

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5497759号
(P5497759)

(45) 発行日 平成26年5月21日(2014.5.21)

(24) 登録日 平成26年3月14日(2014.3.14)

(51) Int.Cl. F I
G O 1 F 1/58 (2006.01) G O 1 F 1/58 C

請求項の数 18 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2011-521293 (P2011-521293)	(73) 特許権者	597115727
(86) (22) 出願日	平成21年7月29日(2009.7.29)		ローズマウント インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2011-530068 (P2011-530068A)		アメリカ合衆国 55317 ミネソタ州
(43) 公表日	平成23年12月15日(2011.12.15)		、チャナッセン、マーケット・ブルバード 8200
(86) 国際出願番号	PCT/US2009/052129	(74) 代理人	100098914
(87) 国際公開番号	W02010/014729		弁理士 岡島 伸行
(87) 国際公開日	平成22年2月4日(2010.2.4)	(72) 発明者	ディーデリクス, クレイグ, アレン
審査請求日	平成24年7月5日(2012.7.5)		アメリカ合衆国 55347 ミネソタ,
(31) 優先権主張番号	61/137, 257		エデン プレイリー, リバービュー
(32) 優先日	平成20年7月29日(2008.7.29)		ロード 9551
(33) 優先権主張国	米国 (US)	審査官	森 雅之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 応力耐性を有した電極組立体を備える高圧用電磁式流量計

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1端部及び第2端部を有するハウジングと、
 前記ハウジングの前記第1端部から処理用流体まで延設された電極と、
 前記ハウジング内において前記電極の周囲に配設された保持部材と、
 前記ハウジングの前記第1端部と前記ハウジングの前記第2端部との間の空間に充填されることにより、前記電極が前記処理用流体から圧力を受けたときに、前記電極の変位を抑制する充填材と、
 前記ハウジングの前記第2端部に設けられ、前記ハウジングに対して前記電極及び前記保持部材を所定位置に保持するキャップと

を備えることを特徴とする電極組立体。

【請求項 2】

前記充填材は、3000psi(20.7MPa)を超える圧力を受けたときに前記電極の変位を抑制可能な、応力変形への耐性を有することを特徴とする請求項1に記載の電極組立体。

【請求項 3】

前記充填材は、6000psi(41.4MPa)を超える圧力を受けたときに前記電極の変位を抑制可能な、応力変形への耐性を有することを特徴とする請求項1に記載の電極組立体。

【請求項 4】

10

20

前記保持部材は導電材料からなり、前記電極と前記ハウジングの前記第 2 端部に設けられた外部接続部材との電氣的接続を行うことを特徴とする請求項 1 に記載の電極組立体。

【請求項 5】

前記保持部材と前記ハウジングとの間において前記保持部材の周囲に配設された絶縁部材を更に備えることを特徴とする請求項 4 に記載の電極組立体。

【請求項 6】

前記処理用流体の周囲に設けられるライナと、前記ライナの周囲に設けられる導管部とを更に備え、前記電極は、前記ハウジングの前記第 1 端部から、前記ライナ及び前記導管部を貫通して前記処理用流体まで延設されていることを特徴とする請求項 1 に記載の電極組立体。

10

【請求項 7】

前記処理用流体の流れを横切る磁界を生成することにより前記電極に起電力を誘起するコイルを更に備えることを特徴とする請求項 6 に記載の電極組立体。

【請求項 8】

前記起電力に相関する処理用流体の出力信号を生成するプロセッサを更に備えることを特徴とする請求項 7 に記載の電極組立体。

【請求項 9】

前記プロセッサのための伝送ユニットハウジングを更に備え、前記伝送ユニットハウジングは前記導管部に取り付けられていることを特徴とする請求項 8 に記載の電極組立体。

【請求項 10】

20

導管部と、

前記導管部を横切る磁界を生成する磁界発生源と、

前記磁界を通過する処理用流体によって誘起される起電力を検出する電極組立体とを備え、

前記電極組立体は、

前記導管部を貫通して前記処理用流体まで延設される電極と、

前記導管部の外側において、前記電極の周囲に同軸状に配設されるハウジングと、

前記ハウジングの内側において、前記電極の周囲に同軸状に配設される保持部材と、

前記保持部材及び前記電極を前記ハウジングに対して所定位置に保持するキャップと、

前記ハウジング内の空間に充填される充填材と

30

を備えることを特徴とする流量計。

【請求項 11】

前記充填材は、前記流量計が 6 0 0 0 p s i (4 1 . 4 M P a) を超える処理用圧力において機能するように前記電極組立体における圧縮応力を制限することを特徴とする請求項 10 に記載の流量計。

【請求項 12】

前記充填材は、前記流量計が 1 0 0 0 0 p s i (6 8 . 9 M P a) を超える処理用圧力において機能するように前記電極組立体における圧縮応力を制限することを特徴とする請求項 10 に記載の流量計。

【請求項 13】

40

前記ハウジングに配設された外部接続部材を更に備え、前記保持部材は前記電極と前記外部接続部材との電氣的接続を行うことを特徴とする請求項 10 に記載の流量計。

【請求項 14】

前記保持部材と前記ハウジングとの間における前記保持部材の周囲に同軸状に設けられた絶縁部材を更に備えることを特徴とする請求項 13 に記載の流量計。

【請求項 15】

前記起電力に相関した前記処理用流体を表す処理出力を送信する伝送ユニットを更に備えることを特徴とする請求項 14 に記載の流量計。

【請求項 16】

処理用流体のための導管部と、

50

前記導管部と前記処理用流体との間に同軸状に介装されるライナと、
前記処理用流体の流れを横切る起電力を誘起させるコイルと、
前記起電力を検出する電極組立体とを備え、
前記電極組立体は、
ハウジングと、
前記ハウジング内に同軸状に配設され、前記ハウジングの第1端部から前記導管部及び
前記ライナを貫通して前記処理用流体まで延設された電極と、
前記電極と前記ハウジングとの間に配設される保持部材と、
前記電極、前記保持部材及びハウジングの間の空間に設けられる充填材と、
前記保持部材と前記ハウジングの間に設けられる絶縁部材と、
前記ハウジングの第2端部に設けられるキャップとを備え、
前記キャップは、前記電極、前記保持部材及び前記絶縁部材を、前記ハウジングに対し
て所定位置に保持する
ことを特徴とする電磁式流量計。

10

【請求項17】

前記充填材が前記空間に設けられることにより、前記電極組立体は、ANSI規格の圧
力クラス2500#に適合する流量計の応力耐性を有することを特徴とする請求項16に
記載の電磁式流量計。

【請求項18】

前記起電力に相関する処理用流体の出力信号を生成するプロセッサを更に備えることを
特徴とする請求項16に記載の電磁式流量計。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は全般的に流体処理に関するものであり、特に処理用流体の流量計測を行うため
の電磁式流量計に関する。具体的には、高い処理用圧力を受ける電磁式流量計用電極組立
体に関する。

【背景技術】

【0002】

流量センサは、農業、環境管理、配水及び配気、食物及び飲料の調製、大量の流体貯蔵
及び搬送、化学薬品及び医薬品の製造、エネルギー及び炭化水素の生成製造、並びに熱可塑
性プラスチック、接着剤、樹脂、及びその他の流動性材料を用いた製造処理といった多岐
にわたる流体処理の適用において有用なものである。これらの適用において、最適な流量
計測技術は、処理用流体自体の特性だけではなく、適用される流体処理にも依存したもの
となる。

30

【0003】

標準的な流量計測技術には、機械的回転に相関させて流量を示すタービン流量計や、オ
リフィス板或いはその他の差圧発生部材を通過する際の圧力低下がベルヌーイの定理及び
その他の流速依存効果と関連付けられ、当該圧力低下に相関させて流量を示す差圧式装置
が含まれる。また、ピトー管も同様の原理に基づくものであり広く用いられている。更なる
技術として、熱伝導率に相関させて流量を示す質量流量計、ブラフボディを通過する際
の流れの剥離を用いる渦流量計、及び運動量に依存した振動の計測値に相関させて流量を
示すコリオリ流量計がある。

40

【0004】

電磁式流量計は、ファラデーの法則に相関させて流量を計測する点で上述した技術とは
相違しており、機械的現象や熱力学的現象ではなく、電磁的現象に依存したものとなっ
ている。即ち、電磁式流量計は、導電性の処理用流体の流れを横切るように磁界を生成した
ときに誘起される起電力に相関させて流量を計測する。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

50

【 0 0 0 5 】

従って、機械的なタービンや従来から用いられているセンサプローブ構造にはしばしば不適合となるような汚染された研磨用流体または腐食性流体の場合や、差圧式装置が許容を越す圧力低下を生じるような場合に、電磁式流量計が有効である。しかしながら、電磁式流量計測は電磁誘導に依存するものであるため、多くの設計的課題をもたらすものでもある。即ち、ファラデーの法則の現象を生じさせるには流体が導電性を有する必要がある上、短絡や漏洩を防止するために電極組立体が十分に絶縁されると共にシールされていなければならない。このことは、例えば水圧破碎や、炭化水素の抽出及び加工処理に関連する手法において、流量計が高い処理用圧力を受ける場合に特に当てはまるものである。

【課題を解決するための手段】

10

【 0 0 0 6 】

本発明は、処理用流体の流れを横切るように誘起される起電力を検出するための電極組立体、及び当該電極組立体を用いた流量計に関するものである。電極組立体は、ハウジング、電極、及び保持部材を備えている。ハウジングは第1端部と第2端部とを有する。電極はハウジングの第1端部から処理流体まで延設されており、上記の起電力を検知する。保持部材は、ハウジング内において電極の周囲に配設されている。ハウジング内の空間には充填材が設けられ、処理用流体から処理用圧力を受けたときに電極の変位を抑制する。ハウジングの第2端部には、ハウジングに対して電極及び保持部材を所定位置に保持するキャップが設けられる。

【図面の簡単な説明】

20

【 0 0 0 7 】

【図1】一体型伝送ユニットを有する電磁式流量計の概略側面図である。

【図2】伝送ユニットにおける具体的な構成要素の間の機能的関係を併せて示す、図1の電磁式流量計の端面図である。

【図3】図1の電磁式流量計に用いる応力耐性を有した電極組立体の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 8 】

図1は、流量計本体11を有し、一体型伝送ユニット20と、高圧用の応力耐性を有した電極組立体30とを備えた電磁式流量計10の概略側面図である。流量計本体11は、ライナ13と管継手14とを有した導管部12、伝送ユニット用マウント16を有した流量計ハウジング15、コイル17、並びに（実施の形態に応じ）電極用作業窓18及びネームプレート的一方または両方を備えている。導管部12及びライナ13は、破線或いは隠線を用いた断面で示されている。コイル17及び電極組立体30は流量計本体11の内部にあり、破線を用いて概略形状が示されている。

30

【 0 0 0 9 】

伝送ユニット20は、伝送ユニット用マウント16により流量計本体11に取り付けられている。伝送ユニット20は、伝送ユニットハウジング21、端子ブロック22、電子回路/ローカルオペレータインタフェース（LOI：Local Operator Interface）ユニット23、端子カバー24、及び配線管接続部25を備えている。端子ブロック22及びLOIユニット23は、伝送ユニットハウジング21の内部にあって、破線により概略形状が示されている。

40

【 0 0 1 0 】

実施の形態に応じ、伝送ユニット20とは別体で流量計本体11が電磁式流量計10に含まれるようにしてもよいし、流量計本体11を一体型伝送ユニット20と組み合わせた状態で磁気流量計10に含まれるようにしてもよい。例えば、図1に示すように、電磁式流量計10は流量計本体11及び伝送ユニット20の両方を含んでおり、伝送ユニット20が伝送ユニット用マウント16を介して流量計本体11に直接的に装着されている。本実施形態において伝送ユニット用マウント16は、伝送ユニット20と流量計本体11との間の電氣的接続を行うための内部通路を有している。別の実施形態では、伝送ユニット20が分離して設けられ、外部で接続が行われるようになっている。

50

【 0 0 1 1 】

導管部 1 2 は、流量計本体 1 1 を貫通して処理用流体の流路を形成する。一般的に導管部 1 2 は、円形断面を有したある長さのパイプまたは導管によって構成され、例えば約 8 インチ（約 20 cm）の内径 P D を有する。或いは、内径 P D を約 0.5 インチ～約 12 インチ（約 1.27 cm～約 30 cm）の範囲とする。別の実施形態においては、楕円、矩形、或いはその他の非円形断面形状で導管部 1 2 が形成される。

【 0 0 1 2 】

一般的に導管部 1 2 は、ステンレス鋼、アルミニウム、銅もしくは真鍮、またはこれらの材料の組み合わせといった、耐久性があつて、機械加工が可能であり、耐食性を有した非磁性金属で製造される。別の実施形態では、PVC（塩化ビニル）もしくはABS（アクリロニトリルブタジエンスチレン）といった耐久性を有するポリマ、または耐久性を有したその他の熱可塑性プラスチックもしくはポリマ材により形成される。

10

【 0 0 1 3 】

ライナ 1 3 は、内径 P D に沿って導管部 1 2 の内側を覆うように設けられ、導管部 1 2 と処理用流体との間に、電氣的、化学的、及び機械的な防護壁を形成する。また、ライナ 1 3 は、導管部 1 2 の処理用流体との電氣的接触を絶縁すると共に、処理用流体内の化学薬品または研磨剤によって生じる腐食や摩耗から導管部 1 2 を保護する。

【 0 0 1 4 】

一般的に、ライナ 1 3 はポリウレタンまたはその他の非磁性絶縁ポリマ材からなるが、組成は処理用流体の状態に応じて異なる。いくつかの実施形態の場合、例えば、保護用のライナ 1 3 は、テフロン（Teflon：登録商標）、テフロン（Teflon：登録商標）- P F A もしくはテフゼル（Tefzel：登録商標）- P F A といった P F A（ペルフルオロアルコキシ）材、ライトン（Ryton：登録商標）P P S のような P P S（ポリフェニレンサルファイド）材、またはネオプレンもしくは天然ゴムといったその他のポリマ材で構成することにより、様々な処理用流体に対して化学的保護、電氣的保護、及び耐摩耗性が得られるようにしている。これらの材料及びライナ 1 3 に適切なその他の材料は、デラウエア州ウィルミントンのデュポン社（DuPont and Company）、テキサス州ウッドランドのシェブロンフィリップスケミカル（Chevron Phillips Chemical）社、エマーソンプロセスマネジメント社（Emerson Process Management Company）に属するミネソタ州チャンハッセンローズマウント社（Rosemount Inc.）などの様々な販売業者から入手可能である。

20

30

【 0 0 1 5 】

保護絶縁用のライナ 1 3 は、流量計本体 1 1 内を通過する流路の径 D が、 $D = P D - 2 T$ で表されるような厚さ T を有している。一般的に、厚さ T はパイプ径 P D と共に調整されるが、両者の関係は厳密には線形になっていない。例えば、8 インチ（20 cm）のパイプの場合、絶縁用のライナ 1 3 の典型的な厚さ T は約 0.308 インチ（約 4.8 mm）である。別の実施形態において厚さ T は、約 0.1 インチ以下（約 2.5 mm）から約 0.25 インチ以上（約 6.4 mm）の範囲で変更される。このような厚さ T の範囲は、0.5 インチ（約 1.27 mm）から 1 フィート（約 30 cm）の間のパイプ径 P D に対応したものとなっている。これに代わる実施形態では、PVC プラスチックまたは ABS プラスチックのような耐久性のある絶縁性非磁性材料を用い、導管部 1 2 とライナ 1 3 とが一体的に形成される。

40

【 0 0 1 6 】

管継手 1 4 は、導管部 1 2 の一端部または両端部に形成され、処理用流体流動系統の流体用継手を形成する。一般的に、管継手 1 4 は導管部 1 2 と同じ材料で形成され、機械加工、穿孔、切削、溶接、及びその他の製造技術を組み合わせることにより導管部 1 2 に形成される。従って、管継手 1 4 の具体的な構造は、多様な処理用流体の接続に適合させるべく、実施形態毎に相違したものとなる。これらの実施形態には、ボルト装着式の貫通孔付き連結フランジ（図 1 の構造）、環状部材と錨部材との組み合わせ、ネジ山付きパイプの螺合、圧入、及び金属溶接または化学溶接による接合に適した様々な表面構造が含まれる。

50

【 0 0 1 7 】

流量計ハウジング 1 5 は、鋼、ステンレス鋼、真鍮、アルミニウム、銅、及び耐久性を有した様々なポリマプラスチックを含む、強靱で耐久性を有し機械加工可能な材料を組み合わせて形成されている。これらの材料により、いくつかの側壁部、終端壁部、カバープレート及びその他の構造体が形成され、全体として環状の絶縁保護容器が、導管部 1 2、コイル 1 7、電極組立体 3 0、及び流量計本体 1 1 内のその他の構成部品を取り囲んで形成される。一般的に、流量計ハウジング 1 5 も導管部 1 2 の外部に対して圧力封止がなされており、導電性流体または腐食性流体、起爆性気体及びその他の環境有害薬品の漏出を防止するようにしている。

【 0 0 1 8 】

10

コイル 1 7 は、銅線またはその他の導電線からなるいくつかの巻線を備えている。コイル 1 7 は、導管部 1 2 の径方向外方に近接配置され、励磁電流が供給されると処理用流体の流路を横切る磁束を発生する。従って、コイル 1 7 は処理用流体の流れを横切る磁界を生成する磁界発生源として機能し、このときの磁界は、ライナ 1 3 及び導管部 1 2 を実質的に直角に横切るように指向されている。

【 0 0 1 9 】

いくつかの実施形態において、コイル 1 7 は軟鉄製コアを備え、磁束を増加させ、或いは磁力線を適正に形成するようにしている。別の実施形態では、流量計本体 1 1 が軟磁性体からなる付加的な磁束戻り部材を備えることにより、磁界の強さと均一性とを改善すると共に、流量計ハウジング 1 5 の外方への漏れ磁場を抑制するようにしている。

20

【 0 0 2 0 】

一般的に、電磁式流量計 1 0 は、導管部 1 2 の側面で互いに対向する 2 つの電極組立体 3 0 を備えている。電極組立体 3 0 は、導管部 1 2 の水平面に位置しないように導管部 1 2 の軸線 A 周りに位置をずらすことがある（例えば、後述するように図 2 を参照）。

【 0 0 2 1 】

図 1 の実施形態において、電極組立体 3 0 のそれぞれは、電極用作業窓 1 8 で覆われており、この電極用作業窓 1 8 は、流量計本体 1 1 との間で機械的封止及び圧力封止を形成している。いくつかの実施形態では、電極組立体 3 0 を組み付けた後、電極用作業窓 1 8 が溶接または別の方法で恒久的に取り付けられ、別の実施形態では、電極用作業窓 1 8 を取り外し可能として、メンテナンスを行うことができるようになっている。

30

【 0 0 2 2 】

以下に詳述するように、電極組立体 3 0 は、約 3 0 0 0 p s i (2 0 . 7 M P a) から 6 0 0 0 p s i (4 1 . 4 M P a) 以上の値までの範囲の高圧の処理用圧力を印加した状態で使用するための応力耐性構造を有しており、電磁式流量計 1 0 は A N S I (米国規格協会) 規格の圧力クラス 1 5 0 0 # または 2 5 0 0 # に適合するものとなっている。いくつかの実施形態において電極組立体 3 0 は、特殊な処理用流体の適用のための 1 0 0 0 0 p s i (6 8 . 9 M P a) 以上の処理用圧力において作動可能な流量計への使用にも適合している。なお、絶対圧力 (単位 p s i) とゲージ圧力 (単位 p s i) とは、上述した範囲において 0 . 5 % も相違していないため、両圧力は互換性をもって用いられることがある。

40

【 0 0 2 3 】

伝送ユニットハウジング 2 1 は、金属もしくは耐久性を有するプラスチック、またはこれらの組み合わせといった材料で製造され、端子ブロック 2 2、電子回路 / L O I ユニット 2 3、及び伝送ユニット 2 0 のその他の内部構成部品を取り囲む保護容器を形成する。この保護容器は、電気的及び熱的遮蔽を行い、湿気や、腐食性薬品または起爆性薬品を含む有害な環境条件からの遮蔽を行うと共に、処理機械、工具、落下物、及びその他の生じる危険要素からの保護を行う。また、伝送ユニットハウジング 2 1 は、伝送ユニット 2 0 の内部構成部品を所定位置に固定するための内部取付構造を備えている。

【 0 0 2 4 】

端子ブロック 2 2 は、耐久性を有したプラスチックまたはその他の絶縁材料からなり、

50

複数の導電端子を備えている。この端子ブロック 22 の接続によって、伝送ユニット 20 に電力が供給されると共に、ループ配線、コントロールバス、データバス、データケーブル、或いは処理システムの通信を行う同様の手段を介して入出力 (I/O) 及びプロセス制御へのアクセスが可能となる。

【0025】

端子カバー 24 は、伝送ユニットハウジング 21 との間で圧力封止を行うと共に、端子ブロック 22 における接続作業を可能とする。配線管接続部 25 は、付加的な外部接続或いは外部回路のための配線管の通路を提供する。

【0026】

電子回路 / LOI ユニット 23 は、ローカルオペレータインタフェース (LOI)、並びに電磁式流量計 10 と伝送ユニット 20 とを制御するコントローラ、コイル 17 を励磁するための電流源または電圧源、電極組立体 30 からの電圧信号を処理するシグナルプロセッサ、及び伝送ユニット 20 とプロセス制御システムとの間の通信を行うためのリモートユーザインタフェースを含む様々な回路要素を備えているが、回路要素はこれらに限定されるものではない。

【0027】

典型的な実施形態において電子回路 / LOI ユニット 23 は、マイクロプロセッサ / コントローラに加え、別個の LOI 及び電流源部を備えている (図 2 及び下記参照)。LOI は、ユーザによる流量計の設定入力と較正情報入力とを可能とし、伝送ユニット 20 の後部に設けられる電子回路 (図 1 には示さず) は、オペレータによる LOI へのアクセスを可能とするものであって、一般的に対話形式のディスプレイを介してこのアクセスが行われる。

【0028】

電磁式流量計 10 は、流量計本体 11 に伝送ユニット 20 が直接的に取り付けられた状態で示されているが、図 1 は多様な実施形態の代表例を示すものでもある。例えば、遠隔設置の構成の場合、ケーブル、電線もしくはパワーバス、データバス及びコントロールバス、または遠隔通信のための同様の手段を介して行われる電氣的データ接続を用いることにより、伝送ユニット 20 を流量計本体 11 から 1000 フィート (約 300 m) 離れた位置までは設置することが可能である。

【0029】

その他の流量計用構成部品及び伝送ユニット用構成部品も、形状や詳細構造をある程度変更することが可能である。例えば、図 1 に示す電磁式流量計 10 は、具体的にはローズマウント社から入手可能な 8700 シリーズの電磁式流量計である。これに代わる実施形態として、ローズマウント社やその他の販売業者から入手可能な、様々な種類の市販または特注の電磁式流量計を、電磁式流量計 10 に用いることができる。

【0030】

電磁式流量計 10 の作動中、伝送ユニット 20 はコイル 17 に励磁電流を供給する。コイル 17 は導管部 12 内の処理用流体の流れを横切る磁界を生成し、この磁界により処理用流体を横切って誘起される起電力 (EMF) を電極組立体 30 が検出する。この起電力は電極組立体 30 と電子回路 / LOI ユニット 23 との間の電氣的接続を介してサンプリングされ、伝送ユニット 20 は、誘起された EMF に相関する流量を示す処理出力信号を生成する。

【0031】

高圧の処理用圧力を受けると、電極組立体 30 は位置ずれ及び変形を生じる可能性があり、これによって電磁式流量計 10 の性能に悪影響を及ぼすおそれがある。このような悪影響を抑制するため、電極組立体 30 の内部を充填材で充填し、後述するようにして内部の動きを抑制すると共に耐圧性を向上させている。

【0032】

図 2 は、伝送ユニット 20 における具体的な構成要素を併せて示す、電磁式流量計 10 の端面図である。電磁式流量計 10 は導管部 12 を有した流量計本体 11 を備えており、こ

10

20

30

40

50

れらはそれぞれ網掛線を用いて示されている。伝送ユニット 20 の構成要素については、物理的形狀ではなく概略構成で示すことにより、流量計本体 11 の様々な要素との機能的関係を示すようにしている。

【0033】

流量計本体 11 は、ライナ 13 を有した導管部 12、流量計ハウジング 15、伝送ユニット用マウント 16、コイル 17、及び電極組立体 30 を備えている。流量計ハウジング 15 は、上述したように、導管部 12、ライナ 13、コイル 17、及び電極組立体 30 の周囲を取り囲む環状の容器を形成する。本実施形態では、電極組立体 30 のそれぞれにカバー窓 18 が設けられている。

【0034】

保護用のライナ 13 は、内径に沿って導管部 12 の内側を覆うように設けられ、流量計本体 11 を通過する処理用流体のための絶縁された流路を形成している。処理用流体は、コイル 17 によって生成された磁界 B を通過しながら、図 2 において紙面から外方に向けて流れる。なお、導管部 12 の端部にある管継手は図 2 に示していない。

【0035】

伝送ユニット 20 は、端子ブロック (T/B) 22 と、マイクロプロセッサ/コントローラ (μ P) 26、電流源 (I/S) 27 及びユーザインタフェース (I/F) 28 を含む電子回路/L O I ユニットとを収容した伝送ユニットハウジング 21 を備える。端子ブロック 22 は、外部電源 (図示せず) への接続を介し、マイクロプロセッサ/コントローラ 26 及び伝送ユニット 20 におけるその他の構成部品に電力を供給する。

【0036】

いくつかの実施形態では、外部接続が単一のループ配線によって行われ、このループ配線を用い、重畳デジタル信号または重畳アナログ信号でのプロセス制御用通信も行う。別の実施形態では、伝送ユニット 20 との通信が、標準的なアナログループ配線、コントロールバス及びデータケーブルのいずれかの組み合わせにより、または赤外線装置、光学装置、無線装置、もしくはその他のワイヤレス装置により行われる。

【0037】

このように構成される伝送ユニット、またはその他の通信手段は、ローズマウント社やその他の販売業者から入手可能である。これらの実施形態において伝送ユニット 20 は、標準的なアナログプロトコル (4 ~ 20 mA)、HART (登録商標) のようなハイブリッドアナログ・デジタルプロトコル、並びにファウンデーション (Foundation: 商標) のフィールドバス及び PROFIBUS (登録商標) バス/PROFIBUS (登録商標) NET のようなデジタル計測/制御プロトコルを含む様々なプロセス通信プロトコルも利用するが、プロセス通信プロトコルはこれらに限定されるものではない。

【0038】

マイクロプロセッサ/コントローラ 26 は、検出用電線 P0, P1 を介した電氣的通信により電極組立体 30 と接続される (簡明化のため、図 2 には単一の接続のみを示している)。マイクロプロセッサ/コントローラ 26 は、電極信号に相關する (即ち、誘起された EMF、或いはファラデーの法則の電圧に相關する) 流量を演算するシグナルプロセッサと、電流源 27 を制御する電流コントローラとを備えている。

【0039】

電流源 27 は、電流制限電源または電圧制限電源からなり、コイル駆動用電線 C0 及び C1 を介してコイル 17 を励磁する。典型的な実施形態において、コイル 17 はコイル配線 CR を介してデジタイゼーション方式で、即ち直列に接続されており、それぞれのコイル 17 に同じ電流が流れ、それぞれのコイル 17 が全体の磁界強度に対して実質的に均等に寄与するようになっている。別の実施形態では、別個の複数のコイル 17 に対し、電流源 27 が個々に制御した励磁電流を供給するようになっている。

【0040】

電流源 27 が電磁式流量計 10 に電力を供給すると、保護用のライナ 13 の内側の処理用流体流路を横切るようにして、コイル 17 が導管部 12 の内部に適度に均一な磁界 B を

10

20

30

40

50

生成する。広い作動範囲にわたり、磁界強度（或いは磁束密度）は励磁電流にほぼ比例したものとなる。図 2 に示すように、磁界 B は導管部 1 2 及びライナ 1 3 に対して実質的に直角に指向されるのが一般的であり、処理用流体の流動は、ほぼ直角（90°）の交差角度で磁界と交差する。

【0041】

電極組立体 3 0 は導管部 1 2 及びライナ 1 3 を貫通して延設され、処理用流体と電氣的に直接接触することができるようになっている。図 2 に示すように、2 つの電極組立体 3 0 は導管部 1 2 の径方向に正対して配置され、両者の位置関係は、水平面から約 30°～60°ほど周方向に傾斜した状態にある。これに代えて、両電極組立体 3 0 の位置関係を約 45°ほど周方向に傾斜した状態としてもよいし、両電極組立体 3 0 を水平方向または垂直方向に配置してもよい。また、窓 1 8 は設けてもよいし設けなくてもよい。

10

【0042】

導電性の処理用流体が磁界 B を通過すると、電極組立体 3 0 を通るファラデーローブが生成される。これにより、電磁式流量計 1 0 は誘起された E M F 信号、即ちファラデーの法則の電圧を得ることが可能となり、この E M F 信号は処理用流体の流量及び磁界強度に相関したものとなる。電極組立体 3 0 は、この E M F を検出し、検出用電線 P 0 及び P 1 を介してシグナルプロセッサ（マイクロプロセッサ/コントローラ 2 6）に伝達する。

【0043】

誘起された E M F 信号は、処理用流体の流速に実質的に比例しており、この流速は体積流量に比例する。より具体的には、誘起された E M F（E）が、平均流速（V）、平均磁界強度 B、及び流路の径 D に比例する。即ち、下式（1）が成立する。

20

$$E = k \cdot B \cdot D \cdot V \quad \cdots \cdots (1)$$

【0044】

上記式（1）中、k（係数 k）は E、B、D 及び V が計測される装置に依存した比例定数である。上記式（1）を変形することにより、処理流体の流速は、誘起された電位、磁界強度及び径 D の関数として次のように与えられる。

$$V = E / (k \cdot B \cdot D) \quad \cdots \cdots (2)$$

【0045】

このように流速は、誘起された E M F に正比例すると共に、磁界強度及び流路径に反比例する。そして、体積流量は（流速 V に流路断面積を乗じたものであるから）流速に比例する。

30

【0046】

いくつかの実施形態において、伝送ユニット 2 0 は、パルス化 DC（直流）磁気流量計測を行うように構成されている。このような実施形態では、マイクロプロセッサ/コントローラ 2 6 が電流源 2 7 を変化または調整することにより、信号ノイズを低減している。パルス化 DC 磁気流量計測では、コイル 1 7 と外部の電気装置との間の静電結合、浮遊電圧及び電流ループ、処理用流体のインピーダンスに起因した位相ずれ、及び磁界、処理用流体並びに検出信号ラインの間の電磁結合を含む直交電圧の影響のほか、処理用流体と電極組立体 3 0 との間の電解反応による影響を軽減することができる。

【0047】

40

図 3 は、電磁式流量計 1 0 に用いる電極組立体 3 0 の代表的な実施形態を示す概略断面図である。この実施形態において電極組立体 3 0 は、電極頭部 3 2 と電極胴体部 3 3 とを有した電極 3 1、電極保持部材 3 4、外部接続ネジ 3 5、接続端子 3 6、並びにキャップ（またはキャップナット）4 2、絶縁スペーサ 4 3、4 4、4 5、絶縁層 4 6 及び外側ナット 4 7 を有した電極ハウジング（または電極ホルダ）4 1 を備える。電極ハウジング 4 1 内の空間 4 9 には充填材 4 8 が充填されている。具体的には、電極 3 1、電極保持部材 3 4、外部接続ネジ 3 5、絶縁スペーサ 4 3、4 4、4 5、電極ハウジング 4 1、及びキャップ 4 2 を含む電極組立体 3 0 の様々な構成部品の間の空間 4 9 に充填材 4 8 が充填されている。

【0048】

50

検出用の電極 3 1 は、低い固有抵抗を有した耐食性及び耐摩耗性の材料から製造された電氣的センサまたは導電体を備えている。この材料は、処理用流体の特性及び所望の耐用年数に応じて変更される。例えば、いくつかの実施形態では、266SSTのようなステンレス鋼から、またはタンタル、白金、チタン、ハステロイ（Hastelloy：登録商標）、もしくはその他の特殊合金から電極 3 1 が製造される。このようなタイプの電極は、ローズマウント社、及びインディアナ州ココモのヘインズインターナショナル（Haynes International）社を含むその他の販売業者から入手することが可能である。

【 0 0 4 9 】

電極頭部 3 2 は、ライナ 1 3 の内側において処理用流体と接触するように配設され、導管部 1 2 を横切るように磁界が生成されたときに誘起される E M F を検出する位置に配置されている。電極胴体部 3 3 は、ライナ 1 3 及び導管部 1 2 を径方向に貫通し、電極頭部 3 2 から電極ハウジング 4 1 の内側端部（第 1 端部）へ向けて径方向に延設されている。

10

【 0 0 5 0 】

電極保持部材 3 4 は、径方向における電極胴体部 3 3 の外側端部、及び径方向における外部接続ネジ 3 5 の内側端部の周囲に同軸状に設けられ、電極ハウジング 4 1 内に電極 3 1 を保持している。典型的な実施形態において電極保持部材 3 4 は、電極 3 1 と外部接続ネジ 3 5 との電氣的接続、または電極 3 1 への外部接続がなされるよう、導電材料で形成されている。これにより、例えば環状端子、即ち接続端子 3 6 を介し、電極 3 1 によって検出された E M F を電極組立体 3 0 からマイクロプロセッサまたはその他の処理装置に伝達することが可能となる。これに代えて、電極保持部材 3 4 を絶縁材料により形成し、例えば電極胴体部 3 3 と接続ネジ 3 5 との間に中心軸線 C_L に沿って配設される導電部材などの他の手段により電氣的接続を形成するようにしてもよい。

20

【 0 0 5 1 】

電極ハウジング 4 1 は、電極頭部 3 2 と電極ハウジング 4 1 の第 1 端部（径方向内側端部）との間にライナ 1 3 の一部を位置させた状態で、径方向における電極胴体部 3 3 の外側部分の周囲に同軸状に配設されている。いくつかの実施形態において、電極ハウジング 4 1 は、図 3 に示すように部分的に導管部 1 2 内に挿入または埋め込まれており、導管部 1 2 から径方向に電極組立体 3 0 の中心軸線 C_L に沿って延設されている。

【 0 0 5 2 】

この実施形態において、導管部 1 2 の一部も、電極頭部 3 2 と電極ハウジング 4 1 の第 1 端部との間に位置している。別の実施形態では、電極ハウジング 4 1 の第 1 端部が導管部 1 2 を貫通して延設され、ライナ 1 3 に接触するようにして、電極ハウジング 4 1 が完全に挿入されている。また、更に別の実施形態では、電極ハウジング 4 1 が挿入されておらず、導管部 1 2 の外周から径方向外方に延設されている。

30

【 0 0 5 3 】

キャップ 4 2 は、電極 3 1 と向かい合うように、径方向外方、即ち電極ハウジング 4 1 の第 2 端部側に設けられており、電極保持部材 3 4 と協働して、電極頭部 3 2、電極胴体部 3 3 及び接続ネジ 3 5 を電極組立体 3 0 の所定の位置に保持する。例えば、一実施形態においてキャップ 4 2 は、電極ハウジング 4 1 の外周面に螺合して電極頭部 3 2、電極胴体部 3 3 及び接続ネジ 3 5 を保持する高圧用ナットからなる。また、別の実施形態では、キャップ 4 2 が電極ハウジング 4 1 に螺合するネジまたはその他のネジ式締結部品からなる。更に別の実施形態においてキャップ 4 2 は、クリップ、カラー、プッシング、またはネジ山、溶接、口付けなどの方法により電極ハウジング 4 1 に固定されるその他の保持機構を備えるか、或いはキャップ 4 2 が電極ハウジング 4 1 と一体的に形成される。

40

【 0 0 5 4 】

内側のスペーサ 4 3 及び 4 4 は、電極ハウジング 4 1 と電極胴体部 3 3 との間、並びに電極ハウジング 4 1 及びキャップ 4 2 と接続ネジ 3 5 との間に配設される電気絶縁スペーサ部材からなる。外側のスペーサ 4 5 は、キャップ 4 2 と接続ネジ 3 5 との間、及びキャップ 4 2 と接続端子 3 6 との間に配設される電気絶縁スペーサ部材からなる。

【 0 0 5 5 】

50

絶縁層 4 6 は、電極ハウジング 4 1 と電極保持部材 3 4 との間の電氣的絶縁を行う収縮チューブなどの部材からなる。いくつかの実施形態において絶縁層 4 6 は、電極ハウジング 4 1 と、スペーサ 4 3 及び 4 4 のいずれかまたは両方との間にも延設されている。更に別の実施形態では、外側ナット 4 7 のような保持用または絶縁用スペーサ部材が、電極 3 1、電極保持部材 3 4 または接続ネジ 3 5 を、スペーサ 4 3、4 4、4 5 及び電極組立体 3 0 におけるその他の構成要素に対して所定位置に保持するために用いられる。なお、外側ナット 4 7 は、電極ハウジング 4 1 に直接組み付けられるのではなく、接続端子 3 6、外側のスペーサ 4 5 及びキャップ 4 2 のような別部材により電極ハウジング 4 1 から離間している。

【0056】

絶縁用のスペーサ 4 3、4 4、4 5 は、硬質ポリマのような硬質の耐変形性を有した絶縁材料により形成される。一実施形態においてスペーサ 4 3 は、シェブロンフィリップスケミカル社から入手可能な、ライトン（登録商標）やその他のポリフェニレンサルファイド（PPS）材で形成される。

【0057】

スペーサ 4 3、4 4、4 5 は、絶縁機能に加え、キャップ 4 2 及び電極保持部材 3 1 と協働し、電極 3 1 及び接続ネジ 3 5 を電極組立体 3 0 及び電極ハウジング 4 1 に対して所定位置に保持する。具体的には、導管部 1 2 及びライナ 1 3 内の処理用流体から電極頭部 3 2 が処理用流体圧力を受けたとき、スペーサ 4 3 及び 4 4 が電極 3 1 を所定位置に保持する。

【0058】

図 3 に示すように、絶縁用のスペーサ 4 3、4 4 及び 4 5 は、ネジ山付きまたはネジ山なしのカラー、プッシング、スリーブ、ワッシャ、またはその他の一般的な環状構造体として形成され、電極 3 1 及び接続ネジ 3 5 の周囲に同軸状に配置されている。別の実施形態においてスペーサ 4 3、4 4 及び 4 5 は、電極ハウジング 4 1、キャップ 4 2 または電極組立体 3 0 のその他の構成部品から、電極 3 1 を絶縁するため、または電極頭部 3 2、電極胴体部 3 3 及び接続ネジ 3 5 を離間させるために用いられる絶縁部材またはスペーサ部材からなる。

【0059】

電極 3 1 が処理用流体の圧力を受けると、それによって生じる力が、電極頭部 3 2 及び電極胴体部 3 3 を、電極ハウジング 4 1 に対して径方向に、中心軸線 C_L に沿って移動させようとする。このような移動により、スペーサ 4 3 及び 4 4 といった内部部品がキャップ 4 2 及び電極ハウジング 4 1 に押し付けられ、圧縮応力及びゆがみが生じる。

【0060】

このような現象を抑制するため、電極組立体 3 0 は、電極ハウジング 4 1 内に個々の構成部品が密集して設けられるような密集剛体構造を有している。しかしながら、いくつかの箇所においては、例えば製造誤差や、導管部 1 2 及びライナ 1 3 の厚みに対する電極 3 1 の長さのばらつきなどの特定部品における寸法のばらつきを吸収するため、空間の変化や隙間の発生が避けられないものとなる。具体的には、図 3 に示すように、このような隙間或いは空間 4 9 が電極ハウジング 4 1 内の電極 3 1 とキャップ 4 2 との間に位置することがある。

【0061】

隙間及び空間 4 9 が小さいとはいえ、これにより電極 3 1 の移動範囲が拡大することになる。この結果、電極ハウジング 4 1 内の圧縮応力が増大し、絶縁用のスペーサ 4 3 及び 4 4 などの構成部品にゆがみが生じる。例えば約 3000 psi（約 20.7 MPa）を超える高圧の処理用圧力では、圧縮応力及びゆがみが増大する傾向にある。条件によっては、これにより破断、亀裂、漏洩、及びその他の障害が電極組立体 3 0 に生じるおそれがある。

【0062】

このような問題に対処するため、電極組立体 3 0 の電極ハウジング 4 1 内には充填材 4

10

20

30

40

50

8 が設けられ、具体的には電極 3 1 とキャップ 4 2 との間の空間 4 9 内に充填材 4 8 が配設される。充填材 4 8 は、空間 4 9 に充填された後、高い圧縮応力を受けた場合でも変形やゆがみを生じにくい硬質材料となる。これにより、電極ハウジング 4 1 内の所定位置に電極 3 1 を保持するための付加的な支持がキャップ 4 2 に与えられる。また、充填材 4 8 は、電極頭部 3 2 を有した電極 3 1 から、電極保持部材 3 4、電極ハウジング 4 1 及びキャップ 4 2 のいずれか 1 つ以上の部材に圧縮応力を伝達し、絶縁用のスペーサ 4 3 及び 4 4 のようなより損傷しやすい構成部品における応力やゆがみを低減する。また、充填材 4 8 は、電極ハウジング 4 1 及び電極組立体 3 0 の内側に生じうる空間 4 9 にも充填され、コールドフロー、塑性拡張、及び応力による内部部品の変形を抑制している。

【 0 0 6 3 】

充填材 4 8 は、R T V (室温加硫硬化性) シリコンゴム及びその他のシリコンゴム系材料のような比較的柔軟性を有する充填材とは異なると共に、高い処理用圧力において塑性変形または弾性変形に対してあまり耐性を有していないゴム系またはポリマ系製品とは異なる硬質充填材からなる。一実施形態において充填材 4 8 は、例えば硬化剤または反応促進剤と混合して用いるポリエポキシドまたはその他の熱硬化性エポキシドポリマのように、硬化剤と混合されることにより空間 4 9 に充填された後に硬質材となる液体エポキシまたは軟質エポキシからなる。これに代えて、充填材 4 8 は、熱硬化性ポリマ樹脂や熱可塑性プラスチックのように、空間 4 9 内に配設された後に、液状または軟質状の形態から硬質の応力耐性を有した形態へ変質するような別の硬質充填材からなるようにしてもよい。

【 0 0 6 4 】

一般的には、電極 3 1、並びに電極保持部材 3 4、接続ネジ 3 5 及び絶縁用のスペーサ 4 3、4 4 といった内部部品を挿入する前に、まず電極ハウジング 4 1 に充填材 4 8 を充填する。隙間や空間を十分に減少させることが不可能な従来の構成とは異なり、このような手法により、空洞を残すことなく充填材 4 8 で完全に隙間を満たすことが可能となる。これに代えて、電極ハウジング 4 1 内に挿入する前に、個々の構成部品に充填材 4 8 を塗布してもよいし、電極組立体 3 0 の各構成部品を電極ハウジング 4 1 内に挿入する際に、個々の隙間や空間 4 9 を充填材 4 8 で満たすようにしてもよい。

【 0 0 6 5 】

このように、充填材 4 8 は電極ハウジング 4 1 に対する電極 3 1 の変位を抑制または低減し、電極組立体 3 0 に生じる圧縮応力及びゆがみを抑制して、圧力に起因した個々の構成部品の変形や破損を抑制する。即ち、充填材 4 8 は、3 0 0 0 p s i (2 0 . 7 M P a) を超え、少なくとも 3 1 7 0 p s i (2 1 . 8 5 M P a) に達する処理用圧力のもとでの応力に起因した変形に耐性を有し、電極組立体 3 0 は A N S I 規格の圧力クラス 1 5 0 0 # の磁気流量計への使用に適合すると共に、水及び炭化水素の一方または両方からなる処理用流体、並びに砂及び酸またはアルカリ薬品のような研磨剤または腐食性薬品への使用に適合している。

【 0 0 6 6 】

更なる実施形態において充填材 4 8 は、6 0 0 0 p s i (4 1 . 4 M P a) を超え、少なくとも 6 1 0 7 p s i (4 2 . 1 M P a) に達する処理用圧力のもとでの応力に起因した変形に耐性を有し、電極組立体 3 0 は圧力クラス 2 5 0 0 # の磁気流量計への使用に適合している。また更に別の実施形態において充填材 4 8 は、1 0 0 0 0 p s i (6 8 . 9 M P a) を超える処理用圧力のもとでの応力に起因した変形に耐性を有し、電極組立体 3 0 は炭化水素の強制抽出や水圧破碎を含む特殊用途に適合している。

【 0 0 6 7 】

好ましい実施形態に基づき本発明を説明したが、使用した用語は説明のためのものであって限定を目的とするものではない。当業者であれば、本発明の意図及び範囲から逸脱することなく形状及び詳細構造について変更が可能であると認識しうるであろう。

【図 1】

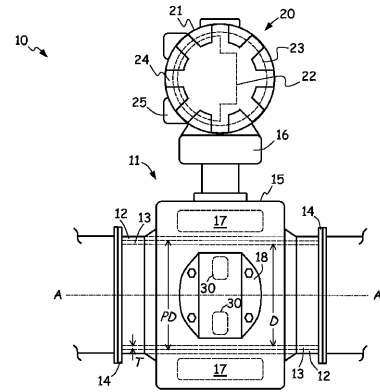


FIG. 1

【図 2】

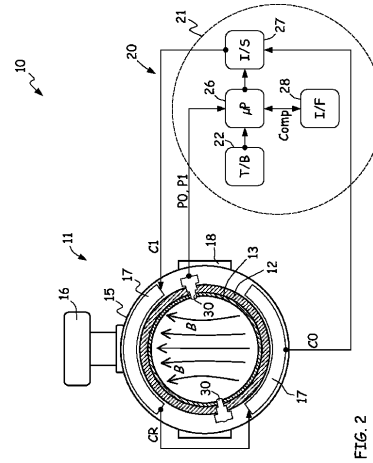


FIG. 2

【図 3】

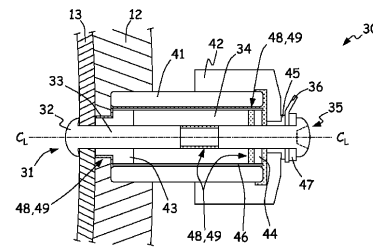


FIG. 3

フロントページの続き

(56)参考文献 実公昭57-41710(JP,Y2)
米国特許第3813938(US,A)
実開昭61-1325(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)
G01F 1/58