

(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
2018年5月11日(11.05.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/084122 A1

(51) 国際特許分類:

F15B 15/10 (2006.01)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2017/039198

(22) 国際出願日:

2017年10月30日(30.10.2017)

(25) 国際出願の言語:

日本語

(26) 国際公開の言語:

日本語

(30) 優先権データ:

特願 2016-217526 2016年11月7日(07.11.2016) JP

特願 2017-008960 2017年1月20日(20.01.2017) JP

(71) 出願人:株式会社ブリヂストン(BRIDGESTONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1048340 東京都中央区京橋三丁目1番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 中山 敦 (NAKAYAMA Atsushi); 〒1048340 東京都中央区京橋三丁目1番1号 株式会社ブリヂストン内 Tokyo (JP). 樽谷 泰典(TARUTANI Yasunori); 〒1048340 東京都中央区京橋三丁目1番1号 株式会社ブリヂストン内 Tokyo (JP). 大野 信吾(OHNO

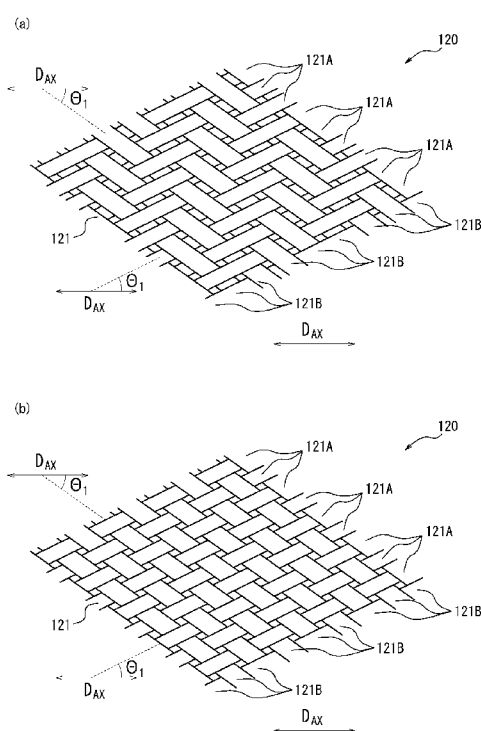
Shingo); 〒1048340 東京都中央区京橋三丁目1番1号 株式会社ブリヂストン内 Tokyo (JP). 福島 靖王(FUKUSHIMA Yasuo); 〒1048340 東京都中央区京橋三丁目1番1号 株式会社ブリヂストン内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 杉 村 憲 司 (SUGIMURA Kenji); 〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目2番1号 霞が関コモンゲート西館36階 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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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,

(54) Title: HYDRAULIC ACTUATOR

(54) 発明の名称: 液圧式アクチュエータ



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a hydraulic actuator with improved durability. This is achieved by a hydraulic actuator (10) characterized by being provided with an actuator main body (100) configured from a cylindrical tube (110) which expands or contracts with hydraulic pressure and a tubular sleeve (120) into which cords (121) oriented in a prescribed direction are woven, wherein, in an unloaded or unpressurized state, the average angle (Θ_1) of the cords (121) with respect to the axial direction (D_{AX}) of the actuator is greater than or equal to 20° and less than 45° , and at a hydraulic pressure of 5 MPa, in a state in which the average angle (Θ_3) of the cords (121) with respect to the axial direction (D_{AX}) of the actuator is 45° , the ratio ($S2/S1$) of the total surface area ($S2$) of the gaps (122) between cords (121) to the surface area ($S1$) of the outer surface of the actuator main body (100) is less than or equal to 35%.

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, 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, 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))

(57) 要約: 本発明の課題は、耐久性を向上させた液圧式アクチュエータを提供することであり、その解決手段は、液圧によって膨張及び収縮する筒状のチューブ (110) と、所定方向に配向されたコード (121) を編み込んだ筒状のスリーブ (120) と、によって構成されるアクチュエータ本体部 (100) を具え、無負荷且つ無加圧状態において、前記コード (121) のアクチュエータの軸方向 (D_{AX}) に対する平均角度 (Θ_1) が20度以上45度未満であり、液圧5MPaで、前記コード (121) のアクチュエータの軸方向 (D_{AX}) に対する平均角度 (Θ_3) が45度である状態において、前記アクチュエータ本体部 (100) の外表面の面積 (S_1) に対する前記コード (121) の間隙 (122) の総面積 (S_2) の比 (S_2/S_1) が35%以下であることを特徴とする、液圧式アクチュエータ (10) である。

明 細 書

発明の名称： 液圧式アクチュエータ

技術分野

[0001] 本発明は、液圧式アクチュエータに関するものである。

背景技術

[0002] 従来、チューブを膨張及び収縮させるアクチュエータとしては、作動流体として空気を用いて膨張、収縮するゴム製のチューブ（管状体）と、チューブの外周面を覆うスリーブ（網組補強構造）とを有する空気圧式アクチュエータ（いわゆるマッキベン型）が広く用いられている（例えば、特許文献1を参照）。

[0003] チューブ及びスリーブによって構成されるアクチュエータ本体部の両端は、金属で形成された封止部材を用いてかしめられる。

[0004] スリーブは、ポリアミド繊維などの高張力繊維または金属のコードを編み込んだ筒状の構造体であり、チューブの膨張運動を所定範囲に規制する。

[0005] このような空気圧式アクチュエータは、様々な分野で用いられているが、特に、介護・福祉用機器の人工筋肉として好適に用いられている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開昭61-236905号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、前述した従来のアクチュエータは、作動流体として空気を用いているため、強度（耐圧力）が必ずしも高くなく、例えば最大で0.5 MPa程度の耐圧力しかなかった。

[0008] ここで、作動流体として、油や水等の液体を用いる液圧式アクチュエータでは、例えば50 MPaという高い圧力が印加されるため、従来のアクチュエータでは、耐久性が十分ではない。特に、スリーブが適切に設計されてい

ない場合、チューブへの負荷が大きくなり、耐久性に改善の余地がある。

[0009] そこで、本発明は、上記従来技術の問題を解決し、作動流体として液体を用いるアクチュエータにおいて、耐久性を向上させた液压式アクチュエータを提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0010] 上記課題を解決する本発明の要旨構成は、以下の通りである。

[0011] 本発明の液压式アクチュエータは、液压によって膨張及び収縮する筒状のチューブと、所定方向に配向されたコードを編み込んだ筒状の構造体であって前記チューブの外周面を覆うスリーブと、によって構成されるアクチュエータ本体部を具え、

無負荷且つ無加圧状態において、前記スリーブを構成するコードの、アクチュエータの軸方向に対する平均角度が20度以上45度未満であり、

液压5MPaで、前記スリーブを構成するコードの、アクチュエータの軸方向に対する平均角度が45度である状態において、前記アクチュエータ本体部の外表面の面積(S1)に対する前記スリーブを構成するコードの間隙の総面積(S2)の比(S2/S1)が35%以下であることを特徴とする。

かかる本発明の液压式アクチュエータは、スリーブが適切に設計されているため、チューブへの負荷が小さく、耐久性が向上している。

[0012] 本発明の液压式アクチュエータの好適例においては、前記スリーブを構成するコードが、ポリアミド繊維、ポリエステル繊維、ポリウレタン繊維、レーヨン、アクリル繊維、ポリオレフィン繊維から選ばれる少なくとも1種の繊維材料からなる。この場合、アクチュエータの耐久性が更に向上する。

[0013] 本発明の液压式アクチュエータの他の好適例においては、前記スリーブは、一方向に配向されたコード群と、それと交錯するコード群とが、各コード群のコードの2本又は1本ずつが交互に交錯して構成され、且つ交錯する位置が1本ずつずれて構成されている。この場合、アクチュエータの耐久性が更に向上する。

[0014] 本発明の液压式アクチュエータの他の好適例においては、前記スリーブは、前記コードを斜文織（綾織）又は平織して構成されている。この場合も、アクチュエータの耐久性が更に向上する。

[0015] 本発明の液压式アクチュエータの他の好適例においては、前記スリーブを構成するコードの破断強力が、 200 N/本 以上である。この場合、アクチュエータの耐久性が更に向上する。なお、本発明において、コードの破断強力は、JIS L1017に従って測定する。

[0016] 本発明の液压式アクチュエータの他の好適例においては、前記スリーブを構成するコードの破断伸びが、 2.0% 以上である。この場合、アクチュエータの耐久性が更に向上する。なお、本発明において、コードの破断伸びは、JIS L1017に従って測定する。

[0017] 本発明の液压式アクチュエータの他の好適例においては、前記スリーブを構成するコードの太さが、 $0.3\text{ mm} \sim 1.5\text{ mm}$ である。この場合、アクチュエータの耐久性が更に向上する。

[0018] 本発明の液压式アクチュエータの他の好適例においては、前記スリーブを構成するコードの打ち込み密度が、 $6.8\text{ 本/cm} \sim 25.5\text{ 本/cm}$ である。この場合、アクチュエータの耐久性が更に向上する。

[0019] 本発明の液压式アクチュエータの他の好適例においては、前記チューブの厚み t (mm) と、前記スリーブを構成するコードの太さ d (mm) と、無負荷且つ無加圧状態において、前記スリーブを構成するコードの、アクチュエータの軸方向に対する平均角度 θ_1 と、アクチュエータの収縮時において、前記スリーブを構成するコードの、アクチュエータの軸方向に対する平均角度 θ_2 とが、下記式 (1) :

[数1]

$$t > \sin \theta_2 \cdot \frac{\sin(2\theta_2)}{\sin(2\theta_1)} \cdot \left(\frac{1}{\sin(2\theta_1)} - \frac{1}{2\cos \theta_2} \right) \cdot d \cdots (1)$$

を満たす。この場合、アクチュエータの耐久性が更に向上する。

[0020] ここで、アクチュエータの収縮時における、前記スリーブを構成するコー

ドの、アクチュエータの軸方向に対する平均角度 Θ_2 は、荷重2.5 kN、液圧5 MPaで測定した値である。

[0021] また、前記チューブの厚み t (mm)と、前記スリーブを構成するコードの太さ d (mm)と、無負荷且つ無加圧状態において、前記スリーブを構成するコードの、アクチュエータの軸方向に対する平均角度 Θ_1 と、アクチュエータの収縮時において、前記スリーブを構成するコードの、アクチュエータの軸方向に対する平均角度 Θ_2 とは、下記式(2)：

[数2]

$$t > \frac{\sin(2\Theta_2)\sin(\Theta_2)}{\sin^2(2\Theta_1)} \cdot d \cdots (2)$$

を満たすことが更に好ましい。この場合、アクチュエータの耐久性がより一層向上する。

[0022] 本発明の液圧式アクチュエータの他の好適例においては、前記スリーブを構成するコードの、下記式(3)：

[数3]

$$K = T_2 \times \sqrt{0.125 \times \frac{D}{\rho}} \times 10^{-3} \cdots (3)$$

[式中、 T_2 はコードの上撚り数(回/10cm)であり、但し、コードが片撚り構造の場合、上撚り数 T_2 (回/10cm)を下撚り数 T_1 (回/10cm)に置き換えるものとし、 D はコードを構成する原糸の一本当りの繊度(dtex)であり、 ρ はコードを構成する原糸の密度(g/cm³)である]で定義される撚り係数 K が0.14～0.50である。この場合、スリーブが適切に設計されているため、チューブへの負荷が小さくなり、アクチュエータの耐久性が更に向上する。

[0023] 本発明の液圧式アクチュエータにおいて、前記スリーブを構成するコードは、下撚り数 T_1 (回/10cm)と該コードを構成する原糸の一本当りの繊度 D (dtex)との比(T_1/D)が0.004～0.03であることが好ましい。この場合、アクチュエータの耐久性が更に向上する。

- [0024] 本発明の液圧式アクチュエータにおいて、前記スリーブを構成するコードは、下撚り数 T_1 （回／10cm）と上撚り数 T_2 （回／10cm）との比（ T_1/T_2 ）が0.8～1.2であることが好ましい。この場合、アクチュエータの耐久性が更に向上する。
- [0025] 本発明の液圧式アクチュエータにおいて、前記スリーブを構成するコードは、該コードを構成する原糸の一本当りの織度 D が800～5000dtexであり、下撚り数 T_1 が3.2～150回／10cmであり、上撚り数 T_2 が2.6～180回／10cmであり、撚り本数が2～4本であることが好ましい。この場合、アクチュエータの耐久性が更に向上する。
- [0026] 本発明の液圧式アクチュエータの他の好適例においては、無負荷且つ無加圧状態において、前記チューブの厚みが1.0mm～6.0mmである。この場合、アクチュエータの耐久性が更に向上する。

発明の効果

- [0027] 本発明によれば、耐久性を向上させた液圧式アクチュエータを提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0028] [図1]液圧式アクチュエータ10の一実施形態の側面図である。
- [図2]液圧式アクチュエータ10の一実施形態の一部分解斜視図である。
- [図3]無負荷且つ無加圧状態における、スリーブ120の2つの実施形態の部分側面図である。
- [図4]スリーブ120を構成するコード121の、アクチュエータの軸方向に対する平均角度が45度である状態における、スリーブ120の2つの実施形態の部分側面図である。
- [図5]実施形態1-1に係る封止機構200を含む液圧式アクチュエータ10の軸方向 D_{AX} に沿った一部断面図である。
- [図6]実施形態1-2に係る封止機構200を含む液圧式アクチュエータ10の軸方向 D_{AX} に沿った一部断面図である。
- [図7]実施形態1-3に係る封止機構200を含む液圧式アクチュエータ10

の軸方向 D_{AX} に沿った一部断面図である。

[図8]実施形態2-1に係る封止機構200Aを含む液圧式アクチュエータ10の軸方向 D_{AX} に沿った一部断面図である。

[図9]実施形態2-2に係る封止機構200Aを含む液圧式アクチュエータ10の軸方向 D_{AX} に沿った一部断面図である。

[図10]実施形態2-3に係る封止機構200Aを含む液圧式アクチュエータ10の軸方向 D_{AX} に沿った一部断面図である。

[図11]実施形態3-1に係る封止機構200Bを含む液圧式アクチュエータ10の軸方向 D_{AX} に沿った一部断面図である。

[図12]実施形態3-2に係る封止機構200Cを含む液圧式アクチュエータ10の軸方向 D_{AX} に沿った一部断面図である。

発明を実施するための形態

[0029] 以下に、本発明の液圧式アクチュエータを、その実施形態に基づき、図面を参照しつつ、詳細に例示説明する。なお、同一の機能や構成には、同一または類似の符号を付して、その説明を適宜省略する。

[0030] (1) 液圧式アクチュエータの全体概略構成

図1は、本実施形態に係る液圧式アクチュエータ10の側面図である。図1に示すように、液圧式アクチュエータ10は、アクチュエータ本体部100、封止機構200及び封止機構300を具える。また、液圧式アクチュエータ10の両端には、連結部20がそれぞれ設けられる。

[0031] アクチュエータ本体部100は、チューブ110とスリーブ120とによって構成される。アクチュエータ本体部100には、フィッティング400及び通過孔410を介して作動流体が流入する。ここで、本発明のアクチュエータは、液圧式であり、作動流体として液体が用いられ、該液体としては、油や水等が挙げられる。なお、本発明のアクチュエータは、油圧式でも、水圧式でもよく、油圧式の場合、作動油としては、従来より油圧駆動システムに使用されている作動油を使用することができる。

[0032] アクチュエータ本体部100は、チューブ110内へ作動流体が流入する

ことによって、アクチュエータ本体部 100 の軸方向 D_{AX} に収縮し、径方向 D_R に膨張する。また、アクチュエータ本体部 100 は、チューブ 110 から作動流体が流出することによって、アクチュエータ本体部 100 の軸方向 D_{AX} に膨張し、径方向 D_R に収縮する。このようなアクチュエータ本体部 100 の形状変化によって、液圧式アクチュエータ 10 は、アクチュエータとしての機能を発揮する。

[0033] また、このような液圧式アクチュエータ 10 は、いわゆるマッキベン型であり、人工筋肉用として適用できることは勿論のこと、より高い能力（収縮力）が要求されるロボットの体肢（上肢や下肢など）用としても好適に用い得る。連結部 20 には、当該体肢を構成する部材などが連結される。

[0034] 封止機構 200 及び封止機構 300 は、軸方向 D_{AX} におけるアクチュエータ本体部 100 の両端部を封止する。具体的には、封止機構 200 は、封止部材 210 及びかしめ部材 230 を含む。封止部材 210 は、アクチュエータ本体部 100 の軸方向 D_{AX} の端部を封止する。また、かしめ部材 230 は、アクチュエータ本体部 100 を封止部材 210 と共にかしめる。かしめ部材 230 の外周面には、治具によってかしめ部材 230 がかしめられた痕である圧痕 231 が形成される。

[0035] 封止機構 200 と封止機構 300 との相違点は、フィッティング 400、500（及び通過孔 410、510）の役割が異なる点である。

封止機構 200 に設けられているフィッティング 400 は、液圧式アクチュエータ 10 の駆動圧力源、具体的には、作動流体のコンプレッサと接続されたホース（管路）を取り付けられるように突出している。フィッティング 400 を介して流入した作動流体は、通過孔 410 を通過してアクチュエータ本体部 100 の内部、具体的には、チューブ 110 の内部に流入する。

一方、封止機構 300 に設けられているフィッティング 500 は、アクチュエータに作動流体を注入する際の、ガス抜きとして使用できるように突出している。アクチュエータの作動初期において、作動流体をアクチュエータに注入すると、アクチュエータ内部に元々存在していたガスは、通過孔 51

0を介してフィッティング500から排出される。

[0036] 図2は、液圧式アクチュエータ10の一部分解斜視図である。図2に示すように、液圧式アクチュエータ10は、アクチュエータ本体部100及び封止機構200を具える。

アクチュエータ本体部100は、前述したように、チューブ110とスリーブ120とによって構成される。

[0037] チューブ110は、液圧によって膨張及び収縮する円筒状の筒状体である。チューブ110は、作動流体による収縮及び膨張を繰り返すため、弾性材料、例えば、ゴム等からなる。

[0038] 無負荷且つ無加圧状態において、チューブ110の厚みは、1.0mm～6.0mmの範囲が好ましく、1.4mm～5.0mmの範囲が更に好ましい。チューブ110の厚みが1.0mm以上であれば、チューブ110の強度が向上し、スリーブ120を構成するコードの間隙からのチューブ110のはみ出しを抑制でき、アクチュエータとしての耐久性が更に向上する。また、チューブ110の厚みが6.0mm以下であれば、チューブ110の収縮率が大きくなり、十分な動作長を確保できる。

[0039] なお、図1及び図2に示すチューブ110は、1層構造であるが、本発明において、チューブは2層以上の構造を有していてもよい。また、チューブ110の直径（外径）は、目的とする用途に応じて、適宜選択できる。

[0040] スリーブ120は、円筒状であり、チューブ110の外周面を覆う。スリーブ120は、所定方向に配向されたコードを編み込んだ構造体であり、配向されたコードが交差することによって菱形の形状が繰り返されている。スリーブ120は、このような形状を有することによって、パンタグラフ変形し、チューブ110の収縮及び膨張を規制しつつ追従する。

[0041] 図3は、無負荷且つ無加圧状態における、スリーブ120の2つの実施形態の部分側面図である。

本発明においては、図3（a）及び（b）に示すように、無負荷且つ無加圧状態（即ち、初期状態）において、スリーブ120を構成するコード12

1 の、アクチュエータの軸方向 D_{AX} に対する平均角度 θ_1 が 20 度以上 45 度未満である。無負荷且つ無加圧状態において、スリーブ 120 を構成するコード 121 の、アクチュエータの軸方向 D_{AX} に対する平均角度 θ_1 が 20 度以上であることで、スリーブ 120 の耐久性が向上する。一方、無負荷且つ無加圧状態において、スリーブ 120 を構成するコード 121 の、アクチュエータの軸方向 D_{AX} に対する平均角度 θ_1 が 45 度を超えると、アクチュエータの作動時の収縮が小さく、アクチュエータとして十分に機能しなくなる。

また、前記平均角度 θ_1 は、好ましくは 22 度以上、更に好ましくは 23 度以上である。平均角度 θ_1 が大きい程、チューブ 110 への負担が小さくなり、コード 121 に直接接触しない部分のチューブ 110 の破損が抑制され、アクチュエータとしての機能を長期に渡って維持できる。

また、前記平均角度 θ_1 は、好ましくは 37 度以下である。平均角度 θ_1 が 37 度以下であれば、アクチュエータの収縮率が大きくなり、十分な動作長を確保できる。

ここで、初期状態における、スリーブ 120 を構成するコード 121 の、アクチュエータの軸方向 D_{AX} に対する平均角度 θ_1 は、例えば、スリーブ 120 を編む際のコード 121 の方向を調整し、更に、円筒状にする際のコード 121 の方向を調整することで、調整できる。

[0042] 図 4 は、スリーブ 120 を構成するコード 121 の、アクチュエータの軸方向 D_{AX} に対する平均角度が 45 度である状態における、スリーブ 120 の 2 つの実施形態の部分側面図である。なお、本発明において、コード 121 の角度を実測する際には、誤差範囲として ± 1 度を許容する。

本発明においては、図 4 (a) 及び (b) に示すように、液圧 5 MPa で、前記スリーブ 120 を構成するコード 121 の、アクチュエータの軸方向 D_{AX} に対する平均角度 θ_3 が 45 度である状態において、前記アクチュエータ本体部 100 の外表面の面積 (S_1) に対する前記スリーブ 120 を構成するコード 121 の間隙 122 の総面積 (S_2) の比 (S_2/S_1) が 35% 以下であり、好ましくは 32% 以下、より好ましくは 30% 以下、より一層

好ましくは25%以下、特に好ましくは20%以下である。スリーブ120を構成するコード121の、アクチュエータの軸方向 D_{AX} に対する平均角度 Θ_3 が45度である状態、即ち、コード121の平均交差角度が90度である状態において、アクチュエータ本体部100の外表面の面積(S_1)に対するスリーブ120を構成するコード121の間隙122の総面積(S_2)の比(S_2/S_1)が35%以下であることで、チューブ110への負担が小さくなって、アクチュエータとしての耐久性が向上する。なお、該比(S_2/S_1)の下限は特に限定れるものではないが、比(S_2/S_1)は、アクチュエータの動作長の観点からは、5%以上が好ましい。

ここで、スリーブ120を構成するコード121の間隙122の総面積(S_2)は、スリーブ120の編み方や、使用するコード121の太さ、材質、打ち込み密度等を選択することで、調整できる。

[0043] なお、本発明において、スリーブ120を構成するコード121の間隙122の総面積(S_2)は、液圧5MPaで、スリーブ120を構成するコード121の、アクチュエータの軸方向 D_{AX} に対する平均角度 Θ_3 が45度となるように、アクチュエータにかかる荷重を調整して測定される。その際、スリーブ120の最大径に対して、スリーブ120の径がマイナス5%の範囲までの領域で評価し、該領域の間隙122の面積の合計を S_2 とし、該領域のアクチュエータ本体部100の外表面の面積を S_1 として、比(S_2/S_1)を算出する。ここで、スリーブ120を構成するコード121の間隙122の面積は、スリーブを外側から見て、コード121が存在せず、内側に存在するチューブ110が露出している面積に対応する。

また、本発明において、アクチュエータの軸方向 D_{AX} に対する平均角度 Θ_1 、 Θ_2 、 Θ_3 は、コード121とアクチュエータの軸方向 D_{AX} とがなす角度の鋭角側の角度を指す。

[0044] スリーブ120を構成するコード121としては、アラミド繊維（芳香族ポリアミド繊維）、ポリヘキサメチレンアジパミド（ナイロン6，6）繊維、ポリカプロラクタム（ナイロン6）繊維等のポリアミド繊維、ポリエチレ

ンテレフタレート（PET）繊維、ポリエチレンナフタレート（PEN）繊維等のポリエステル繊維、ポリウレタン繊維、レーヨン、アクリル繊維、ポリオレフィン繊維から選ばれる少なくとも１種の繊維材料からなる繊維コードを用いることが好ましい。この場合、スリーブの耐久性が更に向上する。これらの中でも、スリーブ１２０の強度の観点から、アラミド繊維からなるコードを用いることが特に好ましい。

但し、このような種類の繊維コードに限定されるものではなく、例えば、PBO（ポリパラフェニレンベンゾビスオキサゾール）繊維などの高強度繊維や、極細のフィラメントによって構成される金属製のコードを用いてもよい。

[0045] また、上述の繊維コードや金属製のコードは、その表面を、ゴムや、熱硬化性樹脂とラテックスとの混合物等で被覆してもよい。これらの材料でコードの表面が被覆されている場合、コードの耐久性を向上させつつ、コードの表面の摩擦係数を適度に低下させることができる。

なお、熱硬化性樹脂とラテックスとの混合物中の固形分率は、１５質量％以上５０質量％以下が好ましく、２０質量％以上４０質量％以下が更に好ましい。また、熱硬化性樹脂としては、フェノール樹脂、レゾルシン樹脂、ウレタン樹脂等が挙げられ、ラテックスとしては、ビニルピリジン（VP）ラテックス、スチレンーブタジエンゴム（SBR）ラテックス、アクリロニトリルーブタジエンゴム（NBR）ラテックス等が挙げられる。

[0046] 本発明において、前記スリーブ１２０は、図３（a）及び図４（a）に示すように、一方向に配向されたコード群１２１Aと、それと交錯するコード群１２１Bとが、各コード群１２１A、１２１Bのコード１２１の二本ずつが交互に交錯して構成され、且つ交錯する位置が１本ずつずれて構成されていること、即ち、斜文織（綾織）で構成されていることが好ましい。この場合、チューブ１１０への負担が更に小さくなって、アクチュエータとしての耐久性が更に向上する。

また、本発明において、前記スリーブ１２０は、図３（b）及び図４（b）

）に示すように、一方向に配向されたコード群１２１Ａと、それと交錯するコード群１２１Ｂとが、各コード群１２１Ａ、１２１Ｂのコード１２１の一本ずつが交互に交錯して構成されていること、即ち、平織で構成されていることも好ましい。この場合も、チューブ１１０への負担が更に小さくなって、アクチュエータとしての耐久性が更に向上する。

また、本発明において、前記スリーブ１２０は、コード１２１を斜子織して構成されていることも好ましい。この場合も、チューブ１１０への負担が更に小さくなって、アクチュエータとしての耐久性が更に向上する。なお、斜子織において、引きそろえるコードの本数は、特に限定されるものではないが、本発明においては、２本のコードを引きそろえて、別途引きそろえた２本の別のコードを打ち込むことが好ましい。

[0047] 本発明においては、前記スリーブ１２０を構成するコード１２１の破断強力が、２００Ｎ／本以上であることが好ましく、２５０Ｎ／本～１０００Ｎ／本の範囲が更に好ましく、３００Ｎ／本～１０００Ｎ／本の範囲がより一層好ましく、５００Ｎ／本～１０００Ｎ／本の範囲が更により一層好ましく、６００Ｎ／本～１０００Ｎ／本の範囲が特に好ましい。この場合、チューブ１１０への負担が更に小さくなって、アクチュエータの耐久性が更に向上する。

[0048] 本発明においては、前記スリーブ１２０を構成するコード１２１の破断伸びが、２．０％以上であることが好ましく、３．０％～６．０％の範囲が更に好ましい。この場合、チューブ１１０への負担が更に小さくなって、アクチュエータの耐久性が更に向上する。

[0049] 本発明においては、前記スリーブ１２０を構成するコード１２１の太さが、０．３ｍｍ～１．５ｍｍであることが好ましく、０．４ｍｍ～１．５ｍｍであることが更に好ましく、０．５ｍｍ～１．５ｍｍであることがより一層好ましく、０．６ｍｍ～１．３ｍｍであることが更により一層好ましく、０．６ｍｍ～１．０ｍｍであることが特に好ましい。この場合、チューブ１１０への負担が更に小さくなって、アクチュエータの耐久性が更に向上する。

[0050] 本発明においては、前記スリーブ120を構成するコード121の打ち込み密度が、6.8本/cm～25.5本/cmであることが好ましく、10.0本/cm～23.5本/cmであることが更に好ましく、10.0本/cm～20.0本/cmであることがより一層好ましい。この場合、チューブ110への負担が更に小さくなって、アクチュエータの耐久性が更に向上する。

[0051] 本発明においては、前記チューブ110の厚み t (mm)と、前記スリーブ120を構成するコード121の太さ d (mm)と、無負荷且つ無加圧状態において、前記スリーブ120を構成するコード121の、アクチュエータの軸方向 D_{Ax} に対する平均角度 θ_1 と、アクチュエータの収縮時において、前記スリーブ120を構成するコード121の、アクチュエータの軸方向 D_{Ax} に対する平均角度 θ_2 とが、下記式(1)：

[数4]

$$t > \sin \theta_2 \cdot \frac{\sin(2\theta_2)}{\sin(2\theta_1)} \cdot \left(\frac{1}{\sin(2\theta_1)} - \frac{1}{2\cos \theta_2} \right) \cdot d \cdots (1)$$

を満たすことが好ましい。式(1)を満たす場合、チューブ110への負担が更に小さくなって、アクチュエータとしての耐久性が更に向上する。

[0052] また、前記チューブ110の厚み t (mm)と、前記スリーブ120を構成するコード121の太さ d (mm)と、無負荷且つ無加圧状態において、前記スリーブ120を構成するコード121の、アクチュエータの軸方向 D_{Ax} に対する平均角度 θ_1 と、アクチュエータの収縮時において、前記スリーブ120を構成するコード121の、アクチュエータの軸方向 D_{Ax} に対する平均角度 θ_2 とは、下記式(2)：

[数5]

$$t > \frac{\sin(2\theta_2)\sin(\theta_2)}{\sin^2(2\theta_1)} \cdot d \cdots (2)$$

を満たすことが更に好ましい。式(2)を満たす場合、チューブ110への負担が更に小さくなって、アクチュエータとしての耐久性が更に向上する。

[0053] 本発明においては、スリーブ１２０を構成するコード１２１は、下記式（３）：

[数6]

$$K = T_2 \times \sqrt{0.125 \times \frac{D}{\rho}} \times 10^{-3} \quad \dots (3)$$

[式中、 T_2 はコードの上撚り数（回／１０ｃｍ）であり、但し、コードが片撚り構造の場合、上撚り数 T_2 （回／１０ｃｍ）を下撚り数 T_1 （回／１０ｃｍ）に置き換えるものとし、 D はコードを構成する原糸の一本当りの繊度（d t e x）であり、 ρ はコードを構成する原糸の密度（g／c m³）である]で定義される撚り係数 K が０．１４～０．５０であることが好ましく、０．１６～０．５０であることが更に好ましい。スリーブ１２０を構成するコード１２１の撚り係数 K が０．１４以上の場合、繊維への負荷が小さくなり、アクチュエータの耐久性が更に向上し、また、スリーブ１２０を構成するコード１２１の撚り係数 K が０．５０以下の場合、チューブへの負荷が小さくなり、アクチュエータの耐久性が更に向上する。

ここで、コード１２１の撚り係数 K は、使用する原糸の密度や繊度を選択したり、コードにする際の下撚り数を調整することで、調整できる。

[0054] 本発明において、スリーブ１２０を構成するコード１２１は、下撚り数 T_1 （回／１０ｃｍ）と該コード１２１を構成する原糸の一本当りの繊度 D （d t e x）との比（ T_1/D ）が０．００４～０．０３であることが好ましく、０．００４～０．０２であることが更に好ましい。この場合、チューブ１１０への負担が更に小さくなって、アクチュエータの耐久性が更に向上する。

[0055] 本発明において、スリーブ１２０を構成するコード１２１は、下撚り数 T_1 （回／１０ｃｍ）と上撚り数 T_2 （回／１０ｃｍ）との比（ T_1/T_2 ）が０．８～１．２であることが好ましく、０．９～１．１であることが更に好ましい。この場合、チューブ１１０への負担が更に小さくなって、アクチュエータの耐久性が更に向上する。

[0056] 本発明において、スリーブ１２０を構成するコード１２１は、該コード１

21を構成する原糸の一本当りの織度Dが800～5000dtexであることが好ましく、800～4000dtexであることがより好ましく、1000～4000dtexであることが更に好ましく、1500～4000dtexであることがより一層好ましく、2000～4000dtexであることが特に好ましい。この場合、チューブ110への負担が更に小さくなって、アクチュエータの耐久性が更に向上する。

[0057] 本発明において、スリーブ120を構成するコード121は、下撚り数 T_1 が3.2～150回/10cmであることが好ましく、10～36回/10cmであることが好ましく、10～30回/10cmであることが更に好ましい。この場合、チューブ110への負担が更に小さくなって、アクチュエータの耐久性が更に向上する。

[0058] 本発明において、スリーブ120を構成するコード121は、上撚り数 T_2 が2.6～180回/10cmであることが好ましく、10～36回/10cmであることが好ましく、10～30回/10cmであることが更に好ましい。この場合、チューブ110への負担が更に小さくなって、アクチュエータの耐久性が更に向上する。

[0059] 本発明において、スリーブ120を構成するコード121は、撚り本数が2～4本であることが好ましく、2本であることが特に好ましい。この場合、チューブ110への負担が更に小さくなって、アクチュエータの耐久性が更に向上する。

[0060] 本発明において、スリーブ120を構成するコード121は、該コード121を構成する原糸の一本当りの織度Dが800～5000dtexであり、下撚り数 T_1 が3.2～150回/10cmであり、上撚り数 T_2 が2.6～180回/10cmであり、撚り本数が2～4本であることが好ましい。スリーブ120を構成するコード121の、原糸一本当りの織度D、下撚り数 T_1 、上撚り数 T_2 、及び撚り本数の総てが、上述した好適範囲を満たす場合、チューブ110への負担が特に小さくなって、アクチュエータの耐久性が大幅に向上する。

[0061] 前記コード１２１の製法は特に限定されるものではなく、例えば、該コード１２１が原糸を複数本、好ましくは、２～４本撚り合わせてなる、所謂、双撚り構造である場合、例えば、原糸に下撚りをかけ、次いでこれを複数合わせて、逆方向に上撚りをかけることで、撚糸コードとして得ることができる。

また、コード１２１が原糸１本を撚ってなる、所謂、片撚り構造である場合、例えば、原糸をひきそろえて、一方の方向に撚りをかけることで、撚糸コードとして得ることができる。なお、本発明において、コード１２１が片撚り構造である場合、下撚り数 T_1 は原糸１本を撚る際の撚り数を指すものとする。また、コード１２１が片撚り構造である場合は、式（１）中の上撚り数 T_2 （回／１０ｃｍ）は、下撚り数 T_1 （回／１０ｃｍ）に置き換えるものとする。即ち、コード１２１が片撚り構造である場合は、式（１）中の T_2 は原糸１本を撚る際の撚り数を指すものとする。

[0062] 図２において、封止機構２００は、アクチュエータ本体部１００の軸方向 D_{AX} における端部を封止する。封止機構２００は、封止部材２１０、第１係止リング２２０及びかしめ部材２３０によって構成される。

[0063] 封止部材２１０は、胴体部２１１及び鰐部２１２を有する。封止部材２１０としては、ステンレス鋼などの金属を好適に用い得るが、このような金属に限定されず、硬質プラスチック材料などを用いてもよい。

[0064] 胴体部２１１は、円管状であり、胴体部２１１には、作動流体が通過する通過孔２１５が形成される。通過孔２１５は、通過孔４１０（図１参照）に連通する。胴体部２１１には、チューブ１１０が挿通される。

[0065] 鰐部２１２は、胴体部２１１に連なっており、胴体部２１１よりも液圧式アクチュエータ１０の軸方向 D_{AX} における端部側に位置する。鰐部２１２は、胴体部２１１よりも径方向 D_R に沿った外径が大きい。鰐部２１２は、胴体部２１１に挿通されたチューブ１１０及び第１係止リング２２０に係止する。

[0066] 胴体部２１１の外周面には、凹凸部２１３が形成される。凹凸部２１３は

、胴体部 211 に挿通されたチューブ 110 の滑り抑制に寄与する。凹凸部 213 による凸部分が 3 つ以上形成されることが好ましい。

[0067] また、胴体部 211 の鰐部 212 寄りの位置には、胴体部 211 よりも外径が小さい第 1 小径部 214 が形成される。なお、第 1 小径部 214 の形状については、図 5 以降においてさらに説明する。

[0068] 第 1 係止リング 220 は、スリーブ 120 を係止する。具体的には、スリーブ 120 は、第 1 係止リング 220 を介して径方向 D_R 外側に折り返される（図 2 において不図示、図 5 参照）。

[0069] 第 1 係止リング 220 の外径は、胴体部 211 の外径よりも大きい。第 1 係止リング 220 は、胴体部 211 の第 1 小径部 214 の位置においてスリーブ 120 を係止する。つまり、第 1 係止リング 220 は、胴体部 211 の径方向 D_R 外側であって、鰐部 212 に隣接する位置において、スリーブ 120 を係止する。

[0070] 第 1 係止リング 220 は、胴体部 211 よりも小さい第 1 小径部 214 に係止させるため、本実施形態では、二分割の形状としている。なお、第 1 係止リング 220 は、二分割に限らず、より多くの部分に分割してもよいし、一部の分割部分が回動可能に連結されていてもよい。

[0071] 第 1 係止リング 220 としては、封止部材 210 と同様の金属や硬質プラスチック材料などを用いることができる。

[0072] かしめ部材 230 は、アクチュエータ本体部 100 を封止部材 210 と共にかしめる。かしめ部材 230 としては、アルミニウム合金、真鍮及び鉄などの金属を用いることができる。かしめ部材 230 には、かしめ用の治具によってかしめ部材 230 がかしめられると、図 1 に示したような圧痕 231 が形成される。

[0073] (2) 封止機構の構成

次に、図 5 ～図 12 を参照して、封止機構 200 の実施形態について説明する。

[0074] (2. 1) 実施形態 1-1

図5は、実施形態1-1に係る封止機構200を含む液压式アクチュエータ10の軸方向 D_{AX} に沿った一部断面図である。

[0075] 前述したように、封止部材210は、胴体部211の外径よりも小さい外径を有する第1小径部214を有する。

[0076] 第1係止リング220は、第1小径部214の径方向 D_R 外側に配置される。第1係止リング220の内径 R_1 は、胴体部211の外径 R_3 よりも小さい。なお、第1係止リング220の外径 R_2 も、胴体部211の外径 R_3 より小さくてもよい。

[0077] チューブ110は、鰐部212に当接するまで胴体部211に挿通される。一方、スリーブ120は、第1係止リング220を介して径方向 D_R 外側に折り返されている。この結果、スリーブ120は、軸方向 D_{AX} の端部において第1係止リング220を介して折り返された第1折り返し部120aを有する。具体的には、スリーブ120は、前記チューブ110の外周面を覆うスリーブ本体部120bと、該スリーブ本体部120bの軸方向 D_{AX} の端部で折り返されてスリーブ本体部120bの外周側に配置された第1折り返し部120aと、から構成される。

[0078] 第1折り返し部120aは、チューブ110の径方向 D_R 外側に位置するスリーブ本体部120bと接着されている。具体的には、スリーブ本体部120bと第1折り返し部120aとの間には、接着層240が形成され、この接着層240によって、スリーブ本体部120bと第1折り返し部120aとが接着されている。ここで、接着層240には、スリーブ120を構成するコードの種類によって適切な接着剤を用いればよい。

なお、本発明においては、接着層240は、必須ではなく、第1折り返し部120aは、スリーブ本体部120bと接着されていなくてもよい。

[0079] かしめ部材230は、封止部材210の胴体部211の外径よりも大きく、胴体部211に挿通された上で治具によってかしめられる。かしめ部材230は、アクチュエータ本体部100を封止部材210と共にかしめる。具体的には、かしめ部材230は、胴体部211に挿通されたチューブ110

、スリーブ本体部 120b、及び第 1 折り返し部 120a をかしめる。つまり、かしめ部材 230 は、チューブ 110、スリーブ本体部 120b 及び第 1 折り返し部 120a を封止部材 210 と共にかしめる。

[0080] (2. 2) 実施形態 1-2

図 6 は、実施形態 1-2 に係る封止機構 200 を含む液圧式アクチュエータ 10 の軸方向 D_{AX} に沿った一部断面図である。以下、実施形態 1-1 との相違点について主に説明する。

実施形態 1-2 では、スリーブ 120 の第 1 折り返し部 120a と、かしめ部材 230 との間には、シート状の弾性部材が設けられる。具体的には、第 1 折り返し部 120a とかしめ部材 230 との間には、ゴムシート 250 が設けられる。ゴムシート 250 は、円筒状の第 1 折り返し部 120a の外周面を覆うように設けられる。ゴムシート 250 の種類は特に限定されないが、チューブ 110 と同様の種類のゴムなどを用いることができる。かしめ部材 230 は、ゴムシート 250 も含めて、アクチュエータ本体部 100 を封止部材 210 と共にかしめる。

[0081] (2. 3) 実施形態 1-3

図 7 は、実施形態 1-3 に係る封止機構 200 を含む液圧式アクチュエータ 10 の軸方向 D_{AX} に沿った一部断面図である。

実施形態 1-3 では、実施形態 1-1 の接着層 240 に代えてゴムシート 260 が用いられる。ゴムシート 260 は、シート状の弾性部材であり、スリーブ本体部 120b と、第 1 折り返し部 120a との間に設けられる。ゴムシート 260 には、ゴムシート 250 と同様の種類のゴムを用いることができる。

[0082] (2. 4) 実施形態 2-1

図 8 は、実施形態 2-1 に係る封止機構 200A を含む液圧式アクチュエータ 10 の軸方向 D_{AX} に沿った一部断面図である。

[0083] 実施形態 2-1 では、実施形態 1 の封止機構 200 に代えて、封止機構 200A が用いられる。封止機構 200 と封止機構 200A との相違点は、封

止部材 210 のような第 1 小径部 214 が形成されていないことである。

封止機構 200A は、封止部材 210A、第 1 係止リング 220A 及びかしめ部材 230A によって構成される。

[0084] 封止部材 210A の胴体部 211A には、チューブ 110 が挿通される。封止部材 210A には、封止部材 210 のような第 1 小径部 214 が形成されていないため、第 1 係止リング 220A の外径は、胴体部 211A の外径よりも大きい。このため、第 1 係止リング 220A は、鰐部 212A とかしめ部材 230A とによって係止される。

[0085] また、第 1 係止リング 220A の外径が胴体部 211A の外径よりも大きいため、かしめ部材 230A は、鰐部 212A と当接しない。すなわち、スリーブ 120 が折り返された第 1 係止リング 220A の部分は、外部に露出する。さらに、第 1 係止リング 220A の外径が胴体部 211A の外径よりも大きいため、実施形態 1 の第 1 係止リング 220 のように分割されていなくてもよい。

[0086] なお、スリーブ本体部 120b と第 1 折り返し部 120a との間には、実施形態 1-1 と同様に、接着層 240 が形成される。

[0087] (2. 5) 実施形態 2-2

図 9 は、実施形態 2-2 に係る封止機構 200A を含む液圧式アクチュエータ 10 の軸方向 D_{AX} に沿った一部断面図である。以下、実施形態 2-1 との相違点について主に説明する。

実施形態 2-2 では、スリーブ 120 の第 1 折り返し部 120a と、かしめ部材 230A との間には、シート状の弾性部材が設けられる。具体的には、第 1 折り返し部 120a とかしめ部材 230A との間には、ゴムシート 250A が設けられる。ゴムシート 250A は、実施形態 1-2 のゴムシート 250 と同様に、円筒状の第 1 折り返し部 120a の外周面を覆うように設けられる。

[0088] (2. 6) 実施形態 2-3

図 10 は、実施形態 2-3 に係る封止機構 200A を含む液圧式アクチュ

エータ 10 の軸方向 D_{AX} に沿った一部断面図である。

実施形態 2-3 では、実施形態 2-1 の接着層 240 に代えてゴムシート 260 が用いられる。ゴムシート 260 は、実施形態 1-3 と同様に、シート状の弾性部材であり、スリーブ本体部 120b と、第 1 折り返し部 120a との間に設けられる。

[0089] (2. 7) 実施形態 3-1

図 11 は、実施形態 3-1 に係る封止機構 200B を含む液圧式アクチュエータ 10 の軸方向 D_{AX} に沿った一部断面図である。実施形態 3 (3-1 及び 3-2) では、2 つの係止リングが用いられる。

[0090] 図 11 に示すように、封止機構 200B は、封止部材 210B、第 1 係止リング 220B、かしめ部材 230B 及び第 2 係止リング 270 によって構成される。

[0091] このように、封止機構 200B は、第 1 係止リング 220B に加えて第 2 係止リング 270 を有する。第 2 係止リング 270 は、胴体部 211B の径方向 D_R 外側であって、第 1 係止リング 220B よりもアクチュエータ本体部 100 の軸方向 D_{AX} における中央側の位置において、スリーブ 120 を係止する。

[0092] 具体的には、封止部材 210B は、胴体部 211B の外径よりも小さい外径を有する第 2 小径部 216B を有する。

[0093] 第 2 係止リング 270 は、第 2 小径部 216B の径方向 D_R 外側に配置される。第 2 係止リング 270 の内径は、胴体部 211B の外径よりも小さいことが好ましい。なお、第 2 係止リング 270 の外径も、胴体部 211B の外径よりも小さくてもよい。これにより、第 2 係止リング 270 は、第 2 小径部 216B によって係止される。

[0094] スリーブ 120 は、第 2 係止リング 270 を介して折り返された第 2 折り返し部 120c を有する。第 2 折り返し部 120c は、第 1 折り返し部 120a に連なっている。つまり、第 2 折り返し部 120c は、前記第 1 折り返し部 120a における軸方向 D_{AX} の端部で折り返されて第 1 折り返し部 120a

0 a の外周側に配置されている。

具体的には、スリーブ 1 2 0 は、第 1 係止リング 2 2 0 B を介して、アクチュエータ本体部 1 0 0 の軸方向 D_{AX} における中央側に折り返されることによって第 1 折り返し部 1 2 0 a を形成する。さらに、スリーブ 1 2 0 は、第 1 折り返し部 1 2 0 a がアクチュエータ本体部 1 0 0 の軸方向 D_{AX} における端部側に折り返されることによって第 2 折り返し部 1 2 0 c を形成する。

[0095] かしめ部材 2 3 0 B は、胴体部 2 1 1 B に挿通されたチューブ 1 1 0、チューブ 1 1 0 の径方向 D_R 外側に位置するスリーブ本体 1 2 0 b、第 1 折り返し部 1 2 0 a、及び第 2 折り返し部 1 2 0 c を、封止部材 2 1 0 B と共にかしめる。

[0096] スリーブ本体 1 2 0 b と、第 1 折り返し部 1 2 0 a との間には、実施形態 1-3 と同様のゴムシート 2 6 0 が設けられる。

[0097] また、第 1 折り返し部 1 2 0 a と、第 2 折り返し部 1 2 0 c との間にもシート状の弾性部材が設けられる。具体的には、第 1 折り返し部 1 2 0 a と第 2 折り返し部 1 2 0 c との間には、ゴムシート 2 8 0 が設けられる。ゴムシート 2 8 0 は、円筒状の第 1 折り返し部 1 2 0 a の外周面を覆うように設けられる。

[0098] さらに、第 2 折り返し部 1 2 0 c と、かしめ部材 2 3 0 B との間には、実施形態 1-3 のゴムシート 2 5 0 と概ね同形状のゴムシート 2 9 0 が設けられる。ゴムシート 2 9 0 は、円筒状の第 2 折り返し部 1 2 0 c の外周面を覆うように設けられる。

[0099] (2. 8) 実施形態 3-2

図 1 2 は、実施形態 3-2 に係る封止機構 2 0 0 C を含む液圧式アクチュエータ 1 0 の軸方向 D_{AX} に沿った一部断面図である。以下、実施形態 3-1 との相違点について主に説明する。

[0100] 実施形態 3-2 では、第 1 小径部 2 1 4 B 及び第 2 小径部 2 1 6 B が形成されていない封止部材 2 1 0 C が用いられる。

[0101] 封止部材 2 1 0 C は、胴体部 2 1 1 C を有する。封止部材 2 1 0 C には、

封止部材 210B のような第 1 小径部 214B 及び第 2 小径部 216B が形成されていないため、第 1 係止リング 220C の内径及び第 2 係止リング 270C の内径は、胴体部 211C の外径よりも大きい。

[0102] かしめ部材 230C は、軸方向 D_{AX} において、第 1 係止リング 220C と第 2 係止リング 270C との間に位置する。すなわち、スリーブ 120 が折り返された第 1 係止リング 220C の部分及び第 2 係止リング 270C 部分は、外部に露出する。

[0103] なお、第 1 折り返し部 120a と第 2 折り返し部 120c との間には、実施形態 3-1 のゴムシート 280 と概ね同形状のゴムシート 281 が設けられる。また、スリーブ 120 の第 2 折り返し部 120c と、かしめ部材 230C との間には、実施形態 3-1 のゴムシート 290 と概ね同形状のゴムシート 291 が設けられる。

実施例

[0104] 以下に、実施例を挙げて本発明を更に詳しく説明するが、本発明は下記の実施例に何ら限定されるものではない。

[0105] (チューブの作製)

高ニトリル NBR (アクリロニトリル-ブタジエンゴム、JSR 株式会社製「N220S」) 45 質量部、中高ニトリル NBR (アクリロニトリル-ブタジエンゴム、JSR 株式会社製「N230S」) 35 質量部、BR (ブタジエンゴム、宇部興産株式会社製「UBE POL (登録商標) BR150」) 20 質量部、カーボンブラック (東海カーボン株式会社製「シースト 3」) 50 質量部、ステアリン酸 (新日本理化株式会社製「ステアリン酸 50S」) 1 質量部、老化防止剤 (大内新興化学工業株式会社製「ノクラック 6C」) 2 質量部、樹脂 (日本ゼオン株式会社製「クレイトン 100」) 10 質量部、可塑剤 (新日本理化株式会社製「サンソサイザー DOA」) 8 質量部、亜鉛華 (ZnO 、白水化学工業株式会社製「亜鉛華 3 号」) 5 質量部、硫黄 (鶴見化学工業株式会社製「Sulfax Z」) 1 質量部、加硫促進剤 CBS (大内新興化学工業株式会社製「ノクセラー CZ」) 1 質量部、加

硫促進剤TOT（大内新興化学工業株式会社製「ノクセラーTOT-N」）
2質量部、をバンバリーミキサーで混練りしてゴム組成物を調製した。

[0106] 得られたゴム組成物を押出し成形機で加工することにより、長さ300mmの円筒形状のチューブを作製した。作製したチューブの外径と厚みを表1に示す。

[0107] （スリーブの作製）

表1に示す仕様のアラミド繊維コード64本を編み込んで作製した網目状で、円筒状のスリーブを用意した。なお、各アラミド繊維コードは、原糸のアラミド繊維に下撚りをかけ、更に上撚りを掛けて作製した。また、このスリーブは、横断面において円周上にアラミド繊維コードが64本観察される網目状筒状体であった。

なお、スリーブは、等間隔、平行かつ螺旋状に配置された32本のアラミド繊維コードと、この32本のアラミド繊維コードと斜交するとともに、等間隔、平行かつ螺旋状に配置された他の32本のアラミド繊維とが交互に編み込まれてなる網目状筒状体であり、図3（a）に示すように、各コード群のコードの二本ずつが交互に交錯して構成され、且つ交錯する位置が1本ずつずれて構成されていた（斜文織（綾織））。

各スリーブ、並びに、各スリーブを構成するコードの仕様を表1に示す。

[0108] （アクチュエータの作製）

前記チューブと前記網目状のスリーブとを用いて、図1及び図2に示す構造のアクチュエータを作製した。アクチュエータに組み込まれたチューブの作動油としては、コスモスーパーエポック株式会社製UF46を用いた。作製したアクチュエータのスリーブを構成するコードの角度、並びに、アクチュエータの耐久性を、以下の方法で評価した。

[0109] ＜スリーブを構成するコードの角度の評価方法＞

アクチュエータの軸方向に対してスリーブを構成するコードがなす角度は、以下のように算出した。

（1）該当部分を写真撮影する。

(2) 写真の焦点が合い、解析に十分な画質が確保できるアクチュエータの中央部（アクチュエータの収縮時には、スリーブの最大径に対して、スリーブの径がマイナス5%の範囲までの領域）を選択する。

(3) この部分において、封止機構の中心を結ぶ直線と、スリーブを構成するコードと、がなす角度を測定する。

(4) 5点を評価して、平均をとり、測定値する。

なお、コードの角度は、無負荷且つ無加圧状態と、規定の荷重と液圧（内圧）をかけたアクチュエータの収縮時と、において測定し、表中では、前者を「初期コード角度 Θ_1 」と標記し、後者を「収縮時コード角度 Θ_2 」と標記した。

[0110] <スリーブを構成するコードの間隙の総面積（S2）の評価方法>

液圧5MPaで、スリーブを構成するコードの、アクチュエータの軸方向に対する平均角度が45度となるように、アクチュエータにかかる荷重を調整して、「スリーブを構成するコードの角度の評価方法」と同様に、写真撮影を行い、コードの間隙の総面積（S2）を測定した。該値（S2）を用いて、アクチュエータ本体部の外表面の面積（S1）の値から、比（S2/S1）を算出し、表中では、「収縮时空隙率（S2/S1）」と標記した。なお、コードの角度の実測においては、誤差範囲を±1度とした。

[0111] <アクチュエータの耐久性の評価方法>

作動油をチューブ内に注入して、チューブ内の空気を作動油で十分に置換した。チューブ内の作動油の圧力が0MPaと5MPaとをそれぞれ3秒ごとに繰り返すように作動油の注入操作を行い、チューブに亀裂が入りアクチュエータの機能を発現できなくなるまでの回数を測定した。実施例1の回数を100として、指数表示した。指数値が大きい程、耐久性が高いことを示す。

また、故障形態を目視で観察し、以下の基準で評価した。

A：コードに直接接触する部分におけるチューブの損傷による故障

B：コードに直接接触しない部分におけるチューブの損傷による故障

C : コードの切断による故障

[0112] [表1]

		実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6	比較例 1	比較例 2	比較例 3
チューブ	チューブ外径	mm	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0
	チューブ厚みt	mm	2	2.2	2	2.2	2.2	2	2	2
スリーブ	初期コード角度 θ_1 (無負荷・無加圧時)	度	25	25	25	25	25	25	25	25
	収縮時空隙率 (S2/S1)	%	31.9	11.1	26.8	8.7	18.8	16.4	35.2	47.4
	収縮時コード角度 θ_2	度	53.1	52.3	51.3	51.2	51.9	51.0	53.0	52.1
	コードの太さd	mm	0.51	0.71	0.47	0.71	0.71	0.83	0.51	0.33
	式(1)の右辺	mm	0.68	0.67	0.66	0.66	0.67	0.66	0.68	0.67
	式(2)の右辺	mm	1.82	2.01	1.77	2.01	2.01	2.13	1.82	1.63
	スリーブ内径	mm	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1
	原糸の繊度D	dtex	2200	2200	1100	2200	2200	3600	2200	1100
	原糸の密度 ρ	g/cm ³	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44
	コードの下燃り数T ₁	回/10cm	28	12	15	12	12	28	36	58
	コードの上燃り数T ₂	回/10cm	28	12	15	12	12	28	36	52
	燃り本数	本/コード	2	2	2	2	2	2	2	2
	コードの燃り係数K	-	0.387	0.166	0.147	0.166	0.166	0.495	0.387	0.508
	T ₁ /D	-	0.013	0.005	0.014	0.005	0.005	0.008	0.013	0.053
	T ₁ /T ₂	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1
評価	コードの破断強力	N/本	615	633	340	633	633	918	615	312
	コードの破断伸び	%	5.2	4.9	4.8	4.9	4.9	4.6	5.2	4.5
	コードの打ち込み密度	本/cm	15.6	15.6	23.3	15.6	11.7	11.7	11.7	15.6
	コードの織り方	-	斜文織	斜文織	斜文織	斜文織	斜文織	斜文織	斜文織	斜文織
	耐久性 故障形態	指数 -	100 A	313 A	215 A	575 A	488 A	538 A	63 B	25 C

[0113] 表 1 から、本発明に従う液圧式アクチュエータは、高い耐久性を有することが分かる。

符号の説明

[0114] 10：液圧式アクチュエータ、 20：連結部、 100：アクチュエータ本体部、 110：チューブ、 120：スリーブ、 120a：第1折り返し部、 120b：スリーブ本体部、 120c：第2折り返し部、 121：コード、 121A, 121B：コード群、 122：コードの間隙、 200, 200A, 200B, 200C：封止機構、 210, 210A, 210B, 210C：封止部材、 211, 211A, 211B, 211C：胴体部、 212, 212A：鰐部、 213：凹凸部、 214, 214B：第1小径部、 215：通過孔、 216B：第2小径部、 220, 220A, 220B, 220C：第1係止リング、 230, 230A, 230B, 230C：かしめ部材、 231：圧痕、 240：接着層、 250, 250A：ゴムシート、 260：ゴムシート、 270, 270C：第2係止リング、 280, 281：ゴムシート、 290, 291：ゴムシート、 300：封止機構、 400, 500：フィッティング、 410, 510：通過孔、 D_{AX} ：軸方向、 D_R ：径方向

請求の範囲

- [請求項1] 液圧によって膨張及び収縮する筒状のチューブと、所定方向に配向されたコードを編み込んだ筒状の構造体であって前記チューブの外周面を覆うスリーブと、によって構成されるアクチュエータ本体部を具える液圧式アクチュエータであって、
- 無負荷且つ無加圧状態において、前記スリーブを構成するコードの、アクチュエータの軸方向に対する平均角度が20度以上45度未満であり、
- 液圧5MPaで、前記スリーブを構成するコードの、アクチュエータの軸方向に対する平均角度が45度である状態において、前記アクチュエータ本体部の外表面の面積（S1）に対する前記スリーブを構成するコードの間隙の総面積（S2）の比（S2／S1）が35%以下であることを特徴とする、液圧式アクチュエータ。
- [請求項2] 前記スリーブを構成するコードが、ポリアミド繊維、ポリエステル繊維、ポリウレタン繊維、レーヨン、アクリル繊維、ポリオレフィン繊維からなる群から選択される少なくとも1種の繊維材料からなる、請求項1に記載の液圧式アクチュエータ。
- [請求項3] 前記スリーブは、一方向に配向されたコード群と、それと交錯するコード群とが、各コード群のコードの2本又は1本ずつが交互に交錯して構成され、且つ交錯する位置が1本ずつずれて構成されている、請求項1又は2に記載の液圧式アクチュエータ。
- [請求項4] 前記スリーブは、前記コードを斜文織（綾織）又は平織して構成されている、請求項1又は2に記載の液圧式アクチュエータ。
- [請求項5] 前記スリーブを構成するコードの破断強力が、200N／本以上である、請求項1～4のいずれか一項に記載の液圧式アクチュエータ。
- [請求項6] 前記スリーブを構成するコードの破断伸びが、2.0%以上である、請求項1～5のいずれか一項に記載の液圧式アクチュエータ。
- [請求項7] 前記スリーブを構成するコードの太さが、0.3mm～1.5mm

である、請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の液圧式アクチュエータ。

[請求項 8] 前記スリーブを構成するコードの打ち込み密度が、6.8 本/cm ～ 25.5 本/cm である、請求項 1 ～ 7 のいずれか一項に記載の液圧式アクチュエータ。

[請求項 9] 前記チューブの厚み t (mm) と、前記スリーブを構成するコードの太さ d (mm) と、無負荷且つ無加圧状態において、前記スリーブを構成するコードの、アクチュエータの軸方向に対する平均角度 θ_1 と、アクチュエータの収縮時において、前記スリーブを構成するコードの、アクチュエータの軸方向に対する平均角度 θ_2 とが、下記式 (1) :

[数 1]

$$t > \sin \theta_2 \cdot \frac{\sin(2\theta_2)}{\sin(2\theta_1)} \cdot \left(\frac{1}{\sin(2\theta_1)} - \frac{1}{2\cos \theta_2} \right) \cdot d \cdots (1)$$

を満たす、請求項 1 ～ 8 のいずれか一項に記載の液圧式アクチュエータ。

[請求項 10] 前記チューブの厚み t (mm) と、前記スリーブを構成するコードの太さ d (mm) と、無負荷且つ無加圧状態において、前記スリーブを構成するコードの、アクチュエータの軸方向に対する平均角度 θ_1 と、アクチュエータの収縮時において、前記スリーブを構成するコードの、アクチュエータの軸方向に対する平均角度 θ_2 とが、下記式 (2) :

[数 2]

$$t > \frac{\sin(2\theta_2)\sin(\theta_2)}{\sin^2(2\theta_1)} \cdot d \cdots (2)$$

を満たす、請求項 9 に記載の液圧式アクチュエータ。

[請求項 11] 前記スリーブを構成するコードの、下記式 (3) :

[数3]

$$K = T_2 \times \sqrt{0.125 \times \frac{D}{\rho}} \times 10^{-3} \cdots (3)$$

[式中、 T_2 はコードの上撚り数（回／10cm）であり、但し、コードが片撚り構造の場合、上撚り数 T_2 （回／10cm）を下撚り数 T_1 （回／10cm）に置き換えるものとし、 D はコードを構成する原糸の一本当りの繊度（d t e x）であり、 ρ はコードを構成する原糸の密度（g／cm³）である]で定義される撚り係数 K が0.14～0.50である、請求項1～10のいずれか一項に記載の液圧式アクチュエータ。

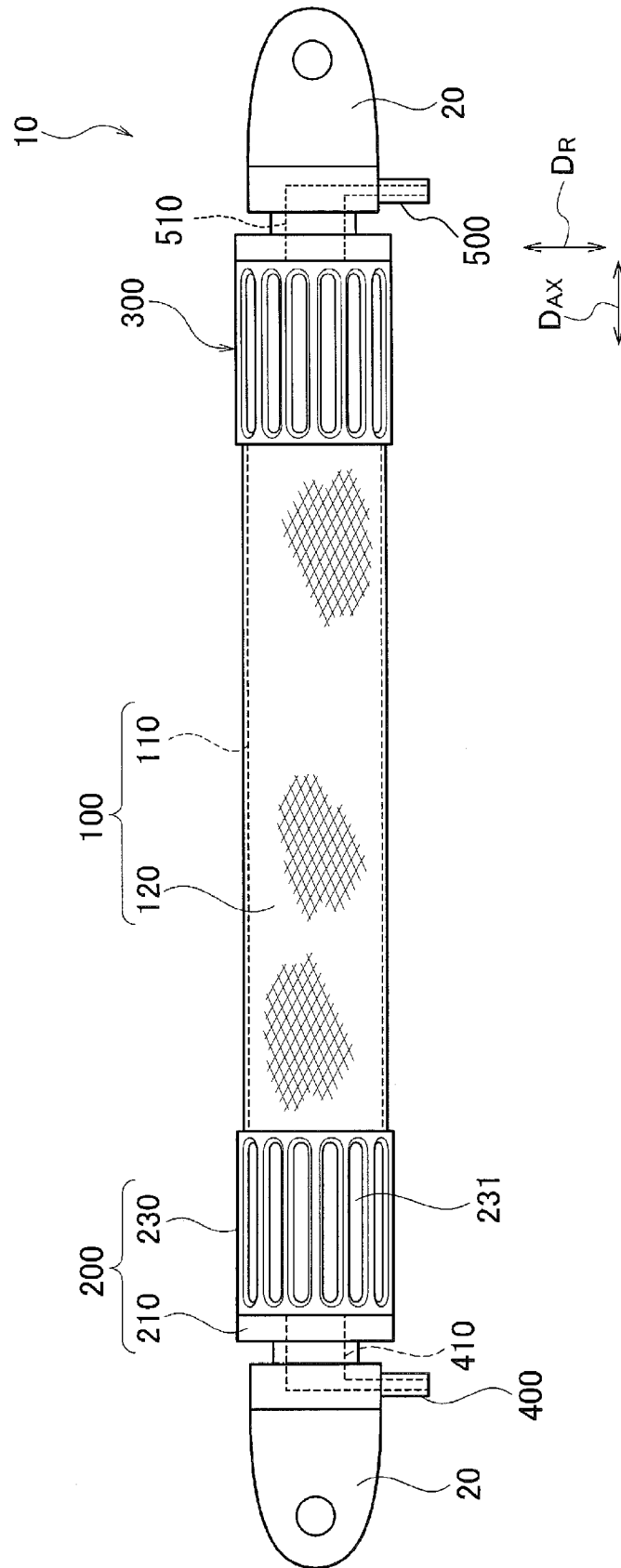
[請求項12] 前記スリーブを構成するコードは、下撚り数 T_1 （回／10cm）と該コードを構成する原糸の一本当りの繊度 D （d t e x）との比（ T_1/D ）が0.004～0.03である、請求項1～11のいずれか一項に記載の液圧式アクチュエータ。

[請求項13] 前記スリーブを構成するコードは、下撚り数 T_1 （回／10cm）と上撚り数 T_2 （回／10cm）との比（ T_1/T_2 ）が0.8～1.2である、請求項1～12のいずれか一項に記載の液圧式アクチュエータ。

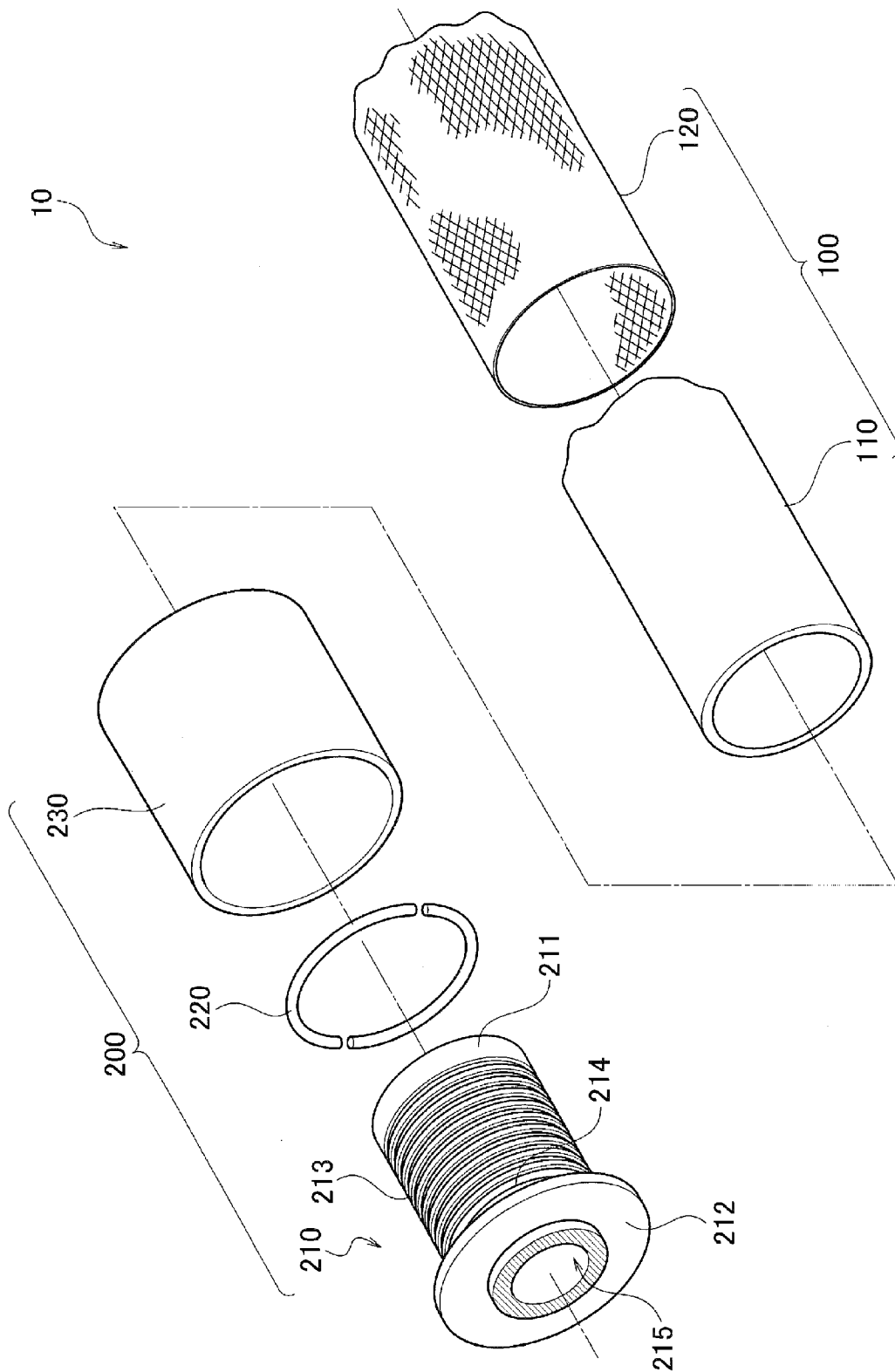
[請求項14] 前記スリーブを構成するコードは、該コードを構成する原糸の一本当りの繊度 D が800～5000 d t e xであり、下撚り数 T_1 が3.2～150回／10cmであり、上撚り数 T_2 が2.6～180回／10cmであり、撚り本数が2～4本である、請求項1～13のいずれか一項に記載の液圧式アクチュエータ。

[請求項15] 無負荷且つ無加圧状態において、前記チューブの厚みが1.0mm～6.0mmである、請求項1～14のいずれか一項に記載の液圧式アクチュエータ。

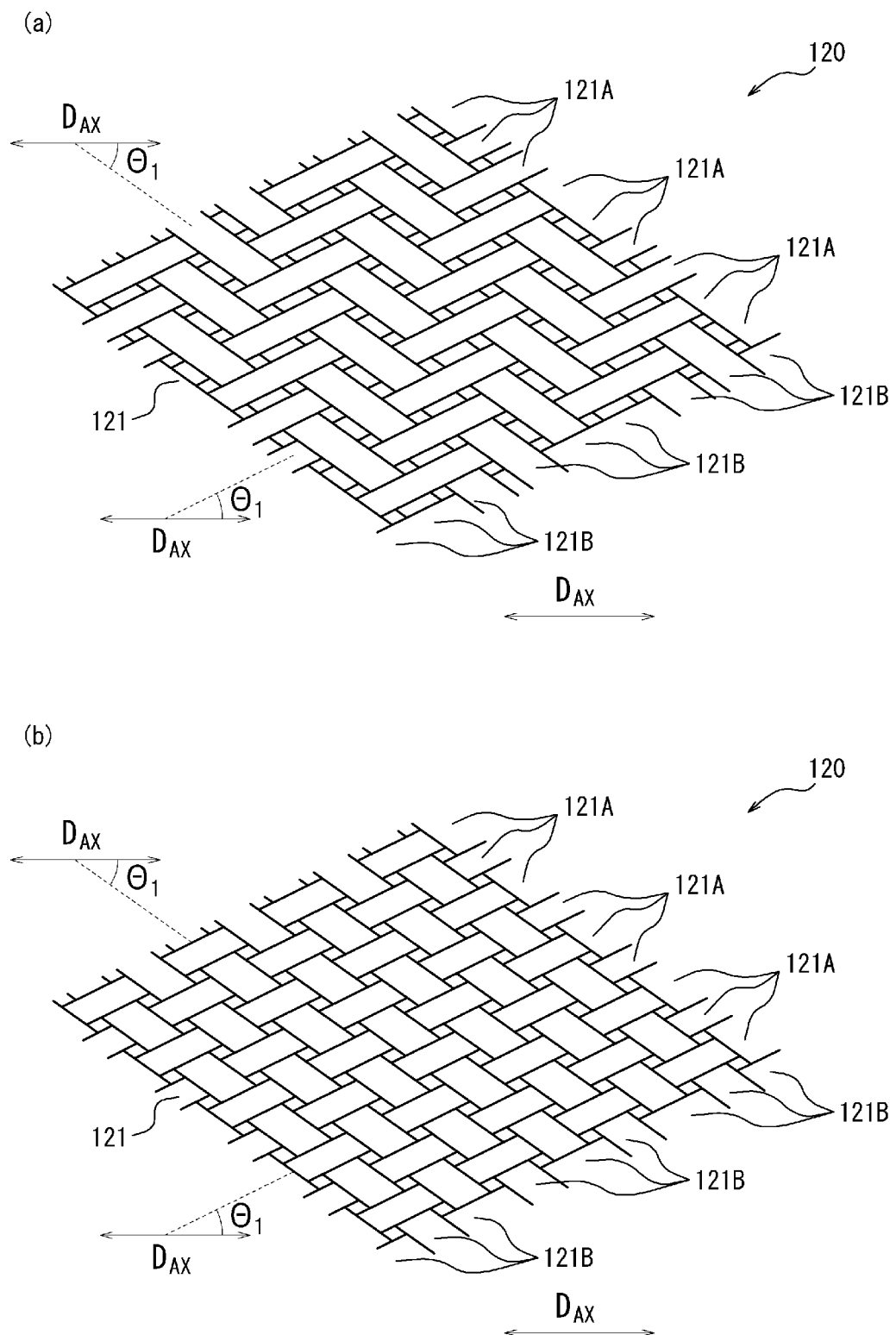
[図1]



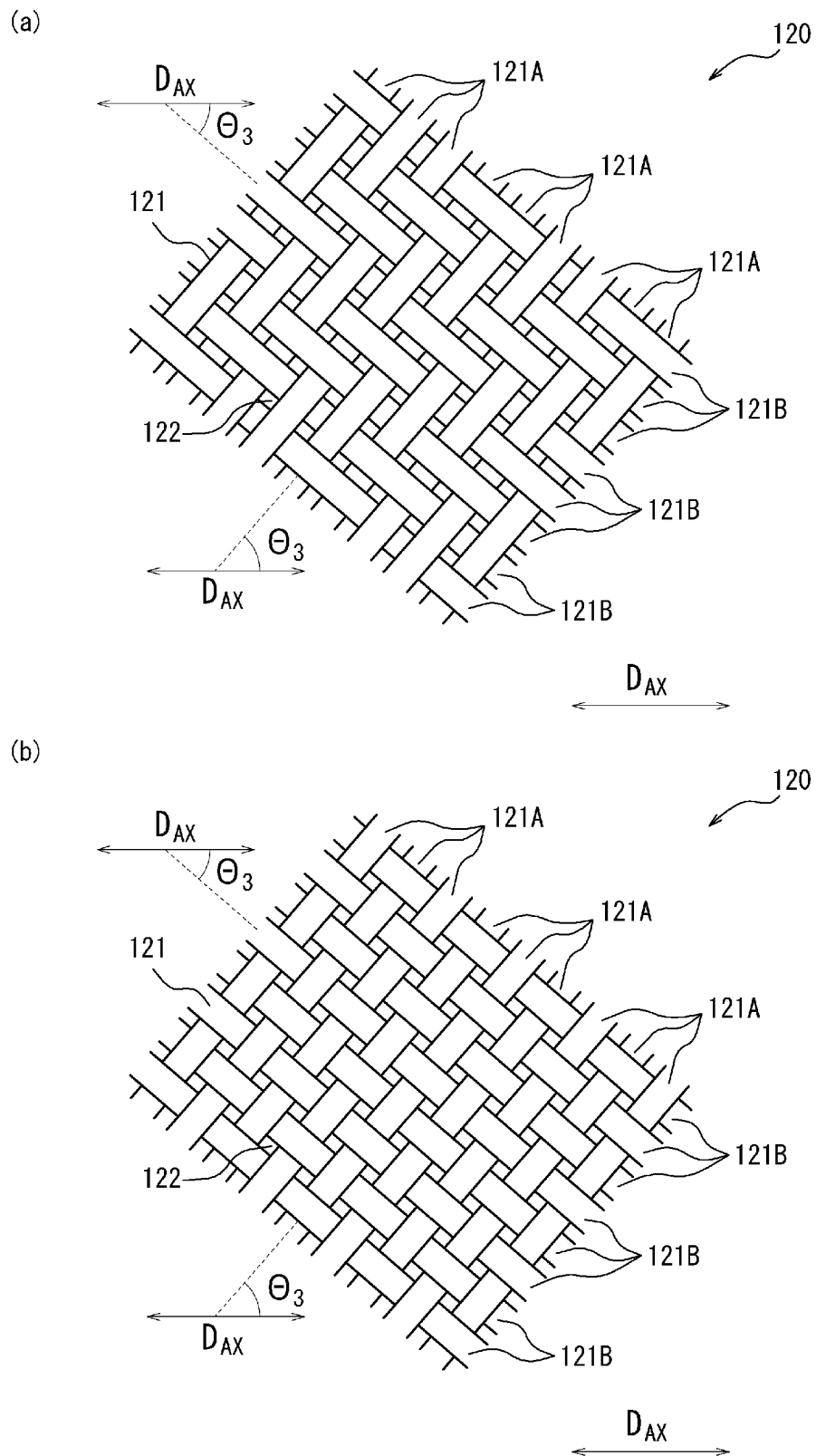
[図2]



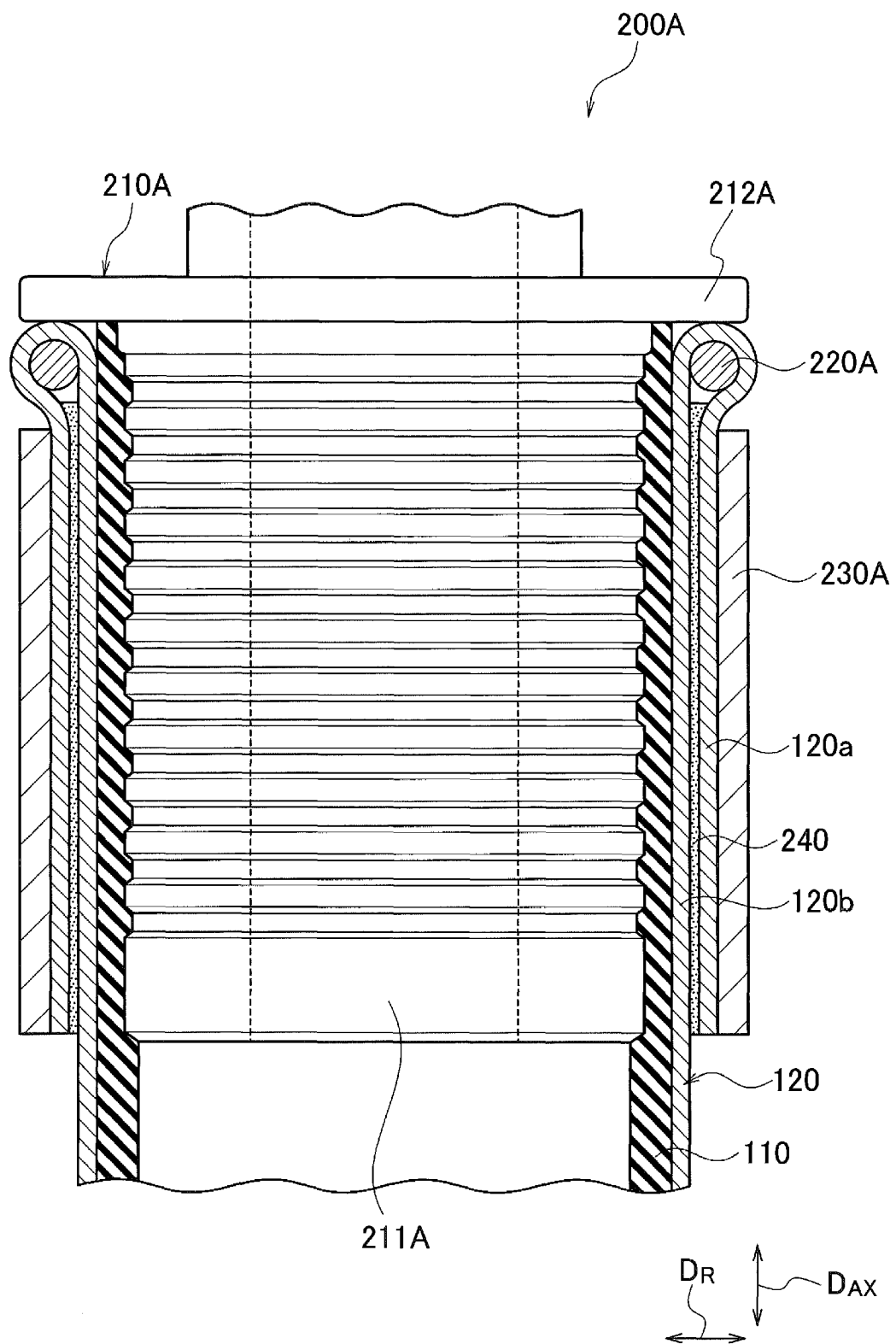
[図3]



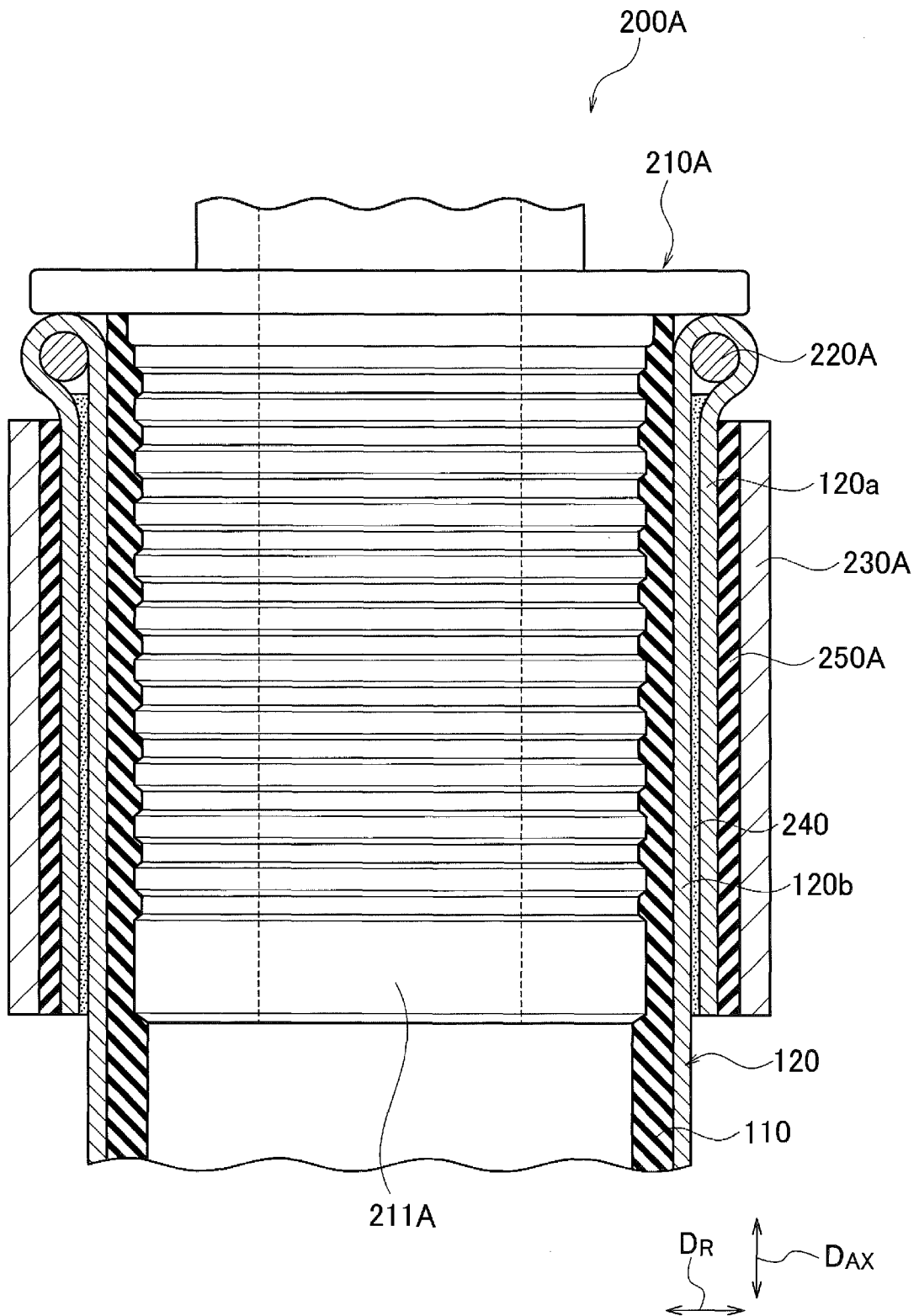
[図4]



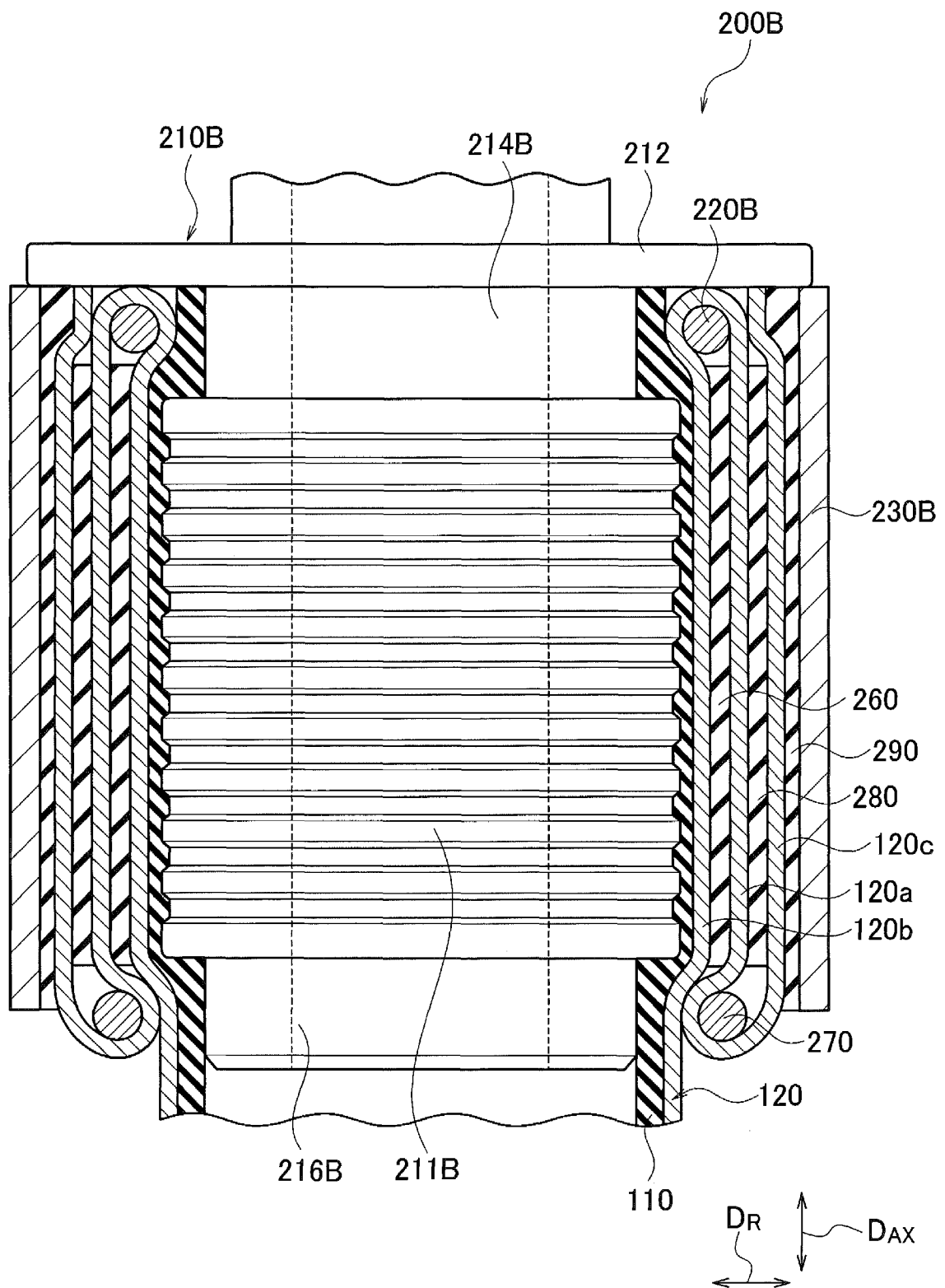
[図8]



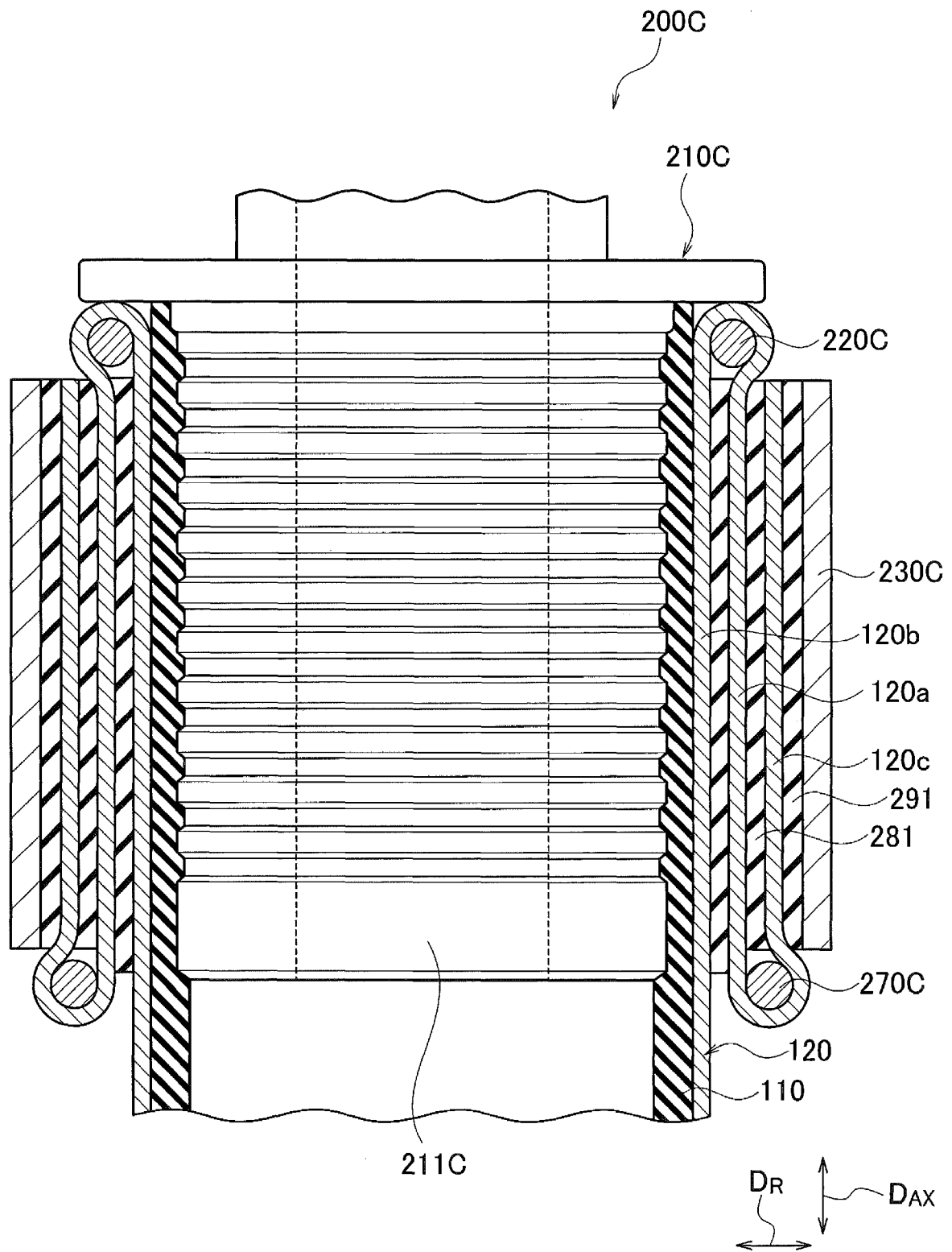
[図9]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/039198

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. F15B15/10 (2006.01) i

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)

Int. Cl. F15B15/10, F16L11/10

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 1971-2017

Registered utility model specifications of Japan 1996-2017

Published registered utility model applications of Japan 1994-2017

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.
A	JP 2016-156116 A (TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 01 September 2016, paragraphs [0025]-[0028], fig. 1 (Family: none)	1-15
A	US 4721030 A (PAYNTER, Henry M.) 26 January 1988 & EP 0209828 A2 & CA 1263289 A	1-15
P, A	JP 2017-46754 A (DAIYA INDUSTRY CO., LTD.) 09 March 2017, paragraphs [0024]-[0025], fig. 1-2 & WO 2017/038599 A1, paragraphs [0024]-[0025], fig. 1-2	1-15

☐ 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

Date of mailing of the international search report

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F15B15/10(2006.01)i

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））

Int.Cl. F15B15/10, F16L11/10

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

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

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）

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
A	JP 2016-156116 A（国立大学法人東京工業大学）2016.09.01, 段落[0025]-[0028], 図1（ファミリーなし）	1-15
A	US 4721030 A（PAYNTER, Henry M.）1988.01.26 & EP 0209828 A2 & CA 1263289 A	1-15
P, A	JP 2017-46754 A（ダイヤ工業株式会社）2017.03.09, 段落[0024]-[0025], 図1-2 & WO 2017/038599 A1, 段落[0024]-[0025], 図1-2	1-15

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矛盾するものではなく、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

09.01.2018

国際調査報告の発送日

23.01.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

加藤 昌人

30

9257

電話番号 03-3581-1101 内線 3358