

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7358152号
(P7358152)

(45)発行日 令和5年10月10日(2023.10.10)

(24)登録日 令和5年9月29日(2023.9.29)

(51)国際特許分類

F 2 8 D	9/02 (2006.01)	F 2 8 D	9/02	
F 2 8 F	3/04 (2006.01)	F 2 8 F	3/04	A
F 2 8 F	3/08 (2006.01)	F 2 8 F	3/08	3 1 1
F 2 8 D	7/00 (2006.01)	F 2 8 D	7/00	Z

請求項の数 12 (全25頁)

(21)出願番号	特願2019-172439(P2019-172439)
(22)出願日	令和1年9月24日(2019.9.24)
(65)公開番号	特開2021-50838(P2021-50838A)
(43)公開日	令和3年4月1日(2021.4.1)
審査請求日	令和4年9月9日(2022.9.9)

(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 100155608 弁理士 大日方 崇
(74)代理人	藤原 昂太 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	梅山 和也 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	河野 俊二
審査官	

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 熱交換器

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1方向に延びる管状形状を有し、第1流体を流通させる第1流路と、前記第1方向と交差する第2方向に延びる管状形状を有し、前記第1流体と熱交換する第2流体を流通させる第2流路と、が同一層内に配置された流路層を備え、

前記第1流路および前記第2流路の各々は、流路の延びる方向に沿って流路幅及び流路高さの両方が縮小および拡大するように形成され、

前記第1流路および前記第2流路は、流路幅及び流路高さの両方が縮小された第1部分が前記第1方向および前記第2方向と交差する第3方向に変位することにより、前記第1部分において同一層内で交差している、熱交換器。

【請求項2】

前記第1流路および前記第2流路の各々は、流路幅及び流路高さの両方を縮小および拡大するように屈曲した隔壁により区画されており、

前記第1流路と前記第2流路とは、同一層内で共通の前記隔壁により互いに区画されている、請求項1に記載の熱交換器。

【請求項3】

前記第1流路および前記第2流路は、流路の延びる方向の位置に応じて断面積が連続的に変化するように、傾斜した前記隔壁によって区画されている、請求項2に記載の熱交換器。

【請求項4】

前記第3方向に配列された複数の前記流路層を備え、
前記第1流路は、同一層内の前記第2流路と隣接し、かつ、前記第3方向に隣接する他の前記流路層内の前記第2流路と隣接するように設けられ、

前記第2流路は、同一層内の前記第1流路と隣接し、かつ、前記第3方向に隣接する他の前記流路層内の前記第1流路と隣接するように設けられている、請求項1～3のいずれか1項に記載の熱交換器。

【請求項5】

前記流路層は、前記第2方向に並ぶ複数の前記第1流路と、前記第1方向に並ぶ複数の前記第2流路とを含み、

前記第1流路および前記第2流路は、流路の延びる方向に沿って複数の前記第1部分を有し、

交差する前記第1流路の前記第1部分と前記第2流路の前記第1部分との前記第3方向の位置関係が交互に入れ替わるように、前記第1流路および前記第2流路が蛇行している、請求項1～4のいずれか1項に記載の熱交換器。

【請求項6】

前記第1流路および前記第2流路は、流路の延びる方向の位置に応じて、前記第1部分が前記第3方向の第1位置と第2位置との間で変位するように蛇行し、

前記第1位置における前記第1部分の前記第3方向の形成範囲と、前記第2位置における前記第1部分の前記第3方向の形成範囲とが、前記第3方向において重複しないようになされている、請求項5に記載の熱交換器。

【請求項7】

前記流路層は、前記第2方向に並ぶ複数の前記第1流路と、前記第1方向に並ぶ複数の前記第2流路とを含み、

前記第1流路および前記第2流路は、それぞれ、複数の前記第1部分と、前記第1部分よりも流路幅及び流路高さの両方が拡大された複数の第2部分と、を有し、

前記第1部分と前記第2部分とは、流路の延びる方向に沿って交互に配置されている、請求項1～6のいずれか1項に記載の熱交換器。

【請求項8】

前記第1流路および前記第2流路は、それぞれ、流路の端部に配置された前記第2部分によって、入口開口または出口開口が構成されている、請求項7に記載の熱交換器。

【請求項9】

前記第3方向に配列された複数の前記流路層を備え、
前記流路層は、前記第1方向側の第1端面に複数の前記第1流路の前記入口開口を有し、前記第1方向側の第2端面に複数の前記第1流路の前記出口開口を有し、

前記流路層は、前記第2方向側の第3端面に複数の前記第2流路の前記入口開口を有し、前記第2方向側の第4端面に複数の前記第2流路の前記出口開口を有する、請求項8に記載の熱交換器。

【請求項10】

前記流路層は、1つの前記第1部分を含む1つの前記第1流路と、1つの前記第1部分を含む1つの前記第2流路とが形成された単位構造を、複数配列することにより構成されている、請求項1～9のいずれか1項に記載の熱交換器。

【請求項11】

前記単位構造は、

前記第1流路の前記第1部分が前記第3方向の一方側に配置され、前記第2流路の前記第1部分が前記第3方向の他方側に配置された第1構造と、

前記第1流路の前記第1部分が前記第3方向の他方側に配置され、前記第2流路の前記第1部分が前記第3方向の一方側に配置され、前記第1構造を反転させた第2構造と、を含み、

前記流路層は、前記第1構造と前記第2構造が前記第1方向および前記第2方向の少なくとも一方に交互に並ぶように配列された構造を有する、請求項10に記載の熱交換器。

10

20

30

40

50

【請求項 1 2】

前記単位構造において、

前記第1流路および前記第2流路は、前記第1部分よりも流路幅及び流路高さの両方が拡大された第2部分を両端にそれぞれ有し、

前記第1流路は、複数の前記単位構造における前記第2部分同士が接続されることにより前記第1方向に延び、

前記第2流路は、複数の前記単位構造における前記第2部分同士が接続されることにより前記第2方向に延びるように構成されている、請求項10または11に記載の熱交換器。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

10

【0 0 0 1】

この発明は、熱交換器に関し、特に、流路を流れる流体間で熱交換を行う熱交換器に関する。

【背景技術】**【0 0 0 2】**

従来、流路を流れる流体間で熱交換を行う熱交換器が知られている（たとえば、特許文献1参照）。

【0 0 0 3】

熱交換器には、プレートフィン型の熱交換器やシェルアンドチューブ型の熱交換器など様々な種類があり、上記特許文献1では、プレートフィン型の熱交換器が開示されている。上記特許文献1の熱交換器は、第1の流路を確定する第1の層と、第1の層の上部に配置され第2の流路を確定する第2の層と、を備える。単一の層には、流れ方向を横切って複数個の横方向フィンが存在する。空気流は、横方向フィンを乗り越えて上昇および下降し、流路の上昇セグメントおよび下降セグメントが生じる。横方向フィンは、温度境界層を破壊して熱伝達率を改善するために配置される。

20

【先行技術文献】**【特許文献】****【0 0 0 4】****【文献】特開2017-101914号公報**

30

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0 0 0 5】**

しかし、上記特許文献1では、横方向フィンによって流体が上昇および下降するという単純な2次元的な流れを形成するだけなので、熱交換効率を改善するための流れの乱れを十分に形成できないという不都合がある。また、上記特許文献1では、第1の層と第2の層との間で積層方向に熱交換が生じるので、第1の層と第2の層との境界面によって伝熱面積が決まる。このため、熱交換効率を改善させるためには、各層の面積を増大させる必要があり、熱交換器のサイズおよび重量の増大が伴う。

【0 0 0 6】

ところで、近年、積層造形法などに代表される製造技術の改良が進んでおり、従来とは異なる新規な構造の熱交換器が実現可能になりつつある。そのような背景から、熱交換器のサイズおよび重量の増大を抑制しながら、熱交換効率を改善させることができ、新規な構造の熱交換器が求められている。

40

【0 0 0 7】

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、熱交換器のサイズおよび重量の増大を抑制しながら、熱交換効率を改善させることができ可能な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 8】**

上記目的を達成するために、この発明による熱交換器は、第1方向に延びる管状形状を

50

有し、第1流体を流通させる第1流路と、第1方向と交差する第2方向に延びる管状形状を有し、第1流体と熱交換する第2流体を流通させる第2流路と、が同一層内に配置された流路層を備え、第1流路および第2流路の各々は、流路の延びる方向に沿って流路幅及び流路高さの両方が縮小および拡大するように形成され、第1流路および第2流路は、流路幅及び流路高さの両方が縮小された第1部分が第1方向および第2方向と交差する第3方向に変位することにより、第1部分において同一層内で交差している。なお、第1流路と第2流路とが同一層内に配置されるとは、单一の流路層内で、第1方向および第2方向に延びる平面内に、第1流路と第2流路との両方が存在することを意味する。

【0009】

この発明による熱交換器では、上記構成により、第1流路および第2流路の各々が、流路幅及び流路高さの両方を縮小および拡大させつつ、さらに第1部分において第3方向に変位する。これにより、それぞれの流路内では、断面形状の変化に伴う2次元的な流れの変化に加えて、第3方向への流れの変化によって、3次元的に変化する流れを形成できる。その結果、熱伝達率を改善するための流れの乱れを効果的に形成できる。そして、第1流路および第2流路の各々に形成される第1部分を利用し、第1部分の位置を第3方向にずらすことによって、第1流路と第2流路とを同一層内で互いに交差するように形成できる。これにより、従来のプレートフィン型の熱交換器のように、第1流路の層と、第2流路の層との境界にのみ伝熱面が形成される（第3方向にのみ熱交換が行われる）構造と異なり、单一の流路層内で第1流路と第2流路との伝熱面を形成できる。その結果、従来の熱交換器と同等のサイズであれば、従来の熱交換器よりも伝熱面積を増大させることができ、従来の熱交換器と同等の伝熱面積であれば、従来の熱交換器よりも熱交換器のサイズおよび重量を低減できる。以上の結果、本発明によれば、熱交換器のサイズおよび重量の増大を抑制しながら、熱交換効率を改善させることができる。

10

【0010】

上記発明による熱交換器において、好ましくは、第1流路および第2流路の各々は、流路幅及び流路高さの両方を縮小および拡大させるように屈曲した隔壁により区画されており、第1流路と第2流路とは、同一層内で共通の隔壁により互いに区画されている。このように構成すれば、同一層内の第1流路と第2流路との隔壁によって1次伝熱面を構成することができる。これにより、流路幅及び流路高さの両方を変化させるために2次伝熱面となるフィンを流路内に配置する必要がなく、第1流路と第2流路と隔壁を介して直接隣接させることができるので、第1流路と第2流路との1次伝熱面を効果的に増大させることができる。なお、本明細書において、屈曲とは、折れ線状に曲がることだけでなく、曲線状に曲がること（湾曲）も含む広い概念である。

20

【0011】

この場合、好ましくは、第1流路および第2流路は、流路の延びる方向の位置に応じて断面積が連続的に変化するように、傾斜した隔壁によって区画されている。このように構成すれば、たとえば段差状に形成された隔壁により流路断面積が急激に変化するような構造と比較して、流路断面積の変化を滑らかにできる。これにより、第1流路および第2流路において、熱交換効率を改善させる流れの変化を形成しつつ、圧力損失の過度な増大を抑制できる。

30

【0012】

上記発明による熱交換器において、好ましくは、第3方向に配列された複数の流路層を備え、第1流路は、同一層内の第2流路と隣接し、かつ、第3方向に隣接する他の流路層内の第2流路と隣接するように設けられ、第2流路は、同一層内の第1流路と隣接し、かつ、第3方向に隣接する他の流路層内の第1流路と隣接するように設けられている。このように構成すれば、第1流路を同一層内だけでなく別の流路層の第2流路とも隣接させ、第2流路を同一層内だけでなく別の流路層の第1流路と隣接させることができる。これにより、第1流路と第2流路との間の伝熱面積を更に増大させることができるので、熱交換効率を効果的に改善させることができる。

40

【0013】

50

上記発明による熱交換器において、好ましくは、流路層は、第2方向に並ぶ複数の第1流路と、第1方向に並ぶ複数の第2流路とを含み、第1流路および第2流路は、流路の延びる方向に沿って複数の第1部分を有し、交差する第1流路の第1部分と第2流路の第1部分との第3方向の位置関係が交互に入れ替わるように、第1流路および第2流路が蛇行している。このように構成すれば、同一層内に配置される第1流路および第2流路の各々を、第3方向に複数回変位させることができる。その結果、各流路において、複数回に亘って第3方向への流れの変化を生じさせることができるので、熱交換効率を効果的に改善させることができる。

【0014】

この場合、好ましくは、第1流路および第2流路は、流路の延びる方向の位置に応じて、第1部分が第3方向の第1位置と第2位置との間で変位するように蛇行し、第1位置における第1部分の第3方向の形成範囲と、第2位置における第1部分の第3方向の形成範囲とが、第3方向において重複しないようにずれている。このように構成すれば、第1流路において、第1位置にある第1部分と、第2位置にある第1部分とを第1方向に直線的に通過する領域が形成されない。第2流路においても同様に、第2方向に直線的に通過する領域が形成されない。そのため、流体が第1位置と第2位置とを通過する過程で、確実に、第3方向への流れの変化を形成することができる。

10

【0015】

上記発明による熱交換器において、好ましくは、流路層は、第2方向に並ぶ複数の第1流路と、第1方向に並ぶ複数の第2流路とを含み、第1流路および第2流路は、それぞれ、複数の第1部分と、第1部分よりも流路幅及び流路高さの両方が拡大された複数の第2部分と、を有し、第1部分と第2部分とは、流路の延びる方向に沿って交互に配置されている。このように構成すれば、第1部分における流路幅及び流路高さの両方の縮小と、第2部分における流路幅及び流路高さの両方の拡大と、を交互に複数回発生させることができる。これにより、断面形状の変化に伴う流れの変化を効果的に発生させることができる。

20

【0016】

この場合、好ましくは、第1流路および第2流路は、それぞれ、流路の端部に配置された第2部分によって、入口開口または出口開口が構成されている。このように構成すれば、流路の端部において拡大された第2部分から流体を流路内に導入し、または流路内から導出することができる。これにより、流路幅及び流路高さの両方が変化する構造においても、流体を導入、導出するための十分な開口面積を確保できる。

30

【0017】

上記第2部分によって、入口開口または出口開口が構成される構成において、好ましくは、第3方向に配列された複数の流路層を備え、流路層は、第1方向側の第1端面に複数の第1流路の入口開口を有し、第1方向側の第2端面に複数の第1流路の出口開口を有し、流路層は、第2方向側の第3端面に複数の第2流路の入口開口を有し、第2方向側の第4端面に複数の第2流路の出口開口を有する。ここで、従来のプレートフィン型の熱交換器のように第1の層と第2の層とが交互に設けられる構造では、流路の入口開口が1層おきに形成され、各入口開口が外部配管との接続用のヘッダ部によってまとめて覆われる構造が一般的である。この場合、ヘッダ部に覆われる面積に比べて、開口部の合計面積が小さいため、ヘッダ部と流路の入口開口との間で流路が急激に絞られることになり、圧力損失が生じる。これに対して、上記のように構成すれば、それぞれの流路層の同一の端面に、流路の入口開口または出口開口を集約して形成できるので、ヘッダ部に覆われる面積と、開口部の合計面積とを近づけることができる。その結果、流路の入口開口において圧力損失が生じることを抑制できる。

40

【0018】

上記発明による熱交換器において、好ましくは、流路層は、1つの第1部分を含む1つの第1流路と、1つの第1部分を含む1つの第2流路とが形成された単位構造を、複数配列することにより構成されている。このように構成すれば、同一層内で流路幅及び流路高さの両方を変化させながら互いに交差する第1流路および第2流路を含む流路層を、単位

50

構造を並べるだけの簡単な構造で形成できる。そして、単位構造の数を増減させるだけで、任意の流路数および任意の流路長さの熱交換器を容易に得ることができる。これにより、流路形状が3次元的に変化する新規な構造の熱交換器であっても、熱交換器の設計を極めて容易化することができる。

【0019】

この場合、好ましくは、単位構造は、第1流路の第1部分が第3方向の一方側に配置され、第2流路の第1部分が第3方向の他方側に配置された第1構造と、第1流路の第1部分が第3方向の他方側に配置され、第2流路の第1部分が第3方向の一方側に配置され、第1構造を反転させた第2構造と、を含み、流路層は、第1構造と第2構造が第1方向および第2方向の少なくとも一方に交互に並ぶように配列された構造を有する。このように構成すれば、第1構造と、第1構造を反転させた第2構造との2種類の単位構造を配列するだけで、同一層内で第1流路または第2流路が第3方向に蛇行する構造を実現することができる。これにより、第3方向に蛇行する流路を含む構造であっても、流路層を容易に設計することができる。

10

【0020】

上記流路層が単位構造を配列することにより構成される場合において、好ましくは、単位構造において、第1流路および第2流路は、第1部分よりも流路幅及び流路高さの両方が拡大された第2部分を両端にそれぞれ有し、第1流路は、複数の単位構造における第2部分同士が接続されることにより第1方向に延び、第2流路は、複数の単位構造における第2部分同士が接続されることにより第2方向に延びるように構成されている。このように構成すれば、単位構造における第2部分同士を接続するだけで、流路幅及び流路高さの両方の縮小と拡大とが交互に発生する構造を容易に実現することができる。

20

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、上記のように、熱交換器のサイズおよび重量の増大を抑制しながら、熱交換効率を改善させることができが可能な熱交換器を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本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】第1流路および第2流路の概略を説明するための模式的な平面図である。

30

【図3】熱交換器のコア部をX方向から見た側面図である。

【図4】コア部をX方向から見た断面図である。

【図5】熱交換器のコア部をY方向から見た側面図である。

【図6】コア部をY方向から見た断面図である。

【図7】第1流路をY方向から見た断面の模式図である。

【図8】図7の500-500線に沿った組み合わせ断面図である。

【図9】第2流路をX方向から見た断面の模式図である。

【図10】図9の510-510線に沿った組み合わせ断面図である。

【図11】単位構造の例を示した斜視図である。

【図12】単位構造に含まれる第1流路および第2流路の形状を説明するための模式図である。

40

【図13】図11の単位構造をX方向から見た側面図である。

【図14】図11の単位構造をX方向から見た断面図である。

【図15】図11の単位構造をY方向から見た側面図である。

【図16】図11の単位構造をY方向から見た断面図である。

【図17】図16の520-520線に沿った断面図である。

【図18】図14の530-530線に沿った断面図である。

【図19】第1構造と第2構造との組み合わせによる第1流路を説明するための断面図である。

【図20】第1構造と第2構造との組み合わせによる第2流路を説明するための断面図である。

50

ある。

【図21】比較例によるプレートフィン型熱交換器の入口開口部分の模式図である。

【図22】本実施形態の熱交換器における入口開口部分の模式図である。

【図23】第1部分の形成範囲(高さ)に関する変形例を示した模式図である。

【図24】第1部分の長さに関する変形例を示した模式図である。

【図25】第1部分の形成位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】

【0023】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

【0024】

まず、図1～図20を参照して、一実施形態による熱交換器100について説明する。

10

【0025】

(熱交換器の全体構成)

図1に示すように、熱交換器100は、第1流路11と第2流路12とが同一層内に配置された流路層10を備えている。

【0026】

熱交換器100は、少なくとも1つの流路層10を備える。図1の例では、流路層10は、互いに直交するX方向およびY方向に沿って広がる平板状の層である。流路層10は、X方向およびY方向と直交するZ方向に所定の厚みを有する。図1の例では、流路層10は、Z方向から見て矩形形状を有する。X方向は、特許請求の範囲の「第1方向」の一例である。Y方向は、特許請求の範囲の「第2方向」の一例である。Z方向は、特許請求の範囲の「第3方向」の一例である。

20

【0027】

流路層10は、少なくとも1つの第1流路11と、少なくとも1つの第2流路12とを含む。第1流路11と第2流路12とは、互いに流体的に独立した流路である。図1の例では、流路層10は、Y方向に並ぶ複数の第1流路11と、X方向に並ぶ複数の第2流路12とを含んでいる。具体的には、流路層10は、4本の第1流路11と、4本の第2流路12とを含んでいる。流路層10に含まれる第1流路11の数と第2流路12の数とは、任意であり、互いに異なっていてもよい。

【0028】

第1流路11は、X方向に延びる管状形状を有する。第1流路11は第1流体1を流通させるように構成されている。第1流路11は、隔壁13によって区画された中空の通路である。第1流路11がX方向に延びるとは、第1流路11が全体としてX方向に延びていることを意味し、厳密にX方向に向いた直線形状である必要はない。4本の第1流路11は、Y方向に並んでいる。

30

【0029】

第2流路12は、X方向と交差するY方向に延びる管状形状を有する。第2流路12は、第1流体1と熱交換する第2流体2を流通させるように構成されている。第2流路12は、隔壁13によって区画された中空の通路である。第2流路12がY方向に延びるとは、第2流路12が全体としてY方向に延びていることを意味し、厳密にY方向に向いた直線形状である必要はない。4本の第2流路12は、X方向に並んでいる。

40

【0030】

図1の例では、熱交換器100は、Z方向に配列された複数の流路層10を備えている。具体的には、4層の流路層10が設けられている。それぞれの流路層10は、同一形状を有する。隣接する流路層10の間は、平板状の隔壁13によって区画されている。図1の例では、Z方向に並ぶ4層の流路層10によって、熱交換器100のコア部3が構成されている。コア部3内において、それぞれの第1流路11を流れる第1流体1と、それぞれの第2流路12を流れる第2流体2との間で、熱交換が行われる。コア部3は、4層の流路層10によって、全体として直方体形状を有する。

【0031】

50

図1および図2に示すように、流路層10は、X方向側の端部に、第1端面10Aと第1端面10Aとは反対側の第2端面10Bとを有する。流路層10は、Y方向側の端部に、第3端面10Cと第3端面10Cとは反対側の第4端面10Dとを有する。

【0032】

図2および図6に示すように、第1流路11は、流路層10内で第1端面10Aから第2端面10Bまで延びるように形成され、流路層10をX方向に貫通している。第1流路11は、一方の端部と他方の端部とを有する。第1流路11は、一方の端部に入口開口21を有し、他方の端部に出口開口22を有する。それぞれの流路層10は、X方向側の第1端面10Aに複数(4本)の第1流路11の入口開口21を有し、X方向側の第2端面10Bに複数(4本)の第1流路11の出口開口22を有する。

10

【0033】

したがって、図3に示すように、第1端面10Aには、同一層内の4本の第1流路11の入口開口21がY方向に並んで設けられ、それぞれの流路層10における入口開口21がZ方向に並んで設けられている。コア部3には、4層の流路層10によって、合計16個の入口開口21がY方向およびZ方向に行列状に並んで配置されている。第2端面10Bにおける第1流路11の出口開口22の配置も同様であり、図示を省略する。コア部3には、4層の流路層10によって、合計16個の出口開口22がY方向およびZ方向に行列状に並んで配置されている。

【0034】

図2および図4に示すように、第2流路12は、流路層10内で第3端面10Cから第4端面10Dまで延びるように形成され、流路層10をY方向に貫通している。第2流路12は、一方の端部と他方の端部とを有する。第2流路12は、一方の端部に入口開口31を有し、他方の端部に出口開口32を有する。流路層10は、Y方向側の第3端面10Cに複数の第2流路12の入口開口31を有し、Y方向側の第4端面10Dに複数の第2流路12の出口開口32を有する。

20

【0035】

したがって、図5に示すように、第3端面10Cには、同一層内の4本の第2流路12の入口開口31がX方向に並んで設けられ、それぞれの流路層10における入口開口31がZ方向に並んで設けられている。コア部3には、4層の流路層10によって、合計16個の入口開口31がX方向およびZ方向に行列状に並んで配置されている。第4端面10Dにおける第2流路12の出口開口32の配置も同様であり、図示を省略する。コア部3には、4層の流路層10によって、合計16個の出口開口32がX方向およびZ方向に行列状に並んで配置されている。

30

【0036】

熱交換器100には、図2に示したように、第1流路11の入口開口21、第1流路11の出口開口22、第2流路12の入口開口31、第2流路12の出口開口32を、別々に外部配管と接続するためのヘッダ部4A～4Dが設けられる。ヘッダ部4A～4Dは、対応する複数の入口開口または出口開口を、まとめて覆うように設けられる。

【0037】

ヘッダ部4Aは、第1端面10Aに形成された16個の入口開口21を覆い、外部配管から送られる第1流体1をそれぞれの入口開口21へ分配する。ヘッダ部4Bは、第2端面10Bに形成された16個の出口開口22を覆い、それぞれの出口開口22から流出する第1流体1を合流させて外部配管へ送りだす。ヘッダ部4Cは、第3端面10Cに形成された16個の入口開口31を覆い、外部配管から送られる第2流体2をそれぞれの入口開口31へ分配する。ヘッダ部4Dは、第4端面10Dに形成された16個の出口開口32を覆い、それぞれの出口開口32から流出する第2流体2を合流させて外部配管へ送りだす。

40

【0038】

このように、本実施形態の熱交換器100は、第1流路11によって第1流体1を第1端面10Aから第2端面10Bに向けてX方向に流通させ、第2流路12によって第2流

50

体 2 を第 3 端面 10C から第 4 端面 10D に向けて Y 方向に流通させて熱交換を行う、直交流型の熱交換器として構成されている。直交流型とは、熱交換を行う流体同士が互いに直交する方向に向けて流通する方式のことである。

【0039】

(流路の構造)

次に、第 1 流路 11 および第 2 流路 12 の詳細な構造について説明する。

【0040】

流路断面形状の変化

本実施形態では、第 1 流路 11 および第 2 流路 12 の各々は、流路の延びる方向に沿って流路断面積が縮小および拡大するように形成されている。なお、本明細書において、流路断面積とは、流路の延びる方向に対して直交する断面における、流路（流体が流通する空間）の面積である。

10

【0041】

図 7 および図 8 に示すように、第 1 流路 11 は、流路断面積が縮小された第 1 部分 23 を含む。また、第 1 流路 11 は、第 1 部分 23 よりも流路断面積が拡大された第 2 部分 24 を含む。

【0042】

第 1 流路 11 は、第 1 部分 23 において流路断面積が最小となる。第 1 流路 11 は、第 2 部分 24 において流路断面積が最大となる。第 1 部分 23 において、流路断面は、図 4 に示すように、台形形状となる。第 2 部分 24 において、流路断面は、図 3 に示すように、長方形形状となる。図 7 および図 8 に示すように、第 1 流路 11 は、第 2 部分 24 から第 1 部分 23 に至るまでに、流路断面積が縮小され、第 1 部分 23 から第 2 部分 24 に至るまでに、流路断面積が拡大される。

20

【0043】

図 9 および図 10 に示すように、第 2 流路 12 は、流路断面積が縮小された第 1 部分 33 を含む。また、第 2 流路 12 は、第 1 部分 33 よりも流路断面積が拡大された第 2 部分 34 を含む。

【0044】

第 2 流路 12 は、第 1 部分 33 において流路断面積が最小となる。第 2 流路 12 は、第 2 部分 34 において流路断面積が最大となる。第 1 部分 33 において、流路断面は、図 6 に示すように、台形形状となる。第 2 部分 34 において、流路断面は、図 5 に示すように、長方形形状となる。図 9 および図 10 に示すように、第 2 流路 12 は、第 2 部分 34 から第 1 部分 33 に至るまでに、流路断面積が縮小され、第 1 部分 33 から第 2 部分 34 に至るまでに、流路断面積が拡大される。

30

【0045】

このように、第 1 流路 11 および第 2 流路 12 は、それぞれ、複数の第 1 部分（23、33）と、複数の第 2 部分（24、34）と、を有している。そして、各流路において、第 1 部分（23、33）と第 2 部分（24、34）とは、流路の延びる方向に沿って交互に配置されている。したがって、第 1 流路 11 および第 2 流路 12 の各々では、流路断面積の縮小と拡大とが、交互に生じるように形成されている。

40

【0046】

また、第 1 流路 11 および第 2 流路 12 は、それぞれ、流路の端部に配置された第 2 部分（24、34）によって、入口開口または出口開口が構成されている。

【0047】

すなわち、第 1 流路 11（図 7、図 8、図 1 参照）では、第 1 端面 10A の第 2 部分 24 によって、入口開口 21 が構成され、第 2 端面 10B の第 2 部分 24 によって、出口開口 22 が構成されている。同様に、第 2 流路 12（図 9、図 10、図 1 参照）では、第 3 端面 10C の第 2 部分 34 によって、入口開口 31 が構成され、第 4 端面 10D の第 2 部分 34 によって、出口開口 32 が構成されている。

【0048】

50

第1流路と第2流路との交差

また、第1流路11および第2流路12は、流路断面積が縮小された第1部分(23、33)がX方向およびY方向と交差するZ方向に変位することにより、第1部分(23、33)において同一層内で交差している。

【0049】

たとえば図6に示すように、第1流路11は、領域71において、第1部分23がZ1方向に偏るように変位している。そして、同じ領域71において、第2流路12の第1部分33がZ2方向に偏るように変位することにより、第1流路11と交差している。領域71では、第1流路11(第1部分23)が第2流路12のZ1方向側を跨ぐようにX方向に延びており、第2流路12(第1部分33)が第1流路11のZ2方向側をくぐるようにY方向に延びている。10

【0050】

また、第1流路11は、領域72において、第1部分23がZ2方向に偏るように変位している。そして、領域72において、第2流路12の第1部分33がZ1方向に偏るように変位することにより、第1流路11と交差している。領域72において、第1流路11(第1部分23)が第2流路12のZ2方向側をくぐるようにX方向に延びており、第2流路12(第1部分33)が第1流路11のZ1方向側を跨ぐようにY方向に延びている。20

【0051】

第2流路12についても同様である。図4に示したように、第2流路12は、領域73において、第1部分33がZ1方向に偏るように変位し、Z2方向に偏るように変位した第1流路11と交差している。領域74では、第2流路12は、第1部分33がZ2方向に偏るように変位し、Z1方向に偏るように変位した第1流路11と交差している。20

【0052】

本実施形態では、交差する第1流路11の第1部分23と第2流路12の第1部分33とのZ方向の位置関係が交互に入れ替わるように、第1流路11および第2流路12が蛇行している。

【0053】

つまり、図6に示したように、第1流路11では、第1部分23がZ1方向に偏り、第2流路12に対してZ1方向側に位置する領域71と、第1部分23がZ2方向に偏り、第2流路12に対してZ2方向側に位置する領域72とが、X方向に沿って交互に現れている。領域71において、第1部分23がZ方向の第1位置P1に位置し、領域72において、第1部分23がZ方向の第2位置P2に位置する。30

【0054】

また、図4に示したように、第2流路12では、第1部分33がZ1方向に偏り、第1流路11に対してZ1方向側に位置する領域73と、第1部分33がZ2方向に偏り、第1流路11に対してZ2方向側に位置する領域74とが、Y方向に沿って交互に現れている。領域73において、第1部分33がZ方向の第1位置P1に位置し、領域74において、第1部分33がZ方向の第2位置P2に位置する。

【0055】

このように、第1流路11および第2流路12は、流路の延びる方向の位置に応じて、第1部分(23、33)がZ方向の第1位置P1と第2位置P2との間で変位するように蛇行している。40

【0056】

ここで、本実施形態では、第1位置P1における第1部分(23、33)のZ方向の形成範囲と、第2位置P2における第1部分(23、33)のZ方向の形成範囲とが、Z方向において重複しないようにずれている。

【0057】

すなわち、図7に示すように、第1流路11では、第1位置P1における第1部分23は、Z方向の範囲81に亘って形成されている。第2位置P2における第1部分23は、50

Z方向の範囲82に亘って形成されている。Z方向において、範囲81と範囲82とが重複していない。

【0058】

同様に、第2流路12では、図9に示すように、第1位置P1における第1部分33は、Z方向の範囲81に亘って形成されている。第2位置P2における第1部分33は、Z方向の範囲82に亘って形成されている。Z方向において、範囲81と範囲82とが重複していない。

【0059】

つまり、本実施形態では、第1流路11と第2流路12とが、それぞれの第1部分(23、33)において、流路層10をZ方向に2等分するように形成されており、範囲81と範囲82とが流路層10をZ方向に2等分する範囲となっている。このため、第1位置P1と第2位置P2とで、第1部分(23、33)の形成範囲が重複することがない。

【0060】

流路間の隔壁

図7～図10に示したように、第1流路11および第2流路12の各々は、流路断面積を縮小および拡大させるように屈曲した隔壁13により区画されている。第1流路11の第1部分23および第2部分24と、第2流路12の第1部分33および第2部分34とは、隔壁13によって形成されている。

【0061】

図7において、第1流路11は、台形断面の第2流路12のZ1方向側またはZ2方向側をX方向に横切る。隔壁13は、台形断面の第2流路12と、蛇行する第1流路11とを区画するように屈曲している。隔壁13は、台形断面の第2流路12を形成するように流路層10内に突出している。そして、流路層10内に突出した隔壁13によって、第1流路11の流路断面積が縮小した第1部分23が区画されている。

【0062】

図9において、第2流路12は、台形断面の第1流路11のZ1方向側またはZ2方向側をY方向に横切る。隔壁13は、台形断面の第1流路11と、蛇行する第2流路12とを区画するように屈曲している。隔壁13は、台形断面の第1流路11を形成するように流路層10内に突出している。そして、流路層10内に突出した隔壁13によって、第2流路12の流路断面積が縮小した第1部分33が区画されている。

【0063】

このように、第1流路11と第2流路12とは、同一層内で共通の隔壁13により互いに区画されている。第1流路11と第2流路12とは、隔壁13を介して互いに隣接している。そのため、隔壁13は、第1流路11と第2流路12との間で熱交換を行う際の1次伝熱面を構成する。

【0064】

また、第1流路11および第2流路12は、流路の延びる方向の位置に応じて断面積が連続的に変化するように、傾斜した隔壁13によって区画されている。

【0065】

隔壁13は、図5および図3(図7および図9)に示したように、Z方向において流路層10の外縁部から流路層10の中心に向けて突出するように傾斜した傾斜面41、42、43、44を有する。隔壁13は、図3および図8に示したように、Y方向において流路層10の外縁部から流路層10の中心に向けて突出するように傾斜した傾斜面45、46を有する。隔壁13は、図5および図10に示したように、X方向において流路層10の外縁部から流路層10の中心に向けて突出するように傾斜した傾斜面47、48を有する。

【0066】

したがって、第1流路11は、隔壁13の傾斜面41、42(図7参照)によってZ方向の流路高さが連続的に変化し、隔壁13の傾斜面45、46(図8参照)によってY方向の流路幅が連続的に変化している。第1流路11は、流路の延びる方向に沿って流路高

10

20

30

40

50

さが縮小および拡大するように形成され、流路の延びる方向に沿って流路幅が縮小および拡大するように形成されている。

【0067】

同様に、第2流路12は、隔壁13の傾斜面43、44(図9参照)によってZ方向の流路高さが連続的に変化し、隔壁13の傾斜面47、48(図10参照)によってX方向の流路幅が連続的に変化している。第2流路12は、流路の延びる方向に沿って流路高さが縮小および拡大するように形成され、流路の延びる方向に沿って流路幅が縮小および拡大するように形成されている。

【0068】

これにより、第1流体1は、第1流路11において、Z方向の流路高さの変化およびY方向の流路幅の変化、Z方向に蛇行する位置変化、の影響を受けて流れに3次元的な変化が生じる。同様に、第2流体2は、第2流路12において、Z方向の流路高さの変化およびX方向の流路幅の変化、Z方向に蛇行する位置変化、の影響を受けて流れに3次元的な変化が生じる。

【0069】

隣接する他の流路層内の流路との位置関係

また、図6に示したように、第1流路11は、同一層内の第2流路12と隣接し、かつ、Z方向に隣接する他の流路層10内の第2流路12と隣接するように設けられている。図6から分かるように、第1流路11は、Z1方向およびZ2方向の一方側で同一層内の第2流路12と隣接し、Z1方向およびZ2方向の他方側で隣接する他の流路層10内の第2流路12と隔壁13を介して隣接している。

【0070】

同様に、図4に示したように、第2流路12は、同一層内の第1流路11と隣接し、かつ、Z方向に隣接する他の流路層10内の第1流路11と隣接するように設けられている。図4から分かるように、第2流路12は、Z1方向およびZ2方向の一方側で同一層内の第1流路11と隣接し、Z1方向およびZ2方向の他方側で隣接する他の流路層10内の第1流路11と隔壁13を介して隣接している。

【0071】

なお、図4に示したように、第1流路11は、同一層内の第2流路12と、隔壁を介してY方向の両側で隣接する。図6に示したように、第2流路12は、同一層内の第1流路11と、隔壁を介してX方向の両側で隣接する。

【0072】

このように、本実施形態では、第1流路11と第2流路12とが、全て1次伝熱面を介して隣接するように構成されている。

【0073】

(単位構造)

図1～図10に示した流路層10は、単位構造50(図11参照)を複数配列することにより構成されている。図11に示すように、単位構造50は、1つの第1流路11と、1つの第2流路12とが形成された、流路層10の最小単位である。流路層10は、単位構造50が繰り返し現れる周期的な構造を有する。

【0074】

単位構造の構成

図12は、単位構造50における第1流路11の形状と第2流路12の形状とを、別々に描いた模式図である。図11および図12に示すように、単位構造50において、X方向に延びる第1流路11とY方向に延びる第2流路12とが交差するように形成されている。したがって、1つの単位構造50のみにより、同一層内に配置される第1流路11と第2流路12とが交差する直交流型の流路層10が構成されうる。流路層10は、1つの単位構造50によって構成されていてもよい。

【0075】

図11に示す単位構造50は、X方向およびY方向に拡がるととともに、Z方向に所定

10

20

30

40

50

の高さを有する直方体形状を有する。単位構造 50 の Z 方向の高さが、流路層 10 の高さ（厚み）に相当する。単位構造 50 は、X 方向側の一方に第 1 端面 50A を有し、X 方向側の他方に第 2 端面 50B を有する。単位構造 50 は、Y 方向側の一方に第 3 端面 50C を有し、Y 方向側の他方に第 4 端面 50D を有する。

【0076】

単位構造 50 において、第 1 流路 11 および第 2 流路 12 は、第 1 部分 (23、33) よりも流路断面積が拡大された第 2 部分 (24、34) を両端にそれぞれ有する。

【0077】

具体的には、第 1 流路 11 は、図 16 に示すように、単位構造 50 において X 方向に延び、単位構造 50 の X 方向側の第 1 端面 50A および第 2 端面 50B に開口する。第 1 流路 11 は、単位構造 50 の第 1 端面 50A および第 2 端面 50B に、それぞれ第 2 部分 24 を有する。それぞれの第 2 部分 24 は、同一の断面形状を有する。第 1 流路 11 は、X 方向の両端の 2 つの第 2 部分 24 の間に、第 1 部分 23 を有する。第 1 部分 23 と第 2 部分 24 との間が、図 13 および図 17 に示すように、隔壁 13 の傾斜面 41、45 および 46 によって接続されている。

10

【0078】

第 2 流路 12 は、図 14 に示すように、単位構造 50 において Y 方向に延び、単位構造 50 の Y 方向側の第 3 端面 50C および第 4 端面 50D に開口する。第 2 流路 12 は、単位構造 50 の第 3 端面 50C および第 4 端面 50D に、それぞれ第 2 部分 34 を有する。それぞれの第 2 部分 34 は、同一の断面形状を有する。第 2 流路 12 は、Y 方向の両端の 2 つの第 2 部分 34 の間に、第 1 部分 33 を有する。第 1 部分 33 と第 2 部分 34 との間が、図 15 および図 18 に示すように、隔壁 13 の傾斜面 43、47 および 48 によって接続されている。

20

【0079】

単位構造 50 において、第 1 流路 11 の第 1 部分 23 は、第 2 流路 12 の第 1 部分 33 に対して Z 方向のいずれか一方に変位し、第 2 流路 12 の第 1 部分 33 は、第 1 流路 11 の第 1 部分 23 に対して Z 方向のいずれか他方に変位している。これにより、単位構造 50 では、第 1 流路 11 と第 2 流路 12 が、それぞれの第 1 部分 (23、33) において互いに交差している。

【0080】

30

複数の単位構造の配列

単位構造 50 を X 方向に配列することによって、第 1 流路 11 の流路長さが任意に設定できる。すなわち、第 1 流路 11 は、複数の単位構造 50 における第 2 部分 24 同士が接続されることにより X 方向に延びるように構成されている。具体的には、1 つの単位構造 50 の第 2 端面 50B の第 2 部分 24 と、隣り合う 1 つの単位構造 50 の第 1 端面 50A の第 2 部分 24 とが接続される。

【0081】

複数の単位構造 50 によって第 1 流路 11 を形成する場合、流路層 10 には、単位構造 50 の X 方向の配列数に対応する数の第 2 流路 12 が形成される。第 1 流路 11 は、それぞれの第 2 流路 12 と交差する。図 1 および図 6 ~ 図 8 の流路層 10 では、4 つの単位構造 50 が X 方向に配列されることにより、1 本の第 1 流路 11 が構成されている。これにより、1 本の第 1 流路 11 が、4 本の第 2 流路 12 と交差している。

40

【0082】

同様に単位構造 50 を Y 方向に配列することによって、第 2 流路 12 の流路長さが任意に設定できる。すなわち、第 2 流路 12 は、複数の単位構造 50 における第 2 部分 24 同士が接続されることにより Y 方向に延びるように構成されている。具体的には、1 つの単位構造 50 の第 3 端面 50C の第 2 部分 34 と、隣り合う 1 つの単位構造 50 の第 4 端面 50D の第 2 部分 34 とが接続される。

【0083】

複数の単位構造 50 によって第 2 流路 12 を形成する場合、流路層 10 には、単位構造

50

50のY方向の配列数に対応する数の第1流路11が形成される。第2流路12は、それぞれの第1流路11と交差する。図1、図4、図9および図10の流路層10では、4つの単位構造50がY方向に配列されることにより、1本の第2流路12が構成されている。これにより、1本の第2流路12が、4本の第1流路11と交差している。

【0084】

単位構造による蛇行した流路の形成

図4および図6に示したように、第1流路11および第2流路12をZ方向に蛇行させる場合、流路層10は、少なくとも、第1部分(23、33)のZ方向の位置が異なる2種類の単位構造50の組み合わせによって構成されうる。

【0085】

すなわち、図19および図20の例では、単位構造50は、第1構造51と、第1構造51を反転させた第2構造52と、を含む。第1構造51と第2構造52とは、構造的には同一の形状を有する。第1構造51を、Z方向に反転させたものが、第2構造52である。なお、図11～図18は、第1構造51を示している。第2構造52は、図19および図20に示すように、第1構造51の傾斜面41、43に代えて、傾斜面42、44を含む。

【0086】

第1構造51では、第1流路11の第1部分23がZ方向の一方側(Z1方向側)に配置され、第2流路12の第1部分33がZ方向の他方側(Z2方向側)に配置されている。つまり、第1構造51は、第1位置P1に配置された第1部分23と、第2位置P2に配置された第1部分33とを含む。図6の領域71、図4の領域74が、第1構造51によって形成されている。

10

【0087】

第2構造52では、第1流路11の第1部分23がZ方向の他方側(Z2方向側)に配置され、第2流路12の第1部分33がZ方向の一方側(Z1方向側)に配置されている。つまり、第2構造52は、第2位置P2に配置された第1部分23と、第1位置P1に配置された第1部分33とを含む。図6の領域72、図4の領域73が、第2構造52によって形成されている。

20

【0088】

そして、図19および図20に示したように、流路層10は、第1構造51と第2構造52とがX方向およびY方向の少なくとも一方に交互に並ぶように配列された構造を有する。図6に示すように、第1構造51と第2構造52とが、X方向に沿って2つずつ交互に並び、合計4つ配列されている。同様に、図4に示すように、第1構造51と第2構造52とが、Y方向に沿って2つずつ交互に並び、合計4つ配列されている。

30

【0089】

つまり、図1～図10の流路層10では、X方向に4つの単位構造50が配列され、Y方向に4つの単位構造50が配列されており、16個の単位構造50によって流路層10が構成されている。

【0090】

そして、16個の単位構造50の内訳として、第1構造51と第2構造52とがX方向およびY方向のそれぞれで交互に現れるように、8個ずつ設けられている。流路層10は、図2に示したように、第1構造51と第2構造52とが市松模様状に配列された構造を有する。図2では、Z1方向側(すなわち、第1位置P1)を通過する流路を実線矢印で示し、Z2方向側(すなわち、第2位置P2)を通過する流路を破線矢印で示している。実線で示された第1流路11と、破線で示された第2流路12とが交差する部分が、第1構造51により構成されている。破線で示された第1流路11と、実線で示された第2流路12とが交差する部分が、第2構造52により構成されている。

40

【0091】

このように構成された流路層10が、Z方向に配列されることにより、図1に示したコア部3が構成されている。それぞれの流路層10では、同じ単位構造50がZ方向に並ぶ

50

。すなわち、図 4 および図 6 に示すように、それぞれの流路層 1 0 の第 1 構造 5 1 同士が Z 方向に配列され、それぞれの流路層 1 0 の第 2 構造 5 2 同士が Z 方向に配列されている。これにより、いずれかの流路層 1 0 の第 1 流路 1 1 が、Z 方向に隣接する他の流路層 1 0 内の第 2 流路 1 2 と隣接し、いずれかの流路層 1 0 の第 2 流路 1 2 が、Z 方向に隣接する他の流路層 1 0 内の第 1 流路 1 1 と隣接する構造が実現される。

【 0 0 9 2 】

(熱交換器の形成手法)

熱交換器 1 0 0 のコア部 3 は、たとえば、積層造形法によって形成された立体構造物とされうる。より具体的には、積層造形法は、粉末積層造形法である。粉末積層造形法は、粉末材料を層状に敷き詰め、造形すべき箇所にレーザや電子ビームなどを照射して溶融、凝固させることによって層状の造形部分を形成する処理を、積層方向（造形方向）に繰り返し、層状の造形部分を積層方向に積み重ねて立体構造を造形する手法である。粉末材料は、鉄系、銅系、チタン系、アルミニウム系などの金属材料であり、重量、機械的強度、伝熱性能など観点から、たとえばアルミニウム（またはアルミニウム合金）などが好ましい。

10

【 0 0 9 3 】

本実施形態では、コア部 3 が、積層造形法によって一体的に形成（単一部品として形成）された後、ヘッダ部 4 A ~ 4 D と接合されることによって熱交換器 1 0 0 として構成されうる。また、コア部 3 およびヘッダ部 4 A ~ 4 D を含む熱交換器 1 0 0 の全体が、積層造形法によって一体的に形成されうる。

20

【 0 0 9 4 】

(熱交換器の作用)

以上のように構成された熱交換器 1 0 0 では、ヘッダ部 4 A から各第 1 流路 1 1 に導入された第 1 流体 1 が、第 1 流路 1 1 の第 2 部分 2 4 と第 1 部分 2 3 とを交互に通過する。さらに、第 1 流体 1 は、第 1 位置 P 1 の第 1 部分 2 3 と第 2 位置 P 2 の第 1 部分 2 3 とを交互に通過するように、Z 方向に蛇行して流れる。第 1 流体 1 が第 1 流路 1 1 内を流れる過程で、隣接する複数の第 2 流路 1 2 をそれぞれ流れる第 2 流体 2 との間で熱交換が行われる。熱交換の後、第 1 流体 1 は、出口開口 2 2 からヘッダ部 4 B へ排出される。

【 0 0 9 5 】

そして、ヘッダ部 4 C から各第 2 流路 1 2 に導入された第 2 流体 2 が、第 2 流路 1 2 の第 2 部分 3 4 と第 1 部分 3 3 とを交互に通過する。さらに、第 2 流体 2 は、第 1 位置 P 1 の第 1 部分 3 3 と第 2 位置 P 2 の第 1 部分 3 3 とを交互に通過するように、Z 方向に蛇行して流れる。第 2 流体 2 が第 2 流路 1 2 内を流れる過程で、隣接する複数の第 1 流路 1 1 をそれぞれ流れる第 1 流体 1 との間で熱交換が行われる。熱交換の後、第 2 流体 2 は、出口開口 3 2 からヘッダ部 4 D へ排出される。

30

【 0 0 9 6 】

第 1 流路 1 1 および第 2 流路 1 2 の内部では、流路断面積の変化および Z 方向の変位に伴って、流れの乱れが生じ、温度境界層が破壊されることにより熱交換が効率的に行われる。また、第 1 流路 1 1 と第 2 流路 1 2 とを区画する隔壁 1 3 が全面に亘って 1 次伝熱面を構成する。つまり、隣り合う流路層 1 0 同士を区画する境界だけでなく、同一層内の流路を区画する隔壁 1 3 によっても 1 次伝熱面が構成されているので、従来のプレートフィン型熱交換器と比較して 1 次伝熱面の面積が増大している。その結果、隔壁 1 3 を介した第 1 流体 1 と第 2 流体 2 との熱交換が効率的に行われる。

40

【 0 0 9 7 】

(本実施形態の効果)

本実施形態では、以下のような効果を得ることができる。

【 0 0 9 8 】

本実施形態では、上記のように、第 1 流路 1 1 および第 2 流路 1 2 の各々が、流路断面積を縮小および拡大させつつ、さらに第 1 部分（2 3、3 3）において Z 方向に変位する。これにより、それぞれの流路内では、断面形状の変化に伴う 2 次元的な流れの変化に加

50

えて、Z方向への流れの変化によって、3次元的に変化する流れを形成できる。その結果、熱伝達率を改善するための流れの乱れを効果的に形成できる。そして、第1流路11および第2流路12の各々に形成される第1部分(23、33)を利用し、第1部分(23、33)の位置をZ方向にずらすことによって、第1流路11と第2流路12とを同一層内で互いに交差するように形成できる。これにより、従来のプレートフィン型の熱交換器のように、第1の層と、第2の層との境界にのみ伝熱面が形成される構造(図21参照)と異なり、単一の流路層10内で第1流路11と第2流路12との伝熱面を形成できる。その結果、従来の熱交換器と同等のサイズであれば、従来の熱交換器よりも伝熱面積を増大させることができ、従来の熱交換器と同等の伝熱面積であれば、従来の熱交換器よりも熱交換器のサイズおよび重量を低減できる。以上の結果、本実施形態では、熱交換器のサイズおよび重量の増大を抑制しながら、熱交換効率を改善させることができる。

【0099】

また、本実施形態では、上記のように、第1流路11および第2流路12の各々が、流路断面積を縮小および拡大させるように屈曲した隔壁13により区画されているので、流路断面積を変化させるために2次伝熱面となるフィンを流路内に配置する必要がなく、第1流路11と第2流路12と隔壁13を介して直接隣接させることができる。そして、第1流路11と第2流路12とが、同一層内で共通の隔壁13により互いに区画されているので、同一層内の第1流路11と第2流路12との隔壁13によって1次伝熱面を構成することができる。これにより、第1流路11と第2流路12との1次伝熱面を効果的に増大させることができる。

【0100】

また、本実施形態では、上記のように、第1流路11および第2流路12は、流路の延びる方向の位置に応じて断面積が連続的に変化するように、傾斜した隔壁13によって区画されているので、たとえば段差状に形成された隔壁13により流路断面積が急激に(直角に)変化するような構造と比較して、流路断面積の変化を滑らかにすることができます。これにより、第1流路11および第2流路12において、熱交換効率を改善させる流れの変化を形成しつつ、圧力損失の過度な増大を抑制できる。

【0101】

また、本実施形態では、上記のように、第1流路11がZ方向に隣接する他の流路層10内の第2流路12と隣接するように設けられ、第2流路12がZ方向に隣接する他の流路層10内の第1流路11と隣接するように設けられているので、第1流路11を同一層内だけでなく別の流路層10の第2流路12とも隣接させ、第2流路12を同一層内だけでなく別の流路層10の第1流路11と隣接させることができる。これにより、第1流路11と第2流路12との間の伝熱面積を更に増大させることができるので、熱交換効率を効果的に改善させることができる。

【0102】

また、本実施形態では、上記のように、交差する第1流路11の第1部分23と第2流路12の第1部分33とのZ方向の位置関係が交互に入れ替わるように、第1流路11および第2流路12が蛇行しているので、同一層内に配置される第1流路11および第2流路12の各々を、Z方向に複数回変位させることができる。その結果、各流路において、複数回に亘ってZ方向への流れの変化を生じさせることができるので、熱交換効率を効果的に改善させることができる。

【0103】

また、本実施形態では、上記のように、第1位置P1における第1部分(23、33)のZ方向の形成範囲81と、第2位置P2における第1部分(23、33)のZ方向の形成範囲82とが、Z方向において重複しないようにずれているので、第1流路11において、第1位置P1にある第1部分23と、第2位置P2にある第1部分23とをX方向に直線的に通過する領域が形成されない。第2流路12においても同様に、Y方向に直線的に通過する領域が形成されない。そのため、流体が第1位置P1と第2位置P2とを通過する過程で、確実に、Z方向への流れの変化を形成することができる。

【0104】

また、本実施形態では、上記のように、第1流路11および第2流路12の各々において、第1部分(23、33)と第2部分(24、34)とが、流路の延びる方向に沿って交互に配置されているので、第1部分(23、33)における流路断面積の縮小と、第2部分(24、34)における流路断面積の拡大と、を交互に複数回発生させることができる。これにより、断面形状の変化に伴う流れの変化を効果的に発生させることができる。

【0105】

また、本実施形態では、上記のように、第1流路11および第2流路12の各々において、流路の端部に配置された第2部分(24、34)によって、入口開口(21、31)または出口開口(22、34)が構成されているので、流路の端部において拡大された第2部分(24、34)から流体を流路内に導入し、または流路内から導出することができる。これにより、流路断面積が変化する構造においても、流体を導入、導出するための十分な開口面積を確保できる。

10

【0106】

また、本実施形態では、上記のように、流路層10が、X方向側の第1端面10Aに複数の第1流路11の入口開口21を有し、X方向側の第2端面10Bに複数の第1流路11の出口開口22を有し、流路層10は、Y方向側の第3端面10Cに複数の第2流路12の入口開口21を有し、Y方向側の第4端面10Dに複数の第2流路12の出口開口32を有する。これにより、それぞれの流路層10の同一の端面に、流路の入口開口(21、31)または出口開口(22、32)を集約して形成できるので、ヘッダ部4A～4Dに覆われる面積と、開口部の合計面積とを近づけることができる。その結果、流路の入口開口(21、31)において圧力損失が生じることを抑制できる。

20

【0107】

すなわち、図21に示すプレートフィン型の熱交換器の比較例のように、第1の層と第2の層とが交互に設けられる構造では、流路の入口開口が1層おきに形成され、各入口開口が外部配管との接続用のヘッダ部によってまとめて覆われる。この場合、ヘッダ部に覆われる面積A1に比べて、開口部の合計面積(2×A2)が小さいため、ヘッダ部と入口開口との間で流路が急激に絞られることになり、圧力損失が生じる。一方、図22に示す本実施形態の熱交換器100では、第1端面10Aの略全面が入口開口21となり、ヘッダ部4Aに覆われる面積A1と開口部の合計面積(4×A3)とが近付くので、流体の導入に伴う圧力損失が低減できる。図5に示した第3端面10Cについても同様である。

30

【0108】

また、本実施形態では、上記のように、流路層10が、単位構造50を複数配列することにより構成されているので、同一層内で流路断面積を変化させながら互いに交差する第1流路11および第2流路12を含む流路層10を、単位構造50を並べるだけの簡単な構造で形成できる。そして、単位構造50の数を増減させるだけで、任意の流路数および任意の流路長さの熱交換器を容易に得ることができる。これにより、流路形状が3次元的に変化する新規な構造の熱交換器であっても、熱交換器の設計を極めて容易化することができる。

30

【0109】

また、本実施形態では、上記のように、流路層10は、第1構造51と第2構造52がX方向およびY方向に配列された構造を有するので、第1構造51と、第1構造51を反転させた第2構造52との2種類の単位構造50を配列するだけで、同一層内で第1流路11および第2流路12がZ方向に蛇行する構造を実現することができる。これにより、Z方向に蛇行する流路を含む構造であっても、容易に設計することができる。

40

【0110】

また、本実施形態では、上記のように、第1流路11は、複数の単位構造50における第2部分24同士が接続されることによりX方向に延び、第2流路12は、複数の単位構造50における第2部分34同士が接続されることによりY方向に延びるように構成されているので、単位構造50における第2部分(24、34)同士を接続するだけで、流路

50

断面積の縮小と拡大とが交互に発生する構造を容易に実現することができる。

【0111】

[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。

【0112】

たとえば、上記実施形態では、複数の流路層10をZ方向に配列した例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、流路層10を1層だけ設けてもよい。

10

【0113】

また、上記実施形態において、単位構造50の各部の寸法は、図示したものに限られず、任意に変更してよい。たとえば、単位構造50における流路長さは任意である。上記実施形態では、第2流路12のY方向の流路長さに比べて第1流路11のX方向の流路長さが大きい（すなわち、単位構造50のX方向寸法がY方向寸法よりも大きい）例を示したが、流路長さが等しくてもよいし、第2流路12の流路長さに比べて第1流路11の流路長さが小さくてもよい。

【0114】

また、単位構造50における第1部分23のZ方向の形成範囲は任意である。たとえば図19では、第1流路11の第1部分23と第2流路12の第1部分33とが、単位構造50のZ方向高さを2等分するように形成されているが、図23に示すように、第1部分23および第1部分33のいずれか一方の形成範囲を小さくし、いずれか他方の形成範囲を大きくしてもよい。図23では、第1部分33の形成範囲84を小さくし、第1部分23の形成範囲83を大きくした例を示しているが、逆の関係としてもよい。

20

【0115】

この場合、第1部分のZ方向の形成範囲が大きくされた方の流路（図23では第1流路11）では、第1位置P1と第2位置P2とで第1部分23の形成範囲83がZ方向に重複する。そのため、流路内に、入口開口から出口開口まで直線的に貫通する領域90が形成されることになり、流路内の流れをZ方向に蛇行させる効果が低くなる。熱交換効率を向上させる観点では、上記実施形態（図19参照）のように、第1位置P1と第2位置P2とで第1部分（23、33）のZ方向の形成範囲がZ方向に重複しないようにすることが好ましい。一方、図23の構成では、流体が直線的に流通可能な領域90が部分的に形成されるため、圧力損失を低減できる。そのため、熱交換を行う第1流体1および第2流体2の種類、流量や熱交換量を考慮して、いずれかの流路における圧力損失の低減を優先する場合には、図23のように構成してもよい。

30

【0116】

この他、たとえば単位構造50における第1部分23の長さは任意である。たとえば図16に示した第1流路11の第1部分23の長さL1は、図24に示すように、より小さい長さL2であってもよいし、より大きい長さ（図示省略）であってもよい。第2流路12の第1部分33についても同様である。

40

【0117】

また、単位構造50における第1部分23の流路の延びる方向の位置は任意である。たとえば図16の第1流路11の第1部分23は、X方向における単位構造50の中央に配置されているが、図25に示すように、第1部分23が、第1端面50A側または第2端面50B側のいずれかに偏った位置に配置されていてもよい。第2流路12の第1部分33についても同様である。

【0118】

また、上記実施形態では、第1流路11および第2流路12を区画する隔壁13が、折れ線状に屈曲する例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、隔壁13が、曲線状に屈曲（湾曲）していてもよい。

50

【0119】

また、上記実施形態では、第1流路11および第2流路12の流路断面積が連続的に変化するように、傾斜した隔壁13を設けた例を示したが、本発明はこれに限られない。たとえば流路断面積が段階的に変化するように、階段状(段差状)の隔壁を設けてもよい。

【0120】

また、上記実施形態では、第1流路11が、他の流路層10内の第2流路12と隣接し、第2流路12が、他の流路層10内の第1流路11と隣接する例を示したが、本発明はこれに限られない。第1流路11は、他の流路層10の第1流路11と隣接するように設けられてもよい。同様に、第2流路12は、他の流路層10の第2流路12と隣接するように設けられてもよい。

10

【0121】

また、上記実施形態では、交差する第1流路11の第1部分23と第2流路12の第1部分33とのZ方向の位置関係が交互に入れ替わる例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、第1流路11の第1部分23と第2流路12の第1部分33とのZ方向の位置関係が交互に入れ替わらなくてもよい。たとえば、第1構造51および第2構造52の一方のみを複数接続することにより、第1流路11または第2流路12が構成されてもよい。また、たとえば2つの第1構造51と1つの第2構造52との組み合わせなど、第1構造51の数と第2構造52の数とを異ならせて、第1流路11または第2流路12が構成されてもよい。

【0122】

また、上記実施形態では、第2部分(24、34)によって、入口開口21または出口開口22が構成されている例を示したが、第1部分(23、33)によって、入口開口21または出口開口22が構成されていてもよい。

20

【0123】

また、上記実施形態では、流路層10の第1端面10Aに第1流路11の入口開口21を設け、第2端面10Bに第1流路11の出口開口22を設けた例を示したが、本発明はこれに限られない。たとえば第1流路11を第2端面10B側から第1端面10A側にUターンさせて、第1端面10Aに第1流路11の入口開口21と出口開口22との両方を設けてもよい。第2流路12についても同様である。

【0124】

30

また、上記実施形態では、流路層10が、単位構造50を複数配列することにより構成される例を示したが、本発明はこれに限られない。単位構造50の配列によって流路層10を構成しなくともよい。つまり、流路層10は、特定の流路形状のパターンが反復される構造ではなく、流路の一端から他端までの間が反復するパターンを有しない構造で構成されていてもよい。

【0125】

また、上記実施形態では、流路層10が、第1構造51と第2構造52との2種類の単位構造50により構成される例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、流路層10が、3種類以上の単位構造の組み合わせにより構成されていてもよい。

【0126】

40

また、上記実施形態では、流路層10が第1流路11と第2流路12とを含む例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、流路層10が、第1流路11および第2流路12に加えて、さらに第3流体を流通させる第3流路を含んでもよい。流路層10は、何種類の流体を流通させるように構成されていてもよく、流体の種類に応じた数(種類)の流路を含みうる。

【符号の説明】

【0127】

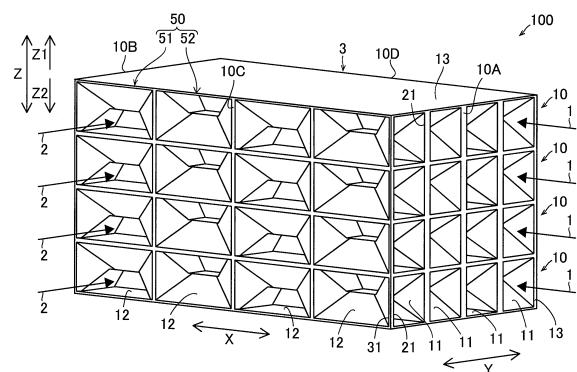
- 1 第1流体
- 2 第2流体
- 10 流路層

50

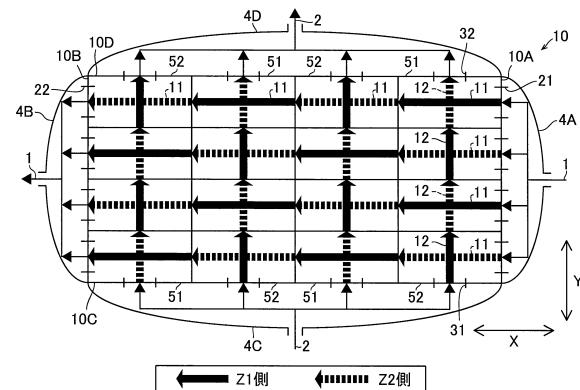
- | | | |
|-------|--------|----|
| 1 0 A | 第 1 端面 | 10 |
| 1 0 B | 第 2 端面 | |
| 1 0 C | 第 3 端面 | |
| 1 0 D | 第 4 端面 | |
| 1 1 | 第 1 流路 | |
| 1 2 | 第 2 流路 | |
| 1 3 | 隔壁 | |
| 2 1 | 入口開口 | |
| 2 2 | 出口開口 | |
| 2 3 | 第 1 部分 | |
| 2 4 | 第 2 部分 | |
| 3 1 | 入口開口 | |
| 3 2 | 出口開口 | |
| 3 3 | 第 1 部分 | |
| 3 4 | 第 2 部分 | |
| 5 0 | 單位構造 | |
| 5 0 A | 第 1 端面 | 20 |
| 5 0 B | 第 2 端面 | |
| 5 0 C | 第 3 端面 | |
| 5 0 D | 第 4 端面 | |
| 5 1 | 第 1 構造 | |
| 5 2 | 第 2 構造 | |
| 8 1 | 形成範圍 | |
| 8 2 | 形成範圍 | |
| 1 0 0 | 熱交換器 | |
| P 1 | 第 1 位置 | |
| P 2 | 第 2 位置 | |

【図面】

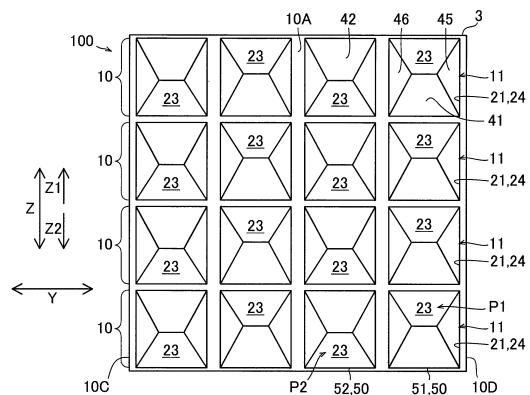
【図1】



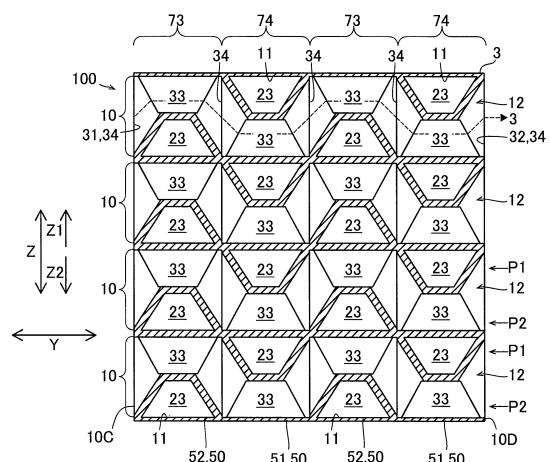
【図2】



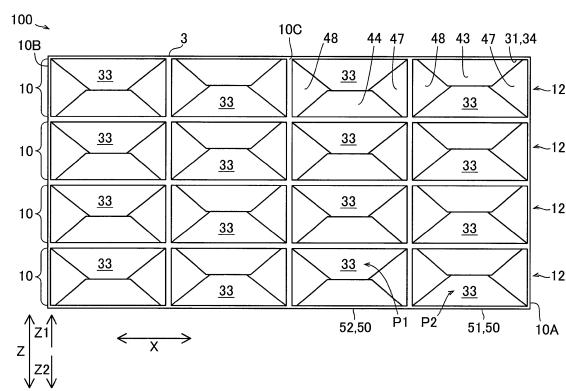
【図3】



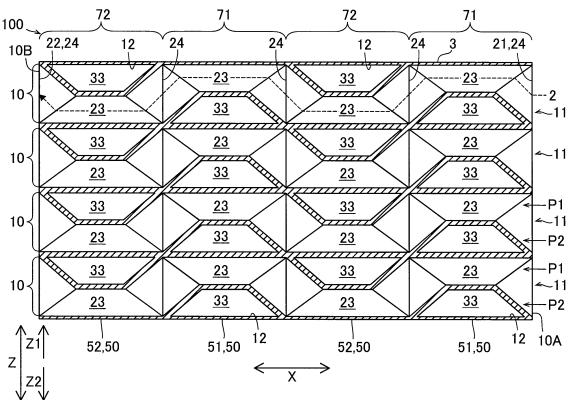
【図4】



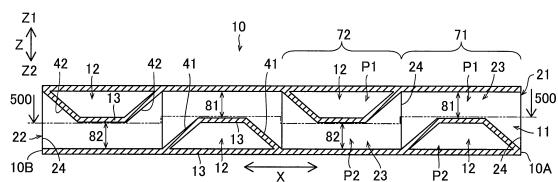
【図5】



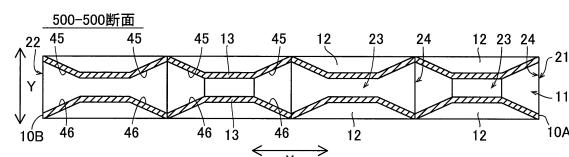
【図6】



【図7】



【図8】



10

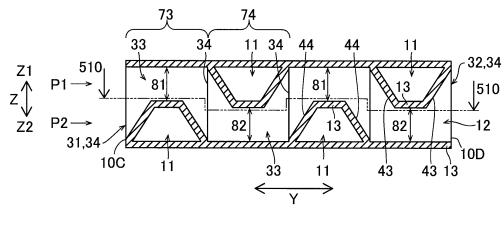
20

30

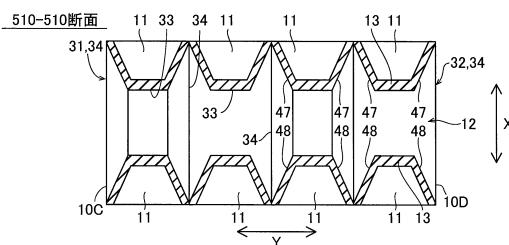
40

50

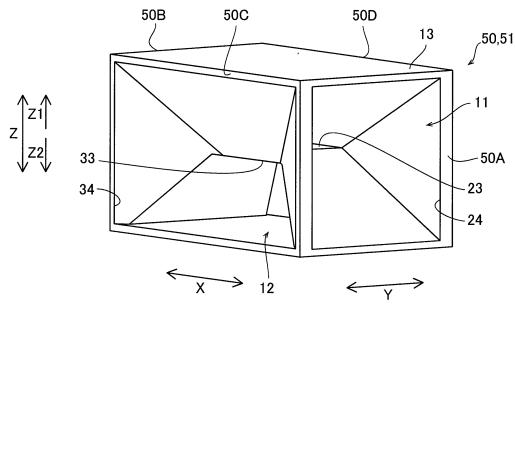
【図 9】



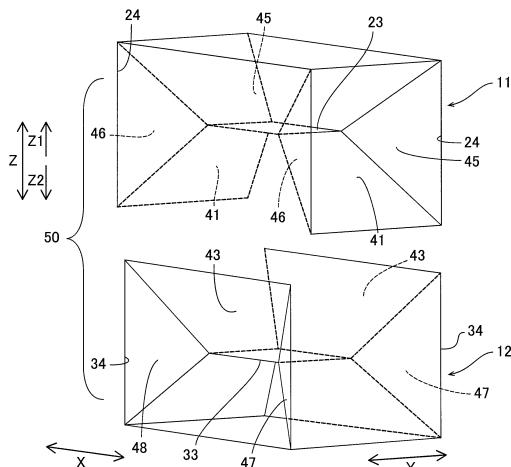
【図 10】



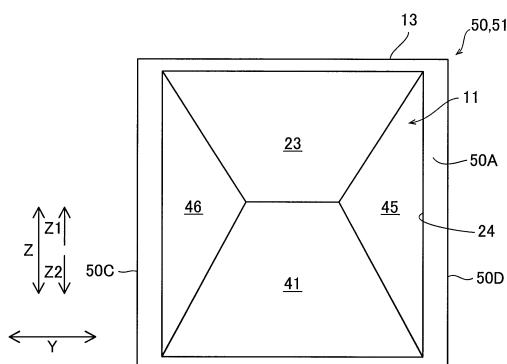
【図 11】



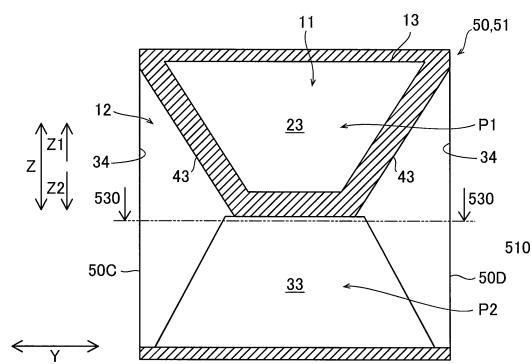
【図 12】



【図 13】



【図 14】



10

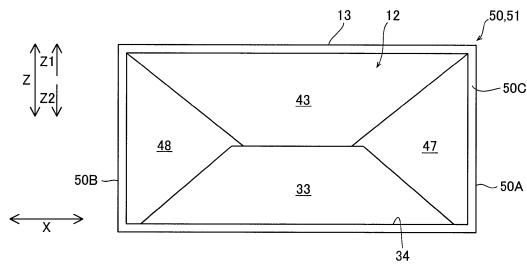
20

30

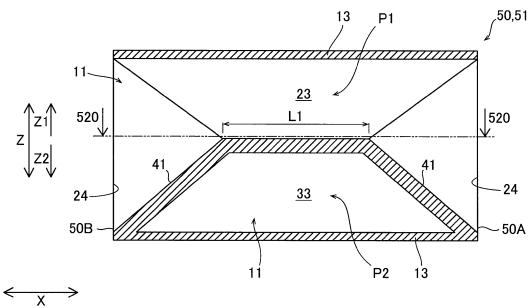
40

50

【図 1 5】

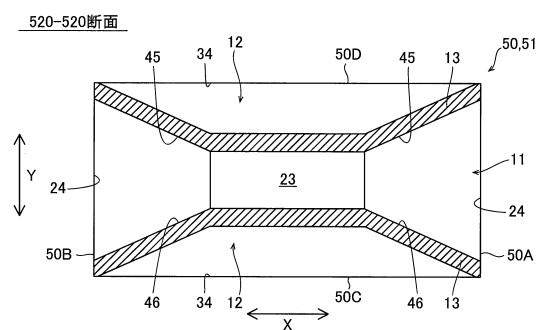


【図 1 6】

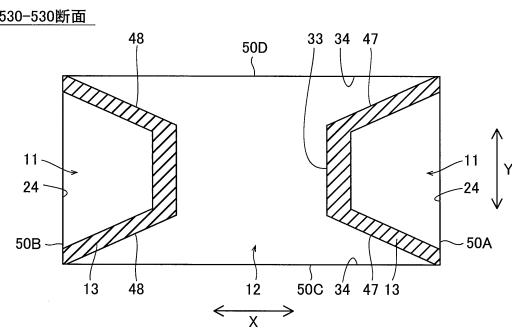


10

【図 1 7】

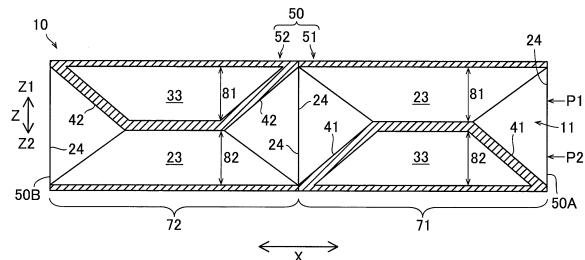


【図 1 8】

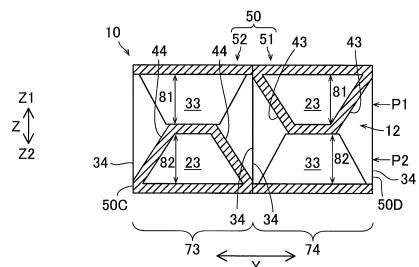


20

【図 1 9】



【図 2 0】

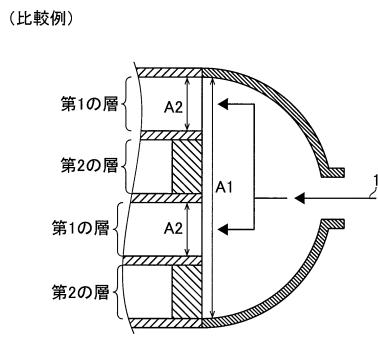


30

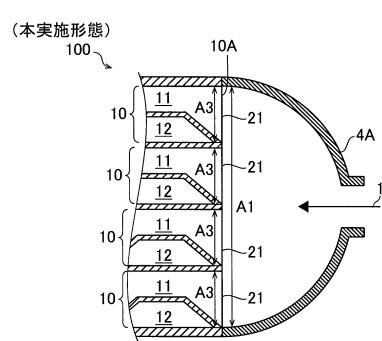
40

50

【図 2 1】

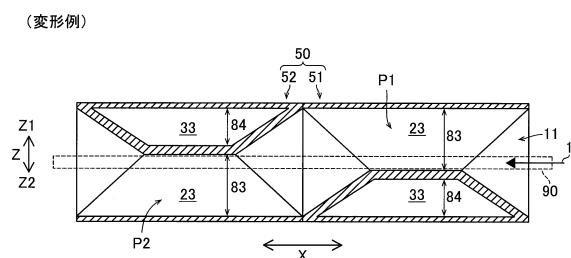


【図 2 2】

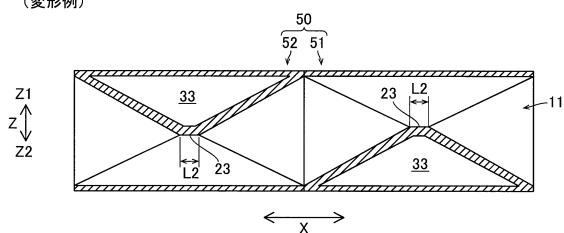


10

【図 2 3】

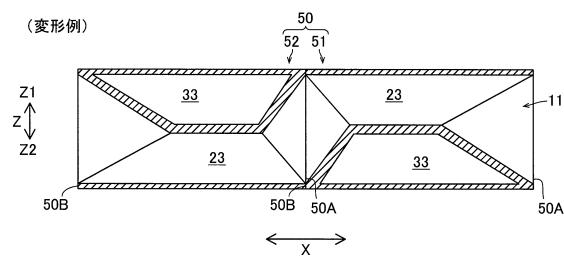


【図 2 4】



20

【図 2 5】



30

40

50

フロントページの続き

(56)参考文献 米国特許出願公開第2015/0267966 (U.S., A1)

欧州特許出願公開第0984238 (E.P., A2)

特開2005-221222 (J.P., A)

国際公開第2010/125643 (WO, A1)

特開2002-333289 (J.P., A)

特開2019-095186 (J.P., A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

F 28 D 9 / 02

F 28 F 3 / 04

F 28 F 3 / 08

F 28 D 7 / 00

F 28 F 13 / 08