

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2021-188872
(P2021-188872A)

(43) 公開日 令和3年12月13日(2021. 12. 13)

(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
F 2 8 D 7/00 (2006.01)	F 2 8 D 7/00 A	3 L 1 O 3
F 2 8 F 1/04 (2006.01)	F 2 8 F 1/04	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2020-97282 (P2020-97282)	(71) 出願人	000005326
(22) 出願日	令和2年6月3日 (2020.6.3)		本田技研工業株式会社
			東京都港区南青山二丁目1番1号
		(74) 代理人	110002192
			特許業務法人落合特許事務所
		(72) 発明者	遠藤 恒雄
			埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
			社本田技術研究所内
		(72) 発明者	木皮 和男
			埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
			社本田技術研究所内
		(72) 発明者	柏谷 奈穂子
			埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
			社本田技術研究所内
		Fターム(参考)	3L103 AA11 BB17 CC02 CC27 DD08

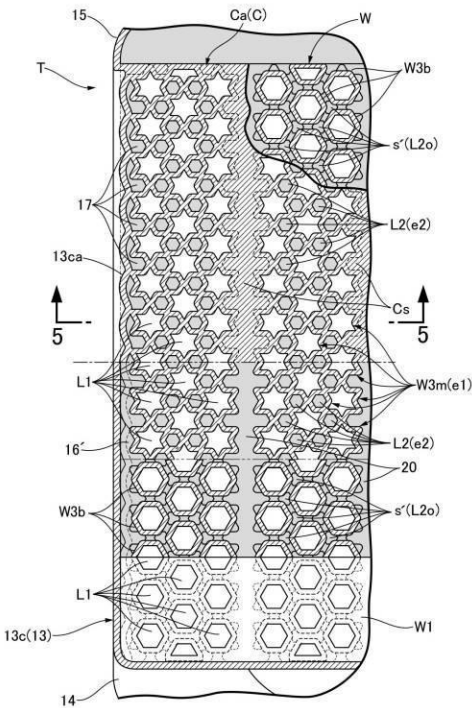
(54) 【発明の名称】 熱交換器

(57) 【要約】

【課題】第1流体が流れる複数の第1流路と、第2流体が流れる複数の第2流路とが隔壁を挟んで互いに隣接配置され、それら第1,第2流体間の熱交換が前記隔壁を介して行われる熱交換器であって、十分な伝熱性能と剛性強度を確保可能としつつ、小型且つ軽量化も達成可能とした極めて高性能な熱交換器を提供する。

【解決手段】隔壁Wは、内部が第1流路L1となり且つ互いに並列する複数の筒状隔壁W3を含み、複数の筒状隔壁W3の、流路方向で少なくとも一部W3mは相互に一体に結合されて、横断面が幾何学模様の隔壁結合部Cを構成し、筒状隔壁W3の横断面形状に対応した、前記幾何学模様の要素図形e1は、該要素図形e1の頂点で相互に繋がり且つその頂点に集合する該要素図形e1の辺部の数が偶数であり、前記隔壁結合部Cにおいて、第2流路L2は、これを取り囲む複数の筒状隔壁W3の外周面の相互間に画成される。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第 1 流体が流れる複数の第 1 流路 (L 1) と、第 2 流体が流れる複数の第 2 流路 (L 2) との間に隔壁 (W) が介在し、その隔壁 (W) を通して第 1 , 第 2 流体間の熱交換が行われる熱交換器において、

前記隔壁 (W) は、内部が前記第 1 流路 (L 1) となり且つ互いに並列する複数の筒状隔壁 (W 3) を含み

前記複数の筒状隔壁 (W 3) の、流路方向で少なくとも一部 (W 3 m) は、相互に一体に結合されて、横断面が幾何学模様の隔壁結合部 (C) を構成しており、

前記筒状隔壁 (W 3) の横断面形状に対応した、前記幾何学模様の要素図形 (e 1) は、該要素図形 (e 1) の頂点で相互に繋がり且つその頂点に集合する該要素図形 (e 1) の辺部の数が偶数であり、

前記隔壁結合部 (C) において、前記第 2 流路 (L 2) は、これを取り囲む前記筒状隔壁 (W 3) の相互間に画成されていることを特徴とする熱交換器。

【請求項 2】

前記複数の筒状隔壁 (W 3) の各々は、該筒状隔壁 (W 3) の少なくとも一端部 (W 3 a , W 3 b) の手前側で流路断面形状が変化することで、前記第 1 流路 (L 1) の流路方向と直交する方向の空隙 (s , s) を、隣り合う前記筒状隔壁 (W 3) の一端部 (W 3 a , W 3 b) の外周面相互間に形成しており、

前記空隙 (s , s) は、前記第 2 流体が前記第 1 流路 (L 1) の側方から流入または流出可能な、前記第 2 流路 (L 2) の入口空間 (L 2 i) または出口空間 (L 2 o) を構成し、

前記隔壁結合部 (C) において、前記第 1 , 第 2 流路 (L 1 , L 2) が互いに平行且つ直線状に延びていることを特徴とする、請求項 1 に記載の熱交換器。

【請求項 3】

前記隔壁結合部 (C) において、複数の前記第 1 流路 (L 1) を第 1 流体が並行流となって一方向に流動すると共に、複数の前記第 2 流路 (L 2) を第 2 流体が並行流となって他方向に流動することを特徴とする、請求項 2 に記載の熱交換器。

【請求項 4】

前記隔壁結合部 (C) において、複数の前記第 1 流路 (L 1) が互いに直列に繋がって第 1 の単一流路 (S L 1) となるように、隣り合う第 1 流路 (L 1) の流路方向一端部相互および他端部相互がそれぞれ接続されると共に、複数の前記第 2 流路 (L 2) が互いに直列に繋がって第 2 の単一流路 (S L 2) となるように、隣り合う第 2 流路 (L 2) の流路方向一端部相互および他端部相互がそれぞれ接続されることを特徴とする、請求項 1 に記載の熱交換器。

【請求項 5】

前記隔壁結合部 (C) の少なくとも一部領域では、隣り合う前記第 1 , 第 2 流路 (L 1 , L 2) で前記第 1 , 第 2 流体が互いに逆向きに流れることを特徴とする、請求項 4 に記載の熱交換器。

【請求項 6】

前記筒状隔壁 (W 3) は、前記第 1 流路 (L 1) 内に張出して前記第 1 流体の熱伝達を促進可能な突起部 (2 5) を一体に有することを特徴とする、請求項 1 に記載の熱交換器。

【請求項 7】

前記筒状隔壁 (W 3) の少なくとも一部を流路方向に対しうねらせることを特徴とする、請求項 1 に記載の熱交換器。

【請求項 8】

前記複数の筒状隔壁 (W 3) の各々は、該筒状隔壁 (W 3) の一端部 (W 3 a) 及び他端部 (W 3 b) の各手前側でそれぞれ流路断面形状が変化することで、前記第 1 流路 (L 1) の流路方向と直交する方向の第 1 空隙 (s) 及び第 2 空隙 (s) を、隣り合う前記

10

20

30

40

50

筒状隔壁（W3）の一端部（W3a）及び他端部（W3b）の各外周面の相互間にそれぞれ形成しており、

前記第1空隙（s）が前記第2流路（L2）の入口空間（L2i）を、また前記第2空隙（s）が前記第2流路（L2）の出口空間（L2o）をそれぞれ構成し、

前記隔壁結合部（C）において、前記第1、第2流路（L1、L2）が互いに平行且つ直線状に延びていることを特徴とする、請求項1に記載の熱交換器。

【請求項9】

前記隔壁結合部（C）は、小間隙（20）を挟んで隣り合う複数の隔壁結合部要素（Ca）に分割構成され、

隣り合う前記隔壁結合部要素（Ca）の流路方向中間部は、前記小間隙（20）の一部を埋める閉塞壁部（Cs）を介して互いに一体に結合され、

前記閉塞壁部（Cs）は、前記入口空間（L2i）と前記出口空間（L2o）との相互間での、前記小間隙（20）を介した連通を遮断することを特徴とする、請求項8に記載の熱交換器。

【請求項10】

前記隔壁結合部（C）を含む前記隔壁（W）の全てが金属積層造形により一体に成形されていることを特徴とする、請求項1～9の何れか1項に記載の熱交換器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、熱交換器、特に第1流体が流れる複数の第1流路と、第2流体が流れる複数の第2流路との間に隔壁が介在し、その隔壁を通して第1、第2流体間の熱交換が行われる熱交換器に関する。

【背景技術】

【0002】

上記熱交換器においては、パイプ状をなす複数の隔壁の内外を第1、第2流路としたパイプ式の熱交換器（例えば特許文献1を参照）と、平行配置された複数のプレート状の隔壁の相互間隙を、交互に配列した第1、第2流路とするプレート式の熱交換器（例えば特許文献2を参照）とが知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特表2016-528035号公報

【特許文献2】特表2019-504287号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従来の熱交換器において、同一容積の中で伝熱性能を上げるために、例えば、伝熱隔壁（上記したパイプ又はプレート状の隔壁）を薄肉化したり隔壁間隔を小さくする等して流路断面を微細化することで、伝熱隔壁の個数を増やしたり隔壁全体の表面積を増やしたりすることが考えられる。

【0005】

しかし、このような伝熱性能を上げる対策は、伝熱隔壁の強度低下の要因となり、特に第1、第2流路間での圧力差が大きい場合には伝熱隔壁が変形する等の不都合を招く虞れがある。

【0006】

本発明は、上記に鑑みなされたもので、従来の上記問題を解決可能な熱交換器を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

10

20

30

40

50

上記目的を達成するために、本発明は、第1流体が流れる複数の第1流路と、第2流体が流れる複数の第2流路との間に隔壁が介在し、その隔壁を通して第1、第2流体間の熱交換が行われる熱交換器において、前記隔壁は、内部が前記第1流路となり且つ互いに並列する複数の筒状隔壁を含み、前記複数の筒状隔壁の、流路方向で少なくとも一部は、相互に一体に結合されて、横断面が幾何学模様の隔壁結合部を構成しており、前記筒状隔壁の横断面形状に対応した、前記幾何学模様の要素図形は、該要素図形の頂点で相互に繋がりとつその頂点に集合する該要素図形の辺部の数が偶数であり、前記隔壁結合部において、前記第2流路は、これを取り囲む前記筒状隔壁の相互間に画成されていることを第1の特徴とする。

【0008】

10

また本発明は、第1の特徴に加えて、前記複数の筒状隔壁の各々は、該筒状隔壁の少なくとも一端部の手前側で流路断面形状が変化することで、前記第1流路の流路方向と直交する方向の空隙を、隣り合う前記筒状隔壁の一端部の外周面相互間に形成しており、前記空隙は、前記第2流体が前記第1流路の側方から流入または流出可能な、前記第2流路の入口空間または出口空間を構成し、前記隔壁結合部において、前記第1、第2流路が互いに平行且つ直線状に延びていることを第2の特徴とする。

【0009】

また本発明は、第2の特徴に加えて、前記隔壁結合部において、複数の前記第1流路を第1流体が並行流となって一方向に流動すると共に、複数の前記第2流路を第2流体が並行流となって他方向に流動することを第3の特徴とする。

20

【0010】

また本発明は、第1の特徴に加えて、前記隔壁結合部において、複数の前記第1流路が互いに直列に繋がって第1の単一流路となるように、隣り合う第1流路の流路方向一端部相互および他端部相互がそれぞれ接続されると共に、複数の前記第2流路が互いに直列に繋がって第2の単一流路となるように、隣り合う第2流路の流路方向一端部相互および他端部相互がそれぞれ接続されることを第4の特徴とする。

【0011】

また本発明は、第4の特徴に加えて、前記隔壁結合部の少なくとも一部領域では、隣り合う前記第1、第2流路で前記第1、第2流体が互いに逆向きに流れることを第5の特徴とする。

30

【0012】

また本発明は、第1の特徴に加えて、前記筒状隔壁は、前記第1流路内に張出して前記第1流体の熱伝達を促進可能な突起部を一体に有することを第6の特徴とする。

【0013】

また本発明は、第1の特徴に加えて、前記筒状隔壁の少なくとも一部を流路方向に対しうねらせることを第7の特徴とする。

【0014】

また本発明は、第1の特徴に加えて、前記複数の筒状隔壁の各々は、該筒状隔壁の一端部及び他端部の各手前側でそれぞれ流路断面形状が変化することで、前記第1流路の流路方向と直交する方向の第1空隙及び第2空隙を、隣り合う前記筒状隔壁の一端部及び他端部の各外周面の相互間にそれぞれ形成しており、前記第1空隙が前記第2流路の入口空間を、また前記第2空隙が前記第2流路の出口空間をそれぞれ構成し、前記隔壁結合部において、前記第1、第2流路が互いに平行且つ直線状に延びていることを第8の特徴としている。

40

【0015】

また本発明は、第8の特徴に加えて、前記隔壁結合部は、小間隙を挟んで隣り合う複数の隔壁結合部要素に分割構成され、隣り合う前記隔壁結合部要素の流路方向中間部は、前記小間隙の一部を埋める閉塞壁部を介して互いに一体に結合され、前記閉塞壁部は、前記入口空間と前記出口空間との相互間での、前記小間隙を介した連通を遮断することを第9の特徴とする。

50

【 0 0 1 6 】

また本発明は、第 1 ～ 第 9 の何れかの特徴に加えて、前記隔壁結合部を含む前記隔壁の全てが金属積層造形により一体に成形されていることを第 1 0 の特徴とする。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 7 】

本発明の第 1 の特徴によれば、内部が第 1 流路となり且つ互いに並列する複数の筒状隔壁を備える熱交換器において、複数の筒状隔壁の、流路方向で少なくとも一部は、相互に一体に結合されて、横断面が幾何学模様の隔壁結合部を構成しており、その筒状隔壁の横断面形状に対応した、幾何学模様の要素図形は、該要素図形の頂点で相互に繋がり且つその頂点に集合する要素図形の辺部の数が偶数であり、隔壁結合部において、第 2 流路は、これを取り囲む筒状隔壁の相互間に画成される。これにより、横断面が幾何学模様の上記隔壁結合部においては、複数の筒状隔壁相互が横断面で四方に繋がって一体化され相互に補強し合う頑丈な壁構造となるから、全体として剛性強度を効果的に高めることができ、従って、伝熱性能を高めるために筒状隔壁を薄肉化する等して流路断面を微細化しても、筒状隔壁の剛性強度を十分に確保可能となり、第 1 , 第 2 流路間の圧力差が大きい場合でも使用可能となる。以上の結果、十分な伝熱性能と剛性強度を確保可能としつつ、小型且つ軽量化も達成可能とした極めて高性能な熱交換器を提供できる。

【 0 0 1 8 】

また第 2 の特徴によれば、複数の筒状隔壁の各々は、これの少なくとも一端部の手前側で流路断面形状が変化することで、第 1 流路の流路方向と直交する方向の空隙を、隣り合う筒状隔壁の一端部の外周面相互間に形成し、その空隙は、第 2 流体が第 1 流路の側方から流入又は流出可能な、第 2 流路の入口空間又は出口空間を構成し、隔壁結合部において第 1 , 第 2 流路が直線状に延びるので、各流路における圧力損失の軽減が図られる。しかも複数の筒状隔壁は、これの一端部の手前側で流路断面形状を単に変化させるだけで、隣り合う筒状隔壁の一端部の外周面相互間に空隙を形成できて、その空隙を第 2 流路の入口空間又は出口空間として利用できるため、第 1 流路の側方からでも第 2 流路に第 2 流体をスムーズに流入又は流出させることができる。これにより、従来のプレート式熱交換器に比べ第 1 , 第 2 流路の出入口での圧力損失を効果的に低減できるから、熱交換器全体としての圧力損失の軽減に寄与することができる。

【 0 0 1 9 】

また第 3 の特徴によれば、隔壁結合部においては、複数の第 1 流路を第 1 流体が並行流となって一方向に流動すると共に、複数の第 2 流路を第 2 流体が並行流となって他方向に流動するので、第 1 , 第 2 流路内を各々流れる第 1 , 第 2 流体が対向流となり、その両流体間の熱交換効率を高めることができる。

【 0 0 2 0 】

また第 4 の特徴によれば、隔壁結合部において、複数の第 1 流路が互いに直列に繋がって第 1 の単一流路となるように、隣り合う第 1 流路の流路方向一端部相互および他端部相互が接続されると共に、複数の第 2 流路が互いに直列に繋がって第 2 の単一流路となるように隣り合う第 2 流路の流路方向一端部相互および他端部相互が接続される。これにより、前記した幾何学模様状の隔壁結合部であっても、各々複数の第 1 , 第 2 流路がそれぞれ一繋ぎの第 1 , 第 2 の単一流路（シングルパス）となるため、特に流量が小さい場合でも流速を大きくして熱伝導率を高めることができる。

【 0 0 2 1 】

また第 5 の特徴によれば、上記隔壁結合部の少なくとも一部領域では、隣り合う第 1 , 第 2 流路で第 1 , 第 2 流体が互いに逆向きに流れるので、第 1 , 第 2 流路が単一流路（シングルパス）構成であっても、その各々を流れる第 1 , 第 2 流体が対向流となり、その両流体間の熱交換効率を高めることができる。

【 0 0 2 2 】

また第 6 の特徴によれば、筒状隔壁は、第 1 流路内に張出して第 1 流体の熱伝達を促進可能な突起部を一体に有するので、この突起部により第 1 流路内の第 1 流体に多少とも乱

10

20

30

40

50

流を生じさせることができ、これにより、圧力損失の増加を極力抑えながら熱伝達率を向上させることができる。

【 0 0 2 3 】

また第 7 の特徴によれば、筒状隔壁の少なくとも一部を流路方向に対しうねらせることで、第 1 流路をなだらかに湾曲させたり或いは流路断面積を緩やかに増減変化させたりして、通過流体に多少とも乱流を生じさせることができ、これにより、圧力損失の増加を極力抑えながら熱伝達率を向上させることができる。

【 0 0 2 4 】

また第 8 の特徴によれば、複数の筒状隔壁の各々は、これの一端部及び他端部の各手前側でそれぞれ流路断面形状が変化することで、第 1 流路の流路方向と直交する方向の第 1 空隙及び第 2 空隙を、隣り合う筒状隔壁の一端部及び他端部の各外周面の相互間にそれぞれ形成し、第 1 空隙が第 2 流路の入口空間を、また第 2 空隙が第 2 流路の出口空間をそれぞれ構成し、隔壁結合部において第 1、第 2 流路が直線状に延びるので、各流路における圧力損失の軽減が図られる。しかも複数の筒状隔壁は、これの一端部及び他端部の各手前側で流路断面形状を単に変化させるだけで、隣り合う筒状隔壁の一端部及び他端部の各外周面の相互間に第 1、第 2 空隙をそれぞれ形成でき、それら第 1、第 2 空隙を第 2 流路の入口空間及び出口空間として利用できるため、第 1 流路の側方からでも第 2 流路に第 2 流体をスムーズに出入りさせることができる。また特に第 1 流体は、第 1 流路の入口から出口に至る全域でストレートな流れとなることから、第 1 流路の圧力損失が最小限に抑えられる。以上の結果、従来のプレート式熱交換器に比べ第 1、第 2 流路の出入口での圧力損失を効果的に低減できるから、熱交換器全体としての圧力損失の軽減に大いに寄与することができる。

【 0 0 2 5 】

また第 9 の特徴によれば、上記隔壁結合部を分割構成する複数の隔壁結合部要素の相互間に小間隙を介在させるので、第 2 流路の入口空間及び出口空間での第 2 流体の流動性が高められ、第 2 流路での圧力損失の軽減に寄与することができる。また隣り合う隔壁結合部要素間を結合する閉塞壁部が、上記入口空間と出口空間との相互間での、小間隙による連通を遮断するので、上記入口空間と出口空間との相互間が小間隙のために短絡するのを閉塞壁部で確実に防止でき、これにより、第 2 流路の中間部にも第 2 流体が確実に流動可能となる。

【 0 0 2 6 】

また第 10 の特徴によれば、上記隔壁結合部を含む隔壁の全てが金属積層造形により一体に成形されるので、横断面が幾何学模様をなして複雑な三次元形態となる上記隔壁結合部を含む隔壁全体を、金属積層造形の手法を利用して精度よく的確に一体成形することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 7 】

【図 1】本発明に係る熱交換器の第 1 実施形態を示すものであって、その熱交換器を内燃機関用 EGR ガスの冷却に用いた一例を示しており、(A) は概略配置図、(B) は、熱交換器の拡大底面図（即ち図 1 (A) の B 矢視拡大図）

【図 2】前記熱交換器の縦断面図（即ち図 3 の 2 - 2 線縮小断面図）

【図 3】図 2 の 3 - 3 線拡大断面図

【図 4】図 3 の 4 矢視部拡大断面図

【図 5】図 4 の 5 - 5 線拡大断面図

【図 6】1 つの筒状隔壁の構造を拡大して示すものであって、(A) は斜視図、また (B) は縦断面図（即ち図 6 (A) の B - B 線断面図）と要部横断面図

【図 7】(A) は、1 つの筒状隔壁の中間部横断面図、(B) は、1 つの筒状隔壁の中間部と両端部の各横断面積の関係を示す面積比較図

【図 8】筒状隔壁のバリエーションを示すものであって、(A) は隔壁内周面に突起部を有する変形例を示し、(B) は筒状隔壁を波状にうねらせた変形例を示し、(C) は筒状

10

20

30

40

50

隔壁をヘリンボーン状にうねらせた変形例を示す

【図 9】(A) は第 2 流路の出口側の流れ方向を変えた変形例を示し、また (B) は第 1 , 第 2 流路の各出口側の流れ方向を変えた変形例を示す

【図 10】本発明の熱交換器の第 2 実施形態の概略を示すものであって、(A) は、横断面碁盤状をなす隔壁結合部の概略横断面図、(B) は隔壁結合部の一端部における流路間の繋ぎ部分の関係説明図、(C) は隔壁結合部の第 1 , 第 2 流路における流れ方向説明図、(D) は第 1 流路の縦断面図 (即ち図 10 (B) の D - D 線断面図)、(E) は第 2 流路の縦断面図 (即ち図 10 (B) の E - E 線断面図)

【図 11】隔壁結合部の横断面の幾何学模様のバリエーションを示す概略横断面図

【発明を実施するための形態】

【0028】

先ず、本発明の第 1 実施形態を、図 1 ~ 図 7 を参照して以下に説明する。

【0029】

図 1 において、車両 (例えば自動車) に搭載される内燃機関 E は、運転状況に応じて排気管 E x 内の排ガスの一部を吸気管 I n に循環させる排ガス再循環装置 R を備える。即ち、排気管 E x 内と吸気管 I n 内との間が排ガス再循環路 10 が接続されており、この排ガス再循環路 10 の途中には、再循環される E G R ガス (以下、単に排ガスという) を冷却するための熱交換器 T と、排ガスの流量を制御する制御弁 V とが直列に介設される。

【0030】

図 2 を併せて参照して、熱交換器 T は、排ガス再循環路 10 の一部を構成する上流側ガス管路 11 及び下流側ガス管路 12 と、それら上流側ガス管路 11 及び下流側ガス管路 12 間に介設される熱交換器本体 13 と、熱交換器本体 13 の外周一側及び他側にそれぞれ突設される冷却水流入管路 14 及び冷却水流出管路 15 とを一体に有している。上流側ガス管路 11 は排気管 E x に、また下流側ガス管路 12 は吸気管 I n にそれぞれ連通している。

【0031】

上流側ガス管路 11 及び下流側ガス管路 12 の各外端には、排ガス再循環路 10 の上流部分及び下流部分にそれぞれ接続させる接続フランジ部 11 f , 12 f が一体に連設される。また冷却水流入管路 14 及び冷却水流出管路 15 には、冷却水が強制循環可能な冷却水管路 (図示せず) の上流側管路部及び下流側管路部がそれぞれ接続される。

【0032】

また、熱交換器本体 13 は、概略角筒状のケース筒体 13 c と、ケース筒体 13 c の一端を閉塞し且つ上流側ガス管路 11 の下流端に臨む上流端板 W1 と、ケース筒体 13 c の他端を閉塞し且つ下流側ガス管路 12 の上流端に臨む下流端板 W2 とを一体に有する。

【0033】

そして、この熱交換器本体 13 内には、上流側ガス管路 11 及び下流側ガス管路 12 間を互いに並列に連通させる多数の第 1 流路 L1 と、それら第 1 流路 L1 に隔壁 W を介して隣接配置されて冷却水流入管路 14 及び冷却水流出管路 15 間を互いに並列に連通させる多数の第 2 流路 L2 とが画成される。それら第 1 , 第 2 流路 L1 , L2 間を区画する隔壁 W の構造については後述する。

【0034】

而して、第 1 流路 L1 には排ガス再循環路 10 を流れる第 1 流体としての排ガスが流動、通過可能であり、一方、第 2 流路 L2 には、冷却水流入管路 14 から第 2 流体としての冷却水が流動、通過可能である。従って、第 1 流路 L1 内を流れる排ガスと、第 2 流路 L2 内を流れる冷却水とは、その間に介在する隔壁 W を通して熱交換され、これにより、排ガスの冷却が行われる。

【0035】

次に上記した隔壁 W の構造を、図 3 ~ 図 6 も併せて参照して具体的に説明する。隔壁 W は、排ガスの流れ方向で上流端側の隔壁部として機能する前記上流端板 W1 と、同じく下流端側の隔壁部として機能する前記下流端板 W2 と、ケース筒体 13 c 内に收容されて上

10

20

30

40

50

流端板 W 1 及び下流端板 W 2 間を一体に結合する多数の筒状隔壁 W 3 とを備える。そして、その各々の筒状隔壁 W 3 の一端部 W 3 a 及び他端部 W 3 b は、上流端板 W 1 及び下流端板 W 2 を通して上流側ガス管路 1 1 内及び下流側ガス管路 1 2 内にそれぞれ直接開口している。

【 0 0 3 6 】

また各々の筒状隔壁 W 3 は、排ガスの流れ方向に沿って（即ち上流端板 W 1 及び下流端板 W 2 と直交するよう）直線状に延びており、各筒状隔壁 W 3 の内部空間が第 1 流路 L 1 を構成する。

【 0 0 3 7 】

しかも多数の筒状隔壁 W 3 の、第 1 流路方向で少なくとも一部（実施形態では両端部 W 3 a , W 3 b を除く中間部 W 3 m ）は、星形断面に各々形成され且つ相互に一体に結合されていて、横断面が幾何学模様をなす隔壁結合部 C を構成する。そして、この幾何学模様の要素図形には、図 4 で明らかなように個々の筒状隔壁 W 3 の中間部 W 3 m の横断面形状に相当する星形要素図形 e 1 と、複数の星形要素図形 e 1 で周囲が取り囲まれる六角形要素図形 e 2 とが含まれる。

【 0 0 3 8 】

而して、上記幾何学模様は、各要素図形、例えば星形要素図形 e 1 がそれらの頂点で相互に繋がり、且つその頂点に集合する星形要素図形 e 1 の辺部の数が偶数（図示例では 4 つ）となる幾何学模様で構成される。

【 0 0 3 9 】

このような横断面が幾何学模様をなす実施形態の隔壁結合部 C において、第 2 流路 L 2 は、これを取り囲む数個の筒状隔壁 W 3 の星形断面部（上記中間部 W 3 m ）の外周面相互間において横断面が六角形状（即ち上記六角形要素図形 e 2 に相当）に画成される。しかも、この隔壁結合部 C において、各複数の第 1 , 第 2 流路 L 1 , L 2 は、互いに平行且つ隣接して直線状に延びている。

【 0 0 4 0 】

また実施形態の筒状隔壁 W 3 は、これの一端部 W 3 a 及び他端部 W 3 b の各横断面が六角形にそれぞれ形成される。しかも筒状隔壁 W 3 は、これの一端部 W 3 a 及び他端部 W 3 b の各手前側で流路断面形状が、図 2 , 図 4 ~ 図 6 でも明らかなように星形断面部（中間部 W 3 m ）から六角形断面部（一端部 W 3 a ・他端部 W 3 b ）へと徐々に滑らかに変化するよう

【 0 0 4 1 】

この場合、筒状隔壁 W 3 の流路断面積は、図 7 で明らかなように上記星形断面部においても上記六角形断面部においても略同じに設定される。換言すれば、筒状隔壁 W 3 の星形断面部（中間部 W 3 m ）と六角形断面部（一端部 W 3 a ・他端部 W 3 b ）とは、図 7（B）で明らかなように、筒状隔壁 W 3 と直交する投影面で見ると互いに重なり合わない部分の断面積が略同じ、即ち a 1 a 2 に設定される。

【 0 0 4 2 】

上記したような筒状隔壁 W 3 の流路断面形状の変化によれば、隣り合う筒状隔壁 W 3 の一端部 W 3 a 及び他端部 W 3 b における各六角形断面部の外周面相互間には、第 1 流路 L 1 の流路方向と直交する方向の第 1 空隙 s 及び第 2 空隙 s がそれぞれ形成される。

【 0 0 4 3 】

そして、熱交換器本体 1 3 内において、第 2 空隙 s は、図 2 ~ 図 6 でも明らかなように、六角網目状に展開して第 2 流路 L 2 の出口空間 L 2 o を構成すると共に冷却水流出管路 1 5 に連通する。一方、熱交換器本体 1 3 内において、第 1 空隙 s は、図 2 , 図 5 , 図 6 でも明らかなように、第 2 空隙 s と同様の六角網目状に展開して第 2 流路 L 2 の入口空間 L 2 i を構成すると共に冷却水流入管路 1 4 に連通する。

【 0 0 4 4 】

ところで本実施形態の隔壁結合部 C は、図 3 ~ 図 5 で明らかなように扁平な小間隙 2 0 を挟んで隣り合う複数の隔壁結合部要素 C a に分割構成される。そして、その隣り合う隔

10

20

30

40

50

壁結合部要素 C a の流路方向中間部は、小間隙 2 0 の一部を埋める閉塞壁部 C s を介して互いに一体に結合される。この閉塞壁部 C s は、上記した入口空間 L 2 i と出口空間 L 2 o との相互間での、小間隙 2 0 を介した連通（即ち短絡）を阻止する遮断壁として機能する。

【 0 0 4 5 】

また特に本実施形態の閉塞壁部 C s は、図 2 で明らかなように入口空間 L 2 i の、第 2 流路方向（即ち第 2 流路 L 2 の長手方向、従って図 2 で左右方向）の幅が冷却水流入管路 1 4 に近いものほど幅広となり、且つ出口空間 L 2 o の、第 2 流路方向の幅が冷却水流出管路 1 5 に近いものほど幅広となるように、第 2 流路方向と直交する方向に対し傾斜した配置となっている。

【 0 0 4 6 】

而して、実施形態の閉塞壁部 C s を上記の如く傾斜配置したことで、冷却水流入管路 1 4 から入口空間 L 2 i 側への間口が広がって、冷却水流入管路 1 4 の冷却水が入口空間 L 2 i にスムーズに流入し易くなり、また出口空間 L 2 o から冷却水流出管路 1 5 側への間口も広がって、出口空間 L 2 o の冷却水が冷却水流出管路 1 5 にスムーズに流出し易くなる利点がある。

【 0 0 4 7 】

また図 4，図 5 で明らかなように、両外側の隔壁結合部要素 C a における最も外側の筒状隔壁 W 3 群と、これの外側面を覆うケース筒体 1 3 c との間には、上記した第 1，第 2 空隙 s，s にそれぞれ連通する第 1，第 2 扁平水路 1 6，1 6 が画成され、これら扁平水路 1 6，1 6 も入口空間 L 2 i 及び出口空間 L 2 o の一部として機能する。

【 0 0 4 8 】

またケース筒体 1 3 c の一部、特に閉塞壁部 C s に対応する部分には、横断面波形に湾曲形成された帯状波板部 1 3 c a が形成され、この帯状波板部 1 3 c a は、図 4 で明らかなように最も外側の筒状隔壁 W 3 に接近し且つ一部が筒状隔壁 W 3 に一体に接続される。この帯状波板部 1 3 c a と、最も外側の筒状隔壁 W 3 の中間部 W 3 m（星形断面部）との間には、流路断面が扁平水路 1 6，1 6 よりも幅狭の複数の異形水路 1 7 が互いに並列状態で画成される。これら異形水路 1 7 は、第 1，第 2 扁平水路 1 6，1 6 間を連通して、第 2 流路 L 2 の中間部（六角断面部）と同様の水路機能を発揮可能である。

【 0 0 4 9 】

上記帯状波板部 1 3 c a は、ケース筒体 1 3 c の側面視（即ち図 2 で紙面と直交する方向で見て）で閉塞壁部 C s と重なるように（即ち閉塞壁部 C s と同様に傾斜するように）形成される。尚、上記異形水路 1 7 を形成する代わりに、当該水路部分を閉塞壁部 C s で一体に埋めるようにしてもよい。

【 0 0 5 0 】

また本実施形態の熱交換器 T は、上記した隔壁 W を一体に有する熱交換器本体 1 3、並びに上・下流側ガス管路 1 1，1 2 及び冷却水流入・流出管路 1 4，1 5 が金属積層造形により一体に成形されている。ここで金属積層造形とは、電子ビーム又はファイバーレーザーにより金属粉末を溶解し、積層凝固させて金属部品を製作する従来周知の成形技術であって、三次元的に複雑な形状の金属部材の成形を可能とし、微細で緻密な 3 D 形状を造形可能とした手法である。

【 0 0 5 1 】

これにより、本実施形態の熱交換器 T においても、横断面が幾何学模様をなして複雑な三次元形態となる隔壁結合部 C を含む隔壁 W は元より、熱交換器 T の全体を、金属積層造形の手法を利用して精度よく的確に一体成形することができる。尚、隔壁 W を一体に含む熱交換器本体 1 3 のみを金属積層造形により一体成形し、その成形品に、それとは別個に製造された上・下流側ガス管路 1 1，1 2 及び冷却水流入・流出管路 1 4，1 5 を固着（例えば溶接）してもよい。

【 0 0 5 2 】

次に前記実施形態の作用を説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 3 】

内燃機関 E の運転中、排ガス再循環装置 R の制御弁 V が開くと、排気管 E x 内の排ガスの一部が排ガス再循環路 1 0 を経て吸気管 I n に向けて流れ、その途中の熱交換器 T において冷却される。即ち、排ガスは、熱交換器 T 内の多数の筒状隔壁 W 3 内、即ち第 1 流路 L 1 を並行流となって直線状に流れ、一方、冷却水流入管路 1 4 から熱交換器 T 内の第 2 流路 L 2 の入口空間 L 2 i に流入した冷却水は、隔壁結合部 C において複数の第 1 流路 L 1 で各々が取り囲まれた第 2 流路 L 2 の直線流路部分を、第 1 流路 L 1 の排ガス流とは逆向きに流動する。このとき、第 1 流路 L 1 内の排ガスと、第 2 流路 L 2 内の冷却水とが筒状隔壁 W 3 を介して熱交換され、排ガスの冷却が効率よく行われる。

【 0 0 5 4 】

ところで本実施形態の熱交換器 T において、隔壁 W の主要部をなし且つ内部が排ガスの通り道（第 1 流路 L 1 ）となる多数の筒状隔壁 W 3 は、これらの一部（即ち流路方向中間部 W 3 m ）が相互に一体に結合されて、横断面が幾何学模様をなす隔壁結合部 C を構成している。そして、この幾何学模様の要素図形 e 1 （即ち中間部 W 3 m の星形断面形状に相当）は、それら要素図形 e 1 の頂点で相互に繋がり、且つその頂点に集合する要素図形 e 1 の辺部の数が偶数（実施形態は 4 つ）に設定されている。しかも図 3、図 4 で明らかなように、上記隔壁結合部 C において第 2 流路 L 2 は、これを取り囲む複数の筒状隔壁 W 3 の中間部 W 3 m （星形断面部）の外周面相互間に画成されていて、横断面が六角形状をなす直線状水路として形成される。

【 0 0 5 5 】

これにより、上記隔壁結合部 C においては、複数の筒状隔壁 W 3 が横断面で四方に繋がって一体化され相互に補強し合う頑丈な壁構造となるから、全体として剛性強度を効果的に高めることができる。その結果、例えば、伝熱性能を高めるために筒状隔壁 W 3 を薄肉化する等して流路断面を微細化した場合でも、その筒状隔壁 W 3 の剛性強度を十分に確保可能となるから、第 1、第 2 流路 L 1、L 2 間の圧力差が大きい場合でも強度上支障なく実施可能となる。

【 0 0 5 6 】

かくして、十分な伝熱性能と剛性強度を確保可能としつつ、小型且つ軽量化も達成可能とした極めて高性能な熱交換器 T を提供可能となる。

【 0 0 5 7 】

また特に複数の筒状隔壁 W 3 の各々は、これの一端部 W 3 a 及び他端部 W 3 b の各手前側でそれぞれ流路断面形状が星形断面部（中間部 W 3 m ）から六角形断面部（一端部 W 3 a 及び他端部 W 3 b ）へと変化することで、隣り合う筒状隔壁 W 3 の一端部 W 3 a 及び他端部 W 3 b における各六角形断面部の外周面相互間に、第 1 流路 L 1 の流路方向と直交する方向の第 1 空隙 s 及び第 2 空隙 s がそれぞれ形成され、その第 1 空隙 s が第 2 流路 L 2 の入口空間 L 2 i を、また第 2 空隙 s が第 2 流路 L 2 の出口空間 L 2 o をそれぞれ構成する。

【 0 0 5 8 】

これにより、冷却水流入管路 1 4（即ち第 1 流路 L 1 の一側方）から第 2 流路 L 2 の入口空間 L 2 i に流入した冷却水は、第 1 流路 L 1（即ち筒状隔壁 W 3 の一端部 W 3 a）の周囲を迂回しつつ、第 1 空隙 s 内やこれと連通する小間隙 2 0 内をスムーズに流れ、最終的には隔壁結合部 C で直線状に延びる第 2 流路 L 2 の六角断面部を真っ直ぐに流動して第 2 流路 L 2 の出口空間 L 2 o に達する。更にその冷却水は、第 1 流路 L 1（即ち筒状隔壁 W 3 の他端部 W 3 b）の周囲を迂回しつつ、第 2 空隙 s 内やこれと連通する小間隙 2 0 内をスムーズに流れ、最終的には冷却水流出管路 1 5（即ち第 1 流路 L 1 の他側方）へと流出する。

【 0 0 5 9 】

かくして、本実施形態の上記隔壁構造によれば、特に隔壁結合部 C においては、第 1、第 2 流路 L 1、L 2 を互いに平行且つ直線状に延ばすことができるので、各流路における圧力損失の十分な軽減が図られる。この場合、本実施形態では、第 1、第 2 流路 L 1、L

10

20

30

40

50

2内を各々流れる排ガス及び冷却水が、逆向きの流れ、即ち対向流となるから、その両流体間の熱交換効率を更に高めることができる。

【0060】

しかも筒状隔壁W3は、これの一端部W3a及び他端部W3bの各手前側で流路断面形状を前述の如く変化させるだけで、隣り合う筒状隔壁W3の一端部W3a及び他端部W3bの各外周面相互間に前記第1,第2空隙s,sをそれぞれ形成でき、それら第1,第2空隙s,sを、冷却水が第1流路L1の側方から流入及び流出可能な、第2流路L2の入口空間L2i及び出口空間L2oとして利用できるため、第1流路L1の側方からでも冷却水がスムーズに第2流路L2に出入り可能となる。また特に第1流体としての排ガスは、第1流路L1の入口端から出口端に至る全域でストレートな流れとなることから、第1流路L1を通過する排ガス流の圧力損失が最小限に抑えられる。

10

【0061】

かくして、本実施形態の熱交換器Tは、従来のプレート式熱交換器に比べ第1,第2流路L1,L2の出入口での圧力損失を効果的に低減できるから、各流体の圧力損失の大幅な軽減に大いに寄与することができる。

【0062】

その上、本実施形態の隔壁結合部Cは、小間隙20を挟んで隣り合う複数の隔壁結合部要素Caに分割構成されるので、その小間隙20が第2流路Lに連なる水路となって、第2流路L2の入口空間L2i及び出口空間L2oでの冷却水の流動性が高められ、これにより、第2流路L2での冷却水流の圧力損失の軽減が図られる。また隣り合う隔壁結合部要素Ca間が閉塞壁部Csで結合されるから、第2流路L2の入口空間L2iと出口空間L2oとの相互間が小間隙20を介して短絡するのを閉塞壁部Csで確実に防止でき、これにより、第2流路L2の長手方向中間部(即ち六角断面部)においても冷却水が確実に流動可能となる。

20

【0063】

また図8には、筒状隔壁W3の変形例を幾つか示す。図8(A)の第1変形例では、隔壁結合部Cにおける筒状隔壁W3の少なくとも中間部W3m(即ち星形断面部)の内面に、筒状隔壁W3内を流れる第1流体としての排ガスの熱伝達を促進可能な突起部25が一体に突設される。その突起部25は、筒状隔壁W3の一方の半周側と他方の半周側において各々複数ずつ、しかも流路方向で互い違いに配置される。これら突起部25の特設によれば、筒状隔壁W3内(即ち第1流路L1)を流れる排ガスに多少とも乱流を生じさせ、これにより、圧力損失の増加を極力抑えながら熱伝達率を向上させることができる。

30

【0064】

また図8(B)に示す筒状隔壁W3の第2変形例では、隔壁結合部Cにおいて、筒状隔壁W3の少なくとも中間部W3mを流路方向に対し波状にうねらせて形成される。これにより、第1,第2流路L1,L2をなだらかに波状に湾曲、転向させ、それに伴い、通過流体に多少とも乱流を生じさせることで、圧力損失の増加を極力抑えながら熱伝達率を向上させることができる。

【0065】

また図8(C)に示す筒状隔壁W3の第3変形例では、隔壁結合部Cにおいて、筒状隔壁W3の少なくとも中間部W3mを流路方向に対しなだらかなヘリンボーン状(換言すれば緩やかな蛇腹状)にうねらせて形成される。これにより、第1,第2流路L1,L2の流路断面積を緩やかに増減変化させ、それに伴い、通過流体に多少とも乱流を生じさせることで、圧力損失の増加を極力抑えながら熱伝達率を向上させることができる。

40

【0066】

ところで前記実施形態では、複数の筒状隔壁W3の各々が、これの一端部W3a及び他端部W3bの手前側で流路断面形状を変化させることで、第1流路L1の流路方向と直交する方向の第1,第2空隙s,sを、隣り合う筒状隔壁W3の一端部W3a及び他端部W3bの各外周面の相互間にそれぞれ形成し、その第1,第2空隙s,sで構成される第2流路L2の入口空間L1i及び出口空間L2oを経由して、冷却水を第1流路L1の

50

一側方から流入させ且つ他側方に流出させるようにしている。

【 0 0 6 7 】

これに対し、図 9 (A) に示す第 4 変形例では、第 2 流路 L 2 の入口空間 L 1 i 及び出口空間 L 2 o を経由して、冷却水を第 1 流路 L 1 の一側方 (即ち同じ側) から流入・流出させるように構成される。但し、この第 4 変形例は、熱交換器本体 1 3 の同一側面に、冷却水流入管路 1 4 及び冷却水流出管路 1 5 を突設可能な十分なスペースが確保可能な場合に限定される。而して、前記実施形態及び第 4 変形例によれば、特に第 1 流路 L 1 を流れる排ガスが全域に亘りストレート流となるため、圧力損失の軽減が図られる。

【 0 0 6 8 】

また前記実施形態及び第 4 変形例では、第 1 , 第 2 流路 L 1 , L 2 のうち第 2 流路 L 2 だけ、流体の流入・流出方向を側方に転向させたが、図 9 (B) に示す第 5 変形例のように、第 2 流路 L 2 のみならず第 1 流路 L 1 においても、流体の流入又は流出方向を側方に転向させることが可能である。即ち、第 5 変形例では、第 1 流路 L 1 を流れる排ガスの流入・流出方向の何れか (図示例は流出方向) を側方に転向させ、一方、第 2 流路 L 2 を流れる冷却水の流入・流出方向の何れか (図示例では流出方向) を側方に転向させる隔壁構造が例示される。

【 0 0 6 9 】

更に図 1 0 には、本発明の第 2 実施形態が示される。第 2 実施形態でも隔壁結合部 C の横断面が幾何学模様形成されるが、その幾何学模様の要素図形は、図 1 0 (A) で明らかかなように同一の矩形状 (図示例は正方形) をなし、これらを縦横に並べた碁盤状の幾何学模様となっている。従って、各複数の第 1 , 第 2 流路 L 1 , L 2 は、横断面が何れも同一の矩形状であり、且つ互いに平行且つ直線状に延びている。

【 0 0 7 0 】

そして、第 1 流路 L 1 を内部に形成する複数の筒状隔壁 W 3 は、隣り合うもの同士が長手方向の全域に亘り一体に結合されて隔壁結合部 C を構成しており、この隔壁結合部 C は熱交換器本体 1 3 内に収納、固定される。この隔壁結合部 C において、複数の第 1 流路 L 1 (筒状隔壁 W 3) は互いに直列に繋がって第 1 の単一流路 S L 1 (シングルパス) となるように、隣り合う第 1 流路 L 1 の流路方向一端部相互および他端部相互がそれぞれ U 字状の第 1 繋ぎ部 4 1 , 4 1 を介して一体に接続される。また複数の第 2 流路 L 2 は互いに直列に繋がって第 2 の単一流路 S L 2 (シングルパス) となるように、隣り合う第 2 流路 L 2 の流路方向一端部相互および他端部相互がそれぞれ U 字状の第 2 繋ぎ部 4 2 , 4 2 を介して一体に接続される。

【 0 0 7 1 】

そして、隔壁結合部 C の一側部には、第 1 の単一流路 S L 1 の流出口となる出口筒部 S L 1 o と、第 2 の単一流路 S L 2 の流入口となる入口筒部 S L 2 i とが一体に突設される。また隔壁結合部 C の他側部には、第 1 の単一流路 S L 1 の流入口となる入口筒部 S L 1 i と、第 2 の単一流路 S L 2 の流出口となる出口筒部 S L 2 o とが一体に突設される。かくして、図 1 0 (C) で明らかかなように、隔壁結合部 C の少なくとも一部領域では、隣り合う第 1 , 第 2 流路 L 1 , L 2 で排ガス (第 1 流体) 及び冷却水 (第 2 流体) が互いに逆向きに流れる。

【 0 0 7 2 】

上記したように第 2 実施形態によれば、隔壁結合部 C において、複数の第 1 流路 L 1 が互いに直列に繋がって第 1 の単一流路 S L 1 となるように隣り合う第 1 流路 L 1 の流路方向一端部相互および他端部相互が接続されると共に、複数の第 2 流路 L 2 が互いに直列に繋がって第 2 の単一流路 S L 2 となるように隣り合う第 2 流路 L 2 の流路方向一端部相互および他端部相互が接続される。これにより、横断面が幾何学模様状をなす隔壁結合部 C であっても、各々複数ある第 1 , 第 2 流路 L 1 , L 2 がそれぞれ一繋ぎりの第 1 , 第 2 の単一流路 S L 1 , S L 2 (シングルパス) となるため、特に流量が小さい場合でも流速を大きくして熱伝導率を高めることができる。

【 0 0 7 3 】

10

20

30

40

50

しかも上記のように隔壁結合部 C の少なくとも一部領域では、隣り合う第 1 , 第 2 流路 L 1 , L 2 で排ガス (第 1 流体) 及び冷却水 (第 2 流体) が互いに逆向きに流れるから、第 1 , 第 2 流路 L 1 , L 2 が単一流路 S L 1 , S L 2 (シングルパス) 構成であっても、その各々を流れる第 1 , 第 2 流体が対向流となり、その両流体間の熱交換効率を高めることができる。

【 0 0 7 4 】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はそれに限定されることなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々の設計変更が可能である。

【 0 0 7 5 】

例えば、前記実施形態では、内燃機関用の排ガス再循環装置において、排ガス (E G R ガス) の冷却のために本発明の熱交換器を用いたものを例示したが、熱交換器の用途は実施形態に限定されず、第 1 , 第 2 流体間での隔壁を介しての熱交換に使用されるものであれば用途を問わない。また、第 1 , 第 2 流体は、液体・気体を問わず、例えば、液体相互の熱交換に使用してもよいし、気体相互の熱交換に使用してもよい。

【 0 0 7 6 】

また第 1 実施形態では、横断面が幾何学模様をなす隔壁結合部 C が、扁平な小間隙 2 0 を挟んで隣り合う複数の隔壁結合部要素 C a に分割構成され、隣り合う隔壁結合部要素 C a の流路方向中間部を閉塞壁部 C s を介して互いに一体に結合したものを示したが、隔壁結合部 C を複数の隔壁結合部要素 C a に分割構成しない (即ち小間隙 2 0 及び閉塞壁部 C s を省略した) 別の実施形態も実施可能である。

【 0 0 7 7 】

また第 1 実施形態では、隔壁結合部 C の横断面を、要素図形を星形要素図形 e 1 と六角形要素図形 e 2 の組み合わせた幾何学模様としたものが示され、また第 2 実施形態では、要素図形を矩形状としたものが示されたが、本発明の隔壁結合部 C の幾何学模様は、少なくとも要素図形の頂点に集合する要素図形の辺部が偶数のものであれば、種々の要素図形の組み合わせが実施可能であり、そのバリエーションの数例を図 1 1 に示す。

【 0 0 7 8 】

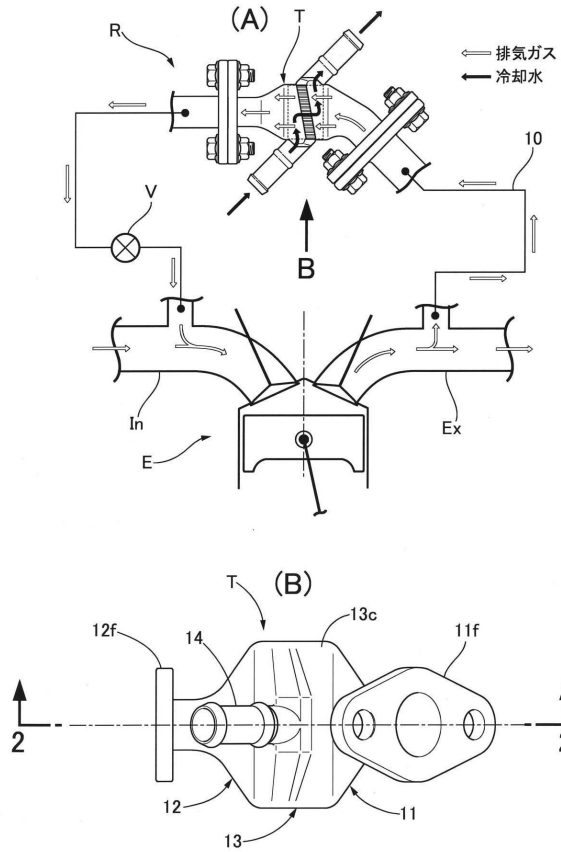
即ち、図 1 1 (a) は第 1 実施形態の幾何学模様を模式化したものであるが、これに対し、図 1 1 (b) では要素図形を正三角形としたものが、また図 1 1 (c) では要素図形を十字形としたものが、また図 1 1 (d) では要素図形を正六角形と正方形と正三角形との組み合わせとしたものが、また図 1 1 (e) では要素図形を正六角形と正三角形との組み合わせとしたものが、また図 1 1 (f) では要素図形を平行四辺形としたものがそれぞれ例示される。

【 符号の説明 】

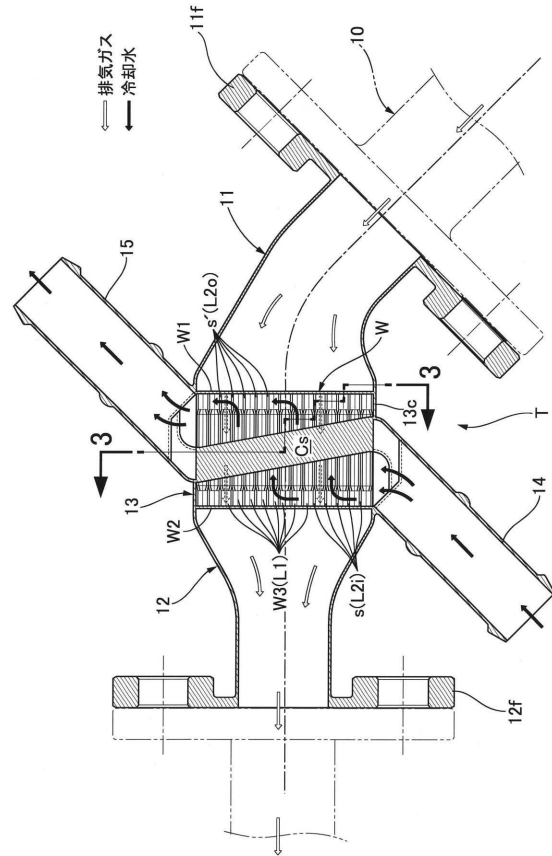
【 0 0 7 9 】

C 隔壁結合部
C a 隔壁結合部要素
e 1 要素図形としての星型要素図形
L 1 , L 2 . . . 第 1 , 第 2 流路
L 2 i , L 2 o . . 第 2 流路の入口空間 , 出口空間
S L 1 , S L 2 . . 第 1 , 第 2 の単一流路
s , s 第 1 , 第 2 空隙
T 熱交換器
W 隔壁
W 3 筒状隔壁
2 0 小間隙
2 5 突起部

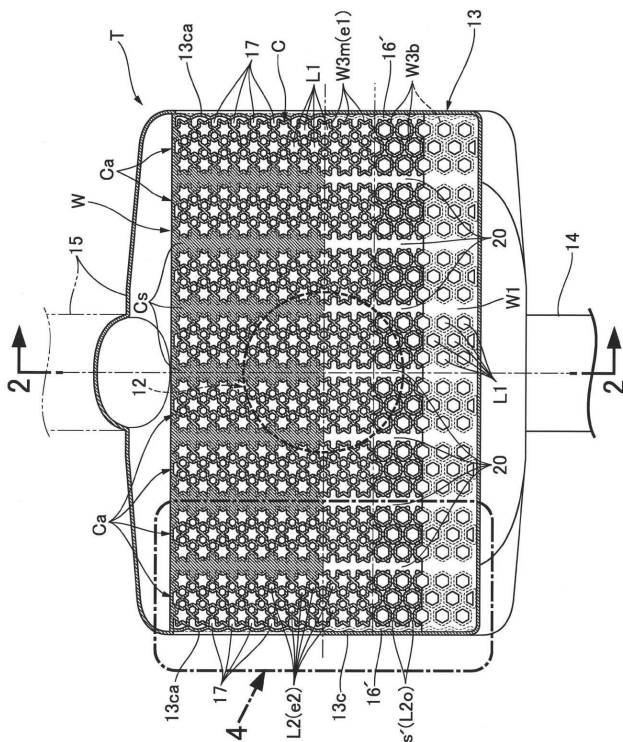
【図 1】



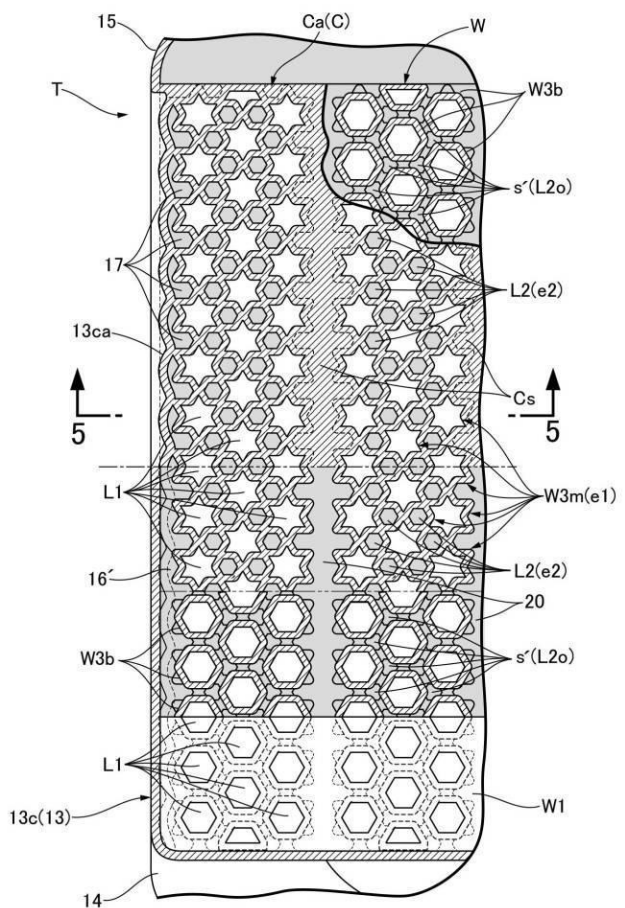
【図 2】



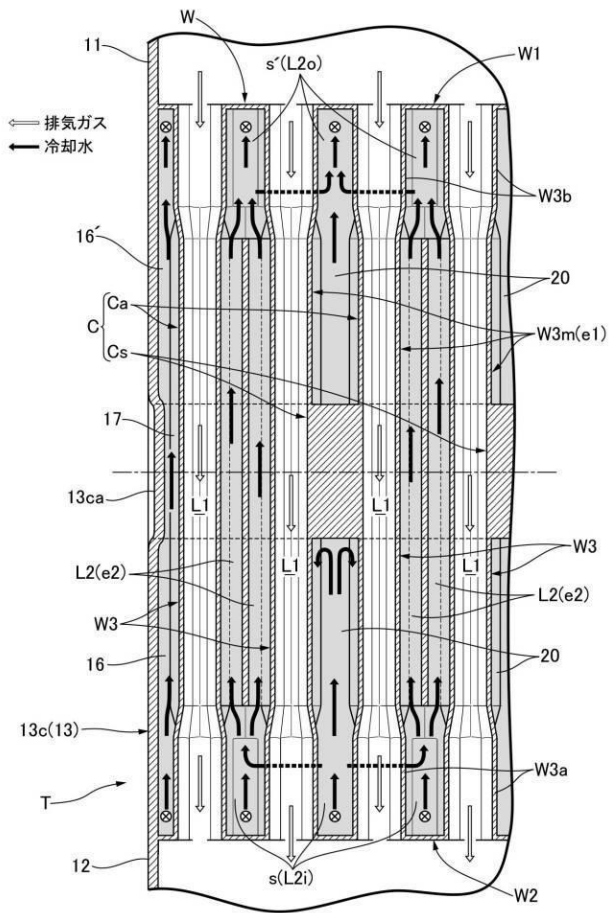
【図 3】



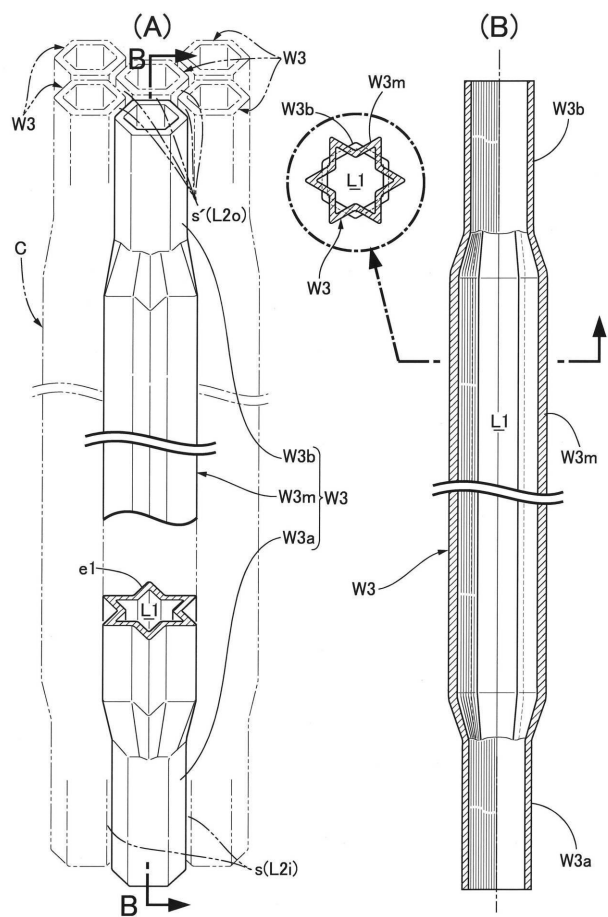
【図 4】



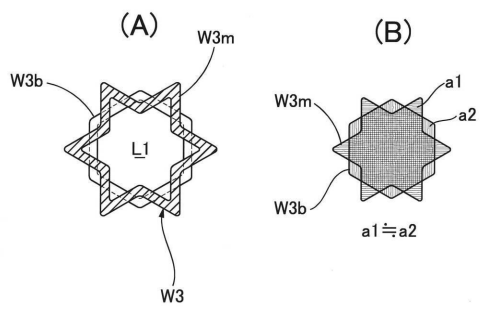
【図 5】



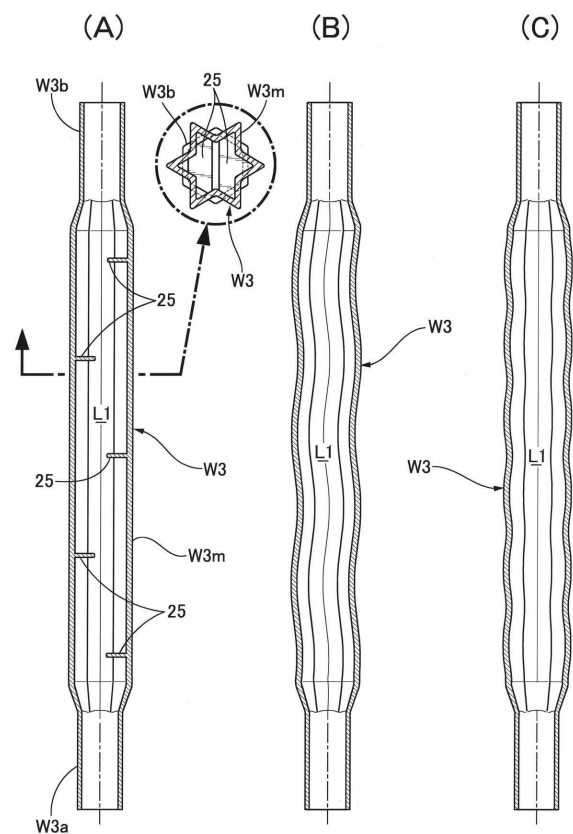
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【 図 1 0 】

