

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4737608号
(P4737608)

(45) 発行日 平成23年8月3日(2011.8.3)

(24) 登録日 平成23年5月13日(2011.5.13)

(51) Int. Cl.			F I		
F 1 5 B	15/10	(2006.01)	F 1 5 B	15/10	H
F 1 5 B	15/00	(2006.01)	F 1 5 B	15/00	A
B 2 5 J	19/00	(2006.01)	B 2 5 J	19/00	A

請求項の数 4 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2005-223937 (P2005-223937)
(22) 出願日	平成17年8月2日(2005.8.2)
(65) 公開番号	特開2007-40365 (P2007-40365A)
(43) 公開日	平成19年2月15日(2007.2.15)
審査請求日	平成20年7月30日(2008.7.30)

(73) 特許権者	806000011 財団法人岡山県産業振興財団 岡山県岡山市北区芳賀5301
(74) 代理人	100088993 弁理士 板野 嘉男
(74) 代理人	100107917 弁理士 笠原 英俊
(72) 発明者	赤木 徹也 岡山県津山市志戸部190-1(202)
(72) 発明者	堂田 周治郎 岡山県岡山市西川原307-3
審査官	関 義彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マッキベン型アクチュエータ及びマッキベン型アクチュエータによる負荷牽引装置及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

流体を給排できる二つの給排口が形成された弾性材からなるエラストマーチューブの外周に径方向の膨張を軸方向の引張力に変換できるカバーコードを被覆した弾性体チューブと、給排口の間に設けられ、弾性体チューブ内の流体の流通は不能にするが、弾性体チューブの摺動は可能にする固定されたステージとから構成されるマッキベン型アクチュエータにおいて、ステージで分割される二つの弾性体チューブを減圧して撓ませた状態を弾性体チューブの一方側の加圧による膨張で他方側の撓みを除撓し、他方側に流体を供給、排出して膨張、弛緩、除撓を繰り返すことで他方側の端部で負荷を牽引して一定のストロークずつステージ側に移動させることを特徴とするマッキベン型アクチュエータによる負荷牽引装置。

【請求項2】

請求項1の弾性体チューブを二本以上並列させ、各弾性体チューブの両端をそれぞれ連結板で連結した請求項1のマッキベン型アクチュエータによる負荷牽引装置。

【請求項3】

次のa～dのステップをとることを特徴とする請求項1のマッキベン型アクチュエータによる負荷牽引方法。

a. ステージの一方側の弾性体チューブを加圧して膨張させることで、他方側の弾性体チューブを弛緩状態から一方側の弾性体チューブの膨張による引張力で引っ張って撓みを取る除撓状態にする

10

20

b. ステージの他方側の弾性体チューブを加圧して膨張させてその引張力で当該弾性体チューブの端部で負荷を牽引しながら所定のストロークステージ側に移動させる

c. ステージの他方側の弾性体チューブを減圧して弛緩させるが、一方側の弾性体チューブの膨張による引張力で他方側の弾性体チューブを除撓状態にする

d. b cを繰り返す

【請求項4】

次のa～eのステップをとることを特徴とする請求項2の二本以上を並列させたマッキベン型アクチュエータによる負荷牽引方法。

a. ステージの一方側の弾性体チューブの各々を加圧して膨張させてその引張力で引っ張って他方側の各々の弾性体チューブを弛緩状態から除撓状態にする

10

b. ステージの他方側の弾性体チューブを少なくとも一本を残して加圧して膨張させてその引張力で他方側の連結板で負荷を牽引しながら所定のストロークステージ側に移動させる

c. bのステップでステージの他方側に残った弾性体チューブが負荷の移動で弛緩状態になると、当該弾性体チューブの一方側による引張力で当該他方側の弾性体チューブを除撓状態にする

d. ステージの他方側の膨張させた弾性体チューブを減圧して弛緩状態にするが、当該一方側の弾性体チューブの膨張による引張力で当該弾性体チューブを除撓状態にするとともに、他方側の除撓した弾性体チューブを加圧して膨張させてその引張力で他方側の連結板で負荷を牽引しながら所定のストロークステージ側に移動させる

20

e. b dを繰り返す

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、マッキベン型アクチュエータ及びマッキベン型アクチュエータによる負荷牽引装置及び方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

ゴム等の弾性材からなるチューブの外周に繊維等からなるカバーコードを被覆した弾性体チューブの中にエア等流体を流入させて大きな力を発生させる流体圧によるマッキベン型アクチュエータは、人工筋肉等に適用されることが知られており（非特許文献1）、これに関して特許出願もされている（特許文献1及び2）。これは、マッキベン型アクチュエータを構成する弾性体チューブの中を流体で加圧すると、弾性体チューブが膨張し、それによって発生した半径方向の膨張力がカバーコードによって軸方向の収縮力に変換されて力を発生させる仕組みを利用したものである。

30

【0003】

このマッキベン型アクチュエータは、弾性体チューブが膨張することでボアが拡がり、剛体で構成される同径の流体圧シリンダに比べて約10倍の力が出せること、軟質部材で可撓的（フレキシブル）に構成されることから、人体等に触れても安全であること、シリンダに必要なロッドが不要であることから（ロッドレス）、構造が簡単で、軽量及びコンパクトになること、直線的でない移動も可能である、といった数多くの利点を有しており、人工筋肉だけでなく、ロボット等の産業機械のアクチュエータ（駆動源）としての利用が期待されている。

40

【0004】

しかし、膨張によるストロークが弾性体チューブの自然長の25%程度と小さいこと、ストロークと共に出力が低下し、殊に、ストロークエンド付近になると極端に低下すること、速度及び位置制御が難しい、といった問題があり、現実には、人工筋肉等に適用されている以外には、一般的な機器・装置のアクチュエータとして採用されるまでには至っていない。

【非特許文献1】長田 義仁他著「ソフトアクチュエータ開発の最前線」株式会社双文社

50

印刷所 2004年

【特許文献1】特開昭48-098279号公報

【特許文献2】特開昭60-190948号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

そこで、本発明は、弾性体チューブにステージと呼ばれる部材を組み合わせることで、上記した欠点の解消を期したものである。すなわち、ストロークの間中、安定して大きな力を発揮でき、しかも、弾性体チューブの長さにはほぼ匹敵する長いストロークを確保できるようにしたものである。

10

【課題を解決するための手段】

【0006】

以上の課題の下、本発明は、請求項1に記載した、流体を給排できる二つの給排口が形成された弾性材からなるエラストマーチューブの外周に径方向の膨張を軸方向の引張力に変換できるカバーコードを被覆した弾性体チューブと、給排口の間に設けられ、弾性体チューブ内の流体の流通は不能にするが、弾性体チューブの摺動は可能にする固定されたステージとから構成されるマッキベン型アクチュエータにおいて、ステージで分割される二つの弾性体チューブを減圧して撓ませた状態を弾性体チューブの一方側の加圧による膨張で他方側の撓みを除撓し、他方側に流体を供給、排出して膨張、弛緩、除撓を繰り返すことで他方側の端部で負荷を牽引して一定のストロークずつステージ側に移動させることを特徴とするマッキベン型アクチュエータによる負荷牽引装置を提供するとともに、これにおいて、請求項2に記載した、弾性体チューブを二本以上並列させ、各弾性体チューブの両端をそれぞれ連結板で連結した構成を提供する。

20

【0007】

また、本発明は、請求項1の発明に係るマッキベン型アクチュエータの負荷牽引方法として、請求項3に記載した、次のa～dの方法を提供する。

a. ステージの一方側の弾性体チューブを加圧して膨張させることで、他方側の弾性体チューブを弛緩状態から一方側の弾性体チューブの膨張による引張力で引っ張って撓みを取る除撓状態にする

b. ステージの他方側の弾性体チューブを加圧して膨張させてその引張力で当該弾性体チューブの端部で負荷を牽引しながら所定のストロークステージ側に移動させる

30

c. ステージの他方側の弾性体チューブを減圧して弛緩させるが、一方側の弾性体チューブの膨張による引張力で他方側の弾性体チューブを除撓状態にする

d. b cを繰り返す

【0008】

さらに、請求項2の発明に係るマッキベン型アクチュエータの負荷牽引方法として、請求項3に記載した、次のa～eの方法を提供する。

a. ステージの一方側の弾性体チューブの各々を加圧して膨張させてその引張力で引っ張って他方側の各々の弾性体チューブを弛緩状態から除撓状態にする

b. ステージの他方側の弾性体チューブを少なくとも一本を残して加圧して膨張させてその引張力で他方側の連結板で負荷を牽引しながら所定のストロークステージ側に移動させる

40

c. bのステップでステージの他方側に残った弾性体チューブが負荷の移動で弛緩状態になると、当該弾性体チューブの一方側による引張力で当該他方側の弾性体チューブを除撓状態にする

d. ステージの他方側の膨張させた弾性体チューブを減圧して弛緩状態にするが、当該一方側の弾性体チューブの膨張による引張力で当該弾性体チューブを除撓状態にするとともに、他方側の除撓した弾性体チューブを加圧して膨張させてその引張力で他方側の連結板で負荷を牽引しながら所定のストロークステージ側に移動させる

e. b dを繰り返す

50

【発明の効果】

【0009】

請求項1の発明によると、このマッキベン型アクチュエータによる負荷牽引装置は、ロッドレス、フレキシブルという上記した長所を保持した上で、大きな力を発生させて長いストロークをとることができる。また、請求項2の発明によると、負荷側への戻り等が規制されるアクチュエータを具現できる。したがって、種々の機器・装置のアクチュエータとして利用できる。加えて、請求項3～4の方法によると、大きな力の負荷であっても長いストロークで牽引できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。図1は本発明に係るマッキベン型アクチュエータによる負荷牽引装置を構成するアクチュエータの説明図であるが、このアクチュエータは、流体シリンダの形態をしており、弾性体チューブ（以下、チューブ）1と、チューブ1に取り付けられるステージ2とからなる。これにおいて、チューブ1は、十分な弾性と強度を有する各種のゴムを主体とするエラストマーチューブ3と、その外周に被覆される金属、樹脂、植物繊維等の単体又は複合したものの成形品や編成品からなる網目状又は格子状をしたカバーコード4からなるものである。

【0011】

なお、カバーコード4は、網目や格子といった結節を有するものに限らず、独立したものであってもよい。要は、エラストマーチューブ3の径方向の拡張に応じて変形し、膨張の際には軸方向の引張力を出現させるものであればよい。また、最近では、カバーコード4をエラストマーチューブ3の中に埋没させているものもあるから、それによってもよい。そして、チューブ1の両端には、圧力媒体となるエアやオイルといった流体を給排できる給排口5、6を形成している。

【0012】

ステージ2は、チューブ1の中の流体の流通は不能にするが、チューブ1との相対的移動は可能にする機能を有するもので、この機能を有する限り、どのような構成のものであってもよい。要するに、流体の流動を遮断する堰が移動できる移動堰のようなものであればよい。本例では、チューブ1の外周に二つの回転可能なローラ7、8を対向して設置したもので構成している。これによると、チューブ1がローラ7、8の間に位置するときには、チューブ1が押し潰され、中の流体（本例では、エアを用いているが、これに限定されるものではない）の流通を不能にするが、チューブ1のみは、ローラ7、8が転動して移動できるものになる。

【0013】

図2は以上のマッキベン形アクチュエータの動きの説明図であるが、今、ステージ2を給排口5、6の間のある位置に固定して両側のチューブ1をフリーにし、かつ、圧力をかけない萎んで撓んだ状態の弛緩状態にしておく（イ）。次に、ステージ2に対して一方Aのチューブ1に給気して加圧すると（図示は省略するが、給排口5、6には配管が接続されている）、こちら側が膨張状態になる。これにより、一方Aのフリー端はステージ2側に移動し、チューブ1の他方Bもステージ2の部分で引き込まれ、撓みを取る除撓状態となってそのフリー端もステージ側に移動する（ロ）。このとき、一方A及び他方Bとも、そのフリー端では力を発生するが、他方B側の力は、チューブ1の引張力に依存するのみであるから、あまり大きな力が出ない。

【0014】

そこで、今度は、他方B側に給気して加圧すると、こちら側が膨張し、そのフリー端はステージ2側に移動する（ハ）。このとき、他方B側は、カバーコード4の膨張力が軸方向の引張力に変換される（もちろん、チューブ1自身の膨張力も引張力に変換される）マッキベン型アクチュエータとして作用し、非常に大きな力を発生する。次いで、他方B側を排気して減圧すると、こちら側が弛緩状態になるが、このとき、一方A側を加圧したままにしておくと、その力によってステージ2の部分で引き込まれ、一方A側は、ステージ

10

20

30

40

50

2 から離れる方向に移動して除撓状態になる(二)。このような動作を繰り返させることで、チューブ 1 は、その長さ(口金の部分は除く)からステージ 2 の幅を減じた非常に長いストロークで移動できることになる。

【 0 0 1 5 】

このときの他方 B 側の端部のステージ 2 側への動きは、加圧と減圧の切換えに応じた間欠的な動きになるが、この切換えのタイミングを短くすることで、近似的には連続的な動きにすることもできる。そして、他方 B 側のストロークに基づく力は、マッキベン型アクチュエータの作用によって非常に大きな(同径のシリンダに比べて約 10 倍)ものとなり、アクチュエータとして利用できる。ところで、他方 B 側の端部には負荷をかけているのが通常であるが、こちら側を減圧して弛緩状態にすると、チューブ 1 の撓み分だけは一方 A 側の引張力で引き戻されて除撓状態に戻るものの、負荷が存在することと、一方 A 側が加圧されたままであるので、それ以上戻されることはない。この点で、チューブ 1 は、逆動しないようにロックが効いているといえる。

10

【 0 0 1 6 】

また、発生する力そのものは、図 3 のチューブ 1 の加圧圧力と発生する力との関係を示す特性に示すとおり、チューブ 1 への加圧圧力と対応している。特に、他方 B 側の圧力を高くするほど、大きな力が出せることがわかる。一方、チューブ 1 を固定してステージ 2 をフリーにする方法もある。この場合は、いずれか一方のチューブ 1 を加圧して行くことで、ステージ 2 は、連続的に等速度で動くアクチュエータとして作用する。

20

【 0 0 1 7 】

以上のチューブ 1 を複数用いることで、負荷に影響されない安定した力を発揮できるマッキベン型アクチュエータによる負荷牽引装置を具現できる。図 4 はこの構成を示す説明図であるが、このチューブ 1 を二本並列に並べ、各々の両端をそれぞれ連結板 9、10 で連結しておく、連結板 9、10 は、アクチュエータとして作動する。本例では、チューブ 1 を縦に向けてステージ 2、2 を固定しておき、下方の連結板 10 に負荷 11 を取り付けられている。その動きは、両方のチューブ 1 が減圧(弛緩)状態から出発し(イ)、次に、両方のチューブ 1 のステージ 2、2 より上方 A₁、A₂ 側を加圧する。すると、こちら側が膨らみ、上方 A₁、A₂ によるステージ 2、2 の部分での引込みにより、下方 B、C 側が若干持ち上がり、除撓状態となる(ロ)。

30

【 0 0 1 8 】

そこで、一方の下方 C 側を加圧すると、こちら側がマッキベン型アクチュエータとして作用し、連結板 10 は、負荷 11 を強い力で引き上げる。この状態のとき、他方の下方 B 側は減圧されたままであるから、若干撓むが(ハ)、上方 A₁ 側は、加圧されたままであるので、ステージ 2 の部分での引込みを行って更に膨張し(上昇し)、連結板 9 を傾けた状態で押し上げ、同時に下方 B 側の撓みを吸収した除撓状態となる。次いで、他方の下方 B 側を加圧すると、こちら側がマッキベン型アクチュエータとして作用し、負荷 11 を強い力でもって引き上げる。この状態のとき、他方の下方 C 側は減圧されたままであるから、若干撓むが(ニ)、上方 A₂ 側は、加圧されたままであるので、ステージ 2 の部分での引込みによって更に膨張し(上昇し)、連結板 9 を前と逆に傾けた状態で押し上げ、同時に下方 C 側の撓みを除いて除撓状態となる。

40

【 0 0 1 9 】

このような動作を繰り返させることにより、負荷 11 は、大きな力によって順々に引き上げられるが、その引上げ範囲は、チューブ 1 の長さにはほぼ匹敵するものになる。ところで、このときの連結板 10 の運動は、間欠的な首振り運動であるが、チューブ 1 がそれぞれフレキシブルであることと、負荷 11 が存在することによってほぼ水平な状態で上昇する。また、加圧、減圧の切換えのタイミングを早くすることで、近似的には連続的な動きにさせることができるのは上記したとおりである。

【 0 0 2 0 】

このアクチュエータの特徴は、ステージ 2 の下方 B、C 側は、常にどちらかが加圧されて引上力を保持していることから、負荷 11 が下がることのない点である。すなわち、負

50

荷 1 1 のずり下がり等を完全に防止するロックが働いているのが大きな特徴である。なお、上方の連結板 9 を押上げ用のアクチュエータとして利用することもでき、この点で、プッシュアンドプル方式のアクチュエータとなるものである。さらに、上記の例は、チューブ 1 を二本並列にしたものであるが、三本以上を用いてもよい。これによると、大きな引上力が出せるとともに、首振りの程度が小さくなって動きが滑らかになる利点がある。

【 0 0 2 1 】

図 5 は、以上の動きを自動的に行う場合の説明図であるが、それぞれのチューブ 1 の両端の給排口 5、5、6、6 に配管 1 2 ~ 1 5 を接続しておき、それぞれの配管 1 2 ~ 1 5 を流動する流体を制御装置 1 6 の制御によって自動方向切換弁 1 7 ~ 2 0 で切り換えるようにしたものである。これにより、自動方向切換弁 1 7 ~ 2 0 の切換えとそのタイミングを調整することで、その動きを様々に制御できる。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 2 2 】

以上のマッキベン型アクチュエータによる負荷牽引装置は、ロッドレスで、フレキシブルであるといった長所を有して非常に大きな力を出せてチューブ 1 の長さに近い大きなストロークで移動できることから、以下に記すような種々の分野に適用できる。

- 1) パワーアシスト装置、義手、義足用アクチュエータ、入浴介助支援機器といった医療、福祉分野
- 2) 各種ロボット用アクチュエータ、生産ラインの駆動装置、水中、宇宙空間作業用アクチュエータといった工業分野
- 3) パーチャルリアリティ用フィードバック装置、体感アミューズメントゲーム機器、トレーニング機器といった情報、娯楽分野

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 3 】

【図 1】マッキベン型アクチュエータの説明図である。

【図 2】マッキベン型アクチュエータの動きを示す説明図である。

【図 3】マッキベン型アクチュエータの加圧圧力と発生力との関係を示す特性グラフである。

【図 4】マッキベン型アクチュエータの動きを示す説明図である。

【図 5】マッキベン型アクチュエータの説明図である。

【符号の説明】

【 0 0 2 4 】

- 1 弾性体チューブ
- 2 ステージ
- 3 エラストマーチューブ
- 4 カバーコード
- 5 給排口
- 6 給排口
- 7 ローラ
- 8 ローラ
- 9 連結板
- 10 連結板
- 11 負荷
- 12 配管
- 13 配管
- 14 配管
- 15 配管
- 16 制御装置
- 17 自動方向切換弁
- 18 自動方向切換弁

10

20

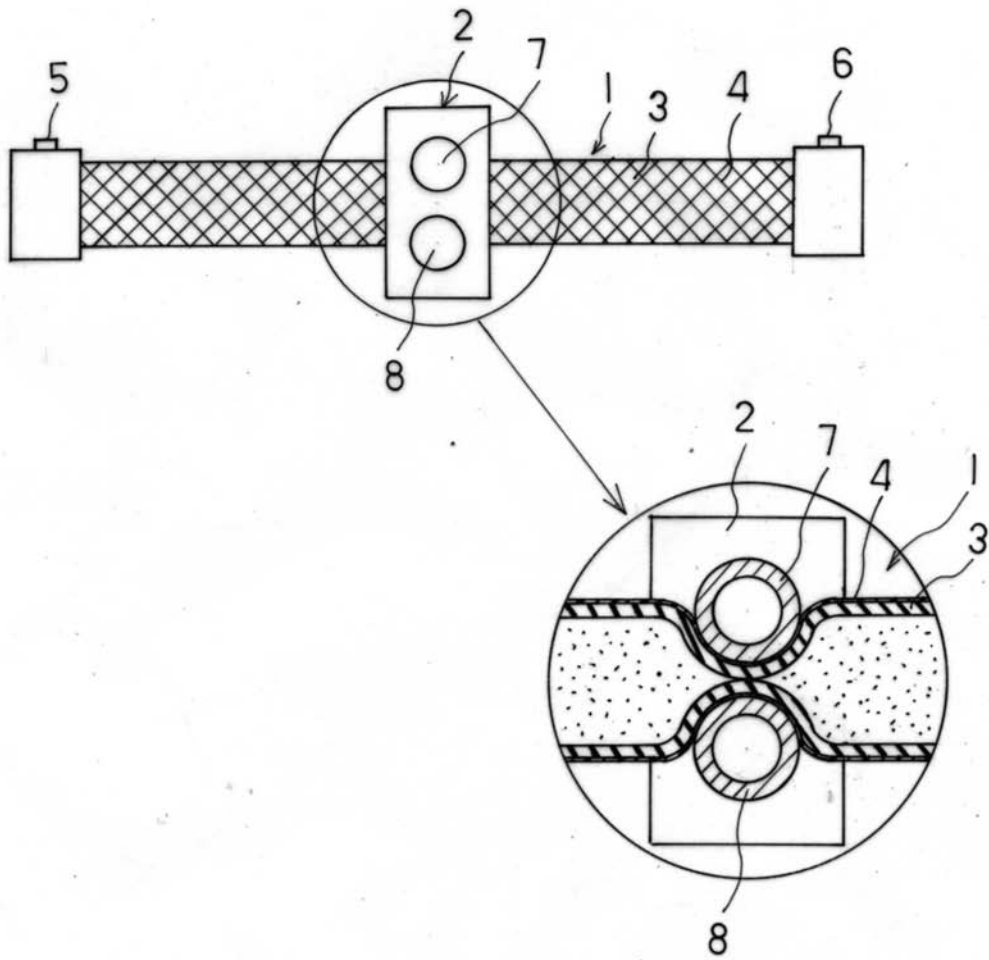
30

40

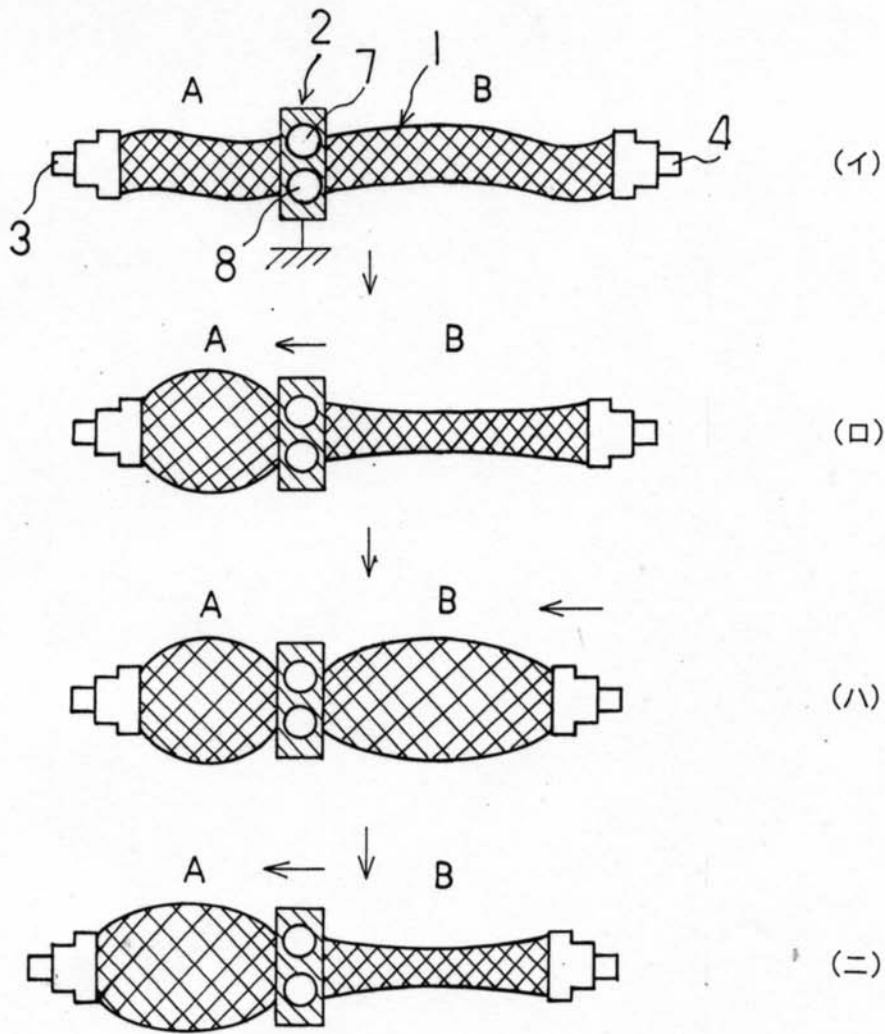
50

- 1 9 自動方向切換弁
- 2 0 自動方向切換弁

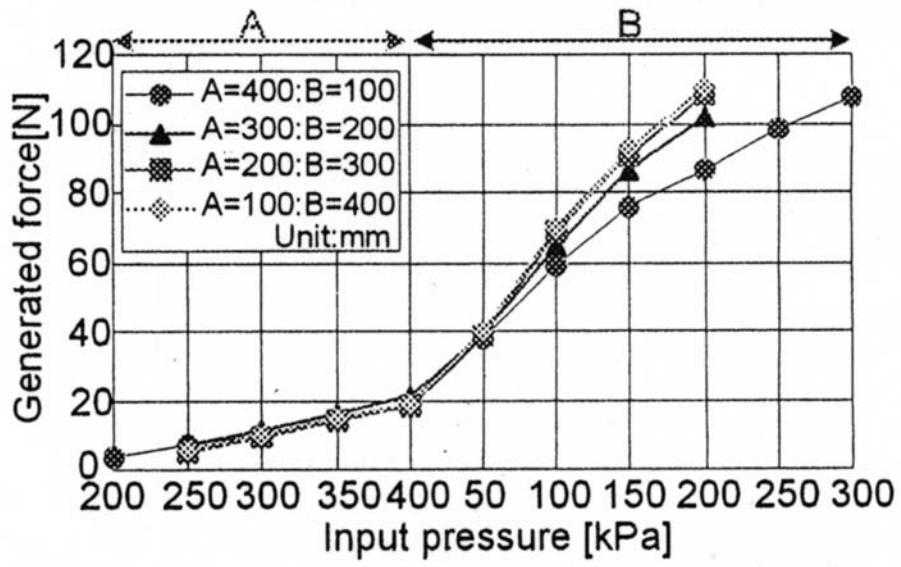
【図1】



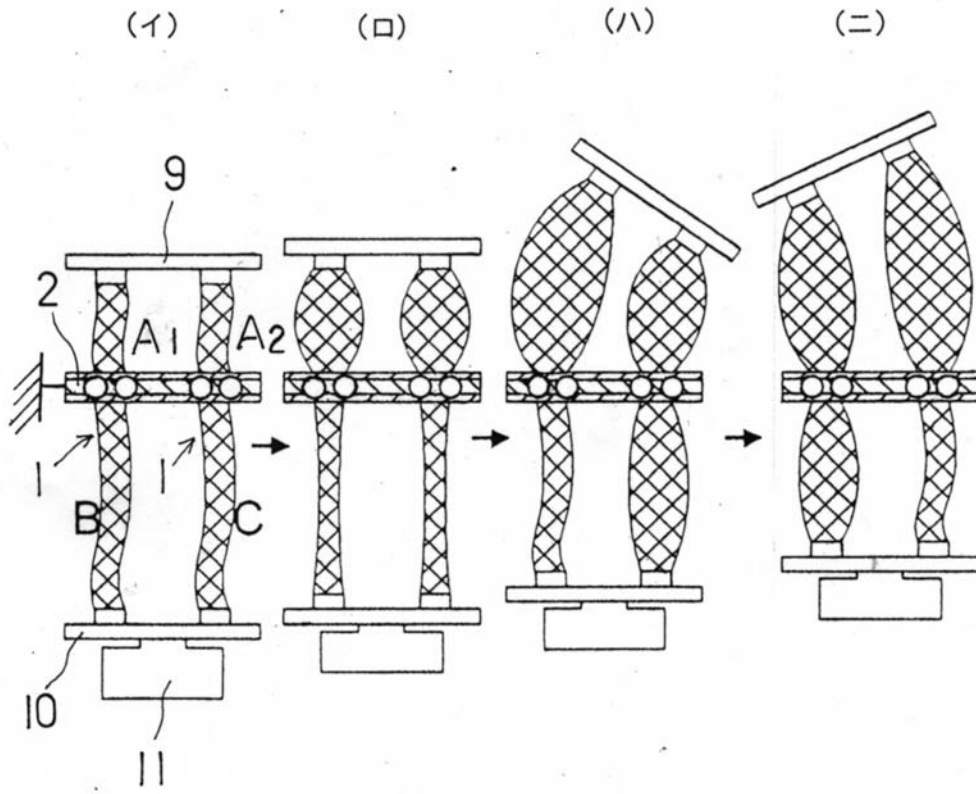
【図2】



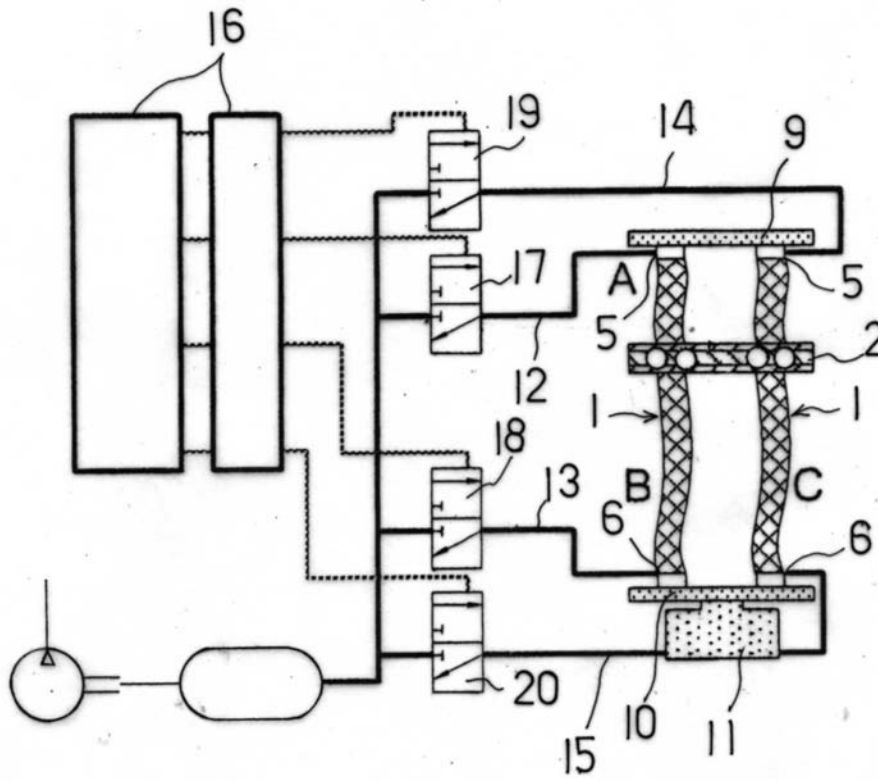
【 図 3 】



【図4】



【 図 5 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 実開昭62-185903(JP,U)
国際公開第2003/093647(WO,A1)
特開2001-355608(JP,A)
特開2005-083447(JP,A)
特開昭63-237886(JP,A)
登録実用新案第3009361(JP,U)
特開昭61-233205(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F15B 15/00-15/28
B25J 1/00-21/02