

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6597081号
(P6597081)

(45) 発行日 令和1年10月30日(2019.10.30)

(24) 登録日 令和1年10月11日(2019.10.11)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 N 27/90 (2006.01) GO 1 N 27/90

請求項の数 6 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2015-175633 (P2015-175633)	(73) 特許権者	000000099 株式会社 I H I 東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号
(22) 出願日	平成27年9月7日 (2015. 9. 7)	(74) 代理人	110000936 特許業務法人青海特許事務所
(65) 公開番号	特開2017-53635 (P2017-53635A)	(72) 発明者	津田 明憲 東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号 株式会 社 I H I 内
(43) 公開日	平成29年3月16日 (2017. 3. 16)	(72) 発明者	河井 寛記 東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号 株式会 社 I H I 内
審査請求日	平成30年7月23日 (2018. 7. 23)	(72) 発明者	田村 尚之 東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号 株式会 社 I H I 内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 探傷プローブおよび探傷方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板と、

中心軸が前記基板の表面に直交し、隣接する部位同士に流れる電流の方向が等しくなるように並置された複数の励磁コイルと、

配置された面と平行する方向の磁場を検出する 4 つの磁気センサと、

前記 4 つの磁気センサそれぞれの検出結果の相対量に基づく信号を出力する信号出力部と、

を備え、

前記基板の表面に、予め定められた探索方向に並ぶ 2 つの前記磁気センサの組み合わせが、それぞれ異なる前記励磁コイルに重なるように、該探索方向に直交する探索直交方向に対向して配置されることを特徴とする探傷プローブ。

【請求項 2】

基板と、

中心軸が前記基板の表面に直交し、隣接する部位同士に流れる電流の方向が等しくなるように並置された複数の励磁コイルと、

配置された面と平行する方向の磁場を検出する 4 つの磁気センサと、

前記 4 つの磁気センサそれぞれの検出結果の相対量に基づく信号を出力する信号出力部と、

を備え、

前記基板の表面に、予め定められた探索方向に並ぶ2つの前記磁気センサの組み合わせが、それぞれ異なる前記励磁コイルに重なるように、該探索方向に直交する探索直交方向に対向して配置され、

前記4つの磁気センサからなる探傷ユニットが複数設けられ、

前記励磁コイル1つに対し、前記複数の探傷ユニットのうち少なくとも2つの探傷ユニットの磁気センサが該励磁コイルに重なるように配置されていることを特徴とする探傷プローブ。

【請求項3】

前記4つの磁気センサは、それぞれの長手方向が前記探索方向と直交するように配置されることを特徴とする請求項1または2に記載の探傷プローブ。

10

【請求項4】

前記磁気センサの組み合わせ中の個々の磁気センサは、対向する他の組み合わせ中の個々の磁気センサと探索方向の位置が異なることを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の探傷プローブ。

【請求項5】

基板と、中心軸が該基板の表面に直交し、隣接する部位同士に流れる電流の方向が等しくなるように並置された複数の励磁コイルと、配置された面と平行する方向の磁場を検出する4つの磁気センサとを備え、該基板の表面に、予め定められた探索方向に並ぶ2つの該磁気センサの組み合わせが、異なる該励磁コイルに重なるように、該探索方向に直交する探索直交方向に対向して2組配置された探傷プローブを、該探索方向に移動し、

20

前記4つの磁気センサそれぞれの検出結果の相対量に基づく信号を出力することを特徴とする探傷方法。

【請求項6】

基板と、中心軸が該基板の表面に直交し、隣接する部位同士に流れる電流の方向が等しくなるように並置された複数の励磁コイルと、配置された面と平行する方向の磁場を検出する4つの磁気センサとを備え、該基板の表面に、予め定められた探索方向に並ぶ2つの該磁気センサの組み合わせが、異なる該励磁コイルに重なるように、該探索方向に直交する探索直交方向に対向して2組配置され、該励磁コイル1つに対し、該4つの磁気センサからなる複数の探傷ユニットのうち少なくとも2つの探傷ユニットの磁気センサが該励磁コイルに重なるように配置された探傷プローブを、該探索方向に移動し、

30

前記4つの磁気センサそれぞれの検出結果の相対量に基づく信号を出力することを特徴とする探傷方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、金属表面のきずを探索するために用いる探傷プローブおよび探傷方法に関する。

【背景技術】

【0002】

金属表面のきず（JIS Z2300:2009）を非破壊的に探索するために探傷装置を用いる場合がある。探傷装置では、例えば、探索方向に探傷プローブを移動させながら金属表面に渦電流を生じさせ、その渦電流による磁場を検出コイルで検出し、その磁場の変化に基づいて金属表面のきずを特定する。

40

【0003】

しかし、探傷装置は、金属表面にきずが存在する場合のみならず、探傷プローブと金属表面との距離が変化した場合の磁場の変化も検出してしまう。したがって、磁場の変化を検出したとしても、それが金属表面のきずによるものか、探傷プローブと金属表面との距離の変化（以下、単に「リフトオフ」という）によるものかを区別することができない。

【0004】

そこで、探傷プローブに検出コイルを4つ設け、対角に配置される検出コイル同士を逆

50

相接続することで、リフトオフの影響を相殺する技術が提案されている（例えば、特許文献1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平10-197493号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上述したように、4つの検出コイルを有する探傷プローブを用いることで金属表面のきず等による磁場の変化を検出することができる。しかし、このような探傷プローブでは、4つの検出コイルを平面上に並べて配置しなければならないため、その占有面積が大きくなってしまふ。そうすると、金属表面において細かい凹凸が連続する場合、4つの検出コイルそれぞれと金属表面との距離が異なってしまい、やはり、探傷プローブがリフトオフの影響を受け、その磁場の変化を適切に検出できなくなってしまう。

【0007】

そこで本発明は、このような課題に鑑み、金属表面において細かい凹凸が連続する場合であっても、磁場の変化を適切に検出可能な探傷プローブおよび探傷方法を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するために、本発明の探傷プローブは、基板と、中心軸が基板の表面に直交し、隣接する部位同士に流れる電流の方向が等しくなるように並置された複数の励磁コイルと、配置された面と平行する方向の磁場を検出する4つの磁気センサと、4つの磁気センサそれぞれの検出結果の相対量に基づく信号を出力する信号出力部と、を備え、基板の表面に、予め定められた探索方向に並ぶ2つの磁気センサの組み合わせが、それぞれ異なる励磁コイルに重なるように、探索方向に直交する探索直交方向に対向して配置されることを特徴とする。

【0009】

上記課題を解決するために、本発明の他の探傷プローブは、基板と、中心軸が基板の表面に直交し、隣接する部位同士に流れる電流の方向が等しくなるように並置された複数の励磁コイルと、配置された面と平行する方向の磁場を検出する4つの磁気センサと、4つの磁気センサそれぞれの検出結果の相対量に基づく信号を出力する信号出力部と、を備え、基板の表面に、予め定められた探索方向に並ぶ2つの磁気センサの組み合わせが、それぞれ異なる励磁コイルに重なるように、探索方向に直交する探索直交方向に対向して配置され、4つの磁気センサからなる探傷ユニットが複数設けられ、励磁コイル1つに対し、複数の探傷ユニットのうち少なくとも2つの探傷ユニットの磁気センサが励磁コイルに重なるように配置されていることを特徴とする。

【0012】

4つの磁気センサは、それぞれの長手方向が探索方向と直交するように配置されるとしてもよい。

【0013】

磁気センサの組み合わせ中の個々の磁気センサは、対向する他の組み合わせ中の個々の磁気センサと探索方向の位置が異なるとしてもよい。

【0014】

上記課題を解決するために、本発明の探傷方法は、基板と、中心軸が基板の表面に直交し、隣接する部位同士に流れる電流の方向が等しくなるように並置された複数の励磁コイルと、配置された面と平行する方向の磁場を検出する4つの磁気センサとを備え、基板の表面に、予め定められた探索方向に並ぶ2つの磁気センサの組み合わせが、異なる励磁コイルに重なるように、探索方向に直交する探索直交方向に対向して2組配置された探傷

10

20

30

40

50

ローブを、探索方向に移動し、4つの磁気センサそれぞれの検出結果の相対量に基づく信号を出力する。

また、上記課題を解決するために、本発明の他の探傷方法は、基板と、中心軸が基板の表面に直交し、隣接する部位同士に流れる電流の方向が等しくなるように並置された複数の励磁コイルと、配置された面と平行する方向の磁場を検出する4つの磁気センサとを備え、基板の表面に、予め定められた探索方向に並ぶ2つの磁気センサの組み合わせが、異なる励磁コイルに重なるように、探索方向に直交する探索直交方向に対向して2組配置され、励磁コイル1つに対し、4つの磁気センサからなる複数の探傷ユニットのうち少なくとも2つの探傷ユニットの磁気センサが励磁コイルに重なるように配置された探傷プローブを、探索方向に移動し、4つの磁気センサそれぞれの検出結果の相対量に基づく信号を出力することを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、金属表面において細かい凹凸が連続する場合であっても、磁場の変化を適切に検出し、ひいては、金属表面のきずを適切に探索することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】探傷装置の概略的な構成を示す説明図である。

【図2】信号出力部の機能を説明するための図である。

【図3】探傷プローブの他の例を示した説明図である。

【図4】探傷プローブの他の例を示した説明図である。

【図5】探傷プローブの他の検出態様を示した説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下に添付図面を参照しながら、本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。かかる実施形態に示す寸法、材料、その他具体的な数値等は、発明の理解を容易とするための例示にすぎず、特に断る場合を除き、本発明を限定するものではない。なお、本明細書および図面において、実質的に同一の機能、構成を有する要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略し、また本発明に直接関係のない要素は図示を省略する。

20

30

【0018】

(探傷装置10)

図1は、探傷装置10の概略的な構成を示す説明図である。図1では、説明の便宜のため、各要素間の電気接続を省略している。探傷装置10は、磁場を検出するための探傷プローブ(探触子)12と、探傷プローブ12から出力された信号に基づいて金属表面のきずを特定する受信器14とから構成される非破壊的試験装置である。ここでは、本実施形態の特徴である探傷プローブ12について詳述し、受信器14の説明は省略する。

【0019】

探傷プローブ12は、基板20と、励磁コイル22と、磁気センサ24と、信号出力部26とを含んで構成され、探傷プローブ12を、図1に白抜き矢印で示した、探傷装置10に対し予め定められた探索方向に移動させながら金属表面のきずに相当する信号を出力する。かかる探傷プローブ12の移動は、電動機構により自動的に実行するとしてもよいし、手動で行ってもよい。

40

【0020】

基板20は、例えば、変形可能な板形状のFPC(Flexible Printed Circuits)で形成され、その面上に薄い銅箔を貼付して電氣的な配線が施される。かかる基板20は、変形可能であるが、変形によっては、配線の電氣的特性が変わらない。

【0021】

励磁コイル22は、図1に示すように、基板20の表面20a上において、渦巻状(グラウンド形状)に2つ(励磁コイル22a、22b)形成され、それぞれに交流電流を流

50

すことで磁束を発生する。本実施形態においては、測定対象である金属に探傷プローブ12を接近させた状態で励磁コイル22に電流を流すことで金属表面に渦電流を生じさせる。

【0022】

また、ここでは、発生させた磁束が相殺されるのを防止するため、励磁コイル22a、22bにおける、互いに隣接する部位（図1に一点鎖線で示す）同士に流れる電流の方向が等しくなるようにコイル巻回方向が定められている。例えば、励磁コイル22aにおいて破線の矢印で示される方向に電流が流れているとき、励磁コイル22bでも、破線の矢印で示される方向に電流が流れている。

【0023】

ここで、基板20の表面20a上に励磁コイル22を2つ並置する構成としたのは以下の理由からである。すなわち、渦巻状に励磁コイル22を形成した場合、金属表面のきずを探索するために必要な磁束が生じ得るコイルの巻数を実現しようとする、励磁コイル22を2つに分割した方が、1つで形成した場合より、占有面積を小さく（約1/2）抑えられるからである。こうして、励磁コイル22a、22bは、小さな占有面積で十分に強い励磁を行うことができる。

【0024】

磁気センサ24は、例えば、全長2.2mm、直径30μmのアモルファス磁性ワイヤ等、柱状（棒状、円柱状、線状）の磁気インピーダンス素子（Magneto Impedance element）で構成され、長手方向が基板20の上側の表面20aに沿うように配される。そして、磁気センサ24は、外部磁界によりインピーダンスが変化する磁気インピーダンス効果に基づいて、配置された面（基板20の上側の表面20a）の面方向の磁場の変化（乱れ）を検出する。ここでは、磁気センサ24として磁気インピーダンス素子を用いる例を挙げているが、外部磁界により抵抗が変化する磁気抵抗効果に基づいて周囲の磁場の変化を検出する平板状の磁気抵抗素子（magneto resistive element）等、比較的小型な様々なセンサ素子で構成することができる。ただし、磁気センサ24の形状は、上述した柱状、平板状に限定されず、様々な形状の磁気センサ24を用いることができる。

【0025】

また、本実施形態において磁気センサ24は4つ準備され（磁気センサ24a、24b、24c、24d）、励磁コイル22a、22bの中心軸に直交する面（基板20の上側の表面20a）において、探索方向に並んだ2つの磁気センサ24の組み合わせ（磁気センサ24a、24bの組み合わせ、または、磁気センサ24c、24dの組み合わせ）が、ハッチングを施した矢印で示した、励磁コイル22a、22bの中心軸に直交する面における探索方向に直交する探索直交方向に対向して2組配置されている。かかる4つの磁気センサ24a、24b、24c、24dによって1つの探傷ユニット30が構成される。

【0026】

ここでは、図1の拡大図に示すように、組み合わせ毎の磁気センサ24の距離d1（磁気センサ24a、24b間の距離、または、磁気センサ24c、24d間の距離）が大凡等しくなるように、かつ、組み合わせ同士で対向する磁気センサ24の探索直交方向の距離d2（磁気センサ24a、24c間の距離、磁気センサ24b、24d間の距離）が大凡等しくなるように、4つの磁気センサ24a、24b、24c、24dが配置されている。かかる配置や姿勢については後程詳述する。

【0027】

このような4つの磁気センサ24a、24b、24c、24dは、それぞれ、励磁コイル22との位置関係が固定されており、それぞれ独立して、金属表面に生成した渦電流による磁場を検出する。

【0028】

信号出力部26は、複数の差動増幅器を含んで構成され、4つの磁気センサ24a、24b、24c、24dそれぞれの検出結果の相対量に基づく信号を出力する。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 9 】

図2は、信号出力部26の機能を説明するための図である。ここでは、図2(a)のように、3つの差動増幅器26a、26b、26cが準備されている。そして、磁気センサ24aの出力端子が差動増幅器26aの正極入力に接続され、磁気センサ24bの出力端子が差動増幅器26aの負極入力に接続される。したがって、差動増幅器26aからは、磁気センサ24aと磁気センサ24bとの差分(A - B)が出力される。また、磁気センサ24cの出力端子が差動増幅器26bの正極入力に接続され、磁気センサ24dの出力端子が差動増幅器26bの負極入力に接続される。したがって、差動増幅器26bからは、磁気センサ24cと磁気センサ24dとの差分(C - D)が出力される。ここで、A、B、C、Dは、それぞれ、磁気センサ24a、24b、24c、24dの出力である。

10

【 0 0 3 0 】

さらに、差動増幅器26aの出力端子が差動増幅器26cの正極入力に接続され、差動増幅器26bの出力端子が差動増幅器26cの負極入力に接続される。したがって、差動増幅器26cからは、差動増幅器26aと差動増幅器26bとの差分、すなわち、磁気センサ24aと磁気センサ24bとの差分から、磁気センサ24cと磁気センサ24dとの差分を減算した信号(A - B) - (C - D)が出力される。また、信号出力部26の接続態様は上記の場合に限らず、結果的に(A - B) - (C - D)となれば足り、例えば、A + Dの演算結果から、B + Cの演算結果を減算する等、様々な接続態様で代用できる。

【 0 0 3 1 】

ここで、4つの磁気センサ24a、24b、24c、24dの位置関係は、上述したように、探索方向に並んだ2つの磁気センサ24の組み合わせが、探索直交方向に対向して2組形成され、組み合わせ毎の磁気センサ24の距離d1が大凡等しく、かつ、組み合わせ同士に対向する磁気センサ24の距離d2が大凡等しくなっている(図1の拡大図参照)。特に、ここでは、組み合わせ中の個々の磁気センサ24は、対向する他の組み合わせ中の個々の磁気センサ24(磁気センサ24aに対する磁気センサ24c、および、磁気センサ24bに対する磁気センサ24d)と探索方向の位置が等しい(探索方向の距離 = 0)場合を挙げて説明する。

20

【 0 0 3 2 】

4つの磁気センサ24a、24b、24c、24dが上記の位置関係であると、図2(b)のように、探傷プローブ12と金属表面50との距離が離れたとしても、その距離の変化が磁気センサ24a、24b、24c、24dに対して均等に影響するので、差動増幅器26cの出力には影響しない。具体的に、磁気センサ24a、24b、24c、24dの出力A、B、C、Dがそれぞれ均等にだけ変化したとしても、差動増幅器26cの出力((A +) - (B +)) - ((C +) - (D +)) = (A - B) - (C - D)となり、リフトオフの影響を受けないのが理解できる。

30

【 0 0 3 3 】

また、図2(c)のように、探索方向を軸にして探傷プローブ12が回転した場合であっても、その距離の変化は差動増幅器26cの出力には影響しない。具体的に、磁気センサ24a、24bの出力A、Bがそれぞれ均等にだけ変化し、磁気センサ24c、24dの出力C、Dがそれぞれ均等にだけ変化したとしても、差動増幅器26cの出力((A +) - (B +)) - ((C +) - (D +)) = (A - B) - (C - D)となり、リフトオフの影響を受けないのが理解できる。

40

【 0 0 3 4 】

さらに、図2(d)のように、探索直交方向を軸にして探傷プローブ12が回転した場合であっても、その距離の変化は差動増幅器26cの出力には影響しない。具体的に、磁気センサ24a、24cの出力A、Cがそれぞれ均等にだけ変化し、磁気センサ24b、24dの出力B、Dがそれぞれ均等にだけ変化したとしても、差動増幅器26cの出力((A +) - (B +)) - ((C +) - (D +)) = (A - B) - (C - D)となり、リフトオフの影響を受けないのが理解できる。

【 0 0 3 5 】

50

このように、4つの磁気センサ24a、24b、24c、24dを上記のように配置し、その出力の相対量 $((A - B) - (C - D))$ に基づいて信号を生成することで(標準比較方式)、探傷プローブ12の姿勢の変化に伴い探傷プローブ12の各磁気センサ24a、24b、24c、24dと金属表面との距離が変化したとしても、そのリフトオフの影響を抑制することが可能となる。

【0036】

したがって、信号出力部26は、リフトオフの有無に拘わらず、金属表面にきずが存在する場合にのみ、そのきずに基づいて変化した信号を出力することが可能となる。例えば、金属表面のうち、磁気センサ24a、24b、24c、24dのいずれかに近い位置にきずが存在する場合、そのきずによる磁場の変化が、きずに近い磁気センサ24にのみ生じ、その結果、きずに対応する位置の磁気センサ24の信号のみが差動増幅器26cの信号となって現れる。

10

【0037】

また、4つの磁気センサ24a、24b、24c、24dは、図1に示すように、励磁コイル22の配線上に配されている。特に本実施形態において、4つの磁気センサ24a、24b、24c、24dは、2つの磁気センサ24の組み合わせ単位(磁気センサ24a、24bの組み合わせ、および、磁気センサ24c、24dの組み合わせ)で異なる励磁コイル22a、22bに重なるように(基板20の面方向の位置を等しくして)それぞれ配置されている。すなわち、磁気センサ24a、24bは励磁コイル22a上に配され、磁気センサ24c、24dは励磁コイル22b上に配される。

20

【0038】

かかる配置により、大きな渦電流が生じる金属位置と磁気センサ24との距離を最小限に抑えることができるので、励磁コイル22によって生じる渦電流の磁場の変化を高感度に検出することが可能となる。

【0039】

また、4つの磁気センサ24a、24b、24c、24dは、図1に示すように、それぞれの長手方向が探索方向と直交する姿勢で配置される。このように4つの磁気センサ24a、24b、24c、24dを同一の姿勢で配置することで、渦電流に対する4つの磁気センサ24a、24b、24c、24dの感度を統一することが可能となる。また、長手方向が探索方向と直交する姿勢とすることで、結果的に、磁気センサ24の長手方向を金属表面と平行な位置関係とすることができ、励磁コイル22によって生じる渦電流の磁場の変化を高感度で検出することが可能となる。

30

【0040】

また、本実施形態では、探傷プローブ12が、MIセンサ等、小型の磁気センサ24で構成されているので、磁気センサ24間の距離を短くすることができる(例えば、図1の拡大図における探傷ユニット30の占有面積(磁気検出領域) $= 1.6\text{mm} \times 1.2\text{mm}$)。したがって、金属表面において細かい凹凸が連続する場合であっても、リフトオフの影響を受けることなく、金属表面のきずを適切に探索することが可能となる。

【0041】

また、図1のように、励磁コイル22を2つに分割し、かつ、小型の4つの磁気センサ24a、24b、24c、24dを全て励磁コイル22(基板20)に配することができるので、探傷プローブ12を小型化(例えば、 $5.6\text{mm} \times 2.8\text{mm}$)することが可能となる。

40

【0042】**(変形例1)**

上述した実施形態では、4つの磁気センサ24a、24b、24c、24dの位置関係として、組み合わせ中の個々の磁気センサ24を、対向する他の組み合わせ中の個々の磁気センサ24(磁気センサ24aに対する磁気センサ24c、および、磁気センサ24bに対する磁気センサ24d)と探索方向の位置を等しくする場合を挙げて説明した。しかし、このような磁気センサ24同士の探索方向の位置が異なっていたとしても、探索方向

50

の位置が等しい場合同様に、リフトオフの影響を回避することができる。

【0043】

図3は、探傷プローブ12の他の例を示した説明図である。ここで、図3(a)に示すように、磁気センサ24の組み合わせ中の個々の磁気センサ24a、24bは、対向する他の組み合わせ中の個々の磁気センサ24c、24dと、それぞれ探索方向の位置が異なっている。具体的に、磁気センサ24aは、磁気センサ24cより探索方向前方に位置し、磁気センサ24bは、磁気センサ24dより探索方向前方に位置している。

【0044】

また、ここでは、図3(a)の拡大図に示すように、組み合わせ毎の磁気センサ24の距離d1(磁気センサ24a、24b間の距離、磁気センサ24c、24d間の距離)が大凡等しくなるように、また、組み合わせ同士で対向する磁気センサ24の探索直交方向の距離d2(磁気センサ24a、24c間の距離、磁気センサ24b、24d間の距離)が大凡等しく、探索方向の離間距離d3も等しくなるように、4つの磁気センサ24a、24b、24c、24dが配置されている。

【0045】

4つの磁気センサ24a、24b、24c、24dが上記の位置関係であると、図3(b)のように、探傷プローブ12と金属表面との距離が離れたとしても、その距離の変化が磁気センサ24a、24b、24c、24dに対して均等に影響するので、上述した組み合わせ間で対向する磁気センサ24同士の探索方向の位置が等しい場合同様に、差動増幅器26cの出力には影響しない。また、図3(c)のように、探索方向を軸にして探傷プローブ12が回転した場合であっても、その距離の変化は差動増幅器26cの出力には影響しない。

【0046】

また、図3(d)のように、探索直交方向を軸にして探傷プローブ12が回転した場合、磁気センサ24a、24bと磁気センサ24c、24dとの探索方向の位置が異なることによって、探傷プローブ12と金属表面との距離の変化が磁気センサ24a、24b、24c、24dに対して不均等な影響を与える。しかし、この場合であっても、その距離の変化は差動増幅器26cの出力には影響しない。具体的に、磁気センサ24aの出力Aの変化に対し、磁気センサ24cの出力Cが+に変化したとする。この場合、磁気センサ24bの出力Bの変化に対し、磁気センサ24dの出力Dは+に変化することとなる。ここで、差動増幅器26cの出力((A+) - (B+)) - ((C+ +) - (D+ +)) = (A - B) - (C - D)となり、影響を及ぼさないことが理解できる。

【0047】

また、このように磁気センサ24aと磁気センサ24c、または、磁気センサ24bと磁気センサ24dとを探索方向にずらすことで、磁気センサ24一つ分に相当する大きさのきずのみならず、2つの磁気センサ24を跨ぐ長さで探索直交方向に延在するような直線状のきずであっても、探索直交方向に並置された2つの磁気センサ24同士で信号が相殺されないので、適切に検出することが可能となる。

【0048】

(変形例2)

また、上述した実施形態では、1つの探傷プローブ12に、4つの磁気センサ24a、24b、24c、24dからなる1組の探傷ユニット30を設ける例を挙げて説明した。しかし、かかる場合に限らず、1つの探傷プローブ12に複数の探傷ユニットを設けることもできる。

【0049】

図4は、探傷プローブ12の他の例を示した説明図である。ここでは、基板20に5つの励磁コイル22a、22b、22c、22d、22eが、それぞれ隣接する部位同士に流れる電流の方向が等しくなるように探索直交方向に並置されている。また、ここでは、隣接する2つの励磁コイル22に1つの探傷ユニット30が跨がるように、4つの探傷ユ

10

20

30

40

50

ニット30a、30b、30c、30dが配されている。

【0050】

したがって、5つの励磁コイル22のうち内側に位置する励磁コイル22bは、2つの探傷ユニット30aと探傷ユニット30bと重なるように配置され、励磁コイル22cは、2つの探傷ユニット30bと探傷ユニット30cと重なるように配置され、励磁コイル22dは、2つの探傷ユニット30cと探傷ユニット30dと重なるように配置されていることとなる。

【0051】

かかる1つの励磁コイル22を複数の探傷ユニット30と重なるように配置する構成により、励磁コイル22の占有面積を抑制しつつ、探傷プローブ12に、多くの探傷ユニット30を形成することが可能となる。

10

【0052】

また、探傷ユニット30を探索直交方向に複数並置する構成により、金属表面に対し、探傷プローブ12の幅方向（探索直交方向）のきずを一度に探索することができる。さらに、複数の探傷ユニット30はそれぞれ独立して金属表面のきずを探索するので、1つのきずを複数の探傷ユニット30で同時に検出することもでき、その検出結果を互いに補完することも可能となる。

【0053】

以上、説明したように、本実施形態の探傷装置10では、金属表面において細かい凹凸が連続する場合であっても、磁場の変化を適切に検出し、ひいては、金属表面のきずを適切に探索することが可能となる。

20

【0054】

以上、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明はかかる実施形態に限定されないことは言うまでもない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された範疇において、各種の変形例または修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

【0055】

例えば、上述した実施形態においては、励磁コイル22によって金属表面に渦電流を生じさせ、その磁場の変化を磁気センサ24で検出する例を挙げて説明した。しかし、かかる場合に限らず、磁気センサ24によって磁場の変化を検出する様々なアプリケーションに適用できる。

30

【0056】

例えば、図5に示すように、強磁性材上に、所定間隔離隔させた状態で、2つの磁極（S極、N極）を配置すると、その磁極によって矢印で示すような磁束が発生する。ここで、図5のように、強磁性材表面60にきず62が生じている場合、磁束がきず62による空間を回避するように流れるので、強磁性材表面60に漏洩磁束64が生じる。したがって、当該磁気センサ24によって、強磁性材表面60の磁場を検出し、漏洩磁束64が生じている箇所にきずが存在すると判定することができる。このように、当該磁気センサ24を有する探傷プローブ12は、様々な磁場の変化を検出することができる。

【0057】

40

また、上述した実施形態においては、基板20における金属と対向しない面（上側の表面20a）に磁気センサ24を配する構成を挙げて説明した、しかし、磁気センサ24の位置は、その位置に限らず、基板20における金属と対向する面（下側の表面）に設けられてもよい。

【産業上の利用可能性】

【0058】

本発明は、金属表面のきずを探索するために用いる探傷プローブおよび探傷方法に利用することができる。

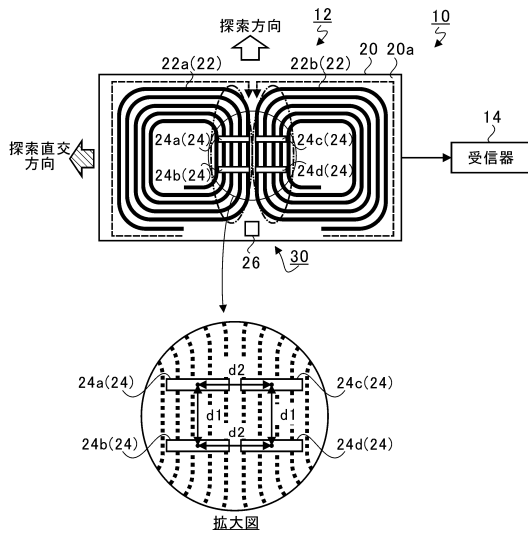
【符号の説明】

【0059】

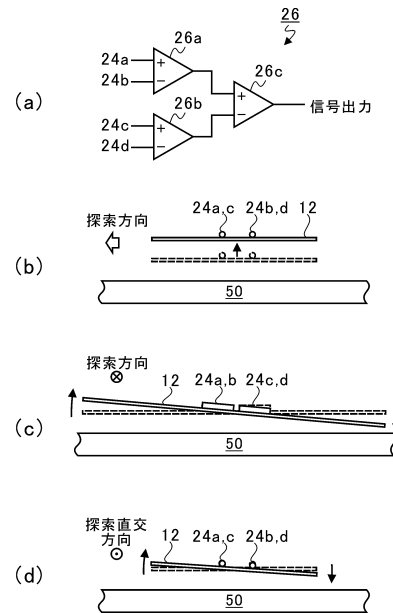
50

- 1 2 探傷プローブ
- 2 0 基板
- 2 2 励磁コイル
- 2 4 磁気センサ
- 2 6 信号出力部
- 3 0 探傷ユニット

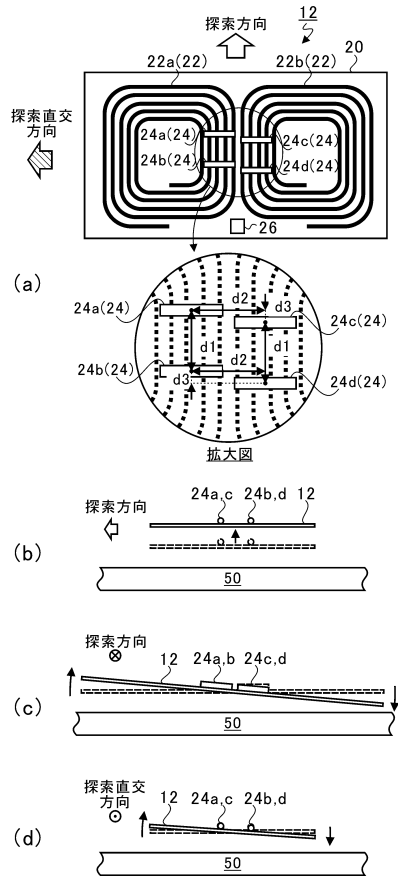
【図1】



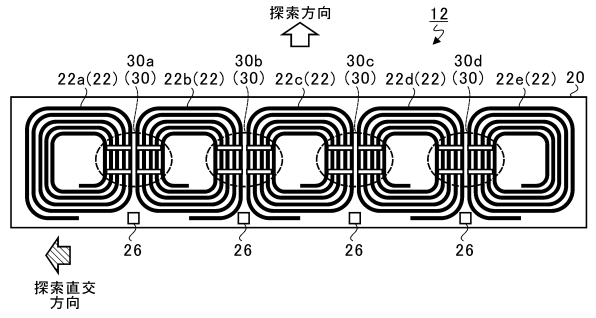
【図2】



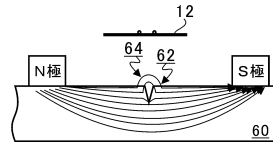
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

(72)発明者 畠中 宏明
東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社IHI内

審査官 小澤 瞬

(56)参考文献 特開2013-101129(JP,A)
特表2009-527745(JP,A)
特表2012-523554(JP,A)
特開昭51-044982(JP,A)
特開2012-242358(JP,A)
特開平10-197493(JP,A)
特開平10-111279(JP,A)
特開2002-055083(JP,A)
特開2007-205748(JP,A)
特表2008-525787(JP,A)
米国特許出願公開第2013/0249540(US,A1)
米国特許出願公開第2014/0028302(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 27/72 - G01N 27/90
G01R 33/00 - G01R 33/26