

(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2018-9872

(P2018-9872A)

(43) 公開日 平成30年1月18日(2018.1.18)

(51) Int.Cl.
G01N 27/82 (2006.01)F1
G01N 27/82テーマコード (参考)
2G053

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2016-138767 (P2016-138767)	(71) 出願人	000000099
(22) 出願日	平成28年7月13日 (2016.7.13)		株式会社 I H I
			東京都江東区豊洲三丁目1番1号
		(74) 代理人	100088155
			弁理士 長谷川 芳樹
		(74) 代理人	100113435
			弁理士 黒木 義樹
		(74) 代理人	100176245
			弁理士 安田 亮輔
		(72) 発明者	大橋 タケル
			東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会
			社 I H I 内
		(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 I H I 内

最終頁に続く

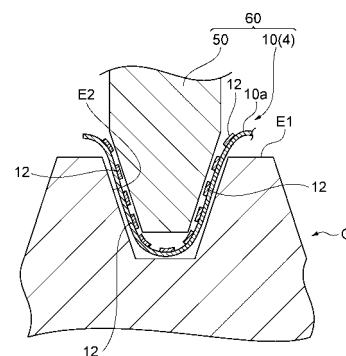
(54) 【発明の名称】 探触子、探傷用器具、漏洩磁束探傷装置、および漏洩磁束探傷方法

(57) 【要約】

【課題】対象物が複雑な形状を有する場合であっても、漏洩磁束探傷法による検査が可能な探触子、探傷用器具、漏洩磁束探傷装置、および漏洩磁束探傷方法を提供する。

【解決手段】探触子4は、対象物Oの探傷面E上を磁気センサ12が走査することにより探傷面Eを含む表層のきずXを探傷する漏洩磁束探傷装置1の探触子4であって、一または複数の磁気センサ12、または、磁気センサ12をそれぞれ含む一または複数のセンサユニットと、磁気センサ12またはセンサユニットが取り付けられた柔軟性を有する基材10aと、を備える。

【選択図】図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

対象物の探傷面上を磁気センサが走査することにより探傷面を含む表層のきずを探傷する漏洩磁束探傷装置の探触子であって、

一または複数の前記磁気センサ、または、前記磁気センサをそれぞれ含む一または複数のセンサユニットと、

前記磁気センサまたは前記センサユニットが取り付けられた柔軟性を有する基材と、を備える探触子。

【請求項 2】

前記基材はシート状である、請求項 1 に記載の探触子。

10

【請求項 3】

前記基材はフレキシブル基板である、請求項 2 に記載の探触子。

【請求項 4】

前記基材が外周に巻かれる棒状の絶縁体を更に備える、請求項 2 または 3 に記載の探触子。

【請求項 5】

前記基材は棒状である、請求項 1 に記載の探触子。

【請求項 6】

請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の探触子と、

前記探傷面の形状に適合する先端形状を有する治具と、を備える探傷用器具。

20

【請求項 7】

請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の探触子と、

前記磁気センサにおいて検出された磁界を示す信号を入力して処理する処理部と、を備える漏洩磁束探傷装置。

【請求項 8】

請求項 6 に記載の探傷用器具と、

前記磁気センサにおいて検出された磁界を示す信号を入力して処理する処理部と、を備える漏洩磁束探傷装置。

【請求項 9】

請求項 6 に記載の探傷用器具を用い、

前記基材を前記探傷面上に配置し、前記基材の上から前記治具の先端を前記探傷面に対して押し当てた状態で、前記磁気センサを走査させる、漏洩磁束探傷方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、探触子、探傷用器具、漏洩磁束探傷装置、および漏洩磁束探傷方法に関する。

【背景技術】

【0002】

40

従来、対象物の表層のきず（JIS Z 2300：2009）を検出するための磁気を利用した非破壊検査として、漏洩磁束探傷法（Magnetic Flux Leakage：MFL）が知られている。漏洩磁束探傷法は、対象物の探傷面を磁化し、きずから漏洩する磁束の有無等を測定することにより、きずを探傷する。たとえば、特許文献 1 に示される漏洩磁束探傷装置は、磁化器と、磁化器に対向して配置された磁気センサとを備える。この漏洩磁束探傷装置は、一定速度で搬送される鋼板を磁化器によって磁化するとともに、鋼板の表面近傍に配置された磁気センサにより、鋼板に存在する微小欠陥を探傷する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

50

【特許文献１】特許第３２７１２４６号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

従来、漏洩磁束探傷法およびその探触子（上記の磁気センサ等）は、平板または平板状の部品に対して使用されることが多かった。探傷の対象物が複雑な形状を有する場合、従来の探触子をそのまま複雑な形状に適用しても、漏洩磁束探傷法による検査の実施は難しい。たとえば、凹凸部や狭隘部に従来の探触子を使用した場合、凹凸部に起因する磁束漏洩により測定が不能となったり、狭隘部に磁気センサが入らなかったりする等の問題点があった。

10

【０００５】

本発明は、対象物が複雑な形状を有する場合であっても、漏洩磁束探傷法による検査が可能な探触子、探傷用器具、漏洩磁束探傷装置、および漏洩磁束探傷方法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】

【０００６】

本発明の一態様に係る探触子は、対象物の探傷面上を磁気センサが走査することにより探傷面を含む表層のきずを探傷する漏洩磁束探傷装置の探触子であって、一または複数の磁気センサ、または、磁気センサをそれぞれ含む一または複数のセンサユニットと、磁気センサまたはセンサユニットが取り付けられた柔軟性を有する基材と、を備える。

20

【０００７】

この探触子によれば、一または複数の磁気センサ、または、一または複数のセンサユニットは、柔軟性を有する基材に取り付けられている。よって、凹凸部や狭隘部などの複雑な形状を有する探傷面に沿うように、基材を配置することができる。これにより、磁気センサは、対象物の探傷面上を走査することができる。このような柔軟な基材を有する探触子によれば、対象物が複雑な形状を有する場合であっても、漏洩磁束探傷法による検査が可能である。

【０００８】

いくつかの態様において、基材はシート状である。この場合、シート状の基材を凹凸部や狭隘部等に挿入することにより、基材が探傷面に沿うように、基材を配置することができる。

30

【０００９】

いくつかの態様において、基材はフレキシブル基板である。この場合、フレキシブル基板に配線パターンが形成されることで、基材上に磁気センサ回路を形成することができる。

【００１０】

いくつかの態様において、探触子は、基材が外周に巻かれる棒状の絶縁体を更に備える。この場合、基材が巻かれた棒状の絶縁体を凹凸部や狭隘部等に挿入することにより、基材が探傷面に沿うように、基材を配置することができる。

40

【００１１】

いくつかの態様において、基材は棒状である。この場合、棒状の基材を凹凸部や狭隘部等に挿入することにより、基材が探傷面に沿うように、基材を配置することができる。

【００１２】

本発明の一態様に係る探傷用器具は、上記のいずれかの探触子と、探傷面の形状に適合する先端形状を有する治具と、を備える。この探傷用器具によれば、治具によって基材を探傷面に沿わせることができ、複雑な形状の探傷面に対しても簡易かつ確実に漏洩磁束探傷法による検査を行うことができる。

【００１３】

本発明の一態様に係る漏洩磁束探傷装置は、上記のいずれかの探触子と、磁気センサにおいて検出された磁界を示す信号を入力して処理する処理部と、を備える。この漏洩磁束

50

探傷装置によれば、対象物が複雑な形状を有する場合であっても、磁気センサによる探傷面の走査が可能であり、漏洩磁束探傷法による検査が可能となる。

【 0 0 1 4 】

いくつかの態様に係る漏洩磁束探傷装置は、上記の探傷用器具と、磁気センサにおいて検出された磁界を示す信号を入力して処理する処理部と、を備える。この漏洩磁束探傷装置によれば、治具によって基材を探傷面に沿わせることができ、複雑な形状の探傷面に対しても簡易かつ確実に漏洩磁束探傷法による検査を行うことができる。

【 0 0 1 5 】

本発明の一態様に係る漏洩磁束探傷方法は、上記の探傷用器具を用い、基材を探傷面上に配置し、基材の上から治具の先端を探傷面に対して押し当てた状態で、磁気センサを走査させる。この漏洩磁束探傷方法によっても、上記の漏洩磁束探傷装置と同様の作用・効果が得られる。治具によって基材が探傷面に押し当てられて、磁気センサによる走査が行われるので、複雑な形状の探傷面に対しても簡易かつ確実に漏洩磁束探傷法による検査を行うことができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 6 】

本発明のいくつかの態様によれば、対象物が複雑な形状を有する場合であっても、漏洩磁束探傷法による検査が可能である。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 7 】

【 図 1 】 図 1 (A) は本発明の一実施形態に係る漏洩磁束探傷装置の概略構成を示す図であり、図 1 (B) は図 1 (A) 中の探触子を示す平面図である。

【 図 2 】 図 2 (A) は漏洩磁束探傷法による検査の対象物の断面図であり、図 2 (B) は漏洩磁束探傷法による検査の原理を示す図である。

【 図 3 】 第 1 の構成例に係る探触子が凹部の探傷に用いられる状態を示す断面図である。

【 図 4 】 第 2 の構成例に係る探触子が凹部の探傷に用いられる状態を示す断面図である。

【 図 5 】 第 3 の構成例に係る探触子が凹部の探傷に用いられる状態を示す断面図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 8 】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら説明する。なお、図面の説明において同一要素には同一符号を付し、重複する説明は省略する。

【 0 0 1 9 】

図 1 (A) に示されるように、漏洩磁束探傷装置 1 は、探触子 4 を用いて検査対象である対象物 O の探傷面 E を走査し、探傷面 E を含む表層のきず X を探傷するための装置である。漏洩磁束探傷装置 1 は、特に、複雑な形状の対象物 O に対する探傷を行う。対象物 O は、たとえば航空機のジェットエンジンのシャフト等であるが、これに限られない。対象物 O は、磁性体であれば何であってもよい。

【 0 0 2 0 】

漏洩磁束探傷法の原理について説明する。漏洩磁束探傷法とは、図 2 (A) に示されるように、強磁性体からなる対象物 O の表面を含む表層に存在し得るきず X を、磁気センサ T を用いて探索する検査法である。図 2 (B) に示されるように、漏洩磁束探傷法では、種々の方法により対象物 O を磁化することにより、対象物 O に所定方向の磁束 F を発生させる。磁束 F を遮るきず X がある場合には、そのきず X に起因して漏洩磁束 F a が発生する。対象物 O の探傷面 E 上で磁気センサ T を走査方向 D に走査させることにより、漏洩磁束 F a が検出される。磁気センサ T からの信号を用いる漏洩磁束探傷法は、従来採用されてきた磁粉探傷法に比して、探傷の自動化と結果のデジタル化とが容易であるという利点を有する。

【 0 0 2 1 】

図 1 (A) に示されるように、漏洩磁束探傷装置 1 は、対象物 O の探傷面 E を走査するための探触子 4 と、探触子 4 からの信号を入力して所定の処理を行い、探傷試験の結果を

10

20

30

40

50

出力するパーソナルコンピュータ（処理部。以下、P C という）2 0 とを備える。探触子 4 には複数のリード線 1 4 が設けられており、これらのリード線 1 4 が、たとえば A D 変換器 1 5 に接続される。A D 変換器 1 5 と P C 2 0 とは、U S B ケーブル等のケーブル 1 6 によって接続される。探触子 4 は、走査方向 D に走査させられる。この走査は、手動で行われてもよく、自動で行われてもよい。探触子 4 を保持するアーム等が走査方向 D に移動することで走査が行われてもよいし、探触子 4 を固定した状態で、対象物 O を保持したステージ等が走査方向 D と逆方向に移動することで走査が行われてもよい。

【 0 0 2 2 】

図 1（B）に示されるように、探触子 4 は、計装アンプ基板 1 1 と、計装アンプ基板 1 1 に取り付けられたセンサモジュール 1 0 とを含む。計装アンプ基板 1 1 は、探触子 4 から出力される信号を増幅させる。センサモジュール 1 0 は、フレキシブル基板（基材）1 0 a と、フレキシブル基板 1 0 a に搭載された複数の磁気センサ 1 2（図 2（B）に示される磁気センサ T に相当）と、を含む。フレキシブル基板 1 0 a は、計装アンプ基板 1 1 に対して差し込まれ、コネクタ接続されている。探触子 4 において、センサモジュール 1 0 のみを交換することが可能になっている。漏洩磁束探傷装置 1 は、探触子 4 の位置情報を取得するためのエンコーダ 1 3 を備えており、エンコーダ 1 3 のワイヤの端部がフレキシブル基板 1 0 a に連結されている。

【 0 0 2 3 】

P C 2 0 は、探触子 4 から出力される、磁束に基づく磁界を示す信号と、エンコーダ 1 3 から出力される探触子 4 の位置情報とを入力し、対象物 O の探傷面（表面）E を含む表層におけるきず X の有無判定のための探傷試験結果を出力する。きず X が存在する場合には、探傷試験結果において、きず指示が表れる。探傷試験結果に表れるきず指示に基づいて、きず X の有無だけでなく、きず X の幅や長さを推定することも可能である。

【 0 0 2 4 】

以下、図 3～図 5 を参照して、センサモジュール 1 0 のいくつかの構成例について詳細に説明する。漏洩磁束探傷装置 1 の探触子 4 は、対象物 O が凹凸部や狭隘部等の複雑な形状を有する場合に特に有効である。探触子 4 は、小型の磁気センサ 1 2 が柔軟なフレキシブル基板 1 0 a に保持された構成を有することにより、探傷面 E の形状を問わず、漏洩磁束探傷法による対象物 O の検査を可能とする。探触子 4 の適用対象とされ得る対象物 O としては、たとえば、ギア、ねじ、タップ等の部品が挙げられる。探触子 4 は、ギアの歯部分や、ねじのねじ山部分等におけるきず X の検査を可能とする。

【 0 0 2 5 】

図 3 を参照して、第 1 の構成例に係る探触子 4 のセンサモジュール 1 0 について説明する。図 3 に示されるように、センサモジュール 1 0 は、柔軟性を有するフレキシブル基板 1 0 a を含む。フレキシブル基板 1 0 a は、主として高分子材料からなるシート状の基材である。フレキシブル基板 1 0 a には、配線パターンが形成されている。これらの配線パターンは、各磁気センサ 1 2 と、上記の計装アンプ基板 1 1 の回路とを電気的に接続する。計装アンプ基板 1 1 は、柔軟性を有しておらず、定形性を有する。すなわち、探触子 4 では、柔軟性を有するフレキシブル基板 1 0 a からセンサ部が構成され、定形性を有する計装アンプ基板 1 1 から信号出力部が構成される。

【 0 0 2 6 】

フレキシブル基板 1 0 a には、たとえば複数の磁気センサ 1 2 が取り付けられている。磁気センサ 1 2 は、探傷面 E の近傍において磁界の大きさを測定可能なセンサである。磁気センサ 1 2 は、磁界検出部（図示せず）を含む。磁気センサ 1 2 としては、M I（Magneto-Impedance）センサ、G M R（Giant Magneto Resistive effect）センサ、T M R（Tunnel Magneto-Resistance）センサ、A M R（Anisotropic Magneto-Resistance）センサ、F G（Flux-Gate）センサ、ホール素子、S Q U I D（Superconducting QUantum Interference Device）センサ、コイル等が用いられ得る。

【 0 0 2 7 】

各磁気センサ 1 2 は、図示しない導通部を介して、フレキシブル基板 1 0 a に搭載され

10

20

30

40

50

ている。磁気センサ 12 は、公知の手段を用いて、フレキシブル基板 10 a に搭載され得る。磁気センサ 12 は、フレキシブル基板 10 a に埋設または内蔵されてもよい。なお、磁気センサ 12 の個数は、特に限定されない。磁気センサ 12 の個数は、1 個であってもよい。複数の磁気センサ 12 が設けられる場合、磁気センサ 12 は、一列に配列されてもよいし、複数列に配列されてもよい。磁気センサ 12 が複数列に配列される場合、複数の磁気センサ 12 が千鳥状に配置されてもよい。

【0028】

フレキシブル基板 10 a に実装される磁気センサ 12 としては、非常に小型の磁気センサが用いられ得る。磁気センサ 12 は、一辺の長さが 1 mm 以下の磁気センサであってもよい。磁気センサ 12 は、一辺の長さが 2 mm 以下の磁気センサであってもよく、一辺の長さが 4 mm 以下の磁気センサであってもよい。

10

【0029】

図 3 に示されるように、対象物 O は、平坦部表面 E 1 と、平坦部表面 E 1 よりも窪んだ凹部表面 E 2 とを含む。このようなセンサモジュール 10 を用いた検査では、対象物 O の凹部表面 E 2 に対してフレキシブル基板 10 a が沿うように、センサモジュール 10 が対象物 O にあてがわれる。柔軟性を有するフレキシブル基板 10 a は、凹部表面 E 2 の形状に沿うように、自在に変形し得る。

【0030】

必要に応じて、凹部表面 E 2 にセンサモジュール 10 を沿わせるための計測用治具 50 が用いられてもよい。計測用治具 50 の先端形状は、凹部表面 E 2 に適合している。計測用治具 50 は、たとえば、シリコン等の高分子樹脂材料からなる。計測用治具 50 は、対象物 O の凹部表面 E 2 に押し当てられる。計測用治具 50 の形状および大きさは、対象物 O の凹凸部または狭隘部の形状および寸法に合わせて変更され得る。そのために、複数種類の計測用治具 50 が準備されてもよい。探触子 4 と、探傷面 E の形状に適合する一または複数の治具とによって、探傷用器具 60 が構成される。探傷用器具 60 により、様々な凹凸部または狭隘部における磁界の計測が可能となる。

20

【0031】

探触子 4 および計測用治具 50 を備える探傷用器具 60 によれば、計測用治具 50 によってフレキシブル基板 10 a を凹部表面 E 2 (探傷面 E) に沿わせることができる。計測用治具 50 によってフレキシブル基板 10 a が探傷面 E に押し当てられて、磁気センサ 12 による走査が行われる。これにより、複雑な形状の探傷面 E に対しても簡易かつ確実に漏洩磁束探傷法による検査を行うことができる。もちろん、平坦面等の比較的単純な形状の探傷面 E に探傷用器具 60 が適用されてもよい。

30

【0032】

走査が行われる際には、対象物 O が、公知の手段 (ハンドマグナ等) によって磁化される。そして、計測用治具 50 およびセンサモジュール 10 は、たとえば対象物 O の凹部が連続する方向に移動させられる。すなわち、凹部が溝状に連続する場合は、計測用治具 50 およびセンサモジュール 10 は、その溝が延びる方向に移動させられる。計測用治具 50 およびセンサモジュール 10 は、たとえば、図 3 の紙面垂直方向に移動させられる。

【0033】

磁気センサ 12 は、フレキシブル基板 10 a の凹部表面 E 2 に対面する側とは反対側に配置され得る。すなわち、磁気センサ 12 は、計測用治具 50 側に配置され得る。上記の探傷用器具 60 を用い、フレキシブル基板 10 a を凹部表面 E 2 上に配置し、フレキシブル基板 10 a の上から計測用治具 50 の先端を凹部表面 E 2 に対して押し当てた状態で、磁気センサ 12 が走査させられる。このような漏洩磁束探傷方法により、複雑な形状の凹部表面 E 2 (探傷面 E) に対しても、簡易かつ確実に漏洩磁束探傷法による検査を行うことができる。また、上記のような配置により、磁気センサ 12 が凹部表面 E 2 に当接することが防止され得る。なお、磁気センサ 12 は、対象物 O の凹部表面 E 2 に対面するように配置されてもよい。磁気センサ 12 は、対象物 O の凹部表面 E 2 に当接してもよい。磁気センサ 12 上に、磁束の測定に影響を与えない保護シートが設けられてもよい。

40

50

【 0 0 3 4 】

また、走査が行われる際、磁気センサ 1 2 と凹部表面 E 2 とは当接していてもよいし、磁気センサ 1 2 と凹部表面 E 2 とは離間していてもよい。磁気センサ 1 2 と凹部表面 E 2 とが離間している場合には、これらの距離を一定に保つ（リフトオフを一定にする）ことが好ましい。

【 0 0 3 5 】

センサモジュール 1 0 による走査の結果、凹部表面 E 2 の近傍における磁気センサ 1 2 が検出する磁界の大きさに応じた電気信号が、磁気センサ 1 2 から P C 2 0 に対して出力される。言うまでもなく、センサモジュール 1 0 を用いて平坦部表面 E 1 の検査を行うこともできる。

10

【 0 0 3 6 】

本実施形態の探触子 4 によれば、複数の磁気センサ 1 2 が、柔軟性を有するフレキシブル基板 1 0 a に取り付けられている。よって、凹凸部や狭隘部などの複雑な形状を有する探傷面 E（凹部表面 E 2 等）に沿うように、フレキシブル基板 1 0 a を配置することができる。これにより、磁気センサ 1 2 は、対象物 O の凹部表面 E 2 上を走査することができる。このような柔軟なフレキシブル基板 1 0 a を有する探触子 4 によれば、対象物 O が複雑な形状を有する場合であっても、漏洩磁束探傷法による検査が可能である。

【 0 0 3 7 】

シート状のフレキシブル基板 1 0 a を凹凸部や狭隘部等に挿入することにより、フレキシブル基板 1 0 a が探傷面 E（凹部表面 E 2 等）に沿うように、フレキシブル基板 1 0 a を配置することができる。

20

【 0 0 3 8 】

フレキシブル基板 1 0 a に配線パターンが形成されることで、フレキシブル基板 1 0 a 上に磁気センサ回路を形成することができる。

【 0 0 3 9 】

小型の磁気センサ 1 2 を用いた探触子 4 によれば、従来の磁気センサでは入ることのできなかった狭隘部にも、磁気センサ 1 2 が挿入され得るので、あらゆる複雑な形状に対して、汎用性が高められている。

【 0 0 4 0 】

また、計装アンプ基板 1 1 に対してフレキシブル基板 1 0 a が差し込まれ、コネクタ接続されることにより、センサモジュール 1 0 のみの交換が可能となっている。また、センサモジュール 1 0 と計装アンプ基板 1 1 が至近距離に設けられている。これによりノイズが混入しやすい配線部を短くし、計装アンプ基板 1 1 によってノイズが増幅されることを防ぐことにより、ノイズが低減される。

30

【 0 0 4 1 】

上記のセンサモジュール 1 0 を含む探触子 4 を備えた漏洩磁束探傷装置 1 によれば、対象物 O が複雑な形状を有する場合であっても、磁気センサ 1 2 による探傷面 E の走査が可能であり、漏洩磁束探傷法による検査が可能になっている。

【 0 0 4 2 】

図 4 を参照して、第 2 の構成例に係る探触子 4 のセンサモジュール 1 0 A について説明する。図 4 に示されるように、センサモジュール 1 0 A は、棒状の絶縁体 1 7 の外周にフレキシブル基板 1 0 a が巻き付けられた構成を有する。絶縁体 1 7 は、中実の円柱状であってもよいし、中空の円筒状であってもよい。絶縁体 1 7 の形状および大きさ（直径）は、凹部表面 E 2 に適合している。絶縁体 1 7 は、たとえば、シリコン等の高分子樹脂材料からなる。絶縁体 1 7 は、対象物 O の凹部表面 E 2 に押し当てられる。絶縁体 1 7 の形状および大きさ（直径）は、対象物 O の凹凸部または狭隘部の形状および寸法に合わせて変更され得る。そのために、複数種類の絶縁体 1 7 が準備されてもよい。これにより、様々な凹凸部または狭隘部における磁界の計測が可能となる。

40

【 0 0 4 3 】

センサモジュール 1 0 A を用いた走査は、装置によって自動で行われてもよいし、手動

50

で行われてもよい。手動で走査が行われる場合に、絶縁体 17 が作業者の手によって持たれてもよい。手動で走査が行われる場合には、位置情報を正確に得られない可能性があるが、対象物 O におけるきず X の有無を判定することは可能である。

【0044】

また、センサモジュール 10 A を用いた走査が行われる際、絶縁体 17 を含むセンサモジュール 10 A の全体が回転されてもよい。絶縁体 17 を含むセンサモジュール 10 A の全体が回転されずに、平行移動させられてもよい。

【0045】

センサモジュール 10 A およびセンサモジュール 10 A を備えた探触子 4 によれば、上記のセンサモジュール 10 を備えた探触子 4 と同様の作用・効果が奏される。また、フレキシブル基板 10 a が巻かれた棒状の絶縁体 17 を凹凸部や狭隘部等に挿入することにより、フレキシブル基板 10 a が探傷面 E に沿うように、フレキシブル基板 10 a を配置することができる。なお、絶縁体 17 は、探触子 4 の一部として設けられてもよいし、探触子 4 とは別体のものとして用いられてもよい。絶縁体 17 が探触子 4 とは別体のものとして用いられる場合、探触子 4 (センサモジュール 10 A) と絶縁体 17 とによって、探傷用器具が構成される。絶縁体 17 は、探傷面 E の形状に適合する先端形状を有する治具に相当する。

【0046】

図 5 を参照して、第 3 の構成例に係る探触子 4 のセンサモジュール 10 B について説明する。図 5 に示されるように、センサモジュール 10 B は、棒状の基材 18 に複数の磁気センサ 12 が取り付けられた構成を有する。センサモジュール 10 B では、シート状のフレキシブル基板 10 a は設けられていない。基材 18 は、中実の円柱状であってもよいし、中空の円筒状であってもよい。基材 18 の形状および大きさ(直径)は、凹部表面 E2 に適合している。基材 18 は、たとえば、柔軟性を有する材料からなる。基材 18 は、高分子樹脂材料からなってもよい。基材 18 の形状および大きさ(直径)は、対象物 O の凹凸部または狭隘部の形状および寸法に合わせて変更され得る。柔軟性を有する基材 18 は、凹部表面 E2 の形状に沿うように、自在に変形し得る。磁気センサ 12 は、公知的手段を用いて、基材 18 に接合または搭載され得る。

【0047】

なお、磁気センサ 12 に接続される配線は、基材 18 上に形成されてもよいし、基材 18 の外部に設けられてもよい。

【0048】

磁気センサ 12 は、対象物 O の凹部表面 E2 に対面するように配置される。磁気センサ 12 は、対象物 O の凹部表面 E2 に当接してもよい。磁気センサ 12 上に、磁束の測定に影響を与えない保護シートが設けられてもよい。基材 18 を含むセンサモジュール 10 B により、様々な凹凸部または狭隘部における磁界の計測が可能となる。

【0049】

センサモジュール 10 B を用いた走査は、装置によって自動で行われてもよいし、手動で行われてもよい。センサモジュール 10 B を用いた走査が行われる際、センサモジュール 10 B の全体が回転されてもよい。センサモジュール 10 B の全体が回転されずに、平行移動させられてもよい。

【0050】

センサモジュール 10 B およびセンサモジュール 10 B を備えた探触子 4 によれば、上記のセンサモジュール 10 を備えた探触子 4 と同様の作用・効果が奏される。また、棒状の基材 18 を凹凸部や狭隘部等に挿入することにより、基材 18 が探傷面 E に沿うように、基材 18 を配置することができる。

【0051】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されない。たとえば、基材はフレキシブル基板 10 a である場合に限られず、布や紙であってもよい。すなわち、フレキシブル基板 10 a 以外のシート状の基材が用いられてもよい。また、

10

20

30

40

50

基材は、網状であってもよく、帯状であってもよい。配線は、公知の手段を用いて、基材上に形成されてもよいし、基材の外部に設けられてもよい。

【 0 0 5 2 】

基材上に、磁気センサ 1 2 を含むセンサユニットが取り付けられてもよい。その場合、センサユニットは、一または複数の磁気センサ 1 2 と、対象物 O に磁界を形成するための磁化部とを含んでもよい。

【 0 0 5 3 】

探触子 4 のセンサモジュールが挿入され得る対象物 O の形状は、上記した凹部表面 E 2 に限られない。対象物 O のスリットにセンサモジュールが挿入されてもよい。その場合にスリットは、入り組んだ形状をなしてもよい。対向する対象物 O の 2 つの表面の間にセンサモジュールを挿入し、磁気センサ 1 2 の両面を用いて各表面の磁界を測定してもよい。対象物 O の孔部や中空部にセンサモジュールが挿入されてもよい。

10

【 0 0 5 4 】

絶縁体 1 7 または基材 1 8 が、中心部に配置された金属製の線状体（針金等）と、線状体の周囲に設けられた樹脂層とからなってもよい。金属製の線状体を備えることにより、絶縁体 1 7 または基材 1 8 が、変形した形状を維持し得るように構成されてもよい。

【 0 0 5 5 】

計測用治具 5 0 は必須ではない。計測用治具 5 0 が省略されてもよい。計装アンプ基板 1 1 が省略されてもよい。

20

【 符号の説明 】

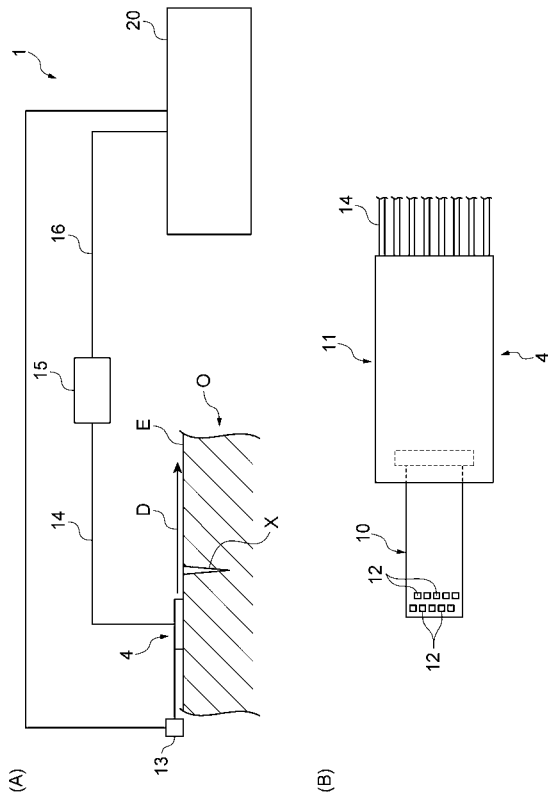
【 0 0 5 6 】

- 1 漏洩磁束探傷装置
- 4 探触子
- 1 0 センサモジュール
- 1 0 A、1 0 B センサモジュール
- 1 0 a フレキシブル基板（基材）
- 1 1 計装アンプ基板
- 1 2 磁気センサ
- 1 7 絶縁体
- 1 8 基材
- 2 0 P C（処理部）
- 5 0 計測用治具（治具）
- 6 0 探傷用器具
- D 走査方向
- E 探傷面
- E 1 平坦部表面（探傷面）
- E 2 凹部表面（探傷面）
- F 磁束
- F a 漏洩磁束
- O 対象物
- T 磁気センサ
- X きず

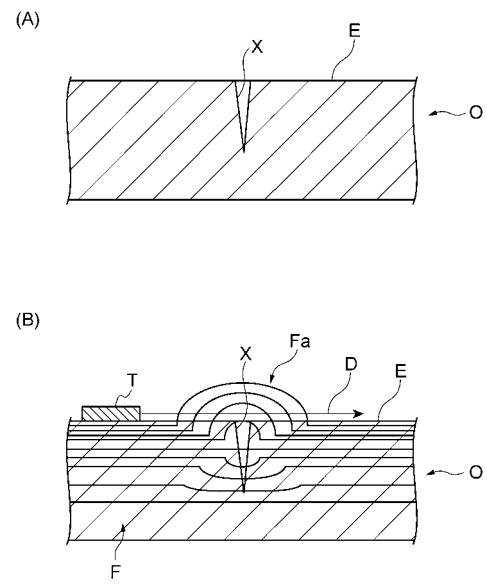
30

40

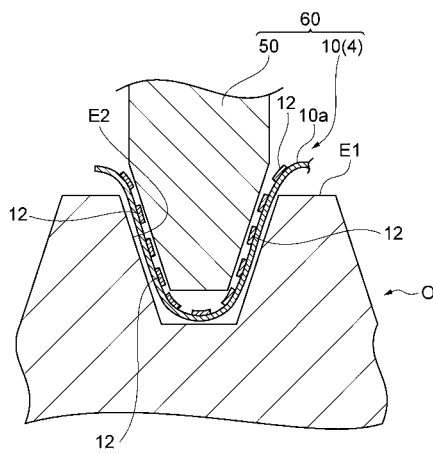
【図 1】



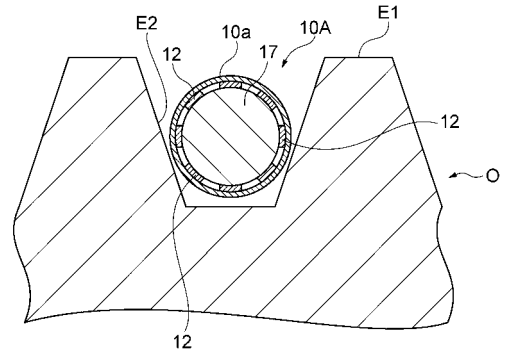
【図 2】



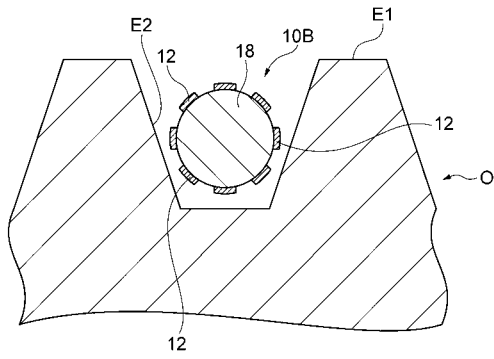
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

- (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IHI内
- (72)発明者 大島 誉寿
東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社IHI内
- (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IHI内
- (72)発明者 菱田 寛之
東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社IHI内
- Fターム(参考) 2G053 AA11 AB21 AB22 BA02 DA01 DB02 DB14