

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5785883号  
(P5785883)

(45) 発行日 平成27年9月30日(2015.9.30)

(24) 登録日 平成27年7月31日(2015.7.31)

(51) Int. Cl.			F I		
<b>F 2 8 D</b>	<b>7/02</b>	<b>(2006.01)</b>	F 2 8 D	7/02	
<b>F 2 8 D</b>	<b>7/00</b>	<b>(2006.01)</b>	F 2 8 D	7/00	A
<b>F 2 8 F</b>	<b>1/04</b>	<b>(2006.01)</b>	F 2 8 F	1/04	
<b>F 2 4 H</b>	<b>9/00</b>	<b>(2006.01)</b>	F 2 4 H	9/00	A

請求項の数 8 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2012-24638 (P2012-24638)
(22) 出願日	平成24年2月8日(2012.2.8)
(65) 公開番号	特開2013-160479 (P2013-160479A)
(43) 公開日	平成25年8月19日(2013.8.19)
審査請求日	平成25年8月28日(2013.8.28)

(73) 特許権者	399048917 日立アプライアンス株式会社 東京都港区海岸一丁目16番1号
(74) 代理人	100100310 弁理士 井上 学
(74) 代理人	100098660 弁理士 戸田 裕二
(74) 代理人	100091720 弁理士 岩崎 重美
(72) 発明者	渡部 道治 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社 日立製作 所 日立研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱交換器およびそれを用いたヒートポンプ式給湯機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

伝熱管を曲げて形成された曲げ部を有し水を流通させる第1の伝熱部と、  
前記第1の伝熱部と熱交換し冷媒を流通させる第2の伝熱部とを備え、  
前記曲げ部は、互いに直交する方向のうち一方である径方向の流路幅が他方向の流路幅よりも大きい寸法を有し、且つ、前記一方に沿って対向する伝熱管の管壁部が曲げ部の外側と内側に位置するように構成され、  
前記外側に位置する管壁部の外側に前記第2の伝熱部が配置されることを特徴とする熱交換器。

【請求項2】

請求項1に記載の熱交換器において、  
前記第1の伝熱部は、前記曲げ部が複数隣接して配置され、複数隣接して配置される各曲げ部の前記外側に位置する管壁部によって外側伝熱領域が構成され、  
前記外側伝熱領域に前記第2の伝熱部が配置されることを特徴とする熱交換器。

【請求項3】

請求項1に記載の熱交換器において、  
前記第1の伝熱部は、らせん状に巻かれた伝熱管によって構成されることを特徴とする熱交換器。

【請求項4】

請求項1に記載の熱交換器において、

10

20

前記第 1 の伝熱部の曲げ部は、前記一方向の流路幅 (W) と他方向の流路幅 (H) とのアスペクト比 (W/H) が、レイノルズ数  $Re$  と、伝熱管のらせん巻き径 ( $D_{SP}$ ) を用いて表される Dean 数

( $Re (W/D_{SP})$ )

が最大となる値よりも小さく設定されることを特徴とする熱交換器。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の熱交換器において、

前記一方向の流路幅は、前記他方向の流路幅の 1.25 倍の寸法に設定されることを特徴とする熱交換器。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の熱交換器において、

前記一方向の流路幅は、前記他方向の流路幅の 1.15 倍の寸法に設定されることを特徴とする熱交換器。

【請求項 7】

請求項 2 に記載の熱交換器において、

前記第 2 の伝熱部は、らせん状に巻かれた伝熱管によって構成され、前記第 1 の伝熱部の曲げ部の外周側に接触させて配置されることを特徴とする熱交換器。

【請求項 8】

請求項 1 に記載の熱交換器と、前記熱交換器に流入する冷媒を圧縮する圧縮機と、前記熱交換器から排出された前記冷媒を膨張させる膨張機構と、前記膨張機構から排出された前記冷媒と外気とを熱交換させる蒸発器とを備え、

前記熱交換器の第 1 の伝熱部に水を流通させ、第 2 の伝熱部に冷媒を流通させることを特徴とするヒートポンプ式給湯機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は熱交換器およびそれを用いたヒートポンプ式給湯機に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、高温の流体を流通させる高温流路と、低温の流体を流通させる低温流路を共にらせん構造とし、高温流路と低温流路を交互に積層した熱交換器が提案されている（特許文献 1 参照）。また、給湯用熱交換器、膨張弁、蒸発器、圧縮機を冷媒配管で順次接続して構成されるヒートポンプ式給湯機において、らせん状の低温流路の外周に高温流路を巻きつけたものが提案されている（特許文献 2 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2006 - 125756 号公報

【特許文献 2】特開 2009 - 133530 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、らせん状の流路で構成される熱交換器では、流路外側の流速が内側に比べて速くなるため、流路外周面の熱伝達率が他の面に比べて最も高くなる。しかしながら、特許文献 1 は流路の上下面で熱交換を行うものであって流路外周面を用いておらず、らせん状の熱交換器が本来発揮し得る性能を十分に引き出せない。

【0005】

また特許文献 2 の従来技術では、低温流路の外側に高温流路を巻きつけることで、らせん構造の利点である内側流路の外周面の熱伝達率の高さを活用することででき得る。しかし低温流体が流通する内側流路は、らせん径方向の流路幅に比べてらせん高さ方向の流路幅

10

20

30

40

50

が長くなっており、流路内の２次流れによる伝熱促進効果が充分ではない。

【０００６】

そこで本発明は、流路断面内の２次流れを促進し、且つ熱伝達率が特に高い部分を熱交換に用いることで、熱交換効率を向上させることができる熱交換器およびそれを用いたヒートポンプ式給湯機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】

本発明は、伝熱管を曲げて形成された曲げ部を有し水を流通させる第１の伝熱部と、前記第１の伝熱部と熱交換し冷媒を流通させる第２の伝熱部とを備え、前記曲げ部は、互いに直交する方向のうち一方向である径方向の流路幅が他方向の流路幅よりも大きい寸法を有し、且つ、前記一方向に沿って対向する伝熱管の管壁部が曲げ部の外側と内側に位置するように構成され、前記外側に位置する管壁部の外側に前記第２の伝熱部が配置されることを特徴とする。

10

【発明の効果】

【０００８】

本発明によれば、流路断面内の２次流れを促進し、且つ熱伝達率が特に高い部分を熱交換に用いることで、熱交換効率を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【０００９】

【図１】本発明の実施形態に係るヒートポンプ式給湯機のシステム図である。

20

【図２】実施例１に係る熱交換器の斜視図である。

【図３】実施例１に係る熱交換器の部分断面図である。

【図４】実施例１に係る熱交換器の部分断面拡大図である。

【図５】実施例１に係るらせん構造内の流速分布の模式図である。

【図６】実施例１に係る内側流路断面内の２次流れの模式図である。

【図７】実施例１に係る内側流路のアスペクト比に対するDean数、流量、交換熱量の関係を示すグラフである。

【図８】実施例２に係る熱交換器の部分断面図である。

【図９】実施例３に係る熱交換器の部分断面図である。

【図１０】実施例３に係る内側流路のアスペクト比に対するDean数、流量、交換熱量の関係を示すグラフである。

30

【図１１】実施例４に係る熱交換器の部分断面図である。

【図１２】実施例５に係る熱交換器の部分断面図である。

【発明を実施するための形態】

【００１０】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。

【００１１】

図１に本実施形態に係る熱交換器１０を搭載したヒートポンプ式給湯機の構成を示す。熱交換器１０の第２の伝熱部２の一端は膨張弁１３の入口側へと、膨張弁１３の出口側は蒸発器１２の入口側へと、蒸発器１２の出口側は圧縮機１１の吸込側へと、そして圧縮機１１の吐出側は熱交換器１０の第２の伝熱部２のもう一端へと接続されている。

40

【００１２】

本実施形態のヒートポンプ式給湯機の動作を説明する。ヒートポンプサイクルに封入された冷媒１４は圧縮機１１で圧縮されて高温・高圧状態になり、熱交換器１０の第２の伝熱部２へと流入する。熱交換器１０へと流入した冷媒１４は第１の伝熱部１を流通する水１５に熱を伝え、冷媒１４自身は熱を失って熱交換器１０から流出する。熱交換器１０から流出した冷媒１４は膨張弁１３を通過することで減圧し、蒸発器１２にて外気から熱が加えられた後、再度圧縮機１１へと流入する。なお、熱交換器１０の第１の伝熱部１内の水１５は、冷媒１４と対向する方向に流通している。

【実施例１】

50

## 【 0 0 1 3 】

次に、実施例 1 について図 2 ~ 図 7 に従って説明する。熱交換器 10 は、図 2 に示すような外観を有する。そして、図 3、図 4 に示すように、熱交換器 10 は、伝熱管 T を曲げて形成された曲げ部 R を有する第 1 の伝熱部 1 と、前記第 1 の伝熱部 1 と熱交換する第 2 の伝熱部 2 とを備える。本実施例では、伝熱管 T が全体的に曲げられており、第 1 の伝熱部 1 の全体に亘り流れ方向に沿って曲げ部が連続した状態となっている。前記曲げ部 R は、互いに直交する方向のうち一方向の流路幅 W が他方向の流路幅 H 以上の寸法を有し、且つ、前記一方向に沿って対向する伝熱管 T の管壁部 4、5 が曲げ部 R の外側と内側に位置するように構成されている。そして、外側に位置する管壁部 4 の外側に、第 2 の伝熱部 2 が配置されている。

10

## 【 0 0 1 4 】

また、第 1 の伝熱部 1 は、曲げ部 R が複数隣接して配置され、複数隣接して配置される各曲げ部 R の前記外側に位置する管壁部 4 によって外側伝熱領域 A が構成されている。そして、前記外側伝熱領域 A に前記第 2 の伝熱部 2 が配置されている。

## 【 0 0 1 5 】

具体的に説明すると、前記第 1 の伝熱部 1 は、らせん状に巻かれた伝熱管 T によって構成される。伝熱管 T をらせん状に巻くと、流れ方向に沿って曲げ部 R が連続する状態となると同時に、各層の同じ周方向位置にある曲げ部 R が高さ方向に沿って隣接する状態となる。即ち、第 1 の伝熱部 1 は、伝熱管をらせん状に巻くことで筒状となり、その外周面が外側伝熱領域 A となる。

20

## 【 0 0 1 6 】

なお、本実施例では、流路幅 W を与える前記一方向をらせんの径方向とし、流路幅 H を与える前記他方向をらせんの高さ方向としているが、流路幅を決定する方向は、これに限定されず、任意の採り方が可能である。例えば、らせんの径方向と前記一方向又は高さ方向と他方向が一致しているか、傾斜しているかを問わない。

## 【 0 0 1 7 】

また、この熱交換器 10 は、らせん状の第 1 の伝熱部 1 外周に、第 2 の伝熱部 2 をらせん状に巻きつけた構造となっている。従って、第 1 の伝熱部 1 の流路を内側流路、第 2 の伝熱部 2 の流路を外側流路と呼ぶことができる。第 2 の伝熱部 2 の伝熱管は第 1 の伝熱部 1 の隣接する 2 ピッチ分の伝熱管と接触している。即ち、第 2 の伝熱部 2 の伝熱管は第 1 の伝熱部 1 の 2 ピッチ分の伝熱管の間に配置されている。第 1 の伝熱部 1 の断面は矩形状に形成されている。このようにすれば、熱伝導距離を短くすることができ、伝熱効率を向上させることができる。

30

## 【 0 0 1 8 】

らせん径方向の流路幅 W と高さ方向の流路幅 H は、2 次流れの強さに関係する要素である。図 3、図 4 では、らせん径方向の流路幅 W は高さ方向の流路幅 H の 1.25 倍となっている。また、第 1 の伝熱部 1 と接触する第 2 の伝熱部 2 の断面形状は円形である。なお、図 3、図 4 では、流路幅 W 及び流路幅 H の寸法を流路断面の中心点を通る位置で採っているが、流路幅 W 及び流路幅 H の寸法は、必ずしも流路断面の中心点 3 を通る位置で採る必要はない。

40

## 【 0 0 1 9 】

図 5 にらせん状流路内の流速分布を示す。らせん状流路のように旋回する流れ場では、内周側の流速に比べて外周側の流速が速くなるため、流速の高い外周側では内周側に比べて速度勾配および温度勾配が大きくなる。従って、らせん流路の外周面は内周面に比べて熱伝達率が高くなる。

## 【 0 0 2 0 】

図 6 に第 1 の伝熱部 1 の断面内の流れを示す。図 5 に示したような旋回する流れ場では、運動量保存の法則に従ってらせんの外周側の静圧が内周側の静圧に比べて低くなる。これにより図 6 に示すような、流路断面の中央部を通過して内周側から外周側へ向かう流れと、流路壁面に沿った外周側から内周側へと向かう流れで構成される渦状の 2 次流れが発

50

生ずる。

【 0 0 2 1 】

流路断面内の 2 次流れによる伝熱促進効果の強さは下記に示す D e a n 数に依存する。

【 0 0 2 2 】

【数 1】

$$\text{Dean 数} = \text{Re} \sqrt{\frac{W}{D_{SP}}} \quad \dots(1)$$

【 0 0 2 3 】

ここで、R e は流路内のレイノルズ数、W は流路断面のらせん径方向の流路幅、 $D_{SP}$  はらせん巻き径である。なお、レイノルズ数は下記のように定義される。 10

【 0 0 2 4 】

【数 2】

$$\text{Re} = \frac{U D_h}{\nu} \quad \dots(2)$$

【 0 0 2 5 】

ここで、U は第 1 の伝熱部 1 の伝熱管内の平均流速、 $D_h$  は水力直径 (=  $4 \times$  流路断面積 / 周長さ)、 $\nu$  は動粘度である。また、矩形断面の水力直径は  $D_h = 2 W H / (W + H)$  で表される。 20

【 0 0 2 6 】

式 ( 1 ) からわかる通り、D e a n 数は流路のらせん径方向の流路幅 W が大きいほど高くなる。ただし、同一の材料使用量で考えた場合、らせん径方向の流路幅 W を大きくすると、その分らせんの高さ方向の流路幅 H が小さくなるため、流路内に水を流すポンプの消費電力が増加し、熱交換器全体としてみた場合に性能が低下してしまう可能性がある。

【 0 0 2 7 】

上記に鑑み、流路内の圧力損失を保つ観点から流速 U を一定、材料使用量一定の観点かららせん巻き径  $D_{SP}$  および流路断面の内周  $L = 2 (W + H)$  を一定とした場合について考える。らせん径方向の流路幅 W とらせん高さ方向の流路幅 H を用いて流路のアスペクト比を  $C = W / H$  と定義すると、流量 Q と D e a n 数は下記の式で表される。 30

【 0 0 2 8 】

【数 3】

$$\text{Dean 数} \propto \frac{C^{1.5}}{(1+C)^{2.5}} \quad \dots(3)$$

【 0 0 2 9 】

【数 4】

$$Q \propto \frac{C}{(1+C)^2} \quad \dots(4)$$

40

【 0 0 3 0 】

式 ( 3 ) と ( 4 ) をグラフ化したものを図 7 に示す。横軸は流路断面のアスペクト比、縦軸は流量、D e a n 数、交換熱量のそれぞれの最大値に対する比率である。

【 0 0 3 1 】

流量はアスペクト比が 1.0 の場合に最大化し、D e a n 数はアスペクト比が 1.5 の場合に最大化する。交換熱量は流量と熱伝達率の積であり、さらに熱伝達率は D e a n 数に依存することから、流量と D e a n 数の積は交換熱量に相当する。したがって図 7 から矩形断面について交換熱量が最大化するアスペクト比は 1.25 となることがわかる。本実施例ではこれに基づいて、らせん径方向の流路幅 W を高さ方向の流路幅 H の 1.25 倍としたが、流量が最大化するアスペクト比 1.0 から D e a n 数が最大化するアスペクト比 50

1.5の範囲であれば十分に性能向上を図ることができる。

【0032】

次に、熱交換器10の製造方法について説明する。熱交換器10は、まず円管を矩形状に成形した後らせん状に巻くことで第1の伝熱部1を形成し、その外周に円管を巻きつけて第2の伝熱部2を形成し、最後に第1の伝熱部1と第2の伝熱部2の伝熱管の接触部をろう材によって接合することで容易に成形できる。

【0033】

以上のように、本実施例に係る熱交換器10は、従来のものに比べて一定の交換熱量を得るために必要な流路長さを短縮することができる。

【0034】

なお、本実施例では第1の伝熱部1を流通する流体を水とし、第2の伝熱部2を流通する流体を冷媒としたが、本実施例の構造は、流体の種類にかかわらず適用可能である。

【0035】

本実施例の熱交換器によれば、流路断面内の2次流れを促進し、且つ熱伝達率が特に高い部分を熱交換に用いることで、熱交換効率を向上させることができる。即ち、本実施例の熱交換器によれば、互いに直交する方向の流路幅のうち大きい方の流路幅で対向する伝熱管の管壁部が曲げ部の外側と内側に位置するように構成することで、流路断面内の2次流れを促進することができ、さらに、熱伝達率が特に高い部分である曲げ部の外側に位置する管壁部の外面に第2の伝熱部を配置させることで、熱交換器の性能を十分に活用することができ、熱伝達率を向上させることが可能となる。従って、一定量の交換熱量を得るために必要な流路長さを短縮することが可能となる。

【実施例2】

【0036】

次に、実施例2について図8に従って説明する。なお、他の実施例と共通する構成については説明を省略する。実施例2は実施例1と異なり、第2の伝熱部2の伝熱管を第1の伝熱部1の1ピッチ分の伝熱管と接触させたものになっている。

【0037】

ここで、伝熱管をらせん状に形成した場合、流体の温度は厳密には伝熱管の段ごとに異なるため、一方の伝熱部の伝熱管が他方の伝熱部の伝熱管と複数の段に跨って接触すると、段ごとの流体温度が平均化されてしまい、使用方法によっては熱交換効率が低下する場合もあり得る。この点、実施例2の構造とすれば、第1の伝熱部1の伝熱管と第2の伝熱部2の伝熱管とを1ピッチのみで接触するため、熱交換効率の低下を防ぐことが可能となる。

【実施例3】

【0038】

次に、実施例3について図9、図10に従って説明する。なお、他の実施例と共通する構成については説明を省略する。図9に示すとおり本実施例は第1の伝熱部1に断面が円形状の伝熱管を採用した構造である。なお、第1の伝熱部1のアスペクト比が1.0の場合は伝熱管は円管となり、それ以外の場合は楕円管となる。

【0039】

本実施例のアスペクト比に対する流量およびDean数の関係を図10に示す。横軸は流路断面のアスペクト比、縦軸はそれぞれの項目の最大値に対する比率である。流量は断面が円形状の場合に最大化し、Dean数はらせん径方向の内径4が高さ方向の内径5の1.31倍の場合に最大化する。従ってアスペクト比を1.0~1.31の範囲とすれば効率よく交換熱量を得ることができ、特にアスペクト比が1.15の場合に最大の効果が得られる。

【0040】

本実施例のような断面円形状の伝熱管を用いた場合、Dean数、流量の絶対値は種々の断面に対して最も高い値となる。したがって、実施例1や2よりもさらに高い性能を得ることが可能である。

10

20

30

40

50

## 【実施例 4】

## 【0041】

次に、実施例 4 について図 11 に従って説明する。なお、他の実施例と共通する構成については説明を省略する。本実施例の熱交換器 10 は、第 2 の伝熱部 2 が伝熱管によって構成されるものではなく、第 1 の伝熱部 1 の外側に、らせんの高さ方向に沿って流れる流路が形成されている。このようにすれば、第 1 の伝熱部 1 と第 2 の伝熱部 2 とが熱交換する領域を大きく確保することができる。なお、第 2 の伝熱部 2 は、第 1 の伝熱部 1 の外周面との間に流路を形成するものであってもよく、内側管と外側管を有する二重管構造を有し、内側管の径方向内側に第 1 の伝熱部 1 が配置されるものであっても良い。

## 【実施例 5】

## 【0042】

次に、実施例 5 について図 12 に従って説明する。なお、他の実施例と共通する構成については説明を省略する。本実施例の熱交換器 10 は、第 2 の伝熱部 2 が第 1 の伝熱部 1 の外側においてらせんの高さ方向に沿って配置される伝熱管によって構成される。このようにすれば、第 2 の伝熱部 2 の伝熱管をらせん状に巻く手間がかからず、熱交換効率の良い熱交換器を容易に作成することができる。

## 【0043】

なお、本発明に係る熱交換器は、上記実施形態の構成に限定されるものではなく、発明の趣旨を逸脱しない範囲内で種々の変更が可能である。

## 【0044】

例えば、上記実施形態では第 1 の伝熱部 1 および第 2 の伝熱部 2 として円形状または矩形形状の断面形状を有する流路を想定しているが、これらを組み合わせたような一部に曲率を持つ断面形状であってもよい。例えば、円弧状部分と直線状部分とが連続した外周形状（いわゆるトラック形状）を有するものであってもよい。また、流路内面は平滑であることを想定しているが、内面に連続的または間欠的な溝や突起を設けた構造であってもよい。さらに、らせん巻き径  $D_{SP}$  がらせん構造の積層方向に変化してテーパ状に形成されたものであってもよい。

## 【0045】

例えば、上記実施形態では、第 1 の伝熱部 1 がらせん状に巻かれるものを例に説明したが、第 1 の伝熱部は、伝熱管を曲げて形成された曲げ部を有するものであればその形状は特に限定されるものではない。例えば、第 1 の伝熱部 1 の全体ではなく一部に曲げ部が設けられ、他部は直線部などの他の形状で構成される構造が考えられる。このような構造であっても、曲げ部の外側に位置する管壁部と前記第 2 の伝熱部との間の熱交換効率を向上させることができるので効果を奏する。また、第 1 の伝熱部 1 の構造に関する他の例としては、例えば、曲げ部の外側又は内側が交互に入れ替わるように蛇行する形状であってもよい。

## 【符号の説明】

## 【0046】

- 1 第 1 の伝熱部
- 2 第 2 の伝熱部
- 3 中心点
- 4、5 管壁部
- 10 熱交換器
- 11 圧縮機
- 12 蒸発器
- 13 膨張弁
- 14 冷媒
- 15 水
- A 外側伝熱領域
- $D_{SP}$  らせん巻き径

10

20

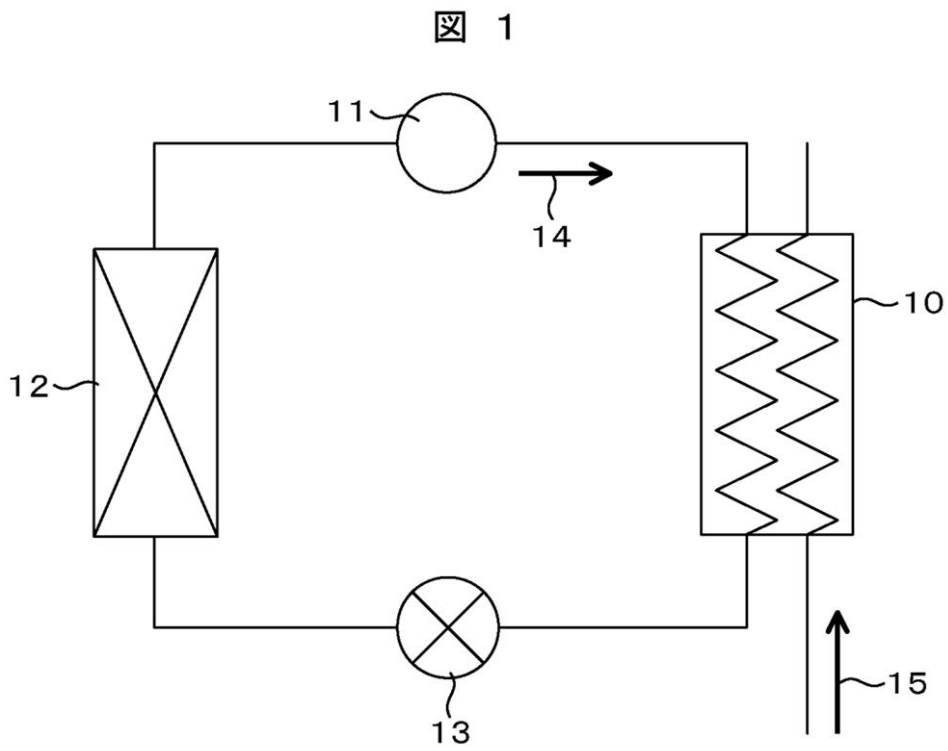
30

40

50

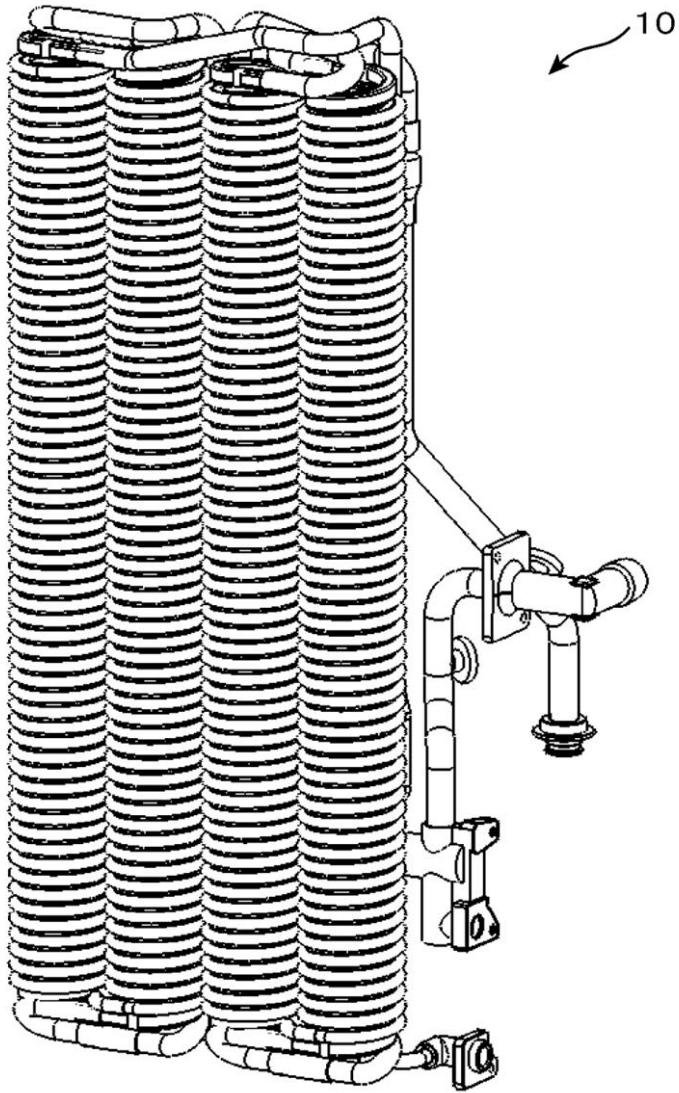
H、W 流路幅  
R 曲げ部  
T 伝熱管

【図1】



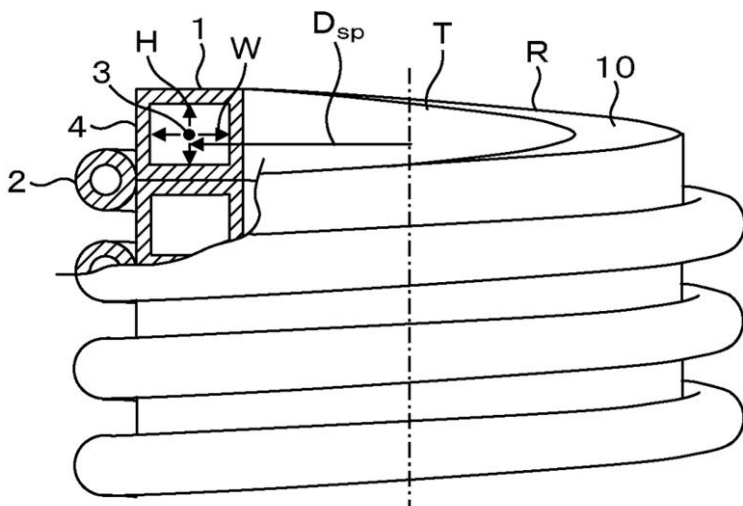
【図2】

図 2



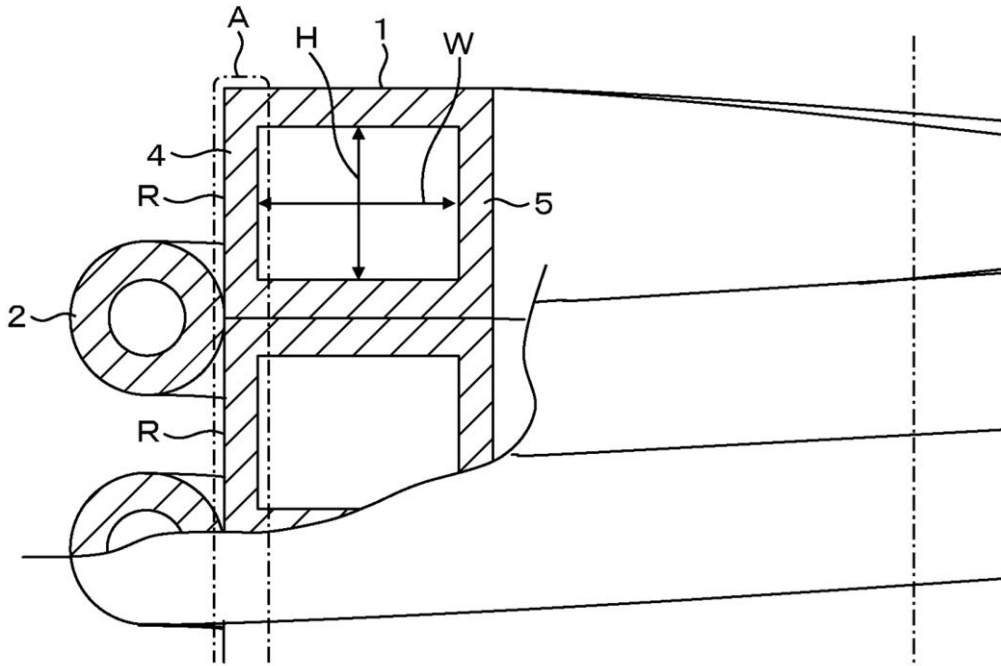
【図3】

図 3



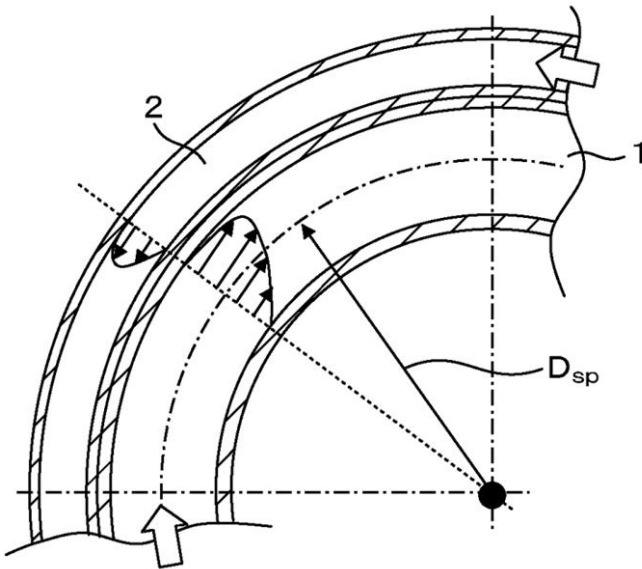
【図4】

図 4



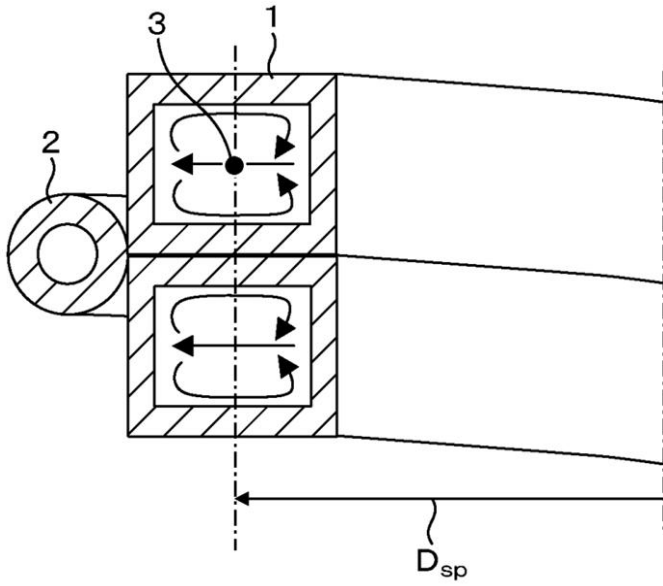
【図5】

図 5



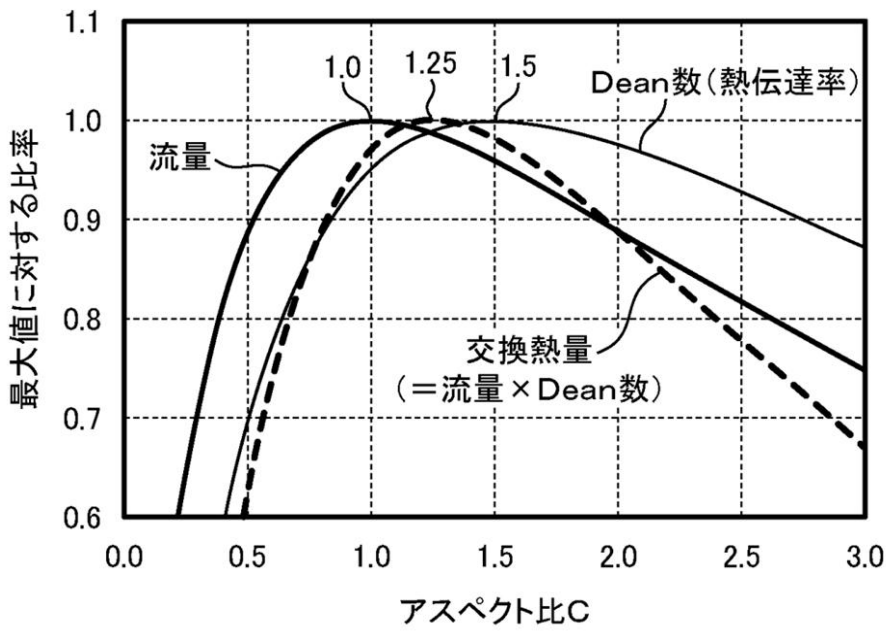
【図6】

図 6



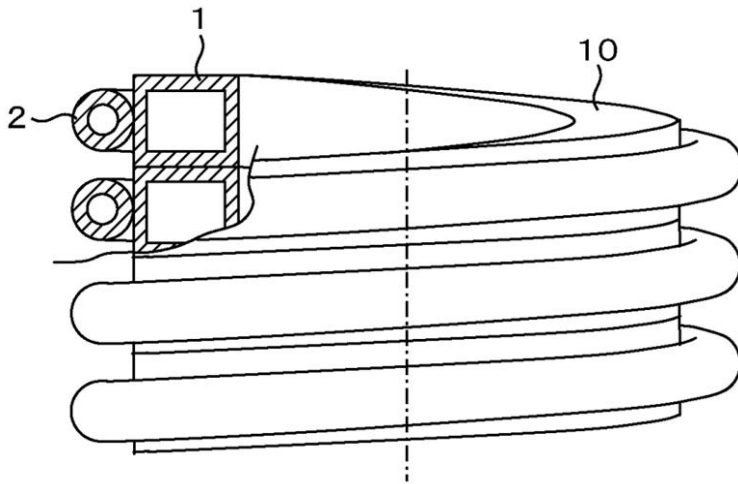
【図7】

図 7



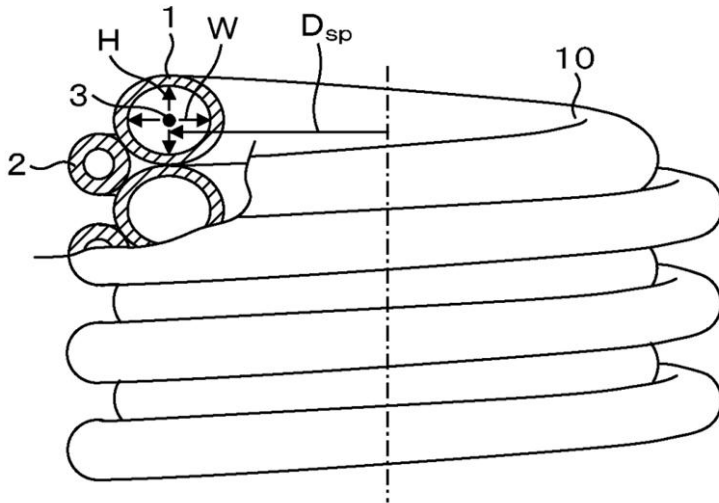
【図8】

図 8



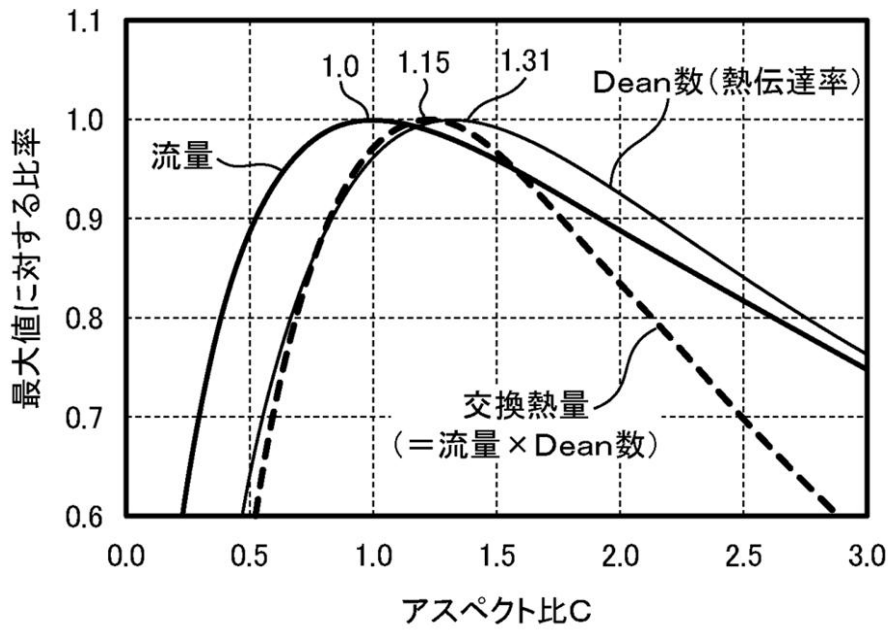
【図9】

図 9



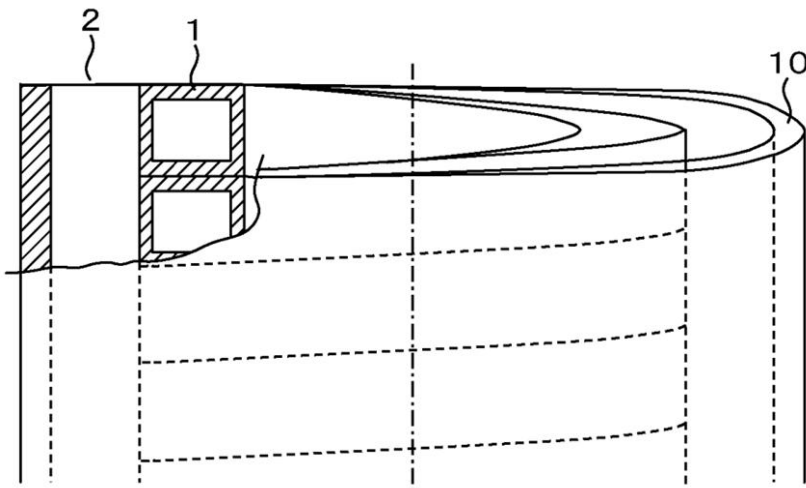
【図10】

図 10



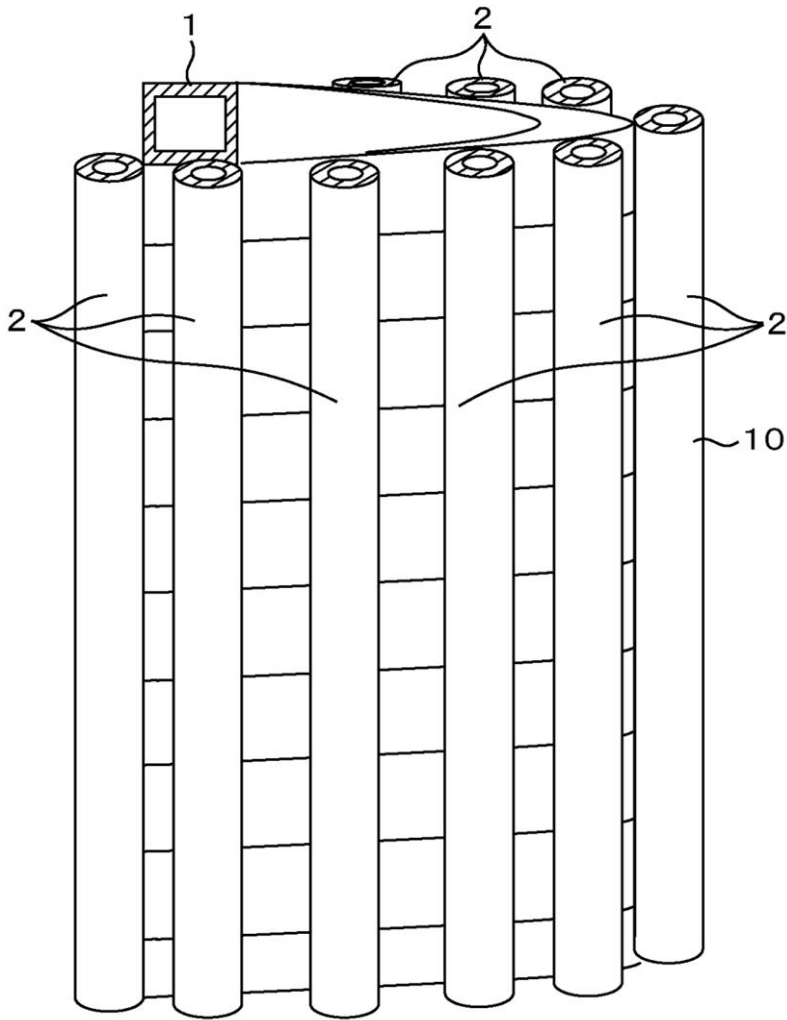
【図11】

図 11



【図 12】

図 12



---

フロントページの続き

(72)発明者 榎津 豊

栃木県栃木市大平町富田800番地

日立アプライアンス株式会社内

審査官 仲村 靖

(56)参考文献 特開昭61-031882(JP,A)  
特開2009-133530(JP,A)  
特開2004-085166(JP,A)  
特開2005-009708(JP,A)  
特開2006-125756(JP,A)  
特開2005-133999(JP,A)  
特開2000-234879(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F28D	7/02
F24H	9/00
F28D	7/00
F28F	1/04