

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6004416号
(P6004416)

(45) 発行日 平成28年10月5日(2016.10.5)

(24) 登録日 平成28年9月16日(2016.9.16)

(51) Int.Cl. F I
F O 4 B 43/12 (2006.01) F O 4 B 43/12 A
F O 4 B 43/10 (2006.01) F O 4 B 43/10

請求項の数 5 (全 18 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2012-37735 (P2012-37735) (22) 出願日 平成24年2月23日(2012.2.23) (65) 公開番号 特開2013-174136 (P2013-174136A) (43) 公開日 平成25年9月5日(2013.9.5) 審査請求日 平成27年2月4日(2015.2.4)</p> <p>特許法第30条第1項適用 2011年度年次大会「機械工学が牽引するイノベーション」講演予稿集(DVD-ROM)(平成23年9月10日)一般社団法人日本機械学会発行(データNo.)S152021に発表</p>	<p>(73) 特許権者 599011687 学校法人 中央大学 東京都八王子市東中野742-1</p> <p>(74) 代理人 100080296 弁理士 宮園 純一</p> <p>(74) 代理人 100141243 弁理士 宮園 靖夫</p> <p>(72) 発明者 中村 太郎 東京都文京区春日1-13-27 中央大学後楽園キャンパス内</p> <p>(72) 発明者 鈴木 一将 東京都文京区春日1-13-27 中央大学後楽園キャンパス内</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 曲管ポンプ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

流体の流入側に配置された第1の曲管ユニットと、当該第1の曲管ユニットの軸線と交差する軸線を有し、前記第1の曲管ユニットの流出側に配置された第2の前記曲管ユニットと、

を備え、流入方向と排出方向とを変更する曲管ポンプであって、

前記各曲管ユニットは、

円筒状の外筒と、

前記外筒の内周側において当該外筒と同軸上に設けられ、軸方向両端部が前記外筒の軸方向両端部に固定されたゴム部材から成る円筒状の内筒と、

前記内筒と前記外筒との間に加圧用媒体を供給するための加圧用通路と、

を備え、

前記各曲管ユニットは、

軸線を通り、かつ、当該軸方向に平行な面で切ったときの前記外筒及び前記内筒の縦断面形状が、矩形である円筒部と、当該円筒部の軸方向一方側に位置する直角三角形である斜面部とを有し、前記斜面部を構成する斜辺が前記円筒部の軸方向一方側に向く直角台形状であり、

前記曲管ユニット同士は、互いの軸線が交差するように前記斜辺が互いに対向した状態で接続され、

前記内筒が前記加圧用媒体の圧力により膨張して流体を搬送することを特徴とする曲管ポ

ンプ。

【請求項 2】

前記第 1 の曲管ユニットと前記第 2 の曲管ユニットとの間に配置される単数又は複数の第 3 の曲管ユニットを備え、

前記第 3 の曲管ユニットは、

円筒状の外筒と、

前記外筒の内周側において当該外筒と同軸上に設けられ、軸方向両端部が前記外筒の軸方向両端部に固定されたゴム部材から成る円筒状の内筒と、

前記内筒と前記外筒との間に加圧用媒体を供給するための加圧用通路と、

を備え、

軸線を通り、かつ、当該軸方向に平行な面で切ったときの前記外筒及び前記内筒の縦断面形状が、矩形である円筒部と、当該円筒部の軸方向一方側及び他方側にそれぞれ位置する直角三角形である斜面部とを有し、前記軸方向一方側に位置する前記斜面部を構成する斜辺が前記円筒部の軸方向一方側に向き、前記軸方向他方側に位置する前記斜面部を構成する斜辺が前記円筒部の軸方向他方側に向く等脚台形状であり、

互いに隣接する各曲管ユニット同士が、互いの軸線が交差するように前記斜辺が互いに対向した状態で接続されることを特徴とする請求項 1 記載の曲管ポンプ。

10

【請求項 3】

前記内筒には、

周面に沿って当該内筒の軸方向一方側から他方側に延長し、導入された圧力により前記内筒に折れ目を誘発する拘束体又はゴム異形部が前記内筒の周方向に複数設けられたことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の曲管ポンプ。

20

【請求項 4】

前記ゴム異形部が、当該内筒を形成するゴムが当該内筒の径方向外側に突出することで当該内筒の内側に形成されるガイド溝、もしくは、当該内筒の外周側から当該内筒の径方向外側に突出するゴム部材を備えた肉厚部であることを特徴とする請求項 3 に記載の曲管ポンプ。

【請求項 5】

前記内筒の内周側に、当該内筒の径方向内側に突出する内側突出部が複数形成されたことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 いずれかに記載の曲管ポンプ。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、外筒とゴム部材から成る内筒との間に加圧用媒体を供給して内筒を膨張させることで、流体を搬送するポンプを構成するポンプユニットに関するもので、特に、流体の搬送方向を変更する機能を有するポンプユニットに関する。

【背景技術】

【0002】

図 24 (a) は、従来のポンプユニット (以下、直管ユニットという) 50 の構成を示す図で、(b) 図は (a) 図の A - A 断面、(c) 図は B - B 断面図である。

40

直管ユニット 50 は、金属又は硬質合成樹脂などから成る外筒 51 と、ゴム部材から成る内筒 52 との間に、図示しない加圧用媒体給排手段から空気導入孔 53 を介して加圧用媒体を供給して内筒 52 を膨張させ、内筒 52 の一方の端部側からユニット内に送り込まれた流体を内筒 52 の他方の端部側から排出する。

前記内筒 52 には、図 24 (d) に示すように、当該内筒 52 の軸方向に平行な方向に延長して、内筒 52 の変形を拘束する拘束体 54 が周方向に等間隔で複数本設けられている。当該拘束体 54 は、内筒 52 の軸方向への膨張を規制、拘束するものであって、内筒 52 の膨張時には、図 25 (a), (b) に示すように、拘束体 54 により、外筒 51 と内筒 52 との間に形成されたチャンパー 55 が、複数の小チャンパー 551 ~ 554 に分割される。

50

すなわち、加圧用媒体を供給して内筒52を膨張させると、拘束体54により分割された複数の小チャンパー551～554が均等に膨張して流路を閉状態とするので、流体を効率よく直管ユニット50の一方の端部側から他方の端部側に搬送することができる。

そして、このような直管ユニット50を内筒52の軸方向に複数個同軸に連結することで、流体を直管ユニット50の連結方向に沿って効率よく搬送することのできる直管型ポンプを構成することができる（例えば、特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2010-196689号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、流体の搬送方向を変更する場合には、軸線が円弧状であるポンプユニットを用いる必要がある。しかしながら、ポンプユニットの軸線を円弧状とすると、内筒を膨張させたときのチャンパー内部の閉鎖割合である閉口率やチャンパー内部の体積変化の割合である体積排除率が減少してしまい、流体の搬送効率が低下してしまうといった問題点があった。

【0005】

本発明は、従来の問題点に鑑みてなされたもので、直管ユニットとほぼ同じ閉口率や体積排除率を有し、ポンプに流入された流体を流入方向とは異なる方向に効率よく排出することのできるポンプユニットを提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するための構成として、流体の流入側に配置された第1の曲管ユニットと、当該第1の曲管ユニットの軸線と交差する軸線を有し、第1の曲管ユニットの流出側に配置された第2の前記曲管ユニットとを備え、流入方向と排出方向とを変更する曲管ポンプであって、各曲管ユニットは、円筒状の外筒と、外筒の内周側において当該外筒と同軸上に設けられ、軸方向両端部が外筒の軸方向両端部に固定されたゴム部材から成る円筒状の内筒と、内筒と外筒との間に加圧用媒体を供給するための加圧用通路とを備え、各曲管ユニットは、軸線を通り、かつ、当該軸方向に平行な面で切ったときの外筒及び内筒の縦断面形状が、矩形である円筒部と、当該円筒部の軸方向一方側に位置する直角三角形である斜面部とを有し、斜面部を構成する斜辺が円筒部の軸方向一方側に向く直角台形状であり、各曲管ユニット同士は、互いの軸線が交差するように斜辺が互いに対向した状態で接続され、内筒が加圧用媒体の圧力により膨張して流体を搬送することを構成とした。

30

本構成によれば、内筒内に流入した流体を流入方向とは異なる方向に排出することができる。

また、第1の曲管ユニットと第2の曲管ユニットとの間に接続される第3の曲管ユニットを備え、第3の曲管ユニットは、円筒状の外筒と、外筒の内周側において当該外筒と同軸上に設けられ、軸方向両端部が外筒の軸方向両端部に固定されたゴム部材から成る円筒状の内筒と、内筒と外筒との間に加圧用媒体を供給するための加圧用通路とを備え、軸線を通り、かつ、当該軸方向に平行な面で切ったときの外筒及び内筒の縦断面形状が、矩形である円筒部と、当該円筒部の軸方向一方側及び他方側にそれぞれ位置する直角三角形である斜面部とを有し、軸方向一方側に位置する斜面部を構成する斜辺が円筒部の軸方向一方側に向き、軸方向他方側に位置する斜面部を構成する斜辺が円筒部の軸方向他方側に向く等脚台形状であり、互いに隣接する各曲管ユニット同士が、互いの軸線が交差するように斜辺が互いに対向した状態で接続される構成としてもよい。

40

【0007】

また、他の構成として、前記内筒に、当該内筒の周面に沿って軸線方向の一方の側から他方の側に延長し、導入された圧力により内筒に折れ目を誘発する拘束体又はゴム異形部

50

が内筒の周方向に複数設けられた構成とした。

本構成によれば、直管ユニットとほぼ同じ閉口率や体積排除率を確保しつつ、内筒内に流入した流体を流入方向とは異なる方向に排出することができる。

【0008】

また、他の構成として、ゴム異形部が、当該内筒を形成するゴムが当該内筒の径方向外側に突出することで当該内筒の内側に形成されるガイド溝、もしくは、当該内筒の外周側から当該内筒の径方向外側に突出するゴム部材を備えた肉厚部である構成とした。

これにより、カーボンロービング繊維などの拘束体を用いることなく、内筒の変形を確実に拘束することができる。したがって、内筒をゴムのみで製造できるので、内筒の作製が容易となるだけでなく、製造時のバラツキも小さくなる。また、拘束体とゴムとの間に亀裂が発生して内筒が裂開することがないので、内筒の耐久性が向上する。

なお、本構成の「ゴム異形部」とは、内筒を構成するゴムを変形させて形成された箇所、内筒を構成するゴムの肉厚を変えた箇所、或いは、内筒にゴム部材を貼り付けて肉厚とした箇所をも含む。

【0009】

また、他の構成として、内筒の内周側に、当該内筒の径方向内側に突出する内側突出部が複数形成された構成とした。

これにより、拘束体もしくはゴム異形部で分割された内筒の各部分を均一に膨張させることができるとともに、内側突出部により内筒で閉鎖されていない空間を埋めて閉口率をほぼ100%にして流体の搬送効率を向上させることができる。また、逆に膨張時に内側突出部同士を当接させることにより、分割された内筒の各部分の間に網目状の隙間を形成でき、固液混合物を濾過するなど、流体の搬送状態を制御することができる。

なお、上述した各発明の概要は、本発明の必要な全ての特徴を列挙したのではなく、これらの特徴群のサブコンビネーションもまた、発明となり得る。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の実施の形態に係る曲管ユニットの構成を示す図である。

【図2】曲管ユニットの内筒の断面図である。

【図3】曲管ユニットのフランジの形状を示す図である。

【図4】曲管ユニットの内筒の詳細を示す図である。

【図5】曲管ユニットの接続方法の一例を示す図である。

【図6】曲管ユニットの接続方法の他の例を示す図である。

【図7】中間ユニットの構成を示す図である。

【図8】本発明の実施の形態に係る曲管型ポンプの構成を示す図である。

【図9】圧搾空気給排手段の構成を示す図である。

【図10】曲管型ポンプの動作を説明するための図である。

【図11】閉口率を説明するための図である。

【図12】体積排除率を説明するための図である。

【図13】ポンプユニットの圧力と閉口率及び体積排除率との関係を示す図である。

【図14】ポンプユニットの閉口率の立ち上がり特性及び立ち下がり状態を示す図である

【図15】ポンプユニットの体積排除率の時間変化を示す図である。

【図16】ガイド溝を有する内筒の構成を示す図である。

【図17】ガイド溝を有する内筒の動作を説明するための図である。

【図18】肉厚部を有する内筒の構成を示す図である。

【図19】内側突出部を有する内筒の構成を示す図である。

【図20】内側突出部の他の構成を示す図である。

【図21】真空ポンプを備えた直管ユニットの構成を示す図である。

【図22】内側突出部を有する内筒の他の構成を示す図である。

【図23】内側突出部の濾過作用を説明するための図である。

10

20

30

40

50

【図 2 4】従来の直管ユニットの構成を示す図である。

【図 2 5】従来の直管ユニットの動作を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、実施の形態を通じて本発明を詳説するが、以下の実施の形態は特許請求の範囲に係る発明を限定するものでなく、また、実施の形態の中で説明される特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。

【0012】

図 1 (a) , (b) は、実施形態に係るポンプユニットの一例としての曲管ユニット 10 の構成を示す図である。曲管ユニット 10 は、外筒 11 と、外筒 11 の内周側に設けられたゴム部材から成る内筒 12 と、内筒 12 の軸方向両端部を外筒 11 の軸方向両端部にそれぞれ固定する固定部材としての正円フランジ 13 a 及び楕円フランジ 13 b と、外筒 11 と内筒 12 との間に設けられた加圧用通路としてのチャンバー 14 と、チャンバー 14 に圧搾空気を導入するための空気導入溝 15 と、一端が空気導入溝 15 に連通する空気導入管 16 とを備える。なお、同図の符号 17 は、内筒 12 に設けられた拘束体である。

【0013】

外筒 11 は、金属もしくはアクリル等の合成樹脂などの圧搾空気の圧力によって容易に変形しない材料から構成される。

内筒 12 を構成するゴム部材としては、例えば、天然ラテックスゴムやシリコンゴムなどが好適に用いられる。本例では、ゴム部材として低アンモニア天然ラテックスゴムを用いた。

内筒 12 は、図 2 に示すように、当該内筒 12 の軸線を通りかつ軸方向に平行な面で切ったときの縦断面形状が軸方向に直交する辺を有する直角台形をなしている。すなわち、内筒 12 は、縦断面形状が矩形である円筒部 12 a と縦断面形状が直角三角形である斜面部 12 b とを有する。

以下、内筒 12 の円筒部 12 a の直径（内径）を d 、軸線方向の長さの最小値である円筒部 12 a の軸線方向の長さを l_{min} 、円筒部 12 a の軸線に垂直な面（円形の面）と斜面部 12 b の軸線と交差する面（楕円形の面）との成す角を傾斜角 θ とする。

内筒 12 の側面を内筒 12 の径方向外側から覆う外筒 11 は、内筒 12 と同様に縦断面形状が矩形である円筒部 11 a と、縦断面形状が直角三角形である斜面部 11 b とを有する。なお、外筒 11 の傾斜角は内筒 12 の傾斜角 θ と同じである。

【0014】

図 3 に示すように、正円フランジ 13 a は円形の中空部 13 p を有し、外筒 11 と内筒 12 のそれぞれの円筒部 11 a , 12 a の一端側が取り付けられる。一方、楕円フランジ 13 b は楕円形の中空部 13 q を有し、外筒 11 と内筒 12 のそれぞれの斜面部 11 b , 12 b の一端側が取り付けられる。

本例では、図 1 (b) に示すように、外筒 11 の外縁部をフランジ 13 a , 13 b に設けられた中空部 13 p , 13 q の内周側の内縁部に設けられた溝 13 m にそれぞれ固定するとともに、内筒 12 の外縁部をフランジ 13 a , 13 b の外周側の内縁部に設けられた溝 13 n にそれぞれ固定している。なお、外筒 11 と内筒 12 とをフランジ 13 a , 13 b に固定する方法はこれに限るものではなく、内筒 12 の外縁部を外筒 11 に固定するなど、他の固定方法を採用してもよい。

【0015】

図 1 (b) に示すように、チャンバー 14 は、外筒 11 と内筒 12 との間に設けられて、空気導入管 16 から空気導入溝 15 を通って供給される加圧用媒体としての圧搾空気を収納する空間である。圧搾空気の導入前、もしくは、圧搾空気の排出後には、外筒 11 の内面側（径方向内側）と内筒 12 の外面側（径方向外側）との間に隙間がなく、チャンバー 14 が閉じられた状態となる。

空気導入溝 15 は、外筒 11 の内面側（チャンバー 14 側）に設けられる。空気導入溝 15 には空気導入管 16 が取り付けられており、図示しない圧搾空気給排手段から送られて

10

20

30

40

50

きた圧搾空気は前記空気導入管 16 から空気導入溝 15 を通ってチャンバー 14 内に導入される。

【0016】

図4(a)にも示すように、内筒12には、周方向に間隔を隔てて、内筒12の軸線方向と平行な方向に沿って延長する複数の拘束体17が設けられている。

本例では、拘束体17として、細くて強度の高いカーボンローピング繊維を用いるとともに、内筒12を低アンモニア天然ラテックスゴムから構成した。拘束体17は、曲管ユニット10の内部の膨張変形を安定させる役割を果たすもので、拘束体17の本数*i*としては、内筒12を膨張させたときに曲管ユニット10の内部(内筒12の内部)が完全に閉鎖されて緩みがない、という条件から、*i* = 4である。本例では、拘束体17の本数を、前述の条件を満たす最小の本数である4本に設定した。

10

これにより、膨張時には、曲管ユニット10の内筒12を構成するゴム部材に拘束体17を起点に折り目が発生し、この折り目により、内筒12が周方向に複数(ここでは、4つ)の部分に区画される。つまり、拘束体17は、導入された圧力により内筒12に折れ目を誘発する部材として機能する。

【0017】

拘束体17により区画されたゴム部材のうち、円筒部12aのゴム部材を帯状ゴム部材12gとすると、帯状ゴム部材12gは、軸方向の長さが l_{min} で、周方向の長さが d/i である長方形を直径*d*の円筒の側面に貼り付けたものである。

圧搾空気の導入時には、図4(b)に示すように、前記帯状ゴム部材12gが、それぞれ、符号 $t_1 \sim t_i$ で示す1本目～*i*本目の拘束体を節として、曲管ユニット10の中心軸に向かって膨張する。

20

なお、これまでの実験の結果、曲管ユニット10に用いられる内筒12においても、軸方向から見た場合、ゴムの膨張の頂点の位置は、図25に示した従来の直管ユニット50の内筒52と変わらないので、閉鎖率や体積排除率などに内部閉鎖条件についても直管ユニット50の場合と同じ条件が適用可能である。

【0018】

ところで、内筒12を膨張させたときのユニット内部の閉鎖割合である閉鎖率やユニット内部の体積変化の割合である体積排除率を確保するためには、帯状ゴム部材12gの軸方向長さ l_{min} は、(イ)前記帯状ゴム部材12gに折れ目ができないという条件と(ロ)ユニット内部が完全に閉鎖されるという条件を満たす必要がある。

30

そこで、帯状ゴム部材12gのアスペクト比を変えて膨張実験を行った結果、前記(イ)及び(ロ)の条件を同時に満たすためには、内筒12の円筒部12aの直径*d*と軸方向の長さを l_{min} の比である円筒部アスペクト比*n*が以下の式(1)を満たす必要があることが分かった。

【数1】

$$n = \frac{l_{min}}{d} \geq \frac{\pi}{i} - \frac{1}{2} \tan \phi \left(1 - \cos \frac{\pi}{i} \right) \dots\dots(1)$$

40

但し、*i*は拘束体17の本数

本例では、内筒12の円筒部12aの直径(内径)*d*と軸線方向の長さの最小値である円筒部12aの軸線方向の長さ l_{min} と、円筒部12aの軸線に垂直な面(円形の面)と斜面部12bの軸線と交差する面(楕円形の面)との成す角を傾斜角 ϕ とを、上記式(1)を満たすように設定した。

このように、曲管ユニット10の内筒12の寸法を設定すれば、曲管ユニット10に流入した流体の搬送方向を傾斜角 ϕ だけ傾いた方向に排出することが可能となる。

【0019】

図5(a)に示すように、曲管ユニット10は、1個でも流体の搬送方向を変更することが可能であるが、例えば、円筒部12a側を流入側とし、斜面部12b側を排出側とし

50

た場合、排出側の中空部の形状が楕円になってしまうので、流入側に接続する直管ユニット50と同じ直管ユニットを排出側に接続することが困難である。

そこで、曲管ユニット10を用いて流体の搬送方向を変更する場合には、図5(b)に示すように、2個の曲管ユニット10を用いることが実用上好ましい。これにより、流入側の直管ユニット50Aと排出側の直管ユニット50Bとに従来の直管ユニット50を使用することができるとともに、流体を同図の一点鎖線で示す曲率半径がRの仮想曲管ユニット10Rとほぼ同等の流路で搬送することができるので、流体をスムーズに搬送することができる。なお、この場合の搬送方向の変更角度 θ は、傾斜角 ϕ の2倍となる。

【0020】

ところで、搬送方向の変更角度 θ が大きい(例えば、45°以上)場合には、図6(a)に示すように、2個の曲管ユニット10では、流体を仮想曲管ユニット10Rに沿って搬送することが困難となる。そこで、図6(b), (c)に示すように、流体の流入側に配置される曲管ユニットである第1の末端ユニット10Aと排出側に配置される曲管ユニットである第2の末端ユニット10Bとの間に、円筒部12aの両側に斜面部12bを有する曲管ユニット10Cを設けるようにすれば、流体をスムーズに搬送することができる。以下、曲管ユニット10Cを中間ユニットと呼ぶ。

【0021】

図7(a), (b)は中間ユニット10Cの一構成例を示す図で、中間ユニット10Cの内筒12'は、当該内筒12'の軸線を通り、かつ、軸方向に平行な面で切ったときの縦断面形状が等脚台形をなしている。すなわち、内筒12'は、縦断面形状が矩形である円筒部12a'と、縦断面形状が直角三角形である2つの斜面部12b'とを有している。なお、中間ユニット10Cが1個である場合には、傾斜角 ϕ 'は末端ユニット10A; 10Bの傾斜角 ϕ に等しい。

内筒12'の軸方向の周囲を覆う外筒11'の形状は、内筒12'の形状と同じく、円筒部と斜面部とを備える。なお、図は省略するが、中間ユニット10Cの内筒12'にも、内筒12に設けられた拘束体17と同様の拘束体が設けられている。

また、中間ユニット10Cは、楕円形の中空部13qを有し、その形状が末端ユニット10A; 10Bの楕円フランジ13bの形状と同一の2つの楕円フランジ13cを備え、第1及び第2の末端ユニット10A, 10Bの楕円フランジ13bと連結される。

【0022】

図8は、流体の流入側に配置される第1の末端ユニット10Aと、流体の排出側に配置される第2の末端ユニット10Bと、第1の末端ユニット10Aと第2の末端ユニット10Bを連結する中間ユニット10Cとを備えた曲管型ポンプ1を示す図である。

第1及び第2の末端ユニット10A, 10Bと中間ユニット10Cとは、第1及び第2の末端ユニット10A, 10Bの楕円フランジ13b, 13bと、中間ユニット10Cの楕円フランジ13cとを図示しないボルト及びナットなどの締結部材により締結することで連結される。

流体の搬送方向を角度 θ だけ変更するには、曲管型ポンプ1の第1の末端ユニット10Aと第2の末端ユニット10Bとを曲率半径がR、円周角が ϕ である円弧の両端部に配置する。このとき、末端ユニット10A, 10Bの内筒12の傾斜角 ϕ は、曲率半径Rと円筒部アスペクト比nが与えられれば、以下の式(2)により決定される。

【数2】

$$R = \left(\frac{1}{2 \cos \phi} + \frac{n}{\sin \phi} \right) d \quad \dots\dots (2)$$

$$n = \frac{\pi}{i} - \frac{1}{2} \tan \phi \left(1 - \cos \frac{\pi}{i} \right)$$

なお、中間ユニット10Cの傾斜角 ϕ 'は、末端ユニット10の傾斜角 ϕ と同じであっ

10

20

30

40

50

てもよいし、傾斜角 よりも小さくてもよい。

【 0 0 2 3 】

また、曲管型ポンプ 1 の曲がりの度合いである曲率半径 R が、内筒 1 2 の円筒部 1 2 a の直径 d の 1.6 倍に満たないような急な曲がりである場合には、円筒部アスペクト比 n が、前述の式 (1) で示した条件を満たさない場合があるので、直管ユニットとほぼ同等の閉口率や体積排除率を確保して流体をスムーズに搬送するためには、第 1 の末端ユニット 1 0 A と第 2 の末端ユニット 1 0 B とを、 $R = 1.6 d$ であるような曲率半径 R を有する円弧の両端に配置することが好ましい。

逆に、配管の曲率半径 R が予め設定されている場合には、内筒 1 2 の円筒部 1 2 a の直径 d を、 $d < (R / 1.6)$ を満たすように設定する。これにより、必要な閉口率と体積排除率とを得ることができるので、流体をスムーズに搬送することができる。

10

【 0 0 2 4 】

図 9 は、曲管型ポンプ 1 を動作させるための圧搾空気給排手段 2 を示す図である。

圧搾空気給排手段 2 は、圧搾空気を供給するエアコンプレッサー 2 1 と、比例電磁弁 2 2 A ~ 2 2 C と、比例電磁弁 2 2 A ~ 2 2 C を制御する制御手段 2 3 と、エアチューブ 2 4 A ~ 2 4 C とを備える。

圧搾空気給排手段 2 では、制御手段 2 3 に予め記憶された電磁弁制御プログラムに基づいて比例電磁弁 2 2 A ~ 2 2 C を制御する制御信号を比例電磁弁 2 2 A ~ 2 2 C に送って、各ユニット 1 0 A ~ 1 0 C の内筒 1 2 , 1 2 ' の膨張・収縮を制御する。比例電磁弁 2 2 A ~ 2 2 C は、エアコンプレッサー 2 1 から排出される一定圧力の圧搾空気の空気圧を、制御信号に応じた圧力に調整する。

20

本例では、エアチューブ 2 4 A ~ 2 4 C により、比例電磁弁 2 2 A ~ 2 2 C と曲管型ポンプ 1 の末端ユニット 1 0 A , 1 0 B 及び中間ユニット 1 0 C の各空気導入管 1 6 との間をそれぞれ連結することにより、各ユニット 1 0 A ~ 1 0 C のチャンバー 1 4 内に供給する圧搾空気の圧力を独立に印加するようにしている。

【 0 0 2 5 】

次に、曲管型ポンプ 1 の動作について説明する。

まず、図 1 0 (a) に示すように、第 1 の末端ユニット 1 0 A 側から第 1 の末端ユニット 1 0 A 内へ流体を注入する。このとき、各比例電磁弁は閉状態にあり、各ユニット 1 0 A ~ 1 0 C の内筒 1 2 , 1 2 ' はいずれも収縮した状態にある。

30

次に、図 1 0 (b) に示すように、エアチューブ 2 4 A が連結されている比例電磁弁 2 2 A を開放して末端ユニット 1 0 A のチャンバー 1 4 内に圧搾空気を送り、第 1 の末端ユニット 1 0 A の内筒 1 2 のみを膨張させて、第 1 の末端ユニット 1 0 A の内筒 1 2 内の流体を中間ユニット 1 0 C の内筒 1 2 ' 内に押し出す。

次に、図 1 0 (c) に示すように、第 1 の末端ユニット 1 0 A の内筒 1 2 を膨張させたまま、エアチューブ 2 4 C が連結されている比例電磁弁 2 2 C を開放して中間ユニット 1 0 C のチャンバー 1 4 に圧搾空気を送り、中間ユニット 1 0 C の内筒 1 2 ' を膨張させて、中間ユニット 1 0 C 内の流体を第 2 の末端ユニット 1 0 B の内筒 1 2 内に押し出す。

次に、図 1 0 (d) に示すように、中間ユニット 1 0 C の内筒 1 2 ' を膨張させたまま、エアチューブ 2 4 B が連結されている比例電磁弁 2 2 B を開放して中間ユニット 1 0 C のチャンバー 1 4 内に圧搾空気を送り、第 2 の末端ユニット 1 0 B の内筒 1 2 を膨張させて、第 2 の末端ユニット 1 0 B 内の流体を曲管型ポンプ 1 の外部へ排出する。

40

このとき、エアチューブ 2 4 A が連結されている比例電磁弁 2 2 A を閉鎖するとともに、エアチューブ 2 4 A に連結されている図示しない開放弁を開放する。これにより、第 1 の末端ユニット 1 0 A の内筒 1 2 は、ゴム部材の復元力により収縮するので、曲管型ポンプ 1 内には新たな流体が導入される。

次に、図 1 0 (e) に示すように、中間ユニット 1 0 C の内筒 1 2 ' を縮小させるとともに、第 1 の末端ユニット 1 0 A の内筒 1 2 を膨張させて、第 1 の末端ユニット 1 0 A の内筒 1 2 内の流体を中間ユニット 1 0 C の内筒 1 2 ' 内に押し出す。

次に、図 1 0 (f) に示すように、第 2 の末端ユニット 1 0 B の内筒 1 2 を縮小させる

50

とともに、中間ユニット10Cの内筒12'を膨張させて、中間ユニット10C内の流体を第2の末端ユニット10Bの内筒12内に押し出す。

図10(f)の状態は、前記の図10(c)の状態と同じである。したがって、次には、図10(d)に示すように、中間ユニット10Cの内筒12'を膨張させたまま第2の末端ユニット10Bの内筒12を膨張させて、第2の末端ユニット10B内の流体を曲管型ポンプ1の外部へ排出するとともに、第1の末端ユニット10Aの内筒12を同時に収縮させることにより、曲管型ポンプ1内に新たな流体を導入するようにすればよい。

以下、図10(d)~図10(f)の動作を繰り返すことにより、第1の末端ユニット10A内へ注入された流体を第2の末端ユニット10Bから排出する。これにより、流体を流入方向とは異なる方向へ排出することができる。

10

【0026】

[実験例]

以下に示すような寸法仕様の末端ユニットと中間ユニットとを試作し、その性能について、直管ユニットと比較した。なお、直管ユニットとしては、図24に示した従来の直管ユニット50よりも輸送効率の高い蠕動運動型の直管ユニットを用いた。蠕動運動型の直管ユニットは、内筒及び外筒として、ゴム部材から成る筒状体に筒状体の軸方向に平行な方向に延長する複数の繊維(カーボンロービング繊維)から成る繊維層を内包した人工筋肉を使用したもので、内筒がユニットの内部方向(求心方向)に膨張し、外筒が外部方向(放射方向)に膨張する。

末端ユニットの仕様

20

円筒部の最小長さ l_{min} [mm]

; 60

円筒部の直径 d [mm] ; 60

内筒の厚さ [mm] ; 1.5

拘束体の本数 ; 4本

傾斜角 θ_n [rad.] ; $\pi/8$

外筒の直径 D [mm] ; 94

中間ユニットの仕様

円筒部の最小長さ l_{min} [mm]

; 60

円筒部の直径 d [mm] ; 60

内筒の厚さ [mm] ; 1.5

拘束体の本数 ; 4本

傾斜角 θ_n [rad.] ; $\pi/8$

外筒の直径 D [mm] ; 94

直管ユニットの仕様

内筒及び外筒の長さ l [mm] ; 60

内筒及び外筒の直径 d [mm] ; 60

内筒及び外筒の厚さ [mm] ; 1.5

【0027】

40

評価パラメータは、(1)閉口率、(2)体積排除率、(3)時間応答、の3つとした。

閉口率 R_L [%] は、内筒が膨張したときのユニット内部の閉鎖割合を表す量で、図11(a), (b)に示すように、ユニットを軸方向から見たときの通常時である内筒の縮小時の開口面積を S_0 [m^2]、膨張時の開口面積を S_p [m^2] としたときに、以下の式(3)で表される。

$$R_L [\%] = \{ (S_0 - S_p) / S_0 \} \times 100 \dots \dots (3)$$

閉口率 R_L [%] は、ユニットの弁としての性能を表している。

体積排除率 R_E [%] は、内筒が膨張したときのユニット内部の体積変化の割合を表す量で、図12(a), (b)に示すように、通常時の内部体積を V_0 [m^3]、膨張時の内

50

部体積を V_p [m^3] としたときに、以下の式 (4) で表される。

$$R_E [\%] = \{ (V_0 - V_p) / V_0 \} \times 100 \dots\dots (4)$$

体積排除率 R_E [%] は、ユニット内部の流体を押し出す効率を表している。

【 0 0 2 8 】

図 1 3 (a) は内筒と外筒間に導入した圧搾空気の圧力 [MPa] と閉口率 R_L [%] との関係を示す図で、図 1 3 (b) は圧力 [MPa] と体積排除率 R_E [%] との関係を示す図である。各図において、 \square が直管ユニットのデータ、 \triangle が末端ユニットのデータ、 \diamond が中間ユニットのデータである。

図 1 3 (a) に示すように、閉口率 R_L は、末端ユニットも中間ユニットも、直管ユニットとほぼ同じく、印加圧力が約 0 . 0 2 [MPa] 付近から収束し始め、約 0 . 0 3 [MPa] でほぼ 1 0 0 % になることがわかった。

また、図 1 3 (b) に示すように、直管ユニットの体積排除率 R_E は、印加圧力が約 0 . 0 2 [MPa] 付近から収束し始め、約 0 . 0 3 [MPa] でほぼ 1 0 0 % になるのに対し、末端ユニット及び中間ユニットでは、印加圧力が約 0 . 0 3 [MPa] 付近から収束し始め、約 0 . 0 4 [MPa] でほぼ 9 0 % になった。

【 0 0 2 9 】

また、図 1 4 (a) は立ち上がり時間 [sec.] と閉口率 R_L [%] との関係を示す図で、図 1 4 (b) は立ち下がり時間 [sec.] と閉口率 R_L [%] との関係を示す図で、各図において、一点鎖線が直管ユニットのデータ、実線が末端ユニットのデータ、破線が中間ユニットのデータである。図 1 4 (a) , (b) から、立ち上がり応答は末端ユニット及び中間ユニットがよく、立ち下がり応答は直管ユニットがよいことわかる。これは、直管ユニットの内管として弾性の高い人工筋肉を使用したことによると考えられる。

また、図 1 5 は、立ち上がり時間 [sec.] と体積排除率 R_E [%] との関係を示す図で、図に示すように、末端ユニット及び中間ユニットのように傾斜部を有する部材であっても、安定した応答で、直管ユニットの約 9 0 % の体積排除率 R_E が得られる。

このように、本発明による末端ユニット及び中間ユニットは、直管ユニットとほぼ同等の圧力応答特性を示すことが確認された。

【 0 0 3 0 】

以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は前記実施の形態に記載の範囲には限定されない。前記実施の形態に、多様な変更又は改良を加えることが可能であることが当業者にも明らかである。そのような変更又は改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲から明らかである。

【 0 0 3 1 】

例えば、前述の実施形態では、拘束体 1 7 の本数を 4 本に設定して内筒 1 2 , 1 2 ' のゴム部材を 4 つに区画したが、5 つ以上にしてもよい。但し、拘束体 1 7 の本数を多くすると、拘束体 1 7 により区画された各帯状ゴム部材 1 2 g をユニット 1 0 A ~ 1 0 C の中心軸付近まで膨張させるのに高い圧力を必要とするので、拘束体 1 7 の本数は、4 ~ 6 程度にすることが好ましい。

【 0 0 3 2 】

また、前述の実施形態では、カーボンロービング繊維から成る拘束体 1 7 により内筒 1 2 , 1 2 ' のゴム部材の変形を拘束することで、内筒 1 2 , 1 2 ' のゴム部材を周方向に複数個に区画したが、ゴム部材に、ゴムを変形させて形成された箇所やゴムの肉厚を変えた箇所、もしくは、ゴム部材を貼り付けた箇所などのような、導入された圧力により折れ目を誘発するゴム異形部を設けて、内筒のゴム部材の変形を拘束してもよい。

ゴム異形部は、内筒の周方向に等間隔に、かつ、内筒の軸方向に平行な方向に沿って延長するように、複数個設けられる。

【 0 0 3 3 】

図 1 6 (a) , (b) は、ゴム異形部の一例としてのガイド溝 3 1 が形成された第 1 及び第 2 の末端ユニット 1 0 A , 1 0 B の内筒 3 0 を示す図である。ガイド溝 3 1 は、内筒 3 0 を形成するゴムを当該内筒 3 0 の径方向外側に突出させたもので、これにより、内筒

10

20

30

40

50

30の内面側には、例えば、縦断面形状が、溝底部の角度が直角である直角二等辺三角形などの三角形の溝が形成される。なお、図示は省略するが、中間ユニット10Cの内筒30'にも、内筒30と同様のガイド溝31が設けられている。

なお、図16では、ガイド溝31を内筒30の周方向に等角度に4本設けたが、拘束体17における好ましい本数と同様に、4~6本程度にすること望ましい。

また、ガイド溝31は、内筒30の軸方向に沿って平行に延在するものであって、その位置としては、円筒部30aの中央部付近であることが好ましい。

また、ガイド溝31の長さ l_g としては、円筒部30aの軸方向の長さ l_{min} の50%程度であれば、膨張時に内筒30(内筒30')のゴム部材を周方向に複数個(ここでは、4個)に区画することができる。

また、ガイド溝31を、軸方向に沿って連続して延長する形態とするのではなく、軸方向に沿って所定の間隔を空けて延長する形態としてもよい。

【0034】

拘束体17が設けられた内筒12, 12'では、図4(b)に示すように、拘束体17を起点に膨張し、当該拘束体17によって周方向に複数個に区画するような膨張変形を起こさせたが、内筒30, 30'では、ガイド溝31が内筒30, 30'を周方向に複数個に区画するような膨張変形を誘起する。

すなわち、内筒30内に圧搾空気を導入すると、図17(a)に示すように、内筒30の図示しない加圧用通路14側の面に対しては垂直な方向に空気圧Pが作用して内筒30は膨張する。このとき、円筒面から鋭角に突き出たガイド溝31には、ガイド溝31の壁面に垂直な方向の空気圧が作用する。したがって、ガイド溝31は、溝壁面同士が近づく(溝が潰れる)方向に変形し、その結果、内筒30にはガイド溝31を起点に折り目が発生する。なお、図示は省略するが、内筒30'の動作についても同様である。

したがって、図17(b)に示すように、ガイド溝31は、内筒12, 12'に設けられた拘束体17と同様に、内筒30, 30'を周方向に複数個に区画するような膨張変形を誘起することができる。

【0035】

したがって、内筒12, 12'に代えて、導入された圧力により折れ目を誘発するゴム異形部としてのガイド溝31を備えた内筒30, 30'を用いれば、カーボンロービング繊維などの拘束体17を用いることなく、内筒30, 30'の変形を確実に拘束できる。

また、内筒30, 30'をゴムのみで製造できるので、内筒30, 30'を一体成型で作製することができる。したがって、製造が容易となるだけでなく、製造時のバラツキも小さくなる。

なお、導入された圧力により折れ目を誘発するゴム異形部としては、図18(a)に再掲する前記のガイド溝31に限るものではなく、図18(b)に示すような、内筒30の外周側から当該内筒30の径方向外側に突出する突起32aを有する肉厚部32であってもよい。突起32aは、前述のガイド溝31と同様に、内筒30の軸方向に沿って平行に延在するものであって、その位置は、円筒部30aの中央部付近であることが好ましい。

【0036】

このような肉厚部32を有する内筒30内に圧搾空気を導入すると、圧搾空気が導入される側である内筒30の外周面側には突起32aが設けられているので、圧搾空気は突起32aから周囲の円筒部方向に流れを変え、突起32aの周り円周部を膨張させようとする。その結果、ガイド溝31を設けた場合と同様に、内筒30に肉厚部32を起点とした折り目を発生させることができる。

なお、肉厚部32を、内筒30の外周面に軸方向に平行な方向に延長するゴム部材を貼り付けて形成してもよい。また、貼り付けるゴム部材としては、内筒30を形成するゴム部材と同じゴム部材を用いてもよいし、異種ゴムから成るゴム部材を用いてもよい。異種ゴムから成るゴム部材を用いる場合には、内筒30を形成するゴム部材よりも弾性率の高いゴム部材を用いることが好ましい。

【0037】

また、図19(a)、(b)に示すように、内筒40(内筒40')に、当該内筒40の内周側に突出して軸方向に平行な方向に延長する複数の山形状の内側突出部42を、互いに隣接するガイド溝41とガイド溝41との中間に設けるようにすれば、閉口率をほぼ100%にすることができる。なお、ガイド溝41は、図16に示したガイド溝31と同一の構成である。

内側突出部42は、前述した突起32aとは異なり、内筒40のチャンバー14側とは反対側の面である内周面側に設けられている。すなわち、内側突出部42がある部分はチャンバー14側から見ると円筒なので、内筒40内に圧搾空気を導入すると、圧搾空気は内側突出部42がある部分にも面に垂直な方向の力を作用させる。しかし、内側突出部42近傍は周囲の円筒部よりも肉厚が厚いので、内筒40は内側突出部42の周囲のゴムよりもやや凹んだ状態で膨張する。この凹んだ部分は、内側突出部42の配置と同じなので、内筒40のガイド溝41により区画された各部分を均一に膨張させることができる。また、内側突出部42は内筒40の内周面側に設けられているので、内側突出部42自身が内筒40により閉鎖されていない空間を埋めることができる。その結果、閉口率をほぼ100%にすることができる。なお、内側突出部42の機能については、内筒40'についても同様である。

このように、閉口率をほぼ100%とすれば、例えば流体を鉛直方向上方に搬送するときなどに生じる、内筒40(内筒40')により閉鎖されていない微小穴からの流体の逆流をなくすことができるので、流体の搬送効率を更に向上させることができる。

【0038】

なお、内側突出部42の形状としては、前述した山形状の突起に限るものではなく、図20に示すような、円錐台状であってもよい。

また、内側突出部42は、必ずしも内筒40(内筒40')の周方向に延長している必要はなく、円錐台状の内側突出部42rのように、周方向中心部にある程度の大きさを有して設けられていればよい。なお、このような、周方向の長さが短い内側突出部42は、周方向に複数個設けることが好ましい。

また、上述した拘束体17を有する内筒12, 12'においても、複数の内側突出部42と同様の突起を当該内筒12, 12'の内周側で拘束体17の中間に設ければ、閉口率をほぼ100%にすることができる。

【0039】

ところで、内側突出部42を有し、閉口率がほぼ100%となる内筒40及び内筒40'を用いて構成した曲管ポンプにより、流体を鉛直方向上方に搬送する場合、流体の粘性によっては、内筒40, 40'の初期状態への復元が流体の粘性によって遅くなることや、復元不可能となるということが想定される。

そこで、高粘度流体を内側突出部42を有する内筒40, 40'を備えた曲管ポンプによって鉛直方向上方に搬送する場合には、図21に示すように、圧搾空気給排手段2に、エアポンプ(真空ポンプ)25とエアタンク26とエアレギュレータ27と3ポート電磁弁28A~28Cとから成る排気系を追加してチャンバー14内の空気を強制的に排気する構成とすれば、内筒40, 40'の復元を安定して行うことができるので、搬送効率を更に向上させることができる。

【0040】

同図に示すように、3ポート電磁弁28A~28Cは、エアチューブ24A~24Cと比例電磁弁22A~22Cとエアレギュレータ27とに接続されて、比例電磁弁22A~22Aとエアチューブ24A~24Cとの通路を開閉するとともに、エアレギュレータ27とエアチューブ24A~24Cとの通路を開閉する。

エアレギュレータ27とエアチューブ24A~24Cとの通路が開放されると、チャンパー14内に導入された圧搾空気は、真空ポンプ25により強制的に吸引され、その結果、チャンパー14内の圧力は、外気圧より低く設定されたエアレギュレータ27の設定圧力にまで減少する。エアレギュレータ27の設定圧力は、各ユニット10A~10C内(流路内)に発生する負圧に応じて設定される。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 1 】

このように、比例電磁弁 2 2 A ~ 2 2 C の閉鎖時において、チャンバー 1 4 内の空気を真空ポンプ 2 5 により強制的に吸引するようになれば、膨張状態にある内筒 4 0 , 4 0 ' の初期状態（圧搾空気導入前の状態）への復元を阻害する高粘性流体を搬送する場合であっても流体の粘性による復元力の低下をなくすことができ、内筒 4 0 , 4 0 ' を速やかに初期状態に戻すことができる。

【 0 0 4 2 】

なお、図 1 9 及び図 2 0 に示した内側突出部 4 2 , 4 2 r のように、内側突出部をガイド溝 4 1 とガイド溝 4 1 との間に 1 個だけ設けるようになれば、閉口率をほぼ 1 0 0 % にすることができるが、図 2 2 に示すように、円筒状の突起などから成る内側突出部 4 2 k をガイド溝 4 1 とガイド溝 4 1 との間に複数個設けるようになれば、曲管ユニット 1 0 に濾過機能を付与することができる。

10

すなわち、図 2 3 (a) に示すように、内筒 4 0 , 4 0 ' の膨張時には、ガイド溝 4 1 により区画された膨張領域のうち、互いに隣接する膨張領域の内側突出部 4 2 k 同士が当接して膨張領域の間に網目状の隙間が形成される。

よって、搬送される流体が固液混合物等である場合には、網目状の隙間の大きさよりも大きな固体は隙間を通過できず、液体と網目状の隙間の大きさよりも小さな固体のみが曲管ユニット 1 0 から排出されるので、曲管ユニット 1 0 に流入した固液混合物を濾過することができる。

また、図 2 3 (b) , (c) に示すように、内側突出部 4 2 k の大きさや個数を変更すれば網目の大きさを調整できるので、濾過する固体の大きさを選別することができる。つまり、内側突出部 4 2 k の大きさや個数を変更することにより流体の搬送状態を自在に制御することができる。

20

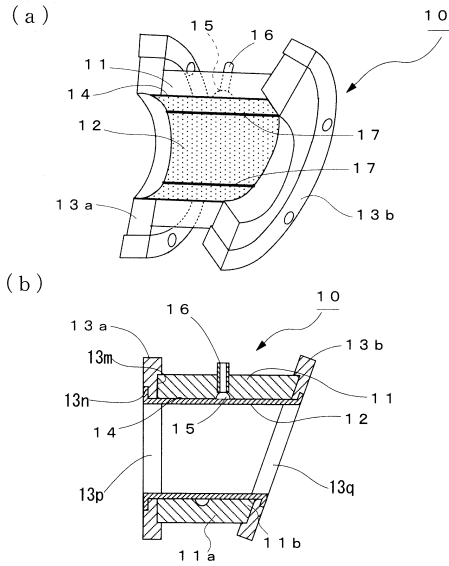
【符号の説明】

【 0 0 4 3 】

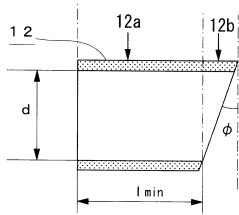
1 曲管型ポンプ、2 圧搾空気給排手段、1 0 曲管ユニット、
 1 0 A 第 1 の末端ユニット、1 0 B 第 2 の末端ユニット、1 0 C 中間ユニット、
 1 1 , 1 1 ' 外筒、1 1 a 外筒の円筒部、1 1 b 外筒の斜面部、
 1 2 , 1 2 ' , 3 0 , 3 0 ' , 4 0 , 4 0 ' 内筒、1 2 a 内筒の円筒部、
 1 2 b 内筒の斜面部、1 3 a 正円フランジ、1 3 b , 1 3 c 楕円フランジ、
 1 4 加圧用通路（チャンパー）、1 5 空気導入溝、1 6 空気導入管、
 1 7 拘束体、2 1 エアコンプレッサー、2 2 A ~ 2 2 C 比例電磁弁、
 2 3 制御手段、2 4 A ~ 2 4 C エアチューブ、2 5 真空ポンプ、
 2 6 エアタンク、2 7 エアレギュレータ、2 8 A ~ 2 8 C 3 ポート電磁弁、
 3 1 , 4 1 ガイド溝、3 2 肉厚部、3 2 a 突起、
 4 2 , 4 2 r , 4 2 k 内側突出部。

30

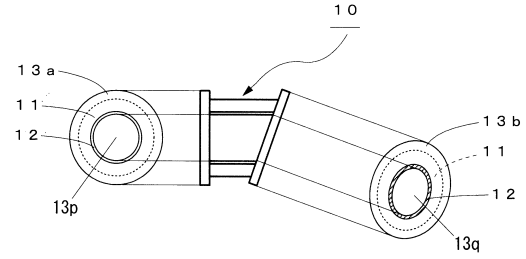
【図 1】



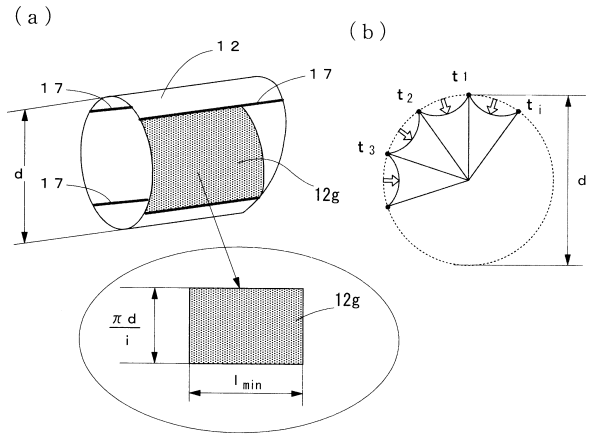
【図 2】



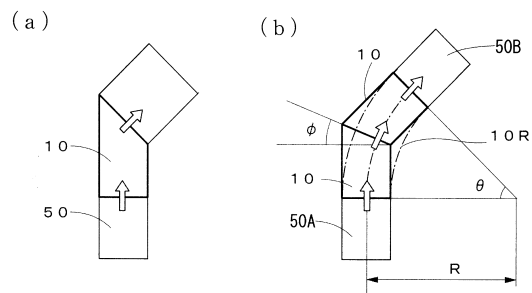
【図 3】



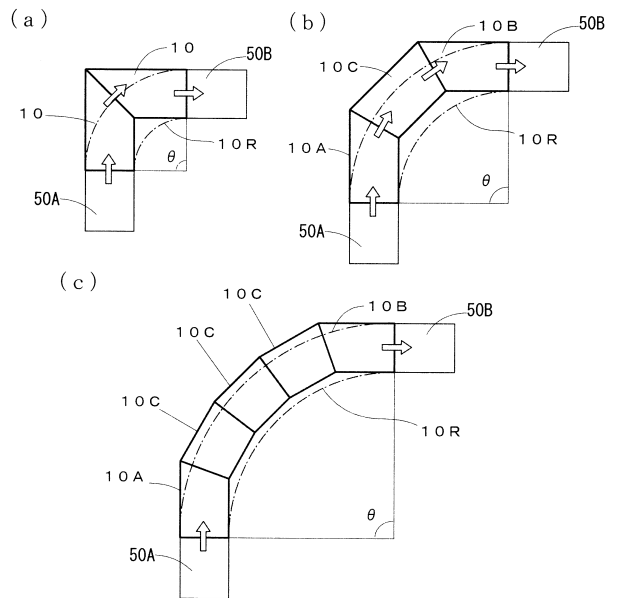
【図 4】



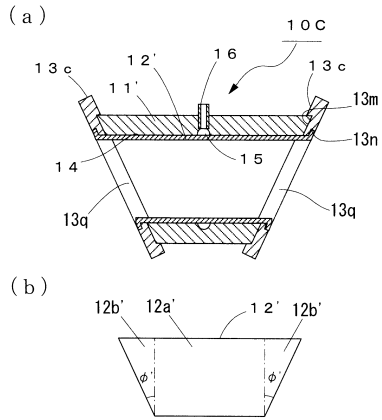
【図 5】



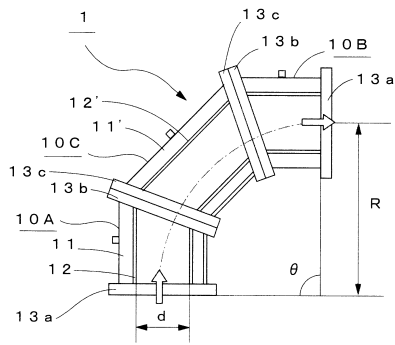
【図 6】



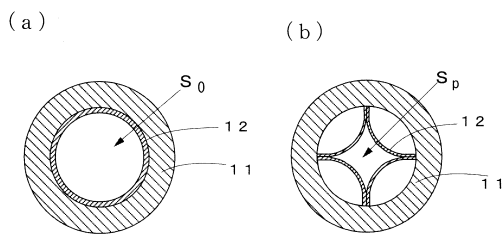
【図7】



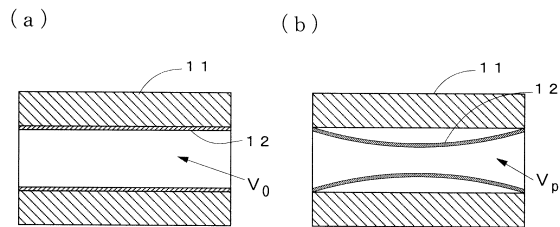
【図8】



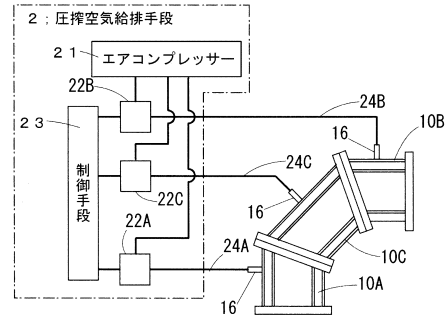
【図11】



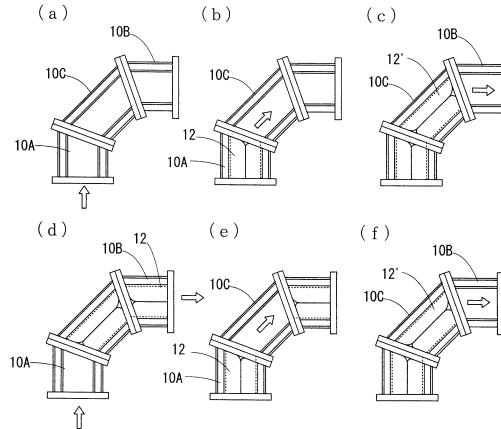
【図12】



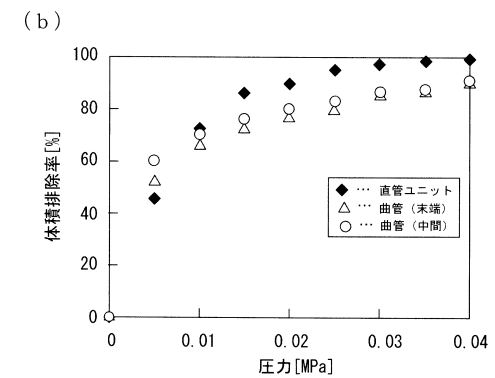
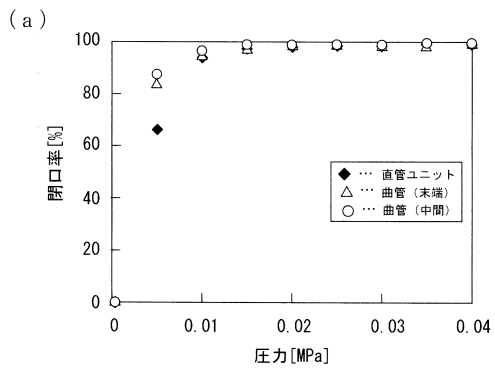
【図9】



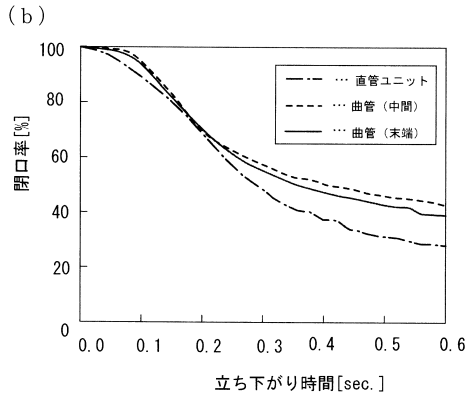
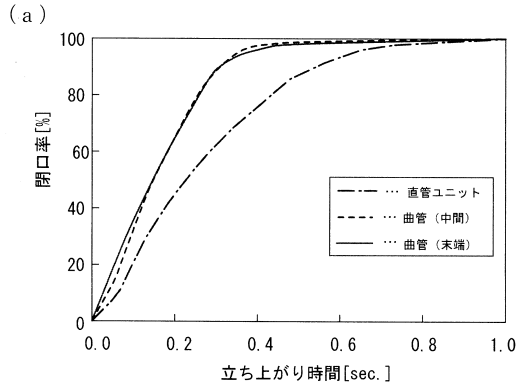
【図10】



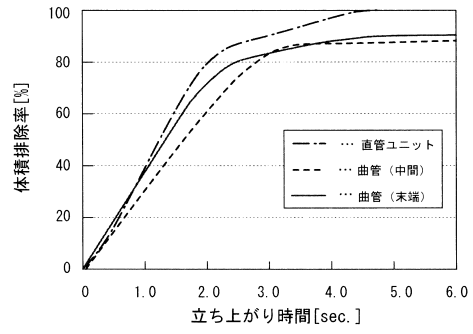
【図13】



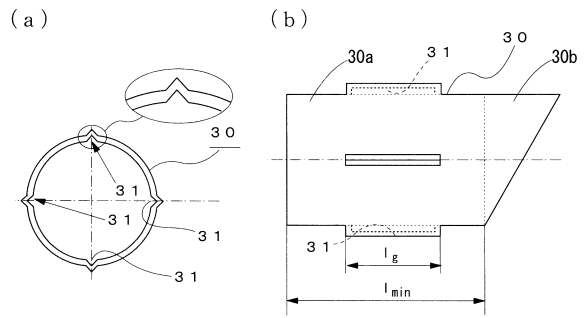
【図14】



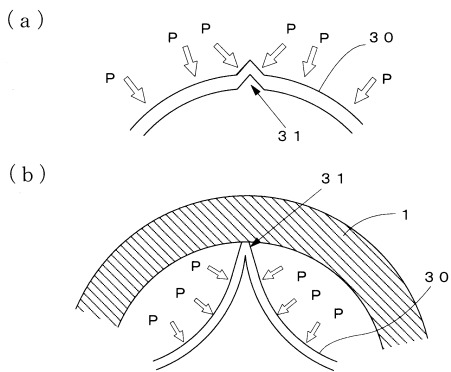
【図15】



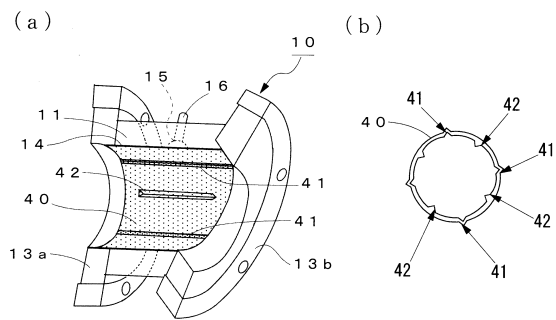
【図16】



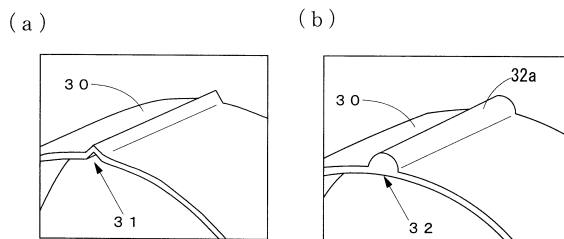
【図17】



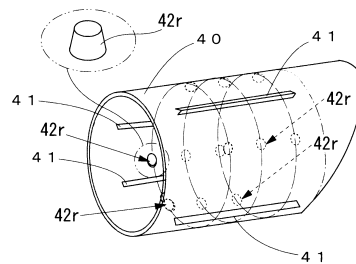
【図19】



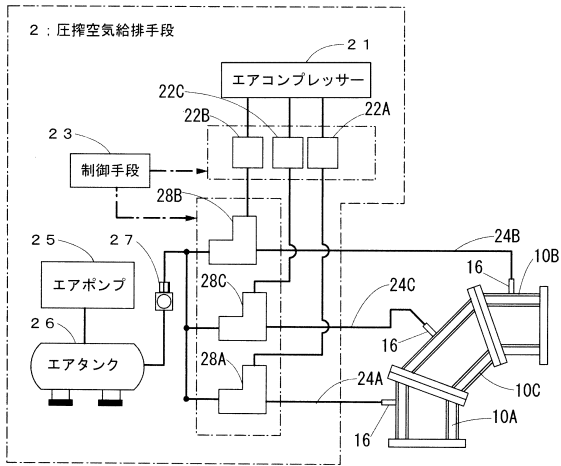
【図18】



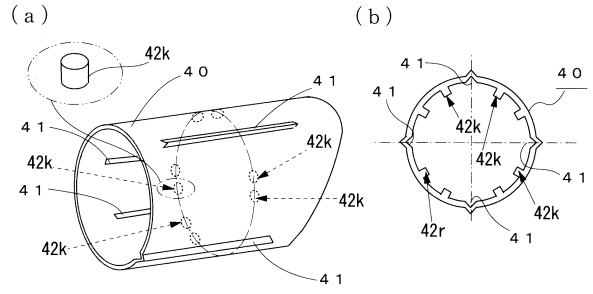
【図20】



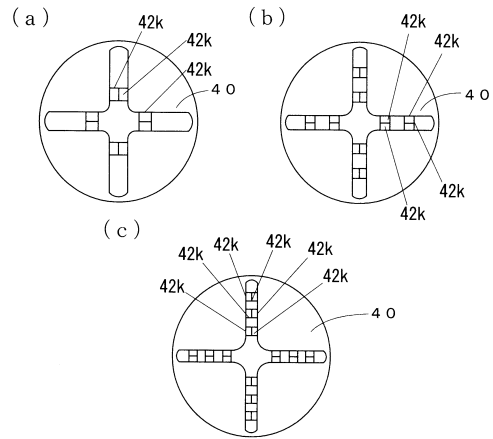
【図 2 1】



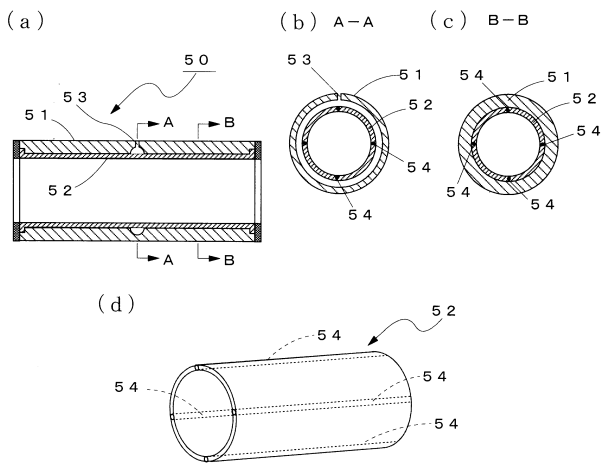
【図 2 2】



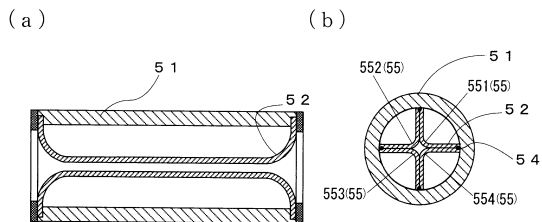
【図 2 3】



【図 2 4】



【図 2 5】



フロントページの続き

(72)発明者 平山 義浩

東京都文京区春日1-13-27 中央大学後楽園キャンパス内

審査官 松浦 久夫

(56)参考文献 特開2010-196689(JP,A)

特開2000-234589(JP,A)

特開2011-252487(JP,A)

特開2002-138983(JP,A)

特開2010-203400(JP,A)

特開2007-154767(JP,A)

特開平10-267011(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F04B 43/12

F04B 43/10

F04B 45/08

F04B 45/073