

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2025年1月2日(02.01.2025)



(10) 国際公開番号

WO 2025/004181 A1

(51) 国際特許分類:
F28D 7/10 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/023797

(22) 国際出願日: 2023年6月27日(27.06.2023)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 日揮グローバル株式会社 (JGC CORPORATION) [JP/JP]; 〒2206001 神奈川県横浜市西区みなとみらい二丁目3番1号 Kanagawa (JP).

(72) 発明者: 山田 祥徳 (YAMADA Yoshinori); 〒2206001 神奈川県横浜市西区みなとみらい二丁目3番1号 日揮グローバル株式会社内 Kanagawa (JP). 五十嵐 洋晃 (IGARASHI Hiroteru); 〒2206001 神奈川県横浜市西区みなとみらい二丁目3番1号 日揮グローバル株式会社内 Kanagawa (JP).

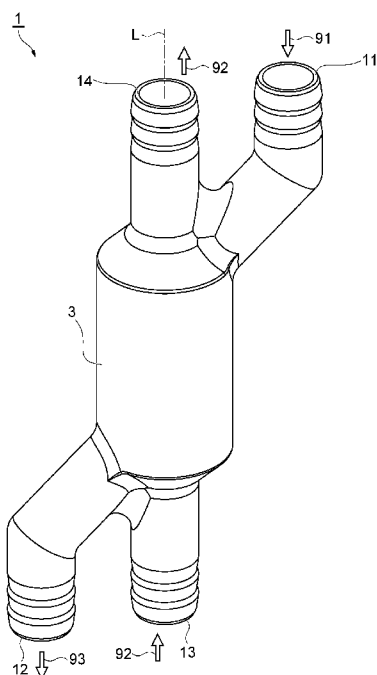
(74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外 (HASEGAWA Yoshiki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号丸の内 M Y P L A Z A (明治安田生命ビル) 9階 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG,

(54) Title: HEAT EXCHANGER

(54) 発明の名称: 熱交換器



(57) Abstract: A heat exchanger (1) includes: an inner tube (2) through which a heat medium (92) flows; an outer tube (3) into which the inner tube (2) is inserted and which has an inner circumferential surface (3a) facing the outer circumferential surface (2a) of the inner tube (2) across a gap, such that steam (91) flows through the area between the outer circumferential surface (2a) and the inner circumferential surface (3a); and a channel wall section (4) running from the outer circumferential surface (2a) to the inner circumferential surface (3a). The channel wall section (4) proceeds along the direction in which the inner tube (2) or the outer tube (3) extends while circling back and forth between the outer circumferential surface (2a) and the inner circumferential surface (3a).

(57) 要約: 熱交換器 (1) は、熱媒体 (92) が流れる内側チューブ (2) と、内側チューブ (2) が挿通されて、内側チューブ (2) の外周面 (2a) に対して隙間を介して対面する内周面 (3a) を含み、外周面 (2a) と内周面 (3a) との間の領域を蒸気 (91) が流れる外側チューブ (3) と、外周面 (2a) から内周面 (3a) に至る流路壁部 (4) と、を有する。流路壁部 (4) は、外周面 (2a) 及び内周面 (3a) の間を周回しながら内側チューブ (2) 又は外側チューブ (3) が延びる方向に沿って進行する。

ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

明 細 書

発明の名称：熱交換器

技術分野

[0001] 本開示は、熱交換器に関する。

背景技術

[0002] いわゆるシェルアンドチューブ型の熱交換器が知られている。シェルの内部空間と、チューブの内部空間とは、互いに仕切られている。チューブを流れる媒体とシェルを流れる媒体との間で、チューブの壁面を介して熱の交換が行われる。例えば、特許文献1に開示された熱交換器は、中心コア（30）にらせん状に巻きつけられたストランド（70）を備えている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：欧州特許出願公開第3760958号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 熱交換器は、熱を受ける媒体を流す管と、熱を渡す媒体を流す管と、を備えている。例えば、熱を渡す媒体として蒸気が例示できる。熱を受ける媒体を流す管に蒸気が触れると、蒸気が有する熱は、管の壁面を介して熱を受ける媒体に移動する。その結果、熱を受ける媒体を流す管の表面に液膜が形成されることがある。熱を受ける媒体を流す管の表面は、熱移動の経路である。この熱移動の経路上に液膜が存在すると、液膜が熱抵抗となって、熱が移動しにくくなる。その結果、熱交換器の効率が低下する恐れがあった。

[0005] 本開示は、熱交換の効率の低下を抑制できる熱交換器を説明する。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示の熱交換器は、第1熱媒体と第2熱媒体との間で相互に熱を移動させることが可能な少なくとも1つの熱交換部を備える。熱交換部は、第1熱媒体が流れる第1チューブと、第1チューブが挿通されて、第1チューブの

第1外周面に対して隙間を介して対面する第2内周面を含み、第1外周面と第2内周面との間の領域を第2熱媒体が流れる第2チューブと、第1外周面から第2内周面に至る流路壁部と、を有する。流路壁部は、第1外周面及び第2内周面の間を周回しながら第1チューブ又は第2チューブが延びる方向に沿って進行する。

[0007] この熱交換器は、第1チューブと第2チューブとの間に流路壁部が配置されており、この流路壁部は、第1外周面及び第2内周面の間を周回しながら第1チューブ又は第2チューブが延びる方向に沿って進行する。その結果、第1チューブの周囲を周回しながら進行する流路が形成される。このような流路に熱媒体が導かれると、当該熱媒体と第1チューブを通過する熱媒体との間で熱交換が行われ、凝縮液が生じる。そして、当該凝縮液も、第1チューブの周囲を周回しながら流れる熱媒体の流れに応じて、第1チューブの周囲を周回しながら流れる。その結果、凝縮液には遠心力が作用するので、熱交換面として機能する第1チューブの外周面から速やかに移動する。従って、第1チューブの外周面に凝縮液が滞留することがないので、第1チューブの外周面の熱交換面として機能を維持し続けることができる。その結果、熱交換器の効率の低下を抑制することができる。

[0008] 上記の熱交換器において、流路壁部は、第1チューブの径方向に対して傾いていてもよい。この構成によれば、凝縮した液体を流路壁部の傾く方向に流すことができる。

[0009] 上記の熱交換器において、第1外周面、第2内周面及び流路壁によって囲まれた第2熱媒体が流れる流路は、第1チューブを周回するらせん状であってもよい。この構成によれば、凝縮した液体を滞留させることなく、らせん状の流路に沿って流すことができる。

[0010] 上記の熱交換器において、流路壁部は、第1チューブ及び第2チューブと一体であってもよい。この構成によれば、熱交換器を三次元造形技術によって製造することができる。

[0011] 上記の熱交換器は、1本の第1チューブに第1熱媒体を導く第1入り口と

、１本の第２チューブに第２熱媒体を導く第２入り口と、をさらに備えてもよい。この構成によれば、簡易な構成の熱交換器を得ることができる。

[0012] 上記の熱交換器は、複数の第１チューブに第１熱媒体を導く第１入り口と、複数の第２チューブに第２熱媒体を導く第２入り口と、をさらに備えてもよい。この構成によれば、熱交換可能な媒体の量を増加させることができる。

発明の効果

[0013] 本開示の熱交換器は、熱交換の効率の低下を抑制できる。

図面の簡単な説明

[0014] [図１]図１は、第１実施形態である熱交換器の外観を示す斜視図である。

[図２]図２は、図１に示す熱交換器の内部構造を示す斜視図である。

[図３]図３は、図１に示す熱交換器の内部構造を示す断面図である。

[図４]図４は、第２実施形態である熱交換器の外観を示す斜視図である。

[図５]図５は、図４に示す熱交換器の主要な内部構造を示す断面斜視図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、本開示の熱交換器について、図面を参照して詳細に説明する。なお、各図において同一又は相当部分には同一符号を付し、重複する説明を省略する。

[0016] <第１実施形態>

図１に示すように、熱交換器１は、蒸気９１（第２熱媒体）を受け入れる。さらに、熱交換器１は、熱媒体９２（第１熱媒体）を受け入れる。熱媒体９２の例示は、有機溶媒及びアセトン等である。熱交換器１は、受け入れた蒸気９１から熱を奪う。その結果、蒸気９１に含まれた一部又は全ての水が凝縮する。凝縮した水は、以下の説明において「凝縮液」と称する。熱交換器１は、熱交換の結果として凝縮液９３を排出する。

[0017] 熱交換器１は、蒸気入口１１（第２入口）と、凝縮液出口１２と、第１熱媒体口１３と、第２熱媒体口１４（第１入口）と、を有する。蒸気入口１１

は、例えば、ボイラーに接続されている。蒸気入口 11 は、ボイラーから提供される蒸気 91 を受け入れる。蒸気入口 11 は、凝縮液出口 12 とつながっている。凝縮液出口 12 は、凝縮液 93 を排出する。凝縮液出口 12 は、例えばフラッシュタンクに接続されている。凝縮液出口 12 は、フラッシュタンクに凝縮液 93 を提供する。第 1 熱媒体口 13 は、例えば原料タンクに接続されている。第 1 熱媒体口 13 は、原料タンクから提供される熱交換前の熱媒体 92 を受け入れる。第 1 熱媒体口 13 は、第 2 熱媒体口 14 とつながっている。第 2 熱媒体口 14 は、熱交換後の熱媒体 92 を排出する。第 2 熱媒体口 14 は、例えば反応器に接続されている。第 2 熱媒体口 14 は、反応器に熱交換後の熱媒体 92 を提供する。

[0018] 熱交換器 1 は、一例として図 1 に示すように軸線 L が鉛直方向と平行になるように配置される。このような配置は、「熱交換器 1 を縦向きに配置する」と言うことができる。このような配置によると、蒸気入口 11 は、鉛直方向に沿って凝縮液出口 12 より上に配置される。従って、蒸気 91 及び凝縮液 93 は、重力に引かれることにより上から下へ移動する。より詳細には、蒸気 91 及び凝縮液 93 は、後述するらせん流路 S F に沿って旋回しながら上から下へ移動する。これに対して、第 1 熱媒体口 13 は、鉛直方向に沿って第 2 熱媒体口 14 より下に配置される。従って、熱媒体 92 は重力に逆らって下から上に移動する。つまり、軸線 L に沿う蒸気 91 及び凝縮液 93 が移動する方向は、熱媒体 92 が移動する方向とは逆である。このような流れは、「向流」又は「完全向流」と称する。

[0019] なお、蒸気 91 が移動する向きと熱媒体 92 が移動する向きは、同じであってもよい。つまり、上述の説明において、第 2 熱媒体口 14 と称した部位から熱媒体 92 を導入し、第 1 熱媒体口 13 と称した部位から熱媒体 92 を排出してもよい。このような流れは、「並流」と称される。熱媒体 92 を流す方向は、熱交換器 1 の構造に本質的な相違を与えない。つまり、本実施形態の熱交換器 1 は、向流型のものとして用いることができるし、並流型のものとして用いることもできる。

[0020] 図2に示すように熱交換器1は、内側チューブ2（第1チューブ）と、外側チューブ3（第2チューブ）と、を有する。内側チューブ2及び外側チューブ3の形状は、略円筒である。熱交換器1は、1本の内側チューブ2と1本の外側チューブ3とを有する、いわゆる単管型である。

[0021] 内側チューブ2の外径は、外側チューブ3の内径よりも小さい。内側チューブ2は、外側チューブ3と略同軸となるように外側チューブ3に挿通されている。内側チューブ2の第1の端部及び第2の端部は、外側チューブ3から突出している。つまり、内側チューブ2の第1の端部から第2の端部までの長さは、外側チューブ3の長さよりも長い。内側チューブ2の第1の端部は、前述した第1熱媒体口13である。内側チューブ2の第2の端部は、前述した第2熱媒体口14である。従って、内側チューブ2は、熱媒体92を流す流路を構成する。内側チューブ2の内周面2b（第2内周面）は、突起物のない平滑な面であってもよい。また、内側チューブ2の内周面2bは、複数の突起物が形成されていてもよい。突起物によれば、熱媒体92の流れを乱す効果や、内周面2bの伝熱面積を増やす効果が得られる。その結果、熱交換の効率の向上に寄与できる。

[0022] 外側チューブ3は、内側チューブ2の一部分を覆う。外側チューブ3の第1の端部は、第1の蓋壁31によって閉鎖されている。第1の蓋壁31は、外側チューブ3の第1の端部から内側チューブ2の外周面2a（第1外周面）まで延びる。第1の蓋壁31には、蒸気導入管部32がつながっている。蒸気導入管部32は、前述した蒸気入口11を含む管状の部位である。蒸気導入管部32は、内側チューブ2の軸線Lと平行に延びる平行管部321と軸線Lに対して傾く方向に延びる連結管部322とを含む。平行管部321は、前述の蒸気入口11を含む。連結管部322は、平行管部321から第1の蓋壁31まで延びる。蒸気91は、平行管部321の蒸気入口11から受け入れられて、平行管部321を通過したのちに連結管部322に至る。そして、蒸気91は、連結管部322から第1の蓋壁31の開口部を介して外側チューブ3に至る。

[0023] 外側チューブ3の逆側の端部も同様の構成を有する。つまり、外側チューブ3の第2の端部は、第2の蓋壁33によって閉鎖されており、第2の蓋壁33には、凝縮液排出管部34がつながっている。凝縮液排出管部34は、前述した凝縮液出口12を含む管状の部位である。凝縮液排出管部34も、内側チューブ2の軸線Lと平行に延びる第2の平行管部341と軸線Lに対して傾く方向に延びる第2の連結管部342とを含む。第2の平行管部341は、前述の凝縮液出口12を含む。第2の連結管部342は、第1の平行管部321から第1の蓋壁31まで延びる。凝縮液93は、第2の蓋壁33の開口部から第2の連結管部342に至る。凝縮液93は、第2の連結管部342を経由して第2の平行管部341に至る。そして、凝縮液93は、第2の平行管部341の凝縮液出口12から排出される。

[0024] 外側チューブ3の内周面3aは、内側チューブ2の外周面2aから離れている。つまり、外側チューブ3の内周面3aと内側チューブ2の外周面2aとの間には、隙間が形成されている。蒸気導入管部32から受け入れられた蒸気91は、外側チューブ3の内周面3aと内側チューブ2の外周面2aとの間の隙間を経由して、凝縮液排出管部34に至る。蒸気91は、当該隙間を移動する間に熱が奪われる。その結果、隙間を移動する間に蒸気91の一部又は全てが凝縮液となる。

[0025] 隙間には、ひと続きの流路壁部4が設けられている。流路壁部4は、軸線Lの方向に沿って隙間を仕切る。つまり、流路壁部4の内周側の辺は、内側チューブ2の外周面2aにつながっている。流路壁部4の外周側の辺は、外側チューブ3の内周面3aにつながっている。後述するように、熱交換器1は、一体成型されるので、流路壁部4の内周側の辺と内側チューブ2の外周面2aとの間に、明示的な境界線は存在しない。同様に、流路壁部4の外周側の辺と外側チューブ3の内周面3aとの間にも、明示的な境界線は存在しない。

[0026] 図3に示すように、流路壁部4は、流路主面4aと流路裏面4bとを含む。上述したように、熱交換器1を縦向きに配置した場合には、流路主面4a

は、鉛直上向きの成分を含む法線によって定義される面である。流路裏面 4 b は、鉛直下向きの成分を含む法線によって定義される面である。

[0027] 流路壁部 4 によれば、第 1 の蓋壁 3 1 の開口部から、第 2 の蓋壁 3 3 の開口部に至る流路が形成される。当該流路は、内側チューブ 2 の周囲を巡回するように構成されている。より詳細には、流路壁部 4 は、内側チューブ 2 の外周面 2 a 及び外側チューブ 3 の内周面 3 a の間を周回しながら内側チューブ 2 の軸線 L の方向に沿って進行する。流路壁部 4 が軸線 L の回りに一回転したときに、軸線 L に沿う方向における流路主面 4 a から流路裏面 4 b までの距離を、流路壁部 4 のピッチと定義することができる。流路壁部 4 のピッチは、略一定であってもよい。以下の説明において当該流路を「らせん流路」と称する。本実施形態で言う「らせん」は、幾何学的に定義される厳密な「らせん」と解してもよい。さらに、本実施形態で言う「らせん」は、単に、内側チューブ 2 の周囲を周回することを意味するものと解してもよい。

[0028] らせん流路 S F は、内側チューブ 2 の外周面 2 a と外側チューブ 3 の内周面 3 a との間を周回しながら内側チューブ 2 の軸線 L に沿って進行する。らせん流路 S F の断面形状は、一例として平行四辺形である。そして、平行四辺形であるらせん流路 S F の断面は、軸線 L の方向に沿って等間隔に配置されている。らせん流路 S F は、内側チューブ 2 の外周面 2 a と外側チューブ 3 の内周面 3 a と、流路壁部 4 の流路主面 4 a と、流路壁部 4 の流路裏面 4 b と、に囲まれた領域である。内側チューブ 2 の外周面 2 a は、外側チューブ 3 の内周面 3 a に対して平行である。同様に、流路壁部 4 の流路主面 4 a は、流路壁部 4 の流路裏面 4 b に対して平行である。

[0029] 一例として、流路壁部 4 は、内側チューブ 2 の外周面 2 a に対して傾いている。この「傾いている」とは、流路壁部 4 の流路主面 4 a と内側チューブ 2 の外周面 2 a とのなす内側角度 A 1 が直角ではないことをいう。例えば、内側角度 A 1 は、90 度より大きいいわゆる鈍角である。同様に、流路壁部 4 の流路主面 4 a と外側チューブ 3 の内周面 3 a とのなす外側角度 A 2 が直角ではないことをいう。例えば、外側角度 A 2 は、90 度より小さいいわゆる

る鋭角である。熱交換器 1 が縦向きに配置されているとすれば、流路壁部 4 は、鉛直下向きに延びているとも言える。そうすると、らせん流路 S F のある断面を形成する外側チューブ 3 の内周面 3 a は、同じ断面を形成する内側チューブ 2 の外周面 2 a よりも下側に位置する。例えば、外側チューブ 3 の内周面 3 a と流路壁部 4 の流路主面 4 a とが繋がっている部位 3 4 c は、内側チューブ 2 の外周面 2 a と流路壁部 4 の流路主面 4 a とが繋がっている部位 2 4 c よりも鉛直方向に沿って下に位置する。

[0030] 上述したように、熱交換器 1 が縦向きに配置されている場合には、流路壁部 4 は、内側チューブ 2 の外周面 2 a から外側チューブ 3 の内周面 3 a に向かって鉛直下向きの斜め方向に延びる。

[0031] 上述したように、熱交換器 1 は、内側チューブ 2、外側チューブ 3 及び流路壁部 4 といった部位によって構成されている。熱交換器 1 は、これらの複数の部位が一体として成形されたものである。それぞれの構成要素の間に接合面などという明示的な境界は存在しない。つまり、熱交換器 1 は、内側チューブ 2 や外側チューブ 3 が別個の部品として製造され、それらが組み合わされる工程を経て得られるものではない。このような熱交換器 1 は、いわゆる三次元造形技術によって製造することができる。

[0032] 例えば、軸線 L の方向に材料を積層させながら熱交換器 1 を造形することを想定する。この造形において、内側チューブ 2 及び外側チューブ 3 の造形断面は、軸線 L に直交する面であるから問題なく積層造形が可能である。ここで、三次元造形技術では、積層方向（この例では軸線 L の方向）と直交する方向に延びる造形は、困難である。例えば、内側チューブ 2 の外周面 2 a に対して垂直である方向（軸線 L に直交する方向）にフィンのような部位を造形することは困難である。このような部位は、三次元造形技術の分野において「オーバーハング」と称される。一方、熱交換器 1 の流路壁部 4 は、軸線 L に対して直交する方向には延びておらず、軸線 L に対して所定の角度だけ傾いた方向に延びている。従って、流路壁部 4 は、いわゆるオーバーハングとして扱う必要がなく、内側チューブ 2 及び外側チューブ 3 と同様に問題

なく積層造形が可能である。

[0033] <熱交換器を設計する際の留意点>

熱交換器 1 の作用効果の説明をする前に、熱交換器を設計する際の留意点を述べる。まず、いわゆる全凝縮型の熱交換器を設計する際の留意点を述べた後に、いわゆる部分凝縮型の熱交換器を設計する際の留意点を述べる。

[0034] 全凝縮型の熱交換器を横向きに配置すると共に管外において凝縮する場合を想定する。この場合には、シェルの内部において凝縮液の滞留が生じないように、バッフルカットの方向を垂直とする。バッフルカットの方向を水平とすると、バッフルが堰となって凝縮液が滞留する要因となり得るからである。凝縮液が滞留した部位は、凝縮面（熱交換面）として機能しない。さらに、媒体の流れの状態が不安定になる可能性もある。なお、全凝縮型の熱交換器を横置きに配置すると共に管内において凝縮する場合は、上記の考慮を要しない。さらに、全凝縮型の熱交換器を縦向きに配置すると共に管外において凝縮する場合も、上記の考慮を要しない。一方、全凝縮型の熱交換器を縦向きに配置すると共に管内において凝縮する場合には、チューブの下部において凝縮液の膜が成長することによる影響を受けないように、チューブの内径を適切に設定する必要がある。理想的には、チューブの内周面において凝縮液の膜が成長しないように、媒体の流速を設定することが望ましい。しかし、媒体は、凝縮によって体積が減少するので、チューブの全域にわたって均等となるように流速を設定することは困難である。従って、凝縮液の膜の成長を抑制する（薄膜化）となるような、設計方針はあまり採用されない。

[0035] 次に部分凝縮型の熱交換器を横向き又は縦向きに配置すると共に管外において凝縮する場合を想定する。この場合には、非凝縮性ガスがシェルの内部に滞留する現象が生じ得る。従って、非凝縮性ガスの滞留を回避する手段を講じる必要がある。例えば、滞留する非凝縮性ガスを排出する機構を設ける。さらに、ダウンフローの場合には、非凝縮性ガスの上昇流れに起因して、非凝縮性ガスの滞留が発生する可能性も高まる。

[0036] このような観点を踏まえたうえで設計された熱交換器であっても、以下に例示する課題が存在した。第1にシェルアンドチューブ型の熱交換器は、凝縮した液膜を積極的に排除する仕組みを備えていなかった。その結果、凝縮面に液膜が形成されることで、熱交換に寄与する有効伝熱面が減少する。第2に、これを解消するような設計を採用すると、熱媒体を流す条件に制約が加わってしまうので、完全向流での高効率運転が困難であった。第3に、シェル側の空間で凝縮を行う場合には、非凝縮性ガスが滞留する。この非凝縮性ガスの滞留によっても、熱交換の効率が低下する可能性があった。

[0037] <熱交換器の作用効果>

本開示の熱交換器1は、以下の作用効果によって上述の課題を解決する。

[0038] 内側チューブ2には、下から上に向かって熱媒体92が流れている。そして、蒸気91が蒸気入口11から導入される。蒸気91は、圧力及び流速によって定義できる所定の運動エネルギーを有する。この蒸気91は、らせん流路SFに移動する。らせん流路SFを定義する内側チューブ2の外周面2aは、らせん流路SFにおける熱交換面として機能する。さらに、流路壁部4の流路主面4aは、内周面3aから延びており、熱媒体92の影響を受ける領域と考えることができる。従って、流路壁部4の流路主面4aも熱交換面として機能する。

[0039] 外周面2a及び又は流路主面4aに触れた蒸気91は、熱を奪われることによって飽和限界に達し、凝縮する。また、外周面2a及び又は流路主面4aの近傍に存在する蒸気91も、熱を奪われることによって飽和限界に達し、凝縮する。凝縮の結果、水が発生する。内側チューブ2は、軸線Lが鉛直方向に沿うように配置されているので、その外周面2aも鉛直下向きに延びる。従って、外周面2aに凝縮した凝縮液93は、重力の作用によって鉛直下向きに移動する。そして、凝縮液93は、外周面2aから外周面2aにつながっている流路壁部4の流路主面4aに移動する。流路主面4aも鉛直下向きに傾いている。従って、凝縮液93は、流路主面4aに沿ってさらに下方向へ移動する。最終的に、凝縮液93は、流路主面4aと外側チューブ3

の内周面 3 a とがつながっている部位 3 4 c に到達する。

[0040] さらに、熱交換器 1 を縦向きに配置する場合には、図 3 等に応示するように、流路壁部 4 が斜め下向きに延びるように配置する。熱交換器 1 を図 3 の向きとは逆になるように配置した場合には、流路主面 4 a と内側チューブ 2 の外周面 2 a とがつながっている部位 2 4 c が流路主面 4 a と外側チューブ 3 の内周面 3 a とつながっている部位 3 4 c よりも下に位置する。そうすると、凝縮液 9 3 は、内側チューブ 2 の外周面 2 a と流路壁部 4 の流路主面 4 a とに囲まれた領域にたまってしまふ。つまり、主たる熱交換面として機能する内側チューブ 2 の外周面 2 a に凝縮液 9 3 が触れてしまふ。従って、熱交換器 1 を縦に配置する場合には、図 3 等のように配置することが好ましい。

[0041] つまり、凝縮によって発生した凝縮液 9 3 は、主たる熱交換面である内側チューブ 2 の外周面 2 a から速やかに移動する。さらに、熱交換面である流路主面 4 a においても、凝縮液 9 3 は、熱交換面としての機能が低い外周面 2 a に近い部分から遠い部分に向かって移動する。従って、熱交換面として機能する部位には、凝縮によって生じた凝縮液 9 3 が残りにくい。その結果、凝縮液 9 3 に起因する熱移動の障害が生じないので、熱交換器 1 の効率の低下を抑制できる。

[0042] 上述の説明では、凝縮液 9 3 が移動するための駆動力は、重力であることを前提としていた。凝縮液 9 3 の移動は、重力とは別の駆動力によっても説明できる。すでに述べたように、蒸気 9 1 は、所定の流速をもって熱交換器 1 に受け入れられる。所定の流速を有する蒸気 9 1 がらせん流路 S F に沿って旋回しながら流れる。凝縮液 9 3 もこの蒸気 9 1 の流れに引きずられてらせん流路 S F に沿って旋回しながら流れる。旋回しながら流れる凝縮液 9 3 には、旋回速度に応じた遠心力が作用する。この遠心力の大きさは、作用する物体の質量に比例するので、凝縮液 9 3 は内側チューブ 2 の外周面 2 a から外側チューブ 3 の内周面 3 a に向かう力を受ける。その結果、凝縮液 9 3 は、熱交換面である内側チューブ 2 の外周面 2 a から速やかに移動することになる。

[0043] 図3に示すように、らせん流路SFの下流側に行くほど、凝縮する凝縮液93の量が増えるので、流路壁部4の流路主面4aと外側チューブ3の内周面3aとの間に溜まる凝縮液93の水位が高まる。凝縮液93が接する部分は、凝縮のための熱交換面として機能しない。その結果、上流側では熱交換面として機能していた流路壁部4の流路主面4aは、下流に向かうにしたがって凝縮液93が接する領域が次第に増加する。つまり、流路壁部4の流路主面4aは、下流に向かうにしたがって熱交換面として機能する領域が減少する。しかし、この場合であっても、内側チューブ2の外周面2aは、熱交換面として機能し続ける。

[0044] さらに、流路壁部4の流路主面4aと外側チューブ3の内周面3aとの間に溜まった凝縮液93は、重力に引かれると共に高速で流れる蒸気91に引きずられて下流側へ流れる。つまり、凝縮した凝縮液93は、熱交換器1の内部に滞留することがない。凝縮した凝縮液93は、すみやかに凝縮液出口12から排出される。

[0045] 第1実施形態の熱交換器1は、蒸気91から熱媒体92へ熱を移動させる。熱交換器1は、熱媒体92が流れる内側チューブ2と、内側チューブ2が挿通されて、内側チューブ2の外周面2aに対して隙間を介して対面する内周面3aを含み、外周面2aと内周面3aとの間の領域を蒸気91が流れる外側チューブ3と、外周面2aから内周面3aに至る流路壁部4と、を有する。流路壁部4は、外周面2a及び内周面3aの間を周回しながら内側チューブ2又は外側チューブ3が延びる方向に沿って進行する。

[0046] 要するに、第1実施形態の熱交換器1は、遠心力と重力とを利用して、熱交換面である内側チューブ2の外周面2a及び流路壁部4の流路主面4aに形成される液膜を排除する。さらに、第1実施形態の熱交換器1は、液溜まりを生じさせないいわゆるフリードレイン型の構成を備えている。そして、第1実施形態の熱交換器1は、らせん流路SFを形成するらせん状の隔壁である流路壁部4が熱交換部（フィン）として機能するので、熱交換に寄与する伝熱面を確保することができる。そのうえ、第1実施形態の熱交換器1は

、完全向流の運転を行うことができる。そして、第1実施形態の熱交換器1は、比較的細いらせん流路SFに蒸気91及び凝縮液93を流すので、非圧縮性ガスの滞留を抑制することもできる。

[0047] この熱交換器1は、内側チューブ2と外側チューブ3との間に流路壁部4が配置されており、この流路壁部4は、外周面2a及び内周面3aの間を周回しながら内側チューブ2又は外側チューブ3が延びる方向に沿って進行する。その結果、内側チューブ2の周囲を周回しながら進行するらせん流路SFが形成される。このようならせん流路SFに蒸気91が導かれると、当該蒸気91と内側チューブ2を通過する熱媒体92との間で熱交換が行われ、凝縮液93が生じる。そして、当該凝縮液93も、内側チューブ2の周囲を周回しながら流れる蒸気91の流れに応じて、内側チューブ2の周囲を周回しながら流れる。その結果、凝縮液93には遠心力が作用するので、凝縮液93は、熱交換面として機能する内側チューブ2の外周面2aから速やかに移動する。従って、内側チューブ2の外周面2aに凝縮液93が滞留することがないので、内側チューブ2の外周面2aの熱交換面として機能を維持し続けることができる。その結果、熱交換器1の効率の低下を抑制することができる。

[0048] 流路壁部4は、内側チューブ2の径方向に対して傾いている。この構成によれば、凝縮液93を流路壁部4の傾く方向に流すことができる。

[0049] 外周面2a、内周面3a及び流路壁によって囲まれた蒸気91が流れるらせん流路SFは、内側チューブ2を周回するらせん状である。この構成によれば、凝縮した凝縮液93を滞留させることなく、らせん流路SFに沿って流すことができる。

[0050] 流路壁部4は、内側チューブ2及び外側チューブ3と一体である。この構成によれば、熱交換器1を三次元造形技術によって製造することができる。

[0051] 熱交換器1は、1本の内側チューブ2に熱媒体92を導く第1熱媒体口13と、1本の外側チューブ3に蒸気91を導く蒸気入口11と、をさらに有する。この構成によれば、簡易な構成の熱交換器1を得ることができる。

[0052] <第2実施形態>

図4に示す熱交換器1Aは、7本の上述の熱交換器1を束ねたものである。このような構成により、蒸気91を凝縮させる能力を向上することができる。

[0053] 熱交換器1Aは、複数の熱交換部10A～10Gと、第1分岐蓋部5と、第2分岐蓋部6と、を有する。第1実施形態の熱交換器1と同様に、第2実施形態の熱交換器1Aも三次元造形技術を用いて一体の構造物として得ることができる。

[0054] 図4に示すように熱交換器1Aは、7本の熱交換部10A～10Gを有する。1本の熱交換部10Aの周囲に60度の配置角度をもって6本の熱交換部10B～10Gが並置されている。熱交換部10A～10Gの個々の構成は、互いに同じである。熱交換部10A～10Gは、それぞれ内側チューブ2と外側チューブ3と流路壁部4とを有する。これらの構成要素の具体的な構成は、第1実施形態の熱交換器1が備える内側チューブ2と外側チューブ3と流路壁部4と同じである。

[0055] 第1分岐蓋部5は、7本の熱交換部10A～10Gにおける第1端部の側に配置されている。第1分岐蓋部5は、第1熱媒体入出部51と、蒸気導入部52と、を有する。

[0056] 図5に示すように、第1熱媒体入出部51は、複数の熱交換部10A～10Gの内側チューブ2に繋がっている。つまり、第1熱媒体入出部51は、複数の内側チューブ2から熱媒体92を受け入れることができるし、複数の内側チューブ2に熱媒体92を導くことができる。第1熱媒体入出部51は、1本の第1導入管部511と、複数本（7本）の第1分岐管部512A～512Gと、を有する。第1導入管部511の外側の端部は、熱媒体92を排出する又は受け入れる開口である。第1導入管部511の内側の端部には7本の第1分岐管部512A～512Gがつながっている。第1分岐管部512A～512Gのそれぞれは、7個の熱交換部10A～10Gにおける内側チューブ2のそれぞれにつながっている。

[0057] 蒸気導入部52は、蒸気入口11から受け入れた蒸気91を7本の熱交換部10A～10Gのらせん流路SFに導く。蒸気導入部52は、第1熱媒体入出部51における第1導入管部511と第1分岐管部512A～512Gとが接続された部位を囲むように形成された筒部である。蒸気導入部52は、第1実施形態の熱交換器1における第1の蓋壁31に相当する蓋部521と、7本の第1分岐管部512A～512Gを囲む筒部522と、を含む。蓋部521と筒部522とによって形成される空間は、7本のらせん流路SFのそれぞれに繋がっている。一方、蓋部521と筒部522とによって形成される空間は、第1熱媒体入出部51が形成する空間とはつながっていない。

[0058] 7本の熱交換部10A～10Gの第2端部の側には、第2分岐蓋部6が配置されている。第2分岐蓋部6の構成は、第1分岐蓋部5と同じであるので詳細な説明を省略する。

[0059] <作用効果>

第2実施形態の熱交換器1Aも、第1実施形態の熱交換器1と同様に熱交換の効率の低下を抑制できる。つまり、第2実施形態の熱交換器1Aは、複数の内側チューブ2に熱媒体を導く第1入り口と、複数の外側チューブ3に第2熱媒体を導く第2入り口と、をさらに有する。この構成によれば、熱交換可能な蒸気91の量を増加させることができる。

[0060] <変形例>

本開示の熱交換器は、後述した実施形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変形が可能である。例えば、本開示の熱交換器は、以下に示す構成とすることも可能である。

[0061] 本開示は、[1]「熱交換器のチューブの周りを熱交換する流体が流れるらせん状の流路を有することを特徴とする熱交換器」である。

[0062] 本開示は、[2]「チューブの周りを流れる流体の流路の一部が、前記チューブの外形に一体となって設置されている、上記[1]に記載の熱交換器。」である。

[0063] 本開示は、[3]「前記チューブ外径の一部が、前記チューブの周りを流れる流体の流路の一部を形成する、上記[1]又は[2]に記載の熱交換器。」である。

[0064] 本開示は、[4]「前記チューブおよびチューブ周りを流れる流路は2重管構造となっており、2重管の内部流路のうち外側に、前記チューブの周りを流れる流体の流路形成する、上記[1]～[3]の何れか一項に記載の熱交換器。」である。

[0065] 本開示は、[5]「前記らせん状の流路は、チューブ径方向外側に向かって低くなるように傾斜している、上記[1]～[4]の何れか一項に記載の熱交換器。」である。

[0066] 本開示は、[6]「前記熱交換器はチューブが複数含まれている、上記[1]～[5]の何れか一項に記載の熱交換器。」である。

[0067] 本開示は、[6]「前記熱交換器は3Dプリンタにて製造される、上記[1]～[6]の何れか一項に記載の熱交換器。」である。

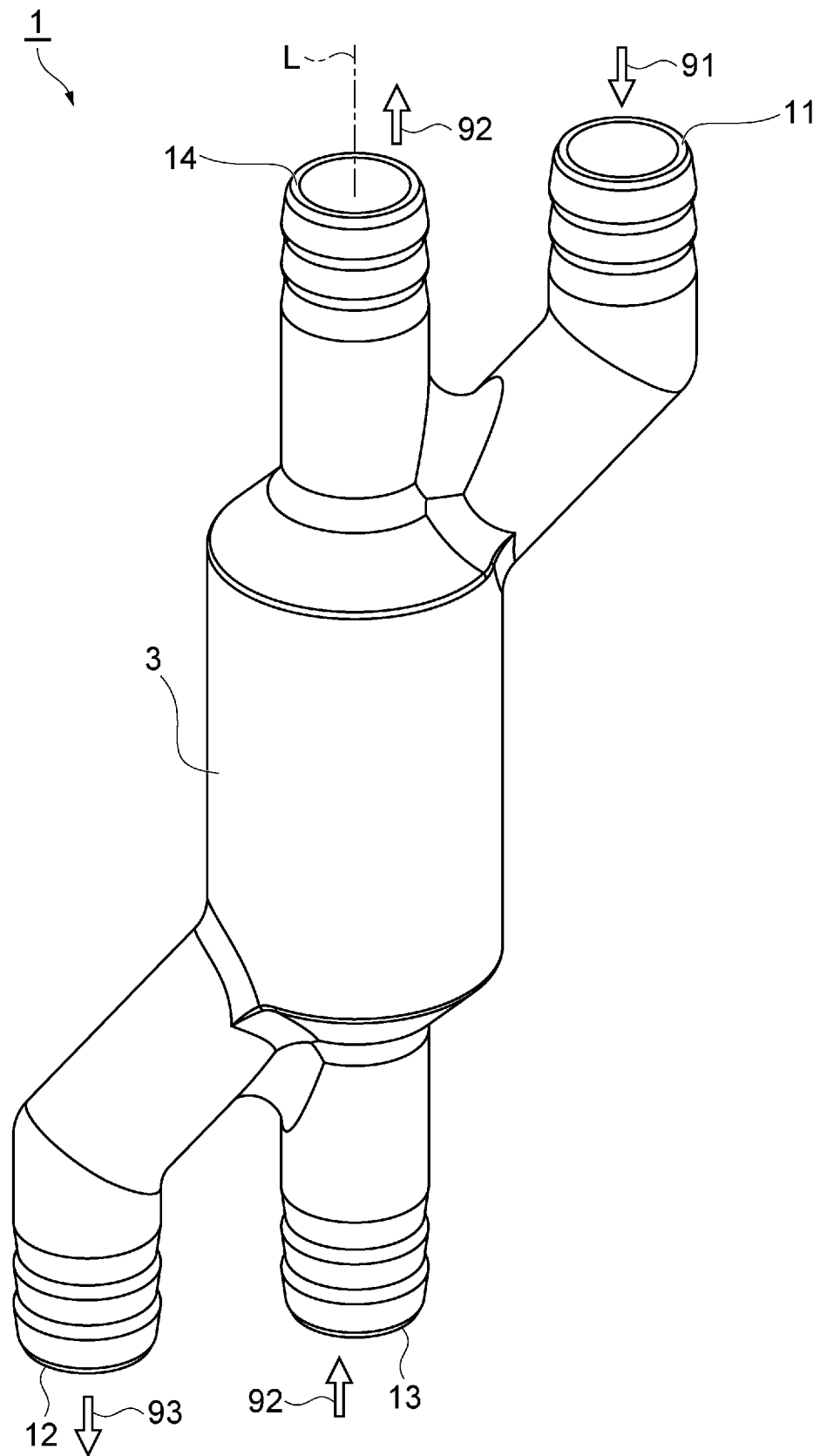
符号の説明

[0068] 1, 1A…熱交換器、2…内側チューブ、2a…外周面（第1外周面）、3…外側チューブ、3a…内周面（第2内周面）、31…第1の蓋壁、32…蒸気導入管部、33…第2の蓋壁、34…凝縮液排出管部、321…平行管部、322…連結管部、341…平行管部、342…連結管部、4…流路壁部、4a…流路主面、4b…流路裏面、5…第1分岐蓋部、51…第1熱媒体入出部、52…蒸気導入部、511…第1導入管部、512A～512G…第1分岐管部、521…蓋部、522…筒部、6…第2分岐蓋部、10A…熱交換部、10A～10G…熱交換部、11…蒸気入口、12…凝縮液出口、13…第1熱媒体口、14…第2熱媒体口、91…蒸気、92…熱媒体、93…凝縮液、A1…内側角度、A2…外側角度、L…軸線、SF…らせん流路。

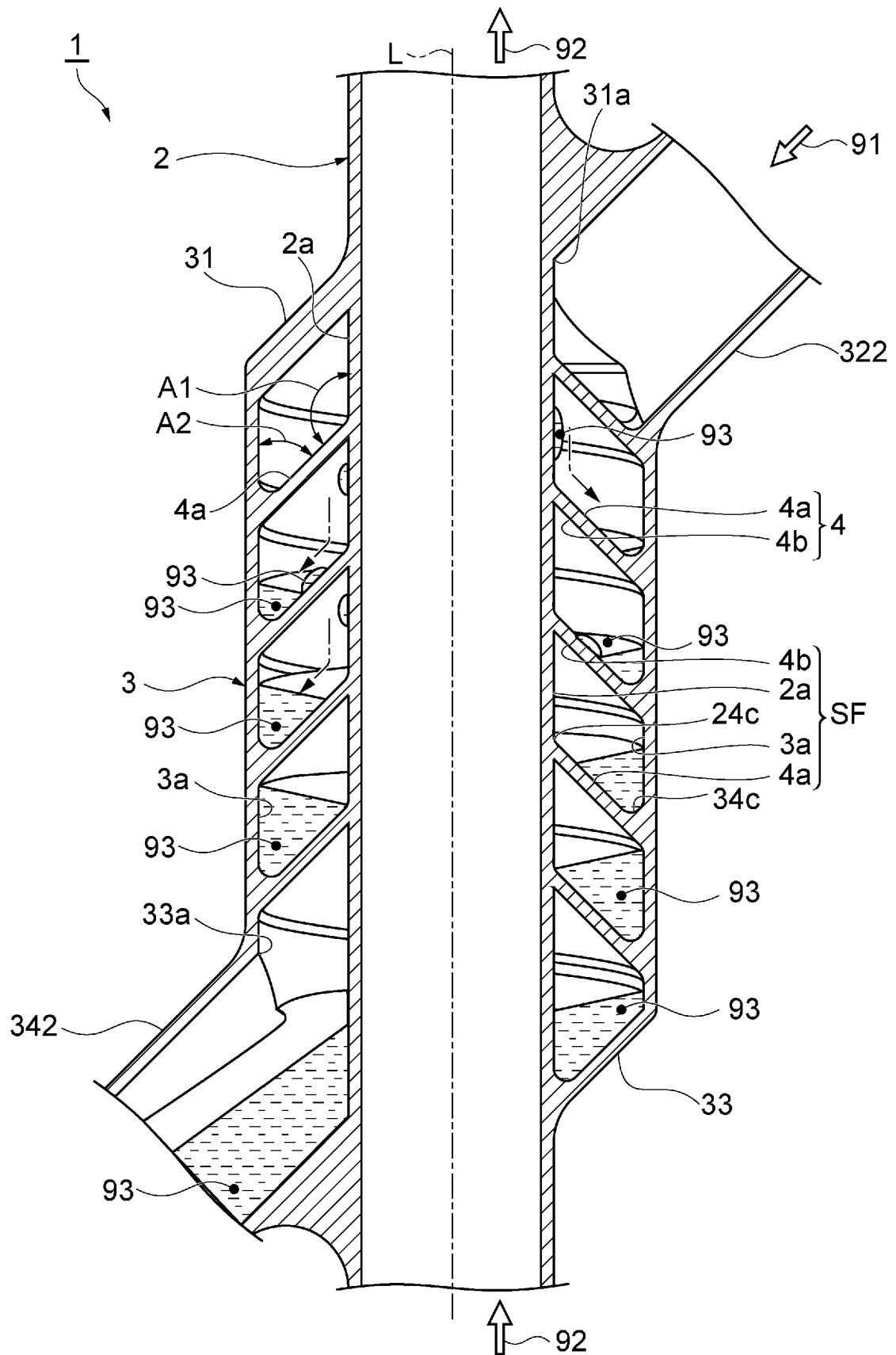
請求の範囲

- [請求項1] 第1熱媒体と第2熱媒体との間で相互に熱を移動させることが可能な少なくとも1つの熱交換部を備え、
前記熱交換部は、
前記第1熱媒体が流れる第1チューブと、
前記第1チューブが挿通されて、前記第1チューブの第1外周面に対して隙間を介して対面する第2内周面を含み、前記第1外周面と前記第2内周面との間の領域を前記第2熱媒体が流れる第2チューブと、
前記第1外周面から前記第2内周面に至る流路壁部と、を有し、
前記流路壁部は、前記第1外周面及び前記第2内周面の間を周回しながら前記第1チューブ又は前記第2チューブが延びる方向に沿って進行する、熱交換器。
- [請求項2] 前記流路壁部は、前記第1チューブの径方向に対して傾いている、請求項1に記載の熱交換器。
- [請求項3] 前記第1外周面、前記第2内周面及び前記流路壁によって囲まれた前記第2熱媒体が流れる流路は、前記第1チューブを周回するらせん状である、請求項1に記載の熱交換器。
- [請求項4] 前記流路壁部は、前記第1チューブ及び前記第2チューブと一体である、請求項1に記載の熱交換器。
- [請求項5] 1本の前記第1チューブに前記第1熱媒体を導く第1入り口と、
1本の前記第2チューブに前記第2熱媒体を導く第2入り口と、をさらに備える、請求項1～4の何れか一項に記載の熱交換器。
- [請求項6] 複数の前記第1チューブに前記第1熱媒体を導く第1入り口と、
複数の前記第2チューブに前記第2熱媒体を導く第2入り口と、をさらに備える、請求項1～4の何れか一項に記載の熱交換器。

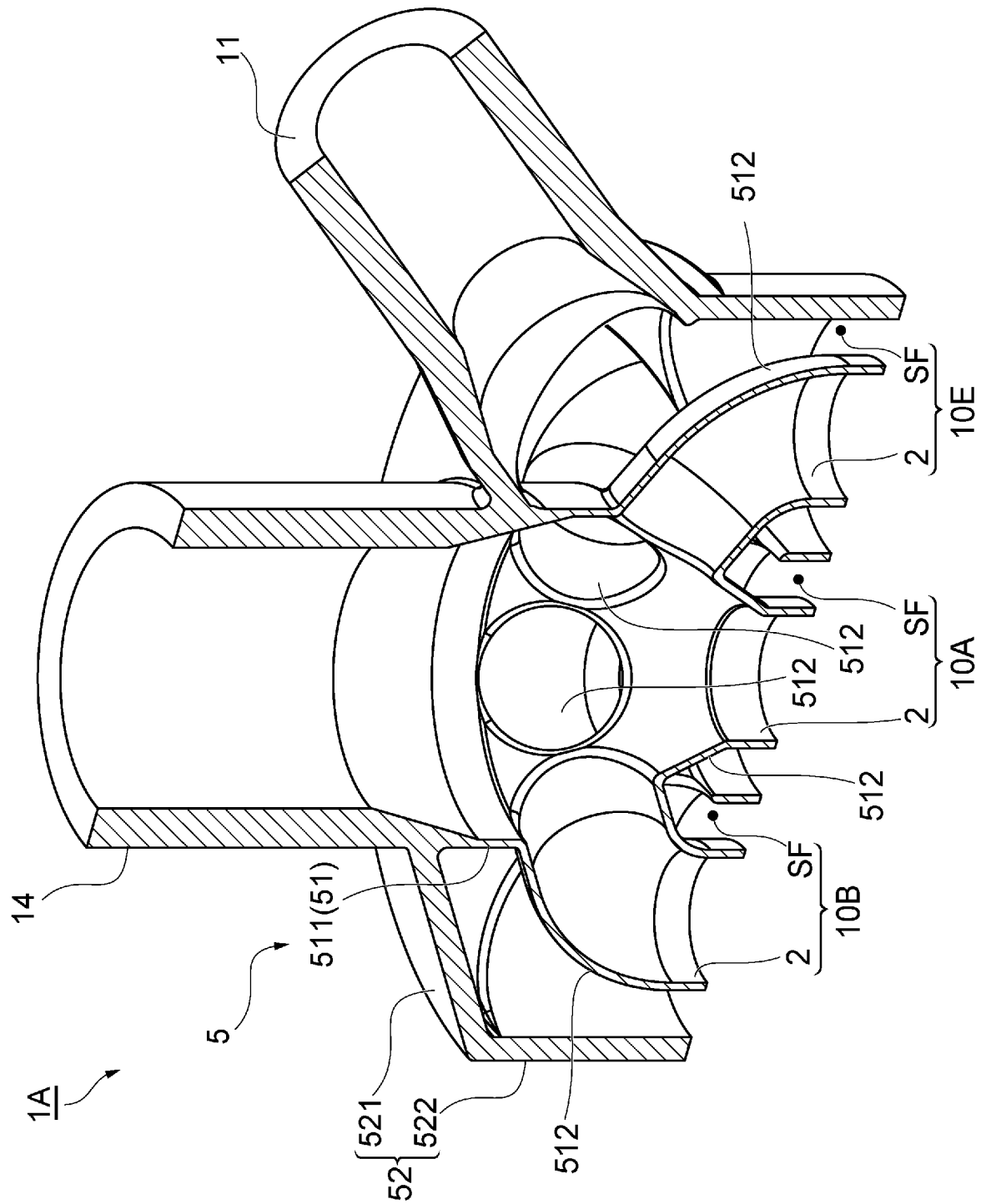
[図1]



[図3]



【図5】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/023797

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**F28D 7/10**(2006.01)i

FI: F28D7/10 A

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F28D7/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2-150692 A (BABCOCK HITACHI KK) 08 June 1990 (1990-06-08) p. 3, upper left column, line 4 to lower left column, line 15, fig. 3	1,3
Y		2, 4-6
Y	JP 58-198689 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 18 November 1983 (1983-11-18) p. 2, upper left column, line 17 to p. 3, upper left column, line 6, fig. 1-3	2, 5-6
Y	JP 2018-91599 A (MITSUBISHI ALUMINUM CO., LTD.) 14 June 2018 (2018-06-14) paragraph [0011], fig. 1	4-6
Y	JP 2006-317096 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 24 November 2006 (2006-11-24) paragraphs [0056]-[0057], fig. 25	6
A	CD-ROM of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 28094/1980 (Laid-open No. 128965/1981) (NISHIDA, Morio) 30 September 1981 (1981-09-30), entire text, all drawings	1-6



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 “&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

06 September 2023

Date of mailing of the international search report

19 September 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/023797

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2-150692	A	08 June 1990	(Family: none)	
JP	58-198689	A	18 November 1983	(Family: none)	
JP	2018-91599	A	14 June 2018	(Family: none)	
JP	2006-317096	A	24 November 2006	(Family: none)	
JP	56-128965	U1	30 September 1981	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） F28D 7/10(2006.01)i FI: F28D7/10 A										
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） F28D7/10 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table> 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年									
C. 関連すると認められる文献										
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号								
X	JP 2-150692 A（パプコック日立株式会社）08.06.1990（1990 - 06 - 08） 第3ページ左上欄第4行-左下欄第15行, 図3	1, 3								
Y		2, 4-6								
Y	JP 58-198689 A（松下電器産業株式会社）18.11.1983（1983 - 11 - 18） 第2ページ左上欄第17行-第3ページ左上欄第6行, 図1-3	2, 5-6								
Y	JP 2018-91599 A（三菱アルミニウム株式会社）14.06.2018（2018 - 06 - 14） 段落0011, 図1	4-6								
Y	JP 2006-317096 A（三菱電機株式会社）24.11.2006（2006 - 11 - 24） 段落0056-0057, 図25	6								
A	日本国実用新案登録出願55-28094号（日本国実用新案登録出願公開56-128965号）の 願書に添付した明細書及び図面の内容を記録したCD-ROM（西田守男）30.09.1981 （1981-09-30）全文, 全図	1-6								
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。										
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献										
国際調査を完了した日 06.09.2023		国際調査報告の発送日 19.09.2023								
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 豊島 ひろみ 3L 9426 電話番号 03-3581-1101 内線 3337								

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/023797

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2-150692	A	08.06.1990	(ファミリーなし)	
JP	58-198689	A	18.11.1983	(ファミリーなし)	
JP	2018-91599	A	14.06.2018	(ファミリーなし)	
JP	2006-317096	A	24.11.2006	(ファミリーなし)	
JP	56-128965	U1	30.09.1981	(ファミリーなし)	