

(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2010-38914

(P2010-38914A)

(43) 公開日 平成22年2月18日 (2010.2.18)

(51) Int.Cl.
G 0 1 N 27/90

(2006.01)

F I
G O 1 N 27/90テーマコード (参考)
2 G O 5 3

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2009-162684 (P2009-162684)
 (22) 出願日 平成21年7月9日 (2009.7.9)
 (31) 優先権主張番号 特願2008-179291 (P2008-179291)
 (32) 優先日 平成20年7月9日 (2008.7.9)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

特許法第30条第1項適用申請有り 平成20年5月20日 社団法人日本非破壊検査協会発行の「平成20年度春季大会講演概要集」に発表

(71) 出願人 000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目1番1号
 (74) 代理人 100078765
弁理士 波多野 久
 (74) 代理人 100078802
弁理士 関口 俊三
 (74) 代理人 100077757
弁理士 猿渡 章雄
 (74) 代理人 100130731
弁理士 河村 修
 (74) 代理人 100136504
弁理士 山田 毅彦
 (74) 代理人 100150968
弁理士 小松 悠有子

最終頁に続く

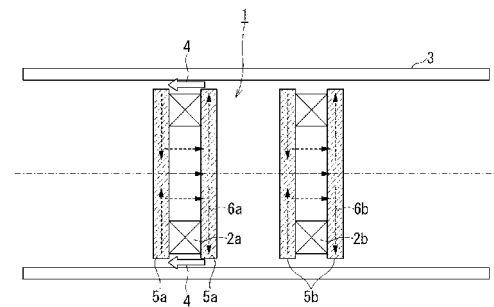
(54) 【発明の名称】 リモートフィールド渦電流探傷プローブ

(57) 【要約】

【課題】 励磁コイル電流の増加やプローブ全体の大型化・複雑化を抑制して、欠陥検査の検出感度を高めることができるリモートフィールド渦電流探傷プローブを提供する。

【解決手段】 被検査物 3 に渦電流を発生させるために励磁電流が印加される少なくとも一の励磁コイル 2 a と、渦電流により誘起された磁束を検出する少なくとも一の検出コイル 2 b とを備え、励磁コイル 2 a は、励磁コイル 2 a の中心軸に対して略垂直に構成された二側面のうち少なくとも一側面に設けられた磁性体 2 で構成された側面被覆部材 5 a を備える。側面被覆部材 5 a は、励磁コイル 2 a の磁界発生時に磁路を形成する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

被検査物に渦電流を発生させるために励磁電流が印加される少なくとも一の励磁コイルと、

前記渦電流により誘起された磁束を検出する少なくとも一の検出コイルとを備え、

前記励磁コイルは、前記励磁コイルの中心軸に対して略垂直に構成された二側面のうち少なくとも一側面に設けられた磁性体で構成された側面被覆部材を備え、

前記側面被覆部材は、前記励磁コイルの磁界発生時に磁路を形成することを特徴とするリモートフィールド渦電流探傷プローブ。

【請求項 2】

被検査物に渦電流を発生させるために励磁電流が印加される少なくとも一の励磁コイルと、

前記渦電流により誘起された磁束を検出する少なくとも一の検出コイルとを備え、

前記検出コイルは、前記検出コイルの中心軸に対して略垂直に構成された二側面のうち少なくとも一側面に設けられた磁性体で構成された側面被覆部材を備え、

前記側面被覆部材は、前記検出コイルの磁束検出時に磁路を形成することを特徴とするリモートフィールド渦電流探傷プローブ。

【請求項 3】

前記検出コイルは、前記検出コイルの中心軸に対して略垂直に構成された二側面のうち、少なくとも一側面に設けられた前記磁性体で構成された側面被覆部材をさらに備え、

前記側面被覆部材は、前記検出コイルの磁束検出時に磁路を形成する請求項 1 記載のリモートフィールド渦電流探傷プローブ。

【請求項 4】

前記励磁コイルおよび前記検出コイルのうち少なくとも一方は、前記励磁コイルおよび前記検出コイルの少なくとも一方の巻線が巻かれた中心軸を構成する前記磁性体で構成されたボビン部材をさらに備え、

前記側面被覆部材は、前記ボビン部材と略垂直かつ連続した磁路を形成して配置された請求項 1、2 または 3 記載のリモートフィールド渦電流探傷プローブ。

【請求項 5】

前記励磁コイルおよび前記検出コイルの少なくとも一方は、中心軸に対して略垂直に構成された二側面に設けられた前記側面被覆部材の略外周より、互いに前記中心軸方向中央に向かって接近方向に所定量伸びた前記磁性体で構成された空間ギャップ形成部材であって、相対する前記空間ギャップ形成部材により空間ギャップを形成する空間ギャップ形成部材をさらに備え、

前記空間ギャップ形成部材は、前記側面被覆部材と略垂直かつ連続した磁路を形成して配置された請求項 1、2 または 3 記載のリモートフィールド渦電流探傷プローブ。

【請求項 6】

前記空間ギャップ形成部材は、前記励磁コイルおよび前記検出コイルの少なくとも一方と、前記被検査物との距離を調整する前記磁性体で構成された距離調整部材をさらに備え、

前記距離調整部材は、前記空間ギャップ形成部材と連続した磁路を形成して配置された請求項 5 記載のリモートフィールド渦電流探傷プローブ。

【請求項 7】

前記空間ギャップ形成部材は、前記空間ギャップを調整するギャップ調整部材をさらに備え、

前記ギャップ調整部材は、前記空間ギャップ形成部材と連続した磁路を形成して配置された請求項 5 記載のリモートフィールド渦電流探傷プローブ。

【請求項 8】

前記励磁コイルの前記側面被覆部材は、前記中心軸方向の厚さが、前記励磁コイルに流れる励磁電流の周波数と、前記磁性体の透磁率および導電率とで決定される表皮深さの少なくとも 50 % の厚さで構成された請求項 1 記載のリモートフィールド渦電流探傷プローブ

10

20

30

40

50

。

【請求項 9】

前記検出コイルの前記側面被覆部材は、前記中心軸方向の厚さが、前記検出コイルと鎖交する交流磁場の周波数と、前記磁性体の透磁率および導電率とで決定される表皮深さの少なくとも 50% の厚さで構成された請求項 2 または 3 記載のリモートフィールド渦電流探傷プローブ。

【請求項 10】

前記側面被覆部材は、前記被検査物と非接触に配置された請求項 1 ～ 9 のいずれか 1 項に記載のリモートフィールド渦電流探傷プローブ。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、リモートフィールド渦電流探傷技術に係り、特に磁場成分を好適に制御するリモートフィールド渦電流探傷プローブに関する。

【背景技術】

【0002】

金属配管の内面あるいは外面に存在するき裂を検出する手法としてリモートフィールド渦電流探傷試験装置がある。

【0003】

このリモートフィールド渦電流探傷試験装置は、金属配管内部に設置された励磁コイルにより磁場を発生させる。この励磁コイルにより発生した磁場は、金属配管の内表面および金属内部に渦電流を誘起し、この渦電流は間接磁場を発生させる。

20

【0004】

間接磁場の一部は金属配管の外表面に沿って分布し、再び金属配管の内部に戻る。間接磁場が金属配管の内部に戻る際、金属配管にき裂があると金属配管内部での間接磁場強度が変化する。この間接磁場強度変化を金属配管内部に設置された検出コイルにおいて検出することで、き裂の有無を検知することができる。

【0005】

このリモートフィールド渦電流探傷試験装置においては、金属配管の周方向に渦電流を誘起して、間接磁場の変化を検出する方法が一般的である。

30

【0006】

特許文献 1 において、金属配管内表面の周方向に渦電流を誘起し、金属配管内面あるいは外面のき裂検出を行うリモートフィールド式渦流探傷用プローブが開示されている。このリモートフィールド式渦流探傷用プローブは、励磁コイルを複数配置することで近接した欠陥が存在する場合の検出性を向上させている。

【0007】

また、特許文献 2 において、励磁コイルと検出コイルとを同心構造とし、磁心を用いることで小さい欠陥に対する感度を向上させる渦電流探傷子が開示されている。

【0008】

また、特許文献 3 において、磁気シールドを用いてリモートフィールド現象を発生させることが開示されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献 1】特開平 3 - 105245 号公報

【特許文献 2】特開平 10 - 160709 号公報

【特許文献 3】特開 2004 - 294341 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

50

リモートフィールド渦電流探傷試験装置においては、検出感度を高めるための手法として、励磁コイル電流を大きくして発生磁場強度を高めることが考えられる。しかし、励磁コイルを形成する線材の線径により励磁コイル電流の上限値が決まるため、高感度化に対して制限を受ける。

【 0 0 1 1 】

また、特許文献 1 のリモートフィールド式渦流探傷用プローブのように、励磁コイルを複数配置する手法も考えられる。しかし、プローブ全体が大型化するという課題を有する。

【 0 0 1 2 】

さらに、特許文献 2 は、直接磁場の変化を検出するニアフィールド渦電流探傷試験に限られており、リモートフィールド渦電流探傷試験に用いることは不可能である。

【 0 0 1 3 】

さらにまた、特許文献 3 は、欠陥検査の高感度化に課題がある。

【 0 0 1 4 】

本発明はこのような事情を考慮してなされたもので、励磁コイル電流の増加やプローブ全体の大型化を抑制して、検出感度を高めることのできるリモートフィールド渦電流探傷プローブ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 1 5 】

本発明に係るリモートフィールド渦電流探傷プローブは、上述した課題を解決するために、被検査物に渦電流を発生させるために励磁電流が印加される少なくとも一の励磁コイルと、前記渦電流により誘起された磁束を検出する少なくとも一の検出コイルとを備え、前記励磁コイルは、前記励磁コイルの中心軸に対して略垂直に構成された二側面のうち少なくとも一側面に設けられた磁性体で構成された側面被覆部材を備え、前記側面被覆部材は、前記励磁コイルの磁界発生時に磁路を形成することを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

また、本発明に係るリモートフィールド渦電流探傷プローブは、被検査物に渦電流を発生させるために励磁電流が印加される少なくとも一の励磁コイルと、前記渦電流により誘起された磁束を検出する少なくとも一の検出コイルとを備え、前記検出コイルは、前記検出コイルの中心軸に対して略垂直に構成された二側面のうち少なくとも一側面に設けられた磁性体で構成された側面被覆部材を備え、前記側面被覆部材は、前記検出コイルの磁束検出時に磁路を形成することを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 1 7 】

本発明に係るリモートフィールド渦電流探傷プローブは、励磁コイル電流の増加やプローブ全体の大型化・複雑化を抑制して、欠陥検査の検出感度を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 8 】

【図 1】本発明に係るリモートフィールド渦電流探傷プローブの第 1 実施形態を示す概略的な断面構成図。

【図 2】本発明に係るリモートフィールド渦電流探傷プローブの第 2 実施形態を示す概略的な断面構成図。

【図 3】本発明に係るリモートフィールド渦電流探傷プローブの第 3 実施形態を示す概略的な断面構成図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 9 】

本発明に係るリモートフィールド渦電流探傷プローブの実施形態を添付図面に基づいて説明する。

【 0 0 2 0 】

本実施形態におけるリモートフィールド渦電流探傷プローブは、配管などの探傷検査に

10

20

30

40

50

用いられ、例えば新型高速炉の蒸気発生器の伝熱管に生じる欠陥の探傷検査に適用することができる。なお、被検査物としての配管は、単管のみならず二重管に対しても適用することができる。

【 0 0 2 1 】

[第 1 実施形態]

本発明に係るリモートフィールド渦電流探傷プローブの第 1 実施形態を添付図面に基づいて説明する。

【 0 0 2 2 】

図 1 は、本発明に係るリモートフィールド渦電流探傷プローブの第 1 実施形態を示す概略的な断面構成図である。なお、図 1 に示すリモートフィールド渦電流探傷プローブ 1 は 10
主要な構成のみを示すが、実際には図示しないコイルケース・ボビンおよびケーブルなどが設けられて配管 3 内に挿入可能に構成される。

【 0 0 2 3 】

リモートフィールド渦電流探傷プローブ 1 は、少なくとも一組の励磁コイル 2 a と検出コイル 2 b とで構成される。図 1 に示すように、励磁コイル 2 a および検出コイル 2 b は同軸的に配管 3 の軸方向に配置されている。リモートフィールド渦電流探傷プローブ 1 は、励磁コイル 2 a と検出コイル 2 b を配管 3 の管径の 2 倍程度離して配置され、励磁コイル 2 a からの直接磁界が働く領域よりも外側の領域であるリモートフィールド領域と呼ばれる領域に検出コイル 2 b が設置された渦電流探傷プローブである。

【 0 0 2 4 】

励磁コイル 2 a には、発振手段（図示せず）より所定の周波数および振幅の励磁電流が供給される。検出コイル 2 b の出力端はそれぞれ外部に引き出され検出手段（図示せず）に接続されている。検出コイル 2 b の出力変化は、検出手段により検出され欠陥検出信号として出力される。 20

【 0 0 2 5 】

励磁コイル 2 a は、励磁電流が供給されることにより、励磁コイル 2 a の周辺に被検査物としての配管 3 に作用する励磁磁束が生じる。このとき発生する磁界を「直接磁界」という。この直接磁界は、配管 3 の管壁内に図示しない渦電流を発生させる。この渦電流は、配管 3 が健全な場合（欠陥が存在しない場合）、励磁コイル 2 a と同心円状に発生する。 30

【 0 0 2 6 】

また、渦電流の周囲には、励磁コイル 2 a により発生した磁界とは逆向きの渦電流磁束が発生する。このとき発生する磁界を「間接磁界」という。この渦電流は、配管 3 に存在する欠陥などの物理的要因によって変化する。検出コイル 2 b は、これにより生ずる間接磁界の変化を電圧の出力変化として検出することにより欠陥検査を行うことができる。

【 0 0 2 7 】

励磁コイル 2 a の中心軸に対して垂直に構成された二つの面（コイル側面）には、それぞれ側面被覆部材としての磁性体 5 a が密着して配置される。磁性体 5 a は、励磁コイル 2 a のコイル側面の全体を覆う大きさで構成される。例えば、励磁コイル 2 a のコイル側面とほぼ同形状で構成された円板状またはリング状で構成される。 40

【 0 0 2 8 】

磁性体 5 a の励磁コイル 2 a 軸方向の厚さについては、磁場解析に基づき、励磁コイル 2 a に流れる励磁電流の周波数 f と、磁性体 5 a の透磁率 μ および導電率 σ で決定される表皮深さ $(1 / \sqrt{(\pi f \mu \sigma)})$ の少なくとも 50 % の厚さで構成されることで、磁力線 6 a の磁束密度を効率的に高めることができる。

【 0 0 2 9 】

磁性体 5 a は、励磁コイル 2 a が発生する磁束を強制的に制御する磁路を形成しうる物質であればよく、例えば炭素鋼で構成される。

【 0 0 3 0 】

検出コイル 2 b の中心軸に対して垂直に構成された二つの面（コイル側面）には、励磁 50

コイル 2 a と同様に磁性体 5 b がそれぞれ配置される。この磁性体 5 b は、励磁コイル 2 a に配置された磁性体 5 a とほぼ同様の構成であるため、説明を省略する。

【 0 0 3 1 】

なお、磁性体 5 b の検出コイル 2 b 軸方向の厚さについては、検出コイル 2 b と鎖交する交流磁場の周波数 f と、磁性体 5 b の透磁率 μ および導電率 σ で決定される表皮深さ ($1 / \sqrt{(\pi f \mu \sigma)}$) の少なくとも 50 % の厚さで構成されることで、磁力線 6 b の磁束密度を効率的に高めることができる。

【 0 0 3 2 】

励磁コイル 2 a、検出コイル 2 b に配置された磁性体 5 a、5 b は、被検査物としての配管 3 に対して非接触となっている。磁性体 5 a、5 b と被検査物である配管 3 とを直接

10

【 0 0 3 3 】

例えば、配管 3 の材質が磁性体であり、磁性体 5 a の一部が配管 3 と直接接触した部分では、配管 3 と磁性体 5 a との接触点で磁路が形成される。また、磁路の形成に伴い、この接触点近傍に大きな磁界が発生する。一方、磁性体 5 a と配管 3 とが非接触である部分の近傍には、上述した接触点より小さな磁界が発生する。この発生した磁界の強度差が欠陥検出信号の強度差になり信号強度のばらつきの原因となる。このため、磁性体 5 a、5 b を配管 3 と直接接触しない構造とすることで、配管に均一な磁場を発生させ、信号強度のばらつきを抑制させることができる。磁性体 5 a、5 b と配管 3 とを非接触にさせる構

20

【 0 0 3 4 】

次に、リモートフィールド渦電流探傷プローブ 1 の作用について説明する。

【 0 0 3 5 】

励磁コイル 2 a に励磁電流としての交流電流を印加すると、図 1 に示すように励磁コイル 2 a の内部および周辺に図示矢印方向に磁力線 6 a が働く直接磁界が発生する。励磁コイル 2 a の両側面に配置された磁性体 5 a は、発生した直接磁界において磁力線 6 a を強制的に制御する磁路を形成する。このため、直接磁界の磁力線 6 a は、磁性体 5 a 内に形成された磁路に集中することとなる。

【 0 0 3 6 】

30

ここで、配管 3 周方向に渦電流を誘起させる支配的な直接磁界の磁場成分は、配管 3 の内表面近傍に発生する軸方向成分である。磁性体 5 a を励磁コイル 2 a に配置し、磁力線 6 a の磁路を強制的に制御することで、この配管 3 の内表面近傍に発生する軸方向成分の磁場 4 についても、磁束密度を高めることができる。

【 0 0 3 7 】

一方、検出コイル 2 b は、渦電流の周囲に発生した高い磁束密度を維持する間接磁界により、図示矢印方向に検出対象としての磁力線 6 b を検出する。検出コイル 2 b は、この磁力線 6 b の影響を受け、交流電圧が励起される。

【 0 0 3 8 】

このとき、検出コイル 2 b の両側面に配置された磁性体 5 b は、検出コイル 2 b の磁束検出時において磁力線 6 b を強制的に制御する磁路を形成する。このため、検出された間接磁界の磁力線 6 b は、磁性体 5 b 内に形成された磁路に集中することとなり、検出コイル 2 b の鎖交磁束数は増加する。

40

【 0 0 3 9 】

ここで、検出コイル 2 b の検出感度は鎖交磁束数の増加に比例する。よって、鎖交磁束数の増加に伴い、検出コイル 2 b は効率よく電圧変化の検出を行うことができる。

【 0 0 4 0 】

このリモートフィールド渦電流探傷プローブ 1 によれば、励磁コイル 2 a により発生し配管 3 の内表面に作用する磁場 4 の磁束密度を高めることにより、励磁電流の増加や励磁コイル 2 a の大型化・複雑化を伴うことなく、配管 3 の内表面での励磁コイル 2 a の軸方

50

向の磁束密度を高めることができる。この結果、欠陥検出の感度に寄与する間接磁場の強度を増加させることができる。

【 0 0 4 1 】

また、検出コイル 2 b に磁性体 5 b を配置することにより、検出対象としての磁力線 6 b を集中させて鎖交磁束数を増加させることができるため、効果的に検出コイル 2 b の検出感度を向上させることができる。このため、感度上昇に寄与する励磁コイル 2 a の励磁電流の増加や、検出コイル 2 b の大型化・複雑化を伴うことなく、検出コイルの欠陥検出の感度を実現することができる。

【 0 0 4 2 】

さらに、磁性体 5 a は励磁コイル 2 a の両側面を遮蔽するように配置されたため、欠陥検出に寄与せず検出コイル 2 b の間接磁場の検出に対してノイズの要因となる、配管 3 に発生した直接磁場の影響を低減することができる。このため、欠陥検査の S N 比を向上させることができる。

【 0 0 4 3 】

すなわち、本実施形態におけるリモートフィールド渦電流探傷プローブ 1 によれば、リモートフィールド渦電流探傷試験の検出感度に影響を与える間接磁場の強度を高めることができるため、励磁コイル 2 a に印加される励磁電流の増加、およびリモートフィールド渦電流探傷プローブ 1 全体の大型化・複雑化を抑制して欠陥検査の検出感度を高めることが可能となる。

【 0 0 4 4 】

なお、本実施形態においては、励磁コイル 2 a および検出コイル 2 b にそれぞれ磁性体 5 a、磁性体 5 b を設けたが、励磁コイル 2 a および検出コイル 2 b の少なくとも一方に磁性体を設けてもよい。後述する各実施形態においても同様である。

【 0 0 4 5 】

また、励磁コイル 2 a および検出コイル 2 b の各コイルのコイル側面の二側面を覆うように磁性体 5 a、磁性体 5 b を配置したが、どちらか一方のコイル側面のみに磁性体を配置してもよい。

【 0 0 4 6 】

さらに、磁性体 5 a、5 b は、励磁コイル 2 a および検出コイル 2 b に密着配置される場合に限らず、励磁コイル 2 a および検出コイル 2 b のコイル側面に近接されて配置されていけばよい。また、磁性体はコイル側面の面積の少なくとも 5 0 % を覆う大きさであればよく、コイル側面よりも大きい形状であってもよい。

【 0 0 4 7 】

[第 2 実施形態]

本発明に係るリモートフィールド渦電流探傷プローブの第 2 実施形態を添付図面に基づいて説明する。

【 0 0 4 8 】

図 2 は、本発明に係るリモートフィールド渦電流探傷プローブの第 2 実施形態を示す概略的な断面構成図である。なお、図 2 に示すリモートフィールド渦電流探傷プローブ 1 1 は主要な構成のみを示すが、実際には図示しないコイルケースおよびケーブルなどが設けられて配管内に挿入可能に構成される。また、第 1 実施形態と対応する構成および部分については同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【 0 0 4 9 】

励磁コイル 1 2 a には、円板部材 1 7 a と、ボビン部材 1 8 a と、空間ギャップ形成部材 1 9 a とが一体となって構成された磁性体 1 5 a が設けられる。

【 0 0 5 0 】

磁性体 1 5 a の円板部材 1 7 a は、第 1 実施形態において説明した磁性体 5 a とほぼ同様の構成を有する。円板部材 1 7 a は、側面被覆部材として設けられる。

【 0 0 5 1 】

ボビン部材 1 8 a は、励磁コイル 1 2 a の巻線が巻かれた中心軸として設けられる。ボ

10

20

30

40

50

ピン部材 18 a は、円板部材 17 a と略垂直に構成され、また円板部材 17 a と連続した磁路を形成する。

【0052】

空間ギャップ形成部材 19 a は、励磁コイル 12 a のコイル両側面に配置された各円板部材 17 a の外周より、互いに励磁コイル 12 a の軸方向中央に向かって接近方向に所定量伸びて設けられる。相対する空間ギャップ形成部材 19 a は、励磁コイル 12 a により誘起された配管 13 の内表面近傍における直接磁場において、空間ギャップ 20 a を形成する。この空間ギャップ形成部材 19 a は、励磁コイル 12 a の軸方向中心に向かう伸び量を適宜任意の量で構成することにより、空間ギャップ 20 a を適宜任意の寸法・形状で構成可能とすることができる。

10

【0053】

ボビン部材 18 a の図示上下方向の厚み（励磁コイル 12 a 内径と同値）については、磁場解析に基づき、励磁コイル 12 a に流れる励磁電流の周波数 f と、磁性体 15 a の透磁率 μ および導電率 σ で決定される表皮深さ（ $1/\sqrt{(\pi f \mu \sigma)}$ ）の少なくとも 50% の厚さで構成されることで、磁力線 16 a の磁束密度を効率的に高めることができる。

【0054】

また、検出コイル 12 b には、同様に円板部材 17 b、ボビン部材 18 b、空間ギャップ形成部材 19 b が一体となって構成された磁性体 15 b が設けられる。この磁性体 15 b は、励磁コイル 12 a に配置された磁性体 15 a とほぼ同様の構成であるため、説明を省略する。

20

【0055】

励磁コイル 12 a、検出コイル 12 b に配置された磁性体 15 a、15 b は、被検査物としての配管 13 に対して非接触となっている。磁性体 15 a、15 b と被検査物である配管 13 とを直接接触しない配置構造にすることで、配管 13 に対して均一な間接磁界が作用するため、欠陥に対する信号強度のばらつきを少なくすることができる。

【0056】

なお、ボビン部材 18 b の図示上下方向の厚み（検出コイル 12 b 内径と同値）については、磁場解析に基づき、検出コイル 12 b に鎖交する交流磁場の周波数 f と、磁性体 15 b の透磁率 μ および導電率 σ で決定される表皮深さ（ $1/\sqrt{(\pi f \mu \sigma)}$ ）の少なくとも 50% の厚さで構成されることで、磁力線 16 b の磁束密度を効率的に高めることができる。

30

【0057】

本実施形態におけるリモートフィールド渦電流探傷プローブ 11 は、第 1 実施形態において説明した作用に加え、ボビン部材 18 a を設けたことにより、磁力線 16 a の磁路を強制的に制御することで、この配管 13 内表面近傍に発生する軸方向成分の磁場 14 についても、さらに磁束密度を高めることができる。

【0058】

また、磁性体 15 a に空間ギャップ形成部材 19 a を形成したことに伴い、励磁コイル 12 a により配管 13 内表面近傍に発生する軸方向成分の磁場 14 の磁束密度を、励磁コイル 12 a の巻数や励磁コイル 12 a の励磁電流を増加させることなく局所的に高めることができる。この結果、空間ギャップ 20 a によりもたらされた磁場分布が、配管 13 の管壁内における渦電流の発生を好適に制御することができ、さらには欠陥検出感度に影響を与える間接磁場の磁束密度を高めることができる。

40

【0059】

検出コイル 12 b についても、空間ギャップ形成部材 19 b を形成したことに伴い、間接磁場より検出する磁界の範囲を局所的に設定することができ、必要な欠陥検査情報のみを検出結果として出力することができる。この結果、リモートフィールド渦電流探傷プローブ 11 の検出感度をさらに向上させることができる。

【0060】

このリモートフィールド渦電流探傷プローブ 11 によれば、第 1 実施形態で奏する効果

50

に加え、励磁コイル 1 2 a の励磁電流の増加およびリモートフィールド渦電流探傷プローブ 1 1 全体の大型化・複雑化を抑制し、渦電流の発生に寄与する配管 1 3 内表面の軸方向成分の磁場 1 4 における磁場分布を好適に制御することができる。

【 0 0 6 1 】

また、リモートフィールド渦電流探傷プローブ 1 1 の検出感度についても、好適に向上させることができる。

【 0 0 6 2 】

なお、コイルの巻線が巻かれるボビンの全体を、磁性体のボビン部材で構成したが、これに限らず、合成樹脂などの磁性体以外の物質で構成されたボビンの中心軸のみを、ボビン部材として円板部材と連続させた磁性体で構成してもよい。また、ボビンの外周部のみを、ボビン部材として円板部材と連続させた磁性体で構成してもよい。

10

【 0 0 6 3 】

また、磁性体は、円板部材およびボビン部材のみで構成してもよいし、円板部材および空間ギャップ形成部材のみで構成してもよい。

【 0 0 6 4 】

[第 3 実施形態]

本発明に係るリモートフィールド渦電流探傷プローブの第 3 実施形態を添付図面に基いて説明する。

【 0 0 6 5 】

図 3 は、本発明に係るリモートフィールド渦電流探傷プローブの第 3 実施形態を示す概略的な断面構成図である。なお、図 3 に示すリモートフィールド渦電流探傷プローブ 2 1 は主要な構成のみを示すが、実際には図示しないコイルケースおよびケーブルなどが設けられて配管内に挿入可能に構成される。また、第 1 および第 2 実施形態と対応する構成および部分については同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

20

【 0 0 6 6 】

本実施形態におけるリモートフィールド渦電流探傷プローブ 2 1 は、励磁コイル 2 2 a に設けられた磁性体 2 5 a の空間ギャップ形成部材 2 9 a に、距離調整部材およびギャップ調整部材としての調整部材 3 1 a が設けられた点で第 2 の実施形態と相違する。

【 0 0 6 7 】

この調整部材 3 1 a は、磁性体 2 5 a の空間ギャップ形成部材 2 9 a の外周に沿って設けられる。調整部材 3 1 a は、図示上下方向の断面が略三角形で形成される。また、調整部材 3 1 a の配管 2 3 の内表面に近接する頂点部 3 3 a については、過度な磁場の集中を避けるため曲率をもって形成される。

30

【 0 0 6 8 】

相対して配置された調整部材 3 1 a は、軸方向の距離が適宜任意の距離に調整されて配置されることにより、空間ギャップ 3 0 a の長さを調整することができる。また、調整部材 3 1 a の図示上下方向の長さが適宜任意の長さに調整されて配置されることにより、配管 2 3 の内表面と磁性体 2 5 a との距離を調整することができる。この調整部材 3 1 a の配置は、欠陥検査に応じて適宜好適な位置に配置されることが望ましい。

【 0 0 6 9 】

また、検出コイル 2 2 b についても、励磁コイル 2 2 a に設けられた磁性体 2 5 a とほぼ同様の構成を有する磁性体 2 5 b が設けられる。この磁性体 2 5 b は、励磁コイル 2 2 a に配置された磁性体 2 5 a とほぼ同様の構成であるため、説明を省略する。

40

【 0 0 7 0 】

励磁コイル 2 2 a 、検出コイル 2 2 b に配置された磁性体 2 5 a 、2 5 b は、被検査物としての配管 2 3 に対して非接触となっている。磁性体 2 5 a 、2 5 b と被検査物である配管 2 3 とを直接接触しない配置構造にすることで、配管 2 3 に対して均一な間接磁界が作用するため、欠陥に対する信号強度のばらつきを少なくすることができる。

【 0 0 7 1 】

本実施形態におけるリモートフィールド渦電流探傷プローブ 2 1 は、磁性体 2 5 a に調

50

整部材 3 1 a を形成したことに伴い、第 2 実施形態において説明した作用に加え、励磁コイル 2 2 a により、配管 2 3 内表面近傍の空間ギャップ 3 0 a に発生する軸方向成分の磁場 2 4 の磁束密度を、励磁コイル 2 2 a の巻数や励磁コイル 2 2 a の励磁電流を増加させることなく好適に制御することができる。この結果、空間ギャップ 3 0 a によりもたらされた磁場 2 4 の分布が配管 2 3 の管壁内に発生する渦電流の特性を好適に制御することができ、欠陥検出感度に影響を与える間接磁場の磁束密度を好適に高めることができる。

【 0 0 7 2 】

また、検出コイル 2 2 b に設けられた磁性体 2 5 b にも調整部材 3 1 b が設けられたことに伴い、より必要な欠陥検査情報のみを検出結果として出力することができる。この結果、リモートフィールド渦電流探傷プローブ 2 1 の検出感度をさらに向上させることができる。

10

【 0 0 7 3 】

このリモートフィールド渦電流探傷プローブ 2 1 によれば、第 1 および第 2 実施形態で奏する効果に加え、励磁コイル 2 2 a の励磁電流の変動やリモートフィールド渦電流探傷プローブ 2 1 全体の大型化・複雑化を不要とし、配管 2 3 内表面の軸方向成分の磁場 2 4 における磁場分布を容易に制御することができ、渦電流の特性および間接磁場の強度についても好適に制御することができる。

【 0 0 7 4 】

また、検出コイル 2 2 b についても、検出感度をより向上させることができる。

20

【符号の説明】

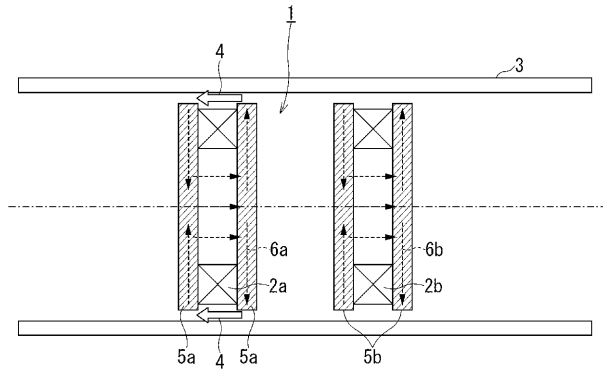
【 0 0 7 5 】

- 1 リモートフィールド渦電流探傷プローブ
- 2 a 励磁コイル
- 2 b 検出コイル
- 3 配管
- 4 磁場
- 5 a、5 b 磁性体
- 6 a、6 b 磁力線
- 1 1 リモートフィールド渦電流探傷プローブ
- 1 2 a 励磁コイル
- 1 2 b 検出コイル
- 1 3 配管
- 1 4 磁場
- 1 5 a、1 5 b 磁性体
- 1 6 a、1 6 b 磁力線
- 1 7 a、1 7 b 円板部材
- 1 8 a、1 8 b ポビン部材
- 1 9 a、1 9 b 空間ギャップ形成部材
- 2 0 a 空間ギャップ
- 2 1 リモートフィールド渦電流探傷プローブ
- 2 2 a 励磁コイル
- 2 2 b 検出コイル
- 2 3 配管
- 2 4 磁場
- 2 5 a、2 5 b 磁性体
- 2 9 a 空間ギャップ形成部材
- 3 0 a 空間ギャップ
- 3 1 a、3 2 b 調整部材
- 3 3 a 頂点部

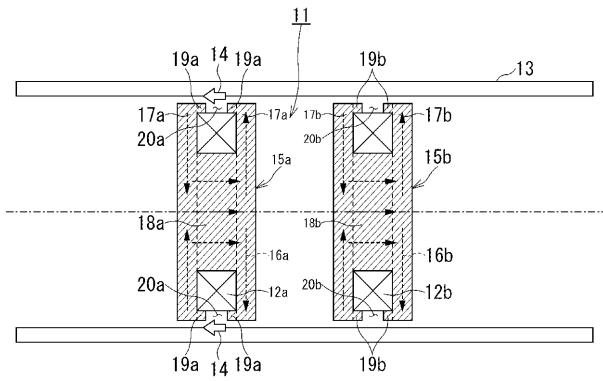
30

40

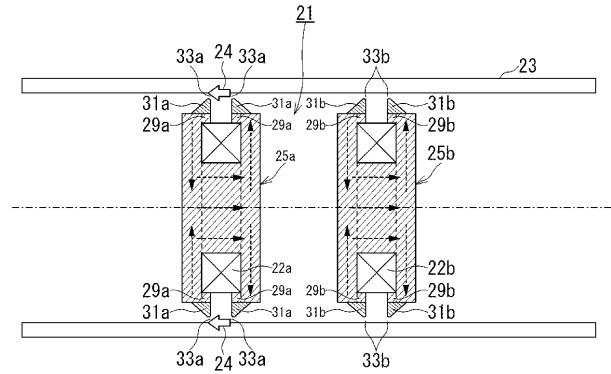
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



フロントページの続き

- (72)発明者 小林 徳康
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 長井 敏
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 アイテル技術サービス株式会社
- (72)発明者 落合 誠
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 神保 昇
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 小舞 正文
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

Fターム(参考) 2G053 AA11 AB21 BA12 BC02 BC14 CA03 DA01 DA09