

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4247314号
(P4247314)

(45) 発行日 平成21年4月2日(2009.4.2)

(24) 登録日 平成21年1月23日(2009.1.23)

(51) Int. Cl.		F I			
F 1 6 K	31/06	(2006.01)	F 1 6 K	31/06	3 0 5 D
H 0 1 F	7/16	(2006.01)	F 1 6 K	31/06	3 0 5 E
			F 1 6 K	31/06	3 0 5 J
			H 0 1 F	7/16	N
			H 0 1 F	7/16	R

請求項の数 3 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2000-393044 (P2000-393044)	(73) 特許権者	000102511 S M C株式会社
(22) 出願日	平成12年12月25日(2000.12.25)		東京都千代田区外神田四丁目14番1号
(65) 公開番号	特開2002-188745 (P2002-188745A)	(74) 代理人	100072453 弁理士 林 宏
(43) 公開日	平成14年7月5日(2002.7.5)	(74) 代理人	100114199 弁理士 後藤 正彦
審査請求日	平成14年12月20日(2002.12.20)	(74) 代理人	100119404 弁理士 林 直生樹
審判番号	不服2004-19165 (P2004-19165/J1)	(72) 発明者	佐 藤 秀 治 茨城県筑波郡谷和原村絹の台4-2-2 エスエムシー株式会社筑波技術センター内
審判請求日	平成16年9月16日(2004.9.16)	(72) 発明者	芳 村 親 一 茨城県筑波郡谷和原村絹の台4-2-2 エスエムシー株式会社筑波技術センター内 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電磁弁用ソレノイド

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

コイルを巻いたボビンと、該ボビンの中心孔に装着した固定鉄心と、該ボビンの中心孔に摺動可能に挿入され該ボビンの中心孔内に吸引力作用面を有し該コイルへの通電により吸引される可動鉄心と、これらを囲む磁気枠とを有し、ボディ幅がボディ奥行より短い電磁弁用ソレノイドにおいて、

上記固定鉄心、可動鉄心及びボビンの中心孔の断面形状を長円または略長方形にすると共に、

該ボビンに巻かれた断面が長円または略長方形のコイルの短軸側または短辺側の巻外径 W と、コイルの内側の断面積 S と同じ断面積の仮想円柱鉄心の直径 d との間に、 $d = (0.4 \sim 0.8) W$ の関係を持たせ、

上記固定鉄心及び可動鉄心の断面における長軸または長辺の長さ a と短軸または短辺の長さ b との比率を、 $1.3 \leq a/b \leq 3.0$ とした、
ことを特徴とする電磁弁用ソレノイド。

【請求項2】

固定鉄心及び可動鉄心の断面における長軸または長辺の長さ a を、 $8.7 \sim 15.5$ mm とし、同短軸または短辺の長さ b を、 $4.6 \sim 8.9$ mm とし、上記 a と b の比率を、 $1.37 \leq a/b \leq 2.38$ とした、
ことを特徴とする請求項1に記載の電磁弁用ソレノイド。

【請求項3】

10

20

上記長さ a と b の比率を、 $1.6 \leq a/b \leq 2.8$ とした、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の電磁弁用ソレノイド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電磁弁用ソレノイドに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

コイルを巻いたボビン、該ボビンの中心孔に装着した固定鉄心、これらを囲む磁気棒、ボビンの中心孔に摺動可能に挿入した可動鉄心、及びその復帰ばね等を有するソレノイド部
と、複数のポート、これらのポートを連通させる通路中の弁座、上記可動鉄心により駆動
され上記弁座を開閉する弁体を有する弁部とを備えた電磁弁は、特に例示するまでもなく
既に知られている。

10

また、複数の電磁弁をマニホールドベースに接続して一括制御することも、特に例示する
までもなく既に知られている。

【0003】

しかし、複数の電磁弁をマニホールド化したとき、電磁弁全体が大型で重くなるという問
題が生じるため、個々の電磁弁のボディ幅を小さくし全体を小型化することが最重要とな
る。

しかし、全体を小型化するために電磁弁のボディ幅を小さくすると、ボディ内に収容され
ている電磁弁の弁体を駆動するソレノイドの巻外径が小さくなり、ソレノイドの巻外径が
小さくなるとソレノイドの吸引力が減少し、電磁弁の弁体を駆動する駆動力が低下する
という新たな問題が生ずる。

20

また、ソレノイドの吸引力を増大させるためにコイルの巻数を増やしたり鉄心を大径化し
たりすると、ソレノイドの巻外径が大きくなると共にコストが増大するといった問題があ
った。

したがって、従来の電磁弁用ソレノイドは、小型化及び吸引力増加に限界があった。

【0004】

本発明は、複数の電磁弁をマニホールド化するに際し、個々の電磁弁のボディ幅を小さく
する場合でも、ボディ幅と直角方向の電磁弁の奥行には余裕があることに着目し、電磁弁
用ソレノイドにおける固定鉄心及び可動鉄心の断面形状及びボビンの中心孔の形状に工夫
をこらすことにより、上記問題を解決できることを見出し、しかも、それが上記余裕の範
囲内で適切に対処できることを確かめ、本発明に至ったものである。

30

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の課題は、小型でありながら吸引力が大きく、しかも経済性の良い電磁弁用ソレノ
イドを提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本発明に係る電磁弁用ソレノイドは、コイルを巻いたボビン
と、該ボビンの中心孔に装着した固定鉄心と、該ボビンの中心孔に摺動可能に挿入され該
ボビンの中心孔内に吸引力作用面を有し該コイルへの通電により吸引される可動鉄心と、
これらを囲む磁気棒とを有し、ボディ幅がボディ奥行より短い電磁弁用ソレノイドにおい
て、上記固定鉄心、可動鉄心及びボビンの中心孔の断面形状を長円または略長方形にする
と共に、該ボビンに巻かれた断面が長円または略長方形のコイルの短軸側または短辺側の
巻外径 W と、コイルの内側の断面積 S と同じ断面積の仮想円柱鉄心の直径 d との間に、
 $d = (0.4 \sim 0.8)W$ の関係を持たせ、上記固定鉄心及び可動鉄心の断面における長軸
または長辺の長さ a と短軸または短辺の長さ b との比率を、 $1.3 \leq a/b \leq 3.0$ とし
たことを特徴とするものである。

40

本発明の電磁弁用ソレノイドにおいては、固定鉄心及び可動鉄心の断面における長軸ま

50

たは長辺の長さ a を、 $8.7 \sim 15.5$ とし、同短軸または短辺の長さ b を、 $4.6 \sim 8.9$ とし、且つ上記 a と b の比率を、 $1.37 \leq a/b \leq 2.38$ とし、あるいは、上記長さ a と b の比率を、 $1.6 \leq a/b \leq 2.8$ とするのがより望ましい。

【0007】

本発明の電磁弁用ソレノイドにおいては、コイルを巻いたボビンと、該ボビンの中心孔に装着した固定鉄心と、該ボビンの中心孔に摺動可能に挿入され該ボビンの中心孔内に吸引力作用面を有し該コイルへの通電により吸引される可動鉄心と、これらを囲む磁気枠とを有し、ボディ幅がボディ奥行より短い電磁弁用ソレノイドにおいて、ボビンに巻かれたコイルの巻外径 W と上記仮想円柱鉄心の直径 d との関係が、 $d = (0.4 \sim 0.8)W$ となるような断面積の鉄心にすると、電磁弁用ソレノイドの固定鉄心と可動鉄心の間に働く吸引力を大きく設計できることは、後述する計算により確認されている。

10

【0008】

また、上記により求めた直径 d の固定鉄心及び可動鉄心の断面形状は円よりも長円または略長方形にしたほうが、同じ鉄心断面積であっても吸引力が大きくなり、更に、上記固定鉄心及び可動鉄心の断面が長円または略長方形の長軸または長辺の長さ a と短軸または短辺の長さ b との比率が、 $1.3 \leq a/b \leq 3.0$ となるようにすると、投下コストの割には大きな吸引力を得られることが後述する計算等により確認された。

【0009】

したがって、本発明に係る電磁弁用ソレノイドによれば、上述した構成により小型でありながら吸引力が大きく、しかも経済性の良い電磁弁用ソレノイドを提供することができる。

20

【0010】

【発明の実施の形態】

図1は、本発明に係る電磁弁用ソレノイドの一実施例を示す縦断正面図である。

該実施例における電磁弁用ソレノイド1は、弁2のボディ3の上部に取り付けられ、該ボディ3と同じ幅と奥行とを有し、コイル7を巻いたボビン4と、該ボビン4の中心孔4aに装着した固定鉄心5と、該ボビン4の中心孔4aに摺動可能に挿入され、該ボビン4の中心孔4a内に吸引力作用面6aを有し、該コイル7への通電により固定鉄心5に吸引される可動鉄心6と、これらを囲む磁気枠8及び磁気プレート9（磁気枠と一体化できる）と、該可動鉄心6の先端に固着されるキャップ11と、該キャップ11及び磁気プレート9の間に装着される可動鉄心6の復帰ばね12とを有している。

30

【0011】

更に詳述すると、該弁2のボディ3はボディ幅よりもボディ奥行の方が長くなっており、該ボディ3の上部側には、上記ボビン4、固定鉄心5、可動鉄心6、これらを囲む磁気枠8及び磁気プレート9が設けられており、該弁2は、圧力流体の入力ポートP、出力ポートA及び排出ポートR、これらのポートを連通させる通路に互いに背向させて形設した、ポートPとA間の供給弁座14及びポートAとR間の排出弁座15、これらの弁座14、15を開閉させる弁体41、46、これらの弁座の周囲の供給弁室16及び排出弁室17、並びに弁室16と17を連通させる連通孔18、 $\cdot\cdot$ を備え、弁体41、46を上記可動鉄心6により駆動するものであり、上記弁室16は上記キャップ11を固着した可動鉄心6の先端部分を収納する大きさを有している。

40

【0012】

上記ボビン4は上記中心孔4aを有しコイル7が巻かれるボビン筒部4bと該ボビン筒部4bの両端に上記コイル7の上下端を覆うボビン鏝部4c、4dとで構成されている。上記固定鉄心5は、その下端5aが吸引力作用面になっており、その上端の鏝部5cがシール材32を介してボビン鏝部4cの上面に載置され、固定鉄心5は上記ボビン4に気密に取り付けられている。

上記磁気プレート6は、上記ボビン筒部4bの下端から突出している可動鉄心6を取り囲む略ドーナツ形状をなすと共に、上記ボディ3の上端面と上記ボビン鏝部4dの下面との間にシール材33、34を介して気密に設けられている。

50

【0013】

上記磁気棒 8 は、上記固定鉄心 5、可動鉄心 6、ボビン 4、磁気プレート 9 を収納するケースを兼ねており、断面 U 字状で上記ボディ 3 と同じ幅と奥行きとを有し、その下端が環状の凹溝に装着されたシール部材 31 を介して上記ボディ 3 の上部に気密に取り付けられており、このために上記固定鉄心 5、ボビン 4、磁気プレート 9 は上記磁気棒 8 の上端とボディ 3 の上端との間にサンドイッチ状に挟持されて固定される。

【0014】

上記可動鉄心 6 は、上記可動鉄心 6 の上端 6a が吸引力作用面になっており、その下方先端部分に凹部 40 を有し、該凹部 40 に上記供給弁座 14 を開閉する供給弁体 41 が摺動可動に挿入され、該供給弁体 41 は凹部 40 の底面との間に縮設された第 1 弁ばね 42 によって供給弁座 14 を閉鎖する方向に付勢され、キャップ 11 の係止部 11a に係止している。

排出弁座 15 を開閉する排出弁体 46 は、ばね座 47 との間に縮設した第 2 弁ばね 48 によって排出弁座 15 を閉鎖する方向に付勢され、排出弁体 46 を駆動する押圧部材 49 の先端は、連通孔 18、 $\cdot\cdot$ を通って上記キャップ 11 の係止部 11a に当接している。

上記ばね座 47 は押さえ板 36 により上記ボディ 3 からの飛出しが防止されていると共に、環状の凹溝に装着されたシール材 37 により上記ボディ 3 に気密に取り付けられている。

なお、上記実施例の弁 2 は 3 ポート弁となっているが、本発明の電磁弁用ソレノイド 1 はこれに限定されるものではない。

【0015】

図 2 は、上記実施例における電磁弁用ソレノイド 1 の固定鉄心 5、可動鉄心 6、ボビン 4 の分解斜視図である。

図 2 に示すように、本実施例に係る電磁弁用ソレノイド 1 は、上記固定鉄心 5 及び可動鉄心 6 の断面形状及び上記ボビンの中心孔の形状を長円にすると共に該ボビンに巻かれた長円のコイルの短軸側の巻外径 W を上記ボディ幅に略等しい長さにしている。

なお、上記実施例では、上記固定鉄心 5 及び可動鉄心 6 の断面形状及び上記ボビンの中心孔の形状を長円にしているが、必ずしもこれに限定されるものではなく、上記固定鉄心 5 及び可動鉄心 6 の断面形状及び上記ボビンの中心孔の形状を略長方形にしても良いが、この場合、該ボビンに巻かれた略長方形のコイルの短辺側の巻外径 W を上記ボディ幅に略等しい長さにする。

【0016】

また、後述する計算根拠に基づき、断面が長円のコイルの短軸側の巻外径 W とコイルの内側の断面積 $S (= d^2 / 4)$ と同じ断面積の仮想円柱鉄心の直径 d との間に、 $d = (0.4 \sim 0.8) W$ の関係を持たせ、上記固定鉄心及び可動鉄心の長円の長軸または該略長方形の長辺の長さを a 、上記固定鉄心及び可動鉄心の断面における長軸の長さ a と短軸の長さ b との比率を、 $1.3 \leq a/b \leq 3.0$ となるようにしている。

【0017】

上記実施例において、コイル 7 に非通電のときは、第 1 弁ばね 42 の付勢力によって供給弁体 41 が供給弁座 14 を閉鎖し、押圧部材 49 で押圧された排出弁体 46 が排出弁座 15 を開放するので、ポート A と R が連通している（図 1 左半分参照）。

コイル 7 に通電すると、固定鉄心 5 が復帰ばね 12 の付勢力に抗して可動鉄心 6 を吸引するので、供給弁体 41 が供給弁座 14 を開放するとともに第 2 弁ばね 48 の付勢力により排出弁体 46 が排出弁座 15 を閉鎖して、ポート P と A が連通する（図 1 右半分参照）。

【0018】

次に、前述の数値限定の計算根拠を述べる。

図 3 は、鉄心形状の最適化を計算により求めるために、本発明に係る電磁弁用ソレノイドのコイル形状パラメータを示した平面図であり、図 4 は図 3 の Y - Y 線断面図、図 5 は長方形断面をもつコイルモデルを示す図である。

図 3 ~ 図 4 において、固定鉄心 5 及び可動鉄心 6 の断面形状及びボビン 4 の中心孔 4a の

10

20

30

40

50

形状は長円をしており、ボビン 4 に巻かれた断面が長円（または略長方形）のコイル 7 の短軸側及び長軸側の巻外径をそれぞれ W 及び L とし、該コイル 7 の高さを H、固定鉄心 5 と可動鉄心 6 の距離を とし、上記固定鉄心及び可動鉄心の長円の短軸の長さを d_n とし、上記巻外径 W を上記ボディ幅に略等しい長さとしている。

【 0 0 1 9 】

また、図 3 においてハッチングで示した円 5 0 は直径 d の仮想円柱鉄心の断面であり、上記固定鉄心 5 及び可動鉄心 6 は該仮想円柱鉄心を扁平に変形して断面形状が長円の鉄心にしたものであり、したがって上記固定鉄心 5 及び可動鉄心 6 の断面積 S は $(d^2 / 4)$ である。

なお、磁気棒 8 やボビン筒部 4 b の板厚は、その板厚がボディ幅に対しかなり小さいことと計算を容易にするために省略してある。

【 0 0 2 0 】

図 3 ~ 図 4 において、コイル 7 の固定鉄心 5 と可動鉄心 6 の間に働く吸引力 F は、コイル 7 の巻数を N、コイル 7 を流れる電流を I、固定鉄心 5 及び可動鉄心 6 の断面積を S、空気の透磁率を μ 、固定鉄心 5 と可動鉄心 6 の間の距離を、定数を K とし、該固定鉄心 5 と可動鉄心 6 の間の距離を一定とすると、

$$F = K (N I)^2 S \quad \dots \dots (1) \quad (\text{但し、} K = \mu / 2 \quad ^2)$$

で表される。

図 3 ~ 図 4 において、コイル 7 の短軸側（または短辺側）の巻外径 W 及びコイル 7 の高さ H を一定とし、コイル 7 の長軸側（または長辺側）の巻外径 L を変数とすると、 $L > W$ である。

【 0 0 2 1 】

コイルの巻数 N は、コイルの線径を A とすると、

$$N = (W - d_n) H / 2 A^2 \quad \dots \dots (2)$$

で表される。

また、コイルの抵抗値 R は、コイルの平均巻直径を B、コイルの単位長さ当たりの抵抗値を r とすると、 $R = B N r \quad \dots \dots (3)$

で表される。

次に、消費電力を P とすると、 $P = I^2 R \quad \dots \dots (4)$

で表される。

(1) 式に (3)、(4) 式を代入し、次式を得る。

$$\begin{aligned} F &= K N^2 I^2 S = K N^2 S P / R = K N^2 S P / \pi B N r \\ &= K N P S / \pi B r = K_1 N S / B r \quad \dots \dots (5) \end{aligned}$$

(但し、 $K_1 = K P / \pi$ 、 $P = \text{一定}$)

(5) 式に (2) 式を代入し、次式を得る。

$$\begin{aligned} F &= K_1 (W - d_n) H S / 2 A^2 B r \\ &= K_2 (W - d_n) S / A^2 B r \quad \dots \dots (6) \end{aligned}$$

(但し、 $K_2 = K_1 H / 2$ 、 $H = \text{一定}$)

【 0 0 2 2 】

したがって、W、H、S、P を一定とし、 $L > W$ で L を変数とすると、吸引力 F は、 $F = K_2 (W - d_n) S / A^2 B r$ で表すことができる。

一方、コイルの単位長さ当たりの抵抗 r は、コイルの導電率を、コイルの断面積を C、コイルの線径を A とすると、

$$r = 1 / C = 4 / A^2 \quad \dots \dots (7)$$

で表されるから、(6) 式に (7) 式を代入し、次式を得る。

$$\begin{aligned} F &= K_2 (W - d_n) S / A^2 B r = K_2 \sigma \pi (W - d_n) S / 4 B \\ &= K_3 (W - d_n) S / B \quad \dots \dots (8) \end{aligned}$$

10

20

30

40

50

(但し、 $K_3 = K_2 / 4$ 、 $\dots = \text{一定}$)

【0023】

次に、コイルの平均巻長さからコイル寸法と吸引力及び仮想鉄心との関係を表すため、長円鉄心コイルを図5に示す長方形断面積をもつコイルモデルに置き換える。

図5には、固定鉄心及び可動鉄心を断面略長方形とし、その短辺及び長辺の長さをそれぞれ d_n 及び y とし、ボビン4に巻かれた断面略長方形のコイル7の短辺側の巻外径を W とし、平均巻長さ u を示す導線を略長方形の導線52で示した場合の、コイル寸法が示されている。

固定鉄心及び可動鉄心は断面略長方形であることから、その断面積 S は d_n と y の積であり、一方、固定鉄心及び可動鉄心の断面積 S は一辺の長さが d の仮想正方形断面の鉄心の断面積(d^2)と等しいことから、次式を得る。

$$S = y d_n = d^2 \quad \dots (9)$$

したがって、

$$y = d^2 / d_n \quad \dots (10)$$

となる。

【0024】

平均巻長さ u を示す導線52は、断面略長方形の鉄心5と断面略長方形の巻外径の中間位置にあることから、該導線52は断面略長方形となりその短辺及び長辺の長さは、それぞれ $(W + d_n) / 2$ 及び $d^2 / d_n + (W - d_n) / 2$ となる。

したがって、平均巻長さ u は、

$$\begin{aligned} u &= [(W + d_n) / 2] \times 2 + [d^2 / d_n + (W - d_n) / 2] \times 2 \\ &= W + d_n + 2d^2 / d_n + (W - d_n) \\ &= 2[W + d^2 / d_n] \quad \dots (11) \end{aligned}$$

一方、コイルの平均巻直径が B の場合の平均巻長さ u は、 $u = \pi B$ となるから、この式に(11)式を代入して、次式を得る。

$$B = u / \pi = 2[W + d^2 / d_n] / \pi \quad \dots (12)$$

(9)、(12)式を(8)式に代入し、次式を得る。

$$F = K_4 (W - d_n) d^2 / [W + d^2 / d_n] \quad \dots (13)$$

(但し、 $K_4 = K_3 / 2$)

【0025】

更に、(13)式の巻外径 W を1とし、 d 、 d_n を巻外径に対する比で表すと、次式を得る。

$$F / K = (1 - d_n) d^2 / [1 + d^2 / d_n] \quad \dots (14)$$

(但し、 $0 < d_n < d < W = 1$ 、 $K = K_4 = \text{一定}$)

固定鉄心及び可動鉄心を断面正方形または円とした場合、 $d_n = d$ であるから、(14)式は次のようになる。

$$F / K = (1 - d) d^2 / [1 + d] \quad \dots (15)$$

(但し、 $0 < d < W = 1$ 、 $K = K_4 = \text{一定}$)

(15)式で d を0～1の間で変化させると、 $d = 0.618$ で吸引力 F が最大となる。すなわち、(15)式の d は、コイルの巻外径 W を1とした場合のコイルの巻外径 W に対する鉄心径の割合であるから、鉄心径 d とコイルの巻外径 W との比率(d / W)が0.618になったときに吸引力 F は最大となる。

【0026】

そこで、 d / W を0～1の間で変化させたときの吸引力 F と $d / W = 0.618$ のときの最大吸引力 F との比率(すなわち、 $d / W = 0.618$ のときの最大吸引力 F に対する d / W を0～1の間で変化させたときの吸引力 F の割合)を求めると図6に示すグラフのようになる。

図6のグラフから、最大吸引力に対する吸引力 F の割合が75%以上を適正範囲とすると

10

20

30

40

50

、鉄心径 d とコイルの巻外径 W との比率 (d/W) が $0.4 \sim 0.8$ の範囲が設計に適した範囲と言える。

すなわち、鉄心径 d とコイルの巻外径 W との比率 (d/W) を $0.4 \sim 0.8$ の範囲にすると、コイルの巻外径 W が同じ大きさでも大きな吸引力を得られるので、電磁弁のボディ幅に制限があってボビンに巻かれたコイルの巻外径 W をボディ幅に略等しい長さ以上に大きくできない場合でも、設計に適した大きな吸引力が得られる。

【0027】

そして、鉄心径 d の円柱鉄心の断面積は $d^2/4$ であることから、鉄心径 d とコイルの巻外径 W との比率 (d/W) を $0.4 \sim 0.8$ の範囲に設計することは、同じ大きさのコイルの巻外径 W に対し大きな吸引力を得られる鉄心断面積の範囲を設計することでもある。

10

次に、鉄心径 d とコイルの巻外径 W との比率 (d/W) が $0.4 \sim 0.8$ の範囲に設計された仮想円柱鉄心の鉄心断面積 S に対し、該鉄心断面積 S の大きさを一定にしておいてその形状が長円になるように変化させ、ボビンに巻かれた断面が長円のコイルの短軸側の巻外径 W を一定の長さ (ボディ幅に略等しい長さ) にした場合に、吸引力の大きさを示す指標及び投下コストを考慮した吸引力の大きさを示す指標が鉄心断面の形状変化 (断面が長円の長軸 a と短軸 b との比率 a/b の変化) によりどのようになるかを計算により求めると、表 1 及び表 2 に示すようになる。

【0028】

【表 1】

20

No.	a	b	a/b	S1	NI	$\alpha \times 10^{-5}$	$x = \frac{\alpha_{1 \sim 6}}{\alpha_1}$	$\beta = S1 + S2$	$y = \frac{\beta_{1 \sim 6}}{\beta_1}$	x^2/y	$x^2/y - 1$
1	7.6	7.6	1.00	45.4	249	28.15	1.000	125.4	1.000	1.0000	0.0%
2	8.1	6.9	1.17	45.4	263	31.40	1.116	141.3	1.127	1.1044	10.4%
3	8.7	6.2	1.40	45.4	280	35.59	1.264	159.0	1.268	1.2611	26.1%
4	9.4	5.5	1.71	45.4	290	38.18	1.356	178.8	1.426	1.2904	29.0%
5	10.9	4.6	2.37	45.4	302	41.41	1.471	209.4	1.670	1.2958	29.6%
6	12.5	3.9	3.21	45.4	300	40.86	1.452	239.3	1.908	1.1042	10.4%

30

【0029】

【表 2】

No.	a	b	a/b	S ₁	NI	$\alpha \times 10^{-5}$	$x = \frac{\alpha_{1 \sim 6}}{\alpha_1}$	$\beta = S_1 + S_2$	$y = \frac{\beta_{1 \sim 6}}{\beta_1}$	x ² /y	x ² /y-1
1	10.8	10.8	1.00	91.6	225	46.37	1.000	254.9	1.000	1.0000	0.0%
2	11.4	9.9	1.15	91.6	240	52.76	1.138	284.0	1.114	1.1619	16.2%
3	12.2	8.9	1.37	91.6	253	58.63	1.264	319.4	1.253	1.2758	27.6%
4	13.3	7.9	1.68	91.6	259	61.45	1.325	359.4	1.410	1.2453	24.5%
5	15.5	6.5	2.38	91.6	269	66.28	1.429	426.7	1.674	1.2205	22.0%
6	17.8	5.5	3.24	91.6	273	68.27	1.472	488.3	1.916	1.1314	13.1%

【0030】

表1及び表2において、a及びbは固定鉄心及び可動鉄心の断面が長円の長軸及び短軸の長さ、S₁は固定鉄心及び可動鉄心の断面積(mm²)、S₂はボビンに巻かれたコイルの断面積(mm²)、NIはコイルの巻数Nとコイルに流れる電流Iとの積、 α は上記S₁とS₂との和($\alpha = S_1 + S_2$)である。

該固定鉄心及び可動鉄心の断面積S₁(mm²)は、鉄心径dとコイルの巻外径Wとの比率(d/W)を0.4~0.8の範囲に設計した鉄心断面積であり、該鉄心断面積S₁は巻外径Wがボディ幅に略等しい長さに行っていることから実際のボディ幅の寸法から求められる実際の鉄心断面積(mm²)であり、表1及び表2では該鉄心断面積S₁の大きさが45.4mm²及び91.6mm²の場合で、該鉄心断面積S₁を一定にして鉄心形状を変化させた場合の吸引力の大きさを示す指標及び投下コストを考慮した吸引力の大きさを示す指標をそれぞれ計算している。

【0031】

すなわち、表1及び表2において、 α は上記(1)式の左辺に示す吸引力Fを(1)式の右辺に示す定数Kで除した値であり、 β は吸引力Fの大きさに比例することから吸引力Fの大きさを示す数値であり、固定鉄心及び可動鉄心の断面積S₁が設計により与えられ、コイルの巻数Nとコイルに流れる電流Iとの積NIが計算により求められると、(1)式より $\alpha = F/K = (NI)^2 S_1$ となるから、 β は計算により求めることができる。

表1及び表2において、NO.1~6の行は、鉄心断面の形状を円から長円にすると共にその長円の扁平度を変化させた場合の、すなわち長円における長軸aと短軸bとの比a/bを変化させた場合の計算値をそれぞれ示している。

【0032】

そして、NO.1の行は、a/b=1の場合、すなわち鉄心断面形状が円の場合を示しており、NO.2~6の行に行くにしたがって扁平度が大きい長円になっており、表1及び表2から扁平度が大きい長円になるにしたがって吸引力Fの大きさを示す数値である α の値が大きくなって行くことがわかる。

また、 β は鉄心断面積S₁とコイル断面積S₂との和($\beta = S_1 + S_2$)であることから、 β が大きくなればなるほど投下コストが大きくなることは明らかであり、表1及び表2から扁平度が大きい長円になるにしたがって投下コストの大きさを示す数値である β の値が大きくなって行くことがわかる。

したがって、表1及び表2に示す α 及び β の計算値から、鉄心断面形状は円よりも長円にした方が吸引力が大きくなり、しかも扁平度が大きい長円になるにしたがって吸引力が増大して行くが、扁平度が大きい長円になるにしたがって投下コストの大きさを示す数値で

10

20

30

40

50

ある の値も大きくなって行くことがわかる。

【 0 0 3 3 】

表 1 及び表 2 において、 $x_1 \sim x_6$ 及び $y_1 \sim y_6$ は、それぞれ NO. 1 ~ 6 の行における x 及び y の値であり、 x は NO. 1 ~ 6 の行における の値 $x_1 \sim x_6$ をそれぞれ NO. 1 の行における の値 x_1 で除した値であり、 y は NO. 1 ~ 6 の行における の値 $y_1 \sim y_6$ をそれぞれ NO. 1 の行における の値 y_1 で除した値である。

そして、 x は NO. 1 ~ 6 の行における の値 $x_1 \sim x_6$ を基準となる NO. 1 の行に示す仮想円柱鉄心の の値 x_1 で除した値であり基準となる仮想円柱鉄心の吸引力に対する長円になった場合の吸引力の大きさの割合を示す数値であることから吸引力の大きさを示す指標とすることができ、表 1 及び表 2 から扁平度が大きい長円になるにしたがって x の値が大きくなって行くことがわかる。

10

【 0 0 3 4 】

また、 y は NO. 1 ~ 6 の行における の値 $y_1 \sim y_6$ を基準となる NO. 1 の行に示す仮想円柱鉄心の の値 y_1 で除した値であり基準となる仮想円柱鉄心の投下コストの大きさに対する長円になった場合の投下コストの大きさの割合を示す数値であることから投下コストの大きさを示す指標とすることができ、表 1 及び表 2 から扁平度が大きい長円になるにしたがって y の値が大きくなって行くことがわかる。

【 0 0 3 5 】

表 1 及び表 2 を見ると、扁平度が大きい長円になるにしたがって x 及び y の値が大きくなっており、したがって扁平度が大きい長円になるにしたがって基準となる仮想円柱鉄心に

20

対し吸引力は増大して行くが投下コストも増大して行くことがわかる。
したがって、投下コストの増大を避けながら大きな吸引力を得られる最適な鉄心形状を設計上得ることができかどうかを検討するために、投下コストを考慮した吸引力の指標を考えてみる。

【 0 0 3 6 】

x は吸引力の大きさを示す指標であり、 y は投下コストの大きさを示す指標であるが、指標の重要性としては吸引力の大きさを示す指標 x のほうが投下コストの大きさを示す指標 y より重要である。

そこで、指標の重要性の重み付けを加えるために、吸引力の大きさを示す指標 x を 2 乗してその値と投下コストの大きさを示す指標 y との比率を求めたものが表 1 及び表 2 における x^2 / y である。

30

【 0 0 3 7 】

表 1 及び表 2 を見ると、長軸 a と短軸 b との比率 a / b を NO. 1 ~ 6 の行に示すように変化させた場合に、上記計算で求めた x^2 / y の値も NO. 1 ~ 6 の行に示すように変化しているが、該 x^2 / y の値が基準となる NO. 1 の行に示す仮想円柱鉄心のときの x^2 / y の値 ($x^2 / y = 1$) からどの程度変化しているかを明確にするためにその差を取ったのが表 1 及び表 2 における ($x^2 / y - 1$) である。

($x^2 / y - 1$) は指標の重要性の重み付けを加えながら投下コストに対する吸引力の大きさの割合を示しているから、投下コストを考慮した吸引力の指標とすることができ、($x^2 / y - 1$) の値が大きいほど投下コストの割には大きな吸引力が得られることを示している。

40

【 0 0 3 8 】

そして、表 1 及び表 2 における (a / b) と ($x^2 / y - 1$) の関係をそれぞれグラフにしたものが図 7 及び図 8 である。

すなわち、図 7 及び図 8 は、断面長円鉄心の断面積 S_1 を一定の大きさ ($S_1 = 45.4 \text{ mm}^2$ 及び $S_1 = 91.6 \text{ mm}^2$) にした状態で長円の長軸 a と短軸 b との比率 a / b を変化させた場合の、投下コストを考慮した吸引力の指標 ($x^2 / y - 1$) を示している図と言える。

図 7 及び図 8 を見ると、($x^2 / y - 1$) の値は長円の長軸 a と短軸 b との比率 a / b の変化に対し 30% 付近をピークに山形に変化し、 a / b が 1.3 ~ $a / b = 3.0$ の範

50

囲では $(x^2 / y - 1)$ の値は 20% 以上となるが、 a / b が 1.3 より小さかったりあるいは a / b が 3.0 より大きいと $(x^2 / y - 1)$ の値は 20% より小さい値となることから、投下コストの割に大きな吸引力を得るためには a / b が 1.3 a / b 3.0 の範囲になるように設計するのが適している。

また、図 7 において、 $(x^2 / y - 1)$ の値が 25% を超える範囲は、上記長軸 a と短軸 b との比率 a / b が、1.6 a / b 2.8 であり、この範囲がより望ましいことは明らかである。

【0039】

図 9 は、本発明に係る電磁弁用ソレノイドの別の実施例を示す縦断正面図である。

図 9 に示す実施例は、図 1 に示す実施例に比して、可動鉄心 6 を案内する金属案内管 6 1 を設けていることと、固定鉄心 5 が挿入される中心孔を有する環状の磁気補助板 6 2 をボビン鏝部 4 c と磁気棒 8 との間に設けている点で相違し、そのほかの構成は基本的に図 1 に示す実施例と同じである。

【0040】

上記金属案内管 6 1 は、ボビン 4 の中心孔 4 a 内に設けられると共に、その上端は固定鉄心 5 の外周に設けた環状溝 6 3 に装着できるように折り曲げられており、該折り曲げ箇所

で固定鉄心 5 の環状溝 6 3 に図の 6 4 で示すように溶接されている。該金属案内管 6 1 の下端は外方に折り曲げられて鏝部 6 5 を構成し、該鏝部 6 5 とボビン鏝部 4 d との間には磁気プレート 9 が設けられ、該鏝部 6 5 とボディ 3 の上端面との間には環状の凹溝に装着されたシール材 3 3 が設けられている。

【0041】

図 10 は、本発明に係る電磁弁用ソレノイドの更に別の実施例を示す縦断正面図である。図 10 に示す実施例は、図 1 に示す実施例に比して、固定鉄心 5 の上方に可動鉄心 6 を設けている点、固定鉄心 5 に可動鉄心 6 に連結した押棒 7 0 が通る貫通孔 7 1 を設けている点、固定鉄心 5 の上端にボビン鏝部 4 c の上面に載置される鏝部 5 c を設けず、その代わりに可動鉄心 6 が挿入される中心孔を有する環状の磁気補助板 6 2 をボビン鏝部 4 c と磁気棒 8 との間に設けている点、磁気棒 8 の上端の可動鉄心 6 が衝突する箇所に弾性を有するクッション 7 2 を設けている点、本発明の電磁弁用ソレノイドにより駆動される弁体を 5 つのポートを有するスプール弁の弁体 7 4 とした点、ボディ 3 にエンドプレート 7 3 を設け、該エンドプレート 7 3 と弁体 7 4 との間に復帰バネ 7 5 を設けた点、該復帰バネ 7 5 により弁体 7 4 及び押し棒 7 0 を介して可動鉄心 6 を上方位置に復帰させ、コイル 7 への通電による吸引力により可動鉄心 6 を下方位置に移動させている点で相違し、そのほかの構成は基本的に図 1 に示す実施例と同じである。

【0042】

【発明の効果】

以上に詳述したように、本発明によれば、小型でありながら吸引力が大きく、しかも経済性の良い電磁弁用ソレノイドを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る電磁弁用ソレノイドの一実施例を示す縦断正面図である。

【図 2】同実施例における電磁弁用ソレノイドの固定鉄心、可動鉄心、ボビンの分解斜視図である。

【図 3】鉄心形状の最適化を計算により求めるために、本発明に係る電磁弁用ソレノイドのコイル形状パラメータを示した平面図である。

【図 4】図 3 の Y - Y 線断面図である。

【図 5】長方形断面をもつコイルモデルを示す図である。

【図 6】コイルの巻外径 W に対する鉄心径 d の割合 (d / W) を変化させた場合の吸引力の最大吸引力に対する割合を示す図である。

【図 7】断面長円鉄心の断面積 S_1 を一定の大きさ $(S_1 = 45.4 \text{ mm}^2)$ にした状態で長円の長軸 a と短軸 b との比率 a / b を変化させた場合の、投下コストを考慮した吸引力の指標 $(x^2 / y - 1)$ を示す図である。

10

20

30

40

50

【図8】断面長円鉄心の断面積 S_1 を一定の大きさ ($S_1 = 91.6 \text{ mm}^2$) にした状態で長円の長軸 a と短軸 b との比率 a/b を変化させた場合の、投下コストを考慮した吸引力の指標 ($x^2/y - 1$) を示す図である。

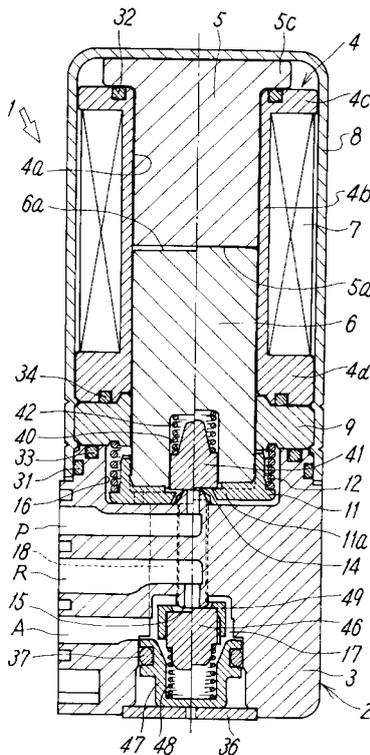
【図9】本発明に係る電磁弁用ソレノイドの別の実施例を示す縦断正面図である。

【図10】本発明に係る電磁弁用ソレノイドの更に別の実施例を示す縦断正面図である。

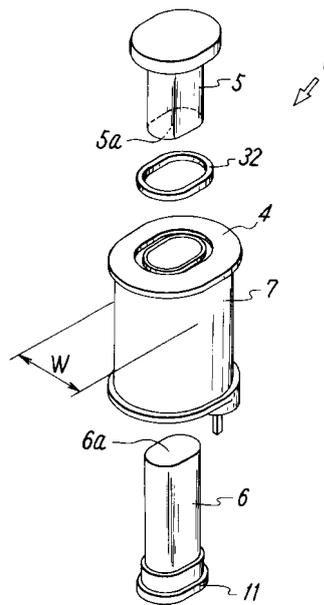
【符号の説明】

- 1 電磁弁用ソレノイド
- 3 ボディ
- 4 ポビン
- 4 a ポビンの中心孔
- 5 固定鉄心
- 6 可動鉄心
- 7 コイル
- 8 磁気棒
- 9 磁気プレート
- 12 復帰ばね
- P, A, R ポート

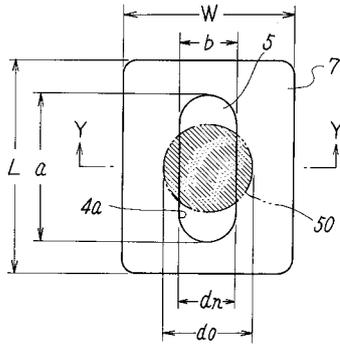
【図1】



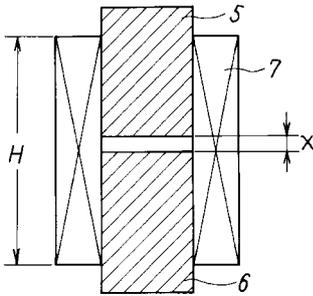
【図2】



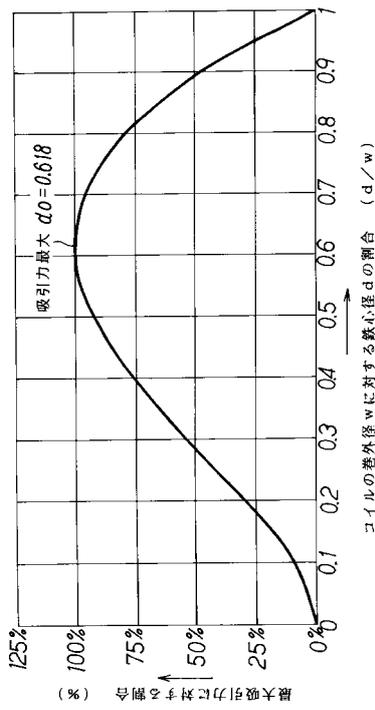
【図3】



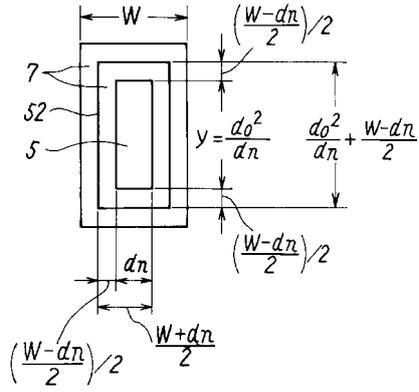
【図4】



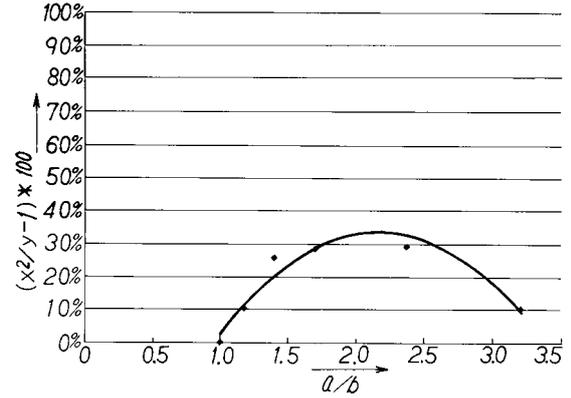
【図6】



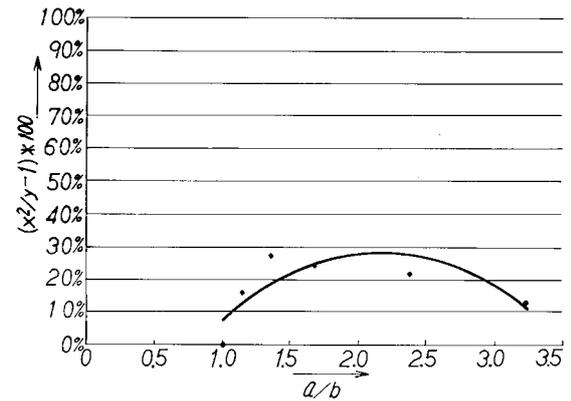
【図5】



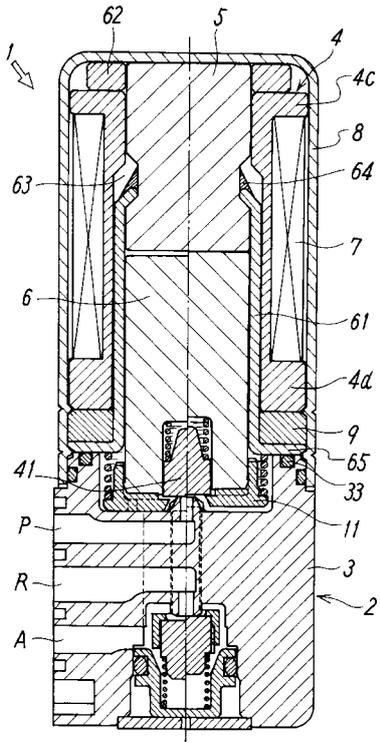
【図7】



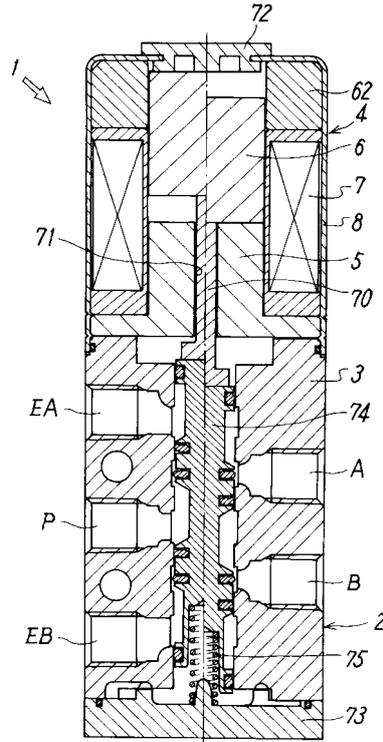
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 松本 拓実

茨城県筑波郡谷和原村絹の台4-2-2 エスエムシー株式会社筑波技術センター内

合議体

審判長 大河原 裕

審判官 仁木 浩

審判官 谷口 耕之助

(56)参考文献 実開平4-97179(JP,U)

特開昭58-71605(JP,A)

特開平6-215937(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

F16K31/06

H01F7/16