によって区画された隔壁 2 1 2 間の部分を 1 本のチャネルとして定義する。

【 0 0 9 9 】

図 1 0 ( A ) および ( B ) の構成例では、高温流路 1 1 が、連結チャネル部 1 1 a において、流路中に点在するように複数配置された島状の隔壁 2 1 2 に沿って分岐し、互いに合流し合う複数のチャネル 2 1 4 を含むので、高温流体 H F が島状の隔壁 2 1 2 によって分岐したり合流したりすることにより、複数のチャネル 2 1 4 間に跨がって流動可能となる。そのため、このような構成によっても、連結チャネル部 1 1 a を構成することが可能である。

30

【 0 1 0 0 】

図 1 0 ( A ) の例では、高温流路 1 1 中に、平面視で円形状の隔壁 2 1 2 が島状に点在するように設けられている。それぞれの隔壁 2 1 2 は、高温流路 1 1 の流通方向 ( X 方向 ) に所定間隔で直線状に配列されているが、流路幅方向 ( Y 方向 ) に隣り合う列を構成する隔壁 2 1 2 同士では、X 方向の位置が互いにずれるように千鳥状に配置されている。そのため、各チャネル 2 1 4 は、隔壁 2 1 2 に沿って蛇行するとともに、分岐および合流を繰り返すように形成されており、隣り合うチャネル 2 1 4 に跨がって高温流体 H F が流動できる。

40

【 0 1 0 1 】

図 1 0 ( B ) の例では、高温流路 1 1 中に、平面視で翼型の隔壁 2 1 2 が島状に点在するように設けられている。「翼型」とは、航空機等の翼の断面形状のことであり、基本的に前縁 ( 流通方向の上流側端縁 ) が丸く、後縁 ( 流通方向の下流側端縁 ) が尖った形状を有するものである。それぞれの隔壁 2 1 2 は、高温流路 1 1 の流通方向 ( X 方向 ) に所定間隔で直線状に配列されているが、流路幅方向 ( Y 方向 ) に隣り合う各列を構成する隔壁

50

2 1 2 同士では、X 方向の位置が互いにずれるように千鳥状に配置されている。また、X 方向に直線状に並んだそれぞれの隔壁 2 1 2 は、X 方向に対して Y 方向の一方側または他方側に傾斜しており、一方側に傾斜した隔壁 2 1 2 と他方側に傾斜した隔壁 2 1 2 とが交互に並ぶように配置されている。なお、翼型の隔壁 2 1 2 は、Y 方向に傾斜せずに全て同じ向きで設けられてもよい。

【0 1 0 2】

図 1 0 ( B ) の構成例においても、各チャネル 2 1 4 は、隔壁 2 1 2 に沿って蛇行するとともに、隔壁 2 1 2 間で分岐および合流を繰り返すように形成されており、隣り合うチャネル 2 1 4 に跨がって高温流体 H F が流動できる。

【0 1 0 3】

( 第 1 部分および第 2 部分の構成例 )

また、上記第 1 および第 2 実施形態では、低温流路 2 1 の第 1 部分 2 1 a を互いに独立した線状のチャネル 2 4 a により構成したパターンとし、第 2 部分 2 1 b を連結チャネル部 1 1 a と同様に直線状のチャネル 2 4 b 同士を複数の連結通路 2 5 により連通させたパターンとした例を示したが、第 1 部分 2 1 a および第 2 部分 2 1 b の各チャネルを、それぞれ図 1 1 ( A ) および ( B ) に示すパターンとしてもよい。

【0 1 0 4】

図 1 1 ( A ) は、第 1 部分 2 1 a のパターンであり、上記第 1 および第 2 実施形態と同様に、隔壁 2 2 2 により互いに独立した線状のチャネル 2 2 4 a が構成されている。これに対して、図 1 1 ( B ) は、第 2 部分 2 1 b のパターンであり、各チャネル 2 2 4 b は、上記第 1 および第 2 実施形態とは異なり、隔壁 2 2 2 により互いに独立した線状のチャネルとなっている。ただし、図 1 1 ( B ) のチャネル 2 2 4 b は、流路幅方向 ( Y 方向 ) に交互に傾斜することにより、ジグザクに蛇行した形状を有する。この場合でも、第 1 部分 2 1 a のチャネル 2 2 4 a は、第 2 部分 2 1 b のジグザグのチャネル 2 2 4 b と比較して経路長が小さく、チャネルの内表面積が小さいので、伝熱性能が相対的に低くなる。この他、第 2 部分 2 1 b のチャネル 2 2 4 b を、図 1 0 ( A ) または ( B ) に示した形状としてもよい。

【0 1 0 5】

( 変形例 )

なお、今回開示された実施形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施形態の説明ではなく特許請求の範囲によって示され、さらに特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更 ( 変形例 ) が含まれる。

【0 1 0 6】

たとえば、上記第 1 および第 2 実施形態では、第 1 伝熱板 1 0 を通過する流体と第 2 伝熱板 2 0 を通過する流体とが互いに同じ方向に流れる並行流型の熱交換器 1 0 0 の例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、熱交換器は、第 1 伝熱板 1 0 を通過する流体と第 2 伝熱板 2 0 を通過する流体とが互に対向する方向に流れる対向流型、または、互いに交差する直交流型などであってもよい。

【0 1 0 7】

また、上記第 1 および第 2 実施形態では、高温流路 1 1 および低温流路 2 1 を、流体が伝熱板の一端側 ( X 2 方向側 ) から流入して他端側 ( X 1 方向側 ) から流出するように構成した例を示したが本発明はこれに限られない。高温流路および低温流路は、1 回または複数回折り返して逆向きに延びるように構成してもよい。たとえば、高温流路 1 1 および低温流路 2 1 を、流体が伝熱板の一端側 ( X 2 方向側 ) から流入して他端側 ( X 1 方向側 ) で 1 回折り返し、一端側 ( X 2 方向側 ) に戻って流出するように構成してもよい。

【0 1 0 8】

また、上記第 1 および第 2 実施形態では、複数の第 1 伝熱板 1 0 および複数の第 2 伝熱板 2 0 を、交互に積層することによりコア 1 を構成した例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、第 1 伝熱板と第 2 伝熱板とを必ずしも交互に積層しなくともよい

10

20

30

40

50

。たとえば、Z方向に沿って、第2伝熱板、第1伝熱板、第2伝熱板、第2伝熱板、第1伝熱板・・・、となるように、1層の第1伝熱板に対して2層（複数層）の第2伝熱板を積層させてもよい。逆に、2層（複数層）の第1伝熱板に対して1層の第2伝熱板を積層させてもよい。

【0109】

また、上記第1および第2実施形態では、高温流路11の全体に亘って連結チャネル部11aを設けた例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、高温流路11のうちで少なくとも上記所定範囲PRと重なる範囲に連結チャネル部11aが設けられていればよく、所定範囲PRと重ならない範囲において連結チャネル部11aが設けられなくてもよい。したがって、高温流路11を、低温流路21と同じように第1部分と第2部分

10

【0110】

また、上記第1および第2実施形態では、連結チャネル部11aの複数の連結通路15を、千鳥状の配置となるように設けた例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、複数の連結通路15が流路幅方向（Y方向）に直線状に並んでいてもよいし、千鳥状とも直線状とも異なった態様で規則的に分布していてもよいし、不規則的に（ランダムに）分布していてもよい。

【0111】

20

また、上記第1および第2実施形態では、図5に示したように、連結通路15のX方向のピッチpをチャネル幅W1の約2.5倍とし、隔壁12の長さL1をチャネル幅W1の約1.5倍とした例を示したが、本発明はこれに限られない。連結通路15のX方向のピッチpは、チャネル14のチャネル幅W1の約2.5倍以上、約10倍以下の範囲内の任意の値としてよい。また、隣り合う連結通路15の間の隔壁12の長さL1は、チャネル14のチャネル幅W1の約1.5倍以上、約9倍以下の範囲内の任意の値としてよい。たとえば図12では、連結通路15のX方向のピッチpは、チャネル幅W1の約10倍であり、隔壁12の長さL1は、チャネル幅W1（＝連結通路15の通路幅W3）の約9倍であり、上記範囲の上限値の例を示している。連結通路15のX方向のピッチpまたは隣り合う連結通路15の間の隔壁12の長さL1を、上記範囲以外としてもよい。

30

【0112】

また、上記第1および第2実施形態では、高温流路11に、重複領域11bよりも外側に設けられた非重複領域11cを設けた例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、非重複領域を設けなくてもよい。

【0113】

また、上記第1および第2実施形態では、低温流路21に第1部分21aと第2部分21bとを設けた例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、低温流路21に第1部分21aと第2部分21bとを設けずに、低温流路21を単一のパターンのチャネル14によって構成してもよい。

【0114】

40

また、上記第1および第2実施形態では、第1部分21aと第2部分21bとでチャネル14の平面的な形状を異ならせる事によって、第1部分21aの伝熱性能を相対的に低くした例を示したが、本発明はこれに限られない。たとえば、第1部分21aのチャネル14の内表面にだけコーティングなどの伝熱性能を低下させる表面処理を施すなどにより、第1部分21aの伝熱性能を相対的に低くしてもよい。

【符号の説明】

【0115】

1 コア

10 第1伝熱板

10a 第1側端面

50

1 0 b 第 2 側端面

## 1 1 高温流路

1 1 a 連結チャネル部

1 1 b 重複領域

1 1 c 非重複領域

1 3 a 流路入口（高温流路の流路入口）

1 3 b 流路出口（高温流路の流路出口）

1 4、2 1 4 チヤネル

## 1 5 連結通路

2 0、 1 2 0 第 2 伝熱板

20 a 第1側端面

2 0 b 第 2 側端面

2 1、1 2 1 低温流路

2 1 a 第 1 部分

2 1 b 第 2 部分

2 3 a、1 2 3 a 流路入口（低温流路の流路入口）

2 3 b、1 2 3 b 流路出口（低温流路の流路出口）

2 4、2 4 a、2 4 b、2 2 4 a、2 2 4 b チャンネル

100、200 熱交換器（拡散接合型熱交換器）

2 1 2 隔壁（島状の隔壁）

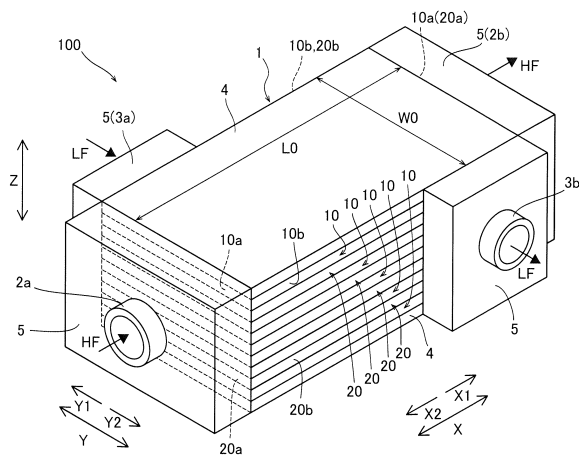
H F 高温流体

L F 低温流体

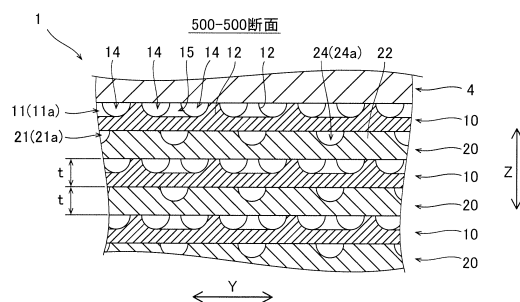
P R 所定範圍

【図面】

【 図 1 】



【圖 2】



10

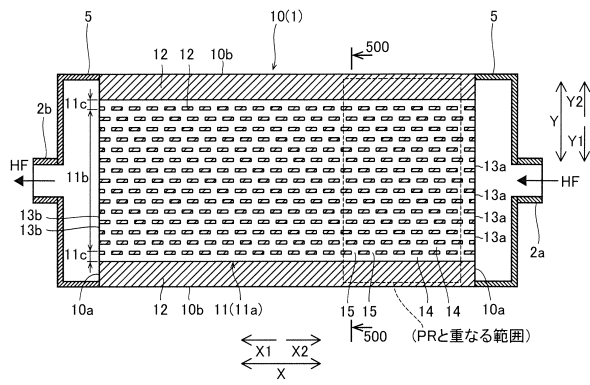
20

30

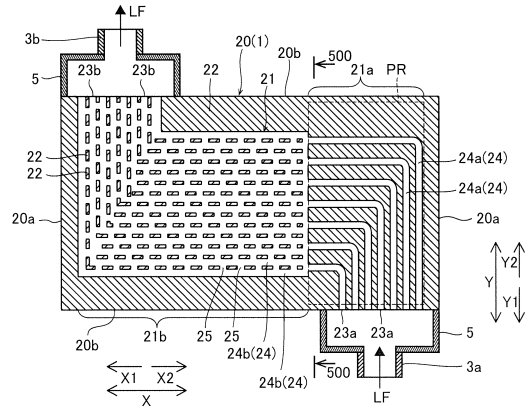
40

50

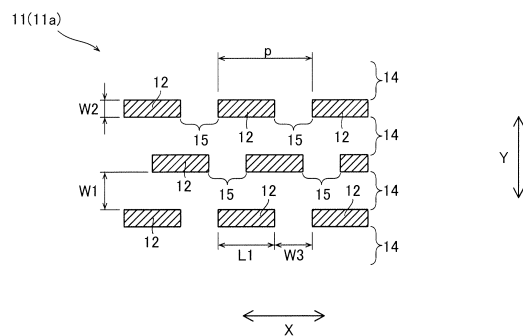
【 図 3 】



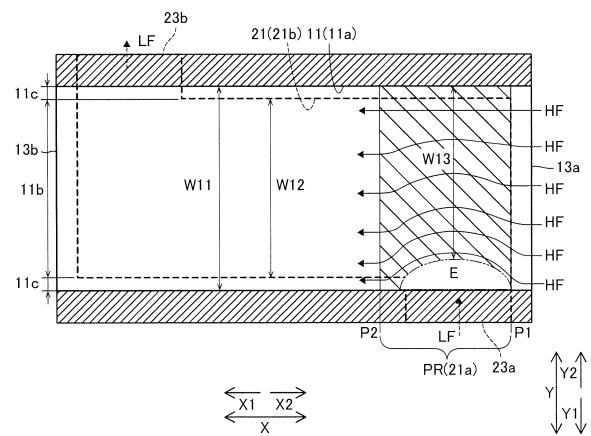
【 図 4 】



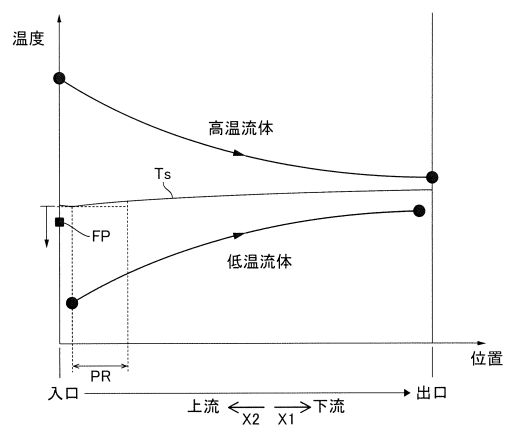
【 図 5 】



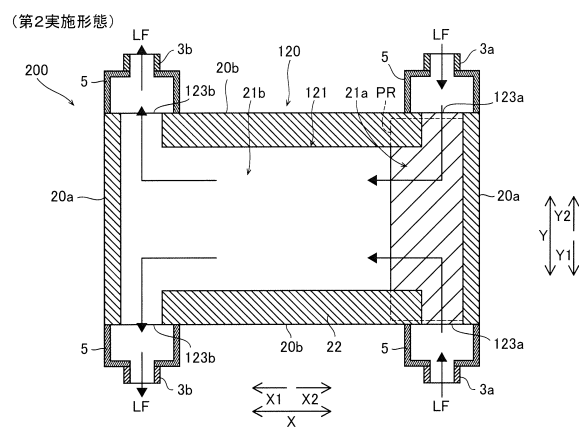
【 図 6 】



【圖 7】

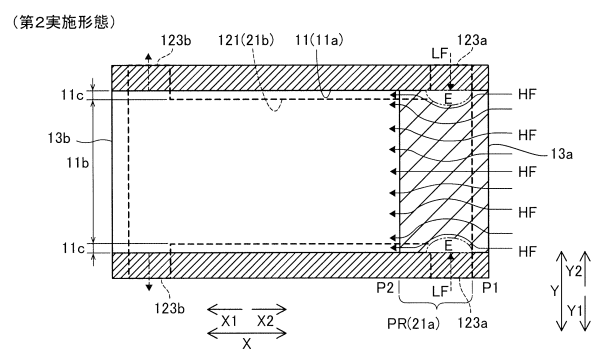


【圖 8】

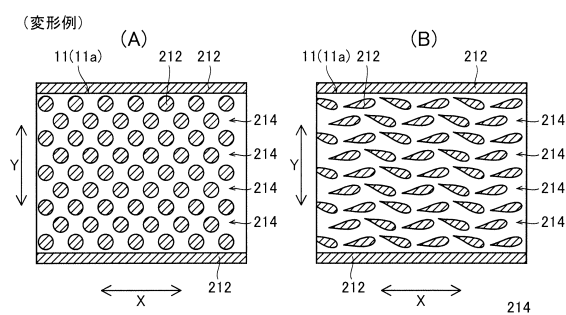


10

【图 9】



【 図 1 0 】



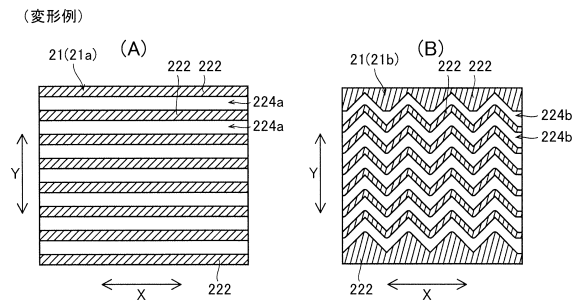
20

30

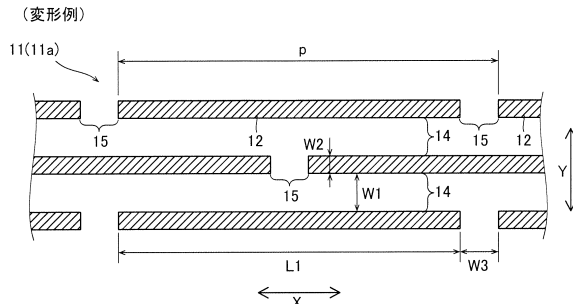
40

50

【図 1 1】



【図 1 2】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

密工業株式会社内

(72)発明者 高橋 優

兵庫県尼崎市扶桑町 1 番 1 0 号 住友精密工業株式会社内

審査官 河野 俊二

(56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 0 9 / 0 2 9 4 1 1 3 ( U S , A 1 )

特表 2 0 0 0 - 5 0 6 9 6 6 ( J P , A )

特開 2 0 1 6 - 1 8 3 8 1 1 ( J P , A )

特開 2 0 1 1 - 2 4 7 4 6 4 ( J P , A )

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

F 2 8 F 3 / 0 4

F 2 8 D 9 / 0 2

F 2 8 F 3 / 0 8

F 2 8 F 1 7 / 0 0