

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5105239号
(P5105239)

(45) 発行日 平成24年12月26日(2012.12.26)

(24) 登録日 平成24年10月12日(2012.10.12)

(51) Int.Cl. F 1
H02K 44/06 (2006.01) H02K 44/06

請求項の数 2 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2007-301417 (P2007-301417)	(73) 特許権者	505374783 独立行政法人日本原子力研究開発機構 茨城県那珂郡東海村村松4番地49
(22) 出願日	平成19年11月21日(2007.11.21)	(73) 特許権者	000183945 助川電気工業株式会社 茨城県日立市滑川本町3丁目19番5号
(65) 公開番号	特開2009-130996 (P2009-130996A)	(74) 代理人	100081927 弁理士 北條 和由
(43) 公開日	平成21年6月11日(2009.6.11)	(72) 発明者	三浦 邦明 茨城県日立市滑川本町3丁目19番5号 助川電気工業株式会社内
審査請求日	平成22年9月1日(2010.9.1)	(72) 発明者	浅葉 信 茨城県日立市滑川本町3丁目19番5号 助川電気工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 逆流防止機能を有する磁場回転式電磁ポンプ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

部分円筒形の流路(1)の一端側に流入側流路(5)が連なり、その他端側に流出側流路(6)が連なり、前記部分円筒形の流路(1)の中に、同流路(1)の円周方向に流入側流路(5)から流出側流路(6)に向けて回転移動する磁界を形成する誘導子(2)、(2')を配置した磁場回転式電磁ポンプにおいて、流路(1)の内周側から外周側に至る径方向の当該流路(1)の厚さをその内周側と外周側における磁束密度の比 B/A が70%以上となるよう設定したことにより、ポンプ内での逆流を防止する機能を有することを特徴とする逆流を防止する機能を有する磁場回転式電磁ポンプ。

【請求項2】

部分円筒形の流路(1)の一端側に流入側流路(5)が連なり、その他端側に流出側流路(6)が連なり、前記部分円筒形の流路(1)の中に、同流路(1)の円周方向に流入側流路(5)から流出側流路(6)に向けて回転移動する磁界を形成する誘導子(2)、(2')を配置した導電性流体誘導型電磁ポンプにおいて、流路(1)の内周側から外周側に至る径方向の当該流路(1)の厚さをその内周側と外周側における磁束密度の比 B/A が55%以上となるよう設定し、且つスリップ値 s を0.97以下にして運転することによりポンプ内での逆流を防止する機能を有することを特徴とする逆流を防止する機能を有する磁場回転式電磁ポンプ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、導電性流体を搬送する形式の導電性流体誘導型電磁ポンプに関し、円筒形の流路の中にその円周方向に回転移動する磁界を形成して同流路の中の導電性流体に電磁誘導による推力を与え、特に部分円筒形の流路の両端側に流入側流路と流出側流路とがそれぞれ連なった形の流路を有する磁場回転式電磁ポンプに関するものである。

【背景技術】

【0002】

熔融金属等の導電性流体に推力を与えて搬送する駆動ポンプには、シールされた軸受を介して流路の外部にあるモータにより駆動されるインペラを同流路の中で回転させて機械的に導電性流体に推力を与える機械式ポンプと、流路の中に移動磁界を与えて、この移動磁界により流路の中の導電性流体に電磁力による推力を与えるシール部分を必要としない電磁式ポンプとがある。

10

【0003】

シール部分を必要とする機械式ポンプは、シール部分からの導電性流体の漏れが起こる可能性があるという欠点がある。水銀を除く導電性流体の多くは融点が常温以上であり、融点が高い熔融金属の場合に、シール軸受部分に耐熱性の点で限界がある。これに対して、電磁ポンプはインペラに機械的な駆動力を伝えるシール付き軸受等の摺動部分が無いため、常温以上の熔融金属の搬送に適している。

【0004】

とりわけ電磁ポンプの中でも、円筒形の流路の中にその円周方向に回転移動する磁界を形成して同流路の中の導電性流体に電磁誘導による推力を与え、搬送する形式の磁場回転式電磁ポンプは、設置スペースが狭い等の利点がある。このような形式の電磁ポンプの流路は、例えば、図1に示すように、部分円筒形の流路1の一端側に流入側流路5が連なり、その他端側に流出側流路6が連なり、前記部分円筒形の流路1の中に、同流路1の円周方向に流入側流路5から流出側流路6に向けて回転移動する磁界を形成する誘導子2、2'を配置したものである。このような磁場回転式電磁ポンプの流路は、部分円筒形の流路1の両端側に流入側流路5と流出側流路6がそれぞれ連なっているため、形の流路(尺取り虫が縮んだ時のような形状の流路)を形成している。

20

【0005】

この形の流路を有する磁場回転式電磁ポンプの欠点は、部分円筒形の流路1の流入側流路5と流出側流路6が邪魔になって部分円筒形の流路1の外側に磁路を形成するための誘導子やヨークを取り付け難いことである。このため、部分円筒形の流路1の内側に配置した誘導子2、2'から発生する磁界の磁路の磁気抵抗が距離とともに高くなって、部分円筒形の流路1の内周側の磁界に比べて外周側の磁界が極端に弱くなるという欠点がある。この部分円筒形の流路1の内周側から外周側に至る磁束密度の分布の例を図2に示す。

30

【0006】

例えば図3(A)に示すように、部分円筒形の流路1の内周側に比べて外周側の電磁力が極端に弱くなると、図3(B)に示すように、部分円筒形の流路1の内周側と外周側との間に大きな流速分布差が生じ、時には流路1の外周側において導電性流体の逆流現象が起こり、導電性流体の流量-吐出圧力の特性が不安定となる。図4(A)は、部分円筒形の流路1の外周側の電磁力が十分なため、逆流が生じていない正常な流量-吐出圧力の特性の例である。これに対し、図4(B)は、部分円筒形の流路1の外周側の電磁力が不十分なため、流路1の外周側において逆流が生じている不安定な流量-吐出圧力の特性の例である。図4(B)のような流量-吐出圧力の関係が不安定な範囲SRは、いわゆる脈動範囲と呼ばれる。

40

【特許文献1】特開2007-74837号公報

【特許文献2】特開2004-304893号公報

【特許文献3】特開平05-42357号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

50

【 0 0 0 7 】

本発明はこのような従来の 形 の流路を有する磁場回転式電磁ポンプにおける課題に鑑み、部分円筒形の流路の径方向の厚さと運転条件を最適に設定することにより、安定した流量 - 吐出圧力特性を得ることが出来る磁場回転式電磁ポンプを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

本発明では、前記の目的を達成するため、部分円筒形の流路 1 の内周側から外周側に至る径方向、すなわち当該流路 1 の厚さ方向の磁束密度分布の最大値と最小値の比を或る値以下に設定し、また流路 1 における導電性流体の流速と回転移動磁界の速度との差を限定するという対策を講じたものである。これにより、流量 - 吐出圧力特性の安定化を図るのである。

10

【 0 0 0 9 】

すなわち本発明による磁場回転式電磁ポンプは、部分円筒形の流路 1 の一端側に流入側流路 5 が連なり、その他端側に流出側流路 6 が連なり、前記部分円筒形の流路 1 の中に、同流路 1 の円周方向に流入側流路 5 から流出側流路 6 に向けて回転移動する磁界を形成する誘導子 2、2' を配置した磁場回転式電磁ポンプにおいて、流路 1 の内周側から外周側に至る径方向の当該流路 1 の厚さをその内周側と外周側における磁束密度の比 B / A が 70 % 以上となるよう設定したものである。

【 0 0 1 0 】

20

本件発明者らは、一般的に磁束密度が最も小さくなる部分円筒形の流路 1 の外周側でどの程度磁束が低減した場合に前述のような逆流現象が起こるかを解析、検討した。この結果、一般的に磁束密度が最も大きい流路 1 の内周側の磁束密度 A と磁束密度が最も小さくなる流路 1 の外周側の磁束密度の比 B / A が 70 % 以上であれば、逆流現象現象が起きないことに着目した。本発明は、この着目によりなされたものである。

【 0 0 1 1 】

さらに、部分円筒形の流路 1 の内周側と外周側との磁束密度の比 A / B が 70 % 以下であっても、その比 B / A が 55 % 以上となるよう設定し、且つスリップ値を 0.97 以下となるように磁場回転式電磁ポンプを運転すれば、やはり逆流現象現象が起きないことに着目した。ここでスリップ値 s は、 $s = (v_s - v_f) / v_s$ (v_s : 流路 1 内の回転移動磁界の周速、 v_f : 流路 1 内の導電性流体の周速) であり、流路 1 内の導電性流体を回転移動磁界の磁束が横切る速度の比である。

30

【発明の効果】

【 0 0 1 2 】

以上説明した通り、本発明による磁場回転式電磁ポンプでは、磁束密度が最も大きい流路 1 の外周側と磁束密度が最も小さくなる流路 1 の内周側との磁束密度の比が大きいことに起因する逆流現象が起きにくいように流路 1 の径方向の磁束密度が平準化される。このため、流量 - 吐出圧力特性が不安定とならず、安定した磁場回転式電磁ポンプの運転が可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

40

【 0 0 1 3 】

本発明では、前記の目的を達成するため、部分円筒形の流路 1 の一端側に流入側流路 5 が連なり、その他端側に流出側流路 6 が連なり、前記部分円筒形の流路 1 の中に、同流路 1 の円周方向に流入側流路 5 から流出側流路 6 に向けて回転移動する磁界を形成する誘導子 2、2' を配置した磁場回転式電磁ポンプについて、磁束密度が最も大きい流路 1 の内周側の磁束密度 A と磁束密度が最も小さくなる流路 1 の外周側の磁束密度の比 B / A やスリップ値 s を適切に設定した。

以下、本発明を実施するための最良の形態について、実施例をあげて詳細に説明する。

【 0 0 1 4 】

図 1 は、本発明による 形 の流路 (尺取り虫が縮んだ時のような形状の流路) を有する

50

磁場回転式電磁ポンプの例を示す概念斜視図である。このような形式の磁場回転式電磁ポンプは、水銀や溶融鉛ピスマス等の低融点の導電性流体を流すために使用される。

【0015】

磁場回転式電磁ポンプには、部分円筒形の流路1があり、その一端側に流入側流路5が連なり、その他端側に流出側流路6が連なっている。符合3は流入側流路5の流入口であり、符合4は流出側流路6の流出口である。これら流入口3と流出口4には、それぞれ図示してない前後の流路が接続される。流入側流路5と流出側流路6の長さは適宜変更が可能である。

【0016】

この部分円筒形の流路1の中心部分には、図示した誘導子2、2'の何れかが配置される。誘導子2は、円筒或いは円柱形を呈しており、その円周方向に所要の間隔で永久磁石を外周側の磁極S極とN極とが交互になるよう配置した構造となっている。この誘導子2を部分円筒形の流路1の中空部分の中に配置し、これをモータ7で回転することにより、部分円筒形の流路1の中にその円周方向に回転移動する移動磁界を形成する。

10

【0017】

他方の誘導子2'は、やはり円筒或いは円柱形を呈しており、その円周方向に所要の間隔で電磁石を配置した構造となっている。この電磁石に三相交流等による交番磁界を与え、部分円筒形の流路1の中にその円周方向に回転移動する移動磁界を形成する。交番磁界の周波数は図示してないインバータにより可変する。

【0018】

20

図5は、部分円筒形の流路1の中の移動磁界により発生する電磁力分布を示す図である。流路1の内周側の最大磁束密度がAであり、流路1の外周側の最小磁束密度がBである。この最大磁束密度Aと最小磁束密度Bの比 B/A が70%以上のときは、部分円筒形の流路1を流れる導電性流体に逆流は全く起こらない。

【0019】

また、この最大磁束密度Aと最小磁束密度Bの比 B/A が70%以下であっても、この最大磁束密度Aと最小磁束密度Bの比 B/A が55%以上であれば、前記のスリップ値sが0.97以下の範囲で磁場回転式電磁ポンプを運転すれば、部分円筒形の流路1を流れる導電性流体に逆流は起こらない。

【0020】

30

従って、この何れかの条件に流路1の幅、すなわち同流路1の内周側から外周側に至る径方向の厚さを設定すれば、同流路1内を流れる導電性流体の逆流は起こらず、導電性流体の流量は安定する。ちなみに、導電性流体がHgの場合、最大磁束密度Aと最小磁束密度Bの比 B/A が55%としたときの部分円筒形の流路1の内周側から外周側に至る径方向の厚さ寸法は15mmに相当する。

【0021】

部分円筒形の流路1を流れる導電性流体には、流路1の壁に対する導電性流体の流動エネルギーの水力学的圧力損失や磁束の損失等があり、電磁ポンプの出力からこれらの損失を差し引いた分が電磁ポンプとして利用出来る実効出力である。この電磁ポンプの理論出力と、この理論出力から流動エネルギー損失を差し引いた電磁ポンプとして利用可能な実効出力との関係を図6に示す。

40

【0022】

既に述べた通り、スリップ値sは、 $s = (v_s - v_f) / v_s$ (v_s : 流路1内の回転移動磁界の周速、 v_f : 流路1内の導電性流体の周速)であり、流路1内の導電性流体の流速と導電性流体を移動磁界の磁束が横切っていく速度の比である。流路1内を導電性流体が流れ、その導電性流体の周速 v_f が回転移動磁界の周速 v_s と同じときはスリップ値sは0である。この時、流路1内の回転移動磁界(回転移動磁束)と導電性流体の周速が同じであり、導電性流体に誘導電流が発生しないので、出力は0となる。他方、バルブを閉じた状態のように、流路1内の導電性流体の周速 v_f が0の時は、流路1内を回転移動磁界の周速 v_s がその速度で流路1内の導電性流体を横切るスリップ値sは $s = 1$ となり

50

、出力が最大となり、型流路の入口から出口への圧力勾配が大きくなる。

【0023】

前記部分円筒形の流路1の最大磁束密度 Aと最小磁束密度 Bの比が大きすぎると、最小磁束密度 Bを示す部分近傍で電磁力が小さくなり、同流路1の中を流れる導電性流体に逆流が起こる。この逆流が起こると電磁ポンプの出力特性が安定しない。特にスリップsが1に近い範囲、すなわち電磁ポンプの出力が最大に近い範囲で逆流が生じやすい。スリップsが0に近い範囲では、電磁ポンプの出力が小さく、圧力勾配が小さいので逆流が起きにくい。

【0024】

このような理由から前記の磁束密度 Bと Aの比が出来るだけ高くなるように部分円筒形の流路1の内周側から外周側に至る径方向の厚さを決定する必要がある。このような観点から、有限要素法等の手段により、導電性流体の流量解析を行い、前記部分円筒形の流路1の最小磁束密度 Bと最大磁束密度 Aとの比と逆流現象の有無の関係を検討した。この結果、この最大磁束密度 Aと最小磁束密度 Bの比 B/A が70%以上のときは、部分円筒形の流路1を流れる導電性流体に逆流が起こらないことを見いだした。また、この最大磁束密度 Aと最小磁束密度 Bの比 B/A が70%以下であっても、 B/A が55%以上となるような流路1の厚さとして、しかも前記のスリップ値sを0.97以下で磁場回転式電磁ポンプを運転すれば、部分円筒形の流路1を流れる導電性流体に逆流は起こらないことも見いだした。

【0025】

図7は、スリップ値sが0.97としたときの逆流現象が起こる範囲と起こらない範囲の境界を「 $s = 0.97$ の逆流現象範囲」の矢印で指した曲線で示している。図7に示した指した曲線以下にスリップ値sを抑えた状態で磁場回転式電磁ポンプを運転すれば逆流現象は起こらない。

【0026】

本来電磁ポンプは、導電性流体に外から電流を流すか又は電磁誘導により導電性流体に誘導電流を発生させ、この導電性流体中の電流と導電性流体に作用する磁界とで電磁力による推進力を発生させる。そのため、導電性流体中に発生する渦電流損等により導電性流体が発熱する。さらに流路1の壁体が金属のような導電性材料であれば、流路1の壁体にも渦電流損により発熱する。

【0027】

従って、スリップ値sを1の近くとし、流路1内の導電性流体を回転移動磁界の磁束が横切る速度を大きくすることは、流路1やその中の導電性流体の発熱をもたらす、異常高温を招く原因となるので好ましいことではない。このため、一般的に磁場回転式電磁ポンプでは、スリップ値s=1の近傍に非常運転範囲を設けている。図7に斜線を施した範囲がこの非常運転範囲である。

【0028】

この非常運転範囲で部分円筒形の流路1の中の導電性流体の逆流現象が起きていても問題が無いので、この非常運転範囲の外で逆流が起こらない流路1内の最大磁束密度 Aと最小磁束密度 Bの比、換言すればこの比を満足する流路1の厚さを決定することが必要である。図7において、斜線を施した範囲と「 $s = 0.97$ の逆流現象範囲」の矢印が指した曲線を持ってくるような流路1の厚さにすれば最適設計となる。

【0029】

前述した導電性流体の流量解析によれば、図7において「 $s = 0.97$ の逆流現象範囲」の矢印で指したライン以下のスリップ値s、すなわち $s > 0.79$ とした場合に流路1内の導電性流体に逆流現象が起こることが分かった。従って、最大磁束密度 Aと最小磁束密度 Bの比 B/A を55%以上としたときに、スリップ値s=0.97~1の間の範囲で、図7に斜線を施したような非常運転範囲を決定することになる。

【産業上の利用可能性】

【0030】

10

20

30

40

50

本発明は、形の流路を有する磁場回転式電磁ポンプであって、特に水銀や熔融鉛ビスマス等の低融点の導電性流体を流すために使用される磁場回転式電磁ポンプにおいて、導電性流体の流量特性の安定化に資することが出来る技術として適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】本発明による形の流路を有する磁場回転式電磁ポンプの一実施例を示す概念斜視図である。

【図2】前記磁場回転式電磁ポンプにおける部分円筒形の流路の径方向の磁束密度分布の例を示す概念図である。

【図3】前記部分円筒形の流路の径方向の電磁力分布と流速分布とをそれぞれ示す流路の部分概念図である。

10

【図4】前記部分円筒形の流路の導電性流体の流れが正常な状態と一部逆流状態が生じている状態の流量 - 吐出圧力の関係の例を示すグラフである。

【図5】前記部分円筒形の流路の径方向の電磁力分布を示す流路の部分概念図である。

【図6】前記磁場回転式電磁ポンプにおける理論出力とこの理論出力から損失を差し引いた電磁ポンプとして利用出来る実効出力との関係の例を示すグラフである。

【図7】前記磁場回転式電磁ポンプにおいてスリップ値sを0.97としたときの逆流現象が起こる範囲と起こらない範囲の境界と過熱が起こりやすい非常運転範囲の例を示すグラフである。

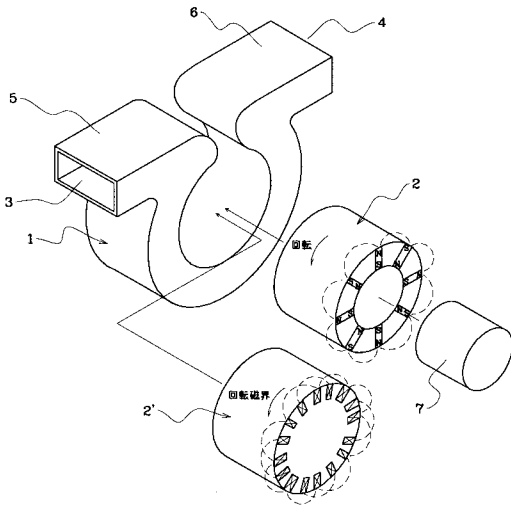
【符号の説明】

20

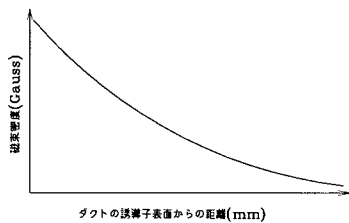
【0032】

- 1 部分円筒形の流路
- 2 誘導子
- 5 流入側流路
- 6 流出側流路

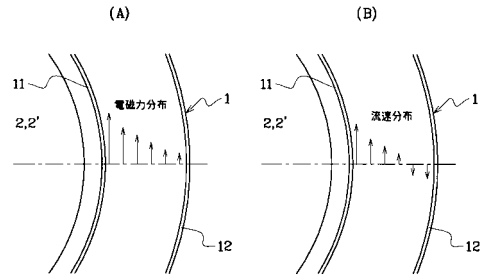
【図1】



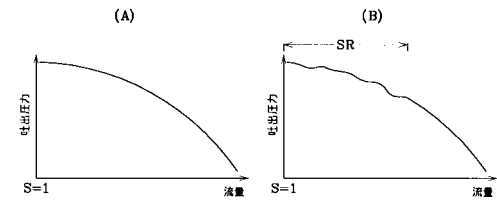
【図2】



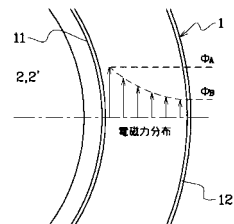
【図3】



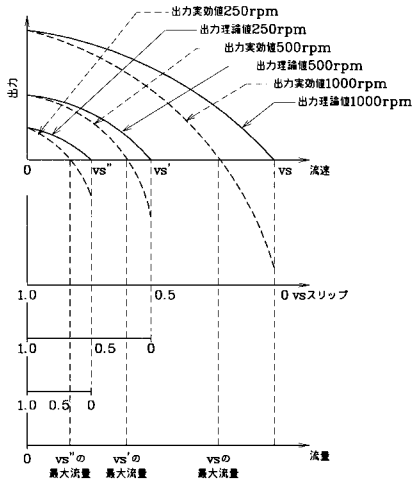
【図4】



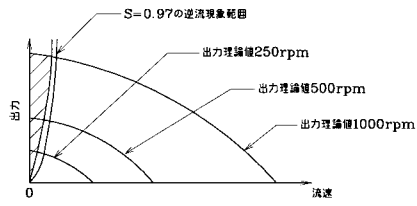
【図5】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

- (72)発明者 粉川 広行
茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4 独立行政法人日本原子力研究開発機構東海研究開発センター内
- (72)発明者 二川 正敏
茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4 独立行政法人日本原子力研究開発機構東海研究開発センター内
- (72)発明者 羽賀 勝洋
茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4 独立行政法人日本原子力研究開発機構東海研究開発センター内
- (72)発明者 涌井 隆
茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4 独立行政法人日本原子力研究開発機構東海研究開発センター内
- (72)発明者 武野 尚文
茨城県高萩市上手綱 3 3 3 3 番地 2 3 助川電気工業株式会社内
- (72)発明者 小笠原 俊彦
茨城県高萩市上手綱 3 3 3 3 番地 2 3 助川電気工業株式会社内
- (72)発明者 萩谷 和彦
茨城県高萩市上手綱 3 3 3 3 番地 2 3 助川電気工業株式会社内

審査官 服部 俊樹

- (56)参考文献 特開 2 0 0 4 - 2 5 4 4 3 7 (J P , A)
特開昭 6 3 - 2 5 3 8 5 4 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)
H 0 2 K 4 4 / 0 6