

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6970560号
(P6970560)

(45) 発行日 令和3年11月24日(2021.11.24)

(24) 登録日 令和3年11月2日(2021.11.2)

(51) Int.Cl.		F I			
GO 1 B	7/00	(2006.01)	GO 1 B	7/00	1 O 1 H
GO 1 D	5/245	(2006.01)	GO 1 D	5/245	1 1 O J
GO 1 D	5/12	(2006.01)	GO 1 D	5/12	Q

請求項の数 6 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2017-174360 (P2017-174360)	(73) 特許権者	000000929
(22) 出願日	平成29年9月11日 (2017.9.11)		K Y B株式会社
(65) 公開番号	特開2019-49493 (P2019-49493A)		東京都港区浜松町二丁目4番1号
(43) 公開日	平成31年3月28日 (2019.3.28)	(74) 代理人	110002468
審査請求日	令和2年3月20日 (2020.3.20)		特許業務法人後藤特許事務所
		(72) 発明者	瓶子 司
			東京都港区浜松町二丁目4番1号世界貿易 センタービル K Y B株式会社内
		(72) 発明者	大木 紀知
			東京都港区浜松町二丁目4番1号世界貿易 センタービル K Y B株式会社内
		審査官	園田 正久

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 直動システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

円筒状のスリーブの内に配置され軸方向に直進移動する直動体と、前記直動体の変位量を検出する変位検出装置と、を備えた直動システムであって、

前記変位検出装置は、

前記直動体に向かって付勢されて前記直動体に追従して変位する変位部材と、

前記変位部材に配置され、前記変位部材とともに変位する磁石と、

前記変位部材の軸部が挿通する支持孔が設けられ、前記支持孔によって前記変位部材を変位方向に往復動自在に支持する支持部材と、

前記支持部材に配置され、前記磁石の変位に伴う磁界の変化を検出する磁気検出部と、を備え、

前記直動体は、前記変位部材の先端に設けられる接触端部が接触する接触部を有し、

前記変位部材の前記接触端部および前記直動体の前記接触部の一方が凸部とされ、他方が凹部とされるとともに、前記凸部と前記凹部とが接触することを特徴とする直動システム。

【請求項2】

請求項1に記載の直動システムにおいて、

前記凹部には、前記凸部と接触して前記変位部材と前記直動体とが近づくにしたがって、前記支持孔の軸心に対する前記変位部材の中心軸の傾き角を小さくする傾斜面が設けられる

ことを特徴とする直動システム。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の直動システムにおいて、

前記凸部には、前記凹部の傾斜面に接触する曲面部が設けられる

ことを特徴とする直動システム。

【請求項 4】

請求項 1 から請求項 3 までのいずれか一項に記載の直動システムにおいて、

前記変位部材の前記接触端部は、

前記直動体が所定の移動量未満では前記直動体の前記接触部と接触しない

ことを特徴とする直動システム。

10

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 までのいずれか一項に記載の直動システムにおいて、

前記直動体は、油圧弁装置のスプールであって、

前記接触部は、前記スプールの端部に設けられる

ことを特徴とする直動システム。

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 までのいずれか一項に記載の直動システムにおいて、

前記変位部材は、前記支持孔内でのガタによる前記支持孔の軸心に対する傾きが最大であつても前記凸部が前記凹部に接触するように構成される

ことを特徴とする直動システム。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、直進移動する直動体と、直動体の変位量を検出する変位検出装置と、を備えた直動システムに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、計測対象物に追従して変位する変位部材に取り付けられる磁石と、磁石に対向して配置される磁気センサと、変位部材を計測対象物に向けて付勢するコイルばねと、を備えた変位検出装置が開示されている。この変位検出装置では、計測対象物の変位に応じて磁石の位置が変化し、磁石の位置の変化に伴って磁気センサを通過する磁束の方向や大きさが変化するため、磁気センサの出力値に基づいて計測対象物の変位量を特定することができる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2015 - 10876 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献 1 に記載の変位検出装置では、磁石が取り付けられる変位部材がケースによって片持ち支持されているため、変位検出装置によって計測対象物の変位量を検出する際に、変位部材が傾斜し、変位方向と直交する方向における磁気センサと磁石との間隔が変化するというおそれがある。磁気センサの出力値は、磁気センサと磁石との間隔の変化の影響を受けて変化しやすいため、磁気センサと磁石とが近づく方向に変位部材が傾いた状態や磁気センサと磁石とが離れる方向に変位部材が傾いた状態で検出された変位量は、実際の変位量に対して誤差を有することになり、結果として変位検出装置の検出精度が低下するおそれがある。

40

【0005】

本発明は、上記の問題点を鑑みてなされたものであり、直動体の変位量を検出する変位

50

検出装置の検出精度を向上させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

第1の発明は、変位検出装置による変位検出対象である直動体は、変位部材の先端に設けられる接触端部が接触する接触部を有し、変位部材の接触端部および直動体の接触部の一方が凸部とされ、他方が凹部とされるとともに、凸部と凹部とが接触することを特徴とする直動システムである。

【0007】

第1の発明では、凸部と凹部とが接触することにより、支持孔の軸心に対する変位部材の傾きが規制されるので、変位部材が、直動体の直進移動に対して傾くことなく追従できる。

10

【0008】

第2の発明は、凹部には、凸部と接触して変位部材と直動体とが近づくにしたがって、支持孔の軸心に対する変位部材の中心軸の傾き角を小さくする傾斜面が設けられることを特徴とする。

【0009】

第2の発明では、変位部材と直動体とが近づくにしたがって、変位部材の傾き角が小さくなるので、直動体に対する変位部材の位置決め精度を向上できる。

【0010】

第3の発明は、凸部には、凹部の傾斜面に接触する曲面部が設けられることを特徴とする。

20

【0011】

第3の発明では、曲面部が凹部の傾斜面に接触する構成であるので、凸部を凹部の傾斜面によりスムーズに案内し、位置決めすることができる。

【0012】

第4の発明は、変位部材の接触端部は、直動体が所定の移動量未満では直動体の接触部と接触しないことを特徴とする。

【0013】

第4の発明では、直動システムの動作中において、直動体が所定の移動量以上となったときにのみ直動体の変位量を検出できればよいので、変位部材の長さや圧縮コイルばねの長さを短くできる。

30

【0014】

第5の発明は、直動体は、油圧弁装置のスプールであって、接触部は、スプールの端部に設けられることを特徴とする。

【0015】

第5の発明では、凸部と凹部とが接触することにより、スプールに対する変位部材の傾きが規制されるので、変位部材が、スプールの直進移動に対して傾くことなく追従できる。その結果、油圧弁装置のスプールの変位量（ストローク量）を高い検出精度で検出することができる。

【0016】

40

第6の発明は、変位部材が、支持孔内でのガタによる支持孔の軸心に対する傾きが最大であっても凸部が凹部に接触するように構成されることを特徴とする。

【0017】

第6の発明では、支持孔と支持孔に挿通される変位部材との間でガタが生じた場合であっても、凸部と凹部とを接触させることができる。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、直動体の変位量を検出する変位検出装置の検出精度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 1 9 】

【図 1】本発明の第 1 実施形態に係る油圧弁システムを示す断面図である。

【図 2】本発明の第 1 実施形態に係る変位検出装置を示す断面図である。

【図 3 A】本発明の第 1 実施形態に係る油圧弁システムにおけるスプールの端部とロッド部材の先端部の拡大図である。

【図 3 B】比較例に係る油圧弁システムにおけるスプールの端部とロッド部材の先端部の拡大図である。

【図 4 A】スプールに対するロッド部材の位置決めについて説明する図であり、ロッド部材が傾斜した状態を示す。

【図 4 B】スプールに対するロッド部材の位置決めについて説明する図であり、ロッド部材の傾斜が凹部により抑制された状態を示す。

【図 5】本発明の第 2 実施形態に係る油圧弁システムを示す断面図である。

【図 6 A】ロッド部材の接触端部がスプールの凹部に接触する前の状態を示す図である。

【図 6 B】ロッド部材の接触端部がスプールの凹部に接触した瞬間の状態を示す図である。

【図 7】最大傾斜状態にあるロッド部材の接触端部、スプールの凹部、およびスプールの端面の位置関係を示す模式図である。

【図 8 A】本発明の実施形態の変形例 1 - 1 に係る油圧弁システムにおけるスプールの端部とロッド部材の先端部の拡大図である。

【図 8 B】本発明の実施形態の変形例 1 - 2 に係る油圧弁システムにおけるスプールの端部とロッド部材の先端部の拡大図である。

【図 9】本発明の実施形態の変形例 2 に係る油圧弁システムにおけるスプールの端部とロッド部材の先端部の拡大図である。

【図 10】本発明の実施形態の変形例 3 に係る直動システムを示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 0 】

< 第 1 実施形態 >

図面を参照して、本発明の第 1 実施形態に係る直動システムについて説明する。本第 1 実施形態では、スプール 5 1 を有する油圧弁装置 5 0 と、スプール 5 1 の変位量を検出する変位検出装置 1 0 0 と、を備える油圧弁システム 1 を直動システムとして説明する。図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る油圧弁システム 1 を示す断面図である。

【 0 0 2 1 】

図 1 に示すように、油圧弁装置 5 0 は、円筒状のスリーブ 5 2 と、スリーブ 5 2 内に配置され軸方向に往復動するスプール 5 1 と、を備える。油圧弁装置 5 0 には、スリーブ 5 2 の内周面と、スプール 5 1 の端面 5 1 a と、変位検出装置 1 0 0 の突出部 1 2 h の端面と、により油室 5 3 が画成される。油圧弁装置 5 0 では、スリーブ 5 2 に設けられた給排孔 5 2 a を通じて油室 5 3 に対して作動油が給排されることでスプール 5 1 が軸方向に変位する。スプール 5 1 が変位することでスリーブ 5 2 に形成されるポート（不図示）の開閉が制御される。変位検出装置 1 0 0 は、スプール 5 1 の端面 5 1 a に対向するようにスリーブ 5 2 の端部に取り付けられる。

【 0 0 2 2 】

変位検出装置 1 0 0 は、油圧弁装置 5 0 のスプール（弁体）5 1 の変位量（ストローク量）を検出するストロークセンサである。

【 0 0 2 3 】

変位検出装置 1 0 0 は、直進移動する直動体であるスプール 5 1 に追従して変位する変位部材としてのロッド部材 2 2 と、ロッド部材 2 2 をスプール 5 1 に向けて付勢する圧縮コイルばね 2 7 と、ロッド部材 2 2 の一端側に配置されロッド部材 2 2 とともに変位する磁石 2 4 と、ロッド部材 2 2 を変位方向に往復動自在に支持する支持部材としてのケース 1 2 と、磁石 2 4 の変位方向と直交する方向において磁石 2 4 に対向するようにケース 1 2 に配置される磁気検出部 3 2 と、を備える。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 4 】

ケース 1 2 は、有底筒状のケース本体 1 2 0 と、ケース本体 1 2 0 の開口部 1 2 g を塞ぐ蓋部材 1 4 と、を有する。ケース本体 1 2 0 および蓋部材 1 4 は、それぞれ真鍮等の非磁性材により形成される。ケース本体 1 2 0 は、円筒状の円筒部 1 2 a と、円筒部 1 2 a の一端側に設けられる底部 1 2 b と、円筒部 1 2 a の他端側に設けられる開口部 1 2 g と、円筒部 1 2 a の内部に形成される収容部 1 2 c と、を有する。収容部 1 2 c には、圧縮コイルばね 2 7 および磁石 2 4 とともにロッド部材 2 2 の一部が収容される。

【 0 0 2 5 】

円筒部 1 2 a には、円筒部 1 2 a の外周面に開口し収容部 1 2 c に向かって窪む固定穴 1 2 e が形成される。固定穴 1 2 e は非貫通の段付き穴であり、この固定穴 1 2 e 内に磁気検出部 3 2 が固定される。

10

【 0 0 2 6 】

ケース本体 1 2 0 の底部 1 2 b には、ロッド部材 2 2 の軸部 2 2 a が挿通する支持孔 1 2 d が貫通して形成される。支持孔 1 2 d には、ロッド部材 2 2 の軸部 2 2 a を摺動自在に支持する軸受であるブッシュ 1 8 が軸方向に離間して 2 カ所に設けられる。ブッシュ 1 8 が 2 カ所に設けられることで、ケース本体 1 2 0 に片持ち支持されるロッド部材 2 2 の軸心が支持孔 1 2 d の軸心である支持軸心 O に対して傾くことを抑制できる。ブッシュ 1 8 は、1 カ所に設けられてもよく、この場合、ケース本体 1 2 0 の軸方向長さを短縮できる。

【 0 0 2 7 】

ケース本体 1 2 0 の底部 1 2 b には、収容部 1 2 c と外部とを連通する連通孔 1 2 f が支持孔 1 2 d の周囲に複数形成される。連通孔 1 2 f の一端は、油圧弁装置 5 0 の油室 5 3 に開口しており、収容部 1 2 c 内には連通孔 1 2 f を通じて油室 5 3 内の作動油が流入する。つまり、収容部 1 2 c は、作動油で満たされている。

20

【 0 0 2 8 】

ロッド部材 2 2 は、ブッシュ 1 8 を介してケース本体 1 2 0 により摺動自在に支持される円柱形状の軸部 2 2 a と、軸部 2 2 a の先端に設けられる半球形状の接触端部 2 2 b と、軸部 2 2 a の基端に形成され軸部 2 2 a の径方向外側に向かって延びる略円板状のフランジ 2 2 c と、を有する。

【 0 0 2 9 】

ロッド部材 2 2 は、ケース 1 2 と同様に非磁性材により形成される。ロッド部材 2 2 の接触端部 2 2 b にはスプール 5 1 が当接するため、真鍮よりも硬度の高いオーステナイト系ステンレス鋼等によりロッド部材 2 2 が形成される。

30

【 0 0 3 0 】

フランジ 2 2 c には、軸部 2 2 a とは反対側に延在する円柱形状の保持軸 2 2 d が軸部 2 2 a と同軸上に設けられる。保持軸 2 2 d の先端部には、後述するナット 2 6 の雌ねじが螺合する雄ねじが形成される。設計上では、ロッド部材 2 2 の中心軸と支持孔 1 2 d の支持軸心 O とが同軸上に配置されるように、ロッド部材 2 2 はケース本体 1 2 0 により支持される。

【 0 0 3 1 】

磁石 2 4 は、Nd や Sm 等の希土類元素を含む円筒状に形成された永久磁石であり、N 極 2 4 a と S 極 2 4 b とが保持軸 2 2 d の軸方向に並ぶように、保持軸 2 2 d の外周に配置される。磁石 2 4 は、保持軸 2 2 d が挿通する挿通孔 2 4 c を有し、挿通孔 2 4 c から突き出た保持軸 2 2 d の先端部にワッシャ 2 5 を介してナット 2 6 が装着される。これにより、磁石 2 4 は、フランジ 2 2 c とナット 2 6 およびワッシャ 2 5 により挟持された状態で保持軸 2 2 d に固定される。ナット 2 6 およびワッシャ 2 5 は、磁性材により形成される。ナット 2 6 およびワッシャ 2 5 は、フランジ 2 2 c との間で磁石 2 4 を挟持する部品であって、スプール 5 1 に追従して変位方向に変位する変位部材の構成部品である。

40

【 0 0 3 2 】

磁石 2 4 は、ロッド部材 2 2 に固定されるので、ロッド部材 2 2 とともにスプール 5 1

50

に追従し、変位範囲 R 1 内で支持軸心 O に沿って変位する。本実施形態では、スプール 5 1 にロッド部材 2 2 が常に接触した状態が保たれるため、スプール 5 1 の変位範囲 R 2 と、磁石 2 4 の変位範囲 R 1 は等しい。磁石 2 4 の変位に伴う磁界の変化は、磁気検出部 3 2 によって検出される。

【 0 0 3 3 】

磁気検出部 3 2 は、磁石 2 4 の変位に伴う磁界の変化に応じた出力値を出力するホール素子や磁気抵抗素子等の磁気センサ（不図示）と、磁気センサの出力値を処理する増幅回路等の処理回路（不図示）と、を有する。磁気検出部 3 2 は、磁気センサの出力値に基づいて演算されたロッド部材 2 2 の変位量、すなわち、ロッド部材 2 2 に当接するスプール 5 1 の変位量（ストローク量）に相当する検出値を出力する。

10

【 0 0 3 4 】

変位検出装置 1 0 0 内では、ロッド部材 2 2 が支持軸心 O に沿って変位すると、磁石 2 4 も変位し、磁気検出部 3 2 を通過する磁束の方向や大きさが変化する。磁気検出部 3 2 の出力値は、磁気検出部 3 2 を通過する磁束の方向や大きさの変化に応じて変化する。したがって、変位検出装置 1 0 0 は、磁気検出部 3 2 の出力値に基づいてロッド部材 2 2 の変位量、すなわち、スプール 5 1 の変位量を検出することができる。

【 0 0 3 5 】

図 1 に示すように、磁気検出部 3 2 は、基板 3 4 に実装されており、基板 3 4 が円筒部 1 2 a に形成された固定穴 1 2 e の段部に固定されることにより、ケース本体 1 2 0 に組み付けられる。

20

【 0 0 3 6 】

磁気検出部 3 2 が固定穴 1 2 e 内に配置された状態で、円筒部 1 2 a の外周には、固定穴 1 2 e を塞ぐようにして円筒状の磁気シールド 1 6 が組み付けられる。磁気シールド 1 6 は、磁気を遮蔽可能な鉄系合金等の保磁力の小さい軟磁性材により形成され、変位検出装置 1 0 0 の外部の磁気が磁気検出部 3 2 に影響を及ぼすことを抑制する。

【 0 0 3 7 】

磁気シールド 1 6 には切欠部（不図示）が形成され、この切欠部を通じてスプール 5 1 の作動を制御するコントローラ（不図示）と磁気検出部 3 2 とを接続するリード線（不図示）が配索される。

【 0 0 3 8 】

30

磁石 2 4 および磁石 2 4 が組み付けられるロッド部材 2 2 の一部が収容部 1 2 c 内に収容された状態で、ケース本体 1 2 0 の開口部 1 2 g は、蓋部材 1 4 によって塞がれる。ケース本体 1 2 0 の開口部 1 2 g は、収容部 1 2 c と外部とを連通する円形状の開口であり、収容部 1 2 c に連続して設けられる。

【 0 0 3 9 】

ケース本体 1 2 0 の開口部 1 2 g には、蓋部材 1 4 が挿入固定される。蓋部材 1 4 とケース本体 1 2 0 の開口部 1 2 g との間には、シール部材 4 8 が設けられ、シール部材 4 8 により収容部 1 2 c の内部と外部との連通が遮断される。蓋部材 1 4 の固定方法としては、圧入や螺合といった一般的な固定方法が用いられる。蓋部材 1 4 とは別の部材をケース本体 1 2 0 に組み付けることにより、蓋部材 1 4 をケース本体 1 2 0 に対して押付固定する構成としてもよい。

40

【 0 0 4 0 】

圧縮コイルばね 2 7 は、オーステナイト系ステンレス鋼等の非磁性材で形成された弾性部材であり、ナット 2 6 と蓋部材 1 4 との間に圧縮された状態で組み付けられる。このため、圧縮コイルばね 2 7 の付勢力は、スプール 5 1 に対してロッド部材 2 2 を押し付ける方向に常に作用する。接触端部 2 2 b がスプール 5 1 に当接しているとき、ロッド部材 2 2 は、圧縮コイルばね 2 7 の付勢力によりスプール 5 1 に向けて押圧され、接触端部 2 2 b とスプール 5 1 とが互いに離れることが防止される。つまり、圧縮コイルばね 2 7 が設けられることにより、ロッド部材 2 2 は、スプール 5 1 に向かって付勢されてスプール 5 1 に追従して変位することが可能となる。

50

【 0 0 4 1 】

図 2 は、変位検出装置 1 0 0 を示す断面図である。図 2 に示すように、変位検出装置 1 0 0 が油圧弁装置 5 0 に組み付けられていないときには、ロッド部材 2 2 は、圧縮コイルばね 2 7 の付勢力により押圧され、ロッド部材 2 2 のフランジ 2 2 c がケース本体 1 2 0 の底部 1 2 b に当接した状態となる。

【 0 0 4 2 】

ケース本体 1 2 0 には、底部 1 2 b から突出する突出部 1 2 h が設けられる。突出部 1 2 h は、円筒状であり、その外周面にスリーブ 5 2 の開口部の内周面に設けられた雌ねじに螺合する雄ねじが形成される。図 1 に示すように、変位検出装置 1 0 0 は、突出部 1 2 h の雄ねじをスリーブ 5 2 の開口部の雌ねじに螺合することにより、油圧弁装置 5 0 に取り付けられる。油圧弁装置 5 0 に変位検出装置 1 0 0 が取り付けられた状態では、スプール 5 1 の中心軸とケース本体 1 2 0 の支持孔 1 2 d の支持軸心 O とが一致している。

10

【 0 0 4 3 】

図 3 A は、油圧弁システム 1 におけるスプール 5 1 の端部とロッド部材 2 2 の先端部の拡大図である。図 3 A に示すように、ロッド部材 2 2 の接触端部 2 2 b は、スプール 5 1 の端面 5 1 a に凹設された円錐形状の凹部 5 5 に接触する。円錐形状の凹部 5 5 は、その中心軸がスプール 5 1 の中心軸 C L 2 に一致するように形成される。

【 0 0 4 4 】

凹部 5 5 は、スプール 5 1 の端面 5 1 a に直接形成される。このため、棒状部材から切削加工によりスプール 5 1 を成形する際に凹部 5 5 も形成することができる。このため、スプール 5 1 に接続される別部材に凹部 5 5 を形成する場合に比べて、作業を簡略化することができる。

20

【 0 0 4 5 】

接触端部 2 2 b は、凹部 5 5 の傾斜面 5 5 a に線接触する凸曲面部 2 3 を有する。本実施形態では、接触端部 2 2 b と凹部 5 5 とは線接触しており、線接触部 C P 1 は円形状である。

【 0 0 4 6 】

図 3 B は、比較例に係る油圧弁システムにおけるスプール 9 5 1 の端部とロッド部材 2 2 の先端部の拡大図である。図 3 B に示すように、比較例では凹部が設けられておらず、ロッド部材 2 2 の接触端部 2 2 b がスプール 9 5 1 の端面 5 1 a に接触している。端面 5 1 a は、スプール 9 5 1 の中心軸 C L 2 に直交する平坦な面である。

30

【 0 0 4 7 】

上述したように、ロッド部材 2 2 は、ケース 1 2 によって片持ち支持されている。比較例では、ロッド部材 2 2 の接触端部 2 2 b が径方向に移動可能な状態であるので、ロッド部材 2 2 が支持軸心 O に対して傾斜するおそれがある。変位検出装置がスプール 9 5 1 の変位量を検出する際に、ロッド部材 2 2 が支持軸心 O に対して傾斜していると、変位検出装置の検出精度が低下する。

【 0 0 4 8 】

ロッド部材 2 2 が傾斜した状態で往復動が繰り返されることにより、ブッシュ 1 8 が摩耗し、傾きがより大きくなり、検出精度がさらに低下する。ブッシュ 1 8 の寸法公差をできる限り小さくすることで、ロッド部材 2 2 の傾きを抑制する場合、精度の高い変位検出装置の製造に手間がかかり、コストが増加する。

40

【 0 0 4 9 】

これに対して本実施形態では、図 3 A に示すように、スプール 5 1 の端面 5 1 a に形成された凹形状の凹部 5 5 の内側に、凸形状の凸曲面部 2 3 を有する接触端部 2 2 b が配置される。凹部 5 5 の傾斜面 5 5 a に接触端部 2 2 b の凸曲面部 2 3 が線接触した状態で位置決めされるので、接触端部 2 2 b の径方向移動が凹部 5 5 により規制される。つまり、接触端部 2 2 b の凸曲面部 2 3 と、凹部 5 5 の傾斜面 5 5 a とが接触することにより、支持孔 1 2 d の支持軸心 O に対するロッド部材 2 2 の傾きが規制される。

【 0 0 5 0 】

50

図4 Aおよび図4 Bは、スプール5 1に対するロッド部材2 2の位置決めについて説明する図である。図4 Aは、ロッド部材2 2が傾斜した状態を示し、図4 Bは、ロッド部材2 2の傾斜が凹部5 5により抑制された状態を示す。変位検出装置1 0 0は、突出部1 2 hをスリーブ5 2の開口部にねじ込むことにより、油圧弁装置5 0に取り付けられる(図1参照)。ロッド部材2 2は、突出部1 2 hのねじ込み量に応じて徐々にスプール5 1に近づく。突出部1 2 hのねじ込み量が第1の所定量に達すると、図4 Aに示すように、接触端部2 2 bの凸曲面部2 3がスプール5 1の凹部5 5の傾斜面5 5 aに接触する。このとき、ロッド部材2 2の軸部2 2 aが支持軸心Oに対して傾き角 ($\theta > 0$)で傾いていると、接触端部2 2 bは凹部5 5に点Pで点接触する。

【0 0 5 1】

10

凹部5 5の傾斜面5 5 aは、ロッド部材2 2がスプール5 1に近接するにしたがって、ロッド部材2 2の中心軸C L 1がスプール5 1の中心軸C L 2と一致するように、接触端部2 2 bを案内する機能を有する。つまり、傾斜面5 5 aは、接触端部2 2 bと接触してロッド部材2 2とスプール5 1とが近づくにしたがって、支持軸心Oに対するロッド部材2 2の中心軸C L 1の傾き角 θ を小さくする機能を有する。

【0 0 5 2】

このため、突出部1 2 hのねじ込み量をさらに増加させると、図4 Bに示すように、接触端部2 2 bが傾斜面5 5 aに点接触された状態で押し込まれる。点接触状態の接触端部2 2 bは、スプール5 1に近づくようにロッド部材2 2が移動するにしたがって、凹部5 5の傾斜面5 5 aに沿って凹部5 5の底部に向かって移動する。

20

【0 0 5 3】

接触端部2 2 bが、凹部5 5の底部に向かうように傾斜面5 5 aに案内されることにより、軸部2 2 aの傾き角 θ は0に近づく。接触端部2 2 bは、傾斜面5 5 aとの接触状態が点接触状態から線接触状態に移行すると、その位置でロッド部材2 2の位置決めがなされる。

【0 0 5 4】

以上の第1実施形態によれば、以下に示す作用効果を奏する。

【0 0 5 5】

(1) スプール5 1は、ロッド部材2 2の先端に設けられる接触端部2 2 bが接触する凹部5 5を有する。ロッド部材2 2の接触端部2 2 bは凸形状に形成され、スプール5 1の凹部5 5は凹形状に形成される。凸部である接触端部2 2 bと凹部5 5とが接触することにより、ロッド部材2 2の接触端部2 2 bの径方向の移動が規制され、支持孔1 2 dの支持軸心Oに対するロッド部材2 2の傾きが規制される。

30

【0 0 5 6】

接触端部2 2 bと凹部5 5とが接触することにより、支持軸心Oに対するロッド部材2 2の中心軸C L 1の傾き、および位置ずれ(偏心)が規制されるので、ロッド部材2 2が、スプール5 1の直進移動に対して傾くことなく追従できる。これにより、スプール5 1の変位量を検出する変位検出装置1 0 0の検出精度を向上させることができる。

【0 0 5 7】

(2) 凹部5 5の内側で接触端部2 2 bの径方向の移動を規制し、支持軸心Oに対するロッド部材2 2の傾きを抑制できるので、ロッド部材2 2の往復動に伴うブッシュ1 8の摩耗の進行を抑制できる。その結果、長期に亘って高い検出精度を維持することができる。

40

【0 0 5 8】

(3) ブッシュ1 8の寸法公差を大きくできるので、製造コストの低減を図ることができる。

【0 0 5 9】

(4) 凹部5 5には、接触端部2 2 bと接触してロッド部材2 2とスプール5 1とが近づくにしたがって、支持軸心Oに対するロッド部材2 2の中心軸C L 1の傾き角 θ を小さくする傾斜面5 5 aが設けられる。変位検出装置1 0 0を油圧弁装置5 0に取り付けるこ

50

とにより、接触端部 2 2 b が傾斜面 5 5 a によって案内され、自動的にロッド部材 2 2 の傾き角 θ が小さくなるので、スプール 5 1 に対するロッド部材 2 2 の位置決め精度を向上できる。

【 0 0 6 0 】

(5) 接触端部 2 2 b には、凹部 5 5 の傾斜面 5 5 a に接触する凸曲面部 2 3 が設けられる。これにより、接触端部 2 2 b を凹部 5 5 の傾斜面 5 5 a によりスムーズに案内し、位置決めすることができる。

【 0 0 6 1 】

< 第 2 実施形態 >

本発明の第 2 実施形態に係る油圧弁システム 2 0 1 について説明する。図 5 は、本発明の第 2 実施形態に係る油圧弁システム 2 0 1 を示す断面図である。以下では、上記第 1 実施形態と異なる点を中心に説明し、図中、上記第 1 実施形態で説明した構成と同一の構成または相当する構成には同一の符号を付して説明を省略する。

【 0 0 6 2 】

第 1 実施形態に係る変位検出装置 1 0 0 では、ロッド部材 2 2 の接触端部 2 2 b が半球形状であったのに対し (図 1 参照)、第 2 実施形態に係る変位検出装置 2 0 0 では、図 5 に示すように、ロッド部材 2 2 2 の接触端部 2 2 2 b は円柱形状に形成される。

【 0 0 6 3 】

第 1 実施形態では、動作中におけるロッド部材 2 2 の変位範囲 R_1 がスプール 5 1 の変位範囲 R_2 と等しく、常にロッド部材 2 2 がスプール 5 1 に接触している油圧弁システム 1 について説明した (図 1 参照)。これに対して、第 2 実施形態に係る油圧弁システム 2 0 1 では、図 5 に示すように、動作中におけるロッド部材 2 2 2 の変位範囲 R_1 が、スプール 5 1 の変位範囲 R_2 に比べて小さい。

【 0 0 6 4 】

第 2 実施形態では、ロッド部材 2 2 2 の接触端部 2 2 2 b は、スプール 5 1 が所定の移動量 X 未満ではスプール 5 1 の凹部 5 5 に接触しない。スプール 5 1 が上記所定の移動量 X 以上に移動すると、ロッド部材 2 2 2 の接触端部 2 2 2 b がスプール 5 1 の凹部 5 5 に接触し、スプール 5 1 とともにロッド部材 2 2 2 が変位する。このため、スプール 5 1 の全移動量 (変位範囲 R_2) は、所定の移動量 X と、ロッド部材 2 2 2 の全移動量 (変位範囲 R_1) とを合わせた値となる。

【 0 0 6 5 】

図 6 A は、ロッド部材 2 2 2 の接触端部 2 2 2 b がスプール 5 1 の凹部 5 5 に接触する前の状態を示す図であり、図 6 B は、ロッド部材 2 2 2 の接触端部 2 2 2 b がスプール 5 1 の凹部 5 5 に接触した瞬間の状態を示す図である。

【 0 0 6 6 】

図 6 A および図 6 B は、支持軸心 O に対するロッド部材 2 2 2 の傾き角 θ が最大角度 θ_{max} であり、かつ、ケース本体 1 2 0 からの軸部 2 2 a の突出量が最大である状態 (以下、最大傾斜状態と記す) を示している。

【 0 0 6 7 】

本実施形態では、油圧弁装置 5 0 に変位検出装置 2 0 0 が取り付けられた状態において、スプール 5 1 とロッド部材 2 2 2 は、接触状態と非接触状態を繰り返す。このため、凹部 5 5 の外径 W は、ロッド部材 2 2 2 が最大傾斜状態であっても、接触端部 2 2 b が凹部 5 5 の傾斜面 5 5 a に接触するように設定される。つまり、本実施形態のロッド部材 2 2 2 は、支持孔 1 2 d 内での径方向ガタによる支持軸心 O に対する傾きが最大であっても、接触端部 2 2 2 b が凹部 5 5 に接触するように構成される。

【 0 0 6 8 】

最大傾斜状態にあるロッド部材 2 2 2 の接触端部 2 2 2 b において、支持軸心 O から最も外方に位置する角部 E_1 から支持軸心 O (中心軸 CL_2) に向かって下ろした垂線と支持軸心 O との交点を点 I_1 とする。スプール 5 1 の凹部 5 5 の外径 W は、交点 I_1 から角部 E_1 までの距離 Y の 2 倍よりも大きい寸法に設定される ($W > 2 \times Y$) 。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 9 】

図7は、最大傾斜状態にあるロッド部材222の接触端部222b、スプール51の凹部55、およびスプール51の端面51aの位置関係を示す模式図である。図7は、支持軸心Oに直交する平面に、接触端部222bの端面、凹部55、およびスプール51の端面51aのそれぞれの外形を正投影した図である。

【 0 0 7 0 】

図7に示すように、凹部55の大きさ、形状は、凹部55の投影面内に接触端部222bの端面の全てが収まるように設定される。別の言い方をすれば、凹部55の大きさ、形状は、凹部55の投影面内に、凹部55の傾斜面55aに接触する角部E1が配置されるように設定される。

10

【 0 0 7 1 】

このような第2実施形態によれば、第1実施形態で説明した(1)~(3)と同様の作用効果に加え、次の作用効果を奏する。

【 0 0 7 2 】

(6)ロッド部材222の接触端部222bは、スプール51が所定の移動量X未満ではスプール51の凹部55と接触せず、スプール51が所定の移動量X以上ではスプール51の接触端部222bと接触する。油圧弁システム201の動作中において、スプール51が所定の移動量X以上となったときにのみスプール51の変位量を検出できればよいので、ロッド部材222の長さや圧縮コイルばね27の長さを短くできる。

【 0 0 7 3 】

(7)ロッド部材222は、支持孔12d内でのガタによる支持軸心Oに対する傾きが最大であっても、接触端部222bが凹部55に接触するように構成される。このため、支持孔12dと支持孔12dに挿通されるロッド部材222との間でガタが生じた場合であっても、接触端部222bと凹部55とを接触させることができる。

20

【 0 0 7 4 】

(8)上記第1実施形態と同様、凹部55には、接触端部222bと接触してロッド部材222とスプール51とが近づくにしたがって、支持軸心Oに対するロッド部材222の中心軸CL1の傾き角を小さくする傾斜面55aが設けられる。このため、ロッド部材222が傾いた状態であっても、スプール51の凹部55がロッド部材222の接触端部222bに接触すると、傾斜面55aによって、ロッド部材222の傾き角が小さくなるように接触端部222bが案内される。これにより、スプール51が、ロッド部材222に接触してロッド部材222を移動させる過程における初期段階において、自動的にロッド部材222を適正に位置決めできる。

30

【 0 0 7 5 】

次のような変形例も本発明の範囲内であり、変形例に示す構成と上述の実施形態で説明した構成を組み合わせたり、上述の異なる実施形態で説明した構成同士を組み合わせたり、以下の異なる変形例で説明する構成同士を組み合わせることも可能である。

【 0 0 7 6 】

(変形例1)

上記実施形態では、凹部55の形状が円錐形状であり、接触端部222bの形状が半球形状であり、接触端部222bの形状が円柱形状である例について説明したが、本発明はこれに限定されない。たとえば、以下の変形例1-1, 変形例1-2, 変形例1-3のように、スプールの接触部およびロッド部材の接触端部は、種々の形状とすることができる。

40

【 0 0 7 7 】

(変形例1-1)

図8Aに示すように、本変形例1-1では、スプール351に設けられる凹部355の底部が、スプール51の端面51aに平行な平面状に形成される。また、本変形例1-1では、ロッド部材322に設けられる接触端部322bの頂部が、ロッド部材322の中心軸CL1に直交する平面状に形成される。

【 0 0 7 8 】

50

(変形例 1 - 2)

図 8 B に示すように、本変形例 1 - 2 では、スプール 4 5 1 に設けられる凹部 4 5 5 が半球形状に形成される。半球形状の凹部 4 5 5 の中心は、支持軸心 O 上に位置する。凹部 4 5 5 の内周面は、凹曲面であって、ロッド部材 2 2 とスプール 4 5 1 とが近づくにしたがって、支持軸心 O に対するロッド部材 2 2 の傾き角 が小さくなるように、接触端部 2 2 b を案内する傾斜面である。

【 0 0 7 9 】

(変形例 1 - 3)

凹部 5 5 は、多角錐形状に形成してもよい。たとえば、凹部 5 5 が四角錐形状に形成された場合、油圧弁装置 5 0 に変位検出装置 1 0 0 が組み付けられた状態において、接触端部 2 2 b は凹部 5 5 の 4 つの側面に点接触することになる。

10

【 0 0 8 0 】

(変形例 2)

上記実施形態では、スプール 5 1 に凹形状の凹部 5 5 を設け、ロッド部材 2 2 , 2 2 2 に凹部 5 5 の内側に挿入される凸形状の接触端部 2 2 b , 2 2 2 b を設ける例について説明したが、本発明はこれに限定されない。凹部と凸部の関係は逆でもよい。たとえば、図 9 に示すように、ロッド部材 5 2 2 に凹形状の接触端部 5 2 2 b を設け、スプール 5 5 1 に凸形状の凸部 5 5 5 を設けてもよい。接触端部 5 2 2 b には、凸部 5 5 5 と接触してロッド部材 5 2 2 とスプール 5 5 1 とが近づくにしたがって、支持軸心 O に対するロッド部材 5 2 2 の中心軸 C L 1 の傾き角 を小さくする傾斜面 5 2 3 が設けられる。

20

【 0 0 8 1 】

(変形例 3)

上記実施形態では、油圧弁装置 5 0 と変位検出装置 1 0 0 , 2 0 0 とを有する油圧弁システム 1 , 2 0 1 を例に直動システムについて説明したが、本発明はこれに限定されない。直進移動する直動体と、直動体の変位量を検出する変位検出装置と、を備える種々の直動システムに本発明を適用できる。

【 0 0 8 2 】

たとえば、図 1 0 に示すように、油圧シリンダ 6 5 0 と変位検出装置 6 0 0 とを備える直動システムである油圧シリンダシステム 6 0 1 に本発明を適用してもよい。油圧シリンダ 6 5 0 は、直進移動するピストン 6 5 1 と、ピストン 6 5 1 を収容するシリンダチューブ 6 5 2 と、を有する。変位検出装置 6 0 0 は、ピストン 6 5 1 の変位量 (ストローク量) を検出する。

30

【 0 0 8 3 】

本変形例 3 では、ピストン 6 5 1 の端面に円錐形状の凹部 5 5 が設けられる。円錐形状の凹部 5 5 の中心軸は、ピストン 6 5 1 の中心軸 C L 2 に平行である。変位検出装置 6 0 0 は、ピストン 6 5 1 の凹部 5 5 の中心軸が支持軸心 O に一致するように、油圧シリンダ 6 5 0 に取り付けられる。ピストン 6 5 1 が所定の移動量以上に移動すると、ロッド部材 2 2 の接触端部 2 2 b にピストン 6 5 1 の凹部 5 5 が接触し、ピストン 6 5 1 とともにロッド部材 2 2 が変位する。

【 0 0 8 4 】

40

(変形例 4)

第 2 実施形態において、支持孔 1 2 d 内でのガタによる支持軸心 O に対するロッド部材 2 2 の中心軸 C L 1 の傾きが最大であっても、接触端部 2 2 2 b が凹部 5 5 に接触するようにロッド部材 2 2 2 が構成される例について説明したが、第 1 実施形態のロッド部材 2 2 にも同様の構成を採用できる。支持孔 1 2 d と支持孔 1 2 d に挿通されるロッド部材 2 2 との間でガタが生じた場合であっても、スプール 5 1 にロッド部材 2 2 の接触端部 2 2 b を接触させる際、接触端部 2 2 b と凹部 5 5 とを接触させることができる。これにより、スプール 5 1 に対するロッド部材 2 2 の位置決めを容易に行うことができる。

【 0 0 8 5 】

以上のように構成された本発明の実施形態の構成、作用、および効果をまとめて説明す

50

る。

【 0 0 8 6 】

直動システム（油圧弁システム 1, 201、油圧シリンダシステム 601）は、直進移動する直動体（スプール 51, 351, 451, 551, ピストン 651）と、直動体（スプール 51, 351, 451, 551, ピストン 651）の変位量を検出する変位検出装置 100, 200, 600 と、を備えた直動システムであって、変位検出装置 100, 200, 600 は、直動体（スプール 51, 351, 451, 551, ピストン 651）に向かって付勢されて直動体（スプール 51, 351, 451, 551, ピストン 651）に追従して変位する変位部材（ロッド部材 22, 222, 322, 522）と、変位部材（ロッド部材 22, 222, 322, 522）に配置され、変位部材（ロッド部材 22, 222, 322, 522）とともに変位する磁石 24 と、変位部材（ロッド部材 22, 222, 322, 522）が挿通する支持孔 12d が設けられ、変位部材（ロッド部材 22, 222, 322, 522）を変位方向に往復動自在に支持する支持部材（ケース 12）と、支持部材（ケース 12）に配置され、磁石 24 の変位に伴う磁界の変化を検出する磁気検出部 32 と、を備え、直動体（スプール 51, 351, 451, 551, ピストン 651）は、変位部材（ロッド部材 22, 222, 322, 522）の先端に設けられる接触端部 22b, 222b, 322b, 522b が接触する接触部（凹部 55, 355, 455、凸部 555）を有し、変位部材（ロッド部材 22, 222, 322, 522）の接触端部 22b, 222b, 322b, 522b および直動体（スプール 51, 351, 451, 551, ピストン 651）の接触部（凹部 55, 355, 455、凸部 555）の一方が凸部（接触端部 22b, 222b, 322b、凸部 555）とされ、他方が凹部（凹部 55, 355, 455、接触端部 522b）とされるときともに、凸部（接触端部 22b, 222b, 322b、凸部 555）と凹部（凹部 55, 355, 455、接触端部 522b）とが接触する。

10

20

【 0 0 8 7 】

この構成では、凸部（接触端部 22b, 222b, 322b、凸部 555）と凹部（凹部 55, 355, 455、接触端部 522b）とが接触することにより、支持孔 12d の軸心に対する変位部材（ロッド部材 22, 222, 322, 522）の傾きが規制されるので、変位部材（ロッド部材 22, 222, 322, 522）が、直動体（スプール 51, 351, 451, 551, ピストン 651）の直進移動に対して傾くことなく追従できる。その結果、直動体（スプール 51, 351, 451, 551, ピストン 651）の変位量を検出する変位検出装置 100, 200, 600 の検出精度を向上させることができる。

30

【 0 0 8 8 】

直動システム（油圧弁システム 1, 201、油圧シリンダシステム 601）は、凹部（凹部 55, 355, 455、接触端部 522b）には、凸部（接触端部 22b, 222b, 322b、凸部 555）と接触して変位部材（ロッド部材 22, 222, 322, 522）と直動体（スプール 51, 351, 451, 551, ピストン 651）とが近づくにしたがって、支持孔 12d の軸心に対する変位部材（ロッド部材 22, 222, 322, 522）の中心軸 CL1 の傾き角 θ を小さくする傾斜面 55a, 523 が設けられる。

40

【 0 0 8 9 】

この構成では、変位部材（ロッド部材 22, 222, 322, 522）と直動体（スプール 51, 351, 451, 551, ピストン 651）とが近づくにしたがって、変位部材（ロッド部材 22, 222, 322, 522）の傾き角 θ が小さくなるので、直動体（スプール 51, 351, 451, 551, ピストン 651）に対する変位部材（ロッド部材 22, 222, 322, 522）の位置決め精度を向上できる。

【 0 0 9 0 】

直動システム（油圧弁システム 1、油圧シリンダシステム 601）は、凸部（接触端部 22b, 322b）に、凹部 55, 355, 455 の傾斜面 55a に接触する曲面部（凸曲面部 23）が設けられる。

50

【 0 0 9 1 】

この構成では、曲面部（凸曲面部 2 3）が凹部 5 5，3 5 5，4 5 5 の傾斜面 5 5 a に接触する構成であるので、凸部（接触端部 2 2 b，3 2 2 b）を凹部 5 5，3 5 5，4 5 5 の傾斜面 5 5 a によりスムーズに案内し、位置決めすることができる。

【 0 0 9 2 】

直動システム（油圧弁システム 2 0 1、油圧シリンダシステム 6 0 1）は、変位部材（ロッド部材 2 2 2，3 2 2，5 2 2）の接触端部 2 2 2 b，3 2 2 b，5 2 2 b は、直動体（スプール 5 1，3 5 1，4 5 1，5 5 1，ピストン 6 5 1）が所定の移動量 X 未満では直動体（スプール 5 1，3 5 1，4 5 1，5 5 1，ピストン 6 5 1）の接触部（凹部 5 5，3 5 5，4 5 5、凸部 5 5 5）と接触しない。

10

【 0 0 9 3 】

この構成では、直動システム（油圧弁システム 2 0 1、油圧シリンダシステム 6 0 1）の動作中において、直動体（スプール 5 1，3 5 1，4 5 1，5 5 1，ピストン 6 5 1）が所定の移動量 X 以上となったときにのみ直動体（スプール 5 1，3 5 1，4 5 1，5 5 1，ピストン 6 5 1）の変位量を検出できればよいので、変位部材（ロッド部材 2 2 2，3 2 2，5 2 2）の長さや圧縮コイルばね 2 7 の長さを短くできる。

【 0 0 9 4 】

直動システム（油圧弁システム 1，2 0 1）において、直動体は、油圧弁装置 5 0 のスプール 5 1，3 5 1，4 5 1，5 5 1 であって、接触部（凹部 5 5，3 5 5，4 5 5、凸部 5 5 5）は、スプール 5 1，3 5 1，4 5 1，5 5 1 の端部（端面 5 1 a）に設けられる。

20

【 0 0 9 5 】

この構成では、凸部（接触端部 2 2 b，2 2 2 b，3 2 2 b、凸部 5 5 5）と凹部（凹部 5 5，3 5 5，4 5 5、接触端部 5 2 2 b）とが接触することにより、スプール 5 1，3 5 1，4 5 1，5 5 1 に対する変位部材（ロッド部材 2 2，2 2 2，3 2 2，5 2 2）の傾きが規制されるので、変位部材（ロッド部材 2 2，2 2 2，3 2 2，5 2 2）が、スプール 5 1，3 5 1，4 5 1，5 5 1 の直進移動に対して傾くことなく追従できる。その結果、油圧弁装置 5 0 のスプール 5 1，3 5 1，4 5 1，5 5 1 の変位量（ストローク量）を高い検出精度で検出することができる。

【 0 0 9 6 】

直動システム（油圧弁システム 1，2 0 1、油圧シリンダシステム 6 0 1）は、変位部材（ロッド部材 2 2，2 2 2，3 2 2，5 2 2）が、支持孔 1 2 d 内でのガタによる支持軸心 O に対する傾きが最大であっても凸部（接触端部 2 2 b，2 2 2 b，3 2 2 b、凸部 5 5 5）が凹部（凹部 5 5，3 5 5，4 5 5、接触端部 5 2 2 b）に接触するように構成される。

30

【 0 0 9 7 】

この構成では、支持孔 1 2 d と支持孔 1 2 d に挿通される変位部材（ロッド部材 2 2，2 2 2，3 2 2，5 2 2）との間でガタが生じた場合であっても、凸部（接触端部 2 2 b，2 2 2 b，3 2 2 b、凸部 5 5 5）と凹部（凹部 5 5，3 5 5，4 5 5、接触端部 5 2 2 b）とを接触させることができる。

40

【 0 0 9 8 】

以上、本発明の実施形態について説明したが、上記実施形態は本発明の適用例の一部を示したに過ぎず、本発明の技術的範囲を上記実施形態の具体的構成に限定する趣旨ではない。

【 符号の説明 】

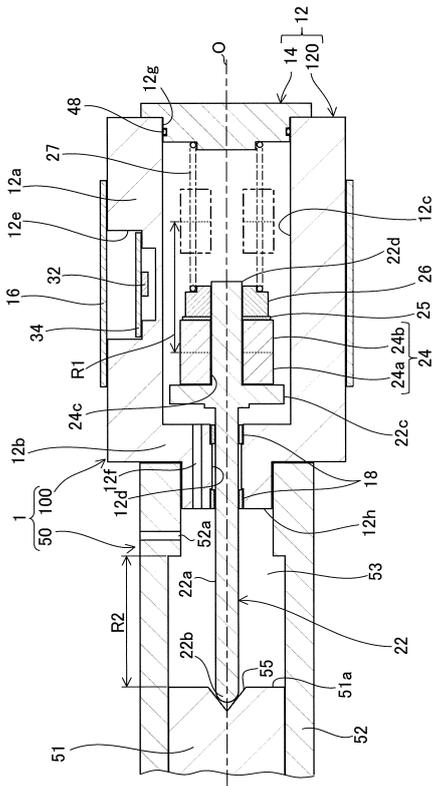
【 0 0 9 9 】

1，2 0 1・・・油圧弁システム（直動システム）、6 0 1・・・油圧シリンダシステム（直動システム）、1 2・・・ケース（支持部材）、1 2 d・・・支持孔、2 2，2 2 2，3 2 2，5 2 2・・・ロッド部材（変位部材）、2 2 b，2 2 2 b，3 2 2 b・・・接触端部、2 3・・・凸曲面部（曲面部）、2 4・・・磁石、3 2・・・磁気検出部、5

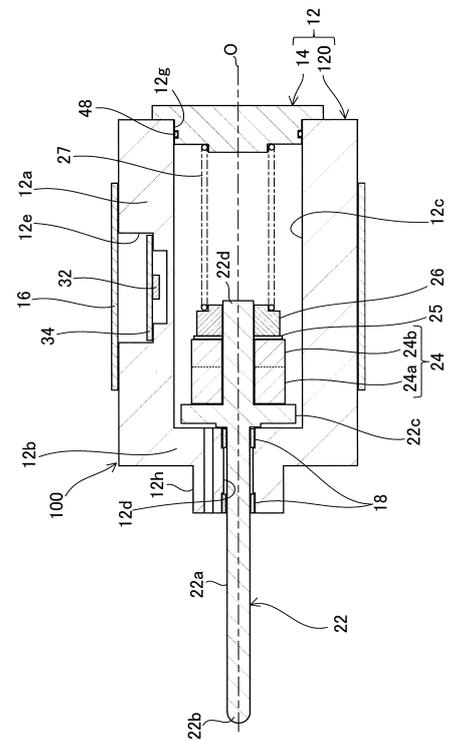
50

0・・・油圧弁装置、51, 351, 451, 551・・・スプール(直動体)、651
・・・ピストン(直動体)、51a・・・端面(端部)、55, 355, 455・・・凹
部(接触部)、555・・・凸部(接触部)、55a, 523・・・傾斜面、100, 2
00, 600・・・変位検出装置、O・・・支持軸心(軸心)、・・・傾き角

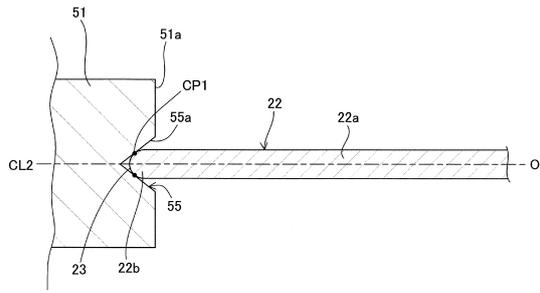
【図1】



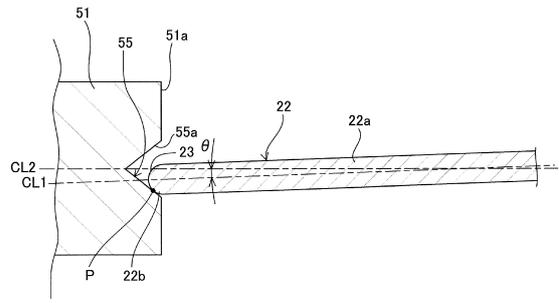
【図2】



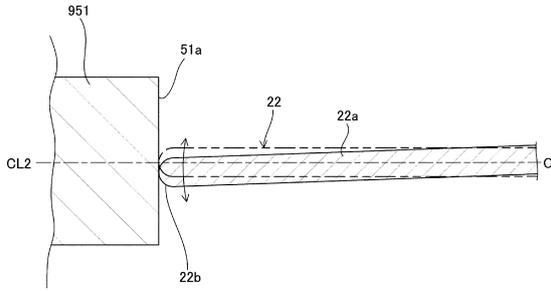
【 図 3 A 】



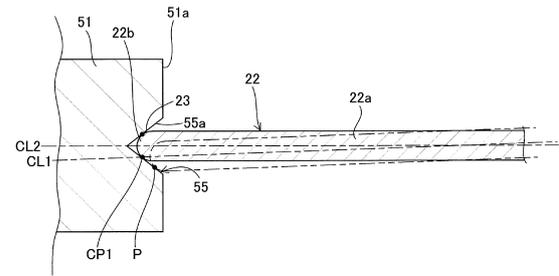
【 図 4 A 】



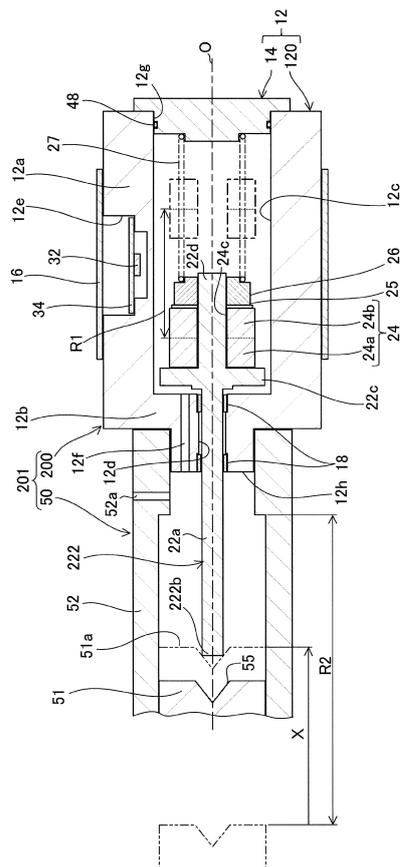
【 図 3 B 】



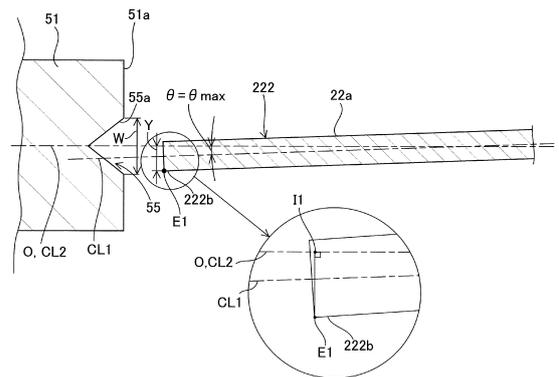
【 図 4 B 】



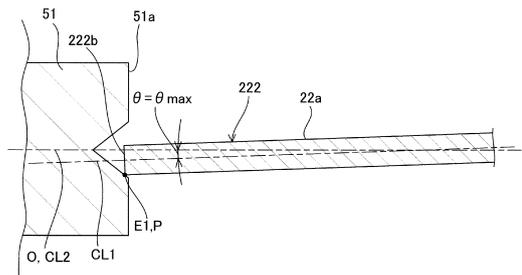
【 図 5 】



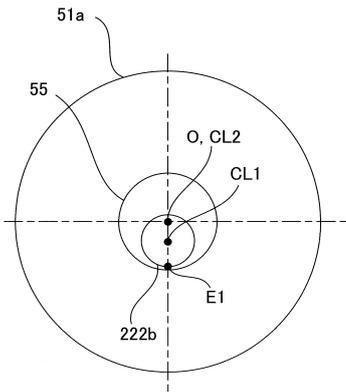
【 図 6 A 】



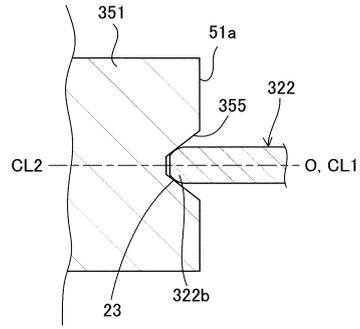
【 図 6 B 】



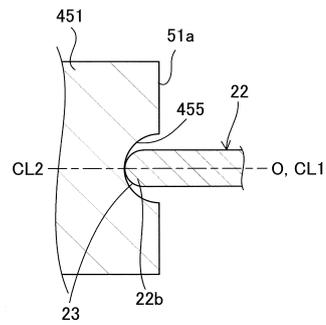
【図 7】



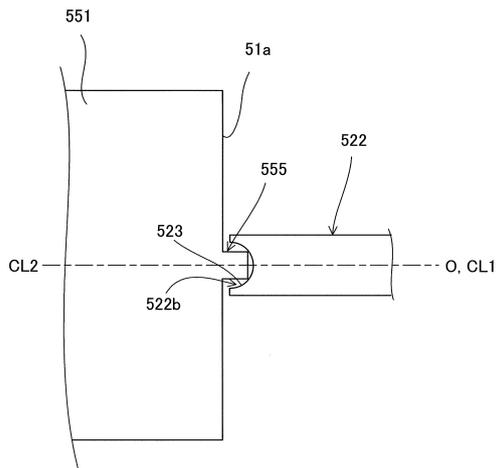
【図 8 A】



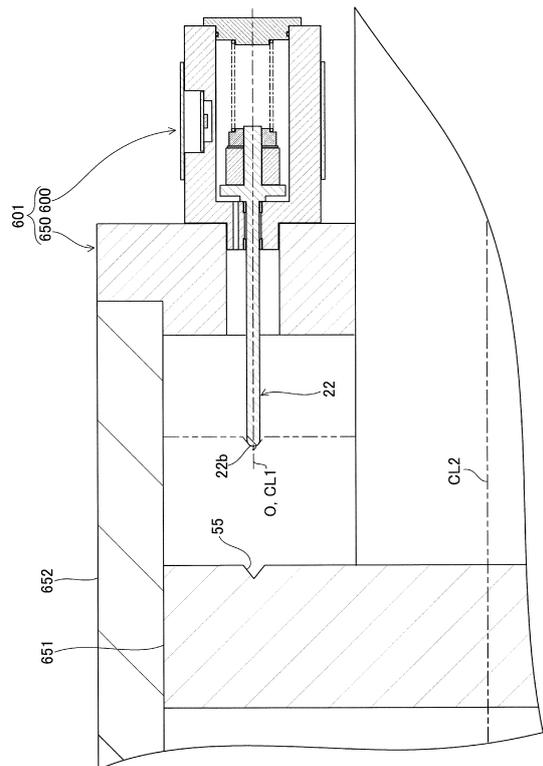
【図 8 B】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2016/194611(WO, A1)
特開2007-055588(JP, A)
特開2010-210493(JP, A)
特開2009-121576(JP, A)
米国特許出願公開第2006/0208724(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 7/00 - 7/34
G01D 5/12 - 5/252