

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5634549号
(P5634549)

(45) 発行日 平成26年12月3日(2014.12.3)

(24) 登録日 平成26年10月24日(2014.10.24)

(51) Int.Cl.

F 25B 43/00 (2006.01)

F 1

F 25B 43/00

D

請求項の数 10 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2013-53427 (P2013-53427)
 (22) 出願日 平成25年3月15日 (2013.3.15)
 (62) 分割の表示 特願2008-38034 (P2008-38034)
 の分割
 原出願日 平成20年1月23日 (2008.1.23)
 (65) 公開番号 特開2013-117372 (P2013-117372A)
 (43) 公開日 平成25年6月13日 (2013.6.13)
 審査請求日 平成25年4月12日 (2013.4.12)

(73) 特許権者 596083364
 日冷工業株式会社
 栃木県栃木市大平町真弓1570番地
 (73) 特許権者 504137912
 国立大学法人 東京大学
 東京都文京区本郷七丁目3番1号
 (74) 代理人 100105315
 弁理士 伊藤 温
 (72) 発明者 度会 和孝
 栃木県下都賀郡大平町真弓1570番地
 日冷工業株式会社内
 (72) 発明者 小森 徹矢
 栃木県下都賀郡大平町真弓1570番地
 日冷工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 気液分離装置および気液分離装置を備えた冷凍装置。

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

気液分離室に隣接して液相出口管に向かう溝を持つ溝付き体を設け、該気液分離室の上流に外郭体と入り口仕切り体をもって気液二相流流入室を作り、該気液二相流流入室に該気液二相流流入室と流体導通可能な二相流入り口管を設けると共に、該二相流入り口管より導かれた気液二相流を、該気液二相流流入室を通した後で気液分離を促進する溝付き体に導き、該気液二相流の内、液相は該溝付き体を通し気液分離室の下方の液溜に設けた液相出口管に導くようにし、気相の少なくとも一部は、該溝付き体を通し、溝付き体の下流側位置を規定する仕切り体を通り越して気液分離室の下方の液溜に導いた後で連通穴を介して気液分離室上方に導き、その後、該気相を気液分離室外に導くようにした気液分離機構を持つことを特徴とする気液分離装置。

【請求項 2】

溝付き体の下流側位置を規定する仕切り体は出口仕切り体であり、この仕切り体は連通穴を有しており、この連通穴で流体が気液分離室と液溜の間を導通可能のように構成したことを特徴とする請求項 1 に記載の気液分離装置。

【請求項 3】

溝付き体の下流側位置を規定する仕切り体はビードであり、この仕切り体は連通穴を有しており、この連通穴で流体が気液分離室と液溜の間を導通可能のように構成したことを特徴とする請求項 1 に記載の気液分離装置。

【請求項 4】

前記二相流入り口管を、溝付き体より上流にかつ外郭体の側部を貫通するように構成すると共に、該二相流入り口管より導かれた気液二相流が、該気液二相流流入室の内周面の接線方向へ流入するように構成したことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一項記載の気液分離装置。

【請求項 5】

気液分離装置の上部に、気液二相流流入室を貫通するように前記気相出口管を設け、かつ、該気相出口管と気液分離室が流体導通可能になるように該気相出口管を入り口仕切り体に接続すると共に、該気相出口管の入口が入り口仕切り体と溝付き体の合わせ目より下に突き出ないように構成したことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一項記載の気液分離装置。

10

【請求項 6】

前記溝付き体は、該溝付き体の表面を流れ方向に対して角度 傾斜した略波形状とし、かつ、その流れ方向に対して角度 傾斜した略波形状を流れ方向に対して半径方向外側に広がるように形成したことを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか一項記載の気液分離装置。

【請求項 7】

前記溝付き体は、該溝付き体の溝を、外郭体の中心軸に対して角度 傾けて設けたことを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか一項記載の気液分離装置。

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 7 のいずれか一項記載の気液分離装置を空気調和器等の冷凍サイクル中に組み込んだことを特徴とする気液分離装置を備えた冷凍装置。

20

【請求項 9】

請求項 1 から請求項 7 のいずれか一項記載の気液分離装置の二相流入り口管に、冷凍サイクル中の減圧器の出口管を接続し、気液分離装置の液相出口管を蒸発器に至る管路に接続し、一方、気液分離装置の気相出口管をバイパス路および抵抗調整体を介して圧縮機の吸込み管に接続したことを特徴とする冷凍装置。

【請求項 10】

請求項 1 から請求項 7 のいずれか一項記載の気液分離装置の二相流入り口管に、冷凍サイクル中の圧縮機吐出管を接続し、気液分離装置の液相出口管を流量調整絞りを介して圧縮機吸込み管に接続し、一方、気液分離装置の気相出口管を冷凍サイクルの凝縮器に至る管路に接続したことを特徴とする冷凍装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば冷凍サイクルや蒸気サイクル等の熱機関の気液分離装置およびオイルセパレータに関し、詳細には、より一層の高性能化並びに小形化を図る技術に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、冷凍サイクルで使用される気液分離装置およびオイルセパレータとしては、重力によって液あるいは油を溜めるタンクを用いたり、旋回流の遠心力によって液あるいは油を外壁に付着させ、重力によって液あるいは油を回収する気液分離装置等が用いられている。

40

【0003】

かかる構成の気液分離装置およびオイルセパレータでは、基本的に重力や遠心力などの体積力によって密度の大きい液相を分離する構造となっている。このため、タンクや旋回流発生装置を用いるため大型の装置となっている上、気液分離装置の設置位置や向きに自由度が少ない。更には気液を効率良く分離する手段が示されていないものであった。

【0004】

そこで、先に、発明者らは前記した課題を解決すべく、溝内で表面張力の作用により液相を溝に付着させて流すことで、気液分離装置をより高性能化並びに小形化することを目

50

的とする発明の特許を出願した。

【特許文献 1】国際特許出願番号：PCT/JP2006/322682

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

従来の気液分離装置およびオイルセパレータでは、密度の大きな液相（油）を重力や遠心力などの体積力で分離する構造となっているため、体積力が支配的となるように曲率半径や流速を設定する必要があり、また設置方向と重力方向とをマッチングさせる必要があるなどの工夫が必要であった。

【0006】

これらは、重力方向に高さを確保したタンクが必要である、あるいは遠心力を用いる場合は流速を高める必要がある。また、曲がり流れを発生させるために、仕切り板等によって流れの向きを変える必要がある。このため、圧力損失が大きくなりやすく、それを防ぐために装置が大型なものとなり、小型化が困難であった。

【0007】

上記した気液分離装置を小型化しようとする場合には、流速を大きく、曲率半径を小さくする必要があるが、小型化するに伴って遠心力や重力等の体積力に対して粘性力や表面張力等の影響が無視できなくなるため、装置自体の特性が低下してしまったり、あるいは圧力損失が大きくなるため、冷凍サイクル性能が低下してしまうという問題があった。

【0008】

本発明は、先に出願したPCT/JP2006/322682を更に発展させ、表面張力効果を用いることで気液分離装置をより高性能化並びに小形化することを目的とする気液分離装置およびオイルセパレータにあって、気相に乗って運ばれる液滴を極力捕捉でき、高性能で小形の気液分離装置およびオイルセパレータを提供し、さらに、その気液分離装置を空気調和機、冷蔵庫、冷凍庫、除湿機、ショーケース、自動販売機およびカーエアコン等の冷凍装置等への採用を提案するものである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

気相に乗って運ばれる液滴を極力捕捉する考え方は二つあり、その第一は溝内で液滴を極力捕捉する手段であり、第二は万一液滴が気相に乗って溝から出ても、気相出口管から流出し難い構成にする手段である。以下にそれらの手段について説明する。

【0010】

請求項1に記載の発明は、求められる運転条件および冷媒流量に対し溝内で液滴を捕捉する適切な仕様の気液分離装置およびオイルセパレータを提供するものであり、強い二次流れを発生させて、その遠心力の効果によって液滴を捕捉するために、溝付き体に傾斜した略波形状を設けることを特徴とする。

【0011】

請求項2に記載の発明は、溝内で液滴を捕捉するために強い二次流れを発生させて、その遠心力の効果によって捕捉した液滴を流れのせん断力と重力をを利用して流下させるために、溝付き体の表面に設けられた流れ方向に傾斜した略波形状を、流れの向きに半径方向外側に広がるように形成したことを特徴とする。

【0012】

請求項3に記載の発明は、溝内で液滴を捕捉するために強い二次流れを発生させて、その遠心力の効果によって捕捉した液滴を流れのせん断力と重力をを利用して流下させるために、溝付き体の表面に設けられた流れ方向に傾斜した略波形状を、流れの向きに末広がりに形成したことを特徴とする。

【0013】

請求項4に記載の発明は、請求項1から請求項3に記載の気液分離装置であって、溝付き体の内部を流れる二相流を半径方向内側に逃さないために、溝付き体の内側にも仕切り円筒を設けたことを特徴とする。

10

20

30

40

50

【0014】

請求項5に記載の発明は、請求項1から請求項4に記載の気液分離装置であって、溝内で液滴を捕捉するために、溝付き体の長さL、溝付き体のピッチp、溝付き体を流れる主流速度u、液滴径d、気相粘性係数 μ_G 、気相密度 ρ_G 、液相密度 ρ_L としたとき、

$$Lu \frac{d^2}{p^2} \frac{(\rho_L - \rho_G)}{\mu_G} < 900$$

としたことを特徴とする。

【0015】

請求項6に記載の発明は、溝内で液滴を極力捕捉し、さらに万一液滴が気相に乗って溝から流出しても気相出口管から液滴が流出し難い構成にするため、溝を外郭体の中心線に対して角度傾けて設けたことを特徴とする。 10

【0016】

請求項7に記載の発明は、溝内で液滴を極力捕捉した後、万一液滴が気相に乗って溝から流出しても気相出口管から液滴が流出し難い構成にするため、気相出口管を気液分離装置の上部に設け、気相出口管の下部は入り口仕切り体の上部に流体動通可能な状態で接続し、気液分離室断面積全体を軸方向気相上昇流路にしたことを特徴とする。

【0017】

請求項8に記載の発明は、請求項1から請求項5に記載の気液分離装置であって、溝内で液滴を極力捕捉し、さらに万一液滴が気相に乗って溝から流出しても気相出口管から液滴が流出し難い構成にするため、溝を外郭体の中心線に対して角度傾けて設けたことを特徴とする。 20

【0018】

請求項9に記載の発明は、請求項1から請求項6に記載の気液分離装置であって、溝内で液滴を極力捕捉した後、万一液滴が気相に乗って溝から流出しても気相出口管から液滴が流出し難い構成にするため、気相出口管を気液分離装置の上部に設け、気相出口管の下部は入り口仕切り体の上部に流体動通可能な状態で接続し、気液分離室断面積全体を軸方向気相上昇流路にすることを特徴とする。

【0019】

請求項10に記載の発明は、請求項1から請求項9のいずれか一項記載の気液分離装置を空気調和器等の冷凍サイクル中に組み込んだことを特徴とする気液分離装置を備えた冷凍装置である。 30

【0020】

請求項11に記載の発明は、請求項1から請求項9のいずれか一項記載の気液分離装置の二相流入口管に、冷凍サイクル中の減圧器の出口管を接続し、気液分離装置の液相出口管を蒸発器に至る管路に接続し、一方、気液分離装置の気相出口管をバイパス路および抵抗調整体を介して圧縮機の吸込み管に接続したことを特徴とする冷凍装置である。

【0021】

請求項12に記載の発明は、請求項1から請求項9のいずれか一項記載の気液分離装置の二相流入口管に、冷凍サイクル中の圧縮機吐出管を接続し、気液分離装置の液相出口管を流量調整絞りを介して圧縮機吸込み管に接続し、一方、気液分離装置の気相出口管を冷凍サイクルの凝縮器に至る管路に接続したことを特徴とする冷凍装置である。 40

【発明の効果】

【0022】

請求項1に記載の気液分離装置によれば、溝付き体の表面にある傾斜角をもった略波形状を設けたことで、溝付き体に挟まれた空間内に強い二次流れを発生することができる。また、この二次流れは溝付き体に挟まれた非常に狭い空間内の流れとなるため、その流線の曲率半径を非常に小さいものとすることができます。このことで、液滴に非常に強い遠心力を働かせることができる。また、気液分離装置の体積あたりの溝付き体の表面積をコンパクトに実装することで、体積あたりの液滴捕獲面積を増すことができるので、非常にコ 50

ンパクトな気液分離装置を構成することができる。

【0023】

請求項2に記載の気液分離装置によれば、溝付き体の表面に設けられた流れ方向に傾斜した略波形状を、流れの向きに半径方向外側に広がるように形成したことで、強い二次流れを発生させて、その遠心力の効果によって捕捉した液滴を再び液滴として飛散させることなく、流れのせん断力と重力を利用して壁面を伝って有効に流下させることができる。

【0024】

請求項3に記載の気液分離装置によれば、溝付き体の表面に設けられた流れ方向に傾斜した略波形状を、流れの向きに末広がりに形成したことで、強い二次流れを発生させて、その遠心力の効果によって捕捉した液滴を再び液滴として飛散させることなく、流れのせん断力と重力を利用して壁面を伝って有効に流下させることができる。

10

【0025】

請求項4に記載の気液分離装置によれば、溝付き体の内側にも仕切り円筒を設けたことで、溝付き体の内部を流れる二相流を半径方向内側に逃さずに、有効に液滴を溝付き体壁面に衝突させ捕獲することができる。

【0026】

請求項5に記載の気液分離装置によれば、溝付き体の長さL、溝付き体のピッチp、溝付き体を流れる主流速度u、液滴径d、気相粘性係数 μ_G 、気相密度 ρ_G 、液相密度 ρ_L としたとき、

$$Lu \frac{d^2}{p^2} \frac{(\rho_L - \rho_G)}{\mu_G} < 900$$

20

とすることで、液滴を捕獲するに十分な強さの二次流れと捕獲距離を確保することができる。

【0027】

請求項6に記載の気液分離装置によれば、溝を外郭体の中心線に対して角度傾けて設けることにより、以下の三つの効果が得られる。第一の効果は、溝を傾けることにより溝幅 b' は傾けない場合の溝幅bよりも小さくなる。溝内を気相が流れるとき、気相に乗って運ばれる液滴は溝幅が小さいほど溝の表面に衝突し液膜になりやすいため、溝を傾け、実質的な溝幅を小さくすることにより、気液分離性能を向上することができる。第二の効果は、溝を角度傾けることにより、溝から出る気相の流れ方向は気液分離室に角度を持ち流入する。したがって、気液分離室に開口する全ての溝から角度を持ち気相が気液分離室に流入することにより、気液分離室内に旋回流が発生する。気相に乗り溝から流出した微細液滴は旋回流による遠心力の作用により、溝の開口部に近い気液分離室内の空間に集まり易くなり、微細液滴同士が結合しあい、より大きな液滴になる確率が増加する。液滴径dが大きくなると液滴は下方に落下し易くなる。したがって、液滴は気相出口管6から流出され難くなり、高性能な気液分離装置を提供できる。第三の効果は、溝の実質的長さhが一定の状態で溝を傾けることにより、溝底面に対する垂直方向溝深さ h' は傾けない場合の溝深さhよりも小さくなる。したがって、溝を傾けることにより溝頂点仮想円の径Dtは実質的に大きくなる。そのため、気液分離室内軸方向気相上昇速度Uaは低下し、液滴は下方に落下し易くなる。したがって、液滴は気相出口管から流出され難くなり、高性能な気液分離装置を提供できる。

30

【0028】

請求項7に記載の気液分離装置によれば、気相出口管を気液分離装置の上部に設け、気相出口管の下部は入り口仕切り体の上部に流体動通可能な状態で接続することにより、気相出口管が気液分離室を貫通することは無く、溝頂点仮想円の径Dt内全体が気液分離室内軸方向気相上昇流路となるため、気相上昇速度Uaは低下し、液滴は下方に落下し易くなる。したがって、液滴は気相出口管から流出され難くなり、高性能な気液分離装置を提供できる。

【0029】

40

50

請求項 8 に記載の気液分離装置によれば、請求項 1 から請求項 5 に記載の効果に加え、請求項 6 に記載の効果が得られ、コンパクトで高性能な気液分離装置を提供できる。

【 0 0 3 0 】

請求項 9 に記載の気液分離装置によれば、請求項 1 から請求項 6 に記載の効果に加え、請求項 7 に記載の効果が得られ、コンパクトで高性能な気液分離装置を提供できる。

【 0 0 3 1 】

請求項 10、請求項 11 に記載の冷凍装置によれば、請求項 1 から請求項 9 に記載の効果が得られる他、蒸発器での圧力損失を抑えることができ、圧縮動力が節減でき高効率な運転を可能に出来る冷凍装置を提供できる。

【 0 0 3 2 】

10

請求項 12 に記載の冷凍装置によれば、請求項 1 から請求項 9 に記載の効果が得られる他、冷凍サイクルへの冷凍機油の流出を防止できるので、高効率および高信頼性運転を可能に出来る冷凍装置を提供できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 3 3 】

以下、本発明を適用した具体的な実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

【 0 0 3 4 】

「第 1 の実施の形態」

20

図 1 は第 1 の実施の形態の気液分離装置を示す断面図である。図 2 は図 1 に示す気液分離装置の A - A 断面図である。図 3 は薄板を折り曲げて構成した溝付き体 4 の展開斜視図であり、また図 4 は図 3 の溝付き体 4 の 1 ピッチを取り出したときの拡大図である。図 1 に示すように外郭体 10 内に液相出口管 7 に向かう溝 2 を有する溝付き体 4 が設けられており、溝付き体 4 の上流には入り口仕切り体 16 が設けられ、気液分離室 1 を構成している。溝付き体 4 は図 3 に示すように薄板を折り曲げ溝 2 を構成し、これをまるめて図 2 に示すように外郭体 10 内に挿入している。溝付き体 4 の下流には気相出口管 6 に接合された連通穴 22 を有する出口仕切り体 8 により溝付き体 4 の高さ方向の下部位置を規定するように、気相出口管 6 が外郭体 10 の下縮管部 13 に接合されている。

気液二相流は入口管 5 から流入し、さらに入り口仕切り体 16 と外郭体 B 11 をもって作られる狭小空間 12 に流入する。入り口仕切り体 16 をもって作られる狭小空間 12 で気液二相流を溝 2 に沿って供給するので、気液二相流は溝に沿って溝に流入する。溝付き体 4 の内部に流入した二相流の液相は基本的には溝 2 の表面に付着し液膜となる。また、気相に乗って運ばれる液滴は溝 2 の表面に衝突し液膜となる。液膜は下方に流下し、液相出口管 7 から流出する。気相に乗って運ばれる液滴の内、溝 2 の表面に衝突せず気液分離室に流出する液滴は、出口仕切り体 8 の連通穴 22 を通り越して液溜に導かれ液相出口管 7 から出し、液滴を除去された気相は気相出口管 6 から流出する。また、溝付き体 4 を流下して液溜に導かれた気液二相流の内、液相はそのまま液溜に導かれ液相出口管 7 から出し、気相は出口仕切り体 8 の連通穴 22 を通り越して、気液分離室上方に導かれ、気相出口管 6 から流出する。

30

【 0 0 3 5 】

40

ここで、溝付き体 4 の表面には図 4 に示すような主流方向に傾斜した略波形状が設けられている。この略波形状は、流れの向きに半径方向外側に広がるように形成されている。この傾斜した略波形状の効果により、溝 2 の内部には図 10 に示したような断面内の 2 次流れ 20 が発生する。その間を気相に搬送された液滴 14 が流れると、この液滴は 2 次流れ 20 によって断面内を回転運動し、その際に働く遠心力の効果によって溝付き体 4 に衝突する。衝突した液滴 14 は溝付き体の表面で液膜となり、主流のせん断力と重力によって略波形状に沿って下方に流下する。このようにして、気相内の液滴を気液分離することができる。

【 0 0 3 6 】

なお、発生する二次流れは溝付き体の溝内の非常に狭い空間内の流れとなるため、その

50

流線の曲率半径も非常に小さいものとなる。このことで、液滴に非常に強い遠心力を働くことができる。また、気液分離装置の体積あたりの溝付き体の表面積をコンパクトに実装することができるので、体積あたりの液滴捕獲面積を増すことができ、非常にコンパクトな気液分離装置を構成することができる。

【0037】

「第2の実施の形態」

図5は第2の実施の形態の気液分離装置を示す断面図である。図6は薄板を折り曲げて構成した溝付き体4の展開斜視図であり、また図7は図3の溝付き体4の1ピッチを取り出したときの拡大図である。この略波形状は、流れの向きに末広がりに形成されている。

10

【0038】

ここで、溝付き体4の溝の表面には図7に示すような主流方向に傾斜した略波形状が設けられている。この略波形状は、流れの向きに末広がりに形成されている。この傾斜した略波形状の効果により、溝2の内部には図10に示したような断面内の2次流れ20が発生する。その間を気相に搬送された液滴14が流れるとき、この液滴は2次流れ20によって断面内を回転運動し、その際に働く遠心力の効果によって溝付き体4に衝突する。衝突した液滴14は溝付き体の表面で液膜となり、主流のせん断力と重力によって略波形状に沿って下方に流下する。このようにして、気相内の液滴を気液分離することができる。

【0039】

「第3の実施の形態」

20

図8は第3の実施の形態の気液分離装置を示す断面図である。第3の実施例では、図9に示すように、溝付き体4と気液分離室1の間に、仕切り円筒37が設置されている。仕切り円筒37により、溝付き体4の中を流れる気液二相流は、気液分離室1に逃げることなく、溝付き体4の下方に至るまで流れることができる。このことで、液滴が溝付き体の壁面に衝突するため必要な距離を十分に確保することができる。溝付き体4の下方に至った気相は出口仕切り体8に設けられた連通穴22から気液分離室1内に流入し気相出口管6から流出する。

【0040】

以下、液滴が壁面に衝突するまでの現象について考察する。第一次近似として、図11に示すようなモデルを考える。半径 r_0 の位置で回転運動する直径dの液滴14に働く遠心力と、液滴に働く気相からの半径方向抗力のバランスを考える。液滴の半径方向速度を u_r 、周方向速度を u_i とすると、遠心力と抗力のバランスは次式で表される。

$$C_D \frac{\pi d^2}{4} \frac{\rho_G u_r^2}{2} = \frac{\rho_L \pi d^3}{6} (\rho_L - \rho_G) \frac{u_i^2}{r} \quad (1)$$

ここで、液滴は小さいので、抗力係数を以下のように置く。

$$C_D = \frac{24}{Re_d} = \frac{24 \mu_G}{\rho_G u_r d} \quad (2)$$

式(1)と(2)から半径方向速度 u_r を求めると、以下のようになる。

$$u_r = \frac{d^2}{18 \mu_G} (\rho_L - \rho_G) \frac{u_i^2}{r} \quad (3)$$

30

ここで以下の積分を考える。 $u_r = dr/dt$ に注意すると、

$$\int_0^T r u_r dt = \frac{d^2}{18 \mu_G} (\rho_L - \rho_G) u_i^2 \int_0^T dt = \int_{r_0}^{r_0+h} r dr \quad (4)$$

40

となる。ここで、Tは液滴が r_0 から r_0+h まで移動する時間、すなわち液滴が壁面に衝突するため必要な飛行時間である。式(4)を積分すると、

$$\frac{d^2}{18 \mu_G} (\rho_L - \rho_G) u_i^2 T = \frac{h(2r_0 + h)}{2} \quad (5)$$

が得られる。従って、液滴が壁面に衝突するまでの飛行時間Tは

$$T = \frac{18\mu_G}{(\rho_L - \rho_G)u_i^2 d^2} \frac{h(2r_0 + h)}{2} \quad (6)$$

となる。

主流速度 $u \times$ 飛行時間 T が、液滴が壁面に衝突するまでに必要な液滴の流れ方向飛行距離であり、これが気液分離装置の溝付き体の必要な長さ L となる。

【0041】

このモデルを図10の溝付き体に応用してみる。二次流れとして、溝ピッチ間に1対の渦対が形成されるものとし、渦の半径 r_0 を溝付き体ピッチ p の a 倍、

$$r_0 = a \times p \quad (7)$$

と仮定する。また、渦の流線と溝付き体壁面までの距離を h とし、これが上述の渦の半径 r_0 と溝付き体ピッチ p を用いて以下のように記述できると仮定する。 10

$$h = \frac{p - 4r_0}{2} = \frac{1 - 4a}{2} p \quad (8)$$

これは、図10のように溝付き体ピッチ p の間に半径 r_0 の渦対が一対形成されるとの仮定に基づいている。

また、渦の半径方向速度 u_1 は、主流速度 u の b 倍と仮定する。すなわち、

$$u_1 = b \times u \quad (9)$$

式(7)～(9)を式(6)に代入すると、液滴が壁面に衝突するまでの飛行時間 T が得られ、これに主流速度 u を乗じることで、液滴の飛行距離、すなわち液滴を捕獲するために必要な溝付き体の長さ L が以下のように求められる。 20

$$L = uT = \frac{\mu_G p^2}{(\rho_L - \rho_G)ud^2} \frac{9(a - 4a^2) + 9\left(\frac{1 - 4a}{2}\right)^2}{b^2} \quad (10)$$

式(10)を変形すると、次式が得られる。

$$Lu \frac{d^2}{p^2} \frac{(\rho_L - \rho_G)}{\mu_G} = \frac{9(a - 4a^2) + 9\left(\frac{1 - 4a}{2}\right)^2}{b^2} \quad (11)$$

図12に、係数 a と b の値を変化させたときの式(11)右辺の値の変化を示す。本発明の傾斜した略波形状によって誘起される二次流れの強さは、約0.05 b 0.3と考えられる。また溝付き体1ピッチあたりに渦対が一対構成されることから、渦の半径に対しては a 0.25 30 である。このような条件を想定すると $a=0$, $b=0.05$ の場合に式(11)は最大となり、その値は900となる。従って、

$$Lu \frac{d^2}{p^2} \frac{(\rho_L - \rho_G)}{\mu_G} < 900 \quad (12)$$

としておけば、この条件下ではどの位置の液滴も捕獲できることになる。

【0042】

「第4の実施の形態」

図13は第4の実施の形態の気液分離装置を示す断面図である。図14は図13に示す気液分離装置のA-A断面図である。図15は薄板を折り曲げて構成した溝付き体4の展開斜視図である。図16は溝2を傾けて設けた効果を示す原理モデル図である。図13に示すように外郭体10内に液相出口管7に向かう溝2を有する溝付き体4が設けられており、溝付き体4の上流には、入り口仕切り体16が設けられ、気液分離室1を構成している。溝付き体4は図15に示すように薄板を折り曲げ溝2を構成し、これをまるめて図14に示すように外郭体10内に挿入している。溝付き体4の下流には気相出口管6に接合された出口仕切り体8により溝付き体4の高さ方向の下部位置を規定するように、気相出口管6が外郭体10の下縮管部13に接合されている。

気液二相流は入口管5から流入し、さらに入り口仕切り体16と外郭体B11をもって作られる狭小空間12に流入する。狭小空間12で気液二相流を溝2に沿って供給するので、気液二相流は溝に沿って溝に流入する。溝付き体4の内部に流入した二相流の液相は 40 50

基本的には溝 2 の表面に付着し、液膜となる。また気相に乗って運ばれる液滴は溝 2 の表面に衝突し液膜となる。液膜は下方に流下し、液相出口管 7 から流出する。液滴を除去された気相は気相出口管 6 から流出する。

【 0 0 4 3 】

ここで、溝付き体 4 の溝 2 は図 1 4 に示すように外郭体 1 0 の中心線 1 5 に対して角度傾けて設けられている。溝を角度傾けることによる効果を図 1 6 に示した原理モデル図を用いて説明する。図 1 6 は溝付き体 4 の一つの溝を取り出した原理モデル図であり、図 1 6 (a) は溝を傾けない場合のモデル図であり、図 1 6 (b) は溝を角度傾けた場合のモデル図である。

【 0 0 4 4 】

溝を傾けることによる第一の効果を説明する。溝を傾けることにより、溝幅 b' は傾けない場合の溝幅 b よりも小さくなる。溝内を気相が流れるとき、気相に乗って運ばれる液滴は溝幅が小さいほど溝 2 の表面に衝突し液膜になりやすいため、溝を傾け、実質的な溝幅を小さくすることにより、気液分離性能を向上することが出来る。なお、図 1 6 (a) において、単に溝ピッチ p を小さくすることも考えられるが、外郭体 1 0 の径が一定の状態で単に溝ピッチ p を小さくすると溝数が増えることを意味し、溝付き体を構成する素材の使用量が増加し、気液分離装置の価格が高くなる問題がある。したがって、溝を傾けることにより実質的な溝幅を小さくでき、高性能で、安価な気液分離装置を提供できる。

【 0 0 4 5 】

溝を傾けることによる第二の効果を図 1 4 を用いて説明する。図 1 4 に示すように溝を角度傾けることにより、溝から出る気相の流れ方向 2 3 は気液分離室 1 に角度を持ち流入する。したがって、気液分離室 1 に開口する全ての溝から角度を持ち気相が流入することにより、気液分離室 1 内に旋回流 2 4 が発生する。

【 0 0 4 6 】

溝 2 内を気相に乗って運ばれる液滴が極めて小さい場合、微細液滴は溝表面に衝突せずに、溝 2 から気液分離室 1 に流出する場合がある。このとき、図 2 0 に示すように、溝が傾いていない場合には、気液分離室 1 に流出した微細液滴は気液分離室 1 の中心に向かい、一様に分布し、気液分離室内軸方向気相上昇速度 U_{a25} に乗り気相出口管 6 から流出する。それに対して、溝を傾けることにより気液分離室 1 内に旋回流 2 4 が発生し、微細液滴は旋回流による遠心力の作用により、溝 2 の開口部に近い気液分離室内の空間に集まり易くなり、微細液滴同士が結合しあい、より大きな液滴になる確率が増加する。液滴が大きくなると、液滴に作用する重力 F_g が、軸方向気相上昇速度 U_{a25} による液的上昇を防ぐ抗力 F_D を上回るため、液滴は下方に落下し易くなり、気相出口管 6 から流出され難くなる。すなわち、

$$\frac{F_D}{F_g} < 1 \quad (13)$$

を満足すると、液滴は下方に落下し易くなる。ここで、液滴径を d 、抗力係数を C_D 、気相密度を ρ_g 、液相密度を ρ_L 、気相動粘性係数を μ_g 、液滴の投影面積を $A = d^2/4$ として、 F_g および F_D はそれぞれ式 (1 4)、式 (1 5) となる。

$$F_g = \frac{\pi}{6} g \rho_L d^3 \quad (14)$$

$$F_D = C_D \frac{\rho_g \mu_g U_{a25}^2}{2} A \quad (15)$$

式 (2) で定義される抗力係数を与えると、

$$\frac{F_D}{F_g} = \frac{18 \rho_g \nu_g U_{a25}}{g \rho_L d^2} < 1 \quad (16)$$

となり、液滴径 d が大きくなると液滴は下方に落下し易くなる。したがって、溝を傾けることにより、気液分離室 1 内に旋回流 2 4 が発生し、液滴は気相出口管 6 から流出され難くなり、高性能な気液分離装置を提供できる。

【 0 0 4 7 】

10

20

30

40

50

溝を傾けることによる第三の効果を図13、図14および図16を用いて説明する。図16に示すように、溝の実質的長さ h が一定の状態で溝を傾けることにより、溝底面に対する垂直方向溝深さ h' は傾けない場合の溝深さ h よりも小さくなる。したがって、溝を傾けることにより図14に示す溝頂点仮想円9の径 D_t は実質的に大きくなる。そのため、気液分離室内軸方向気相上昇速度 U_a は低下し、式(16)に示されるように、 $F_D < F_g$ の傾向が強くなり、液滴は下方に落下し易くなる。したがって、溝を傾けることにより、液滴は気相出口管6から流出され難くなり、高性能な気液分離装置を提供できる。なお、以上に述べた第4の実施形態では薄板を折り曲げた溝付き体4を使用した例を述べたが、溝付き体は図17に示すように機械加工等の何らかの手段で製作した他の溝付き体でも以上に述べた効果は同じであることは言うまでも無い。

10

【0048】

「第5の実施の形態」

図18は第5の実施の形態の気液分離装置を示す断面図である。図19は図18のC-C断面図である。図20は図18のA-A断面図である。図19に示すように、入口管5は外郭体B11の横から流入室19に接線方向に流入するように設けられている。図18に示すように、気液分離装置は気相出口管6を気液分離装置の上部に設け、気相出口管6の下部は入り口仕切り体16の上部に流体動通可能な状態で接続され、気相出口管6は外郭体B11の上縮管部17に接合されている。外郭体10内には液相出口管7に向かう溝2を有する溝付き体4が設けられており、溝付き体4の上流には、入り口仕切り体16が設けられ、気液分離室1を構成している。溝付き体4は図21に示すように薄板を折り曲げ溝2を構成し、これをまるめて図20に示すように外郭体10内に挿入している。溝付き体4の下流は外郭体10に設けられたビード(仕切り体)26により溝付き体4の高さ方向の下部位置を規定し、外郭体10の下部の下縮管部13に液相出口管7が接合されている。ここで、ビード(仕切り体)26に内接する円の内側部分が、出口仕切り体8の連通穴22に相当する。

20

気液二相流は入口管5から流入し、さらに入り口仕切り体16と外郭体B11をもって作られる狭小空間12に流入する。狭小空間12で気液二相流を溝2に沿って供給するので、気液二相流は溝に沿って溝に流入する。溝付き体4の内部に流入した二相流の液相は基本的には溝2の表面に付着し、液膜となる。また気相に乗って運ばれる液滴は溝2の表面に衝突し液膜となる。液膜は下方に流下し、液相出口管7から流出する。気相に乗って運ばれる液滴の内、溝2の表面に衝突せず気液分離室に流出する液滴は、気液分離室1を降下し液溜に導かれ液相出口管7から流出し、液滴を除去された気相は気液分離室1を上昇し、入り口仕切り体16内を通り、気相出口管6から流出する。また、溝付き体4を流下して液溜に導かれた気液二相流の内、液相はそのまま液溜に導かれ液相出口管7から出し、気相は気液分離室1を上昇し、入り口仕切り体16内を通り、更に入り口仕切り体16と溝付き体4の合わせ目より上部に設けられた気相出口管6の入口(開口部)を通り、気相出口管6から流出する。

30

【0049】

図18に示した第5の実施の形態の気液分離装置によれば、気相出口管6を気液分離装置の上部に設けているため、気相出口管が気液分離室1を貫通することは無く、図20に示すように、溝頂点仮想円9の径 D_t 内全体が気液分離室内軸方向気相上昇流路となるため、気相上昇速度 U_a は低下し、式(16)に示されるように、 $F_D < F_g$ の傾向が強くなり、液滴は下方に落下し易くなる。したがって、気相出口管6を気液分離装置の上部に設け、気相出口管6の下部を入り口仕切り体16の上部に流体動通可能な状態で接続することにより、液滴は気相出口管6から流出され難くなり、高性能な気液分離装置を提供できる。特に、液相流量に対して気相流量の多いオイルセパレータのような場合には、図14に示す気相出口管6の径 d_p を大きくする必要があり、気液分離室内軸方向気相上昇流路に占める気相出口管6の断面積は無視できなくなり、気相出口管6が気液分離室1を貫通しない構成は大きな効果がある。

40

【0050】

50

「第6の実施の形態」

図22は第6の実施の形態として、上記した気液分離装置を冷凍サイクルに使用した場合の第一の冷凍サイクル構成図である。図22に示した冷凍サイクル構成図には本実施形態を説明するために必要な基本的構成要素を示している。すなわち、圧縮機27は第一のシリンドラ28と第二のシリンドラ29を有し、圧縮機で吸い込んだ低温低圧の気相冷媒は第一のシリンドラ28と第二のシリンドラ29で二段に圧縮され高温高圧気相冷媒となり冷媒吐出管30を経て、凝縮器31で凝縮器用送風機32で送られる空気に放熱し、高圧液冷媒となる。その液冷媒は第一の減圧器33で減圧され二相流となり、入り口管5から気液分離装置43に流入し、液相冷媒は液相出口管7から出た後、第二の減圧器34でさらに減圧され、蒸発器35に入り蒸発器用送風機36で送られる空気から熱を奪い低温低圧の気相冷媒となり、圧縮機27に吸い込まれる。一方、気液分離装置43で分離された気相冷媒は気相出口管6から第二のシリンドラ29に吸い込まれるため、気液分離装置43で分離された蒸発に寄与しない気相冷媒は第一のシリンドラ28で圧縮する必要が無く、圧縮動力が節減でき、高効率な運転を可能にできる。

「第7の実施の形態」

【0051】

図23は第7の実施の形態として、上記した気液分離装置を冷凍サイクルに使用した場合の第二の冷凍サイクル構成図である。図23に示した冷凍サイクル構成図には本実施形態を説明するために必要な基本的構成要素を示している。すなわち、圧縮機27は第一のシリンドラ28のみを有し、圧縮機で吸い込んだ低温低圧の気相冷媒は第一のシリンドラ28で圧縮され高温高圧気相冷媒となり冷媒吐出管30を経て、凝縮器31で凝縮器用送風機32で送られる空気に放熱し、高圧液冷媒となる。その液冷媒は第一の減圧器33で減圧され二相流となり、入り口管5から気液分離装置43に流入し、液相冷媒は液相出口管7から蒸発器35に入り蒸発器用送風機36で送られる空気から熱を奪い低温低圧の気相冷媒となり、圧縮機27に吸い込まれる。一方、気液分離装置43で分離された気相冷媒は気相出口管6から蒸発器バイパス管38を経て圧縮機27に吸い込まれる。

【0052】

気液分離装置43を用いない場合には、減圧器33で減圧された二相流の気相冷媒も蒸発器に流入するため、特に、蒸発器用送風機36で送られる空気温度が低い場合には蒸発圧力が低下し、気相冷媒の密度は小さくなり体積流量が大きくなるため、蒸発器35での圧力損失が大きく蒸発器35の出口圧力、即ち、圧縮機吸込み圧力が低下するため、圧縮動力が増大し、高効率な運転ができなくなる。

それに対して、本実施例で示したように気液分離装置43を設け、分離された気相冷媒を気相出口管6から蒸発器バイパス管38を経て圧縮機27に吸い込ませることにより、蒸発に寄与しない気相冷媒は蒸発器35に流入しないため蒸発器35での圧力損失を抑えることができ、圧縮動力が節減でき、高効率な運転を可能にできる。

【0053】

従来、冷凍サイクルで使用される気液分離装置としては、重力によって液を溜めるタンクを用いたり、旋回流の遠心力によって液相を外壁に付着させ、重力によって液を回収する気液分離装置等が用いられていたが、かかる構成の気液分離装置では、基本的に重力や遠心力などの体積力によって密度の大きい液相を分離する構造となっているため、気液分離装置の設置位置や向きに自由度が少ない上、タンクや旋回流発生装置を用いるため大形の装置となっていたが、本発明の気液分離装置を使用することにより、小形で、設置位置や向きの自由度が大きい効果を発揮しながら、上記第6の実施例、第7の実施例で述べたように高効率な運転を可能にできる。

【0054】

「第8の実施の形態」

図24は第8の実施の形態として、上記した気液分離装置を冷凍サイクルに使用した場合の第三の冷凍サイクル構成図である。図24はセパレート型エアコンの例であり、室外ユニット39と室内ユニット40より構成され、冷房運転時のサイクルを示している。圧

10

20

30

40

50

縮機 27 で圧縮された高温高圧気相冷媒には冷凍機油が混入しており、圧縮機から吐出された気相冷媒に混入する冷凍機油量が多くなると、冷凍サイクル冷媒流路の圧力損失が増加し、また冷媒の蒸発熱伝達率および凝縮熱伝達率が低下し、冷凍サイクル効率の低下の原因になる。さらに、圧縮機起動時には圧縮機内に封入されている冷凍機油がフォーミングし、大量の冷凍機油が気相冷媒に混入し圧縮機から吐出され、冷凍サイクルに流出する。特にセパレート型エアコンの場合には、室内ユニットと室外ユニットを接続する接続配管が設けられており、この接続配管 48 が長い場合には、冷凍サイクルに流出した冷凍機油は長時間圧縮機に戻らず、運転条件によっては圧縮機内の冷凍機油が不足し、圧縮機の信頼性に支障をきたす問題があった。

【0055】

10

そこで、図 24 は上記課題を解決するために、圧縮機 27 の冷媒吐出管にコンパクトな気液分離装置 43 を設け、冷凍サイクル効率の確保および圧縮機の信頼性確保を図るものである。すなわち、圧縮機 27 で吸い込んだ低温低圧の気相冷媒は圧縮機 27 で圧縮され高温高圧気相冷媒となり冷媒吐出管 41 を経て、気液分離装置 43 の入口管 5 から気液分離装置に流入する。圧縮機 27 で圧縮された高温高圧気相冷媒には冷凍機油が混入しており、気液分離装置 43 内で冷凍機油は液相として、気相冷媒は気相として分離され、それぞれ液相出口管 7 および気相出口管 6 から取り出される。液相出口管 7 を出た冷凍機油は液レシーバ 42、流量調整絞り 45 を経て、圧縮機吸込み管 46 に吸い込まれ、冷凍機油は圧縮機に戻る。流量調整絞り 45 を設けている理由は、通常の運転条件では圧縮機 27 から吐出される高温高圧気相冷媒に混入している冷凍機油は気相冷媒に比べて少ないため、気液分離装置 43 で分離した冷凍機油を流量調整絞り 45 で徐々に圧縮機 27 に冷凍機油を戻すためである。また、液レシーバ 42 を設けている理由は、圧縮機起動時に圧縮機内に封入されている冷凍機油がフォーミングし、大量の冷凍機油が気相冷媒に混入し圧縮機から吐出されるが、これは一時的な現象であるため、気液分離装置 43 で分離した冷凍機油を一時的に液レシーバ 42 に溜め込み、流量調整絞り 45 で徐々に圧縮機 27 に冷凍機油を戻すためである。なお、気液分離装置の液溜 18 の容積が大きな場合には必ずしも液レシーバは必要としない。

20

【0056】

一方、気液分離装置 43 内で分離された気相冷媒は気相出口管 6 から四方弁 47 を経て、凝縮器 31 で凝縮器用送風機 32 から送られる空気に放熱し、高圧液冷媒となる。その液冷媒は第一の減圧器 33 で減圧され低温低圧の二相流となり、蒸発器 35 に入り蒸発器用送風機 36 で送られる空気から熱を奪い低温低圧の気相冷媒となり、圧縮機 27 に吸い込まれる。したがって、気液分離装置 43 内で冷凍機油は液相として分離され、液相出口管 7 から液レシーバ 42、流量調整絞り 45 を経て、圧縮機吸込み管 46 に吸い込まれ、冷凍機油は圧縮機に戻るため、冷凍機油が冷凍サイクルに流出するのを防止でき、高効率な冷凍サイクル運転が可能になり、また、起動時にも冷凍機油が冷凍サイクルに流出するのを防止でき、信頼性の高い運転が可能になる。

30

【産業上の利用可能性】

【0057】

本発明は気液二相流を狭小の溝を通し、気相と液相を分離する気液分離装置において、気相に乗って運ばれる液滴を極力捕捉するために、二次流れを利用すること、溝を傾けること、気液分離室断面積全体を軸方向気相上昇流路にすることにより、気相に搬送される液滴を効率良く捕捉できるようにしたものであるから、冷凍装置の小形化に追従出来る気液分離装置の提供を可能とすることは勿論、冷凍装置の冷却性能改善に大幅に貢献出来るものである。

40

【図面の簡単な説明】

【0058】

【図 1】第 1 の実施の形態の気液分離装置の断面図である。

【図 2】図 1 に示す気液分離装置の A - A 線断面図である。

【図 3】図 2 に示す溝付き体の展開斜視図である。

50

【図4】図3に示す主流に対して傾斜した略波形状を設けた溝付き体の1ピッチを示す斜視図である。

【図5】第2の実施の形態の気液分離装置の断面図である。

【図6】図5に示す主流に対して末広がりの略波形状を設けた溝付き体の展開斜視図である。

【図7】図6に示す主流に対して末広がりの略波形状を設けた溝付き体の1ピッチを示す斜視図である。

【図8】第3の実施の形態の気液分離装置の断面図である。

【図9】図8に示す気液分離装置のB-B線断面図である。

【図10】図4および図7に示す溝付き体の断面図である。

10

【図11】液滴の壁面への付着モデルを表す図である。

【図12】計算より求められた溝付き体の無次元長さを示す図である。

【図13】第4の実施の形態の気液分離装置を示す断面図である。

【図14】図13に示す気液分離装置のA-A断面図である。

【図15】図13に示す溝付き体の展開斜視図である。

【図16】溝2を傾けて設けた効果を示す原理モデル図である。

【図17】他の溝付き体の一部拡大断面図である。

【図18】第5の実施の形態の気液分離装置を示す断面図である。

【図19】図18のB-B断面図である。

【図20】図18のA-A断面図である。

20

【図21】図18に示す溝付き体の展開斜視図である。

【図22】第6の実施の形態として、上記した気液分離装置を冷凍サイクルに使用した場合の第一の冷凍サイクル構成図である。

【図23】第7の実施の形態として、上記した気液分離装置を冷凍サイクルに使用した場合の第二の冷凍サイクル構成図である。

【図24】第8の実施の形態として、上記した気液分離装置を冷凍サイクルに使用した場合の第三の冷凍サイクル構成図である。

【符号の説明】

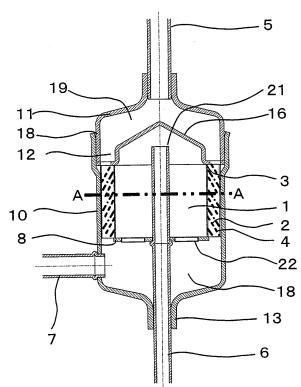
【0059】

1 ... 気液分離室	2 ... 溝	30
3 ... 急拡大部	4 ... 溝付き体	
5 ... 入口管	6 ... 気相出口管	
7 ... 液相出口管	8 ... 出口仕切り体 <u>(仕切り体)</u>	
9 ... 溝頂点仮想円	10 ... 外郭体	
11 ... 外郭体B	12 ... 狹小空間	
13 ... 下縮管部	14 ... 液滴	
15 ... 中心線	16 ... 入り口仕切り体	
17 ... 上縮管部	18 ... 液溜	
19 ... 流入室	20 ... 2次流れ	
21 ... 気相流入端	22 ... 連通穴	40
23 ... 溝から出る気相の流れ方向	24 ... 旋回流	
25 ... 軸方向気相上昇速度Ua	26 ... ビード <u>(仕切り体)</u>	
27 ... 圧縮機	28 ... 第一のシリンダ	
29 ... 第二のシリンダ	30 ... 吐出管	
31 ... 凝縮器	32 ... 凝縮器用送風機	
33 ... 第一の減圧器	34 ... 第二の減圧器	
35 ... 蒸発器	36 ... 蒸発器用送風機	
37 ... 仕切り円筒	38 ... 蒸発器バイパス管	
39 ... 室外ユニット	40 ... 室内ユニット	
41 ... 冷媒吐出管	42 ... 液レシーバ	50

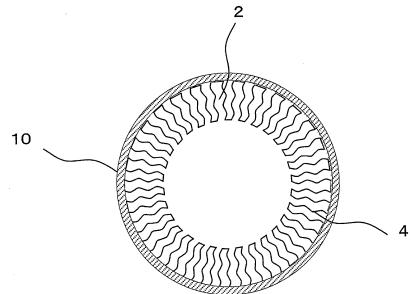
4 3 ... 気液分離装置
 4 6 ... 圧縮機吸込み管
 4 8 ... 接続配管

4 5 ... 流量調整絞り
 4 7 ... 四方弁

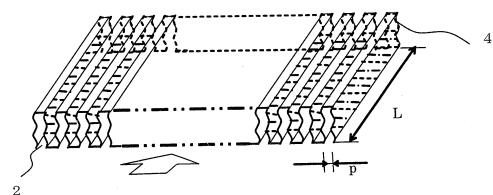
【図 1】



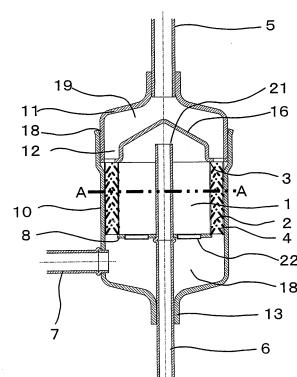
【図 2】



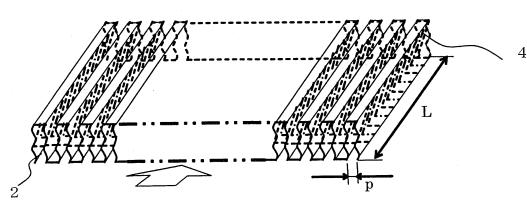
【図 3】



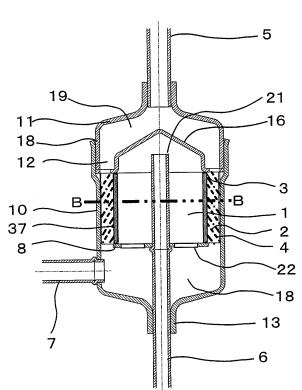
【図 5】



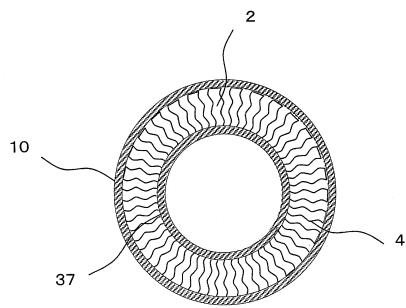
【図6】



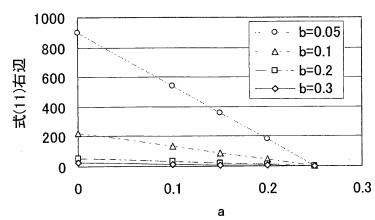
【図8】



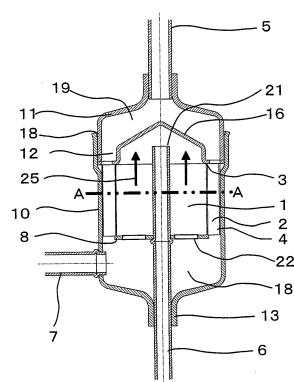
【図9】



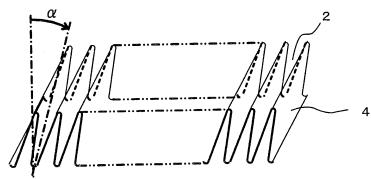
【図12】



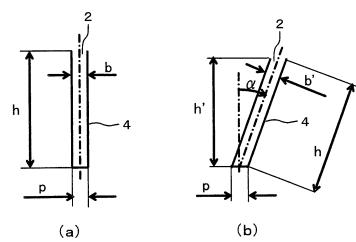
【図13】



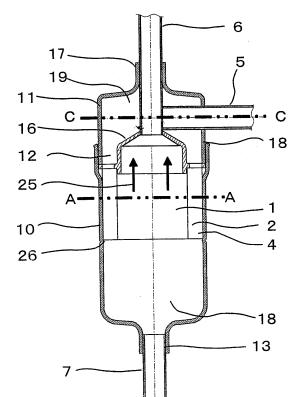
【図15】



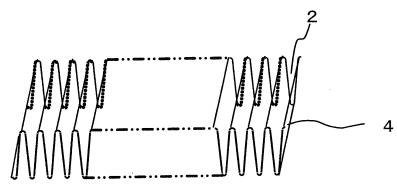
【図16】



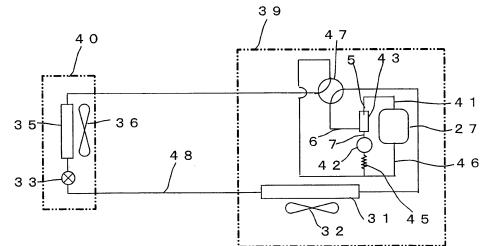
【図18】



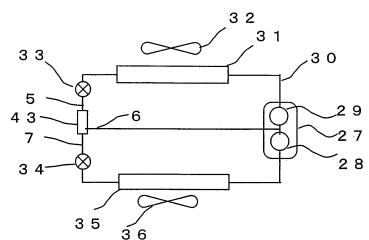
【図21】



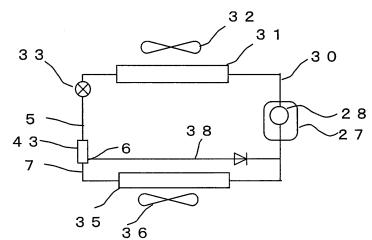
【図24】



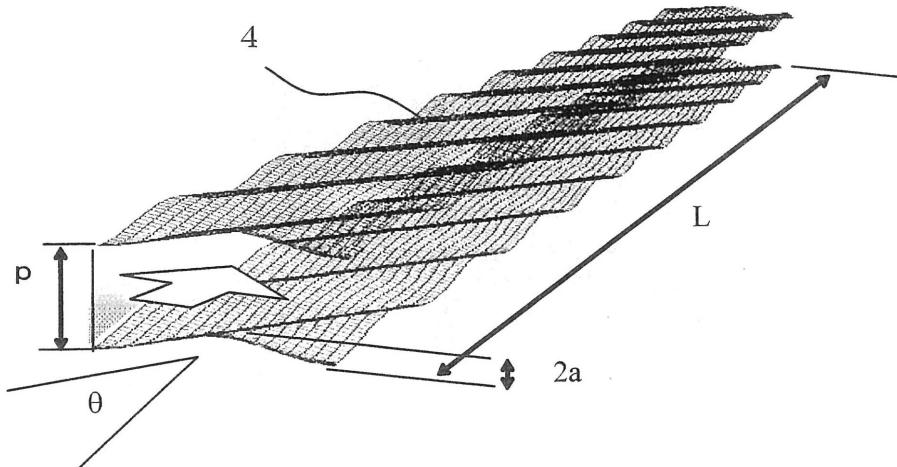
【図22】



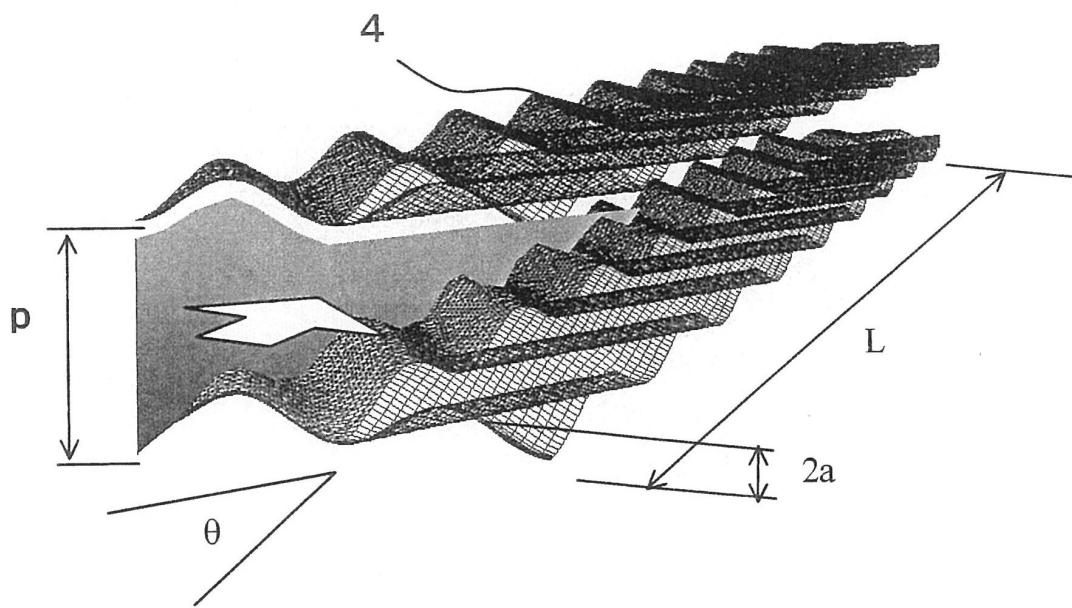
【図23】



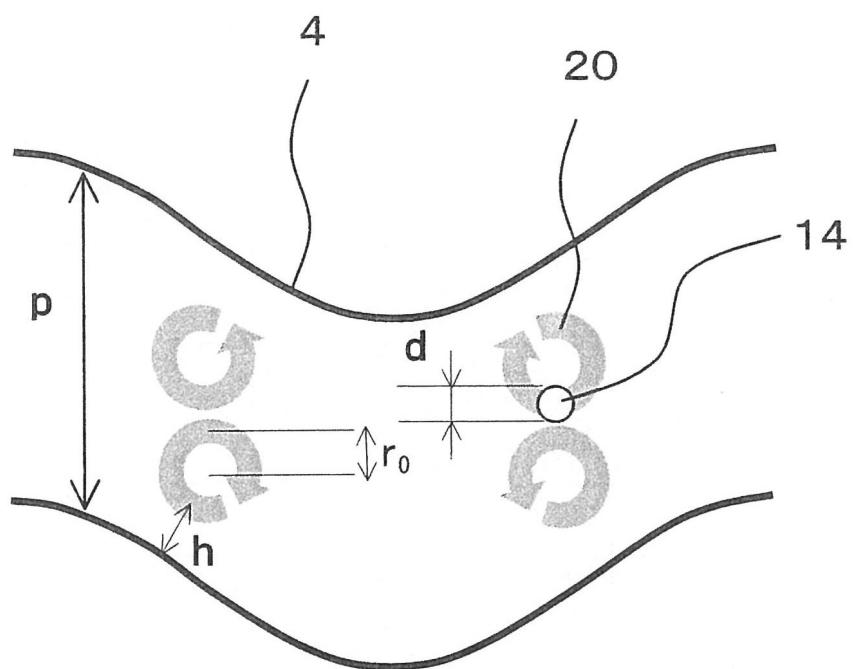
【図4】



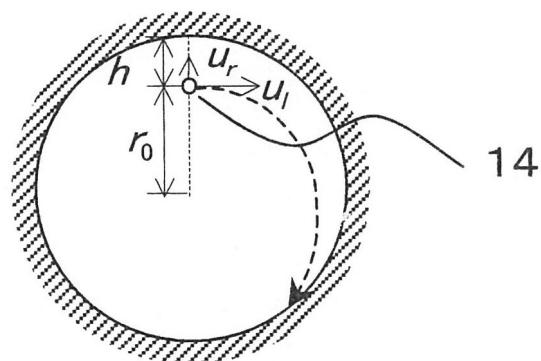
【図7】



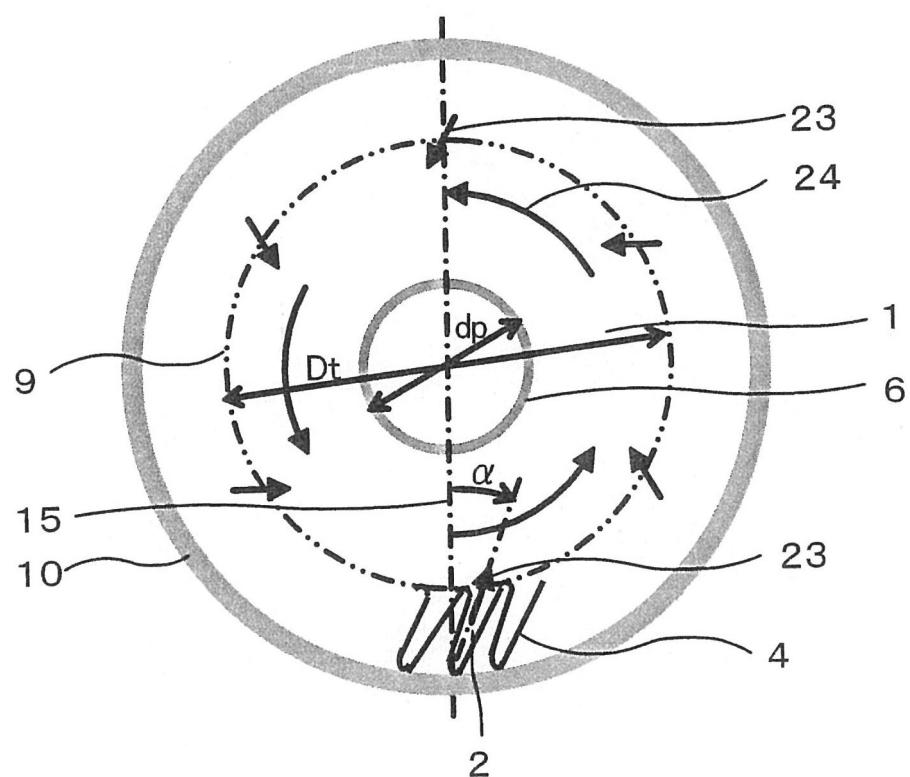
【図10】



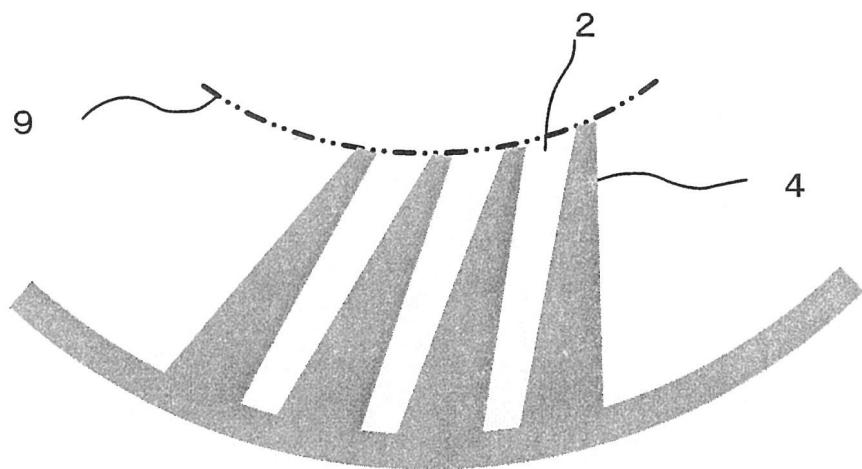
【図11】



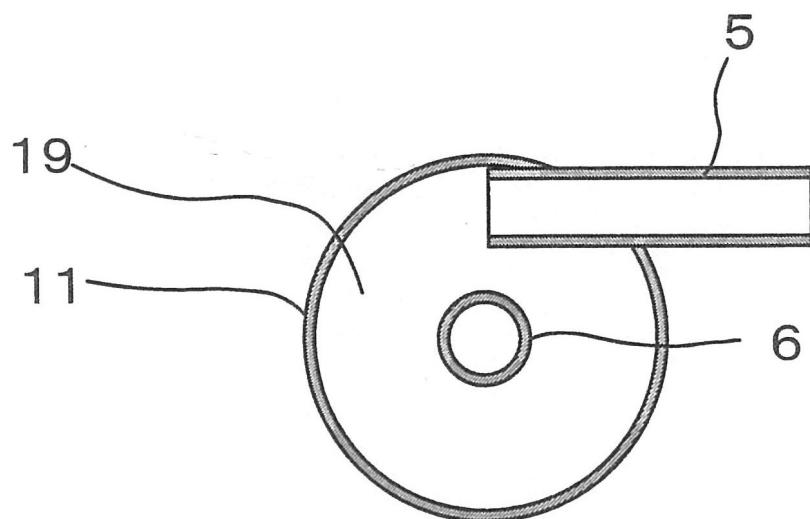
【図14】



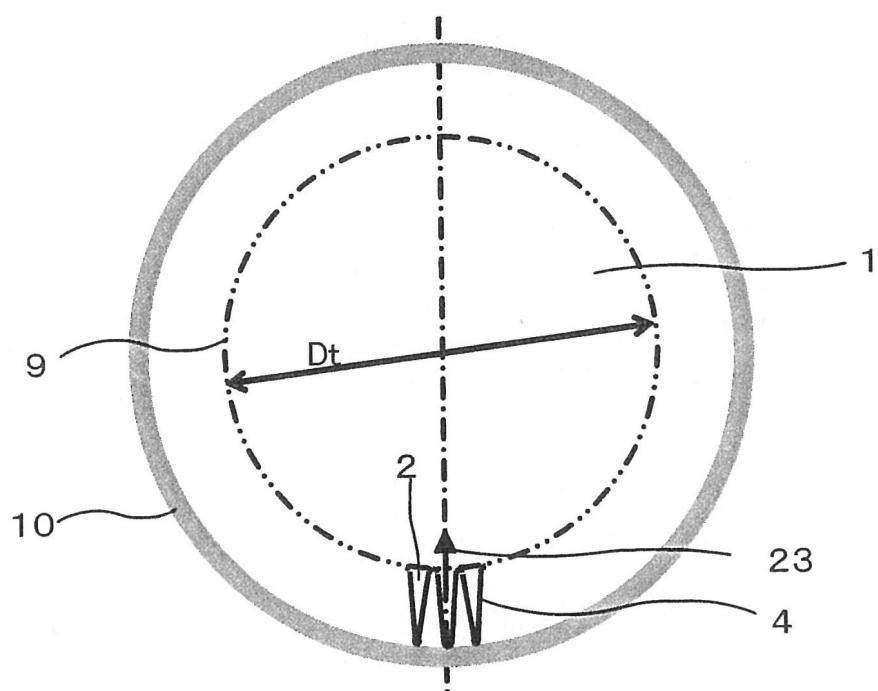
【図17】



【図19】



【図20】



フロントページの続き

(72)発明者 岩田 博
栃木県下都賀郡大平町真弓1570番地 日冷工業株式会社内
(72)発明者 鹿園 直毅
東京都文京区本郷7丁目3番1号 東京大学内

審査官 鈴木 充

(56)参考文献 国際公開第2007/055386 (WO, A1)
特開平06-281297 (JP, A)
特開2005-069654 (JP, A)
特開平06-281298 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 25 B 43/00
B 01 D 45/08, 46/52