

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-27611

(P2010-27611A)

(43) 公開日 平成22年2月4日(2010.2.4)

(51) Int.Cl.

H01H 36/00 (2006.01)

F I

H01H 36/00

C

テーマコード (参考)

5G046

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2009-165731 (P2009-165731)
 (22) 出願日 平成21年7月14日 (2009.7.14)
 (31) 優先権主張番号 08405180.4
 (32) 優先日 平成20年7月15日 (2008.7.15)
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)

(71) 出願人 596116628
 オプトシイス ソシエテ アノニム
 スイス国 ジビシーズ, ルート アンドレ
 ビラー 50
 (74) 代理人 110000855
 特許業務法人浅村特許事務所
 (74) 代理人 100066692
 弁理士 浅村 皓
 (74) 代理人 100072040
 弁理士 浅村 肇
 (74) 代理人 100138346
 弁理士 畑中 孝之
 (74) 代理人 100094673
 弁理士 林 拓三

最終頁に続く

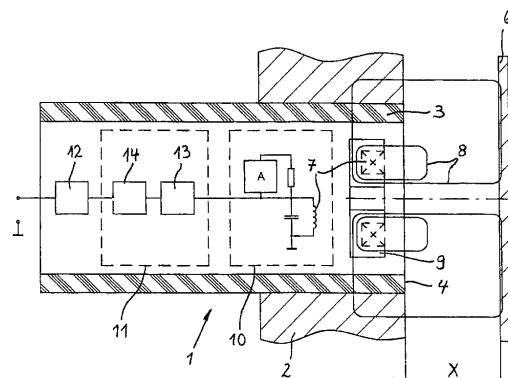
(54) 【発明の名称】 嵌込型誘導近接センサおよびその設計方法

(57) 【要約】

【課題】センサ範囲に悪影響を及ぼすことなく近接センサの嵌込可能性を改善する。

【解決手段】軟鋼取付板(2)内に嵌め込む誘導近接センサは前面にセンシング面(4)を形成する合成材料の前壁(16)を有する筐体と、1よりも大きい比透磁率を有する材料で作られたコア(9)付きセンサコイル(7)を含みコイルの磁界がターゲット(6)へ向かうように配置された発振器(10)と、センシング面(4)に垂直にコア(9)を取り囲んで配置された中空円筒金属部材(3)と、渦電流による発振器(10)の減衰を測定する測定回路(11)と、を含み、センサの嵌込可能性を改善するために、コア(9)は $15\mu\Omega\cdot\text{cm}$ よりも低い電気抵抗率と $40\mu\text{m}$ よりも小さい厚さを有する金属層により半径方向に囲まれている。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

金属取付板(2)内に嵌め込む誘導近接センサ(1)であって、前端にセンシング面(4)を形成する合成材料の前壁(16)を有する筐体と、前壁(16)の後ろで筐体内に配置される1よりも大きい比透磁率を有する材料、典型的にはフェライト、により構成されるコア(9)付きセンサコイル(7)を含む発振器(10)であって、コア(9)の開放側がコイルの磁界をセンシング面(4)の前のターゲット(6)へ向けるためにセンシング面(4)へ向けられるようにした発振器(10)と、センシング面(4)に垂直にかつコア(9)を取り囲んで配置された中空円筒金属部材と、渦電流による発振器(10)の減衰を測定する測定回路(11)と、を含み、

10

コア(9)は $15\mu\Omega\cdot\text{cm}$ よりも小さい電気抵抗率と $40\mu\text{m}$ よりも小さい厚さを有する金属層(18、18")により半径方向に取り囲まれている、ことを特徴とする誘導近接センサ。

【請求項 2】

層(18、18")は非強磁性金属により構成されることを特徴とする請求項1記載の誘導近接センサ。

【請求項 3】

層(18、18")は金属部材およびコア間に配置されることを特徴とする請求項1または2記載の誘導近接センサ。

20

【請求項 4】

金属部材は金属スリーブ(3)であり、コア(9)はこのスリーブ(3)内に配置されることを特徴とする請求項1から3のいずれかに記載の誘導近接センサ。

【請求項 5】

前壁は筐体キャップ(15)の底(16)であり、キャップ(15)の周壁(17)はスリーブ(3'、3")およびコア(9)間の間隙内へ延びておりそして層(18")はこの壁(17)の内面上に配置されることを特徴とする請求項4記載の誘導近接センサ。

【請求項 6】

層(18、18")は金属被覆であることを特徴とする請求項1から5のいずれかに記載の誘導近接センサ。

30

【請求項 7】

層(18、18")の厚さは発振器(10)の動作周波数における層材料の表皮深さの半分よりも小さく、好ましくは、この表皮深さの30%よりも小さいことを特徴とする請求項1から6の1項記載の誘導近接センサ。

【請求項 8】

測定回路(11)は減衰が0.1(10%)以下の減衰に対応する基準閾値を超えるとすぐにセンサ回路の出力信号を変えるようにされていることを特徴とする請求項1から7の1項記載の誘導近接センサ。

【請求項 9】

層(18、18")の厚さは、軟鋼ターゲット(6)に対して、渦電流により生じる減衰がセンサの嵌込状態における基準閾値に対応するセンシング面(4)とターゲット(6)間の距離が、センサの非嵌込状態における同じ距離から最大30%、好ましくは、最大20%しか変わらないようにされていることを特徴とする請求項8記載の誘導近接センサ。

40

【請求項 10】

金属取付板(2)内に嵌め込む誘導近接センサ(1)であって、前端にセンシング面(4)を形成する合成材料の前壁(16)を有する筐体と、前壁(16)の後ろで筐体内に配置される1よりも大きい比透磁率を有する材料、典型的にはフェライト、により構成されるコア(9)付きセンサコイル(7)を含む発振器(10)であって、コア(9)の開放側がコイルの磁界をセンシング面(4)の前のターゲット(6)へ向けるためにセンシング面(4)へ向けられるようにした発振器(10)と、センシング面(4)に垂直にかつコア(9)を取り囲んで配置された中空円筒金属部材(3)と、渦電流による発振器(

50

10) の減衰を測定する測定回路 (11) と、を含み、

金属部材 (3) は $15 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ から $50 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ の電気抵抗率を有する非強磁性材料により構成される、ことを特徴とする誘導近接センサ。

【請求項 11】

金属部材は金属スリーブ (3) でありコア (9) はこのスリーブ (3) 内に配置されることを特徴とする請求項 10 記載の近接センサ。

【請求項 12】

測定回路 (11) は減衰が 10% 以下の減衰に対応する予め定められた基準閾値を超えるとすぐにセンサ回路の出力信号を変えるようにされていることを特徴とする請求項 10 または 11 記載の近接センサ。

10

【請求項 13】

コア (9) を取り囲むスリーブ部の電気抵抗率は、軟鋼ターゲット (6) に対して、渦電流により生じる減衰がセンサの嵌込状態における基準閾値に対応するセンシング面 (4) とターゲット (6) 間の距離がセンサの非嵌込状態における同じ距離から最大 30%、好ましくは、最大 20% しか変わらないようにされていることを特徴とする請求項 12 記載の近接センサ。

【請求項 14】

請求項 1 から 9 のいずれかに記載の近接センサの設計方法であって、センサ (1) およびそのセンシング面 (4) の前の固定距離に配置された軟鋼ターゲット (6) を含む構成において、発振器 (10) の減衰がセンサ (1) の嵌込状態およびセンサ (1) の非嵌込状態において求められ、求められた減衰が両方の状態において同じでなければ、金属層 (18、18') の厚さが増分調節され、嵌込状態における減衰が非嵌込状態における減衰と実質的に等しくなる層 (18、18') の厚さを求めるためにこれらのステップが 1 回以上繰り返されることを特徴とする設計方法。

20

【請求項 15】

請求項 10 から 13 のいずれかに記載の近接センサの設計方法であって、センサ (1) およびそのセンシング面 (4) の前の固定距離に配置された軟鋼ターゲット (6) を含む構成において、発振器 (10) の減衰がセンサ (1) の嵌込状態およびセンサ (1) の非嵌込状態において求められ、求められた減衰が両方の状態において同じでなければ、コア (9) を取り囲む金属部材の電気抵抗率が増分調節され、嵌込状態における減衰が非嵌込状態における減衰と実質的に等しくなる前記金属部材の電気抵抗率を求めるためにこれらのステップが 1 回以上繰り返されることを特徴とする設計方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は請求項 1 または 9 の前文に記載された金属取付板に嵌め込む誘導近接センサおよびその設計方法に関連する。

【背景技術】

【0002】

近接センサはセンサコイル付き RLC 発振器を含み、その磁界はターゲット内に渦電流を生じる。これらの渦電流により生じる電力損失はセンサとターゲット間の距離が減少するにつれ発振器を漸次減衰させる負荷を現わす。

40

【0003】

発振器がその蓄積エネルギーを消散させる割合の測度は品質係数 Q であり、それはサイクル当たり消散エネルギーに対する蓄積エネルギーの比の 2π 倍である。誘導近接センサの発振システムの最大品質係数 Q_{max} はセンサの非嵌込状態においてターゲットが存在しない時に測定される。作動において、品質係数 Q は取付板および / またはターゲット内の渦電流損失により低下する。品質係数 Q を最大品質係数 Q_{max} に正規化して、相対的品質係数 Q_{rel} が次のように定義される。

【数 1】

$$Q_{rel} = \frac{Q}{Q_{max}} \quad (1)$$

【0004】

センサの環境内に磁界影響体が存在しなければ、 Q は Q_{max} に等しくしたがって Q_{rel} は1に等しい。品質係数 Q に関して前記したことは相対的品質係数 Q_{rel} にも当てはまり、それは取付板および/またはターゲット内の渦電流損失によりサイクル当たり消散エネルギーが増加する事実により低下する。この低下量は発振器の減衰の測度である。

【数 2】

$$\text{減衰} = 1 - Q_{rel} = \frac{Q_{max} - Q}{Q_{max}} \quad (2)$$

10

【0005】

センサ回路はこの減衰の関数である出力信号を発生するようにされた測定回路を含んでいる。

【0006】

スイッチングおよびアナログ誘導近接センサは区別される。近接スイッチの測定回路は減衰が、ここでは動作閾値とも呼ばれる、基準閾値に達するとすぐに出力信号を1つの状態からもう1つの状態へ切り替えるようにされているが、アナログ近接センサの測定回路は、基準閾値を超える減衰に対しては、発振器減衰の単調関数である出力信号を発生するようにされている。

20

【0007】

センサの筐体の外面はコアによりセンサコイルの磁界がそこへ向けられるセンシング面(sensing face)を含んでいる。ターゲット距離はこのセンシング面からターゲットまでの距離であり、センサの範囲はセンサの出力信号に変化を生じるためにこのターゲット距離を減少させる(ターゲットをセンシング面に近づけて)必要がある値である。このように定義されるセンサ範囲はセンサが近接スイッチであれば動作範囲と呼ばれる。センサのデータシート内に明記された範囲は定格範囲と呼ばれる。センサの実際の範囲は、たとえば、製造公差によりその定格範囲を逸脱することがある。

30

【0008】

センサ範囲の測定および明記の基礎として、国際標準IEC 60947-5-2は使用すべきターゲットの材料を規定している。標準ターゲットは厚さが1mmで側面の長さがセンシング面の直径またはセンサの定格範囲の3倍の、どちらか大きい方に等しい正方形の軟鋼板である。

【0009】

誘導近接センサの範囲とその嵌込可能性は逆関係にある。ターゲット距離が大きいほどターゲット内の渦電流損は小さく、発振器減衰に対して決定される渦電流損の総量に対する取付板内の渦電流損のインパクトが増大する。

40

【0010】

センサの範囲を拡大するために、その基準閾値が低減される。下記の表において、およそ35%の基準閾値により得られる標準IEC 60947-5-2に明記されている嵌込可能近接スイッチの定格動作距離が僅か10%の基準閾値により特徴づけられる対応するサイズの先端技術の近接スイッチの測定された動作距離と比較される。

【表 1】

センサ・サイズ	動作距離	
	IEC 標準	10% 閾値
M5	-	1.2 mm
M8	1 mm	2.2 mm
M12	2 mm	3.7 mm
M18	5 mm	6.5 mm
M30	10 mm	13.0 mm

表 1

【0011】

この表において、センサのサイズはセンサの筐体を形成する外側にねじが切られたスリーブの直径により明記される。

【0012】

長距離近接センサは10%以下の基準閾値により特徴づけられる。基準閾値を10%よりも低く低減することにより、さらに長距離のセンサを実現することができる。5%よりも低い基準閾値を有する長距離センサが従来技術で知られている。前記した表の右列内の値に基づいて、長距離センサの最少範囲 S_{min} は次式を使用して近似的に求めることができ、

【数 3】

$$S_{min} = 0.14 + 0.114 * d^{1.4} \quad (3)$$

ここに、 d はセンサの筐体スリーブの外径 (mm) であり、 S_{min} はセンサ範囲 (mm) である。

【0013】

嵌込状態の取付板により生じる減衰はセンサの基準閾値とほぼ一致するかまたはそれを超えるため、通常の長距離センサは鋼取付板内に完全に嵌め込むことはできず、特に、任意のスイッチング型近接センサを作動不能とする。

【0014】

取付板の影響を緩和するために、コイルおよびコアを取り囲むシールド・スカートを使用してセンサ磁界が取付板に達するのを防止することが特許文献1で示唆されている。交番磁界に対してシールドとして作用するように設計された金属層は磁界の発振周波数において層材料の表皮深さと少なくとも同じ厚さであり、好ましくはそれより厚い。材料の表皮深さは次式から計算することができ、

【数 4】

$$\text{表皮深さ} = \sqrt{\frac{\rho}{\pi \cdot f \cdot \mu_0 \cdot \mu_r}} \quad (4)$$

ここに、 ρ は材料の抵抗率 [$\Omega \cdot m$]、
 f は磁界の角周波数 [Hz]、
 μ_0 は自由空間の透磁率 [N/A^2]、
 μ_r は材料の比透磁率である。

【0015】

たとえば、1 MHz の周波数における銅の表皮深さは $66\text{ }\mu\text{m}$ である。コア付センサコイルを有するセンサの動作周波数は長い動作距離に達するために好ましくは 50 kHz よりも高いが、それは一般的には 1 MHz よりも低く、したがって、コアを取り囲む銅層はシールドとして作用するためにより厚くなければならない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0016】

【特許文献1】独国特許出願第 DE 3 4 3 8 9 9 8 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0017】

センサ範囲に逆影響を及ぼすことなく近接センサの嵌込可能性を改善することが本発明の目的である。

【課題を解決するための手段】

【0018】

この目的は請求項1または9記載の嵌込可能近接センサおよび請求項13または14記載のこのようなセンサの設計方法により達成される。

【0019】

本発明の好ましい特徴は従属項に明記されている。

【0020】

20

以下に、添付図に示す好ましい実施例と共に本発明が詳細に説明される。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】取付板内に同一平面に取り付けられた誘導近接センサの斜視図である。

【図2】図1に従って取付板内に取り付けられたセンサおよびセンサ前方のターゲットを含む構成の略図である。

【図3】ターゲット距離 x の関数として図2に示すセンサの発振器の相対品質係数 Q_{re} のグラフを示す図である。

【図4】FEMシミュレーション用モデルのジオメトリを規定するターゲット、取付板、センサを含む構成を示す図である。

30

【図5】図4に従ったジオメトリを有するセンサの有限要素法(FEM)シミュレーションにより計算された総渦電流損のグラフを示す図である。

【図6】誘導近接センサの前部の縦断面図を拡大縮尺で示す図である。

【図7】図6のセンサの代替実施例の前部を示す図である。

【実施例】

【0022】

図1は取付板2内に取り付けられた誘導近接センサ1を示す図である。センサの筐体は実質的に非強磁性金属で作られた円筒スリーブ3からなり、それは外側がねじ切りされて取付板2の対応するねじ切り貫通孔内へねじ込まれ、スリーブ軸に垂直な筐体のセンシング面4が取付板2の前面5と同一平面となるようにされる。同一平面取付という用語は以後嵌込の同義語として使用され、取付板の貫通孔は取付板の前面5近くで拡大されず、センサ1の前部周りにスペースは提供されないことを意味する。

40

【0023】

図2は図1に従って取付板2内に取り付けられた誘導近接センサ1およびそのセンシング面4の前に配置されたターゲット板6を含む構成の略図である。センサは電気回路および磁気回路を有し、それらは別々に示されている。センサコイル7を有する電気回路がブロック図として示されており、磁気回路は磁界線8および磁界に露呈される材料の異なる本体、すなわち、センサコイル7のオープン・ポット・コア9、このコア9を半径方向に取り囲む筐体スリーブ3、取付板2およびターゲット6により表わされる。これらの本体は円筒形で円形断面のスリーブ3の中央を通る切断面で断面図として示される。電気回路

50

および磁気回路はセンサコイル 7 によりリンクされる。

【 0 0 2 4 】

センサ回路とも呼ばれる電気回路は R L C 発振器 1 0 を含み、その誘導コンポーネント L はセンサコイル 7 およびこのコイルのコア 9 により形成される。コア 9 は 1 よりも大きい比透磁率を有する材料、典型的にはフェライト、により構成される。センサコイルの磁界はターゲット 6 内に渦電流を発生し、これらの渦電流により生じる電力損失は、ターゲット距離 x と呼ばれる、センシング面 4 とターゲット 6 間の距離が減少するにつれ発振器 1 0 をますます減衰させる負荷を表す。

【 0 0 2 5 】

センサ回路は、さらに、測定回路 1 1 および出力回路 1 2 を含んでいる。測定回路 1 1 は減衰の単調関数である電気量に基づいて発振器減衰を測定するように設計される。発振器の電子的設計に応じて、この量は、たとえば、発振器の振幅または発振器の帰還増幅器の出力電流とすることができる。測定回路は信号変換ユニット 1 4 を含み、整流器 1 3 がそれに先行することができる。近接スイッチの信号変換ユニット 1 4 は減衰をここでは動作閾値とも呼ばれる予め定められた基準閾値と比較する比較器である。これに反して、アナログ近接センサの信号変換ユニット 1 4 はゼロと減衰が基準閾値に対応する距離との間の値に対するターゲット距離 x の線形関数である測定回路の出力信号を発生するように設計された伝達関数を有する。

【 0 0 2 6 】

信号変換ユニット 1 4 の出力信号は信号処理により筐体の外側で利用できるようにされるセンサの出力信号を形成するために出力回路 1 2 により調整される。

【 0 0 2 7 】

標準サイズ・ターゲットが前記したように発振器を予め定められた基準閾値まで減衰させるターゲット距離 x がセンサの範囲を規定する。スイッチング型のセンサの範囲は動作距離とも呼ばれる。

【 0 0 2 8 】

図 3 はターゲット距離の関数としての相対発振器減衰 $Q_{r.e.1}$ のグラフを示す。長距離センサの基準閾値は 9 0 % ラインよりも上である。この動作点において曲線はいくぶん平坦であり、取付板により生じる小さな減衰でもセンサ範囲に著しいインパクトを与える。それにもかかわらず、センサコイルのコアを半径方向に取り囲む導電要素のジオメトリおよび電気抵抗率は取付板内に嵌め込まれたセンサの範囲が非嵌込センサの範囲（取付板の無い同じセンサの範囲）に一致するように適合できるため、金属取付板（通常、軟鋼取付板）内に嵌込可能な長距離近接センサの設計が可能である。

【 0 0 2 9 】

このアライメント（一致）の精度が高いほど、センサの嵌込可能性が良くなる。嵌込可能と見なされる誘導近接センサに対して、嵌込状態でのその範囲は非嵌込状態でのその範囲から著しく違ってはならない。前者と後者間の 3 0 % よりも多い差は著しいと見なされる。好ましくはこの差は 2 0 % を超えず、より好ましくはこの差は 1 0 % を超えない。

【 0 0 3 0 】

導電要素は筐体の一部を形成したり筐体内に配置したりすることができる。通常、センサコイルのコアを取り囲む導電要素の 1 つは筐体の金属スリーブ 3 である。さらなる要素はこのようなスリーブまたはコアとスリーブ間に半径方向に配置される 1 つ以上の要素の内面および / または外面に施される金属層を含むことができる。

【 0 0 3 1 】

コアを半径方向に取り囲む要素は半径方向でコアの外側にありしかも軸方向でコアに近い要素であり、それらはセンサの嵌込および / または非嵌込状態においてセンサコイルの磁界に少なくとも一部露呈される。コアは磁界を筐体の前端へ向けるため、軸方向において、これは部分的または全体的にコアの前にある要素を含む。逆に、磁界に露呈されずかつ渦電流を通さないスリーブ 3 の後部のジオメトリはセンサ・ターゲット構成内の渦電流損に影響を及ぼさない。したがって、コアを取り囲む中空円筒金属部材を表すスリーブの

10

20

30

40

50

前部はコアを取り囲む導電要素と見なされる。一般的な原則として、コアの後端の後ろにあるものは全て無視することができる。

【 0 0 3 2 】

コアを取り囲む全ての導電要素は発振器の動作周波数における各材料の表皮深さよりも半径方向において薄く、シールドとして作用しない。導電要素の半径方向厚さが一定でなければ、このルールはこのような要素の最も薄い点に適用される。たとえば、外側にねじ切りされた筐体スリーブの厚さはねじの最も深い点におけるその厚さである。

【 0 0 3 3 】

図 4 は取付板 2 内に嵌め込まれたセンサ 1 を示す。センサの筐体は実質的に外側にねじが切られた円筒金属スリーブ 3 からなっている。スリーブ 3 の前端はプラスチック閉鎖キャップ 15 により閉鎖される。筐体の前端のセンシング面 4 はプラスチック・キャップ 15 の底の外表面であり、それは筐体の前壁 16 を形成する。センシング面 4 はスリーブ 3 の前端と同一平面である。センサコイル 7 のオープン・ポット・コア 9 は前壁 16 の後ろのスリーブ内に配置されてその開放側はセンシング面 4 に向けられ、センサコイル 7 の磁界はセンシング面 4 の前のターゲット 6 へ向けられるようにされる。この例では、筐体の外面により区切られたスペース内のコア 9 を半径方向に取り囲む唯一の導電要素はスリーブ 3 の前部である。この構造は、少なくともスリーブ直径 M 50 まで、異なるサイズのセンサに対して使用される。

【 0 0 3 4 】

次に、FEMシミュレーションにより導電要素を適切に適合させる方法が提示される。センサ 1、そのセンシング面 4 の前のセンサの定格範囲 S_n におけるターゲット 6、およびその中にセンサが嵌め込まれている取付板 2（たとえば、図 4 に示すような）からなる構成において、渦電流損の総量に影響を及ぼすことなく取付板 2 を取り外すことができれば、嵌込センサの範囲は非嵌込状態の同じセンサの範囲と揃えられる。この状態が満たされるかどうかを確かめるために、この構成内の渦電流損が FEMシミュレーションを使用して求められる。

【 0 0 3 5 】

この構成をシミュレーションするためのモデルにおいて、磁気回路内の各本体がそのジオメトリ、透磁率および電気抵抗率により明示される。標準ターゲットは厚さが 1 mm で側面はセンサの定格範囲の S_n の 3 倍である正方形の軟鋼板である。スリーブのジオメトリの明示はスリーブの前部に限定することができ、好ましくは、正確な結果を得るためにそのねじの正確なジオメトリを含んでいる。FEMシミュレーションに対して明示する必要があるさらなるパラメータはセンサコイルの巻線数、発振器の動作周波数および（一定）コイル電流またはコイル電圧の強さおよびコイル抵抗である。

【 0 0 3 6 】

このシミュレーション・モデルに基づいて、本構成内の渦電流損の総量が FEMシミュレーションにより数値計算される。シミュレーションは取付板を含む構成および取付板の無い同じ構成に対して実施され、総渦電流損の差が求められる。この差がゼロに近くなければ、コアを取り囲む導電要素の性質がシミュレーション・モデル内のその仕様において幾分修正され、取付板の有るおよび無い状況間の総渦電流損の差を再計算するためにシミュレーションが繰り返される。この例では金属スリーブはコアを取り囲む唯一の導電要素であるため、増分修正される性質は好ましくはその電気抵抗率である。スリーブの抵抗率に対してなされた増分変化によるこの差の進展を観察して、この抵抗率を取付板の有るおよび無い総渦電流損の差がゼロに近い値に調整することができる。

【 0 0 3 7 】

これは取付板が有っても無くても総渦電流損が同じケースである。電気回路内で、総渦電流損はセンサコイルの並列等価回路内の等価抵抗として表わすことができる。この観点から、スリーブ・メタルの抵抗率は取付板の有るおよび無い構成内のコイルにより知覚された等価抵抗率が同じとなるように調整される。

【 0 0 3 8 】

10

20

30

40

50

図5は、筐体のスリーブ3の電気抵抗率 ρ_s の異なる値に対して、3mmの定格範囲 S_n を有するサイズM8のセンサで、図4に従った構成に対して計算された総渦電流損 $P_{t_o_t}$ の値のグラフ表現である。黒点是非嵌込状態（取付板無し）に対する値を表わし、白丸はセンサの嵌込状態（取付板有り）に対する値を表わす。コア内の電力損失は一定で小さいものと見なされ、計算を単純化するためにそれは省略されたオフセットを表すにすぎない。取付板が有るおよび無い場合の総渦電流損を表すグラフは交差する。この交差点において、スリーブ・メタルは $18\mu\Omega\cdot\text{cm}$ の電気抵抗率を有する。この抵抗率を有する金属を使用してシミュレーションに使用されたモデルに明記されているようなセンサのスリーブを形成すると、軟鋼取付板内に嵌め込まれた時のその範囲は非嵌込状態におけるその範囲と完全に揃えられる。

10

【0039】

金属取付板内に嵌め込む誘導近接センサのこの設計方法は10%以下の基準閾値、または前式(3)により規定される最少範囲を超える定格範囲により特徴づけられる長距離センサの設計にとって特に有用であることが判った。

【0040】

スリーブ・メタルはその電気抵抗率に対して選択する必要があるため、この金属はある応用に対しては化学的不活性が不十分となることがあり、スリーブの外表面をクロム等の異なる金属で被覆することが必要となることがある。このような被覆はスリーブの所要抵抗率を決定するためのFEMシミュレーション・モデルに明記する必要があるコアを取り囲む導電材料の追加要素を表す。

20

【0041】

筐体スリーブの前部がセンサのコアを取り囲む唯一の導電要素であれば、スリーブの外表面に塗布することができるクロム等の適切な材料の保護被覆に加えて、取付板が有るおよび無い場合の総渦電流損のアライメントに必要な非強磁性スリーブ材料の抵抗率は $15\mu\Omega\cdot\text{cm}$ および $50\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 間の範囲内である。このタイプの典型的な金属は、銅、ニッケル及び亜鉛を含む合金である。

【0042】

本明細書に示されている抵抗率の他の値と同様、これらの値も 20°C の温度における各材料に関連している。

【0043】

図6は誘導近接センサのもう1つの実施例の前部を示している。センサコイル7、そのコア9および金属スリーブ3を含む筐体のジオメトリは、スリーブ前部においてスリーブ内面に被覆18が施される点を除けば、図4に示すものと同一である。スリーブ3'は図4および5について前記した方法に従ってセンサの完全嵌込可能性に対して求められた値よりも高い電気抵抗率を有する非強磁性金属からなっている。好ましくは、ステンレス鋼製スリーブがその化学不活性のために使用される。スリーブの過剰な電気抵抗率は被覆（又はコーティング、以下単に“被覆”という）18を施して補償することができ、好ましくは、それも非強磁性材料からなりその電気抵抗率はスリーブの金属のそれよりも低い。

30

【0044】

被覆18の材料、ジオメトリおよび正確な配置に応じて、嵌込および非嵌込状態におけるセンサ範囲間の差は正または負となり、この差がゼロとなるちょうど1つの被覆厚さがある。この厚さを求めるために図4について前記したようにFEMシミュレーションを使用することができる。この場合、好ましくは個別のシミュレーション・サイクル間で変えられる性質は被覆18の性質、すなわち、その厚さまたはその電気抵抗率である。

40

【0045】

スリーブの材料とは無関係に、被覆の電気抵抗率が $15\mu\Omega\cdot\text{cm}$ よりも低ければ、少なくともM50までの任意の通常サイズのセンサに対して $40\mu\text{m}$ の被覆厚さは最大値と考えられる。一般的に言えば、嵌込および非嵌込状態におけるセンサの範囲を一致させるために、被覆が薄いほど被覆材料の電気抵抗率は低くする必要がある。被覆材料の電気抵抗率が $10\mu\Omega\cdot\text{cm}$ （例、真鍮）よりも低ければ、 $30\mu\text{m}$ の被覆厚さは最大値と考え

50

られ、被覆材料の電気抵抗率が $5 \mu \Omega \cdot \text{cm}$ (例、銅、アルミニウム、金) よりも低ければ、 $20 \mu \text{m}$ の被覆厚さは最大値と考えられる。金属被覆の実際の厚さは適用可能な最大値よりも小さく、各センサの特殊性に基づいて、特に、図 4 について前記した方法に従って求める必要がある。

【0046】

図 4 (金属被覆 18 無し) および図 6 (金属被覆 18 有り) の例に従って近接センサの嵌込可能性を最適化する方法は同じ物理的原理に基づいていることは注意する価値があり、センサコイルのコアを取り囲む導電要素は取付状態においてターゲット、取付板およびセンサ筐体の導電要素間に分布された渦電流損の総量が非嵌込状態において取付板無しで生じる渦電流損に等しくなるように調節される。特に、金属被覆 18 はシールドの機能を持たない。事実、取付板をセンサコイルおよびコアから有効に遮蔽する金属被覆は本発明に従って渦電流損の分布を調節する手段として作用することができない。したがって、金属被覆 18 の厚さは好ましくは発振器の動作周波数における被覆材料の表皮深さの半分よりも少なく、より好ましくは、この表皮深さの 30% よりも少ない。前記したように、センサの十分長い動作距離を保証するために、この動作周波数は好ましくは 50 kHz よりも上である。

【0047】

図 7 は図 6 に示すものと同様なセンサの前部を示す。主な違いは金属被覆 18 " がスリーブの内面には施されずにプラスチック・キャップ 15 の周壁 17 の内面に施され、それはスリーブ 3 " およびコア 9 間の間隙内へ延びる。もう 1 つの違いはプラスチック・キャップ 15 が金属スリーブ 3 " の前端上に幾分突出することである。

【0048】

本発明の精神および範囲内で多くのバリエーションおよび修正が可能である。

【0049】

被覆 (又はコーティング) 18 , 18 " の代わりに、金属の薄膜 (又はフィルム、以下単に " 膜 " という) を使用することができる。

【0050】

被覆 18 , 18 " または膜は他の位置、好ましくは、コアとスリーブ間のどこかに配置することができ、被覆または膜をスリーブの内面 (図 6 に示す) 上またはコアの半径方向外面上に配置する可能性も含まれる。

【0051】

被覆または膜 (薄い金属層) が施される表面は、好ましくは、実質的に円筒形であるが、表面上に円錐形の金属被覆が堆積されることとなる、円錐形キャリア表面等の円筒形からの逸脱も可能である。

【0052】

ポット形状コアの代わりに、E 字型コアまたは U 字型コアを使用することができる。これらのコア形状の共通特徴は一面が開放されており、センサコイルの磁界を主として一方へ向けるようにされていることである。

【0053】

図 4 または 6 に従った実施例では、キャップ 15 は無しで済ますことができ合成樹脂を使用してスリーブ 3 をその前端で閉じることができる。この場合、コアを覆う樹脂層は筐体の前壁を形成する。

【0054】

ねじ切りスリーブ 3 の代わりに、滑らかな外面を有する金属スリーブを使用することができる。金属スリーブ 3 の断面形状は必ずしも円形ではない。たとえば、方形円筒形の外形を有する金属スリーブを使用することができる。

【0055】

最後に、金属スリーブ 3 の代わりに合成筐体を使用することができる。この場合、コア 9 はセンシング面 4 に垂直な合成筐体内に配置された中空円筒形金属部材により取り囲まれる。本発明の目的に対してはリング状の金属部材で十分であり、この金属部材は図 6 に

においてスリーブ形状金属部材について記述したのと同様に金属層と組み合わせることができる。

【符号の説明】

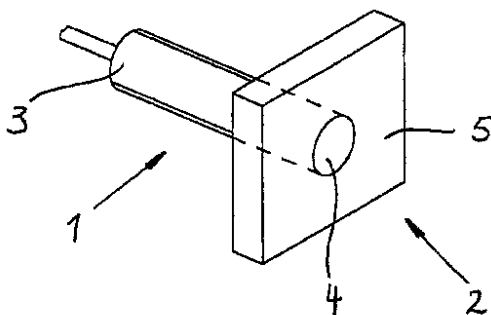
【0056】

- 1 誘導近接センサ
- 2 取付板
- 3、3'、3" スリーブ
- 4 センシング面
- 5 前面
- 6 ターゲット板
- 7 センサコイル
- 8 磁界線
- 9 コア
- 10 発振器
- 11 測定回路
- 12 出力回路
- 13 整流器
- 14 信号変換ユニット
- 15 筐体キャップ
- 16 前壁
- 17 周壁
- 18、18" 被覆

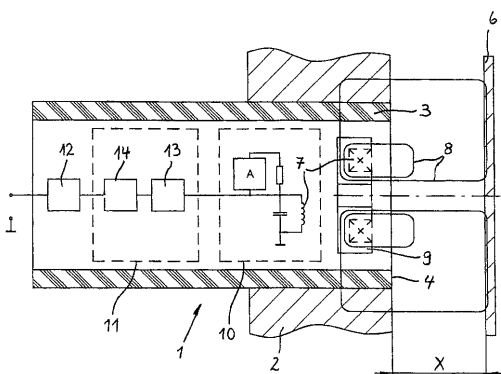
10

20

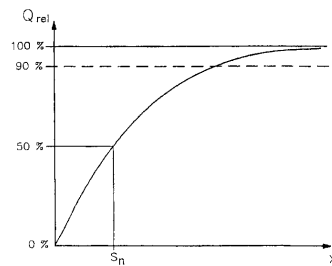
【図1】



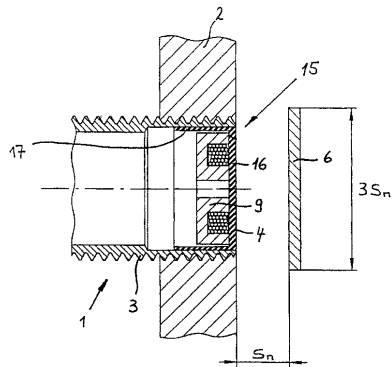
【図2】



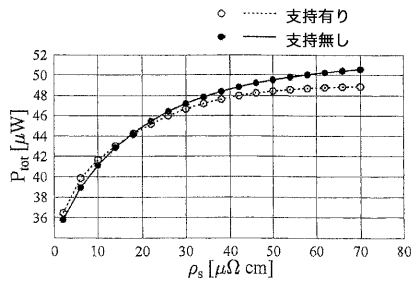
【図3】



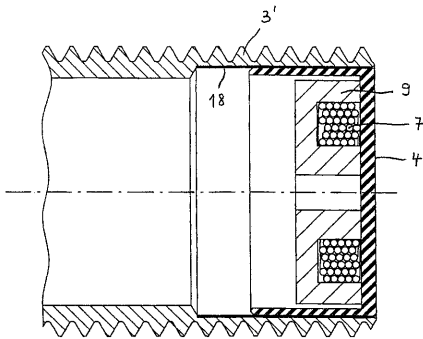
【図4】



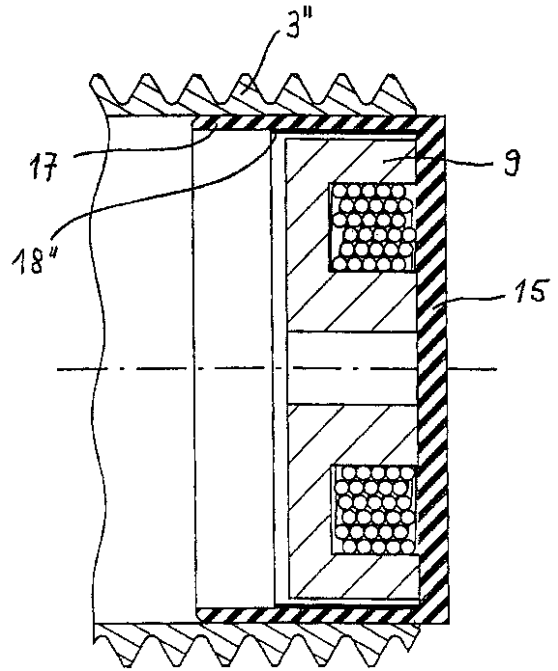
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(74)代理人 100091339

弁理士 清水 邦明

(74)代理人 100159525

弁理士 大日方 和幸

(74)代理人 100147658

弁理士 岩見 晶啓

(72)発明者 マルク デ フー

スイス国、ミュリスト、ロウベパン 1 2

(72)発明者 ペーター ハイムリッヒャー

スイス国、フリブール、クライン - ショーエンベルク 1 1 2

(72)発明者 シャルル レーメ

スイス国、ボシウ、アンパッセ デュ クセ 1 0

(72)発明者 フィリップ ヴェニエル

スイス国、ラ コルバス、ルットゥ デュ バロン 9

Fターム(参考) 5G046 AA01 AB01 AC51 AD05 AD23 AE24