

明 細 書

発明の名称： 屈曲構造体及びその半製品

技術分野

[0001] 本発明は、ロボットやマニピュレーター等に供される屈曲構造体及びその半製品に関する。

背景技術

[0002] ロボット、マニピュレーター、或はアクチュエータ等には、屈曲・伸展を可能とする屈曲構造体を備えたものがある。このような屈曲構造体としては、例えば、特許文献１に開示されたものがある。

[0003] 特許文献１の屈曲構造体は、二重コイル構造を有し、屈曲伸展が可能となっている。かかる屈曲構造体は、外コイル部を引き延ばした状態で内コイル部を外コイル部の内周にねじ込むことで形成され、外コイル部及び内コイル部の素線間が密接している。

[0004] これにより、屈曲構造体は、初張力（無荷重時でも常時コイル素線同士を互いに密着させようとする力）が付与された状態となっている。この初張力は、外コイル部及び内コイル部の構造に依存することになるため、異なる初張力を設定するには、外コイル部及び内コイル部の構造を変更する必要がある、煩雑となっていた。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献１：特開２０２０－２６０２１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 解決しようとする問題点は、異なる初張力の設定が煩雑であった点である。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明は、多重可撓体が伸展状態から屈曲状態へ変位可能な屈曲構造体で

あって、前記多重可撓体を構成する外コイルばねと、前記外コイルばねの内側に配置され素線が前記外コイルばねの素線間でコイル径方向に重なって前記多重可撓体を構成する内コイルばねと、前記多重可撓体の一侧を受ける一侧受部材と、前記多重可撓体の他側を受ける他側受部材と、を備え、前記一侧受部材と前記他側受部材との間隔に応じ前記多重可撓体の伸展状態で前記内コイルばね及び前記外コイルばねの素線間の密接状態が設定される屈曲構造体を提供する。

[0008] また、本発明は、多重可撓体が伸展状態から屈曲状態へ変位可能な屈曲構造体の半製品であって、前記多重可撓体を構成する外コイルばねと、前記外コイルばねの内側に配置され素線が前記外コイルばねの素線間で非密接状態でコイル径方向に重なって前記多重可撓体を構成する内コイルばねと、前記多重可撓体の一侧を受ける一侧受部材と、を備え、機器側への組付け時に前記一侧受部材と前記機器側の他側受部材との間隔に応じ前記多重可撓体の伸展状態で前記内コイルばね及び前記外コイルばねの素線間の密接状態が設定される屈曲構造体の半製品を提供する。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、一侧受部材と他側受部材との間隔に応じ、内コイルばね及び外コイルばねの素線間の密接状態を設定して異なる初張力を容易に設定することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、本発明の実施例1に係る屈曲構造体を適用したマニピュレーターの要部を示す斜視図である。

[図2]図2は、図1のマニピュレーターの断面図である。

[図3]図3は、図2の要部を示す概略図である。

[図4]図4（A）及び（B）は、図1のマニピュレーターの概念図であり、図4（A）は、初張力負荷前の状態、図4（B）は、初張力負荷後の状態を示す。

[図5]図5（A）及び（B）は、図1のマニピュレーターの概念図であり、図

5 (A) は、伸展状態、図 5 (B) は屈曲状態を示す。

[図6]図 6 (A) 及び (B) は、屈曲構造体の屈曲状態から伸展状態への戻り特性の比較例との比較であり、図 6 (A) は、全体的な変化を示すグラフ、図 6 (B) は、図 6 (A) の原点付近を拡大したグラフである。

[図7]図 7 (A) 及び (B) は、本発明の実施例 2 に係る屈曲構造体を適用したマニピュレーターの概念図であり、図 7 (A) は、伸展状態、図 7 (B) は屈曲状態を示す。

[図8]図 8 は、本発明の実施例 3 に係る屈曲構造体を適用したマニピュレーターを示す概念図である。

[図9]図 9 は、本発明の実施例 4 に係る屈曲構造体を適用したマニピュレーターを示す概念図である。

発明を実施するための形態

[0011] 本発明は、異なる初張力を容易に設定するという目的を、一側受部材と他側受部材との間隔に応じて内コイルばね及び外コイルばねの素線間の密接状態を設定することにより実現した。

[0012] すなわち、屈曲構造体 1 は、多重可撓体 1 5 が伸展状態から屈曲状態へ屈曲可能であって、外コイルばね 2 3 と、内コイルばね 2 5 と、一側受部材 1 3 と、他側受部材 1 4 とを備える。

[0013] 外コイルばね 2 3 及び内コイルばね 2 5 は、多重可撓体 1 5 を構成する。内コイルばね 2 5 は、外コイルばね 2 3 の内側に配置され、素線が外コイルばね 2 3 の素線間でコイル径方向に重なる。一側受部材 1 3 は、多重可撓体 1 5 の一端を受け、他側受部材 1 4 は、多重可撓体 1 5 の他端を受ける。多重可撓体 1 5 は、一側受部材 1 3 と他側受部材 1 4 との間隔に応じ内外コイルばね 2 3 の素線間の密接状態が設定される。

[0014] 密接状態の設定では、多重可撓体 1 5 の屈曲状態から伸展状態へ戻る復元力に対し素線間の摩擦力を零又は限りなく小さくしてもよい。

[0015] 屈曲構造体 1 は、一側受部材 1 3 と他側受部材 1 4 との間隔を調整し、内コイルばね 2 5 及び外コイルばね 2 3 の素線間の密接状態を設定する密接設

定部 2 1 を備えてもよい。

[0016] 密接設定部 2 1 は、内外コイルばね 2 3 の素線間の密接状態を設定できればよく、その構造は適用対象等に応じて自由に設定し実現することができる。

[0017] 屈曲構造体 1 は、一側受部材 1 3 に一側が固定され他側が他側受部材 1 4 を通して配策され多重可撓体 1 5 の屈曲状態への変位を操作するための複数の索状部材 1 9 を備え、密接設定部 2 1 は、索状部材 1 9 を密接状態の設定に共用してもよい。

[0018] また、屈曲構造体 1 は、索状部材 1 9 の他側に設けられ複数の索状部材 1 9 間での相対的な引き及び引き戻し操作により多重可撓体 1 5 の伸展状態及び屈曲状態間の変位を操作する操作部 2 2 を備え、密接設定部 2 1 は、操作部 2 2 を、多重可撓体 1 5 の伸展状態の方向へ位置を調節可能に支持し、密接状態は、多重可撓体 1 5 の伸展状態で操作部 2 2 の位置を調節することにより設定してもよい。

[0019] 操作部 2 2 は、他側受部材 1 4 側に支持され索状部材 1 9 を一側受部材 1 3 に対して掛け回す回転操作可能及び移動調節可能なプーリー 2 9 を備え、密接設定部 2 1 は、プーリー 2 9 の位置を調節するテンショナー 3 1 を備えてもよい。

[0020] 密接設定部 2 1 は、索状部材 1 9 の他側に設けられた受部 3 3 と、他側受部材 1 4 及び受部 3 3 間に介設され一側受部材 1 3 に対し複数の索状部材 1 9 に多重可撓体 1 5 の伸展状態で張力を付与する弾性体 3 5 とを備え、密接状態は、弾性体 3 5 による張力の付与により設定してもよい。

実施例 1

[0021] [マニピュレーター]

図 1 は、本発明の実施例 1 に係るマニピュレーターの要部を示す斜視図、図 2 は、同断面図、図 3 は、図 2 の要部を示す概略図である。

[0022] 本実施例では、屈曲構造体 1 を用いたマニピュレーター 3 を例に説明する。マニピュレーター 3 は、医療用の鉗子であり、手術ロボットに取り付ける

鉗子の他、手術ロボットに取り付けない内視鏡カメラや手動鉗子等として用いられるものである。なお、屈曲構造体1は、ロボット、マニピュレーター、或はアクチュエータ等に適用でき、屈曲を必要とするものであれば適用可能である。

[0023] マニピュレーター3は、シャフト5、屈曲構造体1、エンドエフェクタ7によって構成されている。

[0024] シャフト5は、例えば円筒形状の部材である。このシャフト5の先端側には、屈曲構造体1を介してエンドエフェクタ7が支持されている。屈曲構造体1については後述する。

[0025] エンドエフェクタ7は、医療用の鉗子であり、後述する屈曲構造体1の可動部13に対して一対の把持部7aが開閉可能に軸支されている。エンドエフェクタ7には、シャフト5及び屈曲構造体1の中心部に通されたプッシュプルケーブル9が接続されている。このプッシュプルケーブル9の軸方向移動（進退動作）により、把持部7aが開閉するように構成されている。なお、単に軸方向というときは、屈曲構造体1の軸心に沿った方向を意味し、厳密に軸心に平行な方向の他、僅かに傾斜した方向も含まれる。

[0026] なお、把持部7aの駆動は、エアー等によって行ってもよい。また、エンドエフェクタ7は、例えば、鉗、把持レトラクタ、及び針ドライバ等のように、鉗子以外のものとすることも可能である。

[0027] [屈曲構造体]

屈曲構造体1は、取付基部11と、可動部13と、固定受体14と、多重可撓体15と、駆動ワイヤー19と、密接設定部21とを備えている。この屈曲構造体1は、伸展状態と屈曲状態との間で屈曲可能な構成である。なお、本実施例では、可動部13を一側受部材、固定受体14を他側受け部材としている。

[0028] 取付基部11は、多重可撓体15を構成する多重コイルばねとしての二重コイルばね16を貫通し、且つ可撓チューブ17の一端を受ける構成である。この取付基部11は、嵌合部11aとヘッド部11bとを備え、樹脂や金

属等によって形成された柱状体、特に段付き状の円柱体である。取付基部 11 の嵌合部 11 a は、シャフト 5 の端部先端に嵌合して取り付けられ、ヘッド部 11 b は、シャフト 5 の端縁に突き当たっている。

[0029] 取付基部 11 は、可撓チューブ 17 の一端を受け、シャフト 5 の端部に結合できればよく、屈曲構造体 1 が適用される機器に応じて材質、形状、構造は自由に設定できる。

[0030] 固定受体 14 は、二重コイルばね 16 の他側を受けるものであり、シャフト 5 の端部内に嵌合して固定されている。固定受体 14 の固定は、シャフト 5 への溶接等の他の手法であってもよい。

[0031] 固定受体 14 は、シャフト 5 内で、取付基部 11 の嵌合部 11 a に軸方向で付き当てられている。なお、固定受体 14 は、嵌合部 11 a に対して軸方向の隙間を有して配置してもよい。固定受体 14 は、シャフト 5 に一体に設けることもできる。

[0032] 可動部 13 は、樹脂や金属等によって形成された柱状体、特に円柱体である。可動部 13 には、エンドエフェクタ 7 が取り付けられる。

[0033] なお、可動部 13 は、柱状体に限られず、板状体等としてもよく、エンドエフェクタ 7 を取り付け可能な部材であればよい。また、可動部 13 は、屈曲構造体 1 が適用される機器に応じて適宜の形態とすることが可能である。

[0034] かかる可動部 13 は、取付基部 11 に対し多重可撓体 15 によって結合されている。これにより、可動部 13 は、多重可撓体 15 の一側を受ける一側受部材を構成する。すなわち、可動部 13 には、可撓チューブ 17 の他端が取り付けられ、二重コイルばね 16 の一側が受けられる。

[0035] 多重可撓体 15 は、本実施例において取付基部 11 及び固定受体 14 と可動部 13 との間に配置されている。多重可撓体 15 は、軸方向に対して屈曲状態及び伸展状態間で屈曲可能な構成である。

[0036] この多重可撓体 15 によって可動部 13 は、取付基部 11 に対し屈曲位置及び伸展位置に変位可能となる。屈曲位置とは、可動部 13 の軸が軸方向と交差し、屈曲構造体 1 の屈曲が最大となる位置である。伸展位置とは、可動

部 1 3 の軸が軸方向に沿った位置である。伸展位置において、可動部 1 3 の軸が軸方向に厳密に沿っている必要はなく、僅かにずれた場合も含まれる。

[0037] 本実施例の多重可撓体 1 5 は、二重コイルばね 1 6 と可撓チューブ 1 7 とで構成されている。ただし、可撓チューブ 1 7 は省略することもできる。また、二重コイルばね 1 6 に代えて、三重以上の多重コイルばねを用いてもよい。

[0038] 二重コイルばね 1 6 は、軸方向に対して屈曲自在な二重コイルであり、外コイルばね 2 3 と、内コイルばね 2 5 とを備えている。

[0039] 外コイルばね 2 3 及び内コイルばね 2 5 は、それぞれ所定の素線間の隙間（ピッチ）を有する圧縮コイルばねである。これら外コイルばね 2 3 及び内コイルばね 2 5 は、内コイルばね 2 5 が外コイルばね 2 3 の内側に位置した状態で取付基部 1 1 と固定受体 1 4 との間で圧縮されている。

[0040] これにより、内コイルばね 2 5 が外コイルばね 2 3 の内側に螺合した状態となっている。つまり、外コイルばね 2 3 及び内コイルばね 2 5 は、取付基部 1 1 と固定受体 1 4 との間隔に応じ、多重可撓体 1 5 の伸展状態で素線間の密接状態が設定される。なお、内コイルばね 2 5 及び外コイルばね 2 3 の素線は、自由状態において非接触となる（図 4（A）参照）。

[0041] かかる圧縮により、二重コイルばね 1 6 は圧接力が付与される。圧接力は、内外コイルばね 2 5、2 3 の素線同士を常時互いに密着させようとする力である。

[0042] 本実施例では、多重可撓体 1 5 の屈曲状態から伸展状態へ戻る復元力に対し、素線間の摩擦力が小さくなるように密接状態による初張力を設定する。特に、本実施例では、密接状態で素線間の摩擦力が零に近くなるように設定されている。

[0043] なお、本実施例では、多重可撓体 1 5 の復元力と素線間の摩擦力との設定により、屈曲構造体 1 が屈曲状態から伸展状態へと復元することを可能とする。この限りにおいて、摩擦力を零にする必要はない。

[0044] ただし、初張力は、屈曲構造体 1 が適用される機器に応じて、密接設定部

２１によって適宜設定可能である。

[0045] 内コイルばね２５は、外コイルばね２３よりもコイル径が小さく、外コイルばね２３内側に螺合して配置されている。外コイルばね２３及び内コイルばね２５のコイル径は、軸方向の一端から他端に至るまで一定となっている。ただし、この外コイルばね２３のコイル径は、軸方向で変化させることも可能である。

[0046] 外コイルばね２３は、軸方向で隣接する巻部間を軸方向で離間させた複数の隙間を有している。この複数の隙間には、内コイルばね２５の巻部が内側から嵌合している。この嵌合により内コイルばね２５の素線は、その外周部が外コイルばね２３の素線間でコイル径方向に重なっている。

[0047] なお、外コイルばね２３及び内コイルばね２５の材質は、いずれも金属や樹脂等とすることが可能である。また、外コイルばね２３及び内コイルばね２５の素線の断面形状は、円形となっている。ただし、外コイルばね２３及び内コイルばね２５の断面形状は、円形に限られるものではなく、矩形や楕円等としてもよい。また、外コイルばね２３及び内コイルばね２５の線径は、異なってもよい。

[0048] 可撓チューブ１７は、多重可撓体１５の外周部を構成している。従って、可撓チューブ１７は、二重コイルばね１６を内包している。可撓チューブ１７の一端部は、可動部１３に結合され、可撓チューブ１７の他端部に取付基部１１が結合されている。

[0049] 本実施例の可撓チューブ１７は、蛇腹状のベローズからなる。ただし、可撓チューブ１７は、複数のウェーブワッシャーを積層して溶接等により相互間を結合した構成や、コイルばね、その他の筒体等を用いることも可能である。つまり、可撓チューブ１７は、弾性を有するチューブ状を呈していれば、特に限定されるものではない。

[0050] 本実施例の多重可撓体１５は、可撓チューブ１７及び二重コイルばね１６の協働した弾性により屈曲状態から伸展状態への復元力を有している。可撓チューブ１７が省略されるとき、復元力は、二重コイルばね１６の弾性によ

る。なお、可撓チューブ１７を設ける場合、二重コイルばね１６は、多重可撓体１５としての復元力を生じさせない構成も可能である。

[0051] かかる多重可撓体１５の屈曲は、駆動ワイヤー１９によって行われる。駆動ワイヤー１９は、金属等からなる索状部材であり、本実施例において屈曲構造体１の周方向の４か所に９０度毎に設けられている。屈曲構造体１の径方向に対向する駆動ワイヤー１９は対をなしている。従って、本実施例では、二対の駆動ワイヤー１９を備えている。

[0052] ただし、一方の対の駆動ワイヤー１９を省略することも可能であり、また、屈曲構造体１は、複数の駆動ワイヤー１９を備えていればよい。例えば、駆動ワイヤー１９は、三本設けてもよい。この場合、駆動ワイヤー１９は、周方向に１２０度毎に配置するのが好ましい。この駆動ワイヤー１９は、索状部材であれば、撚り線、NiTi（ニッケルチタン）単線、ピアノ線、多関節ロッド、鎖、紐、糸、縄等とすることが可能である。

[0053] これら駆動ワイヤー１９は、軸方向に引かれることによって屈曲構造体１を屈曲させるものであり、直接又は間接的に図示しない操作機構に接続され、軸方向に操作されるようになっている。

[0054] なお、軸方向に操作とは、軸方向で一对の駆動ワイヤー１９を相対的な引き及び引き戻すことを意味する。本実施例において、一对の駆動ワイヤー１９の何れか一方が可動部１３に対して取付基部１１方向に引かれると、他方が可動部１３方向へ引き戻される。なお、駆動ワイヤー１９は、それぞれ独立して引かれる構成にしてもよい。

[0055] 一对の各駆動ワイヤー１９の一側は、可動部１３に固定された固定部２７となっている。なお、固定部２７に適用する固定手段は問わない。

[0056] 各駆動ワイヤー１９は、固定部２７から軸方向に沿って伸び、可撓チューブ１７及び取付基部１１、固定受体１４を挿通し、他側がシャフト５の内部を通して配索されている。

[0057] 一对の各駆動ワイヤー１９は、プーリー２９を介して連続している。

[0058] プーリー２９は、固定受体１４側であるシャフト５内に支持されている。

このプーリー２９は、図示しない操作機構に連動され、操作可能となっている。プーリー２９の操作により駆動ワイヤー１９の引き及び引き戻し操作が行われる。プーリー２９は、シャフト５外で操作機構等に支持させることもできる。なお、プーリー２９を省略して各駆動ワイヤー１９を操作機構に結合することも可能である。

[0059] 密接設定部２１は、可動部１３と固定受体１４との間隔を多重可撓体１５の伸展状態で調整し、二重コイルばね１６を圧縮して内外コイルばね２５、２３の素線間の密接状態を設定するものである。これにより、二重コイルばね１６の初張力が調整又は設定される。

[0060] また、本実施例では、基本的に、二重コイルばね１６が取付基部１１をシャフト５に取り付けるのみで初張力を設定することが可能である。従って、可動部１３と固定受体１４との間隔を調整不要な場合は、密接設定部２１を省略することも可能である。この場合の省略は、後述のテンショナー３１を省略することである。

[0061] 本実施例の密接設定部２１は、複数の索状部材としての駆動ワイヤー１９とプーリー２９とを含む。駆動ワイヤー１９は、上記のように、可動部１３に一側が固定され、他側が固定受体１４を通して配策され、多重可撓体１５の屈曲状態への変位を操作するための構成である。なお、固定受体１４は、凹部又は貫通孔によって駆動ワイヤー１９の他側を通せばよい。

[0062] 密接設定部２１は、この駆動ワイヤー１９を内外コイルばね２５、２３の素線間の密接状態の設定に共用する。従って、構造を簡単にすることができる。

[0063] プーリー２９は、多重可撓体１５の伸展状態の軸方向へ位置を調節可能に支持されている。この操作部２２のプーリー２９の位置を多重可撓体１５の伸展状態で調節することにより、内外コイルばね２５、２３の素線間の密接状態が設定される。

[0064] プーリー２９の位置を調節したときは、プーリー２９と操作機構との関係も調整することになる。プーリー２９が操作機構に支持されている構造では

、操作機構の位置が調節可能に支持されてもよい。プーリー２９を省略して各駆動ワイヤー１９を操作機構に結合する場合は、操作機構の位置が調節可能であってもよい。

[0065] 密接設定部２１は、プーリー２９の位置を調整するテンショナー３１を備えている。テンショナー３１は、プーリー２９の位置を調節して内外コイルばね２５、２３の素線間の密接状態の設定を行わせる。

[0066] [密接状態の設定]

図４（Ａ）及び（Ｂ）は、図１のマニピュレーターの概念図であり、図４（Ａ）は、初張力負荷前の状態、図４（Ｂ）は、初張力負荷後の状態を示す。

[0067] 図４（Ａ）及び図４（Ｂ）のように、初張力付加前の屈曲構造体１の半製品をシャフト５の端部に取り付け、二重コイルばね１６に初張力を付与する。

[0068] 屈曲構造体１の半製品は、図４（Ａ）のように、外コイルばね２３と、内コイルばね２５と、可動部１３と、を備える。この屈曲構造体１の半製品において、二重コイルばね１６の内コイルばね２５及び外コイルばね２３は、疎であり軸方向で素線間に隙間が存在する。

[0069] つまり、内コイルばね２５及び外コイルばね２３の素線は、非密接状態で内コイルばね２５の素線が外コイルばね２３のコイル径方向に重なっている。なお、屈曲構造体１の半製品において、内コイルばね２５及び外コイルばね２３の素線が密接していてもよい。

[0070] この状態で、取付基部１１を貫通する二重コイルばね１６の端部を固定受体１４に当接させ、シャフト５の端部に取付基部１１の嵌合部１１ａを結合する。これにより、可動部１３と固定受体１４との間隔が縮まり、二重コイルばね１６が圧縮される。

[0071] 結果として、図４（Ｂ）のように、二重コイルばね１６が可動部１３と固定受体１４間の間隔に応じて圧縮され、内コイルばね２５及び外コイルばね２３の素線が相互に密接する。この結果、二重コイルばね１６は初張力が付

与される。

[0072] なお、屈曲構造体 1 の半製品において、内コイルばね 2 5 及び外コイルばね 2 3 の素線が密接している場合は、可動部 1 3 と固定受体 1 4 間の間隔に応じた二重コイルばね 1 6 の圧縮により、初張力が付加されて調整される。

[0073] この状態でさらに初張力の調整が必要な場合、密接設定部 2 1 により固定受体 1 4 と可動部 1 3 との間の間隔が二重コイルばね 1 6 の伸展状態で調整される。つまり、プーリー 2 9 をテンショナー 3 1 により引き付けることで、可動部 1 3 の位置を調整する。この調整により二重コイルばね 1 6 がさらに圧縮され、内外コイルばね 2 5、2 3 の素線間の密接状態が調整される。

[0074] 従って、本実施例では、精度の高い二重コイルばね 1 6 への初張力の付与が可能となる。密接設定部 2 1 の設定可能範囲を超えて初張力を調整したい場合は、固定受体 1 4 の位置を変更すればよい。

[0075] なお、取付基部 1 1 が固定受体 1 4 に当接したとき内外コイルばね 2 5、2 3 の素線間が密接直前となり、この状態からプーリー 2 9 の位置をさらに調整して密接状態を設定することもできる。

[0076] また、取付基部 1 1 と固定受体 1 4 との間に隙間があり、プーリー 2 9 の位置を調整して内外コイルばね 2 5、2 3 の素線間を密接させてもよい。

[0077] このように、本実施例では、可動部 1 3 と固定受体 1 4 間の間隔に応じて、内コイルばね 2 5 及び外コイルばね 2 3 の素線間の密接状態を設定し、異なる初張力を容易に設定することができる。

[0078] [動作]

図 5 (A) 及び (B) は、図 1 のマニピュレーターの概念図であり、図 5 (A) は、伸展状態、図 5 (B) は、屈曲状態を示す。

[0079] 医師等の操作者がマニピュレーター 3 を操作する際は、何れか一つの駆動ワイヤー 1 9 が引かれることにより屈曲構造体 1 が屈曲する。そして、屈曲構造体 1 は、異なる対の駆動ワイヤー 1 9 を組み合わせて引かれることにより、360 度全方位に屈曲することが可能となる。これにより、エンドエフェクタ 7 を所望の方向に指向させることができる。

- [0080] 屈曲構造体 1 を屈曲させた後は、内コイルばね 2 5 及び外コイルばね 2 3 の素線間の摩擦力が二重コイルばね 1 6 の復元力よりも小さく設定されているため、屈曲構造体 1 を確実に復元させることができる。
- [0081] 図 6 (A) 及び (B) は、屈曲構造体の屈曲状態から伸展状態への戻り特性の比較例との比較であり、図 6 (A) は、全体的な変化を示すグラフ、図 6 (B) は、図 6 (A) の原点付近を拡大したグラフである。
- [0082] 図 6 において実施例 (1 N) とは、図 4 (A) のように素線間に隙間のある実施例の二重コイルばね 1 6 に対して駆動ワイヤー 1 9 一本あたり 1 N の荷重を軸方向に掛け、素線間の密接荷重がほぼ零で密接状態となる例である。同実施例 (3 N) とは、駆動ワイヤー 1 9 一本あたり 1 N の荷重を軸方向に掛けたときに、素線間の密接荷重がほぼ零で密接状態となる実施例の二重コイルばね 1 6 に、駆動ワイヤー 1 9 一本あたり 3 N の荷重を軸方向に掛けて密接状態とした例である。
- [0083] 図 6 において比較例 (1 N) とは、素線間に隙間の無い引張コイルからなる内コイルばねと外コイルばねを螺合した二重コイルばねに、駆動ワイヤー一本あたり 1 N の荷重を軸方向に掛けている例である。比較例 (3 N) とは、引張コイルからなる内コイルばねと外コイルばねを螺合した二重コイルばねに、駆動ワイヤー一本あたり 3 N の荷重を軸方向に掛けている例である。
- [0084] これらの例のばねを $\phi 5$ 鉗子に取り付け、曲げ荷重を掛けて伸展状態から屈曲状態へ変位させ、荷重を除去して伸展状態の原点に戻るか否かを比較した。
- [0085] 図 6 において、縦軸はエンドエフェクタの変位、横軸は屈曲構造体 1 の屈曲角度である。同じばねにおいて上下 2 本表示されているのは、上が伸展状態から屈曲状態への変化データ、下が屈曲状態から伸展状態への復元データである。
- [0086] 図 6 (B) のように、比較例 (1 N) 及び比較例 (3 N) では、曲げ荷重を除去しても伸展状態へ戻る途中で線間摩擦が復元力を上回り、屈曲角度が何れも原点の零には戻らなかった。

- [0087] これに対し、実施例（１Ｎ）及び実施例（３Ｎ）では、何れも伸展状態へ戻るまで線間摩擦が復元力を下回り屈曲角度が原点の零に戻った。
- [0088] 従って、本実施例では、多重可撓体１５の屈曲状態から伸展状態へ戻る復元力に対し素線間の摩擦力が小さく対抗するように密接状態を設定することで、屈曲状態となった多重可撓体１５を伸展状態の原点へ確実に復元させることができる。
- [0089] また、復元時以外にも初期荷重分を無視できるので、二重コイルばね１６の耐圧縮性に寄与する。

実施例 ２

- [0090] 図７（Ａ）及び（Ｂ）は、本発明の実施例２に係る屈曲構造体を適用したマニピュレーターの概念図であり、図７（Ａ）は、伸展状態、図７（Ｂ）は屈曲状態を示す。なお、実施例２では、実施例１と対応する構成に同符号を付して重複した説明を省略する。
- [0091] 本実施例２の密接設定部２１は、駆動ワイヤー１９の他側に設けられた受部３３と固定受体１４及び受部３３間に介設した弾性体として圧縮コイルばね３５を備えている。受部３３は、駆動ワイヤー１９にカシメ結合されている。
- [0092] 圧縮コイルばね３５は、複数の駆動ワイヤー１９のそれぞれに嵌合して備えられている。各圧縮コイルばね３５は、可動部１３に対し複数の駆動ワイヤー１９に多重可撓体１５の伸展状態で張力を付与する。
- [0093] 従って、圧縮コイルばね３５の荷重設定により複数の駆動ワイヤー１９に張力を付与し、内外コイルばね２５、２３の密接状態を設定することができる。
- [0094] なお、弾性体としての圧縮コイルばね３５は、金属や樹脂等によって構成することができ、弾性係数等に応じて適宜の形状を採用することが可能である。弾性体がゴム等の場合は、柱状や筒状等としても良い。
- [0095] 圧縮コイルばね３５は、軸方向に弾性力を働かせるように、駆動ワイヤー１９に対し並列に配置された構成となっている。ここでの並列とは、軸方向

と弾性力が作用する方向とを平行になるように圧縮コイルばね 35 を配置することをいう。ただし、両方向の厳密な平行は必要なく、両方向の一方が他方に対してわずかに傾斜する場合も並列に含まれる。

[0096] 各圧縮コイルばね 35 は、自由状態の軸方向寸法が受部 33 と取付基部 11 との間の軸方向寸法よりも大きく設定されている。このため、各圧縮コイルばね 35 は、受部 33 と取付基部 11 との間で、寸法差に応じて圧縮されている。この圧縮により、各圧縮コイルばね 35 に荷重が付加され、駆動ワイヤー 19 に荷重に応じた張力が付与される。

[0097] 従って、本実施例 2 においても、圧縮コイルばね 35 の荷重設定により内外コイルばね 25、23 の密接状態を設定することができ、実施例 1 と同様な作用効果を得ることができる。

[0098] なお、外ワイヤー 19 と同軸の圧縮コイルばね 35 を圧縮する操作力は、内ワイヤー 19 と同軸の圧縮コイルばね 35 が伸びる弾性力によって補助できる。このため、屈曲構造体 1 を屈曲させるための全体としての操作力の増加を抑制し、屈曲構造体 1 の屈曲を容易に行わせることができる。

実施例 3

[0099] 図 8 は、本発明の実施例 3 に係る屈曲構造体を適用したマニピュレーターを示す概念図である。なお、実施例 3 では、実施例 2 と対応する構成に同符号を付して重複した説明を省略する。

[0100] 本実施例 3 の密接設定部 21 は、屈曲構造体 1 の対となる駆動ワイヤー 19 に対して単一の弾性体である圧縮コイルばね 21 が用いられている。具体的には、対となる駆動ワイヤー 19 の受部 33 間にわたる支持部材 37 を備え、弾性体 21 が支持部材 37 と固定受体 14 との間に介設されている。その他は実施例 2 と同一である。

[0101] 支持部材 37 は、対となる駆動ワイヤー 19 の受部 33 間にわたって設けられた板状体である。支持部材 37 には、駆動ワイヤー 19 が挿通している。この支持部材 37 は、圧縮コイルばね 21 によって受部 33 に押し付けられている。支持部材 37 は、受部 33 と一体に形成することもできる。

[0102] 実施例3においても、実施例2と同様の作用効果を奏することができる。

実施例 4

[0103] 図9は、本発明の実施例4に係る屈曲構造体を適用したマニピュレーターを示す概念図である。なお、実施例4では、実施例1と対応する構成に同符号を付して重複した説明を省略する。

[0104] 実施例4では、弾性体を引張コイルばね21とし、シャフト5の支持部39と駆動ワイヤー19の受部33との間に設けられている。具体的には、軸方向において各駆動ワイヤー19の受部33を挟んで対向位置する支持部39を、シャフト5が備えている。固定受体14は、シャフト5に固定されているため、支持部39は、固定受体14が備えた構成でもある。引張コイルばね21は、支持部39と受部33との間に介設されている。

[0105] 実施例4では、プーリー29が省略され、受部33が操作機構に結合されている。

[0106] 従って、引張コイルばね21の荷重設定により駆動ワイヤー19の張力を設定することができる。この張力により内外コイルばね25、23の密接状態を設定することができ、実施例1と同様な作用効果を得ることができる。

[0107] ただし、実施例1と同様にプーリー29を備えてもよい。その他は、実施例1と同一である。

[0108] 支持部39は、シャフト5の端部やシャフト5内に設けることができる。支持部39の形状は、引張コイルばね21を支持可能なものであれば良い。

符号の説明

- [0109]
- 1 屈曲構造体
 - 5 シャフト
 - 11 取付基部
 - 13 可動部（一側受部材）
 - 14 固定受体（他側受部材）
 - 15 多重可撓体
 - 16 二重コイルばね

- 1 7 可撓チューブ
- 1 9 駆動ワイヤー（索状部材）
- 2 1 密接設定部
- 2 2 操作部
- 2 3 外コイルばね
- 2 5 内コイルばね

請求の範囲

- [請求項1] 多重可撓体が伸展状態から屈曲状態へ屈曲可能な屈曲構造体であって、
- 前記多重可撓体を構成する外コイルばねと、
- 前記外コイルばねの内側に配置され素線が前記外コイルばねの素線間でコイル径方向に重なって前記多重可撓体を構成する内コイルばねと、
- 前記多重可撓体の一側を受ける一側受部材と、
- 前記多重可撓体の他側を受ける他側受部材と、を備え、
- 前記一側受部材と前記他側受部材との間隔に応じ前記多重可撓体の伸展状態で前記内コイルばね及び前記外コイルばねの素線間の密接状態が設定される、
- 屈曲構造体。
- [請求項2] 請求項1の屈曲構造体であって、
- 前記密接状態を設定では、前記多重可撓体の前記屈曲状態から前記伸展状態へ戻る復元力に対し前記素線間の摩擦力を小さくする、
- 屈曲構造体。
- [請求項3] 請求項1又は2の屈曲構造体であって、
- 前記一側受部材と前記他側受部材との間隔を調整し前記内コイルばね及び前記外コイルばねの素線間の密接状態を設定する密接設定部を備えた、
- 屈曲構造体。
- [請求項4] 請求項3の屈曲構造体であって、 前記密接設定部は、前記一側受部材に一側が固定され他側が前記他側受部材を通して配策され前記多重可撓体の屈曲状態への変位を操作するための複数の索状部材を備え、
- 前記索状部材を、前記密接状態の設定に共用した、
- 屈曲構造体。

[請求項5]

請求項4の屈曲構造体であって、

前記密接設定部は、前記索状部材の他側に設けられ前記複数の索状部材間での相対的な引き及び引き戻し操作により前記多重可撓体の伸展状態及び屈曲状態間の変位を操作する操作部を備え、

前記操作部を、前記多重可撓体の伸展状態の方向へ位置を調節可能に支持し、

前記密接状態は、前記多重可撓体の伸展状態で前記操作部の位置を調節することにより設定する、

屈曲構造体。

[請求項6]

請求項5の屈曲構造体であって、

前記操作部は、前記他側受部材側に支持され前記索状部材を前記一侧受部材に対して掛け回す回転操作可能及び移動調節可能なプーリーを備え、

前記密接設定部は、前記プーリーの位置を調節するテンショナーを備えた、

屈曲構造体。

[請求項7]

請求項4の屈曲構造体であって、

前記密接設定部は、前記索状部材の他側に設けられた受部と、前記他側受部材及び前記受部間に介設され前記一侧受部材に対し前記複数の索状部材に前記多重可撓体の伸展状態で張力を付与する弾性体とを備え、

前記密接状態は、前記弾性体による前記張力の付与により設定する、

屈曲構造体。

[請求項8]

請求項1～7の屈曲構造体であって、

前記一侧受部材に一端部が結合され前記内コイルばね及び前記外コイルばねを内包して前記内コイルばね及び前記外コイルばねと共に前記多重可撓体を構成する可撓チューブと、

前記可撓チューブの他端部に結合され前記可撓チューブと共に前記内コイルばね及び前記外コイルばねを貫通する取付基部と、

を備え、

前記他側受部材は、中空のシャフトの端部内に固定され、

前記密接設定部は、前記取付基部を前記中空のシャフトの端部に結合して移動させ前記他側受部材が前記内コイルばね及び前記外コイルばねの他端を受けることで前記密接状態を設定する、

屈曲構造体。

[請求項9]

多重可撓体が伸展状態から屈曲状態へ屈曲可能な屈曲構造体の半製品であって、

前記多重可撓体を構成する外コイルばねと、

前記外コイルばねの内側に配置され素線が前記外コイルばねの素線間で非密接状態でコイル径方向に重なって前記多重可撓体を構成する内コイルばねと、

前記多重可撓体の一側を受ける一側受部材と、を備え、

機器側への組付け時に前記一側受部材と前記機器側の他側受部材との間隔に応じ前記多重可撓体の伸展状態で前記内コイルばね及び前記外コイルばねの素線間の密接状態が設定される、

屈曲構造体の半製品。