

(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2017-9164

(P2017-9164A)

(43) 公開日 平成29年1月12日(2017.1.12)

(51) Int.Cl.

F 2 5 B 21/00 (2006.01)

F 1

F 2 5 B 21/00

A

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2015-123618 (P2015-123618)
(22) 出願日 平成27年6月19日 (2015. 6. 19)

(71) 出願人 000005186
株式会社フジクラ
東京都江東区木場1丁目5番1号
(74) 代理人 110000486
とこしえ特許業務法人
(72) 発明者 近藤 正裕
千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社
フジクラ 佐倉事業所内

(54) 【発明の名称】 熱交換器及び磁気ヒートポンプ装置

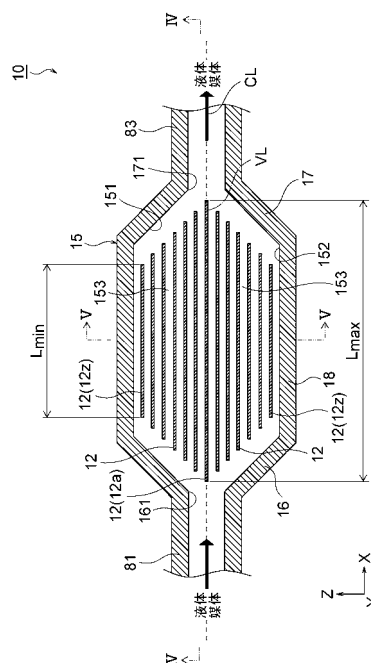
(57) 【要約】

【課題】熱交換効率の向上を図ることが可能な熱交換部を提供する。

【解決手段】磁気ヒートポンプ装置1に用いられるMCM熱交換器10は、磁気熱量効果を有する磁気熱量効果材料12と、磁気熱量効果材料12を収容する容器15と、を備えており、容器15は、液体媒体が容器15に流入し又は容器15から流出する第1の開口161と、液体媒体が容器15から流出し又は容器15に流入する第2の開口171と、を有しており、第1の開口161から第2の開口171に向かう方向CLに沿った磁気熱量効果材料12の長さは、第1の開口161と第2の開口171とを結ぶ仮想直線VLの最も近くで、最も長くなっている。

【選択図】図3

図 3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

磁気ヒートポンプ装置に用いられる熱交換器であって、
磁気熱量効果を有する磁気熱量効果材料と、
前記磁気熱量効果材料を収容する容器と、を備えており、
前記容器は、
流体が前記容器に流入し又は前記容器から流出する第 1 の開口と、
前記流体が前記容器から流出し又は前記容器に流入する第 2 の開口と、を有しており、
前記第 1 の開口から前記第 2 の開口に向かう第 1 の方向に沿った前記磁気熱量効果材料
の長さは、前記第 1 の開口と前記第 2 の開口とを結ぶ仮想直線の最も近くで、最も長くな
っている熱交換器。 10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の熱交換器であって、
前記第 1 の方向に沿った前記磁気熱量効果材料の長さは、前記仮想直線に近づくに従っ
て漸次的又は段階的に長くなっている熱交換器。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の熱交換器であって、
前記熱交換器は、前記磁気熱量効果材料から構成された複数の板材を備え、
複数の前記板材は、相互に間隔を空けて配置され又は相互に積層され、且つ、前記板材
の延在方向が前記第 1 の方向と実質的に平行となるように前記容器に収容されており、 20
前記第 1 の方向に沿った前記磁気熱量効果材料の長さは、前記板材の前記第 1 の方向に
沿った長さである熱交換器。

【請求項 4】

請求項 1 又は 2 に記載の熱交換器であって、
前記熱交換器は、前記磁気熱量効果材料から構成された複数の線材を備え、
複数の前記線材は、相互に束ねられていると共に、前記線材の延在方向が前記第 1 の方
向と実質的に平行となるように前記容器に収容されており、
前記第 1 の方向に沿った前記磁気熱量効果材料の長さは、前記線材の前記第 1 の方向に
沿った長さである熱交換器。

【請求項 5】

請求項 1 又は 2 に記載の熱交換器であって、
前記熱交換器は、前記磁気熱量効果材料から構成され、前記容器に充填された複数の粒
材を備えており、
前記第 1 の方向に沿った前記磁気熱量効果材料の長さは、前記第 1 の方向に沿って連な
る複数の前記粒材の長さである熱交換器。 30

【請求項 6】

請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の熱交換器であって、
前記容器は、
前記第 1 の開口に向かって先細となる筒状の第 1 のテーパ部と、
前記第 2 の開口に向かって先細となる筒状の第 2 のテーパ部と、 40
前記第 1 のテーパ部と前記第 2 のテーパ部を接続する筒状の胴部と、を含む熱交換器。

【請求項 7】

請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の熱交換器であって、
前記第 1 の方向において、前記第 1 の開口と前記第 2 の開口が重複している熱交換器。

【請求項 8】

請求項 1 ～ 7 のいずれか一項に記載の少なくとも一つの熱交換器と、
前記磁気熱量効果材料に磁場を印加すると共に、前記磁場の大きさを変更する磁場変更
手段と、
配管を介して前記容器にそれぞれ接続された第 1 及び第 2 の外部熱交換器と、
前記磁場変更手段の動作に連動して前記容器から前記第 1 又は前記第 2 の外部熱交換器 50

に前記流体を供給する流体供給手段と、を備えた磁気ヒートポンプ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気熱量効果を利用した磁気ヒートポンプ装置に用いられる熱交換器、及び、その熱交換器を備えた磁気ヒートポンプ装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

略球状の粒子である磁気冷凍用磁性材料が充填された熱交換容器を備えた磁気冷凍デバイスが知られている（例えば、特許文献1（段落[0038]～[0039]、図2）参照）。この熱交換容器は、配管を介して低温側熱交換部に接続された一方の開口と、別の配管を介して高温側熱交換部に接続された他方の開口と、を有している。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2010-77484号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記の熱交換容器の断面積は、それぞれの開口の断面積と比較して相対的に大きくなっている。このため、開口の中心軸から離れるに従って液体冷媒の流速が遅くなり、液体冷媒が熱交換容器の内部を均一に流れず、熱交換効率が低下してしまう、という問題がある。

20

【0005】

本発明が解決しようとする課題は、熱交換効率の向上を図ることが可能な熱交換部、及び、それを備えた磁気ヒートポンプ装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

[1] 本発明に係る熱交換器は、磁気ヒートポンプ装置に用いられる熱交換器であって、磁気熱量効果を有する磁気熱量効果材料と、前記磁気熱量効果材料を収容する容器と、を備えており、前記容器は、流体が前記容器に流入し又は前記容器から流出する第1の開口と、前記流体が前記容器から流出し又は前記容器に流入する第2の開口と、を有しており、前記第1の開口から前記第2の開口に向かう第1の方向に沿った前記磁気熱量効果材料の長さは、前記第1の開口と前記第2の開口とを結ぶ仮想直線の最も近くで、最も長くなっている熱交換器である。

30

【0007】

[2] 上記発明において、前記第1の方向に沿った前記磁気熱量効果材料の長さは、前記仮想直線に近づくに従って漸次的又は段階的に長くなっていてもよい。

【0008】

[3] 上記発明において、前記熱交換器は、前記磁気熱量効果材料から構成された複数の板材を備え、複数の前記板材は、相互に間隔を空けて配置され又は相互に積層され、且つ、前記板材の延在方向が前記第1の方向と実質的に平行となるように前記容器に収容されており、前記第1の方向に沿った前記磁気熱量効果材料の長さは、前記板材の前記第1の方向に沿った長さであってもよい。

40

【0009】

[4] 上記発明において、前記仮想直線の最も近くに位置する前記板材の前記第1の方向に沿った長さは、複数の前記板材の中で、最も長くなっていてもよい。

【0010】

[5] 上記発明において、複数の前記板材の前記第1の方向に沿った長さは、前記仮想直線に近づくに従って漸次的又は段階的に長くなっていてもよい。

50

【 0 0 1 1 】

〔 6 〕 上記発明において、前記熱交換器は、前記磁気熱量効果材料から構成された複数の線材を備え、複数の前記線材は、相互に束ねられていると共に、前記線材の延在方向が前記第 1 の方向と実質的に平行となるように前記容器に収容されており、前記第 1 の方向に沿った前記磁気熱量効果材料の長さは、前記線材の前記第 1 の方向に沿った長さであってもよい。

【 0 0 1 2 】

〔 7 〕 上記発明において、前記仮想直線の最も近くに位置する前記線材の前記第 1 の方向に沿った長さは、複数の前記線材の中で、最も長くなっているもよい。

【 0 0 1 3 】

〔 8 〕 上記発明において、複数の前記線材の前記第 1 の方向に沿った長さは、前記仮想直線に近づくに従って漸次的又は段階的に長くなっているもよい。

【 0 0 1 4 】

〔 9 〕 上記発明において、前記熱交換器は、前記磁気熱量効果材料から構成され、前記容器に充填された複数の粒材を備えており、前記第 1 の方向に沿った前記磁気熱量効果材料の長さは、前記第 1 の方向に沿って連なる複数の前記粒材の長さであってもよい。

【 0 0 1 5 】

〔 1 0 〕 上記発明において、前記第 1 の方向に沿って連なる複数の前記粒材の長さは、前記仮想直線の最も近くで、最も長くなっているもよい。

【 0 0 1 6 】

〔 1 1 〕 上記発明において、前記第 1 の方向に沿って連なる複数の前記粒材の長さは、前記仮想直線に近づくに従って漸次的又は段階的に長くなっているもよい。

【 0 0 1 7 】

〔 1 2 〕 上記発明において、前記容器は、前記第 1 の開口に向かって先細となる筒状の第 1 のテーパ部と、前記第 2 の開口に向かって先細となる筒状の第 2 のテーパ部と、前記第 1 のテーパ部と前記第 2 のテーパ部を接続する筒状の胴部と、を含んでもよい。

【 0 0 1 8 】

〔 1 3 〕 上記発明において、前記第 1 の方向において、前記第 1 の開口と前記第 2 の開口が重複しているもよい。

【 0 0 1 9 】

〔 1 4 〕 本発明に係る磁気ヒートポンプ装置は、上記の少なくとも一つの熱交換器と、前記磁気熱量効果材料に磁場を印加すると共に、前記磁場の大きさを変更する磁場変更手段と、配管を介して前記容器にそれぞれ接続された第 1 及び第 2 の外部熱交換器と、前記磁場変更手段の動作に連動して前記容器から前記第 1 又は前記第 2 の外部熱交換器に前記流体を供給する流体供給手段と、を備えた磁気ヒートポンプ装置である。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 0 】

本発明によれば、第 1 の方向に沿った磁気熱量効果材料の長さが仮想直線の最も近くで最も長くなっている。これにより、容器内での流体の流速の均一化が図られるので、熱交換器の熱交換効率の向上を図ることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 1 】

【 図 1 】 図 1 は、本発明の実施形態における磁気ヒートポンプ装置の全体構成を示す図であり、ピストンが第 1 の位置にある状態を示す図である。

【 図 2 】 図 2 は、本発明の実施形態における磁気ヒートポンプ装置の全体構成を示す図であり、ピストンが第 2 の位置にある状態を示す図である。

【 図 3 】 図 3 は、本発明の実施形態における M C M 熱交換器の断面図であり、液体媒体の流通方向に沿って切断した図である。

【 図 4 】 図 4 は、図 3 の IV-IV 線に沿った断面図である。

【 図 5 】 図 5 は、図 3 の V-V 線に沿った断面図である。

10

20

30

40

50

【図 6】図 6 は、本発明の実施形態における板材の変形例を示す斜視図である。

【図 7】図 7 は、本発明の実施形態における板材の別の変形例を示す斜視図である。

【図 8】図 8 は、本発明の実施形態における M C M 熱交換の第 1 の変形例を示す断面図である。

【図 9】図 9 は、本発明の実施形態における M C M 熱交換器の第 2 の変形例を示す断面図であり、液体媒体の流通方向に沿って切断した図である。

【図 10】図 10 は、図 9 の X-X 線に沿った断面図である。

【図 11】図 11 は、図 9 の XI-XI 線に沿った断面図である。

【図 12】図 12 は、本発明の実施形態における MCM 熱交換器の第 3 の変形例を示す断面図であり、液体媒体の流通方向に沿って切断した図である。

10

【図 13】図 13 は、図 12 の XIII-XIII 線に沿った断面図である。

【図 14】図 14 は、図 12 の XIV-XIV 線に沿った断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

【0023】

図 1 及び図 2 は本実施形態における磁気ヒートポンプ装置の全体構成を示す図、図 3 ~ 図 5 は本実施形態における M C M 熱交換器を示す図である。

【0024】

本実施形態における磁気ヒートポンプ装置 1 は、磁気熱量効果 (Magnetocaloric effect) を利用したヒートポンプ装置であり、図 1 及び図 2 に示すように、第 1 及び第 2 の M C M 熱交換器 10、20 と、ピストン 30 と、永久磁石 40 と、低温側熱交換器 50 と、高温側熱交換器 60 と、ポンプ 70 と、配管 81 ~ 84 と、切替弁 90 と、を備えている。

20

【0025】

本実施形態における第 1 及び第 2 の M C M 熱交換器 10、20 が本発明における熱交換器の一例に相当し、本実施形態におけるピストン 30 及び永久磁石 40 が本発明における磁気変更手段の一例に相当し、低温側熱交換器 50 及び高温側熱交換器 60 が本発明における第 1 及び第 2 の外部熱交換器の一例に相当し、本実施形態における配管 81 ~ 84 が本発明における配管の一例に相当し、本実施形態におけるポンプ 70 及び切替弁 90 が本発明における流体供給手段の一例に相当する。

30

【0026】

第 1 の M C M 熱交換器 10 は、図 3 ~ 図 5 に示すように、複数の板材 12 と、当該板材 12 を収容する容器 15 と、を備えている。なお、第 1 の M C M 熱交換器 10 の構造と、第 2 の M C M 熱交換器 20 の構造は同一であるので、以下に第 1 の M C M 熱交換器 10 の構成について詳細に説明し、第 2 の M C M 熱交換器 20 の構成については説明を省略する。

【0027】

それぞれの板材 12 は、磁気熱量効果を有する磁気熱量効果材料 (M C M : Magnetocaloric Effect Material) を塑性加工等により板状に形成した部材から構成されている。この M C M から構成される板材 12 に磁場を印加すると、電子スピンの揃うことで磁気エントロピーが減少し、当該板材 12 は発熱して温度が上昇する。一方、板材 12 から磁場を除去すると、電子スピンの乱雑となり磁気エントロピーが増加し、当該板材 12 は吸熱して温度が低下する。なお、本実施形態における板状形状には、0.1 mm 程度の厚さの箔材も含む。

40

【0028】

この板材 12 を構成する M C M は、磁性体であれば特に限定されないが、例えば、10 ~ 30 程度の常温域にキュリー温度 (キュリー点) を有し、常温域で高い磁気熱量効果を発揮する磁性体であることが好ましい。こうした M C M の具体例としては、例えば、ガドリニウム (Gd)、ガドリニウム合金、ランタン - 鉄 - シリコン (La - Fe - Si

50

）系化合物等を例示することができる。

【0029】

複数の板材12は、図3～図5に示すように、第1のMCM熱交換器10の容器15に収容されている。この容器15の先端及び後端には第1及び第2の開口161, 171がそれぞれ形成されている。容器15の内部空間151は、第1の開口161を介して、第1の低温側配管81に連通していると共に、第2の開口171を介して、第1の高温側配管83に連通している。

【0030】

この容器15の内周面152には、複数の板材12を支持する複数対の溝152a, 152bが形成されている。複数の第1の溝152aは、容器15内における液体媒体の流通方向CL（すなわち、容器15の第1の開口161から第2の開口171に向かう方向。図中のX方向）に対して実質的に平行に延在している直線状の溝である。この複数の第1の溝152aは、容器15の内周面152に、図中のZ方向に実質的に等間隔に並んで配置されている。

【0031】

複数の第2の溝152bも、上述の流通方向CLに対して実質的に平行に延在している直線状の溝である。この複数の第2の溝152bは、第1の溝152aに対向するように設けられており、容器15の内周面152に、図中のZ方向に実質的に等間隔に並んで配置されている。

【0032】

複数の板材12は、当該板材12の延在方向が流通方向CLに対して実質的に平行となるように（すなわち、当該板材12の延在方向が図中のXY平面方向に対して実質的に平行となるように）、容器15の内部空間151に収容されている。そして、当該板材12の一方の側端部が第1の溝152aに挿入されていると共に、当該板材12の他方の側端部が第2の溝152bに挿入されている。これにより、それぞれの板材12が容器15の内周面152により支持されている。

【0033】

この際、上述のように、第1の溝152aが実質的に等間隔に配置されていると共に、第2の溝152bも実質的に等間隔に配置されている。このため、複数の板材12が内周面152に支持された状態において、相互に隣り合う板材12同士の間には隙間153が形成されている。

【0034】

図6は本実施形態における板材の変形例を示す図であり、図7は本実施形態における板材の別の変形例を示す図である。

【0035】

なお、図6に示すように、板材12Bが、折り曲げ部121で二つ折にされた形状を有してもよい。この場合には、折り曲げ部121が第1の溝152aに挿入されると共に、板材12Bにおいて折り曲げ部121とは反対側の側端部が第2の溝152bに挿入されることで、それぞれの板材12Bが容器15の内周面152に支持される。

【0036】

また、図7に示すように、板材12Cが、両方の側端部に折り曲げ部122, 123をそれぞれ有してもよい。この場合には、複数の板材12C同士を直接積層して積層体11を構成し、当該積層体11を容器15の内部空間151に収容する。複数の板材12Cを直接積層すると、折り曲げ部122, 123によって、相互に隣り合う板材12Bの間に隙間124が形成される。このため、容器15の内周面152の溝152a, 152bは不要となる。

【0037】

図3～図5に戻り、本実施形態における容器15は、第1のテーパ部16と、第2のテーパ部17と、胴部18と、から構成された紡錘型の形状を有している。なお、本実施形態では、容器15が円形の断面形状を有しているが、特にこれに限定されず、例えば、容

10

20

30

40

50

器 15 が矩形の断面形状を有していてもよい。

【0038】

第 1 のテーパ部 16 は、第 1 の開口 161 に向かって直径が小さくなる円筒形状を有している。第 2 のテーパ部 17 も、第 2 の開口 171 に向かって直径が小さくなる円筒形状を有している。第 1 のテーパ部 16 の中心軸と第 2 のテーパ部 17 の中心軸とが一致しており、上述の流通方向 CL に沿って見た場合に、第 1 の開口 161 の全体が、第 2 の開口 171 の全体と重複している。なお、流通方向 CL に沿って見た場合の第 1 の開口と第 2 の開口の位置関係は、第 1 の開口と第 2 の開口が部分的に重複していれば、特にこれに限定されない。

【0039】

胴部 18 は、同一の直径で軸方向（図中の X 方向）に延在する直筒型の形状を有しており、第 1 のテーパ部 16 と第 2 のテーパ部 17 の間に介在して、第 1 及び第 2 のテーパ部 16, 17 を接続している。この胴部 18 は、上述の配管 81, 83 の直径よりも大きな直径を有しており、特に限定されないが、例えば、配管 81, 83 の直径に対して 3 倍程度の直径を有している。

【0040】

そして、本実施形態における複数の板材 12 は、容器 15 の内部空間 151 の形状に対応した平面形状をそれぞれ有している。例えば、第 1 の開口 161 と第 2 の開口 171 を結ぶ仮想直線 VL に最も近い板材 12a は、全ての板材 12 の中で最も長い長さ L_{max} を有している。これに対し、仮想直線 VL から最も遠い板材 12z は、全ての板材 12 の中で最も短い長さ L_{min} を有している。

【0041】

なお、本実施形態において、「仮想直線 VL に最も近い板材 12a」には、仮想直線 VL 上に位置する板材 12a も含む。また、本実施形態における板材 12 の流通方向 CL に沿った長さが、本発明における「第 1 の方向に沿った磁気熱量効果材料の長さ」の一例に相当する。

【0042】

このように、本実施形態では、容器 15 に収容された複数の板材 12 の流通方向 CL に沿った長さが、仮想直線 VL に近づくに従って漸次的に長くなっている。このため、容器 15 の内部空間 151 における仮想直線 VL に近い位置では、液体媒体の圧力損失が大きくなり当該液体媒体の流速が低下する。これに対し、容器 15 の内部空間 151 における仮想直線 VL から離れた位置では、液体媒体の圧力損失が小さくなり当該液体媒体の流速が上昇する。これにより、容器 15 内での液体媒体の流速の均一化が図られるので、第 1 の MCM 熱交換器 10 の熱交換効率が向上する。

【0043】

なお、本例において、「容器 15 の内部空間 151 における仮想直線 VL に近い位置」とは、仮想直線 VL を中心とした径方向（図中の Z 方向）において、内部空間 151 内での仮想直線 VL に近い位置を意味する。また、「容器 15 の内部空間 151 における仮想直線 VL から離れた位置」とは、仮想直線 VL を中心とした径方向（図中の Z 方向）において、内部空間 151 内での仮想直線 VL から離れた位置を意味する。

【0044】

図 8 は本実施形態における MCM 熱交換器の第 1 の変形例を示す断面図である。

【0045】

なお、図 8 に示すように、容器 15 に収容された複数の板材 12 の長さが、仮想直線 VL に近づくに従って段階的に長くなっている。この第 1 の変形例の場合にも、容器 15 内での液体媒体の流速の均一化が図られるので、第 1 の MCM 熱交換器 10 の熱交換効率が向上する。

【0046】

図 9 ~ 図 11 は本実施形態における MCM 熱交換器の第 2 の変形例を示す図である。

【0047】

10

20

30

40

50

図 9 ~ 図 11 に示すように、板材 12 に代えて、複数の線材 13 を容器 15 に収容してもよい。この複数の線材 13 は、相互に束ねられていると共に、当該線材 13 の延在方向が流通方向 CL に対して実質的に平行となるように、容器 15 の内部空間 151 に収容されている。この線材 13 は、例えば、円形の断面形状を有する線材である。なお、線材 13 同士を束ねた際に相互に隣り合う線材 13 の間に間隙 131 (図 11 参照) を形成可能であれば、線材 13 の断面形状は特に限定されない。

【0048】

この第 2 の変形例でも、複数の線材 13 は、容器 15 の内部空間 151 の形状に対応した長さをそれぞれ有している。例えば、第 1 の開口 161 と第 2 の開口 171 を結ぶ仮想直線 VL に最も近い線材 13a は、全ての線材 13 の中で最も長い長さ L_{max} を有している。これに対し、仮想直線 VL から最も遠い線材 13z は、全ての線材 13 の中で最も短い長さ L_{min} を有している。

10

【0049】

なお、本実施形態において、「仮想直線 VL に最も近い線材 13a」には、仮想直線 VL 上に位置する線材 13a も含む。また、本実施形態における線材 13 の流通方向 CL に沿った長さが、本発明における「第 1 の方向に沿った磁気熱量効果材料の長さ」の一例に相当する。

【0050】

この第 2 の変形例でも、容器 15 の内部空間 151 において仮想直線 VL に近い位置では、液体媒体の圧力損失が大きくなり当該液体媒体の流速が低下する。これに対し、容器 15 の内部空間 151 において仮想直線 VL から離れた位置では、液体媒体の圧力損失が小さくなり当該液体媒体の流速が上昇する。これにより、容器 15 内での液体媒体の流速の均一化が図られるので、第 1 の MCM 熱交換器 10 の熱交換効率が向上する。

20

【0051】

本例において、「容器 15 の内部空間 151 において仮想直線 VL に近い位置」とは、仮想直線 VL を中心とした径方向 (図中の YZ 平面方向) において、内部空間 151 内での仮想直線 VL に近い位置を意味する。また、「容器 15 の内部空間 151 における仮想直線 VL から離れた位置」とは、仮想直線 VL を中心とした径方向 (図中の YZ 平面方向) において、内部空間 151 内での仮想直線 VL から離れた位置を意味する。

【0052】

なお、本例において、容器 15 に収容された複数の線材 13 の長さが、仮想直線 VL に近づくに従って漸次的に長くなっているが、特にこれに限定されない。容器 15 に収容された複数の線材 13 の長さが、仮想直線 VL に近づくに従って段階的に長くなっているもよい。

30

【0053】

図 12 ~ 図 14 は本実施形態における MCM 熱交換器の第 3 の変形例を示す図である。

【0054】

図 12 ~ 図 14 に示すように、板材 12 に代えて、複数の粒材 14 を容器 15 内に充填してもよい。この粒材 14 は、例えば球状の形状を有しているが、粒材 14 を容器 15 内に充填した際に相互に隣り合う粒材 14 の間に間隙 141 (図 14 参照) を形成可能であれば、粒材 14 の形状は特に限定されない。

40

【0055】

この第 3 の変形例では、容器 15 の内部空間 151 が多数の粒材 14 で満たされているので、容器 15 の内部空間 151 において仮想直線 VL に最も近い位置で、流通方向 CL に沿って連なる粒材 14 の長さが最も長くなっている (図 12 における L_{max})。これに対し、容器 15 の内部空間 151 において仮想直線 VL に最も遠い位置では、流通方向 CL に沿って連なる粒材 14 の長さが最も短くなっている (図 12 における L_{min})。

【0056】

なお、本実施形態において、「仮想直線 VL の最も近くで流通方向 CL に沿って連なる複数の粒材 14」には、仮想直線 VL 上に位置する粒材 14 も含む。また、本実施形態に

50

おける「流通方向ＣＬに沿って連なる複数の粒材１４の長さ」が、本発明における「第１の方向に沿った磁気熱量効果材料の長さ」の一例に相当する。

【００５７】

この第３の変形例でも、容器１５の内部空間１５１において仮想直線ＶＬに近い位置では、液体媒体の圧力損失が大きくなり当該液体媒体の流速が低下する。これに対し、容器１５の内部空間１５１において仮想直線ＶＬから離れた位置では、液体媒体の圧力損失が小さくなり当該液体媒体の流速が上昇する。これにより、容器１５内での液体媒体の流速の均一化が図られるので、第１のＭＣＭ熱交換器１０の熱交換効率が向上する。

【００５８】

本例において、「容器１５の内部空間１５１において仮想直線ＶＬに近い位置」とは、仮想直線ＶＬを中心とした径方向（図中のＹＺ平面方向）において、内部空間１５１内での仮想直線ＶＬに近い位置を意味する。また、「容器１５の内部空間１５１における仮想直線ＶＬから離れた位置」とは、仮想直線ＶＬを中心とした径方向（図中のＹＺ平面方向）において、内部空間１５１内での仮想直線ＶＬから離れた位置を意味する。

【００５９】

なお、本例において、流通方向ＣＬに沿って連なる粒材１４の長さが、仮想直線ＶＬに近づくに従って漸次的に長くなっているが、特にこれに限定されない。流通方向ＣＬに沿って連なる粒材１４の長さが、仮想直線ＶＬに近づくに従って段階的に長くなっているもよい。

【００６０】

図１に戻り、容器１５の内部空間１５１は、第１の開口１６１に接続された第１の低温側配管８１を介して、低温側熱交換器５０に連通していると共に、第２の開口１７１に接続された第１の高温側配管８３を介して、高温側熱交換器６０に連通している。

【００６１】

第２のＭＣＭ熱交換器２０の容器も、図２に示すように、板材２２が収容されていると共に第１及び第２の開口２６１，２７１が形成された内部空間２５１を有している。第１の開口２６１は、第２の低温側配管８２を介して、低温側熱交換器５０に連通している。これに対し、第２の開口２７１は、第２の高温側配管８４を介して、高温側熱交換器６０に連通している。

【００６２】

例えば、本実施形態における磁気ヒートポンプ装置１を用いた空気調和装置を冷房として機能させる場合には、低温側熱交換器５０と室内の空気との間で熱交換を行うことで室内を冷やすと共に、高温側熱交換器６０と室外との間で熱交換を行うことで室外に放熱する。

【００６３】

これに対し、当該空気調和装置を暖房として機能させる場合には、高温側熱交換器６０と室内の空気との間で熱交換を行うことで室内を暖めると共に、低温側熱交換器５０と室外の空気との間で熱交換を行うことで室外から吸熱する。

【００６４】

以上のように、２つの低温側配管８１，８２と２つの高温側配管８３，８４によって、４つの熱交換器１０，２０，５０，６０を含む循環路が形成されており、ポンプ７０によって当該循環路内に液体媒体が圧送される。液体媒体の具体例としては、例えば、水、不凍液、エタノール溶液、または、これらの混合物等の液体を例示することができる。本実施形態における液体媒体が、本発明における流体の一例に相当する。

【００６５】

２つのＭＣＭ熱交換器１０，２０は、ピストン３０の内部に収容されている。このピストン３０は、アクチュエータ３５によって、一対の永久磁石４０の間を往復移動することが可能となっている。具体的には、このピストン３０は、図１に示すような「第１の位置」と、図２に示すような「第２の位置」との間を往復移動することが可能となっている。なお、アクチュエータ３５の一例としては、例えば、ボールねじ機構を備えたモータやエ

10

20

30

40

50

アシリンダ等を例示することができる。

【 0 0 6 6 】

ここで、「第 1 の位置」は、第 1 の M C M 熱交換器 1 0 が永久磁石 4 0 の間に介在せず、第 2 の M C M 熱交換器 2 0 が永久磁石 4 0 の間に介在するようなピストン 3 0 の位置である。これに対し、「第 2 の位置」は、第 1 の M C M 熱交換器 1 0 が永久磁石 4 0 の間に介在し、第 2 の M C M 熱交換器 2 0 が永久磁石 4 0 の間に介在しないようなピストン 3 0 の位置である。

【 0 0 6 7 】

なお、第 1 及び第 2 の M C M 熱交換器 1 0 , 2 0 に代えて、永久磁石 4 0 をアクチュエータ 3 5 により往復移動させてもよい。或いは、永久磁石 4 0 に代えて、コイルを有する電磁石を用いてもよく、この場合には、M C M 熱交換器 1 0 , 2 0 又は磁石を移動させる機構が不要となる。また、コイルを有する電磁石を用いる場合には、M C M 熱交換器 1 0 , 2 0 の板材 1 2 , 2 2 に対する磁場の印加 / 除去に代えて、板材 1 2 , 2 2 に印加した磁場の大きさを変更するようにしてもよい。

【 0 0 6 8 】

切替弁 9 0 は、第 1 の高温側配管 8 3 と第 2 の高温側配管 8 4 に設けられている。この切替弁 9 0 は、上述のピストン 3 0 の動作に連動して、ポンプ 7 0 による液体媒体の供給先を、第 1 の M C M 熱交換器 1 0 、又は、第 2 の M C M 熱交換器 2 0 に切り替えると共に、高温側熱交換器 6 0 の接続先を、第 2 の M C M 熱交換器 2 0 、又は、第 1 の M C M 熱交換器 1 0 に切り替えることが可能となっている。

【 0 0 6 9 】

次に、本実施形態における磁気ヒートポンプ装置 1 の動作について、図 1 及び図 2 を参照しながら説明する。

【 0 0 7 0 】

先ず、ピストン 3 0 を図 1 に示す「第 1 の位置」に移動させると、第 1 の M C M 熱交換器 1 0 の板材 1 2 が消磁されて温度が低下する一方で、第 2 の M C M 熱交換器 2 0 の板材 2 2 が着磁されて温度が上昇する。

【 0 0 7 1 】

これと同時に、切替弁 9 0 によって、ポンプ 7 0 → 第 1 の高温側配管 8 3 → 第 1 の M C M 熱交換器 1 0 → 第 1 の低温側配管 8 1 → 低温側熱交換器 5 0 → 第 2 の低温側配管 8 2 → 第 2 の M C M 熱交換器 2 0 → 第 2 の高温側配管 8 4 → 高温側熱交換器 6 0 → ポンプ 7 0 からなる第 1 の経路が形成される。

【 0 0 7 2 】

このため、消磁によって温度が低下した第 1 の M C M 熱交換器 1 0 の板材 1 2 によって液体媒体が冷却され、当該液体媒体が低温側熱交換器 5 0 に供給されて、当該低温側熱交換器 5 0 が冷却される。

【 0 0 7 3 】

この際、第 1 の M C M 熱交換器 1 0 の内部において、板材 1 2 の間に形成された間隙 1 5 3 を液体媒体が通過して板材 1 2 と接触することで、当該液体媒体が板材 1 2 によって冷却される。また、本実施形態では、容器 1 5 に収容された複数の板材 1 2 の長さが、仮想直線 V L に近づくに従って漸次的に長くなっているため、容器 1 5 内での液体媒体の流速の均一化が図られている。

【 0 0 7 4 】

一方、着磁されて温度が上昇した第 2 の M C M 熱交換器 2 0 の板材 2 2 によって液体媒体が加熱され、当該液体媒体は高温側熱交換器 6 0 に供給されて、当該高温側熱交換器 6 0 が加熱される。

【 0 0 7 5 】

この際、第 2 の M C M 熱交換器 2 0 の内部において、板材 2 2 の間に形成された間隙を液体媒体が通過して板材 2 2 と接触することで、当該液体媒体が板材 2 2 によって加熱される。また、本実施形態では、容器 2 5 に収容された複数の板材 2 2 の長さが、仮想直線

V L に近づくに従って漸次的に長くなっているので、容器 2 5 内での液体媒体の流速の均一化が図られている。

【 0 0 7 6 】

次いで、ピストン 3 0 を図 2 に示す「第 2 の位置」に移動させると、第 1 の M C M 熱交換器 1 0 の板材 1 2 が着磁されて温度が上昇する一方で、第 2 の M C M 熱交換器 2 0 の板材 2 2 が消磁されて温度が低下する。

【 0 0 7 7 】

これと同時に、切替弁 9 0 によって、ポンプ 7 0 → 第 2 の高温側配管 8 4 → 第 2 の M C M 熱交換器 2 0 → 第 2 の低温側配管 8 2 → 低温側熱交換器 5 0 → 第 1 の低温側配管 8 1 → 第 1 の M C M 熱交換器 1 0 → 第 1 の高温側配管 8 3 → 高温側熱交換器 6 0 → ポンプ 7 0 からなる第 2 の経路が形成される。

10

【 0 0 7 8 】

このため、消磁によって温度が低下した第 2 の M C M 熱交換器 2 0 の板材 2 2 によって液体媒体が冷却され、当該液体媒体が低温側熱交換器 5 0 に供給されて、当該低温側熱交換器 5 0 が冷却される。

【 0 0 7 9 】

この際、第 2 の M C M 熱交換器 2 0 の内部において、板材 2 2 の間に形成された間隙を液体媒体が通過して板材 2 2 と接触することで、当該液体媒体が板材 2 2 によって冷却される。また、本実施形態では、容器 2 5 に収容された複数の板材 2 2 の長さが、仮想直線 V L に近づくに従って漸次的に長くなっているので、容器 2 5 内での液体媒体の流速が均一化が図られている。

20

【 0 0 8 0 】

一方、着磁されて温度が上昇した第 1 の M C M 熱交換器 1 0 の板材 1 2 によって液体媒体が加熱され、当該液体媒体は高温側熱交換器 6 0 に供給されて、当該高温側熱交換機 6 0 が加熱される。

【 0 0 8 1 】

この際、第 1 の M C M 熱交換器 1 0 の内部において、板材 1 2 の間に形成された間隙 1 5 3 を液体媒体が通過して板材 1 2 と接触することで、当該液体媒体が板材 1 2 によって加熱される。また、本実施形態では、容器 1 5 に収容された複数の板材 1 2 の長さが、仮想直線 V L に近づくに従って漸次的に長くなっているので、容器 1 5 内での液体媒体の流速が均一化が図られている。

30

【 0 0 8 2 】

そして、以上に説明したピストン 3 0 の「第 1 の位置」と「第 2 の位置」との間の往復移動を繰り返し、第 1 及び第 2 の M C M 熱交換器 1 0 , 2 0 内の板材 1 2 , 2 2 に対する磁場の印加 / 除去を繰り返すことにより、低温側熱交換器 5 0 の冷却と、高温側熱交換器 6 0 の加熱とが継続される。

【 0 0 8 3 】

以上のように、本実施形態では、第 1 の M C M 熱交換器 1 0 において、流通方向 C L に沿った板材 1 2 の長さが、仮想直線 V L の最も近くで最も長くなっている。このため、容器 1 5 内での液体媒体の流速の均一化が図られるので、第 1 の M C M 熱交換器 1 0 の熱交換効率の向上を図ることができる。

40

【 0 0 8 4 】

また、第 2 の M C M 熱交換器 2 0 においても、流通方向に沿った板材 2 2 の長さが、仮想直線の最も近くで最も長くなっている。このため、容器 2 5 内での液体媒体の流速の均一化が図られるので、第 2 の M C M 熱交換器 2 0 の熱交換効率の向上を図ることができる。

【 0 0 8 5 】

なお、以上説明した実施形態は、本発明の理解を容易にするために記載されたものであって、本発明を限定するために記載されたものではない。したがって、上記の実施形態に開示された各要素は、本発明の技術的範囲に属する全ての設計変更や均等物をも含む趣旨

50

である。

【 0 0 8 6 】

上述した磁気ヒートポンプ装置の構成は一例であり、本発明に係る熱交換器を A M R (Active Magnetic Refrigerataion) 方式の他の磁気ヒートポンプ装置に適用してもよい。

【 0 0 8 7 】

例えば、磁気ヒートポンプ装置が、一つの M C M 熱交換器と、当該 M C M に磁場を印加すると共に磁場の大きさを変更する磁場変更手段と、配管を介して M C M 熱交換器にそれぞれ接続された第 1 及び第 2 の外部熱交換器と、磁場変更手段の動作に連動して M C M 熱交換器から第 1 又は第 2 の外部熱交換器に流体を供給する流体供給手段と、を備えてもよい。

10

【 0 0 8 8 】

また、上述の実施形態では、磁気ヒートポンプ装置を家庭用或いは自動車等の空気調和装置に適用した例について説明したが、特にこれに限定されない。例えば、用途に応じた適切なキュリー温度を有する M C M を選定することで、冷凍機のような極低温域での用途、或いは、ある程度高温域での用途に、本発明に係る磁気ヒートポンプ装置を適用してもよい。

【 符号の説明 】

【 0 0 8 9 】

1 ... 磁気ヒートポンプ装置

1 0 ... 第 1 の M C M 熱交換器

1 1 ... 積層体

1 2 , 1 2 B , 1 2 C ... 板材

1 2 1 ~ 1 2 3 ... 折り曲げ部

1 2 4 ... 間隙

1 3 ... 線材

1 3 1 ... 間隙

1 4 ... 粒材

1 4 1 ... 間隙

1 5 ... 容器

1 5 1 ... 内部空間

1 5 2 ... 内周面

1 5 2 a ... 第 1 の溝

1 5 2 b ... 第 2 の溝

1 5 3 ... 間隙

1 6 ... 第 1 のテーパ部

1 6 1 ... 第 1 の開口

1 7 ... 第 2 のテーパ部

1 7 1 ... 第 2 の開口

1 8 ... 胴部

2 0 ... 第 2 の M C M 熱交換器

2 2 ... 板材

2 5 ... 容器

2 5 1 ... 内部空間

2 6 1 ... 第 1 の開口

2 7 1 ... 第 2 の開口

3 0 ... ピストン

3 5 ... アクチュエータ

4 0 ... 永久磁石

5 0 ... 低温側熱交換器

6 0 ... 高温側熱交換器

20

30

40

50

70 ... ポンプ

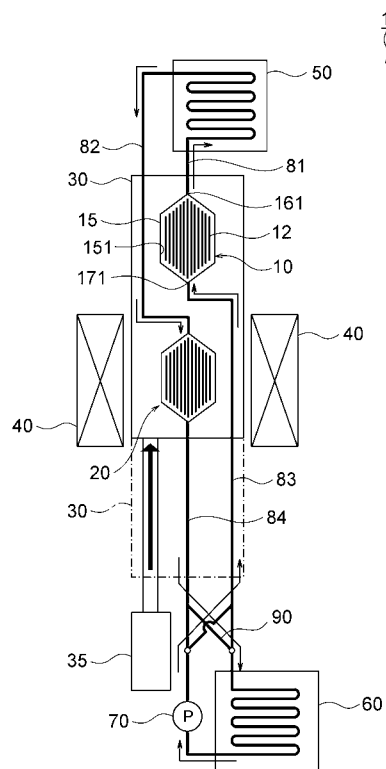
81 ~ 82 ... 第1 ~ 第2の低温側配管

83 ~ 84 ... 第3 ~ 第4の高温側配管

90 ... 切替弁

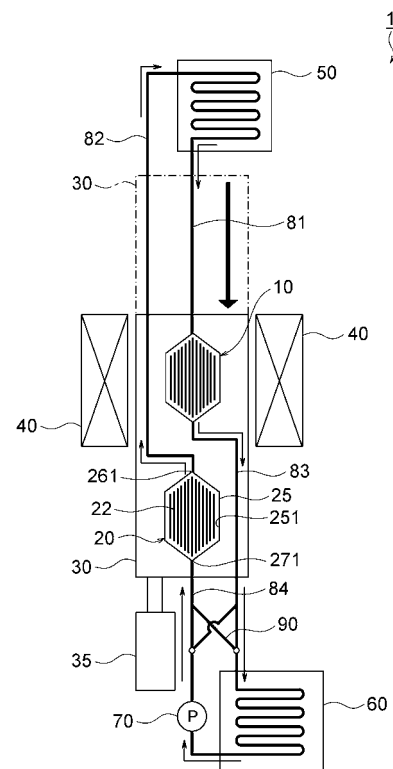
【図1】

図 1



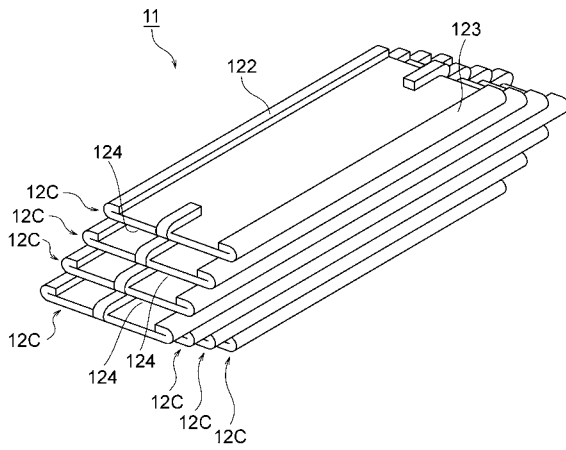
【図2】

図 2



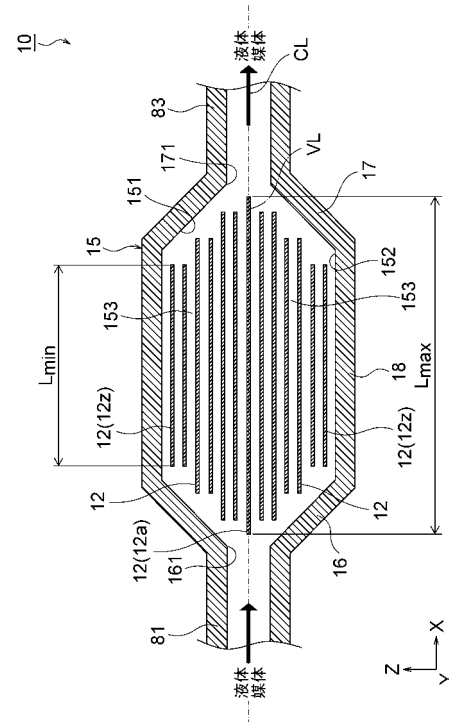
【図 7】

図 7



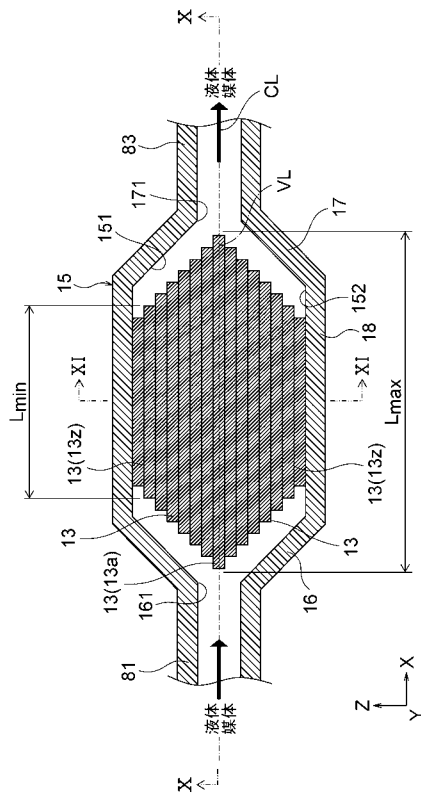
【図 8】

図 8



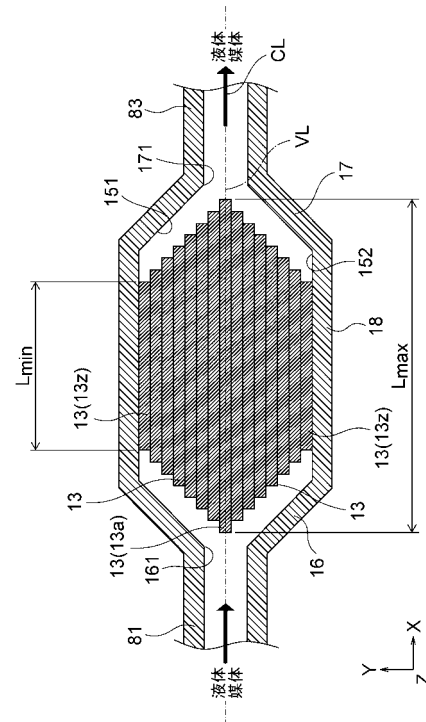
【図 9】

図 9



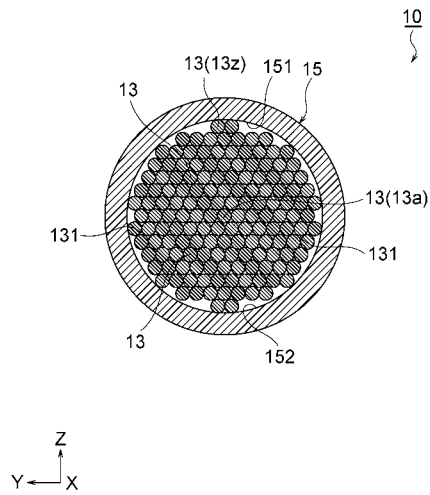
【図 10】

図 10



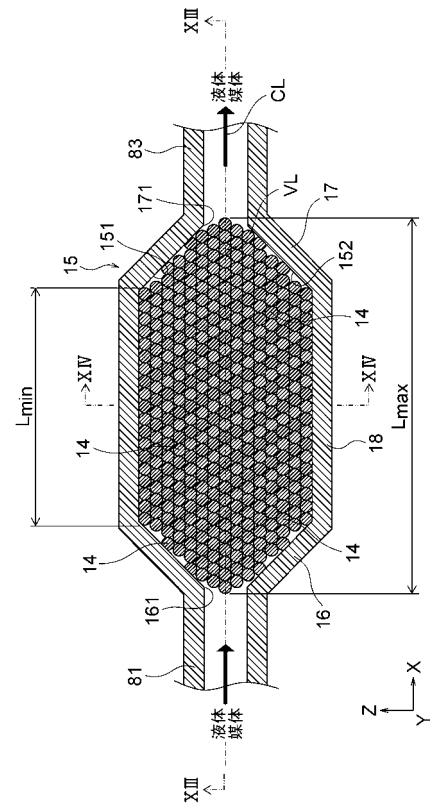
【図 1 1】

図 11



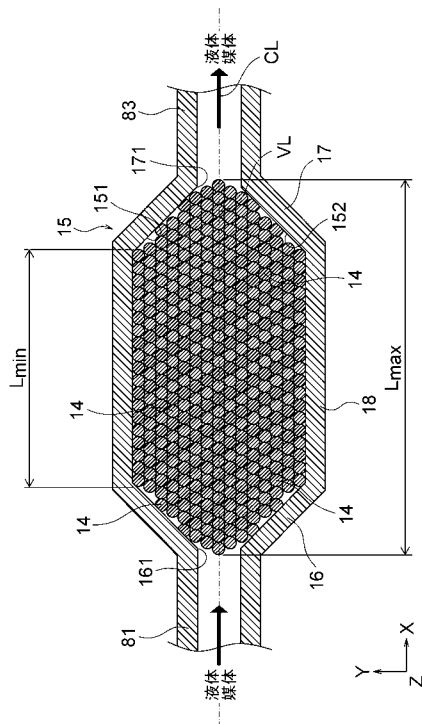
【図 1 2】

図 12



【図 1 3】

図 13



【図 1 4】

図 14

