

(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
2020年7月2日(02.07.2020)

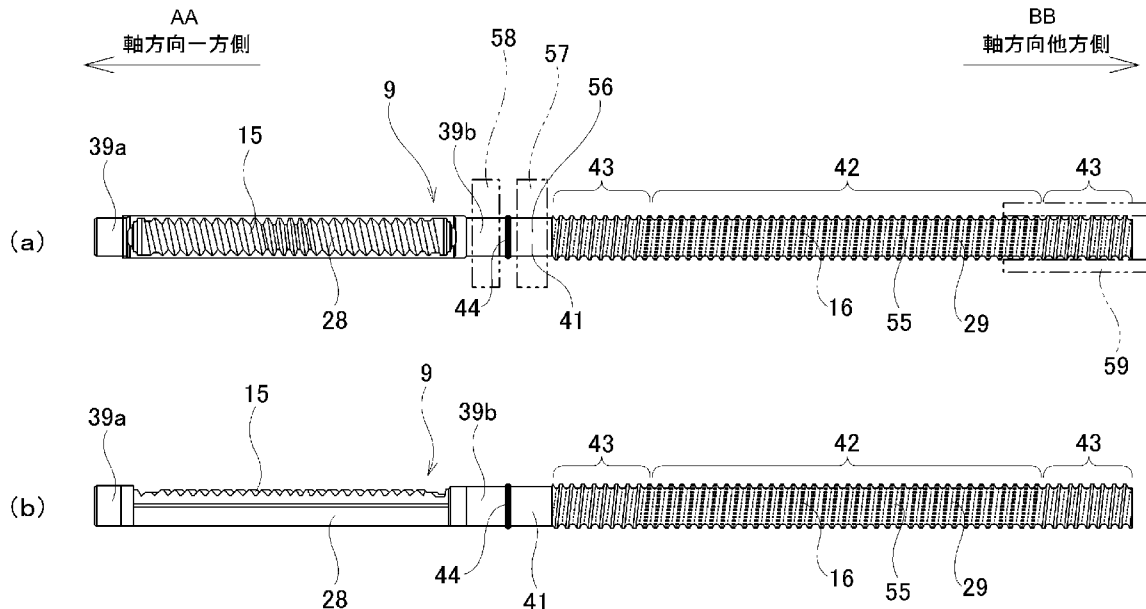


(10) 国際公開番号
WO 2020/137552 A1

- (51) 国際特許分類:
B21H 3/04 (2006.01) *F16H 25/22* (2006.01)
B21K 1/76 (2006.01) *F16H 25/24* (2006.01)
B23K 20/12 (2006.01) *B62D 3/12* (2006.01)
F16H 19/04 (2006.01)
- (71) 出願人: 日本精工株式会社 (NSK LTD.) [JP/JP]; 〒1418560 東京都品川区大崎一丁目6番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 海野 健太郎 (UNNO, Kentaro); 〒3710845 群馬県前橋市鳥羽町78番地 日本精工株式会社内 Gunma (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人貴和特許事務所 (KIWA INTERNATIONAL); 〒1050003 東京都港区西新橋2丁目13番10号 SK | 虎ノ門5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,
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/048492
- (22) 国際出願日: 2019年12月11日(11.12.2019)
- (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 2018-244751 2018年12月27日(27.12.2018) JP

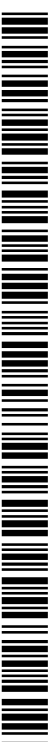
(54) Title: LINEAR MOTION SHAFT FOR STEERING DEVICE, STEERING DEVICE, AND METHOD OF MANUFACTURING THESE

(54) 発明の名称: ステアリング装置用の直動軸、ステアリング装置、およびこれらの製造方法



AA One side in axial direction
BB Other side in axial direction

(57) Abstract: This linear motion shaft, in which a first shaft and a second shaft are coupled by friction welding, has improved coaxiality between a section having a first input part and a section having a second input part. A screw shaft 29, which is the first shaft, is provided with a gripping part 56 for centering. While the gripping part 56 of the screw shaft 29 is gripped by a first gripping tool 57 for centering, and a rack shaft 28, which is the second shaft, is gripped by a second gripping tool 58 for centering, the first gripping tool 57 and/or the second gripping tool 58 is rotationally driven. This action causes an axial direction end of the rack shaft 28 and an axial direction end of the screw shaft 29 to abut each other



WO 2020/137552 A1

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, 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))

while the screw shaft 29 and the rack shaft 28 are rotated relative to each other, and as a result the rack shaft 28 and the screw shaft 29 are coupled by friction welding.

(57) 要約 : 第 1 軸部と第 2 軸部とを摩擦圧接により結合した直動軸に関して、第 1 入力部を有する部分と第 2 入力部を有する部分との同軸度を向上させる。第 1 軸部であるねじ軸部 29 に芯出し用の把持部 56 を設けて、ねじ軸部 29 の把持部 56 を芯出し用の第 1 把持具 57 により把持し、かつ、第 2 軸部であるラック軸部 28 を芯出し用の第 2 把持具 58 により把持した状態で、第 1 把持具 57 と第 2 把持具 58 とのうちの少なくとも一方の把持具を回転駆動することにより、ねじ軸部 29 とラック軸部 28 とを相対回転させながら、ラック軸部 28 とねじ軸部 29 の軸方向端部同士を突き合わせることで、ラック軸部 28 とねじ軸部 29 とを摩擦圧接により結合する。

明 細 書

発明の名称：

ステアリング装置用の直動軸、ステアリング装置、およびこれらの製造方法

技術分野

- [0001] 本発明は、自動車などの車両用のステアリング装置を構成する直動軸、該直動軸を含むステアリング装置、およびこれらの製造方法に関する。
- [0002] 自動車などの車両用のステアリング装置では、ステアリングホイールの回転は、ステアリングギヤユニットの入力軸に伝達され、該入力軸の回転は、車体の幅方向に配置された直動軸（ラック軸）の軸方向の直線運動に変換される。これにより、直動軸の軸方向両側の端部に支持されたタイロッドが押し引きされて、操舵輪に舵角が付与される。
- [0003] 運転者がステアリングホイールを操作するために要する力を低減するための電動アシスト装置を含む、電動パワーステアリング装置からなる、ステアリング装置が広く実施されている。電動パワーステアリング装置は、電動モータの補助動力を、ステアリングホイールの回転に伴って回転または直線運動する部材に付与する。電動パワーステアリング装置としては、補助動力をステアリングシャフトに付与するコラムアシストタイプと、補助動力をステアリングギヤユニットの入力軸（ピニオン軸）に付与するピニオンアシストタイプと、補助動力をステアリングギヤユニットの直動軸に付与するラックアシストタイプとの3種類が知られている。これらのうち、ラックアシストタイプの電動パワーステアリング装置は、高出力化しやすいといった利点がある。
- [0004] ラックアシストタイプの電動パワーステアリング装置では、電動モータの回転トルクを、ボールねじ機構により、直動軸の軸方向の直線運動に変換して、該直動軸に付与する。この直動軸は、軸方向一方側部分に、ステアリングホイールの回転に伴い回転する入力軸のピニオン歯部と噛合するラック歯

部を備え、かつ、軸方向他方側部分に、略半円弧形の断面形状を有する雌ねじ溝をらせん状に形成されている、ボールねじ部を備える。この直動軸を1つの素材から製造しようとする、ラック歯部とボールねじ部とのいずれか一方の部位の形状精度や寸法精度が不十分であった場合に、不良品として廃棄しなければならない、コスト低減の面から不利である。

[0005] 特開2005-247163号公報には、外周部にラック歯を有するラック軸と、外周部にねじ溝を有するねじ軸とを摩擦圧接により結合する、直動軸の製造方法が記載されている。特開2005-247163号公報に記載の方法では、ラック軸を製造する工程において、精度良く仕上げられた軸部用素材の軸方向一部の外周部に加工を施すことによって、ラック歯を形成し、かつ、前記軸部用素材の残部の外周部を支持部として未加工のまま残す。また、ねじ軸を製造する工程において、精度良く仕上げられた軸部用素材の軸方向一部の外周部に加工を施すことによって、ねじ溝を形成し、かつ、前記軸部用素材の残部の外周部を支持部として未加工のまま残す。そして、ラック軸の支持部と、ねじ軸の支持部とをチャックすることにより、ラック軸とねじ軸との芯出しを行った状態で、ラック軸とねじ軸を摩擦圧接により結合する。これにより、直動軸のうちのラック歯を有する部分とねじ溝を有する部分との同軸度が許容範囲内に収まるようにしている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2005-247163号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 特開2005-247163号公報に記載の方法は、次のような点で改良の余地がある。

[0008] すなわち、ねじ軸を製造する工程において、軸部用素材の軸方向一部に加工を施すことによって、ねじ溝を形成すると、該加工に伴ってねじ軸に曲が

り変形などが生じ、加工部であるねじ溝を有する部分と未加工部である支持部との同軸度が低下する可能性がある。この結果、完成後の直動軸に関して、ラック歯を有する部分とねじ溝を有する部分との同軸度が、許容範囲内において低くなる可能性がある。

[0009] 本発明の目的は、第1入力部を有する第1軸部と、第2入力部を有する、または、円筒面からなる外周面を有する第2軸部との同軸度の向上を図ることができる、直動軸の構造およびその製造方法を実現することにある。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明の製造対象となるステアリング装置用の直動軸は、軸方向の直線運動をするための駆動力が入力される第1入力部を外周部に有する第1軸部と、第2軸部と、第1軸部と第2軸部との結合部と備える。

[0011] 本発明の直動軸の製造方法は、第1軸部を製造する工程と、第2軸部を製造する工程と、第1軸部と第2軸部とを摩擦圧接により結合する工程とを備える。

[0012] 特に、本発明の直動軸の製造方法は、第1軸部を製造する工程は、第1軸部用素材に第1入力部を形成する工程と、該第1入力部を形成した後、該第1入力部を基準として、第1軸部のうちの第2軸部に結合される側の軸方向端部の外周部に芯出し用の把持部を形成する工程とを含む。

[0013] そして、前記摩擦圧接を、第1軸部の前記把持部を芯出し用の第1把持具により把持すると共に、第2軸部を芯出し用の第2把持具により把持した状態で、第1軸部の前記軸方向端部と第2軸部の軸方向端部とを突き合わせることにより行う。

[0014] 前記摩擦圧接を、第1把持具と第2把持具とのうちの少なくとも一方の把持具を回転駆動することにより、第1軸部と第2軸部とを相対回転させながら行うことができる。

[0015] 前記摩擦圧接を、第1把持具を回転駆動することにより第1軸部を回転させると共に、第2軸部を非回転に保持しながら行うことができる。

[0016] 第1入力部を、ボールねじ部により構成することができ、この場合、前記

第1入力部を形成する工程は、転造加工によりボールねじ部を形成する工程からなる。

- [0017] 前記転造加工を、スルーフィード転造加工とすることが好ましい。
- [0018] 第1軸部と第2軸部とを摩擦圧接により結合する工程において、第1軸部のうち、第2軸部から遠い側の部分の周囲にスリーブをがたつきなく外嵌することが好ましい。
- [0019] 前記ボールねじ部を形成する前記塑性加工は、転造加工とすることが好ましく、スルーフィード転造加工とすることがより好ましい。
- [0020] 前記ボールねじ部を形成する工程において、第1軸部のうち、前記第2軸部に結合される側の軸方向端部を含む所定の軸方向範囲に、前記ボールねじ部を形成し、および、前記把持部を形成する工程において、前記ボールねじ部のうち、前記第2軸部に結合される側の軸方向端部から軸方向に外れた部分を基準として、前記第2軸部に結合される側の軸方向端部に削り加工を施すことにより、前記把持部を形成することができる。
- [0021] あるいは、前記把持部を形成する工程において、前記ボールねじ部のうち、前記第2軸部に結合される側の軸方向端部の径方向外側部分にのみ削り加工を施すことにより、前記把持部を形成し、および、第1把持具を回転駆動することにより第1軸部を回転させると共に、第2軸部を非回転に保持しながら行う前記摩擦圧接において、前記第1軸部の回転を、前記ボールねじ部を径方向外側から見た場合に、前記ボールねじ部のねじ山が第2軸部に近づく方向に移動するように見える回転方向に行うことができる。
- [0022] あるいは、前記ボールねじ部を形成する工程において、第1軸部のうち、前記第2軸部に結合される側の軸方向端部から軸方向に外れた部分にのみ、前記ボールねじ部を形成し、および、前記把持部を形成する工程を、第1軸部のうち、前記第2軸部に結合される側の軸方向端部に削り加工を施す工程とすることができる。
- [0023] 第1入力部を、ラック歯部により構成することができる。
- [0024] 本発明の製造対象となるステアリング装置は、軸方向の直線運動をするた

めの駆動力が入力される第1入力部を外周部に有する第1軸部と、第2軸部と、第1軸部と第2軸部との結合部と備える直動軸を含む。本発明のステアリング装置の製造方法は、前記直動軸を製造する工程を備える。

[0025] 特に、本発明のステアリング装置の製造方法では、前記直動軸を、本発明の直動軸の製造方法により製造する。

[0026] 本発明のステアリング装置用の直動軸は、軸方向の直線運動をするための駆動力が入力される第1入力部を外周部に有する第1軸部と、第2軸部と、第1軸部と第2軸部との結合部と、第1軸部のうちの前記結合部側の軸方向端部の外周部に設けられ、第1入力部を有する部分と同軸の芯出し用の把持部と、を備える。

[0027] 第1入力部は、ボールねじ部により構成されることができる。

[0028] 第1軸部は、前記把持部から軸方向に外れた部分の軸方向全長にわたり、前記ボールねじ部を有することができる。

[0029] あるいは、第1軸部は、軸方向全長にわたり、前記ボールねじ部を有し、前記把持部は、前記ボールねじ部のうち、前記結合部側の軸方向端部の外周部に形成されることができる。

[0030] 前記ボールねじ部は、第2軸部から遠い側の軸方向端部に転造不全部を有し、かつ、該転造不全部に対して第2軸部に近い側に隣接する部分に転造全部を有することができる。

[0031] 本発明のステアリング装置は、軸方向の直線運動をするための駆動力が入力される第1入力部を外周部に有する第1軸部と、第2軸部と、第1軸部と第2軸部との結合部とを有する直動軸を備える。

[0032] 特に、本発明のステアリング装置においては、前記直動軸が、本発明のステアリング装置用の直動軸により構成される。

[0033] 前記ボールねじ部が、第2軸部から遠い側の軸方向端部に転造不全部を有し、かつ、該転造不全部に対して第2軸部に近い側に隣接する部分に転造全部を有する構造において、前記ボールねじ部のうちの前記転造全部のみを、前記複数個のボールと係合させることができる。

発明の効果

[0034] 本発明によれば、第1入力部を有する第1軸部と、第2入力部を有するか、または、円筒面からなる外周面を有する第2軸部との同軸度の向上を図れる。

図面の簡単な説明

[0035] [図1]図1は、本発明の実施の形態の第1例の電動パワーステアリング装置の模式図である。

[図2]図2は、第1例の電動パワーステアリング装置のうちのステアリングギヤユニットおよび電動アシスト装置を示す部分切断斜視図である。

[図3]図3(a)は、第1例の直動軸の平面図であり、図3(b)は、図3(a)の直動軸を下方から見た図である。

[図4]図4(a)は、第1例の直動軸を構成するラック軸部を形成するためのラック軸部用素材を示す端面図であり、図4(b)は、図4(a)の右方から見たラック軸部用素材の側面図である。

[図5]図5(a)～図5(d)は、第1例のラック軸部のラック歯部を形成する作業を工程順に示す断面図である。

[図6]図6(a)は、第1例のラック軸部の平面図であり、図6(b)は、図6(a)のラック軸部を下方から見た図である。

[図7]図7(a)は、第1例の直動軸を構成するねじ軸部を形成するためのねじ軸部用素材を示す端面図であり、図7(b)は、図7(a)の右方から見たねじ軸部用素材の側面図である。

[図8]図8(a)は、第1例のねじ軸部を形成するためのねじ軸部中間素材の平面図であり、図8(b)は、第1例のねじ軸部の平面図であり、図8(c)は、図8(b)のA部拡大図である。

[図9]図9は、第1例のラック軸部とねじ軸部との結合部（摩擦圧接部）の断面図である。

[図10]図10(a)は、本発明の実施の形態の第3例の直動軸を構成するねじ軸部を形成するための第1ねじ軸部中間素材の平面図であり、図10(b)

)は、第3例のねじ軸部を形成するための第2ねじ軸部中間素材の平面図であり、図10(c)は、第3例のねじ軸部の部分切断平面図である。

[図11]図11(a)は、本発明の実施の形態の第4例の直動軸を構成するねじ軸部を形成するための第1ねじ軸部中間素材の平面図であり、図11(b)は、第4例のねじ軸部を形成するための第2ねじ軸部中間素材の平面図であり、図11(c)は、第4例のねじ軸部の平面図である。

[図12]図12(a)は、本発明の実施の形態の第5例の直動軸を構成するねじ軸部の平面図であり、図12(b)は、図12(a)に示したねじ軸部の左端部の拡大図である。

[図13]図13は、本発明の実施の形態の第6例および第7例の直動軸を構成するねじ軸部の平面図である。

[図14]図14は、本発明の実施の形態の第8例の直動軸を構成するラック軸部の側面図である。

[図15]図15は、本発明の実施の形態の第9例の直動軸を構成するラック軸部の側面図である。

[図16]図16は、本発明の実施の形態の第10例のステアリング装置の模式図である。

発明を実施するための形態

[0036] [第1例]

本発明の実施の形態の第1例について、図1～図9を用いて説明する。なお、以下の説明において、前後方向とは、車両の前後方向を意味する。

[0037] (ステアリング装置およびその製造方法)

本例のステアリング装置は、タイロッドを押し引きして、左右の操舵輪12に、運転者によるステアリングホイール1の操作量に応じた舵角を付与する機能と、運転者がステアリングホイール1を操作するために要する力を低減する機能との両方を備える、電動パワーステアリング装置からなる。本例のステアリング装置は、直動軸9の構成に特徴を有する。本例の直動軸9は、外周部に、ボールねじ部16を有するねじ軸部29と、外周部にラック

歯部 15 を有するラック軸部 28 と、ラック軸部 28 とねじ軸部 29 との結合部である摩擦圧接部 44 とを備える。本例では、ボールねじ部 16 が第 1 入力部に相当し、ねじ軸部 29 が第 1 軸部に相当し、かつ、ラック軸部 28 が第 2 軸部に相当する。

[0038] 運転者がステアリングホイール 1 を操作することに伴い、ステアリングギヤユニット 5 のピニオン軸 8 が回転すると、ピニオン軸 8 のピニオン歯部 14 とラック歯部 15 との啮合に基づいて、直動軸 9 が軸方向に直線運動する。この結果、直動軸 9 の軸方向両側の端部にボールジョイント 10 を介して接続されたタイロッドが押し引きされて、左右の操舵輪 12 にステアリングホイール 1 の操作量に応じた舵角が付与される。

[0039] 運転者によるステアリングホイール 1 の操作に伴い、直動軸 9 が軸方向の直線運動する際に、ボールねじ部 16 には、電動モータ 19 から、直動軸 9 が軸方向に直線運動するための駆動力が付与される。具体的には、電動モータ 19 の出力軸 21 の回転は、駆動プーリ 25 と、無端ベルト 26 と、従動プーリ 27 とを介して、ボールナット 23 に伝達される。ボールナット 23 の回転は、ボールナット 23 とボールねじ部 16 とを含んで構成されるボールねじ機構 20 により、直動軸 9 が軸方向に直線運動に変換される。これにより、運転者がステアリングホイール 1 を操作するために要する力が軽減される。

[0040] より具体的には、ステアリング装置は、ステアリングホイール 1 と、ステアリングシャフト 2 と、1 対の自在継手 3 a、3 b と、中間シャフト 4 と、ラックアンドピニオン式のステアリングギヤユニット 5 と、電動アシスト装置 6 とを備える。

[0041] ステアリングホイール 1 は、車体に対して回転可能に支持されたステアリングシャフト 2 の後端部に支持固定される。ステアリングシャフト 2 の前端部は、後側の自在継手 3 a と、中間シャフト 4 と、前側の自在継手 3 b とを介して、ステアリングギヤユニット 5 の入力軸 7 に接続される。ステアリングホイール 1 を回転させることで、入力軸 7 を回転させることができる。入

力軸 7 の回転運動は、ステアリングギヤユニット 5 の直動軸 9 の直線運動に変換される。これにより、直動軸 9 の軸方向両端部にボールジョイント 10 を介して接続された 1 対のタイロッド 11 が押し引きされ、左右の操舵輪 12 にステアリングホイール 1 の操作量に応じた舵角が付与される。電動アシスト装置 6 は、直動軸 9 に対し、該直動軸 9 が直線運動をするための操舵補助力を付与する。これにより、運転者がステアリングホイール 1 を操作するために要する力が軽減される。

[0042] ステアリング装置を構成するラックアンドピニオン式のステアリングギヤユニット 5 は、車体に固定されたハウジング 13 と、入力軸 7 と、図示しないトーションバーと、ピニオン軸 8 と、直動軸 9 と、図示しない押圧機構とを備える。

[0043] ピニオン軸 8 は、先端部にピニオン歯部 14 を有する。ピニオン軸 8 は、入力軸 7 の先端部に、入力軸 7 と同軸に配置され、かつ、入力軸 7 に対し、トーションバーを介してトルク伝達を可能に接続される。ピニオン軸 8 は、ハウジング 13 の内側に、図示しない転がり軸受によって回転のみを可能に支持される。

[0044] 直動軸 9 は、軸方向一方側部分（図 1～図 3（b）の左側部分）に配置され、外周部にラック歯部 15 を有するラック軸部 28 と、軸方向他方側部分（図 1～図 3（b）の右側部分）に配置され、外周部にボールねじ部 16 を有するねじ軸部 29 と、ラック軸部 28 とねじ軸部 29 との結合部である摩擦圧接部 44 とを備える。すなわち、直動軸 9 は、それぞれが別々に製造された、ラック軸部 28 の軸方向他方側の端部と、ねじ軸部 29 の軸方向一方側の端部とを摩擦圧接により結合することにより形成される。

[0045] ボールねじ部 16 は、直動軸 9 の軸方向中間部から軸方向他方側の端部までの範囲にらせん状に形成され、かつ、略半円形の断面形状を有する、雄ねじ溝 55 を備える。

[0046] ラック歯部 15 およびボールねじ部 16 は、いずれも塑性加工によって形成される。具体的には、ラック歯部 15 は、鍛造加工によって形成される。

ボールねじ部 16 は、転造加工によって形成される。

[0047] 本例では、ラック軸部 28 およびねじ軸部 29 は、いずれも中実の軸部により構成されている。ただし、本発明を実施する場合、ラック軸部 28 とねじ軸部 29 とのうちの一方または両方を、中空の軸部により構成することもできる。

[0048] 直動軸 9 は、ボールねじ機構 20 を構成するボールねじ部 16 が、ボールねじ機構 20 を構成する複数個のボール 24 と螺合することにより、ハウジング 13 に対して、軸方向の直線運動を可能に支持される。直動軸 9 のラック歯部 15 は、ピニオン軸 8 のピニオン歯部 14 に噛合する。これにより、ピニオン軸 8 の回転運動が、直動軸 9 の直線運動に変換される。ハウジング 13 に対する直動軸 9 の回転は、ラック歯部 15 とピニオン歯部 14 との噛合によって阻止される。

[0049] 本例のステアリングギヤユニット 5 は、ピニオン軸 8 の回転角度当たりの直動軸 9 の軸方向移動量に相当する比ストローク（直動軸 9 の軸方向移動量 / ピニオン軸 8 の回転角度）が、ピニオン軸 8 の回転角度に応じて変化する、VGR（バリエブルギヤレシオ）構造を有する。具体的には、ステアリングギヤユニット 5 は、ストロークの中央部付近、すなわち自動車が進んでいる状態でのステアリングホイール 1 の回転位置である中立回転位置付近において比ストロークが一定の低い値に設定され、ストロークの両側の端部付近、すなわちステアリングホイール 1 を操舵限界まで操舵した状態（いわゆる端当て状態）でのステアリングホイール 1 の回転位置付近において比ストロークが一定の高い値に設定される。比ストロークは、ストロークの中央部付近とストロークの両側の端部付近との間部分では、連続的または段階的に変化する。このために、ラック歯部 15 に関する、歯のピッチや歯の形状、歯筋の傾斜角などの諸元を、軸方向位置に応じて変化させている。

[0050] 本例の電動パワーステアリング装置では、ステアリングギヤユニット 5 が VGR 構造を有するため、ストロークの中央部付近において、ステアリングホイール 1 の操作量に対する操舵輪 12 の切れ角が小さくなり、直進走行時

の走行安定性が高められる。

[0051] 押圧機構は、ハウジング13の内側で、直動軸9を挟んでピニオン軸8の径方向反対側に收容されており、ばねの弾力などに基づいて、直動軸9をピニオン軸8に向け付勢する。これにより、ピニオン歯部14とラック歯部15との噛合状態を適正に保って、ピニオン歯部14とラック歯部15との噛合部での異音の発生を抑え、かつ、ステアリングホイール1の操作感を向上させている。

[0052] 本例のステアリング装置は、電動アシスト装置6を備える。電動アシスト装置6は、ハウジング13の内側に配置され、トルクセンサ18と、電動モータ19と、ボールねじ機構20と、図示しない制御部とを備える。電動アシスト装置6では、本例のパワーステアリング装置を構成する電動モータ19の補助動力を直動軸9に対して付与して、運転者がステアリングホイール1を操作するために要する力を軽減することを可能としている。ステアリングホイール1が回転されると、ステアリングホイール1から入力軸7に伝達されたトルク方向および大きさが、トルクセンサ18により検出され、図示しない制御部に送信される。制御部は、トルクセンサ18により検出したトルク方向および大きさや車速などに応じて、電動モータ19への通電量を制御し、電動モータ19の出力軸21を回転駆動する。出力軸21の回転は、駆動プーリ25と、無端ベルト26と、従動プーリ27とを介して、本例の電動パワーステアリング装置を構成するボールナット23に伝達される。ボールナット23の回転運動は、ボールねじ機構20により、直動軸9の軸方向の直線運動に変換される。

[0053] ボールねじ機構20は、ボールナット23の内周面に備えられた、らせん状の雌ねじ溝22と、ボールねじ部16の雄ねじ溝55と、雌ねじ溝22と雄ねじ溝55との間に転動自在に配置された複数個のボール24とにより構成される。ボールナット23は、複数個のボール24を介して、ボールねじ部16に螺合される。ボールナット23は、ハウジング13に対して転がり軸受54（図2参照）などにより回転のみを自在に支持される。

[0054] 本例の直動軸 9 では、ボールねじ部 16 は、図 3 (a) および図 3 (b) に示すように、軸方向中間部に転造完全部 42 を有し、かつ、軸方向両側の端部に転造不完全部 43 を有する。転造完全部 42 は、リード溝形状精度などが安定し、所定のねじ山高さを有する部分である。転造不完全部 43 は、転造完全部 42 に比べて、リード溝形状精度などが安定せず、ねじ山高さが不足した部分である。本例では、ボールねじ部 16 のうちの転造完全部 42 のみが、複数個のボール 24 との係合部として用いられる。すなわち、本例では、複数個のボール 24 が転造完全部 42 のみと係合し、複数個のボール 24 が転造不完全部 43 とは係合しないように、ボールねじ機構 20 の軸方向の動作範囲が規制される。

[0055] 電動アシスト装置 6 は、前記制御部により、トルクセンサ 18 により検出されたトルクの方角および大きさと車速信号とに応じて、電動モータ 19 への通電量を制御しながら、電動モータ 19 の出力軸 21 を回転駆動する。出力軸 21 の回転運動が、駆動プーリ 25 と、無端ベルト 26 と、従動プーリ 27 とを介して、ボールナット 23 に伝達され、ボールナット 23 の回転運動が、複数個のボール 24 を介して、直動軸 9 の軸方向の直線運動に変換される。これにより、直動軸 9 を、運転者によるステアリングホイール 1 の操作力よりも大きな力で直線運動させる。この結果、運転者がステアリングホイール 1 を操作するために要する力が低減される。

[0056] 本例のステアリング装置の製造方法は、本例のステアリング装置の構成部材である、直動軸 9 を製造する工程を含む。特に、本例のステアリング装置の製造方法は、該直動軸 9 の製造方法に特徴を有する。

[0057] (直動軸およびその製造方法)

次に、本例の電動パワーステアリング装置を製造する際の、直動軸 9 の製造方法について、図 3 (a) ~ 図 8 (c) を参照しつつ説明する。

[0058] 本例の直動軸 9 の製造方法は、図 6 (a) および図 6 (b) に示すラック軸部 28 を製造する工程と、図 8 (b) および図 8 (c) に示すねじ軸部 29 を製造する工程と、ラック軸部 28 とねじ軸部 29 とを摩擦圧接により結

合する工程とを備える。

[0059] ラック軸部28を製造する工程では、図4(a)および図(b)に示すような、ラック軸部用素材30を用意する。本例では、ラック軸部用素材30は、金属製であり、円柱形状を有する中実の丸棒である。ラック軸部用素材30の材質である金属としては、例えば、S48C、S53Cなどの機械構造用炭素鋼や合金鋼といった各種の鋼を採用することができる。ラック軸部28は、ラック軸部用素材30の軸方向中間部の外周部の周方向一部に、塑性加工である冷間鍛造加工によってラック歯部15を形成することにより製造される。

[0060] 具体的には、ラック軸部用素材30を、図5(a)に示すように、受型31の上面に形成された断面円弧形の凹溝部32内にセットする。次に、図5(b)に示すように、凹溝部32の形成方向(図5(b)の表裏方向)に沿って伸長する押圧パンチ33の先端面により、ラック軸部用素材30を凹溝部32の底面に押し付ける方向に強く押圧する、据え込み加工を行う。この据え込み加工では、ラック軸部用素材30の軸方向中間部でラック歯部15を形成すべき部分を押し潰し、かつ、幅寸法を拡げて、ラック軸部中間素材34を得る。

[0061] 次に、ラック軸部中間素材34を、図5(c)に示すように、ダイス35に設けた断面U字形の保持孔36の底部37にセットする。次に、図5(c)から図5(d)に示すように、保持孔36内に挿入した歯成形用パンチ38により、ラック軸部中間素材34を底部37に向けて強く押し込む。歯成形用パンチ38の先端面である加工面は、得るべきラック歯部15に見合う形状、すなわち、得るべきラック歯部15の形状に対して凹凸が反転した形状を有する。このため、歯成形用パンチ38によりラック軸部中間素材34を底部37に向けて強く押し込むことで、ラック軸部中間素材34の軸方向中間部のうち、加工面により押圧された被加工面が、歯成形用パンチ38の加工面に倣って塑性変形し、図5(d)に示すようなラック歯部15を有する、ラック軸部28に加工される。必要に応じて、ラック軸部28の形状精

度および寸法精度をより良好にするために、図5（d）の工程の後に、サイジング加工を施すことが行われる。

- [0062] ラック軸部28のうち、少なくともラック歯部15に対し、高周波加熱などによる適宜の熱処理を施すことにより、ラック歯部15の硬度などの機械的性質を向上させる。
- [0063] 得られたラック軸部28の外周面のうち、ラック歯部15の背面部分の曲率半径 R_{rh} は、ラック歯部15の形成に伴う塑性変形によって、ラック軸部用素材30の外周面の曲率半径 R_{rs} （＝ラック軸部用素材30の外径寸法 D_{rs} の $1/2$ ）よりも大きくなっている（ $R_{rh} > R_{rs}$ ）。これに対し、ラック軸部28の軸方向両側の端部には、ラック軸部用素材30の軸方向両側の端部が未加工のまま残っている。すなわち、ラック軸部28は、軸方向両側の端部に、ラック軸部用素材30と同じ外径寸法 D_{rs} を有する円筒状の外周面を有する小径軸部39a、39bを備える。
- [0064] ねじ軸部29を製造する工程では、図7（a）および図7（b）に示すような、ねじ軸部用素材40を用意する。本例では、ねじ軸部用素材40は、金属製であり、円柱形状を有する中実の丸棒である。ねじ軸部用素材40の材質である金属としては、例えば、S48C、S53Cなどの機械構造用炭素鋼や合金鋼といった各種の鋼を採用することができる。ねじ軸部用素材40の材質は、ラック軸部28のラック軸部用素材30の材質と同じにすることもでき、あるいは、異ならせることもできる。本例では、ねじ軸部用素材40の外径寸法 D_{bs} は、ラック軸部用素材30の外径寸法 D_{rs} と同じ（ $D_{bs} = D_{rs}$ ）である。ただし、本発明を実施する場合には、ねじ軸部用素材40の外径寸法 D_{bs} とラック軸部用素材30の外径寸法 D_{rs} とを異ならせる（ $D_{bs} \neq D_{rs}$ ）こともできる。
- [0065] 本例では、第1軸部材用素材であるねじ軸部用素材40の外周部に、塑性加工である冷間転造加工によって、第1入力部であるボールねじ部16を形成する。特に、本例では、該冷間転造加工として、スルーフィード転造加工を採用する。

[0066] スルーフィード転造加工では、互いの中心軸同士を傾斜させた1対の転造ダイス（丸ダイス）を用いる。そして、1対の転造ダイスの間隔を一定に保ちつつ、1対の転造ダイスを互いに同方向に同速度で回転させながら、1対の転造ダイス同士の間、ねじ軸部用素材40を軸方向に供給する。そして、1対の転造ダイス同士の間でねじ軸部用素材40が軸方向に移動する歩み現象を生じさせながら、ねじ軸部用素材40の外周部に転造加工を施すことにより、ねじ軸部用素材40の外周部にボールねじ部16を形成する。これにより、図8（a）に示すような、外周部の軸方向全長にわたってボールねじ部16が形成された、ねじ軸部中間素材17を得る。本例では、スルーフィード転造加工を行う際に、ねじ軸部用素材40の軸方向他方側を先頭側として、1対の転造ダイス同士の間でねじ軸部用素材40を供給し、1対の転造ダイス同士の間でねじ軸部用素材40に歩みによる軸方向移動を生じさせるようにしている。このため、スルーフィード転造加工を行う際に、ねじ軸部用素材40の外周部には、ボールねじ部16が、軸方向他方側から軸方向一方側に向けて徐々に形成される。本発明を実施する場合に、ねじ軸部用素材40の軸方向一方側を先頭側として、1対の転造ダイス同士の間で供給することもできる。

[0067] 本例では、スルーフィード転造加工の際、ねじ軸部用素材40が1対の転造ダイス同士の間を軸方向に通過している途中で、該1対の転造ダイスを径方向に関して互いに離れる方向に逃がす。すなわち、1対の転造ダイスを径方向に関して互いに離れる方向に逃がす時点で、スルーフィード転造加工が終了する。ボールねじ部16のうち、1対の転造ダイス同士の間で最初に供給された軸方向他方側の端部に相当する軸方向範囲と、おおよそ最終段階で1対の転造ダイスと接触していた軸方向一方側の端部に相当する軸方向範囲とが、転造不全部43となり、ボールねじ部16のうちの軸方向中間部に相当する残りの軸方向範囲が、転造全部42となる。本例では、所定の長さ寸法を有するボールねじ部16が形成された時点で、1対の転造ダイスを径方向に関して互いに離れる方向に逃がす。具体的には、当該所定の長さ寸

法は、ねじ軸部中間素材 17 全体の長さ寸法である。すなわち、本例では、ボールねじ部 16 が形成される、ねじ軸部 29 の外周部のうち、ラック軸部 28 に結合される側の軸方向端部を含む所定の軸方向範囲は、ねじ軸部 29 の軸方向全体である。

[0068] 本例では、ねじ軸部用素材 40 が 1 対の転造ダイス同士の間を完全に通過し終わる前にスルーフィード転造加工を終了するため、サイクルタイムの低減、および、1 対の転造ダイスの寿命の向上を図ることができる。

[0069] ボールねじ部 16 を転造加工によって形成する場合、スルーフィード転造加工に代えて、インフィード転造加工、板転造加工などの、他の種類の転造加工を採用することもできる。

[0070] ねじ軸部中間素材 17 のボールねじ部 16 のうち、少なくとも転造完全部 42 に対し、高周波加熱などによる適宜の熱処理を施すことにより、転造完全部 42 の硬度などの機械的性質を向上させる。

[0071] 本例では、次に、ねじ軸部中間素材 17 の転造完全部 42 の雄ねじ溝 55 を基準として、ねじ軸部中間素材 17 の軸方向一方側に位置する転造不完全部 43 の軸方向一方側の端部の外周部に、切削加工である旋削加工や研削加工、研磨加工などの削り加工を施す。これにより、ねじ軸部中間素材 17 の軸方向一方側の端部の外周部に、転造完全部 42 の雄ねじ溝 55 と同軸の円筒面である、芯出し用の把持部 56 を形成する。換言すれば、ねじ軸部中間素材 17 の軸方向一方側の端部に、外周部を把持部 56 とした小径軸部 41 を形成する。これにより、図 8 (b) に示すような、ねじ軸部 29 を得る。本例のねじ軸部 29 では、雄ねじ溝 55 を基準として、把持部 56 を形成しているため、把持部 56 の軸がボールねじ部 16 の軸からずれることがなく、把持部 56 はボールねじ部 16 と同軸である。

[0072] 把持部 56 は、図示のような完全な円筒面により構成されることができ、あるいは、ボールねじ部 16 の溝底部が残った円筒面により構成されることもできる。本例では、ねじ軸部中間素材 17 の軸方向一方側の転造不完全部 43 の軸方向一方側の端部のみを削って把持部 56 としているが、該転造不

完全部43の軸方向全範囲を削って把持部56とすることもできる。

[0073] なお、本発明の技術的範囲からは外れるが、ねじ軸部用素材40が1対の転造ダイス同士の間を完全に通過し終わる前にスルーフィード転造加工を終了する際に、早期に転造加工を終了することによって、ねじ軸部用素材40の軸方向一方側の端部を非転造部とし、該非転造部の外周部をそのまま把持部として用いることもできる。

[0074] あるいは、本発明を実施する場合、ボールねじ部16を、削り加工により形成することもできる。

[0075] このように製造したねじ軸部29のうち、ボールねじ部16が形成された軸方向範囲の外径寸法（転造完全部42の外径寸法 D_{bg} ）は、転造加工に伴う塑性変形によって、ねじ軸部用素材40の外径寸法 D_{bs} よりも大きくなっている（ $D_{bg} > D_{bs}$ ）。これに対し、小径軸部41の外径寸法は、ねじ軸部用素材40の外径寸法 D_{bs} と同程度（すなわち、 D_{bs} と同じか、または、 D_{bs} よりも僅かに小さいもしくは僅かに大きい値）であり、換言すれば、 D_{bs} と同等である。

[0076] 次に、ラック軸部28とねじ軸部29とを摩擦圧接により結合する工程について説明する。摩擦圧接は、2つの金属部材を互いに突き合わせて加圧しながら相対回転させることにより、突き合わせ部に発生する摩擦熱を利用して、2つの金属部材を接合する方法である。

[0077] ラック軸部28とねじ軸部29とを摩擦圧接により結合する際には、まず、ラック軸部28とねじ軸部29との芯出しを行うことにより、ラック軸部28とねじ軸部29とを同軸に配置し、ラック軸部28の軸方向他方側端部の端面と、ねじ軸部29の軸方向一方側端部である小径軸部41の端面とを突き合わせて加圧する。この状態で、ラック軸部28とねじ軸部29とを相対回転させることにより、突き合わせ部に摩擦熱を発生させる。これにより、突き合わせ部を高温かつ高加圧状態とした後、相対回転を停止させる。この結果、突き合わせ部が冷却されることに伴って摩擦圧接部44となった、直動軸9が得られる。

- [0078] 特に、本例では、摩擦圧接を行う際には、ねじ軸部 29 の把持部 56 を芯出し用の第 1 把持具 57 (図 3 (a) および図 8 (b) 参照) により把持し、かつ、ラック軸部 28 の小径軸部 39b の外周面を芯出し用の第 2 把持具 58 (図 3 (a) および図 6 (a) 参照) により把持することによって、ラック軸部 28 とねじ軸部 29 との芯出しを行う。この状態で、第 1 把持具 57 を回転駆動することにより、ねじ軸部 29 を回転させ、かつ、ラック軸部 28 を非回転に保持しながら、ラック軸部 28 とねじ軸部 29 との互いに近い側の軸方向端部同士、すなわちラック軸部 28 の軸方向他方側の端部とねじ軸部 29 の軸方向一方側の端部とを突き合わせることで摩擦圧接を行う。
- [0079] 第 1 把持具 57 および第 2 把持具 58 としては、コレットチャック、油圧式の三爪チャックなどの各種の把持具を採用することができる。ラック軸部 28 に関して、ラック歯部 15 が位置する軸方向部分を、第 2 把持具 58 により把持するための芯出し用の把持部として用いることもできる。また、ねじ軸部 29 に関して、転造完全部 42 が位置する軸方向部分を、第 1 把持具 57 により把持するための芯出し用の把持部として用いることもできる。
- [0080] ラック軸部 28 とねじ軸部 29 とを摩擦圧接により結合する際には、図 3 (a) に二点鎖線で示すように、ねじ軸部 29 の軸方向他方側部分の周囲にスリーブ 59 を配置することができる。具体的には、ねじ軸部 29 の軸方向他方側部分に、スリーブ 59 を径方向のがたつきなく外嵌した状態で、ねじ軸部 29 を回転させ、かつ、ラック軸部 28 の軸方向他方側の端部とねじ軸部 29 の軸方向一方側の端部とを突き合わせることで、摩擦圧接を行うことができる。
- [0081] 摩擦圧接の際に、回転するねじ軸部 29 の軸方向他方側部分に、スリーブ 59 をがたつきなく外嵌することにより、ねじ軸部 29 の振れ回りを防止することができる。
- [0082] スリーブ 59 は、ねじ軸部 29 のうち、ラック軸部 28 に結合される側とは軸方向反対側の部分の周囲に配置することが好ましく、転造完全部 42 の一部を含む軸方向範囲の周囲に配置することがより好ましい。スリーブ 59

の軸方向長さは、ねじ軸部 29 の軸方向長さの $1/3$ 以下であることが好ましい。スリーブ 59 の軸方向長さを、ねじ軸部 29 の軸方向長さの $1/3$ よりも長くしても、それ以上の効果を期待できず、スリーブ 59 をねじ軸部 29 に外嵌する作業が面倒になる。スリーブ 59 の軸方向長さの下限については、特に限定されないが、ねじ軸部 29 の振れ回りを防止する面からはできる限り長いことが好ましい。要するに、スリーブ 59 の軸方向長さは、ねじ軸部 29 の軸方向長さの $1/3$ であることが最も好ましい。

[0083] 本例の直動軸 9 の製造方法では、ラック歯部 15 を有するラック軸部 28 と、ボールねじ部 16 を有するねじ軸部 29 とを、互いに別体の軸部として製造した後、ラック軸部 28 とねじ軸部 29 との軸方向端部同士を摩擦圧接により結合することによって、直動軸 9 を得ている。このため、ラック軸部 28 の製造工程において、ラック歯部 15 の加工に不具合が生じた場合には、ラック軸部 28 のみを廃棄すれば良く、ねじ軸部 29 の製造工程において、ボールねじ部 16 の加工に不具合が生じた場合には、ねじ軸部 29 のみを廃棄すればよい。すなわち、ラック歯部 15 とボールねじ部 16 とのうちのいずれか一方の加工にのみ不具合が生じた場合に、直動軸 9 全体を廃棄しなければならないといった不都合が生じることを回避できる。

[0084] 本例の直動軸 9 の製造方法では、ラック歯部 15 を、冷間鍛造加工によって形成する。このため、ラック歯部 15 を切削加工などの削り加工によって形成する場合に比べて、材料の歩留まりを良くすることができ、かつ、加工時間を短くすることができる。特に、本例では、ラック歯部 15 は、歯のピッチや歯の形状、歯筋の傾斜角などの諸元が、軸方向位置に応じて変化した構造（VGR 構造）を有しているが、VGR 構造を有するラック歯部 15 を、削り加工により短時間で精度良く形成することが困難である。これに対し、本例では、冷間鍛造加工によってラック歯部 15 を形成するため、歯成形用パンチ 38（図 5）の加工面を、得るべきラック歯部 15 に見合う形状とすることによって、ラック歯部 15 を短時間で精度良く形成することが容易である。

[0085] 本例の直動軸 9 の製造方法では、ボールねじ部 16 を、塑性加工である冷間転造加工によって形成する。このため、ボールねじ部 16 を切削加工などの削り加工によって形成する場合に比べて、材料の歩留まりを良くすることができ、かつ、加工時間を短くすることができる。特に、本例では、冷間転造加工としてスルーフィード転造加工を採用するため、ねじ軸部 29 の軸方向中間部の広い軸方向範囲にボールねじ部 16 の転造完全部 42 を短時間で形成することができる。そして、完成後の直動軸 9 の軸方向他方側の端部の広い軸方向範囲にボールねじ部 16 の転造完全部 42 を設けることができる。このため、直動軸 9 に対するボールねじ機構 20 のボール 24 の係合可能範囲を軸方向に関して広くすることができる。この結果、製品設計レイアウトの柔軟性、より具体的には、ハウジング 13 に対するボールナット 23 などの軸方向に関する設置位置の自由度を高めることができる。

[0086] スルーフィード転造加工によりボールねじ部 16 を形成すると、ボールねじ部 16 の軸方向両側の端部には、転造不完全部 43 が形成される。転造不完全部 43 は、転造完全部 42 に比べてリード溝形状精度などが安定せず、ねじ山高さが不足しているため、ボールねじ機構 20 を構成するボール 24 の転走部として利用することができない。しかしながら、本例では、ねじ軸部中間素材 17 を構成する軸方向一方側の転造不完全部 43 の少なくとも軸方向一方側の端部の外周部を削って小径軸部 41 を形成し、該小径軸部 41 の外周部を、摩擦圧接を行う際の芯出し用の把持部 56 として有効に利用している。したがって、本例によれば、材料の無駄を十分に抑えつつ、ねじ軸部 29 を短時間で製造することができる。

[0087] 本例では、ラック軸部 28 とねじ軸部 29 との軸方向端部同士を結合する方法として、摩擦圧接を採用している。摩擦圧接は、結合に要する時間を短くできるため、直動軸 9 の製造効率を高めることができ、かつ、異種材料同士の結合性を高くできるため、ラック軸部 28 とねじ軸部 29 とを異なる材質とする場合でも、ラック軸部 28 とねじ軸部 29 との結合性を高くできる。

- [0088] 本例では、摩擦圧接を行う際に、第1把持具57により把持されるねじ軸部29の把持部56が、ねじ軸部29のうちでラック軸部28に結合される側の軸方向一方側の端部に位置し、かつ、第2把持具58により把持されるラック軸部28の小径軸部39bの外周面が、ラック軸部28のうちでねじ軸部29に結合される側の軸方向他方側の端部に位置する。このため、摩擦圧接を行う際に、ラック軸部28とねじ軸部29との互いに近い側の端部同士の間隔方向の振れ回りを十分に抑えることができる。
- [0089] 第1把持具57により把持されるねじ軸部29の把持部56は、ボールねじ部16の形成および熱処理を行った後に、ボールねじ部16の雄ねじ溝55を基準とする削り加工によって、ボールねじ部16と同軸に形成されている。このため、ねじ軸部29のうち、ボールねじ部16と、第1把持具57により把持される把持部56との同軸度を良好に確保することができる。したがって、特開2005-247163号公報に記載の方法のように、軸部用素材のうちでねじ溝を形成しない、未加工の支持部をチャックして、摩擦圧接を行う場合に比べて、ボールねじ部16の芯出し精度を高くすることができる。この結果、本例によれば、直動軸9に関して、ラック歯部15を有する部分とボールねじ部16を有する部分との同軸度を良好に確保することができる。換言すれば、直動軸9の真直度を向上させることができる。
- [0090] ラック軸部28に関しては、ラック軸部用素材30の軸方向中間部に冷間鍛造加工を施すことにより、ラック歯部15を形成すると同時に、ラック軸部用素材30のうち、未加工の軸方向両側の端部を小径軸部39a、39bとしている。ここで、ラック軸部用素材30に冷間鍛造加工を施して、ラック軸部28を造る際には、図5(a)～図5(d)に示すように、ラック軸部用素材30またはラック軸部中間素材34の外周面のうちの周方向に関する一部を、受型31またはダイス35により拘束した状態で、ラック軸部用素材30またはラック軸部中間素材34に加工を施す。
- [0091] ラック歯部15を形成することに伴って、ラック軸部28の加工部と未加工部との同軸度が低下した場合、ラック軸部28とねじ軸部29とを摩擦圧

接により結合する前に、加工部および／または未加工部に曲げ加工や削り加工を施す。これにより、ラック軸部 28 のうち、ラック歯部 15 を有する部分とラック歯部 15 から軸方向に外れた部分との同軸度を向上させる。すなわち、ラック軸部 28 の真直度を向上させる。このようにして、ラック軸部 28 の真直度を十分に確保してからラック軸部 28 をねじ軸部 29 と摩擦圧接により結合することで、完成後の直動軸 9 に関して、ラック歯部 15 を有する部分とボールねじ部 16 を有する部分との同軸度を良好に確保する。

[0092] なお、ラック歯部 15 の形成に伴う、ラック軸部 28 の加工部と未加工部との同軸度の低下がほとんどない場合には、ラック歯部 15 を形成後のラック軸部 28 をそのまま、ねじ軸部 29 を摩擦圧接により結合することもできる。

[0093] 本例の直動軸 9 は、ラック軸部用素材 30 の外径寸法と同じ外径寸法を有する小径軸部 39 b の軸方向他方側の端部と、ねじ軸部用素材 40 の外径寸法と同程度の外径寸法を有する小径軸部 41 の軸方向一方側の端部とを摩擦圧接により結合して構成される。このため、例えば、凹凸嵌合する部分同士を摩擦圧接する場合と比較して、摩擦圧接される部分の面積を小さくすることができて、摩擦圧接を行う際の加圧力の低減による設備の小型化やサイクルタイムの短縮によるコスト低減を図ることができる。なお、本発明を実施する場合には、摩擦圧接される部分の面積をより小さくするために、ラック軸部 28 とねじ軸部 29 との互いに近い側の軸方向端部に、図 9 に示すような、互いに近い側の軸方向端面に開口する有底の凹孔 45 a、45 b を形成しておくこともできる。

[0094] 本発明の直動軸の製造方法を実施する場合、ラック歯部やボールねじ部を形成するための塑性加工（鍛造加工、転造加工など）は、冷間に限らず、温間や熱間で行うこともできる。前記塑性加工を温間または熱間で行った場合であっても、ラック歯部やボールねじ部を削り加工により形成する場合に比べて、材料の歩留まりを良くしたり、加工時間を短くしたりするなどの有利な効果を得られる。

[0095] [第2例]

本発明の実施の形態の第2例について、図8(a)～図8(c)を参照しながら説明する。本例では、ねじ軸部29を製造する工程において、ボールねじ部16を形成するためのスルーフィード転造加工の具体的な方法が、第1例と異なる。本例では、ねじ軸部用素材40の全体が、1対の転造ダイス同士の間を軸方向に完全に通過した時点で、スルーフィード転造加工が終了する。このため、本例では、ボールねじ部16のうち、1対の転造ダイス同士の間最初に供給された軸方向他方側の端部に相当する軸方向範囲と、1対の転造ダイス同士の間を最後に通過した軸方向一方側の端部に相当する軸方向範囲とが、ボールねじ部16のうちの転造不全部43となり、ボールねじ部16の軸方向中間部に相当する残りの軸方向範囲が、転造全部42となる。

[0096] 本例によれば、スルーフィード転造加工によって形成されるボールねじ部16のうち、軸方向一方側の転造不全部43の軸方向長さを、第1例の場合よりも十分に短くすることができる。換言すれば、ねじ軸部29が備えるボールねじ部16の転造全部42の軸方向長さを、第1例の場合よりも長くすることができる。したがって、直動軸9に対するボールねじ機構20のボール24の係合可能範囲を、軸方向に関してより広くすることができる。

[0097] 本例において、軸方向一方側の転造不全部43の軸方向長さが、第1把持具57により把持する把持部56として必要な軸方向長さ未満になる場合には、軸方向一方側の転造不全部43だけでなく、該転造不全部43に隣接する転造全部42の一部にも削り加工を施して、把持部56として必要な軸方向長さを確保すればよい。ただし、転造全部42の軸方向長さを十分に確保する観点から、転造全部42を削る軸方向長さは、必要最小限にとどめることが望ましい。その他の構成および作用は、第1例と同様である。

[0098] [第3例]

本発明の実施の形態の第3例について、図10(a)～図10(c)を参

照しながら説明する。本例では、ねじ軸部 29 a を製造する工程において、まず、得るべきねじ軸部 29 a の軸方向寸法の 2 倍の軸方向寸法を有し、かつ、円柱形状を有するねじ軸部用素材の外周部に、スルーフィード転造加工を施して、ボールねじ部 16 z を形成する。これにより、図 10 (a) に示すような、外周部の軸方向全長にわたってボールねじ部 16 z を有する第 1 ねじ軸部中間素材 64 を得る。ボールねじ部 16 z は、軸方向中間部に転造完全部 42 z を有し、かつ、軸方向両側の端部に転造不完全部 43 を有する。

[0099] 次に、第 1 ねじ軸部中間素材 64 を軸方向中央位置で切断し、図 10 (b) に示すような、外周部にボールねじ部 16 a を有する、第 2 ねじ軸部中間素材 65 を 2 つ得る。第 2 ねじ軸部中間素材 65 のそれぞれのボールねじ部 16 a は、それぞれの軸方向一方側 (図 10 (b) の左側の第 2 ねじ軸部中間素材 65 に関する左側、図 10 (b) の右側の第 2 ねじ軸部中間素材 65 に関する右側) の端部に転造不完全部 43 を有し、かつ、残りの軸方向範囲の軸方向全長にわたり転造完全部 42 を有する。

[0100] 次いで、第 2 ねじ軸部中間素材 65 の転造完全部 42 の雄ねじ溝 55 を基準として、転造不完全部 43 の外周部に削り加工を施して、転造完全部 42 を構成する雄ねじ溝 55 と同軸の円筒面である、芯出し用の把持部 56 を形成する。換言すれば、第 2 ねじ軸部中間素材 65 の軸方向一方側の端部に、外周部をボールねじ部 16 a と同軸である把持部 56 とした小径軸部 41 を形成する。さらに、第 2 ねじ軸部中間素材 65 のうち、転造不完全部 43 (小径軸部 41) が備えられた軸方向一方側の端部とは反対側の軸方向他方側 (図 10 (b) の左側の第 2 ねじ軸部中間素材 65 に関する右側、図 10 (b) の右側の第 2 ねじ軸部中間素材 65 に関する左側) の端部に、有底のねじ孔 66 を形成する。これにより、図 10 (c) に示すような、ねじ軸部 29 a を得る。ねじ孔 66 には、タイロッド 11 の基端部に備えられた雄ねじ部が螺合される。

[0101] ねじ軸部 29 a を、ラック軸部 28 (図 6 (a) および図 6 (b) 参照)

と摩擦圧接により結合し、直動軸 9（図 1～図 3（b））を得る。摩擦圧接を行う際には、ねじ軸部 2 9 a の把持部 5 6 を芯出し用の第 1 把持具 5 7 により把持する。

[0102] 本例のねじ軸部 2 9 a は、外周部のうち、把持部 5 6 が備えられた軸方向一方側の端部を除く、軸方向中間部から軸方向他方側の端部にかけて転造完全部 4 2 を有する。このため、本例のねじ軸部 2 9 a によれば、第 1 例のねじ軸部 2 9 よりも、転造完全部 4 2 の軸方向長さを長く確保しやすい。すなわち、本例によれば、第 1 例よりも、直動軸 9 に対するボールねじ機構 2 0 のボール 2 4 の係合可能範囲を軸方向に関して長く確保しやすい。その他の構成および作用は、第 1 例と同様である。

[0103] [第 4 例]

本発明の実施の形態の第 4 例について、図 1 1（a）～図 1 1（c）を参照しながら説明する。本例では、ねじ軸部 2 9 b を製造する工程において、得るべきねじ軸部 2 9 b の軸方向寸法を超える所定の軸方向寸法、具体的には、得るべきねじ軸部 2 9 b の軸方向寸法の数倍以上、好ましくは 3 倍以上の軸方向寸法を有し、かつ、円柱形状を有する、長尺のねじ軸部用素材の外周部に、スルーフィード転造加工を施して、ボールねじ部 1 6 z を形成する。これにより、図 1 1（a）に示すような、外周部にボールねじ部 1 6 z を有する、長尺な第 1 ねじ軸部中間素材 6 4 a を得る。ねじ軸部用素材に関する前記所定の軸方向寸法の上限は任意であり、入手可能な長尺のねじ軸部用素材の長さに応じて定まる。

[0104] 次に、長尺の第 1 ねじ軸部中間素材 6 4 a の一部を、得るべきねじ軸部 2 9 の軸方向寸法に切断し、図 1 1（b）に示すような、外周部に、軸方向全長にわたってボールねじ部 1 6 b を有する第 2 ねじ軸部中間素材 6 5 a を得る。最終的には、1 本の第 1 ねじ軸部中間素材 6 4 a から、複数本、好ましくは 3 本以上の第 2 ねじ軸部中間素材 6 5 a が得られる。第 2 ねじ軸部中間素材 6 5 a のボールねじ部 1 6 b は、転造完全部 4 2 のみからなる。すなわち、本例によれば、ボールねじ部 1 6 b を、全長にわたって転造完全部 4 2

とすることができる。

[0105] さらに、第2ねじ軸部中間素材65aのそれぞれの軸方向一方側の端部に、削り加工により、芯出し用の把持部56を形成する。本例では、第2ねじ軸部中間素材65aは、外周部に、全長にわたって転造完全部42を有する。そこで、第2ねじ軸部中間素材65aの軸方向一方側の端部を、第1把持具57により把持するために最低限必要な長さ分だけ削って、把持部56を形成する。これにより、図11(c)に示すような、ねじ軸部29bを得る。

[0106] 本例のように、長軸のねじ軸部用素材にスルーフィード転造加工を施して、長尺な第1ねじ軸部中間素材64aを得た後、該第1ねじ軸部中間素材64aを切断することにより得られた、第2ねじ軸部中間素材65aにおいては、転造完全部42のうち、雄ねじ溝55の形状精度は良好であるが、ねじ山の外周面の形状精度は良好であるとは限らない。そこで、本例では、ボールねじ部のうち、芯出し用の把持部56を形成すべき軸方向一方側の端部から外れた軸方向範囲に存在する部分の雄ねじ溝55を基準として、ボールねじ部16bのうち、把持部56を形成すべき軸方向一方側の端部を削り加工を施すことにより、把持部56を形成する。

[0107] ねじ軸部29bを、ラック軸部28(図6(a)および図6(b)参照)と摩擦圧接により結合し、直動軸9(図1~図3(b))を得る。摩擦圧接を行う際には、ねじ軸部29の把持部56を芯出し用の第1把持具57により把持する。

[0108] 本例では、外周部に、全長にわたって転造完全部42を有する第2ねじ軸部中間素材65aの軸方向一方側の端部を、第1把持具57により把持するために最低限必要な長さ分だけ削って、把持部56を形成することにより、ねじ軸部29bを得る。このため、本例のねじ軸部29bによれば、第3例のねじ軸部29aよりも、転造完全部42の軸方向長さを長く確保しやすい。すなわち、本例によれば、第2例よりも、直動軸9に対するボールねじ機構20のボール24の係合可能範囲を軸方向に関して長く確保しやすい。

[0109] 本例のねじ軸部29bは、軸方向他方側の端部まで、転造完全部42を有するため、摩擦圧接の際に、ねじ軸部29bの転造完全部42の一部を含む軸方向範囲の周囲に、スリーブ59（図3（a）参照）を配置しやすい。その他の構成および作用は、第1例および第2例と同様である。

[0110] [第5例]

本発明の実施の形態の第5例について、図12（a）および図12（b）を参照しながら説明する。本例では、ねじ軸部29cを製造する工程において、把持部56aを形成する工程での径方向の削り加工量を、第1例よりも少なくしている。すなわち、第1例では、図8（b）に示すように、ボールねじ部16のうち、把持部56を形成すべき軸方向一方側の端部に存在するねじ山をすべて削ることによって、円筒面である把持部56を形成した。これに対し、本例では、図12（a）に示すように、ボールねじ部16のうち、把持部56aを形成すべき軸方向一方側の端部に存在するねじ山の径方向外側部分のみを削ることによって、軸方向一方側の端部のねじ山の外周面に、転造完全部42の雄ねじ溝55と同軸の把持部56aを形成している。本例では、把持部56aを形成する工程での径方向の削り加工量を少なくできるため、把持部56aの形成作業を短時間で行うことができる。

[0111] 本例では、ラック軸部28（図1～図3（b）参照）とねじ軸部29cとを摩擦圧接により結合する工程での、ねじ軸部29cの回転方向を工夫している。すなわち、本例では、ラック軸部28とねじ軸部29cとを摩擦圧接により結合する工程で、ボールねじ部16を径方向外側から見た場合に、ねじ軸部29cの回転に伴ってボールねじ部16のねじ山がラック軸部28に近づく方向である軸方向一方側に移動するように見える回転方向に、ねじ軸部29cを回転させる。具体的には、図12（a）および図12（b）において、ねじ軸部29cを右方から軸方向に見た場合に、ねじ軸部29cを時計回りに回転させる。この結果、図12（b）に示すように、第1把持具57からねじ軸部29cに作用する回転方向の力F1は、把持部56aに位置するボールねじ部16のねじ山の縁部において、ラック軸部28に近づく方

向である軸方向一方側に向いた推力 F_2 に変換される。そして、推力 F_2 に基づいて、摩擦圧接部 44（図 1、図 3（a）および図 3（b）参照）の圧力を上昇させることができる。このため、ラック軸部 28 とねじ軸部 29c とを摩擦圧接により結合する際に、ラック軸部 28 とねじ軸部 29c との突き合わせ部における圧力の確保が容易になり、かつ、当該圧力の上昇にすることによって、摩擦圧接部 44 による接合強度が向上する効果も期待できる。

[0112] 本例では、把持部 56a を形成する工程での径方向の削り加工量を少なくした分、ねじ軸部 29c のうち、把持部 56a と把持部 56a 以外の部分との外径差を小さくできる。このため、把持部 56a を把持する第 1 把持具 57 として、芯出し精度の高いコレットチャックを用いることが容易となる。すなわち、第 1 把持具 57 としてコレットチャックを用いる場合には、コレットチャックの中心孔に対して把持部 56a 以外の部分を軸方向に通過させてから、コレットチャックを縮径させることによって、コレットチャックにより把持部 56a を把持する。しかしながら、この際のコレットチャックの縮径可能量は、通常、数 mm 程度の小さい値に限られている。このため、コレットチャックの縮径可能量よりも、ねじ軸部 29c のうち、把持部 56a と把持部 56a 以外の部分との外径差が大きい場合には、コレットチャックにより把持部 56a を把持することができない可能性がある。これに対して、本例のねじ軸部 29a では、把持部 56a と把持部 56a 以外の部分との外径差を小さいため、通常のコレットチャックにより把持部 56a を把持することが容易となる。なお、本発明を実施する際に、把持部と把持部以外の部分との外径差が大きくなる場合には、縮径可能量が大きい特殊形状のコレットチャックや油圧式の三つ爪などを用いることが好ましい。その他の構成および作用は、第 1 例と同様である。

[0113] [第 6 例]

本発明の実施の形態の第 6 例について、図 13 を参照しながら説明する。本例では、ねじ軸部 29d を製造する工程において、ねじ軸部用素材 40（

図7参照)に対し、スルーフィード転造加工によって、軸方向他方側から軸方向一方側に向けてボールねじ部16を徐々に形成する際に、第1例よりも早期に転造加工を終了することによって、ねじ軸部用素材40の軸方向一方側の端部を非転造部として残す。そして、ボールねじ部16の転造完全部42の雄ねじ溝55を基準として非転造部の外周部を削ることにより、把持部56bを形成する。本例では、ねじ軸部用素材40に対して転造加工を施す部分の軸方向長さを短くできるため、その分、ボールねじ部16を形成するために要する時間を短くできる。

[0114] 本例を実施する場合、ボールねじ部16を削り加工により形成することもできる。ボールねじ部16を削り加工により形成すれば、本例によるボールねじ部16を形成するために要する時間を短くできるといった効果をより顕著に得ることができる。その他の構成および作用は、第1例と同様である。

[0115] [第7例]

本発明の実施の形態の第7例について、図13を参照しながら説明する。本例では、第6例の場合と同様、ねじ軸部29dを製造する工程において、ねじ軸部用素材40(図7参照)に転造加工を施すことにより、ねじ軸部用素材40の軸方向一方側の端部以外の部分にのみボールねじ部16を形成し、ねじ軸部用素材40の軸方向一方側の端部を非転造部として残す。そして、ボールねじ部16の転造完全部42の雄ねじ溝55を基準として非転造部の外周部を削ることにより、把持部56bを形成する。

[0116] 本例では、ボールねじ部16を形成するための転造加工の方法が、第6例と異なる。本例では、図11に示したボールねじ部16を、軸方向一方側から軸方向他方側に向けて徐々に形成していく。このため、まず、ねじ軸部用素材40のうち、把持部56bを形成すべき軸方向一方側の端部から外れた軸方向中間部、すなわち、ボールねじ部16を形成すべき部分のうちの軸方向一方側の端部を、1対の転造ダイスにより径方向両側から挟み込むことによって、ボールねじ部16の転造加工を開始する。転造加工の開始後は、ねじ軸部用素材40を1対の転造ダイスに対して軸方向一方側に向け歩み移動

させることにより、ボールねじ部 16 を、軸方向一方側から軸方向他方側に向けて徐々に形成していく。ねじ軸部用素材 40 の歩み移動は、ねじ軸部用素材 40 が 1 対の転造ダイス同士の間から軸方向一方側に完全に抜け出るまで行う。本例の場合には、このようなスルーフィード転造加工により、ボールねじ部 16 を形成する。本例のスルーフィード転造加工は、ワークに歩み移動が生じるインフィード転造加工と呼ぶこともできる。何れにしても、本例の場合も、転造加工により形成されたボールねじ部 16 は、軸方向中間部に転造完全部 42 を有し、軸方向両端部に 1 対の転造不完全部 43 を有するものとなる。その他の構成および作用は、第 1 例および第 6 例と同様である。

[0117] [第 8 例]

本発明の実施の形態の第 8 例について、図 14 を参照しながら説明する。本例では、ラック軸部 28 a を製造する工程において、ラック歯部 15 の形成および熱処理を行った後に、ラック軸部 28 a のねじ軸部 29 (図 3 参照) に近い側の軸方向他方側の端部の外周部に、ラック歯部 15 を基準として、削り加工により芯出し用の把持部 63 を形成する。これにより、把持部 63 を、ラック軸部 28 a のうち、ラック歯部 15 を有する部分と同軸に仕上げる。そして、ラック軸部 28 a とねじ軸部 29 とを摩擦圧接により結合する工程において、把持部 63 を第 2 把持具 58 により把持する。このような本例では、ラック歯部 15 を有する部分とボールねじ部 16 (図 1 ~ 図 3 (b) 参照) を有する部分との同軸度を、より向上させることができる。その他の構成および作用は、第 1 例と同様である。

[0118] [第 9 例]

本発明の実施の形態の第 9 例について、図 15 を参照しながら説明する。本例では、ラック軸部 28 b とねじ軸部 29 (図 3 参照) とを摩擦圧接により結合する工程において、ラック軸部 28 b のうち、ラック歯部 15 を有する部分を、芯出し用の第 2 把持具 58 a により把持する。このため、ラック歯部 15 を有する部分の芯出し精度を十分に確保できる。

[0119] 本例では、ラック軸部28bとねじ軸部29とを摩擦圧接により結合する工程において、ラック軸部28bのうち第2把持具58aから、ねじ軸部29に結合される側である軸方向他方側に突出した部分の軸方向寸法が長くなると、回転側であるねじ軸部29と接触したときに、前記突出した部分が振動を起こしやすくなる。このため、摩擦圧接部44（図3参照）の品質や、ラック歯部15を有する部分とボールねじ部16（図3参照）を有する部分との同軸度を向上させる観点から、前記突出した部分の軸方向寸法が極力短くなるように、第2把持具58aにより把持する部分の軸方向位置を規制することが望ましい。

[0120] 本例では、ラック軸部28bとねじ軸部29とを摩擦圧接により結合する工程において、静止側のラック軸部28bの軸方向他方側の端面と、回転側のねじ軸部29の軸方向一方側の端面とが接触したときに、前記突出した部分が振動を起こしにくくするために、ラック軸部28bを製造する工程において、ラック歯部15の形成および熱処理を行った後に、ラック軸部28bの軸方向他方側の端面を削ることによって、該端面に、ラック歯部15を有する部分の中心軸に対して直交する平面である直交平面60を形成している。その他の構成および作用は、第1例と同様である。

[0121] 本発明の実施の形態の第1例～第9例では、ラック軸部とねじ軸部とを摩擦圧接により結合する工程において、ねじ軸部を回転側とし、ラック軸部を非回転側としたが、ラック軸部に把持部を形成する場合には、ねじ軸部を非回転側とし、ラック軸部を回転側とすることもできる。あるいは、ラック軸部とねじ軸部とを摩擦圧接により結合する工程において、ねじ軸部とラック軸部とを互いに反対方向に回転させることもできる。

[0122] [第10例]

本発明の実施の形態の第10例について、図15を参照しながら説明する。本例のステアリング装置を構成する直動軸9aは、外周部に一方のラック歯部15を有する、一方のラック軸部28と、外周部に他方のラック歯部15aを有する、他方のラック軸部28cとを摩擦圧接により結合することに

より形成される。一方のラック歯部15は、ピニオン軸8のピニオン歯部14に噛合し、かつ、他方のラック歯部15aは、別のピニオン軸8aのピニオン歯部14aに噛合している。電動アシスト装置6aの制御部は、トルクセンサ18により検出したトルクの方角および大きさと車速信号とに応じて、電動モータ19aへの通電量を制御しながら、電動モータ19aにより、減速機61を介して別のピニオン軸8aを回転駆動する。そして、他方のラック歯部15aとピニオン歯部14aとの噛合部により、別のピニオン軸8aの回転運動を直動軸9aの直線運動に変換することで、直動軸9aに操舵補助力を付与する。すなわち、本例では、他方のラック歯部15aが第1入力部に相当し、他方のラック軸部28cが第1軸部に相当し、かつ、一方のラック軸部28が第2軸部に相当する。

[0123] 直動軸9aは、一方のラック軸部28と他方のラック軸部28cとを結合する摩擦圧接部44をさらに備える。

[0124] 本例の直動軸9aの製造方法は、一方のラック軸部28を製造する工程と、他方のラック軸部28cを製造する工程と、一方のラック軸部28と他方のラック軸部28cとを摩擦圧接により結合する工程とを備える。

[0125] 一方のラック軸部28を製造する工程は、第1例と同様である。

[0126] 他方のラック軸部28cを製造する工程は、一方のラック軸部28を製造する工程と同じ工程の後に、把持部56cを形成する工程をさらに備える。把持部56cを形成する工程では、他方のラック歯部15aの形成および熱処理を行った後、他方のラック軸部28cのうち、一方のラック軸部28に近い側の軸方向端部の外周部に、他方のラック歯部15aを基準として、削り加工により芯出し用の把持部56cを形成する。これにより、把持部56cを、他方のラック歯部15aを有する軸方向部分と同軸に仕上げる。

[0127] 一方のラック軸部28と他方のラック軸部28cとを摩擦圧接により結合する工程では、他方のラック軸部28cの把持部56cを芯出し用の第1把持具57(図3(a)参照)により把持すると共に、一方のラック軸部28の小径軸部39bの外周面を芯出し用の第2把持具58(図3(a)参照)

により把持する。この状態で、第1把持具57を回転駆動することにより他方のラック軸部28cを回転させると共に、一方のラック軸部28を非回転に保持しながら、一方のラック軸部28と他方のラック軸部28cの軸方向端部同士を突き合わせることににより、一方のラック軸部28と他方のラック軸部28cとを摩擦圧接により結合する。

- [0128] 本例によれば、一方のラック歯部15を有する部分と他方のラック歯部15aを有する部分との同軸度を向上させることができる。
- [0129] 本例では、一方のラック軸部28と他方のラック軸部28cとを摩擦圧接により結合する工程において、一方のラック軸部28を非回転側とし、他方のラック軸部28cを回転側としたが、一方のラック軸部28が把持部を備えていれば、一方のラック軸部28を回転側とし、他方のラック軸部28cを非回転側とすることもできる。あるいは、一方のラック軸部28と他方のラック軸部28cとを互いに反対方向に回転させることもできる。その他の構成および作用は、第1例と同様である。
- [0130] 本発明の実施の形態の第1例～第10例は、矛盾が生じない範囲で、相互に適宜組み合わせ実施することができる。
- [0131] 本発明は、例えば、直動軸以外の部分に操舵補助力を付与する方式のステアリング装置やステアバイワイヤ方式のステアリング装置を構成する直動軸であって、外周部にラック歯部を有するラック軸部と、円筒状または円柱状の丸棒である延長軸部と、ラック軸部と延長軸部と軸方向端部同士を結合した摩擦圧接部とを備えた直動軸に適用することもできる。この場合には、ラック軸部と延長軸部との互いに近い側の軸方向端部同士を摩擦圧接に結合する工程において、第1軸部に相当するラック軸部と、第2軸部に相当する延長軸部とのうち、何れか一方を回転側とし、他方を非回転側とするか、あるいは、互いに反対方向に回転させることができる。
- [0132] また、本発明は、例えば、ステアバイワイヤ方式のステアリング装置を構成する直動軸であって、外周部にボールねじ部を有するねじ軸部と、円筒状または円柱状の丸棒である延長軸部と、ねじ軸部と延長軸部との結合部であ

る摩擦圧接部とを備えた直動軸に適用することもできる。この場合、ねじ軸部と延長軸部の軸方向端部同士を摩擦圧接により結合する工程において、第1軸部に相当するねじ軸部と、第2軸部に相当する延長軸部とのうち、何れか一方を回転側とし、他方を非回転側とするか、あるいは、互いに反対方向に回転させることができる。

符号の説明

- [0133]
- 1 ステアリングホイール
 - 2 ステアリングシャフト
 - 3 a、3 b 自在継手
 - 4 中間シャフト
 - 5 ステアリングギヤユニット
 - 6、6 a、6 b 電動アシスト装置
 - 7 入力軸
 - 8、8 a ピニオン軸
 - 9、9 a 直動軸
 - 10 ボールジョイント
 - 11 タイロッド
 - 12 操舵輪
 - 13 ハウジング
 - 14、14 a ピニオン歯部
 - 15、15 a ラック歯部
 - 16、16 a、16 b、16 z ボールねじ部
 - 17 ねじ軸部中間素材
 - 18 トルクセンサ
 - 19、19 a 電動モータ
 - 20 ボールねじ機構
 - 21 出力軸
 - 22 雌ねじ溝

- 23 ボールナット
- 24 ボール
- 25 駆動プーリ
- 26 無端ベルト
- 27 従動プーリ
- 28、28a、28b、28c ラック軸部
- 29、29a、29b、29c、29d ねじ軸部
- 30 ラック軸部用素材
- 31 受型
- 32 凹溝部
- 33 押圧パンチ
- 34 ラック軸部中間素材
- 35 ダイス
- 36 保持孔
- 37 底部
- 38 歯成形用パンチ
- 39a、39b 小径軸部
- 40 ねじ軸部用素材
- 41 小径軸部
- 42、42z 転造完全部
- 43 転造不完全部
- 44 摩擦圧接部
- 45a、45b 凹孔
- 54 転がり軸受
- 55 雄ねじ溝
- 56 把持部
- 57 第1把持具
- 58 第2把持具

- 59 スリーブ
- 60 直交平面
- 61 減速機
- 62 延長軸部
- 63 把持部
- 64、64 a 第1ねじ軸部中間素材
- 65、65 a 第2ねじ軸部中間素材
- 66 ねじ孔

請求の範囲

- [請求項1] 軸方向の直線運動をするための駆動力が入力される第1入力部を外周部に有する第1軸部と、第2軸部と、第1軸部と第2軸部との結合部と備える、ステアリング装置用の直動軸の製造方法であって、
- 第1軸部を製造する工程と、
- 第1軸部と第2軸部とを摩擦圧接により結合する工程と、を備え、
- 第1軸部を製造する工程は、第1軸部用素材に第1入力部を形成する工程と、該第1入力部を形成した後、該第1入力部を基準として、第1軸部のうちの第2軸部に結合される側の軸方向端部の外周部に芯出し用の把持部を形成する工程とを含み、
- 前記摩擦圧接を、第1軸部の前記把持部を芯出し用の第1把持具により把持すると共に、第2軸部を芯出し用の第2把持具により把持した状態で、第1軸部の前記軸方向端部と第2軸部の軸方向端部とを突き合わせることにより行う、
- ステアリング装置用の直動軸の製造方法。
- [請求項2] 前記摩擦圧接を、第1把持具と第2把持具とのうちの少なくとも一方の把持具を回転駆動することにより、第1軸部と第2軸部とを相対回転させながら行う、請求項1に記載のステアリング装置用の直動軸の製造方法。
- [請求項3] 前記摩擦圧接を、第1把持具を回転駆動することにより第1軸部を回転させると共に、第2軸部を非回転に保持しながら行う、請求項2に記載のステアリング装置用の直動軸の製造方法。
- [請求項4] 第1入力部は、ボールねじ部からなり、前記第1入力部を形成する工程は、転造加工によりボールねじ部を形成する工程からなる、請求項1～3のいずれかに記載のステアリング装置用の直動軸の製造方法。
- [請求項5] 前記転造加工が、スルーフィード転造加工である、請求項4に記載のステアリング装置用の直動軸の製造方法。

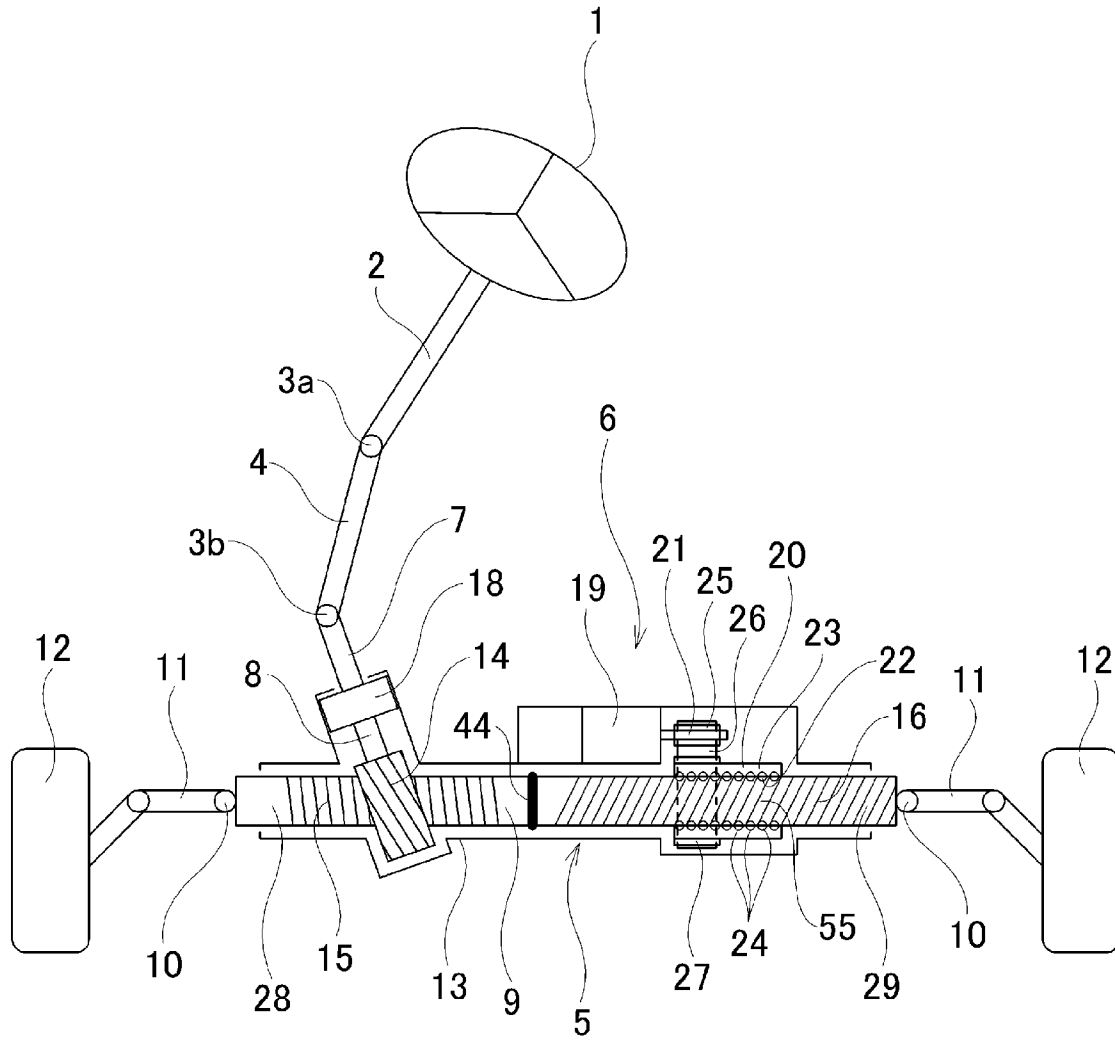
- [請求項6] 第1軸部と第2軸部とを摩擦圧接により結合する工程において、第1軸部のうちの第2軸部に結合される側とは軸方向反対側の部分の周囲にスリーブをがたつきなく外嵌する、請求項4または5に記載のステアリング装置用の直動軸の製造方法。
- [請求項7] 前記ボールねじ部を形成する工程において、第1軸部のうち、前記第2軸部に結合される側の軸方向端部を含む所定の軸方向範囲に、前記ボールねじ部を形成し、および、
前記把持部を形成する工程において、前記ボールねじ部のうち、前記第2軸部に結合される側の軸方向端部から軸方向に外れた部分を基準として、前記第2軸部に結合される側の軸方向端部に削り加工を施すことにより、前記把持部を形成する、
請求項4～6のいずれかに記載のステアリング装置用の直動軸の製造方法。
- [請求項8] 前記把持部を形成する工程において、前記ボールねじ部のうち、前記第2軸部に結合される側の軸方向端部の径方向外側部分にのみ削り加工を施すことにより、前記把持部を形成し、および、
前記摩擦圧接において、前記第1軸部の回転を、前記ボールねじ部を径方向外側から見た場合に、前記ボールねじ部のねじ山が第2軸部に近づく方向に移動するように見える回転方向に行う、
請求項3に従属する請求項7に記載のステアリング装置用の直動軸の製造方法。
- [請求項9] 前記ボールねじ部を形成する工程において、第1軸部のうち、前記第2軸部に結合される側の軸方向端部から軸方向に外れた部分にのみ、前記ボールねじ部を形成し、および、
前記把持部を形成する工程は、第1軸部のうち、前記第2軸部に結合される側の軸方向端部に削り加工を施す工程からなる、
請求項4～6のいずれかに記載のステアリング装置用の直動軸の製造方法。

- [請求項10] 第1入力部は、ラック歯部からなる、請求項1～3のいずれかに記載のステアリング装置用の直動軸の製造方法。
- [請求項11] 軸方向の直線運動をするための駆動力が入力される第1入力部を外周部に有する第1軸部と、第2軸部と、第1軸部と第2軸部との結合部と備える直動軸を含むステアリング装置の製造方法であって、
前記直動軸を製造する工程を備え、該工程において、前記直動軸を、請求項1～10のいずれかに記載のステアリング装置用の直動軸の製造方法により製造する、
ステアリング装置の製造方法。
- [請求項12] 軸方向の直線運動をするための駆動力が入力される第1入力部を外周部に有する第1軸部と、第2軸部と、第1軸部と第2軸部との結合部と、第1軸部のうちの前記結合部側の軸方向端部の外周部に設けられ、第1入力部を有する部分と同軸の芯出し用の把持部と、を備える、
ステアリング装置用の直動軸。
- [請求項13] 第1入力部は、ボールねじ部からなる、請求項12に記載のステアリング装置用の直動軸。
- [請求項14] 第1軸部は、前記把持部から軸方向に外れた部分の軸方向全長にわたり、前記ボールねじ部を有する、請求項13に記載の直動軸。
- [請求項15] 第1軸部は、軸方向全長にわたり、前記ボールねじ部を有し、前記把持部は、前記ボールねじ部のうち、前記結合部側の軸方向端部の外周部に配置される、請求項13に記載の直動軸。
- [請求項16] 前記ボールねじ部は、第2軸部から遠い側の軸方向端部に転造不全部を有し、かつ、該転造不全部に対して第2軸部に近い側の隣接する部分に転造完全部を有する、請求項14または15に記載の直動軸。
- [請求項17] 第1入力部は、ラック歯部により構成される、請求項12に記載の直動軸。
- [請求項18] 軸方向の直線運動をするための駆動力が入力される第1入力部を外

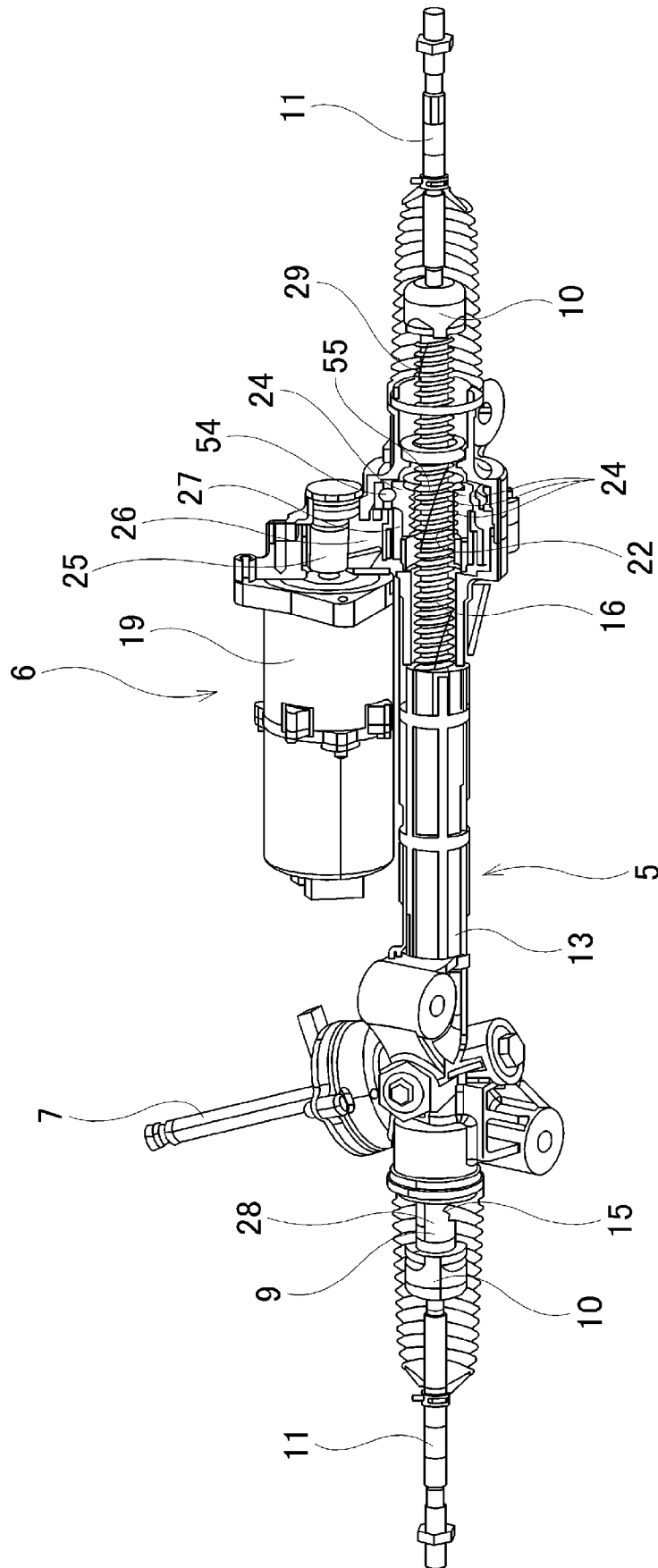
周部に有する第1軸部と、第2軸部と、第1軸部と第2軸部との結合部とを有する直動軸を備える、ステアリング装置であって、前記直動軸は、請求項12～17のいずれかに記載のステアリング装置用の直動軸からなる、ステアリング装置。

[請求項19] 前記ボールねじ部のうちの前記転造完全部のみが、複数個のボールと係合する、請求項16に従属する請求項18に記載のステアリング装置。

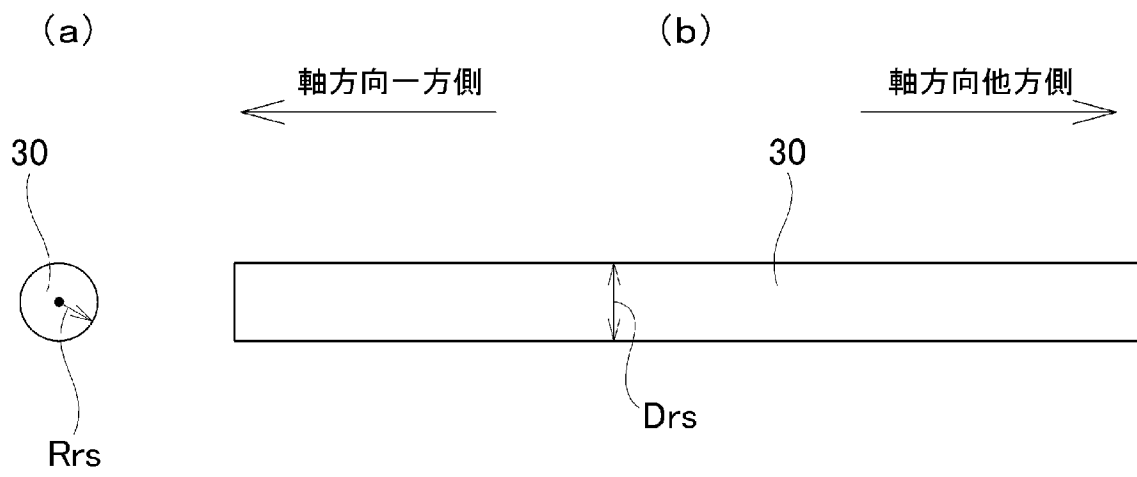
[図1]



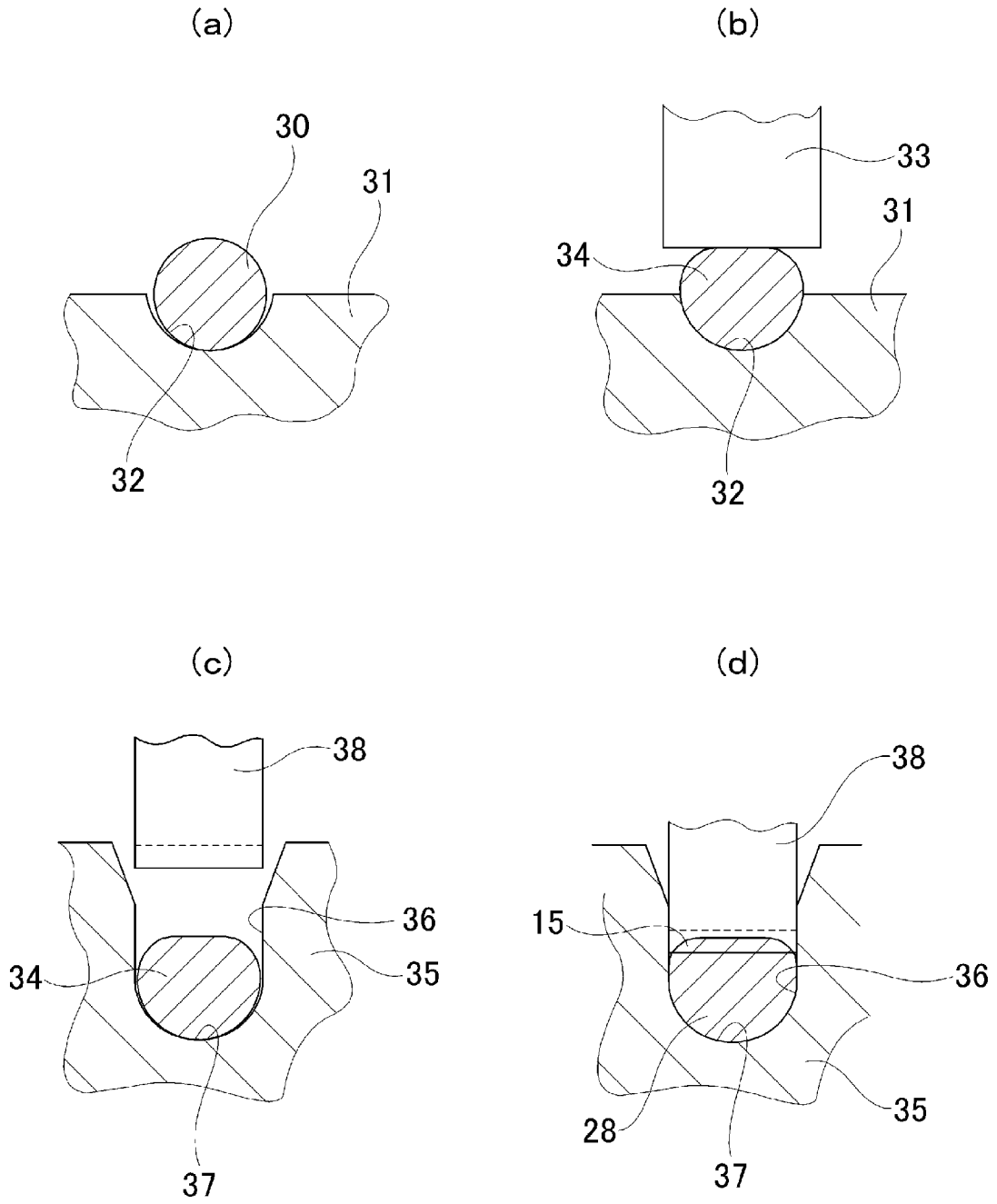
[図2]



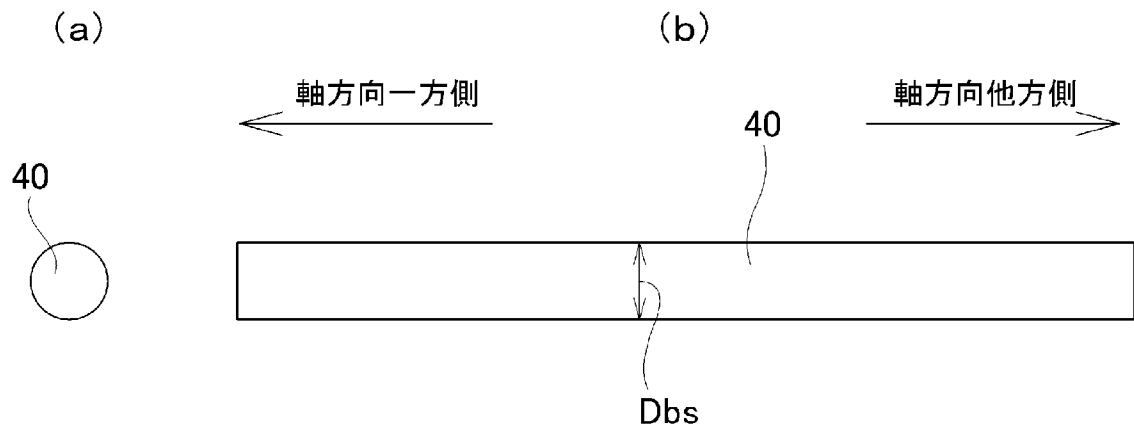
[図4]



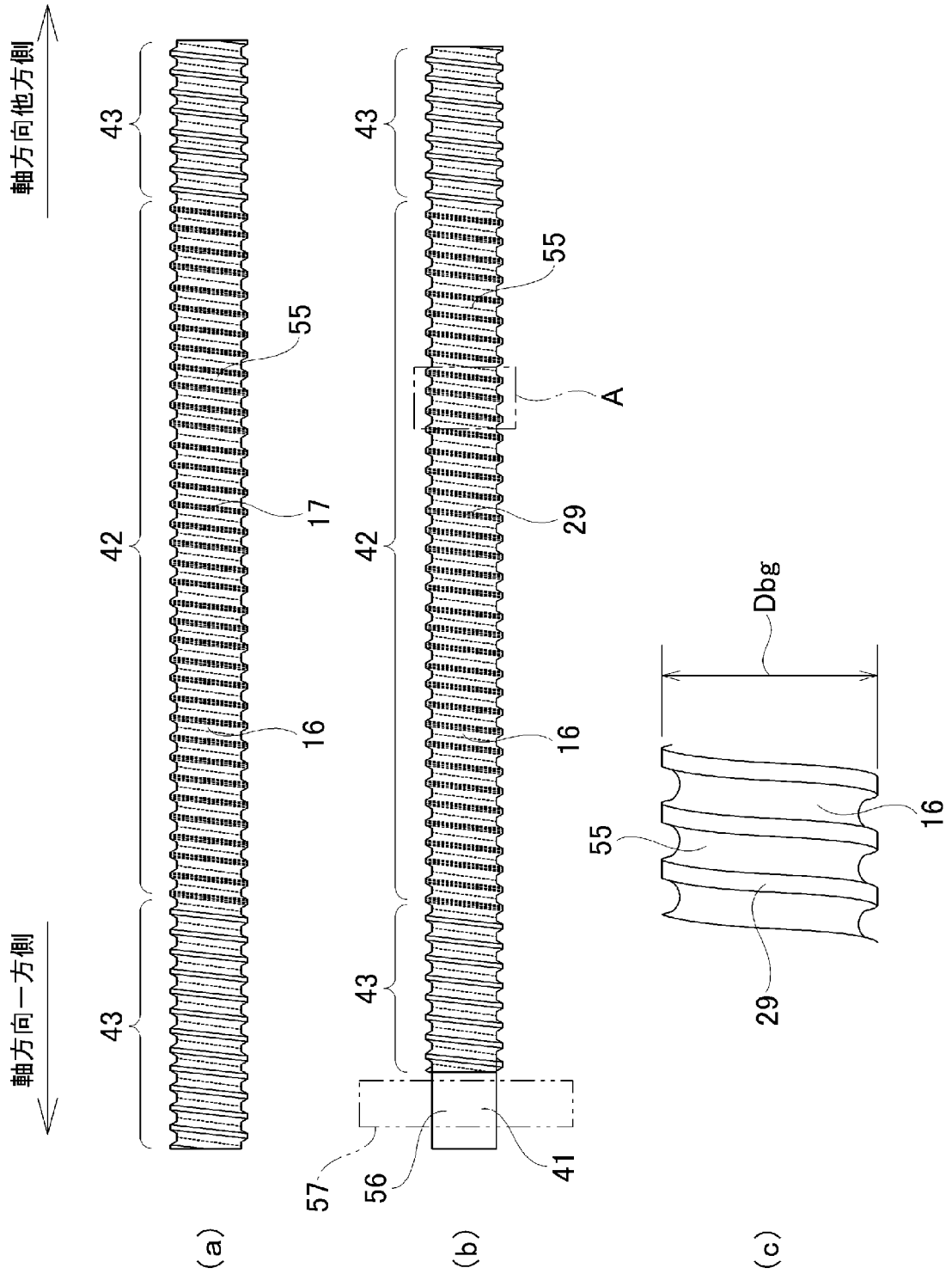
[図5]



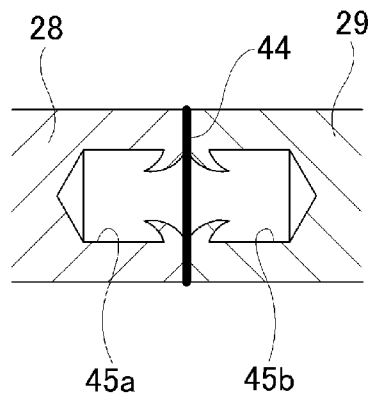
[図7]



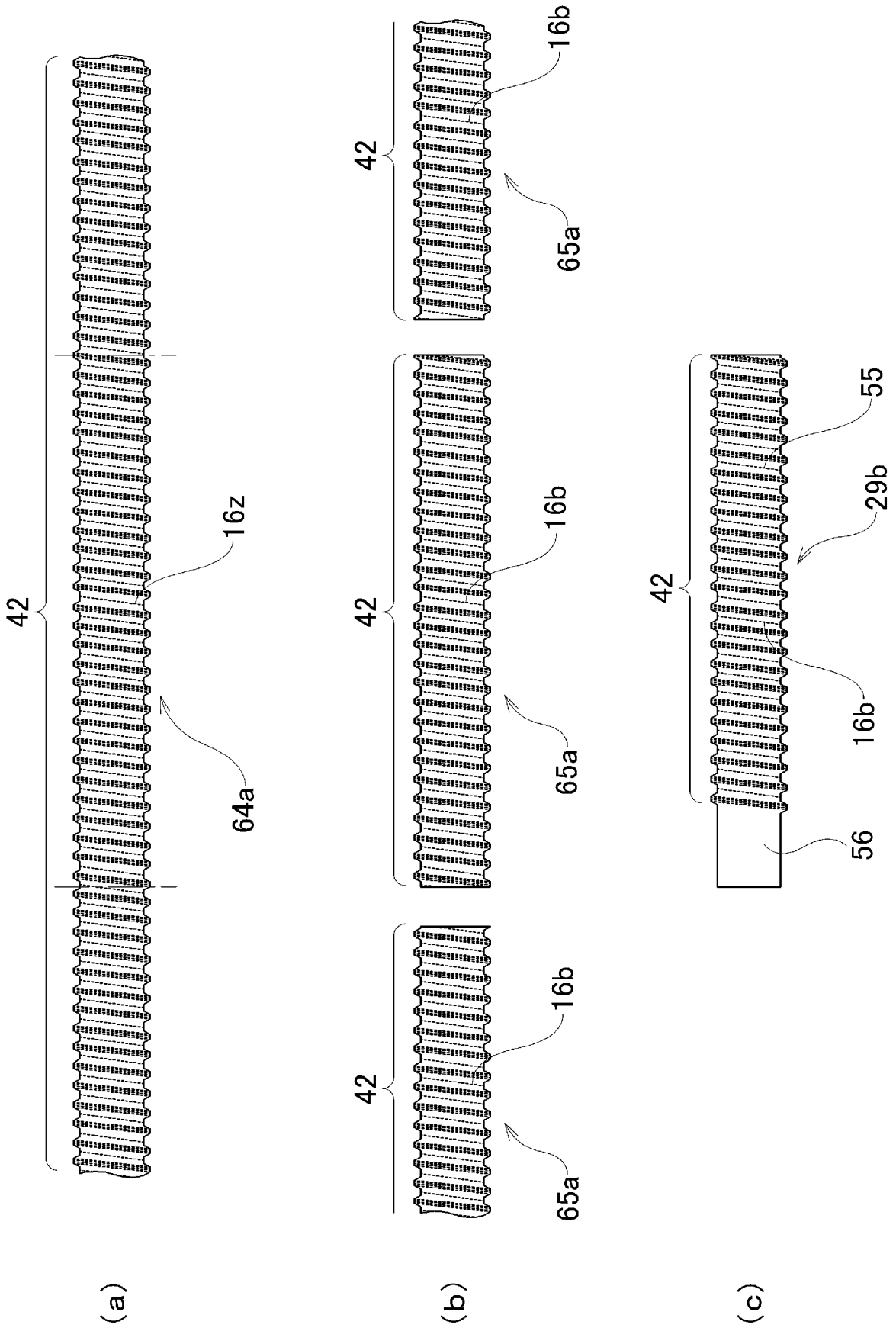
[図8]



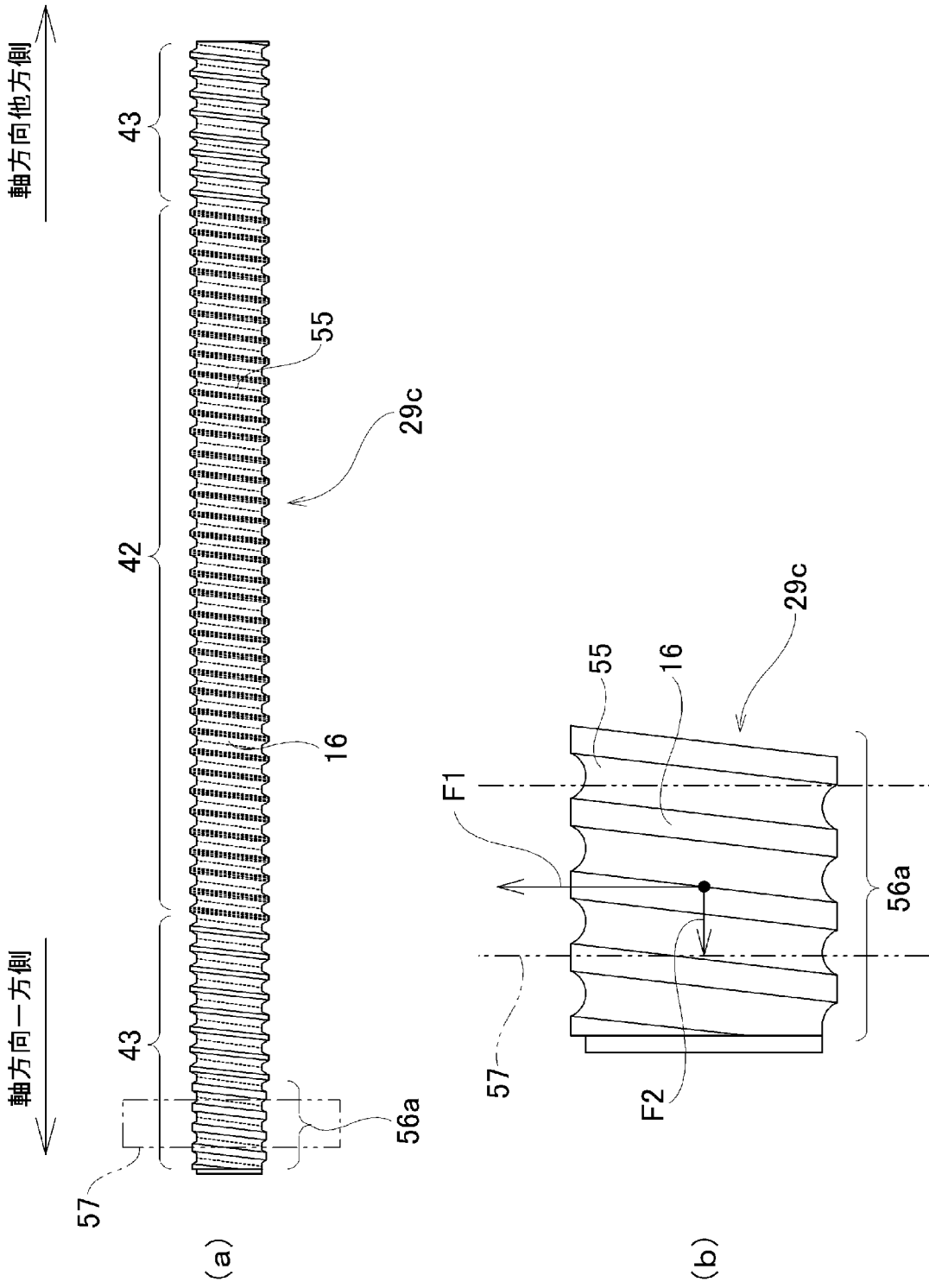
[図9]



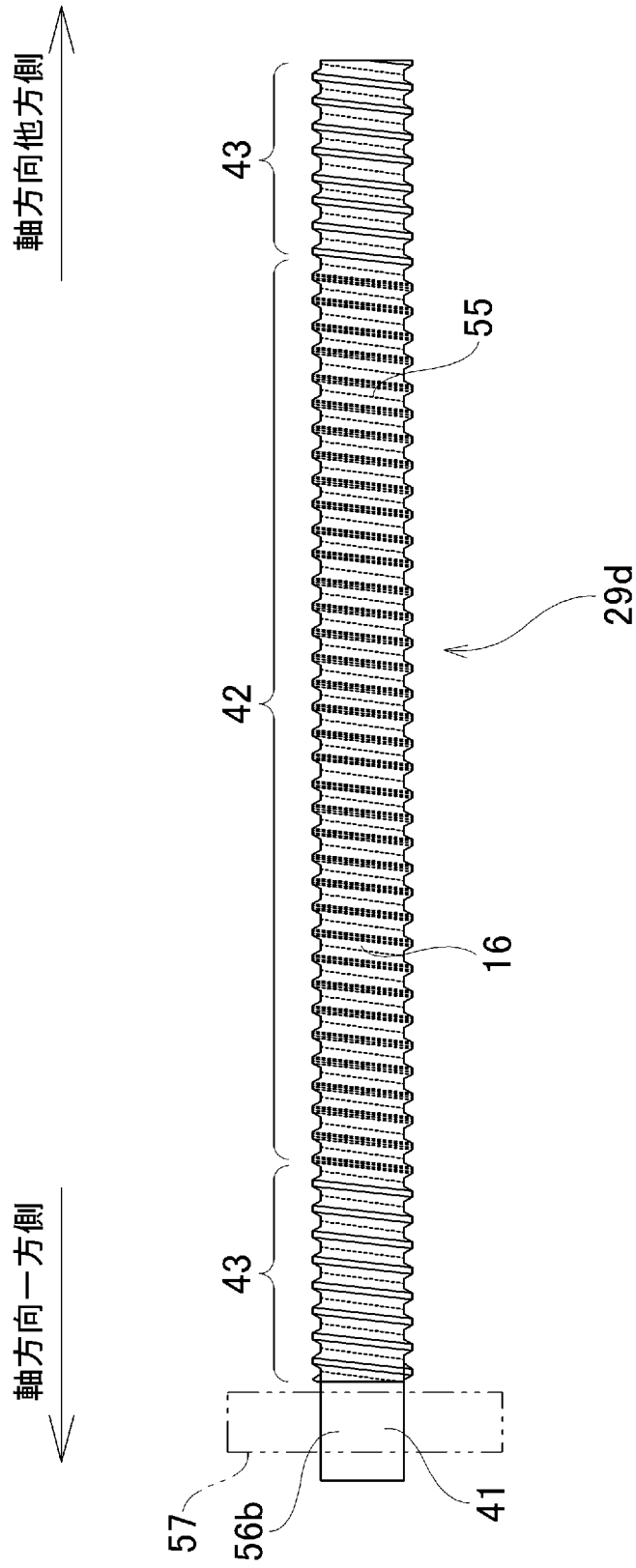
[11]



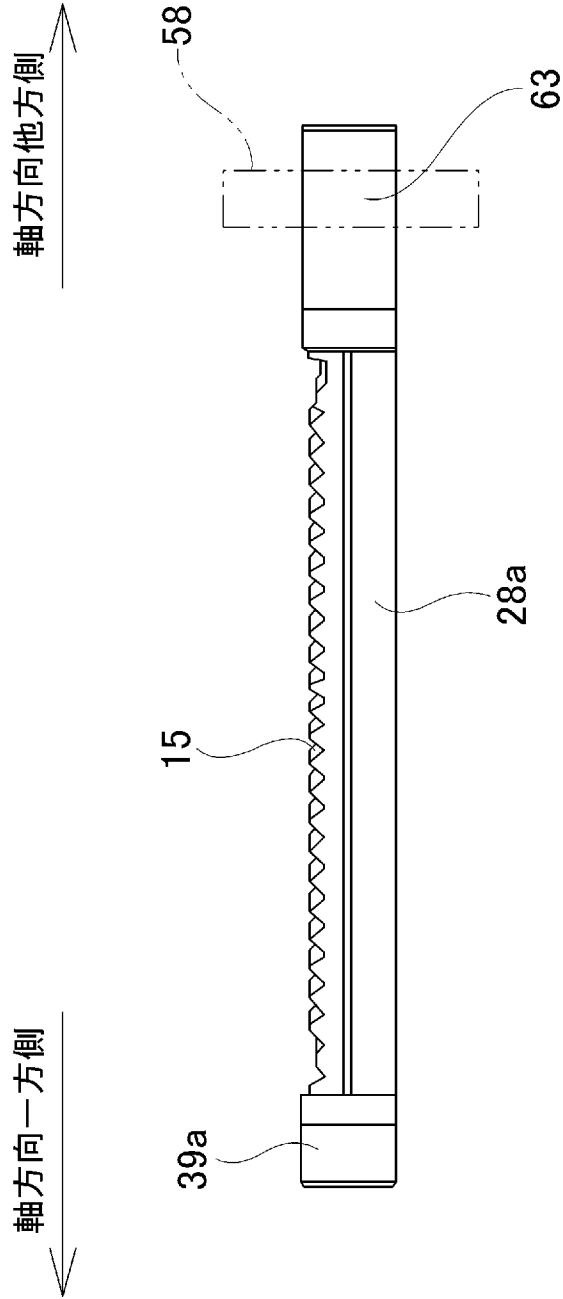
[図12]



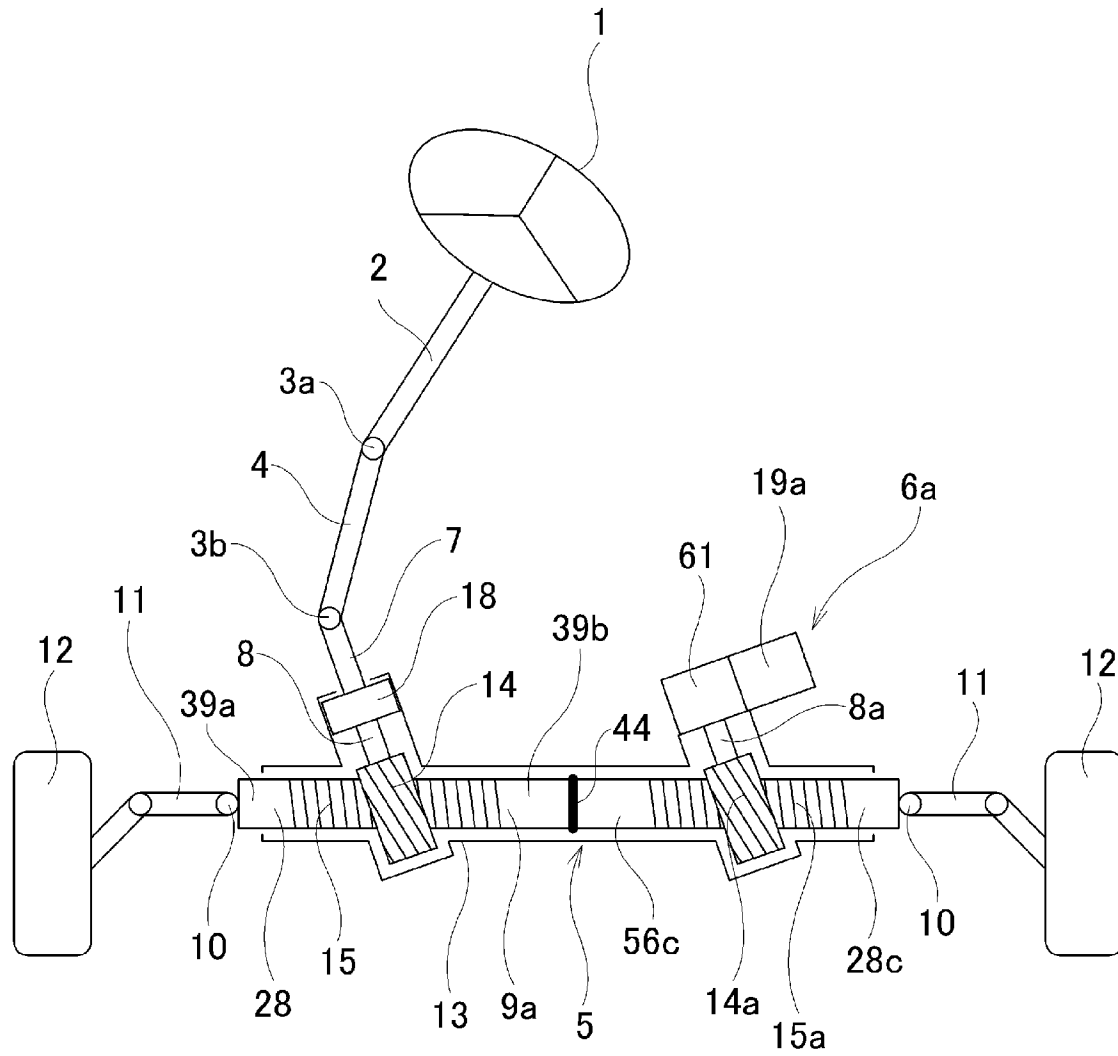
[図13]



[図14]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/048492

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B21H3/04(2006.01)i, B21K1/76(2006.01)n, B23K20/12(2006.01)i,
 F16H19/04(2006.01)i, F16H25/22(2006.01)i, F16H25/24(2006.01)i,
 B62D3/12(2006.01)i
 FI: F16H19/04Z, B62D3/12503Z, F16H25/22M, F16H25/24A, B23K20/12G, B21H3/04B,
 B21K1/76A

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. B21H3/04, B21K1/76, B23K20/12, F16H19/04, F16H25/22, F16H25/24,
 B62D3/12

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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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.
X	JP 2016-179475 A (HIGH FREQUENCY HEATTREAT CO., LTD.) 13.10.2016 (2016-10-13), paragraphs [0036]-[0047], fig. 6-8	1-3, 10-15, 17-18
Y		4-9, 16, 19
Y	JP 2003-33841 A (NSK LTD.) 04.02.2003 (2003-02-04), paragraphs [0002]-[0019], fig. 1-3	4-9, 16, 19
Y	JP 10-547 A (THK CO., LTD.) 06.01.1998 (1998-01-06), paragraphs [0043]-[0085], fig. 1-4	4-9, 16, 19
A	JP 2018-167780 A (KYB CORPORATION) 01.11.2018 (2018-11-01), entire text, all drawings	1-19



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

“I” 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
 12.02.2020

Date of mailing of the international search report
 03.03.2020

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

Authorized officer

 Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2019/048492

JP 2016-179475 A	13.10.2016	US 2018/0031104 A1 paragraphs [0048]-[0059], fig. 6-8 WO 2016/152146 A1 CN 107406093 A KR 10-2017-0130416 A
JP 2003-33841 A	04.02.2003	(Family: none)
JP 10-547 A	06.01.1998	(Family: none)
JP 2018-167780 A	01.11.2018	WO 2018/180281 A1

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））</p> <p>B21H 3/04(2006.01)i; B21K 1/76(2006.01)n; B23K 20/12(2006.01)i; F16H 19/04(2006.01)i; F16H 25/22(2006.01)i; F16H 25/24(2006.01)i; B62D 3/12(2006.01)i FI: F16H19/04 Z; B62D3/12 503Z; F16H25/22 M; F16H25/24 A; B23K20/12 G; B21H3/04 B; B21K1/76 A</p>																																
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））</p> <p>B21H3/04; B21K1/76; B23K20/12; F16H19/04; F16H25/22; F16H25/24; B62D3/12</p> <p>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</p> <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table> <p>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）</p>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年																						
日本国実用新案公報	1922 - 1996年																															
日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年																															
日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年																															
日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年																															
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>JP 2016-179475 A（高周波熱錬株式会社）13.10.2016（2016 - 10 - 13） 段落[0036]-[0047]，第6-8図</td> <td>1-3, 10-15, 17-18</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td></td> <td>4-9, 16, 19</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2003-33841 A（日本精工株式会社）04.02.2003（2003 - 02 - 04） 段落[0002]-[0019]，第1-3図</td> <td>4-9, 16, 19</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 10-547 A（テイエチケー株式会社）06.01.1998（1998 - 01 - 06） 段落[0043]-[0085]，第1-4図</td> <td>4-9, 16, 19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2018-167780 A（KYB株式会社）01.11.2018（2018 - 11 - 01） 全文，全図</td> <td>1-19</td> </tr> </tbody> </table> <p><input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p> <table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			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	X	JP 2016-179475 A（高周波熱錬株式会社）13.10.2016（2016 - 10 - 13） 段落[0036]-[0047]，第6-8図	1-3, 10-15, 17-18	Y		4-9, 16, 19	Y	JP 2003-33841 A（日本精工株式会社）04.02.2003（2003 - 02 - 04） 段落[0002]-[0019]，第1-3図	4-9, 16, 19	Y	JP 10-547 A（テイエチケー株式会社）06.01.1998（1998 - 01 - 06） 段落[0043]-[0085]，第1-4図	4-9, 16, 19	A	JP 2018-167780 A（KYB株式会社）01.11.2018（2018 - 11 - 01） 全文，全図	1-19	* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
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																														
X	JP 2016-179475 A（高周波熱錬株式会社）13.10.2016（2016 - 10 - 13） 段落[0036]-[0047]，第6-8図	1-3, 10-15, 17-18																														
Y		4-9, 16, 19																														
Y	JP 2003-33841 A（日本精工株式会社）04.02.2003（2003 - 02 - 04） 段落[0002]-[0019]，第1-3図	4-9, 16, 19																														
Y	JP 10-547 A（テイエチケー株式会社）06.01.1998（1998 - 01 - 06） 段落[0043]-[0085]，第1-4図	4-9, 16, 19																														
A	JP 2018-167780 A（KYB株式会社）01.11.2018（2018 - 11 - 01） 全文，全図	1-19																														
* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの																															
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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																															
“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	“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																															
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献																															
“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																																
<p>国際調査を完了した日</p> <p>12.02.2020</p>	<p>国際調査報告の発送日</p> <p>03.03.2020</p>																															
<p>名称及びあて先</p> <p>日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号</p>	<p>権限のある職員（特許庁審査官）</p> <p>川口 真一 3J 9822</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3328</p>																															

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
 PCT/JP2019/048492

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2016-179475 A	13.10.2016	US 2018/0031104 A1 段落[0048]-[0059], 第6-8 図	
		WO 2016/152146 A1	
		CN 107406093 A	
		KR 10-2017-0130416 A	
JP 2003-33841 A	04.02.2003	(ファミリーなし)	
JP 10-547 A	06.01.1998	(ファミリーなし)	
JP 2018-167780 A	01.11.2018	WO 2018/180281 A1	