(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
2004 年2 月5 日 (05.02.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/011817 A1

(51) 国際特許分類[7]: F16C 33/66, 33/58, 37/00, 41/00, 19/16, 19/26, F16N 13/16, 29/02, B23Q 11/12

(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/009612

(22) 国際出願日: 2003 年7 月29 日 (29.07.2003)

(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2002-220015	2002 年7 月29 日 (29.07.2002)	JP
特願2002-226233	2002 年8 月2 日 (02.08.2002)	JP
特願2002-253082	2002 年8 月30 日 (30.08.2002)	JP
特願2003-070338	2003 年3 月14 日 (14.03.2003)	JP
特願2003-110788	2003 年4 月15 日 (15.04.2003)	JP
特願2003-110789	2003 年4 月15 日 (15.04.2003)	JP
特願2003-113421	2003 年4 月17 日 (17.04.2003)	JP
特願2003-122551	2003 年4 月25 日 (25.04.2003)	JP
特願2003-270786	2003 年7 月3 日 (03.07.2003)	JP
特願2003-274546	2003 年7 月15 日 (15.07.2003)	JP
特願2003-279135	2003 年7 月24 日 (24.07.2003)	JP
特願2003-279306	2003 年7 月24 日 (24.07.2003)	JP
特願2003-279345	2003 年7 月24 日 (24.07.2003)	JP
特願2003-280365	2003 年7 月25 日 (25.07.2003)	JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本精工株式会社 (NSK LTD.) [JP/JP]; 〒141-8560 東京都 品川区 大崎一丁目６番３号 Tokyo (JP).

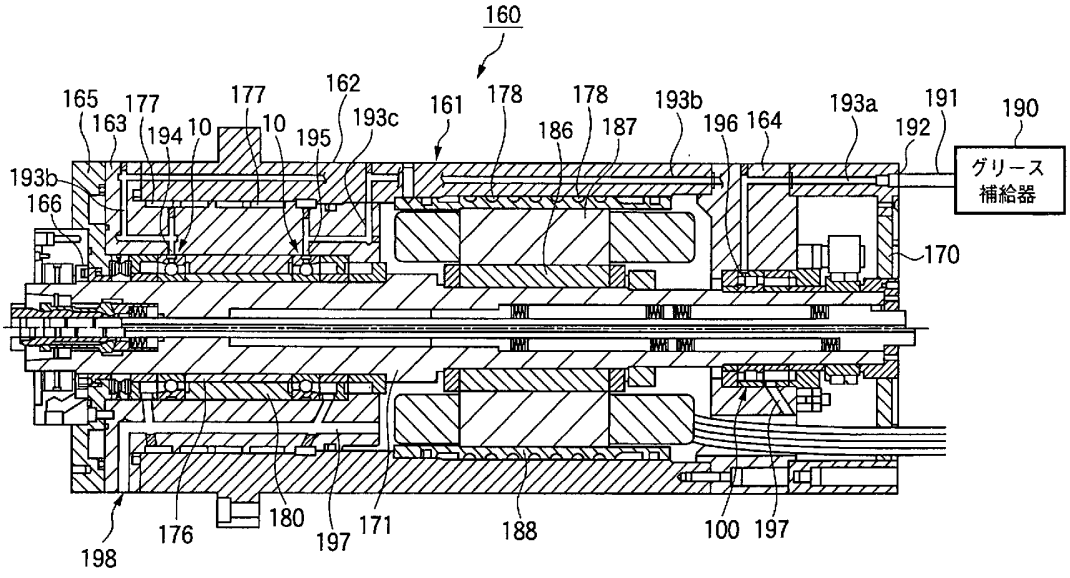
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 松山 直樹 (MATSUYAMA,Naoki) [JP/JP]; 〒251-8501 神奈川県 藤沢市 鵠沼神明一丁目５番５０号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP). 安積 三郎 (AZUMI,Saburou) [JP/JP]; 〒251-8501 神奈川県 藤沢市 鵠沼神明一丁目５番５０号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP). 小岩 有 (KOIWA,Yuu) [JP/JP]; 〒251-8501 神奈川県 藤沢市 鵠沼神明一丁目５番５０号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP). 青木 満穂 (AOKI,Mitsuho) [JP/JP]; 〒251-8501 神奈川県 藤沢市 鵠沼神明一丁目５番５０号 日本精工株式

[続葉有]

(54) Title: ROLLING BEARING, GREASE REPLENISHING DEVICE, MAIN SHAFT DEVICE, GREASE REPLENISHING METHOD, AND GREASE REPLENISHING PROGRAM

(54) 発明の名称: 転がり軸受、グリース補給装置、主軸装置、グリース補給方法及びグリース補給プログラム



190...GREASE REPLENISHER

(57) Abstract: A main shaft device comprising a rolling bearing rotatably supporting a main shaft in a housing and consisting of an outer ring having an outer ring raceway surface in its inner peripheral surface, an inner ring having an inner ring raceway surface in its outer peripheral surface, and rolling elements rollably installed between the outer and inner ring raceway surfaces, and a grease replenishing device replenishing grease into the rolling bearing, the main shaft device being characterized in that the grease replenishing device replenishes grease so that a single replenishing amount is 0.004 cc - 0.1 cc.

[続葉有]

WO 2004/011817 A1

会社内 Kanagawa (JP). 森田 康司 (MORITA,Yasushi) [JP/JP]; 〒251-8501 神奈川県 藤沢市 鵠沼神明一丁目５番５０号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP). 稲垣 好史 (INAGAKI,Yoshifumi) [JP/JP]; 〒251-8501 神奈川県 藤沢市 鵠沼神明一丁目５番５０号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP). 杉田 澄雄 (SUGITA,Sumio) [JP/JP]; 〒251-8501 神奈川県 藤沢市 鵠沼神明一丁目５番５０号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP). 稲葉 堅 (INABA,Ken) [JP/JP]; 〒251-8501 神奈川県 藤沢市 鵠沼神明一丁目５番５０号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP). 矢倉 健二 (YAKURA,Kenji) [JP/JP]; 〒251-8501 神奈川県 藤沢市 鵠沼神明一丁目５番５０号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 小栗 昌平，外(OGURI,Shohei et al.); 〒107-6028 東京都 港区 赤坂一丁目１２番３２号 アーク森ビル２８階 栄光特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

２文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: 内周面に外輪軌道面を有する外輪と、外周面に内輪軌道面を有する内輪と、前記外輪軌道面と前記内輪軌道面との間に転動自在に設けられた転動体とを備え、主軸をハウジング内に回転可能に支持する転がり軸受と、前記転がり軸受の内部にグリースを補給するグリース補給装置と、を有する主軸装置であって、前記グリース補給装置は、一回の補給量が0.004cc～0.1ccとなるように前記グリースを補給することを特徴とする。

明　細　書

転がり軸受、グリース補給装置、主軸装置、グリース補給方法及びグリース補給プログラム

＜技術分野＞

本発明は、工作機械や高速モータの主軸等を支持する転がり軸受、転がり軸受にグリースを潤滑するグリース補給装置及びそれを用いた主軸装置に関する。また、本発明は、グリースを補給するグリース補給方法及びグリース補給プログラムに関する。

＜背景技術＞

工作機械主軸用の軸受には、工作精度向上のため、振動、音響等の特性が良好であることが求められる。また、工作機械主軸用の軸受には、取り扱いやすく環境面やコスト面で有利な、グリース潤滑を採用し、かつ、高速回転性、高寿命を達成することが求められている。

工作機械主軸に用いられるグリース潤滑の転がり軸受は、発熱しないように、初期に封入したグリースのみで潤滑されるのが普通である。グリースを封入した初期段階で、グリースの慣らし運転を行わずに高速回転させると、グリースの噛み込みや攪拌抵抗により異常発熱を起こすため、数時間をかけて慣らし運転を行ってグリースを最適な状態にしている。

近年、工作機械主軸の高速化が益々進み、主軸を支持する軸受はｄｍＮ（＝（軸受内径＋軸受外径）÷２×回転速度（ｒｐｍ））１００万以上という環境で使用されることが珍しくなくなっている。オイルエアやオイルミスト等の油潤滑のものと比較すると、グリース潤滑の転がり軸受は高速回転における寿命が短い傾向がある。グリース潤滑の場合、軸受の転がり疲れ寿命よりも前に、グリース劣化により軸受が焼付いてしまう。回転数が著しく高い場合、短時間でグリースが劣化または油膜形成不足により、早期に焼付が発生する。

そこで、軸受の長寿命化を図るために、軸受の内輪に凹部を形成し、この凹部にグリースを予め蓄えておき、蓄えたグリースを軸受に補給する方法が提案され

ている（例えば、特開平１－６７３３１号公報、特開平４－１３２２２０号公報、特開平６－３５６５９号公報参照）。

また、軸受の長寿命化を図るために、軸受を嵌め込んだ主軸に凹部を形成し、この凹部にグリースを予め蓄えておき、凹部に蓄えたグリースを軸受に補給する方法も提案されている（例えば、特開平６－３５６５３号公報参照。）。

また、出願人は、この問題を解決するために特開２００３－１１３８４６において、グリース潤滑されている転がり軸受であって、外輪に補給孔が設けられ、該補給孔を介して、一回の補給量が軸受空間容積の０．１～４％となるようにグリースが補給される転がり軸受を提案している。この転がり軸受によれば、回転している軸受の異常昇温が抑制され、焼付の発生を防ぐことが可能である。したがって、特開２００３－１１３８４６に記載の転がり軸受によれば、異常昇温を回避し、慣らし運転を実施しなくてもよい。

しかしながら、特開２００３－１１３８４６に記載の転がり軸受では、一回の補給量が軸受空間容積の０．１～４％となるようにグリース補給を行うことにより異常昇温は発生しないように構成することが可能であるが、グリースの一回の補給量が多い場合には、温度の脈動が生じてしまう可能性がある。

この温度の脈動について評価するために評価試験を行ったところ、内径６５ｍｍのアンギュラ玉軸受において、一回の補給時に軸受空間容積の１％以上（軸受空間容積の１％は、０．１５ｃｃに相当）のグリースを補給すると、補給した瞬間に１°Ｃ～２°Ｃ程度の温度の脈動が生じることがわかった。

この温度の脈動は、精度を要求されない通常の使用時には問題とはならないが、金型用途向けの工作機械等、精度が厳しく要求される装置の主軸に用いられる転がり軸受においては、この温度の脈動により軸の長さが変化してしまい、加工精度に影響を及ぼしてしまう恐れがある。

また、グリース補給において、グリースの過剰補給を防ぐため、軸受の異常を検知したときにのみ追加グリースを補給する給脂装置が提案されている（特開昭６３－５３３９７号公報および特許３１６７０３４号公報参照）。

しかし、上記装置は、軸受に異常が発生した後に追加グリースを補給するもの

であるため、追加グリースを補給する時点で、既に軸受が損傷している可能性もある。軸受の損傷は、工作機械の軸振れ精度低下の原因となり、工作機械の加工精度が低下してしまう。このため、一般的なグリース補給装置は、潤滑不良によって軸受にわずかな損傷も発生しないように、軸受が使用される環境下で最も厳しい条件を基準として、一定の補給間隔毎にグリースを補給している。

しかしながら、軸受が使用される環境下で最も厳しい条件を基準として、所定の補給間隔毎にグリースを補給するように補給装置を設定すると、補給装置は、軸受の使用条件がそれほど過酷でない場合でも、過剰のグリースを軸受内部に補給してしまい、グリースが過剰となるという問題点がある。

例えば、出願人による実験によると、軸受で支持された軸径６５ｍｍの軸を回転速度２２０００ｍｉｎ$^{-1}$で給脂無しで回転させると、１００時間でグリースの劣化が起こり、軸受が損傷したが、１８０００ｍｉｎ$^{-1}$で給脂無しの場合には、その１０倍にあたる１０００時間で軸受が損傷した。よって、一定間隔毎の補給は、使用条件が過酷で無い場合には不効率なものとなり、補給回数の無駄な増加につながる。さらに、この補給回数の増加により補給された過剰なグリースは、軸受温度を不安定にしてしまう。

また、上記設定では、軸受の稼働状態に関わらず、グリースを補給する。従って、停止している軸受内にも、どんどんグリースが補給されてしまうこととなる。従って、停止していた軸受が再稼働する際には、追加されたグリースにより、グリースの攪拌抵抗が増大してしまうため、急激な温度上昇が引き起こされてしまう。

さらに、潤滑装置における潤滑油の吐出状態を監視する装置として以下のものが知られている。

１．潤滑装置において潤滑油をタンク（ポンプ）に貯めて、バルブ（定量型ピストンポンプ）に吐出される潤滑油の圧力を検知し、バルブに接続される潤滑系の使用圧力範囲にあるかを監視するもの（特開２００３－１１３８４６号公報参照）。

２．機械式定量型ピストンポンプのピストンの動きを検知し、潤滑油が吐出さ

れているかを監視するもの（特開平５－８７２９３号公報参照）。

３．機械式定量型ピストンポンプから配管内へ吐出された潤滑油の一部を加熱し、加熱した潤滑油の運きを検知し、潤滑油の吐出状況を監視するもの（実公平６－２９７４２号公報参照）。

４．グリースが軸受装置に供脂されたとき発熱する温度を検知し、グリースの吐出状況を監視するもの（特開平１１－２７０７８９号公報参照）。

図１１３に示したような、グリース補給装置１６４０は、バルブ（ソレノイドバルブ）１６４１がＯＮすることにより、機械式定量型ピストンポンプ１６４２にエアが供給され、定量ピストン１６４２ａが作動して軸受１６４３にグリースを供給するための配管１６４４内へグリースＧｒが吐出される。そして、スピンドル内部の軸受装置にグリースが補給される。また、バルブ（ソレノイドバルブ）１６４１が開くことにより、グリースタンク１６４５内へ、エアが供給されタンク内ピストン１６４６を加圧する。

バルブ（ソレノイドバルブ）１６４１がＯＦＦすることにより、機械式定量型ピストンポンプ１６４２にエアが供給されなくなり、定量ピストン１６４２ａが元に戻る。このとき、グリースタンク内のピストンを加圧しているエアは、グリースタンクに取り付けた抵抗体１６４９により脱圧することなく、グリースタンク１６４５内のグリースＧｒは機械式定量型ピストンポンプ１６４２へグリースを供給する。

以上の動作を繰り返すことによって、軸受装置内部へグリースを間欠的に微量かつ定量補給する。

しかしながら、機械式定量型ピストンポンプへ供給するグリースを貯蔵するグリースタンクのグリースがなくなると、機械式定量型ピストンポンプからグリースが供給されなくなり、軸受に潤滑不良が発生し、軸受が焼付を起こす。

また、機械式定量型ピストンポンプへ送るにあたって、ソレノイドバルブをＯＦＦし、機械式定量型ピストンポンプが元に戻るときにグリースタンク内のグリースに圧力がかからない場合、グリースタンクから機械式定量型ピストンポンプへグリースが供給されず、機械式定量型ピストンポンプよりグリースが吐出され

ないために、軸受に潤滑不良が発生し、軸受が焼付を起こすという問題があった。

また、一般産業用のグリース補給装置として、図１１４に示すグリース補給装置１６５０は、外部のエア供給源から与えられた外力エネルギーを使用してグリースの補給を行う抵抗式の空気駆動ポンプ式である。

グリース補給装置１６５０は、グリースタンク１６５１の一端部にエア供給源が連通接続されているとともに、グリースタンク１６５１の他端部にグリース補給用配管１６５２が連通接続されている。グリース補給用配管１６５２は、基端部がグリースタンク１６５１の吐出口１６５３に連通され、先端部にノズル１６５４が設けられている。ノズル１６５４は、玉軸受や円筒ころ軸受等を備えた軸受装置１６５５の側部に配される。

このようなグリース補給装置１６５０では、グリースタンク１６５１内のピストン１６５６に一定時間だけ圧力が与えられることにより、グリースタンク１６５１内に貯留されているグリース１６５７が、吐出口１６５３、グリース補給用配管１６５２を通ってノズル１６５４に送給され、ノズル１６５４から軸受装置１６５５の軸受空間内に吐出される（例えば、㈱サンエイテック”ＥＦＤ　液剤吐出システムカタログ“（第４頁～第１７頁）参照)。

上記のグリース補給装置の他の構成として、図１１５に示すグリース補給装置１６６０は、図１１４に示したグリース補給装置１６５０と同様の構成を有しており、外部のエア供給源から与えられた外力エネルギーを使用してグリースの補給を行う抵抗式の空気駆動ポンプ式である。

グリース補給装置１６６０は、グリースタンク１６６１の一端部にエア供給源が連通接続されているとともに、グリースタンク１６６１の他端部にグリース補給用配管１６６２が連通接続されている。グリース補給用配管１６６２は、基端部がグリースタンク１６６１の吐出口１６６３に連通され、先端部が玉軸受や円筒ころ軸受等を備えた軸受装置１６６５において外輪１６６６の径方向に形成されたグリース補給孔１６６７に連通接続される。

このようなグリース補給装置１６６０では、グリースタンク１６６１内のピストン１６６８に一定時間だけ圧力が与えられることにより、グリースタンク１６

６１内に貯留されているグリース１６６９が、吐出口１６６３、グリース補給用配管１６６２、グリース補給孔１６６７を通って送給され、グリース補給孔１６６７を通って外輪外径部から軸受装置１６６５の軸受空間内に吐出される（例えば、㈱サンエイテック”ＥＦＤ　液剤吐出システムカタログ“(第４頁～第１７頁）参照)。

上記のグリース補給装置の他の構成として、図１１６に示すグリース補給装置１６７０は、モータ等の原動機により発生する外力エネルギーを使用してグリースの補給を行う機械駆動ポンプ式である。

グリース補給装置１６７０は、グリースタンク１６７１内にモータ１６７２が内装されており、モータ１６７２の出力軸に雄ねじ１６７３が設けられている。そして、出力軸の雄ねじ１６７３にピストン１６７４の雌ねじ１６７５が螺合されている。

グリースタンク１６７１の端部には、グリース補給用配管１６７６が連通接続されており、グリース補給用配管１６７６は、基端部がグリースタンク１６７１の吐出口１６７７に連通され、先端部にノズル１６７８が設けられている。ノズル１６７８は、玉軸受や円筒ころ軸受等を備えた軸受装置１６７９の側部に配される。

このようなグリース補給装置１６７０では、モータ１６７２に電流が供給されることにより出力軸が回転し、出力軸の回転により、ピストン１６７４がグリースタンク１６７１内を進行することによって、グリースタンク１６７１内のグリース１６８０が加圧され、グリース１６８０が、吐出口１６７７、グリース補給用配管１６７６を通ってノズル１６７８に送給され、ノズル１６７８から軸受装置１６７９の軸受空間内に吐出される。グリース補給用配管１６７６は、図１１５と同様にして、軸受装置１６７９において外輪の径方向に形成されたグリース補給孔に連通接続されることによって、外輪外径部から軸受空間内にグリース１６８０を吐出する場合もある（例えば、ＩＮＧ商事㈱“ドイツ製　自動連続給油器”　ｐｅｒｍａ（第２頁～第４頁）参照)。

しかしながら、グリース補給装置１６５０，１６６０，１６７０においては、

グリースを加圧する部分から軸受までの配管における内径や長さ、ノズルの形状及び、温度等の条件によってグリースの吐出量に大きな変動が生じるため、それらの条件が変わる毎にグリースに対する加圧時間を制御調整しなければならず、安定したグリースの吐出を行うことが難しいという問題があった。

また、グリース補給装置１６７０においては、グリースを加圧する部分から軸受までの配管内にあるグリースには、長時間残圧が発生しており、微量であるが流動しようとする。そのため、配管内で配管内径付近と配管中心付近とでグリースの流れに変動が生じる。そして、このような状態で長時間放置されると、グリースが離油を起こし､配管内にちょう度の異なるグリースが存在することとなり、定量の吐出を行うことができないという問題があった。

また、グリース補給装置１６７０では、吐出口１６７７の後段におけるグリース補給用配管１６７６の形状によっては、ピストン１６７４が駆動しても管内抵抗によってグリース１６８０が吐出されず、グリースタンク１６７１がその圧力で膨張する心配がある。

さらに、特開２０００－２８８７０号公報では、主軸装置の軸受部に塵埃、液体などの異物が侵入しないようにコンタミネーションを管理する技術が知られている。しかしながら、このような管理を行っても、グリースの寿命には限りがあり、オイルエア潤滑やオイルミスト潤滑と同様な長寿命は得られない。

また、出願人が既に提案した特開２００３－１１３８４６の技術では、グリースの長寿命化が可能であるが、冷却を行なわない場合には、ｄｍＮ１８０万レベルで外輪昇温が７０～８０℃になってしまい、グリースの酸化劣化や油膜形成不足により焼付きに至る虞れがあった。

高速回転用のグリースは、発熱を抑えるために基油の粘度はVG22相当が使われることが多い。工作機械主軸用としては、高速回転の場合NOKクリューバー社製のイソフレックスNBU15が一般的に使用されている。このグリースは基油粘度２０ｍｍ^2／ｓ（４０℃）である。軸受温度が７０～８０℃になった場合、基油の動粘度は６～８ｍｍ^2／ｓとなり、油膜を確保することが困難となる。

また、工作機械の主軸装置では、外部から主軸装置内の軸受内部に切削液が浸

入すると、主軸軸受の潤滑性能が劣化して焼き付きが発生するため、主軸とハウジング前端との間隙から軸受までの切削液浸入域に、切削液浸入防止手段として、図１１７に示したラビリンスシールやエアシールが配設されている（例えば、実開平４－９０７７０号公報、特開２００２－２３９８６７号公報参照）。

しかしながら、それらの切削液浸入防止手段では、切削液の浸入を完全に防止することはできない。

そこで、図１１８に示したように、軸受に切削液検出センサを配設して、軸受に浸入する切削液を検出する軸受が提供されている（例えば、特開２００２－２０６５２８号公報参照）。

しかしながら、実開平４－９０７７０号公報では、主軸装置内部へ切削液が浸入してしまうという問題があった。また、特開２００２－２３９８６７号公報の主軸回転により異物をドレン孔から排出する方法では、回転速度が低いときには、排出能力が落ちるという問題があった。さらに、特開２００２－２０６５２８号の軸受内部に設けられたセンサで切削液の浸入を検出する方法では、切削液が軸受内部にすでに浸入した後であり、軸受の焼き付きが発生するか、軸受交換や分解・洗浄等のメンテナンスが必要となる問題があった。特に、グリース潤滑においては一度封入されたグリースは切削液が浸入すると切削液でグリースが洗い流されてしまい軸受が損傷する事例が多く見られた。

さらに、図１１９に示すように、外輪間座１７１１に排出潤滑剤の貯蔵空間１７１２を形成して、軸受内部へ供給された潤滑剤を軸受外部へ排出する軸受装置１７０１が提案されている。

この軸受装置１７０１では、排出空間１７１４，１７１２に貯蔵された潤滑剤を定期的に吸引できるように構成されている。

なお、図１１９中の符号１７１５はグリース供給穴、１７１６はハウジング、１７１７は内輪間座、１７１８は玉、１７１９は外輪、１７２０は内輪である。

また、図１２０に示す軸受装置１７０２は、軸受１７１３の片側にシール部材１７２１が装着され、潤滑剤がシール部材１７２１と反対側の広い方の空間１７２２へ流動するように構成されている。なお、図１２０中の符号１７２３は外輪

間座である。

しかしながら、上記の軸受装置１７０１，１７０２（図１１９および図１２０参照）は、連続供給により潤滑剤で充満された軸受空間内へ、さらに潤滑剤を供給することにより潤滑剤を軸受装置１７０１，１７０２の外部へ押し出すように構成されているため、軸受外部へ潤滑剤を排出させる力が小さい。

したがって、外輪間座１７１１に構成された貯蔵空間１７１２を、排出された潤滑剤で充満させることができず、長時間潤滑剤を補給し続けることが困難であるという問題があった。

さらに軸受装置１７０１，１７０２の外部への潤滑剤の排出を軸受装置外部からの吸引で行う場合、軸受装置１７０１，１７０２の内部の潤滑剤を全て除去することが難しいという問題もあった。

また、図１２１に示すように、ハウジング１７５１に外輪１７５３が嵌め込まれた軸受１７５２に外部からグリースを補給する方法が考えられる。

その一例として、ハウジング１７５１にグリース補充孔１７５４を貫通し、このグリース補充孔１７５４に合わせて外輪１７５３に補給孔１７５５を貫通させた軸受のグリース補給装置１７５０が知られている。

軸受のグリース補給装置１７５０によれば、グリース補充孔１７５４にグリース補給用の配管を介してグリース補給装置（図示せず）を備えることにより、グリース補給装置でグリース補給用の配管、グリース補充孔１７５４および補給孔１７５５を介してグリースを軸受１７５２に補充することができる。しかし、上記の構成では、軸受をハウジングに組み込む際に補給孔１７５５とグリース補充孔１７５４の位相合わせが必要となり手間がかかる。

よって、外輪に軸受内部へグリースを補給する補給孔が形成され、外輪の外周に補給孔を含む環状溝、もしくはハウジング内周に補給孔に臨む環状溝を形成して、組み込み時にハウジングと軸受の位相を合わせる必要のない構成とすることもできるが、以上の構成の場合、グリースがハウジングのグリース補充孔から供給されて環状溝を通り外輪補給孔から軸受内部へ補給されるためには、以下の３点が重要となる。

（ｉ）環状溝の断面積と環状溝断面周長さとの関係

（ｉｉ）ハウジングと軸受外輪との隙間の値

（ｉｉｉ）軸受外輪の環状溝をのぞいた外径面とハウジングの軸方向に接している長さ

（ｉ）の値が小さいとグリースが環状溝を通る際に抵抗となって、外輪補給孔まで達しないで軸受内部までグリースが供給されない。

（ｉｉ）の値が大きいと環状溝を流れるグリースがハウジングと軸受外輪との隙間から漏れ軸受外部に排出されるため、外輪補給孔から軸受内部へグリースが供給されない。

（ｉｉｉ）の値が小さいと環状溝を流れるグリースがハウジングと軸受外輪との隙間から漏れ軸受外部に排出されるため、外輪補給孔から軸受内部へグリースが供給されない。

本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、第一の目的は、グリース供給において、高速回転が可能であると共に、軸受の長寿命化が可能な、転がり軸受、グリース補給装置、主軸装置、グリース補給方法及びグリース補給プログラムを提供することである。

特に、本発明は、グリース供給時に温度の脈動を抑えることができること、軸受の組付け作業を短い時間で行うことができ、作業者の負担を軽減できること、配管の影響を受けることなく微量かつ定量のグリースを間欠的に吐出する定量補給を行うことができること、転がり軸受、グリース補給装置、主軸装置、グリース補給方法及びグリース補給プログラムを提供することである。

また、本発明の目的は、軸受内部に切削液が浸入する以前に主軸装置内部への切削液浸入を検出し、機械運転を長時間止めることなく、主軸軸受の潤滑性能を安定して長時間維持可能な主軸装置を提供することである。

さらに、本発明の目的は、供給された潤滑剤を継続的に排出でき長時間の連続運転が安定して可能であり、また潤滑剤を主軸装置外部へ確実に排出できて、メンテナンスの容易な安定した潤滑剤補給を行って良好な潤滑状態を保つことができ、ひいては軸受の長寿命化を図ることができる主軸装置を提供することにある。

＜発明の開示＞

本発明の目的は、下記構成により達成される。

（１） 内周面に外輪軌道面を有する外輪と、外周面に内輪軌道面を有する内輪と、前記外輪軌道面と前記内輪軌道面との間に転動自在に設けられた転動体とを備え、主軸をハウジング内に回転可能に支持する転がり軸受と、

前記転がり軸受の内部にグリースを補給するグリース補給装置と、を有する主軸装置であって、

前記グリース補給装置は、一回の補給量が０．００４ｃｃ～０．１ｃｃとなるように前記グリースを補給することを特徴とする主軸装置。

（２） 前記グリース補給装置は、前記外輪に設けられた補給孔を含むことを特徴とする（１）記載の主軸装置。

（３） 前記主軸装置は、さらに外輪間座を有し、

前記グリース補給装置は、前記外輪間座に設けられた補給孔を含むことを特徴とする（１）記載の主軸装置。

（４） 前記グリース補給装置は、前記ハウジングに設けられた補給孔を含むことを特徴とする（１）記載の主軸装置。

（５） 前記主軸装置は、さらに前記内輪或いは前記外輪の側面近傍に配置された少なくとも一つの回転体を備え、

前記回転体の回転によってグリースを前記転がり軸受の外部へ排出することを特徴とする（１）記載の主軸装置。

（６） 前記ハウジングに、排出されたグリースを貯蔵する貯蔵空間を設けたことを特徴とする（５）記載の主軸装置。

（７） 前記貯蔵空間から、前記主軸装置の外部へグリースを排出させる少なくとも一つの排出穴を有し、該排出穴にグリースを貯蔵することが可能であることを特徴とする（６）記載の主軸装置。

（８） 前記回転体は、内輪間座、前記内輪、前記転がり軸受の保持器の少なくとも一つに形成された鍔であることを特徴とする（５）～（７）のいずれかに記載の主軸装置。

（９） 前記排出穴にグリースとは別の流体を外部から入れることにより、グリースを排出可能であることを特徴とする（７）又は（８）記載の主軸装置。

（１０） 前記主軸装置は、前記主軸の回転速度を検出する回転センサを備え、

前記グリース補給装置は、前記回転速度に応じて前記転がり軸受の内部にグリースを補給することを特徴とする（１）記載の主軸装置。

（１１） 前記グリース補給装置は、回転速度を複数の領域に分割して前記領域毎に加算値を設定し、測定された前記回転速度に対応する前記加算値を単位時間毎に積算して積算値を求め、

前記積算値が所定値以上となった場合にグリースを補給することを特徴とする（１０）記載の主軸装置。

（１２） 前記グリース補給装置は、前記積算値をグリース補給時にリセットし、前記積算値のリセット回数を積算することを特徴とする（１１）記載の主軸装置。

（１３） 前記グリース補給装置は、前記軸の停止時は加算値を０とし積算を行わないことを特徴とする（１１）又は（１２）記載の主軸装置。

（１４） 前記グリース補給装置は、前記グリース補給装置内のグリース残量が所定値以下になったときに前記主軸の回転速度を所定の回転速度以下となるように制御することを特徴とする（１０）～（１３）のいずれかに記載の主軸装置。

（１５） 前記グリース補給装置は、前記グリース補給装置内のグリース残量が所定値以下になったときに前記主軸の回転速度を所定の回転速度以下となるように制御し、

前記所定の回転速度は、前記複数の領域の最高回転速度領域の１つ下の回転速度領域中にあることを特徴とする（１１）～（１３）のいずれかに記載の主軸装置。

（１６） 前記グリース補給装置は、逆止弁及び定量吐出ピストンを備えて前記グリースを吐出するための機械式定量型ピストンポンプと、前記グリースを貯蔵するグリースタンクと、前記グリースタンク内のグリースを加圧するグリースタンク内ピストンと、前記グリースタンクに設けられ、グリースの残存量を監視するセンサと、を備えたことを特徴とする（１）記載の主軸装置。

（１７） 前記センサは、前記グリースタンク内ピストンに取り付けられた磁石を有していることを特徴とする（１６）記載の主軸装置。

（１８） 前記グリースタンク内のグリースの圧力、若しくは前記機械式定量型ピストンポンプと前記グリースタンクを接続するグリース配管内のグリースの圧力を監視するセンサが設けられていることを特徴とする（１６）又は（１７）記載の主軸装置。

（１９） 前記機械式定量型ピストンポンプがストロークしてグリースを吐出後、前記定量吐出ピストンが元に戻った状態で、前記グリースタンク内のグリースを加圧するために前記グリースタンク内ピストンに圧力を一定時間保持する機構が設けられていることを特徴とする（１６）～（１８）のいずれかに記載の主軸装置。

（２０） 前記センサが、異常を検知した際に前記主軸の回転速度の上限を制御することを特徴とする（１６）～（１９）記載のいずれかに記載の主軸装置。

（２１） 前記グリース補給装置は、前記グリースを貯蔵するグリースタンクと、

前記グリースタンクから送給されたグリースを予め定められた量だけ収容するシリンダと、該シリンダ内に収容された定量のグリースをグリース補給用配管に吐出するように、前記シリンダ内を往復移動可能な定量吐出ピストンと、前記シリンダの端部に配された逆止弁と、を有する機械式定量型ピストンポンプを備えたことを特徴とする（１）記載の主軸装置。

（２２） 前記機械式定量型ピストンポンプは、前記シリンダ内に媒体を供給するバルブを有し、前記定量吐出ピストンは、前記バルブより供給された前記媒体により駆動されることを特徴とする（２１）記載の主軸装置。

（２３） 前記グリース補給用配管は、テフロンチューブとしたことを特徴とする（２１）又は（２２）のいずれかに記載の主軸装置。

（２４） 前記主軸装置は、さらに前記ハウジングの内部に冷却液を供給して所定個所を冷却する冷却手段と、前記主軸に設けられたロータおよび前記ロータに対向するように前記ハウジングの内周面に設けられたステータを備えるモータとを備え、

前記主軸は前記モータによって駆動され、

前記冷却手段は、前記ステータを冷却可能であるとともに、前記転がり軸受における少なくとも前記外輪を冷却可能であることを特徴とする（１）記載の主軸装置。

（２５） 前記冷却手段は、前記冷却液を前記主軸内部に供給し、かつ、前記冷却液を前記主軸の長手方向に沿って流通させることにより前記主軸を冷却可能であることを特徴とする（２４）記載の主軸装置。

（２６） 前記主軸および前記ハウジングから排出される前記冷却液を回収する冷却液回収手段を有することを特徴とする（２４）又は（２５）記載の主軸装置。

（２７） 前記転がり軸受は、前記外輪に形成され前記転がり軸受の内部へグリースを補給する少なくとも一つの補給孔と、前記外輪の外周に形成され前記補給孔を含む環状溝とを備え、

前記環状溝の断面積（mm^2）を前記環状溝の断面周長さ（ｍｍ）で割った値が、０．２５ｍｍ以上であることを特徴とする（１）記載の主軸装置。

（２８） 前記転がり軸受は、前記外輪に形成され前記転がり軸受の内部へグリースを補給する少なくとも一つの補給孔を備え、

前記ハウジングは、その内周に形成され前記補給孔に臨む環状溝を備え、

前記環状溝の断面積（mm^2）を前記環状溝の断面周長さ（ｍｍ）で割った値が０．２５ｍｍ以上であることを特徴とする（１）記載の主軸装置。

（２９） 前記外輪の外周または前記ハウジングの内周には、前記補給孔の軸方向両側に一対の外側円環溝が形成されており、前記一対の外側円環溝にはＯリングが嵌め込まれたことを特徴とする（２７）又は（２８）記載の主軸装置。

（３０） 前記ハウジングの内周と前記外輪の外周の隙間が３０μｍ以下であり、前記外輪の外径面と前記ハウジングが軸方向に接している部分の長さが１ｍｍ以上であることを特徴とする（２７）又は（２８）記載の主軸装置。

（３１） 前記主軸は、工作機械用主軸であることを特徴とする（１）～（３０）のいずれかに記載の主軸装置。

（３２） 前記主軸は、高速モータ用主軸であることを特徴とする（１）～（３０）のいずれかに記載の主軸装置。

（３３） 内周面に外輪軌道面を有する外輪と、外周面に内輪軌道面を有する内輪と、前記外輪軌道面と前記内輪軌道面との間に転動自在に設けられた転動体とを備え、主軸をハウジング内に回転可能に支持する転がり軸受と、

外部より前記転がり軸受の内部へ潤滑剤を供給する潤滑剤供給経路と、

前記内輪又は前記外輪の側面近傍に配置された回転体と、を備え、

前記回転体の回転によって前記潤滑剤を前記転がり軸受の外部へ排出することを特徴とする主軸装置。

（３４） 前記ハウジングに、排出された潤滑剤を貯蔵する貯蔵空間を設けたことを特徴とする（３３）記載の主軸装置。

（３５） 前記貯蔵空間から、前記主軸装置の外部へ前記潤滑剤を排出させる少なくとも一つの排出穴を有し、該排出穴に前記潤滑剤を貯蔵することが可能であることを特徴とする（３４）記載の主軸装置。

（３６） 前記回転体は、内輪間座、前記内輪、前記転がり軸受の保持器の少なくとも一つに形成された鍔であることを特徴とする（３４）又は（３５）記載の主軸装置。

（３７） 前記排出穴に前記潤滑剤とは別の流体を外部から入れることにより、前記潤滑剤を排出可能であることを特徴とする（３４）～（３６）のいずれかに記載の主軸装置。

（３８） 前記主軸は、工作機械用主軸であることを特徴とする（３３）～（３７）のいずれかに記載の主軸装置。

（３９） 前記主軸は、高速モータ用主軸であることを特徴とする（３３）～（３７）のいずれかに記載の主軸装置。

（４０） 主軸とハウジング前端との間隙から転がり軸受までの切削液浸入域に、切削液検出センサを配設したことを特徴とする主軸装置。

（４１） 前記切削液検出センサを、ラビリンスシールから前記転がり軸受までの間に配設したことを特徴とする（４０）記載の主軸装置。

（４２） 前記切削液浸入域にドレン通路を開口し、該ドレン通路に切削液検出センサを配設したことを特徴とする（４０）又は（４１）記載の主軸装置。

（４３） 前記ドレン通路に排出バルブを配設したことを特徴とする（４０）～（４２）のいずれかに記載の主軸装置。

（４４） 前記切削液検出センサでの検出信号に基づいて、前記排出バルブを作動して、前記切削液浸入域から切削液を排出することを特徴とする（４３）記載の主軸装置。

（４５） 前記転がり軸受に潤滑剤供給孔を形成するとともに、該潤滑剤供給孔を潤滑供給装置に接続し、前記切削液検出センサでの検出信号に基づいて、前記潤滑供給装置を作動して、前記転がり軸受に潤滑剤を供給させるようにしたことを特徴とする（４０）～（４４）のいずれかに記載の主軸装置。

（４６） 前記切削液検出センサの信号により前記転がり軸受が損傷しない運転条件に制限する機能を備えた工作機械に使用することを特徴とする（４０）記載の主軸装置。

（４７） 前記切削液検出センサでの検出信号に基づいて、警告表示をする警告手段を備えたことを特徴とする（４０）～（４６）記載の主軸装置。

（４８） 転がり軸受を外嵌するハウジングと、前記転がり軸受に軸通される主軸と、前記転がり軸受の軸受空間にグリースを供給してグリース潤滑するグリース補給装置と、前記ハウジングの内部に冷却液を供給して所定個所を冷却する冷却手段とを有し、前記主軸に設けられたロータおよび前記ロータに対向するように前記ハウジングの内周面に設けられたステータを備えるモータにより、前記主軸が駆動される主軸装置であって、前記冷却手段が、前記ステータを冷却可能であるとともに、前記転がり軸受における少なくとも固定側軸受を冷却可能であることを特徴とする主軸装置。

（４９） 前記冷却手段が、前記冷却液を前記主軸内部に供給し、かつ、前記冷却液を前記主軸の長手方向に沿って流通させることにより前記主軸を冷却可能であることを特徴とする（４８）記載の主軸装置。

（５０） 前記主軸および前記ハウジングから排出される前記冷却液を回収する

冷却液回収手段を有することを特徴とする（４８）又は（４９）記載の主軸装置。

（５１） 前記主軸は、工作機械用主軸であることを特徴とする（４８）～（５０）のいずれかに記載の主軸装置。

（５２） 前記主軸は、高速モータ用主軸であることを特徴とする（４８）～（５０）のいずれかに記載の主軸装置。

（５３） 内周面に外輪軌道面を有する外輪と、外周面に内輪軌道面を有する内輪と、前記外輪軌道面と前記内輪軌道面との間に転動自在に設けられた転動体と、を有する転がり軸受の内部にグリースを補給するグリース補給機構を備えた転がり軸受用グリース補給装置であって、

前記グリース補給機構は、一回の補給量が０．００４ｃｃ～０．１ｃｃとなるようにグリースを補給することを特徴とするグリース補給装置。

（５４） 前記グリース補給機構は、前記外輪に設けられた補給孔を含むことを特徴とする（５３）記載のグリース補給装置。

（５５） 前記グリース補給機構は、前記転がり軸受に近接した外輪間座に設けられた補給孔を含むことを特徴とする（５３）記載のグリース補給装置。

（５６） 前記転がり軸受は、前記転動体がころであるころ軸受であることを特徴とする（５３）記載のグリース補給装置。

（５７） 前記転がり軸受は、接触角を有し、前記転動体が玉であるアンギュラ玉軸受であって、

前記グリース補給機構は、前記外輪軌道面の前記玉との接触部からずれた箇所に開口する補給孔を含むことを特徴とする（５３）記載のグリース補給装置。

（５８） 前記補給孔の直径が、０．１～５ｍｍの範囲内であることを特徴とする（５３）～（５７）のいずれかに記載のグリース補給装置。

（５９） 前記転がり軸受は主軸を回転自在に支持しており、

前記主軸の回転速度に応じて、前記グリースを補給する補給タイミングを制御する制御手段と、をさらに有することを特徴とする（５３）記載のグリース補給装置。

（６０） 前記制御手段は、回転速度を複数の領域に分割して前記領域毎に加算値を設定し、測定された前記回転速度に対応する前記加算値を単位時間毎に積算して積算値を求め、前記積算値が所定値以上となった場合に前記グリース補給機構にグリース補給を指示することを特徴とする（５９）記載のグリース補給装置。

（６１） 前記制御手段は、前記積算値をグリース補給時にリセットし、前記積算値のリセット回数を積算することを特徴とする（６０）記載のグリース補給装置。

（６２） 前記制御手段は、前記主軸の停止時は加算値を０とし積算を行わないことを特徴とする（６０）又は（６１）記載のグリース補給装置。

（６３） 前記制御手段は、前記グリース補給機構内のグリース残量が所定値以下になったときに前記主軸の回転速度を所定の回転速度以下となるように制御することを特徴とする（５９）～（６２）のいずれかに記載のグリース補給装置。

（６４） 前記制御手段は、前記グリース補給機構内のグリース残量が所定値以下になったときに前記主軸の回転速度を所定の回転速度以下となるように制御し、

前記所定の回転速度は、前記複数の領域の最高回転速度領域の１つ下の回転速度領域中にあることを特徴とする（６０）～（６２）のいずれかに記載のグリース補給装置。

（６５） 前記グリース補給機構は、逆止弁及び定量吐出ピストンを備え、グリースを吐出するための機械式定量型ピストンポンプと、グリースを貯蔵するグリースタンクと、前記グリースタンク内ピストンとを有し、前記グリースタンクにはグリースの残存量を監視するセンサが設けられていることを特徴とする（５３）記載のグリース補給装置。

（６６） 前記センサが、前記グリースタンク内ピストンに取り付けられた磁石を有していることを特徴とする（６５）記載のグリース補給装置。

（６７） 前記グリースタンク内のグリースの圧力、若しくは前記機械式定量型ピストンポンプと前記グリースタンクを接続するグリース配管内のグリースの圧力を監視するセンサが設けられていることを特徴とする（６５）又は（６６）記載のグリース補給装置。

（６８） 前記機械式定量型ピストンポンプがストロークしてグリースを吐出後、前記定量吐出ピストンが元に戻った状態で、前記グリースタンク内のグリースを加圧するために前記グリースタンク内ピストンに圧力を一定時間保持する機構が設けられていることを特徴とする（６５）～（６７）記載のいずれかに記載のグリース補給装置。

（６９） 前記グリース補給機構は、前記グリースを貯蔵するグリースタンクと、

前記グリースタンクから送給されたグリースを予め定められた量だけ収容するシリンダと、該シリンダ内に収容された定量のグリースをグリース補給用配管に吐出するように前記シリンダ内を往復移動可能に配された定量吐出ピストンと、前記シリンダの端部に配された逆止弁と、を有する機械式定量型ピストンポンプとを備えたことを特徴とする（５３）記載のグリース補給装置。

（７０） 前記機械式定量型ピストンポンプは、前記シリンダ内に媒体を供給するバルブを有し、前記定量吐出ピストンは、前記バルブより供給された前記媒体により駆動されることを特徴とする（６９）記載のグリース補給装置。

（７１） 前記グリース補給用配管は、テフロンチューブとしたことを特徴とする（６９）又は（７０）記載のグリース補給装置。

（７２） 前記グリース補給機構は、前記外輪に形成され前記転がり軸受の内部へグリースを補給する少なくとも一つの補給孔と、前記外輪の外周に形成され前記補給孔を含む環状溝とを備え、

前記環状溝の断面積（mm^2）を前記環状溝の断面周長さ（ｍｍ）で割った値が、０．２５ｍｍ以上であることを特徴とする（５３）記載のグリース補給装置。

（７３） 前記グリース補給機構は、前記外輪に形成され前記転がり軸受の内部へグリースを補給する少なくとも一つの補給孔と、前記転がり軸受を介して前記主軸を支持するハウジングの内周に形成され前記補給孔に臨む環状溝を備え、

前記環状溝の断面積（mm^2）を前記環状溝の断面周長さ（ｍｍ）で割った値が０．２５ｍｍ以上であることを特徴とする（５３）記載のグリース補給装置。

（７４） 前記外輪の外周または前記ハウジングの内周には、前記補給孔の軸方向両側に一対の外側円環溝が形成されており、前記一対の外側円環溝にはＯリン

グが嵌め込まれたことを特徴とする（７２）又は（７３）記載のグリース補給装置。

（７５） 前記ハウジングの内周と前記外輪の外周の隙間が３０μｍ以下であり、前記外輪の外径面と前記ハウジングが軸方向に接している部分の長さが１ｍｍ以上であることを特徴とする（７２）又は（７３）記載のグリース補給装置。

（７６） （５３）～（７５）のいずれかに記載のグリース補給装置を使用した工作機械用主軸装置。

（７７） （５３）～（７５）のいずれかに記載のグリース補給装置を使用した高速モータ用高速主軸装置。

（７８） 主軸を回転自在に支持する転がり軸受の内部に追加グリースを補給するグリース補給機構と、

前記主軸の回転速度に応じて、前記グリース補給機構が前記追加グリースを補給する補給タイミングを制御する制御手段と、を有することを特徴とするグリース補給装置。

（７９） 前記制御手段は、回転速度を複数の領域に分割して前記領域毎に加算値を設定し、測定された前記回転速度に対応する前記加算値を単位時間毎に積算して積算値を求め、前記積算値が所定値以上となった場合に前記グリース補給機構に前記追加グリース補給を指示することを特徴とする（７８）記載のグリース補給装置。

（８０） 前記制御手段は、前記積算値をグリース補給時にリセットし、前記積算値のリセット回数を積算することを特徴とする（７９）記載のグリース補給装置。

（８１） 前記制御手段は、前記軸の停止時は加算値を０とし積算を行わないことを特徴とする（７９）又は（８０）記載のグリース補給装置。

（８２） 前記制御手段は、前記グリース補給機構内のグリース残量が所定値以下になったときに前記軸の回転速度を所定の回転速度以下となるように制御することを特徴とする（７８）～（８１）のいずれかに記載のグリース補給装置。

（８３） 前記制御手段は、前記グリース補給機構内のグリース残量が所定値以

下になったときに前記軸の回転速度を所定の回転速度以下となるように制御し、

前記所定の回転速度は、前記複数の領域の最高回転速度領域の１つ下の回転速度領域中にあることを特徴とする（７９）～（８１）のいずれかに記載のグリース補給装置。

（８４） （７８）～（８３）のいずれかに記載のグリース補給装置を使用した工作機械用主軸装置。

（８５） （７８）～（８３）のいずれかに記載のグリース補給装置を使用した高速モータ用主軸装置。

（８６） グリース潤滑される回転体に追加グリースを補給するグリース補給方法であって、

回転速度を複数の領域に分割するステップと、

前記複数の回転速度領域毎に加算値を設定するステップと、

単位時間毎に前記回転体の実回転速度を測定するステップと、

前記実回転速度が前記複数の領域のうち、どの領域に含まれるかを決定するステップと、

前記実回転速度を含む領域に対応する前記加算値を積算して積算値を求めるステップと、

前記積算値が所定値以上となった場合に追加グリースを補給する指示を発するステップと、を有することを特徴とするグリース補給方法。

（８７） 前記積算値をグリース補給時にリセットし、前記積算値のリセット回数を積算することとすることを特徴とする（８６）記載のグリース補給方法。

（８８） 前記軸の停止時は加算値を０とし積算を行わないことを特徴とする（８６）又は（８７）記載のグリース補給方法。

（８９） グリース残存量が所定値以下となった場合に、前記実回転速度が所定値以下となるように制御するステップを有することを特徴とする（８６）～（８８）のいずれかに記載のグリース補給方法。

（９０） 前記実回転速度の所定値は、前記複数の領域の最高回転速度領域の１つ下の回転速度領域中にあることを特徴とする（８９）記載のグリース補給方法。

（９１）　（８６）～（９０）のいずれかに記載のグリース補給方法を使用した工作機械用主軸装置。

（９２）　（８６）～（９０）のいずれかに記載のグリース補給方法を使用した高速モータ用主軸装置。

（９３）　グリース潤滑される回転体に追加グリースを補給するグリース補給プログラムであって、

回転速度を複数の回転速度領域に分割するステップと、

前記複数の回転速度領域毎に加算値を設定するステップと、

単位時間毎に前記回転体の実回転速度を測定するステップと、

前記実回転速度が前記複数の領域のうち、どの領域に含まれるかを決定するステップと、

前記実回転速度を含む領域に対応する前記加算値を積算して積算値を求めるステップと、

前記積算値が所定値以上となった場合に追加グリースを補給する指示を発するステップと、をコンピュータに実行させることを特徴とするグリース補給プログラム。

（９４）　前記積算値をグリース補給時にリセットし、前記積算値のリセット回数を積算することを特徴とする（９３）記載のグリース補給プログラム。

（９５）　前記軸の停止時は加算値を０とし積算を行わないことを特徴とする（９３）又は（９４）記載のグリース補給プログラム。

（９６）　グリース残存量が所定値以下となった場合に、前記実回転速度が所定値以下となるように制御するステップを有することを特徴とする（９３）～（９５）のいずれかに記載のグリース補給プログラム。

（９７）　前記実回転速度の所定値は、前記複数の領域の最高回転速度領域の１つ下の回転速度領域中にあることを特徴とする（９６）記載のグリース補給プログラム。

（９８）　（９３）～（９７）のいずれかに記載のグリース補給プログラムを使用した工作機械用主軸装置。

（９９）　（９３）～（９７）のいずれかに記載のグリース補給プログラムを使用した高速モータ用主軸装置。

（１００）　逆止弁及び定量吐出ピストンを備え、グリースを吐出するための機械式定量型ピストンポンプと、前記グリースを貯蔵するグリースタンクと、前記グリースタンク内ピストンとを有し、前記グリースタンクには前記グリースの残存量を監視するセンサが設けられていることを特徴とするグリース補給装置。

（１０１）　前記センサが、前記グリースタンク内ピストンに取り付けられた磁石を有していることを特徴とする（１００）記載のグリース補給装置。

（１０２）　前記グリースタンク内の前記グリースの圧力、若しくは前記機械式定量型ピストンポンプと前記グリースタンクを接続するグリース配管内のグリースの圧力を監視するセンサが設けられていることを特徴とする（１００）又は（１０１）記載のグリース補給装置。

（１０３）　前記機械式定量型ピストンポンプがストロークしてグリースを吐出後、前記定量吐出ピストンが元に戻った状態で、前記グリースタンク内の前記グリースを加圧するために前記グリースタンク内ピストンに圧力を一定時間保持する機構が設けられていることを特徴とする（１００）～（１０２）のいずれかに記載のグリース補給装置。

（１０４）　（１００）～（１０３）のいずれかに記載のグリース補給装置を使用した工作機械用主軸装置。

（１０５）　（１００）～（１０３）のいずれかに記載のグリース補給装置を使用した高速モータ用主軸装置。

（１０６）　前記センサが、異常を検知した際に回転速度の上限を制御することを特徴とする（１０４）又は（１０５）に記載の主軸装置。

＜図面の簡単な説明＞

図１は、本発明に係る第１実施形態を示す断面図であり、

図２は、本発明に係る第２実施形態を示す断面図であり、

図３は、本発明に係る第３実施形態を示す断面図であり、

図４は、本発明に係る第４実施形態を示す断面図であり、

図５は、本発明に係る第５実施形態を示す断面図であり、

図６は、本発明に係る第６実施形態を示す断面図であり、

図７は、本発明に係る第７実施形態を示す断面図であり、

図８は、本発明に係る第８実施形態を示す断面図であり、

図９は、本発明に係る第９実施形態を示す断面図であり、

図１０は、本発明に係る第１０実施形態を示す断面図であり、

図１１は、本発明に係る第１１実施形態を示す断面図であり、

図１２は、本発明に係る第１２実施形態を示す断面図であり、

図１３は、本発明に係る第１３実施形態を示す断面図であり、

図１４は、本発明に係る第１４実施形態を示す断面図であり、

図１５は、本発明に係る第１５実施形態を示す断面図であり、

図１６は、本発明に係る第１～１５実施形態に記載の転がり軸受を用いて構成されるスピンドル装置を示す断面図であり、

図１７は、本発明に係る第１６～１７実施形態に記載の転がり軸受を用いて構成されるスピンドル装置を示す断面図であり、

図１８は、図１７に示すスピンドル装置の拡大断面図であり、本発明の第１６実施形態を示す図であり、

図１９は、図１７に示すスピンドル装置の拡大断面図であり、本発明の第１７実施形態を示す図であり、

図２０は、本発明に係る第１６実施形態の第１変形例を示す断面図であり、

図２１は、本発明に係る第１６実施形態の第２変形例を示す断面図であり、

図２２は、本発明に係る第１６実施形態の第３変形例を示す断面図であり、

図２３は、本発明に係る第１６実施形態の第４変形例を示す断面図であり、

図２４は、本発明に係る第１６実施形態の第５変形例を示す断面図であり、

図２５は、実施例２の温度脈動試験に用いられた試験用主軸装置を示す図であり、

図２６は、実施例２の脈動確認試験の結果を示すグラフであり、（ａ）はグリース補給量が０．０３５ｃｃの場合、（ｂ）はグリース補給量が０．１０ｃｃの場合、

（ｃ）はグリース補給量が０．１５ｃｃの場合、（ｄ）はグリース補給量が０．３０ｃｃの場合、そして（ｅ）はグリース補給量が０．６０ｃｃの場合を示す図であり、

図２７（ａ）は、本発明に係る第１８実施形態を示す断面図であり、

図２７（ｂ）は、図２７（ａ）の転がり軸受外周の平面図であり、

図２８（ａ）は、本発明に係る第１９実施形態を示す断面図であり、

図２８（ｂ）は、図２８（ａ）のハウジング内周の平面図であり、

図２９（ａ）は、本発明に係る第２０実施形態を示す断面図であり、

図２９（ｂ）は、図２９（ａ）の転がり軸受外周の平面図であり、

図３０（ａ）は、本発明に係る第２１実施形態を示す断面図であり、

図３０（ｂ）は、図３０（ａ）のハウジング内周の平面図であり、

図３１は、本発明に係る軸受のグリース補給装置の第２２実施形態を示す断面図であり、

図３２は、本発明に係る軸受のグリース補給装置の第２３実施形態を示す断面図であり、

図３３は、本発明に係る軸受のグリース補給装置の第２４実施形態を示す断面図であり、

図３４は、本発明に係る第２５実施形態を示す図であり、

図３５（ａ）は、本発明に係る第２６実施形態を示す断面図であり、

図３５（ｂ）は、図３５（ａ）の側面図であり、

図３６（ａ）は、本発明に係る第２７実施形態を示す断面図であり、

図３６（ｂ）は、図３６（ａ）の側面図であり、

図３７（ａ）は、本発明に係る第２８実施形態を示す断面図であり、

図３７（ｂ）は、図３７（ａ）の側面図であり、

図３８（ａ）は、本発明に係る第２９実施形態を示す断面図であり、

図３８（ｂ）は、図３８（ａ）の側面図であり、

図３９は、本発明に係る評価試験１に使用した軸受を示す図であり、

図４０は、本発明に係る評価試験２に使用した軸受を示す図であり、

図４１は、本発明に係る第３０実施形態の軸受装置の断面図であり、

図４２は、本発明に係る第３０実施形態のグリース補給システムを示すブロック図であり、

図４３は、本発明に係る第３０実施形態の制御装置の詳細を示すブロック図であり、

図４４は、本発明に係る第３０実施形態のグリース補給タイミング算出のための処理を示すフローチャートであり、

図４５は、本発明に係る第３０実施形態のグリース補給動作を示すタイムチャートであり、

図４６は、本発明に係る第３１実施形態のグリース補給タイミング算出のための処理を示すフローチャートであり、

図４７は、本発明に係る第３１実施形態のグリース補給動作を示すタイムチャートであり、

図４８は、本発明に係る第３２実施形態の軸受装置の断面図であり、

図４９は、本発明に係る第３３実施形態のグリース補給システムを示すブロック図であり、

図５０は、本発明に係る第３３実施形態のグリース補給システムが適用されるスピンドルを示す図であり、

図５１は、本発明に係る第３３実施形態の制御フローを示すフローチャートであり、

図５２は、本発明に係る第３３実施形態の積算処理を示すフローチャートであり、

図５３は、本発明に係る第３３実施形態のエア圧力チェックを示すフローチャートであり、

図５４は、本発明に係る第３３実施形態のグリース圧力チェックを示すフローチャートであり、

図５５は、本発明に係る第３３実施形態のレベルチェックを示すフローチャートであり、

図５６は、本発明の第３４実施形態に係るグリース補給装置の構成図であり、

図５７は、第３４実施形態に係るグリース補給装置のグリースタンクの断面図であり、

図５８は、第３４実施形態に係るグリース補給装置のセンサ反応時のグリースタンクの断面図であり、

図５９は、図５６における第３４実施形態に係るグリース補給装置の回路図であり、

図６０は、図５９における第３４実施形態に係るグリース補給装置の制御方法を示す図であり、

図６１は、本発明の第３５実施形態に係るグリース補給装置を示す構成図であり、

図６２は、図６１における本発明のグリース補給装置の回路図であり、

図６３は、図６２における本発明のグリース補給装置の制御方法を示す図であり、

図６４は、本発明の第３６実施形態に係るグリース補給装置を示す回路図であり、

図６５は、図６４における本発明のグリース補給装置の制御方法を示す図であり、

図６６は、タンク内グリースと時間の関係を表すグラフであり、

図６７は、本発明のグリース補給装置の第３７実施形態を示す断面図であり、

図６８は、図６７におけるグリース補給装置要部の断面図であり、

図６９は、図６７におけるグリース補給装置のグリース吐出前状態を説明する断面図であり、

図７０は、図６７におけるグリース補給装置のグリース吐出状態を説明する断面図であり、

図７１は、本発明のグリース補給装置の第３８実施形態を示す断面図であり、

図７２（ａ）は、本発明のグリース補給装置の第３９実施形態の要部におけるグリース吐出状態を説明する断面図であり、

図７２（ｂ）は、図７２（ａ）のグリース吐出前状態を説明する断面図であり、

図７３（ａ）は、本発明のグリース補給装置の第４０実施形態の要部におけるグリース吐出状態を説明する断面図であり、

図７３（ｂ）は、図７３（ａ）のグリース吐出前状態を説明する断面図であり、

図７４は、本発明のグリース補給装置の第４１実施形態を示す断面図であり、

図７５は、本発明のグリース補給装置の第４２実施形態を示す断面図であり、

図７６は、本発明のグリース補給装置の第４３実施形態を示す断面図であり、

図７７は、本発明の第４４実施形態の主軸装置を示す模式図であり、

図７８は、本発明の第４４実施形態のスピンドルを示す断面図であり、

図７９は、本発明の第４５実施形態の主軸装置を示す模式図であり、

図８０は、本発明の第４６実施形態の主軸装置を示す模式図であり、

図８１は、本発明の第４７実施形態の主軸装置を示す模式図であり、

図８２は、本発明の第４８実施形態の主軸装置を示す模式図であり、

図８３は、本発明の第４９実施形態のスピンドルを示す断面図であり、

図８４は、本発明の実験を行った試験機を示す断面図であり、

図８５は、本発明の実施例の試験条件を示す図であり、

図８６は、本発明の実施例の試験結果を示す図であり、

図８７は、本発明の実施例の試験条件を示す図であり、

図８８は、本発明の実施例の試験結果を示す図であり、

図８９は、本発明の実施例の試験条件を示す図であり、

図９０は、本発明の実施例の試験結果を示す図であり、

図９１は、実験に用いたころ軸受を示す断面図であり、

図９２は、グリースの供給量を検証する際のグリースの供給様式を説明するための模式図であり、

図９３は、本発明に係る主軸装置の第５０実施形態の要部を示した断面図であり、

図９４は、第５０の実施形態で採用した切削液検出センサを示した概念図であり、

図９５は、本発明に係る主軸装置の第５１実施形態の要部を示した断面図であり、

図９６は、本発明に係る主軸装置の第５２実施形態の要部を示した断面図であり、

図９７は、本発明に係る主軸装置の第５３実施形態の要部を示した断面図であり、

図９８は、本発明に係る主軸装置の第５４施形態の要部を示した断面図であり、

図９９は、本発明に係る主軸装置の第５５施形態の要部を示した断面図であり、

図１００は、本発明の主軸装置を備えた工作機械の制御システムを示した図であり、

図１０１は、切削液検出センサの出力信号を時系列で測定したグラフであり、

図１０２は、本発明の第５６実施形態を示す断面図であり、

図１０３は、本発明の第５６実施形態の外輪間座の切り欠きを示す図であり、

図１０４は、本発明の第５７実施形態を示す断面図であり、

図１０５は、本発明の第５７実施形態の潤滑剤が通り抜ける穴を示す図であり、

図１０６は、本発明の第５８実施形態を示す断面図であり、

図１０７は、本発明の第５９実施形態を示す断面図であり、

図１０８は、本発明の第６０実施形態を示す断面図であり、

図１０９は、本発明の第６１実施形態を示す断面図であり、

図１１０は、本発明の第６２実施形態を示す断面図であり、

図１１１は、本発明の第６３実施形態を示す断面図であり、

図１１２は、本発明と従来例との試験結果を示す図であり、

図１１３は、従来のグリース補給装置の構成図であり、

図１１４は、従来の別のグリース補給装置を示す断面図であり、

図１１５は、従来の更に別のグリース補給装置を示す断面図であり、

図１１６は、従来のまた更に別のグリース補給装置を示す断面図であり、

図１１７は、従来の主軸装置の要部を示した断面図であり、

図１１８は、従来の別の主軸装置の要部を示した断面図であり、

図１１９は、従来例を示す断面図であり、

図１２０は、別の従来例を示す断面図であり、

図１２１は、従来のグリース補給装置を示す断面図である。

＜発明を実施するための最良の形態＞

以下、図面に基づいて本発明の実施形態を説明する。

（第１実施形態）

図１に示す本発明に係る第１実施形態のアンギュラ玉軸受１０は、外周面に内輪軌道１１ａを有する内輪１１、内周面に外輪軌道１２ａを有する外輪１２、内外輪１１，１２間に形成された内輪軌道１１ａ及び外輪軌道１２ａに沿って複数配置された玉１３及び玉１３を円周方向等間隔に保持する保持器１４を備えている。本実施形態のアンギュラ玉軸受１０は、工作機械の主軸支持用に用いられる外輪カウンタボア軸受である。

本実施形態においては、外輪１２のカウンタボア側（図１では右側）に、外輪１２を径方向に貫通する本発明のグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての補給孔１５が設けられている。補給孔１５は、直径０．１～５ｍｍの円形断面を有している。補給孔１５は、外輪１２の内径面の、外輪軌道１２ａに隣接する箇所に開口している。

補給孔１５は､外輪１２の周方向に間隔をあけた複数箇所に設けられてもよい。なお、補給孔１５は、接触部１２ｂのある側に設けられてもよく、接触部１２ｂ以外の部分に設ければよい。

アンギュラ玉軸受１０の軸受空間には、軸受空間容積の１０～２０％の量のグリースが初期封入される。ここで、軸受空間容積とは、外輪内径と内輪外径との間にできる空間から、転動体の体積及び保持器の体積を差し引いた容積を意味する。そして、軸受使用時には、次のようなグリース補給方法が適用される。すなわち、適宜なタイミングで（間欠的、定期的に）、補給孔１５を介して、一回の補給量が０．００４ｃｃ～０．１ｃｃとなるようにグリースショットさせる。グリースショットのバラツキを考慮すると、一回の補給量の上限は、０．１２ｃｃである。また、一回のグリース補給量は、温度の脈動の発生防止を考慮すると、０．

０１ｃｃ～０．０３ｃｃであることが好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、アンギュラ玉軸受１０が取り付けられる工作機械の軸精度の劣化を防ぐことができる。

（第２実施形態）

図２に示す本発明に係る第２実施形態のアンギュラ玉軸受２０は、内輪２１、外輪２２、内外輪２１の内輪軌道２１ａと外輪２２の外輪軌道２２ａとの間に複数配置された玉２３及び玉２３を円周方向等間隔に保持する保持器２４を備えている。

本実施形態においては、外輪２２のカウンタボア側（図２では右側）に、外輪２２を径方向に貫通するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての補給孔２５が設けられている。補給孔２５の外輪内径面側には、グリースだまり２５ａが形成されている。グリースだまり２５ａの断面積は、補給孔２５の他の部分の断面積より大きい。補給孔２５は、グリースだまり２５ａを有しているため、段付き円柱状空間となっている。グリースだまり２５ａは、外輪２２の内径面であって、外輪軌道２２ａに隣接する箇所に位置している。以下に説明する他の実施形態においても、補給孔がグリースだまりを有してもよい。

アンギュラ玉軸受２０の軸受空間には、軸受空間容積の１０～２０％の量のグリースが初期封入される。そして、軸受使用時には、次のようなグリース補給方法が適用される。すなわち、適宜なタイミングで（間欠的、定期的に）、補給孔２５を介して、一回の補給量が０．００４ｃｃ～０．１ｃｃとなるようにグリースショットさせる。グリースショットのバラツキを考慮すると、一回の補給量の上限は、０．１２ｃｃである。また、一回のグリース補給量は、温度の脈動の発生防止を考慮すると、０．０１ｃｃ～０．０３ｃｃであることが好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、アンギュラ玉軸受２０が取り付けられる工作機械の軸精

度の劣化を防ぐことができる。

（第３実施形態）

図３に示す本発明に係る第３実施形態のアンギュラ玉軸受３０は、内輪３１、外輪３２、内輪３１の内輪軌道３１ａと外輪３２の外輪軌道３２ａとの間に複数配置された玉３３及び玉３３を円周方向等間隔に保持する保持器３４を備えている。本実施形態のアンギュラ玉軸受３０は、内輪カウンタボア軸受である。

本実施形態においては、外輪３２の外輪軌道３２ａであって接触部３２ｂのある側（図３では右側）の反対側に、外輪３２を径方向に貫通するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての補給孔３５が開口している。尚、補給孔３５は、接触部３２ｂのある側であってもよく、接触部３２ｂ以外の部分に設ければよい。

アンギュラ玉軸受３０の軸受空間には、軸受空間容積の１０～２０％の量のグリースが初期封入される。そして、軸受使用時には、次のようなグリース補給方法が適用される。すなわち、適宜なタイミングで（間欠的、定期的に）、補給孔３５を介して、一回の補給量が０．００４ｃｃ～０．１ｃｃとなるようにグリースショットさせる。グリースショットのバラツキを考慮すると、一回の補給量の上限は、０．１２ｃｃである。また、一回のグリース補給量は、温度の脈動の発生防止を考慮すると、０．０１ｃｃ～０．０３ｃｃであることが好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、アンギュラ玉軸受３０が取り付けられる工作機械の軸精度の劣化を防ぐことができる。

（第４実施形態）

図４に示す本発明に係る第４実施形態のアンギュラ玉軸受４０は、内輪４１、外輪４２、内輪４１の内輪軌道４１ａと外輪４２の外輪軌道４２ａとの間に複数配置された玉４３及び外輪案内の保持器４４を備えている。本実施形態のアンギュラ玉軸受４０は、外輪カウンタボア軸受である。

本実施形態においては、外輪４２のカウンタボア側（図４では右側）に、外輪

４２を径方向に貫通するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての補給孔４５が設けられている。補給孔４５は、保持器４４の片側（図４では右側）の案内面４４ａに向けて開口している。

アンギュラ玉軸受４０の軸受空間には、軸受空間容積の１０～２０％の量のグリースが初期封入される。そして、軸受使用時には、次のようなグリース補給方法が適用される。すなわち、適宜なタイミングで（間欠的、定期的に）、補給孔４５を介して、一回の補給量が０．００４ｃｃ～０．１ｃｃとなるようにグリースショットさせる。グリースショットのバラツキを考慮すると、一回の補給量の上限は、０．１２ｃｃである。また、一回のグリース補給量は、温度の脈動の発生防止を考慮すると、０．０１ｃｃ～０．０３ｃｃであることが好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、アンギュラ玉軸受４０が取り付けられる工作機械の軸精度の劣化を防ぐことができる。

（第５実施形態）

図５に示す本発明に係る第５実施形態のアンギュラ玉軸受５０は、内輪５１、外輪５２、内輪５１の内輪軌道５１ａと外輪５２の外輪軌道５２ａとの間に複数配置された玉５３及び外輪案内の保持器５４を備えている。本実施形態のアンギュラ玉軸受５０は、外輪カウンタボア軸受である。

本実施形態においては、外輪５２の反カウンタボア側（図では左側）に、外輪５２を径方向に貫通するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての補給孔５５が設けられている。補給孔５５は、保持器５４の片側（図では左側）の案内面５４ａに向けて開口している。

アンギュラ玉軸受５０の軸受空間には、軸受空間容積の１０～２０％の量のグリースが初期封入される。そして、軸受使用時には、次のようなグリース補給方法が適用される。すなわち、適宜なタイミングで（間欠的、定期的に）、補給孔５５を介して、一回の補給量が０．００４ｃｃ～０．１ｃｃとなるようにグリースショットさせる。グリースショットのバラツキを考慮すると、一回の補給量の上

限は、０．１２ｃｃである。また、一回のグリース補給量は、温度の脈動の発生防止を考慮すると、温度の脈動の発生防止を考慮すると、０．０１ｃｃ～０．０３ｃｃであることが好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、アンギュラ玉軸受５０が取り付けられる工作機械の軸精度の劣化を防ぐことができる。

（第６実施形態）

図６に示す本発明に係る第６実施形態の複列円筒ころ軸受６０は、内輪６１、外輪６２、内輪６１の内輪軌道６１ａと外輪６２の外輪軌道６２ａとの間に２列に複数配置された円筒ころ６３及び各列の円筒ころ６３を円周方向等間隔に保持する保持器６４を備えている。本実施形態の複列円筒ころ軸受６０は、工作機械の主軸支持用転がり軸受である。

本実施形態においては、外輪６２の軸方向中央部に、外輪６２を径方向に貫通するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての補給孔６５が設けられている。補給孔６５は、直径０．１～５ｍｍの円形断面を有している。補給孔６５は、それぞれの保持器６４の、２列の円筒ころ６３の間に位置する部分に向けて開口している。

本実施形態においては、外輪外径面の軸方向中央部に、補給孔６５に連通する溝６５ｂを設けて、補給孔６５にグリースＧｒをショットし易くしているが、溝６５ｂはなくてもよい。

円筒ころ軸受６０の軸受空間には、軸受空間容積の８～１５％の量のグリースが初期封入される。そして、軸受使用時には、次のようなグリース補給方法が適用される。すなわち、適宜なタイミングで（間欠的、定期的に）、補給孔６５を介して、一回の補給量が一列につき０．００４ｃｃ～０．１ｃｃとなるようにグリースＧｒをショットさせる。グリースショットのバラツキを考慮すると、一回の補給量の上限は、０．１２ｃｃである。また、円筒ころ軸受は、アンギュラ玉軸受よりも温度の脈動が顕著に起こりやすいため、一回の補給量はアンギュラ玉軸受への補給量よりも少なくする必要がある。したがって、円筒ころ軸受の場合に

は、一列につき一回のグリース補給量が０．００５ｃｃ～０．０２ｃｃであることが特に好ましい。

保持器６４に向けてショットされたグリースＧｒは、軸受回転に伴って、内外輪の軌道面の円周上に均一に塗布される。こうして、ショットされたグリースＧｒによる新しい油膜が形成される。必要最低限のグリース以外は、転動面外側にかき出されて土手のような形状になる。その状態のグリースから微量な基油が漏れて、転動面や保持器案内面が潤滑される。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、複列円筒ころ軸受６０が取り付けられる工作機械の軸精度の劣化を防ぐことができる。

（第７実施形態）

図７に示す本発明に係る第７実施形態の複列円筒ころ軸受７０は、内輪７１、外輪７２、内輪７１の内輪軌道７１ａと外輪７２の外輪軌道７２ａとの間に２列に複数配置された円筒ころ７３及び各列の円筒ころ７３を円周方向等間隔に保持する保持器７４を備えている。

本実施形態においては、外輪７２に、外輪７２を径方向に貫通するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての補給孔７５が、軸方向に見て複数（ここでは２本）設けられている。補給孔７５は、各列の円筒ころ７３の転動面に向けて開口している。外輪外径面には、２列の溝７５ｂが設けられている。

円筒ころ軸受７０の軸受空間には、軸受空間容積の８～１５％の量のグリースが初期封入される。そして、軸受使用時には、次のようなグリース補給方法が適用される。すなわち、適宜なタイミングで（間欠的、定期的に）、補給孔７５を介して、一列につき一回の補給量が０．００４ｃｃ～０．１ｃｃとなるようにグリースＧｒをショットさせる。グリースショットのバラツキを考慮すると、一回の補給量の上限は、０．１２ｃｃである。円筒ころ軸受は、アンギュラ玉軸受よりも温度の脈動が顕著に起こりやすいため、一回の補給量はアンギュラ玉軸受への補給量よりも少なくする必要がある。したがって、円筒ころ軸受の場合には、一列につき一回のグリース補給量が０．００５ｃｃ～０．０２ｃｃであることが特に好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣

化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、複列円筒ころ軸受７０が取り付けられる工作機械の軸精度の劣化を防ぐことができる。

（第８実施形態）

図８に示す本発明に係る第８実施形態の単列円筒ころ軸受８０は、内輪８１、外輪８２、内輪８１の内輪軌道８１ａと外輪８２の外輪軌道８２ａとの間に複数配置された円筒ころ８３及び外輪案内の保持器８４を備えている。

本実施形態においては、外輪８２に、外輪８２を径方向に貫通するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての補給孔８５が、軸方向に見て２本設けられている。各補給孔８５は、円筒ころ８３の軸方向両側に位置する、保持器８４の案内面に向けて開口している。外輪外径面には、２列の溝８５ｂが設けられている。

図示しないが、片側の保持器案内面に向けて開口する、軸方向に見て１本の補給孔を設けた構成とすることもできる。

円筒ころ軸受８０の軸受空間には、軸受空間容積の８～１５％の量のグリースが初期封入される。そして、軸受使用時には、次のようなグリース補給方法が適用される。すなわち、適宜なタイミングで（間欠的、定期的に）、補給孔８５を介して、一回の補給量が０．００４ｃｃ～０．１ｃｃとなるようにグリースＧｒをショットさせる。グリースショットのバラツキを考慮すると、一回の補給量の上限は、０．１２ｃｃである。円筒ころ軸受は、アンギュラ玉軸受よりも温度の脈動が顕著に起こりやすいため、一回の補給量はアンギュラ玉軸受への補給量よりも少なくする必要がある。したがって、円筒ころ軸受の場合には、一回のグリース補給量が０．００５ｃｃ～０．０２ｃｃであることが特に好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、単列円筒ころ軸受８０が取り付けられる工作機械の軸精度の劣化を防ぐことができる。

（第９実施形態）

図９に示す本発明に係る第９実施形態の単列円筒ころ軸受９０は、内輪９１、外輪９２、内輪９１の内輪軌道９１ａと外輪９２の外輪軌道９２ａとの間に複数配置された円筒ころ９３及び外輪案内の保持器９４を備えている。

本実施形態においては、外輪９２の軸方向中央部に、外輪９２を径方向に貫通するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての補給孔９５が設けられている。補給孔９５は、円筒ころ９３の転動面に向けて開口している。外輪外径面の軸方向中央部には、溝９５ｂが設けられている。

円筒ころ軸受９０の軸受空間には、軸受空間容積の８～１５％の量のグリースが初期封入される。そして、軸受使用時には、次のようなグリース補給方法が適用される。すなわち、適宜なタイミングで（間欠的、定期的に）、補給孔９５を介して、一回の補給量が０．００４ｃｃ～０．１ｃｃとなるようにグリースＧｒをショットさせる。グリースショットのバラツキを考慮すると、一回の補給量の上限は、０．１２ｃｃである。円筒ころ軸受は、アンギュラ玉軸受よりも温度の脈動が顕著に起こりやすいため、一回の補給量はアンギュラ玉軸受への補給量よりも少なくする必要がある。したがって、円筒ころ軸受の場合には、一回のグリース補給量が０．００５ｃｃ～０．０２ｃｃであることが特に好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、単列円筒ころ軸受９０が取り付けられる工作機械の軸精度の劣化を防ぐことができる。

（第１０実施形態）

図１０に示す本発明第１０実施形態の単列円筒ころ軸受１００は、内輪１０１、外輪１０２、内輪１０１の内輪軌道１０１ａと外輪１０２の外輪軌道１０２ａとの間に複数配置された円筒ころ１０３及び外輪案内の保持器１０４を備えている。

本実施形態においては、外輪１０２に、外輪１０２を径方向に貫通するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての補給孔１０５が、軸方向に見て２本設けられている。各補給孔１０５は、円筒ころ１０３の軸方向両端面と保持器１０４の案内面との間に向けて開口している。外輪外径面には、２列の溝１０

５ｂが設けられている。

図示しないが、径方向に見て１本の補給孔を設けた構成とすることもできる。

円筒ころ軸受１００の軸受空間には、軸受空間容積の８～１５％の量のグリースが初期封入される。そして、軸受使用時には、次のようなグリース補給方法が適用される。すなわち、適宜なタイミングで（間欠的、定期的に）、補給孔１０５を介して、一回の補給量が０．００４ｃｃ～０．１ｃｃとなるようにグリースＧｒをショットさせる。グリースショットのバラツキを考慮すると、一回の補給量の上限は、０．１２ｃｃである。円筒ころ軸受は、アンギュラ玉軸受よりも温度の脈動が顕著に起こりやすいため、一回の補給量はアンギュラ玉軸受への補給量よりも少なくする必要がある。したがって、円筒ころ軸受の場合には、一回のグリース補給量が０．００５ｃｃ～０．０２ｃｃであることが特に好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、単列円筒ころ軸受１００の軸精度の劣化を防ぐことができる。

（第１１実施形態）

図１１に示す本発明第１１実施形態の単列円筒ころ軸受１１０は、内輪１１１、外輪１１２、内輪１１１の内輪軌道１１１ａと外輪１１２の外輪軌道１１２ａとの間に複数配置された円筒ころ１１３及び外輪案内の保持器１１４を備えている。

本実施形態においては、外輪１１２の軸方向中央部に、外輪１１２を径方向に貫通するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての補給孔１１５が設けられている。補給孔１１５は、グリースをショットするノズル２６０の、先端テーパ形状に対応するテーパ形状になっており、外径面側から内径面側に向かうにつれて直径が減少している。すなわち、補給孔１１５は、円錐台状空間になっている。補給孔１１５は、円筒ころ１１３の転動面に向けて開口している。

円筒ころ軸受１１０の軸受空間には、軸受空間容積の８～１５％の量のグリースが初期封入される。そして、軸受使用時には、次のようなグリース補給方法が適用される。すなわち、適宜なタイミングで（間欠的、定期的に）、補給孔１１５

を介して、一回の補給量が０．００４ｃｃ～０．１ｃｃとなるようにグリースＧｒをショットさせる。グリースショットのバラツキを考慮すると、一回の補給量の上限は、０．１２ｃｃである。円筒ころ軸受は、アンギュラ玉軸受よりも温度の脈動が顕著に起こりやすいため、一回の補給量はアンギュラ玉軸受への補給量よりも少なくする必要がある。したがって、円筒ころ軸受の場合には、一回のグリース補給量が０．００５ｃｃ～０．０２ｃｃであることが特に好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、単列円筒ころ軸受１１０が取り付けられる工作機械の軸精度の劣化を防ぐことができる。

（第１２実施形態）

図１２に示す本発明に係る第１２実施形態の単列円筒ころ軸受１２０は、内輪１２１、二つの鍔１２２ｂを有する外輪１２２、内輪１２１の内輪軌道１２１ａと外輪１２２の外輪軌道１２２ａとの間に配置された円筒ころ１２３及び外輪案内の保持器１２４を備えている。

円筒ころ１２３は、外輪１２２の内周面である鍔１２２ｂ間に形成された外輪軌道１２２ａおよび内輪１２１の外周面に形成された内輪軌道１２１ａに沿って転動可能に配置されている。外輪軌道１２２ａの両端部には、円筒ころ１２３のエッジ部１２３ａと対向する位置に、凹部である逃げ部１２２ｃが設けられ、エッジ部１２３ａとの干渉を避ける構造となっている。

本実施形態においては、外輪１２２を径方向に貫通し、外輪１２２の逃げ部１２２ｃの一方に連通するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての一つの補給孔１２５が形成されている。追加グリースは、外部から補給孔１２５を介して径方向に転がり軸受１２０の内部の逃げ部１２２ｃに補給される。

円筒ころ軸受１２０の軸受空間には、軸受空間容積の８～１５％の量のグリースが初期封入される。そして、軸受使用時には、次のようなグリース補給方法が適用される。すなわち、適宜なタイミングで（間欠的、定期的に）、補給孔１２５を介して、一回の補給量が０．００４ｃｃ～０．１ｃｃとなるようにグリースＧ

ｒをショットする。補給されたグリースは、補給されたグリースは、円筒ころ１２３の転動に伴い、軸受内部全体に馴染み、不足したグリースを補う。

グリースショットのバラツキを考慮すると、一回の補給量の上限は、０．１２ｃｃである。円筒ころ軸受は、アンギュラ玉軸受よりも温度の脈動が顕著に起こりやすいため、一回の補給量はアンギュラ玉軸受への補給量よりも少なくする必要がある。したがって、円筒ころ軸受の場合には、一回のグリース補給量が０．００５ｃｃ～０．０２ｃｃであることが特に好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、単列円筒ころ軸受１２０が取り付けられる工作機械の軸精度の劣化を防ぐことができる。

（第１３実施形態）

図１３に示す本発明の第１３実施形態の単列円筒ころ軸受１３０は、内輪１３１、二つの鍔１３２ｂを有する外輪１３２、内輪１３１の内輪軌道１３１ａと外輪１３２の外輪軌道１３２ａとの間に配置された二つの円筒ころ１３３及び外輪案内の保持器１３４を備えている。

円筒ころ１３３は、外輪１３２の内周面である鍔１３２ｂ間に形成された外輪軌道１３２ａおよび内輪１３１の外周面に形成された内輪軌道１３１ａに沿って転動可能に配置されている。外輪軌道１３２ａの両端部には、円筒ころ１３３のエッジ部１３３ａと対向する位置に、凹部である逃げ部１３２ｃが設けられ、エッジ部１３３ａとの干渉を避ける構造となっている。

本実施形態においては、外輪１３２を径方向に貫通し、外輪１３２の逃げ部１３２ｃのそれぞれに連通するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての二つの補給孔１３５が形成されている。追加グリースは、外部から補給孔１３５を介して径方向に転がり軸受１３０の内部の逃げ部１３２ｃに補給される。

円筒ころ軸受１３０の軸受空間には、軸受空間容積の８～１５％の量のグリースが初期封入される。そして、軸受使用時には、次のようなグリース補給方法が適用される。すなわち、適宜なタイミングで（間欠的、定期的に）、補給孔１３５

を介して、一回の補給量が０．００４ｃｃ～０．１ｃｃとなるようにグリースＧｒをショットする。補給されたグリースは、補給されたグリースは、円筒ころ１３３の転動に伴い、軸受内部全体に馴染み、不足したグリースを補う。

グリースショットのバラツキを考慮すると、一回の補給量の上限は、０．１２ｃｃである。円筒ころ軸受は、アンギュラ玉軸受よりも温度の脈動が顕著に起こりやすいため、一回の補給量はアンギュラ玉軸受への補給量よりも少なくする必要がある。したがって、円筒ころ軸受の場合には、一回のグリース補給量が０．００５ｃｃ～０．０２ｃｃであることが特に好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、単列円筒ころ軸受１３０が取り付けられる工作機械の軸精度の劣化を防ぐことができる。

（第１４実施形態）

図１４に示す本発明の第１４実施形態の複列円筒ころ軸受１４０は、内輪１４１、外輪１４２、内輪１４１の内輪軌道１４１ａと外輪１４２の外輪軌道１４２ａとの間に配置された円筒ころ１４３及び外輪案内の保持器１４４を備えている。

外輪１４２は、軸方向両端に形成された二つの鍔１４２ｂと内径面中央に形成された鍔１４２ｄとを有している。鍔１４２ｂと鍔１４２ｄとの間には、それぞれ二つの外輪軌道１４２ａが形成されている。

二つの円筒ころ１４３は、二つの外輪軌道１４２ａおよび内輪１４１の外周面に形成された内輪軌道１４１ａに沿ってそれぞれ転動可能に配置されている。外輪軌道１４２ａの両端部のそれぞれには、円筒ころ１４３のエッジ部１４３ａと対向する位置に、凹部である逃げ部１４２ｃが設けられ、エッジ部１４３ａとの干渉を避ける構造となっている。

本実施形態においては、外輪１４２を径方向に貫通し、それぞれの外輪軌道１４２ａの両端部に設けられた逃げ部１４２ｃの一方に連通するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての二つの補給孔１４５が設けられている。追加グリースは、外部から補給孔１４５を介して径方向に転がり軸受１４０の内部

の逃げ部１４２ｃに補給される。

円筒ころ軸受１４０の軸受空間には、軸受空間容積の８～１５％の量のグリースが初期封入される。そして、軸受使用時には、次のようなグリース補給方法が適用される。すなわち、適宜なタイミングで（間欠的、定期的に）、補給孔１４５を介して、一列につき一回の補給量が０．００４ｃｃ～０．１ｃｃとなるようにグリースＧｒをショットする。補給されたグリースは、補給されたグリースは、円筒ころ１４３の転動に伴い、軸受内部全体に馴染み、不足したグリースを補う。

グリースショットのバラツキを考慮すると、一回の補給量の上限は、０．１２ｃｃである。円筒ころ軸受は、アンギュラ玉軸受よりも温度の脈動が顕著に起こりやすいため、一回の補給量はアンギュラ玉軸受への補給量よりも少なくする必要がある。したがって、円筒ころ軸受の場合には、一列につき一回のグリース補給量が０．００５ｃｃ～０．０２ｃｃであることが特に好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、複列円筒ころ軸受１４０が取り付けられる工作機械の軸精度の劣化を防ぐことができる。

（第１５実施形態）

図１５に示す本発明の第１５実施形態の複列円筒ころ軸受１５０は、内輪１５１、外輪１５２、内輪１５１の内輪軌道１５１ａと外輪１５２の外輪軌道１５２ａとの間に配置された円筒ころ１５３及び外輪案内の保持器１５４を備えている。

外輪１５２は、軸方向両端に形成された二つの鍔１５２ｂと内径面中央に形成された鍔１５２ｄとを有している。鍔１５２ｂと鍔１５２ｄとの間には、それぞれ二つの外輪軌道１５２ａが形成されている。

二つの円筒ころ１５３は、二つの外輪軌道１５２ａおよび内輪１５１の外周面に形成された内輪軌道１５１ａに沿ってそれぞれ転動可能に配置されている。外輪軌道１５２ａ両端部のそれぞれには、円筒ころ１５３のエッジ部１５３ａと対向する位置に、凹部である逃げ部１５２ｃが設けられ、エッジ部１５３ａとの干渉を避ける構造となっている。

本実施形態においては、外輪１５２を径方向に貫通し、それぞれの外輪軌道１５２ａの両端部に設けられた逃げ部１５２ｃのそれぞれに連通するグリース補給装置(或いはグリース補給機構)としての四つの補給孔１５５が設けられている。追加グリースは、外部から補給孔１５５を介して径方向に転がり軸受１５０の内部の逃げ部１５２ｃに補給される。

円筒ころ軸受１５０の軸受空間には、軸受空間容積の８～１５％の量のグリースが初期封入される。そして、軸受使用時には、次のようなグリース補給方法が適用される。すなわち、適宜なタイミングで（間欠的、定期的に)、補給孔１５５を介して、一列につき一回の補給量が０．００４ｃｃ～０．１ｃｃとなるようにグリースＧｒをショットする。補給されたグリースは、補給されたグリースは、円筒ころ１５３の転動に伴い、軸受内部全体に馴染み、不足したグリースを補う。

グリースショットのバラツキを考慮すると、一回の補給量の上限は、０．１２ｃｃである。円筒ころ軸受は、アンギュラ玉軸受よりも温度の脈動が顕著に起こりやすいため、一回の補給量はアンギュラ玉軸受への補給量よりも少なくする必要がある。したがって、円筒ころ軸受の場合には、一列につき一回のグリース補給量が０．００５ｃｃ～０．０２ｃｃであることが特に好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、複列円筒ころ軸受１５０が取り付けられる工作機械の軸精度の劣化を防ぐことができる。

なお、図１～図１５に示した転がり軸受において、外輪外径面に溝を設けたものと無いものとがあるが、全ての転がり軸受について溝を設けることも設けないことも可能である。

また、外輪外径面もしくはハウジング内径面にＯリングを設けて、グリース漏れを防ぐことも可能である。

図１６は、本発明に係る第１～１５実施形態に記載の転がり軸受を用いて構成される工作機械用主軸装置としてのスピンドル装置１６０を示す図である。このスピンドル装置１６０は、主軸ハウジング１６１内に第１実施形態の外輪溝付き

タイプのアンギュラ玉軸受１０及び第１０実施形態の補給孔片側１本の円筒ころ軸受１００を用いて主軸１７１を支持している。なお、図１６の主軸装置は、例示のために異種の軸受を用いているが、同種の軸受のみから構成するようにしてもよい。

主軸ハウジング１６１は、ハウジング本体１６２と、ハウジング本体１６２の前端（図中左側）に内嵌固定された前側軸受ハウジング１６３と、ハウジング本体１６２の後側（図中右側）に内嵌固定された後側ハウジング１６４とを備えている。前側軸受ハウジング１６３の端部には、外輪押さえ部材１６５及び内輪押さえ部材１６６が設けられており、外輪押さえ部材１６５と内輪押さえ部材１６６との間には、ラビリンスが形成されている。主軸ハウジング１６１の後端面は、カバー１７０によって覆われている。

主軸１７１は、前側軸受ハウジング１６３に外嵌する２つの転がり軸受１０，１０（図１に示すものと同等）と、後側軸受ハウジング１６４に外嵌する１つの円筒ころ軸受１００（図１０に示すものと同等の補給孔１本のタイプ）に内嵌することにより、主軸ハウジング１６１によって回転自在に支承されている。２つの転がり軸受１０，１０の外輪１２，１２間には、外輪間座１８０が配置されており、また内輪１１，１１間には、内輪間座１７６が配置されている。

主軸１７１の軸方向の略中央部には、ロータ１８６が外嵌固定されている。ロータ１８６の外周面側には、ステータ１８７が所定距離離れて同軸配置されている。ステータ１８７は、ステータ１８７の外周面側に配置されたステータ固定部材１８８を介してハウジング本体１６２に固定されている。ハウジング本体１６２とステータ固定部材１８８との間には、主軸１７１の周方向に沿う方向に複数の溝１７８が形成されている。この複数の溝１７８内には、ステータ１８７の冷却用の冷媒が流される。

同様に、ハウジング本体１６２と前側軸受ハウジング１６３との間であって、アンギュラ玉軸受１０の外周側にあたる部位には、ハウジングおよび軸受冷却用の冷媒が流される複数の溝１７７が形成されている。

この主軸ハウジング１６１の後端面には、軸受１０，１０，１００のそれぞれ

にグリース供給を行うためのグリースが供給される３個のグリース供給口１９２が周方向に沿って開口している（図１６には一つのみ図示）。これらの３つのグリース供給口１９２は、ハウジング本体１６２、前側軸受ハウジング１６３及び後側軸受ハウジング１６４内に形成されたグリース供給路１９３ａ，１９３ｂ，１９３ｃにそれぞれ連通している（図１６では、便宜上、各グリース供給路１９３ａ，１９３ｂ，１９３ｃを同一断面に図示している）。これにより、本実施形態のスピンドル装置１６０は、外部に設けられたグリース供給器１９０からグリース供給管１９１を介して主軸ハウジング１６１内にグリース供給可能に構成されている。

グリース供給路１９３ａは、単列円筒ころ軸受１００の外輪側に対応して形成された開口１９６に連通しており、グリース供給路１９３ｂは、前側（図左側）に配置されたアンギュラ玉軸受１０の外輪側に対応して形成された開口１９４に連通しており、またグリース供給路１９３ｃは、後側（図中央）に配置されたアンギュラ玉軸受１０の外輪側に対応して形成された開口１９５に連通している。これにより、グリース供給器１９０から供給されたグリースは、各軸受１０，１０，１００の外輪側まで独立に供給される。開口１９４，１９５，１９６は、図１および図９に示す補給孔１５，１５，１０５に連通しており、グリースは補給孔１５，１５，１０５を介して軸受空間内部に独立に供給される。

グリース補給器１９０は、各軸受１０，１０，１００に対して独立にグリース供給可能に構成されている。すなわち、グリース補給器１９０は、適宜なタイミングで（間欠的または定期的に）、一回の補給量が０．００４ｃｃ～０．１ｃｃとなるように各軸受１０，１０，１００毎にグリースショットする。補給されたグリースは、軸受１０内部の玉１３及び軸受１００内部のころ１０３の転動に伴い、軸受１０及び１００内部全体に馴染み、不足したグリースを補う。ここで、アンギュラ玉軸受の場合には、一回のグリース補給量が０．０１ｃｃ～０．０３ｃｃであることが好ましく、また円筒ころ軸受の場合には、一回のグリース補給量が０．００５ｃｃ～０．０２ｃｃであることが好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温

の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、各軸受１０，１０，１００が取り付けられるスピンドル装置の軸精度の劣化を防ぐことができる。

なお、本実施形態においては、各軸受１０，１０，１００の軸受空間内部に連通したグリース排出路１９７が前側ハウジング１６３および後側ハウジング１６４に形成されている。グリースは、このグリース排出路１９７を介して、グリース排出路１９７の外周側開口１９８から装置外に排出される。

本実施形態のスピンドル装置では、第１実施形態の軸受１０および第１０実施形態の軸受１００を例として挙げたが、勿論その他の実施形態２～９または１１～１５の軸受、又はそれらの任意の組合せを代わりに用いてもよい。

また、その他の軸受の外輪に同様の補給孔を設けても同様の効果が期待されることは言うまでもない。

（第１６実施形態）

図１７は、以下に説明する第１６，１７実施形態に係る転がり軸受２００及び２１０を用いて構成される工作機械用主軸装置としてのスピンドル装置を示す図である。なお、図１７のスピンドル装置は、例示のために異種の軸受を用いているが、同種の軸受のみから構成するようにしてもよい。

軸受２００及び２１０は、主軸１に外嵌し、ハウジング７に内嵌している。主軸１は、軸受２００及び２１０を介して、ハウジング７に対し回転可能である。軸受２００及び２１０の各内輪及び外輪間には、それぞれ主軸１及びハウジング７に沿って配置された内輪間座５ａ，５ｂ，５ｃ，５ｄ，５ｅ及び外輪間座６ａ，６ｂ，６ｃ，６ｄ，６ｅが図視左から順に配置されている。

内輪間座５ａ及び５ｅ並びに外輪間座６ａ及び６ｅの軸方向両端には、それぞれ内輪押さえ部材８ａ，８ｂ及び外輪押さえ部材９ａ，９ｂが配置され、各間座を介して各軸受に予圧を与えている。内輪押さえ部材８ａ及び外輪押さえ部材９ａ並びに内輪押さえ部材８ｂ及び外輪押さえ部材９ｂの間には、図示せぬ間隙が形成されており、両押さえ部材間にラビリンスを形成している。

図１８は、図１７に示すスピンドル装置の拡大断面図である。ここでは、本発

明の第１６実施形態に係るアンギュラ玉軸受２００並びにその周辺構造について説明する。

図１８に示す各アンギュラ玉軸受２００は、内輪２０１、外輪２０２、内輪２０１の内輪軌道２０１ａと外輪２０２の外輪軌道２０２ａとの間に複数配置された玉２０３、及び、玉２０３を円周方向等間隔に保持する保持器２０４を備えている。外輪２０２は、玉２０３を接触角を持って保持するためのテーパ部２０２ｂを軸方向片側に有している。以下、テーパ部が形成された軸方向一方を正面側、他方を背面側と呼ぶこととする。

本実施形態においては、各アンギュラ玉軸受２００間には、グリース補給用外輪間座６ｂが配置されている。グリース補給用外輪間座６ｂには、ハウジング７を貫通した二つのグリース補給用ノズル４が、グリース補給用外輪間座６ｂに差し込み固定されている。グリース補給用ノズル４には、外部のグリース供給器２から補給パイプ３を介して追加グリースが供給される。

グリース補給用外輪間座６ｂは、ノズル４の先端から追加グリースをアンギュラ玉軸受２００内部に補給するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての補給孔２０５を有している。補給孔２０５は、直径０．１～５ｍｍの円形断面を有しており、軸受２００の内側（保持器２０４よりも内径側）に向けて軸方向に開口している。補給孔２０５は、内輪２０１及び外輪２０２間に背面側から軸方向に追加グリースを供給する。供給されるグリースは、主に保持器２０４よりも内径側に供給される。

なお、補給孔２０５は、径方向に間隔をあけてグリース補給用外輪間座６ｂの複数箇所に設けられてもよい。また、供給されるグリースは、主に保持器２０４よりも内径側に供給されるほうが好ましいが、外径側に供給してもよい。

各アンギュラ玉軸受２００の軸受空間には、軸受空間容積の１０～２０％の量のグリースが初期封入される。そして、軸受使用開始後、グリース供給器２は、適宜なタイミングで（間欠的、定期的に）、補給孔２０５を介して、一回の補給量が０．００４ｃｃ～０．１ｃｃとなるようにグリースショットする。補給されたグリースは、アンギュラ玉軸受２００内部の玉２０３の転動に伴い、アンギュラ

玉軸受２００内部全体に馴染み、不足したグリースを補う。ここで、一回のグリース補給量が０．０１ｃｃ～０．０３ｃｃであることが好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、アンギュラ玉軸受２００が取り付けられるスピンドル装置の軸精度の劣化を防ぐことができる。

（第１７実施形態）

図１９は、図１７に示すスピンドル装置の拡大断面図であり、ここでは、本発明の第１７実施形態に係る単列円筒ころ軸受２１０について説明する。

単列円筒ころ軸受２１０は、内輪２１１、外輪２１２、内輪２１１の内輪軌道２１１ａと外輪２１２の外輪軌道２１２ａとの間に配置された円筒ころ２１３、及び、ころ２１３を円周方向等間隔に保持する保持器２１４を備えている。

本実施形態においては、円筒ころ軸受２１０の軸方向隣には、グリース補給用外輪間座６ｄが配置されている。グリース補給用外輪間座６ｄには、ハウジング７を貫通したグリース補給用ノズル４がグリース補給用外輪間座６ｄに差し込み固定されている。グリース補給用ノズル４には、外部のグリース供給器２から補給パイプ３を介して追加グリースが供給される。

グリース補給用外輪間座６ｄは、ノズル４の先端から追加グリースを軸受２１０内部に補給するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての補給孔２１５を有している。補給孔２１５は、直径０．１～５ｍｍの円形断面を有しており、軸受２１０の内側（保持器２１４よりも内径側）に向けて軸方向に開口している。補給孔２１５は、内輪２１１及び外輪２１２間に背面側から軸方向に追加グリースを供給する。供給されるグリースは、主に保持器２１４よりも内径側に供給される。

なお、補給孔２１５は、径方向に間隔をあけてグリース補給用外輪間座６ｄの複数箇所に設けられてもよい。また、供給されるグリースは、主に保持器２１４よりも内径側に供給されるほうが好ましいが、外径側に供給してもよい。

各円筒ころ軸受２１０の軸受空間には、軸受空間容積の１０～２０％の量のグ

リースが初期封入される。そして、軸受使用開始後、グリース供給器２は、適宜なタイミングで(間欠的、定期的に)、補給孔２１５を介して、一回の補給量が０．００４ｃｃ～０．１ｃｃとなるようにグリースショットする。補給されたグリースは、円筒ころ軸受２１０内部のころ２１３の転動に伴い、円筒ころ軸受２１０内部全体に馴染み、不足したグリースを補う。ここで、一回のグリース補給量が０．００５ｃｃ～０．０２ｃｃであることが好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、円筒ころ軸受２１０が取り付けられるスピンドル装置の軸精度の劣化を防ぐことができる。

図２０は、第１６実施形態の第１の変形例に係るスピンドル装置の拡大断面図を示す。

本変形例に用いられているアンギュラ玉軸受２２０は、軸に外嵌する内輪２２１、ハウジング２５０に内嵌する外輪２２２、内輪２２１の内輪軌道２２１ａと外輪２２２の外輪軌道２２２ａとの間に転動自在に配置された玉２２３、並びに玉２２３を保持する保持器２２４から構成される。

ハウジング２５０は、径方向内側に突出した凸部２５０ａを有する。軸受２２０の外輪２２２は、軸方向背面側で凸部２５０ａに接している。内輪２２１の軸方向背面側には、凸部２５０ａと軸方向に対向する内輪間座５ｆが配置されている。

一方、外輪２２２の軸方向正面側には、グリース補給用外輪間座６ｇが設けられている。グリース補給用外輪間座６ｇは、内輪間座５ｇと径方向に対向している。ハウジング２５０におけるグリース補給用外輪間座６ｇの外径面に対応する位置には、グリース補給用ノズル２６０をグリース補給用外輪間座６ｇに差し込むための開口２５０ｂが形成されている。グリース補給用ノズル２６０の基部２６０ａは、ねじ等の固定部材２６０ｂによりハウジング２５０の外径面上に固定されており、基部２６０ａから延出した先端部２６０ｃがグリース補給用外輪間座６ｇ内部に差し込まれている。

グリース補給用外輪間座６ｇは、グリース補給用ノズル２６０の先端部２６０ｃから追加グリースを軸受２２０内部に補給するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての補給孔２２５を有している。補給孔２２５は、直径０．１～５ｍｍの円形断面を有している。補給孔２２５は、内輪２２１及び外輪２２２間に正面側から軸方向に追加グリースを供給する。追加グリースの量は、一回の補給量が０．００４ｃｃ～０．１ｃｃであり、一回の補給量が０．０１ｃｃ～０．０３ｃｃであることが好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、アンギュラ玉軸受２２０が取り付けられるスピンドル装置の軸精度の劣化を防ぐことができる。

なお、補給孔２２５は、径方向に間隔をあけてグリース補給用外輪間座６ｇの複数箇所に設けられてもよい。

図２１は、第１６実施形態の第２の変形例に係るスピンドル装置の拡大断面図を示す。

本変形例に用いられているアンギュラ玉軸受２３０は、軸に外嵌する内輪２３１、ハウジング２７０に内嵌する外輪２３２、内輪２３１の内輪軌道２３１ａと外輪２３２の外輪軌道２３２ａとの間に転動自在に配置された玉２３３、並びに玉２３３を保持する保持器２３４から構成される。

ハウジング２７０は、径方向内側に突出した凸部２７０ａを有する。軸受２３０の外輪２３２は、軸方向正面側で凸部２７０ａに接している。内輪２３１の正面側には、凸部２７０ａに径方向に対向する内輪間座５ｉが配置されている。一方、外輪２３２の軸方向背面側には、内輪間座５ｈ及び外輪間座６ｈがそれぞれに対向して配置されている。

凸部２７０ａの反対側となるハウジング２７０の外径面には、グリース補給用ノズル２６０を凸部２７０ａ内に差し込むための開口２７０ｂが形成されている。グリース補給用ノズル２６０の基部２６０ａは、ねじ等の固定部材２６０ｂによりハウジング２７０の外径面上に固定されており、基部２６０ａから延出した先

端部２６０ｃが凸部２７０ａ内部に差し込まれている。

凸部２７０ａは、グリース補給用ノズル２６０の先端部２６０ｃから追加グリースを軸受２３０内部に補給するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての補給孔２３５を有している。補給孔２３５は、直径０．１～５ｍｍの円形断面を有している。補給孔２３５は、内輪２３１及び外輪２３２間に正面側から軸方向に追加グリースを供給する。追加グリースの量は、一回の補給量が０．００４ｃｃ～０．１ｃｃであり、一回の補給量が０．０１ｃｃ～０．０３ｃｃであることが好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、アンギュラ玉軸受２３０が取り付けられるスピンドル装置の軸精度の劣化を防ぐことができる。なお、補給孔２３５は、径方向に間隔をあけて凸部２７０ａの複数箇所に設けられてもよい。

また、図２２に本実施形態の第３の変形例に係るスピンドル装置の拡大断面図を示す。

本変形例は、第２変形例のアンギュラ玉軸受２３０の正面側と背面側を入れ替えたものであり、ハウジング２７０の凸部２７０ａがアンギュラ玉軸受２３０の軸方向背面側に設けられている。その他の構成は、図２１に示したものと同様である。

本変形例において、追加グリースは、凸部２７０ａに形成された補給孔２３５から、内輪２３１及び外輪２３２間に背面側から軸方向に供給される。追加グリースの量は、一回の補給量が０．００４ｃｃ～０．１ｃｃであり、一回のグリース補給量が０．０１ｃｃ～０．０３ｃｃであることが好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、これにより、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、アンギュラ玉軸受２３０が取り付けられるスピンドル装置の軸精度の劣化を防ぐことができる。

図２３は、第１６実施形態の第４の変形例に係るスピンドル装置の拡大断面図を示す。

本変形例に用いられているアンギュラ玉軸受２４０は、軸に外嵌する内輪２４１、ハウジング２８０に内嵌する外輪２４２、内輪２４１の内輪軌道２４１ａと外輪２４２の外輪軌道２４２ａとの間に転動自在に配置された玉２４３、並びに玉２４３を保持する保持器２４４から構成される。外輪２４２の正面側端部には、テーパ部から径方向内側に突出した凸部２４２ｂが形成されている。

軸受２４０の外輪２４２は、軸方向正面側で、即ち、凸部２４２ｂが、外輪間座６ｋと接しており、軸方向背面側で、外輪間座６ｊと接している。内輪２４１の背面側及び正面側には、それぞれ外輪間座６ｊ及び６ｋと径方向に対向する内輪間座５ｊ及び５ｋが配置されている。

ハウジング２８０は、外輪２４２の凸部２４２ｂの反対側となる外径面に、グリース補給用ノズル２６０を凸部２４２ｂ内に差し込むための開口２８０ｂを有している。グリース補給用ノズル２６０の基部２６０ａは、ねじ等の固定部材２６０ｂによりハウジング２８０の外径面上に固定されており、基部２６０ａから延出した先端部２６０ｃが、開口２８０ｂを介して外輪２４２の凸部２４２ｂ内部に差し込まれている。

凸部２４２ｂは、グリース補給用ノズル２６０の先端部２６０ｃから追加グリースを軸受２４０内部に補給するグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての補給孔２４５を有している。補給孔２４５は、直径０．１～５ｍｍの円形断面を有している。補給孔２４５は、内輪２４１及び外輪２４２間に正面側から軸方向に追加グリースを供給する。追加グリースの量は、一回の補給量が０．００４ｃｃ～０．１ｃｃであり、一回のグリース補給量が０．０１ｃｃ～０．０３ｃｃであることが好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、これにより、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、アンギュラ玉軸受２４０が取り付けられるスピンドル装置の軸精度の劣化を防ぐことができる。

なお、補給孔２４５は、径方向に間隔をあけて凸部２４２ｂの複数箇所に設けられてもよい。

また、図２４に本実施形態の第５の変形例に係るスピンドル装置の拡大断面図を示す。

本変形例は、第４変形例のアンギュラ玉軸受２４０の外輪２４２の変形例であり、外輪２４２の凸部２４２ｂが、アンギュラ玉軸受２４０の軸方向背面側に形成されている。その他の構成は、図２３に示したものと同様である。

本変形例において、追加グリースは、凸部２４２ｂに形成された補給孔２４５から、内輪２４１及び外輪２４２間に背面側から軸方向に供給される。追加グリースの量は、一回の補給量が０．００４ｃｃ～０．１ｃｃであり、一回のグリース補給量が０．０１ｃｃ～０．０３ｃｃであることが好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、これにより、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、アンギュラ玉軸受２４０が取り付けられるスピンドル装置の軸精度の劣化を防ぐことができる。

上記した第１６，１７実施形態および第１６実施形態の変形例１～５のように構成することにより、軸方向に追加グリースを軸受内部に補給することが可能となる。

また、その他の軸受において、同様の補給孔を設けても同様の効果が期待されることは言うまでもない。

また、グリースショットするタイミングは、スピンドルの停止時であっても回転時であってもどちらでもよい。

（実施例１）

転がり軸受へのグリース補給量について、以下のような実験を行った。

【０１０７】

内輪内径７０ｍｍ、外輪外径１１０ｍｍ、幅２０ｍｍの単列円筒ころ軸受（ＮＳＫ製、呼び番号Ｎ１０１４）を用いて、耐久試験を行った。耐久試験に用いられたグリースは、イソフレックスＮＢＵ１５（ＮＯＫクリューバー（株）製）であり、グリースの初期封入量は、軸受空間容積の１０％であった。試験条件は、ｄｍＮ＝１５０万で行われた。

本耐久試験では、上記軸受を３つ用意し、耐久試験開始後、６時間毎に各軸受に０．０１ｃｃ、０．００４ｃｃ、０．００２ｃｃのグリース補給を行った。その結果、０．００２ｃｃでは、早期に軸受が焼き付いてしまったが、０．００４ｃｃ及び０．０１ｃｃのグリース供給では、耐久試験開始後１０００時間を経過しても異常、故障等は発生しなかった。以上の結果より、一回のグリース補給量を０．００４ｃｃ以上と設定することにより、転がり軸受の耐久性において問題がないことがわかった。

（実施例２）

内輪内径６５ｍｍ、外輪外径１００ｍｍ、幅１８ｍｍ、玉径７．１４４ｍｍ、接触角１８°のアンギュラ玉軸受３４０，３５０を用いて、グリース補給量と温度の脈動の関係を確認する温度脈動確認試験を行った。温度脈動確認試験に用いられたグリースは、イソフレックスＮＢＵ１５（ＮＯＫクリューバー（株）製）であり、グリースの初期封入量は、軸受空間容積の１５％であった。また、試験条件は、ｄｍＮ＝１８０万であった。

本脈動確認試験は、図２５に示す試験用主軸装置３００を用いて行われた。試験用主軸装置３００は、支持台３０１上に配置されたハウジングブロック３０２によってハウジング本体３０３が支持される構成を有している。ハウジング本外３０３には、アンギュラ玉軸受３４０，３５０が互いに背面配置で内嵌している。このアンギュラ玉軸受３４０は、主軸３１０に外嵌しており、主軸３１０を回転自在に支承している。

アンギュラ玉軸受３４０，３５０間には、各アンギュラ玉軸受３４０，３５０の内輪間に内輪間座３１１が、そして各アンギュラ玉軸受３４０，３５０の外輪間に外輪間座３１２がそれぞれ設けられている。また、アンギュラ玉軸受３５０の軸方向後端側（図中右側）には、後端外輪押さえ３１３が設けられている。

また、アンギュラ玉軸受３４０の軸方向前端側（図中左側）には、外輪押さえ部材３１４と内輪押さえ部材３１５が設けられている。各アンギュラ玉軸受３４０，３５０は、外輪押さえ部材３１４及び内輪押さえ部材３１５によって後端外輪押さえ３１３側に軸方向に沿って押圧されている。

ハウジング３０３には、ノズル部材３３０，３３０が各アンギュラ玉軸受３４０，３５０に対応して取り付けられている。ノズル部材３３０、３３０は、各アンギュラ玉軸受３４０，３５０の外輪に設けられた孔側からグリースを軸受空間内に供給する。本温度脈動確認試験では、グリースは、試験開始後１時間おきに供給するような構成とした。一回のグリース補給時に各軸受に供給されるグリースの量は、０．０３５ｃｃ、０．１０ｃｃ、０．１５ｃｃ、０．３０ｃｃ、０．６０ｃｃとして計５回実験を行った。図２６は、この温度脈動確認試験の結果を示すグラフであり、（ａ）はグリース補給量が０．０３５ｃｃの場合、（ｂ）はグリース補給量が０．１０ｃｃの場合、（ｃ）はグリース補給量が０．１５ｃｃの場合、（ｄ）はグリース補給量が０．３０ｃｃの場合、そして（ｅ）はグリース補給量が０．６０ｃｃの場合を示す。

図２６（ａ），（ｂ）に示すように、グリース補給量が０．０３５ｃｃ及び０．１０ｃｃの場合には、グリース補給をおこなっても、アンギュラ玉軸受３４０，３５０の軸受温度に全く変化はない。しかしながら、図２６（ｃ）に示すように、グリース補給量が０．１５ｃｃの場合には、グリース補給する毎にアンギュラ玉軸受３４０，３５０の温度が１°Ｃ程度上昇しているのがわかる。同様に、図２６（ｄ），（ｅ）に示すように、グリース補給量が０．３０ｃｃ及び０．６０ｃｃの場合にも、グリース補給する毎にアンギュラ玉軸受３４０，３５０の温度が１～２°Ｃ程度上昇しているのがわかる。

ここで、アンギュラ玉軸受３４０と軸受３５０では、グリース補給前の定常状態での温度が異なっている。この定常状態での温度の差異は、アンギュラ玉軸受３４０と、アンギュラ玉軸受３５０の周辺構造の差異、例えば、ハウジングブロック３０２からの距離の差異や図示せぬ冷却装置との位置関係等により発生した熱の抑制率が異なっているため、定常状態での温度が異なっているものと考えられる。

いずれにせよ、アンギュラ玉軸受３４０においても、またアンギュラ玉軸受３５０においても、図２６（ｃ）～図２６（ｅ）に示すように、グリース補給量が０．１５ｃｃ以上の場合には、補給グリースの攪拌抵抗等により軸受が発熱を起

こし、軸受の昇温、すなわち温度の脈動が発生していると考えられる。したがって、一回のグリース補給量を０．１ｃｃ以下と設定することにより、温度の脈動が発生しない安定したグリース供給を行うことが可能であることがわかった。

以上説明したように、第１～１７実施形態によれば、グリースが早期に劣化して軸受が破損する前に新たなグリースを補給することにより、グリース潤滑でありながら高速回転性に優れて長寿命の転がり軸受を提供できる。また、一回の補給量が０．００４ｃｃ～０．１ｃｃとなるようにグリースを転がり軸受に補給することにより、グリース供給時に温度の脈動が生じない転がり軸受、並びにそれを用いた工作機械用主軸装置及び高速モータ用主軸装置を提供することが可能になる。このように、以上に示す範囲内のグリース補給を行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生及び軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、軸受が取り付けられる工作機械の軸精度の劣化を防ぐことができる。

上記実施形態によれば、グリースが早期に劣化または油膜形成不足により軸受が破損する前に、新たなグリースを外輪側（径方向）又は外輪間座側（軸方向）から補給することにより、軸受寿命の延長が可能となる。外輪側から供給された場合、グリースは、補給孔を通って、外輪内径面から軸受空間に補給される。一方、外輪間座側から供給された場合、グリースは、補給孔を通って、直接軸受空間内に軸方向に供給される。外輪間座側からの供給時には、外径よりも内径側にグリースを供給するように構成するほうが好ましい。補給されたグリースは、転動体や保持器に付着し、転動体や保持器の回転に伴って軸受内部全体に馴染む。

通常、工作機械の主軸に組み込まれるアンギュラ玉軸受の場合、グリースの初期封入量は、軸受空間容積の１０～２０％を目安とされている。一方、工作機械の主軸に組み込まれる円筒ころ軸受の場合、グリースの初期封入量は、軸受空間容積の８～１５％を目安とされている。これは、グリースの初期慣らし運転の時間短縮と、温度上昇の抑制という要求からきているものである。特に円筒ころ軸受の場合、グリースの初期慣らし運転時に、回転しているころがグリースを噛みこんで異常昇温することがよくある。最悪の場合、焼付を起こしてしまうことも

ある。

しかし、上記構成のように、一回のグリース補給量を０．００４ｃｃ～０．１ｃｃとすることで、異常昇温を回避し、慣らし運転の必要性がない。さらに、上記構成の転がり軸受においては、一回のグリース補給量を０．００４ｃｃ～０．１ｃｃとすることで、温度の脈動も抑制することができ、転がり軸受が適用される工作機械主軸装置の加工精度を高いレベルに保つことが可能である。

たとえば、アンギュラ玉軸受のように、接触角を有し、転動体が玉である場合、外輪の内径面の、軌道溝の接触部のある側からずれた箇所に補給孔を開口させ、補給孔を介して一回のグリース補給量を０．００４ｃｃ～０．１ｃｃとすることで、運転中の損傷、温度の脈動を防止できる。

補給孔の直径が、０．１～５ｍｍの範囲内であれば、定量のグリース補給をより円滑に行うことができる。すなわち、グリースが補給孔につまることがなく、グリースが過度に補給されることもない。なお、補給孔は円形断面のものに限定されない。例えば、直径０．１～５ｍｍの円形断面積と同等の断面積を有する矩形断面や多角形断面の補給孔であってもよい。

上記実施形態では、ｄｍＮが１００万以上となる環境でも長寿命を達成できる。

（第１８実施形態）

次に、本発明に係る第１８～第２９実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、以下に説明する各実施形態において、図２７において説明した部材等と同一又は相当する部分については、図２８以降の図中に同一符号あるいは相当符号を付すことにより説明を簡略化しあるいは省略する。

図２７（ａ），（ｂ）に示すように第１８実施形態の軸受のグリース補給装置４１０は、軸受（玉軸受）４１１の内輪４１２が軸４１３に嵌合されるとともに、軸受４１１の外輪４１４がハウジング４１５に嵌合され、ハウジング４１５にグリース補充孔４１６が貫通され、このグリース補充孔４１６に合わせて軸受４１１の外輪４１４にグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての補給孔４１７が貫通され、外輪４１４の外周４１４Ａに補給孔４１７を含む環状溝４１８が形成され、ハウジング４１５と外輪４１４との間の隙間Ｌが３０μｍ以下に

設定されている。

第１８実施形態の軸受のグリース補給装置４１０によれば、外輪４１４の外周４１４Ａに補給孔４１７を含む環状溝４１８を形成することで、ハウジング４１５のグリース補充孔４１６に供給したグリースは環状溝４１８に流入し、環状溝４１８に流入したグリースは外輪４１４の補給孔４１７に流入する。

そして、補給孔４１７に流入したグリースは軸受４１１の内部に流入する。このように、ハウジング４１５のグリース補充孔４１６に供給したグリースを環状溝４１８を介して軸受４１１の内部に補給することができる。

また、外輪４１４の外周４１４Ａに補給孔４１７を含む環状溝４１８を形成することで、ハウジング４１５に軸受４１１を組み付ける際に、ハウジング４１５のグリース補充孔４１６に外輪４１４の補給孔４１７を合わせなくても、環状溝４１８を介してグリース補充孔４１６と補給孔４１７とを連通させることができる。

これにより、ハウジング４１５に軸受４１１を時間をかけないで簡単に組み付けることができ、さらに組付け作業が簡単になり、作業者の負担を軽減することができる。

加えて、ハウジング４１５と外輪４１４との間の隙間Ｌを３０μｍ以下に設定することで、ハウジング４１５と外輪４１４との間の隙間を小さく設定できる。

よって、環状溝４１８内に流入したグリースが、ハウジング４１５と外輪４１４との間の隙間Ｌから流出しないようにして、補給用のグリースが軸受４１１の外に流れ出すことを防止できる。

（第１９実施形態）

図２８（ａ），（ｂ）に示すように第１９実施形態の軸受のグリース補給装置４２０は、軸受４１１の内輪４１２が軸４１３に嵌合されるとともに、軸受４１１の外輪４１４がハウジング４１５に嵌合され、ハウジング４１５にグリース補充孔４１６が貫通され、このグリース補充孔４１６に合わせて軸受４１１の外輪４１４に補給孔４１７が貫通され、ハウジング４１５の内周４１５Ａに補給孔４１７に臨む環状溝４２１が形成されている。

第１９実施形態の軸受のグリース補給装置４２０によれば、ハウジング４１５の内周４１５Ａに補給孔４１７に臨む環状溝４２１を形成することで、ハウジング４１５のグリース補充孔４１６に供給したグリースは環状溝４２１に流入し、環状溝４２１に流入したグリースは外輪４１４の補給孔４１７に流入する。

そして、補給孔４１７に流入したグリースは軸受４１１の内部に流入する。このように、ハウジング４１５のグリース補充孔４１６に供給したグリースを環状溝４２１を介して軸受４１１の内部に補給することができる。

また、ハウジング４１５の内周４１５Ａに補給孔４１７に臨む環状溝４２１を形成することで、ハウジング４１５に軸受４１１を組み付ける際に、ハウジング４１５のグリース補充孔４１６に外輪４１４の補給孔４１７を合わせなくても、環状溝４２１を介してグリース補充孔４１６と補給孔４１７とを連通させることができる。

これにより、ハウジング４１５に軸受４１１を時間をかけないで簡単に組み付けることができ、さらに組付け作業が簡単になり、作業者の負担を軽減することができる。

（第２０実施形態）

図２９（ａ），（ｂ）に示すように第２０実施形態の軸受のグリース補給装置４３０は、軸受４１１の内輪４１２が軸４１３に嵌合されるとともに、軸受４１１の外輪４１４がハウジング４１５に嵌合され、ハウジング４１５にグリース補充孔４１６が貫通され、このグリース補充孔４１６に合わせて軸受４１１の外輪４１４に補給孔４１７が貫通され、外輪４１４の外周４１４Ａに補給孔４１７を含む環状溝４１８が形成され、外輪４１４の外周４１４Ａで、かつ補給孔４１７の両側に一対の外側環状溝４３１が形成され、一対の外側環状溝４３１にＯリング４３２が嵌め込まれている。

第２０実施形態の軸受のグリース補給装置４３０によれば、第１８実施形態の軸受のグリース補給装置４１０と同様の効果を得ることができる。

加えて、第２０実施形態の軸受のグリース補給装置４３０によれば、環状溝４１８内に流入したグリースが、万が一ハウジング４１５と外輪４１４との間の隙

間Ｌから流出した場合でも、流出したグリースを一対のＯリング４３２でシールして、グリースが軸受４１１の外に流れ出すことを防止できる。

図３０（ａ），（ｂ）に示すように第２１実施形態の軸受のグリース補給装置４４０は、軸受４１１の内輪４１２が軸４１３に嵌合されるとともに、軸受４１１の外輪４１４がハウジング４１５に嵌合され、ハウジング４１５にグリース補充孔４１６が貫通され、このグリース補充孔４１６に合わせて軸受４１１の外輪４１４に補給孔４１７が貫通され、ハウジング４１５の内周４１５Ａに補給孔４１７に臨む環状溝４２１が形成され、ハウジング４１５の内周４１５Ａで、かつグリース補充孔４１６の両側に一対の外側環状溝４４１が形成され、一対の外側環状溝４４１にＯリング４４２が嵌め込まれている。

第２１実施形態の軸受のグリース補給装置４４０によれば、第１９実施形態のグリース補給装置４２０と同様の効果を得ることができる。

（第２２実施形態）

図３１に示すように第２２実施形態の軸受のグリース補給装置４５０は、外輪４１４の外周４１４Ａに補給孔４１７を含むように形成した環状溝４５１が断面円弧状または湾曲状である点で第１８実施形態の軸受のグリース補給装置４１０と異なるだけで、その他の構成は第１８実施形態と同じである。

第２２実施形態の軸受のグリース補給装置４５０によれば、第１８実施形態の軸受のグリース補給装置４１０と同じ効果を得ることができる。

（第２３実施形態）

図３２に示すように第２３実施形態の軸受のグリース補給装置４６０は、円筒ころなどの転がり軸受４６１を用いた点で第１８実施形態の軸受のグリース補給装置４１０と異なるだけで、その他の構成は第１８実施形態と同じである。

第２３実施形態の軸受のグリース補給装置４６０によれば、第１８実施形態の軸受のグリース補給装置４１０と同じ効果を得ることができる。

（第２４実施形態）

図３３に示すように、第２４実施形態の軸受４７０は、軸受４１１および軸受４６１を備えたスピンドル４７１全体に用いたもので、第１８実施形態の軸受の

グリース補給装置４１０と同じ効果を得ることができる。

（第２５実施形態）

図３４に示すように、第２５実施形態の軸受４７５は、グリース補給装置（或いはグリース補給機構）としての外輪補給孔４７６を２個以上有している。なお、図３４中の符号４７７はグリース挿充孔、４７８は軸受外輪、４７９は軸受外輪外周面環状溝である。

外輪補給孔４７６が１個の場合と比較して、２個以上の場合は、グリース補充孔４７７と外輪補給孔４７６の距離が短くなる確率が高い。

これはグリース補充孔４７７から補給されたグリースが、外輪補給孔４７６を流動し外輪補給孔４７６から軸受内部にグリースが補給されるまでの距離が短く、溝による抵抗などによりグリースが軸受外部への流出することを防ぐ効果が得られる。

（第２６実施形態）

図３５（ａ），（ｂ）に示すように、第２６実施形態の軸受４８０は、グリース補給用環状溝４８１が外輪円周上３６０°すべてに設置されておらず、一部に環状溝４８１が設置されている。この場合も、第１８実施形態の軸受補給装置４１０と同じ効果を得ることができる。

（第２７実施形態）

図３６（ａ），（ｂ）に示すように、第２７実施形態の軸受４９０は、上記の外輪グリース補給用環状溝の代わりに外周上に切欠４９１が設けられている。この場合も、第１８実施形態の軸受補給装置４１０と同じ効果を得ることができる。

（第２８実施形態）

図３７（ａ），（ｂ）に示すように、第２８実施形態の軸受４９５は、軸受外輪４８５がハウジング４１５及び間座等で挟まれている。そして、外輪４８５の外径部には、切欠４９６が設けられている。この場合は、グリース補給溝が環状形状でなく切欠形状でも第１８実施形態の軸受補給装置４１０と同じ効果を得ることができる。

（第２９実施形態）

図３８（ａ），（ｂ）に示すように、第２９実施形態の軸受５００は、軸受外径がハウジング４１５及び間座等で挟まれている。そして、外輪４８５のグリースが補給される外輪補給孔４８４が設けられている部分に、グリース補給用切欠５０１が設けられている。

このグリース補給用切欠５０１は、他より径が小さく設定されている。この場合も、第１８実施形態の軸受補給装置４１０と同じ効果を得ることができる。

なお、上記の第２６実施形態～第２９実施形態には、外輪外径部に溝及び切欠を設けたが、ハウジング４１５に切欠を設けることができ、この場合にも同様の効果が得られる。

（実施例３）

つぎに、第１８～第２９実施形態の軸受のグリース補給装置における、グリース補給状態、組付け時間、グリースの漏れについて表１を基に説明する。

表１に示す比較例は、グリース補充孔１７５４と補給孔１７５５との間に環状溝がない図１２１に示すグリース補給装置１７５０、装置Ａは、図２７に示す軸受のグリース補給装置４１０、装置Ｂは、図２７に示す軸受のグリース補給装置４１０の隙間Ｌを５０μｍに変えたもの、装置Ｃは、図２９に示す軸受のグリース補給装置４３０が該当する。

表１

		比較例	装置Ａ	装置Ｂ	装置Ｃ
外輪補給孔の径		１．２ｍｍ	１．２ｍｍ	１．２ｍｍ	１．２ｍｍ
環状溝		無	有	有	有
外側環状溝Ｏリング		無	無	無	有
ハウジングと軸受との間の隙間		２０μｍ	２０μｍ	５０μｍ	２０μｍ
実補給量	１回目	０．０４８ｃｃ	０．０５０ｃｃ	０．０４８ｃｃ	０．０５０ｃｃ
	２回目	０．０５０ｃｃ	０．０４８ｃｃ	０．０４９ｃｃ	０．０４８ｃｃ
	３回目	０．０５０ｃｃ	０．０４９ｃｃ	０．０５０ｃｃ	０．０４６ｃｃ
位置合わせ作業時間		２０分	１分	１分	１分
備考		組付け時間長い	Ｏリング未使用でグリースの漏れなし	Ｏリング未使用でグリースの漏れなし	―――

グリース補給量：０．０５ｃｃ

測定に使用した軸受４１１は、内径×外径×幅が６５ｍｍ×１００ｍｍ×１８ｍｍのもので、外輪４１４の環状溝４１８には軸受４１１をハウジング４１５に挿入する前にあらかじめグリースを封入する。

このように準備した、比較例、装置Ａ～Ｃに対して表１に示す測定条件で、軸受内部に０．０５ｃｃのグリースを供給し、グリース補給状態を測定した。

その結果、軸受４１１の外輪外周４１４Ａに環状溝４１８を形成することにより、ハウジング４１５のグリース補充孔４１６と外輪４１４の補給孔４１７との位置合わせ作業が、比較例の２０分と比べて装置Ａ～Ｃは１分と向上することが確認できた。

また、ハウジング４１５と外輪４１４の間の隙間Ｌが５０μｍ以下であれば、図２９に示す第２０実施形態のように一対の外側環状溝４３１を形成して、各外側環状溝４３１にＯリング４３２を嵌め込まなくても、ハウジング４１５と外輪４１４との間の隙間からグリースが漏れることはなく、グリースが軸受４１１の内部に補給されることが確認できた。

なお、本発明は、前述した実施形態に限定されるものでなく、適宜な変形，改良等が可能であり、前述した実施形態において例示した軸受４１１，４６１、外輪４１４、ハウジング４１５、グリース補充孔４１６、補給孔４１７、環状溝４１８，４２１、外側環状溝４３１，４４１、Ｏリング４３２，４４２等の材質，形状，寸法，形態，数，配置個所，厚さ寸法等は本発明を達成できるものであれば任意であり、限定されない。

（実施例４）

下記の条件の下、軸受外輪外周面環状溝断面積Ａ１（mm^2）と環状溝断面周長さ（ｍｍ）がどのような関係であるとグリースが軸受内部へ補給されるか評価試験１を行った。

その結果を表２に示す。

表２

試験Ｎｏ.	１－１	１－２	１－３	１－４	１－５	１－６
環状溝形状	図３９（ａ）	図３９（ｃ）	図３９（ｄ）	図３９（ｂ）	図３９（ｅ）	図３９（ｆ）
環状溝断面積Ａ１（mm^2）	２．１	２．１	１．４	１．４５	１．０４	１．０５
環状溝断面周長さ（ｍｍ）	６．６	７．４	５．４	６．６	４．２	４．４
環状溝断面積Ａ１（mm^2）／環状溝断面周長さ	０．３２	０．２８	０．２６	０．２２	０．２５	０．２４
軸受内部吐出結果	○	○	○	×	○	×

評価試験１の条件は、以下の通りである。

使用軸受：内径×外径×幅：７０×１１０×２０ｍｍ

外輪外径面環状溝断面形状：図３９（ａ）～（ｆ）の６形状

ハウジンググリース補充孔と外輪補給孔の位相関係：１８０度

この表２から、環状溝断面積Ａ１（mm^2）を環状溝断面周長さ（ｍｍ）で割った値が、０．２５（ｍｍ）以上の場合、軸受内部へグリースが吐出されることが確認できる。

また、環状の溝が軸受外輪の外周面に施されているが、ハウジング内周面に施されても同様の効果が得られる。

（実施例５）

図３４に示すように、外輪に補給孔を２個設け、ハウジングのグリース補充孔と外輪補給孔の各位相を90度になるように組み込む。このとき下記試験条件でハウジング補充孔より外輪環状溝と外輪補給孔を通って軸受内部へグリースが補給されるか評価試験２を行う。

その結果を表３に示す。

表３

試験Ｎｏ	２－１	２－２	２－３	２－４	２－５
外輪外径面とハウジングの隙間	２０	３０	４０	２０	３０
長さＳｍｍ（図４０参照）	１	１	１	０．５	０．５
軸受内部吐出結果	○	○	×	○	×

○：吐出　　×：未吐出

評価試験２の条件は、以下の通りである。

試験軸受：内径×外径×幅：７０×１１０×２０ｍｍ

外輪外径面環状溝断面形状：図３９（ｅ）の形状

外輪外径面とハウジングの隙間：２０、３０、４０μｍ

軸受の外輪外径面とハウジングの軸方向に接している部分の長さＳ（図４０参照）：０．５、１．０（ｍｍ）

この表３から、外輪外径面とハウジングの隙間が３０μｍ以下で、軸受の外輪外周面とハウジングの軸方向に接している部分の長さＳが１ｍｍ以上であればグリースが軸受内部へ吐出することが確認できる。

今回外輪補給孔を２個設け、ハウジングのグリース補充孔と外輪補給孔の各位相を９０度としたが、９０度以外の角度でも同様の効果が得られる。

なお、軸受外輪の補給孔を２個設置したが、１個の場合もハウジングのグリース補充孔と外輪補給孔の各位相が９０度以内となるように組み込むと同様の効果が得られる。

また、図４０にはアンギュラ玉軸受が図示されているが、深溝玉軸受やころ軸受においても同じ効果が得られる。

さらに、環状の溝が軸受外輪の外周面に施されているが、ハウジング内周面に施されても同様の効果が得られる。

以上、第１８～第２９実施形態によれば、ハウジングの内周に補給孔に臨む環状溝、または外輪の外周に補給孔を含む環状溝を形成した。よって、ハウジングのグリース補充孔に供給したグリースは、環状溝に流入し、環状溝を経て外輪の補給孔に流入する。そして、補給孔に流入したグリースは軸受の内部に流入する。このように、ハウジングのグリース補充孔に供給したグリースを環状溝を経て軸受の内部に補給することができる。

また、上記実施形態では、ハウジングの内周に補給孔に臨む環状溝、または外輪の外周に補給孔を含む環状溝を形成することで、ハウジングに軸受を組み付ける際に、ハウジングのグリース補充孔に外輪の補給孔を合わせなくても、環状溝

を経てグリース補充孔と補給孔とを連通させることができる。これにより、ハウジングに軸受を時間をかけないで簡単に組み付けることができるので、生産性の向上を図ることができる。

さらに、上記実施形態では、ハウジングに軸受を組み付ける際に、グリース補充孔と補給孔とを位置合わせする必要がないので、組付け作業が簡単になり、作業者の負担の軽減を図ることができる。

また、上記実施形態では、外輪の外周で、かつ補給孔の両側に外側環状溝を形成するとともに、ハウジングの内周で、かつ補給孔の両側に外側環状溝を形成し、一対の外側環状溝にＯリングを嵌め込むことで、グリースの流れ出しを防止できる。

また、上記実施形態では、ハウジングと外輪との間の隙間を３０μｍ以下に設定することで、ハウジングと外輪との間の隙間を小さくする。これにより、環状溝内に流入したグリースが、ハウジングと外輪との間の隙間から流出しないようにして、補給用のグリースが軸受の外に流れ出すことを防止できる。

（第３０実施形態）

以下、本発明に係る第３０実施形態のグリース補給装置（或いはグリース補給機構）としてのグリース補給システムについて説明する。

図４１は、本発明に係る第３０実施形態の主軸装置を構成する軸受装置７００の断面図である。軸受装置７００は、主軸７０１と、ハウジング７０２と、主軸７０１に外嵌し、且つハウジング７０２に内嵌したアンギュラ玉軸受７１０，７１０とを有している。主軸７０１は、アンギュラ玉軸受７１０，７１０を介して、ハウジング７０２に対し回転可能である。

主軸７０１は、図示せぬモータ等の回転駆動機構に接続されており、回転駆動機構の駆動により回転する。本実施形態では、主軸７０１の最高回転速度は、２０００ｍｉｎ$^{-1}$に設定されている。

各アンギュラ玉軸受７１０は、内輪７１３、外輪７１４、転動体としての玉７１５、及び、保持器７１６を有している。内輪７１３は、主軸７０１に外嵌しており、外周側に玉７１５を案内する内輪軌道７１３ａを有している。外輪７１４

は、ハウジング７０２に内嵌しており、内周側に玉７１５を案内する外輪軌道７１４ａを有している。

玉７１５は、内輪７１３の内輪軌道７１３ａと外輪７１４の外輪軌道７１４ａとの間に転動自在に配置されている。保持器７１６は、玉７１５を円周方向等間隔に転動自在に保持している。外輪７１４は、テーパ部７１４ｃを軸方向片側に有している。以下、テーパ部が形成された軸方向一方を正面側、他方を背面側と呼ぶこととする。本実施形態においては、一対のアンギュラ玉軸受７１０は、それぞれの背面側が対向配置される、いわゆる背面組合せ形（ＤＢ）で配置されている。

アンギュラ玉軸受７１０，７１０の各内輪７１３間及び各外輪７１４間には、それぞれ主軸７０１及びハウジング７０２に沿って配置された内輪間座７０５及び外輪間座７０６が配置されている。各内輪７１３及び内輪間座７０５、並びに、各外輪７１４及び外輪間座７０６は、内輪押さえ部材７０３，７０７及び外輪押さえ部材７０４により付勢され、各軸受には予圧が与えられている。内輪押さえ部材７０３及び外輪押さえ部材７０４の間には、図示せぬ間隙が形成されており、両押さえ部材間にラビリンスを形成している。

ハウジング７０２上には、アンギュラ玉軸受７１０，７１０の内部に補給される追加グリースを蓄えるグリースタンク７２０，７２０が設けられている。グリースタンク７２０には、給脂ノズル７２２が連通している。給脂ノズル７２２は、ハウジング７０２を貫通する貫通孔７０２ａを介して、アンギュラ玉軸受７１０，７１０の各外輪７１４，７１４に形成された補給孔７１４ｂ内に差し込まれている。各グリースタンク７２０の内部に貯蔵された追加グリースの上面には、ピストン７２１が配置されている。追加グリースは、ピストン７２１の動作に従い、給脂ノズル７２２及び補給孔７１４ｂを介して、径方向にアンギュラ玉軸受７１０内へ補給される。

軸受装置７００には、主軸７０１の回転速度を検出する回転センサ６４０が組み付けられている。回転センサ６４０は、主軸７０１に対向し、主軸７０１上に形成された、スリット、磁石、突起等の検出マークを検出することにより主軸７

０１の回転速度に対応するパルス信号を生成する。

図４２は、本実施形態のグリース補給装置としてのグリース補給システムを示すブロック図である。本グリース補給システムは、抵抗型給脂装置６１０、本発明の制御手段である制御装置６２０、回転センサ６４０、グリースタンク７２０、給脂ノズル７２２、ソレノイドバルブ７３０、及び、コンプレッサ７４０とを有する。

抵抗型給脂装置６１０は、制御装置６２０からの指示に従い、ソレノイドバルブ７３０，７３０の開閉制御を行う。抵抗型給脂装置６１０は、制御装置６２０からグリース補給指示を受けると、所定時間ソレノイドバルブ７３０，７３０を開く。

コンプレッサ７４０は、ソレノイドバルブ７３０が開状態の場合、ソレノイドバルブ７３０，７３０を介してグリースタンク７２０，７２０にエアを補給し、各グリースタンク７２０内のピストン７２１に圧力を加える。圧力を加えられたピストン７２１は、グリースタンク７２０内のグリースを下流に押し込むことにより、給脂ノズル７２２を介して、軸受装置７００の内部に追加グリースを補給する。一方、ソレノイドバルブ７３０が閉状態の場合、コンプレッサ７４０からのエアは、ソレノイドバルブ７３０で遮断される。この場合、グリースタンク７２０には圧力が伝達されず、追加グリースは軸受装置７００内に補給されない。

図４３は、本実施形態の制御装置６２０の詳細を示すブロック図である。制御装置６２０は、ＣＰＵ６２１、パルス検出器６２２、及び、ＲＡＭ６２３を有している。

パルス検出器６２２は、回転センサ６４０からのパルス信号を基に、単位時間（本実施形態では１秒）毎に、すなわち、リアルタイムで軸受装置７００の主軸７０１の回転速度を算出する。パルス検出器６２２は、算出した主軸７０１の回転速度データを単位時間毎にＣＰＵ６２１に送出する。

ＲＡＭ６２３は、所定のプログラムやデータを記憶するための不揮発性の記憶部であり、制御装置６２０の電源がオフとなっても、電池等の補助電源により、記憶内容を保持する。本実施形態では、グリース補給間隔の可変制御プログラム

がＲＡＭ６２３に保存されている。ＲＡＭ６２３には、制御装置６２０に接続されたコンピュータ等の外部機器６３０からアクセス可能であり、外部機器６３０を介して、プログラム等を書き換え可能に構成されている。外部機器６３０は、ＬＡＮ、インターネット等のネットワークを介して接続されていてもよい。

ＣＰＵ６２１は、制御装置６２０の各部を統括的に制御する。ＣＰＵ６２１は、ＲＡＭ６２３に保存された可変制御プログラムを起動し、パルス検出器６２２から回転速度データを受け取る毎に、可変制御プログラムに従い、グリース補給タイミング算出のための処理を行う。

本実施形態の可変制御プログラムは、回転速度領域を、″停止領域″、″低速領域″、及び、″高速領域″の３領域に分け、それぞれの回転速度領域毎に所定の加算値を有している。具体的に、″停止領域″とは主軸７０１の回転速度が０ｍｉｎ$^{-1}$である領域、″低速領域″とは主軸７０１の回転速度が０ｍｉｎ$^{-1}$より大きく１８０００ｍｉｎ$^{-1}$以下である領域、そして″高速領域″とは主軸７０１の回転速度が１８０００ｍｉｎ$^{-1}$より大きい領域を指す。ここでは、″停止領域″に０、″低速領域″に１、そして″高速領域″に１０がそれぞれ加算値として与えられている。

ＣＰＵ６２１は、可変制御プログラムに従い、主軸７０１の回転速度が与えられる毎に、その時点での回転速度がどの回転速度領域に属しているか判断する。そして、対応する回転速度領域に対応する加算値を、ＲＡＭ６２３に保存された積算値に加える。そして、ＣＰＵ６２１は、積算値が所定の上限以上となったとき、抵抗型給脂装置６１０にグリース補給指示を送る。

ここでは、積算値の上限は、９００００００に設定されている。この値は、高速領域での連続運転時では、２５時間で補給が行われる値である。これは、主軸７０１の最高回転速度２２０００ｍｉｎ$^{-1}$での軸受破壊時間が１００時間であり、安全をみこして破壊時間に対し２０～４０％の値にグリース補給時間が収まるように積算値の上限及び高速領域の加算値（１０）を決定している。また、低速領域の加算値（１）は、低速領域と高速領域の境界値１８０００ｍｉｎ$^{-1}$での破壊時間が１０００時間であることを考慮し、軸受装置１００が低速領域内で連続運転される場合には、破壊時間の２５％に相当する２５０時間でグリースが補給さ

れるように積算値の上限及び低速領域の加算値を決定している。

図４４は、本実施形態のグリース補給タイミング算出のための処理を示すフローチャートである。以下、本実施形態のグリース補給タイミング算出アルゴリズム（プログラム）について説明する。

制御装置６２０のパルス検出器６２２は、回転センサ６４０のパルス信号をもとに、１秒毎に主軸７０１の回転速度を算出し、ＣＰＵ６２１に回転速度データを送る。ＣＰＵ６２１は、回転速度データを受信し、読み込む（ステップＳ１）。

回転速度データを読み込んだＣＰＵ６２１は、まず主軸７０１が停止しているかどうかを判断する（ステップＳ２）。ここで、停止している場合には、ＲＡＭ６２３に保存されている積算値に０を加え（ステップＳ３）、ステップＳ４に移行する。一方、停止していない場合には、ステップＳ３を迂回し、ステップＳ４に移行する。

次に、ＣＰＵ６２１は、主軸７０１の回転速度が低速領域にあるかどうかを判断する（ステップＳ４）。ここで、低速領域にある場合には、ＲＡＭ６２３に保存されている積算値に１を加え（ステップＳ５）、ステップＳ６に移行する。一方、低速領域にない場合には、ステップＳ５を迂回し、ステップＳ６に移行する。

次に、ＣＰＵ６２１は、主軸７０１の回転速度が高速領域にあるかどうかを判断する（ステップＳ６）。ここで、高速領域にある場合には、ＲＡＭ６２３に保存されている積算値に１０を加え（ステップＳ７）、ステップＳ８に移行する。一方、高速領域にない場合には、ステップＳ７を迂回し、ステップＳ８に移行する。

そして、ＣＰＵ６２１は、ＲＡＭ６２３に保存されている積算値を確認し、積算値が９００００以上となっているかどうかを判断する（ステップＳ８）。積算値が９００００以上となった場合には、抵抗型給脂装置６１０にグリース補給指示（給脂指令）を送り（ステップＳ９）、積算値を０にリセットする（ステップＳ１０）。そして、次の回転速度データの到着を待ち、回転速度データを受け取るためステップＳ１に戻る。一方、積算値が９００００より小さい場合には、回転速度データの到着を待ち、回転速度データを受け取るためステップＳ１に戻る。以上により、制御装置６２０は、グリース補給タイミングを算出し、抵抗型給脂

装置６１０にグリース補給指示を送出する。

その後、抵抗型給脂装置６１０は、ソレノイドバルブ７３０，７３０にバルブ開信号を送出し、ソレノイドバルブ７３０，７３０を所定時間の間だけ閉状態から開状態に変更する。ソレノイドバルブ７３０，７３０が開状態になると、コンプレッサ７４０から送出されるエアは、ソレノイドバルブ７３０，７３０を介してグリースタンク７２０，７２０に補給され、グリースタンク７２０，７２０内のピストン７２１，７２１に圧力を加える。圧力を加えられたピストン７２１は、グリースタンク７２０内のグリースを下流に押し込むことにより、給脂ノズル７２２を介して、軸受装置７００の内部に追加グリースを補給する。所定時間が経過すると、抵抗型給脂装置６１０は、ソレノイドバルブ７３０，７３０を閉状態にして追加グリース補給を終了する。

図４５は、本実施形態のグリース補給動作を示すタイムチャートである。図４５（ａ）は回転速度の時間変化を、図４５（ｂ）は積算値の時間変化を、図４５（ｃ）は、上記本実施形態のグリース補給タイミング算出アルゴリズムに基づき決定された補給タイミングを、図４５（ｄ）は、一定間隔（２５時間）毎に補給を行う場合の補給タイミングを、それぞれ示す図である。

図４５（ａ）及び図４５（ｂ）からわかるように、主軸７０１の回転速度が高速領域にある場合には、積算値の増加の傾きは大きく、主軸７０１の回転速度が低速領域にある場合には、積算値の増加の傾きは小さい。また、主軸７０１が停止している場合には、積算値は増加しない。すなわち、回転速度が速い場合には、積算値の増加が速いため、グリース補給間隔が短くなり、回転速度が遅い場合には、積算値の増加が遅いため、グリース補給間隔が長くなる。また、主軸７０１が回転しない場合には、グリースは補給されない。

また、図４５（ｃ）及び図４５（ｄ）を比較すると、本実施形態に従った場合には、主軸７０１の回転速度に応じて、グリースの補給が為されているが、所定時間毎に補給する場合には、回転速度の大きさ、または、回転の有無に関わらず、定期的にグリースが補給されることとなる。本実施形態では、軸受装置の回転頻度、すなわち、グリースの劣化状態に応じて適切にグリースを補給しているが、

従来の方法では、グリースの劣化状態に関係なくグリースを補給していることがわかる。このように本実施形態によれば、補給回数を従来に比べて減少し、且つ、適切なタイミングでグリースを補給することが可能となる。

以上、本実施形態によれば、主軸７０１の回転速度を１秒ごとに読み取る。回転速度領域は、回転速度に応じて、″停止領域″、″低速領域″、″高速領域″の３領域に分けられており、それぞれの領域に応じた加算値を積算値に加える。そして、積算値が所定値以上となった場合にのみ、制御装置６２０は、追加グリース補給を抵抗型給脂装置６１０に指示する。従って、軸受装置の回転頻度、すなわち、グリースの劣化状態に応じて適切にグリースを補給することが可能となる。また、制御装置６２０は、主軸７０１が回転していない場合には、積算値に０を加えることにより、積算値を増加させない。これにより、主軸７０１が非回転状態にあるときに、グリースを補給するような無駄は発生しない。従って、過剰グリースの攪拌抵抗による無駄な発熱を抑えることが可能である。よって、異常昇温による軸受の焼付等の故障を未然に防止し、主軸７０１の取付け精度を高い状態に維持し軸受の長寿命化が可能となる。

なお、本実施形態においては、グリース供給装置として、抵抗型給脂装置を使用したが、これに限られず、積算値が所定値以上となったときに、軸受７１０，７１０にグリースを補給可能な装置であればなんでもよい。例えば、定量吐出型の給脂装置等を用いることが可能である。

また、本実施形態においては、背面組合せ形のアンギュラ玉軸受７１０，７１０を用いたが、これに限られず、正面組合せ形のアンギュラ玉軸受を用いてもよい。また、他の種類の玉軸受やころ軸受等のその他の転がり軸受を用いてもよい。

また、本実施形態では、加算値を高速領域で１０、低速領域で１、停止時に０としたが、これに限られず、主軸７０１及び軸受７１０の使用状態に応じて、適宜所望の値を設定することが可能である。また、積算値の最大値についても、使用状態や耐久性等を考慮して、所望の値に設定することが可能である。

また、本実施形態では、１秒毎に回転速度を算出したが、適宜所望の値に設定することが可能である。

（第３１実施形態）

以下、本発明に係る第３１実施形態のグリース補給装置としてのグリース補給システムについて説明する。なお、本実施形態において、第３０実施形態に挙げた要素と同一の要素については重複を避け、記載の説明を適宜省略する。

本実施形態では、グリース補給システムの構造は、第３０実施形態の構造と同一である。本実施形態では、制御装置６２０内で起動、実行されるグリース補給タイミングの可変制御プログラムが一部異なる。

本実施形態の可変制御プログラムは、回転速度領域を、″停止領域″、″低速領域″、″中速領域″、及び、″高速領域″の４領域に分け、それぞれの回転速度領域毎に所定の加算値を有している。具体的に、″停止領域″とは主軸７０１の回転速度が０ｍｉｎ$^{-1}$である領域、″低速領域″とは主軸７０１の回転速度が０ｍｉｎ$^{-1}$より大きく１４０００ｍｉｎ$^{-1}$以下である領域、″中速領域″とは主軸７０１の回転速度が１４０００ｍｉｎ$^{-1}$より大きく１８０００ｍｉｎ$^{-1}$以下である領域、そして″高速領域″とは主軸７０１の回転速度が１８０００ｍｉｎ$^{-1}$より大きい領域を指す。ここでは、″停止領域″に０、″低速領域″に０．１、″中速領域″に１、そして″高速領域″に１０がそれぞれ加算値として与えられている。

ＣＰＵ６２１は、可変制御プログラムに従い、主軸７０１の回転速度が与えられる毎に、その時点での回転速度がどの回転速度領域に属しているか判断する。そして、対応する回転速度領域に与えられた加算値を、ＲＡＭ６２３に保存された積算値に加える。そして、ＣＰＵ６２１は、積算値以上となったとき、抵抗型給脂装置６１０にグリース補給指示を送る。ここでも、第３０実施形態と同様に、積算値の上限は、９０００００に設定されている。

図４６は、本実施形態のグリース補給タイミング算出のための処理を示すフローチャートである。以下、本実施形態のグリース補給タイミング算出アルゴリズムについて説明する。

制御装置６２０のパルス検出器６２２は、回転センサ６４０のパルス信号をもとに、１秒毎に主軸７０１の回転速度を算出し、ＣＰＵ６２１に回転速度データ送る。ＣＰＵ６２１は、回転速度データを受信し、読み込む（ステップＳ１１）。

回転速度データを読み込んだＣＰＵ６２１は、まず主軸７０１が停止しているかどうかを判断する（ステップＳ１２）。ここで、停止している場合には、ＲＡＭ６２３に保存されている積算値に０を加え（ステップＳ１３）、ステップＳ１４に移行する。一方、停止していない場合には、ステップＳ１３を迂回し、ステップＳ１４に移行する。

次に、ＣＰＵ６２１は、主軸７０１の回転速度が低速領域にあるかどうかを判断する（ステップＳ１４）。ここで、低速領域にある場合には、ＲＡＭ６２３に保存されている積算値に０．１を加え（ステップＳ１５）、ステップＳ１６に移行する。一方、低速領域にない場合には、ステップＳ１５を迂回し、ステップＳ１６に移行する。

次に、ＣＰＵ６２１は、主軸７０１の回転速度が中速領域にあるかどうかを判断する（ステップＳ１６）。ここで、中速領域にある場合には、ＲＡＭ６２３に保存されている積算値に１を加え（ステップＳ１７）、ステップＳ１８に移行する。一方、中速領域にない場合には、ステップＳ１７を迂回し、ステップＳ１８に移行する。

次に、ＣＰＵ６２１は、主軸７０１の回転速度が高速領域にあるかどうかを判断する（ステップＳ１８）。ここで、高速領域にある場合には、ＲＡＭ６２３に保存されている積算値に１０を加え（ステップＳ１９）、ステップＳ２０に移行する。一方、高速領域にない場合には、ステップＳ１９を迂回し、ステップＳ２０に移行する。

そして、ＣＰＵ６２１は、ＲＡＭ６２３に保存されている積算値を確認し、積算値が９０００００以上となっているかどうかを判断する（ステップＳ２０）。積算値が９０００００以上となった場合には、抵抗型給脂装置６１０にグリース補給指示（給脂指令）を送り（ステップＳ２１）、積算値を０にリセットする（ステップＳ２２）。そして、次の回転速度データの到着を待ち、回転速度データを受け取るためステップＳ１１に戻る。一方、積算値が９０００００より小さい場合には、回転速度データの到着を待ち、回転速度データを受け取るためステップＳ１１に戻る。

以上により、制御装置６２０は、グリース補給タイミングを算出し、抵抗型給脂装置６１０にグリース補給指示を送出する。

その後、抵抗型給脂装置６１０は、ソレノイドバルブ７３０，７３０にバルブ開信号を送出し、ソレノイドバルブ７３０，７３０を所定時間の間だけ閉状態から開状態に変更する。ソレノイドバルブ７３０，７３０が開状態になると、コンプレッサ７４０から送出されるエアは、ソレノイドバルブ７３０，７３０を介してグリースタンク７２０，７２０に補給され、グリースタンク７２０，７２０内のピストン７２１，７２１に圧力を加える。圧力を加えられたピストン７２１は、グリースタンク７２０内のグリースを下流に押し込むことにより、給脂ノズル７２２を介して、軸受装置７００の内部に追加グリースを補給する。所定時間が経過すると、抵抗型給脂装置６１０は、ソレノイドバルブ７３０，７３０を閉状態にして追加グリース補給を終了する。

図４７は、本実施形態のグリース補給動作を示すタイムチャートである。図４７（ａ）は回転速度の時間変化を、図４７（ｂ）は積算値の時間変化を、図４７（ｃ）は、本実施形態のグリース補給タイミング算出アルゴリズムに基づき決定された補給タイミングを、図４７（ｄ）は、一定間隔（２５時間）毎に補給を行う場合の補給タイミングを、それぞれ示す図である。

図４７（ａ）及び図４７（ｂ）からわかるように、主軸７０１の回転速度が高速領域にある場合には、積算値の増加の傾きは大きく、主軸７０１の回転速度が中速領域にある場合には、積算値の増加の傾きは小さく、主軸７０１の回転速度が低速領域にある場合には、積算値の増加の傾きは微少である。また、主軸７０１が停止している場合には、積算値は増加しない。すなわち、回転速度が速い場合には、積算値の増加が速いため、グリース補給間隔が短くなり、回転速度が遅い場合には、積算値の増加が遅いため、グリース補給間隔が長くなる。また、主軸７０１が回転しない場合には、グリースは補給されない。

また、図４７（ｃ）及び図４７（ｄ）を比較すると、本実施形態に従った場合には、主軸７０１の回転速度に応じて、グリースの補給が為されているが、所定時間毎に補給する場合には、回転速度の大きさ、または、回転の有無に関わらず、

定期的にグリースが補給されることとなる。本実施形態では、軸受装置の回転頻度、すなわち、グリースの劣化状態に応じて適切にグリースを補給しているが、従来の方法では、グリースの劣化状態に関係なくグリースを補給していることがわかる。このように本実施形態によれば、補給回数を従来に比べて減少し、且つ、適切なタイミングでグリースを補給することが可能となる。

以上、本実施形態によれば、主軸７０１の回転速度を１秒ごとに読み取る。回転速度領域は、回転速度に応じて、"停止領域"、"低速領域"、"中速領域"、"高速領域"の４領域に分けられており、それぞれの領域に応じた加算値を積算値に加える。そして、積算値が所定値以上となった場合にのみ、制御装置６２０は、追加グリース補給を抵抗型給脂装置６１０に指示する。従って、軸受装置の回転頻度、すなわち、グリースの劣化状態に応じて適切にグリースを補給することが可能となる。また、制御装置６２０は、主軸７０１が回転していない場合には、積算値に０を加えることにより、積算値を増加させない。これにより、主軸７０１が非回転状態にあるときに、グリースを補給するような無駄は発生しない。従って、過剰グリースの攪拌抵抗による無駄な発熱を抑えることが可能である。よって、異常昇温による軸受の焼付等の故障を未然に防止し、主軸７０１の取付け精度を高い状態に維持し軸受の長寿命化が可能となる。

また、本実施形態では、回転速度領域を４段階に分けて、加算値を設定しているため、第３０実施形態に比べて、実際の回転状況に応じて、より精度よくグリース補給タイミングを決定することが可能となる。

なお、本実施形態においては、グリース供給装置として、抵抗型給脂装置を使用したが、これに限られず、積算値が所定値以上となったときに、軸受７１０，７１０にグリースを補給可能な装置であればなんでもよい。例えば、定量吐出型の給脂装置等を用いることが可能である。

また、本実施形態においては、背面組合せ形のアンギュラ玉軸受７１０，７１０を用いたが、これに限られず、正面組合せ形のアンギュラ玉軸受を用いてもよい。また、他の種類の玉軸受やころ軸受等のその他の転がり軸受を用いてもよい。

また、本実施形態では、加算値を高速領域で１０、中速領域で１、低速領域で

０．１、停止時に０としたが、これに限られず、主軸７０１及び軸受７１０の使用状態に応じて、適宜消耗の値を設定することが可能である。また、積算値の最大値についても、使用状態や耐久性等を考慮して、所望の値に設定することが可能である。

また、本実施形態では、回転速度領域を４段階に分けて、加算値を設定しているが、これに限られず、状況に応じて、回転速度領域の分割数を適宜設定してもよい。例えば、使用中の回転速度の変化が大きいものについては、分割数を増やすことにより、実際のグリースの劣化状況に即したグリース補給を行うことが容易になると考えられる。回転速度が殆ど変化しないものについては、例えば、〃停止領域〃と〃可動領域〃の二つの領域のみを用いることも可能である。

また、本実施形態では、１秒毎に回転速度を算出したが、適宜所望の値に設定することが可能である。

（第３２実施形態）

以下、本発明に係る第３２実施形態のグリース補給装置としてのグリース補給システムについて説明する。

図４８は、本発明に係る第３２実施形態の主軸装置を構成する軸受装置８００の断面図である。軸受装置８００は、主軸８０１と、ハウジング８０２と、主軸８０１に外嵌し、且つハウジング８０２に内嵌したアンギュラ玉軸受８１０，８１０とを有している。主軸８０１は、アンギュラ玉軸受８１０，８１０を介して、ハウジング８０２に対し回転可能である。

主軸８０１は、図示せぬモータ等の回転駆動機構に接続されており、回転駆動機構の駆動により回転する。本実施形態では、主軸８０１の最高回転速度は、２０００ｍｉｎ$^{-1}$に設定されている。

各アンギュラ玉軸受８１０は、内輪８１３、外輪８１４、転動体としての玉８１５、及び、保持器８１６を有している。内輪８１３は、主軸８０１に外嵌しており、外周側に玉８１５を案内する内輪軌道８１３ａを有している。外輪８１４は、ハウジング８０２に内嵌しており、内周側に玉８１５を案内する外輪軌道８１４ａを有している。

玉８１５は、内輪８１３の内輪軌道８１３ａと外輪８１４の外輪軌道８１４ａとの間に転動自在に配置されている。保持器８１６は、玉８１５を円周方向等間隔に転動自在に保持している。外輪８１４は、テーパ部８１４ｃを軸方向片側に有している。本実施形態においては、一対のアンギュラ玉軸受８１０は、それぞれの背面側が対向配置される、いわゆる背面組合せ形（ＤＢ）で配置されている。

アンギュラ玉軸受８１０，８１０の各内輪８１３及び外輪８１４間には、それぞれ主軸８０１及びハウジング８０２に沿って配置された内輪間座８０５及び外輪間座８０６が配置されている。内輪８１３及び内輪間座８０５、並びに、外輪８１４及び外輪間座８０６は、内輪押さえ部材８０３，８０７及び外輪押さえ部材８０４により付勢され、各軸受には予圧が与えられている。内輪押さえ部材８０３及び外輪押さえ部材８０４の間には、図示せぬ間隙が形成されており、両押さえ部材間にラビリンスを形成している。

本実施形態の外輪間座８０６には、ハウジング８０２から径方向に形成された補給孔８０２ａ，８０２ａ、及び、補給孔８０６ａ，８０６ａと連通し、アンギュラ玉軸受８１０，８１０の側面に開口した補給孔８０６ｂ，８０６ｂが形成されている。

ハウジング８０２上には、アンギュラ玉軸受８１０，８１０の内部にそれぞれ補給される追加グリースを蓄えるグリースタンク７２０，７２０が設けられている。グリースタンク７２０，７２０には、それぞれ給脂ノズル７２２，７２２が連通している。各給脂ノズル７２２は、ハウジング８０２を貫通する貫通孔８０２ａを介して、外輪間座８０６に形成された補給孔８０６ａ内にその先端が差し込まれている。追加グリースは、ピストン７２１の動作に従い、給脂ノズル７２２及び補給孔８０６ａ及び８０６ｂを介して、略軸方向にアンギュラ玉軸受８１０内へ補給される。

軸受装置８００には、主軸８０１の回転速度を検出する回転センサ６４０が組み付けられている。回転センサ６４０は、主軸８０１に対向し、主軸８０１上に形成された、スリット、磁石、突起等の検出マークを検出することにより主軸８０１の回転速度に対応するパルス信号を生成する。

軸受装置８００以外の構造は、第３０実施形態または第３１実施形態に記載したものと同一である。本実施形態では、第３０実施形態のように、回転速度領域を３分割して、グリース補給タイミングを決定してもよいし、第３１実施形態のように、回転速度領域を４分割して、グリース補給タイミングを決定してもよい。

上記の軸受装置８００についても、第３０実施形態又は第３１実施形態と同様に、グリース補給タイミングを決定することにより、無駄な追加グリース補給を省き、適切なタイミングでグリースを補給することにより、グリース補給回数を減少させることが可能である。

（第３３実施形態）

以下、図４９～図５５を参照しながら、本発明に係る第３３実施形態のグリース補給装置としてのグリース補給システムについて説明する。

図４９は、本実施形態のグリース補給システム９００を含んだ主軸装置を示す図であり、図５０は、本実施実施形態のグリース補給システム９００が取り付けられたスピンドル７５０を示す図である。グリース補給システム９００は、複数の転がり軸受を介して主軸７７１を回転可能に支承するスピンドル７５０にグリース補給ユニット９１０が併設された構成となっている。

このスピンドル７５０は、主軸ハウジング７６１内に外輪溝付きタイプのアンギュラ玉軸受７５１及び補給孔が片側に１本設けられた円筒ころ軸受７５２を用いて主軸７７１を支持している。なお、図５０のスピンドル７５０は、例示のために異種の軸受を用いているが、同種の軸受のみから構成するようにしてもよい。

主軸ハウジング７６１は、ハウジング本体７６２と、ハウジング本体７６２の前端（図中左側）に内嵌固定された前側軸受ハウジング７６３と、ハウジング本体７６２の後側（図中右側）に内嵌固定された後側ハウジング７６４とを備えている。前側軸受ハウジング７６３の端部には、外輪押さえ部材７６５及び内輪押さえ部材７６６が設けられており、外輪押さえ部材７６５と内輪押さえ部材７６６との間には、ラビリンスが形成されている。主軸ハウジング７６１の後端面は、カバー７７０によって覆われている。

主軸７７１は、前側軸受ハウジング７６３に外嵌する２つのアンギュラ玉軸受

７５１，７５１と、後側軸受ハウジング７６４に外嵌する１つの円筒ころ軸受７５２に内嵌することにより、主軸ハウジング７６１によって回転自在に支承されている。２つのアンギュラ玉軸受７５１，７５１の外輪間には、外輪間座７８０が配置されており、また内輪間には、内輪間座７７６が配置されている。

主軸７７１の軸方向の略中央部には、ロータ７８６が外嵌固定されている。ロータ７８６の外周面側には、ステータ７８７が所定距離離れて同軸配置されている。ステータ７８７は、ステータ７８７の外周面側に配置されたステータ固定部材７８８を介してハウジング本体７６２に固定されている。ハウジング本体７６２とステータ固定部材７８８との間には、主軸７７１の周方向に沿う方向に複数の溝７７８が形成されている。この複数の溝７７８内には、ステータ７８７の冷却用の冷媒が流される。

同様に、ハウジング本体７６２と前側軸受ハウジング７６３との間であって、アンギュラ玉軸受７５１，７５１の外周側にあたる部位には、ハウジングおよび軸受冷却用の冷媒が流される複数の溝７７７が形成されている。

この主軸ハウジング７６１の後端面には、軸受７５１，７５１，７５２のそれぞれにグリース補給を行うためのグリースが供給される３個のグリース補給口７９２が周方向に沿って開口している（図５０には一つのみ図示）。これらの３つのグリース補給口７９２は、ハウジング本体７６２、前側軸受ハウジング７６３及び後側軸受ハウジング７６４内に形成されたグリース補給路７９３ａ，７９３ｂ，７９３ｃにそれぞれ連通している（図５０では、便宜上、各グリース補給路７９３ａ，７９３ｂ，７９３ｃを同一断面に図示している）。これにより、本実施形態のスピンドル装置７５０は、外部に設けられたグリース補給ユニット９１０からグリース補給管９４０を介して主軸ハウジング７６１内にグリース補給可能に構成されている。

グリース補給路７９３ａは、単列円筒ころ軸受７５２の外輪側に対応して形成された開口７９６に連通しており、グリース補給路７９３ｂは、前側（図左側）に配置されたアンギュラ玉軸受７５１の外輪側に対応して形成された開口７９４に連通しており、またグリース補給路７９３ｃは、後側（図中央）に配置された

アンギュラ玉軸受７５１の外輪側に対応して形成された開口７９５に連通している。これにより、グリース補給ユニット９１０から補給されたグリースは、各軸受７５１，７５１，７５２の外輪側まで独立に補給される。開口７９４，７９５，７９６は、各軸受７５１，７５１，７５２に形成された補給孔に連通しており、グリースは補給孔を介して軸受空間内部に独立に補給される。

次にグリース補給システム９００について説明する。グリース補給システム９００は、エア源９０１からグリース補給ユニット９１０にエアを供給し、グリース補給ユニット９１０内のグリースをスピンドル７５０に補給するものである。以下に、グリース補給システム９００を構成する各部材について詳細に説明を行う。

エア源９０１とグリース補給ユニット９１０との間には、エアフィルタ９０２、レギュレータ９０３、ソレノイドバルブ９０４、およびエア用圧力センサ９０５が設けられている。まず、エア源９０１とグリース補給ユニット９１０との間に設けられた各部材について説明を行う。

エアフィルタ９０２は、エア源９０１から送り出されたエア中の塵埃等を除去するためのフィルタである。エアフィルタ９０２を通過したエアは、レギュレータ９０３に送られる。

レギュレータ９０３は、上流から送られてきたエアの圧力を所定の設定値に調節するためのものである。レギュレータ９０３により適切な圧力とされたエアは、ソレノイドバルブ９０４に送られる。

ソレノイドバルブ９０４は、エア源９０１側から送られてくるエアを下流に設置されたグリース補給ユニット９１０側に送り出すエア供給路９３０を開閉するためのバルブである。このソレノイドバルブ９０４は、外部に設置された制御器９０６から送られる電流に応じて開閉動作する。ソレノイドバルブ９０４の開閉条件については、後述する。

エア用圧力センサ９０５は、ソレノイドバルブ９０４の下流側近傍に設けられている。このエア用圧力センサ９０５は、ソレノイドバルブ９０４を介してグリース補給ユニット９１０側に流れるエアの圧力を検出し、監視するためのセンサ

として機能する。具体的には、エア用圧力センサ９０５は、検出した圧力が所定圧力以上となると、ＯＮ信号を制御器９０６に送出する。これにより、エア用圧力センサ９０５は、所定圧力以上のエアがソレノイドバルブ９０４からグリース補給ユニット９１０側に流れていることを制御器９０６に通知する。

グリース補給ユニット９１０は、スピンドル７５０の各軸受７５１，７５１，７５２にグリースを補給するユニットである。このグリース補給ユニット９１０は、グリース用圧力センサ９１１と、レベルセンサ９１２と、図示せぬピストンを内部に有し、グリースを貯蔵するグリースタンク９１３と、グリースタンク９１３内のグリースを一定量ずつ吐出する定量吐出装置９１４と、を備えている。

グリース補給ユニット９１０には、図４９中に示すエア供給路９３０を介して、エア源９０１からエアが供給される。このエアは、スピンドル７５０に補給されるグリースを所定量貯蔵するための容器であるグリースタンク９１３および定量吐出装置９１４に供給される。グリースタンク９１３は、グリースタンク９１３内にエアが流入すると、グリースタンク９１３内に設けられたピストンがエアによって押圧され、グリースタンク９１３内のグリースを加圧する。そして、加圧されたグリースは、定量吐出装置９１４に送り出され、定量吐出装置９１４内に充填される。

定量吐出装置９１４には、グリースタンク９１３と同様に、ソレノイドバルブ９０４がＯＮとなると、エアが供給される。供給されたエアは、内部に設けられた図示せぬピストンを押圧し、内部に充填されたグリースを一定量ずつグリース補給管９４０（図４９では、３本図示）に送り出すように構成されている。これら３本のグリース補給管９４０は、スピンドル７５０に開口したグリース補給孔７９２を介してグリース補給路７９３ａ，７９３ｂ，７９３ｃにそれぞれ連通している。定量吐出装置９１４から吐出されたグリースは、グリース補給管９４０を介してグリース補給路７９３ａ，７９３ｂ，７９３ｃに送られ、そしてスピンドル７５０内部の各軸受７５１，７５１，７５２内部にグリースが補給される。

ここで、ソレノイドバルブ９０４がＯＮとなった後の動作を簡単に説明する。ソレノイドバルブ９０４がＯＮとなると、エア源９０１からのエアがグリースタ

ンク９１３および定量吐出装置９１４に供給され、グリースタンク９１３および定量吐出装置９１４に設けられ各ピストンを押圧する。この状態で、グリースタンク９１３内部のグリースは、加圧された状態となる。一方、定量吐出装置９１４内のピストンは、定量吐出装置９１４内のグリースを加圧し、スピンドル７５０へグリース補給を行う。そして、ソレノイドバルブ９０４がＯＦＦとなると、定量吐出装置９１４内のピストンが元の位置に戻る。このとき、グリースタンク９１３内のエア圧を一定時間保持できる機構とすることにより、グリースタンク９１３内のピストンに圧力が負荷された状態となり、加圧されていたグリースが定量吐出装置９１４内に充填される。この充填されたグリースは、次回のグリース補給時に用いられる。以上が、ソレノイドバルブ９０４の開閉動作にともなうグリースタンク９１３および定量吐出装置９１４内のグリースの移動の説明である。

グリース用圧力センサ９１１は、グリースタンク９１３内から定量吐出装置９１４に送り出されるグリース圧力を検出するセンサである。このグリース圧力センサ９１１は、このグリース圧力を検出することにより、グリース補給ユニット９１０に流入したエアによってグリースタンク９１３内のピストンが正常に作動しているかどうかを監視する。具体的には、グリース用圧力センサ９１１は、検出した圧力が所定圧力以上となると、ＯＮ信号を制御器９０６に送出する。これにより、グリース用圧力センサ９１１は、所定圧力以上のエアがソレノイドバルブ９０４側からグリース補給ユニット９１０内に流入し、グリースタンク９１３内のピストンが正常に作動したことを制御器９０６に通知する。

レベルセンサ９１２は、上述のグリースタンク９１３内のグリース残量を監視するためのセンサである。具体的に、レベルセンサ９１２は、グリースタンク９１３内のグリース残量が、例えばグリースタンク容量の５％以下に低下すると、ＯＦＦ信号を制御器９０６に送出する。これにより、レベルセンサ９１２は、グリースタンク９１３内のグリース残量が残り少なくなり、補給、メンテナンス等の時期が近づいていることを制御器９０６に通知する。

スピンドル７５０には、主軸の回転速度を検出するための回転センサ９２１が

取り付けられている。回転センサ９２１は、主軸に対向し、主軸上に形成された、スリット、磁石、突起等の検出マークを検出することにより主軸の回転速度に対応するパルス信号を生成する。検出したパルス信号は、制御器９０６に送出される。

制御器９０６は、本グリース補給システム９００を統括制御するためのコントローラである。制御器９０６は、エア用圧力センサ９０５，グリース用圧力センサ９１１、レベルセンサ９１２および回転センサ９２１から、ＯＮ／ＯＦＦ情報および回転速度情報を受信可能に構成されており、これらから受け取った信号に応じて、ソレノイドバルブ９０４開閉動作およびスピンドル７５０の主軸回転速度等を制御する。

また、制御器９０６には、表示装置９０７、メモリ９０８及び入力装置９０９が接続されている。

この表示装置９０７は、制御器９０６から送られる信号を表示し、グリース補給システム９００の状態をユーザに知らせるためのものである。表示装置９０７は、制御器９０６内部での判断結果を表示し、ユーザに本グリース補給システム９００の動作状況を通知したり、警告を発してユーザに注意を喚起したりする。

メモリ９０８には、スピンドル７５０にグリースを補給するためのプログラムが保存されている。制御器９０６は、回転センサ９２１から送られる回転速度情報を受け取る毎に(本実施形態では、０．８秒毎に回転速度情報を受け取る毎に)、プログラムに従い、グリース補給タイミング算出のための処理を行うように構成されている。

本実施形態のプログラムは、回転速度領域を、″低速領域″、″中速領域″、及び″高速領域″の３領域に分け、それぞれの回転速度領域毎に所定の加算値を有している。具体的に、″低速領域″とはスピンドル７５０の主軸７７１の回転速度が０ｍｉｎ$^{-1}$以上かつ１２０００ｍｉｎ$^{-1}$以下である領域（停止状態を含む)、″中速領域″とはスピンドル７５０の主軸の回転速度が１２０００ｍｉｎ$^{-1}$より大きくかつ１８０００ｍｉｎ$^{-1}$以下である領域、そして″高速領域″とは主軸７７１の回転速度が１８０００ｍｉｎ$^{-1}$より大きい領域を指す。ここでは、″低速領域″に１、″中

速領域″に２、そして″高速領域″に１０がそれぞれ加算値として与えられている。

制御器９０６は、プログラムに従い、主軸７７１の回転速度が与えられる毎に、その時点での回転速度がどの回転速度領域に属しているか判断する。そして、対応する回転速度領域に対応する加算値を、メモリ９０８に保存された積算値に加える。そして、制御器９０６は、積算値が所定の上限以上となったとき、ソレノイドバルブ９０４に所定の電流を流すことにより、ソレノイドバルブ９０４を開状態とし、エア源９０１からグリース補給ユニット９１０へのエア供給を行い、定量吐出装置９１４内のグリースをスピンドル７５０内の各軸受へ補給する。そして、制御器９０６は、所定時間後にソレノイドバルブ９０４を閉状態とし、グリースタンク９１３から定量吐出装置９１４へのグリース供給が行われる。

ここでは、積算値の上限は、例えば９０００００に設定されている。この値は、高速領域での連続運転時では、２５時間で補給が行われる値である。これは、主軸の最高回転速度２２０００ｍｉｎ$^{-1}$での軸受破壊時間が１００時間であり、安全をみこして破壊時間に対し２０～４０％の値にグリース補給時間が収まるように積算値の上限及び高速領域の加算値（１０）を決定している。また、低速領域の加算値（１）は、中速領域と高速領域の境界値１８０００ｍｉｎ$^{-1}$での破壊時間が１０００時間であることを考慮し、スピンドル７５０が低速領域内で連続運転される場合には、破壊時間の２５％に相当する２５０時間でグリースが補給されるように積算値の上限及び低速領域の加算値を決定している。すなわち、本実施形態では、グリース補給システム９００の電源がＯＮであれば、主軸が停止している状態であっても、最長２５０時間で自動的にグリースが補給されるように構成されている。

入力装置９０９は、制御器９０６を介してグリース補給システム９００を操作するための入力装置であり、スタート釦、リスタート釦、リセット釦等の各種釦から構成されている。ユーザは、これらの釦を介してグリース補給システム９００を操作可能に構成されている。

つぎに、図５１～図５５に示すフローチャートを参照しながら、本実施形態のグリース補給システム９００の制御動作について説明を行う。

まず図５１を参照して説明を行う。まず、グリース補給システム９００の動作を開始すると、制御器９０６は、スピンドル７５０に設けられた回転センサ９２１から定期的に送られてくる回転速度情報を受け取り、この回転速度情報に基づきスピンドル７５０の主軸７７１の回転速度を読み取る（ステップＳ３１）。

そして、読み取った回転速度を基に積算値Ｎに積算する加算値を決定し、積算処理を行う（ステップＳ３２）。

図５２は、ステップＳ３２の積算処理の内容を示すフローチャートである。ここでは、検出した主軸の回転速度が、″低速領域″、″中速領域″、及び″高速領域″の３領域に分けられた回転速度領域のどれに該当するかに応じて、加算値を決定する。

まず、ステップＳ４１において、検出した主軸の回転速度が低速領域（ここでは、０を含み１２０００ｍｉｎ$^{-1}$以下の領域）であるかどうかを判断する。そして検出した主軸の回転速度が、低速領域に該当すれば積算値Ｎに１を加えて積算処理を終了する（ステップＳ４２）。

一方、検出した主軸の回転速度が、低速領域に該当しなかった場合には、ステップＳ４３に移行し、検出した主軸の回転速度が中速領域（ここでは、１２０００ｍｉｎ$^{-1}$より大きく１８０００ｍｉｎ$^{-1}$以下の領域）であるかどうかを判断する。そして検出した主軸の回転速度が、中速領域に該当すれば積算値Ｎに２を加えて積算処理を終了する（ステップＳ４４）。

また、検出した主軸の回転速度が中速領域に該当しなければ、主軸の回転速度は高速領域にあると判断し、積算値Ｎに１０を加えて積算処理を終了する（ステップＳ４５）。

再度、図５１に戻って説明を行う。ステップＳ３２で積算処理が終了すると、制御器９０６は、積算値Ｎが所定値より小さいかどうかについて、例えば９００００００より小さいかどうかについての判断を行う（ステップＳ３３）。ここで、積算値が所定値より小さい場合には、ステップＳ３１に戻り、所定時間後再度回転速度を読み込んで、ステップＳ３２で積算処理を行う。

一方、積算値Ｎが所定値、ここでは９００００００以上である場合には、グリー

ス補給タイミングであると判断して、ステップＳ３４に移行する。

まず、ステップＳ３４では、制御器９０６は、積算値Ｎをリセットして０に戻す。そして、ステップＳ３５にて、制御器９０６は、ソレノイドバルブ９０４に所定の電流を流しソレノイドバルブ９０４を開動作させる（ステップＳ３５）。これにより、ソレノイドバルブ９０４を介してエアがグリース補給ユニット９１０に供給され、グリース補給ユニット９１０内の定量吐出装置９１４内のピストンを押し下げる。これにより、定量吐出装置９１４内のグリースが、スピンドル７５０内部の各転がり軸受の軸受空間内に補給される。また、同時に制御器９０６は、内部に設けられたグリースショット回数をカウントするグリースショットカウンタの積算値に１を加える。その後、ソレノイドバルブ９０４は、所定時間後に閉状態となると、定量吐出装置９１４内のピストンは初期位置に戻るとともに、グリースタンク９１３から次回供給用のグリースが定量吐出装置９１４内に供給される。

ここで、ソレノイドバルブ９０４が開となると、制御器９０６は、ステップＳ３６，Ｓ３７およびＳ３８において、エア用圧力センサ９０５、グリース用圧力センサ９１１，およびレベルセンサ９１２からのＯＮ・ＯＦＦ信号の有無を確認し、グリース補給が正常に行われているかどうかについてのチェックを行う。以下、各チェック動作毎に説明を行う。

図５３は、エア用圧力センサ９０５によるエア圧力チェック動作を説明するためのフローチャートである。

まず、制御器９０６は、エア用圧力センサ９０５からＯＮ信号を受信したかどうかを確認する（ステップＳ５１）。ここで、エア用圧力センサ９０５がＯＮ、すなわち、エア用圧力センサ９０５の測定エア圧力が所定値以上となっていると、正常なエア圧力が供給されていると判断し、ステップＳ５２に移行して、エア用圧力センサ９０５のＯＦＦ回数のカウントを０にリセットして、チェックを終了する。

一方、エア用圧力センサ９０５がＯＦＦ、すなわち、エア用圧力センサ９０５の測定エア圧力が所定値より小さくなっていると、制御器９０６は、正常なエア

圧力が供給されていないと判断し、エア用圧力センサ９０５のＯＦＦ回数のカウントを１加算する（ステップＳ５３）。

そして、ステップＳ５４にて、エア用圧力センサ９０５のＯＦＦ回数が３となっているかどうかを判断する。これは、エア用圧力センサ９０５のＯＦＦ回数は、再トライに何回失敗したかを示すカウンタとなっており、カウンタが２回以下であれば、ステップＳ３５に移行し、ソレノイドバルブ９０４を再度開動作する。

一方、エア用圧力センサ９０５のカウンタが３回となっていると、３回ソレノイドバルブ９０４の開動作をトライしても圧力が所定値とならず、異常が発生していると判断する。そして、ステップＳ５５にて”アラーム１”を表示装置９０７に表示する。ここで、表示される”アラーム１”は、例えば「確認！エアの圧力不足です。エアの圧力を確認して下さい。」と表示され、レギュレータ９０３の設定エア圧が適切であるかどうか、またはエア供給路９３０に何らかの異常がないかどうか等の確認を行うようユーザに促す。

そして、ステップＳ５６にて、制御器９０６は、スピンドル７５０の主軸７７１の最高回転速度の設定を、中速領域（１２０００ｍｉｎ$^{-1}$より大きく１８０００ｍｉｎ$^{-1}$以下の領域）の回転速度、例えば１５０００ｍｉｎ$^{-1}$で回転するように回転速度を落とさせるように制御する。すなわち、初期状態では最高回転速度が例えば２２０００ｍｉｎ$^{-1}$に設定されていた場合であっても、最高回転速度を１５０００ｍｉｎ$^{-1}$に制限し、スピンドル７５０の主軸７７１がそれ以上の回転速度で回転しないように制限する。

これにより、グリースが補給されないことによるグリース不足により、軸受の焼き付き等が生じにくくなるような制御が行われる。ここで、回転速度の上限を中速領域の最大値１８０００ｍｉｎ$^{-1}$となるように制御してもよい。

そして、この状態の後は、ステップＳ５７にて、ユーザが何らかの対処を行い、入力装置９０９中のリスタート釦が押されるまで待機する。このリスタート釦が押されると、制御器９０６は、表示装置９０７に表示されていたアラーム１の表示をリセットし（ステップＳ５８）、エア用圧力センサ９０５のＯＦＦ回数を０に再設定し（ステップＳ５９）、ステップＳ５６で設定された回転速度制限を解除し

て（ステップＳ６０）、ステップＳ３５に戻り、再度ソレノイドバルブ９０４を開動作する。

エア用圧力センサ９０５のチェック動作についての説明は以上である。

次に、グリース用圧力センサ９１１のグリース圧力チェック動作について説明する。図５４は、グリース用圧力センサ９１１のチェック動作を説明するためのフローチャートである。

まず、制御器９０６は、グリース用圧力センサ９１１からＯＮ信号を受信したかどうかを確認する（ステップＳ６１）。ここで、グリース用圧力センサ９１１がＯＮ、すなわち、グリース用圧力センサ９１１の圧力が所定値以上となっていると、グリースタンク９１３内のピストンが正常に作動していると判断し、そのままチェックを終了する。

一方、グリース用圧力センサ９１１がＯＦＦ、すなわち、グリース用圧力センサ９１１の圧力が所定値より小さくなっていると、グリースタンク９１３内のピストンが正常に動作しておらず、定量吐出装置９１４にグリースが供給されていないと判断し、ステップＳ６２にて”アラーム２”を表示装置９０７に表示する。

ここで、表示される”アラーム２”は、例えば「異常！グリースタンクの圧力不足です。サービスマンに至急連絡をして下さい。回転速度の上限を１５０００ｍｉｎ$^{-1}$で制限します」と表示され、至急対処を行うようにユーザに促す。

そして、ステップＳ６３にて、制御器９０６は、スピンドル７５０の主軸７７１の最高回転速度の設定を、中速領域（１２０００ｍｉｎ$^{-1}$より大きく１８０００ｍｉｎ$^{-1}$以下の領域）の回転速度、例えば１５０００ｍｉｎ$^{-1}$で回転するように回転速度を落とさせるように制御する。すなわち、初期状態では最高回転速度が例えば２２０００ｍｉｎ$^{-1}$に設定されていた場合であっても、最高回転速度を１５０００ｍｉｎ$^{-1}$に制限し、スピンドル７５０の主軸７７１がそれ以上の回転速度で回転しないように制限する。

これにより、グリースが補給されないことによるグリース不足により、軸受の焼き付き等が生じにくくなるような制御が行われる。ここで、回転速度の上限を中速領域の最大値１８０００ｍｉｎ$^{-1}$となるように制御してもよい。

そして、この状態の後は、ステップＳ６４にて、ユーザが何らかの対処を行い、入力装置９０９中のアラーム解除釦が押されるまで待機する。このアラーム解除釦が押されると、制御器９０６は、ステップＳ６５にて表示装置９０７に表示されていたアラーム２の表示をリセット（アラーム３，４が表示されている場合にはこれらも同時にリセット）し、グリースショット回数カウンタを０にリセットし（ステップＳ６６）、ステップＳ６３で設定された回転速度制限を解除して（ステップＳ６７）、グリース用圧力センサ９１１のチェック動作を終了する。

次に、レベルセンサ９１２のチェック動作について説明する。図５５は、レベルセンサ９１２のチェック動作を説明するためのフローチャートである。

まず、制御器９０６は、レベルセンサ９１２からＯＦＦ信号を受信したかどうかを確認する（ステップＳ７１）。ここでレベルセンサ９１２がＯＮ状態であれば、グリースタンク９１３内のグリース残量は、十分な量（ここでは、グリースタンク容量の５％以上）であると判断し、そのままレベルチェック動作を終了する。

一方、レベルセンサ９１２がＯＦＦである場合には、グリースタンク９１３内のグリース残量が、グリースタンク容量の５％未満であり、グリース補給ユニット及び主軸スピンドルのメンテナンスのタイミングが近づいていると判断し、ステップＳ７２にて”アラーム３”を表示装置９０７に表示する。

ここで、表示される”アラーム３”は、例えば「注意！補給ユニット、スピンドルのメンテナンス時期が近いです。サービスマンに連絡して下さい。」と表示され、ユーザにメンテナンスを行うように促す。

そして、グリースショット回数カウンタに１を加算（ステップＳ７３）し、カウンタを確認し、現在までのグリースショットが３０回より少ないかどうかを判断する（ステップＳ７４）。ここで、グリースショット回数が３０回より少なければ、問題無しとしてレベルチェックを終了する。

一方、グリースショット回数が３０回目であれば、至急グリース補給ユニット９１０およびスピンドル７５０のメンテナンスが必要であると判断し、ステップＳ７５にて” アラーム４” を表示装置９０７に表示する。

ここで、表示される”アラーム４”は、例えば「警告！補給ユニット、スピンド

ルのメンテナンスが必要です。至急サービスマンに連絡して下さい。回転速度の上限を１５０００ｍｉｎ$^{-1}$で制限します。」と表示され、ユーザにメンテナンスを行うように強く促す。

そして、ステップＳ７６にて、制御器９０６は、スピンドル７５０の主軸７７１の最高回転速度の設定を、中速領域（１２０００ｍｉｎ$^{-1}$より大きく１８０００ｍｉｎ$^{-1}$以下の領域）の回転速度、例えば１５０００ｍｉｎ$^{-1}$で回転するように回転速度を落とさせるように制御する。すなわち、初期状態では最高回転速度が例えば２２０００ｍｉｎ$^{-1}$に設定されていた場合であっても、最高回転速度を１５０００ｍｉｎ$^{-1}$に制限し、スピンドル７５０の主軸７７１がそれ以上の回転速度で回転しないように制限する。

これにより、グリースタンク９１３内のグリース残量が少なくなった場合であっても回転速度を落としてやることによりグリース補給スパンを長くしてグリース消費量を抑制し、グリース不足により軸受の焼き付き等が生じにくくなるような制御が行われる。ここで、回転速度の上限を中速領域の最大値１８０００ｍｉｎ$^{-1}$となるように制御してもよい。

主軸７７１の回転速度が変更された後には、図５４のステップＳ６４に移行し、以後メンテナンスが終了した後は、ステップＳ６４移行の動作を行って、正常状態に復帰する。

制御器９０６は、ステップＳ３６，Ｓ３７およびＳ３８において、エア用圧力センサ９０５、グリース用圧力センサ９１１，およびレベルセンサ９１２からのＯＮ・ＯＦＦ信号の有無を確認し、グリース補給が正常に行われているかどうかについてのチェックを行い、グリースがスピンドル７５０に補給されたことを確認すると、ソレノイドバルブ開動作から所定時間後にソレノイドバルブを閉状態とし、ステップＳ３１に戻って、積算値の積算動作を再開する。

本実施形態では、以上の動作を繰り返すことにより、スピンドル７５０への断続的なグリース補給が行われる。

以上説明したように、本実施形態によれば、主軸の回転速度を所定時間毎に読み取り、回転速度領域は、回転速度に応じて〝低速領域〟、〝中速領域〟、〝高速領域

〃の３領域に分けられており、それぞれの領域に応じた加算値を積算値に加える。そして、積算値が所定値以上となった場合にのみ、スピンドル７５０に追加グリース補給を行う。

したがって、スピンドル７５０の回転速度、すなわち、グリースの劣化状態に応じて適切にグリースを補給することが可能となる。また、制御器９０６は、主軸が回転していない場合であっても、積算値に１を加えることにより、積算値を増加させる。これにより、主軸７７１が非回転状態にあるときであっても、グリース補給を行う最大時間長が定められている。したがって、スピンドルが停止している場合であっても、電源がＯＮになっていれば最大時間長内にグリースが補給されるため、停止→加速→一定速→減速→停止といったサイクルであっても常に安定したグリースを補給することが可能となる。

また、本実施形態によれば、エア用圧力センサ９０５およびグリース用圧力センサ９１１を設け、これらのエア用圧力センサ９０５，グリース用圧力センサ９１１の検出状態に応じて、適切なアラームを表示装置９０７上に表示させるように構成したため、ユーザがメンテナンス時期に特に気を使わなくても、適切なタイミングでユーザに適切なアドバイスを行い、グリース補給システム９００を常に正常な状態に保つことが可能となる。これにより、メンテナンス不足による追加グリースの欠如等により生じる恐れのある軸受の破損を未然に防ぐことが可能となる。

また、積算値のリセット回数を積算することにより、グリースタンク内のグリース残量を推定することが可能となり、表示装置９０７にグリース残量を表示することも可能となり、メンテナンスの時期を予測することができる。

また、本実施形態によれば、主軸の回転状態及び異常検出のレベルに応じて、主軸の回転速度を高速領域よりも一つ下の回転領域中の回転速度に落とすように構成している。すなわち、高速領域で回転していた場合には、一つ下の速度領域である中速領域中の回転速度に落とす。これにより、グリースタンク９１３内のグリース残量が少なくなった場合であっても回転速度を落としてやることによりグリース補給スパンを長くしてグリース消費量を抑制し、グリース不足により軸

受の焼き付き等が生じにくくなるような制御が行われ、その焼き付きが生じる可能性を低減させることが可能となる。

なお、本実施形態では、加算値を高速領域で１０、中速領域で２、低速領域で１としたが、これに限られず、主軸及び軸受の使用状態に応じて、適宜消耗の値を設定することが可能である。また、積算値の最大値についても、使用状態や耐久性等を考慮して、所望の値に設定することが可能である。

また、本実施形態では、回転速度領域を３段階に分けて、加算値を設定しているが、これに限られず、状況に応じて、回転速度領域の分割数を適宜設定してもよい。例えば、使用中の回転速度の変化が大きいものについては、分割数を増やすことにより、実際のグリースの劣化状況に即したグリース補給を行うことが容易になると考えられる。

また、本実施形態では、エア圧を利用してグリース補給を行うグリース供給ユニット９１０を用いたが、これに限られることはなく、エア駆動以外のグリース補給ユニットを用いて、本実施形態と同様のグリース補給タイミングでグリース補給を行うように構成してもよい。

また、本実施形態では、スピンドル７５０を例示して、グリース補給に関する説明を行ったが、これに限られることはなく、その他の工作機械主軸用スピンドル、モータ用主軸スピンドル等に適用してもよい。

また、本実施形態では、０．８秒毎に回転速度を算出するとして説明を行ったが、これに限られることもなく、状況に応じた任意の時間間隔で回転速度の算出を行うように構成してもよい。

以上、第３０～３３実施形態のグリース補給装置、グリース補給装置を用いた主軸装置、グリース補給方法、及びグリース補給プログラムによれば、グリースの攪拌抵抗による影響を最小限に抑えるとともに、軸受の長寿命化を図ることが可能となる。

上記実施形態によれば、軸の回転速度に応じて、追加グリースを補給する補給タイミングを制御するので、転がり軸受の使用頻度に応じた間隔で、適切にグリースを補給することが可能となる。また、一定タイミングでグリースを補給する

場合と比較し、無駄なグリース補給を避けグリース補給回数を減少することが可能である。したがって、過剰なグリースを補給することなく、最適な間隔でグリースを補給することができ、軸受の焼き付き等を未然に防ぎ、かつ軸受温度を安定に保つことが可能となる。

また、上記実施形態によれば、グリースの補給方向が径方向である場合であっても、軸方向である場合であっても同じように適用することが可能である。

また、上記実施形態によれば、回転速度に応じて加算値を設定し、実測の回転速度に応じて加算値を積算し、積算値が所定値以上となった場合にグリースを補給するので、転がり軸受の使用頻度に応じた間隔で、適切にグリースを補給することが可能となる。また、一定タイミングでグリースを補給する場合と比較し、無駄なグリース補給を避けグリース補給回数を減少することが可能である。したがって、過剰なグリースを補給することなく、最適な間隔でグリースを補給することができ、軸受の焼き付き等を未然に防ぎ、かつ軸受温度を安定に保つことが可能となる。

また、上記実施形態によれば、前記積算値はグリース補給時にリセットされて、再度積算値の積算を開始する。したがって、一旦始動させたら、意図的に停止するまで、上記アルゴリズムに従ってグリース補給を行うため、ユーザがグリース補給タイミングを意識することなく利用することができ、ユーザの手間を削減することが可能となる。

また、上記実施形態によれば、前記積算値のリセット回数を積算することにより、何回グリース補給したかについて認識することが可能である。したがって、グリース補給装置内のグリース残量を把握することができ、メンテナンス時間を予測することが可能となる。

また、上記実施形態によれば、前記軸の停止時は加算値を０とし積算を行わない。したがって、長期間軸受装置を使用していないときにグリースを補給するといった不具合の発生を避けることが可能となる。

また、上記実施形態によれば、前記グリース補給装置内のグリース残量が所定値以下になったときに前記軸の回転速度を所定の回転速度以下となるように制御

する。したがって、グリース残量が減少しメンテナンスが必要なような場合には、前記軸の回転速度を所定回転速度以下となるように制御する。これにより、メンテナンスが行われ、グリースがグリース補給装置に補充されるまでは、回転速度を落としてやることによりグリース補給間隔が自ずと長くなる。したがって、少ないグリースを長時間にわたって補給することが可能になり、メンテナンス等が必要な場合に、高い回転速度で軸が回転することによって、軸受が焼きついてしまう等の故障の発生を未然に防ぐことが可能となる。

また、上記実施形態によれば、前記所定の回転速度は、前記複数の領域の最高回転速度領域の１つ下の回転速度領域中にある。このように、前記軸の回転速度を所定回転速度以下となるように制御する制御においては、最高回転速度領域で回転している主軸の回転速度を一つ下の回転速度領域に落とす制御が最も有効である。すなわち、最高回転速度領域で回転している軸の回転速度を落としてやることにより、グリースの消費量を抑え、軸受が焼きついてしまう等の故障の発生を未然に防ぐことが可能となる。

なお、第３０～３３の実施形態では、スピンドルの主軸に回転センサを設けて、主軸の回転速度を検出してグリース補給タイミングを制御したが、転がり軸受の内部にグリースを補給するグリース補給機構を備えたグリース補給装置であれば、転がり軸受の内輪又は外輪のいずれか一方の回転輪の回転速度を検出する回転センサを設けて、制御手段によって回転輪の回転速度に応じてグリース補給タイミングを制御するようにしてもよい。

（第３４実施形態）

以下、本発明の第３４実施形態に係るグリース補給装置及び主軸装置を図５６～６０に基づいて詳細に説明する。

図５６に示すように、本実施形態のグリース補給装置（或いはグリース補給機構）を構成するグリース供給装置１０１０は、吸気口からのエア配管１０１１の途中にソレノイドバルブ１０１２が設けられている。また、エア配管１０１１ａの一方の端部は抵抗機構１０１２ａを介して軸受１０１３に供給するグリースＧｒを収容するグリースタンク１０１４に接続されている。また、グリースタンク

１０１４内にグリースタンク１０１４内のグリースに圧力を加えるタンク内ピストン１０１５が配置されている。

一方ソレノイドバルブ１０１２からのエア配管１０１１ｂと、グリースタンク１０１４からグリースを軸受１０１３に供給するグリース配管１０２５との間に機械式定量型ピストンポンプ１０１９が配置されている。そして、グリースタンク１０１４と機械式定量型ピストンポンプ１０１９をグリース配管１０１７ａで接続している。

グリースタンク１０１４のタンク内ピストン１０１５の周縁の溝部分１０１６にグリースタンク１０１４の内面に対向するように、磁石１０１７及びピストンリング又はＯリング１０１６ａが取り付けられている。また、レベルセンサ１０１８ａがグリースタンク１０１４の外側に取り付けられている。グリースタンク１０１４と機械式定量型ピストンポンプ１０１９を接続するグリース配管１０１７ａに圧力センサ１０１８ｂが設置されている。

図５７に示すように、前記構成のグリースタンク１０１４は、グリース供給装置１０１０の使用時間（作動回数）が経過するにつれて、機械式定量型ピストンポンプよりグリースが吐出されることによりグリースタンク１０１４内のグリースＧｒを消費する。つまり、タンク１０１４内のピストンが底面方向に進む。

そして、タンク内ピストン１０１５がレベルセンサ１０１８ａの設定値の高さに到達したらグリースタンク１０１４内のタンク内ピストン１０１５の磁石１０１７によりレベルセンサ１０１８ａが反応する。レベルセンサの１０１８ａの反応を電気的に感知し、スピンドル運転装置に出力することにより、周囲にグリースＧｒの残存量が少ないことを知らせる。

一方、グリースの加圧状況を監視するために設置された圧力センサ１０１８ｂは、次のように作用する。

図５８に示すように、グリースタンク１０１４内にエアを供給し、タンク内ピストン１０１５に圧力をかけてグリースに圧力をかける。グリースにある一定の圧力が加圧されるとグリースの圧力を監視している圧力センサ１０１８ｂが反応する。圧力センサ１０１８ｂの圧力を電気的に検知し、スピンドル運転装置に出

力することにより、周囲にグリースタンク１０１４よりグリースが機械式定量型ピストンポンプ１０１９へ送られていることを知らせる（図５６参照）。

なお、グリースタンク１０１４よりグリースが機械式定量型ピストンポンプ１０１９へ搬送される途中で異常がある場合、圧力センサ１０１８ｂが検知し、その信号をスピンドル運転装置に出力することにより、周囲に機械式定量型ピストンポンプ１０１９からスピンドル内へグリースが吐出されていないことを知らせる。

また、抵抗機構１０１２ａは、グラファイトや焼結材などであり、ソレノイドバルブ１０１２がＯＦＦになった後のある一定の時間グリースタンク内ピストン１０１５に圧力を加えるように構成されたものである。抵抗機構１０１２ａにグラファイトを使用した場合のタンク内圧力を示したグラフを図６６に示す。グリースの残存量によりグリースタンク内のエアの体積が変化するために圧力が上昇する時間に変化がある。しかし、ソレノイドバルブ１０１３をＯＦＦした後、グリースタンク１０１４内部は圧力を保持し、ソレノイドバルブ１０１３のＯＦＦ時にグリースタンク１０１４内のグリースＧｒを機械定量式ピストンポンプ１０１９に一定量のグリースを供給する。なお、抵抗機構１０１２ａの代わりにチェック弁やスピードコントローラなどを使用してもよい。

図５９及び図６０は本発明のグリース補給装置の回路図である。図５９に示すように、エア源１０２０からエアフィルタ１０２１及びレギュレータ１０２２を通ってエア配管１０１１がソレノイドバルブ１０１２に接続されている。また、エア配管１０１１がソレノイドバルブ１０１２を介してエア用圧力センサ１０２３に延びている。エア用圧力センサ１０２３からエア配管１０１１ａを介してグリース供給装置１０１０に接続されている。グリース供給装置１０１０は、グリース用圧力センサ１０１８ｂ及びレベルセンサ１０１８ａを有し、グリース配管１０２５によって、回転センサ１０２４ａを備えたスピンドル１０２４に接続されている。ソレノイドバルブ１０１２と各センサの動作をシーケンスコントローラ１０３０が監視している。

図６０に示すように、ソレノイドバルブ１０１２の動作に対する各センサの検

知動作を示す図である。グリース供給装置１０１０の作動について説明する。

先ず、ソレノイドバルブ１０１２をＯＮする。グリース供給装置１０１０にエアが供給され、機械式定量型ピストンポンプ１０１９のピストン１０１９ａが作動してグリースがスピンドル１０２４に接続している配管１０２５に吐出される。

次に、ソレノイドバルブ１０１２をＯＦＦする。ＯＦＦすると同時に機械式定量型ピストンポンプ内のピストンが元に戻り、この時グリースタンク内のグリースは加圧されているのでグリースタンクから機械式定量型ピストンポンプにグリースが充填される。前記動作を繰り返すことによって、グリースの残存量が少なくなる。ソレノイドバルブ１０１２がＯＦＦになる前後一定時間の間、グリース圧力センサ１０１８ｂの動作を監視する。これは、グリースタンク１０１４内のグリースが機械式定量型ピストンポンプ１０１９内へグリースが搬送されているかを確認するためである。

グリース圧力センサ１０１８ｂが反応しない場合には、シーケンスコントローラ１０３０がグリース圧力センサ１０１８ｂが反応しないことを検知してスピンドル１０２４の最高回転速度を制御する。グリース潤滑であるためすぐに停止する必要はなく、グリースを補給しなくても寿命がもつ回転速度以下に制御すれば使用可能である。グリース残存量がレベルセンサ１０１８ａとグリースタンク内ピストン１０１５内に取り付けられた磁石１０１７と同じ水準の位置になると、レベルセンサ１０１８ａが反応する。これをシーケンスコントローラ１０３０が検知してスピンドル１０２４の最高回転速度を制御する。

また、グリース供給装置１０１０を作動させるエアについては、エアが供給されていない場合は、エア用圧力センサ１０２３が反応し、これをシーケンスコントローラ１０３０が検知してスピンドル１０２４の回転速度を制御する。エア用圧力センサ１０２３の監視時間（図６０のＴ２、Ｔ３）は、ソレノイドバルブがＯＮ（図６０のＴ１）の時間内であればいつでもよい。

グリースタンク１０１４にグリース残存状態を検知するレベルセンサ１０１８ａの設置を行わなかった場合、グリースの残存量が０ｃｃにもかかわらず、スピンドル１０２４の運転を高速回転することにより、スピンドル内軸受１０１３に

損傷が生じる。しかし、グリースタンク１０１４にレベルセンサ１０１８ａを設置することにより、グリースの残存量が少ない場合は、レベルセンサ１０１８ａが検知することによりグリースタンク１０１４内へグリースを補充、若しくはグリースを補給しなくてもスピンドル内軸受１０１３が損傷しない回転速度の回転を行うことができるために、軸受１０１３の損傷を防止することができる。

また、グリースが機械式定量型ピストンポンプ１０１９へ補充されない場合、機械式定量型ピストンポンプ１０１９からグリースが吐出されず高速回転している軸受１０１３の損傷が生じる。しかし、グリースの搬送状況をグリース圧力センサ１０１８ｂで監視することにより、高速回転を行っている軸受１０１３に損傷が発生する前にグリース供給装置１０１０の不具合を発見することにより軸受１０１３の損傷を防止することができる。

（第３５実施形態）

次に、図６１に基づいて、第３５実施形態を説明する。第３４実施形態と同じ部品には同じ符号を付して詳細な説明を省略する。第３４実施形態と異なる点は、グリースタンク１０１４と機械式定量型ピストンポンプ１０１９へ供給するエアを別系統としたことである。すなわち、グリースタンク１０１４へエアを供給するバルブはソレノイドバルブ１０１２であるが、この他にさらに機械式定量型ピストンポンプ１０１９へエアを供給するソレノイドバルブ１０２９の２個のソレノイドバルブを設けた。

この場合の動作は、機械式定量型ピストンポンプのソレノイドバルブ１０２９がＯＦＦ（閉）になってから数秒～数分後にグリースタンクのソレノイドバルブ１０１２がＯＦＦ（閉）になるように設定する。このように構成されたグリース供給装置でも同様の効果が得られる。その場合、図５６で示した抵抗機構１０１２ａは不要である。

図６２は図６１に示したグリース補給装置の回路図である。図６１～図６２に示すように、エア源からエアフィルタ１０２１及びレギュレータ１０２２を通ったエア配管は、ソレノイドバルブ１０１２，１０２９に接続される。第２ソレノイドバルブ１０２９からのエア配管は、第２ソレノイドバルブ１０２９を介して

圧力センサ（エア監視）１０２３に延び、グリース供給装置１０１０の機械式定量型ピストンポンプ１０１９に接続される。一方、第１ソレノイドバルブ１０１２からのエア配管は、第１ソレノイドバルブ１０１２を介してグリース供給装置１０１０のグリースタンク１０１４に接続される。

図６３は図６２に示したグリース補給装置の制御方法を示す図である。図６１～図６３に示すように、第２ソレノイドバルブ１０２９がＯＮし、機械式定量型ピストンポンプ１０１９のピストン１０１９ａが作動し、グリースが吐出される。そして、第１ソレノイドバルブ１０１２がＯＮし、グリースタンク１０１４内のピストン１０１５が加圧される。

次に、第２ソレノイドバルブ１０２９をＯＦＦする。ＯＦＦすると同時に、機械式定量型ピストンポンプ１０１９のピストン１０１９ａが元に戻り、グリースタンク１０１４から機械式定量型ピストンポンプ１０１９へグリースが充填される。グリースが機械式定量型ピストンポンプ１０１９に充填された後に第１ソレノイドバルブ１０１２をＯＦＦする。

（第３６実施形態）

図６４，６５は、本発明の第３６実施形態に係るグリース補給装置の回路図と制御方法を示す。本実施形態では、エアの第２の圧力センサ（エア監視用）１０２６をソレノイドバルブ１０１２を介した配管に接続している。その他の構成は、第３５実施形態のグリース補給装置と同様である。このように構成されたグリース補給装置でも同様の効果が得られる。

なお、上記構成例は単なる例示であり、種々の変形変更が可能である。例えば、グリースタンク１０１４内のピストン１０１５に第３４，３５実施形態では、磁石を使用したが、センサ反応するものであれば電気的信号などを発信することにより、レベルセンサ１０１８ａを反応させても良い。また、レベルセンサ１０１８ａは、ピストン１０１５の動きに対して機械的に反応するもの、若しくは電気的に反応するものでも良い。

また、グリースタンク内のピストン１０１５の動きを検知するレベルセンサ１０１８ａは、タンク外に設置する例について説明したが、タンク内に設置するこ

とも可能である。第３４，３５実施形態では、グリースタンク内のピストン１０１５に磁石１０１７を取り付け、グリースタンク１０１４にレベルセンサ１０１８ａを取り付ける形態について説明したが、ピストン１０１５にレベルセンサ１０１８ａを取り付け、グリースタンク１０１４に磁石１０１７、またはレベルセンサ１０１８ａが反応する物質を取り付けることも可能である。

また、グリースの加圧状態を監視するグリース圧力センサ１０１８ｂの設置場所は、グリースタンク１０１４内のグリースが貯蓄されており、グリースタンク用ピストン１０１５が摺動しない場所であればどの場所についても同じ測定効果が得られる。また、グリースの圧力変化に対して機械的に反応するものでも電気的に反応するものでも効果が得られる。また、グリースタンク１０１４内のピストン１０１５に圧力をかけるにあたってエアを使用したが、モーターや機械式装置などを使用してグリースタンク１０１４内のピストン１０１５を加圧することもできる。

以上説明したように、第３４～３６実施形態のグリース補給装置及び主軸装置によれば、グリース供給装置のグリースを貯蔵するグリースタンクにセンサを取付けることによって、軸受に潤滑不良が発生することがなく、軸受に焼付を起こすことがない。したがって、軸受の長寿命化を実現することが可能になる。

上記実施形態によれば、グリース供給装置のグリースを貯蔵するグリースタンクにレベルセンサを取付け、グリースタンク内のグリースを加圧するピストンに磁石を埋め込む。グリースタンク部にレベルセンサを取付け、ピストンの位置を監視することにより、グリースの残存量が少なくなったらアラームを発生し、グリースの残存量が少ないことを周囲に知らせる。これによって、軸受に潤滑不良が発生することがなく、軸受に焼付を起こすことがない。

また、上記実施形態によれば、グリースタンクと機械式定量型ピストンポンプを接続するグリース配管に圧力センサを設置し、グリースの加圧状況を監視する。この監視は、グリースが機械式定量型ピストンポンプに搬送されているかについて監視している。グリース配管内のグリースが加圧されない場合、圧力センサがこの状態を検知して、アラームを発生する。これにより、配管内のグリースに圧

力が発生せず、機械式定量型ピストンポンプにグリースが補充されていないことを周囲に知らせる。これによって、軸受に潤滑不良が発生することがなく、軸受に焼付を起こすことがない。

以下、本発明の第３７～第４３実施形態のグリース補給装置（グリース補給機構）を図６７乃至図７６に基づいて詳細に説明する。なお、第３８～４３の各実施形態において、第３７実施形態で説明した部材等と同様な構成・作用を有する部材等については、図中に同一符号または相当符号を付することにより、説明を簡略化或いは省略する。

（第３７実施形態）

図６７に示すように、第３７実施形態のグリース補給装置（グリース補給機構）１１１０は、グリースタンク１１１１、機械式定量型ピストンポンプであるグリース定量吐出機構１１１２、グリース補給用配管１１１３、ノズル１１１４、から構成されており、軸受装置や工作機械あるいは高速モータ用の主軸装置に適用される。

グリースタンク１１１１は、筒形状のタンク本体１１１５の内部にタンクピストン１１１６が収容されており、基端部が圧力導入管１１１７に連通接続され、先端部に吐出口１１１８が配されている。また、グリースタンク１１１１は、タンクピストン１１１６と吐出口１１１８との間の空間内にグリースＧｒが封入されている。グリースタンク１１１１には、圧力導入管１１１７から所定の圧力が、常時もしくは定量吐出ピストン１１２３が戻るときに数秒から数分間与えられる。

吐出口１１１８は、送給管１１１９を通じてグリース定量吐出機構１１１２に備えたシリンダ１１２０内の定量グリース室１１２１に連通接続されている。

グリース定量吐出機構１１１２は、シリンダ１１２０、定量吐出ピストン１１２３、戻しばね１１２４、逆止弁１１２５を備えている。

シリンダ１１２０は、有底の筒形状であり、先端部に吐出部１１２６が形成されている。また、シリンダ１１２０は、吐出部１１２６側が定量グリース室１１２１になっており、反吐出部１１２６側である底板１１２７側が空気室１１２８になっている。定量グリース室１１２１には、グリースタンク１１１１からグリ

ースＧｒが送給される。

エアバルブ１１２２は、脱圧機能付きエアバルブであり、内部にはエア供給バルブ１１２２ａと脱圧バルブ１１２２ｂを備えている。一端部が空気導入管１１２９を通じて図示しない圧縮空気発生源に連通接続され、他端部が空気送給管１１３０を通じてシリンダ１１２０内の空気室１１２８に連通接続されている。

また、エアバルブ１１２２は、外部の制御回路から所定の電流が供給されることによってエア供給バルブ１１２２ａ開かつ脱圧バルブ１１２２ｂ閉となり、加圧された圧縮空気をシリンダ１１２０内の空気室１１２８に導入し、電流が遮断されるとエア供給バルブ１１２２ａ閉かつ脱圧バルブ１１２２ｂ開となって、脱圧バルブ１１２２ｂにより脱圧することにより、空気室１１２８及び空気送給管１１３０内は加圧状態でなくなる。

なお、脱圧バルブ１１２２ｂはエアバルブ１１２２に搭載されていなくてもよく、空気室１１２８もしくは空気送給管１１３０に配置されていてもよい。

定量吐出ピストン１１２３は、定量グリース室１１２１と空気室１１２８との間において、シリンダ１１２０内を筒方向に往復移動可能に配されている。定量吐出ピストン１１２３は、端部がシリンダ１１２０の底板１１２７に係止された戻しばね１１２４を介してシリンダ１１２０内に組み込まれている。定量吐出ピストン１１２３の吐出量は、０．００３～０．１２ｃｃに設定されている。

戻しばね１１２４は、自然長で定量吐出ピストン１１２３に組み付けられており、定量吐出ピストン１１２３が前進移動する際に伸び、定量吐出ピストン１１２３の前進移動が終了してから自然長に復帰することによって定量吐出ピストン１１２３を後退移動させる。

逆止弁１１２５は、シリンダ１１２０の吐出部１１２６に連通接続されている。逆止弁１１２５は、定量吐出ピストン１１２３がシリンダ１１２０内を前進移動することによって定量グリース室１１２１に送給されたグリースＧｒが圧送されたときに弁体１１３１が吐出部１１２６を開放する。逆止弁１１２５は、グリース補給用配管１１１３の一端部に連通接続されている。

グリース補給用配管１１１３は、他端部がノズル１１１４に連通されている。

ノズル１１１４は、玉軸受や円筒ころ軸受等を備えた主軸装置を構成する軸受装置１１３５の側部に配されている。

図６８に示すように、シリンダ１１２０の内壁には、予め定められた距離を置いて２個のピストンストッパ１１３２，１１３３が形成されている。２個のピストンストッパ１１３２，１１３３のうちの底板１１２７側に配された一方のピストンストッパ１１３２は、空気室１１２８内の圧縮空気がなくなることにより、戻しばね１１２４により定量吐出ピストン１１２３が復動側に後退移動した際の後端位置ａ１を設定する機能を有している。

吐出部１１２６側に配された他方のピストンストッパ１１３３は、空気室１１２８内に圧縮空気が導入されることによって、定量吐出ピストン１１２３が往動側に前進移動した際の前端位置ａ２を設定する機能を有する。

次に、図６９及び７０を用いて第３７実施形態のグリース補給装置（グリース補給機構）１１１０の動作を説明する。図６９に示すように、グリース吐出前状態では、エアバルブ１１２２がバルブ閉であるため、定量吐出ピストン１１２３は後端位置ａ１にあり、逆止弁１１２５は、弁体１１３１が吐出部１１２６を閉塞している。

図７０に示すように、通電によってエアバルブ１１２２がバルブ開となる。すると、空気室１１２８内に圧縮空気が導入されるため、定量吐出ピストン１１２３が、後端位置ａ１から前端位置ａ２まで前進移動し、定量グリース室１１２１内に貯留されている所定量のグリースＧｒが逆止弁１１２５に送られる。

そのため、逆止弁１１２５の弁体１１３１が吐出部１１２６を開放し、グリース補給用配管１１１３を通じてノズル１１１４からグリースＧｒが吐出され、軸受装置１１３５の軸受空間内に所定量のグリースＧｒが供給される。吐出が終わると、逆止弁１１２５の弁体１１３１が再び吐出部１１２６を閉塞する。エアバルブ１１２２は、バルブ開となった後に通電が遮断されて再びバルブ閉となる。

そして、エアバルブ１１２２がバルブ閉となり、脱圧することにより、定量グリース室１１２１内及び空気室１１２８内の圧力が下がり、定量吐出ピストン１１２３が前端位置ａ２から後端位置ａ１まで後退移動する。そのとき、圧力導入

管１１１７から所定の圧力によって、グリースタンク１１１１内のグリースＧｒが、シリンダ１１２０内の定量グリース室１１２１に送給され、図６９に示す状態に復帰して、以後上記動作を繰り返し行う。

上述したように、第３７実施形態のグリース補給装置１１１０では、エアバルブ１１２２に対する通電時間とは無関係に、定量グリース室１１２１に一旦貯留された所定量のグリースＧｒのみが、グリース補給用配管１１１３を通じてノズル１１１４に送給され、エアバルブ１１２２への通電の遮断し、空気室１１２８及び空気送給管１１３０内を脱圧バルブ１１２２ｂで脱圧することにより、定量グリース室１１２１内の圧力が一旦下げられてから、新たなグリースＧｒを定量グリース室１１２１へ送給する動作が繰り返し行われる。

これにより、グリース補給用配管１１１３のグリースＧｒが圧力を常に受けないので、離油の防止が図られるとともに、常に微量の定量のグリースＧｒを軸受空間に供給することができる。

第３７実施形態のグリース補給装置１１１０によれば、シリンダ１１２０の定量グリース室１１２１にグリースタンク１１１１から送給されたグリースＧｒが予め定められた量だけ収容され、逆止弁１１２５を介し、定量吐出ピストン１１２３により、定量グリース室１１２１に収容された定量のグリースＧｒがグリース補給用配管１１１３に吐出される。

したがって、グリース補給用配管１１１３には、常に定量のグリースＧｒが供給されるため、配管における内径や長さ、ノズルの形状及び温度等の条件によって、グリースの吐出量に変動がなくなり、安定したグリースＧｒの吐出を行うことができる。

また、グリースＧｒを加圧する部分から軸受装置１１３５までの配管内にあるグリースＧｒに長時間残圧が発生することを減少させるので、グリースＧｒが離油を起こすことを低減させ、配管内にちょう度の異なるグリースＧｒが存在することが少なく、グリースＧｒの定量吐出を行うことができる。

これにより、配管の影響を受けることなく微量かつ定量のグリースを間欠的に吐出する定量補給を行うことにより、軸受内部へ微量かつ定量のグリースを定期

的に補給して、グリース潤滑の長寿命化及び信頼性の向上を図ることができる。

また、第３７実施形態のグリース補給装置１１１０によれば、グリース定量吐出機構１１１２の定量吐出ピストン１１２３がシリンダ１１２０内を往復移動可能に配されているので、定量吐出ピストン１１２３の往動を利用して、定量吐出ピストン１１２３が往動するときに定量グリース室１１２１内のグリースＧｒを吐出すようにできる。吐出が終わると逆止弁１１２５が閉じる。そして、定量吐出ピストン１１２３が復動したときに、新しいグリースＧｒがグリースタンク１１１１より補給されるので、配管内に残圧が発生するのを低減させることができる。

更に、第３７実施形態のグリース補給装置１１１０によれば、エアバルブ１１２２を介してシリンダ１１２０内に供給された空気によって定量吐出ピストン１１２３を駆動するようにしているので、複雑な機構を用いることなく、グリース定量吐出機構１１１２を構成することができる。また、空気を用いているので、加圧する機構が簡素化され、漏れ等への対処も油脂等を採用した場合と比べて遥かに簡単に行うことができる。

また、第３７実施形態のグリース補給装置１１１０によれば、定量吐出ピストン１１２３により、０．００４～０．１ｃｃの範囲内に設定されたグリースＧｒがグリース補給用配管１１１３に吐出されるので、吐出量の微量コントロールを行うことができる。

また、第３７実施形態のグリース補給装置１１１０によれば、安定したグリース補給を行なうことにより、軸受装置に用いられた場合に、その軸受装置の長寿命化及び信頼性の向上を図ることができる。

また、第３７実施形態のグリース補給装置１１１０によれば、安定したグリース補給を行なうことにより、工作機械や高速モータ用の主軸装置に用いられた場合に、工作機械や高速モータ用の主軸装置の長寿命化及び信頼性の向上を図ることができる。

（第３８実施形態）

次に、図７１を用いて本発明に係る第３８実施形態を説明する。

図７１に示すように、第３８実施形態に係るグリース補給装置（グリース補給機構）１１４０は、図６７に示したグリース補給装置１１１０と同様の構成を有するが、グリース補給用配管１１４１の先端部が、玉軸受や円筒ころ軸受等を備えた主軸装置を構成する軸受装置１１４２において外輪１１４３の径方向に形成されたグリース補給孔１１４４に連通接続されている。グリースＧｒは、吐出口１１１８、グリース補給用配管１１４１、グリース補給孔１１４４を通って送給され、グリース補給孔１１４４を通って外輪外径部から軸受装置１１４２の軸受空間内に吐出される。

（第３９実施形態）

次に、図７２（ａ），（ｂ）を用いて本発明に係る第３９実施形態を説明する。

図７２（ａ）に示すように、第３９実施形態に係るグリース補給装置（グリース補給機構）１１５０は、定量吐出ピストン１１５１が、ロッド１１５２を介して弁部材１１５３に結合されており、シリンダ１１５４内において定量吐出ピストン１１５１と弁部材１１５３との間に形成されたピストンストッパ１１５５と、弁部材１１５３とに戻しばね１１５６が組み付けられている。

このようなグリース補給装置１１５０は、エアバルブ１１２２のエア供給バルブ１１２２ａが開かつ脱圧バルブ１１２２ｂが閉となり、空気室１１２８内に圧縮空気が導入されると、戻しばね１１５６に抗して、弁部材１１５３，ロッド１１５２，定量吐出ピストン１１５１が、前端位置まで前進移動し、定量グリース室１１２１内に貯留されている所定量のグリースＧｒが逆止弁１１２５に送られ、逆止弁１１２５の弁体１１３１が吐出部１１２６を開放し、グリース補給用配管１１１３を通じてグリースＧｒが吐出される。ピストン１１５３のストロークが終わると、逆止弁１１２５の弁体１１３１が再び吐出部１１２６を閉塞し、グリースが吐出されなくなる。

そして、図７２（ｂ）に示すように、エアバルブ１１２２のエア供給バルブ１１２２ａが閉となると脱圧バルブ１１２２ｂが開となり、空気室１１２８及び空気送給管１１３０内の加圧部が脱圧し、戻しばね１１５６により、弁部材１１５３，ロッド１１５２，定量吐出ピストン１１５１が、後端位置まで後進移動し、

定量グリース室１１２１内及び空気室１１２８内の圧力が下がる。このとき、グリースタンク内のグリースＧｒは、圧力導入管から所定の圧力が与えられているため、シリンダ１１５４内の定量グリース室１１２１に送給されて一旦貯留される。

（第４０実施形態）

次に、図７３（ａ），（ｂ）を用いて本発明に係る第４０実施形態を説明する。

図７３（ａ）に示すように、第４０実施形態に係るグリース補給装置（グリース補給機構）１１６０は、容量の小さい定量グリース室１１６１を有する場合に用いられ、弁部材１１６２に定量吐出ピストンの機能をもつロッド１１６３が結合されており、シリンダ１１６４内に形成された隔板１１６５と、弁部材１１６２とに戻しばね１１６６が組み付けられている。

このようなグリース補給装置１１６０は、エアバルブ１１２２のエア供給バルブ１１２２ａが開かつ脱圧バルブ１１２２ｂが開となり、空気室１１２８内に圧縮空気が導入されると、戻しばね１１６６に抗して、弁部材１１６２，ロッド１１６３が、前端位置まで前進移動し、定量グリース室１１６１内に貯留されている所定量のグリースＧｒが逆止弁１１２５に送られ、逆止弁１１２５の弁体１１３１が吐出部１１２６を開放し、グリース補給用配管１１１３を通じてグリースＧｒが吐出される。この場合、定量グリース室１１６１内に貯留されているグリースＧｒは増圧されて吐出し、吐出されなくなると、逆止弁１１２５の弁体１１３１が再び吐出部１１２６を閉塞する。

そして、図７３（ｂ）に示すように、エアバルブ１１２２のエア供給バルブ１１２２ａが閉となると、脱圧バルブ１１２２ｂが開となり、空気室１１２８及び空気送給管１１３０内の加圧部を脱圧し、戻しばね１１６６により、弁部材１１６２，ロッド１１６３が、後端位置まで後進移動し、定量グリース室１１６１内及び空気室１１２８内の圧力が下がる。

（第４１実施形態）

次に、図７４を用いて本発明に係る第４１実施形態を説明する。

図７４に示すように、第４１実施形態に係るグリース補給装置（グリース補給

機構）１１７０は、図７３（ａ）に示したグリース定量吐出機構１１１２を用い、グリースタンク１１１１とシリンダ１１６４内の定量グリース室１１６１とを連通させる送給管１１１９内に逆流防止機構１１７１を配している。逆流防止機構１１７１は、定量吐出ピストンの機能をもつロッド１１６３が作動する際に、グリースが吐出部１１２６から吐出されずに、グリースタンク１１１１内に逆流するのを防止する機能をもつ。

（第４２実施形態）

次に、図７５を用いて本発明に係る第４２実施形態を説明する。

図７５に示すように、第４２実施形態に係るグリース補給装置（グリース補給機構）１１８０は、図７３（ａ）に示したグリース定量吐出機構１１１２を用い、グリースタンク１１１１の圧力導入管１１１７との接続部分に、チェック弁やスピードコントローラ，スロットルバルブまたは焼結材・グラファイト等の抵抗体により成形された弁機構１１８１を配し、圧力導入管１１１７と空気供給管１１３０とを一括してエアバルブ１１２２に連通接続している。

第４２実施形態のグリース補給装置１１８０では、エアバルブ１１２２のエア供給バルブ１１２２ａが閉かつ脱圧バルブ１１２２ｂが開となり、グリースタンク１１１１内のピストン１１１６を押圧する力が、時間とともに減少し、数分から数十分後には、グリースＧｒを加圧しない状態とし、それによって、グリースＧｒの性状変化を低減することができる。

（第４３実施形態）

次に、図７６を用いて本発明に係る第４３実施形態を説明する。

図７６に示すように、第４３実施形態に係るグリース補給装置（グリース補給機構）１１９０は、図７３（ａ）に示したグリース定量吐出機構１１１２を用い、シリンダ１１６４内の空気室１１２８に連通接続された空気送給管１１３０に脱圧機能付きエアバルブ１１９１を設置し、グリースタンク１１１１に連通接続された圧力導入管１１１７にエアバルブ１１９２を設置している。

第４３実施形態のグリース補給装置１１９０では、エアバルブ１１９１のエア供給バルブ１１９１ａが開となることにより、空気室１１２８内に空気を導入し

て弁部材１１６２を介しグリースＧｒを吐出し、その後にエアバルブ１１９２を開成する。エアバルブ１１９１のエア供給バルブ１１９１ａが閉かつ脱圧バルブ１１９１ｂが開となり、空気送給管１１３０内を脱圧することにより、弁部材１１６２とロッド１１６３が元に戻る。このとき、グリースタンク１１１１内のピストン１１１６が加圧され、定量グリース室１１６１内にグリースＧｒが補充される。そして、エアバルブ１１９１のエア供給バルブ１１９１ａが閉成されて空気送給管１１３０内を脱圧してから数秒から数分後にエアバルブ１１９２を閉成し、圧力導入管１１１７内を脱圧する。

(実施例６)

以下、本発明に係るグリース補給装置の実施例について説明する。

本発明の効果を確認するために、グリースの吐出部から軸受装置までのグリース補給用配管の長さを変えた３種類のグリース補給装置を用いて、グリースの吐出量を観察した。３種類のグリース補給装置とは、吐出装置１が図１１６に示した機械駆動ポンプ式であり、吐出装置２が図１１４に示した空気駆動ポンプ式であり、吐出装置３が本発明の各実施形態の定量吐出タイプである。

グリース補給用配管の仕様は表４に示す通りである。

表４

グリース補給用配管	φ4.0×φ2.2
グリース補給用配管材料	テフロン
グリース補給用配管長さ	50mm、100mm、500mm、1000mm
ノズル径	φ1.2

３種類のグリース補給装置の仕様は表５に示す通りである。ここで、各グリース補給装置の可動時間は一定とした。

表５

吐出装置1.	吐出装置2.	吐出装置3.
機械駆動ポンプタイプ	空気駆動ポンプ(抵抗式)タイプ	定量吐出タイプ
ギヤ駆動時間：10(S)	エア供給時間：10(S)	エア供給時間：10(S)

３種類のグリース補給装置の試験結果は表６に示す通りである。ここで、各グリース補給装置において、グリース補給用配管及びノズル内には、予めグリースを封入し、ノズルから吐出されるグリース量を測定した。

表６

配管長さ(mm)	装置1.(10^{-2}cc)			装置2.(10^{-2}cc)			装置3.(10^{-2}cc)		
	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目
50	5	5	5	6	5	4	5	5	4.5
100	5	5	5	2.5	2	1	5	5	5.5
500	6	10	12	0.3	0.5	0.8	5	4.5	5
1000	10	20	30	0.05	0.1	0.05	5.5	5	5

表６より明らかなように、吐出装置１及び吐出装置２では、グリース補給用配管の長さが長くなるのに伴って、１回目、２回目、３回目のグリース吐出量に大きな変動が生じた。特に、吐出装置２において、回数の増加に反比例してグリース吐出量が減少する場合、焼付き等の軸受寿命の致命的な損傷の原因に成り得る。

これに対して、本発明の各実施形態に相当する吐出装置３では、グリース補給用配管の長さに無関係にして、１回目、２回目、３回目のグリース吐出量に著しい変動がなかった。

３種類のグリース補給装置におけるグリース吐出量の測定結果は表７に示す通りである。

表７

装置１	装置２	装置３
配管が長くなると配管内に残圧が発生する。 →基油が分離し吐出量が不安定	配管が長くなると配管の管路摩擦を大きく受けるため、配管長さによって吐出量が変化する。 吐出量を一定とするには加圧時間も制御しなければいけない。	定量吐出が可能であることを確認した。

上記試験の結果、本発明の各実施形態に相当する吐出装置３では、グリース補給用配管の長さの影響を受けることなく、常に一定量のグリースを吐出できることが確認された。

（実施例７）

次に、グリースの吐出部から軸受装置までのグリース補給用配管の長さを変えた３種類のグリース補給装置を用いて、グリースの吐出量を観察した。３種類のグリース補給装置とは、吐出装置１が図６７に示したタイプであり、吐出装置２が図７２（ａ）に示したタイプであり、吐出装置３が図７３（ａ）に示したタイプである。

グリース補給用配管の仕様は表８に示す通りである。

表８

グリース補給用配管	外径：φ4.0、内径：φ2.5（テフロン）
グリース補給用配管長さ（m）	1、2.5、4
グリース補給用配管先端取付けノズル径	φ1.2

試験条件は表９に示す通りである。

表９

エア供給圧１	0.3（MPa）
エア供給圧２ （グリースタンク加圧力）	0.3（MPa） （常時加圧）
バルブ開放時間	３分間
定量吐出装置ストローク量	0.02cc/1ストローク

３種類のグリース補給装置の試験結果は表１０に示す通りである。ここで、各グリース補給装置において、グリース補給用配管及びノズル内には、予めグリースを封入し、ノズルから吐出されるグリース量を測定した。

表１０

グリース配管長さ（m）	装置NO.1(cc)			装置NO.2(cc)			装置NO.3(cc)		
	１回目	２回目	３回目	１回目	２回目	３回目	１回目	２回目	３回目
1	0.022	0.019	0.020	0.020	0.018	0.020	0.018	0.021	0.019
2.5	0.013	0.012	0.010	0.012	0.010	0.008	0.020	0.018	0.021
4	0.005	0.005	0.006	0.006	0.007	0.005	0.020	0.020	0.019

表１０より明らかなように、吐出装置１及び吐出装置２では、吐出量に大きな差は現れない。また、吐出装置３では、増圧吐出機構であるため、配管長さが４ｍと長くなっても吐出量の変動は少なく、安定して定量のグリースを吐出することができることが確認された。

（実施例８）

続いて、グリースの吐出部から軸受装置までのグリース補給用配管の長さを変えた６種類のグリース補給装置を用いて、グリースの吐出量を観察した。

グリース補給用配管の仕様は表８と同一である。

試験条件は表１１に示す通りである。

表１１

エア供給圧	0.3 (MPa)
バルブ開放時間	3分間
機械式定量型ピストンポンプのストローク量	0.02cc/1ストローク

６種類の吐出装置のうち、吐出装置４～９は表１２～１３に示す通りである。

表１２

グリース配管長さ（m）	装置NO.4(cc)			装置NO.5(cc)			装置NO.6(cc)			装置NO.7(cc)		
	A部：焼結材			A部：グラファイト			A部：チェック弁			A部：ｽﾋﾟｰﾄﾞｺﾝﾄﾛｰﾗ		
	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目
1	0.022	0.019	0.020	0.018	0.021	0.019	0.020	0.018	0.020	0.018	0.021	0.019
2.5	0.020	0.018	0.022	0.020	0.018	0.021	0.021	0.019	0.020	0.020	0.018	0.021
4	0.022	0.021	0.019	0.018	0.020	0.019	0.018	0.022	0.020	0.018	0.021	0.019

表１３

グリース配管長さ（m）	装置NO.8(cc)			装置NO.9(cc)		
	バルブT動作：バルブS閉前10秒より2分間開					
	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目
1	0.022	0.022	0.019	0.015	0.012	0.002
2.5	0.018	0.018	0.018	0.013	0.011	0.001
4	0.021	0.021	0.021	0.012	0.010	0.004

すなわち、吐出装置４が図７５に示したタイプに焼結材の抵抗体により成形した弁機構１１８１を用いたものであり、吐出装置５が図７５に示したタイプにグラファイトの抵抗体により成形した弁機構１１８１を用いたものであり、吐出装置６が図７５に示したタイプにチェック弁機構１１８１を用いたものであり、吐

出装置７が図７５に示したタイプにスピードコントローラの弁機構１１８１を用いたものであり、吐出装置８が図７６に示したタイプであり、吐出装置９が図７５に示したタイプに弁機構１１８１を設置していないものである。吐出装置８では、空気弁１１９１をバルブＳと称し、圧力弁１１９２をバルブＴと称する。

６種類のグリース補給装置の試験結果は表１２，表１３に示す通りである。ここで、各グリース補給装置において、グリース補給用配管及びノズル内には、予めグリースを封入し、ノズルから吐出されるグリース量を測定した。

表１２及び表１３より明らかなように、吐出装置４～７では、弁が閉成された後も、グリースタンク内のグリースに圧力が発生しているため、新しいグリースがグリースタンクからグリース定量吐出機構にグリースが補充される。そして、定量のグリースがノズルから吐出される。しかし、吐出装置９では、弁が閉成したと同時にグリースタンク内の圧力が抜けてしまうため、グリースタンク内のピストンがグリースを加圧しなくなり、グリース定量吐出機構へグリースを補充しなくなる。それにより、吐出回数を重ねるにつれ、グリースが吐出されなくなる。これに反し、吐出装置８では、グリース定量吐出機構の定量吐出ピストンが戻った後も、グリースタンク内に圧力がかかっているため、定量のグリースを吐出することができる。

（実施例９）

吐出装置４を使用して、グリース補給用配管１１１３をテフロンチューブとポリウレタンチューブを使用して比較試験を行った。試験条件は表１４に示す通りである。

表１４

エア供給圧	0.3(MPa)
バルブ開放時間	3分間
機械式定量型ピストンポンプのストローク量	0.02cc/1ストローク
グリース補給用配管材質	・テフロン ・ポリウレタン
グリース補給用配管長さ(m)	・1, 2, 4
測定時間	バルブ解放10分後に測定

試験結果は表１５に示す通りである。なお、グリース補給用配管及びノズル内には、予めグリースを封入し、ノズルから吐出されるグリース量を測定した。

表１５

グリース配管長さ(m)	グリース補給用配管材質：テフロン			グリース補給用配管材質：ポリウレタン		
	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目
1	0.022	0.019	0.020	0.012	0.012	0.010
2.5	0.020	0.018	0.022	0.005	0.006	0.005
4	0.022	0.021	0.019	0.001	0.002	0.001

表１５より明らかなように、ポリウレタンチューブのグリース補給用配管に対して、テフロンチューブのグリース補給用配管は、管路の膨張が少なく、配管が長くなっても安定して定量のグリースを吐出ことができる。

なお、本発明は上述した実施形態に限定されるものではなく、適宜な変形、改良等が可能である。

例えば、ノズルを軸受装置の側部に設けずに、軸受の外輪側やスピンドルのハウジング側から軸受空間に連通させて配しても良い。

また、エアバルブ１１２２，１１９１に送給する媒体として、空気に限らず、

水や環境に優しい無害ガスなどを用いても良く、エアバルブ１１２２，１１９１の駆動に当っては、電気によりバルブを開閉しても良いし、機械式によってバルブを開閉しても良い。或いは、媒体を用いずに、モータ等の原動機にコンロッド及びクランクシャフト等の回転力変換機構を結合させることにより、外力を用いて定量吐出ピストンを往復駆動するようにしても良い。

以上説明したように、第３７～４３実施形態のグリース補給装置によれば、シリンダにグリースタンクから送給されたグリースが予め定められた量だけ収容され、逆止弁を介し、定量吐出ピストンによりシリンダ内に収容された定量のグリースがグリース補給用配管に吐出される。

したがって、グリース補給用配管には、常に定量のグリースが供給されるため、配管における内径や長さ、ノズルの形状及び温度等の条件によってグリースの吐出量に変動が減少し、安定したグリースの吐出を行うことができる。

また、グリースを加圧する部分から軸受までの配管内にあるグリースに残圧が長時間発生することがないので、グリースが離油を起こすことが少なく、配管内にちょう度の異なるグリースが存在することが減少し、グリースの定量吐出を行うことができる。よって、配管の影響を小さくでき、微量かつ定量のグリースを間欠的に吐出する定量補給を行うことにより、軸受内部へ微量かつ定量のグリースを定期的に補給して、グリース潤滑の長寿命化及び信頼性の向上を図ることができる。

また、上記実施形態のグリース補給装置によれば、機械式定量型ピストンポンプの定量吐出ピストンがシリンダ内を往復移動可能に配されるので、定量吐出ピストンの往復動を利用して、定量吐出ピストンが往動するときにシリンダ内の定量のグリースを吐出するようにできる。定量のグリースが吐出されると、逆止弁が閉じる。そして、定量吐出ピストンが復動したときに、新しいグリースがグリースタンクより補給されるので、配管内に残圧が発生するのを低減させることができる。

また、上記実施形態のグリース補給装置によれば、バルブを介してシリンダ内に供給された媒体によって定量吐出ピストンを駆動するようにすれば、複雑な機

構を用いることなく、機械式定量型ピストンポンプを構成することができる。媒体として空気を用いれば、加圧する機構が簡素化され、漏れ等への対処も油脂等を採用した場合と比べて遥かに簡単に行うことができる。

また、上記実施形態のグリース補給装置によれば、前記定量吐出ピストンが復動する時にグリースタンク内のグリースがシリンダに向けて加圧されていると、シリンダ内で発生する負圧を低減することができ、グリース内に気泡が発生することを防止することができる。

また、上記実施形態のグリース補給装置によれば、定量吐出ピストンにより、０．００４～０．１ｃｃの範囲内に設定されたグリースがグリース補給用配管に吐出されるので、吐出量の微量コントロールを行うことができる。

また、上記実施形態のグリース補給装置によれば、テフロンチューブを使用することで、管路の膨張による損失が少なく、グリースの吐出量を良好に維持することができる。

また、上記実施形態のグリース補給装置によれば、安定したグリース補給を行なうことにより、軸受装置や工作機械や高速モータ用主軸装置の長寿命化及び信頼性の向上を図ることができる。

（第４４実施形態）

図７７は、本発明の第４４実施形態の主軸装置１２０１を示す図である。この主軸装置１２０１は、スピンドル１２１０と、グリース供給装置１２１７と、冷却液供給源１２１８と、清浄空気供給源１２４５とを備えている。

スピンドル１２１０は、図７８に示すように、複数の転がり軸受１２１１～１２１４を外嵌するハウジング１２１５と、上記の転がり軸受１２１１～１２１４に軸通される主軸１２１６とを備えている。

また、スピンドル１２１０は、上記主軸１２１６に設けられたロータ１２２０およびこのロータ１２２０に対向するように、ハウジング１２１５ａの内周面に設けられたステータ１２２１を備えている。

上記のハウジング１２１５ａには、ステータ１２２１と対向するステータ冷却用溝１２２２と、ハウジング１２１５ｃには転がり軸受１２１１～１２１４と対

向する軸受冷却用溝１２２３が形成されている。

また、ハウジング１２１５ｃには、軸心冷却液回収穴１２２６、清浄空気供給穴１２２７、グリース排出用穴１２２８が形成されている。主軸１２１６には、その中心軸線方向に伸びる冷却通路１２２９、１２３０が設けられている。なお、図７８中の符号１２３１は外輪押し蓋である。

上記のグリース供給装置１２１７から送出されたグリースは、ハウジング１２１５ａ、１２１５ｃに設けられたグリース通路１２４１、１２２４を経て各転がり軸受１２１１～１２１４に供給される。

また、冷却液供給源１２１８から送出された冷却液は、ロータリージョイント１２３２を介して主軸１２１６の冷却通路１２３０に供給される。この冷却液供給源１２１８から送出された冷却液は、ハウジング１２１５に設けられたステータ冷却用溝１２２２にも供給される。

図７７に示すように、冷却液供給源１２１８からハウジング１２１５および主軸１２１６に供給された冷却液は、冷却液供給源１２１８に回収される。

また、清浄空気供給源１２４５から送出された清浄空気は、スピンドル１２１０のハウジング１２１５ｃ（図７８参照）とグリース供給装置１２１７に供給される。

この主軸装置１２０１は、冷却液供給源１２１８から送出された冷却液によって、スピンドル１２１０のステータ１２２１が冷却される。また、この冷却液によって、転がり軸受１２１１～１２１４が冷却される。

更に、この主軸装置１２０１は、冷却液が主軸１２１６内部の冷却通路１２３０に供給され、かつ、冷却液が主軸１２１６の長手方向に沿って流通され、冷却通路１２２９にも供給されるので、主軸１２１６も冷却される。

この主軸装置１２０１によれば、ｄｍｎ１２０００００をこえるような領域では、ステータ１２２１の冷却のみでなく、転がり軸受１２１１～１２１４の冷却も同時に行なわれるので、転がり軸受１２１１～１２１４の発熱が大きくても、転がり軸受１２１１～１２１４が冷却され、グリースの寿命を延長することができ、さらに油膜も確実に形成することが可能となる。

また、外部からグリースを供給するため常に新しいグリースで運転が継続できるため、オイルエア潤滑やオイルミスト潤滑と同様に長寿命化が可能である。更に、グリース潤滑であるため環境面でも効果があり潤滑油の噴霧状態化を抑制でき、作業環境が改善される。

また、オイルエア潤滑やオイルミスト潤滑での風切り音が抑制されるため、騒音レベルを押えることもできる。

更に、温度のみでなく運転時の予圧荷重が大きすぎると、油膜形成不足によりグリース寿命の前に焼付きに至ることがあるが、本発明の主軸装置１２０１は、主軸１２１６の冷却を同時に行うので、転がり軸受１２１１～１２１４の内・外輪の温度差を抑制することができる。従って、転がり軸受１２１１～１２１４として、アンギュラ玉軸受を使用した場合(定位置予圧)、予圧荷重増加を抑制できるので、さらに効果があがる。

転がり軸受１２１１～１２１４として、円筒ころ軸受を使用した場合には、ラジアル予圧(負のすきま)を抑制でき、グリース潤滑での早期焼付きを防ぐ事ができる。更に、グリース潤滑での長寿命化で絶大な効果が得られる。

（第４５実施形態）

図７９は、本発明に係る第４５実施形態の主軸装置１２０２を示す。なお、以下の説明では、上記の主軸装置１２０１（図７７，７８参照）と同一の部分には、同一の符号をつけて詳細な説明を省略した。

この主軸装置１２０２は、ロータリージョイント１２３２を介して主軸１２１６の冷却通路１２３０に冷却液を供給する第１の冷却液供給源１２１８ａと、ハウジング１２１５のステータ冷却用溝１２２２、軸受冷却用溝１２２３に冷却液を供給する第２の冷却液供給源１２１８ｂとを備えている。

冷却通路１２３０から排出された冷却液は、第１の冷却液供給源１２１８ａに回収され、ステータ冷却用溝１２２２、軸受冷却用溝１２２３から排出された冷却液は、第２の冷却液供給源１２１８ｂに回収される。

この主軸装置１２０２は、主軸１２１６とステータ１２２１の冷却液温度管理を別々に行うことができ、軸受の内軸と外軸の温度差をさらに抑制することが可

能となる。すなわち、冷却液供給源１２１８ａの冷却液温度を冷却液源１２１８ｂの冷却液温度よりも低く設定することにより、主軸１２１６の温度を低くすることができ、軸受の予圧荷重増加を抑制できるので、さらに効果があがる。

（第４６実施形態）

図８０は、本発明に係る第４６実施形態の主軸装置１２０３を示す。この主軸装置１２０３は、冷却液供給源１２１８から供給された冷却液が、ロータリージョイント１２３２を介して主軸１２１６の冷却通路１２３０、１２２９を通過した後、軸受冷却用溝１２２３、ステータ冷却用溝１２２２に供給される。

ステータ冷却用溝１２２２から排出された冷却液は、冷却液供給源１２１８に回収される。

なお、上記主軸装置１２０１，１２０２，１２０３は、工作機械主軸用スピンドル、高速モータ用スピンドルに好適である。

（第４７実施形態）

図８１は、本発明に係る第４７実施形態の主軸装置１２０４を示す。この主軸装置１２０４は、冷却液供給源１２１８から供給された冷却液が、軸側およびハウジング側に供給される。

また、軸側に供給された冷却液は軸から回収され、ハウジング側に供給された冷却液はハウジングから回収される。また、グリース補給装置もエア駆動でなく機械式なものでも良く、清浄な空気供給源が無くても良い。

（第４８実施形態）

図８２は、本発明に係る第５実施形態の主軸装置１２０５を示す。この主軸装置１２０５は、２個の冷却液供給源１２１８ａ，１２１８ｂが設けられている。そして、これらの冷却液供給源１２１８ａ，１２１８ｂの温度管理が別々に行われる。これ以外は、図８１の主軸装置１２０４と同一である。

（第４９実施形態）

図８３は、本発明に係る工作機械用主軸装置としての主軸装置１３６０を示す図である。この主軸装置１３６０は、主軸ハウジング１３６１内に外輪溝付きタイプのアンギュラ玉軸受１３００及び補給孔片側１本の円筒ころ軸受１３１０を

用いて主軸１３７１を支持している。なお、図８３の主軸装置は、例示のために異種の軸受を用いているが、同種の軸受のみから構成するようにしてもよい。

主軸ハウジング１３６１は、ハウジング本体１３６２と、ハウジング本体１３６２の前端（図中左側）に内嵌固定された前側軸受ハウジング１３６３と、ハウジング本体１３６２の後側（図中右側）に内嵌固定された後側ハウジング１３６４とを備えている。前側軸受ハウジング１３６３の端部には、外輪押さえ部材１３６５及び内輪押さえ部材１３６６が設けられており、外輪押さえ部材１３６５と内輪押さえ部材１３６６との間には、ラビリンスが形成されている。主軸ハウジング１３６１の後端面は、カバー１３７０によって覆われている。

主軸１３７１は、前側軸受ハウジング１３６３に外嵌する２つの転がり軸受１３００，１３００と、後側軸受ハウジング１３６４に外嵌する１つの円筒ころ軸受１３１０に内嵌することにより、主軸ハウジング１３６１によって回転自在に支承されている。２つの転がり軸受１３００，１３００の外輪間には、外輪間座１３８０が配置されており、また内輪間には、内輪間座１３７６が配置されている。

主軸１３７１の軸方向の略中央部には、ロータ１３８６が外嵌固定されている。ロータ１３８６の外周面側には、ステータ１３８７が所定距離離れて同軸配置されている。ステータ１３８７は、ステータ１３８７の外周面側に配置されたステータ固定部材１３８８を介してハウジング本体１３６２に固定されている。ハウジング本体１３６２とステータ固定部材１３８８との間には、主軸１３７１の周方向に沿う方向に複数の溝１３７８が形成されている。この複数の溝１３７８内には、ステータ１３８７の冷却用の冷媒が流される。

同様に、ハウジング本体１３６２と前側軸受ハウジング１３６３との間であって、アンギュラ玉軸受１３００の外周側にあたる部位には、ハウジングおよび軸受冷却用の冷媒が流される複数の溝１３７７が形成されている。

この主軸ハウジング１３６１の後端面には、軸受１３００，１３００，１３１０のそれぞれにグリース供給を行うためのグリースが供給される３個のグリース供給口１３９２が周方向に沿って開口している（図８３には一つのみ図示）。これ

らの３つのグリース供給口１３９２は、ハウジング本体１３６２、前側軸受ハウジング１３６３及び後側軸受ハウジング１３６４内に形成されたグリース供給路１３９３ａ，１３９３ｂ，１３９３ｃにそれぞれ連通している（図８３では、便宜上、各グリース供給路１３９３ａ，１３９３ｂ，１３９３ｃを同一断面に図示している）。これにより、本実施形態の主軸装置１３６０は、外部に設けられたグリース供給装置１３９０からグリース供給管１３９１を介して主軸ハウジング１３６１内にグリース供給可能に構成されている。

グリース供給路１３９３ａは、単列円筒ころ軸受１３１０の外輪側に対応して形成された開口１３９６に連通しており、グリース供給路１３９３ｂは、前側（図左側）に配置されたアンギュラ玉軸受１３００の外輪側に対応して形成された開口１３９４に連通しており、またグリース供給路１３９３ｃは、後側（図中央）に配置されたアンギュラ玉軸受１３００の外輪側に対応して形成された開口１３９５に連通している。これにより、グリース供給装置１３９０から供給されたグリースは、各軸受１３００，１３００，１３１０の外輪側まで独立に供給される。開口１３９４，１３９５，１３９６は、補給孔に連通しており、グリースは補給孔を介して軸受空間内部に独立に供給される。

グリース補給装置１３９０は、各軸受１３００，１３００，１３１０に対して独立にグリース供給可能に構成されている。すなわち、グリース補給器１３９０は、適宜なタイミングで（間欠的または定期的に）、一回の補給量が０．００４ｃｃ～０．１ｃｃとなるように各軸受１３００，１３００，１３１０毎にグリースショットする。補給されたグリースは、軸受１３００内部の玉及び軸受１３１０内部のころの転動に伴い、軸受１３００及び１３１０内部全体に馴染み、不足したグリースを補う。ここで、アンギュラ玉軸受の場合には、一回のグリース補給量が０．０１ｃｃ～０．０３ｃｃであることが好ましく、また円筒ころ軸受の場合には、一回のグリース補給量が０．００５ｃｃ～０．０２ｃｃであることが好ましい。以上に示す範囲内のグリースショットを行うことで、グリースの劣化または油膜形成不足による異常昇温の発生および軸受の破損を防止するとともに、グリース補給時の温度の脈動を抑制し、各軸受１３００，１３００，１３１０が

取り付けられる主軸装置の軸精度の劣化を防ぐことができる。

（実施例１０）

グリース供給スピンドルにおける最適な仕様を確立すべく、以下の検証を行うための要素試験を実施した。

（１）グリースの量による耐久寿命を検証

（２）運転時軸受温度による耐久寿命を検証

（３）運転時予圧荷重と耐久寿命を検証

（４）一回の補給量を検証

上記要素試験（１）、（２）、（３）で、焼き付きまでの経過時間を測定することにより、供給量、温度、予圧荷重を検証する。

試験条件は以下の通りである。

試験軸受：NSK製軸受65BNR10HTDB P4相当（7013相当の高速タイプ軸受）

回転速度：22000min^{-1}

潤滑：MTEグリース（NSK製）

予圧形式：定圧予圧

駆動方式：ベルト駆動

試験構造：図８４に示す試験機１２４０を使用した。

（１）グリースの量による耐久寿命

試験条件および試験結果を図８５，図８６に示す。

試験条件における定圧予圧荷重は、定位置予圧組込時KA（アキシアルばね定数）＝125N／μm相当における22000min^{-1}での運転時予圧荷重とほぼ等しい。

また、冷却条件は実機における設定温度とほぼ等しい。

試験の結果から、そのばらつきを見越した安全も考慮し、グリース封入量から推定される耐久時間を以下のように定義する。

初期グリース封入量１％・・・20hr以下

初期グリース封入量５％・・・100hr以下

初期グリース封入量15％・・・250hr以下

また、５％以下の封入量においては、封入量－耐久時間において、一次の比例

関係が制すると仮定する。

（２）運転時軸受温度による耐久寿命

試験条件および試験結果を図８７，図８８に示す。

試験条件における定圧予圧荷重は、それぞれ、定位置予圧組込時KA＝125N／μm相当における22000min^{-1}での運転時予圧荷重とほぼ等しい。

グリース封入量１％として試験時間を短縮した。

試験の結果から、そのばらつきを見越した安全も考慮し、グリース封入量１％、運転時予圧荷重1870Nにおける冷却条件と、22000min^{-1}での耐久時間を以下の様に定義する。

軸受温度60℃以上・・・10hr以下

軸受温度40～60℃・・・20hr以下

軸受温度30～40℃・・・50hr以下

（３）運転時予圧荷重と耐久寿命

試験条件および試験結果を図８９，９０に示す。回転数22000min^{-1}、グリース封入量5%、冷却条件は実機における設定温度とほぼ等しい。試験の結果から、そのばらつきを見越した安全も考慮し、

運転時予圧荷重　1870N・・・100hr以下

2200N・・・50hr以下

2600N・・・40hr以下

3000N・・・20hr以下

要素試験の結果よりグリースの量、温度、予圧荷重が耐久寿命に大きく影響することがわかる。高速回転で安定した性能を保つためには軸受温度を低く保ち、運転時の予圧荷重を抑えることが重要である。本発明が有効であることが確認できる。

（４）一回の補給量を検証

次にグリースの一回当たりの最適供給量を求めるため、図９１に示した形態の円筒ころ軸受１２８０を用いて、次の実験を行った。この円筒ころ軸受１２８０は、内輪１２８１、外輪１２８２、内輪１２８１の内輪軌道１２８１ａと外輪１

２８２の外輪軌道１２８２ａとの間に複数配置された円筒ころ１２８３及び外輪案内の保持器１２８４を備えている。また、保持器１２８４は、外輪１２８２の外輪軌道１２８２ａが案内しており、外輪案内形式となっている。

そして、この円筒ころ軸受１２８０は、内径９５ｍｍ、外径１４５ｍｍ、ころ径１１ｍｍ、ころ長さ１１ｍｍ、ころ数２７個、軸受空間容積３１ｃｍ^{3}で、外輪軌道に浸炭窒化処理を施した円筒ころ軸受を用い、グリース（イソフレックスＮＢＵ１５：ＮＯＫクリューバー（株）製）を初期封入量として軸受空間容積の１０％充填し、慣らし運転を行った。慣らし運転後の９０００ｍｉｎ$^{-1}$での外輪温度は３５℃であった。その後、イソフレックスＮＢＵ１５を供給量を変えて供給した後、０から９０００ｍｉｎ$^{-1}$に２秒で立ち上げて、外輪温度を測定する実験を５回（ｎ１～ｎ５）行った。尚、供給孔は、図９２（ａ）に示すように１箇所に設けた。実験結果を表１６に示す。

表１６

補給量	n－1	n－2	n－3	n－4	n－5
2％	◎	◎	◎	◎	◎
4％	◎	△	◎	○	○
6％	○	△	×	○	○
１０％	×	×	×	×	△

表１６中、◎は外輪温度が４０℃以下であったことを示し、○は外輪温度が４０℃を超え５０℃以下であったことを示し、△は外輪温度が５０℃を超え６０℃以下であったことを示し、×は外輪温度が６０℃を越えたことを示す。

【７０５２】

また、図９２（ｂ）に示すように、対向する２箇所（１８０°離れた位置）に供給孔からグリースＧｒを供給して同様の実験を行った。実験結果を表１７に示す。

表１７

補給量	n－1	n－2	n－3	n－4	n－5
2%	◎	◎	◎	◎	◎
4%	◎	◎	◎	◎	◎
6%	△	◎	○	○	○
１０%	△	×	×	○	△

更に、図９２（ｃ）に示すように、ころところの間全てに設けられた供給孔からグリースＧｒを供給して同様の実験を行った。実験結果を表１８に示す。

表１８

補給量	n－1	n－2	n－3	n－4	n－5
2%	◎	◎	◎	◎	◎
4%	◎	◎	◎	◎	◎
6%	○	◎	△	◎	◎
１０%	○	△	△	×	△

表１６～表１８からわかるように、２%以下では、供給後の回転で異常昇温は見られなかった。また、４%では、供給箇所を増やすことにより異常昇温を顕著に抑えることができた。即ち、同じ量を供給するにしても、外輪の円周方向に間隔をあけた複数箇所に設けた供給孔からグリースをショットする方が、異常昇温を抑制できることがわかった。一方、４%を越えると、グリースの供給箇所を増やしても、温度にバラツキが出て、安定しない状態であった。

上記の実験から、グリースの一回当たりの供給量は、軸受空間容積の４%以下が好ましいといえる。但し、グリースの供給に同期して一時的に軸受温度が上昇（脈動）する傾向にあり、円筒ころ軸受は他の軸受、例えばアンギュラ玉軸受よりも温度の脈動が顕著に起こりやすい。この温度の脈動は、精度を要求されない通常の使用時には問題とはならないが、金型用途向けの工作機械等、精度が厳しく要求される装置の主軸に用いられる転がり軸受においては、この温度の脈動により軸の長さが変化してしまい、加工精度に影響を及ぼしてしまうおそれがある。そこで、グリースの供給量を減じて、この温度の脈動を抑えることが好ましい。

具体的には、一回当たりの供給量を０．００４ｃｃ～０．１ｃｃ、好ましくは円筒ころ軸受の場合は０．００５ｃｃ～０．０２ｃｃ、アンギュラ玉軸受の場合は０．０１ｃｃ～０．０３ｃｃとすることで、温度の脈動も抑制することができ、転がり軸受が適用される工作機械主軸装置の加工精度を高いレベルに保つことが可能となる。軸受は、他の玉軸受、ころ軸受であっても良い。

以上、ｄｍｎ１２０００００をこえるような領域では、ステータの冷却のみでなく軸受部の冷却も同時に行なわないと、軸受部の発熱が大きく温度が高くなりグリースが早期に劣化するが、第４４～第４９実施形態の構成によれば、冷却を施すことによりグリースの寿命を延長することができ、さらに油膜も確実に形成することが可能となる。

また、外部からグリースを供給するため常に新しいグリースで運転が継続できるため、オイルエア潤滑やオイルミスト潤滑と同様に長寿命化が可能である。更に、グリース潤滑であるため環境面でも効果があり潤滑油の噴霧状態化を抑制でき、作業環境が改善される。また、オイルエア潤滑やオイルミスト潤滑での風切り音が抑制されるため、騒音レベルを押えることもできる。

温度のみでなく運転時の予圧荷重が大きすぎると、油膜形成不足によりグリース寿命の前に焼付きに至ることがあるため、上記実施形態の構成では、主軸内冷却を同時に行い、転がり軸受の内・外輪の温度差を抑制し予圧増大を防ぐので、さらに効果があがる。

また、主軸内部も冷却することにより、軸受の内・外輪温度差を抑制することができ、アンギュラ玉軸受の場合(定位置予圧)予圧荷重増加を抑制できる。また、円筒ころ軸受の場合、ラジアル予圧(負のすきま)を抑制できグリース潤滑での早期焼付きを防ぐ事ができる。更に、スピンドル全体の温度を下げることができ、グリース潤滑での長寿命化で絶大な効果が得られる。なお、本実施形態では、冷却手段は、冷却液供給源、主軸に設けられた冷却通路、ハウジングに設けられたステータ冷却用溝及び軸受冷却用溝を含むが、少なくとも冷却液供給源と軸受冷却用溝を含んで構成される。

（第５０実施形態）

以下に、本発明の第５０～第５５実施形態を図９３～１０１に基づいて説明する。図９３は本発明に係る主軸装置の第５０実施形態の要部を示した断面図，図９４は第５０の実施形態で採用した切削液検出センサを示した概念図である。

図示した第５０～第５５実施形態の主軸装置は、軸受１４０１の外輪１４０１ａがハウジング主体１４０２の先端に取付けられた前蓋１４０３によって外輪間座１４０４を介して内方に押圧され、軸受１４０１の内輪１４０１ｂが主軸１４０５に螺合させたナット１４０６によって内輪間座１４０７を介して内方に押圧されている。さらに、前蓋１４０３の前面には、該前蓋の前面およびナット１４０６の前部を覆うように、カバー１４０８が取付けられている。そして、外輪間座１４０４と前蓋１４０３とナット１４０６と内輪間座１４０７の間には、環状空間１４０９が画成されている。

前蓋１４０３の前面内周縁には、前端方向に開口する環状溝１４１０が形成され、一方、ナット１４０６の後端面外周縁には、後方へ向けて環状突起１４１１が形成されている。そして、前蓋１４０３の環状溝１４１０にナット１４０６の環状突起１４１１が挿嵌され、それらの間にラビリンスシール１４１２が構成されている。

また、カバー１４０８の内周面には、ラビリンス１４１３が配設され、該ラビリンスによってカバー１４０８の内周面と主軸１４０５の外周面との間がシールされている。

図９３に示した実施形態では、外輪間座１４０４における環状空間１４０９側の面に切削液検出センサ１４１４が取付けられている。

この切削液検出センサ１４１４は、図９４に示したように、環状の基板１４１４ａに櫛歯状の接触子（電極）１４１４ｂ，１４１４ｃが相対向して配置され、それらの接触子が配線１４１４ｄによって検出部１４１４ｅに接続されている。この実施形態では、接触子１４１４ａ，１４１４ｂが０．０５～１ｍｍ程度間隔をもって配置されている。

また、外輪間座１４０４とハウジング主体１４０２とに、それぞれ孔１４０４ａ，１４０２ａが形成され、それらの孔に配線１４１４ｄが収容されている。そ

して、検出部１４１４ｅは、ハウジング主体１４０２の外部に設置されている。

この第５０実施形態の主軸装置では、ラビリンス１４１３およびラビリンスシール１４１２を経て内部に浸入した切削液は、切削液検出センサ１４１４の接触子１４１４ｂ，１４１４ｃ間に接触して接触子間を短絡し、それによる電圧の変化で、切削液の浸入が検出部１４１４ｅで検知される。

（第５１実施形態）

図９５に示した第５１実施形態は、垂直設置型の主軸装置であって、切削液検出センサを３つ備えている。

この主軸装置では、前蓋１４０３およびカバー１４０８にドレン孔１４１５が連通形成されている。このドレン孔１４１５は、一端が前記環状空間１４０９の底部に開口している。このドレン孔１４１５の他端部は、上方ドレン孔１４１５ａと下方ドレン孔１４１５ｂとカバー１４０８の内側へ開口するドレン孔１４１５ｃとに分岐されている。

そして、外輪間座１４０４における環状空間１４０９側の面には、第５０の実施形態に示したものと同様な第１の切削液検出センサ１４１６が取付けられている。また、上方ドレン孔１４１５ａにおける上記ラビリンスシール１４１２に対応する高さには、第２の切削液検出センサ１４１７が設置され、下方ドレン孔１４１５ｂにおける上記オイルシール１４１３に対応する高さには、第３の切削液検出センサ１４１８が設置されている。

なお、第２および第３の切削液検出センサ１４１７，１４１８は、２本の電極１４１７ａ，１４１７ｂ、１４１８ａ，１４１８ｂをそれぞれ有し、それらの電極が切削液によって導通されることによる検出部１４１７ｃ，１４１８ｃでの電圧変化で、液の検出が行なわれる。

この第５１実施形態の主軸装置では、ラビリンス１４１３を経てカバー１４０８の内側に浸入した切削液が、ドレン孔１４１５ｃを経て切削液検出センサ１４１８に流れ込むと、該センサによって切削液の浸入が検知される。

さらに、その切削液の量がラビリンス１４１２の高さまで達すると、切削液がドレン孔１４１５に流れ込んで、切削液検出センサ１４１７によって検知される。

さらに、切削液の量が環状空間１４０９まで達すると、切削液検出センサ１４１６によって検知される。

したがって、この第５１実施形態によれば、切削液の浸入度合いを検知することができ、それによって主軸装置を適宜に制御することが可能になる。

例えば、センサ１４１８が切削液を検知した場合には、切削液使用条件や切削液噴射ノズルの調整といった措置を警告によってオペレータに促して、それ以上の浸入を防止し、センサ１４１７が切削液を感知した場合には、軸受１に新しい潤滑剤を供給することによって、潤滑性能の劣化を防ぐ。また、センサ１４１６が切削液を検知した場合には、主軸装置の運転条件を制限するか、または強制的に停止させるなどして、焼き付きを未然に防ぐことができる。

（第５２実施形態）

図９６に示した第５２実施形態では、上記第５１実施形態と同様に、前蓋１４０３およびカバー１４０８にドレン孔１４１９が連通形成されている。このドレン孔１４１９の上端は環状空間１４０９に開口し、他端には上記第５１の実施形態における第２の切削液検出センサと同様なセンサ１４２０が配設されている。

この第５２実施形態の主軸装置では、ラビリンス１４１３およびラビリンスシール１４１２を経て環状空間１４０９に浸入した切削液は、ドレン孔１４１９を経て、切削液検出センサ１４２０に達し、該センサによって切削液の浸入が検知される。

この実施形態によれば、軸受１４０１の周辺にセンサを配置することができない場合に有効である。

（第５３実施形態）

図９７に示した第５３実施形態では、外輪間座１４０４における環状空間１４０９側の面に、上記第５０の実施形態と同様な切削液検出センサ１４２１が貼り付けられ、外輪間座１４０４とハウジング主体１４０２とにそれぞれ孔１４０４ａ，１４０２ａが形成され、それらの孔に配線１４２１ａが収容されている。

この実施形態では、前蓋１４０３およびカバー１４０８にドレン孔１４２２が連通形成されており、該ドレン孔の一端が前記環状空間１４０９の底部に開口し

ている。そして、ドレン孔１４２２の他端には、排出バルブ１４２３が配設されている。この排出バルブ１４２３には、チェックバルブが採用されている。この排出バルブ１４２３は、ボール１４２３ａを押し込むことによって開放されるもので、ボール１４２３ａを押し込むための押し込み具１４２４を備えている。この押し込み具１４２４は、先端に棒状突起１４２４ａを備えている。また、この押し込み具１４２４は内部に吸引通路１４２４ｂを備えたものであってもよい。

この第５３実施形態の主軸装置では、ラビリンス１４１３およびラビリンスシール１４１２を経て環状空間１４０９に浸入した切削液は、ドレン孔１４２２を経て、排出バルブ１４２３まで流れ込む。この実施形態の場合には、ドレン孔１４２２に切削液が溜められ、その切削液が環状空間１４０９に達すると、切削液検出センサ１４２１によって検知される。それまでは、ドレン孔１４２２は排出バルブ１４２３のチェック弁機構により閉じられているため、ドレン孔１４２２から切削液が浸入することはない。切削液検出センサ１４２１によって切削液が検知された場合には、排出バルブ１４２３のボール１４２３ａを押し込み具１４２４の突起１４２４ａで押し込んでバルブ１４２３を開き、それによってドレン孔１４２２内の切削液を外部に排出させることができる。

なお、吸引通路１４２４ｂを備えた押し込み具１４２４を使用し、ドレン孔１４２２内の切削液を吸引すれば、粘度の高まった切削液でも確実に排出させることができる。

また、押し込み具１４２４を主軸頭の可動範囲に固定しておけば、送り軸の移動機構が使用できるので、安価に自動化が図れる。また、可動範囲内に押し込み具１４２４が存在すると都合が悪い場合には、押し込み具１４２４をアクチュエータで可動させるようにしてもよい。

（第５４実施形態）

図９８に示した第５４実施形態では、外輪間座１４０４と内輪間座間１４０７に軸受シール１４２５を配装し、その軸受シール１４２５の環状空間１４０９側に上記第５０の実施形態と同様な切削液検出センサ１４２６が取付けられている。そして、この実施形態では、前蓋１４０３およびハウジング主体１４０２に孔１

４０３ａ，１４０２ａが形成され、それらの孔に配管１４２６ａが挿通されている。

この第５４実施形態の主軸装置では、第５０実施形態と同様に、ラビリンス１４１３およびラビリンスシール１４１２を経て内部に浸入した切削液は、切削液検出センサ１４２６によって検知される。

この第５４実施形態の主軸装置の場合には、軸受シール１４２５によって軸受１４０１への異物浸入を防止することができ、かつ軸受から潤滑剤の漏出を防止することができるばかりでなく、センサ付き軸受シールとしてコンパクトかつ組付け性のよいセンサの設置が可能になる。

（第５５実施形態）

図９９に示した第５５実施形態では、切削液検出センサの信号により、軸受１４０１に潤滑剤を供給する機能を備えた主軸装置を示している。

この実施形態では、第５０実施形態と同様に、外輪間座１４０４における環状空間１４１２側の面に切削液検出センサ１４２７が取付けられており、外輪間座１４０４とハウジング主体１４０２とに、それぞれ孔１４０４ａ，１４０２ａが形成され、それらの孔に配線１４２７ａが収容されている。

また、この実施形態では、軸受１４０１の外輪１４０１ａにグリース供給孔１４０１ｃが形成され、該グリース供給孔は、ハウジング主体１４０２に形成した孔１４０２ｂを介して潤滑剤供給装置１４２８に接続されている。

そして、この潤滑剤供給装置１４２８は、切削液検出センサ１４２７の信号に基づいて、制御装置１４２９によって制御される。

この第５５実施形態の主軸装置では、第５０実施形態と同様に、ラビリンス１４１３およびラビリンスシール１４１２を経て内部に浸入した切削液は、切削液検出センサ１４２７によって検知される。そして、センサ１４２７によって切削液が検出されると、制御装置１４２９によって、潤滑剤供給装置１４２８に潤滑剤供給指令が送られ、該潤滑剤供給装置から潤滑剤が軸受１４０１に圧送される。

特に、グリース封入式の主軸装置の場合には、一度、軸受内部に切削液が浸入してしまうと、潤滑機能が著しく劣化し、焼き付きを発生し易い。しかも切削液

検出機能がないと、焼き付く前に補修することもできない。

この実施形態の主軸装置の場合には、潤滑剤供給装置１４２８が備えられているので、切削液検出センサ１４２７と併用することにより、信頼性の高いグリース潤滑式の主軸装置が得られる。

図１００は、本発明の主軸装置Ａを備えた工作機械の制御システムを示している。

この工作機械では、主軸装置Ａにおいて切削液検出センサで切削液の存在を検知すると、その信号が制御装置Ｂに入力され、制御装置Ｂに付設されたモニターＣに警告メッセージが表示されるか、又は同時に警告灯Ｄを点灯させる。この警告表示を知ったオペレータは、制御装置Ｂの操作盤を操作することによって、切削液の流量や圧力を調整したり、切削液噴射ノズルＥの向きを変えるなどして、切削液のそれ以上の浸入を防止することができる。

また、主軸装置Ａに設けた排出バルブ（図９７におけるバルブ１４２３）Ｆから切削液を外部に排出することも可能であり、さらには、潤滑剤供給孔（図９９における潤滑剤供給用の孔１４０２ｂ）Ｇから新たらしい潤滑剤を供給することもできる。

図１０１は切削液検出センサを備えた主軸装置に切削液を実際にかけて、センサの信号を時系列で測定した結果である。浸入した時点で電圧がおよそ０ボルトから２ボルトに上がり検出できたことから、センサの効果を確認できた。

以上説明したように第５０～第５５実施形態に係る主軸装置によれば、軸受内部に切削液が浸入する以前に主軸装置内部への切削液浸入を検出し、機械運転を長時間止めることなく、主軸軸受の潤滑性能を安定して長時間維持可能である。

上記実施形態の主軸装置によれば、シール部に浸入した切削液を軸受内部へ切削液が浸入する前に検出できる。また、最近使用されているスルークーラントで回転継手が破損し、切削液が主軸装置内部に浸入する問題も発生しており、漏れ検出用のセンサを付ける場合があるが、センサが切削液の浸入を検知しても対処することは難しかった。本件では、切削液の浸入を検出した後、潤滑剤を軸受に供給することにより、従来潤滑剤が洗い流されてしまったことによる軸受の損傷

を防止し、故障した部品は修理が必要であるが、主軸装置が使用できない状態は回避することが可能になる。特に、主軸装置がグリース潤滑である場合は有効である。

以下、本発明の第５６～第６３実施形態を図面に基づいて説明する。以下に説明する実施形態は、工作機械用主軸装置や、ＡＣサーボモータ用主軸装置を支持するのに好適に用いられる。

（第５６実施形態）

図１０２に、本発明を適用した５６実施形態のアンギュラ玉軸受を備えた主軸装置を構成するアンギュラ玉軸受装置１５０３を示す。このアンギュラ玉軸受装置１５０３は、アンギュラ玉軸受１５３２と、アンギュラ玉軸受１５３２の側面に配置されるとともに、内外輪１５４２，１５４３の近傍に配置された回転体としての排出間座１５３３，１５３８と、回転軸１５４５と、アンギュラ玉軸受１５３２を支持するハウジング１５３６とを備えている。

また、このアンギュラ玉軸受装置１５０３は、外輪間座１５３４と、この外輪間座１５３４の端部に形成された切り欠き１５３５と、ハウジング１５３６における切り欠き１５３５の外周側に形成された潤滑剤貯蔵空間１５３７とを備えている。

上記の切り欠き１５３５は、図１０３に示すように、外輪間座１５３４に放射状に複数個設けられている。このように、放射状に複数個の切り欠き１５３５を設けることにより、潤滑剤の排出効率が向上する。

図１０２のアンギュラ玉軸受１５３２と外輪間座１５３４との間には、隙間１５３９が形成されている。更に、ハウジング１５３６には、外部よりアンギュラ玉軸受１５３２内部へ潤滑剤を供給する潤滑剤供給経路１５３１が形成されている。また、排出間座１５３３，１５３８の側方にも潤滑剤貯蔵空間１５４０が形成されている。

このアンギュラ玉軸受装置１５０３は、外部から供給された潤滑剤が潤滑剤供給経路１５３１からアンギュラ玉軸受１５３２の内部へ供給されてアンギュラ玉軸受１５３２内部へ貯蔵される。

このアンギュラ玉軸受１５３２内に貯蔵された潤滑剤のうち、排出間座１５３３，１５３８に接触した潤滑剤は、排出間座１５３３，１５３８の回転力によりアンギュラ玉軸受１５３２の外部へ弾き飛ばされる。

排出間座１５３３によって弾き飛ばされた潤滑剤は、外輪間座１５３４に設けられた切り欠き１５３５を通過し、ハウジング１５３６に備えられた潤滑剤貯蔵空間１５３７へ進入して貯蔵される。

切り欠き１５３５を通過できなかった潤滑剤は、アンギュラ玉軸受１５３２と排出間座１５３３間の隙間１５３９を通過し、排出間座１５３３と外輪間座１５３４の間の潤滑剤貯蔵空間１５４０に貯蔵される。

潤滑剤貯蔵空間１５３７は、ハウジング１５３６の内径に溝状に設けられた空間であり、潤滑剤貯蔵空間１５４０と合わせて、工作機械用主軸で潤滑剤の一般的寿命とされている２万時間分の潤滑剤を蓄えることができる。

一般的に、２万時間分の潤滑剤を貯蔵するのに必要な空間の容積は、一回の潤滑剤吐出量が 0.02cc、吐出間隔が 12 時間の場合、およそ 33cc である。本発明では、両方の潤滑剤貯蔵空間１５３７，１５４０を合計した容積は 34cc である。

図１０２において、軸１５４５が高速回転しているとき、アンギュラ玉軸受１５３２内部の空気は玉１５４４の自転軸の影響により、図１０２中の左から右方向へと流れる。したがって、潤滑剤は主にアンギュラ玉軸受１５３２の右側へ排出されるため、隙間１５３９を 0.2～0.5mm に設定すると排出効率が良い。

図１０２中の左側の排出間座１５３８の方は、もともと潤滑剤が排出されにくいので、隙間１５４１は隙間１５３９より大きくしても良く、外周のハウジング１５３６に潤滑剤貯蔵空間が無くても潤滑剤の排出は可能である。

このように、本発明のアンギュラ玉軸受装置１５０３は、アンギュラ玉軸受１５３２内部への充満された潤滑剤が、アンギュラ玉軸受１５３２近傍に配置され回転体として形成された排出間座１５３３，１５３８に付着し、この排出間座１５３３，１５３８は軸１５４５とともに回転しているため、排出間座１５３３，１５３８に付着した潤滑剤は、回転力で軸受の外側へ弾き飛ばされ、潤滑剤は強制的かつ継続的に軸受外部へ排出される。

上記の潤滑剤としてはグリース、オイルどちらにも有効であり、潤滑剤の撹拌抵抗が減少して発熱を押さえる作用もある。

さらに排出間座１５３３外周方向のハウジング１５３６に排出された潤滑剤を貯蔵する潤滑剤貯蔵空間１５３７が設けられているので、排出間座１５３３により弾き飛ばされた潤滑剤が潤滑剤貯蔵空間１５３７内へ容易に進入することができ、貯蔵空間容積も大きくできる。

また、軸１５４５の回転数に応じ潤滑剤を弾き飛ばす回転力の大きさが変わるため、潤滑剤供給量が少なくてすむ。低速回転時には同時に潤滑剤排出量も抑えられ、回転数に応じた適切な潤滑剤供給が可能となる。

（第５７実施形態）

図１０４は、本発明の第５７実施形態の主軸装置を構成するアンギュラ玉軸受装置１５０４を示す。なお、以下の各実施形態においては、図１０２と同一の部分には同一の符号を付けて詳細な説明を省略した。

このアンギュラ玉軸受装置１５０４は、アンギュラ玉軸受１５５０が背面組合わせで取り付けられている。また、潤滑剤が図１０４中の左側の外輪間座１５３４を通り抜けるべき空間が、穴１５５１で構成されている。

【２０２１】

穴１５５１は、図１０５（ａ），（ｂ）に示すように、外輪間座１５３４に放射状に複数箇所設けられている。これにより、潤滑剤が効率よく排出される。

このアンギュラ玉軸受装置１５０４も、上記第５６の実施形態のアンギュラ玉軸受装置１５０３と同様の作用効果を有する。

（第５８実施形態）

図１０６は、本発明を適用した第５８実施形態の主軸装置を構成するアンギュラ玉軸受装置１５０６を示す。

このアンギュラ玉軸受装置１５０６は、排出間座１５５２ａ，１５５２ｂが内輪間座１５５３と別部材で形成されている。この場合、最小限の材料で排出間座１５５２ａ，１５５２ｂを製作することができ、低コストを実現できる。

（第５９実施形態）

図１０７は、本発明を適用した第５９実施形態の主軸装置を構成するアンギュラ玉軸受装置１５０７を示す。

このアンギュラ玉軸受装置１５０７は、図１０２の排出間座１５３３に代えて、軸受１５３２の内輪１５４２および保持器１５５４に排出鍔１５５５が設けられている。

このアンギュラ玉軸受装置１５０７は、内輪間座１５５３の形状設計に影響を及ぼさずにすむ。

（第６０実施形態）

図１０８は、本発明を適用した第６０実施形態の主軸装置を構成するころ軸受装置１５０８を示す。

このころ軸受装置１５０８は、図１に示したアンギュラ玉軸受装置１５０３のアンギュラ玉軸受３２に代えて、ころ軸受１５５６を用いたものである。このころ軸受装置１５０８も、図１０２に示したアンギュラ玉軸受装置１５０３と同様な作用効果を有する。

（第６１実施形態）

図１０９は、本発明を適用した第６１実施形態の主軸装置を構成するアンギュラ玉軸受装置１５０９を示す。このアンギュラ玉軸受装置１５０９は、図１０２の潤滑剤貯蔵空間１５３７に代えて、潤滑剤貯蔵穴１５５７が設けられている。

この潤滑剤貯蔵穴１５５７は、放射状に複数設けられている。これにより、潤滑剤を貯蔵するために十分な大きさの空間を得ることができる。

（第６２実施形態）

図１１０は、本発明を適用した第６２実施形態の主軸装置を構成する軸受装置１５６０を示す。この軸受装置１５６０では、ハウジング１５３６の潤滑剤貯蔵空間１５３７に貯蔵された潤滑剤が、潤滑剤貯蔵空間１５３７に連続する排出穴１５６１へ流れ込み、ここに貯蔵される。

排出穴１５６１は、円周上に複数個設けられており、潤滑剤貯蔵空間１５３７の容積を大きくとることができる。

軸１５４５を水平方向に設置する場合は、排出穴１５６１が円周上に複数個あ

るので、ハウジング１５３６の位相をどのように設置しても、潤滑剤貯蔵空間１５３７より下に排出穴１５６１を配置できる。従って、設計、組付けが容易になる利点がある。

（第６３実施形態）

図１１１は、本発明を適用した第６３実施形態のスピンドル装置１５７０を示す。このスピンドル装置１５７０は、ハウジング１５３６に排出穴１５７１が設けられている。また、排出穴１５７１の一方の端部に流体入口１５７２が設けられ、他方の端部に潤滑剤排出口１５７３が設けられている。

このスピンドル装置１５７０は、外部から排出穴１５７１に別の流体を入れることによって、メンテナンスをする機能を備えている。

いま、スピンドル装置１５７０が一定期間連続して使用され、潤滑剤が潤滑剤貯蔵空間１５３７および排出穴１５７１に充満して、それ以上貯蔵できなくなったときには、メンテナンスが必要となる。

このとき、流体入口１５７２より流体を入れると、アンギュラ玉軸受１５３２、潤滑剤貯蔵空間１５３７、および排出穴１５７１の内部に貯蔵された潤滑剤が洗い流され、潤滑剤排出口１５７３より排出される。

流体入口１５７２と潤滑剤排出口１５７３は逆でも良く、両方から流体を入れて両方から潤滑剤を排出することも可能である。古い潤滑剤を排出した後には、新しい潤滑剤を外部から供給することによりスピンドル装置１５７０を解体、再組立することなく元の潤滑性能が発揮できるようになる。

外部からの潤滑剤供給には、スピンドル装置１５７０にもともと備えられた潤滑剤供給機能を用いると、より容易なメンテナンスが可能である。また、メンテナンス用の供給装置を用いてもよい。

メンテナンスに使用する流体の例としては、圧縮空気、洗浄液、オイル、およびそれらの併用等がある。

図１１２（ａ）は、本発明と従来例において、潤滑剤を供給しながら連続運転した結果を比較したものである。本発明では、従来例に比べ異常昇温も無く、アンギュラ玉軸受１５３２内部の潤滑剤残存量も適正な値である。

なお、図１１２（ａ）の試験条件を図１１２（ｂ）に示す。

以上説明したように、本発明によれば、軸受内部に供給された潤滑剤が、軸受近傍に配置された回転体に付着し、この回転体の回転力で軸受の外側へ弾き飛ばされ、潤滑剤は強制的かつ継続的に軸受外部へ排出される。潤滑剤はグリース、オイルどちらでも有効であり、撹拌抵抗が減少して発熱を押さえる作用もある。

さらに回転体外周方向のハウジングに排出潤滑剤の貯蔵空間が設けられているので、回転体により弾き飛ばされた潤滑剤が貯蔵空間内へ容易に進入することができ、貯蔵空間容積も大きくできる。

また、主軸の回転数に応じ潤滑剤を弾き飛ばす回転力の大きさが変わるため、潤滑剤供給量が少なくてすみ、低速回転時には同時に潤滑剤排出量も抑えられ、回転数に応じた適切な潤滑剤供給が可能となる。

貯蔵空間が潤滑剤で満たされると、軸受装置外部へ排出する必要があるが、本発明によれば、ハウジングに設けられた貯蔵空間と繋がる排出穴へ外部から流体を入れることにより、潤滑剤を全て排出させることができるので、容易にメンテナンスが可能となる。

なお、上記の実施形態におけるグリース補給装置は、主軸装置に用いられる転がり軸受にグリースを潤滑するために主に用いられているが、本発明のグリース補給装置は、主軸装置に限定されず、その他の装置に用いられた転がり軸受を潤滑するものであってもよい。

本発明を詳細にまた特定の実施態様を参照して説明したが、本発明の精神と範囲を逸脱することなく様々な変更や修正を加えることができることは当業者にとって明らかである。

本出願は、2002 年 7 月 29 日出願の日本特許出願（特願 2002－220015)、
2002 年 8 月 2 日出願の日本特許出願（特願 2002－226233)、
2002 年 8 月 30 日出願の日本特許出願（特願 2002－253082)、
2003 年 3 月 14 日出願の日本特許出願（特願 2003－070338)、
2003 年 4 月 15 日出願の日本特許出願（特願 2003－110788)、
2003 年 4 月 15 日出願の日本特許出願（特願 2003－110789)、

2003年4月17日出願の日本特許出願（特願2003－113421)、
2003年4月25日出願の日本特許出願（特願2003－122551)、
2003年7月3日出願の日本特許出願（特願2003－270786)、
2003年7月15日出願の日本特許出願（特願2003－274546)、
2003年7月24日出願の日本特許出願（特願2003－279135)、
2003年7月24日出願の日本特許出願（特願2003－279306)、
2003年7月24日出願の日本特許出願（特願2003－279345)、
2003年7月25日出願の日本特許出願（特願2003－280365)、
に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

＜産業上の利用可能性＞

潤滑剤供給、特にグリース供給において、高速回転が可能であると共に、軸受の長寿命化が可能な、転がり軸受、グリース補給装置、主軸装置、グリース補給方法及びグリース補給プログラムを提供することができる。

請 求 の 範 囲

１．内周面に外輪軌道面を有する外輪と、外周面に内輪軌道面を有する内輪と、前記外輪軌道面と前記内輪軌道面との間に転動自在に設けられた転動体とを備え、主軸をハウジング内に回転可能に支持する転がり軸受と、

前記転がり軸受の内部にグリースを補給するグリース補給装置と、を有する主軸装置であって、

前記グリース補給装置は、一回の補給量が０．００４ｃｃ～０．１ｃｃとなるように前記グリースを補給することを特徴とする主軸装置。

２．前記グリース補給装置は、前記外輪に設けられた補給孔を含むことを特徴とする請求の範囲第１項記載の主軸装置。

３．前記主軸装置は、さらに外輪間座を有し、

前記グリース補給装置は、前記外輪間座に設けられた補給孔を含むことを特徴とする請求の範囲第１項記載の主軸装置。

４．前記グリース補給装置は、前記ハウジングに設けられた補給孔を含むことを特徴とする請求の範囲第１項記載の主軸装置。

５．前記主軸装置は、さらに前記内輪或いは前記外輪の側面近傍に配置された少なくとも一つの回転体を備え、

前記回転体の回転によってグリースを前記転がり軸受の外部へ排出することを特徴とする請求の範囲第１項記載の主軸装置。

６．前記ハウジングに、排出されたグリースを貯蔵する貯蔵空間を設けたことを特徴とする請求の範囲第５項記載の主軸装置。

７．前記貯蔵空間から、前記主軸装置の外部へグリースを排出させる少なくとも一つの排出穴を有し、該排出穴にグリースを貯蔵することが可能であることを特徴とする請求の範囲第６項記載の主軸装置。

８．前記回転体は、内輪間座、前記内輪、前記転がり軸受の保持器の少なくとも一つに形成された鍔であることを特徴とする請求の範囲第５～７項のいずれかに記載の主軸装置。

９．前記排出穴にグリースとは別の流体を外部から入れることにより、グリースを排出可能であることを特徴とする請求の範囲第７又は８項記載の主軸装置。

１０．前記主軸装置は、前記主軸の回転速度を検出する回転センサを備え、

前記グリース補給装置は、前記回転速度に応じて前記転がり軸受の内部にグリースを補給することを特徴とする請求の範囲第１項記載の主軸装置。

１１．前記グリース補給装置は、回転速度を複数の領域に分割して前記領域毎に加算値を設定し、測定された前記回転速度に対応する前記加算値を単位時間毎に積算して積算値を求め、

前記積算値が所定値以上となった場合にグリースを補給することを特徴とする請求の範囲第１０項記載の主軸装置。

１２.前記グリース補給装置は、前記積算値をグリース補給時にリセットし、前記積算値のリセット回数を積算することを特徴とする請求の範囲第１１項記載の主軸装置。

１３．前記グリース補給装置は、前記軸の停止時は加算値を０とし積算を行わないことを特徴とする請求の範囲第１１又は１２項記載の主軸装置。

１４．前記グリース補給装置は、前記グリース補給装置内のグリース残量が所定値以下になったときに前記主軸の回転速度を所定の回転速度以下となるように制御することを特徴とする請求の範囲第１０～１３項のいずれかに記載の主軸装置。

１５．前記グリース補給装置は、前記グリース補給装置内のグリース残量が所定値以下になったときに前記主軸の回転速度を所定の回転速度以下となるように制御し、

前記所定の回転速度は、前記複数の領域の最高回転速度領域の１つ下の回転速度領域中にあることを特徴とする請求の範囲第１１～１３項のいずれかに記載の主軸装置。

１６．前記グリース補給装置は、逆止弁及び定量吐出ピストンを備えて前記グリースを吐出するための機械式定量型ピストンポンプと、前記グリースを貯蔵するグリースタンクと、前記グリースタンク内のグリースを加圧するグリースタ

ンク内ピストンと、前記グリースタンクに設けられ、グリースの残存量を監視するセンサと、を備えたことを特徴とする請求の範囲第１項記載の主軸装置。

１７．前記センサは、前記グリースタンク内ピストンに取り付けられた磁石を有していることを特徴とする請求の範囲第１６項記載の主軸装置。

１８．前記グリースタンク内のグリースの圧力、若しくは前記機械式定量型ピストンポンプと前記グリースタンクを接続するグリース配管内のグリースの圧力を監視するセンサが設けられていることを特徴とする請求の範囲第１６又は１７項記載の主軸装置。

１９.前記機械式定量型ピストンポンプがストロークしてグリースを吐出後、前記定量吐出ピストンが元に戻った状態で、前記グリースタンク内のグリースを加圧するために前記グリースタンク内ピストンに圧力を一定時間保持する機構が設けられていることを特徴とする請求の範囲第１６～１８項のいずれかに記載の主軸装置。

２０．前記センサが、異常を検知した際に前記主軸の回転速度の上限を制御することを特徴とする請求の範囲第１６～１９項記載のいずれかに記載の主軸装置。

２１.前記グリース補給装置は、前記グリースを貯蔵するグリースタンクと、前記グリースタンクから送給されたグリースを予め定められた量だけ収容するシリンダと、該シリンダ内に収容された定量のグリースをグリース補給用配管に吐出するように、前記シリンダ内を往復移動可能な定量吐出ピストンと、前記シリンダの端部に配された逆止弁と、を有する機械式定量型ピストンポンプを備えたことを特徴とする請求の範囲第１項記載の主軸装置。

２２．前記機械式定量型ピストンポンプは、前記シリンダ内に媒体を供給するバルブを有し、前記定量吐出ピストンは、前記バルブより供給された前記媒体により駆動されることを特徴とする請求の範囲第２１項記載の主軸装置。

２３．前記グリース補給用配管は、テフロンチューブとしたことを特徴とする請求の範囲第２１又は２２項のいずれかに記載の主軸装置。

２４．前記主軸装置は、さらに前記ハウジングの内部に冷却液を供給して所

定個所を冷却する冷却手段と、前記主軸に設けられたロータおよび前記ロータに対向するように前記ハウジングの内周面に設けられたステータを備えるモータとを備え、

前記主軸は前記モータによって駆動され、

前記冷却手段は、前記ステータを冷却可能であるとともに、前記転がり軸受における少なくとも前記外輪を冷却可能であることを特徴とする請求の範囲第１項記載の主軸装置。

２５．前記冷却手段は、前記冷却液を前記主軸内部に供給し、かつ、前記冷却液を前記主軸の長手方向に沿って流通させることにより前記主軸を冷却可能であることを特徴とする請求の範囲第２４項記載の主軸装置。

２６．前記主軸および前記ハウジングから排出される前記冷却液を回収する冷却液回収手段を有することを特徴とする請求の範囲第２４又は２５項記載の主軸装置。

２７．前記転がり軸受は、前記外輪に形成され前記転がり軸受の内部へグリースを補給する少なくとも一つの補給孔と、前記外輪の外周に形成され前記補給孔を含む環状溝とを備え、

前記環状溝の断面積（mm^2）を前記環状溝の断面周長さ（ｍｍ）で割った値が、０．２５ｍｍ以上であることを特徴とする請求の範囲第１項記載の主軸装置。

２８．前記転がり軸受は、前記外輪に形成され前記転がり軸受の内部へグリースを補給する少なくとも一つの補給孔を備え、

前記ハウジングは、その内周に形成され前記補給孔に臨む環状溝を備え、

前記環状溝の断面積（mm^2）を前記環状溝の断面周長さ（ｍｍ）で割った値が０．２５ｍｍ以上であることを特徴とする請求の範囲第１項記載の主軸装置。

２９．前記外輪の外周または前記ハウジングの内周には、前記補給孔の軸方向両側に一対の外側円環溝が形成されており、前記一対の外側円環溝にはＯリングが嵌め込まれたことを特徴とする請求の範囲第２７又は２８項記載の主軸装置。

３０．前記ハウジングの内周と前記外輪の外周の隙間が３０μｍ以下であり

、前記外輪の外径面と前記ハウジングが軸方向に接している部分の長さが１ｍｍ以上であることを特徴とする請求の範囲第２７又は２８項記載の主軸装置。

３１．前記主軸は、工作機械用主軸であることを特徴とする請求の範囲第１～３０項のいずれかに記載の主軸装置。

３２．前記主軸は、高速モータ用主軸であることを特徴とする請求の範囲第１～３０項のいずれかに記載の主軸装置。

３３．内周面に外輪軌道面を有する外輪と、外周面に内輪軌道面を有する内輪と、前記外輪軌道面と前記内輪軌道面との間に転動自在に設けられた転動体とを備え、主軸をハウジング内に回転可能に支持する転がり軸受と、

外部より前記転がり軸受の内部へ潤滑剤を供給する潤滑剤供給経路と、

前記内輪又は前記外輪の側面近傍に配置された回転体と、を備え、

前記回転体の回転によって前記潤滑剤を前記転がり軸受の外部へ排出することを特徴とする主軸装置。

３４．前記ハウジングに、排出された潤滑剤を貯蔵する貯蔵空間を設けたことを特徴とする請求の範囲第３３項記載の主軸装置。

３５．前記貯蔵空間から、前記主軸装置の外部へ前記潤滑剤を排出させる少なくとも一つの排出穴を有し、該排出穴に前記潤滑剤を貯蔵することが可能であることを特徴とする請求の範囲第３４項記載の主軸装置。

３６．前記回転体は、内輪間座、前記内輪、前記転がり軸受の保持器の少なくとも一つに形成された鍔であることを特徴とする請求の範囲第３４又は３５項記載の主軸装置。

３７．前記排出穴に前記潤滑剤とは別の流体を外部から入れることにより、前記潤滑剤を排出可能であることを特徴とする請求の範囲第３４～３６項のいずれかに記載の主軸装置。

３８．前記主軸は、工作機械用主軸であることを特徴とする請求の範囲第３３～３７項のいずれかに記載の主軸装置。

３９．前記主軸は、高速モータ用主軸であることを特徴とする請求の範囲第３３～３７項のいずれかに記載の主軸装置。

４０.主軸とハウジング前端との間隙から転がり軸受までの切削液浸入域に、切削液検出センサを配設したことを特徴とする主軸装置。

４１．前記切削液検出センサを、ラビリンスシールから前記転がり軸受までの間に配設したことを特徴とする請求の範囲第４０項記載の主軸装置。

４２．前記切削液浸入域にドレン通路を開口し、該ドレン通路に切削液検出センサを配設したことを特徴とする請求の範囲第４０又は４１項記載の主軸装置。

４３．前記ドレン通路に排出バルブを配設したことを特徴とする請求の範囲第４０～４２項のいずれかに記載の主軸装置。

４４．前記切削液検出センサでの検出信号に基づいて、前記排出バルブを作動して、前記切削液浸入域から切削液を排出することを特徴とする請求の範囲第４３項記載の主軸装置。

４５．前記転がり軸受に潤滑剤供給孔を形成するとともに、該潤滑剤供給孔を潤滑供給装置に接続し、前記切削液検出センサでの検出信号に基づいて、前記潤滑供給装置を作動して、前記転がり軸受に潤滑剤を供給させるようにしたことを特徴とする請求の範囲第４０～４４項のいずれかに記載の主軸装置。

４６．前記切削液検出センサの信号により前記転がり軸受が損傷しない運転条件に制限する機能を備えた工作機械に使用することを特徴とする請求の範囲第４０項記載の主軸装置。

４７．前記切削液検出センサでの検出信号に基づいて、警告表示をする警告手段を備えたことを特徴とする請求の範囲第４０～４６項記載の主軸装置。

４８．転がり軸受を外嵌するハウジングと、前記転がり軸受に軸通される主軸と、前記転がり軸受の軸受空間にグリースを供給してグリース潤滑するグリース補給装置と、前記ハウジングの内部に冷却液を供給して所定個所を冷却する冷却手段とを有し、前記主軸に設けられたロータおよび前記ロータに対向するように前記ハウジングの内周面に設けられたステータを備えるモータにより、前記主軸が駆動される主軸装置であって、前記冷却手段が、前記ステータを冷却可能であるとともに、前記転がり軸受における少なくとも固定側軸受を冷却可能であることを特徴とする主軸装置。

４９．前記冷却手段が、前記冷却液を前記主軸内部に供給し、かつ、前記冷却液を前記主軸の長手方向に沿って流通させることにより前記主軸を冷却可能であることを特徴とする請求の範囲第４８項記載の主軸装置。

５０．前記主軸および前記ハウジングから排出される前記冷却液を回収する冷却液回収手段を有することを特徴とする請求の範囲第４８又は４９項記載の主軸装置。

５１．前記主軸は、工作機械用主軸であることを特徴とする請求の範囲第４８～５０項のいずれかに記載の主軸装置。

５２．前記主軸は、高速モータ用主軸であることを特徴とする請求の範囲第４８～５０項のいずれかに記載の主軸装置。

５３．内周面に外輪軌道面を有する外輪と、外周面に内輪軌道面を有する内輪と、前記外輪軌道面と前記内輪軌道面との間に転動自在に設けられた転動体と、を有する転がり軸受の内部にグリースを補給するグリース補給機構を備えた転がり軸受用グリース補給装置であって、

前記グリース補給機構は、一回の補給量が０．００４ｃｃ～０．１ｃｃとなるようにグリースを補給することを特徴とするグリース補給装置。

５４．前記グリース補給機構は、前記外輪に設けられた補給孔を含むことを特徴とする請求の範囲第５３項記載のグリース補給装置。

５５．前記グリース補給機構は、前記転がり軸受に近接した外輪間座に設けられた補給孔を含むことを特徴とする請求の範囲第５３項記載のグリース補給装置。

５６．前記転がり軸受は、前記転動体がころであるころ軸受であることを特徴とする請求の範囲第５３項記載のグリース補給装置。

５７．前記転がり軸受は、接触角を有し、前記転動体が玉であるアンギュラ玉軸受であって、

前記グリース補給機構は、前記外輪軌道面の前記玉との接触部からずれた箇所に開口する補給孔を含むことを特徴とする請求の範囲第５３項記載のグリース補給装置。

５８．前記補給孔の直径が、０．１～５ｍｍの範囲内であることを特徴とする請求の範囲第５３～５７項のいずれかに記載のグリース補給装置。

５９．前記転がり軸受は主軸を回転自在に支持しており、

前記主軸の回転速度に応じて、前記グリースを補給する補給タイミングを制御する制御手段と、をさらに有することを特徴とする請求の範囲第５３項記載のグリース補給装置。

６０．前記制御手段は、回転速度を複数の領域に分割して前記領域毎に加算値を設定し、測定された前記回転速度に対応する前記加算値を単位時間毎に積算して積算値を求め、前記積算値が所定値以上となった場合に前記グリース補給機構にグリース補給を指示することを特徴とする請求の範囲第５９項記載のグリース補給装置。

６１．前記制御手段は、前記積算値をグリース補給時にリセットし、前記積算値のリセット回数を積算することを特徴とする請求の範囲第６０項記載のグリース補給装置。

６２．前記制御手段は、前記主軸の停止時は加算値を０とし積算を行わないことを特徴とする請求の範囲第６０又は６１項記載のグリース補給装置。

６３．前記制御手段は、前記グリース補給機構内のグリース残量が所定値以下になったときに前記主軸の回転速度を所定の回転速度以下となるように制御することを特徴とする請求の範囲第５９～６２項のいずれかに記載のグリース補給装置。

６４．前記制御手段は、前記グリース補給機構内のグリース残量が所定値以下になったときに前記主軸の回転速度を所定の回転速度以下となるように制御し、

前記所定の回転速度は、前記複数の領域の最高回転速度領域の１つ下の回転速度領域中にあることを特徴とする請求の範囲第６０～６２項のいずれかに記載のグリース補給装置。

６５．前記グリース補給機構は、逆止弁及び定量吐出ピストンを備え、グリースを吐出するための機械式定量型ピストンポンプと、グリースを貯蔵するグリースタンクと、前記グリースタンク内ピストンとを有し、前記グリースタンクに

はグリースの残存量を監視するセンサが設けられていることを特徴とする請求の範囲第５３項記載のグリース補給装置。

６６．前記センサが、前記グリースタンク内ピストンに取り付けられた磁石を有していることを特徴とする請求の範囲第６５項記載のグリース補給装置。

６７．前記グリースタンク内のグリースの圧力、若しくは前記機械式定量型ピストンポンプと前記グリースタンクを接続するグリース配管内のグリースの圧力を監視するセンサが設けられていることを特徴とする請求の範囲第６５又は６６項記載のグリース補給装置。

６８.前記機械式定量型ピストンポンプがストロークしてグリースを吐出後、前記定量吐出ピストンが元に戻った状態で、前記グリースタンク内のグリースを加圧するために前記グリースタンク内ピストンに圧力を一定時間保持する機構が設けられていることを特徴とする請求の範囲第６５～６７項記載のいずれかに記載のグリース補給装置。

６９.前記グリース補給機構は、前記グリースを貯蔵するグリースタンクと、前記グリースタンクから送給されたグリースを予め定められた量だけ収容するシリンダと、該シリンダ内に収容された定量のグリースをグリース補給用配管に吐出するように前記シリンダ内を往復移動可能に配された定量吐出ピストンと、前記シリンダの端部に配された逆止弁と、を有する機械式定量型ピストンポンプとを備えたことを特徴とする請求の範囲第５３項記載のグリース補給装置。

７０．前記機械式定量型ピストンポンプは、前記シリンダ内に媒体を供給するバルブを有し、前記定量吐出ピストンは、前記バルブより供給された前記媒体により駆動されることを特徴とする請求の範囲第６９項記載のグリース補給装置。

７１．前記グリース補給用配管は、テフロンチューブとしたことを特徴とする請求の範囲第６９又は７０項記載のグリース補給装置。

７２．前記グリース補給機構は、前記外輪に形成され前記転がり軸受の内部へグリースを補給する少なくとも一つの補給孔と、前記外輪の外周に形成され前記補給孔を含む環状溝とを備え、

前記環状溝の断面積（mm^2）を前記環状溝の断面周長さ（mm）で割った値が

、０．２５ｍｍ以上であることを特徴とする請求の範囲第５３項記載のグリース補給装置。

７３．前記グリース補給機構は、前記外輪に形成され前記転がり軸受の内部へグリースを補給する少なくとも一つの補給孔と、前記転がり軸受を介して前記主軸を支持するハウジングの内周に形成され前記補給孔に臨む環状溝を備え、

前記環状溝の断面積（mm^2）を前記環状溝の断面周長さ（ｍｍ）で割った値が０．２５ｍｍ以上であることを特徴とする請求の範囲第５３項記載のグリース補給装置。

７４．前記外輪の外周または前記ハウジングの内周には、前記補給孔の軸方向両側に一対の外側円環溝が形成されており、前記一対の外側円環溝にはＯリングが嵌め込まれたことを特徴とする請求の範囲第７２又は７３項記載のグリース補給装置。

７５．前記ハウジングの内周と前記外輪の外周の隙間が３０μｍ以下であり、前記外輪の外径面と前記ハウジングが軸方向に接している部分の長さが１ｍｍ以上であることを特徴とする請求の範囲第７２又は７３項記載のグリース補給装置。

７６．請求の範囲第５３～７５項のいずれかに記載のグリース補給装置を使用した工作機械用主軸装置。

７７．請求の範囲第５３～７５項のいずれかに記載のグリース補給装置を使用した高速モータ用高速主軸装置。

７８．主軸を回転自在に支持する転がり軸受の内部に追加グリースを補給するグリース補給機構と、

前記主軸の回転速度に応じて、前記グリース補給機構が前記追加グリースを補給する補給タイミングを制御する制御手段と、を有することを特徴とするグリース補給装置。

７９．前記制御手段は、回転速度を複数の領域に分割して前記領域毎に加算値を設定し、測定された前記回転速度に対応する前記加算値を単位時間毎に積算して積算値を求め、前記積算値が所定値以上となった場合に前記グリース補給機

構に前記追加グリース補給を指示することを特徴とする請求の範囲第７８項記載のグリース補給装置。

８０．前記制御手段は、前記積算値をグリース補給時にリセットし、前記積算値のリセット回数を積算することを特徴とする請求の範囲第７９項記載のグリース補給装置。

８１．前記制御手段は、前記軸の停止時は加算値を０とし積算を行わないことを特徴とする請求の範囲第７９又は８０項記載のグリース補給装置。

８２．前記制御手段は、前記グリース補給機構内のグリース残量が所定値以下になったときに前記軸の回転速度を所定の回転速度以下となるように制御することを特徴とする請求の範囲第７８～８１項のいずれかに記載のグリース補給装置。

８３．前記制御手段は、前記グリース補給機構内のグリース残量が所定値以下になったときに前記軸の回転速度を所定の回転速度以下となるように制御し、

前記所定の回転速度は、前記複数の領域の最高回転速度領域の１つ下の回転速度領域中にあることを特徴とする請求の範囲第７９～８１項のいずれかに記載のグリース補給装置。

８４．請求の範囲第７８～８３項のいずれかに記載のグリース補給装置を使用した工作機械用主軸装置。

８５．請求の範囲第７８～８３項のいずれかに記載のグリース補給装置を使用した高速モータ用主軸装置。

８６．グリース潤滑される回転体に追加グリースを補給するグリース補給方法であって、

回転速度を複数の領域に分割するステップと、

前記複数の回転速度領域毎に加算値を設定するステップと、

単位時間毎に前記回転体の実回転速度を測定するステップと、

前記実回転速度が前記複数の領域のうち、どの領域に含まれるかを決定するステップと、

前記実回転速度を含む領域に対応する前記加算値を積算して積算値を求めるス

テップと、

前記積算値が所定値以上となった場合に追加グリースを補給する指示を発するステップと、を有することを特徴とするグリース補給方法。

８７．前記積算値をグリース補給時にリセットし、前記積算値のリセット回数を積算することとすることを特徴とする請求の範囲第８６項記載のグリース補給方法。

８８．前記軸の停止時は加算値を０とし積算を行わないことを特徴とする請求の範囲第８６又は８７項記載のグリース補給方法。

８９．グリース残存量が所定値以下となった場合に、前記実回転速度が所定値以下となるように制御するステップを有することを特徴とする請求の範囲第８６～８８項のいずれかに記載のグリース補給方法。

９０．前記実回転速度の所定値は、前記複数の領域の最高回転速度領域の１つ下の回転速度領域中にあることを特徴とする請求の範囲第８９項記載のグリース補給方法。

９１．請求の範囲第８６～９０項のいずれかに記載のグリース補給方法を使用した工作機械用主軸装置。

９２．請求の範囲第８６～９０項のいずれかに記載のグリース補給方法を使用した高速モータ用主軸装置。

９３．グリース潤滑される回転体に追加グリースを補給するグリース補給プログラムであって、

回転速度を複数の回転速度領域に分割するステップと、

前記複数の回転速度領域毎に加算値を設定するステップと、

単位時間毎に前記回転体の実回転速度を測定するステップと、

前記実回転速度が前記複数の領域のうち、どの領域に含まれるかを決定するステップと、

前記実回転速度を含む領域に対応する前記加算値を積算して積算値を求めるステップと、

前記積算値が所定値以上となった場合に追加グリースを補給する指示を発する

ステップと、をコンピュータに実行させることを特徴とするグリース補給プログラム。

９４．前記積算値をグリース補給時にリセットし、前記積算値のリセット回数を積算することを特徴とする請求の範囲第９３項記載のグリース補給プログラム。

９５．前記軸の停止時は加算値を０とし積算を行わないことを特徴とする請求の範囲第９３又は９４項記載のグリース補給プログラム。

９６．グリース残存量が所定値以下となった場合に、前記実回転速度が所定値以下となるように制御するステップを有することを特徴とする請求の範囲第９３～９５項のいずれかに記載のグリース補給プログラム。

９７．前記実回転速度の所定値は、前記複数の領域の最高回転速度領域の１つ下の回転速度領域中にあることを特徴とする請求の範囲第９６項記載のグリース補給プログラム。

９８．請求の範囲第９３～９７項のいずれかに記載のグリース補給プログラムを使用した工作機械用主軸装置。

９９．請求の範囲第９３～９７項のいずれかに記載のグリース補給プログラムを使用した高速モータ用主軸装置。

１００．逆止弁及び定量吐出ピストンを備え、グリースを吐出するための機械式定量型ピストンポンプと、前記グリースを貯蔵するグリースタンクと、前記グリースタンク内ピストンとを有し、前記グリースタンクには前記グリースの残存量を監視するセンサが設けられていることを特徴とするグリース補給装置。

１０１．前記センサが、前記グリースタンク内ピストンに取り付けられた磁石を有していることを特徴とする請求の範囲第１００項記載のグリース補給装置。

１０２．前記グリースタンク内の前記グリースの圧力、若しくは前記機械式定量型ピストンポンプと前記グリースタンクを接続するグリース配管内のグリースの圧力を監視するセンサが設けられていることを特徴とする請求の範囲第１００又は１０１項記載のグリース補給装置。

１０３．前記機械式定量型ピストンポンプがストロークしてグリースを吐出

後、前記定量吐出ピストンが元に戻った状態で、前記グリースタンク内の前記グリースを加圧するために前記グリースタンク内ピストンに圧力を一定時間保持する機構が設けられていることを特徴とする請求の範囲第１００～１０２項のいずれかに記載のグリース補給装置。

１０４．請求の範囲第１００～１０３項のいずれかに記載のグリース補給装置を使用した工作機械用主軸装置。

１０５．請求の範囲第１００～１０３項のいずれかに記載のグリース補給装置を使用した高速モータ用主軸装置。

１０６．前記センサが、異常を検知した際に回転速度の上限を制御することを特徴とする請求の範囲第１０４又は１０５項に記載の主軸装置。

図 1

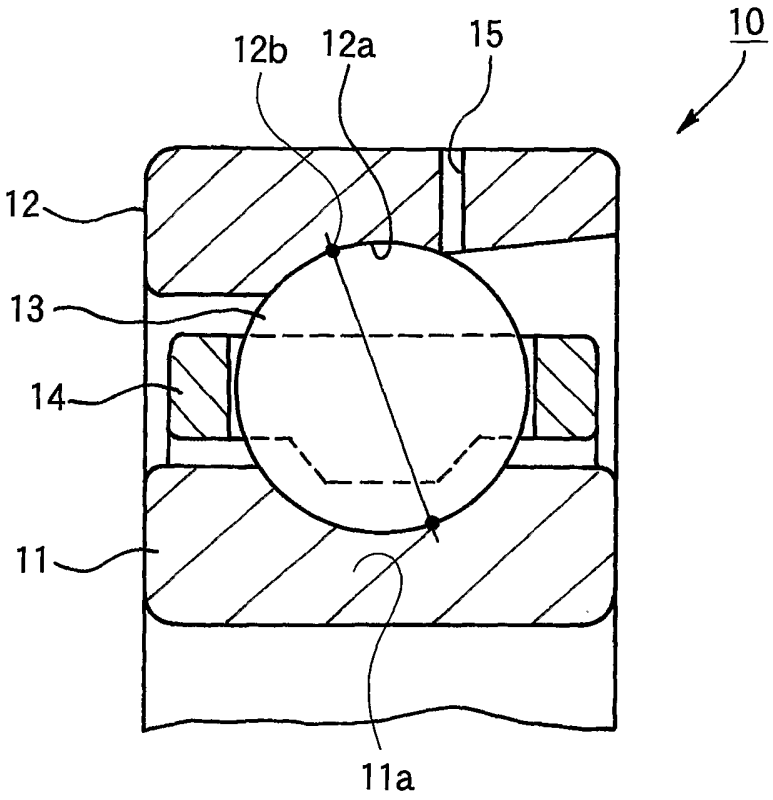


図 2

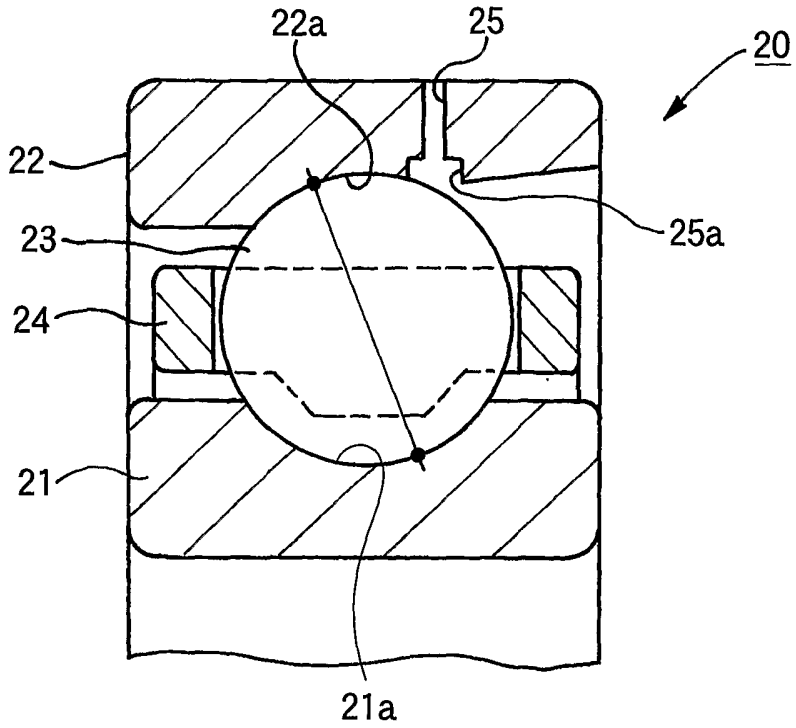


図 3

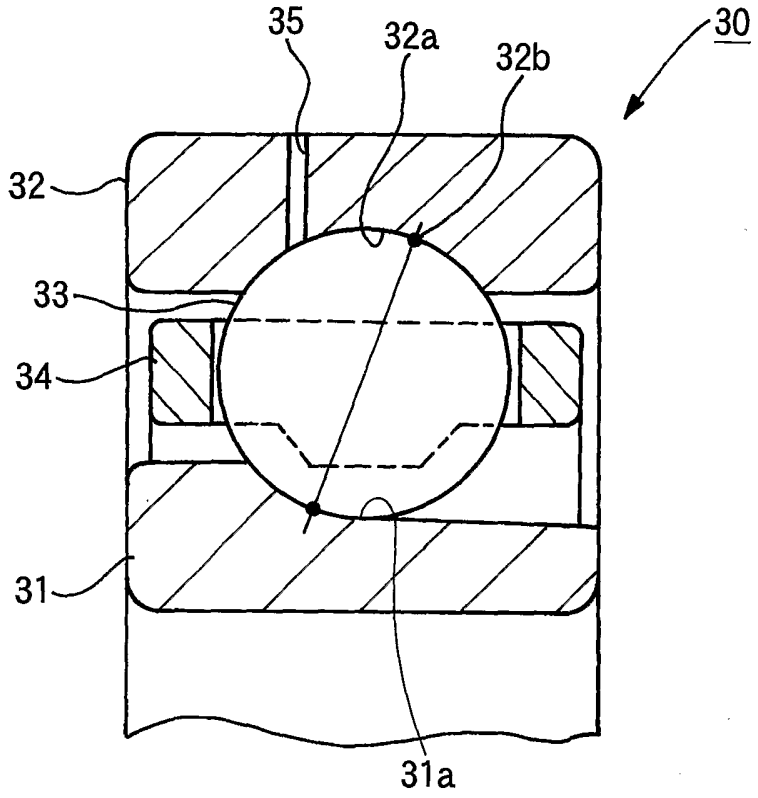


図 4

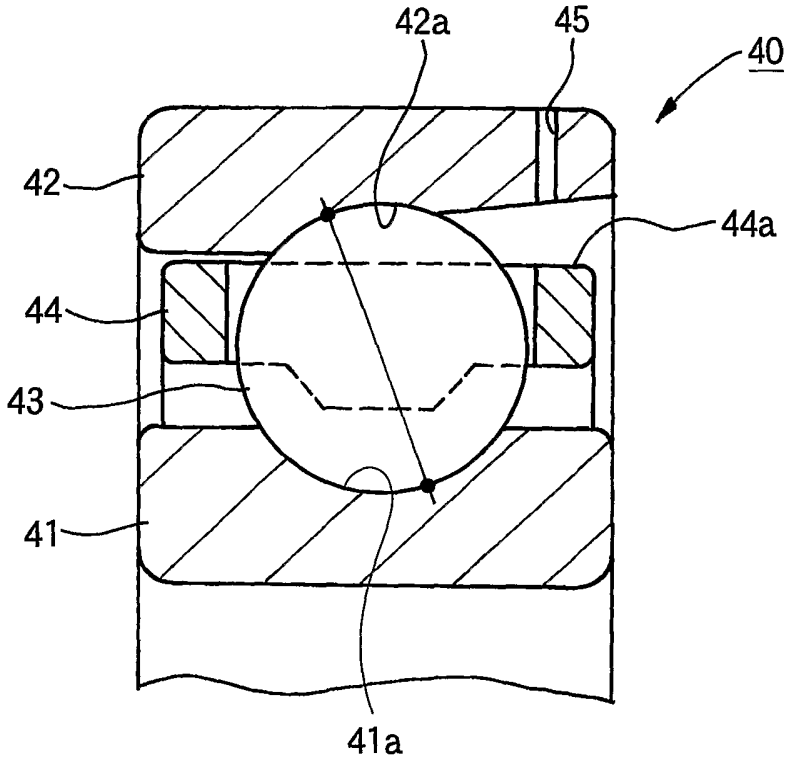


図 5

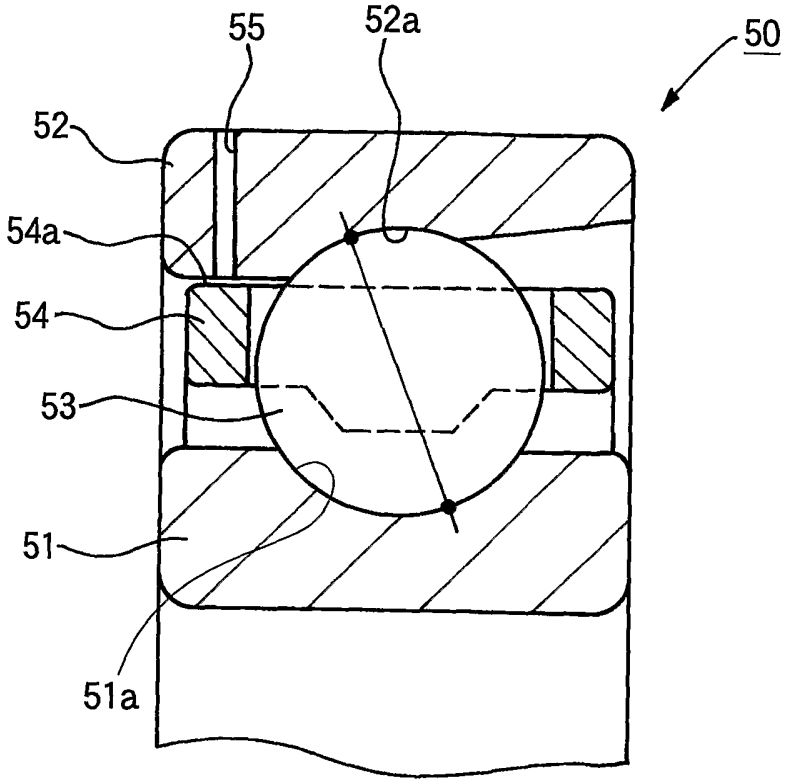

55
52a
50
52
54a
54
53
51
51a

図 6

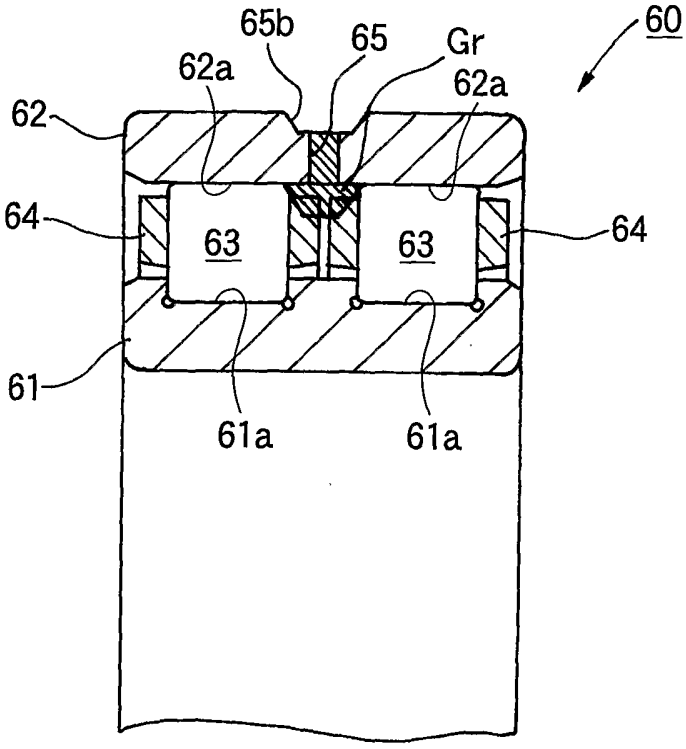

65b
65
Gr
60
62a
62a
62
64
63
63
64
61
61a
61a

図 7

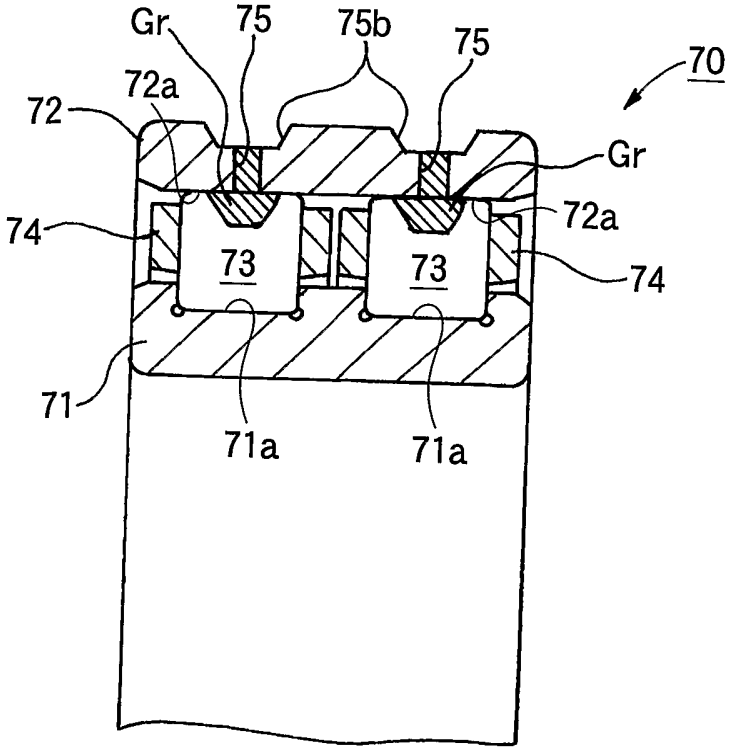

Gr
75
75b
75
70
72a
72
Gr
74
72a
73
73
74
71
71a
71a

図 8

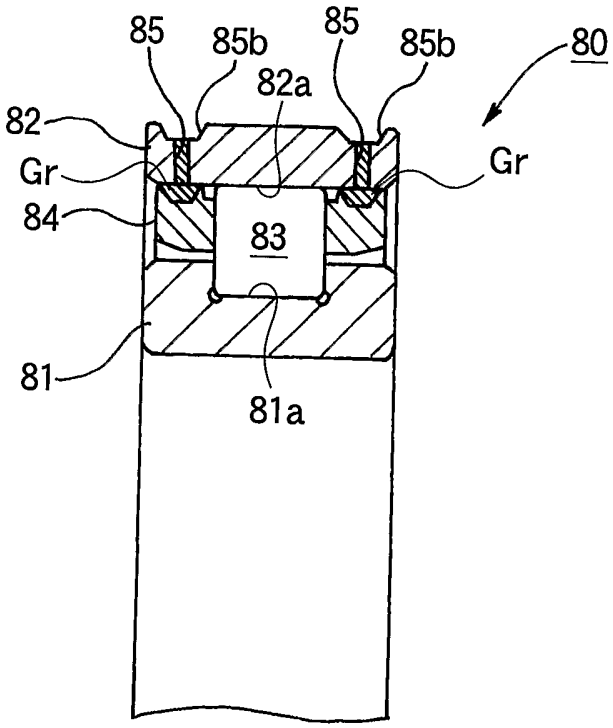

85
85b
85
85b
80
82a
82
Gr
Gr
84
83
81
81a

図 9

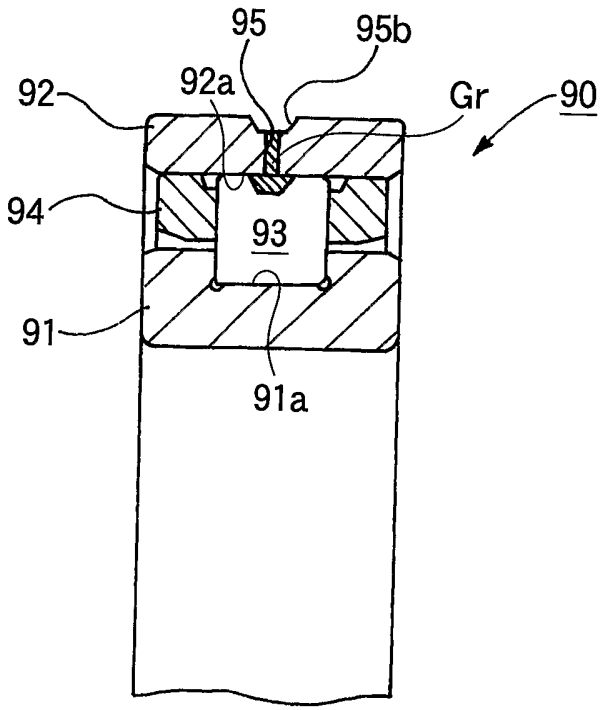

95
95b
92
92a
Gr
90
94
93
91
91a

図 10

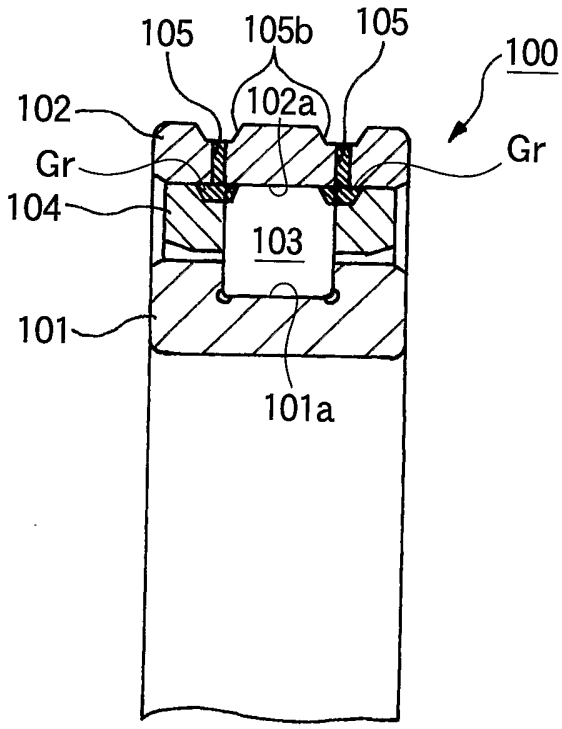

105
105b
105
100
102
102a
Gr
Gr
104
103
101
101a

図 11

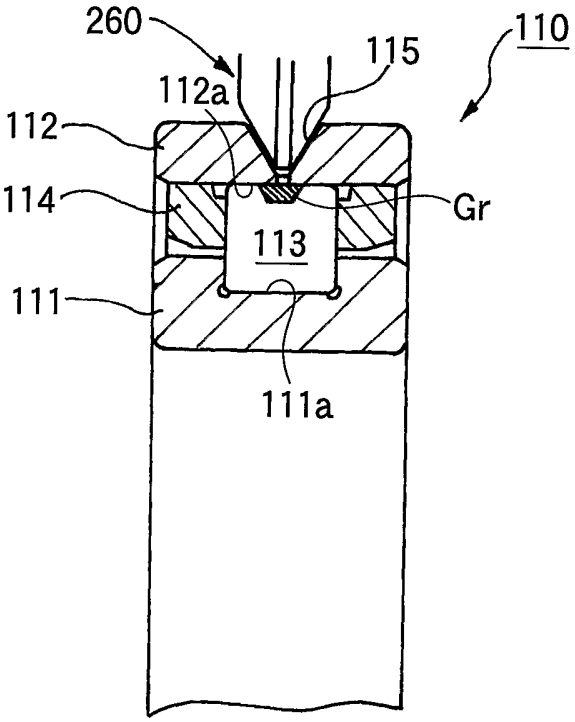

260
115
110
112a
112
114
Gr
113
111
111a

図 12

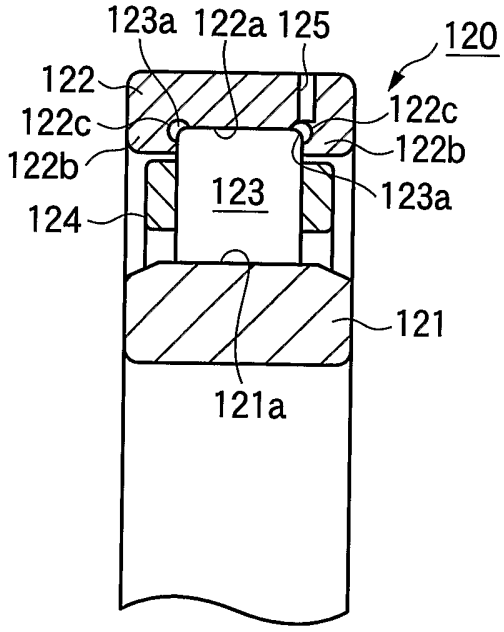

123a
122a
125
120
122
122c
122c
122b
122b
123
123a
124
121
121a

図 13

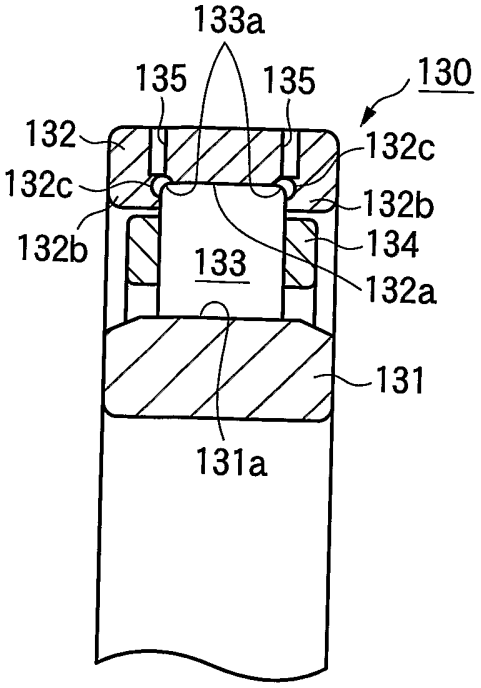

133a
135
135
130
132
132c
132c
132b
132b
134
133
132a
131
131a

図 14

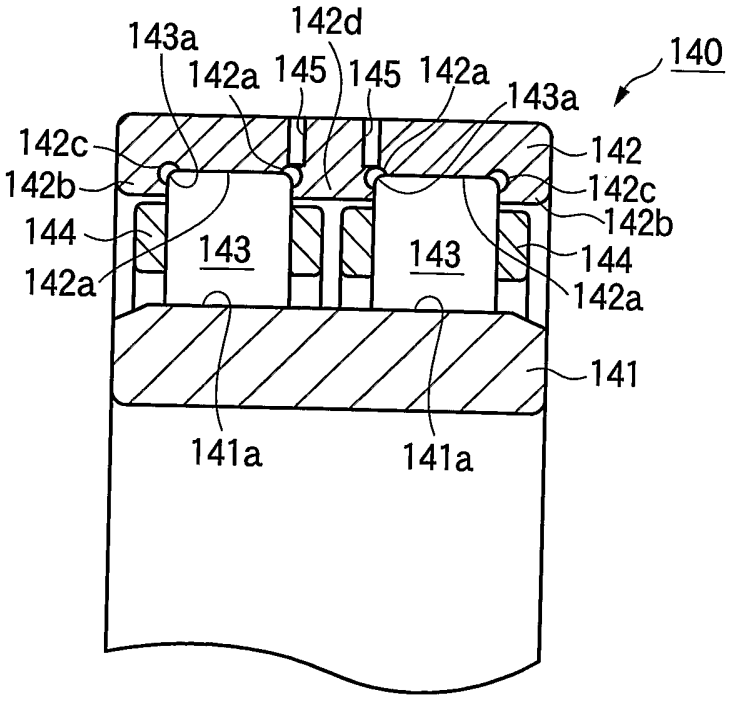

143a
142d
142a
145
145
142a
143a
140
142c
142b
144
142a
143
143
142
142c
142b
144
142a
141
141a
141a

図 15

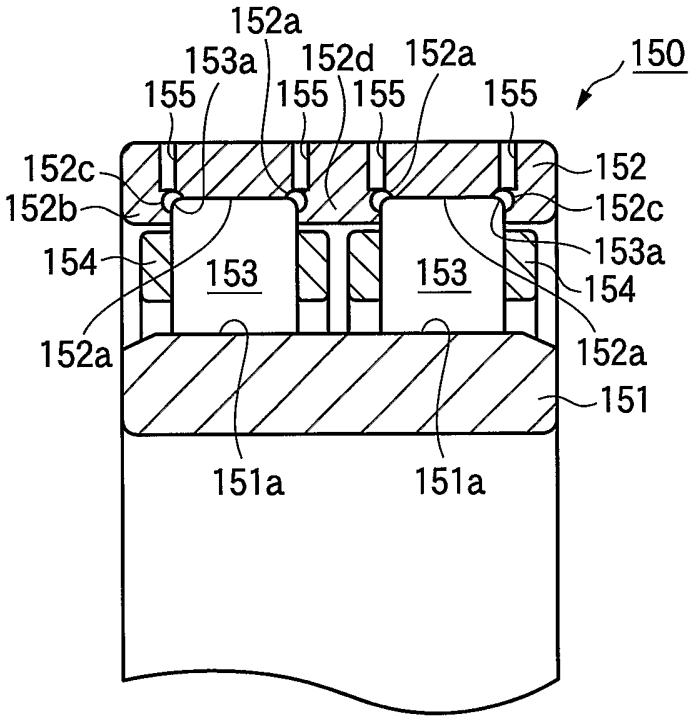

152a
153a
152d
152a
150
155
155
155
155
152c
152
152b
152c
153a
154
153
153
154
152a
152a
151
151a
151a

図16

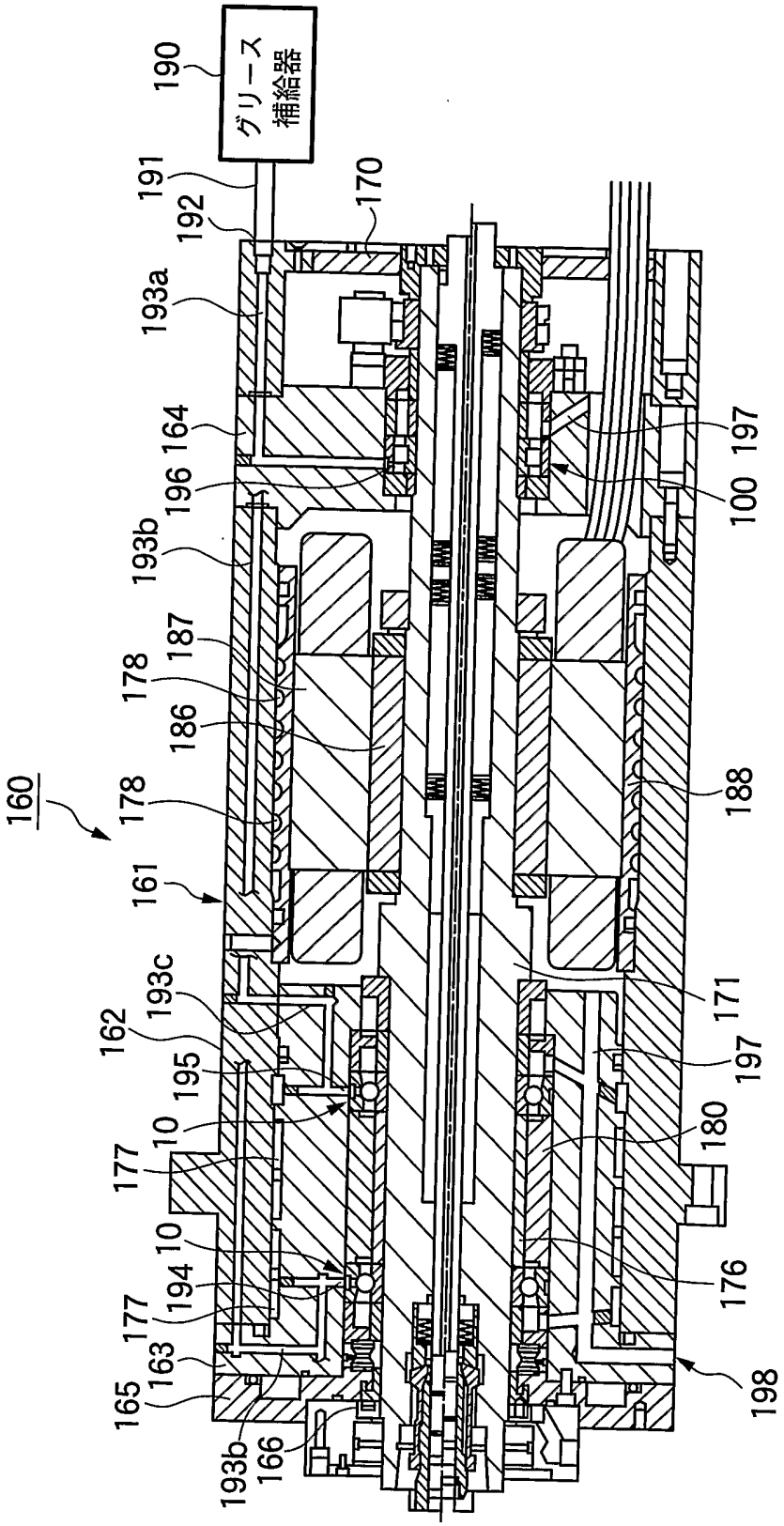

グリース補給器
190
191
192
170
193a
164
196
197
100
193b
187
178
186
188
160
161
171
193c
162
195
180
10
177
176
194
163
165
166
198

図17

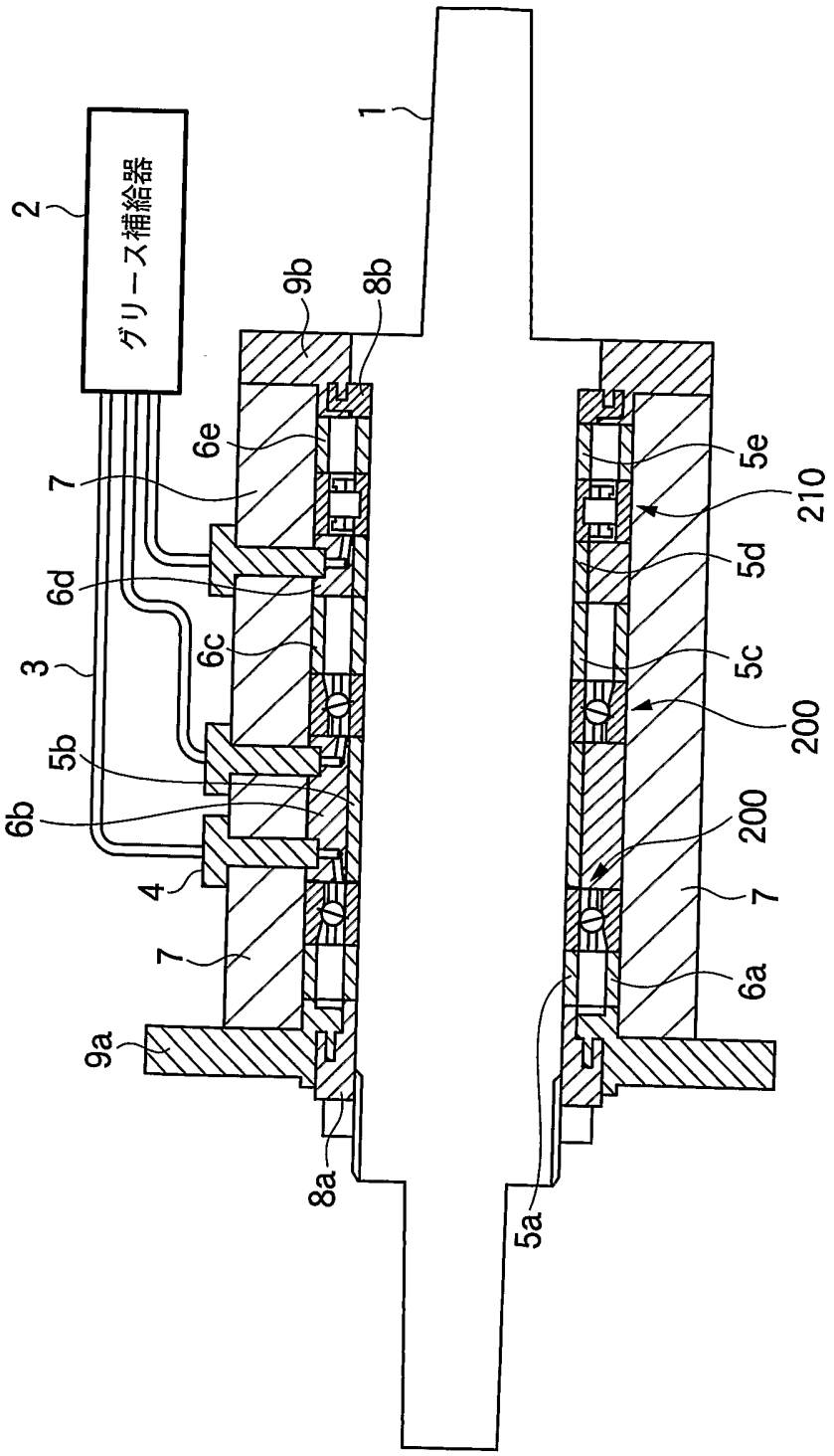

グリース補給器
2
1
9b
8b
6e
7
6d
3
6c
5b
6b
4
7
9a
8a
5a
5e
210
5d
5c
200
200
7
6a

図 18

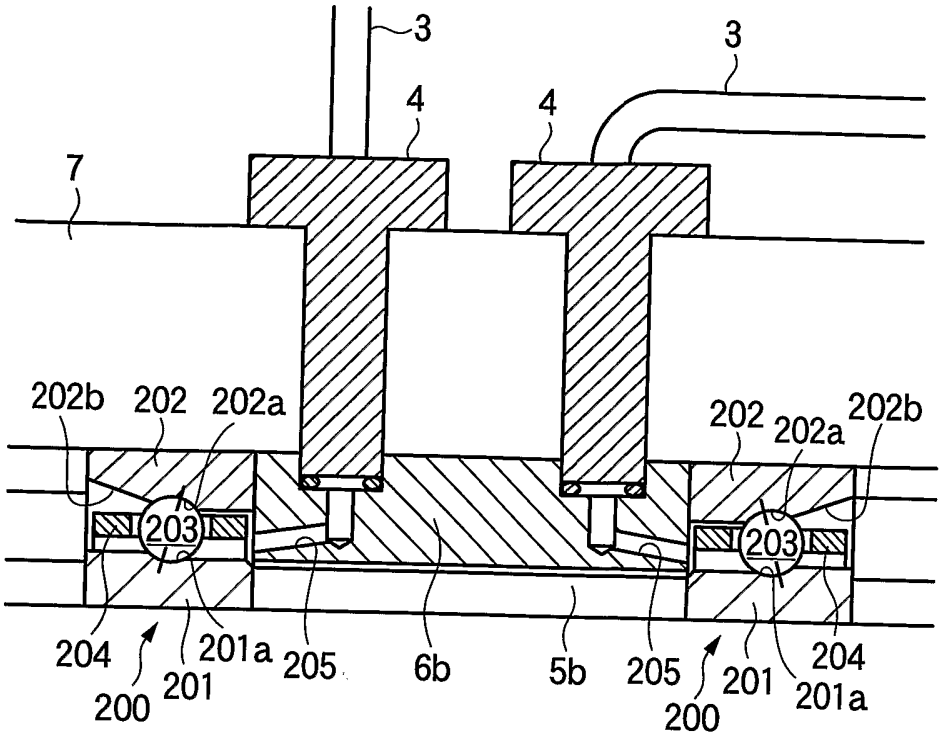

3
3
4
4
7
202b
202
202a
202
202a
202b
203
203
204
200
201
201a
205
6b
5b
205
200
201
204
201a

図 19

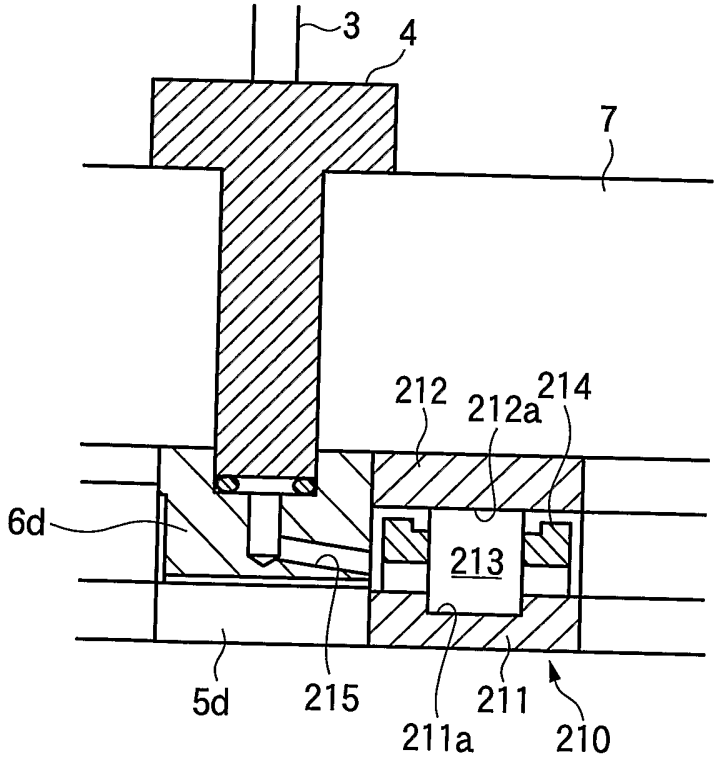

3
4
7
212
212a
214
6d
213
5d
215
211
211a
210

図 20

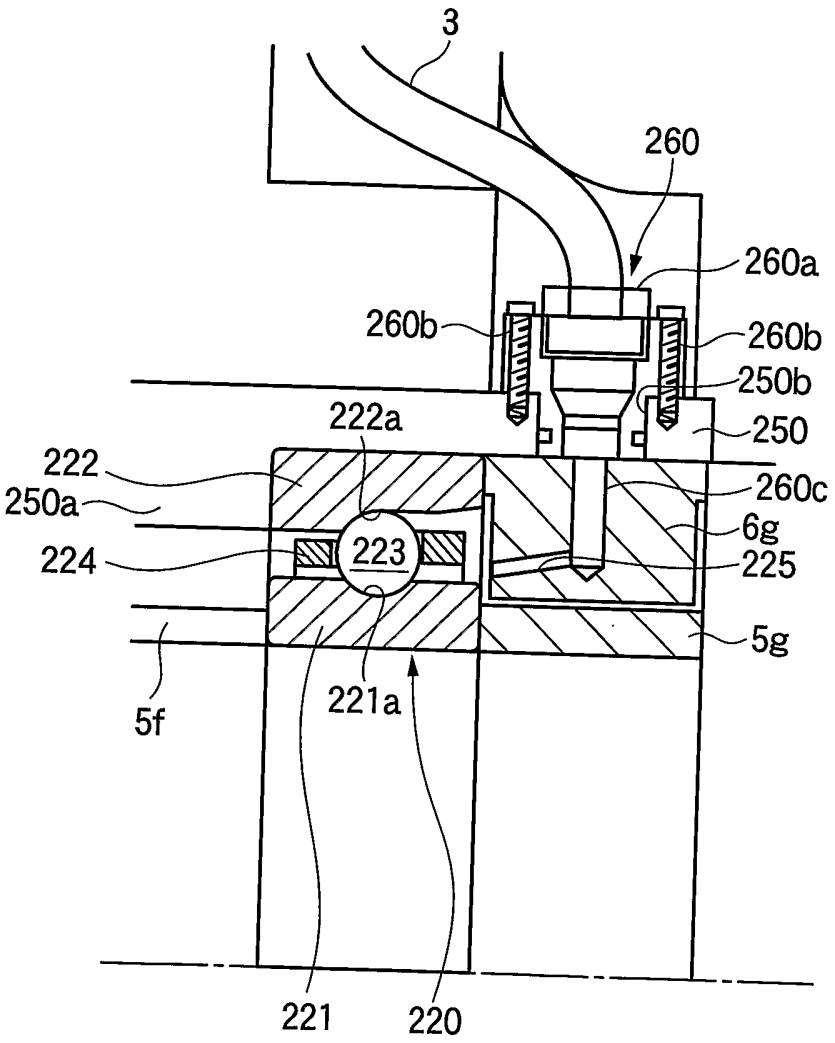

3
260
260a
260b
260b
250b
250
222a
222
250a
260c
6g
224
223
225
5g
5f
221a
221
220

図 21

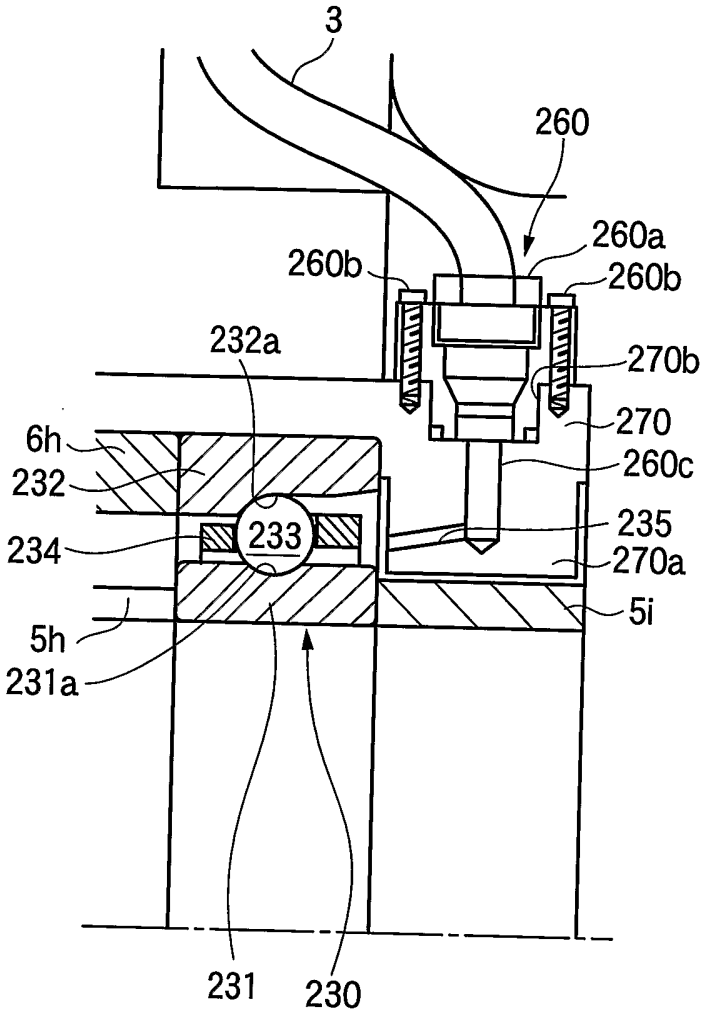

3
260
260a
260b
260b
232a
270b
270
6h
260c
232
235
233
234
270a
5i
5h
231a
231
230

図 22

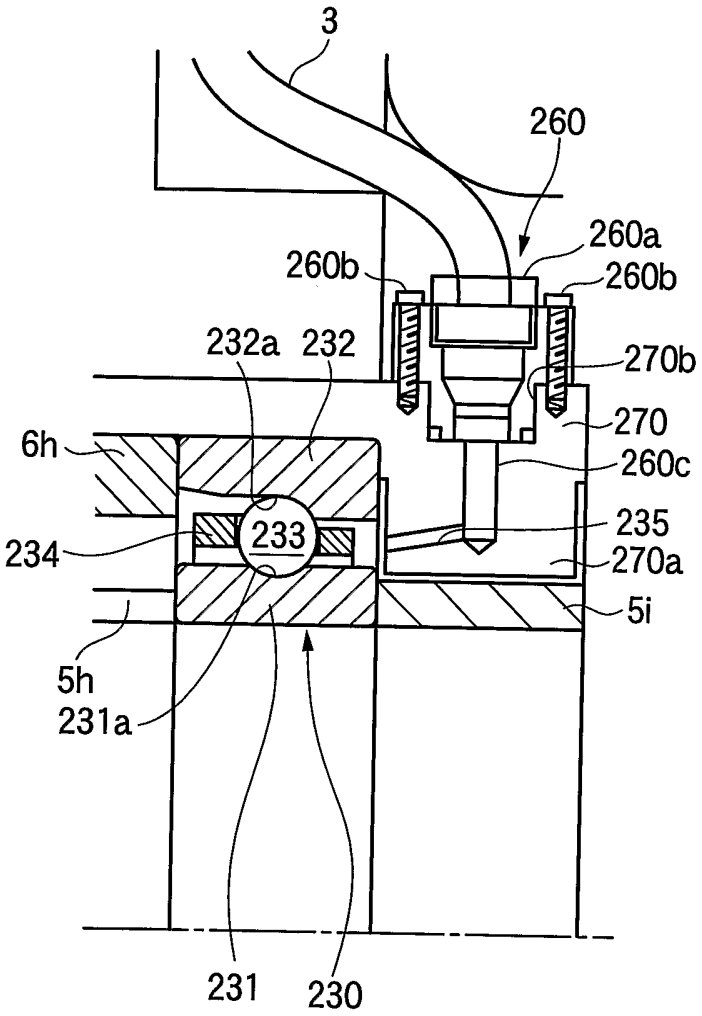

3
260
260a
260b
260b
232a
232
270b
270
6h
260c
233
235
234
270a
5i
5h
231a
231
230

図 23

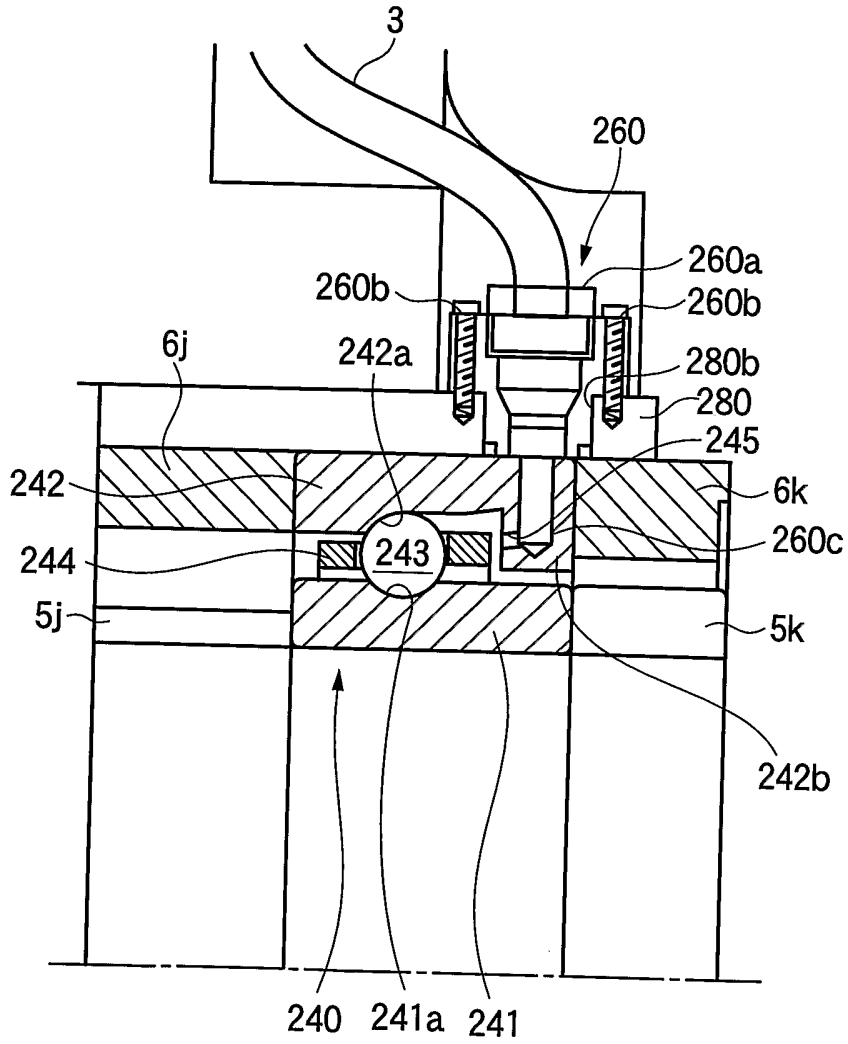

3
260
260a
260b
260b
6j
242a
280b
280
245
242
6k
244
243
260c
5j
5k
242b
240
241a
241

図 24

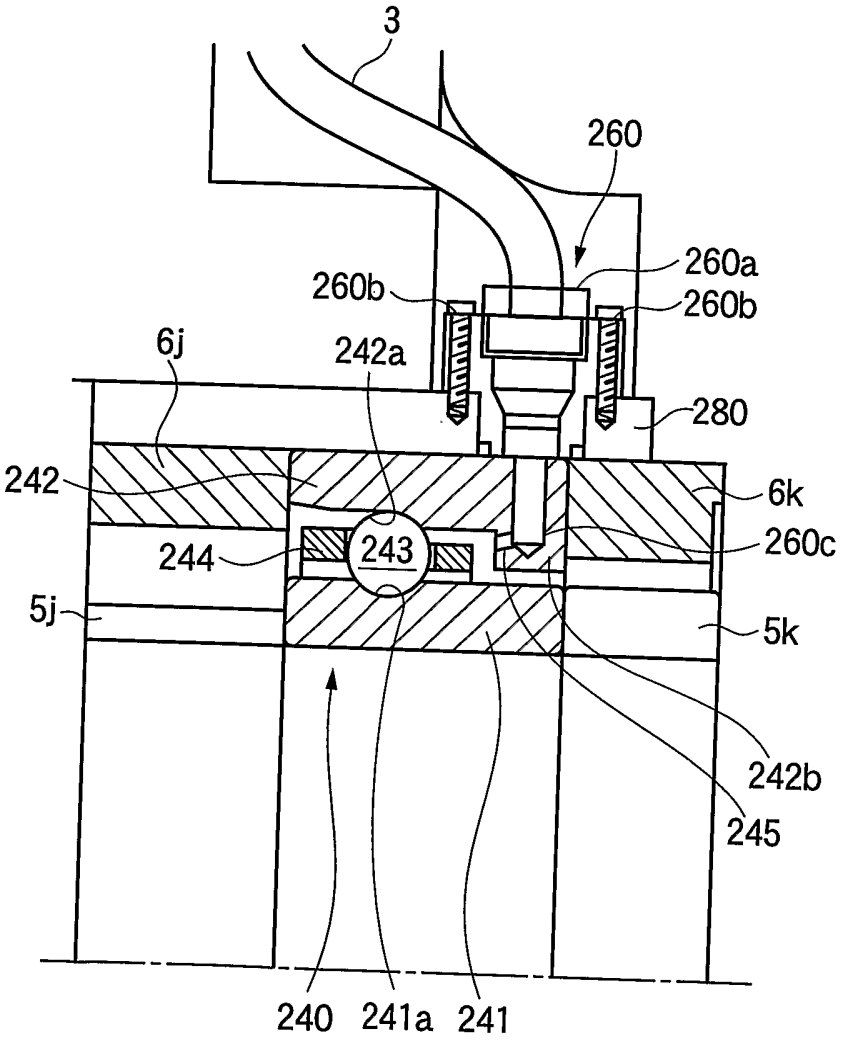

3
260
260a
260b
260b
6j
242a
280
242
6k
244
243
260c
5j
5k
242b
245
240
241a
241

図 25

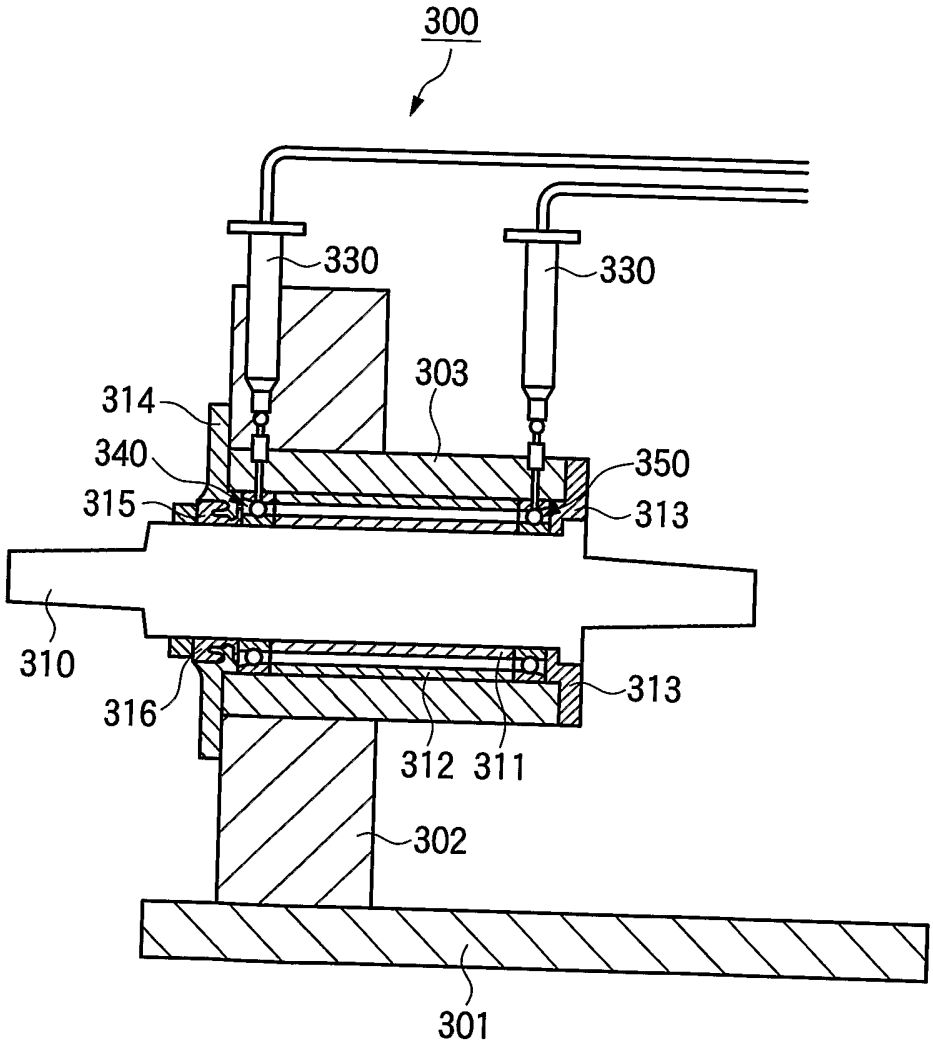


図 26

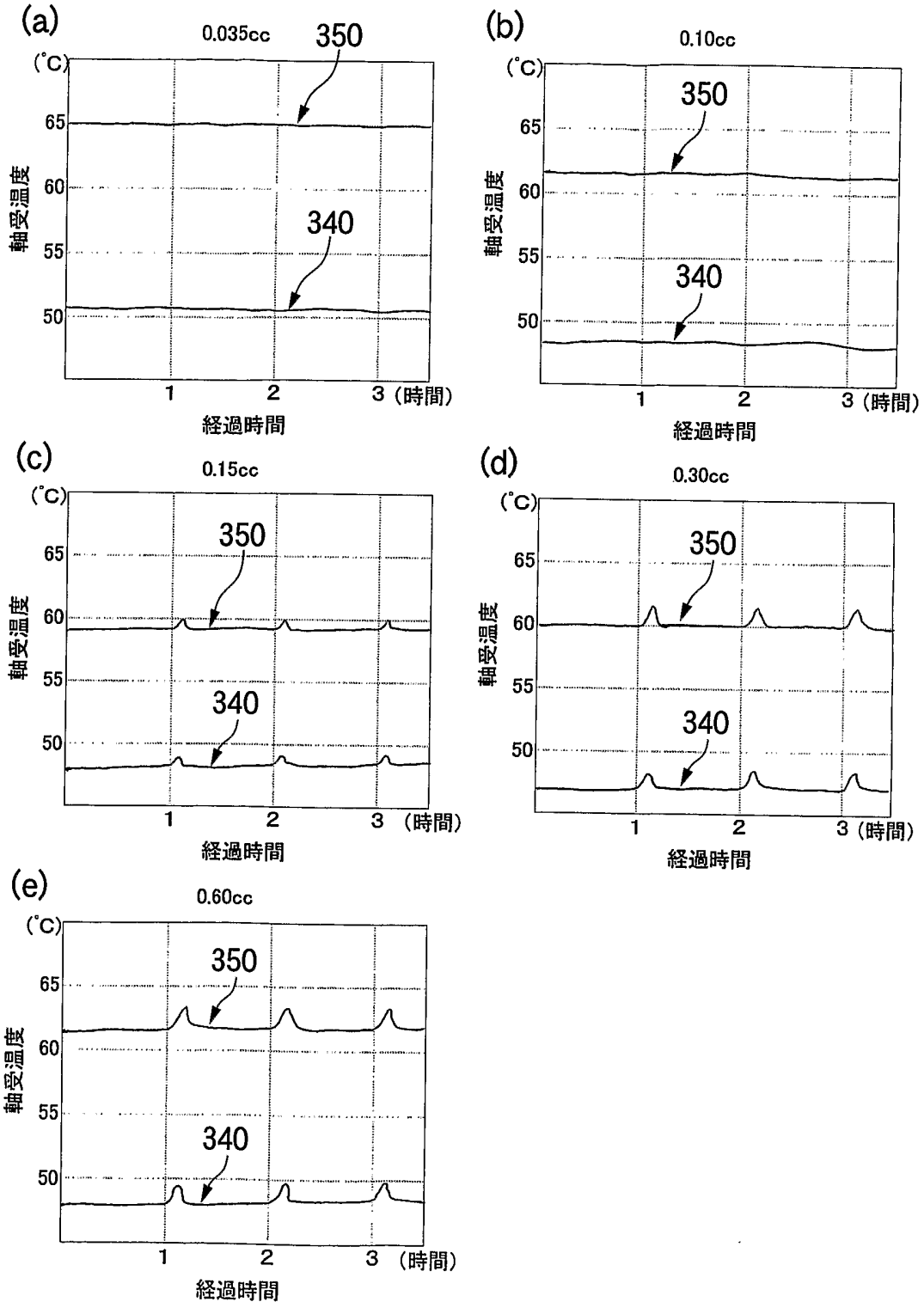

(a)
0.035cc
350
340
(℃)
65
60
55
50
軸受温度
1
2
3 (時間)
経過時間
(b)
0.10cc
350
340
(℃)
65
60
55
50
軸受温度
1
2
3 (時間)
経過時間
(c)
0.15cc
350
340
(℃)
65
60
55
50
軸受温度
1
2
3 (時間)
経過時間
(d)
0.30cc
350
340
(℃)
65
60
55
50
軸受温度
1
2
3 (時間)
経過時間
(e)
0.60cc
350
340
(℃)
65
60
55
50
軸受温度
1
2
3 (時間)
経過時間

図 27

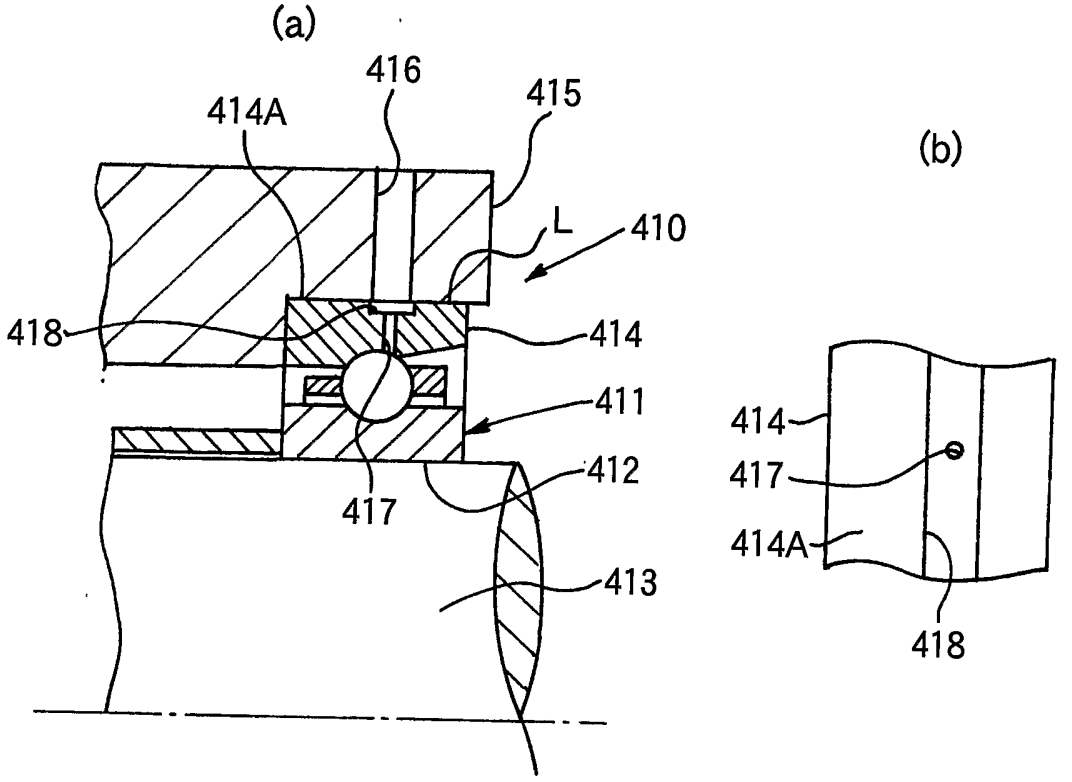

(a)
416
414A
415
L
410
418
414
411
412
417
413
(b)
414
417
414A
418

図 28

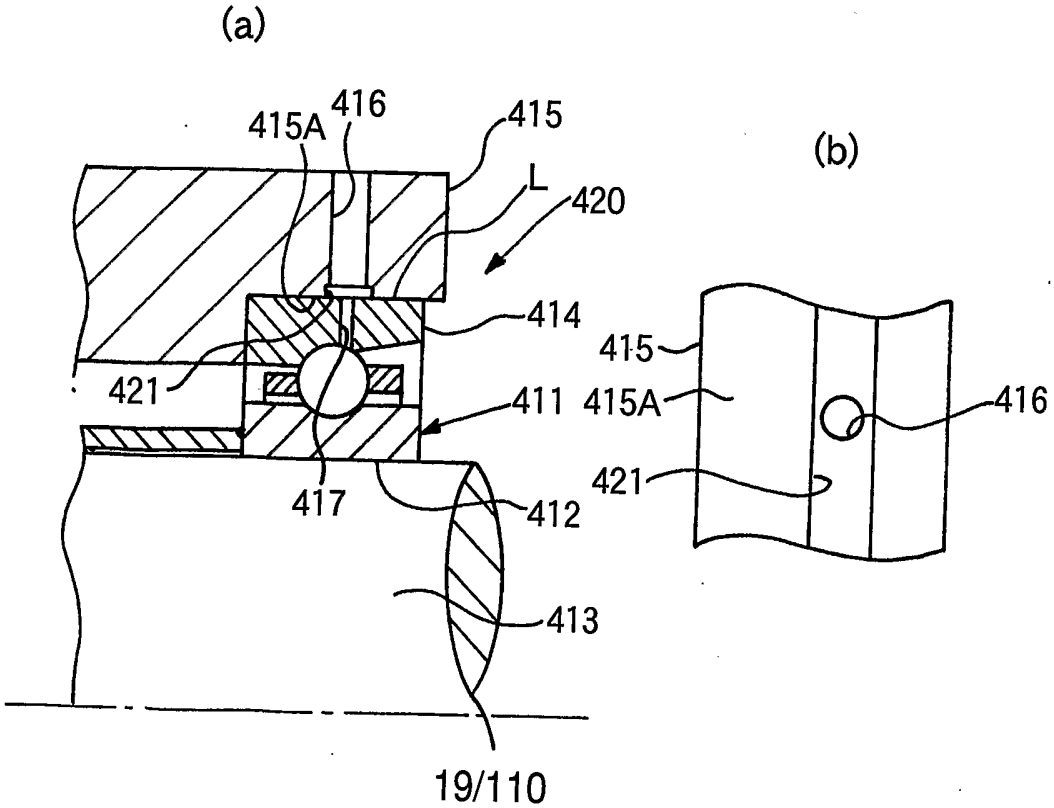

(a)
415A
416
415
L
420
414
421
411
415A
417
412
413
(b)
415
416
421

図 29

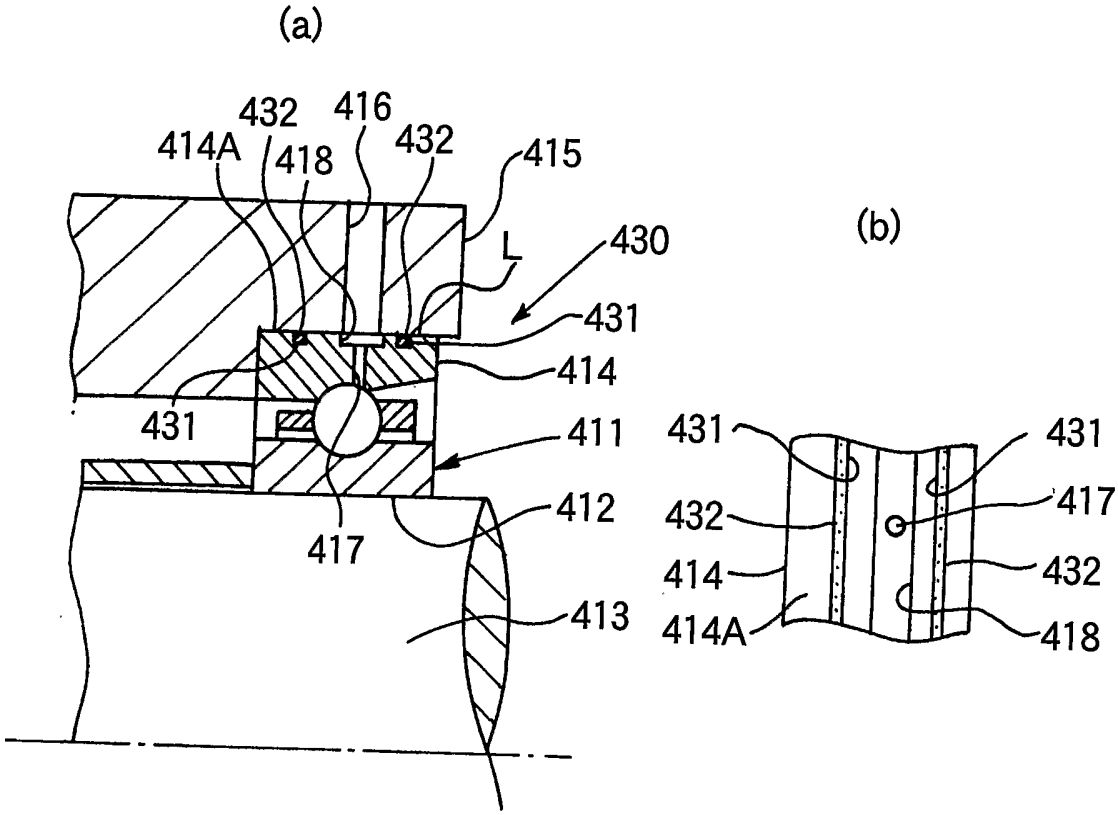

(a)
432
416
414A
418
432
415
L
430
431
414
431
411
412
417
413
(b)
431
431
417
432
432
414
414A
418

図 30

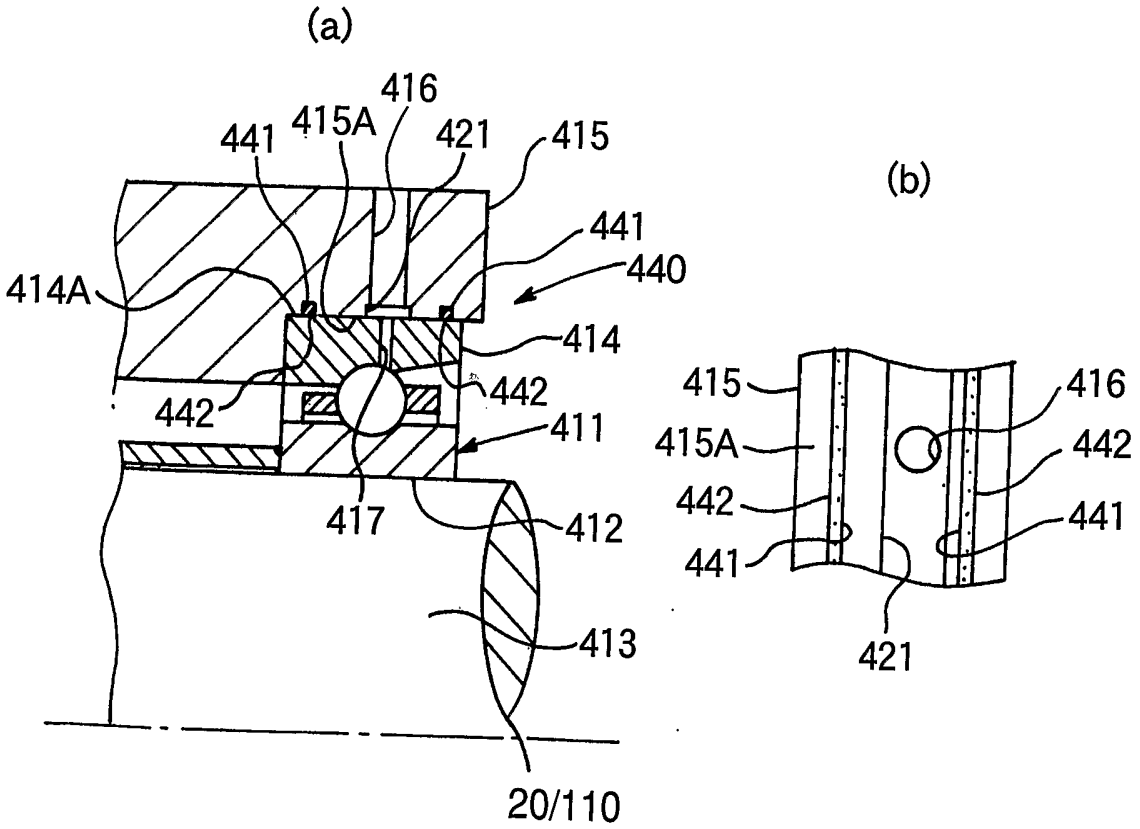

(a)
416
441
415A
421
415
441
440
414A
414
442
442
411
417
412
413
20/110
(b)
415
416
415A
442
442
441
441
421

図 31

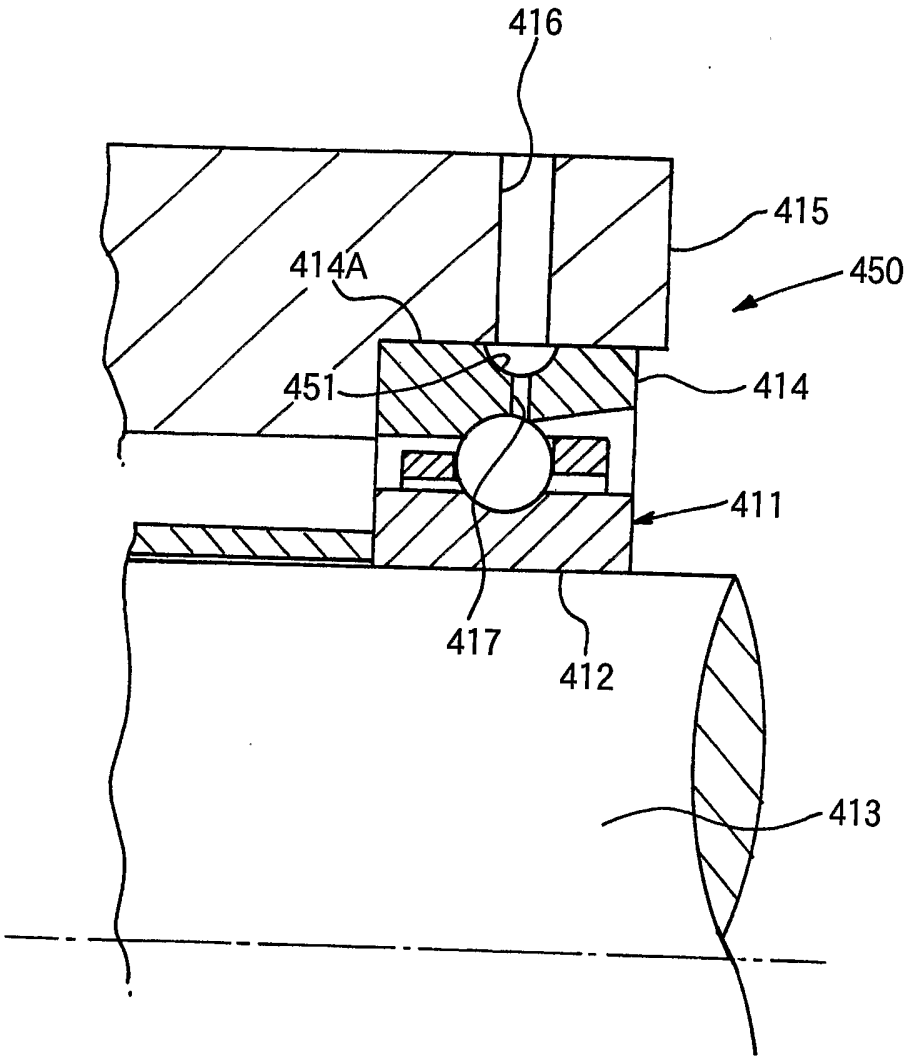


図 32

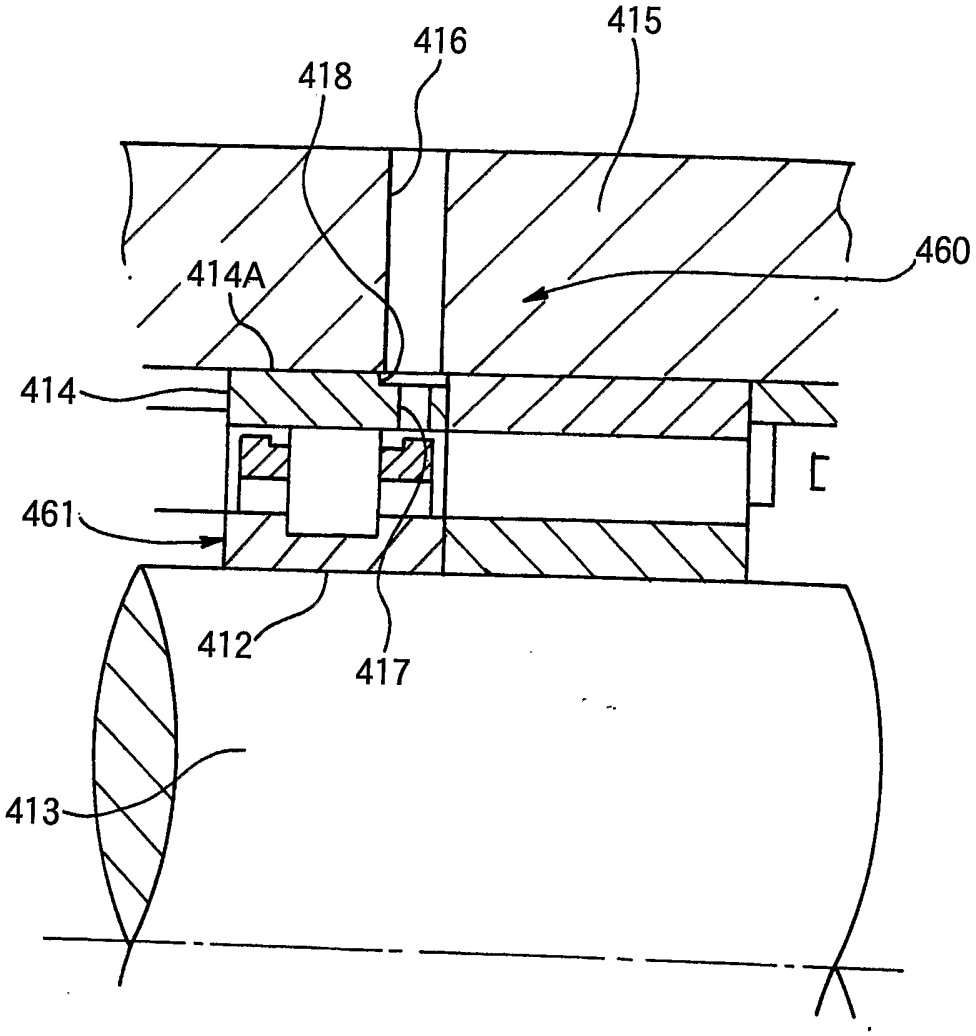


図 33

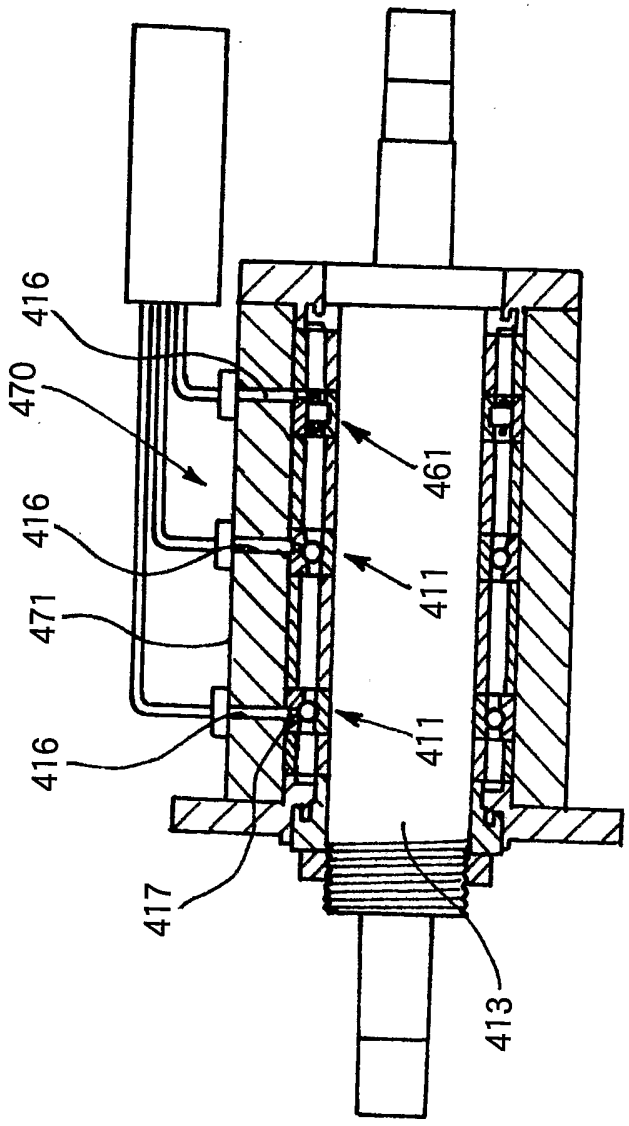


図 34

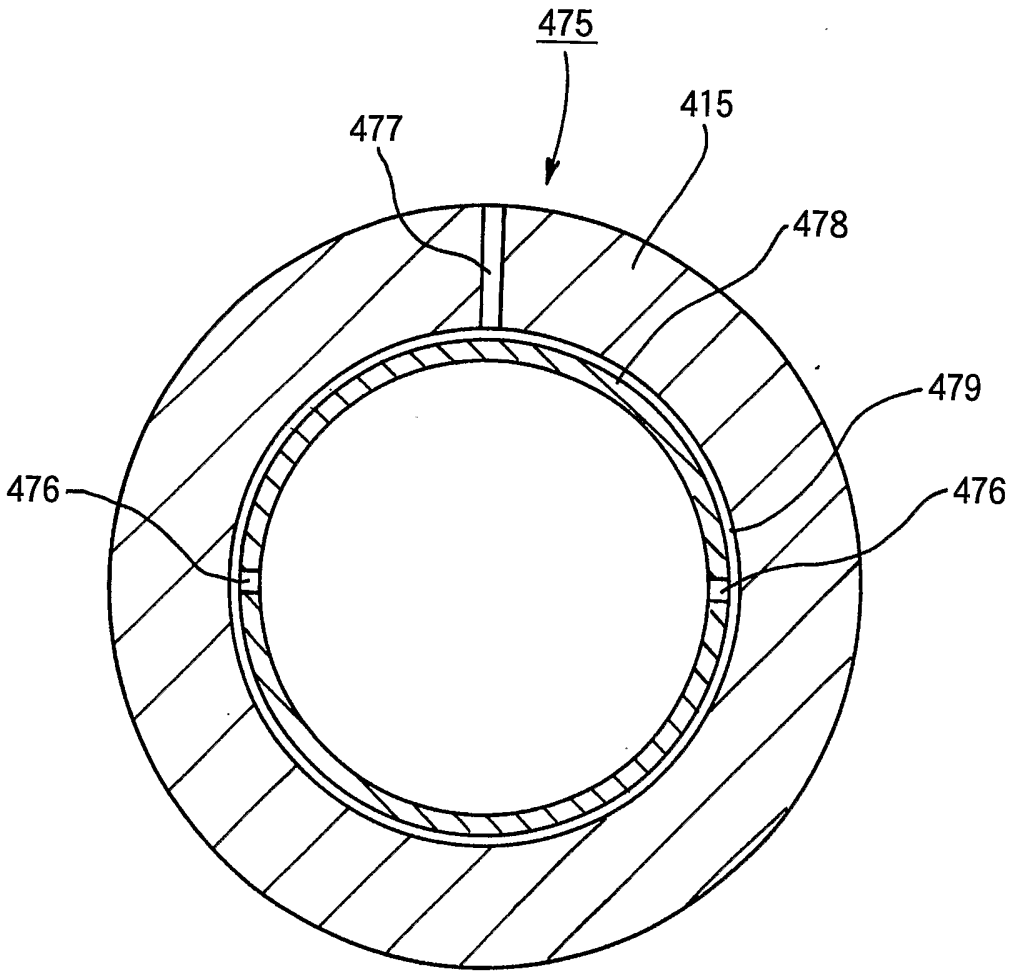


図 35

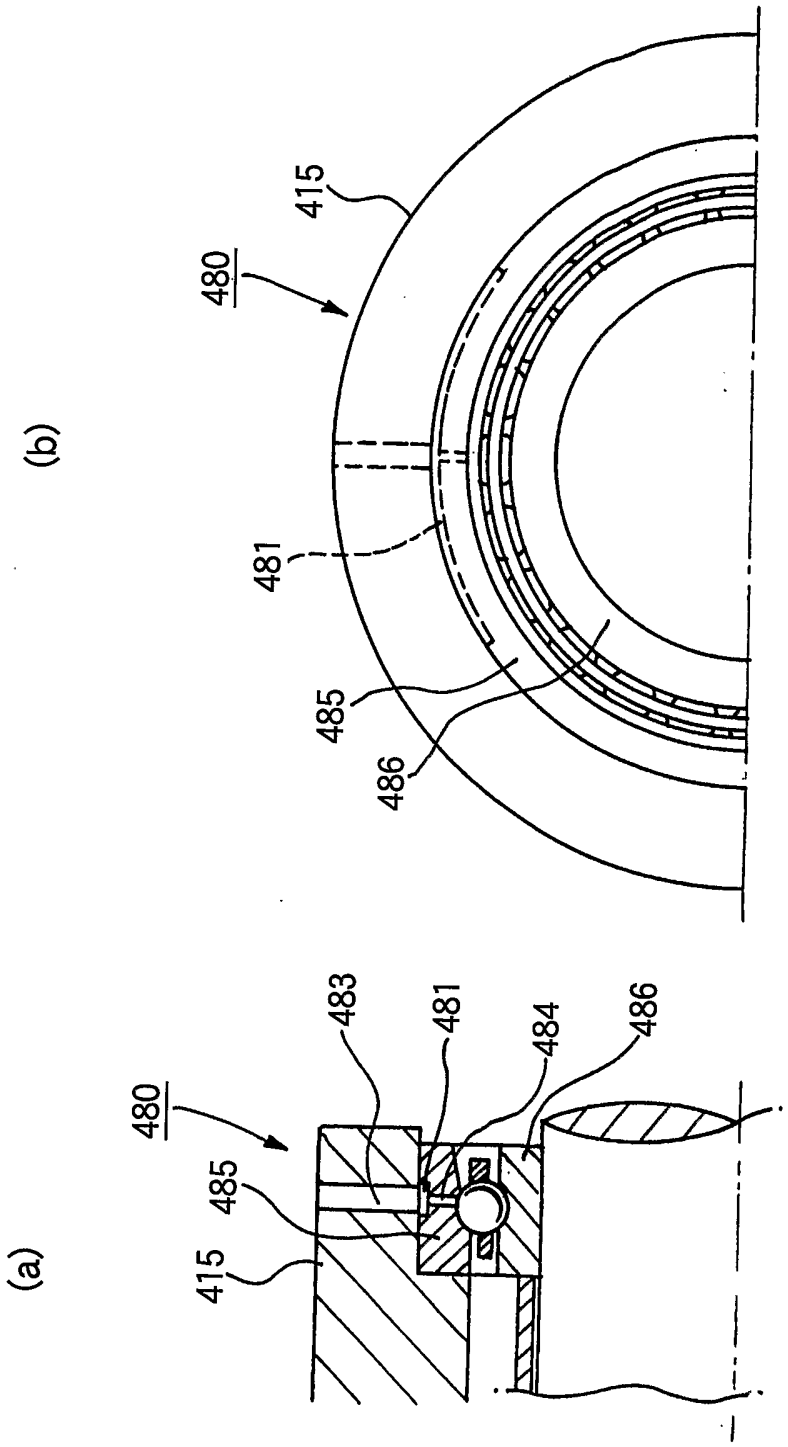


図 36

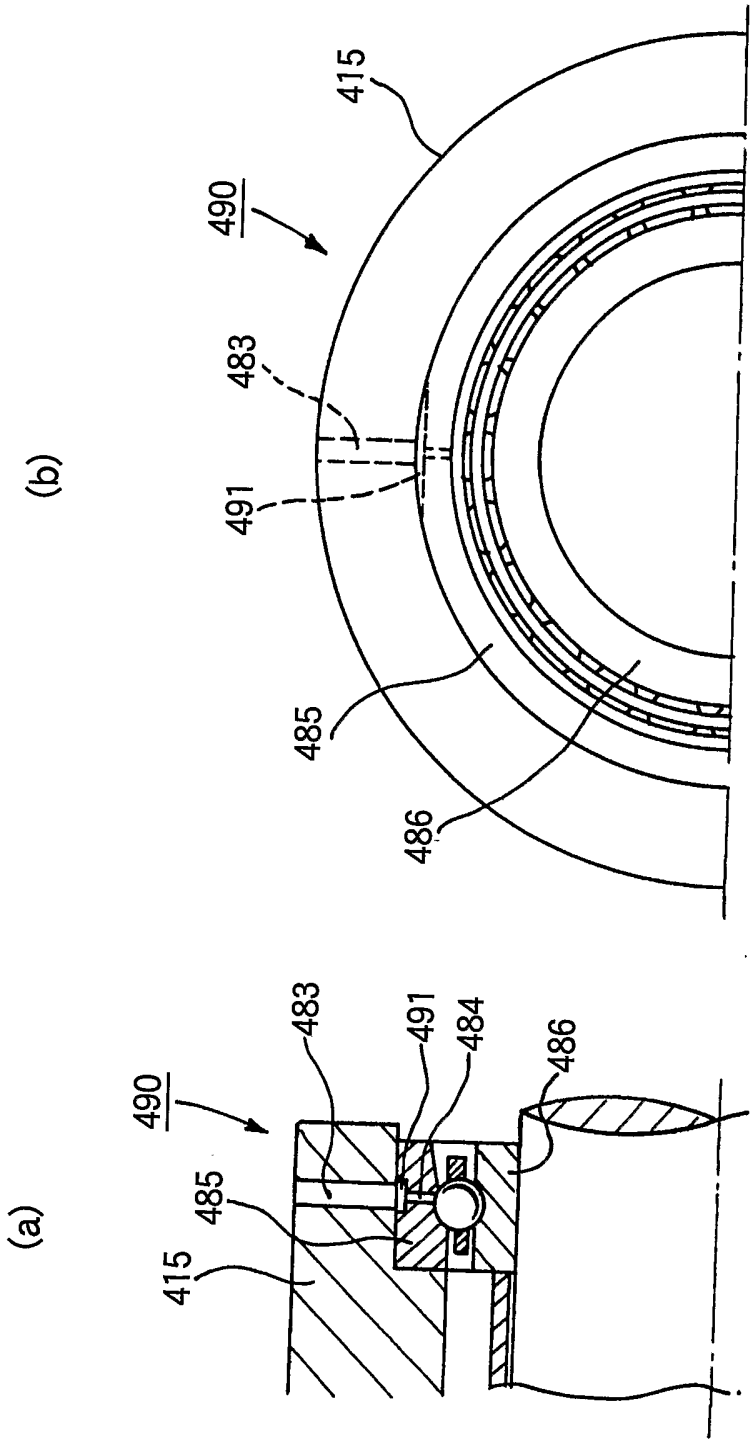


図 37

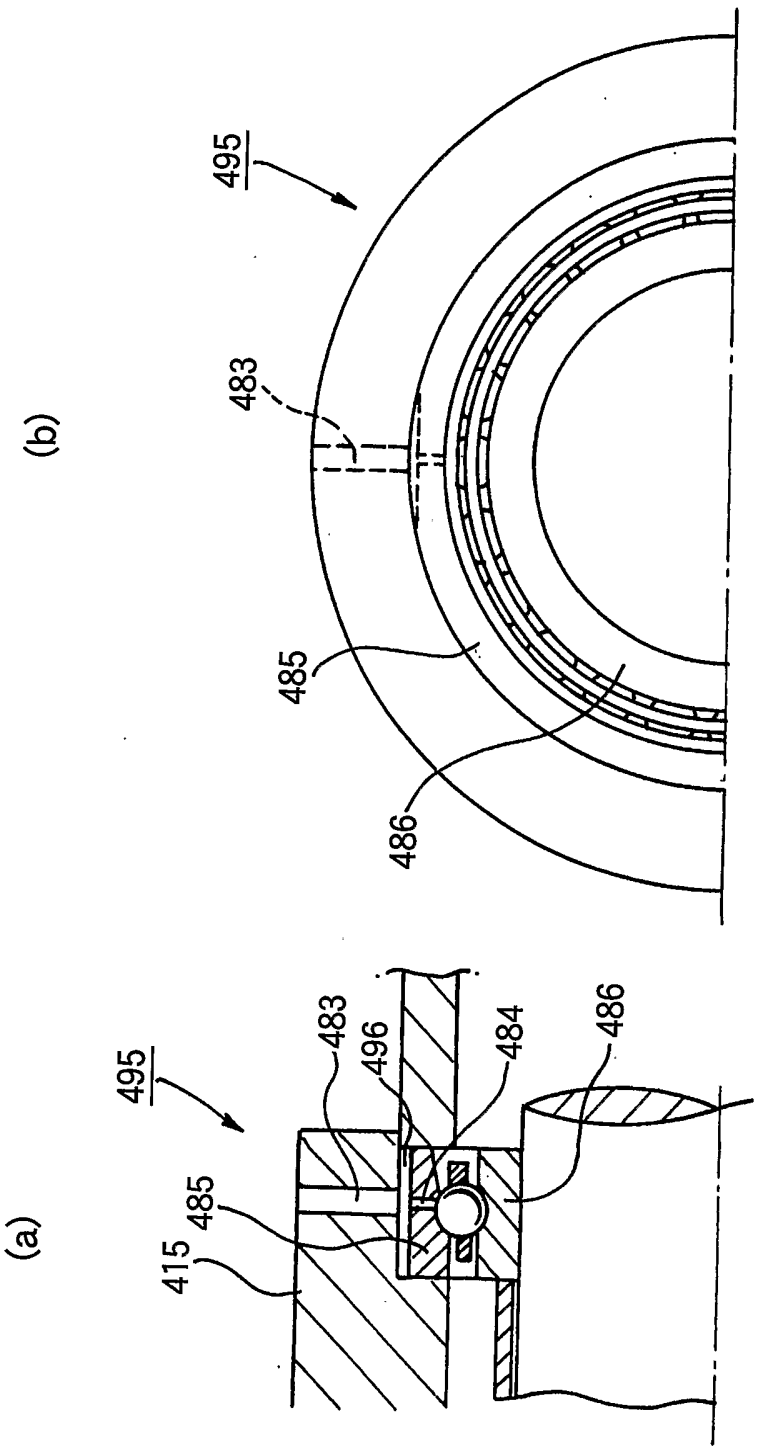


図 38

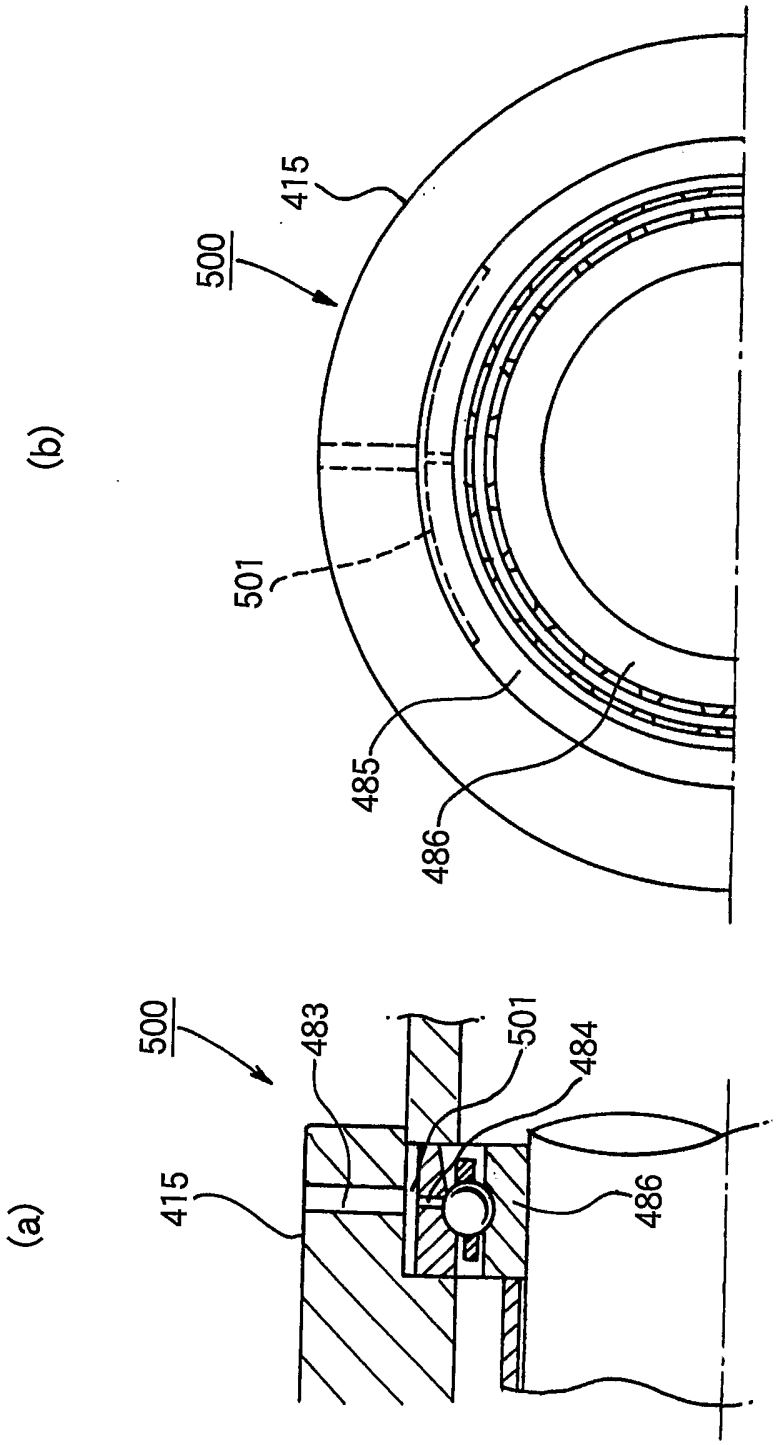


図 39

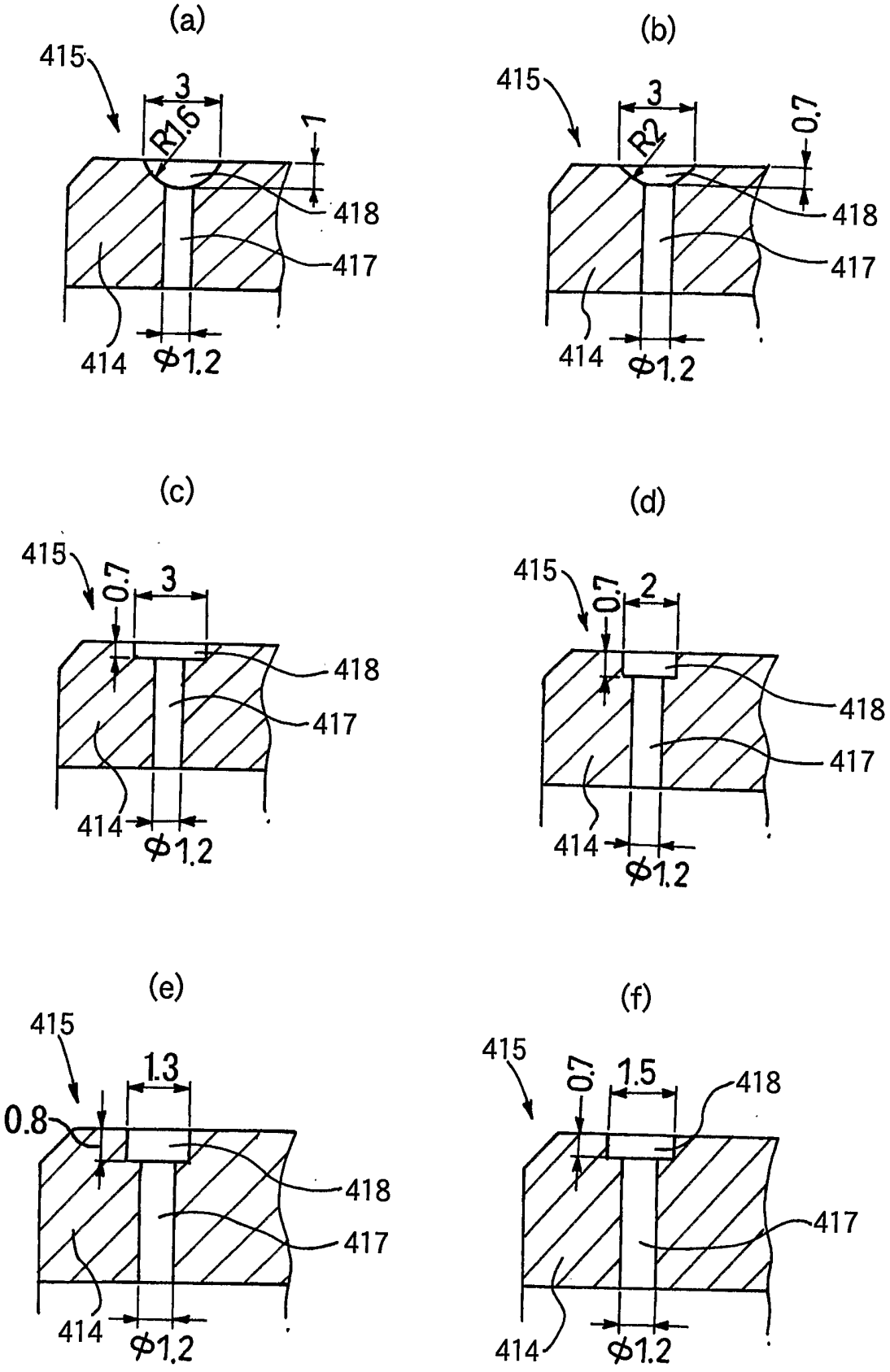

(a)
415
3
R1.6
1
418
417
414
φ1.2
(b)
415
3
R2
0.7
418
417
414
φ1.2
(c)
415
0.7
3
418
417
414
φ1.2
(d)
415
0.7
2
418
417
414
φ1.2
(e)
415
1.3
0.8
418
417
414
φ1.2
(f)
415
0.7
1.5
418
417
414
φ1.2

図 40

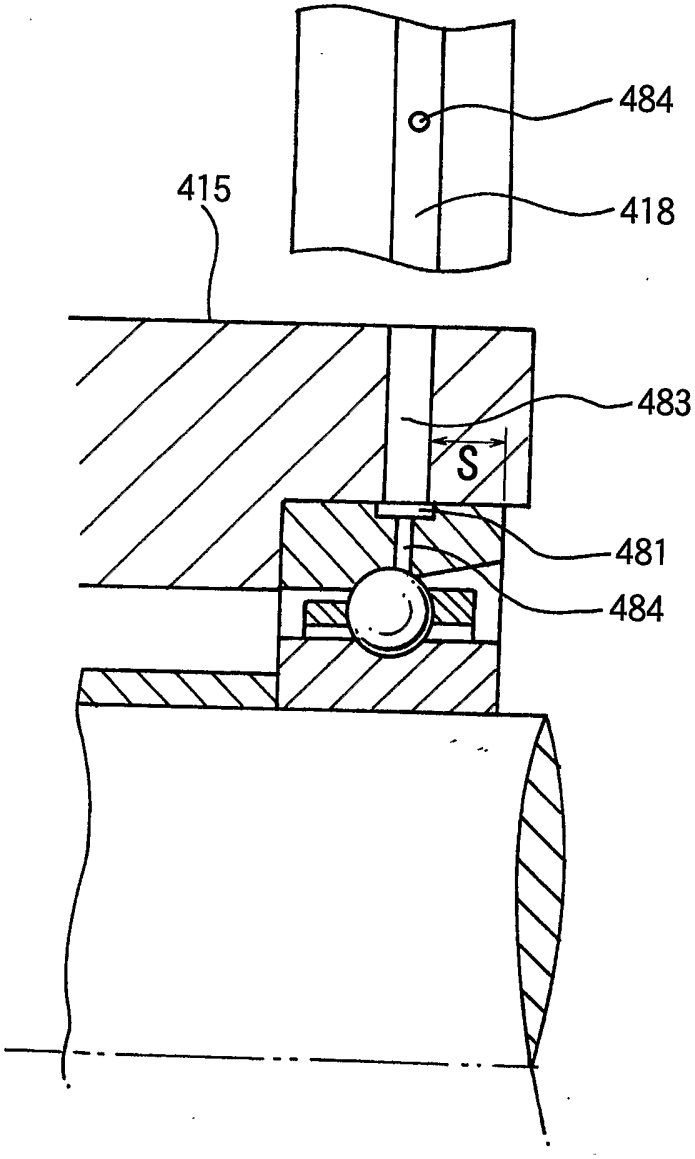


図41

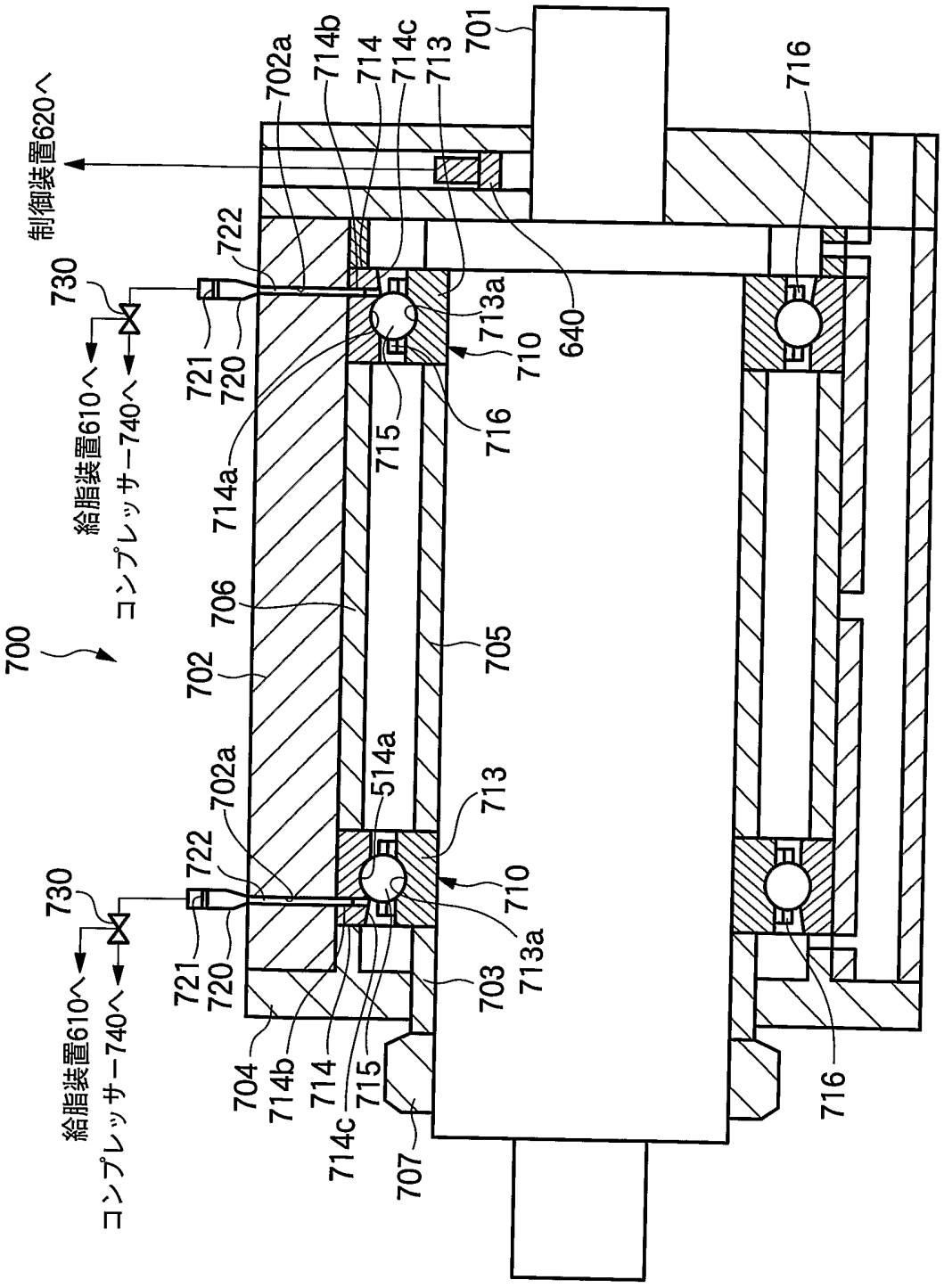

制御装置620へ
給脂装置610へ
コンプレッサー740へ
700
730
721
720
722
702
702a
703
704
705
706
707
710
713
713a
714
714a
714b
714c
715
716
640
701
514a

図 42

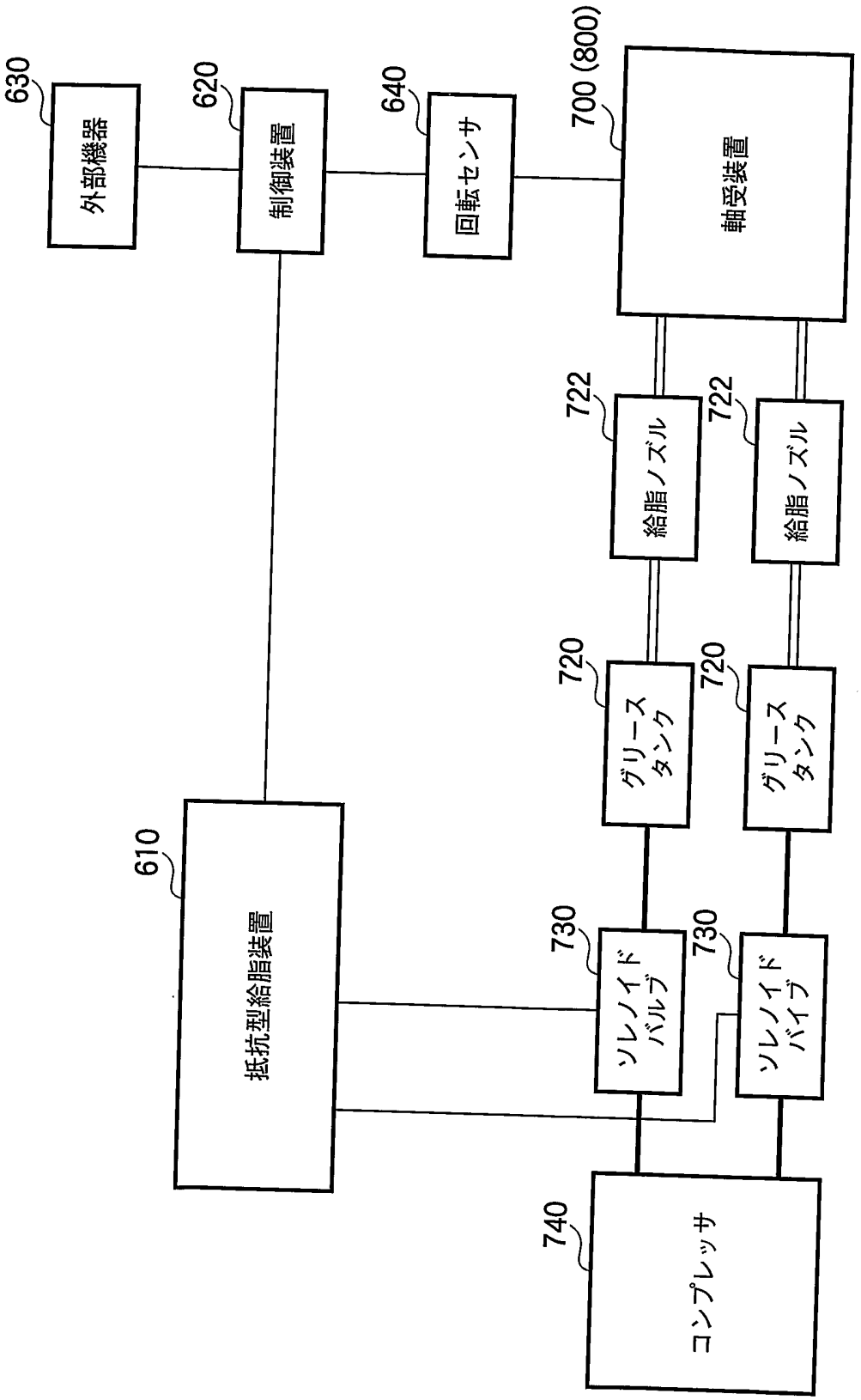

630
外部機器
620
制御装置
640
回転センサ
700 (800)
軸受装置
722
給脂ノズル
722
給脂ノズル
720
グリース
タンク
720
グリース
タンク
610
抵抗型給脂装置
730
ソレノイド
バルブ
730
ソレノイド
バルブ
740
コンプレッサ

図 43

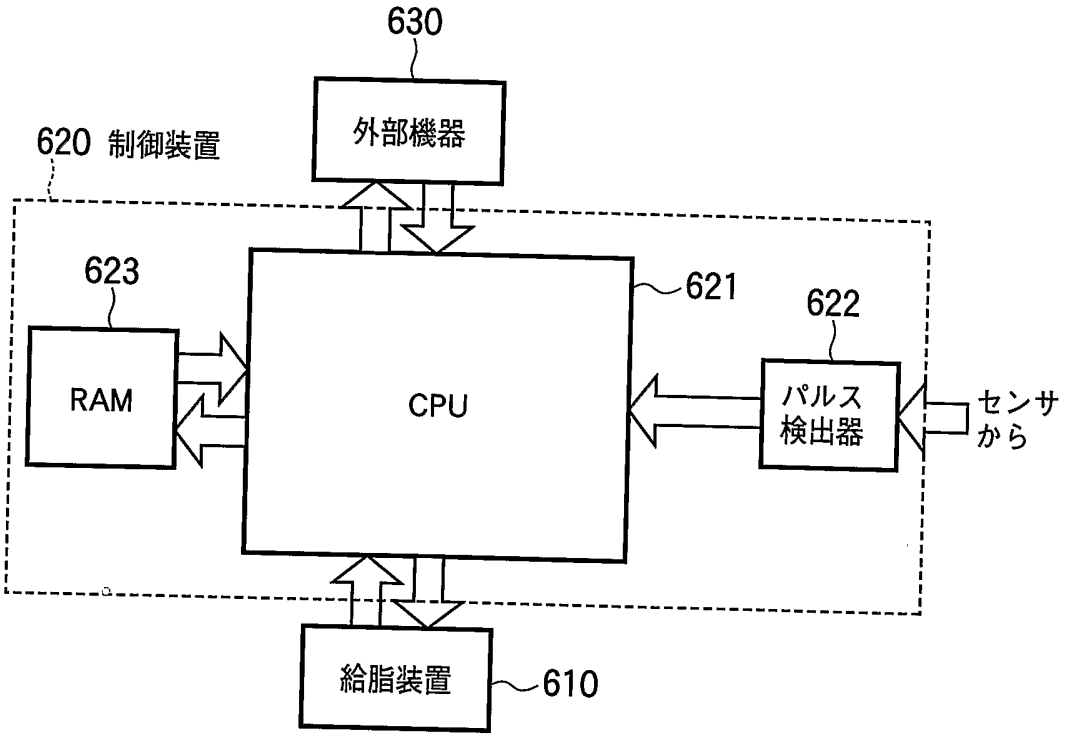


図 44

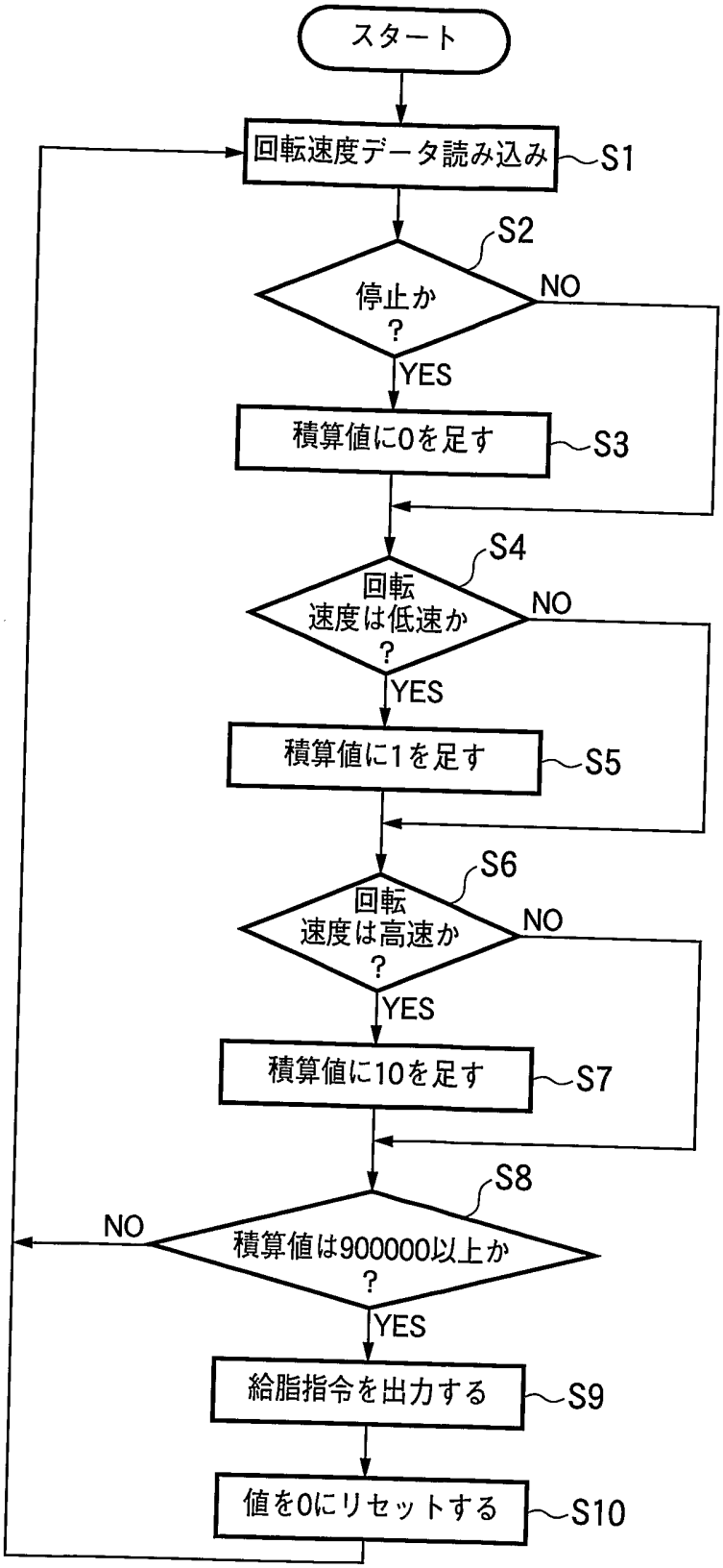

スタート
回転速度データ読み込み
S1
S2
停止か？
NO
YES
積算値に0を足す
S3
S4
回転速度は低速か？
NO
YES
積算値に1を足す
S5
S6
回転速度は高速か？
NO
YES
積算値に10を足す
S7
S8
NO
積算値は900000以上か？
YES
給脂指令を出力する
S9
値を0にリセットする
S10

図 45

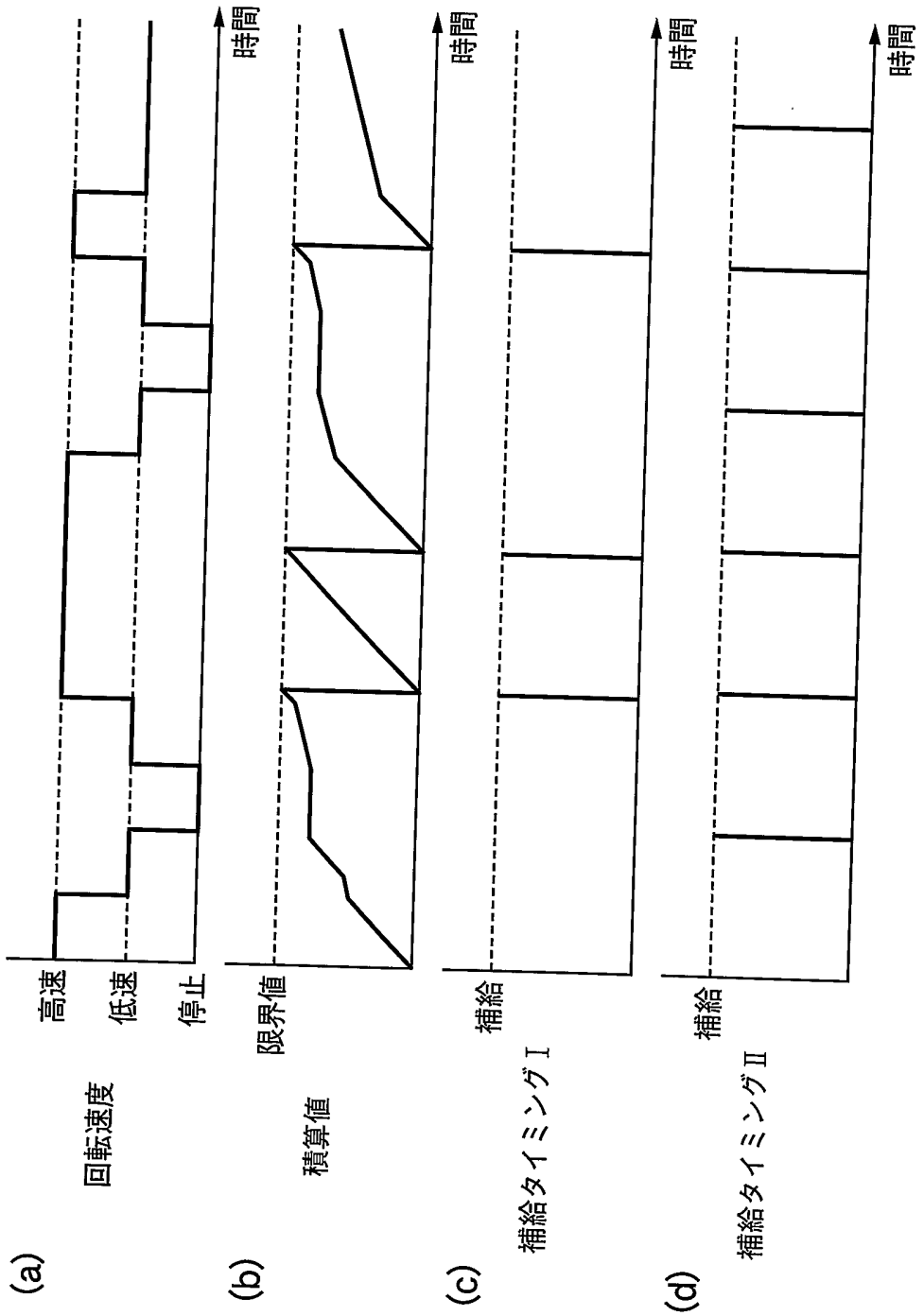


図 46

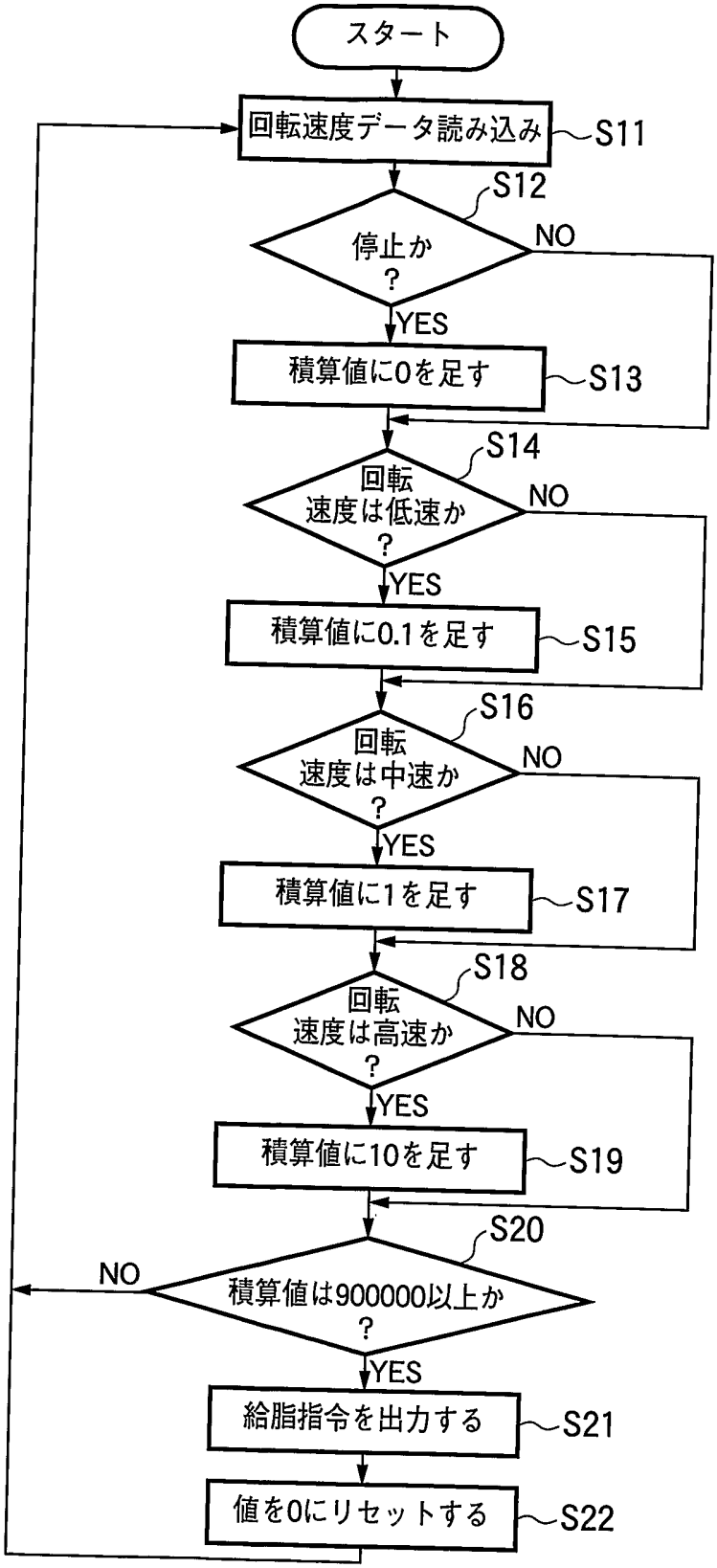

スタート
回転速度データ読み込み
S11
S12
停止か？
NO
YES
積算値に0を足す
S13
S14
回転速度は低速か？
NO
YES
積算値に0.1を足す
S15
S16
回転速度は中速か？
NO
YES
積算値に1を足す
S17
S18
回転速度は高速か？
NO
YES
積算値に10を足す
S19
S20
積算値は900000以上か？
NO
YES
給脂指令を出力する
S21
値を0にリセットする
S22

図 47

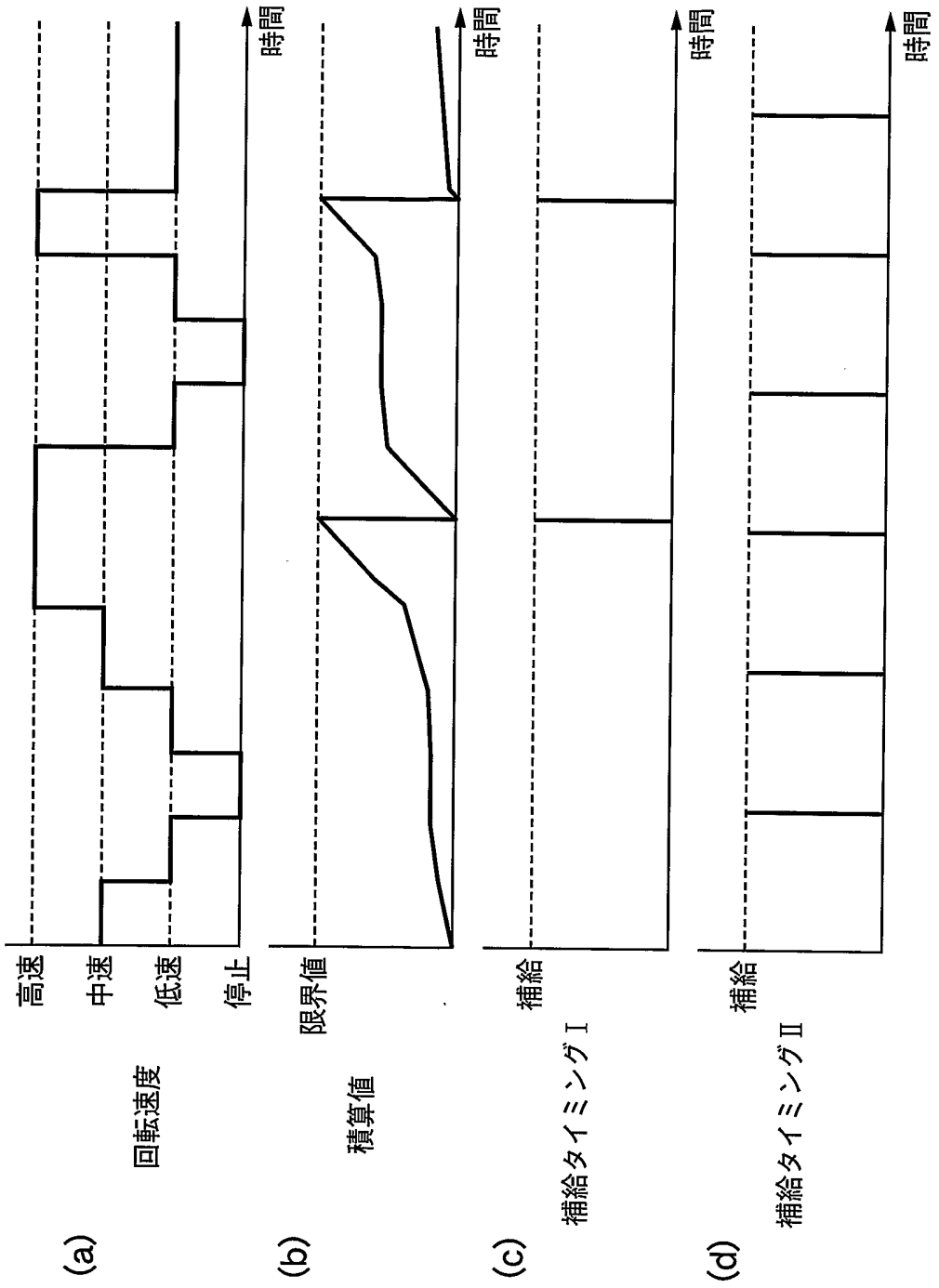

(a)
回転速度
高速
中速
低速
停止
時間
(b)
積算値
限界値
時間
(c)
補給タイミングⅠ
補給
時間
(d)
補給タイミングⅡ
補給
時間

図 48

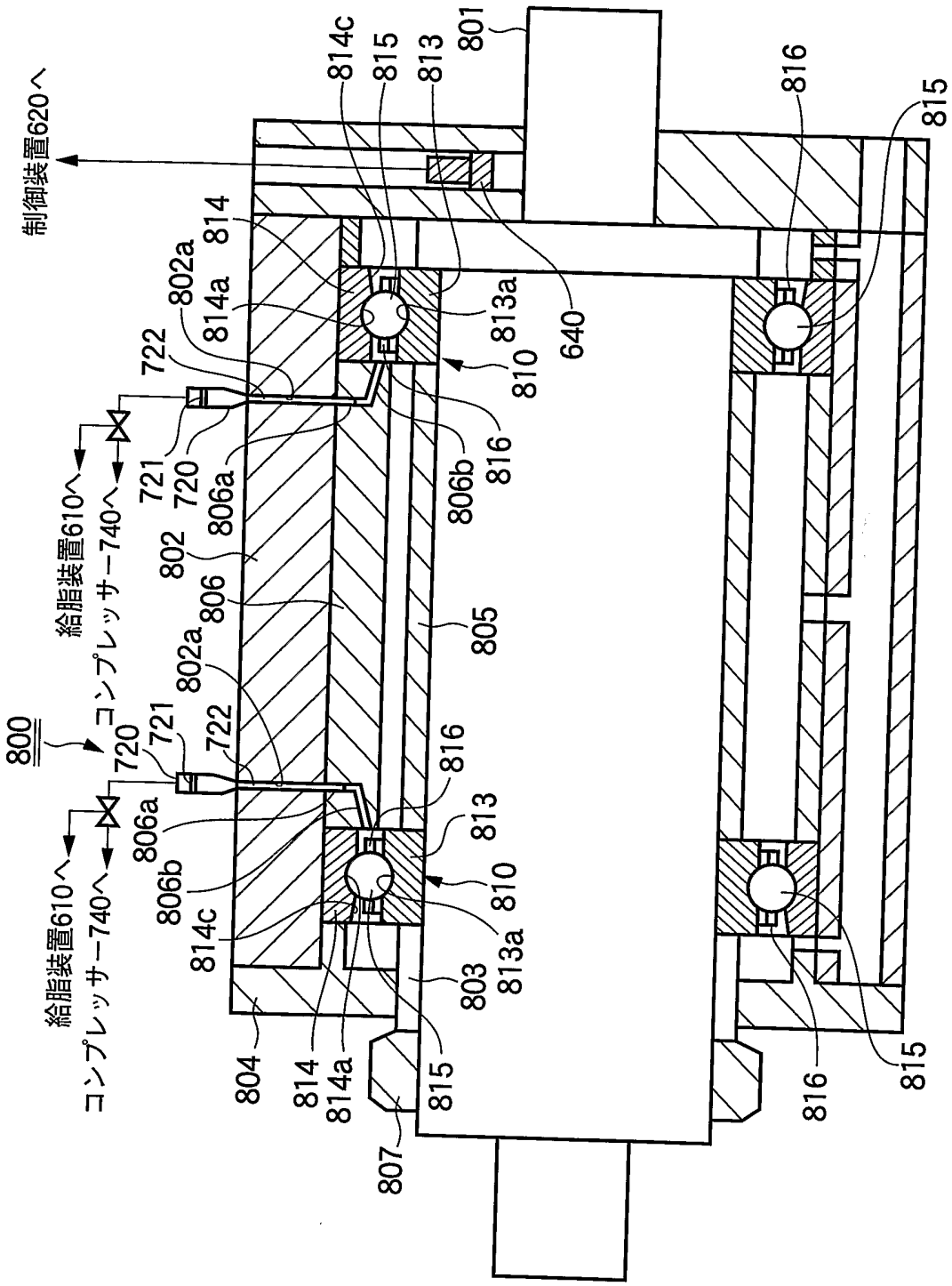

制御装置620へ
給脂装置610へ
コンプレッサー740へ
800
801
802
802a
803
804
805
806
806a
806b
807
810
813
813a
814
814a
814c
815
816
640
720
721
722

図 49

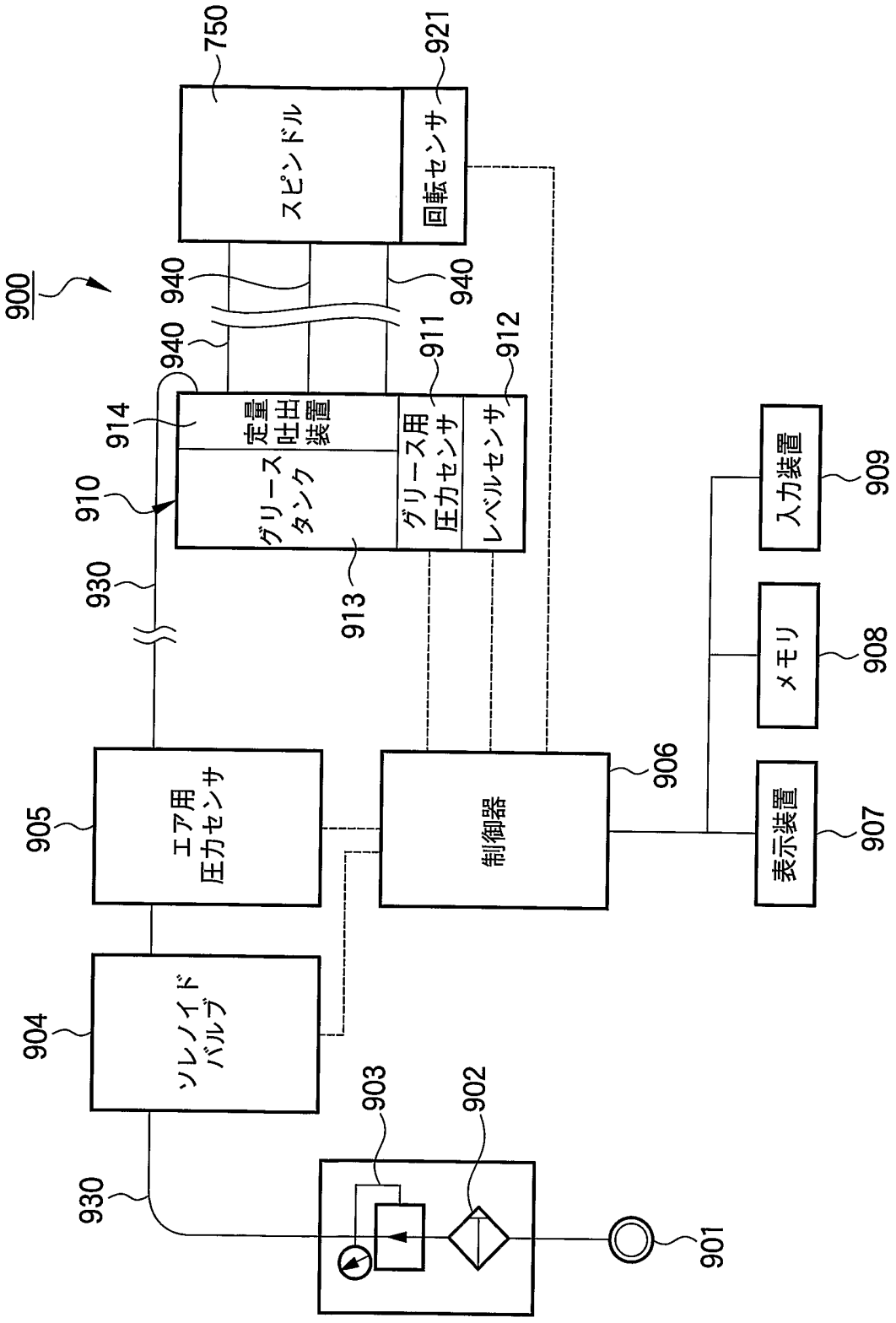

900
750
スピンドル
921
回転センサ
940
940
940
911
912
914
定量吐出装置
グリース用圧力センサ
レベルセンサ
910
グリースタンク
913
930
905
エア用圧力センサ
906
制御器
入力装置
909
メモリ
908
表示装置
907
904
ソレノイドバルブ
903
902
930
901

図 50

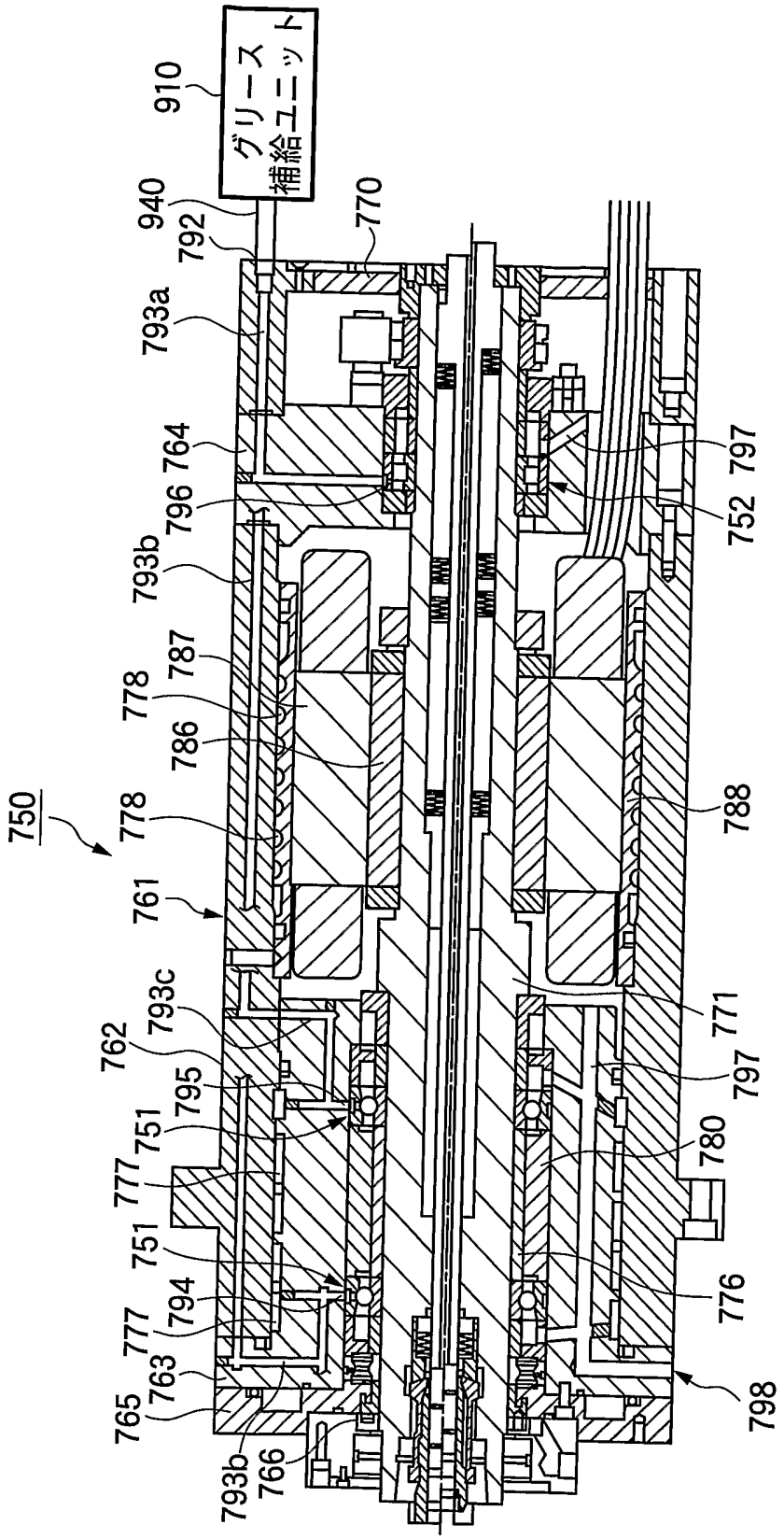

グリース補給ユニット
910
940
792
770
793a
764
796
797
752
793b
787
778
786
750
778
788
761
793c
762
771
795
797
751
780
777
751
794
776
777
763
765
798
793b
766

図 51

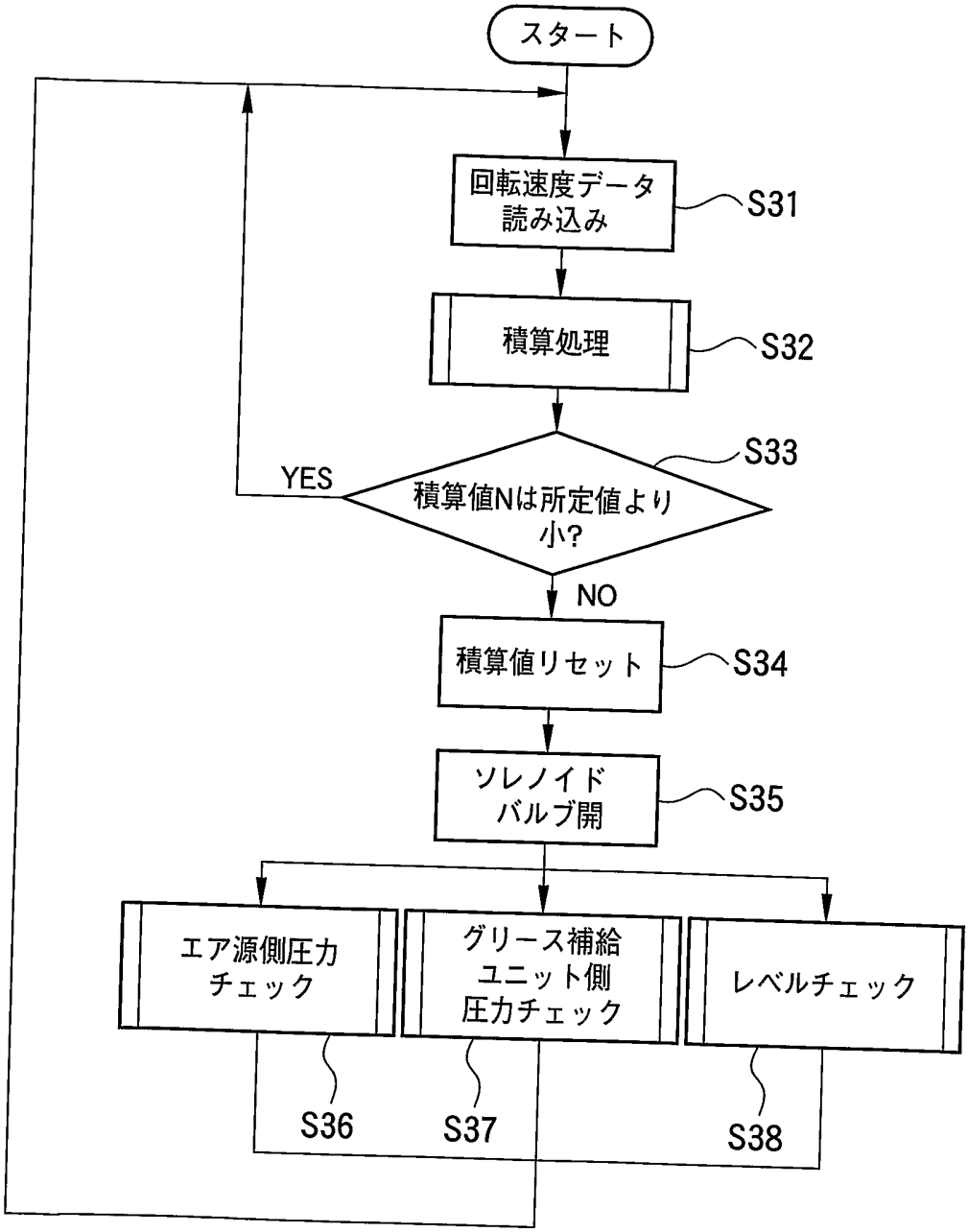

スタート
回転速度データ読み込み
S31
積算処理
S32
S33
YES
積算値Nは所定値より小?
NO
積算値リセット
S34
ソレノイドバルブ開
S35
エア源側圧力チェック
グリース補給ユニット側圧力チェック
レベルチェック
S36
S37
S38

図52

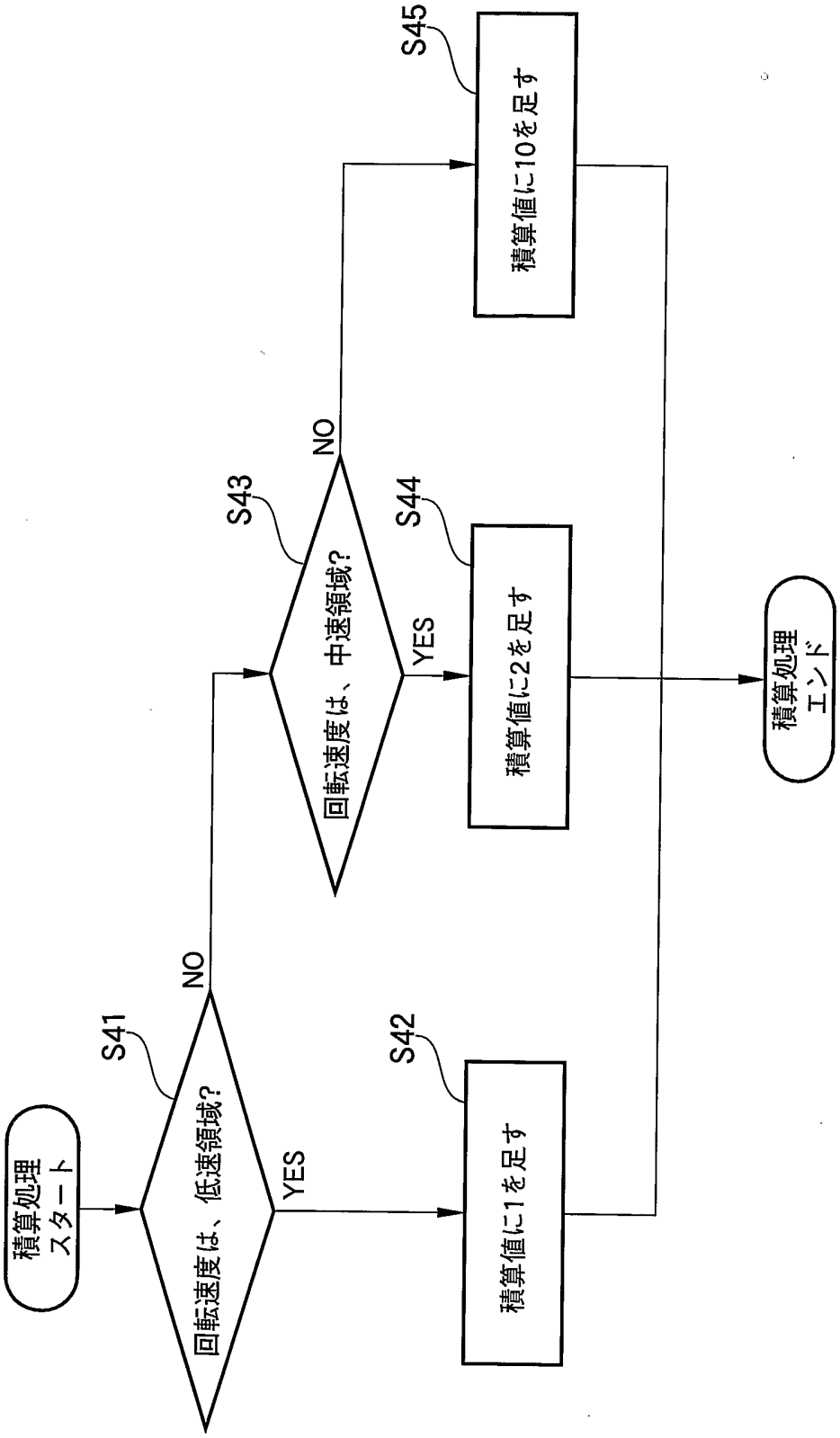

積算処理
スタート
S41
回転速度は、低速領域?
YES
NO
S42
積算値に1を足す
S43
回転速度は、中速領域?
YES
NO
S44
積算値に2を足す
S45
積算値に10を足す
積算処理
エンド

図 53

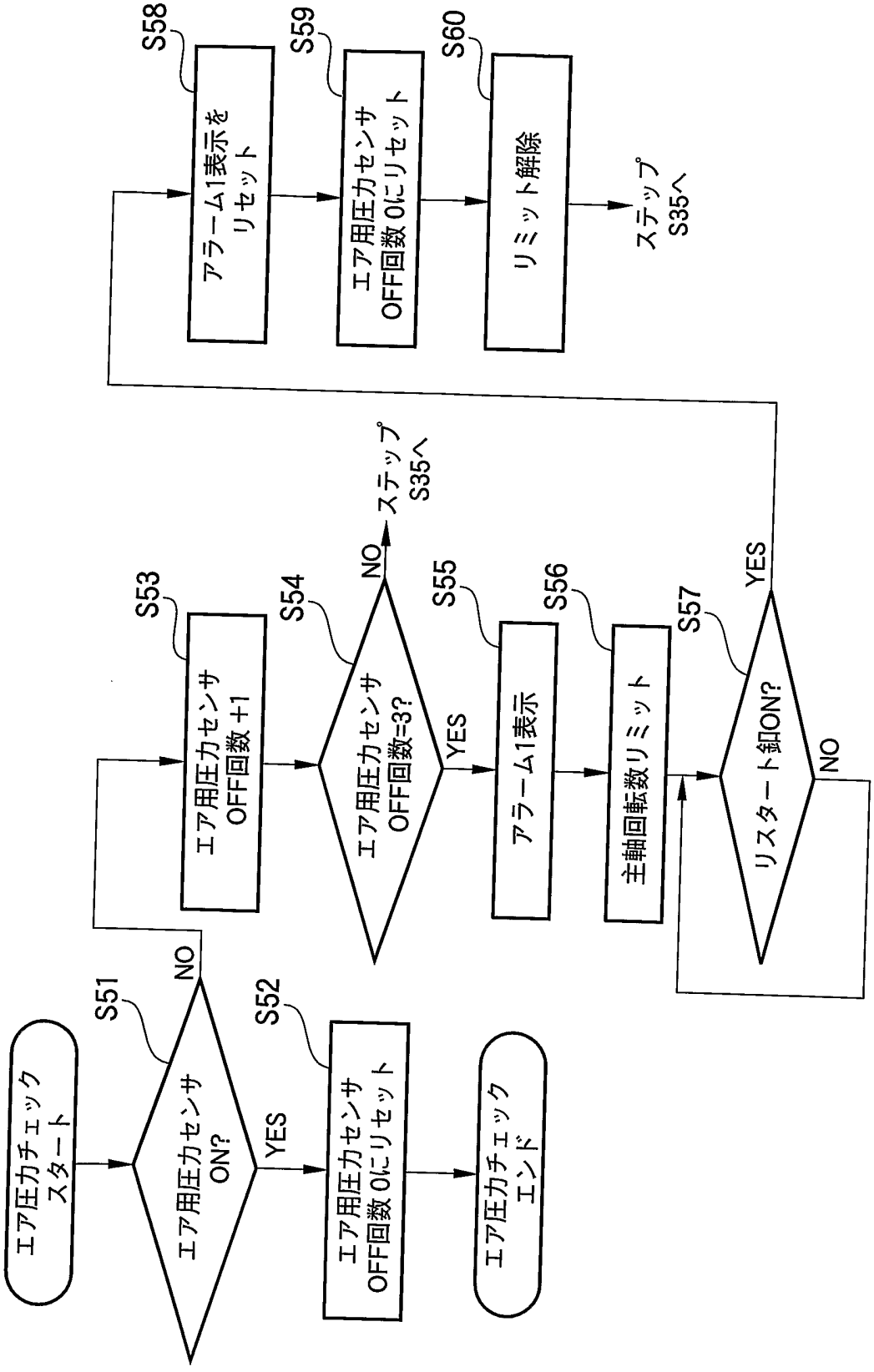

エア圧力チェック スタート
S51
エア用圧力センサ ON?
NO
YES
S52
エア用圧力センサ OFF回数 0にリセット
エア圧力チェック エンド
S53
エア用圧力センサ OFF回数 +1
S54
エア用圧力センサ OFF回数=3?
NO
ステップ S35へ
YES
S55
アラーム1表示
S56
主軸回転数リミット
S57
リスタート釦ON?
YES
NO
S58
アラーム1表示を リセット
S59
エア用圧力センサ OFF回数 0にリセット
S60
リミット解除
ステップ S35へ

図 54

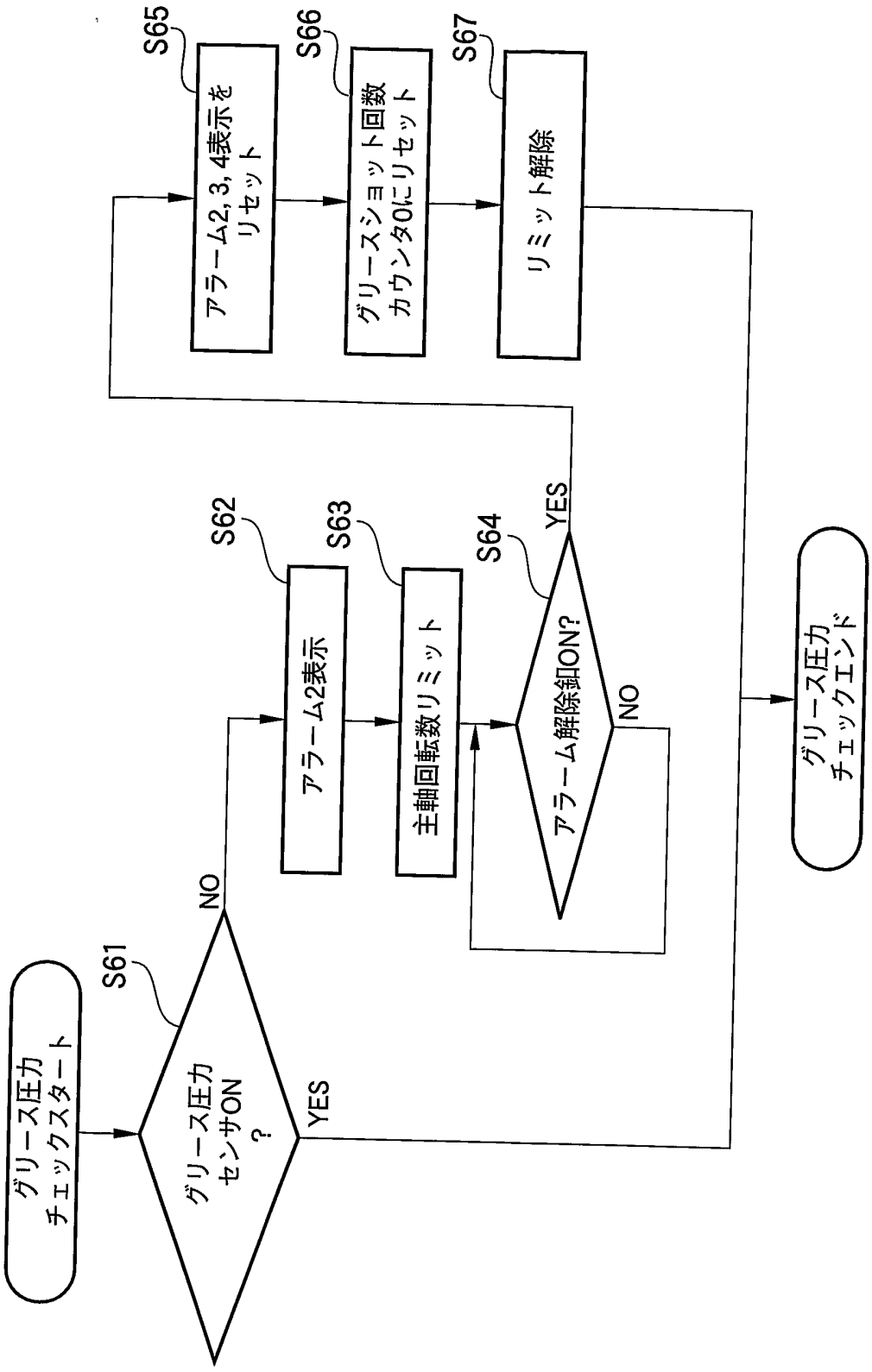

グリース圧力
チェックスタート
S61
グリース圧力
センサON
?
NO
YES
S62
アラーム2表示
S63
主軸回転数リミット
S64
アラーム解除釦ON?
YES
NO
S65
アラーム2, 3, 4表示を
リセット
S66
グリースショット回数
カウンタ0にリセット
S67
リミット解除
グリース圧力
チェックエンド

図 55

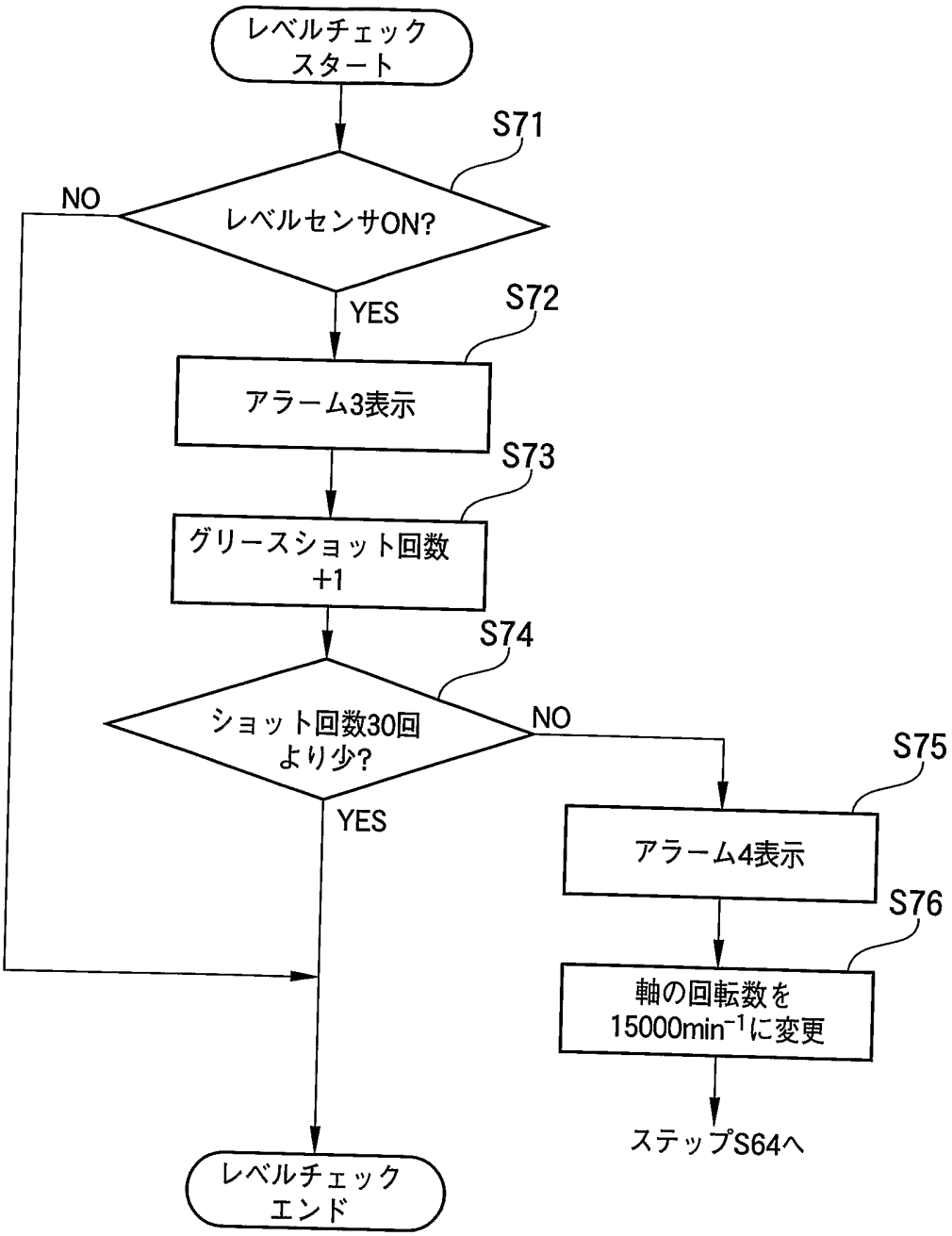

レベルチェック
スタート
S71
NO
レベルセンサON?
YES
S72
アラーム3表示
S73
グリースショット回数
+1
S74
ショット回数30回
より少?
NO
S75
YES
アラーム4表示
S76
軸の回転数を
15000min-1に変更
ステップS64へ
レベルチェック
エンド

図 56

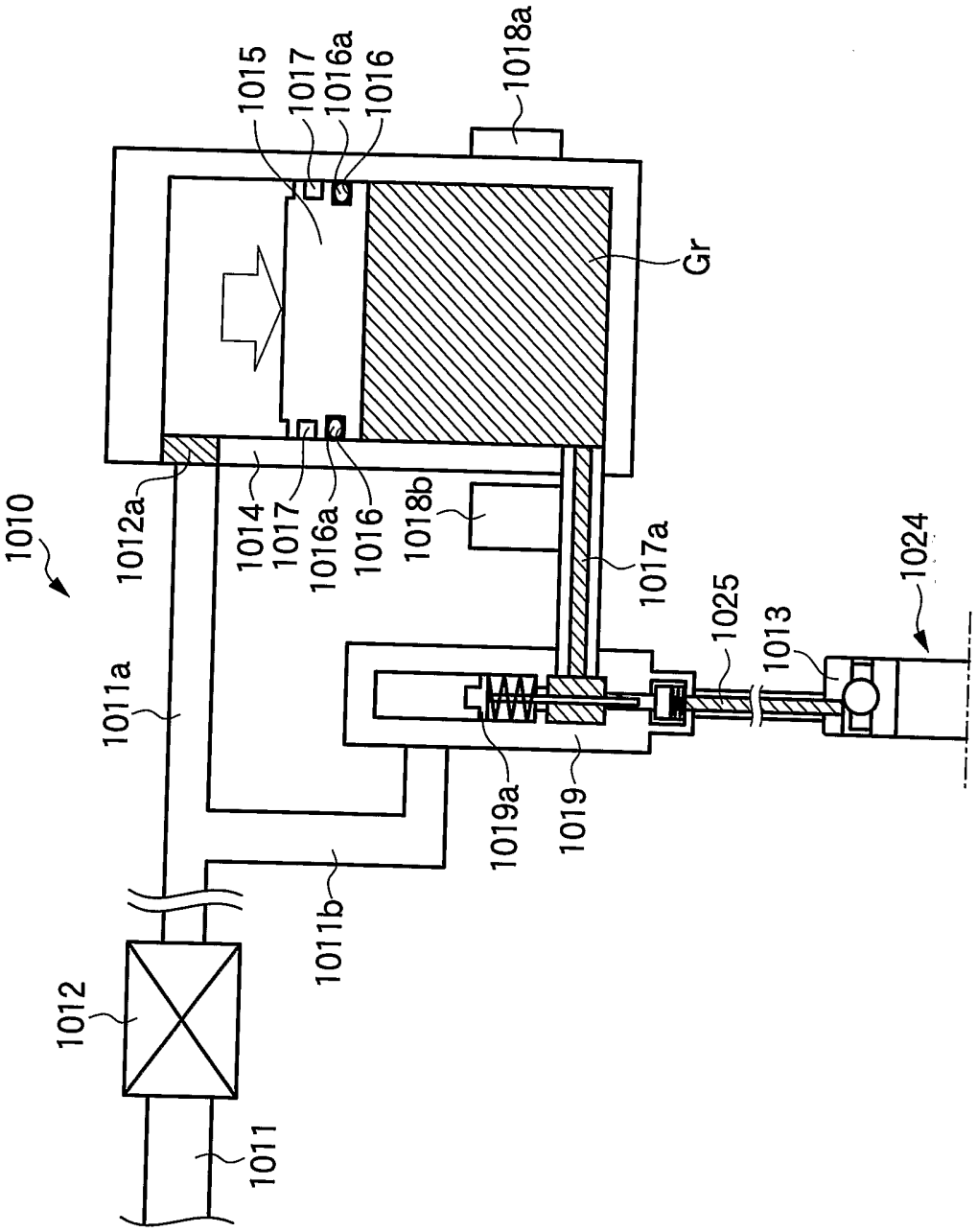

1010
1011
1011a
1011b
1012
1012a
1013
1014
1015
1016
1016a
1017
1017a
1018a
1018b
1019
1019a
1024
1025
Gr

図 57

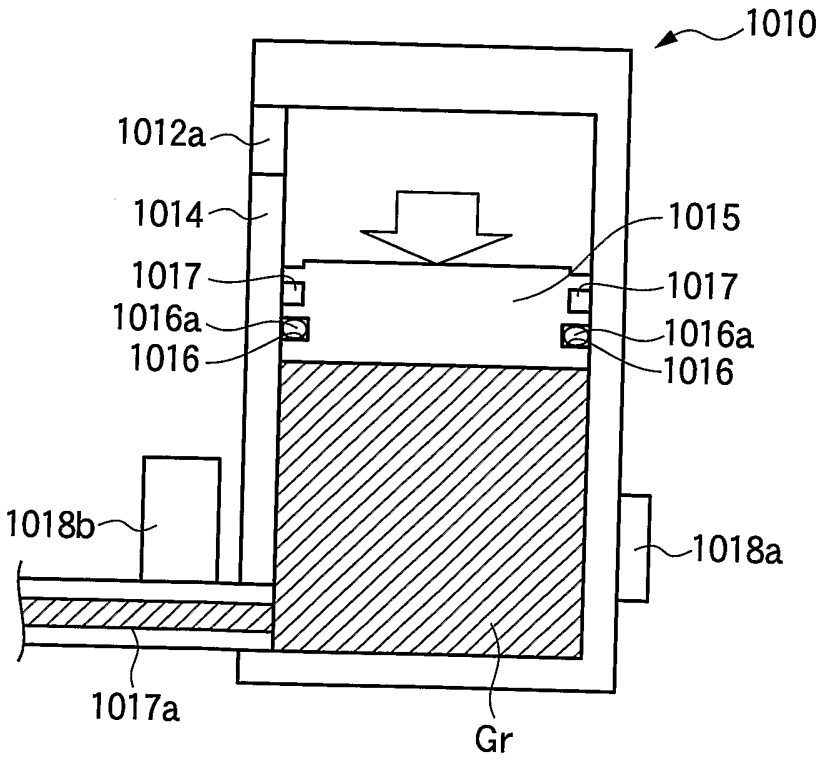

1010
1012a
1014
1015
1017
1017
1016a
1016a
1016
1016
1018b
1018a
1017a
Gr

図 58

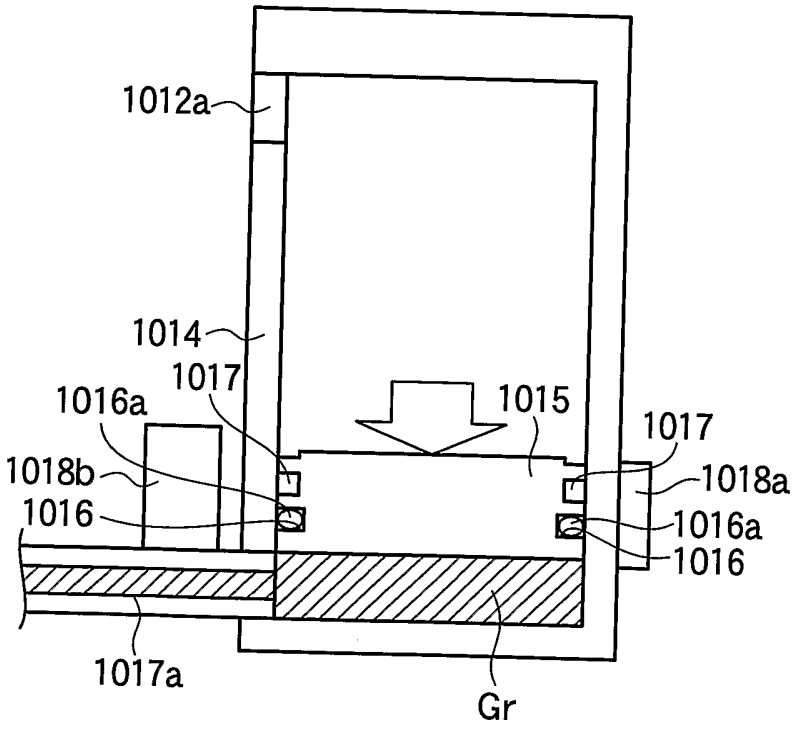

1012a
1014
1017
1016a
1015
1017
1018b
1018a
1016
1016a
1016
1017a
Gr

図 59

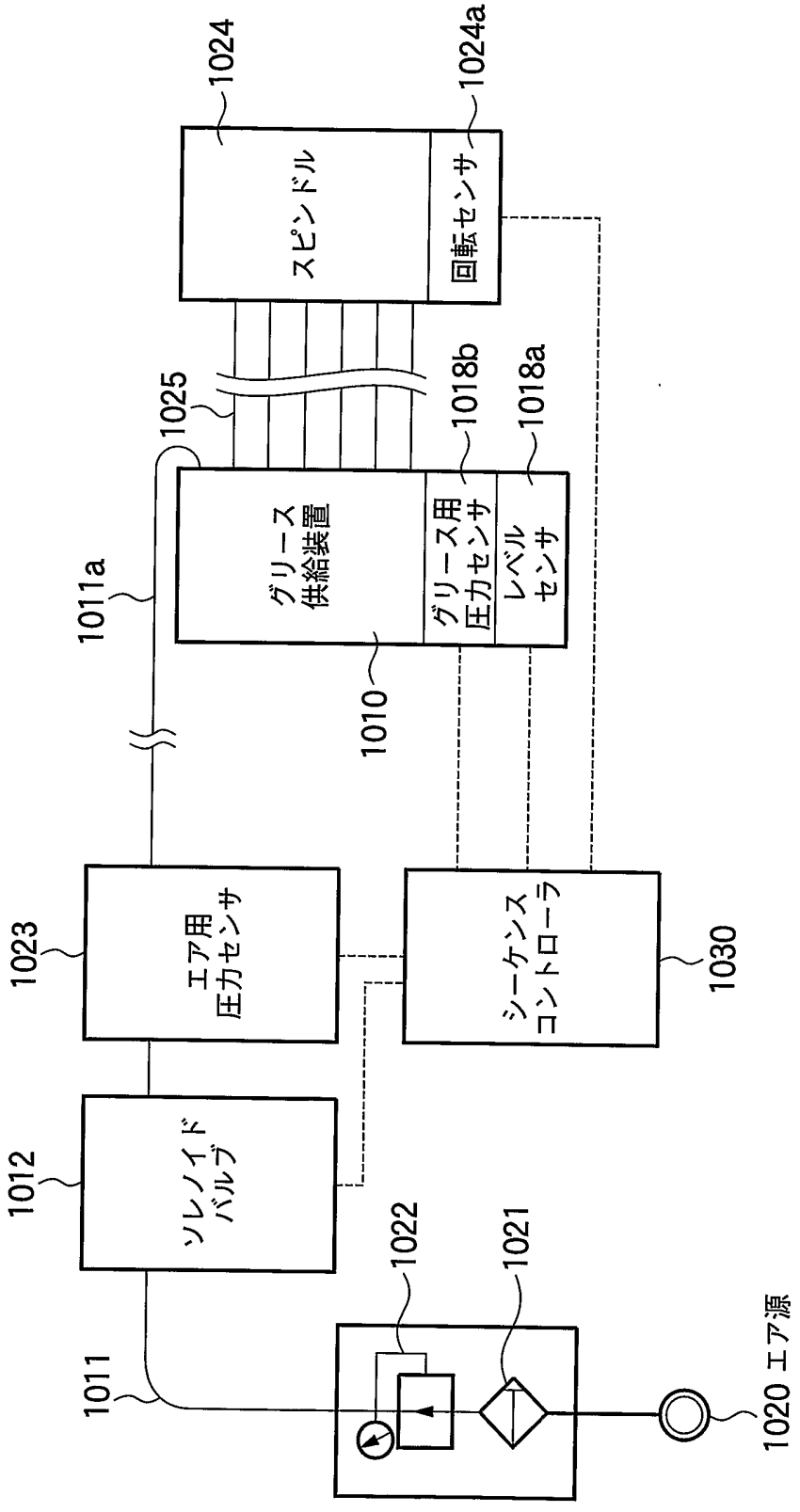

1024
1024a
スピンドル
回転センサ
1025
1018b
1018a
1011a
グリース
供給装置
グリース用
圧力センサ
レベル
センサ
1010
1023
エア用
圧力センサ
シーケンス
コントローラ
1030
1012
ソレノイド
バルブ
1022
1021
1011
1020 エア源

図 60

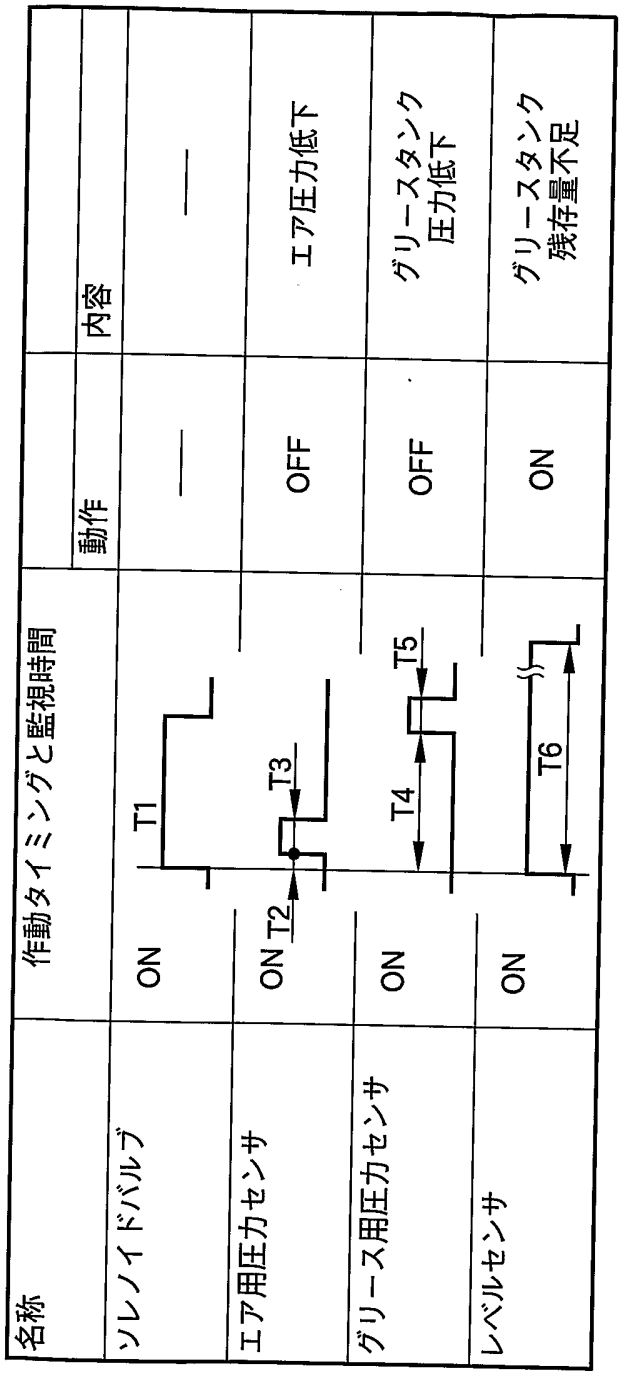

名称
作動タイミングと監視時間
動作
内容
ソレノイドバルブ
ON
—
—
エア用圧力センサ
ON
T1
T2
T3
OFF
エア圧力低下
グリース用圧力センサ
ON
T4
T5
OFF
グリースタンク
圧力低下
レベルセンサ
ON
T6
ON
グリースタンク
残存量不足

図 61

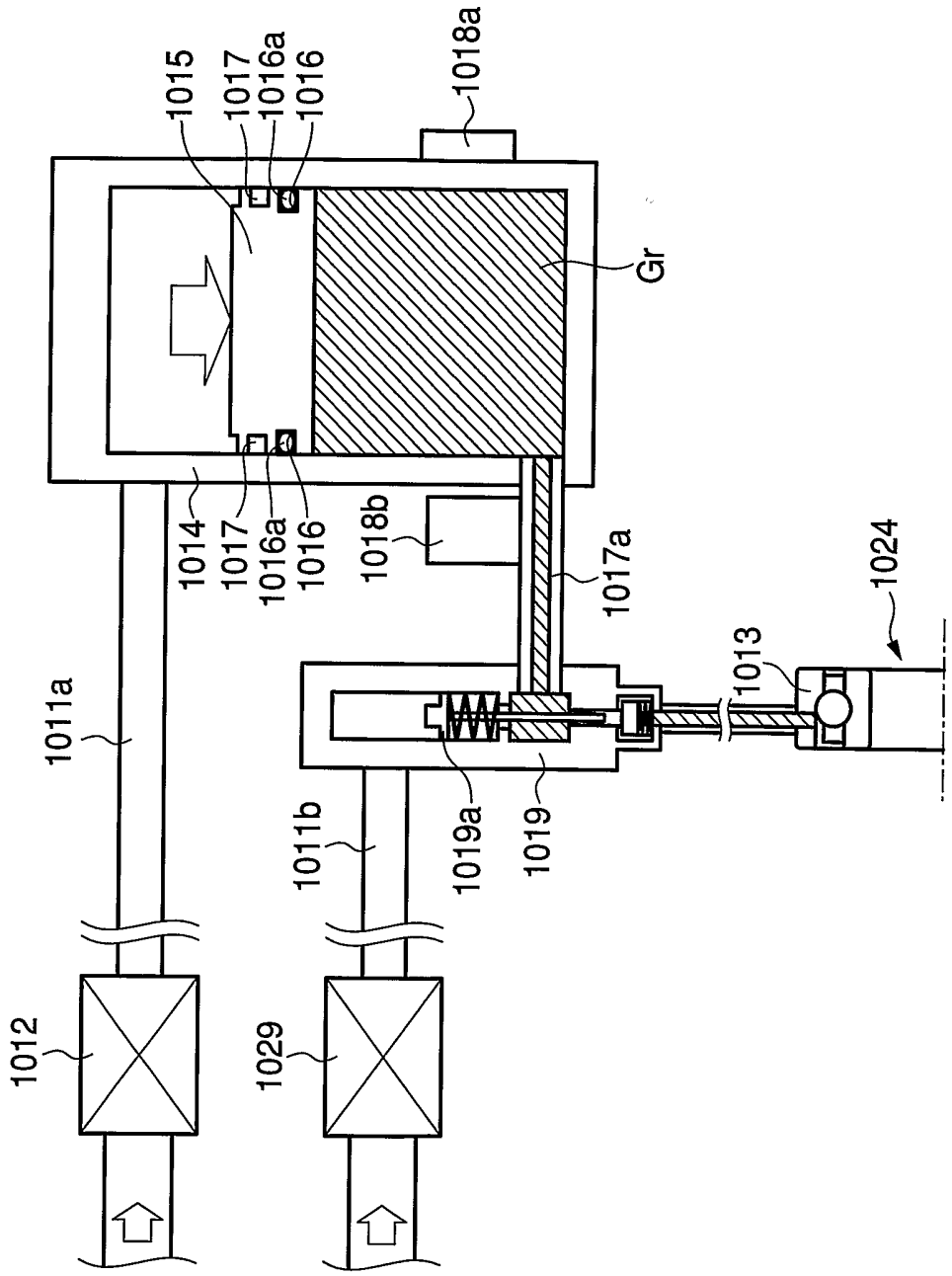

1015
1017
1016a
1016
1018a
Gr
1014
1017
1016a
1016
1018b
1017a
1024
1013
1011a
1019a
1019
1011b
1012
1029

図 62

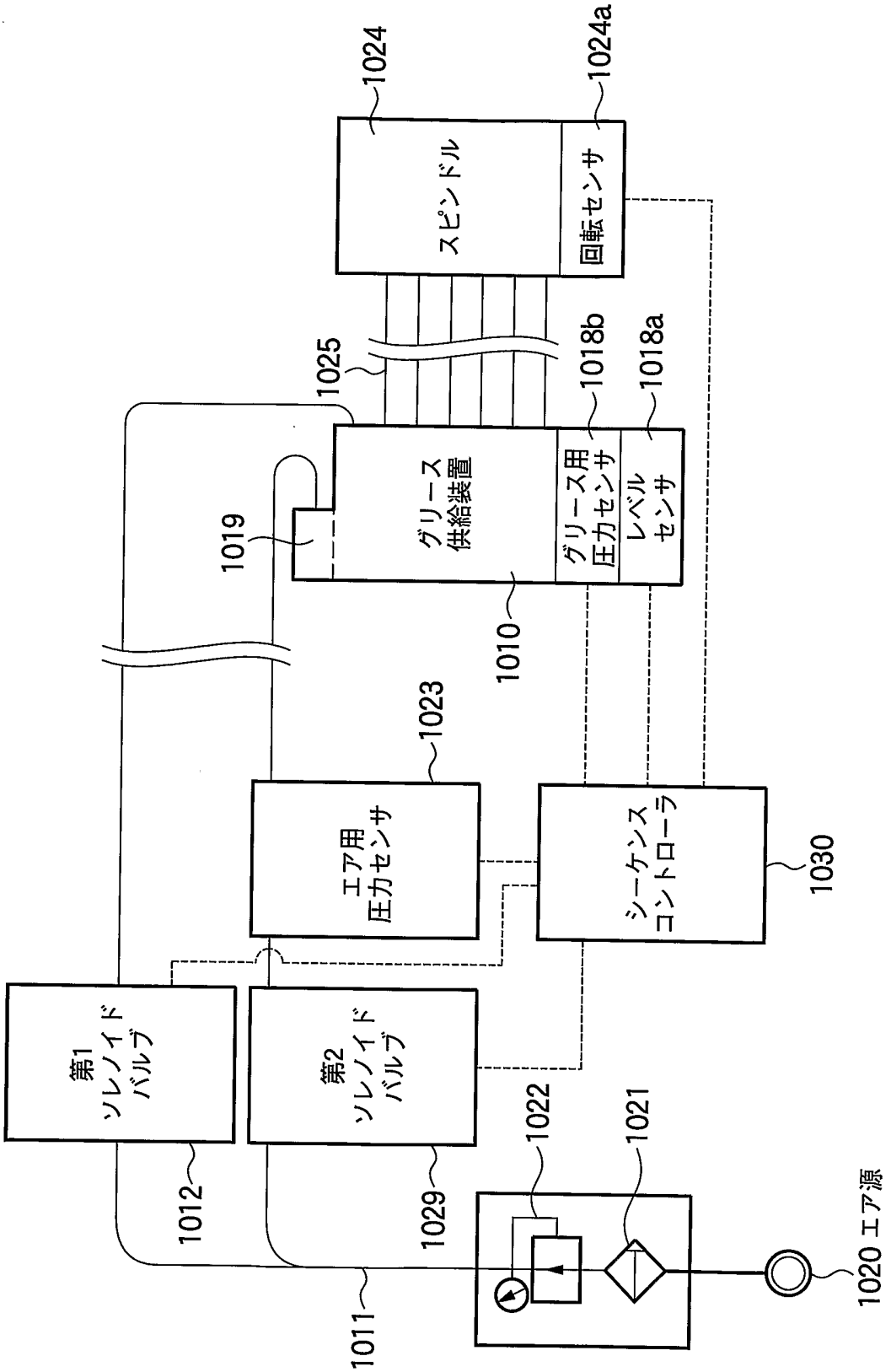

1024
1024a
スピンドル
回転センサ
1025
1018b
1018a
グリース用圧力センサ
レベルセンサ
グリース供給装置
1019
1010
1023
エア用圧力センサ
シーケンスコントローラ
1030
第1ソレノイドバルブ
第2ソレノイドバルブ
1012
1029
1022
1021
1020 エア源
1011

図 63

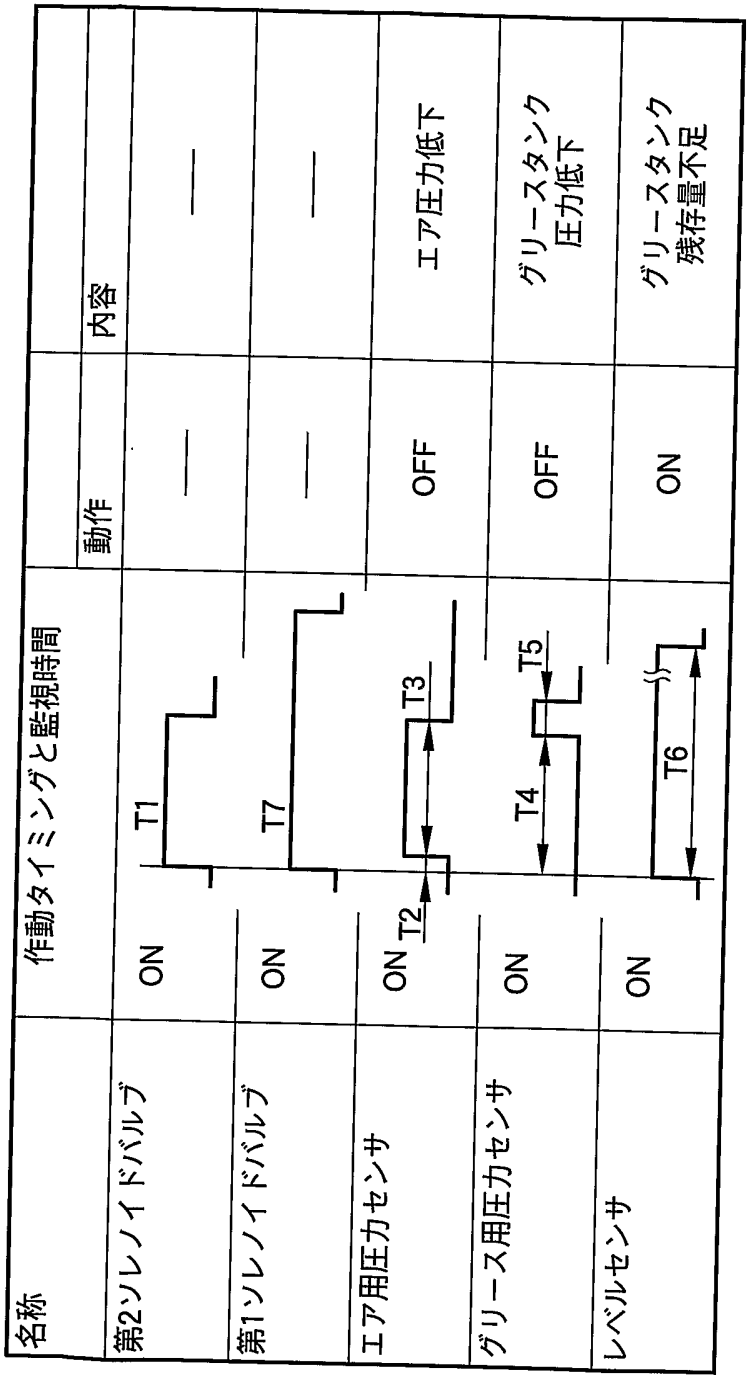

名称
作動タイミングと監視時間
動作
内容
第2ソレノイドバルブ
ON
—
—
第1ソレノイドバルブ
ON
—
—
エア用圧力センサ
ON
OFF
エア圧力低下
グリース用圧力センサ
ON
OFF
グリースタンク
圧力低下
レベルセンサ
ON
ON
グリースタンク
残存量不足
T1
T2
T3
T4
T5
T6
T7

図 64

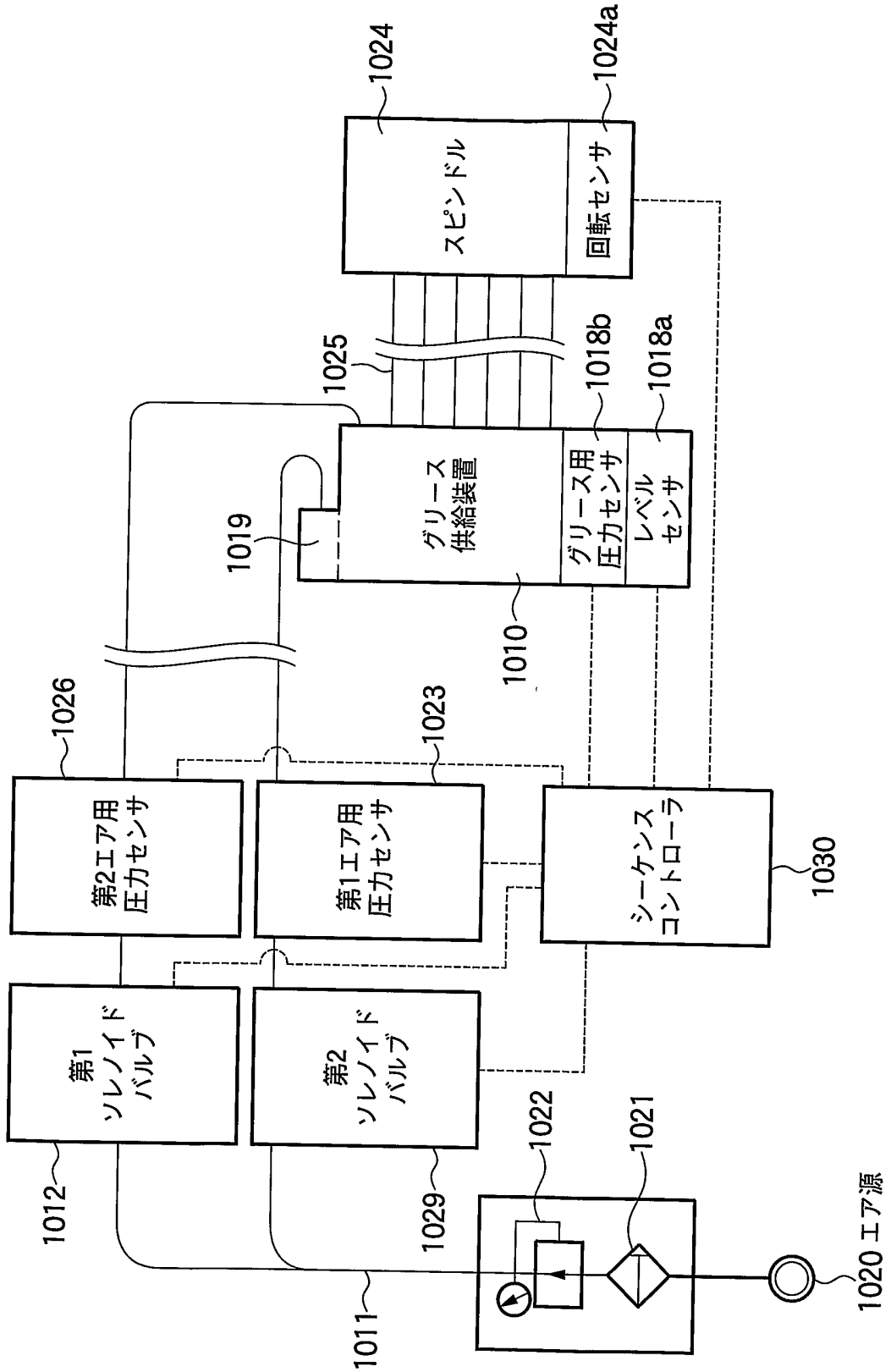

1024
1024a
スピンドル
回転センサ
1025
1018b
1018a
グリース
供給装置
グリース用
圧力センサ
レベル
センサ
1019
1010
1026
1023
第2エア用
圧力センサ
第1エア用
圧力センサ
シーケンス
コントローラ
1030
第1
ソレノイド
バルブ
第2
ソレノイド
バルブ
1012
1029
1022
1021
1011
1020 エア源

図 65

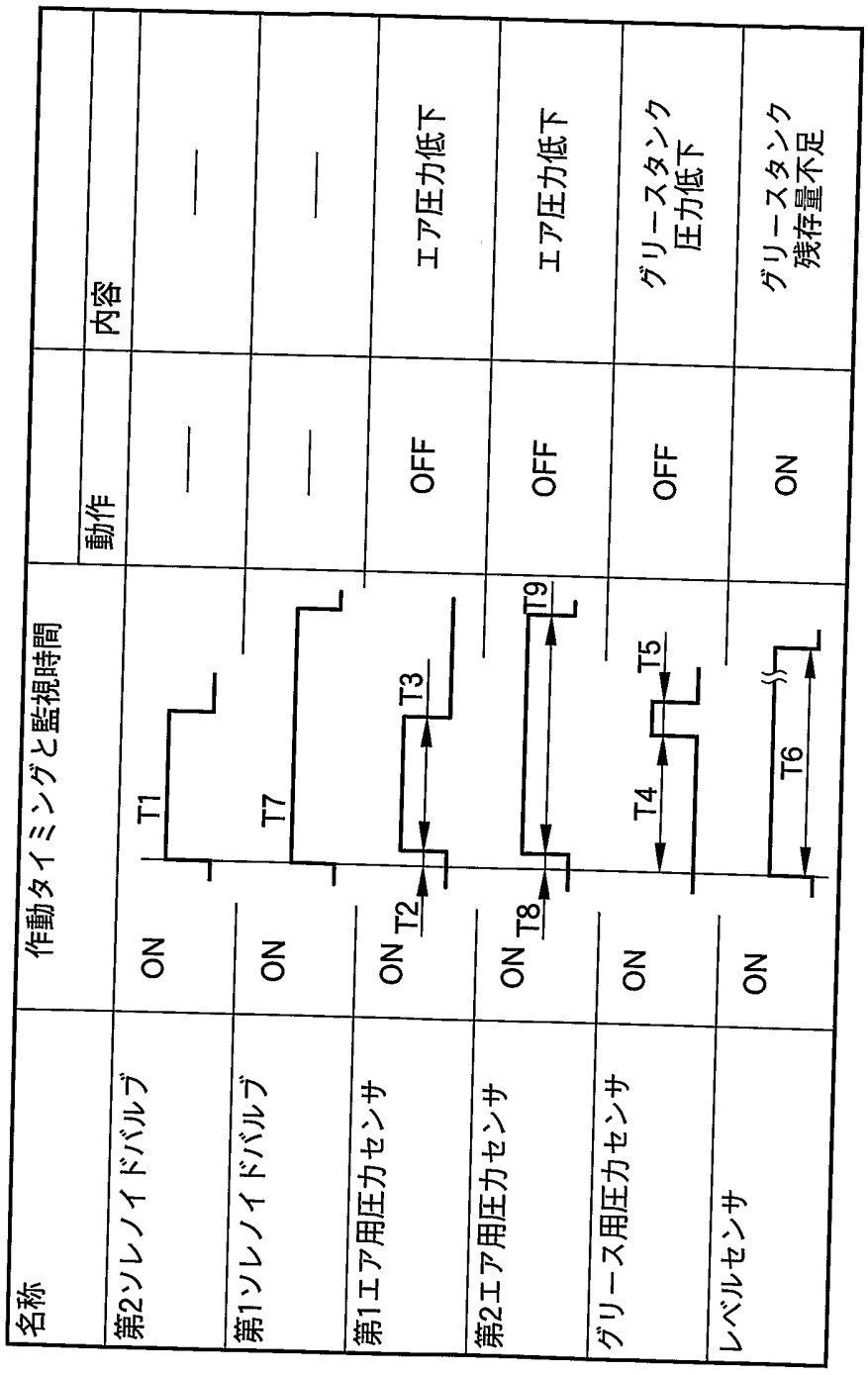

名称
作動タイミングと監視時間
動作
内容
第2ソレノイドバルブ
ON
—
—
第1ソレノイドバルブ
ON
—
—
第1エア用圧力センサ
ON
OFF
エア圧力低下
第2エア用圧力センサ
ON
OFF
エア圧力低下
グリース用圧力センサ
ON
OFF
グリースタンク
圧力低下
レベルセンサ
ON
ON
グリースタンク
残存量不足
T1
T2
T3
T4
T5
T6
T7
T8
T9

図 66

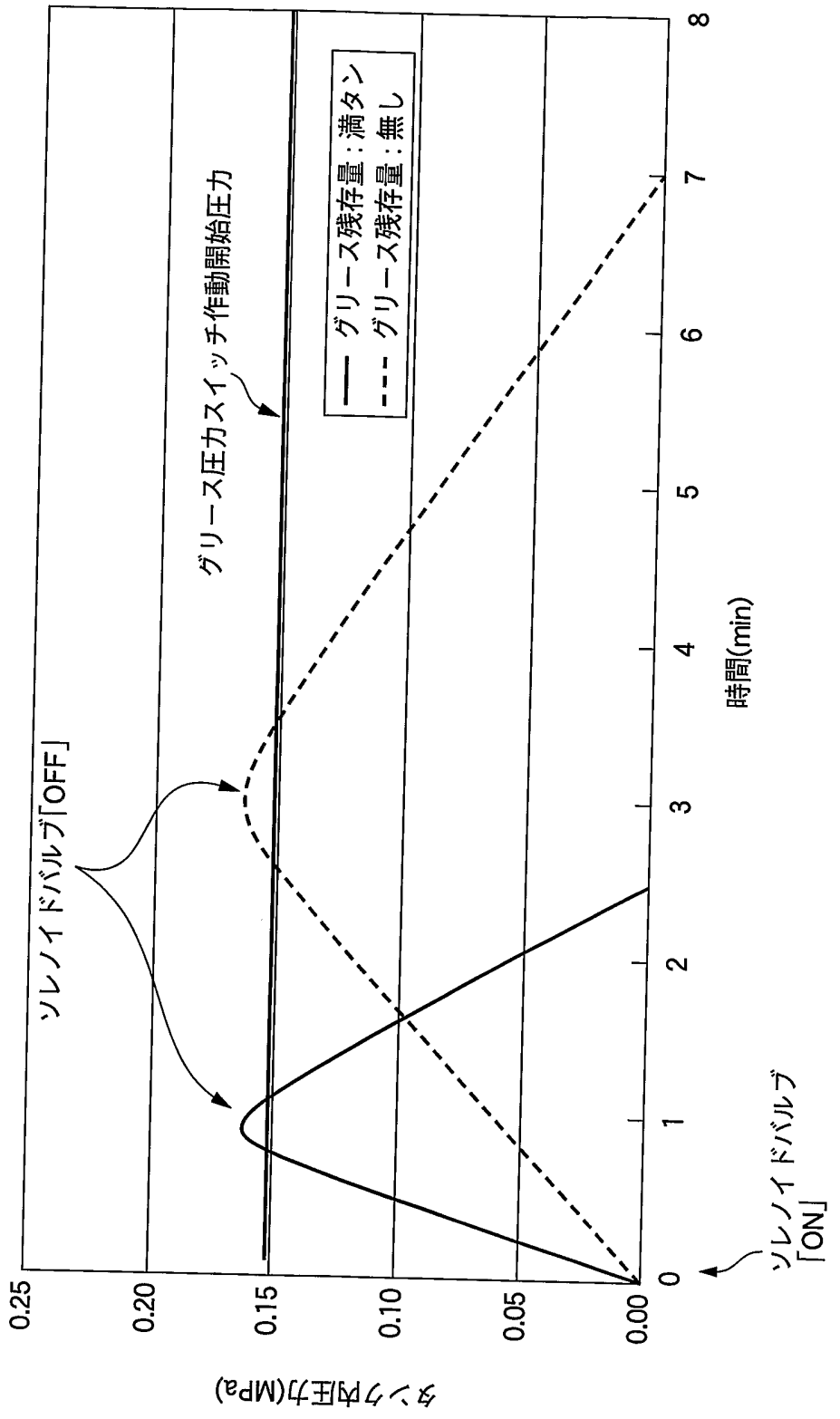

ソレノイドバルブ「OFF」
グリース圧力スイッチ作動開始圧力
グリース残存量：満タン
グリース残存量：無し
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
タンク内圧力(MPa)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
時間(min)
ソレノイドバルブ「ON」

図 67

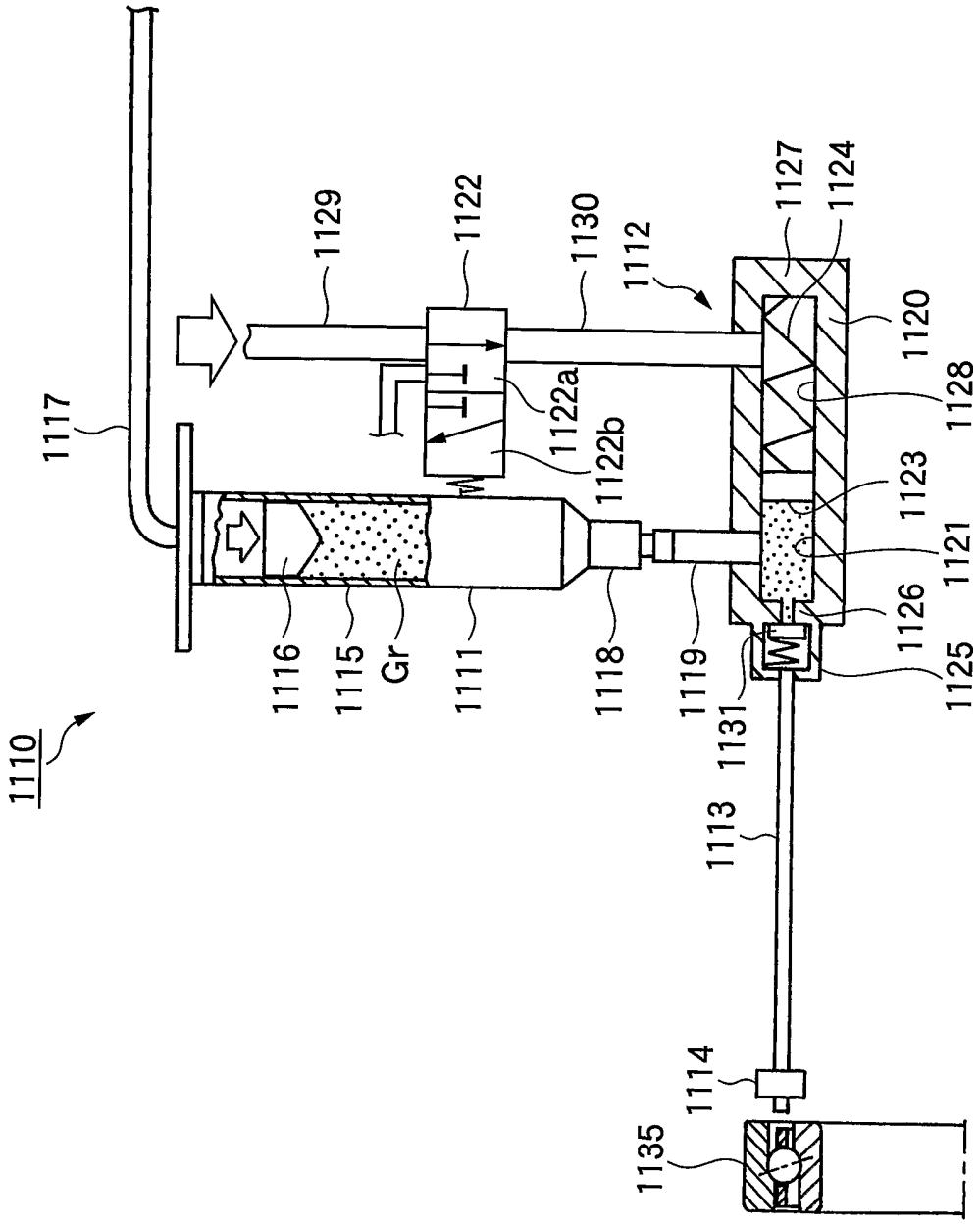

1110
1111
1112
1113
1114
1115
1116
1117
1118
1119
1120
1121
1122
1122a
1122b
1123
1124
1125
1126
1127
1128
1129
1130
1131
1135
Gr

図 68

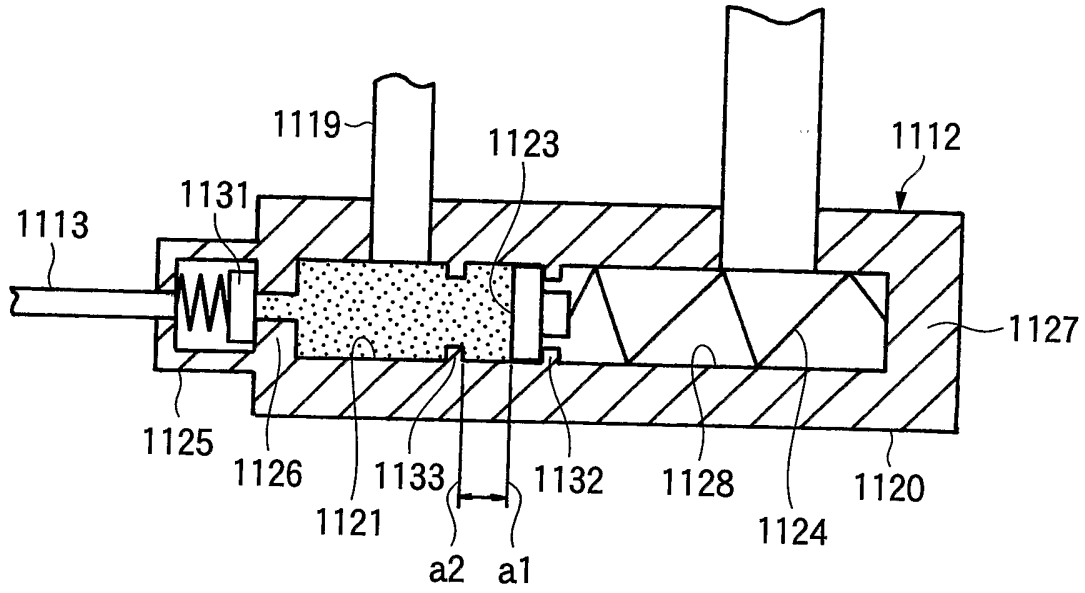

1119
1123
1112
1131
1113
1127
1125
1126
1121
1133
1132
1128
1120
1124
a2
a1

図 69

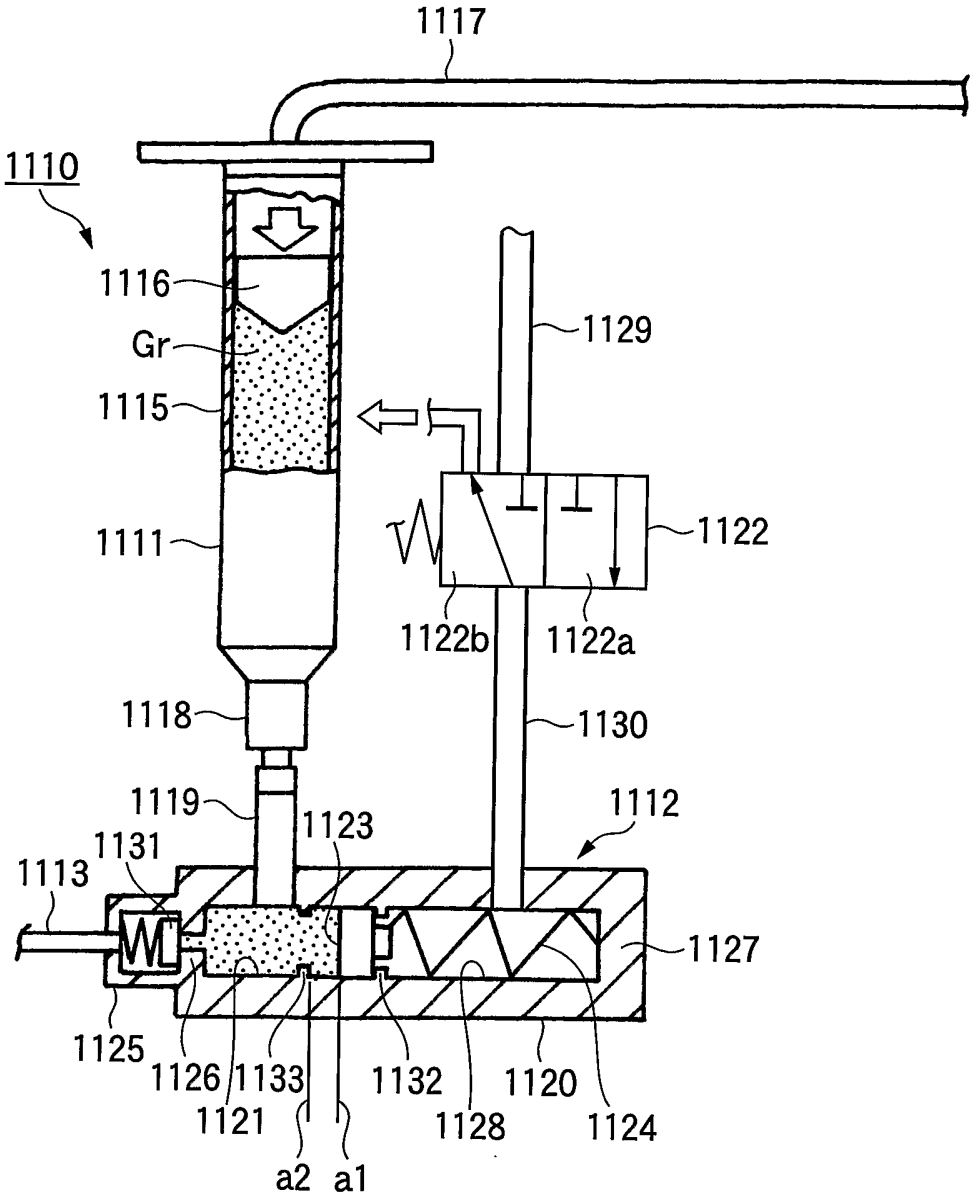

1117
1110
1116
Gr
1115
1111
1129
1122
1122b
1122a
1118
1130
1119
1123
1112
1131
1113
1127
1125
1126
1133
1121
a2
a1
1132
1128
1120
1124

図 70

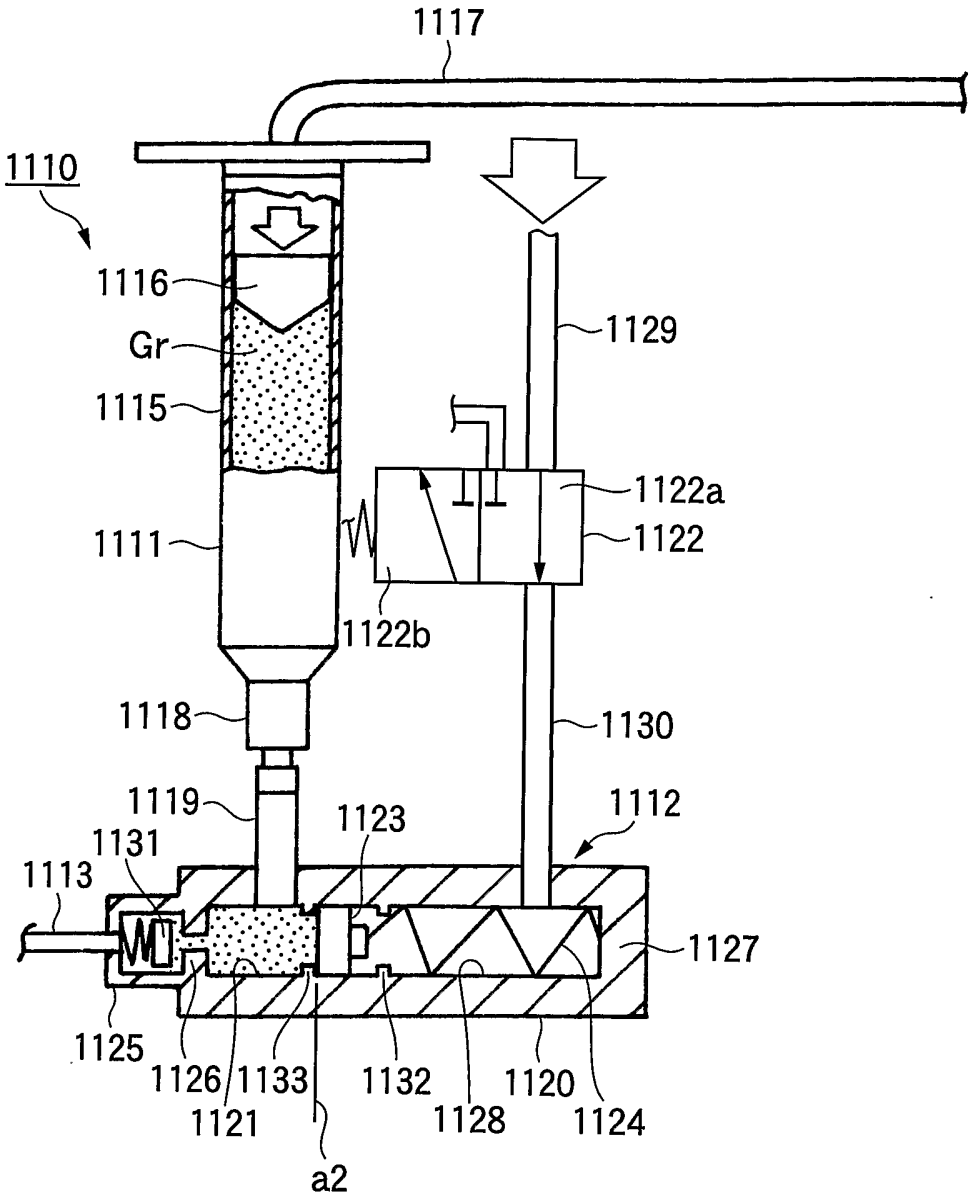

1117
1110
1116
Gr
1115
1111
1129
1122a
1122
1122b
1118
1130
1119
1123
1112
1131
1113
1127
1125
1126
1133
1132
1120
1121
1128
1124
a2

図 71

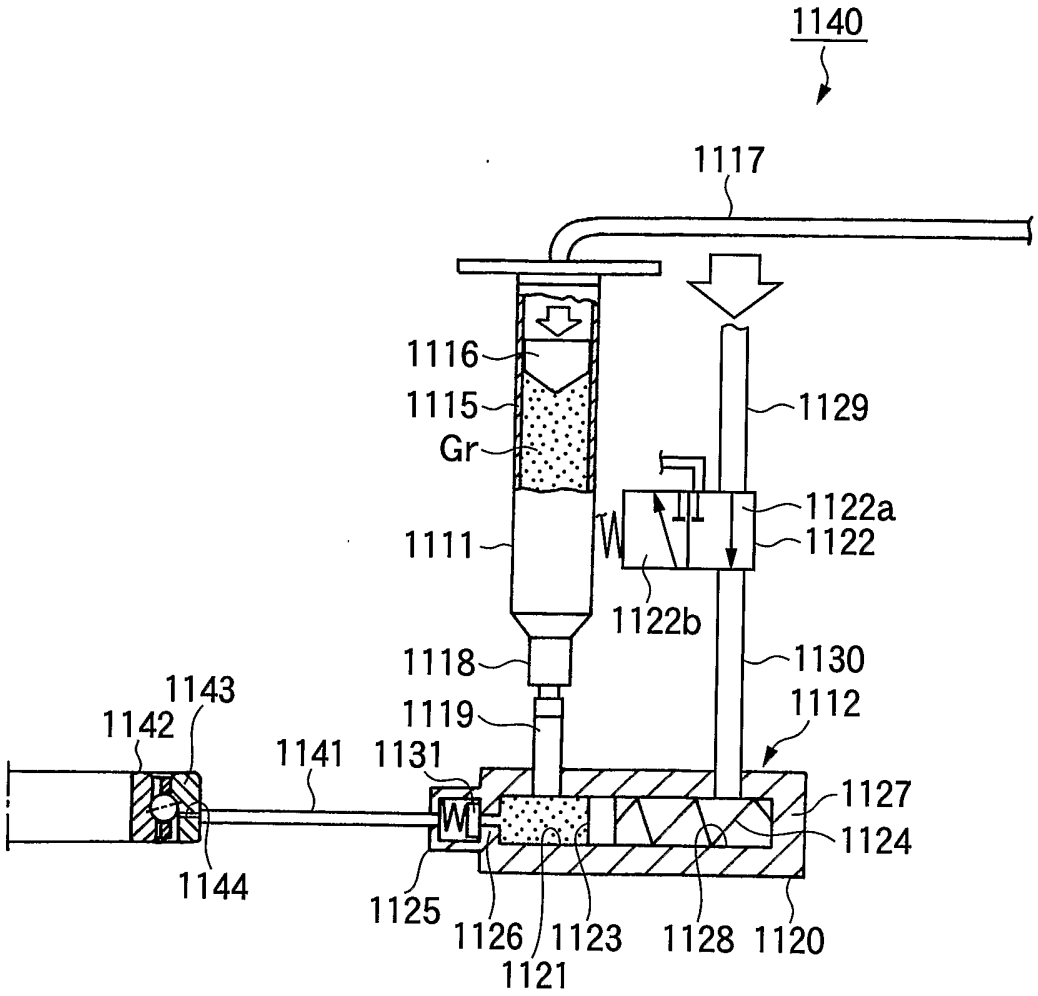

1140
1117
1116
1115
Gr
1111
1129
1122a
1122
1122b
1118
1130
1143
1142
1119
1112
1141
1131
1127
1124
1144
1125
1126
1123
1128
1120
1121

図 72

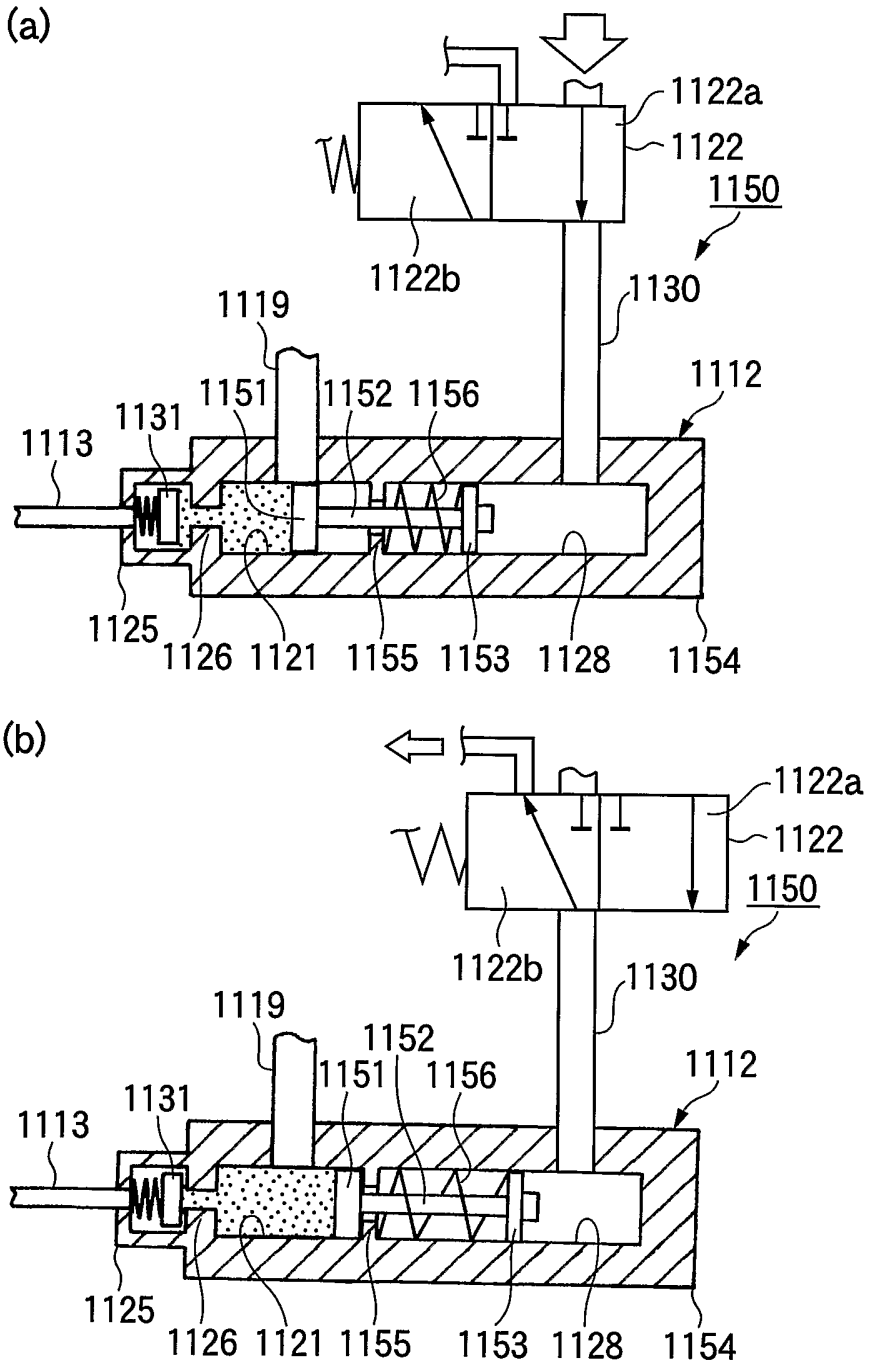

(a)
1122a
1122
1150
1122b
1130
1119
1112
1151
1152
1156
1131
1113
1125
1126
1121
1155
1153
1128
1154
(b)
1122a
1122
1150
1122b
1130
1119
1152
1151
1156
1112
1131
1113
1125
1126
1121
1155
1153
1128
1154

図 73

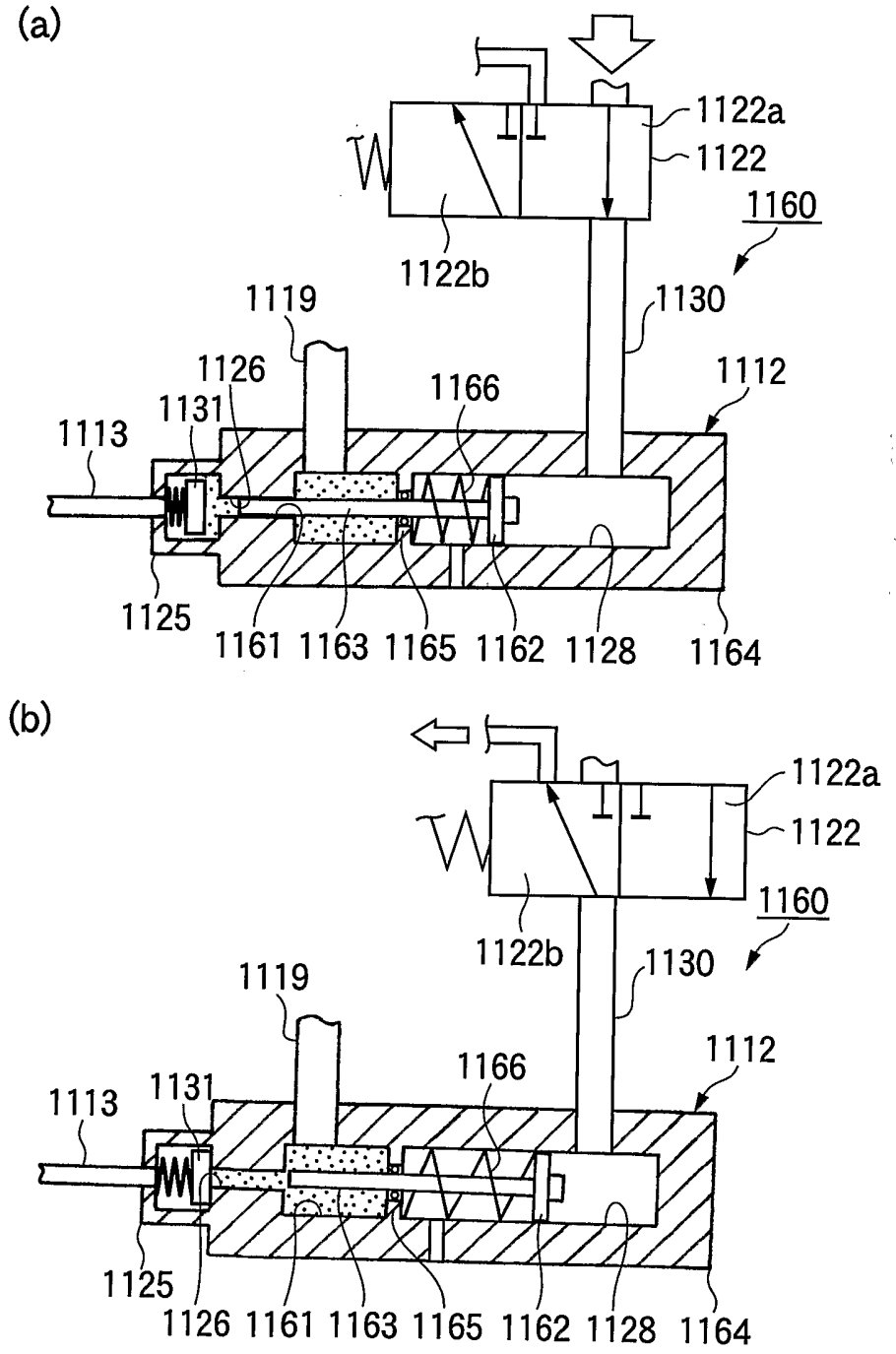

(a)
1122a
1122
1160
1122b
1130
1119
1126
1131
1166
1112
1113
1125
1161
1163
1165
1162
1128
1164
(b)
1122a
1122
1160
1122b
1130
1119
1112
1166
1131
1113
1125
1126
1161
1163
1165
1162
1128
1164

図 74

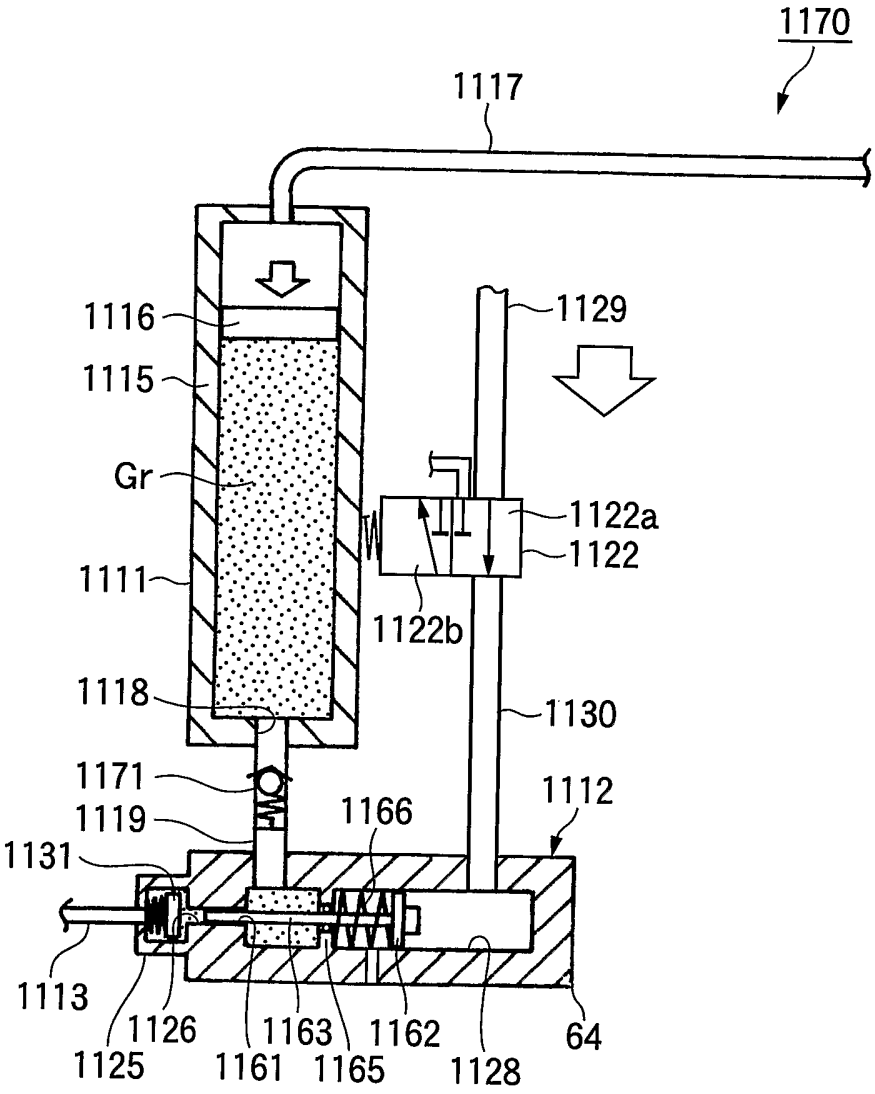

1170
1117
1116
1115
Gr
1111
1118
1171
1119
1131
1113
1125
1126
1161
1163
1165
1162
1128
64
1166
1112
1130
1129
1122a
1122
1122b

図 75

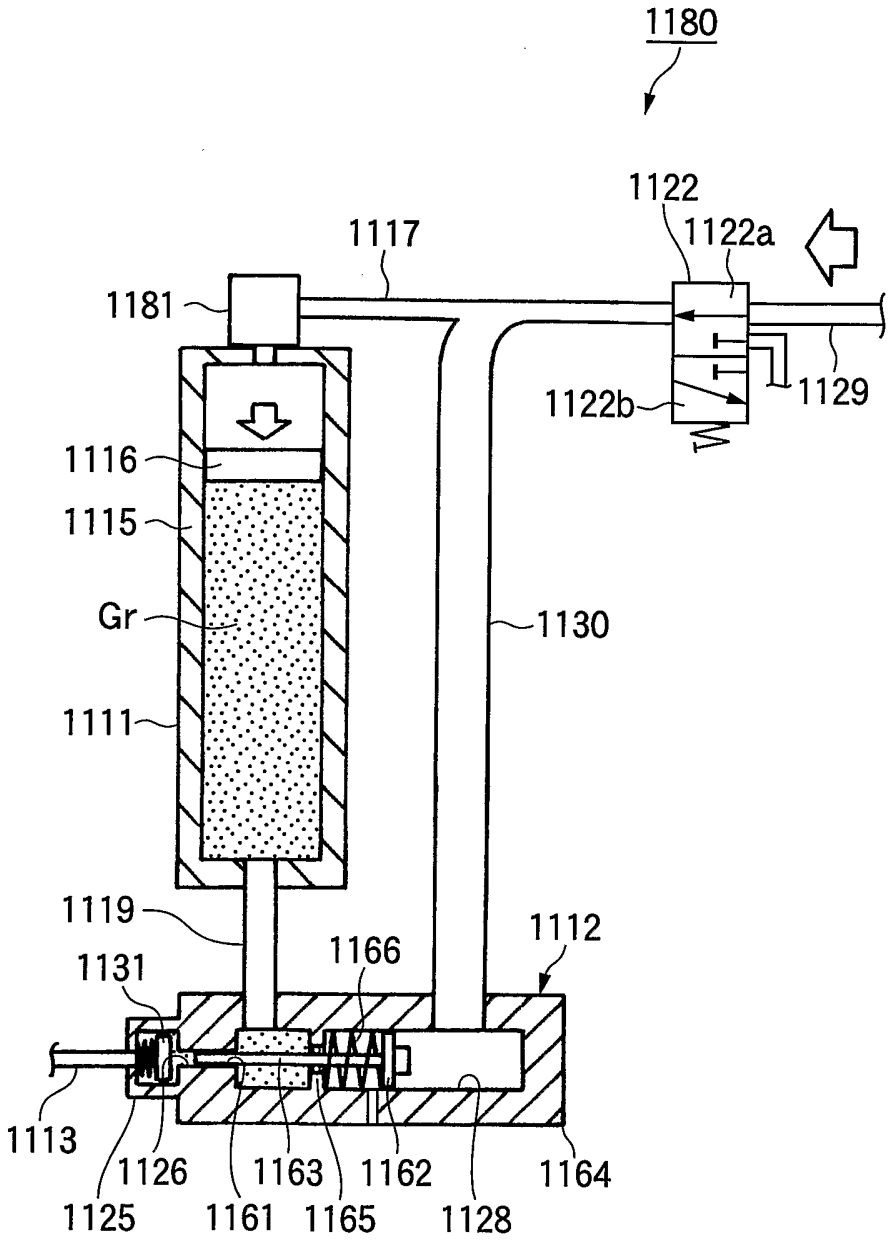

1180
1122
1122a
1117
1181
1129
1122b
1116
1115
Gr
1130
1111
1119
1112
1166
1131
1113
1126
1163
1162
1164
1125
1161
1165
1128

図 76

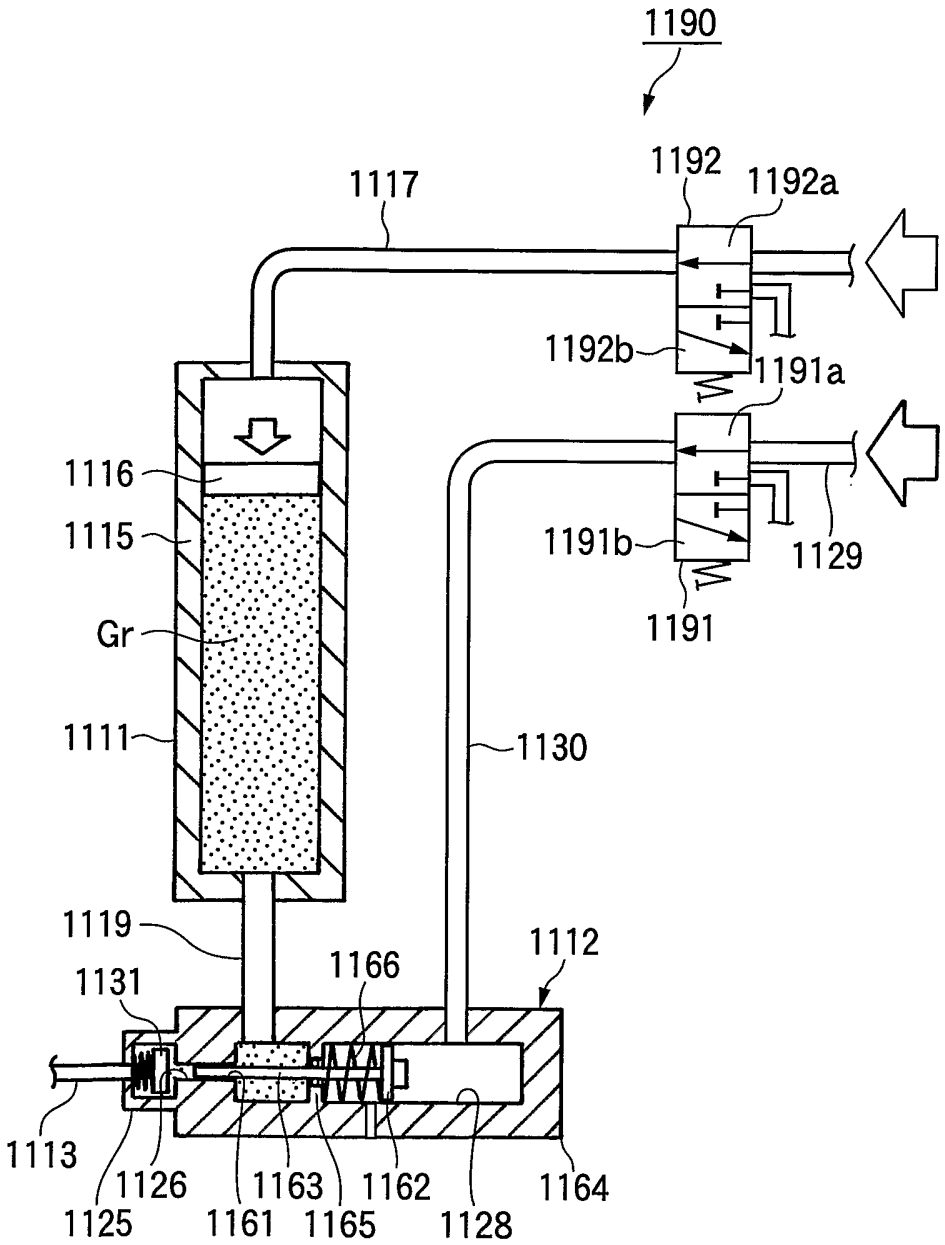
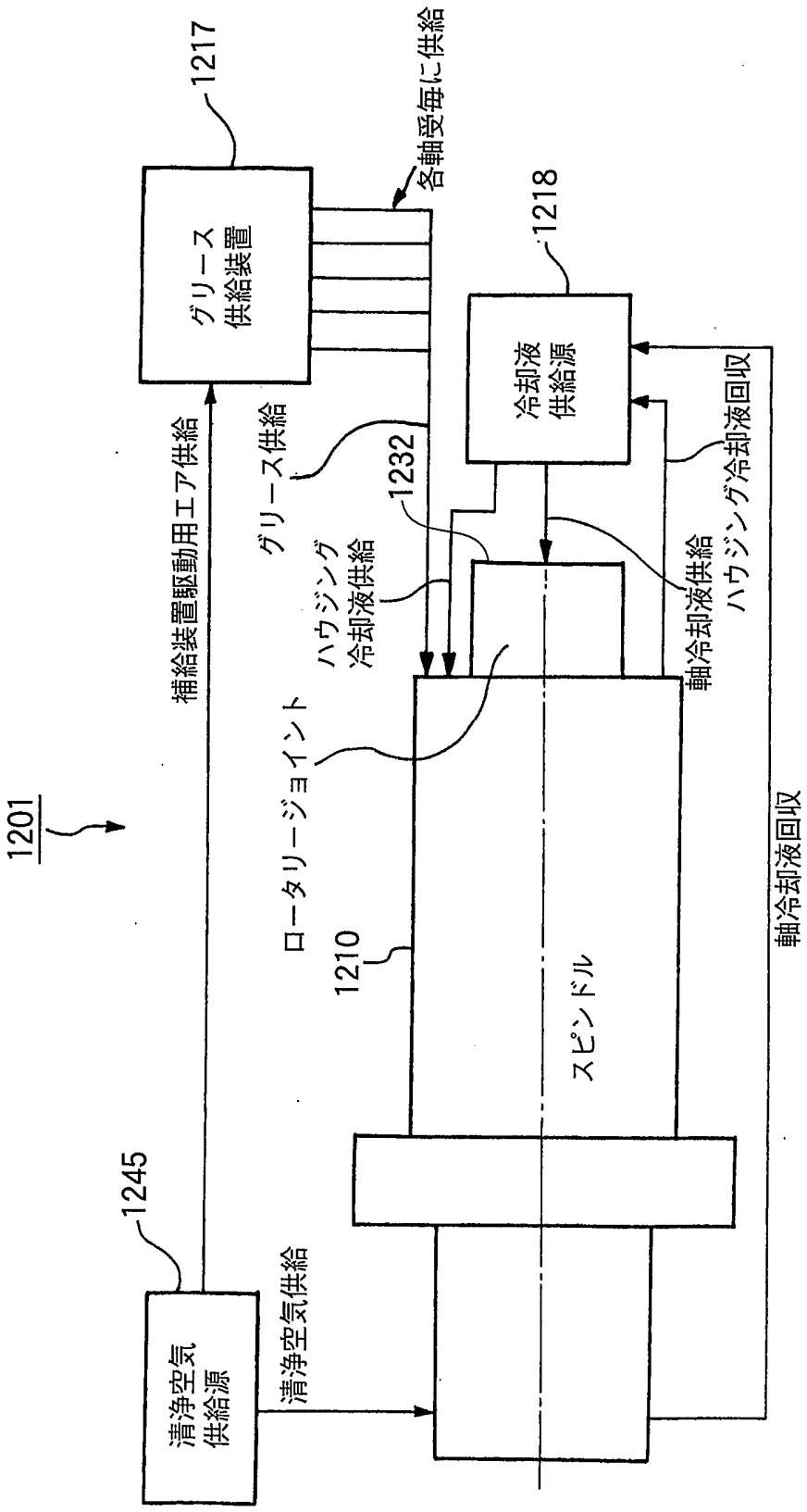

1190
1192
1192a
1117
1192b
1191a
1116
1115
1191b
1129
Gr
1191
1111
1130
1119
1112
1166
1131
1113
1126
1163
1162
1164
1125
1161
1165
1128

図 77



差換え用紙 (規則26)

図 78

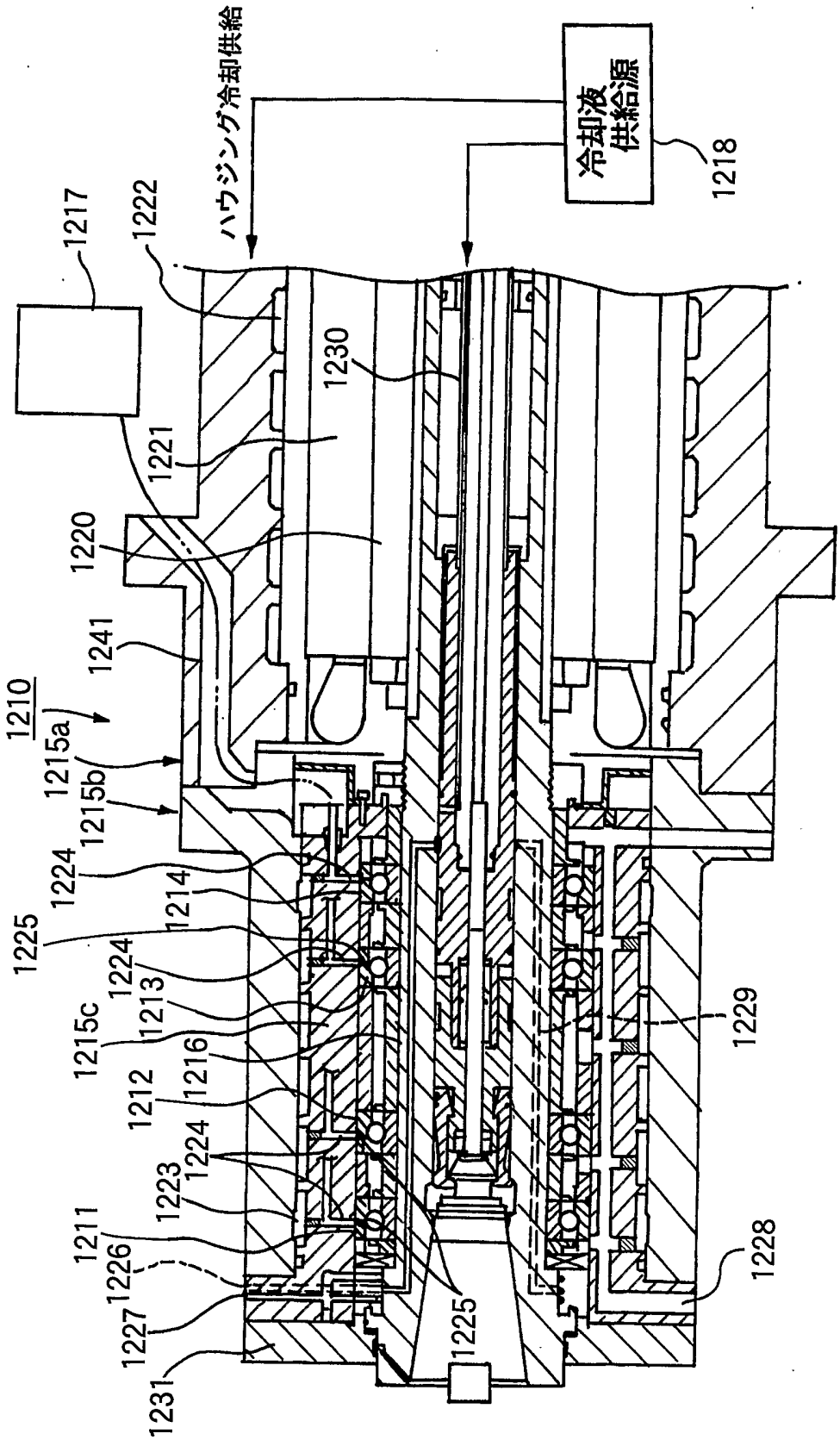

ハウジング冷却供給
冷却液供給源
1218
1217
1222
1230
1221
1220
1241
1210
1215a
1215b
1224
1214
1225
1224
1213
1215c
1216
1212
1224
1223
1211
1226
1227
1231
1225
1229
1228

図 79

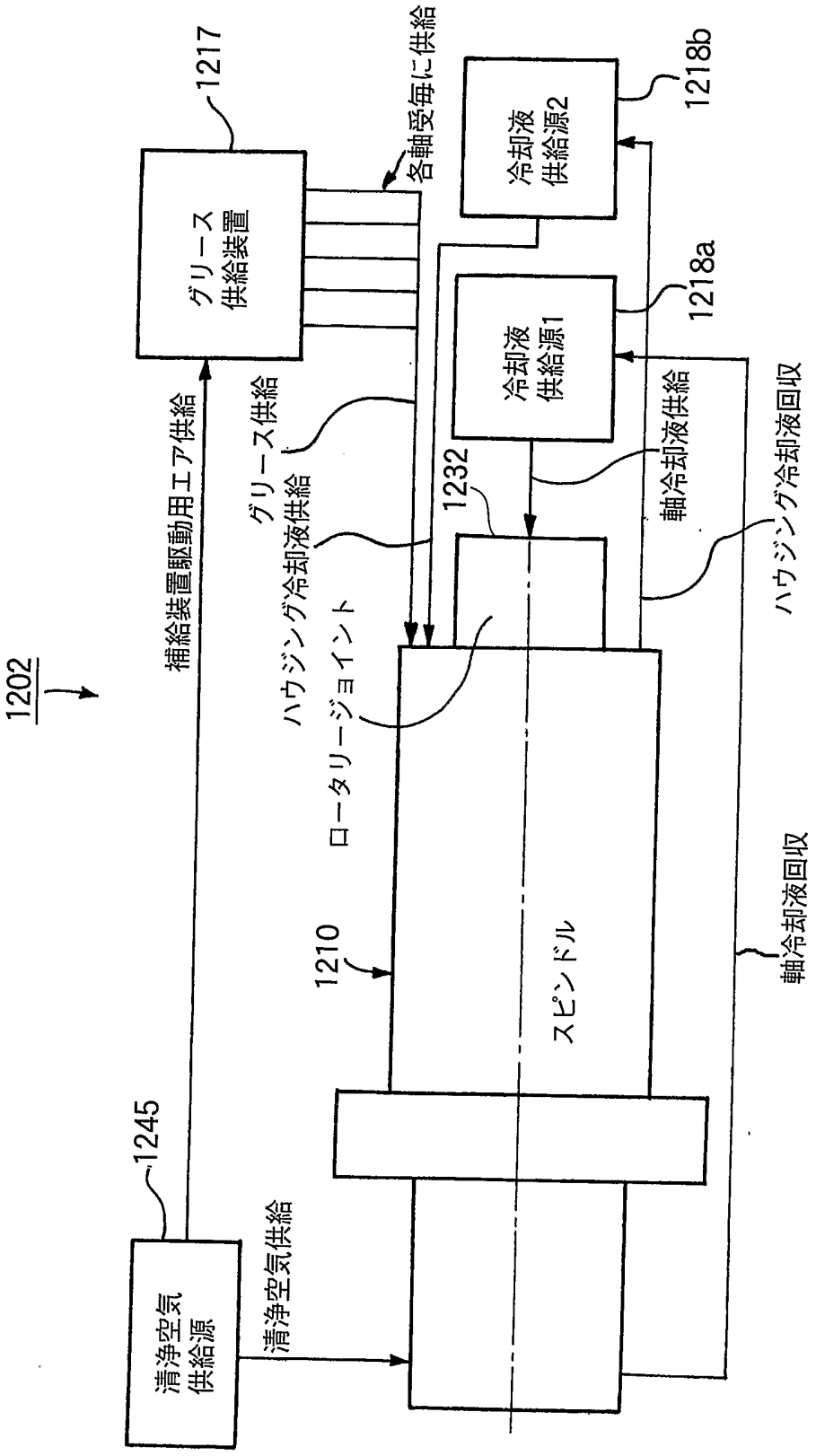

1202
1217
グリース
供給装置
各軸受毎に供給
冷却液
供給源2
1218b
冷却液
供給源1
1218a
補給装置駆動用エア供給
グリース供給
ハウジング冷却液供給
1232
軸冷却液供給
ハウジング冷却液回収
ロータリージョイント
1210
スピンドル
軸冷却液回収
1245
清浄空気
供給源
清浄空気供給

図 80

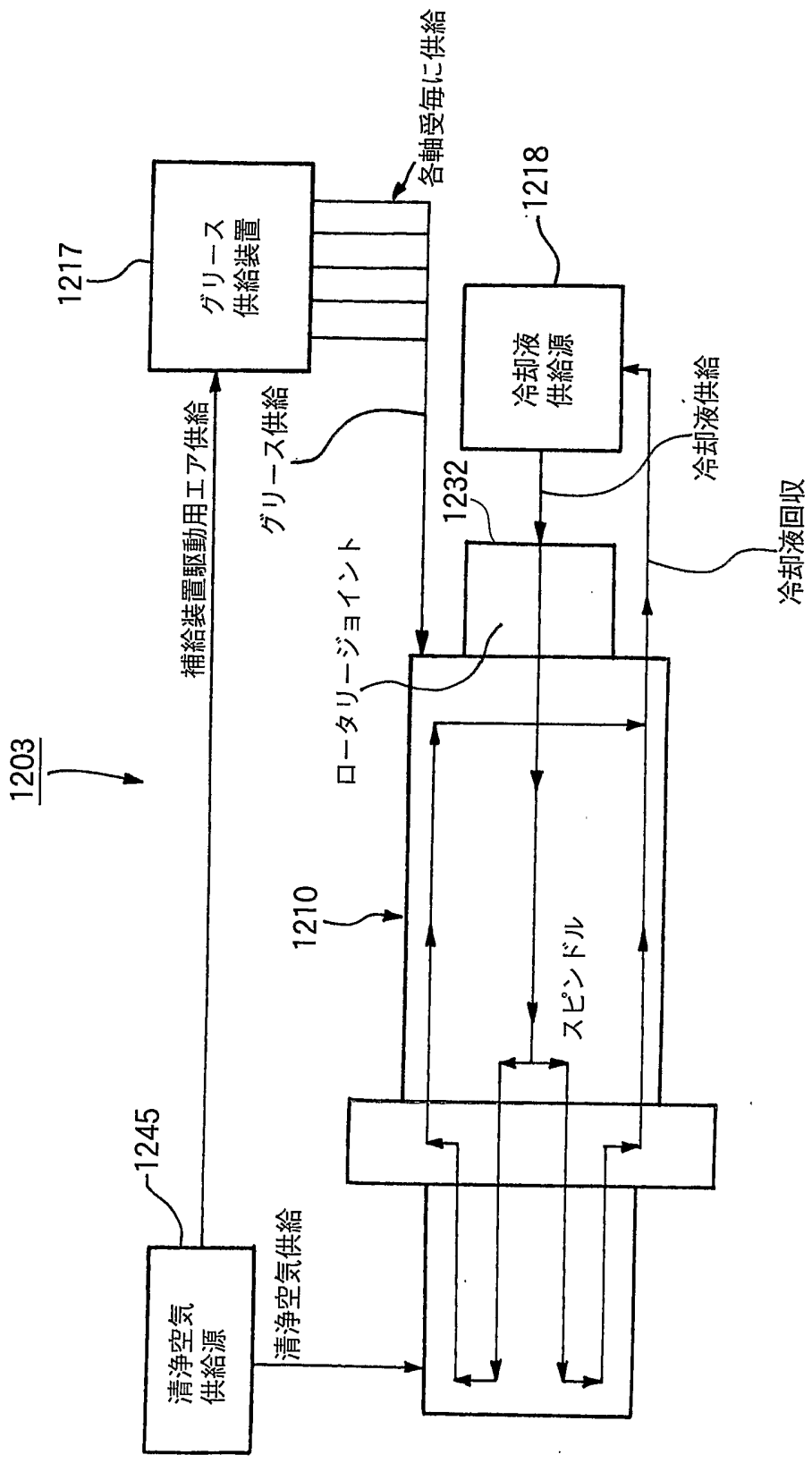

各軸受毎に供給
1217
グリース供給装置
1218
冷却液供給源
冷却液供給
グリース供給
補給装置駆動用エア供給
1232
冷却液回収
ロータリージョイント
1203
1210
スピンドル
1245
清浄空気供給源
清浄空気供給

図 81

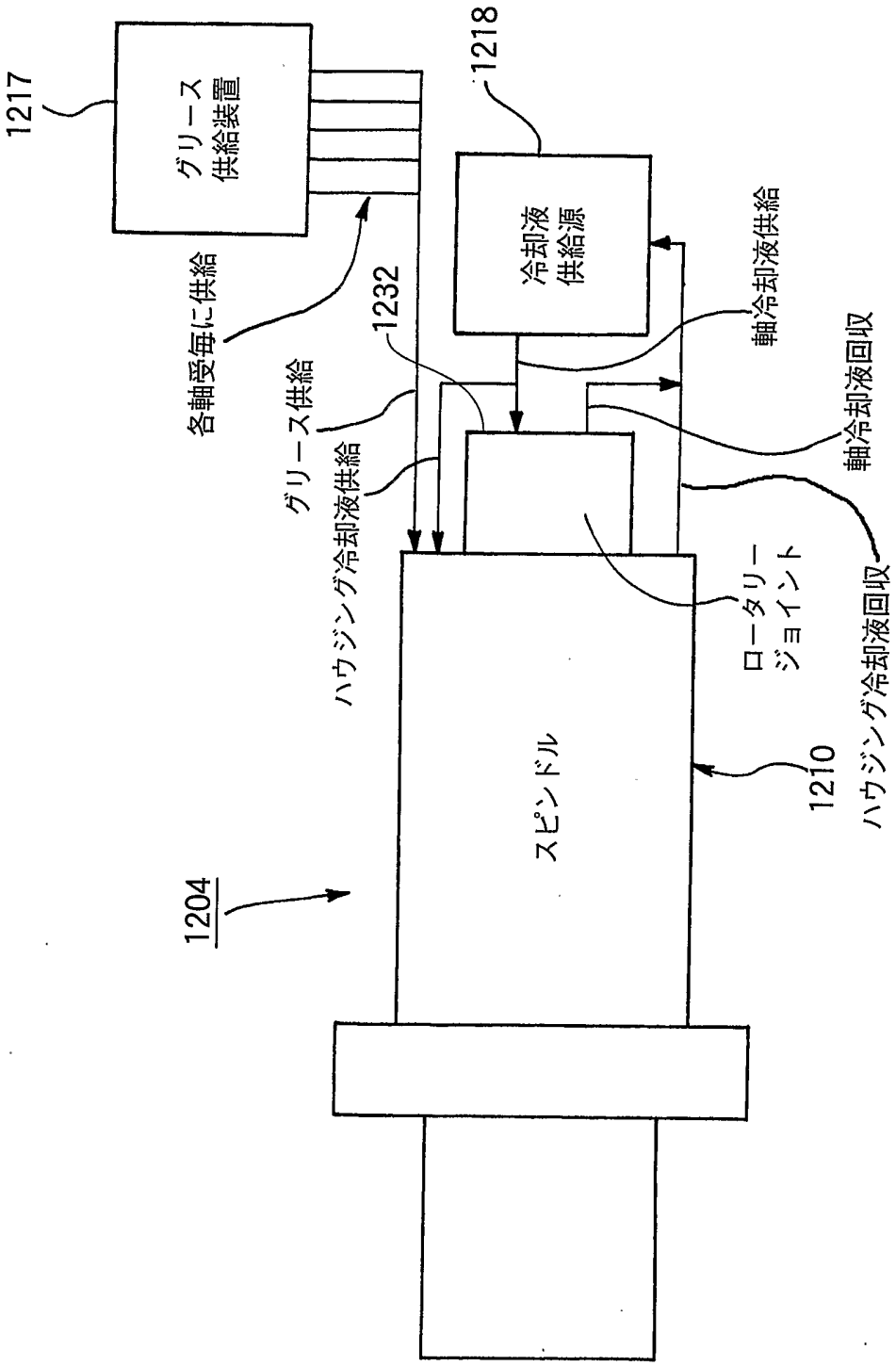

1217
グリース供給装置
1218
冷却液供給源
各軸受毎に供給
1232
グリース供給
ハウジング冷却液供給
軸冷却液供給
軸冷却液回収
ロータリージョイント
スピンドル
1210
ハウジング冷却液回収
1204

図 82

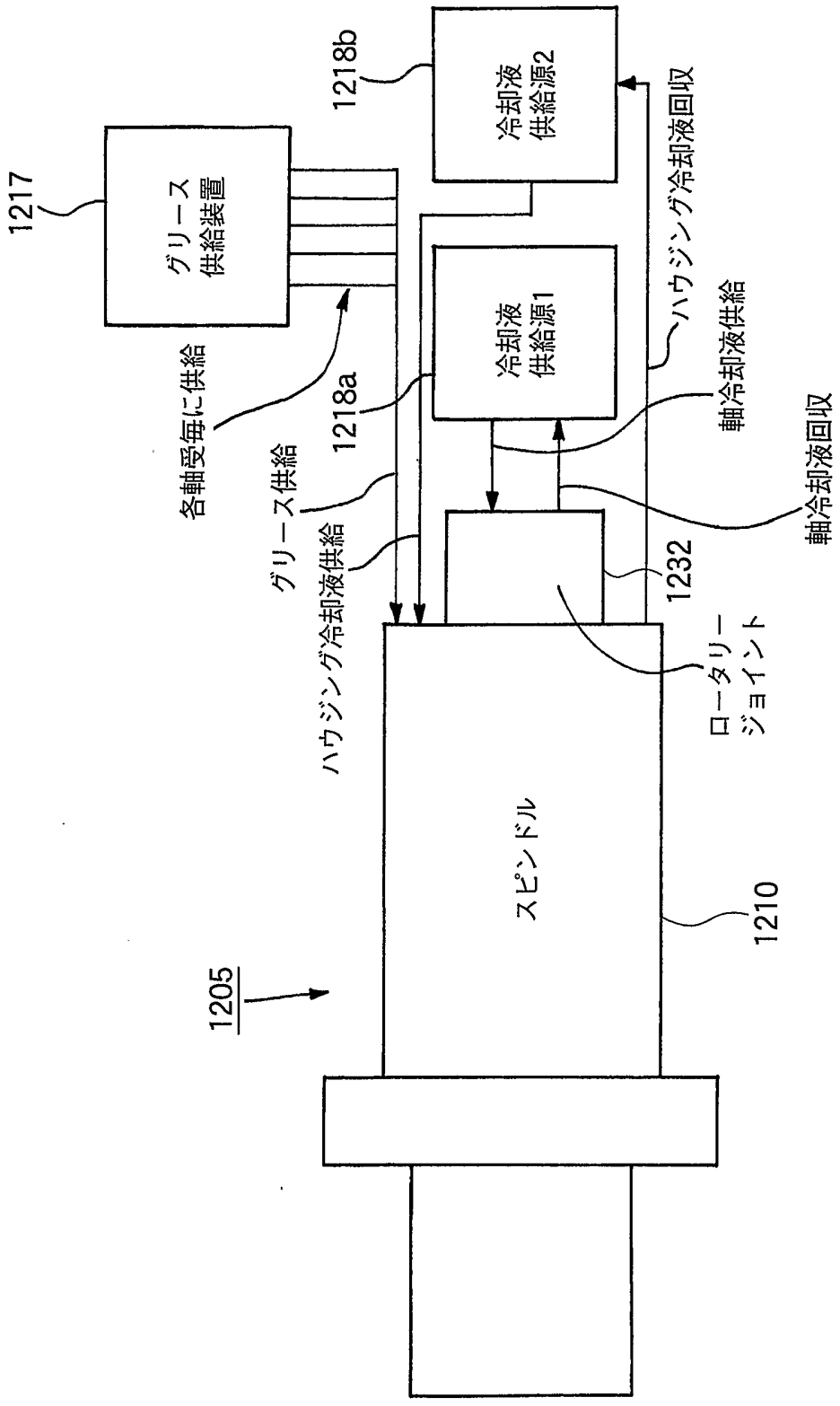

1217
グリース供給装置
1218b
冷却液供給源2
ハウジング冷却液回収
冷却液供給源1
軸冷却液供給
各軸受毎に供給
1218a
グリース供給
軸冷却液回収
ハウジング冷却液供給
1232
ロータリージョイント
スピンドル
1210
1205

図 83

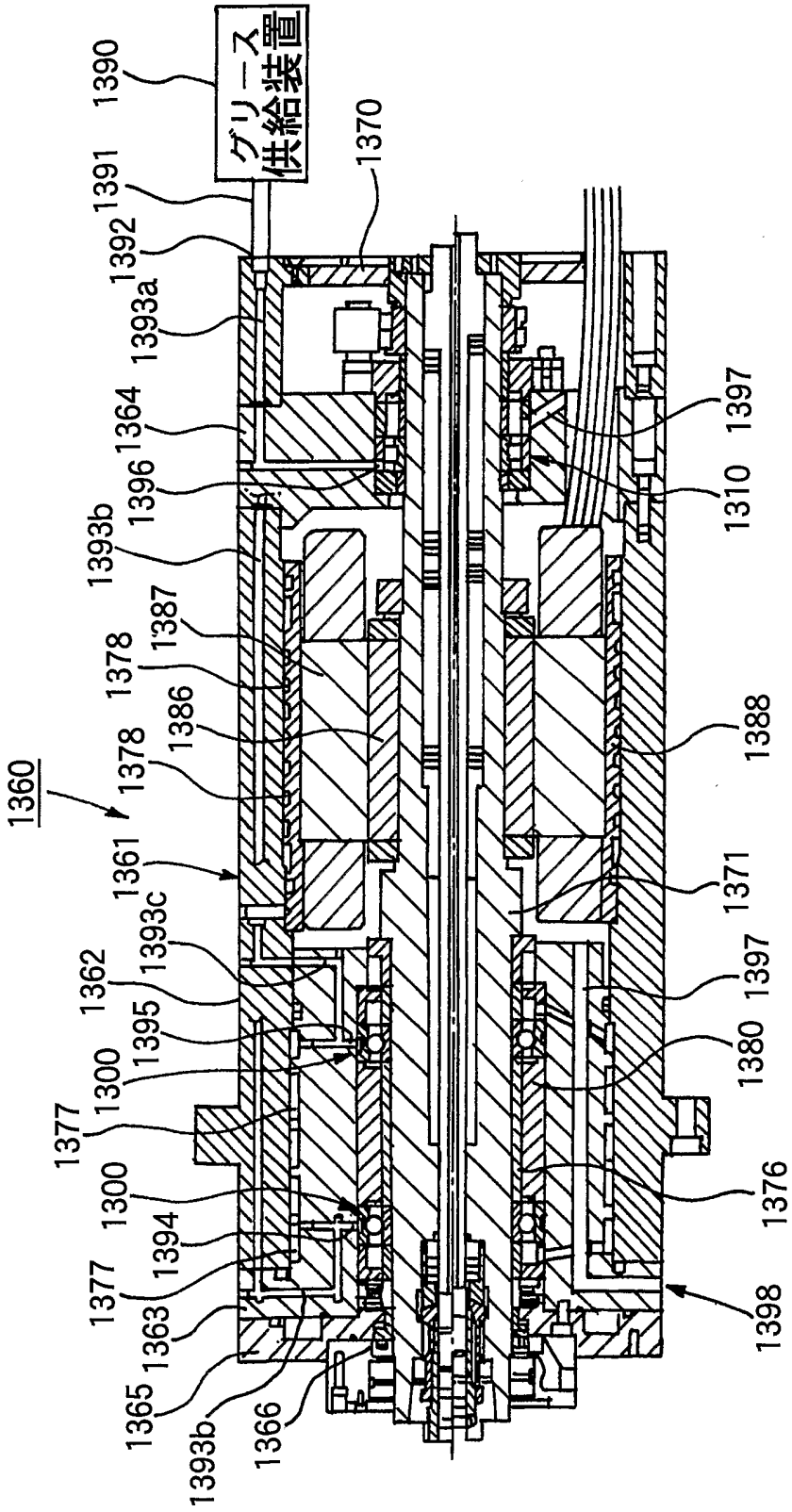

グリース供給装置
1390
1391
1392
1393a
1364
1396
1393b
1387
1378
1386
1378
1360
1361
1393c
1362
1395
1300
1377
1300
1394
1377
1363
1365
1393b
1366
1370
1397
1310
1388
1371
1397
1380
1376
1398

図 84

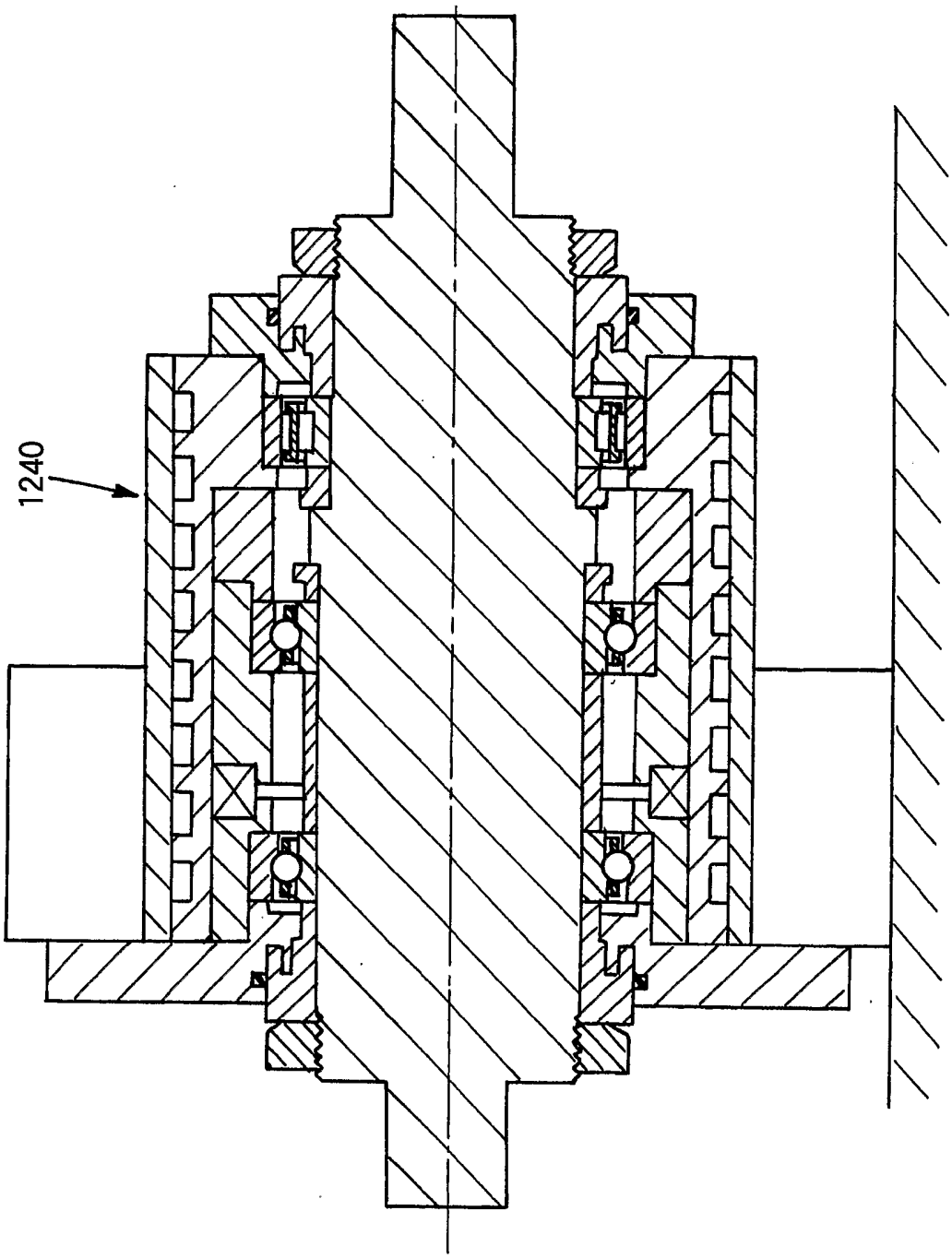


図85

試験No	1	2	3
定圧予圧荷重(N)	1870	1870	1870
初期グリース封入量(%)	1	5	15
初期グリース封入量(cc)	0.15	0.75	2.25
冷却(冷却油温度)	あり(25℃)	あり(25℃)	あり(25℃)
軸受温度(℃)	42	42	42
耐久時間(hr)	28.5	118.5	260

図 86

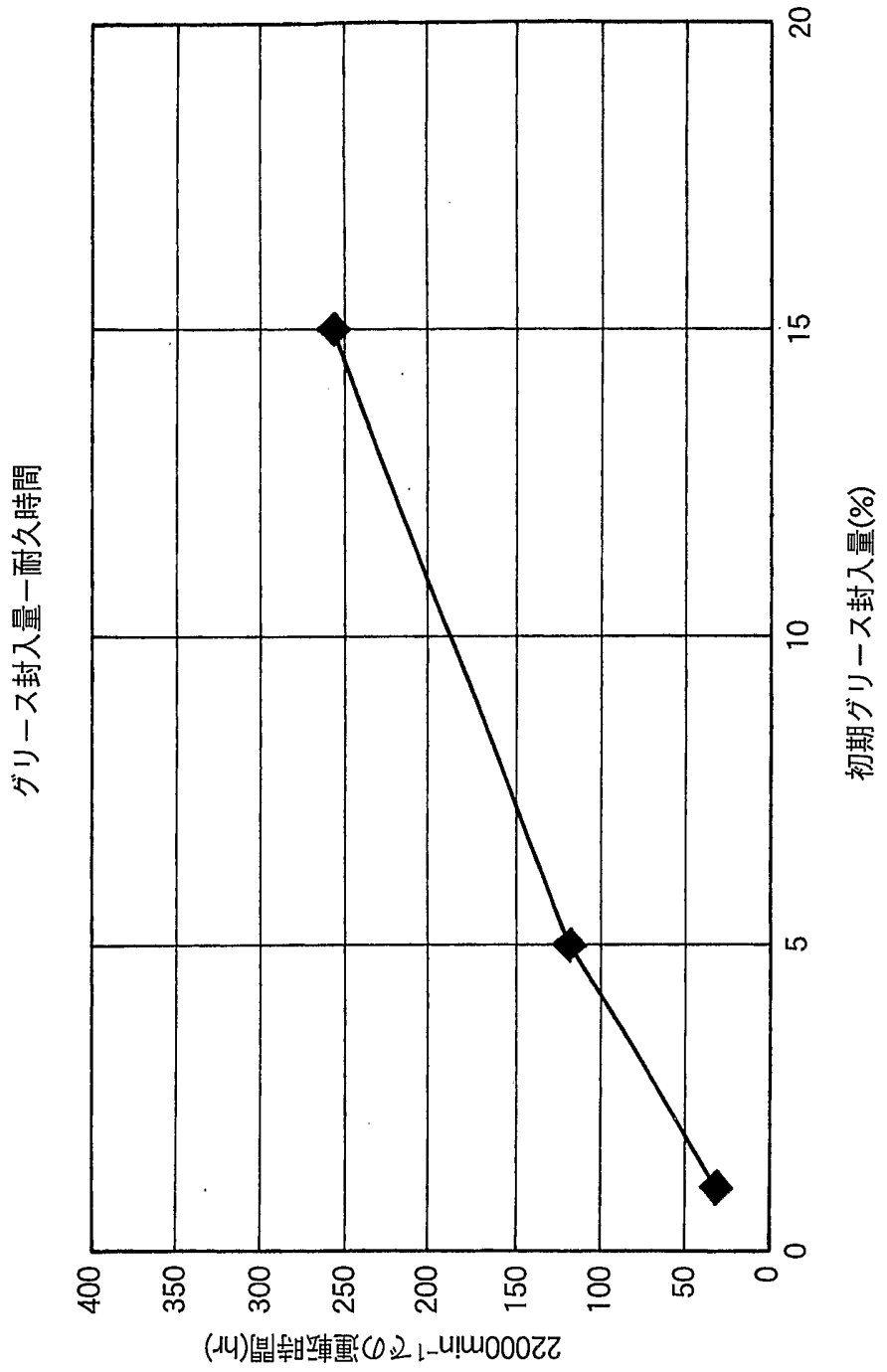

グリース封入量－耐久時間
2000min⁻¹での運転時間(hr)
初期グリース封入量(%)
400
350
300
250
200
150
100
50
0
0
5
10
15
20

図87

試験No	1	4	5
定圧予圧荷重(N)	1870	1870	1870
初期グリース封入量(%)	1	1	1
初期グリース封入量(cc)	0.15	0.15	0.15
冷却(冷却油温度)	あり(25℃)	あり(20℃)	なし
軸受温度(℃)	42	30	62
耐久時間(hr)	28.5	56	8

図 88

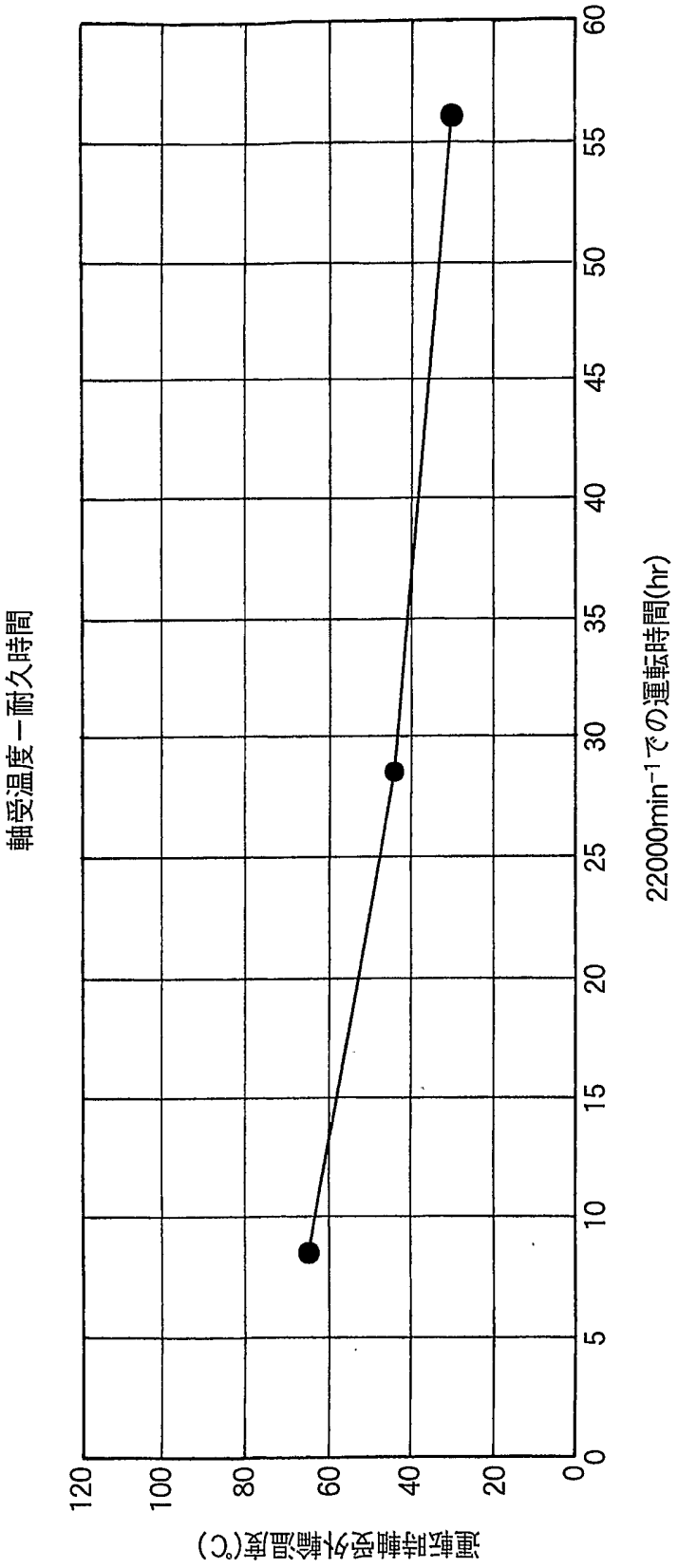

軸受温度ー耐久時間
運転時軸受外輪温度(℃)
120
100
80
60
40
20
0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
22000min⁻¹での運転時間(hr)

図 89

試験No	2	6	7	8
定圧予圧荷重(N)	1870	2200	2600	3000
初期グリース封入量(%)	5	←	←	←
初期グリース封入量(cc)	0.75	←	←	←
冷却(冷却油温度)	あり(25℃)	←	←	←
軸受温度(℃)	42	←	←	←
耐久時間(hr)	118.5	56	45	29

図 90

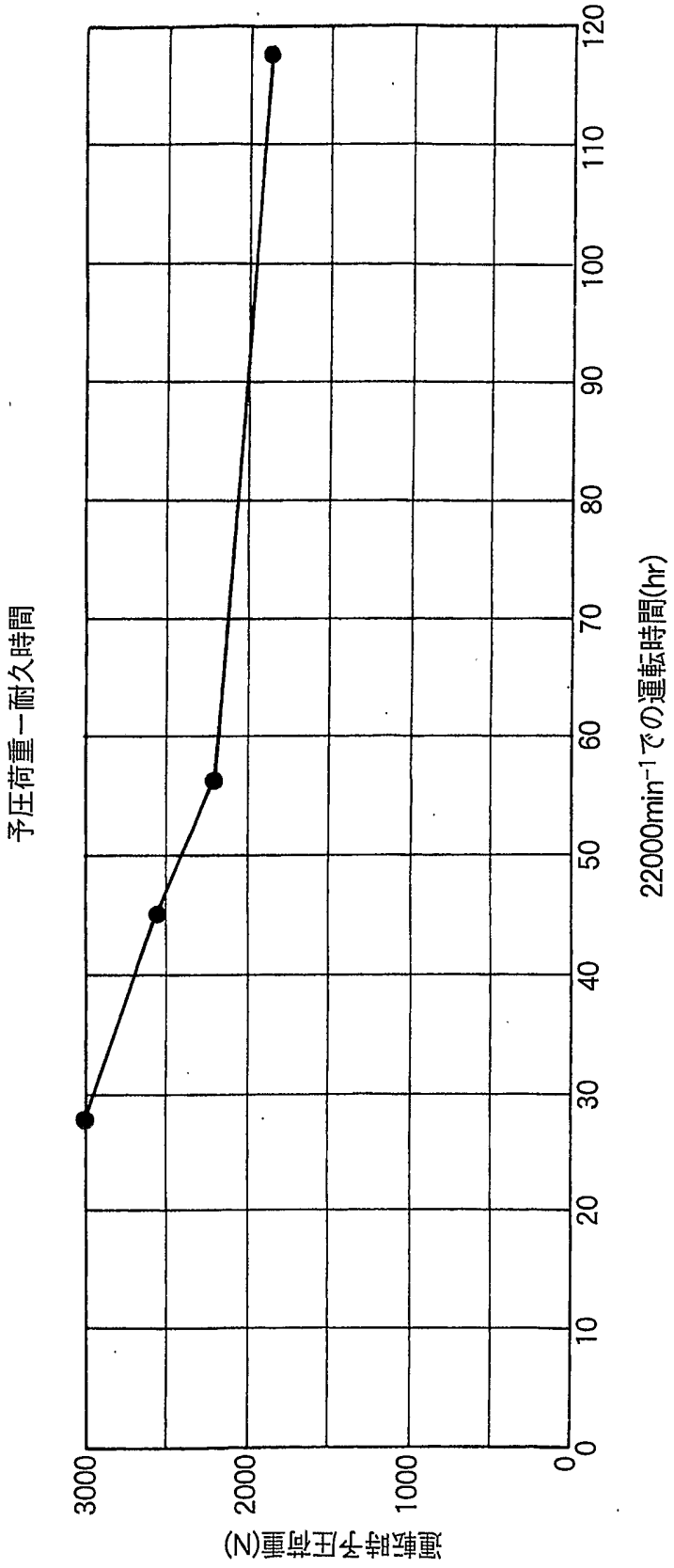

予圧荷重－耐久時間
運転時予圧荷重(N)
3000
2000
1000
0
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
22000min⁻¹での運転時間(hr)

図 91

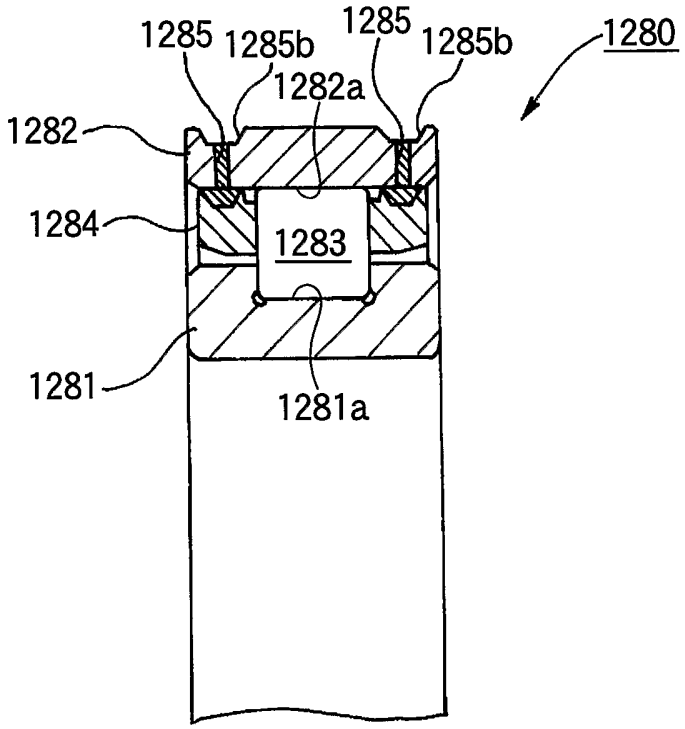


図 92

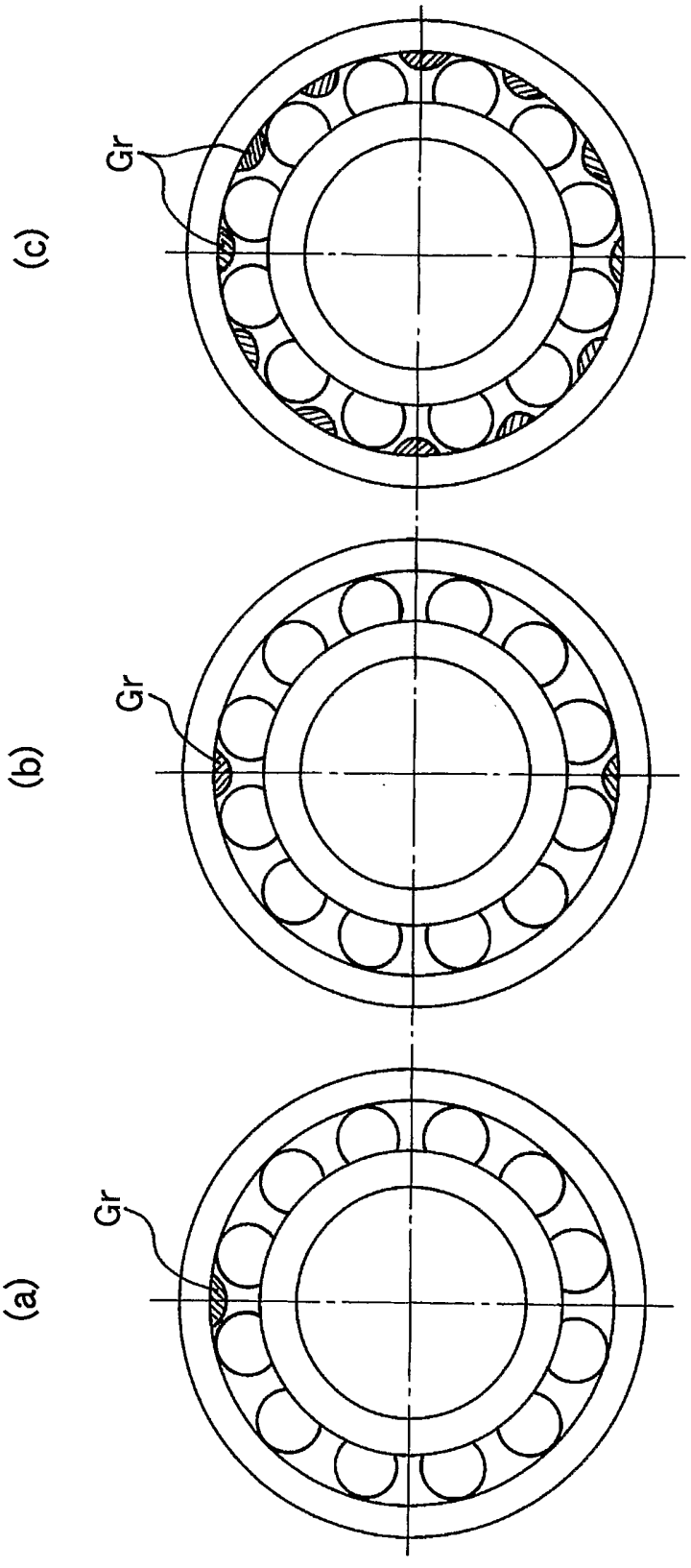


図 93

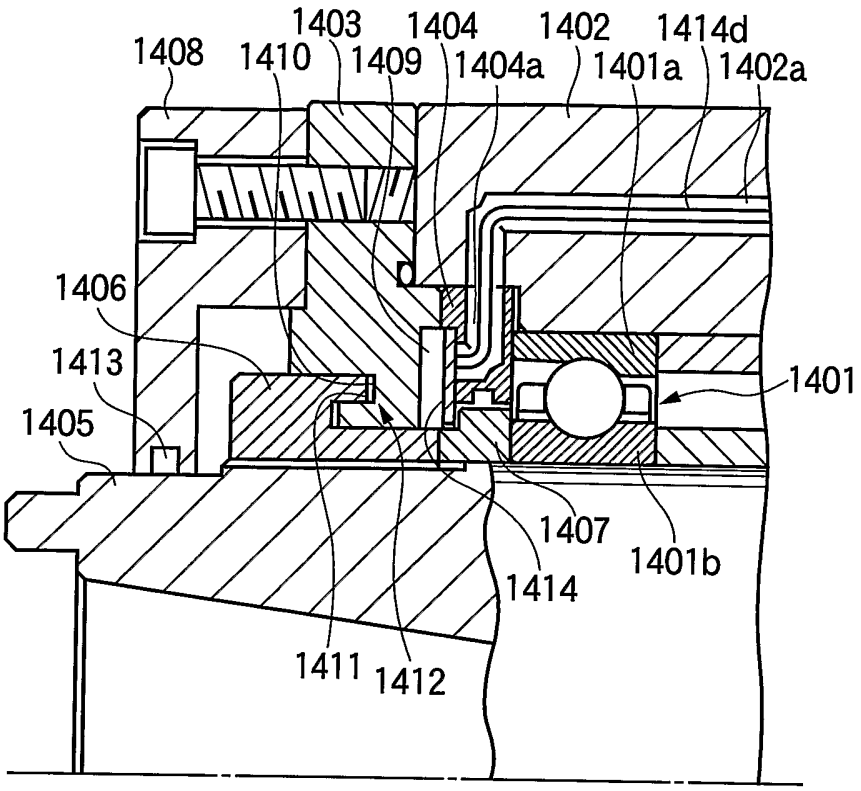

1403
1404
1402
1414d
1408
1410
1409
1404a
1401a
1402a
1406
1413
1401
1405
1407
1401b
1414
1411
1412

図 94

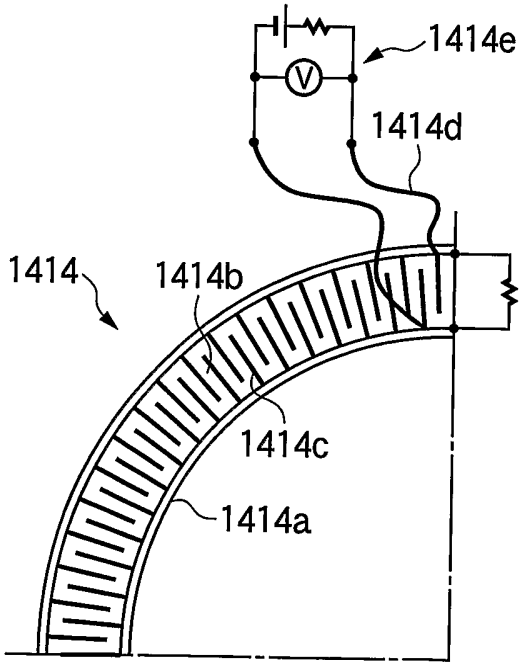

1414e
V
1414d
1414
1414b
1414c
1414a

図 95

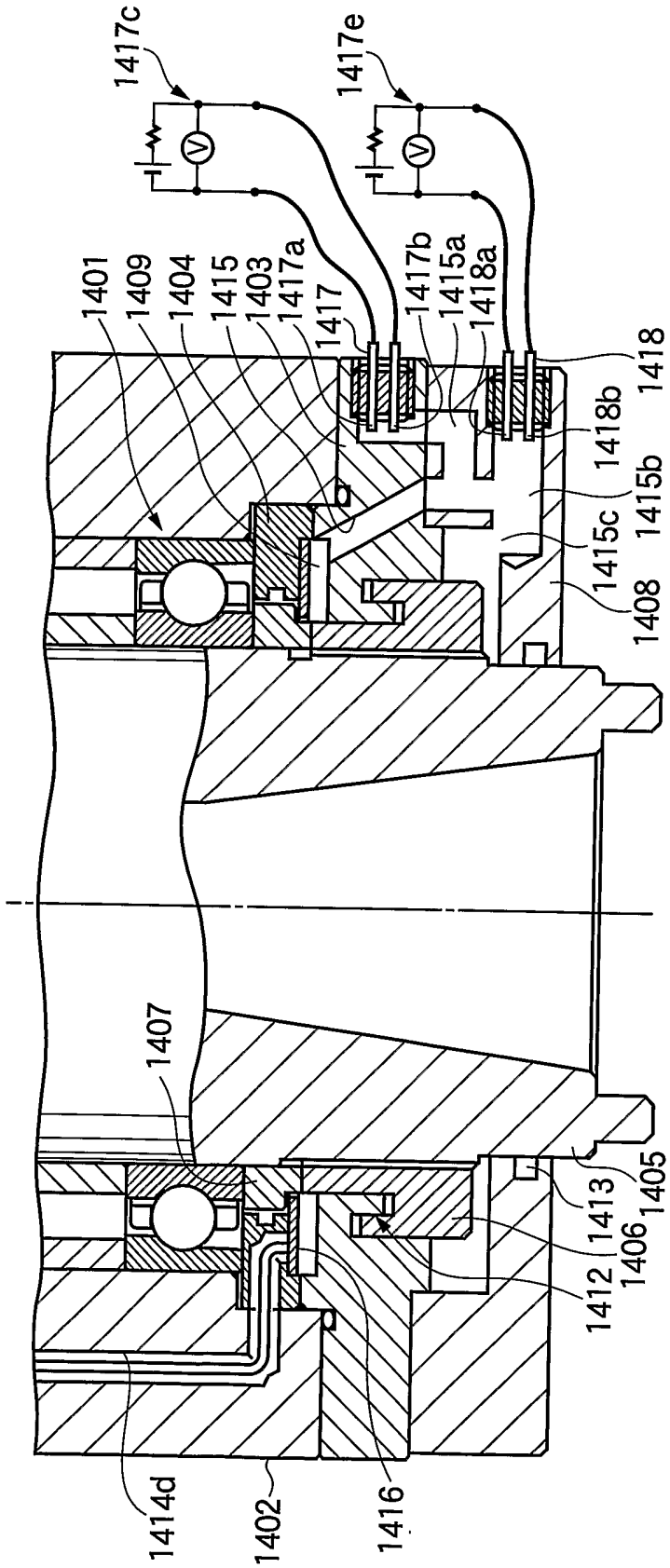

1417c
1417e
1401
1409
1404
1415
1403
1417a
1417
1417b
1415a
1418a
1418
1418b
1415b
1415c
1408
1407
1405
1413
1406
1412
1414d
1402
1416

図 96

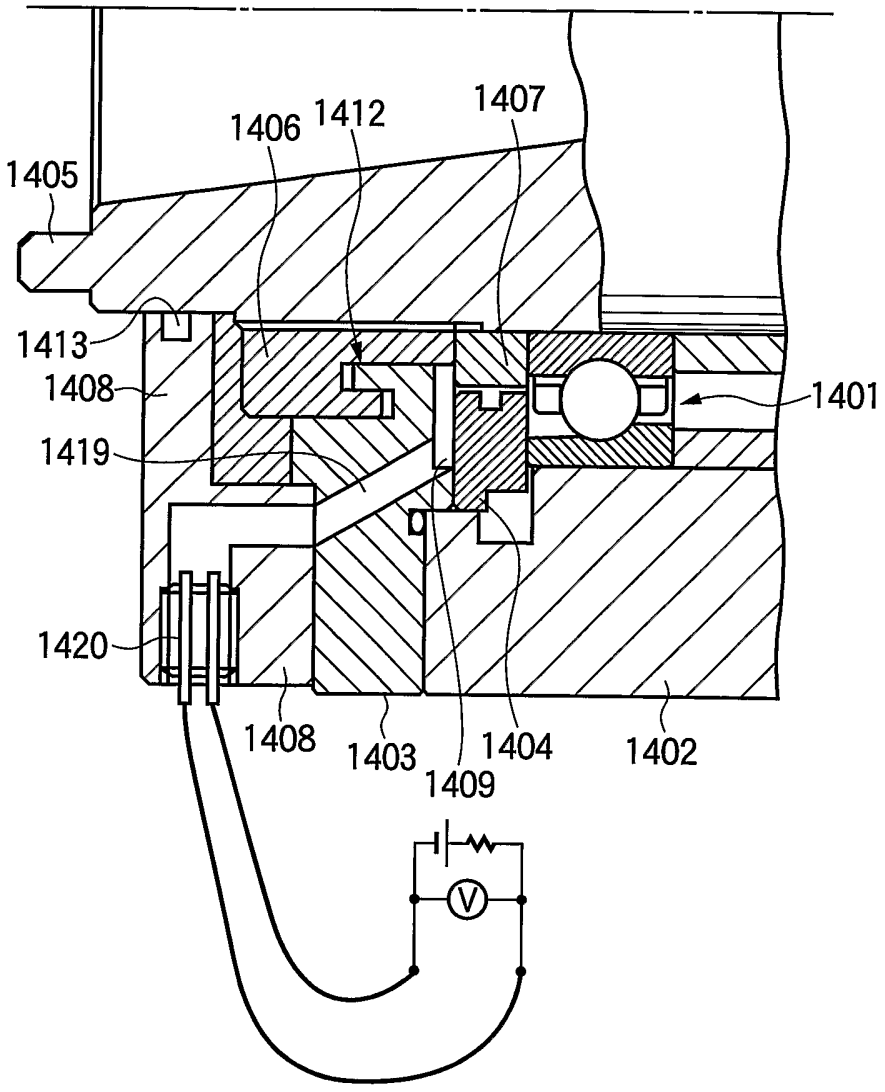

1405
1406
1412
1407
1413
1408
1401
1419
1420
1408
1403
1404
1402
1409
V

図 97

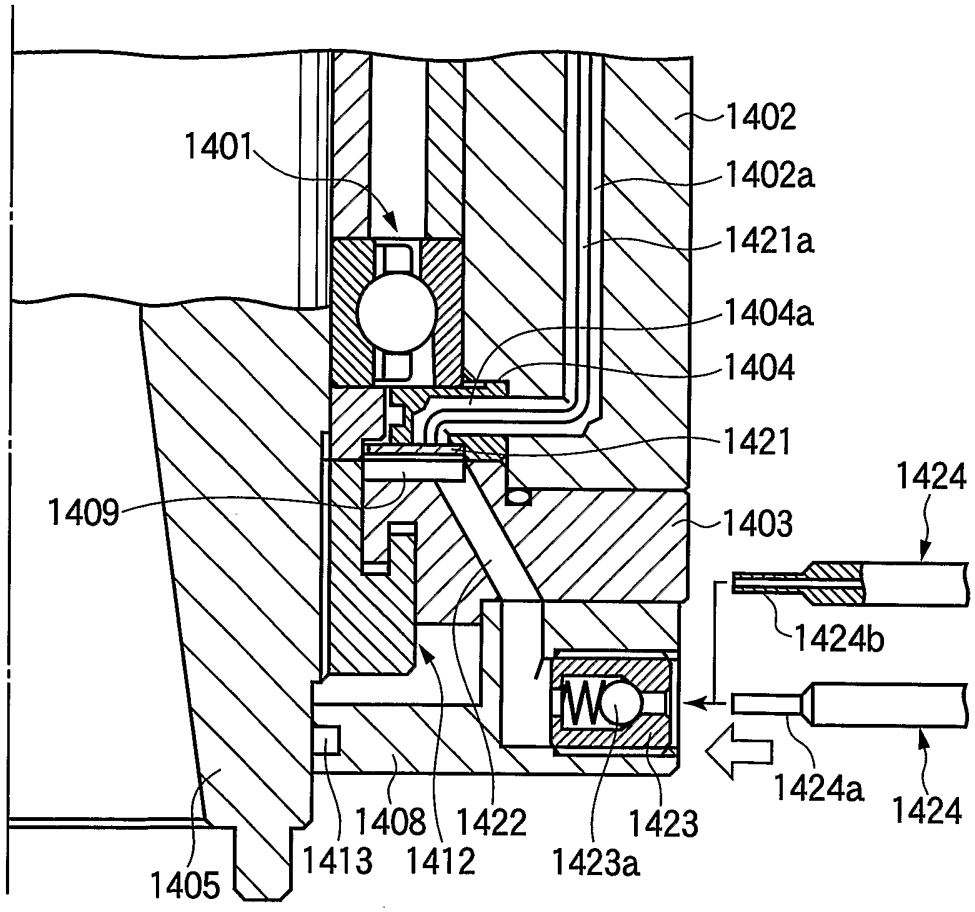

1401
1402
1402a
1421a
1404a
1404
1421
1409
1403
1424
1424b
1424a
1424
1408
1422
1423
1413
1412
1423a
1405

図 98

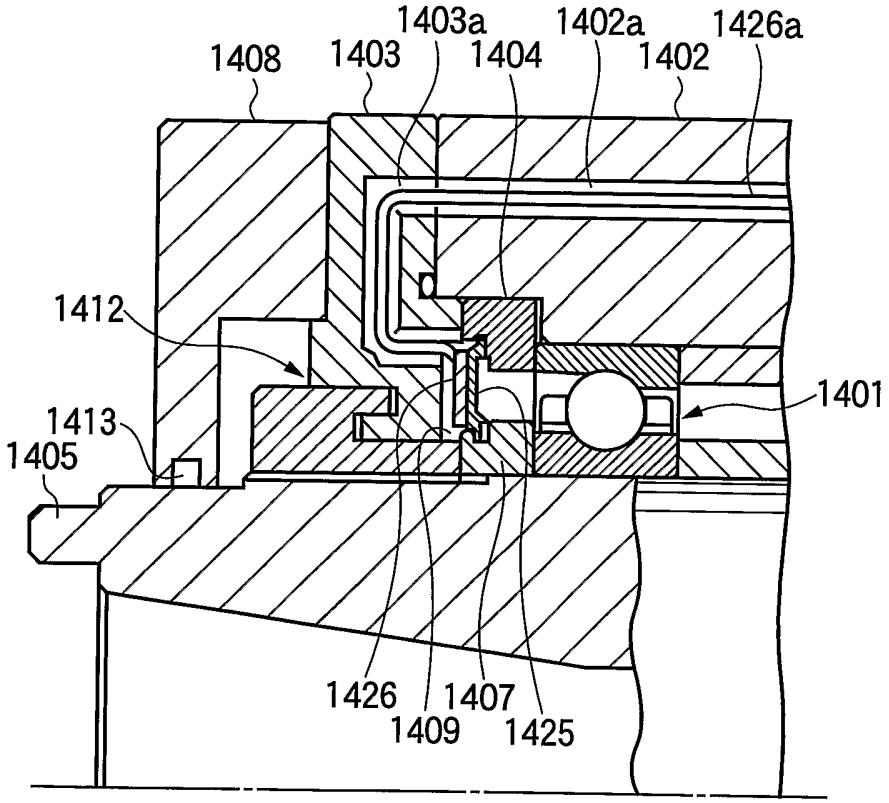

1403a
1402a
1426a
1408
1403
1404
1402
1412
1401
1413
1405
1426
1407
1409
1425

図 99

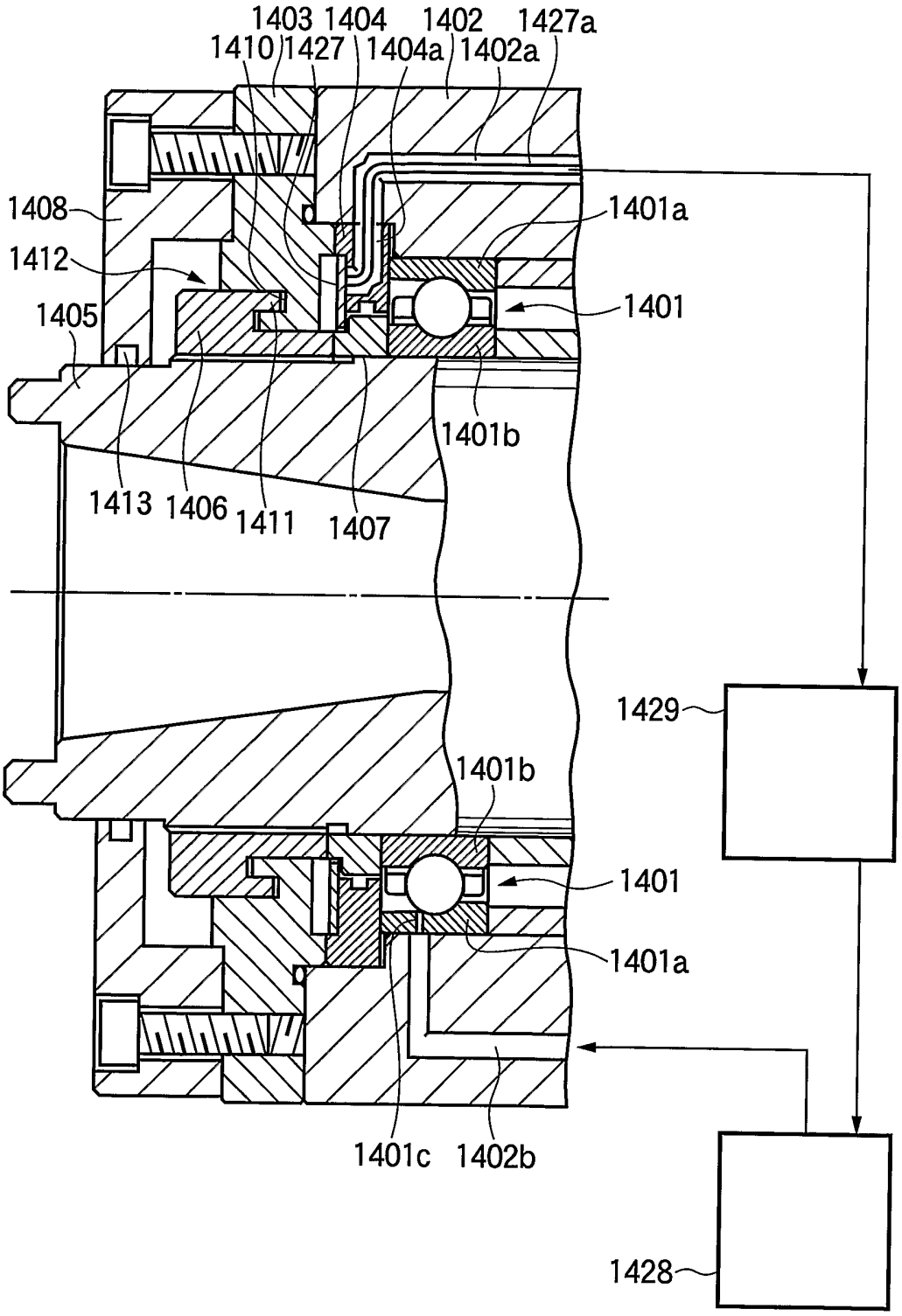

1403
1404
1402
1427a
1410
1427
1404a
1402a
1408
1401a
1412
1401
1405
1401b
1413
1406
1411
1407
1429
1401b
1401
1401a
1401c
1402b
1428

図 100

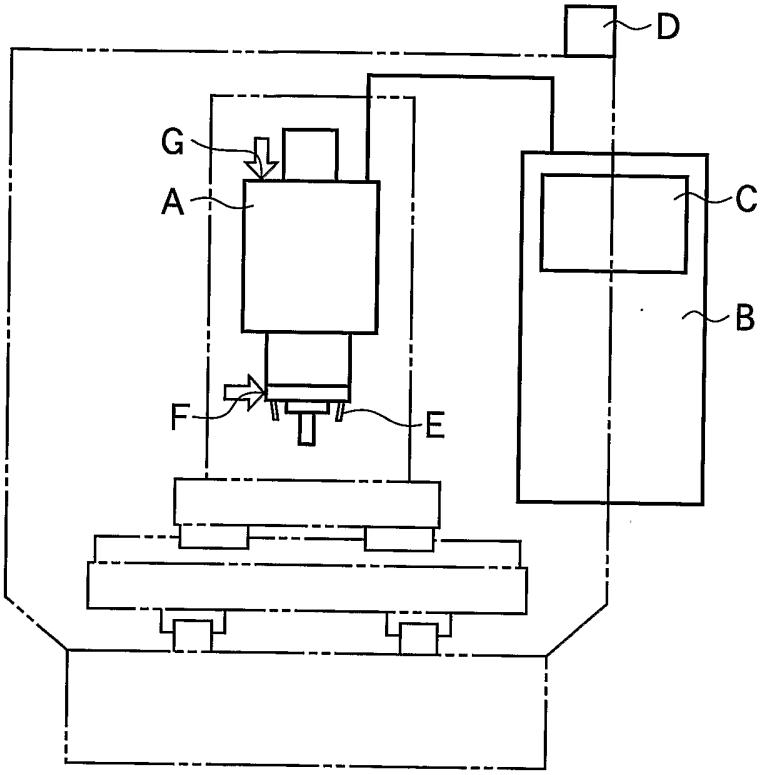


図 101

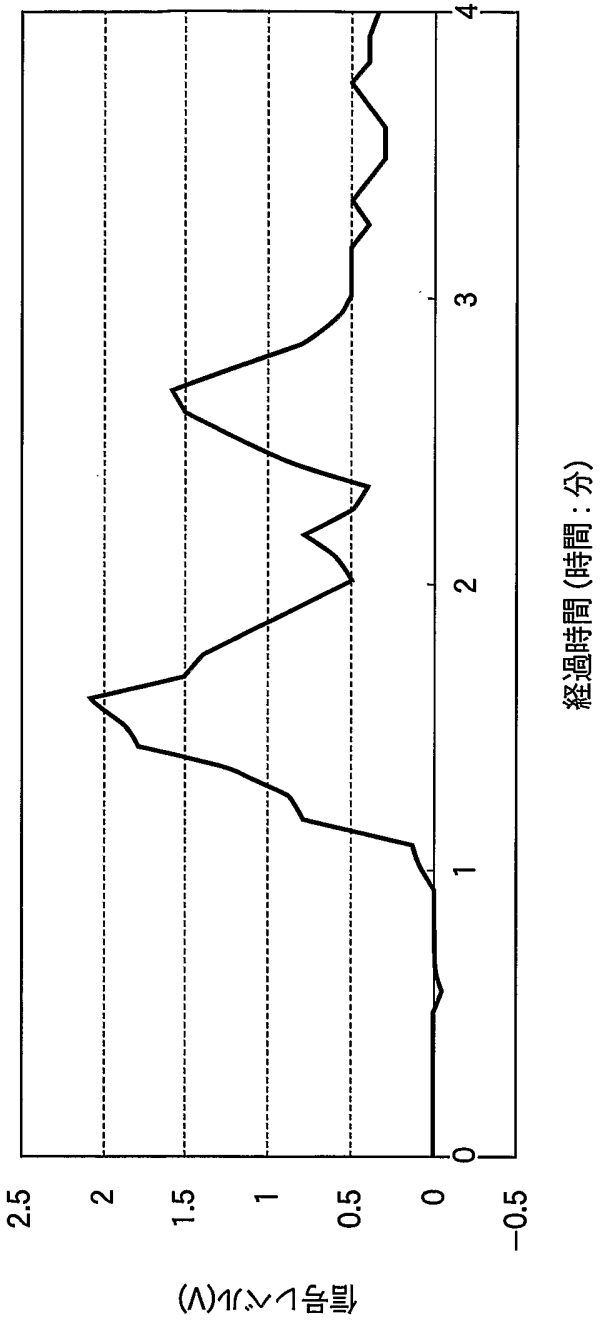


図 102

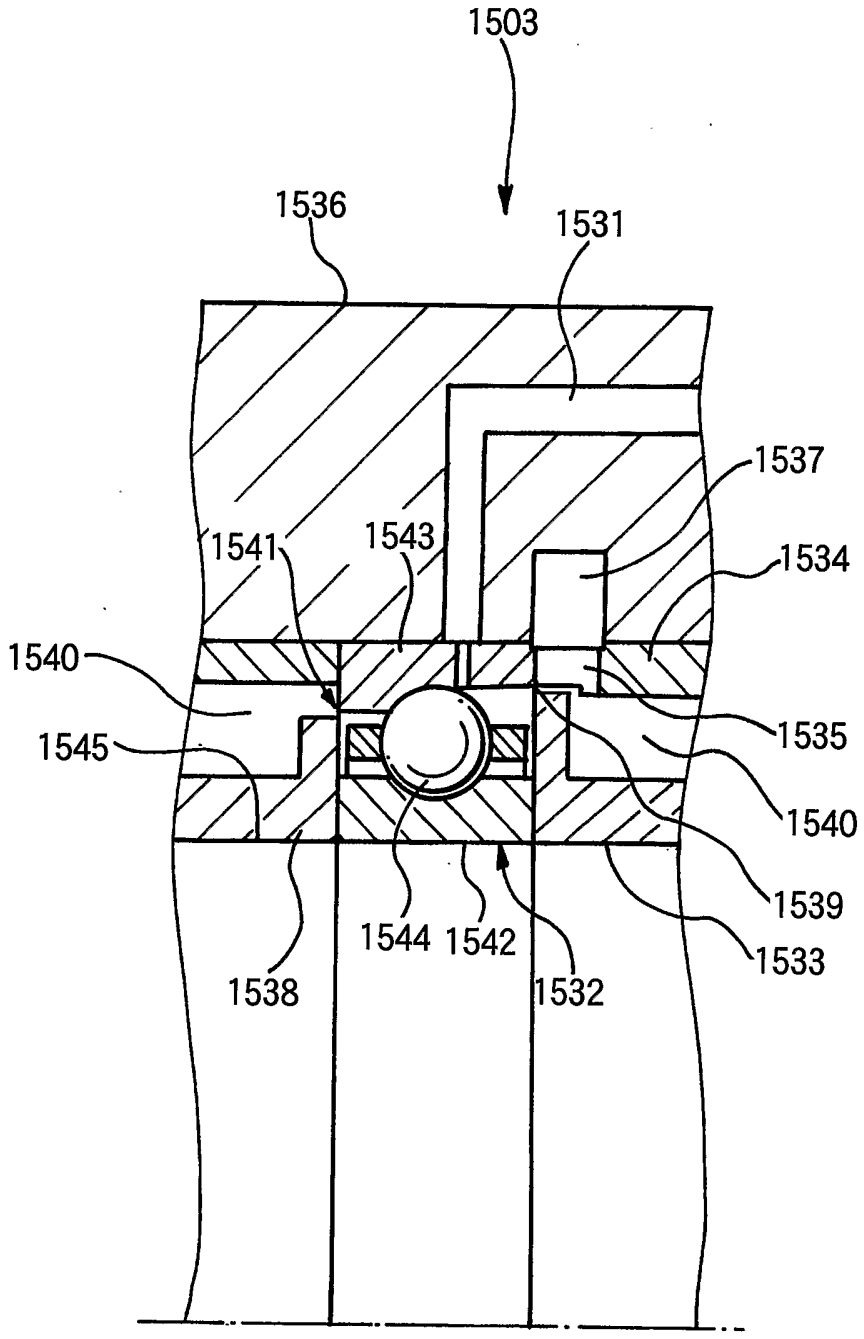
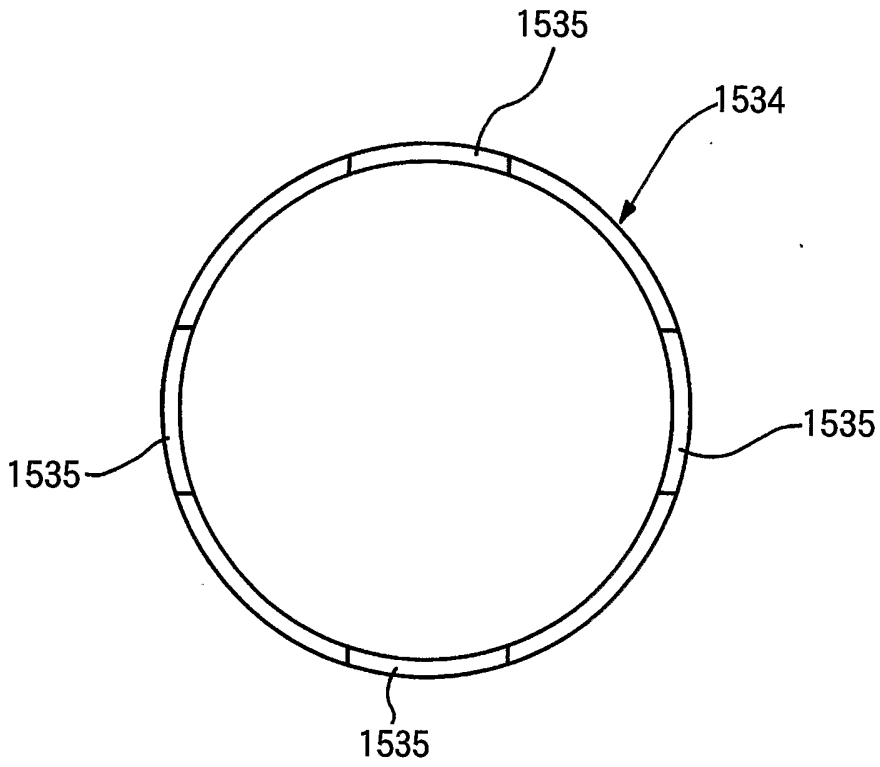

1503
1536
1531
1537
1541
1543
1534
1540
1545
1535
1540
1539
1533
1544
1542
1538
1532

図 103

(a)



(b)

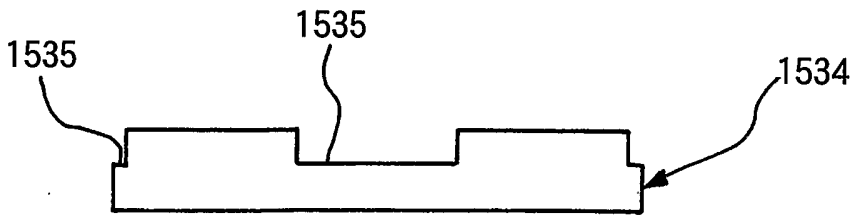


図 104

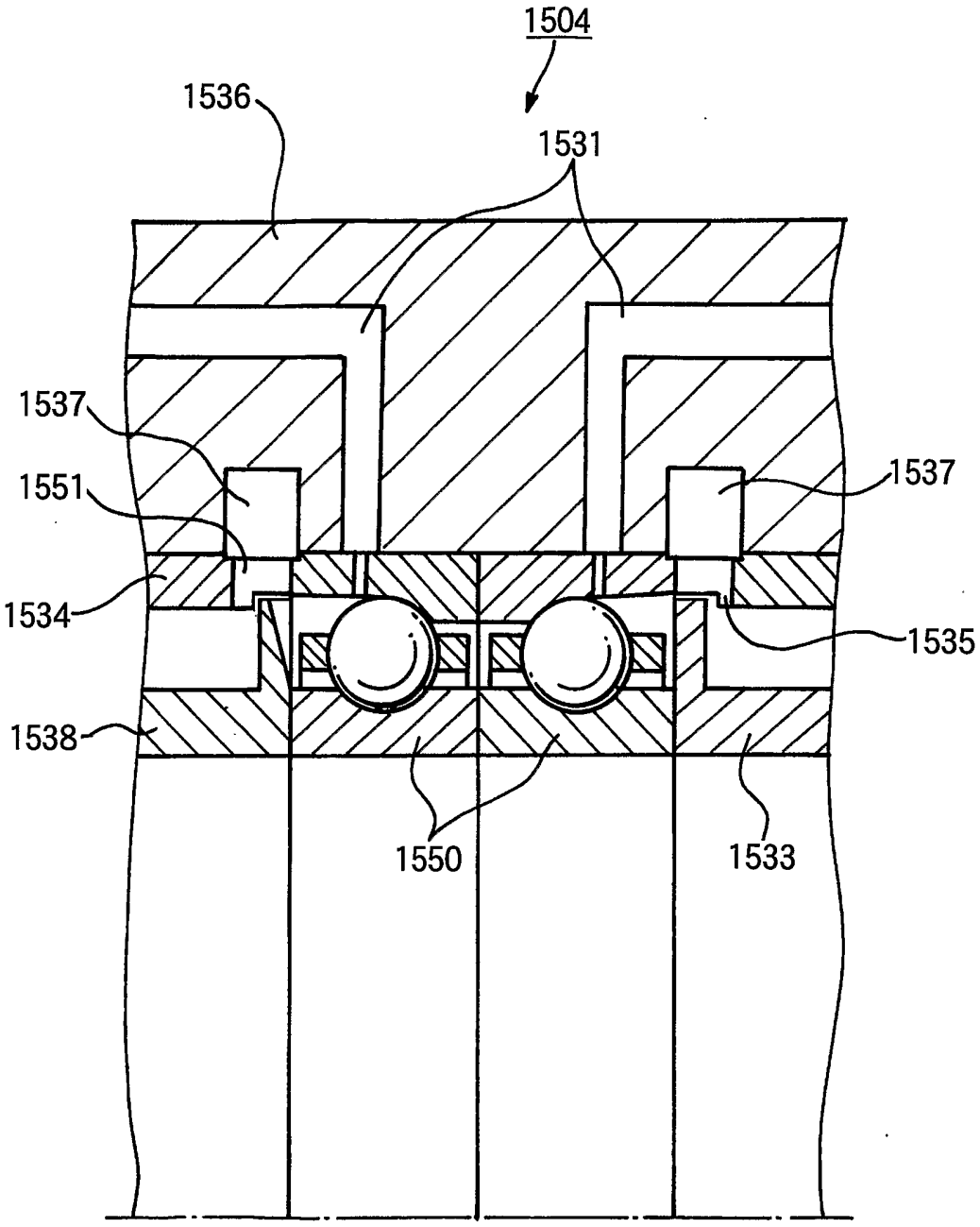
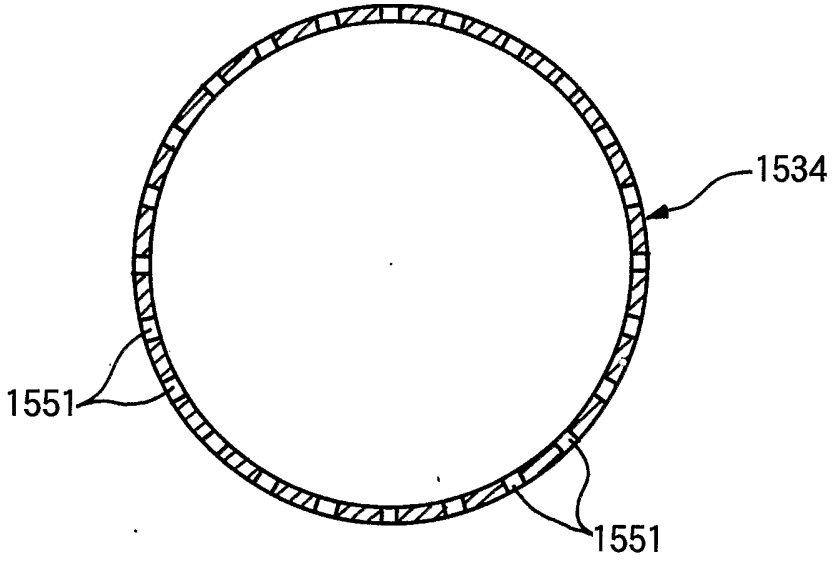


図 105

(a)



(b)

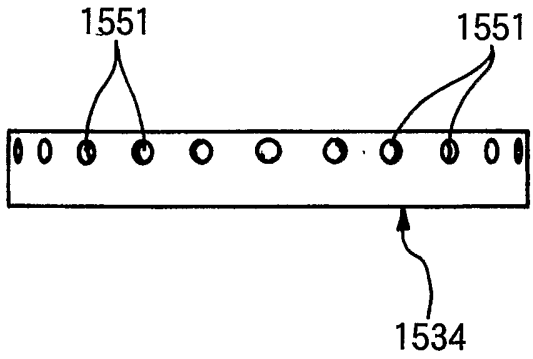


図 106

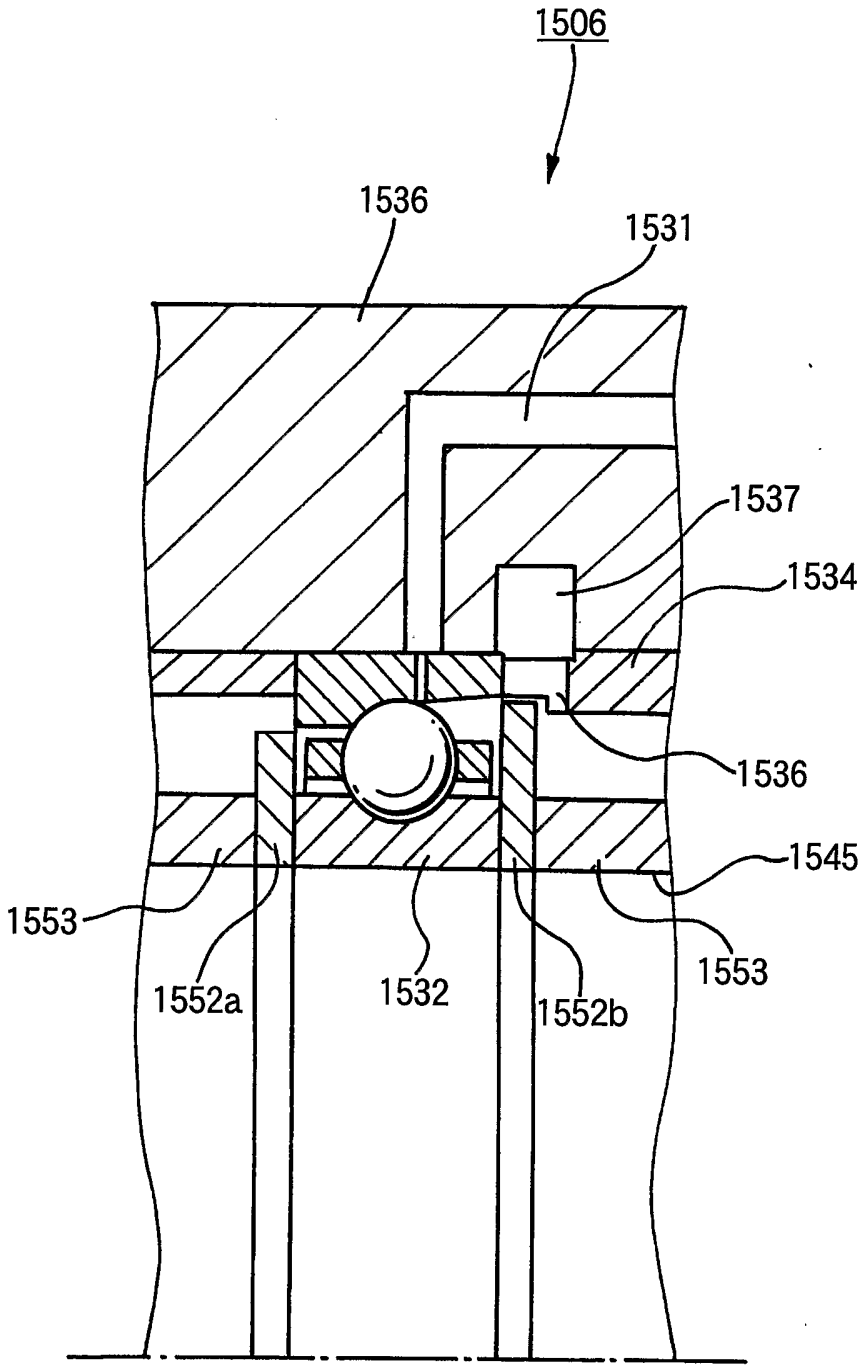

1506
1536
1531
1537
1534
1536
1545
1553
1553
1552a
1532
1552b

図 107

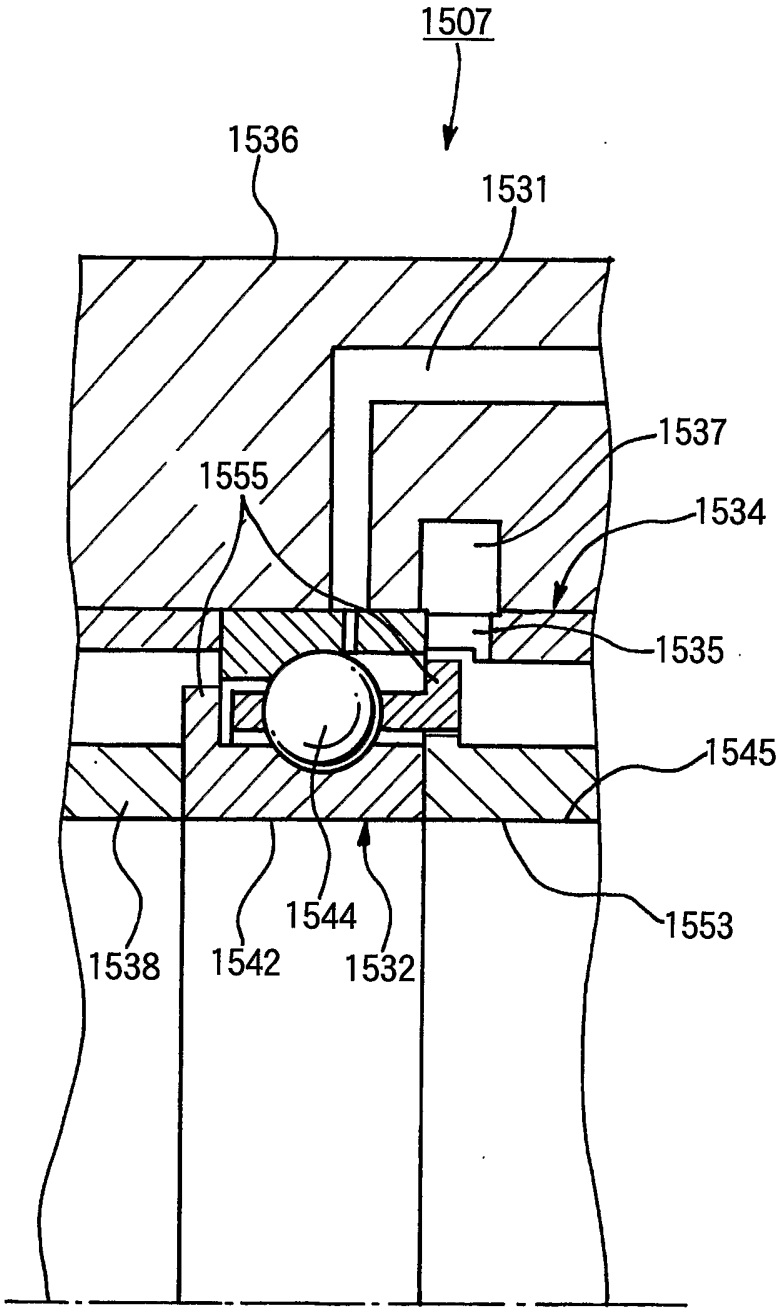

1507
1536
1531
1537
1555
1534
1535
1545
1553
1544
1538
1542
1532

図 108

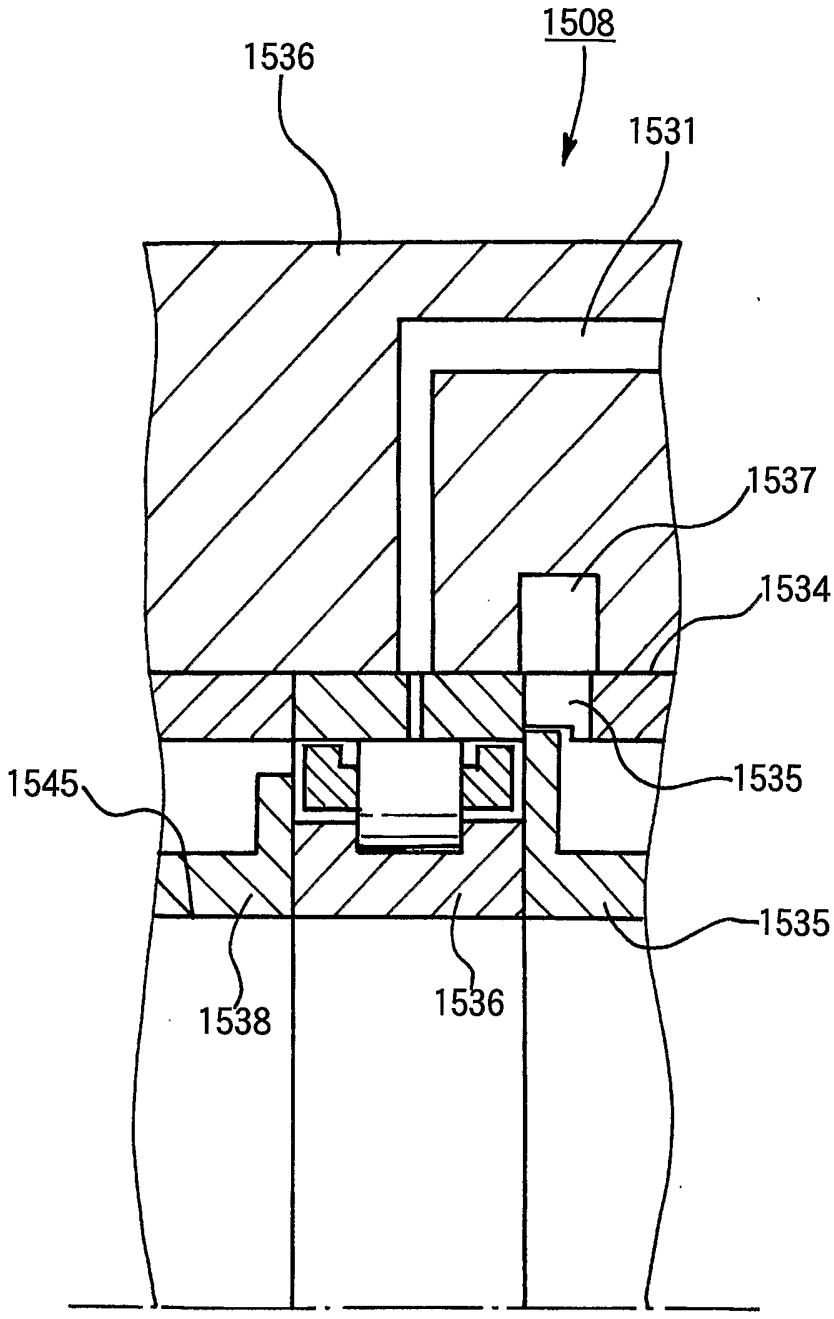


図 109

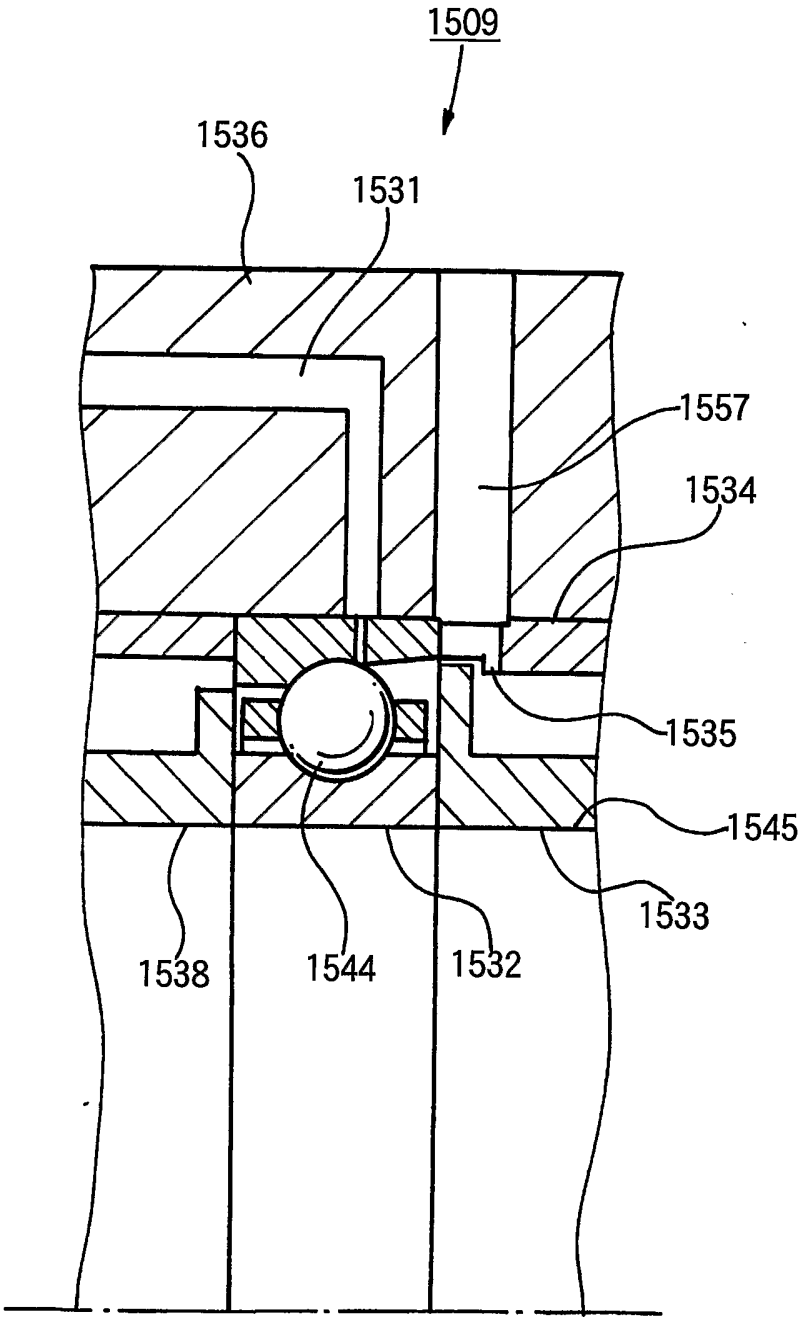


図 110

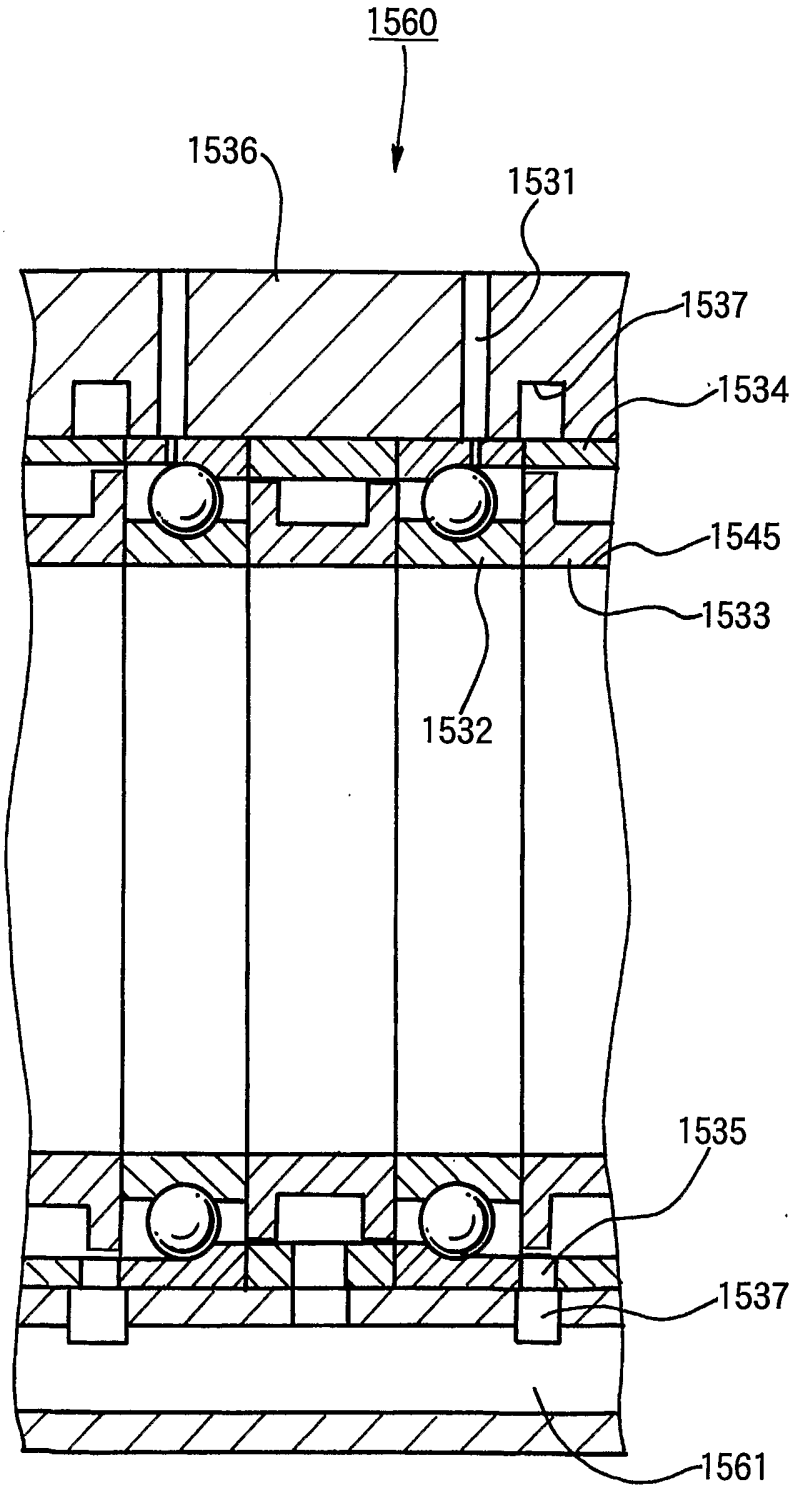


図 111

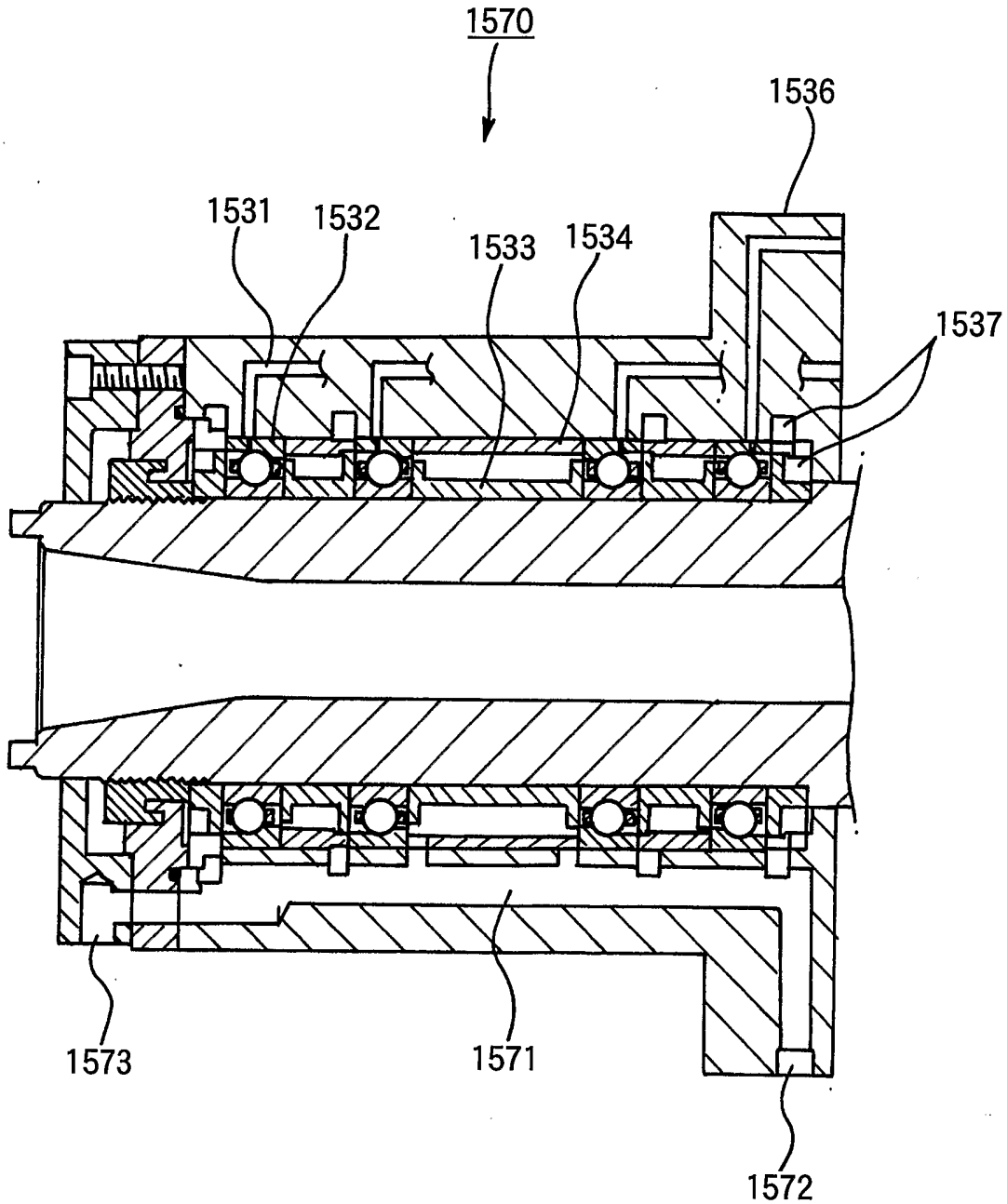


図 112

(a)

	従来	本発明
連続運転時間	45時間で異常昇温	100時間後も 異常昇温なし
軸受内部 グリース残存量	軸受空間容積の 70%残存	軸受空間容積の 30～40%残存

(b)

軸受内径	65mm
主軸回転数	20000回転／分
試験時間	100時間
潤滑材	潤滑材：グリース初期封入量：軸受空間容積の15%
	供給量：0.02cc／7.5分（軸受1個あたり）

差換え用紙（規則26）

図 113

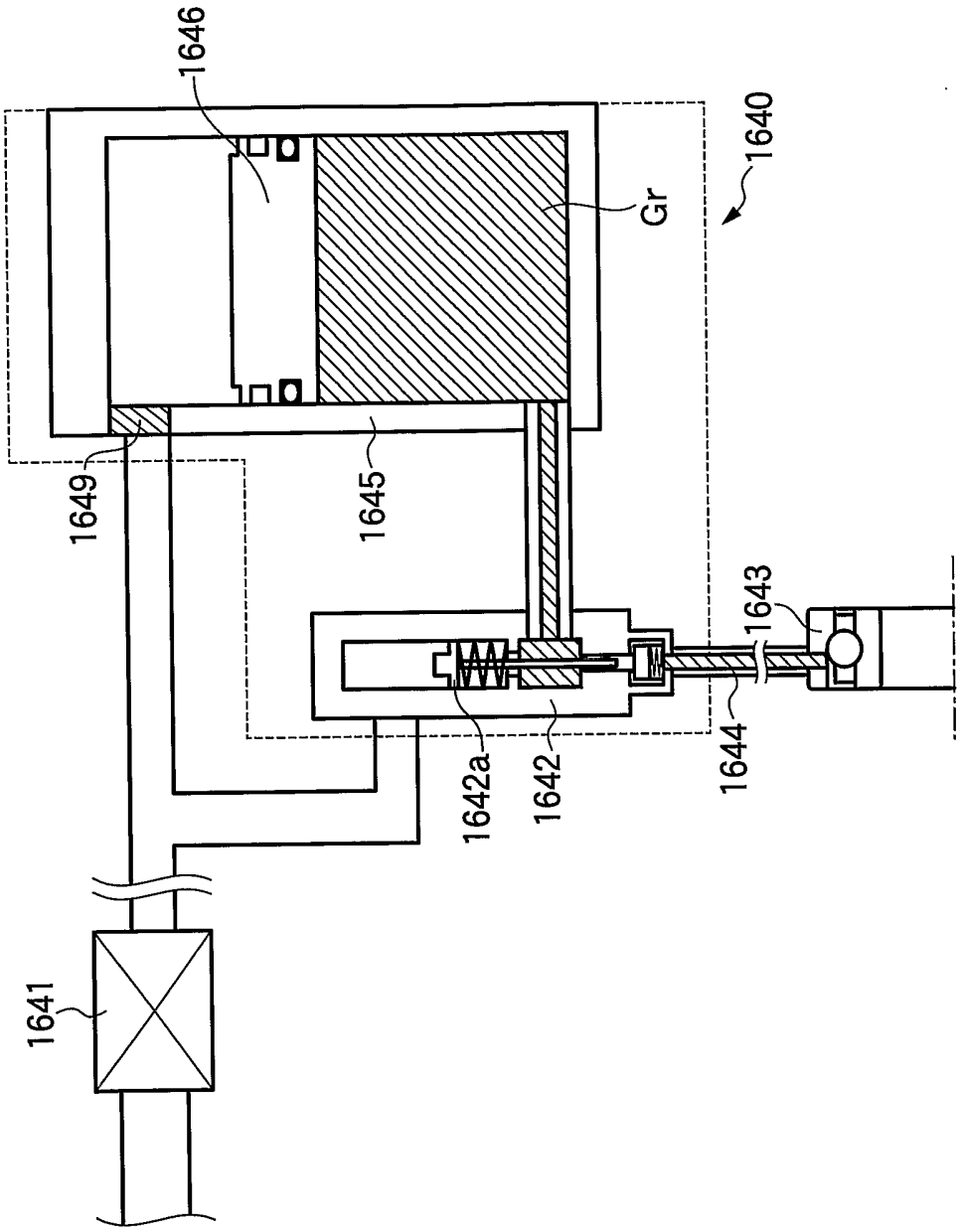


図 114

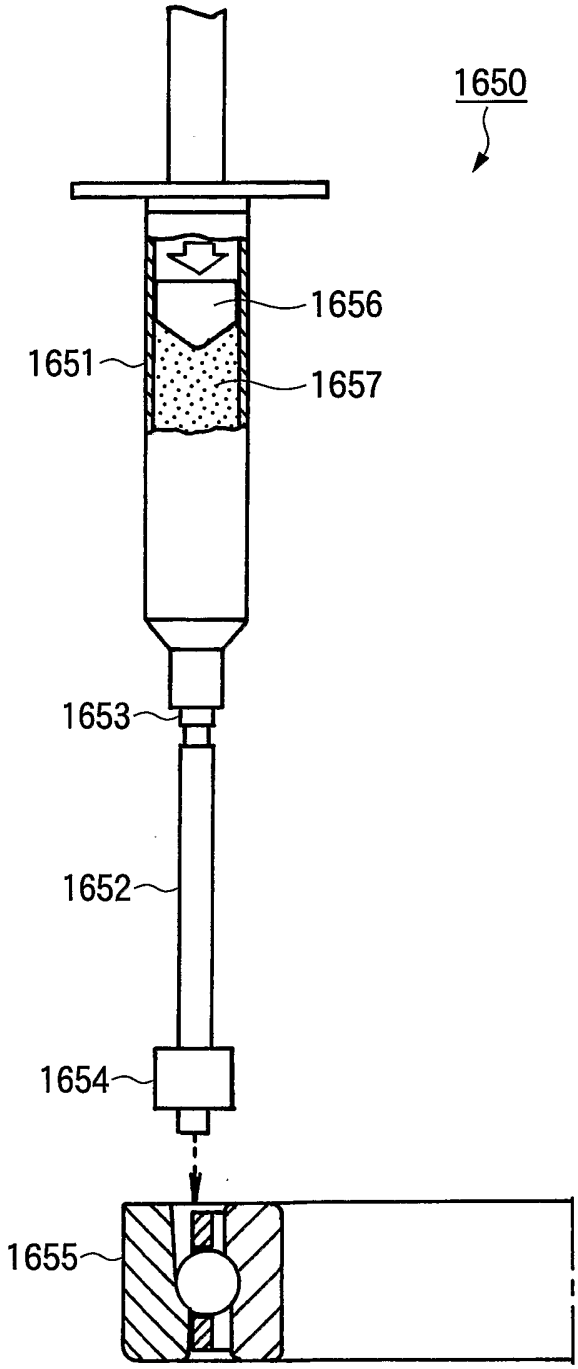


図 115

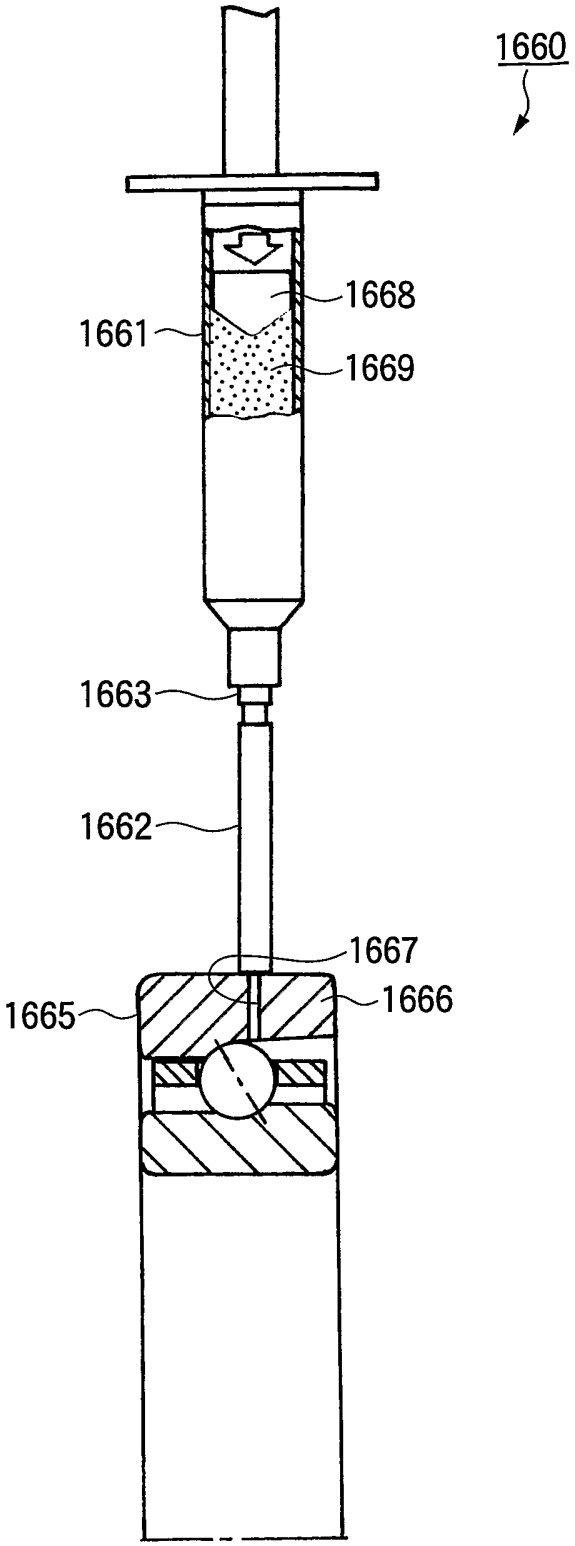


図 116

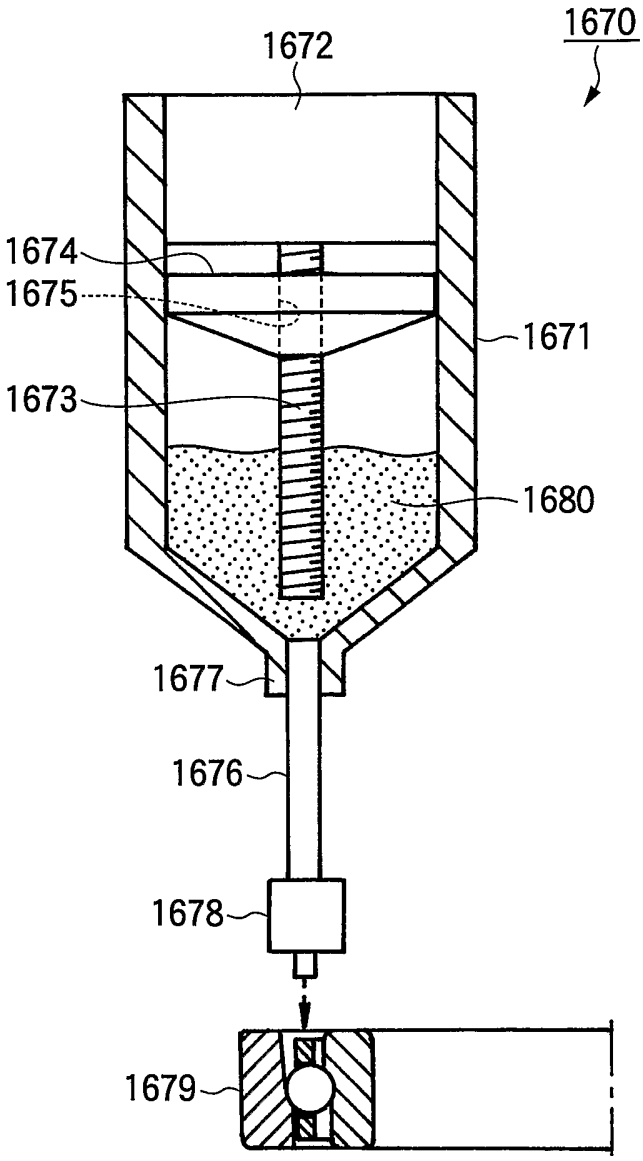
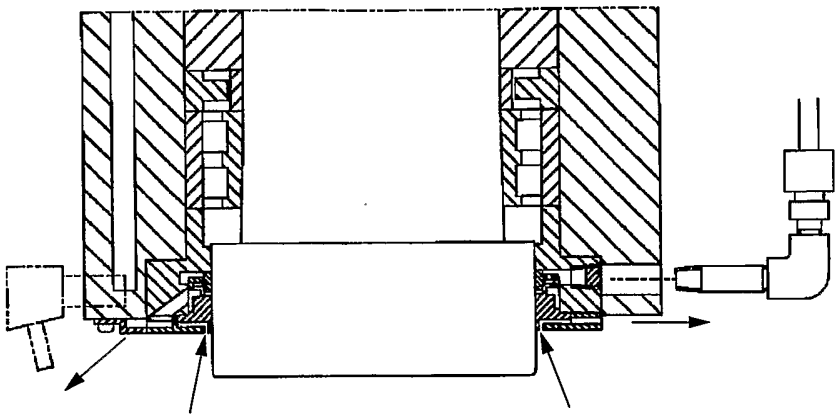
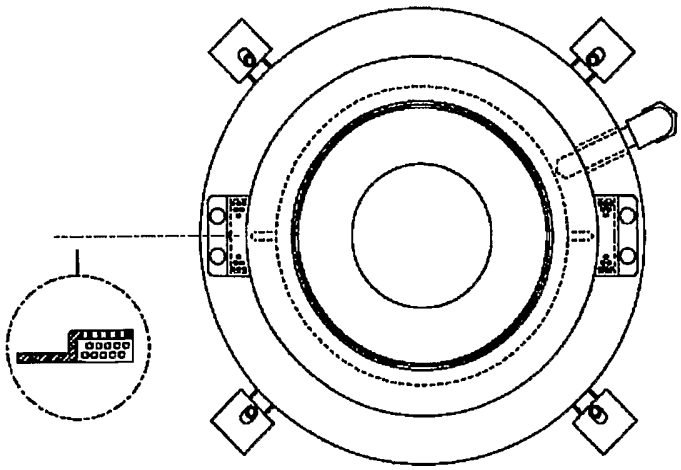


図 117

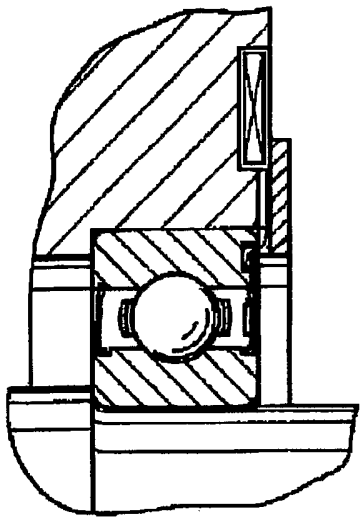


(a)

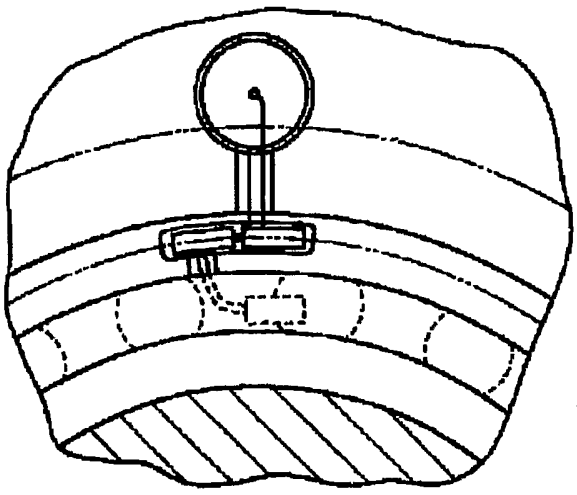


(b)

図 118



(a)



(b)

図 119

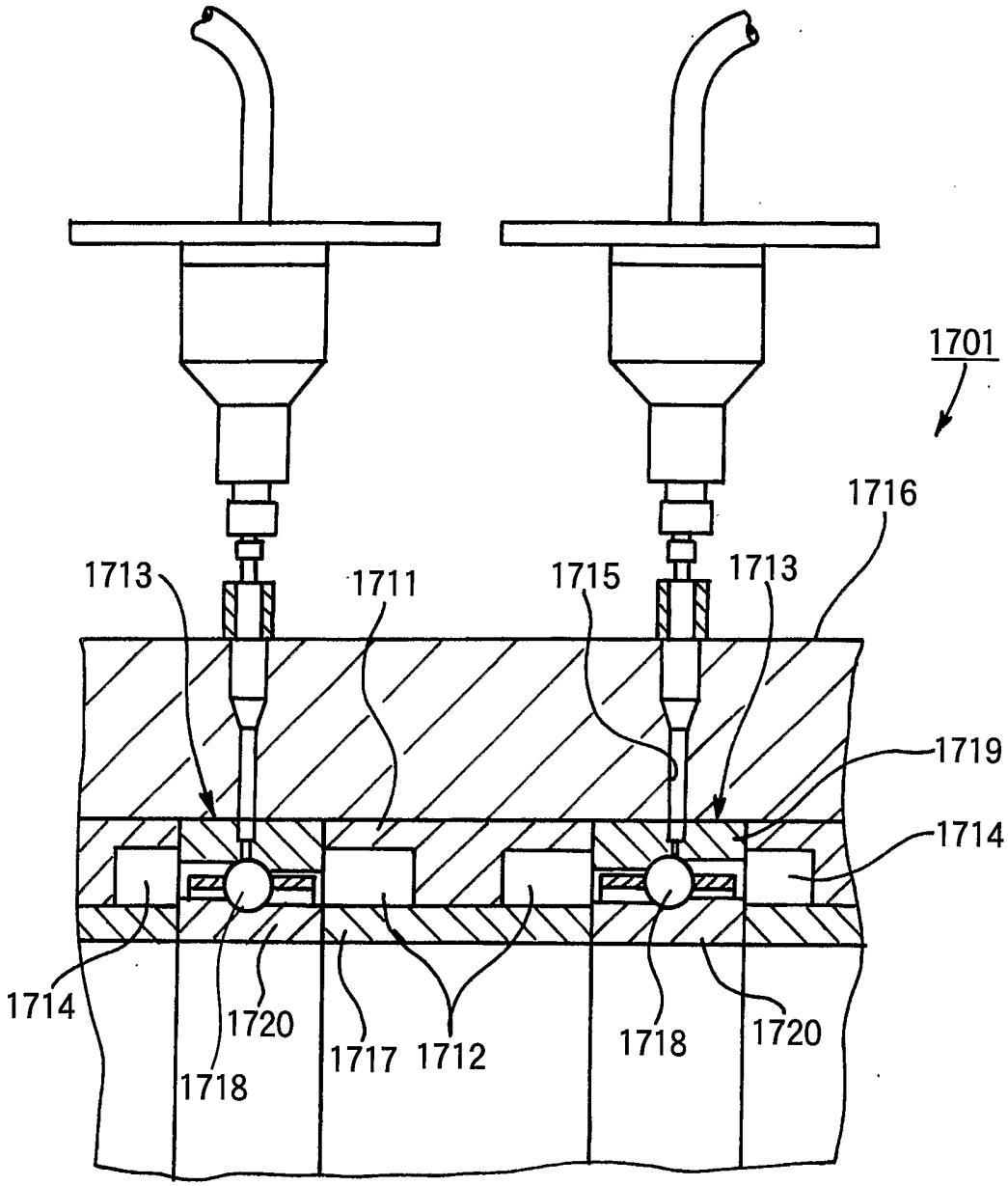

1701
1716
1713
1711
1715
1713
1719
1714
1714
1720
1718
1717
1712
1718
1720

図 120

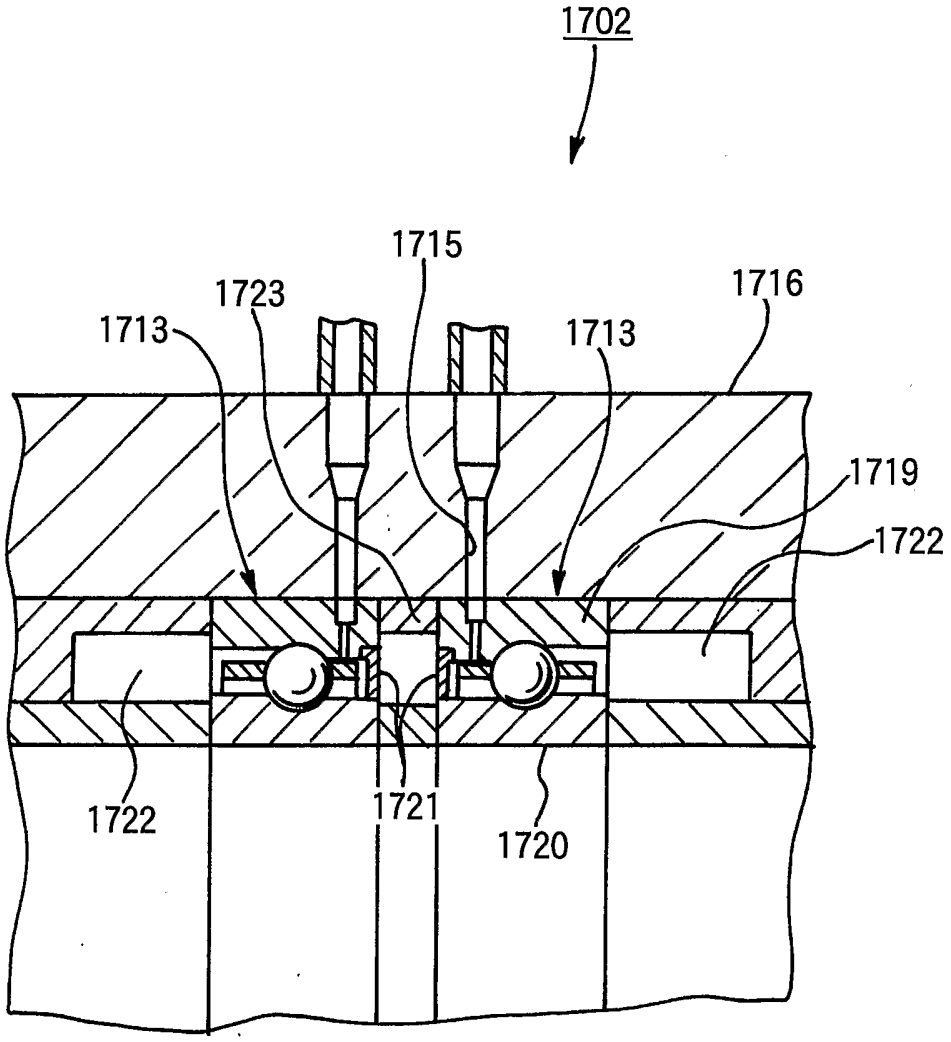
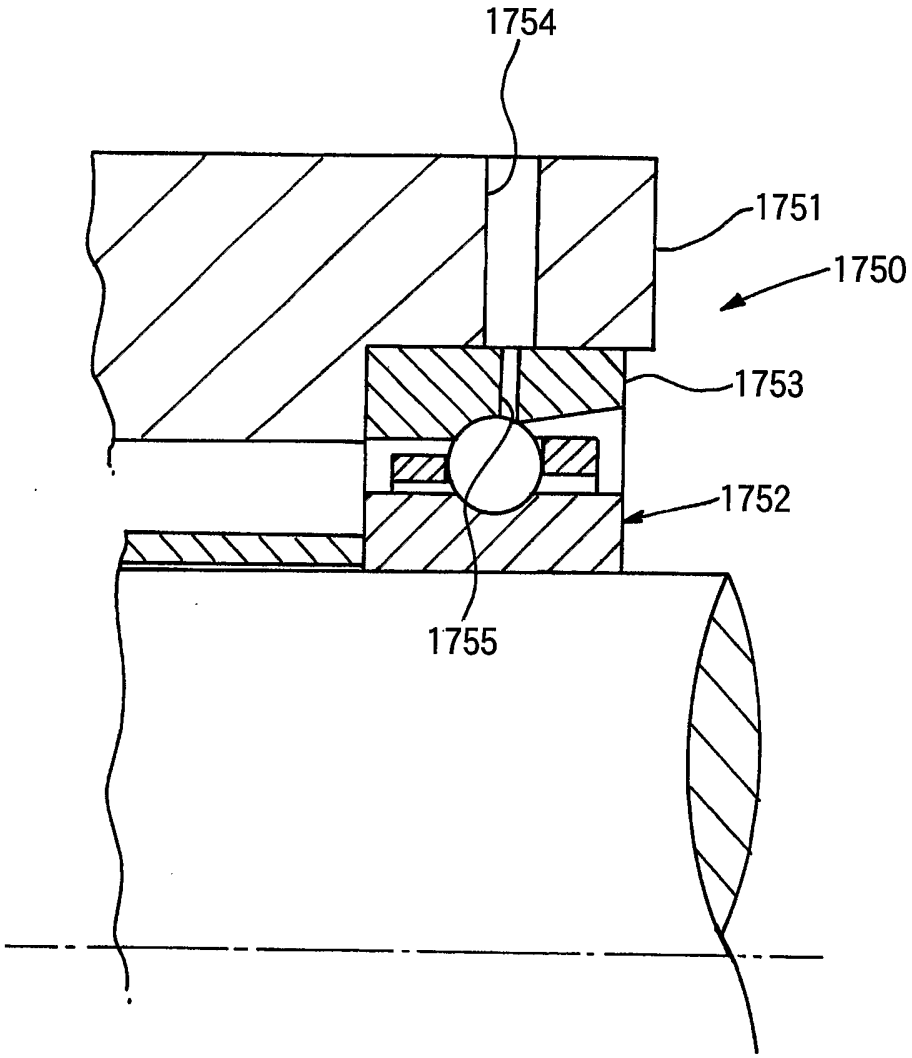


図 121



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP03/09612

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl[7] F16C33/66, 33/58, 37/00, 41/00, 19/16, 19/26, F16N13/16, 29/02, B23Q11/12

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[7] F16C33/58-33/66, 37/00, 41/00, 19/00-19/56, F16N13/10-13/16, 29/02, B23Q11/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

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 2002-130590 A (NSK LTD.), 09 May, 2002 (09.05.02), (Family: none)	1,3-8,31-36, 38-39,53,55, 57-58
Y		2,10-13,19, 21-30,48-52, 54,56,59-62, 68-81,84-88, 91-95,98-99
A		9,14-18,20, 37,63-67, 82-83,89-90, 96-97, 100-106

☒ 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 document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
31 October, 2003 (31.10.03)	18 November, 2003 (18.11.03)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP03/09612

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	EP 1197702 A1 (NSK LTD.), 17 April, 2002 (17.04.02), & JP 2002-188650 A & US 2002/0048517 A1	1,3-8,31-36, 38-39,53,55, 57-58 2,10-13,19, 21-30,48-52, 54,56,59-62, 68-81,84-88, 91-95,98-99 9,14-18,20, 37,63-67, 82-83,89-90, 96-97, 100-106
Y	JP 9-68231 A (NTN Corp.), 11 March, 1997 (11.03.97), (Family: none)	2,27-28,54, 72-73,75-77
Y	WO 94/21932 A2 (BARMAG AG.), 29 September, 1994 (29.09.94), & JP 7-506896 A & CN 1105801 A & DE 4404301 A1 & US 5711615 A & EP 854314 A2 & KR 156029 B & US 5971107 A & RU 2142078 C & US 6105724 A	2,27-30,54, 72-77
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 158477/1988(Laid-open No. 78247/1990) (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 15 June, 1990 (15.06.90), (Family: none)	10-13,59-62, 78,84-85
Y	JP 8-309643 A (Enshu Kabushiki Kaisha), 26 November, 1996 (26.11.96), (Family: none)	10-13,59-62, 78,84-85
Y	JP 6-33942 A (Matsuura Machinery Corp.), 08 February, 1994 (08.02.94), (Family: none)	10-13,59-62, 79-81,86-88, 91-95,98-99
Y	JP 2001-263580 A (Ryube Kabushiki Kaisha), 26 September, 2001 (26.09.01), (Family: none)	19,21-23, 68-71
Y	JP 9-317778 A (NTN Corp.), 09 December, 1997 (09.12.97), (Family: none)	24-26,48-52
Y	JP 2001-241451 A (NSK LTD.), 07 September, 2001 (07.09.01), (Family: none)	56

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP03/09612

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CD-ROM of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 102457/1991(Laid-open No. 45245/1993) (Kitashiba Electric Co., Ltd.), 18 June, 1993 (18.06.93), (Family: none)	56
A	JP 9-108986 A (Brother Industries, Ltd.), 28 April, 1997 (28.04.97), & US 5722779 A	40-47
A	JP 11-324882 A (Toshiba Engineering Corp.), 26 November, 1999 (26.11.99), (Family: none)	18,67,102
P,Y	JP 2003-83343 A (NSK LTD.), 19 March, 2003 (19.03.03), (Family: none)	1-39,48-106
P,Y	JP 2003-74567 A (NSK LTD.), 12 March, 2003 (12.03.03), (Family: none)	1-39,48-106
P,Y	JP 2003-49850 A (NSK LTD.), 21 February, 2003 (21.02.03), (Family: none)	1-39,48-106

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP03/09612

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
Claims 1 to 39, 48 to 106 relate to grease (lubricating agent).
Claims 40 to 47 relate to cutting fluid.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ０３／０９６１２

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Ｉｎｔ．Ｃｌ．[7]　Ｆ１６Ｃ３３／６６，３３／５８，３７／００，４１／００，１９／１６，１９／２６，
Ｆ１６Ｎ１３／１６，２９／０２，Ｂ２３Ｑ１１／１２

B.　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Ｉｎｔ．Ｃｌ．[7]　Ｆ１６Ｃ３３／５８－３３／６６，３７／００，４１／００，１９／００－１９／５６，
Ｆ１６Ｎ１３／１０－１３／１６，２９／０２，Ｂ２３Ｑ１１／１２

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	１９７１－２００３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００３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	関連する請求の範囲の番号
X	ＪＰ　２００２－１３０５９０　Ａ　（日本精工株式会社）　２００２．０５．０９（ファミリーなし）	1, 3-8, 31-36, 38-39, 53, 55, 57-58
Y		2, 10-13, 19, 21-30, 48-52, 54, 56, 59-62, 68-81, 84-88, 91-95, 98-99
A		9, 14-18, 20, 37, 63-67, 82-83

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。　☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 ３１．１０．０３	国際調査報告の発送日　18.11.03
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 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） 藤村　泰智　３Ｊ　９２４７ 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３２６

様式ＰＣＴ／ＩＳＡ／２１０（第2ページ）（１９９８年7月）

Ｃ（続き）．　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	関連する請求の範囲の番号
		3, 89-90, 96-97, 100-106
X	ＥＰ　１１９７７０２　Ａ１　（ＮＳＫ　ＬＴＤ）　２００２．０４．１７　＆　ＪＰ　２００２－１８８６５０　Ａ　＆　ＵＳ　２００２／００４８５１７　Ａ１	1, 3-8, 31-36, 38-39, 53, 55, 57-58
Y		2, 10-13, 19, 21-30, 48-52, 54, 56, 59-62, 68-81, 84-88, 91-95, 98-99
A		9, 14-18, 20, 37, 63-67, 82-83, 89-90, 96-97, 100-106
Y	ＪＰ　９－６８２３１　Ａ　（エヌティエヌ株式会社）　１９９７．０３．１１（ファミリーなし）	2, 27-28, 54, 72-73, 75-77
Y	ＷＯ　９４／２１９３２　Ａ２　（ＢＡＲＭＡＧ　ＡＧ）　１９９４．０９．２９　＆　ＪＰ　７－５０６８９６　Ａ　＆　ＣＮ　１１０５８０１　Ａ　＆　ＤＥ　４４０４３０１　Ａ１　＆　ＵＳ　５７１１６１５　Ａ　＆　ＥＰ　８５４３１４　Ａ２　＆　ＫＲ　１５６０２９　Ｂ　＆　ＵＳ　５９７１１０７　Ａ　＆　ＲＵ　２１４２０７８　Ｃ　＆　ＵＳ　６１０５７２４　Ａ	2, 27-30, 54, 72-77
Y	日本国実用新案登録出願６３－１５８４７７号（日本国実用新案登録出願公開２－７８２４７号）の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（三菱重工業株式会社）　１９９０．０６．１５（ファミリーなし）	10-13, 59-62, 78, 84-85
Y	ＪＰ　８－３０９６４３　Ａ　（エンシュウ株式会社）　１９９６．１１．２６（ファミリーなし）	10-13, 59-62, 78, 84-85
Y	ＪＰ　６－３３９４２　Ａ　（株式会社松浦機械製作所）　１９９４．０２．０８（ファミリーなし）	10-13, 59-62, 79-81, 86-88, 91-95, 98-99
Y	ＪＰ　２００１－２６３５８０　Ａ　（リューベ株式会社）　２００１．０９．２６（ファミリーなし）	19, 21-23, 68-71
Y	ＪＰ　９－３１７７７８　Ａ　（エヌティエヌ株式会社）　１９９７．１２．０９（ファミリーなし）	24-26, 48-52

C（続き）．　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	関連する請求の範囲の番号
Y	JP　2001－241451　A　（日本精工株式会社）　2001．09．07（ファミリーなし）	56
Y	日本国実用新案登録出願3－102457号（日本国実用新案登録出願公開5－45245号）の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録したCD－ROM（北芝電機株式会社）　1993．06．18（ファミリーなし）	56
A	JP　9－108986　A　（ブラザー工業株式会社）　1997．04．28　&　US　5722779　A	40-47
A	JP　11－324882　A　（東芝エンジニアリング株式会社）　1999．11．26（ファミリーなし）	18, 67, 102
PY	JP　2003－83343　A　（日本精工株式会社）　2003．03．19（ファミリーなし）	1-39, 48-106
PY	JP　2003－74567　A　（日本精工株式会社）　2003．03．12（ファミリーなし）	1-39, 48-106
PY	JP　2003－49850　A　（日本精工株式会社）　2003．02．21（ファミリーなし）	1-39, 48-106

国際調査報告	国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ０３／０９６１２

第Ⅰ欄　請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第１ページの２の続き）

法第８条第３項（ＰＣＴ１７条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1．☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、

2．☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、

3．☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってＰＣＴ規則6.4(a)の第２文及び第３文の規定に従って記載されていない。

第Ⅱ欄　発明の単一性が欠如しているときの意見（第１ページの３の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲１－３９，４８－１０６は、グリース（潤滑剤）に関するものである。
請求の範囲４０－４７は、切削液に関するものである。

1．☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。

2．☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。

3．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。

4．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。

☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。