

(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
2015 年 7 月 9 日(09.07.2015)



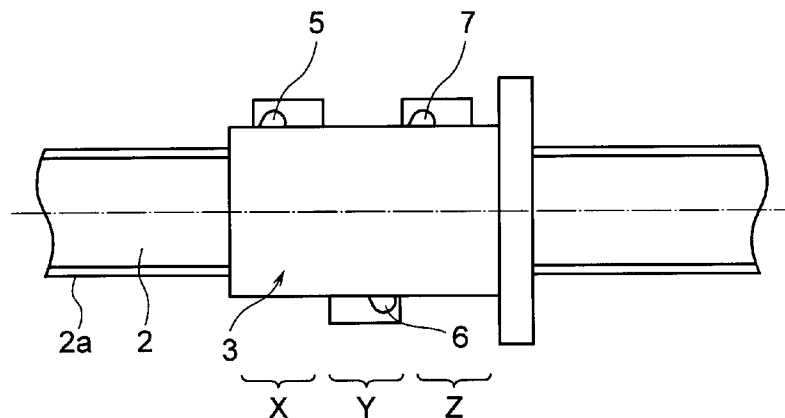
(10) 国際公開番号

WO 2015/102109 A1

- (51) 国際特許分類:
F16H 25/22 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/050037
- (22) 国際出願日: 2015 年 1 月 5 日(05.01.2015)
- (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 2014-000059 2014 年 1 月 6 日(06.01.2014) JP
特願 2014-006039 2014 年 1 月 16 日(16.01.2014) JP
特願 2014-006072 2014 年 1 月 16 日(16.01.2014) JP
- (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 日精ビル Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 佐藤 秀之(SATO, Hideyuki); 〒2520811 神奈川県藤沢市桐原町 1 2 番地 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 井上 義雄, 外(INOUE, Yoshio et al.); 〒1030027 東京都中央区日本橋 3 丁目 1 番 4 号画廊ビル 3 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: BALL SCREW

(54) 発明の名称: ボールねじ



(57) Abstract: This ball screw is provided with: a screw shaft (2) having first screw grooves (2a) provided to the outer peripheral surface thereof; a nut (3) having, formed on the inner peripheral surface thereof, second screw grooves (9) which face the first screw grooves (2a); a plurality of balls (1) accommodated in a helical passage formed by the first screw grooves (2a) and the second screw grooves (9); and at least 3 ball-circulation members (5, 6, 7) which are each attached to the nut (3), and which each form a circulation path linking the helical passage in two places. At least one of the ball-circulation members (6) is disposed in a position in a peripheral direction which is different to that of the other ball-circulation members (5, 7). As a result, the load distribution in the ball screw is made uniform, and stress concentration generated in the balls at specific positions can be reduced.

(57) 要約: 外周面に第 1 のねじ溝 (2 a) を有するねじ軸 (2) と、第 1 のねじ溝 (2 a) に対向する第 2 のねじ溝 (9) を内周面に形成したナット (3) と、第 1 のねじ溝 (2 a) と第 2 のねじ溝 (9) とにより形成された螺旋状通路内に収容された複数のボール (1) と、それぞれ、ナット (3) に取り付けられ、螺旋状通路の 2 箇所をつなぐ循環路を形成する 3 つ以上のボール循環部材 (5, 6, 7) とを備えたボールねじにおいて、少なくとも 1 つのボール循環部材 (6) が、他のボール循環部材 (5, 7) とは異なる周方向の位置に配置されているものとするこで、ボールねじの負荷分布を均一化し、特定位置のボールに発生する応力集中を低減できるボールねじを提供する。



WO 2015/102109 A1

明 細 書

発明の名称： ボールねじ

技術分野

[0001] 本発明は、回転運動を直線運動に変換するボールねじに関するものである。特に、高負荷用途に使用されるボールねじを長寿命化する技術に関する。

背景技術

[0002] 従来のボールねじの、ねじ軸やナットのねじ溝の形状は、ねじ溝とボールとの初期接触角が 45° 程度、最大接触角が 65° 程度になるように形成されていた。これは加工性、作動性、負荷容量などのバランスを考慮したものである。

[0003] 複数回路を有するボールねじは、複数の循環チューブの取付け位置を同じ円周方向位置で軸方向に配列させる設計、即ち、複数の循環チューブの全てをナットの外周で軸方向に一行に配列した設計が通常であった。これは加工工程を少なくするためである。例えば、図7に示すように、回路を3回路有するチューブ循環方式の場合、各回路の循環チューブ50a、50b、50cの取付け位置を同じ円周方向位置としている。

[0004] ボールねじを各種機械装置に適用する場合、ボールねじの選定は、当該ボールねじの使用条件に十分耐え得る様に安全率を大きめに設定した上で行われていた。このとき、安全率を大きくするには、ボールねじの軸径、即ち、ねじ軸52の径寸法を大きくするのが効果的である。しかしながら、ボールねじの軸径を大きくできない場合は、ボールが循環する回路の数を増やし、ボールの数を増やすことで対処することが行われていた。或いは、ねじ溝のリードを大きくし、直径の大きなボールを使用することで対処していた。

[0005] なお、上記従来の選定においては、ボールねじの軸径を大きくする場合も含めて、次のように対処するのが通常であった。ボールねじ選定時の荷重条件は、ねじ軸52とナット51との間を転動している各ボールには全て均等に荷重が掛かると仮定する。この場合の各ボールにかかる荷重は、ボールね

じ全体に掛かる荷重をナット 5 1 内の有効ボール数で除算したものである。ここで、有効ボールとは、ねじ軸 5 2 とナット 5 1 との間を実際に転動しているボールのことである。すなわち、循環チューブなどの循環路内のボールは有効ボールに含まない。この仮定された荷重を基にねじ溝とボールの接触面圧を算出する。この接触面圧の値と、実験等により得られたボールねじの機能、寿命等のデータベースとを比較することにより、適切なボールねじを選定する。

先行技術文献

特許文献

- [0006] 特許文献1：実開昭 6 1－1 3 1 5 5 3
特許文献2：実開昭 5 3－1 3 8 0 8 5
特許文献3：特開昭 5 4－1 1 3 7 6 2
特許文献4：実開平 0 4－1 1 0 2 5 5

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0007] 実際には、有効ボールの全てに対し均等に荷重が掛かるのではない。負荷を受けたときのねじ軸 5 2 及びナット 5 1 の弾性変形により、ナット 5 1 における軸方向の負荷分布はばらつきが生じる。当該ボールねじのナット 5 1 に軸方向のアキシャル荷重 F_a が、また、ねじ軸 5 2 にアキシャル荷重 $F_{a'}$ が図 8 に示すような方向に負荷された場合、ナット 5 1 及びねじ軸 5 2 の各ねじ溝 5 1 a、5 2 a 位置における軸方向に沿った弾性変位量の分布は、それぞれ同図に矢符号で表されるようになる。このねじ軸 5 2 の弾性変位量とナット 5 1 の弾性変位量とに応じて、ナット 5 1 の両端部近傍に位置するボールと、そのボールに接触する各ねじ溝 5 1 a、5 2 a との接触点に応力集中が起きることが分かる。例えば、加工テーブルで重切削用の加工テーブルをボールねじで支持するときにはこの傾向が顕著である。
- [0008] ねじ軸 5 2 とナット 5 1 の相対回転に伴い、各ボールは、順次、ねじ溝 5

1 a、5 2 aから循環チューブ5 0に掬い上げられて循環チューブ5 0内を
通って循環する。そのためナット5 1と対向するねじ軸5 2の軌道上にはボ
ールがない部分が存在する。このため、円周方向にも負荷分布のばらつきが
発生し、有効ボールの一部に高負荷が掛かることになる。図9に表されるよ
うに、ナット5 1内の各回路のボール1は、ねじ溝から循環チューブ5 0内
を通過することにより循環する。図10は、この状態を軸方向からみたところ
を模式的に示したものである。 β は、ねじ軸5 2の中心軸線と循環チュー
ブ5 0の両端部とをそれぞれ結んだ2直線によりなす角度である。図9を合
わせて参照することにより、円周方向での β 角度の範囲部分のボール数が相
対的に少なくなっていることが分かる。ボール数が相対的に少ないことによ
り、 β 角度の範囲内のボールに加わる負荷は相対的に大きくなる。

[0009] 従来のボールねじにおいては、以上のように、ナット5 1の両端部のボ
ールとねじ溝との接触部位への応力集中及び特定範囲内のボールへの負荷増大
という懸念がある。このことから、従来のボールねじにおいては、設計時の
安全率を大きく設定しないと、ねじ軸5 2又はナット5 1の各ねじ溝5 1 a
、5 2 a表面の早期剥離、または、異常摩耗を引き起こすという問題があっ
た。

[0010] また、特に高負荷用途では、安全率を大きく設定するとボールねじが大型
化し、目的の仕様に合わなくなったり、コスト高になったりしてしまうとい
う問題があった。

[0011] 本発明は、上記のような問題点に着目してなされたものであり、ボールね
じの負荷分布を均一化し、特定位置のボールに発生する応力集中を低減でき
るボールねじを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0012] 上記課題を解決するために、本願のボールねじは、
第1のねじ溝を外周面に有するねじ軸と、
前記第1のねじ溝に対向する第2のねじ溝を内周面に有するナットと、
前記第1のねじ溝と前記第2のねじ溝とにより形成された螺旋状通路内に

収容された複数のボールと、

それぞれ、前記ナットに取り付けられ、前記螺旋状通路の2箇所をつなぐ循環路を形成する3つ以上のボール循環部材とを備えたボールねじにおいて

、

少なくとも1つの前記ボール循環部材が、その他の前記ボール循環部材とは異なる周方向の位置に配置されているものとする。

[0013] 好ましくは、少なくとも2つの前記ボール循環部材が円周方向の同位置に配置され、

前記少なくとも1つの前記ボール循環部材が、軸方向において、前記少なくとも2つの前記ボール循環部材の間に配置されているものとする。

[0014] また、好ましくは、前記少なくとも1つの前記ボール循環部材と前記2つの前記ボール循環部材とは円周方向に180°異なる位置に配置されているものとする。

[0015] また、好ましくは、前記少なくとも1つの前記ボール循環部材と共に前記ボールが循環する回路を構成する前記第2のねじ溝の部分が、前記少なくとも2つの前記ボール循環部材と共にそれぞれ前記ボールが循環する回路を構成する前記第2のねじ溝の2つの部分から等距離の位置から軸方向にずれて予圧を生じさせているものとする。

[0016] また、好ましくは、前記ねじ軸のいずれか一方の端部で前記ねじ軸を回転可能に支持する支持部材を有し、

前記ナットは、前記支持部材とは反対側の端部に、径方向外方に延びるフランジを有するものとする。

[0017] また、好ましくは、前記ボール循環部材は、

その両端に配置され、径方向外側で前記螺旋状通路内の前記ボールを掬い上げる外側掬い上げ部と、径方向内側で前記螺旋状通路内の前記ボールを掬い上げる内側掬い上げ部と、を備えた一对の掬い上げ通路と、

前記一对の掬い上げ通路をつなぐボール送り通路と、を有し、

前記外側掬い上げ部と前記内側掬い上げ部は、その間に、先端側から前記

ボール送り通路側に凹んだ凹部を構成し、

前記ボール循環部材は、最も前記ボール送り通路側に位置する前記凹部の部分から、前記ボールの経路に沿った分割面により分かれる2つの構成部材からなるものとする。

[0018] また、好ましくは、軸方向に見たときに、前記分割面は、前記凹部の近傍において、前記ボール循環部材を通過する前記ボールの中心の軌跡よりも前記内側掬い上げ部側に配置されているものとする。

[0019] また、好ましくは、前記第1のねじ溝が、前記ボールの進行方向に対して垂直な断面において、両端に滑らかに連続して、前記ボールの半径の2分の1以上、2倍以下の曲率半径を有する円弧部を備えるものとする。

[0020] また、好ましくは、前記ねじ軸の中心軸線から前記第1のねじ溝内の前記ボールの中心までの距離から前記ねじ軸の最大半径を引いた値が、前記ボールの直径の10%以下であるものとする。

[0021] また、好ましくは、前記ナットの端部に取り付けられ、前記ねじ軸に接触する接触部を備えたシールを有し、

前記接触部は、少なくとも前記ねじ軸側に、断面が円弧状の曲面を有しているものとする。

発明の効果

[0022] 以上説明してきたように、本発明のボールねじを採用すると、簡単な手段によって、ねじ軸とナットとの間を転動している複数のボールに対する負荷分布が平均化する。つまり、一部のボールに発生する応力集中が低減される。従って、ボールねじの外径を大きくすることなく、従来よりも負荷容量が大きくなるという効果がある。

[0023] また、ボールねじのサイズを大きくすることなく負荷容量が増大するため、高負荷用途（例えば、射出成形機、モールディング、パワーシリンダ）への適用が、更に容易になる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]図1は本発明の実施形態に係るボールねじを示す側面図である。

[図2]図2は本発明の実施形態に係るボールねじの構成を説明するための概略断面図である。

[図3]図3は本発明の実施形態に係るねじ溝の形状を示す断面図である。

[図4]図4は接触角と接触楕円との関係を示す図である。

[図5]図5は本発明の回路の軸方向の特徴的な配置による効果を、円周方向の負荷分布のばらつきを無視した軸方向の荷重の分布の比較で表した図である。

[図6]図6は本実施形態の回路反転の効果を、軸方向のばらつき及び円周方向の負荷分布のばらつきを考慮した軸方向の荷重の分布の比較で表した図である。

[図7]図7は従来のボールねじを示す図である。

[図8]図8は軸方向の負荷のばらつきの原因となる弾性変位量を示す図である。

[図9]図9は1つの回路でのボールの循環を表した図である。

[図10]図10は円周方向におけるボールの少ない範囲を示す、軸方向から見た図9での10-10矢視図である。

[図11]図11は本実施形態をダブルナットタイプのボールねじに適用した場合を説明する平面図である。

[図12]図12は本発明の実施形態に係るボールねじを片持ち支持構造で用いた状態を示す図面である。

[図13]図13A、図13B、図13C及び図13Dは、本発明の実施形態に係るボールねじを片持ち支持構造で用いた場合の作用・効果を説明する図である。図13Aは軸方向荷重の作用状態を、図13Bは、ねじ軸を剛体と仮定した場合のボールの荷重分布を、図13Cは、ナットを剛体と仮定した場合のボールの荷重分布を、図13Dは、ねじ軸及びナットの弾性変形を考慮したボールの荷重分布をそれぞれ示している。

[図14]図14A、図14B、図14C及び図14Dは、本発明の第2の実施形態に係るねじ軸の断面積とナットの断面積との比によるボールの荷重分布

への影響を説明する図であって、図 1 4 A 及び図 1 4 B は両断面積を等しくした場合であり、図 1 4 C はナット側の断面積を相対的に大きくした場合を表している。

[図15]本発明の実施形態の第 1 変形例に係るボールねじのナット周辺を径方向に見た図である。

[図16]本発明の実施形態の第 1 変形例に係るボールねじを軸方向に見た図である。

[図17]図 1 7 は図 1 6 に示す 1 7 方向の矢視図であり、サイドキャップ装着前のナットを示している。

[図18]図 1 8 は図 1 6 に示す 1 8 方向の矢視図であり、サイドキャップ装着後の状態を示している。

[図19]図 1 9 は本発明の実施形態の第 1 変形例に係るサイドキャップを示す斜視図である。

[図20]図 2 0 は本発明の実施形態の第 1 変形例に係るサイドキャップ構成部材を示す斜視図である。

[図21]図 2 1 は本発明の実施形態の第 1 変形例に係るサイドキャップの、図 2 0 に円 2 1 で示す部分を拡大して示す説明図である。

[図22]図 2 2 は本発明の実施形態の第 2 変形例に係る掬い上げ基端部における周壁相互の組み合わせ状態を説明するための断面図である。

[図23]図 2 3 は本発明の実施形態の第 2 変形例に係る掬い上げ基端部における周壁相互の組み合わせ状態を説明するための斜視図である。

[図24]図 2 4 は本発明の実施形態の変形例に係るボールねじを径方向から見た図である。

[図25]図 2 5 は本発明の実施形態の変形例の比較例のサイドキャップの斜視図である。

[図26]図 2 6 は本発明の実施形態の変形例の分割線を、ボール中心の軌跡に合わせた比較例の要部を拡大して示す説明図である。

[図27]図 2 7 はサイドキャップを、ボール中心の軌跡に合わせた比較例のサ

イドキャップ構成部品を示す斜視図である。

[図28]図28は本発明の実施形態に係るねじ軸のボール溝の断面図である。

[図29]図29は図28の矢視29で示すボール溝へのボール衝突位置の連続プロット図である。ボール運動軌跡が理想的な場合を示している。

[図30]図30は図28の矢視29で示すボール溝へのボール衝突位置の連続プロット図である。ボール運動軌跡が現実的な場合を示している。

[図31]図31は従来のボールねじにおけるボール溝へのボール衝突位置の連続プロット図である。ボール運動軌跡が現実的な場合を示している。

[図32]図32は従来例に係るねじ軸のボール溝の断面図である。

[図33]図33は従来例に係るチューブ方式のボールねじの平面図である。

[図34]図33に示す34-34断面図である。

[図35]図35は他の従来例に係るねじ軸のボール溝の断面図である。

[図36]図36はこま循環式ボールねじの斜視図である。

[図37]図37は本発明の実施形態に係るシール15の正面図である。

[図38]図38は図37のシール15の38-38断面図である。

[図39]図39は本発明の実施形態に係るシール15の拡大断面図である。

[図40]図40は図39に示すシール15の接触部15bを更に拡大した図である。

[図41]図41は循環チューブ方式のボールねじのナットを軸線方向に切断した断面図である。

[図42]図42は従来技術によるシールの正面図である。

[図43]図43は図42に示す43-43断面図である。

[図44]図44は他の従来技術によるシールの拡大断面図である。

[図45]図45は図44のシール5のシール片5dを更に拡大した図である。

[0025] 図面を参照し本発明の実施形態を説明する。まず構成について説明する。

図1に示すように、本実施形態に係るボールねじは、ねじ軸2の外周に複数のボールを介してナット3が螺合している。ナット3は、ねじ軸2及びナット3が相対回転することで、ねじ軸2に対し相対的に直線移動をする。

[0026] 図2に示すように、ねじ軸2の外周面には、第1のねじ溝として、雄ねじ状のねじ溝2aが設けられている。また、ナット3の内周面にも、第2のねじ溝として、上記ねじ軸2のねじ溝2aと径方向で対向する位置に雌ねじ状のねじ溝9が設けられている。その両ねじ溝2a、9は、螺旋状通路を形成し、その中には複数のボール1（図2では斜線で表している）が収容されている。ボール1は、ねじ軸2とナット3との相対回転に伴い、ねじ溝2aに沿って転動し且つ循環する。

[0027] また、本実施形態のボールねじは、ボールが循環する回路を3つ有するチューブ方式のボールねじである。上記ナット3のねじ溝9は、図2に示すように、軸方向に沿って3つの区画に分けられている。各区画におけるねじ溝9の両端部は、ボール循環部材である循環チューブ5、6、7によってつながっている。これによりボールが循環する3つの回路が形成される。なお、説明の便宜上、図1及び図2における左側から第1回路X、第2回路Y、第3回路Zとする。

[0028] 本実施形態では、第1回路X及び第3回路Zの循環チューブ5、7取付け位置に対し、図1に示すように、第2回路Yの循環チューブ6を、円周方向で180°反転した位置に設けている。

[0029] また、本実施形態では、第2回路Yの回路は、通常的位置よりも第3回路Z側に数十 μm だけ近づけて配置している。即ち、ナット3における第1回路Xのねじ溝9aと第2回路Yのねじ溝9bとの間のリード L_a を、各ねじ溝9a、9b、9cのリード L より数十 μm (α) だけ大きく設定する ($L_a = L + \alpha$)。それと同時に、第2回路Yのねじ溝9bと第3回路Zのねじ溝9cとの間のリード L_b を前記リード L より数十 μm (α) だけ小さく設定 ($L_b = L - \alpha$) している。なお、ねじ軸2側のねじ溝2aのリードは全長にわたって等間隔である。

[0030] ボールねじの負荷容量を大きくするには、ボール1の接触角の大きさ、ねじ溝2a、9の曲率半径をできる限り大きくしたいところである。しかし、図4に示すように接触角を過大に大きくした状態で軸方向の負荷を掛けると

、ボール1とねじ溝2aとが接触している範囲を示す接触楕円Fの端部がねじ溝2a、9の溝端からはみ出して切れてしまう。接触楕円Fの一部が切れると応力が大きくなり、ボールねじの寿命が極端に悪くなる。このため、本実施形態では、図3に示すように、初期接触角Dを 50° 以上 55° 以下とし、最大接触角Eを 75° としている。

[0031] 好ましくは、初期接触角 51° 以上 54° 以下、且つ最大接触角は 72° である。

[0032] また、各ボール1については、ねじ溝9のリードLに対して、下式のような関係となるボール径Daのものを使用している。

$$0.7 \leq (Da/L)$$

従来においては、 Da/L を0.7以上に設定すると、循環チューブの外径部が隣のねじ溝に干渉する可能性があるために、 Da/L を0.7未満に設定していた。これに対して、本実施形態では、ねじ溝からチューブへのボール1の、掬い上げ部分の軸方向の角度を従来より大きくすることで、 Da/L を0.7以上に設定できるようにしている。

[0033] 次に、上記構成のボールねじの作用効果等について説明する。第2回路Y位置を第3回路Z寄りに配置することで、第2回路Y部分のねじ溝9b内のボールに予圧が付与されている。そのためナット3にアキシャル荷重Faが負荷されたときの当該ねじ溝9bの弾性変位量は、第2回路Yの位置を第3回路Z寄りに配置しない場合に比べて大きくなり、ボールとの接触面積が増大する。これにより第3回路Z寄りに配置させた第2回路Y内のボールによる負荷分担量が増大し、且つ通常の場合に応力集中が生じるナット端部側の回路である第1回路X及び第3回路Zの負荷分担量が減少する。そのため、ナット3における軸方向の負荷分布が平均化されてばらつきが低減する。

[0034] 第2回路Yの循環チューブ6の取付け位置は、第1回路X及び第3回路Zの循環チューブ5及び7の取付け位置に対し、円周方向で 180° 反転させている。これにより、円周方向における第1回路X及び第3回路Zでの有効ボール数が少ない部分と、第2回路Yでの有効ボール数が少ない部分とが円

周方向で重なることが回避される。つまり、円周方向における無負荷圏（ボール 1 が存在しない部分）が分散することで、円周方向での各有効ボール 1 に対する負荷分布のばらつきが抑えられる。

[0035] 以上のように、有効ボール（ねじ軸 2 とナット 3 間を転動しているボール 1）に対する軸方向及び円周方向の負荷分布が従来よりも均一化する。したがって、各有効ボールに対する負荷分布、さらにはそのボールに接触するねじ軸 2 とナット 3 の各ねじ溝 2 a、9 に対する負荷分布が平均化し負荷容量が増大する。

[0036] また、本実施形態では、ボール 1 の初期接触角 E 及び最大接触角 F を従来よりも大きくすると共に $D a / L$ を 0.7 以上に設定することで、さらに負荷容量の増大が図られている。

[0037] 本実施形態の構成は、玉径が 10 mm 以上の場合にも効果がある。電動射出成形機用ボールねじであれば、下式のような関係となるボール径 $D a$ のものが好ましい。

$$0.7 \leq (D a / L) \leq 0.9 \quad (\text{即ち、} D a \text{ は } L \text{ の } 70 \sim 90 \%)$$

[0038] なお、本実施形態では、第 1 回路 X の循環チューブ 5 の取付け位置に対して、第 2 回路 Y の循環チューブ 6 の取付け位置だけを 180° 反転しているが、第 3 回路 Z の循環チューブ 7 の取付け位置も第 1 回路 X の循環チューブ 5 の取付け位置に対して 180° 反転させてもよい。また、第 1 回路 X と第 2 回路 Y を同じ円周方向位置とし、第 3 回路 Z のみを 180° 反転させてもよい。さらに、循環チューブは、必ずしも 180° 反転させる必要はなく、円周方向における有効ボール数の分布が均一になる、又は、均一に近づくように、複数ある循環チューブの円周方向の位置を設定すればよい。

[0039] 以上の説明では、図 2 に示すように、ナット 3 へのアキシャル荷重 $F a$ が、第 1 回路 X 側から負荷される場合に、第 2 回路 Y のねじ溝 9 b を第 3 回路 Z 寄りに配置した実施形態を挙げている。しかし、ナット 3 へのアキシャル荷重が、第 3 回路 Z 側から負荷されるような使用態様の場合は、第 2 回路 Y のねじ溝 9 b を第 1 回路 X 寄りに配置する。すなわち、複数の回路に挟まれ

た位置にある回路のねじ溝を、両隣りの回路から等距離の位置からナット 3 にかかるアキシャル荷重と同じ向きにずらして配置すれば良い。

[0040] 本発明にあっては、このようにアキシャル荷重の向きに応じて、複数の回路の一部を軸方向にずらして配置することによりナットの軸方向における弾性変位量の分布を平均化させている。これにより、ボールに対する軸方向の負荷分布を平均化し全体としての負荷容量を増大させるという効果を得ている。その代わりに、例えば、本実施形態において第 2 回路 Y に使用するボール 1 の径を、第 1 回路 X 及び第 3 回路 Z で使用するボール 1 の径よりも大きくするというように、一部の回路内に装填するボール径を変えることによっても、上述と同様な作用効果を得ることができる。即ち、第 2 回路 Y のボール 1 の径を大きくすることで、第 2 回路 Y 部分のねじ溝 9 b 内のボールに予圧が付与されることになる。それによりナット 3 にアキシャル荷重 F_a が負荷されたときの当該ねじ溝 9 b の弾性変位量は、ボール 1 の径を大きくしない場合に比べて大きくなり、ボールとの接触面積が増大する。そして当該ボールの径を大きくした回路 Y 内のボールによる負荷分担量が増大し、且つボール 1 の径を大きくしない状態で応力集中が生じるナット端部側の回路である第 1 回路 X 及び第 3 回路 Z での負荷分担量が減少するから、ナット 3 における軸方向の負荷分布が平均化されてばらつきが低減する。これにより、当該第 2 回路 Y のボール 1 が分担する軸方向荷重が従来よりも増大して上述同様の作用効果を発揮する。

[0041] なお、第 2 回路 Y のねじ溝 9 を第 1 回路 X 又は第 3 回路 Z 寄りに配置すると共に、第 2 回路 Y のボール 1 の径を第 1 回路 X 及び第 3 回路 Z のボール 1 の径よりも大きくするように設定してもよい。

[0042] 本実施形態においては、回路を 180° 反転することと、第 2 回路 Y のねじ溝 9 を第 3 回路 Z 寄りに配置することの両方を採用しているが、いずれか一方だけでも負荷分布のばらつきが低減し、従来よりも負荷容量が増大する。

[0043] 上記構成の本発明に基づくボールねじと、3つの循環チューブ 5、6、7

を同じ円周方向位置に取り付け且つ第2回路Yの回路を第3回路Z寄りに配置しない従来と同じ仕様のボールねじ（比較例）とに対して、負荷分布の状態について解析してみたところ、図5及び図6のような結果が得られた。

[0044] 図5は、円周方向での負荷分布のばらつきを無視し軸方向のばらつきのみを考慮したときの有効ボール1に負荷される軸方向の荷重の分布を示したものである。Aが本発明のボールねじのものであり、Bが比較例のボールねじのものである。この図5から分かるように、本発明に基づくボールねじでは、第2回路Yでの負荷が増大すると共に第1回路X及び第3回路Zでの負荷が減少して、軸方向の負荷分布が平均化している。

[0045] 図6は、軸方向のばらつき及び円周方向での負荷分布を考慮したときのねじ溝9に沿った各有効ボール1に負荷される軸方向の荷重を示したものである。A（実線）が本発明のボールねじのものであり、B（破線）が比較例のボールねじのものである。この図6から分かるように、本発明に基づくボールねじの方がねじ溝9に沿った負荷の振幅が小さくなり、円周方向での負荷分布が平均化している。

[0046] 実際に、本発明に基づくボールねじAでは、外径寸法を変更することなく、比較例のボールねじBの負荷容量より20%程度も負荷容量が増大していることを確認した。

[0047] なお、本発明を適用できるボールねじは、実施形態に示したようなチューブ循環方式のものに限らない。例えば、実公平5-35228号公報の第1図に記載されているようないわゆるデフレクタ循環方式（複数組のボール連通路を互いに連通するボール戻し溝を有してナットの外周部に取付けられるガイドプレートと、各ボール連通路の内方側に配設されてボールねじ軸及びナットのねじ溝間に介装されたボール群をボール連通路側へ順次導くボール掬上げ部材とで循環路が構成されている）のものにも適用できる。また、同公報の第15図に従来技術として記載されているガイドプレート循環方式（ボール連通路を互いに連通するボール戻し溝を有してナットの外周部に取付けられるガイドプレートに、前記ボール連通路内に嵌挿される案内片を突設

し、この案内片の内面側に外側ボール案内面を形成し、該外側ボール案内面でボール戻し溝の両端と各ボール連通路との間での実質的なボールの方向転換を行うように構成されている。)のものに対しても適用可能である。さらに、上記特徴は、サイドキャップ式のボールねじに適用することもできる。サイドキャップ式のボールねじについては、第1変形例、第2変形例として後述する。

[0048] 本実施形態ではボール1が循環する回路を第1(X)、第2(Y)、第3(Z)の3回路にしたボールねじについて説明したが、本発明は3回路に限定されるものではなく、4回路以上のものにも適用できる。また、一個のナットに3回路以上設けたものに限らず、後述のダブルナットタイプのように2個以上のナットを使用して全ナットで合計3回路以上としたものでもよい。

[0049] また、本実施形態ではナットの数が一個のいわゆるシングルナットタイプのものについて述べたが、その他、例えば図11に示す2個のナット3A、3Bを使用したいわゆるダブルナットタイプのように2個以上のナットを使用したものにも適用可能である。こうしたマルチナットタイプの場合、例えば図11に示すダブルナットタイプの場合で説明すると、2個のナット3A、3Bのうちの1個(例えば3A)を180°反転させてもよいし、各ナット3A、3Bに設けられたそれぞれ2回路10、11及び12、13のうちの1回路ずつ(例えば回路10と回路12)を180°反転させてもよい。更に、回路の軸方向の配置については、1個のナット内の回路を通常的位置から軸方向にずらして配置するだけでなく、2個のナット3A、3Bの間に間座14を介装して各ナットに設けられたそれぞれの回路(回路10、11の組と回路12、13の組)を通常的位置から軸方向にずらして配置してもよい。

[0050] 次に本実施形態の他の特徴について、図面を参照しつつ説明する。本実施形態に係るボールねじ装置は、図12に示すような片持ち支持構造とすることができる。図12に向かって右側に示す軸方向一端部101a側は、支持

部材であるサポートユニット１０３に回転自在に支持されている。このサポートユニット１０３に使用されるボールねじの支持軸受は、例えばスラストアンギュラ玉軸受を用いることができる。サポートユニット１０３は固定部材１０４に固定される。

[0051] また、上記ねじ軸１０１の軸方向一端にはプーリ１０５が取り付けられている。そのプーリ１０５の回転に伴ってねじ軸１０１が回転する。ナット１０２は回転が制限されており、ねじ軸１０１の回転により、ナット１０２が直線移動するように構成されている。

[0052] また、ナット１０２には、上記サポートユニット１０３側とは反対側の軸方向端部にフランジ部１０７ａが設けられている。そのフランジ部１０７ａは取付け部１０７を構成している。この取付け部１０７には、ナット１０２が駆動する取付け部材１０８がボルト止めで取付けられている。この取付け部１０７は軸方向荷重の作用部を構成する。

[0053] 上記構成のボールねじ装置にあっては、図１３Ａに示すように、取付け部材１０８からナット１０２の取付け部１０７に軸方向荷重 F_1 が作用すると、ナット１０２からねじ軸１０１に軸方向荷重が伝達され、固定側端部に、反力として、反対向きの軸方向荷重 F_2 が発生する。

[0054] このとき、従来のようにねじ軸１０１を剛体と仮定し、ナット１０２の弾性変形を考慮すると、軸方向に沿ったボールの荷重分布は、図１３Ｂに表されるように、取付け部１０７の位置で最も荷重が大きくなり、他端部（サポートユニット１０３側）に向けて徐々に小さくなる。

[0055] 一方、ナット１０２を剛体と仮定し、ねじ軸１０１の弾性変形を考慮する。そうすると、軸方向に沿ったボールの荷重分布は、図１３Ｃに表されるように、サポートユニット１０３側（ねじ軸１０１における軸方向一端部１０１ａ側）で最も荷重が大きくなり、他端部（ナット１０２の取付け部１０７）に向けて徐々に小さくなる。

[0056] 実際には、ナット１０２もねじ軸１０１も軸方向に弾性変形するため、両者１０１、１０２の弾性変位を考慮すると、図１３Ｄに示すような均一化さ

れた荷重分布となる。即ち、本実施形態では、サポートユニット１０３とは反対側のナット１０２の端部にナット取付け部１０７を設けることで、ナット１０２の弾性変形によって荷重が集中する部分と、ねじ軸１０１の弾性変形によって荷重が集中する部分を軸方向に離隔している。これにより、ナットの軸方向に沿った荷重分布は両端が相対的に大きく、中央部が相対的に小さい分布となるものの、最大値と最小値との差が小さくなる。つまり、ボールへの負荷が均一化される。したがって、ねじ軸１０１とナット１０２は同程度に弾性変形することが好ましい。

[0057] ここで、ねじ軸１０１の断面積、即ち、軸方向に垂直な方向にねじ軸１０１を切断した断面の面積と、ナット１０２の断面積、即ち、軸方向に垂直な方向にナット１０２を切断した断面の面積を等しくした場合の作用について説明する。両断面積を等しくすると、図１４Ａ及びＢに示すように、ボールへの負荷は、軸方向両端部側が同程度大きくなり、ねじ軸荷重作用側とナット荷重作用側とのバランスがとれて、ボールに対する最大荷重を抑えることができる。一方、例えば、従来と同様に、ねじ軸１０１の断面積よりもナット１０２の断面積を大きくした場合には、ねじ軸１０１の断面積とナット１０２の断面積を等しくした場合に比べて不利となる。これは、ねじ軸１０１の断面積よりもナット１０２の断面積を大きくしたことによって、ねじ軸荷重作用側とナット荷重作用側とで変形量に差が生じ、図１４Ｃに示すように、ねじ軸１０１の荷重作用側（取付け部１０７と反対側、つまりサポートユニット側）のボールへの最大荷重が大きくなるからである。

[0058] なお、図１４Ａ及びＢの荷重分布の違いは、ねじ軸１０１及びナット１０２の断面積を変えたものである。つまり、図１４Ａは両者の断面積を大きくした場合であり、図１４Ｂは両者の断面積を小さくした場合である。即ち、ねじ軸１０１とナット１０２の断面積が大きいほど弾性変形の影響が少なくなるため、ねじ軸１０１とナット１０２の断面積はできるだけ大きい方が望ましい。ねじ軸１０１とナット１０２とを比べると、内側となるねじ軸１０１の断面積の方が、どうしてもナット１０２の断面積よりも小さくなる傾向

にある。従って、ねじ軸 101 の断面積を通常よりも大きくしてナット 102 断面積と概ね等しくすることが好ましい。また、ねじ軸 101 とナット 102 の断面積比は、ねじ軸 101 及びナット 102 の弾性変形を考慮し、ボールへ掛かる荷重のバランスがある程度とれる範囲が好ましい。従って、一方の断面積が他方の断面積の 2 倍以下となるようにすることが好ましい。

[0059] (第 1 変形例)

以下、本実施形態の第 1 変形例について、図面を適宜参照しつつ説明する。本変形例に係るボールねじ装置は、上記実施形態の循環チューブをサイドキャップに置き換えたサイドキャップ式のボールねじである。図 15 は本発明の実施形態の変形例に係るボールねじを径方向に見た図である。図 16 は、本発明の実施形態の変形例に係るボールねじを軸方向に見た図である。図 17 は、図 16 に示す 17 方向の矢視図であり、サイドキャップ装着前のナットを示している。図 18 は、図 16 に示す 18 方向の矢視図であり、サイドキャップ装着後の状態を示している。

[0060] このボールねじ 10 は、図 15 ないし図 16 に示すように、ねじ軸 12 と、ナット 14 とを備えている。ねじ軸 12 は、外周面に螺旋状のねじ溝 11 を有する。ナット 14 は、ねじ軸 12 のねじ溝 11 に対応する螺旋状のねじ溝 13 を内周面に有する。また、ナット 14 は、ねじ軸 12 に嵌合されており、ナット 14 のねじ溝 13 とねじ軸 12 のねじ溝 11 とは互いに対向している。このねじ溝 13 とねじ溝 11 との間には、螺旋状通路 8 が構成されている。螺旋状通路 8 には、転動体としての複数のボール 215 が転動可能に装填されている。

[0061] また、図 17 に示すように、ナット 14 には、その外周面に矩形状の平坦面からなるサイドキャップ取付け面 16 が形成されている。サイドキャップ取付け面 16 には、一对の長孔 20 が形成されている。この長孔 20 は、前記ねじ溝 11, 13 間で構成する螺旋状通路 8 まで貫通して穿孔されている。そして、図 18 に示すように、このサイドキャップ取付け面 16 には、ボール循環部材としてのサイドキャップ 17 が取り付けられる。サイドキャップ

プ 1 7 は、図 1 9 に示すように、一対の脚部 1 9 を有しており、その一対の脚部 1 9 は、サイドキャップ取付け面 1 6 に形成された上記長孔 2 0 に、ねじ軸 1 2 の軸線方向に対して垂直方向から、ほとんど隙間なく嵌め込み可能になっている（図 1 5 参照）。そして、図 1 8 に示すように、サイドキャップ 1 7 を覆う蓋形状のサイドキャップカバー 2 6 によって、サイドキャップ 1 7 全体をサイドキャップ取付け面 1 6 へ取り付け。サイドキャップカバー 2 6 は、止めネジ 1 8 によってナット 1 4 にネジ止めする。

[0062] ここで、サイドキャップ 1 7 には、脚部 1 9 の内部にボール掬い上げ（戻し）通路 2 1 が形成されている（図 1 6 参照）。このボール掬い上げ（戻し）通路 2 1 は、脚部 1 9 の外周壁面に対して傾けて形成されている。このボール掬い上げ通路 2 1 はボール送り通路 2 2 に連続している。このボール送り通路 2 2、および一対のボール掬い上げ通路 2 1 によって循環路 2 7 を構成している。

[0063] サイドキャップ 1 7 は、サイドキャップ取付け面 1 6 に形成された長孔 2 0 に対して、容易に脚部 1 9 をはめ込むことができる構造となっている。また、脚部 1 9 内に形成したボール掬い上げ通路 2 1 でのボール 2 1 5 の進行方向を、ねじ軸 1 2 の略接線方向且つ両ねじ溝 1 1, 1 3 のリード角と略一致する方向に掬い上げ可能とする三次元的な構成となっている。そのため、ナット 1 4 の加工が簡単になり、且つ循環路 2 7、つまり、ボール掬い上げ通路 2 1 およびボール送り通路 2 2 の設計的自由度の向上を図ることを可能としている。そして、この循環路 2 7、並びに螺旋状通路 8 によってボール 2 1 5 が無限循環する回路が構成される。

[0064] 次に、上述のサイドキャップ 1 7 のもつ分割構造について詳しく説明する。図 1 9 はサイドキャップの斜視図、図 2 0 は、そのサイドキャップを分割した、一方のサイドキャップ構成部材を示す斜視図である。

[0065] このサイドキャップ 1 7 は、樹脂成形により製作されており、例えば樹脂材をモールド成形してなる一対のサイドキャップ構成部材 2 3, 2 3 を組み合わせて構成されている。サイドキャップ構成部材 2 3、2 3 は互いに同一

の形状をしている。図 19 に符号 PL で示す線は、サイドキャップ 17 を各サイドキャップ構成部材 23 に分割する分割線を示している。

[0066] 図 20 に示すように、このサイドキャップ 17 の内側には、ボール掬い上げ通路 21 およびボール送り通路 22 からなる循環路 27 が形成されている。サイドキャップ 17 は、図 19 の上側から見たときに、中心点を対称点とする点対称に形成されている。そして、図 20 に示すように、ボール 215 の進行方向に沿って境界面 23d を形成した二つのサイドキャップ構成部材 23 から構成される。

[0067] 次に、このサイドキャップ構成部材 23 相互の分割線 PL（あるいは分割面 23d）について、より詳しく説明する。図 21 は、サイドキャップの分割線の要部（図 20 にて円 21 で囲われた部分の周辺）を拡大して示す説明図である。同図では、本実施例に係る内側ボール掬い上げ部の掬い上げ基端部での分割例を示している。

[0068] ところで、図 21 に示すように、サイドキャップ 17 は、サイドキャップ 17 のボール掬い上げ通路 21 の先端部分に、内側ボール掬い上げ部 24 を有している。内側ボール掬い上げ部 24 は、螺旋状通路 8 内を転動するボール 215 を、螺旋状通路 8 からボール掬い上げ通路 21 へ円滑に掬い上げるために、ボール掬い上げ通路 21 からねじ溝 11 に向けて突出し、ねじ軸 12 のねじ溝 11 に挿入される舌状をしている。ねじ溝また、他方のサイドキャップ構成部材 23 の脚部 19 にも舌状の外側掬い上げ部 28 が形成されている。そのため、内側ボール掬い上げ部 24 と外側掬い上げ部 28 との間には、鋭角をなす V 字状の凹部 25 が形成されることになる。

[0069] ここで、本実施例に係るサイドキャップ 17 では、図 21 に示すように、分割線 PL が、一対の脚部 19 の、それぞれの凹部 25 の最も深い部分から延びている。すなわち、サイドキャップ 17 を二つのサイドキャップ構成部材 23、23 に分ける分割線 PL は、凹部 25 をその V 字状の頂点で分断する位置に設定されている。

[0070] また、各凹部 25 を通る分割線 PL は、掬い上げ基端部 24a の近傍に、

同図に符号 23 f で示すように、円弧状の部分をもつ。また、その円弧とその上の分割線 PL は、なだらかに繋がるように設定されている。図 21 に示すように、サイドキャップ構成部材 23 の分割面 23 d は、軸方向に見たときに、掬い上げ基端部 24 a の近傍（図 20 にて円 21 で囲われた部分）において、ボール 215 の中心の軌跡 BCD（図 21 に示す）に対し、内側ボール掬い上げ部 24 の側に張り出した張出部 23 f を有する。これに合わせて、掬い上げ基端部 24 a は、軸方向から見たときに、軌道 BCD から離れて形成されている。これにより、掬い上げ基端部 24 a が、なだらかな形状をしているため、掬い上げ基端部 24 a での応力集中を、好適に緩和可能になっている。なお、同図の符号 Z は、ボール 215 を掬い上げる掬い上げ点を示している。また、サイドキャップ 17 全体に渡ってなされる分割において、掬い上げ基端部 24 a の近傍以外の部分での分割線 PL は、ボール 215 の中心の軌跡に合わせて、2 つのサイドキャップ構成部材 23、23 が互いにほぼ同等にボールの周囲を取り囲むように設定される。これにより、ボール 215 を拘束する性能を安定させることができる。

[0071] 次に、本実施形態でのボールねじ 10 およびサイドキャップ 17 の作用効果について説明する。このボールねじ 10 において、ねじ溝 11, 13 間を転動したボール 215 は、サイドキャップ 17 のボール掬い上げ通路 21 によってねじ溝 11, 13 のリード角方向に掬い上げられてボール送り通路 22 内に円滑に案内される。そのため、このボールねじ 10 では、ねじ溝 11、13 のリードが大きくなってもボール 215 の進行方向を急激に曲げるようなことがないため、ボール 215 を掬い上げる際のボール 215 の損傷や騒音等の発生を抑制できる。さらに、例えばエンドキャップ式ボールねじのように、ボールの循環回路数がねじ溝の条数分に限定される制約がないので、1 回路当りのボール数（巻き数）を多くすることなく負荷容量を高めることができる。

[0072] また、このボールねじ 10 では、サイドキャップ 17 がボール 215 の進行方向に沿って二つに分割された一対のサイドキャップ構成部材 23, 23

から構成されている。そのため、ねじ溝 11, 13 のリード角と一致する方向にボール 215 を掬い上げて再び螺旋状通路 8 に戻す循環路 27 をサイドキャップ 17 内に樹脂成形等により容易に形成することができる。

[0073] さらに、このボールねじ 10 は、サイドキャップ 17 を、形状が同一の、一对のサイドキャップ構成部材 23, 23 を組み合わせる構成としたことにより、サイドキャップ構成部材 23, 23 を 1 つの成形型で成形でき、これにより、サイドキャップ 17 をより容易に製造することができる。

[0074] また、このボールねじ 10 では、サイドキャップ 17 をサイドキャップ構成部材 23, 23 に分割する分割面 23d が、内側ボール掬い上げ部 24 と外側ボール掬い上げ部 28 の間に形成された凹部 25 を、凹部 25 の最も深い部分で分断する。従来は、図 27 に示すように、基端部 240a の形状が複雑であり、応力集中の原因となっていた。本実施例に係るボールねじ 10 では、上述の構成により、掬い上げ基端部 24a がなだらかで単純な形状となるため、サイドキャップ 17 内を循環するボール 215 による衝撃がサイドキャップ構成部材 23 に作用した場合であっても、掬い上げ基端部 24a、あるいは掬い上げ基端部 24a の近傍が起点となる疲労破壊が生じるおそれがほとんどない。したがって、本実施例によれば、ボールねじの高速運転性能や耐久性能を向上させることができる。

[0075] 上述したように、凹部 25 の最も深い部分から分割線 PL を開始（および終了）するようにすれば、つまり、凹部 25 の最も深い部分が掬い上げ基端部 24a に形成されないようにサイドキャップ 17 を分割すれば、掬い上げ基端部 24a での応力集中を好適に緩和可能である。しかし、その副作用として、ボール循環部材構成部材 23 の分割面を、ボール 215 の中心が描くボール軌跡に対して、内側ボール掬い上げ部 24 の側に向けてずらしているため、掬い上げ基端部 24a の近傍での周壁によるボール 215 を拘束する性能が不安定になるおそれがある。

[0076] （第 2 変形例）

そこで、次に、第 2 変形例として、掬い上げ基端部での応力集中を緩和す

るとともに、掬い上げ基端部の近傍でのボール拘束性能も安定させ得る形状について説明する。図22および図23は、本実施例に係る一对のサイドキャップ構成部材23、23同士による掬い上げ基端部の近傍での周壁の組み合わせ状態を説明する図である。上述したように、このサイドキャップ17は、二つのサイドキャップ構成部材23からなり、一对のサイドキャップ構成部材23、23は、分割面（合わせ面）23dをそれぞれ有している（図20参照）。

[0077] なお、この第2変形例は、上記説明した第1変形例のサイドキャップ17に対して、張出部23fの形状のみが異なっており、それ以外は第1変形例と同様の構成である。そのため、ここでは、張出部23fの形状のみについて説明し、その他の説明については省略する。

[0078] この第2変形例のサイドキャップ17では、上記第1実施例のサイドキャップ17とは異なり図22に示すように、張出部23fを、他方のサイドキャップ構成部材23の掬い上げ基端部24aの外側を覆うように形成している。

[0079] これにより、2つのサイドキャップ構成部材23、23の分割位置が、この2つのサイドキャップ構成部材23、23の間で掬い上げ基端部24a近傍でボールを取り囲む周壁の割合が異なるものであっても、掬い上げ基端部24aの近傍での周壁によるボール拘束性能を安定可能になっている。なお、同図での符号Oは、ボール215の中心位置を示している。

[0080] このように、第2変形例のサイドキャップ17では、掬い上げ基端部24aでの応力集中を防止しつつ、掬い上げ基端部24aの近傍での周壁によるボール拘束性能も安定させることができる。

[0081] 以上説明したように、第1、第2変形例に係るボールねじ10によれば、上述の実施形態の構成をとりつつ、ボール循環部材をサイドキャップ17として、強度の弱い掬い上げ基端部24aの強度を改善することにより、高速運転性能や耐久性能を向上させたボールねじ10を提供することができる。

[0082] なお、本発明に係るボールねじは、上記各変形例に限定されるものではない。

く、本発明の趣旨を逸脱しない範囲内において種々の変形が可能である。

[0083] 例えば、上記各変形例に、さらに、分割面（合わせ面）23dに対して、相互の位置合わせをするための位置決め部として、突起部と穴部とをそれぞれに設ける構成としてもよい。また、サイドキャップ17には止めネジ18を直接通すためのサイドキャップ取付け孔を穿設した構成としてもよい。

[0084] また、上記各変形例では、サイドキャップ17全体に渡ってなされる分割において、分割線PLが、掬い上げ基端部24aを除いて、ボールの中心の軌跡に沿って2つのサイドキャップ構成部材23、23が均等になるように設定された例で説明したが、これに限定されず、分割線は均等割りとなる位置でなくてもよい。しかし、サイドキャップ構成部材23、23のそれぞれが、ボールに対して、ほぼ同等にボールの周囲を取り囲むことによってボールを拘束する性能が安定するため、掬い上げ基端部の近傍以外の部分での分割線PLは、ボール中心の軌跡に合わせて均等に設定されることが好ましい。

[0085] 或いは、例えば、サイドキャップ17は完全一体式に構成されていてもよい。また或いは、サイドキャップ17は3つ以上に分割されたサイドキャップ構成部材を組み合わせて構成されていてもよい。

[0086] また、例えば、上記各変形例では、凹部25の形状が、鋭角をなすV字状の溝部となっている例で説明したが、凹部25の形状は、V字状の溝に限定されない。すなわち、凹部としては、切欠き部あるいは溝等の「くぼみ」を含み、例えば凹部の形状がU字状ないしは半円状等であってもよい。

[0087] また、例えば、上記各変形例では、ボールねじ10は、サイドキャップ17（サイドキャップ構成部材23、23）を樹脂で形成した例で説明したが、例えばサイドキャップ17を金属成形、例えば焼結鋼等の焼結材で形成したり、金属射出成形（MIM）により成形したりしてもよい。このような構成とすることにより、樹脂の使用に適さない高温条件下でも使用することができる。

[0088] 以上で本願の実施形態の変形例の説明を終え、以下、再び本願の実施形態

について、図面を参照しつつ説明する。ここでは、本実施形態の更に別の特徴について説明する。本実施形態は、ねじ軸径40mm、リード25mm、ボール径7.1438mmのチューブ式ボールねじに対して適用したものである。図28は、ねじ軸2のボール溝2aの断面形状を表している。ねじ軸2の外径部（ランド部）4とボール溝2aのほぼ半円形のボール転動部35との間を円弧状に面取りした円弧部311で連結している。その円弧部311の曲率半径Rは、本実施形態ではボール1の半径 $r = 3.57\text{mm}$ とほぼ等しくしてある。円弧部311は、ボール転動部35の曲線と滑らかに連続して形成されている。

[0089] 円弧部311の上部は、ランド部4に交点P2で隣接している。また、本実施形態では、ねじ軸2の中心軸線からねじ溝2a内のボール1の中心までの距離と、ねじ軸2の中心軸線からランド部4の表面までの距離との差Yを、ボール1の直径の10%より小さく設定してある。ボール衝突の衝撃による応力集中を低減するには、円弧部311の曲率半径Rはできるだけ大きく取ることが望ましい。しかし、反面で曲率半径Rが大きくなる程、円弧部311とランド部4との交点P2の位置が溝中心に近づくとともにその形状が鋭い突起状になってくる。そして、曲率半径Rが限度を越えて過大になると、P2点近傍へのボールの衝突の機会がますます同時に衝突時の応力集中も増大して、ランド部肩口の損傷の危険性が増す。そこで、円弧部311の曲率半径Rの大きさに上限を設けてその危険性を回避する必要がある。

[0090] 本発明者は、ボール1がボール循環チューブ内を通過してねじ軸2のボール溝2aに向かって送りこまれる時の、ボール1がボール溝2aの面と最初に衝突する位置をプロットし、得られる線図を解析して、円弧部311の曲率半径Rの上限を規定することとした。図29ないし図31は、上記ボール衝突位置を連続的にプロットした結果を図28の上から矢符号28のように見下ろした場合の線図である。各図において、最も上にある点E1の高さにボール中心位置がきたとき、ボールはE1の真下に示した点E2でボール溝2aの面と衝突することを示している。

[0091] 図29は、ボール1がボール溝2aに送りこまれる軌跡が理想的でかつバラツキがないと仮定した場合である。この場合には、ボール1が円弧部311の曲率半径Rの大きさには無関係にボール転動部35にのみ衝突する。したがって円弧部311の曲率半径Rの上限は問題にならない。しかし実際の場合、ボールねじの加工・組立誤差や運転速度等の使用条件により、ボールの軌跡はある範囲で必然的にバラツキが出る。図30、図31は、ボールねじの寸法精度や実験結果から推定されるボール軌跡の偏りを考慮したときの解析結果を示したものである。

[0092] 図30は、図28に示す本実施形態のボール溝形状の場合で、ボールがボール溝2aの面と衝突するE2点は円弧部311内にある。しかし、その円弧部311の曲率半径Rはボール半径とほぼ等しい大きさに形成されているため、そこから損傷が発生する可能性は極めて小さい。更に円弧部311の曲率半径Rを大きくすると、ボール衝突位置は円弧部311とねじ軸外径部（ランド部）4との突起状の境界線Lに近づく。そして曲率半径Rが所定値を越えると、その境界線Lにボールが衝突してランド部肩口の損傷を招く危険が生じる。本発明者は、上記の解析を、円弧部311の曲率半径Rを種々変えたものについて行い、その結果に基づいてボールが円弧部311とランド部4との境界線Lに衝突しないような円弧部311の曲率半径Rの上限値を求めることができた。その値はボールの半径の2倍である。すなわち、円弧部311の曲率半径Rはボールの半径の2倍以下とすれば良い。

[0093] 一方、円弧部311の曲率半径Rがボールの半径の1/2未満の場合は、その円弧部11にボール衝突による損傷が発生することが認められた。図31は、図32に示した従来のボール溝形状の場合（ランド部肩口が傾斜面からなる面取部36で連結されているもの）を参考にしたものである。この場合、ボールがボール溝2aの面と衝突するE2点が、ボール転動部35と面取部36との境界線上にあり、その境界線は突起状になっているため、そこから損傷が発生することが認められた。

[0094] また、ねじ軸2の中心軸線からねじ溝2a内のボール1の中心までの距離

と、ねじ軸 2 の中心軸線からランド部 4 の表面までの距離との差 Y を、0 またはボール直径の 10%未満と小さく設定するボール溝形状にあっては、円弧部 311 の曲率半径 R をより大きく設定しても円弧部 311 とランド部 4 との境界線 L 上へのボール衝突を防ぐことができるから、衝突時の応力集中をさらに緩和することが可能である。

[0095] なお、本実施形態においては、チューブ循環式ボールねじに本発明を適用した例について説明しているが、上記特徴はその他のボールねじに対しても、同様に適用することができる。例えば、図 36 に示すようなコマ循環式のボールねじに上記特徴を適用することもできる。

[0096] 以上、説明したように、本実施形態においては、ボールねじのねじ軸のボール溝の断面形状において、ねじ軸の外径部とボール溝のほぼ半円形のボール転動部との間を円弧部で連結するとともに、その円弧部の曲率半径を前記ボール溝を転動するボールの半径の $1/2$ 以上、2 倍以下とし、少なくともボール転動部とは滑らかな曲線で連続的につなげるものとした。これにより、上記円弧部近傍にボールの衝突の衝撃力が作用しても応力集中が緩和されて、高速運転でもねじ軸のランド部肩口の損傷が防止できる。また、ねじ軸 2 の中心軸線からねじ溝 2a 内のボール 1 の中心までの距離と、ねじ軸 2 の中心軸線からランド部 4 の表面までの距離との差 Y を、0 またはボール直径の 10%未満と小さく設定することで、円弧部の曲率半径を大きくしても円弧部とランド部との交点へのボールの衝突を防ぐことができるため、ボールねじの長寿命化が達成できる。図 33 ないし図 35 は、従来例に係るチューブ方式のボールねじを示す。図 35 に示す従来例では、ボール転動部 35 の両側に円弧部が形成されているが、当該円弧部の曲率半径 R はボール 1 の半径の 40%以下になっているため、特にボールねじの高速運転を長時間行うことで損傷が生じるおそれがあった。

[0097] 最後に、本願の実施形態の他の特徴について説明する。図 37 は、本願の実施形態に係るシール 15 の正面図である。図 38 は、図 37 のシール 15 を 38-38 線で切断して矢印方向に見た図である。シール 15 は、径方向

に広がった円環状のシール本体 15 c と、シール本体 15 c の内側から全周にわたって軸方向の一方の側へ屈折して径方向内方に延びるシール片 15 d とからなる。シール片 15 d は、その内方縁に円形断面を有する環状の接触部 15 b を形成している。

[0098] 接触部 15 b の内側は、ねじ軸 2 の断面形状に対応した開口 15 a となっている。外周をナット 3 に取り付ける取付け部であるシール本体 15 c と、シール片 15 d と、接触部 15 b とは、耐摩耗性及び可撓性を有する樹脂又はゴムから一体形成されている。

[0099] 図 39 は、本実施の形態にかかるシール 15 のシール片 15 d 周辺を拡大した断面図であり、図 40 は、図 39 のシール 15 の接触部 15 b を更に拡大し、ねじ溝（2 点鎖線）との接触状態を示した図である。なお、接触部 15 b は、図に示すように断面が円形であるオーリングのような形状を有する。

[0100] 図 39 において 2 点鎖線は、シール 15 とねじ軸 2 との相対角度に応じて変位する、ねじ軸 2 に接触するシール 15 の接触部 15 b の位置（15 A ないし 15 G）を示している。図 40 から明らかなように、接触部 15 b の接触点 15 e（接触領域）は、ねじ軸 2 の周面に接触する位置に応じて、接触部 15 b 上を変位する。

[0101] 接触部 15 b によれば、ねじ軸 2 の何れの周面に接触しても、図 40 に示すように接触面の法線は接触部 15 b の断面中心を通過する。従って、接触位置に関わらず、シール 15 とねじ軸 2 との接触関係は一定に維持されることになり、もって密封機能を確保できることとなる。また、例えば図 44 に示す従来技術のシール 5 であれば、先端部 5 e が接触する前に、左側面 5 f 又は右側面 5 g がねじ軸 2 に接触してしまうような不安定な接触を招来する恐れがある。しかし、本実施の形態によれば、図 39 に示すとおり、5 A から 5 G の何れの位置にあっても、常に接触部 15 b がねじ軸周面に接触するので、安定したシールの密封機能を確保できる。

[0102] 以上、本発明を実施の形態を参照して説明してきたが、本発明は上記実施

の形態に限定して解釈されるべきではなく、適宜変更・改良が可能である。

例えば、最後に説明した接触部 5 b の断面形状は半円状としても良い。

[0103] また、上記実施形態及び第 1、第 2 変形例において説明したボールねじの特徴は、その中のいずれか 1 つの特徴をボールねじに適用しても良いし、任意の複数の特徴をボールねじに適用しても良いし、全ての特徴をボールねじに適用しても良い。

符号の説明

[0104] 1 ボール
2 ねじ軸
2 a ねじ溝
3 ナット
5、6、7 循環チューブ
9 ねじ溝
17 サイドキャップ

請求の範囲

- [請求項1] 第1のねじ溝を外周面に有するねじ軸と、
 前記第1のねじ溝に対向する第2のねじ溝を内周面に有するナットと、
 と、
 前記第1のねじ溝と前記第2のねじ溝とにより形成された螺旋状通路内に収容された複数のボールと、
 それぞれ、前記ナットに取り付けられ、前記螺旋状通路の2箇所をつなぐ循環路を形成する3つ以上のボール循環部材とを備えたボールねじにおいて、
 少なくとも1つの前記ボール循環部材が、その他の前記ボール循環部材とは異なる周方向の位置に配置されていることを特徴とするボールねじ。
- [請求項2] 少なくとも2つの前記ボール循環部材が円周方向の同位置に配置され、
 前記少なくとも1つの前記ボール循環部材が、軸方向において、前記少なくとも2つの前記ボール循環部材の間に配置されていることを特徴とする請求項1に記載のボールねじ。
- [請求項3] 前記少なくとも1つの前記ボール循環部材と前記2つの前記ボール循環部材とは円周方向に180°異なる位置に配置されていることを特徴とする請求項2に記載のボールねじ。
- [請求項4] 前記少なくとも1つの前記ボール循環部材と共に前記ボールが循環する回路を構成する前記第2のねじ溝の部分が、前記少なくとも2つの前記ボール循環部材と共にそれぞれ前記ボールが循環する回路を構成する前記第2のねじ溝の2つの部分から等距離の位置から軸方向にずれて予圧を生じさせていることを特徴とする請求項3に記載のボールねじ。
- [請求項5] 前記ねじ軸のいずれか一方の端部で前記ねじ軸を回転可能に支持する支持部材を有し、

前記ナットは、前記支持部材とは反対側の端部に、径方向外方に延びるフランジを有することを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか一項に記載のボールねじ。

[請求項6]

前記ボール循環部材は、

その両端に配置され、径方向外側で前記螺旋状通路内の前記ボールを掬い上げる外側掬い上げ部と、径方向内側で前記螺旋状通路内の前記ボールを掬い上げる内側掬い上げ部と、を備えた一对の掬い上げ通路と、

前記一对の掬い上げ通路をつなぐボール送り通路と、を有し、

前記外側掬い上げ部と前記内側掬い上げ部は、その間に、先端側から前記ボール送り通路側に凹んだ凹部を構成し、

前記ボール循環部材は、最も前記ボール送り通路側に位置する前記凹部の部分から、前記ボールの経路に沿った分割面により分かれる 2 つの構成部材からなることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか一項に記載のボールねじ。

[請求項7]

軸方向に見たときに、前記分割面は、前記凹部の近傍において、前記ボール循環部材を通過する前記ボールの中心の軌跡よりも前記内側掬い上げ部側に配置されていることを特徴とする請求項 6 に記載のボールねじ。

[請求項8]

前記第 1 のねじ溝が、前記ボールの進行方向に対して垂直な断面において、両端に滑らかに連続して、前記ボールの半径の 2 分の 1 以上、2 倍以下の曲率半径を有する円弧部を備えることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか一項に記載のボールねじ。

[請求項9]

前記ねじ軸の中心軸線から前記第 1 のねじ溝内の前記ボールの中心までの距離から前記ねじ軸の最大半径を引いた値が、前記ボールの直径の 10% 以下であることを特徴とする請求項 8 に記載のボールねじ。

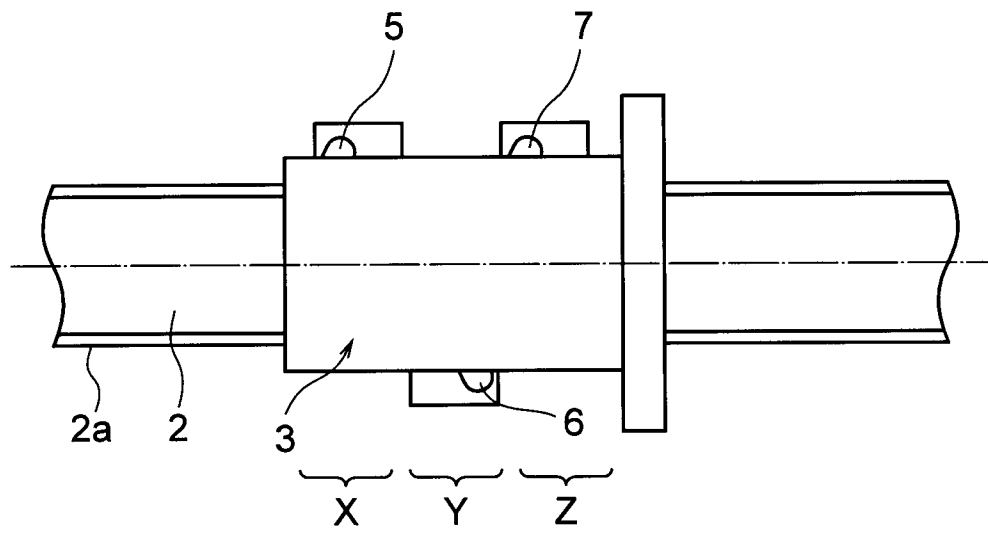
[請求項10]

前記ナットの端部に取り付けられ、前記ねじ軸に接触する接触部を

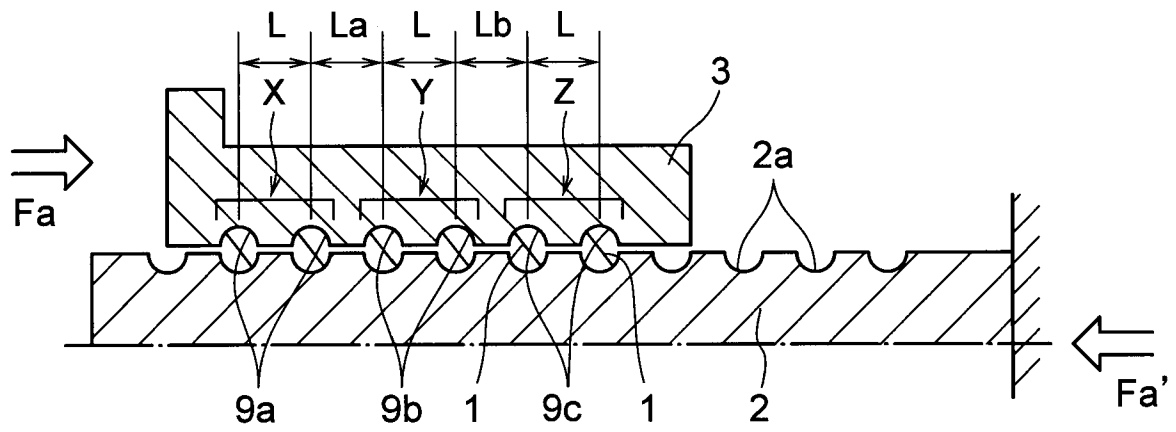
備えたシールを有し、

前記接触部は、少なくとも前記ねじ軸側に、断面が円弧状の曲面を有していることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか一項に記載のボールねじ。

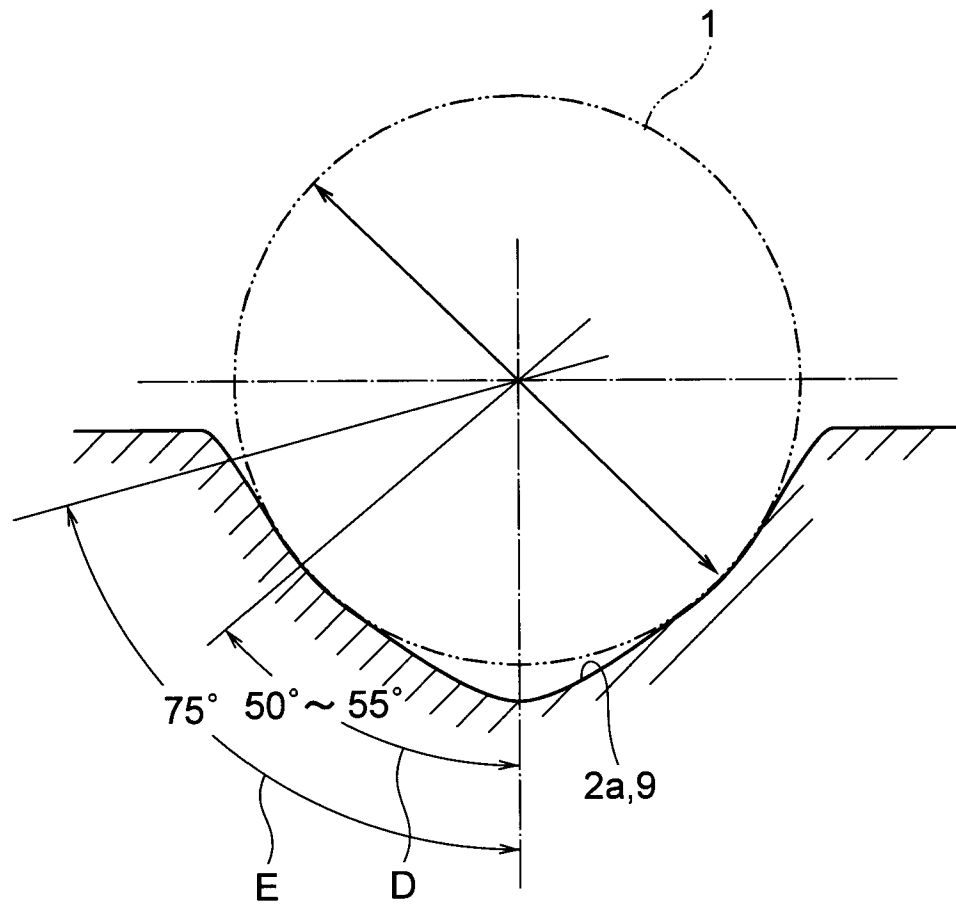
[図1]



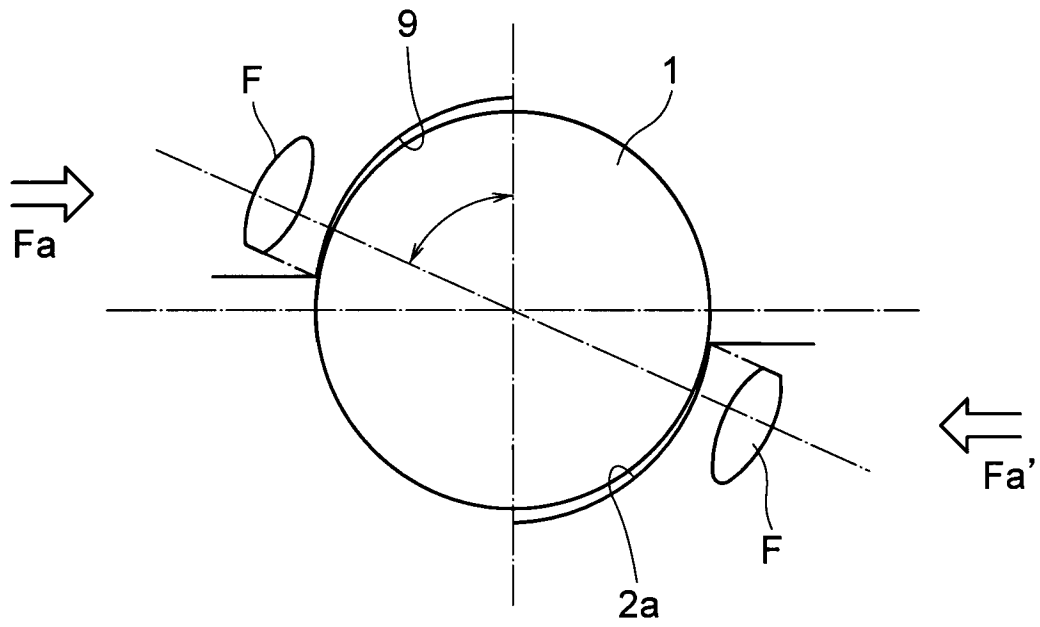
[図2]



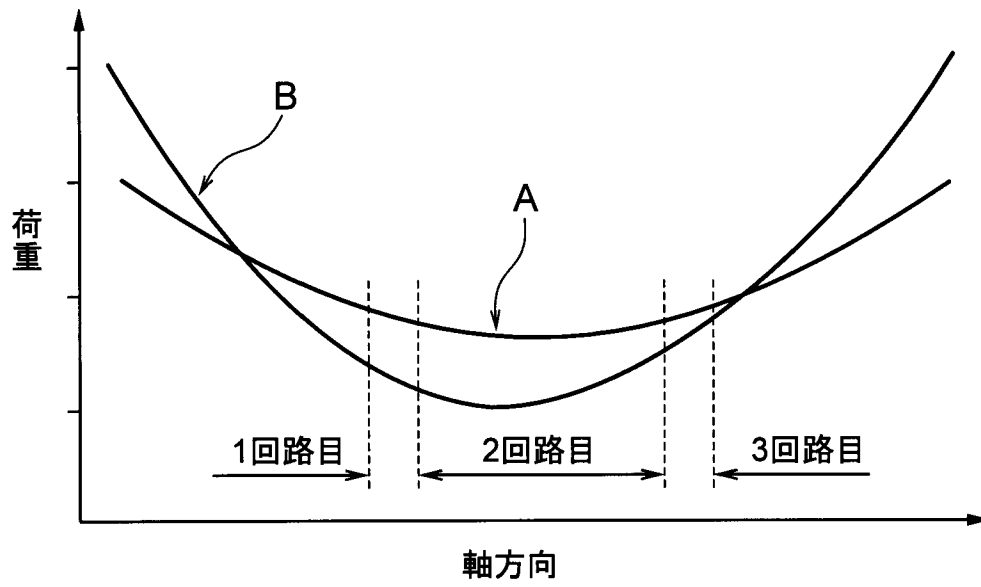
[図3]



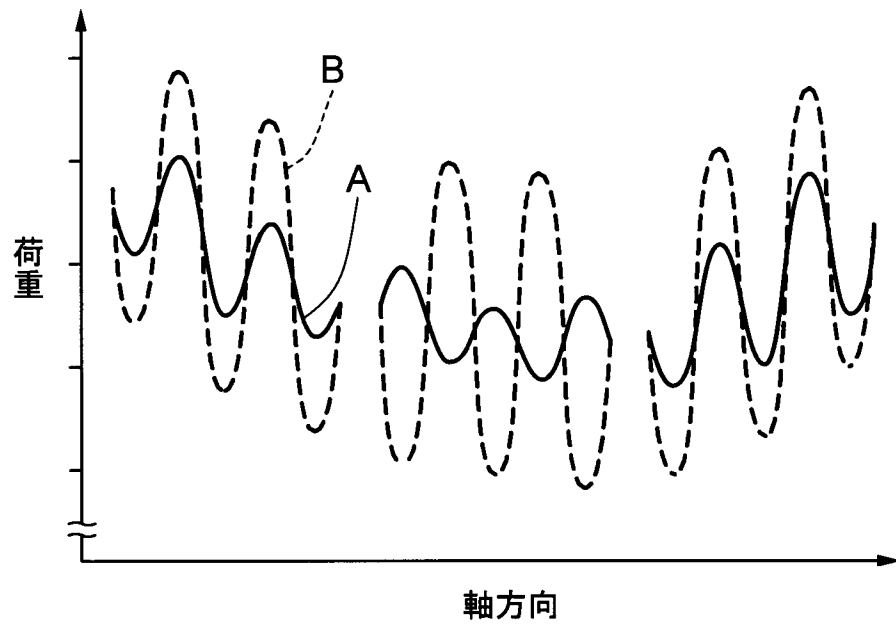
[図4]



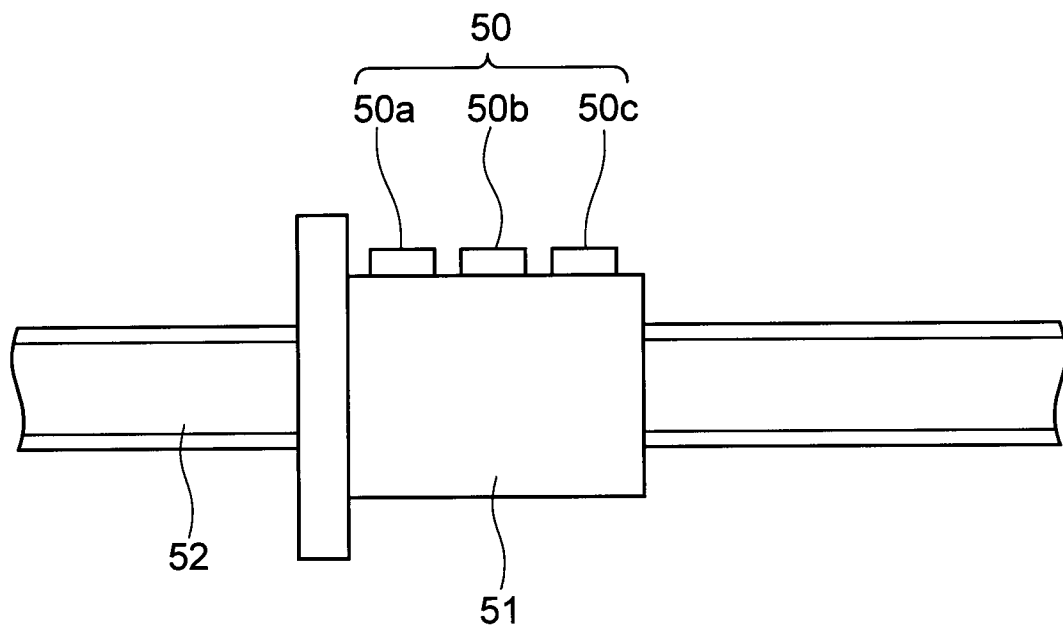
[図5]



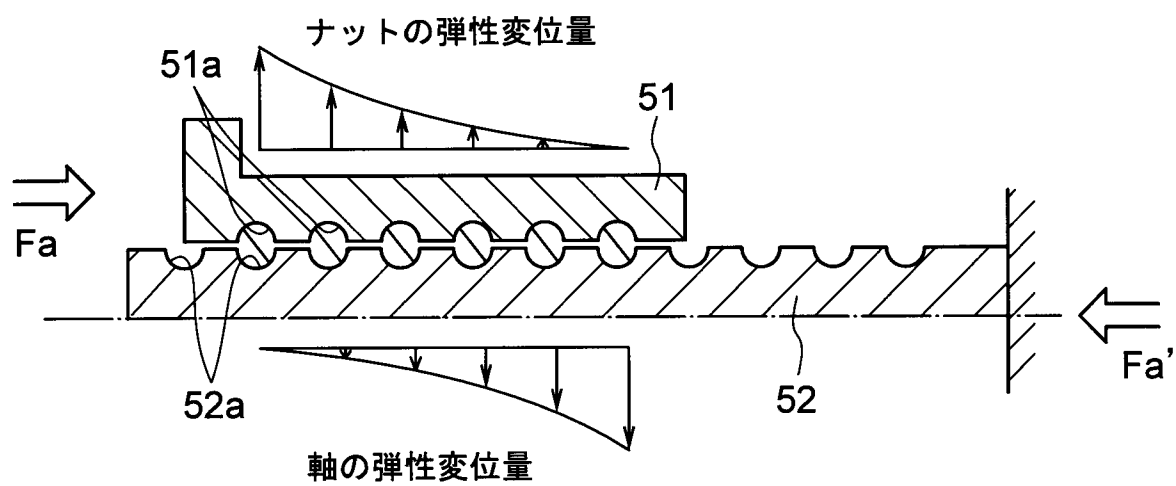
[図6]



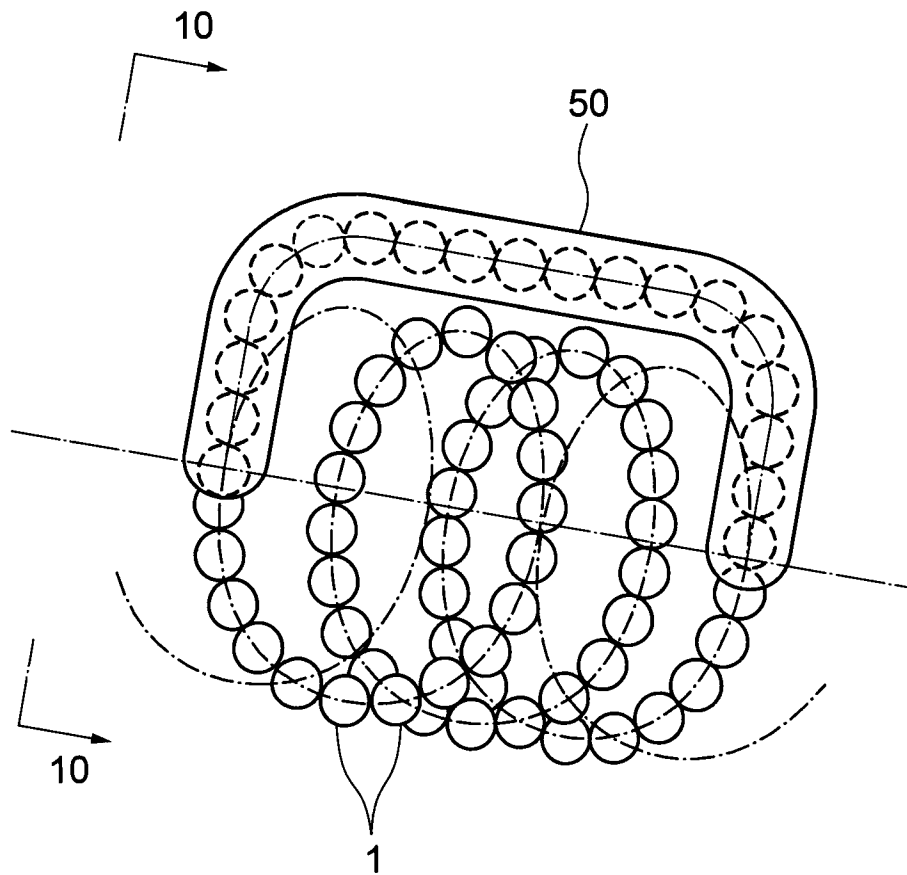
[図7]



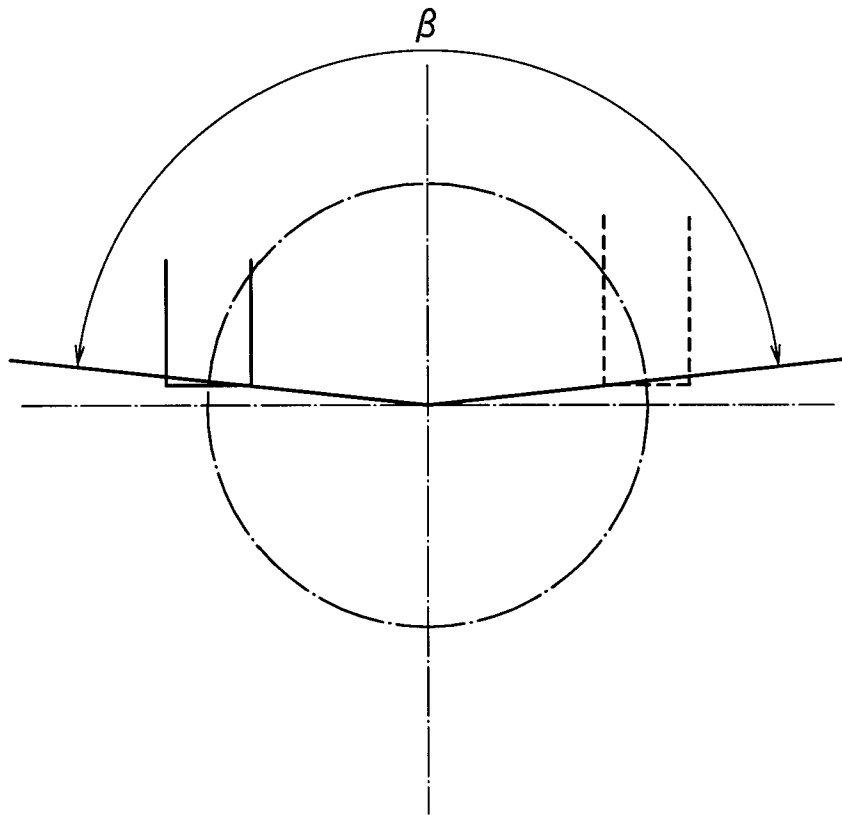
[図8]



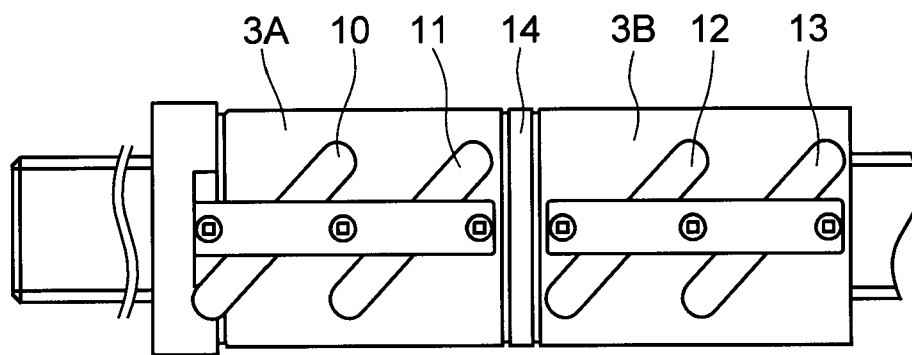
[図9]



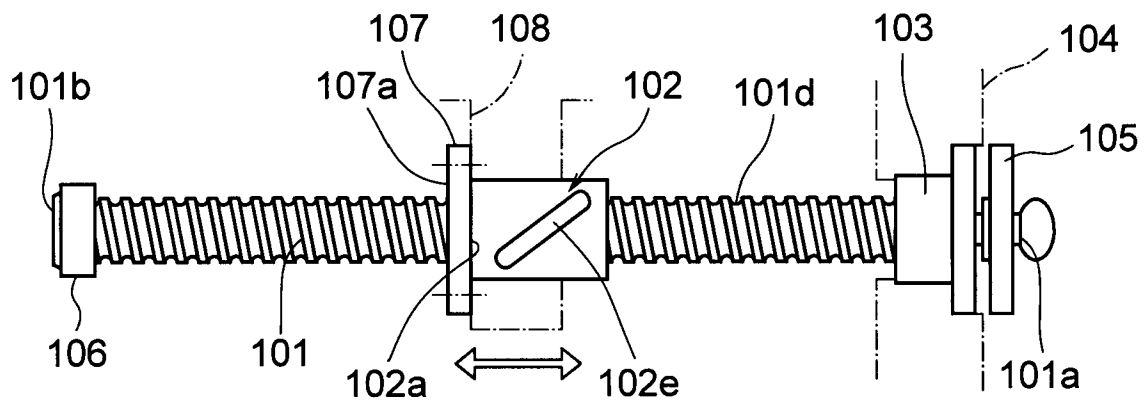
[図10]



[図11]



[図12]



[図13]

図13A

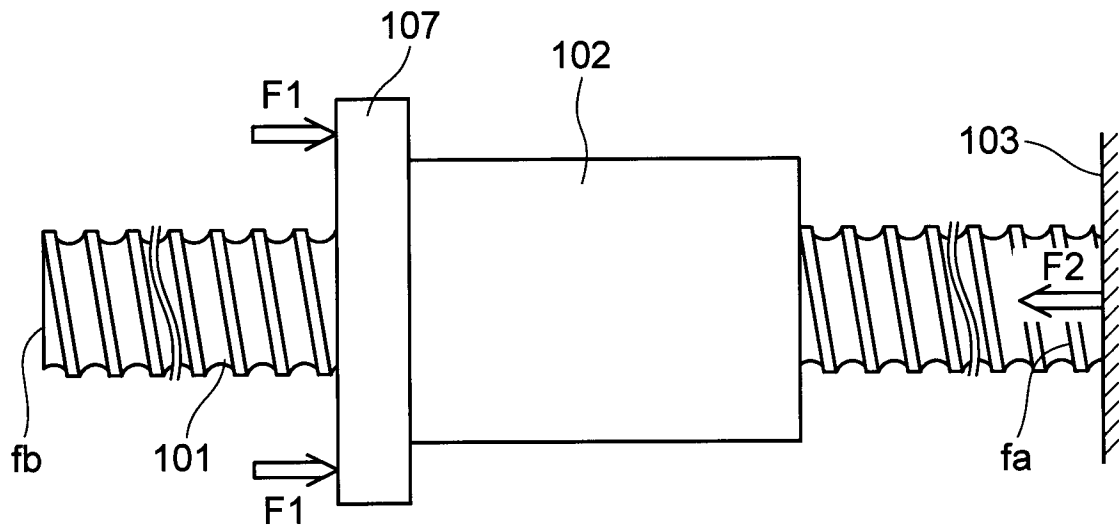


図13B

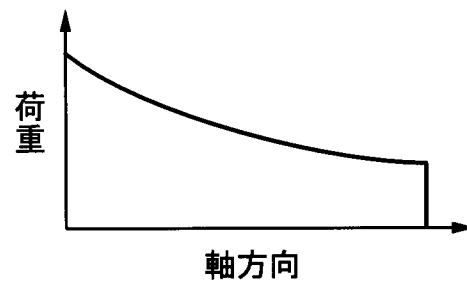


図13C

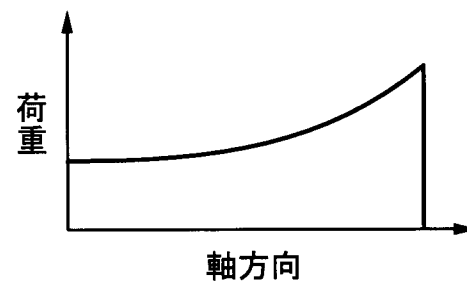
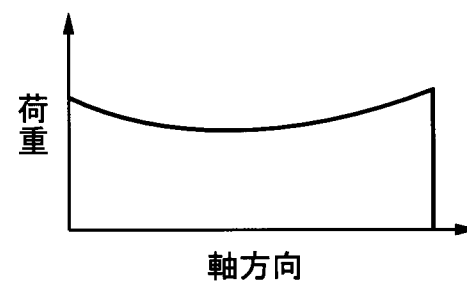


図13D



[図14]

図14A

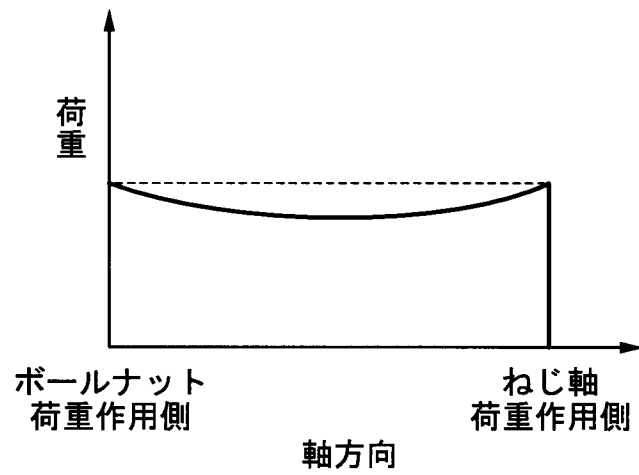


図14B

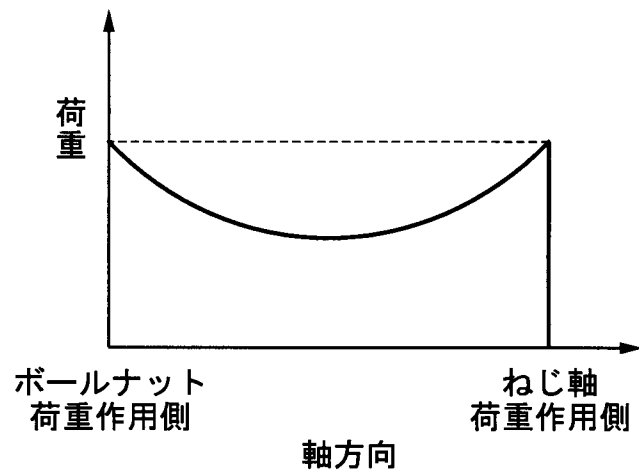
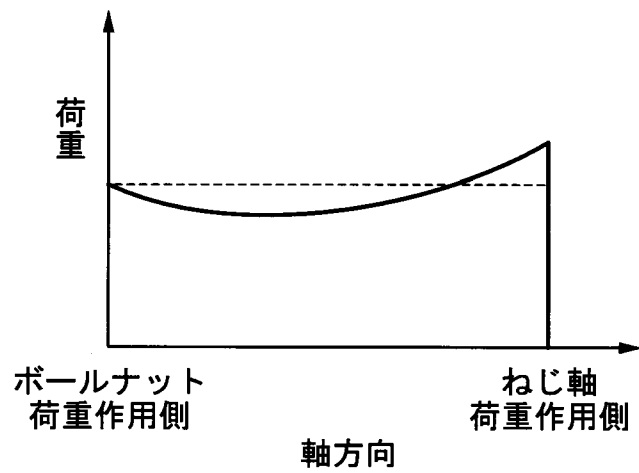
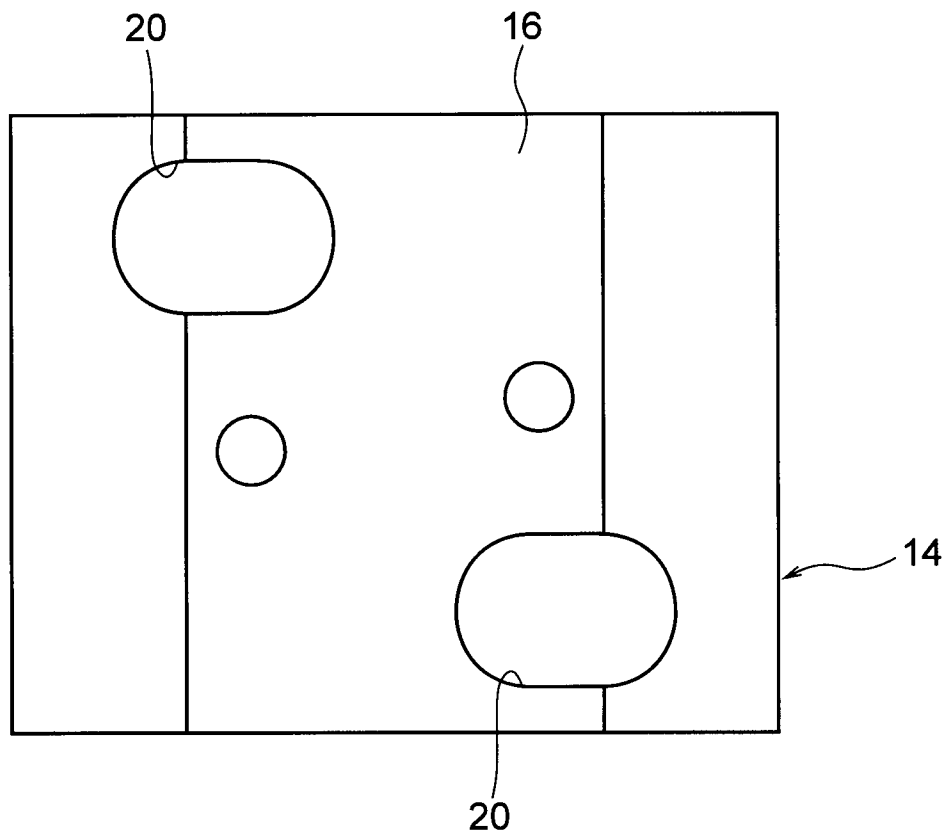


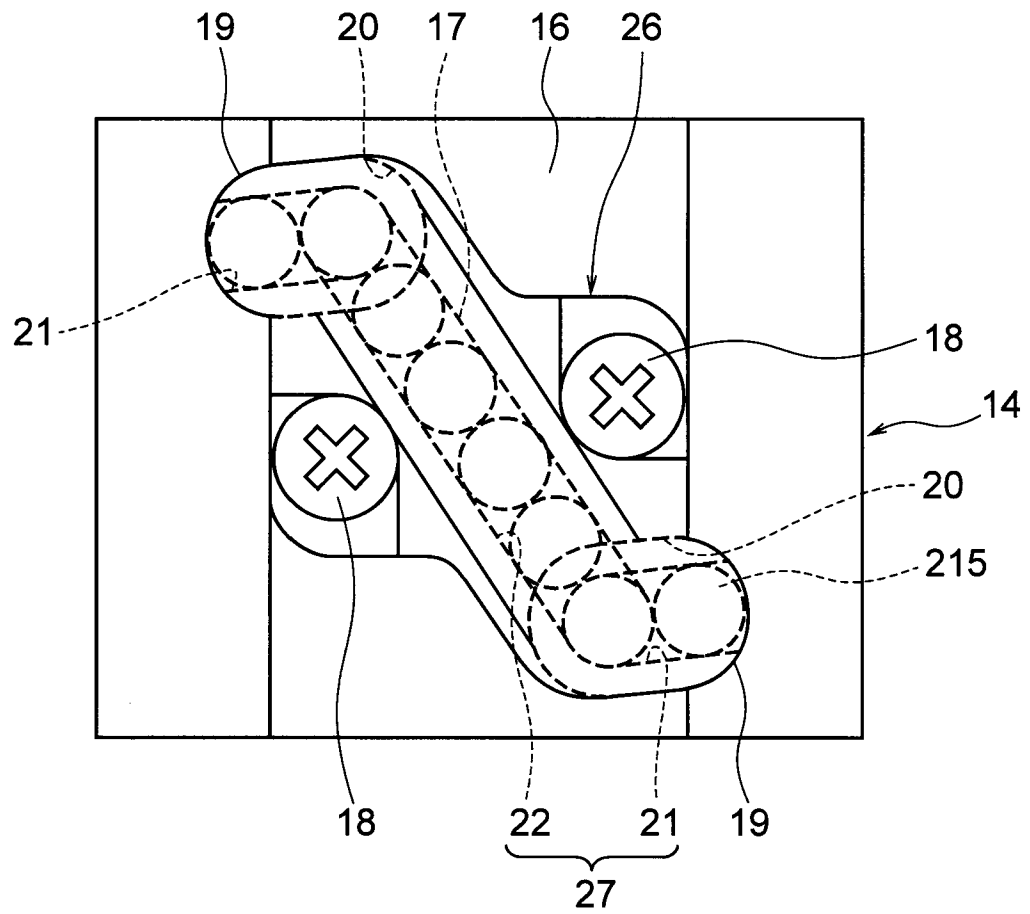
図14C



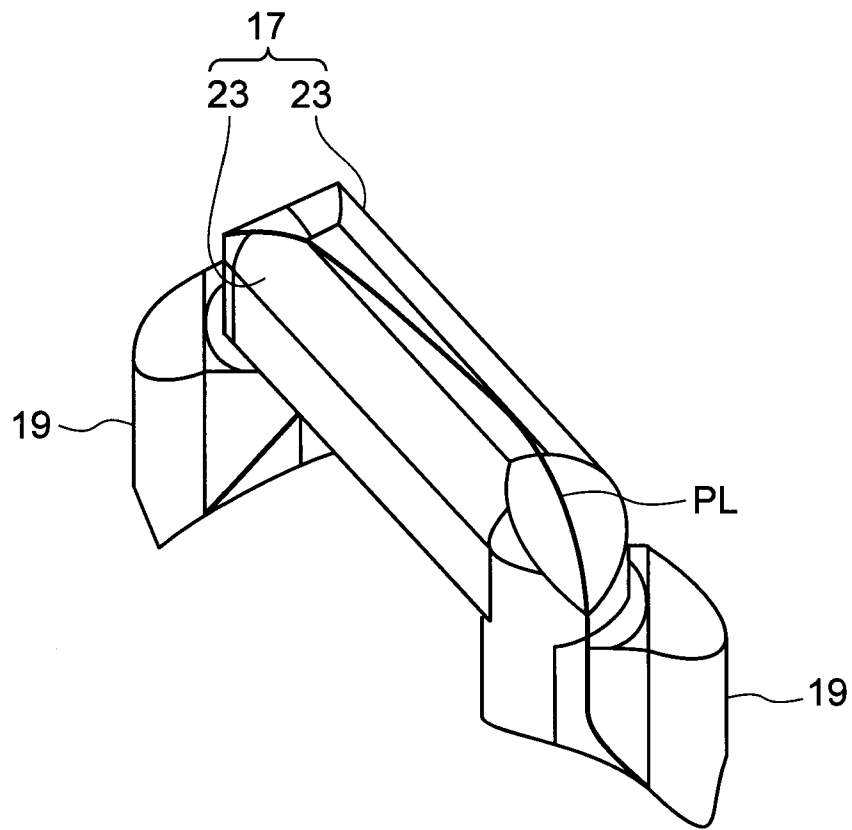
[図17]



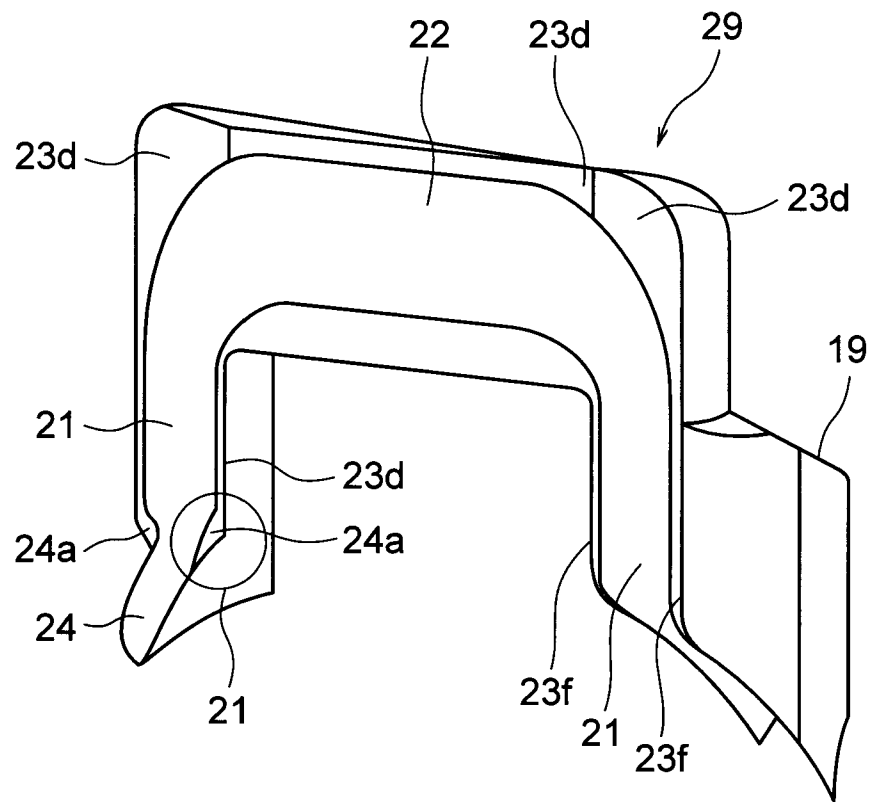
[図18]



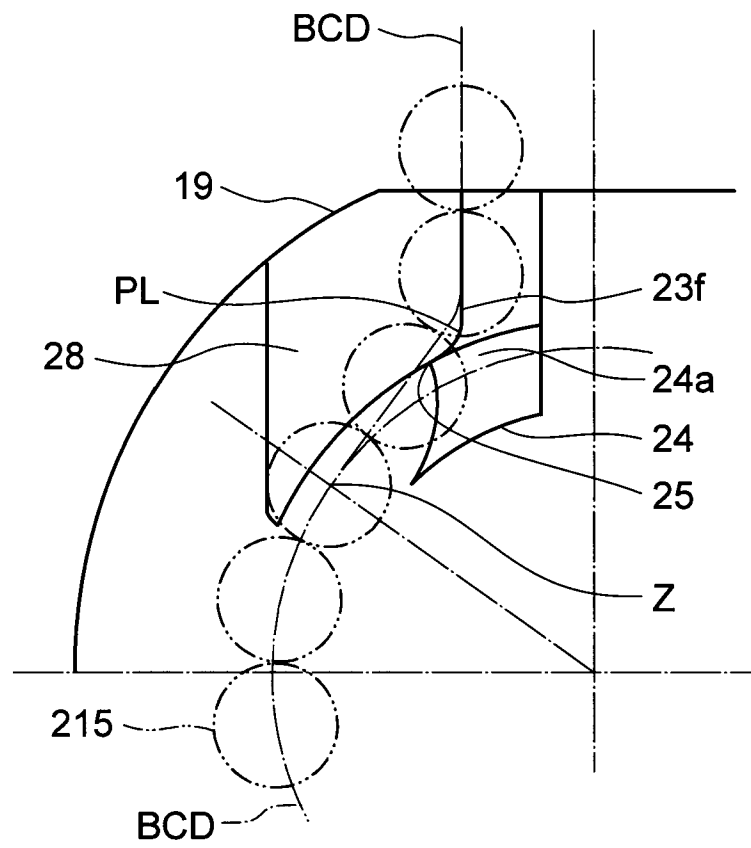
[図19]



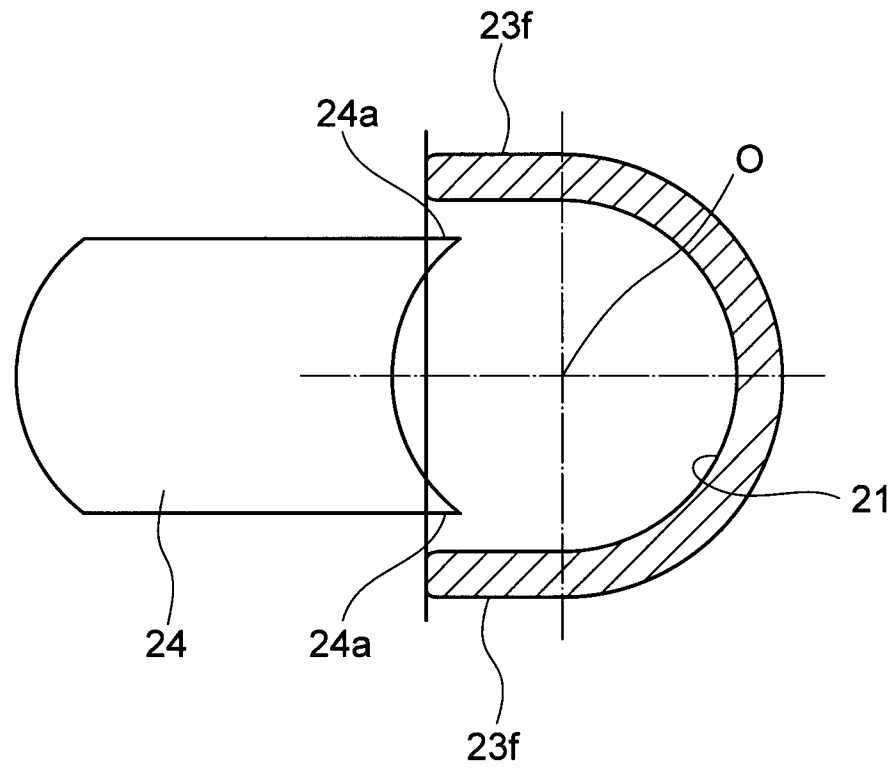
[図20]



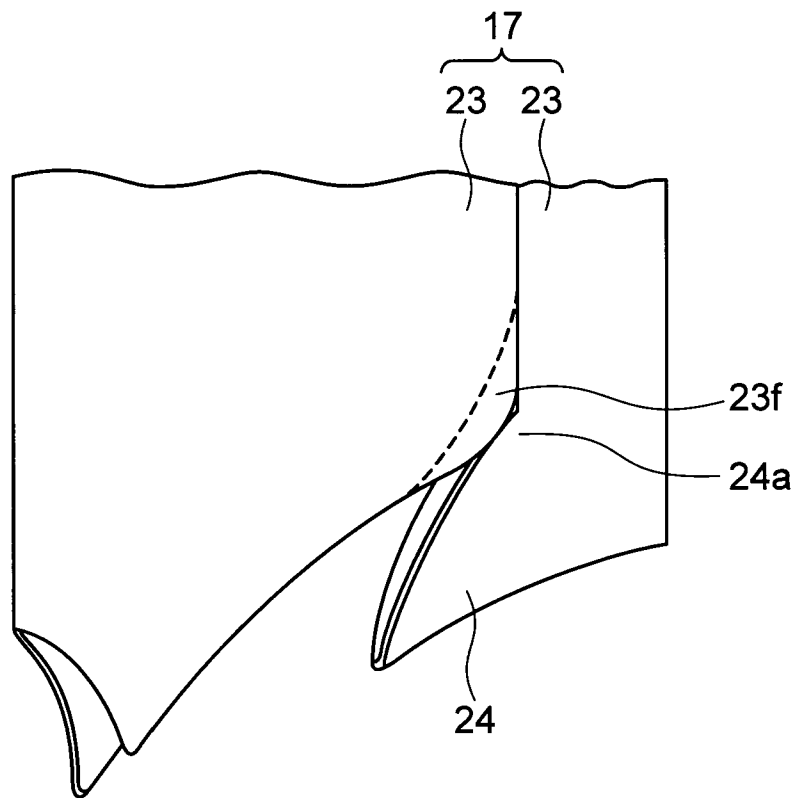
[図21]



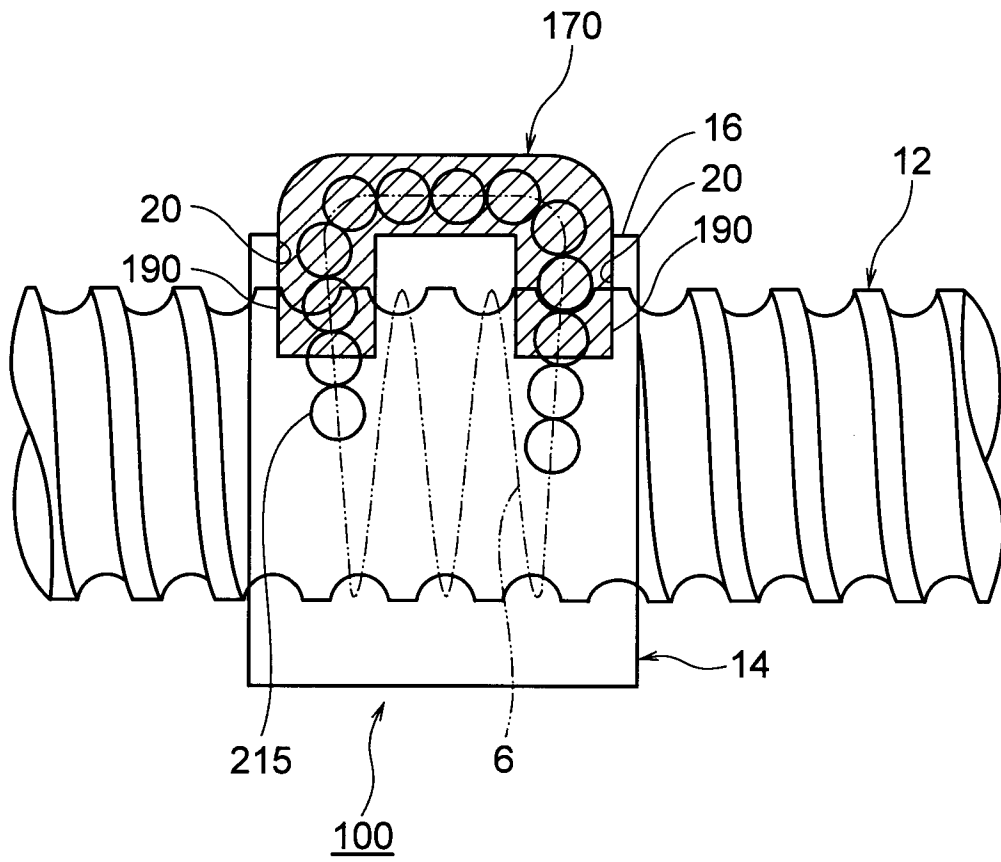
[図22]



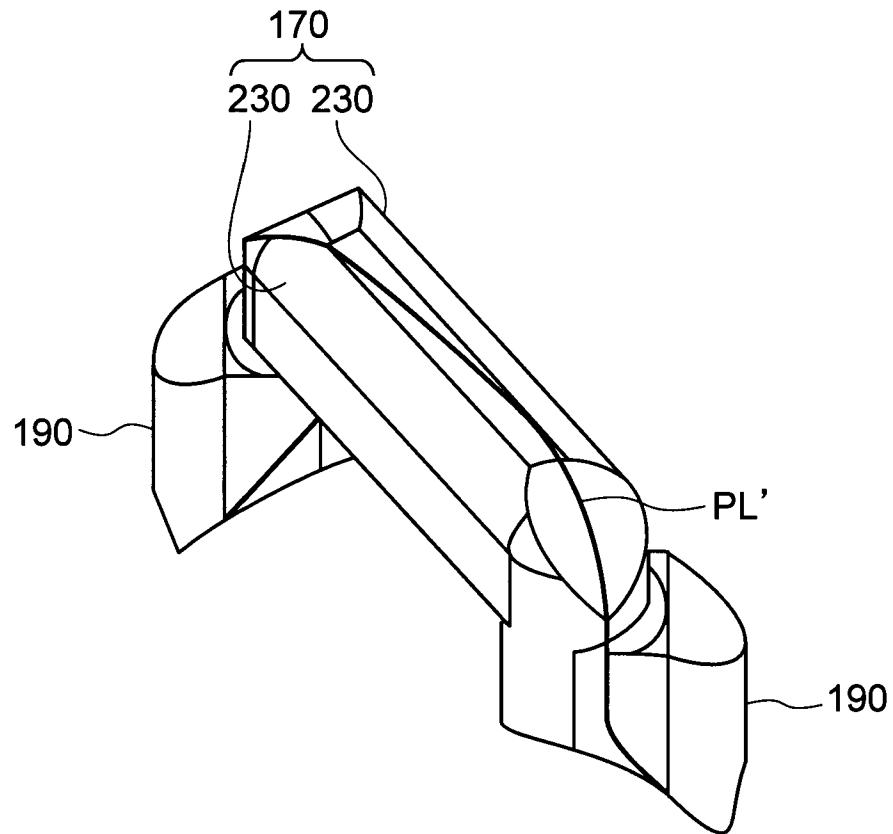
[図23]



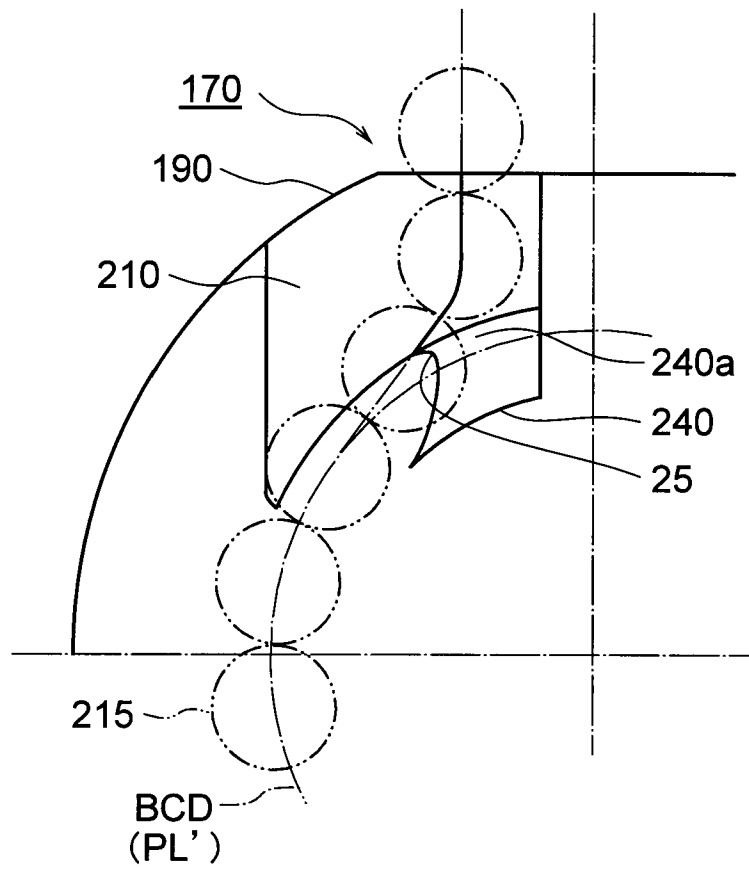
[図24]



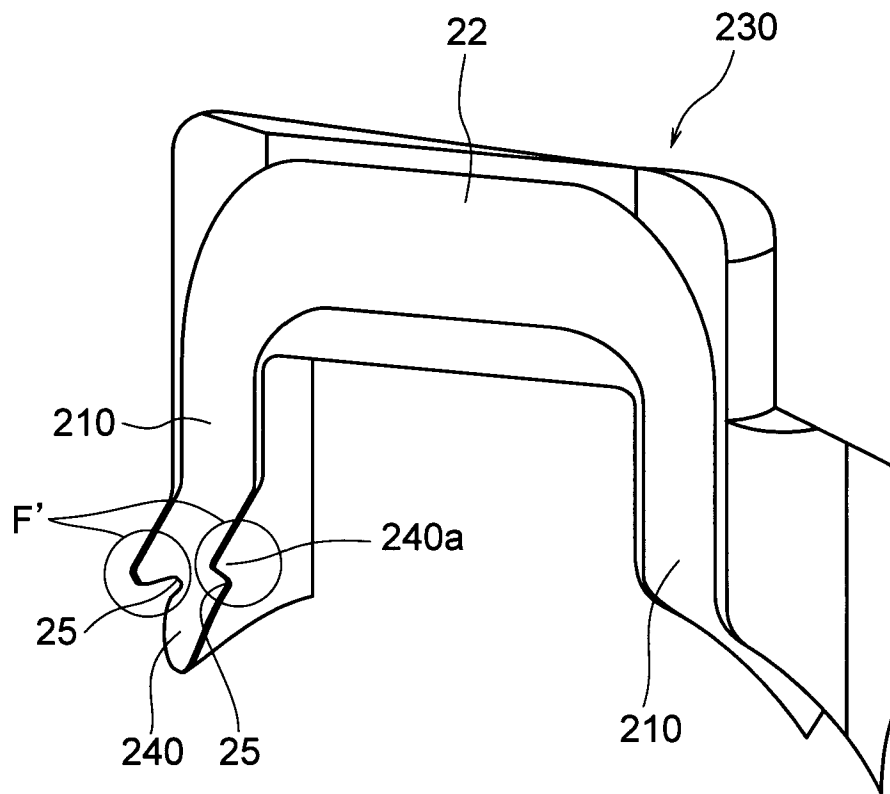
[図25]



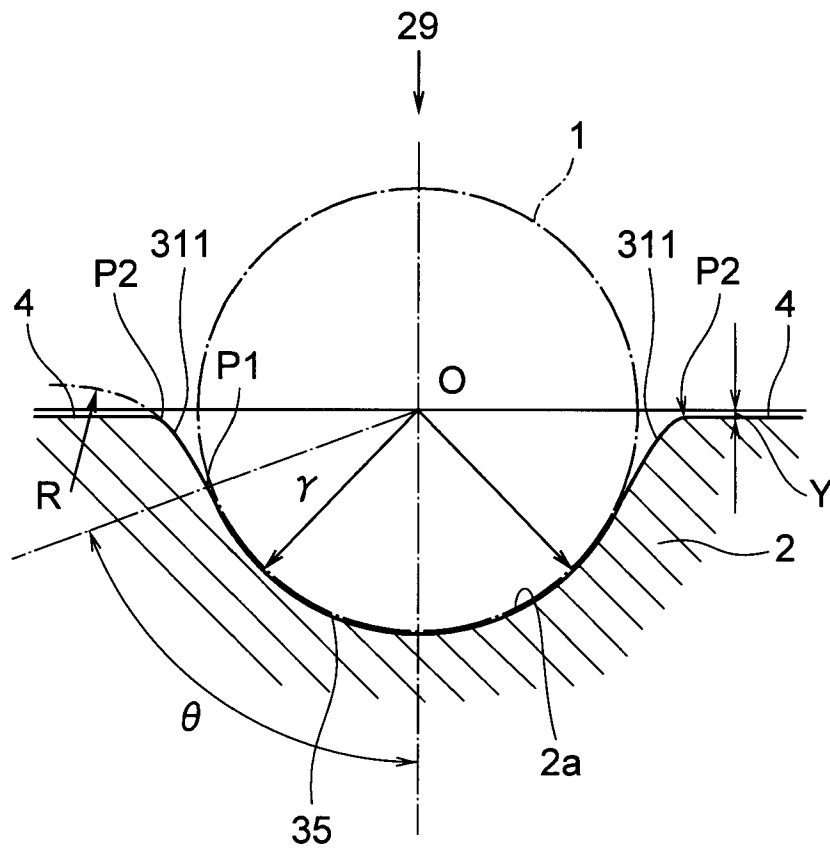
[図26]



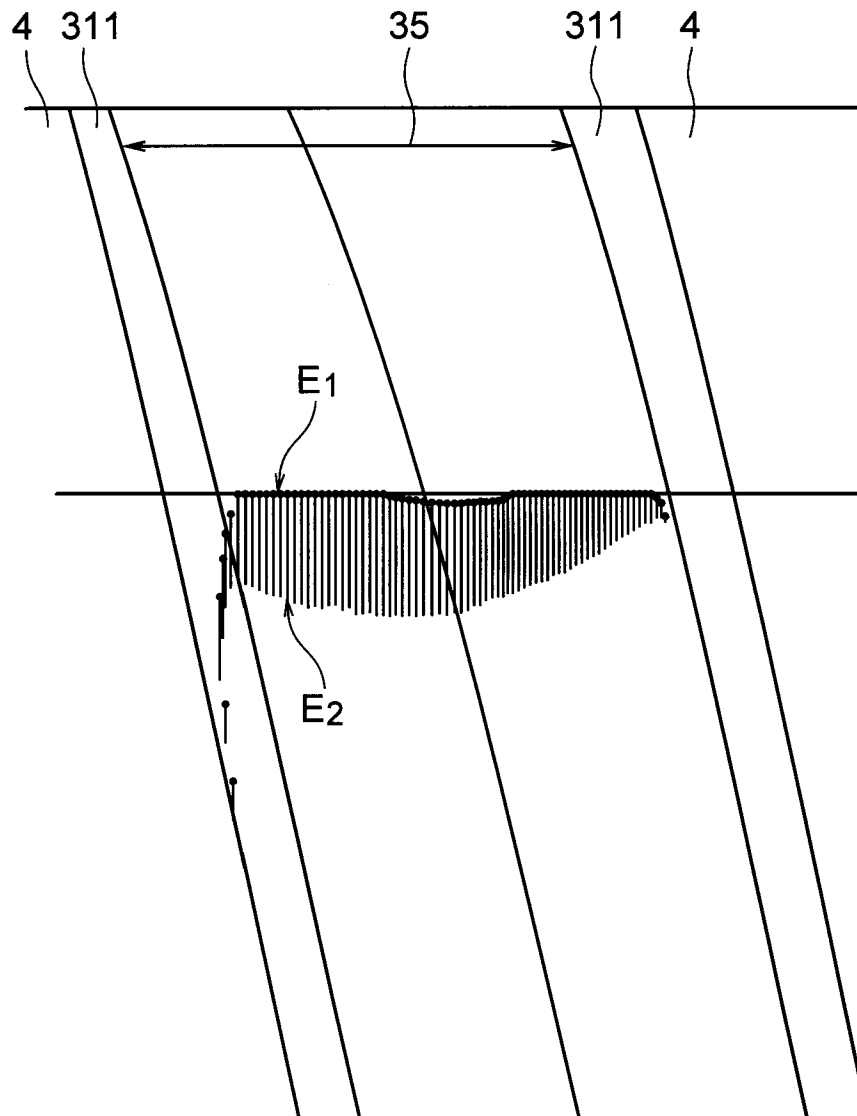
[図27]



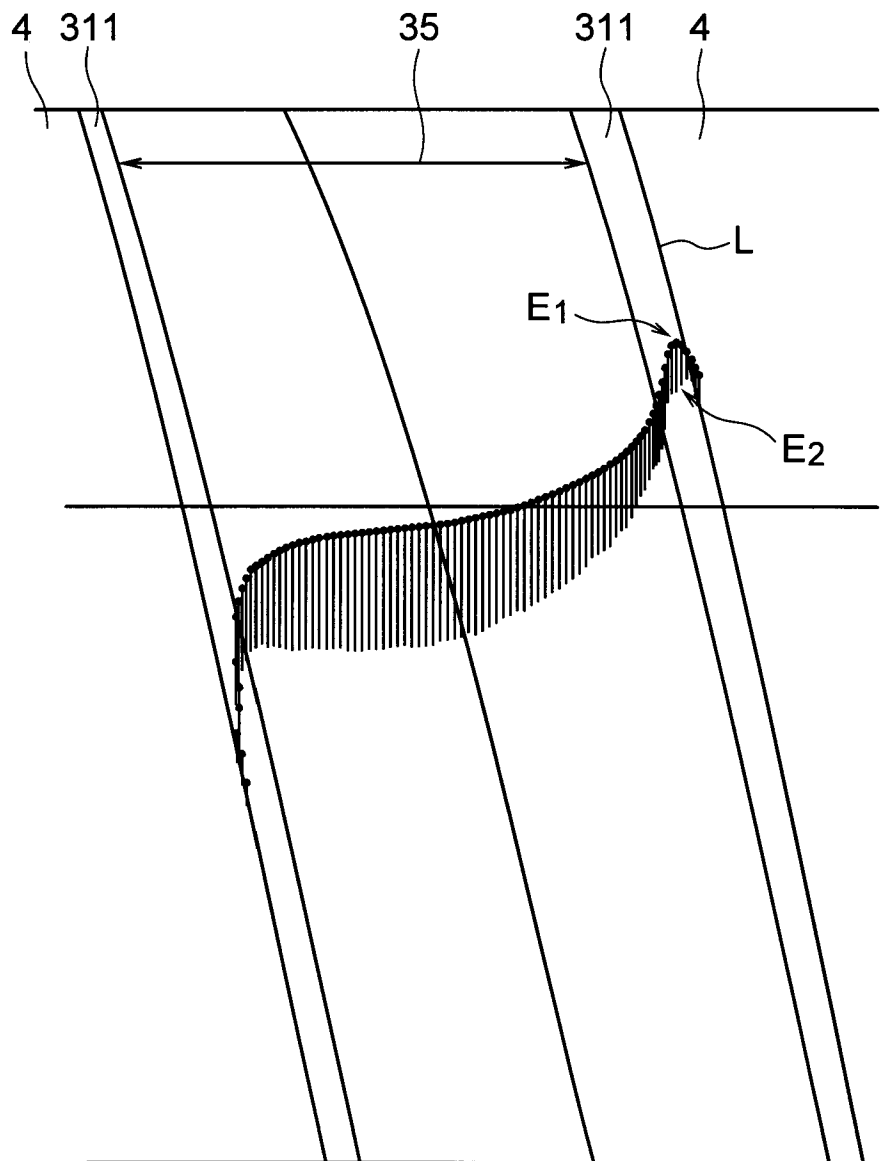
[図28]



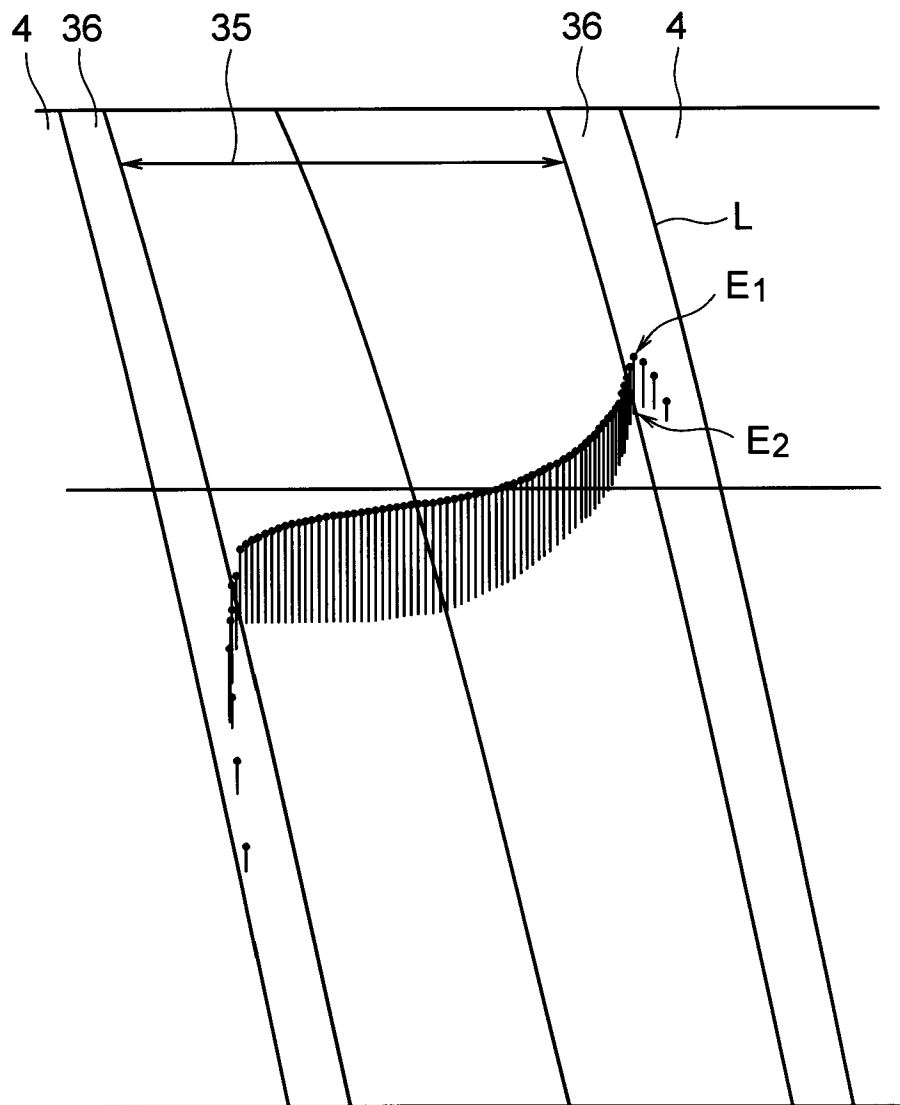
[図29]



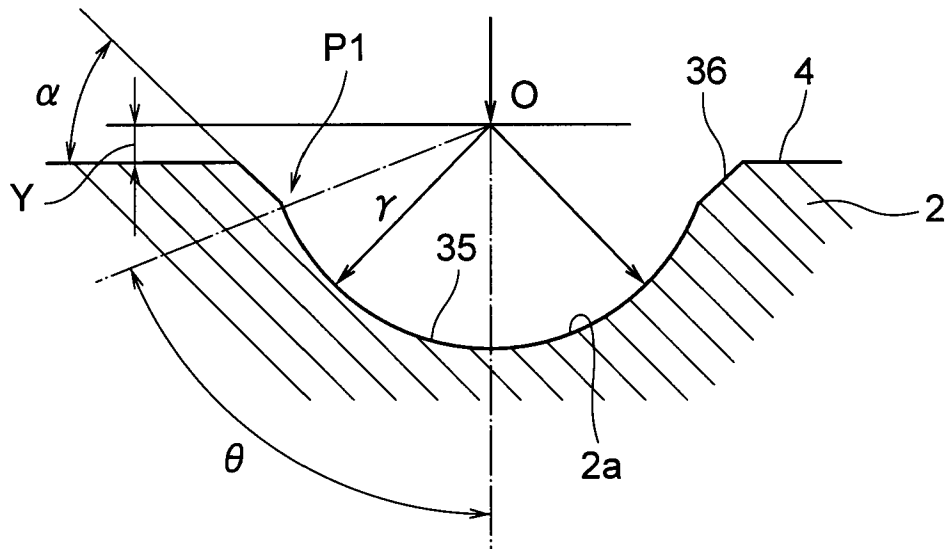
[図30]



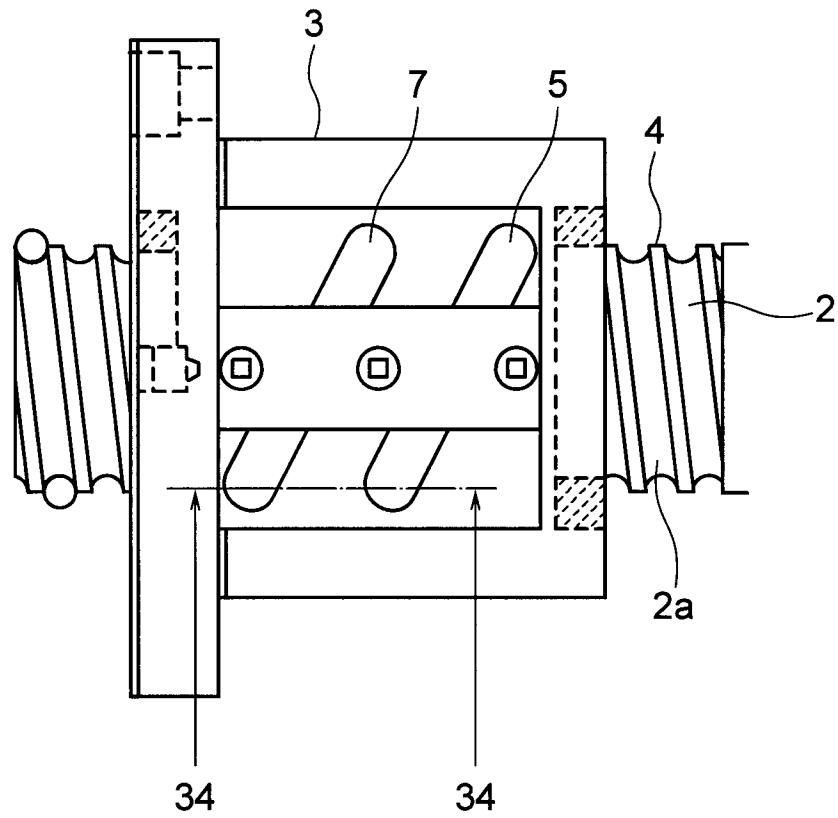
[図31]



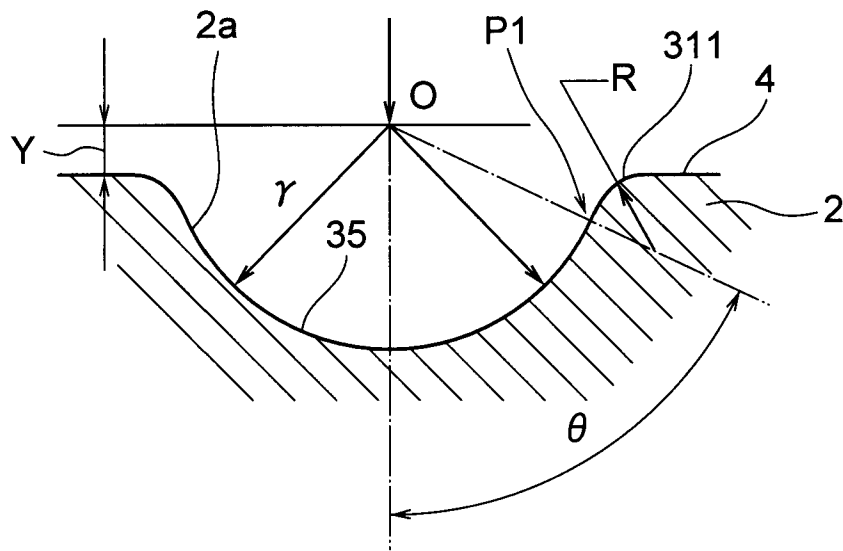
[図32]



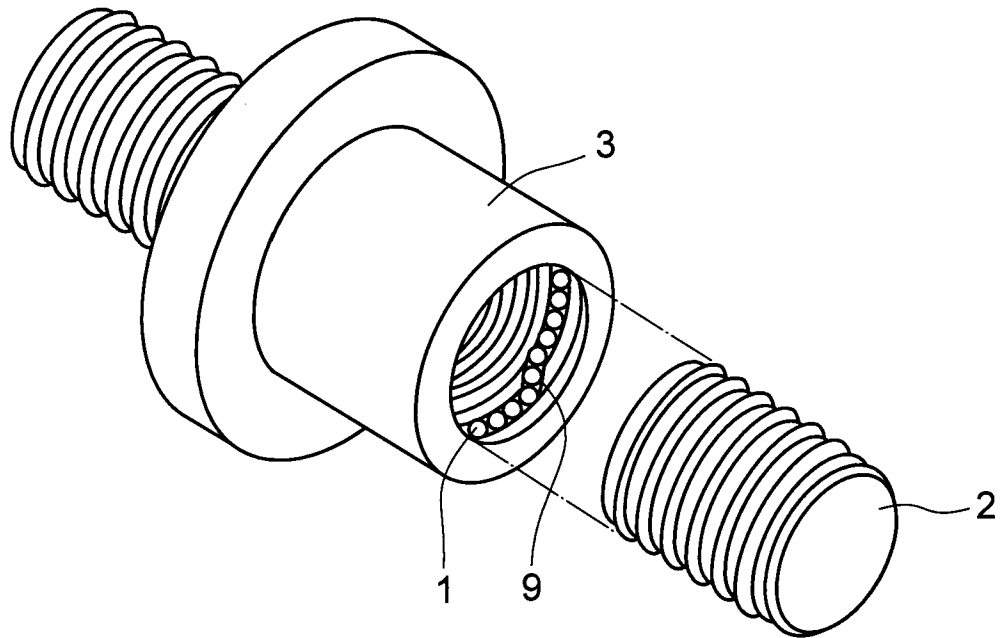
[図33]



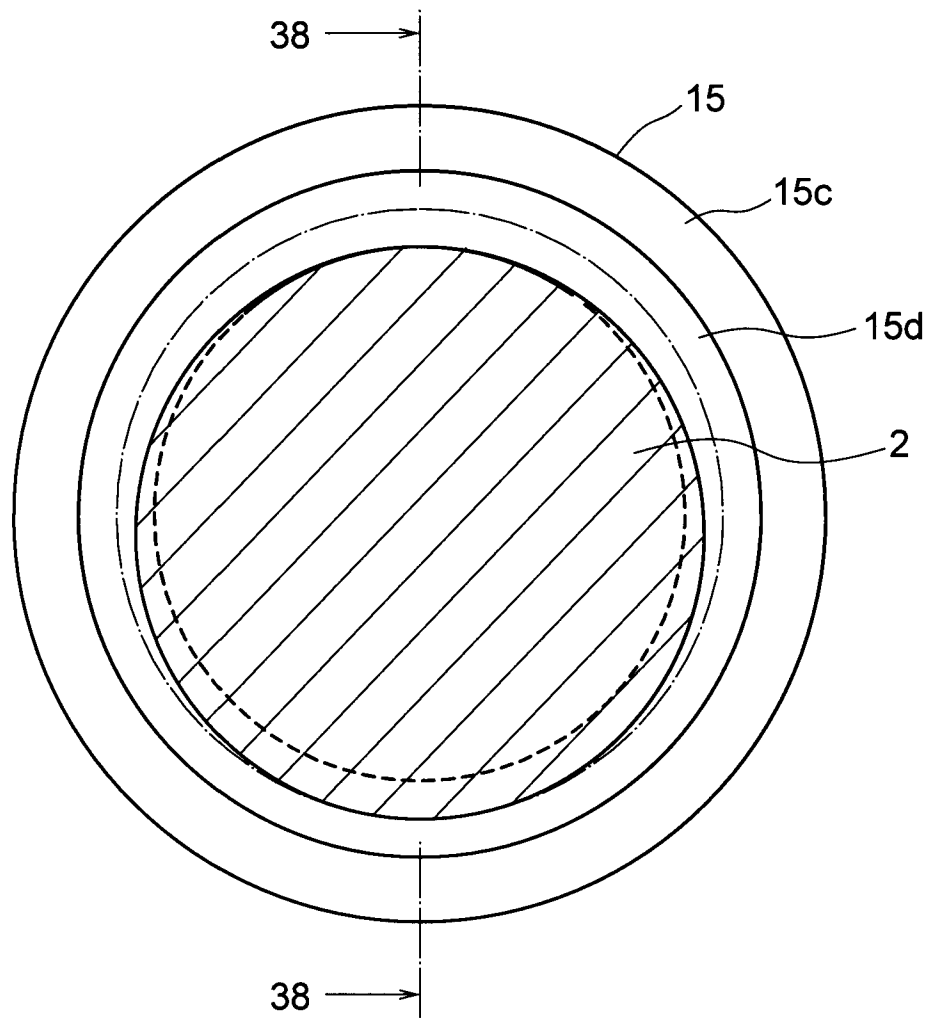
[図35]



[図36]



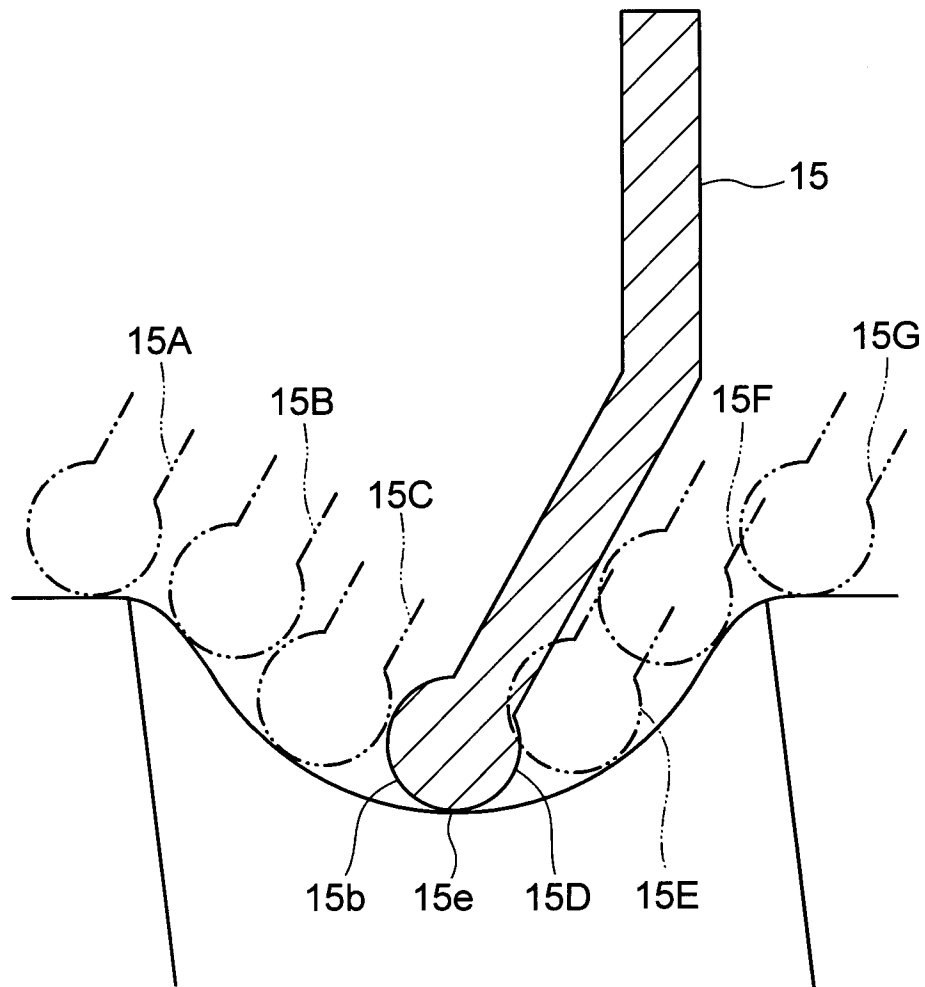
[図37]



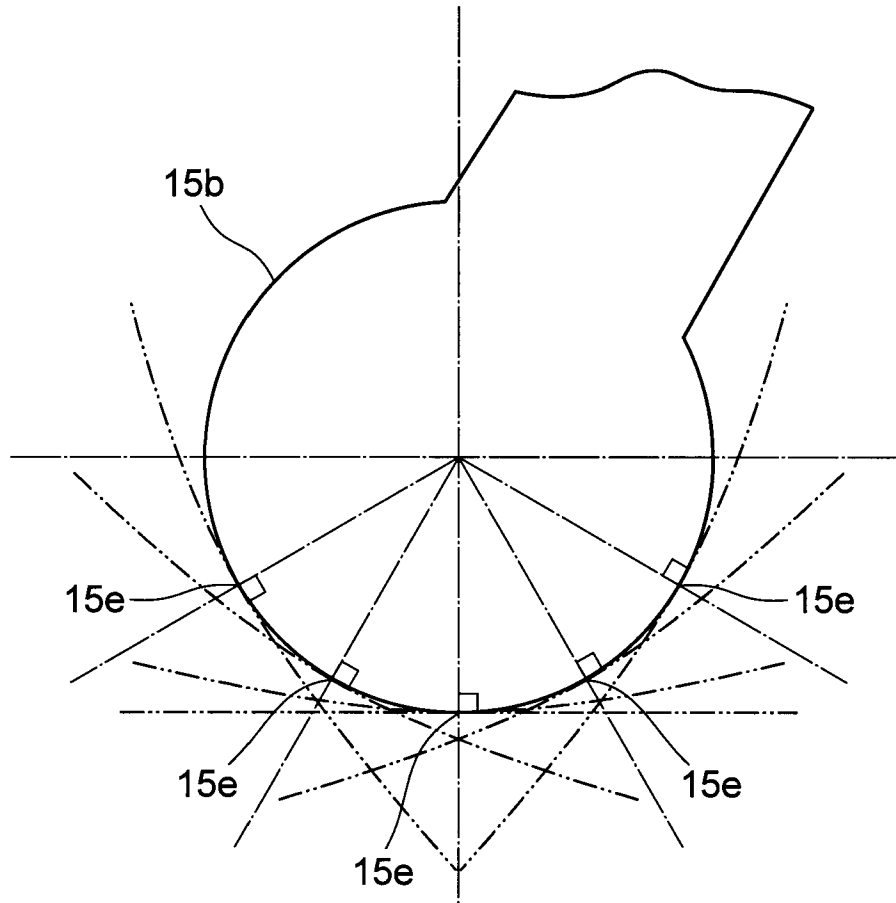
[図38]



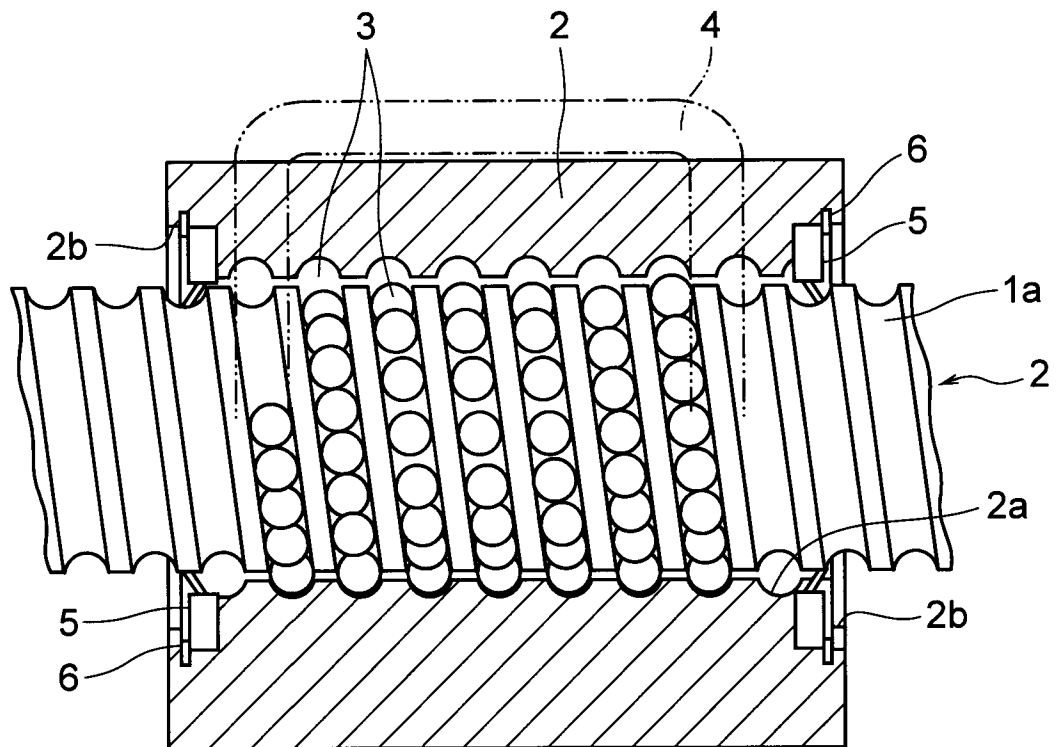
[図39]



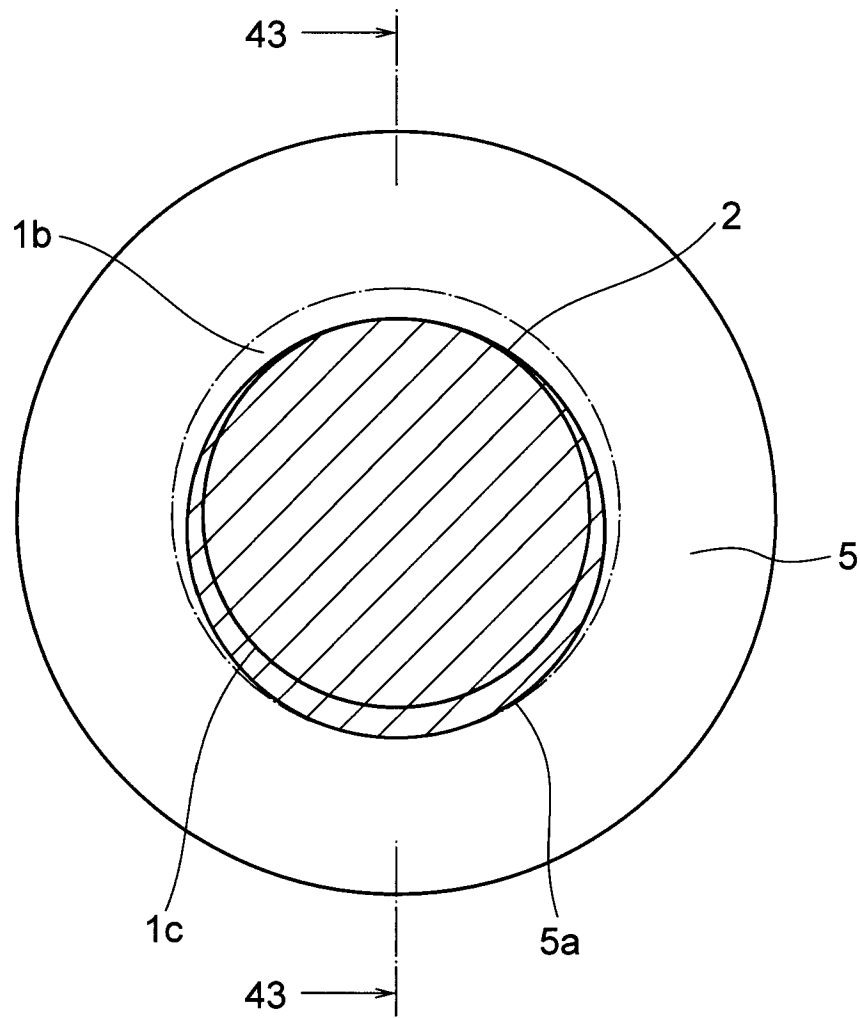
[図40]



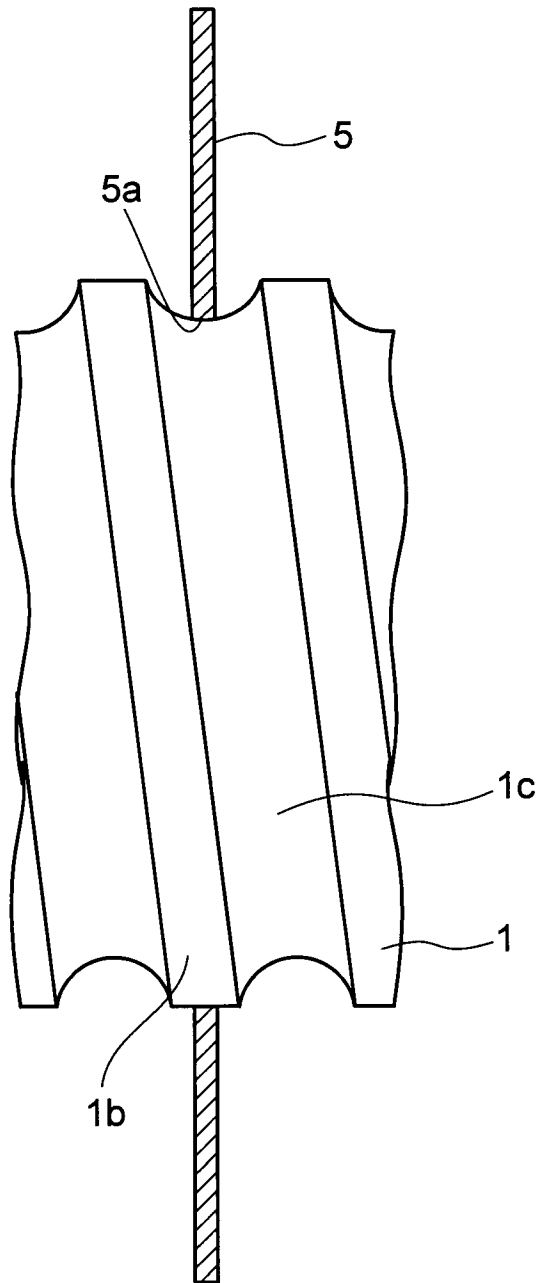
[図41]



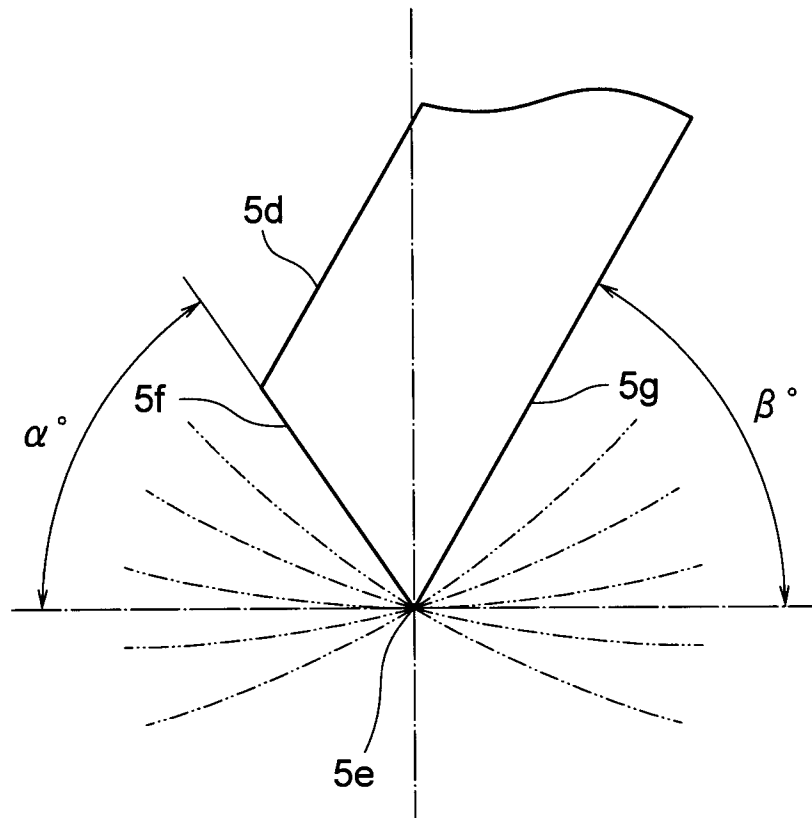
[図42]



[図43]



[図45]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/050037

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>F16H25/22(2006.01) i</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) <i>F16H25/22</i>				
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched <i>Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2015</i> <i>Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2015 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2015</i>				
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 Y	JP 10-153245 A (NSK Ltd.), 09 June 1998 (09.06.1998), paragraphs [0018] to [0042]; fig. 1 to 10 & US 6082209 A	1-4 5-10		
Y	JP 2009-103262 A (NSK Ltd.), 14 May 2009 (14.05.2009), paragraphs [0011] to [0021]; fig. 1 to 2 (Family: none)	5		
Y	JP 2006-046570 A (NSK Ltd.), 16 February 2006 (16.02.2006), paragraphs [0021] to [0037]; fig. 5 to 9, 11 to 13 & US 2006/0032323 A1 & EP 1624228 A2	6-7		
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.				
<table border="0"> <tr> <td> * 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 </td> <td> "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 </td> </tr> </table>			* 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
* 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 17 March 2015 (17.03.15)		Date of mailing of the international search report 31 March 2015 (31.03.15)		
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

International application No.

PCT/JP2015/050037

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-266976 A (NSK Ltd.), 18 September 2002 (18.09.2002), paragraphs [0017] to [0018]; fig. 1 to 4 (Family: none)	8-9
Y	JP 2010-007851 A (NSK Ltd.), 14 January 2010 (14.01.2010), paragraphs [0017] to [0036]; fig. 1 to 11 & JP 2012-149777 A & JP 2012-149778 A	10
A	JP 2010-038197 A (THK Co., Ltd.), 18 February 2010 (18.02.2010), paragraphs [0019] to [0051]; fig. 1 to 29 (Family: none)	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. F16H25/22(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（I P C）） Int.Cl. F16H25/22			
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 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015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
X Y	JP 10-153245 A（日本精工株式会社） 1998.06.09, 段落 [0018] -[0042], 第 1-10 図 & US 6082209 A		1-4 5-10
Y	JP 2009-103262 A（日本精工株式会社） 2009.05.14, 段落[0011]-[0021], 第 1-2 図 (ファミリーなし)		5
☒ 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 17.03.2015		国際調査報告の発送日 31.03.2015	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / 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） 高吉 統久 電話番号 03-3581-1101 内線 3328	3 J 3932

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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
Y	JP 2006-046570 A (日本精工株式会社) 2006.02.16, 段落[0021]-[0037], 第 5-9 図, 第 11-13 図 & US 2006/0032323 A1 & EP 1624228 A2	6-7
Y	JP 2002-266976 A (日本精工株式会社) 2002.09.18, 段落[0017]-[0018], 第 1-4 図 (ファミリーなし)	8-9
Y	JP 2010-007851 A (日本精工株式会社) 2010.01.14, 段落[0017]-[0036], 第 1-11 図 & JP 2012-149777 A & JP 2012-149778 A	10
A	JP 2010-038197 A (THK株式会社) 2010.02.18, 段落[0019]-[0051], 第 1-29 図 (ファミリーなし)	1-10