(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2011 年 1 月 6 日(06.01.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/001771 A1

(51) 国際特許分類:
G01N 27/83 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2010/059102

(22) 国際出願日: 2010 年 5 月 28 日(28.05.2010)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2009-157126 2009 年 7 月 1 日(01.07.2009) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 国立大学法人　岡山大学(National University Corporation Okayama University) [JP/JP]; 〒7008530 岡山県岡山市北区津島中一丁目１番１号 Okayama (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 塚田　啓二(TSUKADA Keiji) [JP/JP]; 〒7008530 岡山県岡山市北区津島中三丁目１番１号　国立大学法人岡山大学大学院自然科学研究科内 Okayama (JP).

(74) 代理人: 矢野　寿一郎(YANO Juichiro); 〒5406134 大阪府大阪市中央区城見二丁目１番６１号 ツイン２１　ＭＩＤタワー３４階　矢野内外国特許事務所 Osaka (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

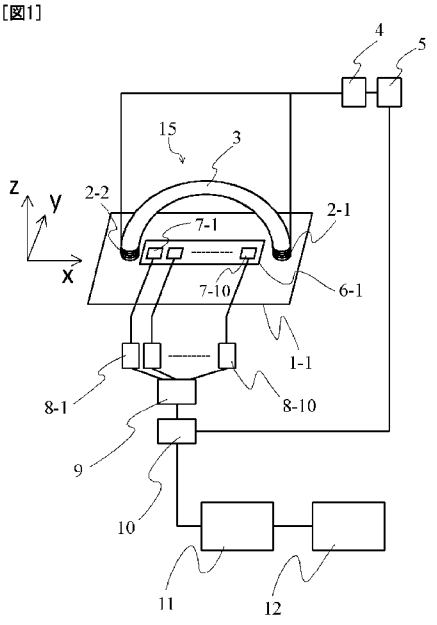
添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: LEAKAGE MAGNETIC FLUX FLAW INSPECTION METHOD AND DEVICE

(54) 発明の名称 : 漏洩磁束探傷方法及び装置

[図1]



(57) **Abstract**: Provided is a measurement and analysis method wherein, in conducting leakage magnetic flux flaw inspection, true signals due to defects can be captured with high accuracy in such a way that the measurement results are not affected by variations in measurement conditions. In this respect, there is disclosed a leakage magnetic flux flaw inspection method wherein parallel magnetic fluxes are generated on the surface of an object to be inspected, and wherein magnetic fluxes which leak from the surface of the object to be inspected are sensed by a magnetometric sensor. In this method there are provided an exciting coil which generates an alternating current magnetic field having variable frequencies, a power supply for the exciting coil, a magnetic sensor which detects horizontal components on the surface of the magnetic field that leaked from the surface of the object to be inspected, a lock-in demodulating circuit whereby a signal having the same frequency as that of the exciting coil is demodulated from the output of the magnetometric sensor, and a signal analysis apparatus which analyzes signal intensity and phase changes of the magnetometric sensor by means of an output signal from the lock-in demodulating circuit. The phase at each of the plurality of measurement points where measurements are made is added to the adjusted phase which is common to all measurement points. The cosine or sine of the trigonometric function of each phase thus found as a sum is obtained. The analytic value obtained by multiplying the signal intensity at each measurement point by the sine or cosine is displayed in terms of an arbitrary adjusted phase.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2011/001771 A1

【課題】漏洩磁束探傷方法において、測定した結果が測定状態の変動に影響されることなく、欠陥による真の信号が精度良くとらえられる計測及び解析方法を提供する。 【解決手段】被検査材表面に平行な磁束を発生させ、被検査体表面から漏洩する磁束を磁気センサによって検知する漏洩磁束探傷方法において、周波数が可変の交流磁場を発生させる励磁コイルと、励磁コイル用電源と、被検査体表面から漏洩した磁場の表面に水平な成分を検知する磁気センサと、磁気センサの出力から励磁コイルと同じ周波数の信号を検波するロックイン検波回路と、ロックイン検波回路の出力信号により磁気センサの出力の信号強度と位相変化を解析する信号解析装置を備え、多点計測した各計測点の位相と全ての計測点で共通の調整位相を足し合わせた位相の三角関数の余弦あるいは正弦を求め、各計測点での信号強度と正弦あるいは余弦をかけあわせた解析値を任意での調整位相で表示する。

明　細　書

発明の名称 ： 漏洩磁束探傷方法及び装置

技術分野

[0001] 本発明は、被検査材に交流磁場を印加し、被検査材表面から漏洩する漏洩磁束を検出することによって被検査材の欠陥を探傷する方法及び装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、鋼材の欠陥を検査する方法として、磁気を用いた漏洩磁束探傷方法がある。これは、測定対象を直流あるいは交流によって磁化させて、測定対象の表面から漏洩する磁束を主に磁気センサとしてサーチコイルで検出している。最近では、当該磁気センサとして磁気抵抗素子（ＭＲ）、ホール素子、磁気インピーダンス素子（ＭＩ）なども用いられ始めている。上記磁気を用いた漏洩磁束探傷方法では、測定対象である鋼材を直流あるいは交流によって磁化させた場合、鋼材表面に欠陥があると表面に漏洩磁束が発生するので、当該漏洩磁束の表面に平行な磁場成分あるいは垂直な磁場成分を磁気センサによって計測する。ここで、測定対象を磁化させる方法としては、励磁コイルによって直流に磁化させる方法と、交流に磁化させる方法がある。直流に磁化させる方法では、測定対象断面を一様に磁化させることができるので内部の欠陥を探傷する方法として主に用いられている。また、交流に磁化させる方法では、周波数に依存した表皮効果を有するので主に材料表面近くでの探傷に用いられている。また、ＭＲや、ホール素子、ＭＩ素子などの低周波まで感度がある磁気センサは、低周波で励磁することができるので、測定対象の深部の欠陥を検出する際に適用される。漏洩磁束探傷方法は、一般的に渦電流探傷方法に含まれる。渦電流探傷方法と漏洩磁束探傷方法とは、同じ構成の探傷方法であり、測定対象に磁場を印加して磁気センサで計測する方法である。また、低周波磁場を印加して、試料表面に平行な磁場成分を検出する渦電流探傷方法については、特許第３９８７９４１号公報（特許文

献１）に記載されている。

[0003] 測定対象としては様々な形状があるが、円柱状の鋼管や棒鋼などの欠陥を検出する場合には、励磁コイルとして貫通型コイルに測定対象を通して、交流磁化をする方法が良く行われている。また、大きな鋼管やタンクなどを検査する場合には、表面が平坦に近いため、Ｕの字の形状のヨーク材に励磁コイルを取り付け、ヨーク材両端の部分を測定対象に接触させ交流で磁化させる方法がよくとられている（非特許文献１、２参照）。

[0004] このような漏洩磁束探傷で測定対象の様々な位置で計測して得られた、多点計測データの処理として従来は、磁気センサの出力をそのまま信号強度として用い、計測位置による信号強度変化を見ることにより、欠陥部分や大きさを推定していた。また、最近では、磁気センサの出力を、励磁コイルと同期させてロックインアンプによって検波し、信号強度の他、位相を解析することが行われている。すなわち、計測位置による信号強度変化の他、位相変化をグラフ化して欠陥部分や大きさを推定している。例えば特開２００７－６４６２８号公報（特許文献２）では信号強度変化のグラフから、欠陥の深さと、大きさを同定する解析方法が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第３９８７９４１号公報

特許文献2：特開２００７－６４６２８号公報

非特許文献

[0006] 非特許文献1：「Ｎｏｎ－ｄｅｓｔｒｕｃｔｉｖｅ ｅｖａｌｕａｔｉｏｎ ｏｆｍａｇｎｅｔｉｃ ｍｅｔａｌｌｉｃ ｍａｔｅｒｉａｌｓ ｕｓｉｎｇ Ｈａｌｌｓｅｎｓｏｒｓ」Ｋ．Ｋｏｓｍａｓ，Ｃｈ．Ｓａｒｇｅｎｔｉｓ，Ｄ．Ｔｓａｍａｋｉｓ，Ｅ．Ｈｒｉｓｔｏｆｏｒｏｕ，Ｊｏｕｒｎａｌ ｏｆ Ｍａｔｅｒｉａｌｓ Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ Ｔｅｃｈｎｏｌｏｇｙ，Ｖｏｌ．１６１（２００５）ｐｐ．３５９－３６２

非特許文献2：「非線形渦電流解析による欠陥検査法」 後藤雄治，電気学会

誌，１２７巻（２００７）ｐｐ．７２７－７３０

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 上述したように、従来の漏洩磁束探傷方法では、測定した範囲での磁場強度変化や位相の変化をそれぞれ独自にグラフ化あるいはマッピングして、欠陥を検出し表示していた。しかし、これらの解析表示では、測定のための走査を行っているときに測定試料と、測定装置の励磁コイルや磁気センサとの距離が一定でない場合、その変動分が測定結果に大きく影響してしまうため、正確な欠陥位置や大きさを同定することが困難になることがあった。

[0008] そこで、本発明は、測定した結果が測定状態の変動に影響されることなく、欠陥による真の信号が精度良くとらえられる計測及び解析をするための漏洩磁束探傷方法及び装置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

[0009] 本発明は、

被検査材に交流磁場を印加する磁場印加手段と、

前記被検査材から漏洩する漏洩磁束を検出するセンサと、

前記センサから出力された信号と位相の変化を解析する解析手段と、

を用い、前記被検査材から漏洩する漏洩磁束を検出することにより欠陥を探傷する漏洩磁束探傷方法であって、

前記磁場印加手段により前記交流磁場を所定の磁場印加方向に印加して前記被検査材の表面と平行な磁束を生じさせる工程と、

前記センサにより前記被検査材の表面の複数位置における前記所定の磁場印加方向と平行な方向の磁場の大きさを検出する工程と、

前記センサの出力を前記交流磁場と同じ周波数で位相が互いに直交する２つの信号に検波して前記解析手段に入力する工程と、

前記解析手段に入力された前記２つの信号によって、前記複数位置における磁場の大きさのデータと前記位相のデータを算出し、当該位相に対して校正用の補正位相を加えたデータの正弦値あるいは余弦値を求め、前記磁場の

大きさのデータと前記正弦値あるいは前記余弦値との積を求め、前記複数位置における前記積の各値を用いて欠陥を特定する工程と、を備え、

前記欠陥を特定する工程において、

前記校正用の補正位相は、前記複数位置における前記位相に対して共通して加えることで前記位相を調整する共通の調整位相であり、

前記複数位置における前記積の各値は、前記共通の調整位相を任意に変化させて求められる前記複数位置における前記積の各値のうち、前記欠陥による磁場変化のみが抽出され得る共通の調整位相の時の前記複数位置における前記積の各値である漏洩磁束探傷方法である。

[0010] 本発明は、前記積の各値を、表示手段により表示する工程を有する漏洩磁束探傷方法である。

[0011] 本発明は、

被検査材に交流磁場を印加する磁場印加手段と、

前記被検査材から漏洩する漏洩磁束を検出するセンサと、

前記センサから出力された信号と位相の変化を解析する解析手段と、

を備え、前記被検査材から漏洩する漏洩磁束を検出することにより欠陥を探傷する漏洩磁束探傷装置であって、

前記センサの出力を前記交流磁場と同じ周波数で位相が互いに直交する２つの信号に検波するロックイン検波手段を備え、

前記磁場印加手段では、前記交流磁場を所定の磁場印加方向に印加して前記被検査材の表面と平行な磁束を生じさせ、

前記センサは、前記被検査材の表面の複数位置における前記所定の磁場印加方向と平行な方向の磁場の大きさを検出し、

前記解析手段は、前記２つの信号によって、前記複数の位置における磁場の大きさのデータと前記位相のデータを算出し、当該位相に対して校正用の補正位相を加えたデータの正弦値あるいは余弦値を求め、前記磁場の大きさのデータと前記正弦値あるいは前記余弦値との積を求め、前記複数位置における前記積の各値を用いて欠陥を特定し、

前記校正用の補正位相は、前記複数位置における前記位相に対して共通して加えることで前記位相を調整する共通の調整位相であり、

前記複数位置における前記積の各値は、前記共通の調整位相を任意に変化させて求められる前記複数位置における前記積の各値のうち、前記欠陥による磁場変化のみが抽出され得る共通の調整位相の時の前記複数位置における前記積の各値である漏洩磁束探傷装置である。

[0012] 本発明は、前記校正用の補正位相を入力する入力手段を備えた漏洩磁束探傷装置である。

[0013] 本発明は、前記センサを前記交流磁場の印加方向と交差する方向に移動させる走査手段を設けた漏洩磁束探傷装置である。

[0014] 本発明は、前記磁場印加手段は２つの磁極部を有し、この２つの磁極部間に複数の前記センサを並べて設けた漏洩磁束探傷装置である。

[0015] 本発明は、前記２つの磁極部が一組の励磁コイルであり、当該励磁コイルの面を対向配置し、前記励磁コイルの中に被検査材を挿通可能とするとともに、前記励磁コイルの中心軸に対して平行な方向に複数の前記センサを並べて設けた漏洩磁束探傷装置である。

発明の効果

[0016] 本発明によれば、漏洩磁束の平行成分を検知することにより欠陥の位置と対応した磁場変化をとらえることができ、さらにセンサにより得られた漏洩磁束による磁場信号を互いに直交する２つの信号である信号強度と位相に分け、複数位置で多点計測した各計測点での位相と全ての計測点で校正用の補正位相を足し合わせた位相の三角関数の余弦あるいは正弦を求め、これら信号強度と三角関数をかけた量を求めることによって、最適な信号変化を求めることができ、より正確な欠陥位置や大きさを同定することが可能となる。

[0017] 本発明によれば、前記積の各値を表示手段により表示することによって、前記補正位相を任意に変化させた場合に最適な信号変化を容易に求めることができ、より正確な欠陥位置や大きさを同定することが可能となる。

[0018] 本発明によれば、漏洩磁束の平行成分を検知することにより欠陥の位置と

対応した磁場変化をとらえることができ、さらにロックイン検波手段によりセンサにより得られた磁場信号を信号強度と位相に分け、複数位置で多点計測した各計測点での位相と全ての計測点で校正用の補正位相を足し合わせた位相の三角関数の余弦あるいは正弦を求め、これら信号強度と三角関数をかけた量を求めることによって、最適な信号変化を求めることができ、より正確な欠陥位置や大きさを同定することが可能となる。

[0019] 本発明によれば、前記補正位相を任意に入力可能となる。

[0020] 本発明によれば、二次元で欠陥を検出することができる。

[0021] 本発明によれば、複数個のセンサを並べることにより、検査時に磁極部間におけるセンサの移動が不要となり、測定状態の変動に影響されることなく一度に検査することが可能となる。

[0022] 本発明によれば、一組の該励磁コイルの面を対向させることにより、該励磁コイルの中に被検査材を通すことができ、一組の励磁コイルを結んだ中心軸と平行に、被検査材に磁束を導入することができる。このように方向性のよい磁束により被検査材の欠陥によって表面に漏洩した磁束を検知しやすくなり、さらにセンサとして磁束と同じ方向の成分を計測するため、欠陥による漏洩磁束の変化をより顕著に検出することができる。また、複数個のセンサを並べることにより、検査時に磁極部間におけるセンサの移動が不要となり、測定状態の変動に影響されることなく一度に検査することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明の一実施形態である漏洩磁束検査方法を適用する漏洩磁束探傷装置の基本構成を示す概略図である。

[図2]被検査材の構造を示す概略図であり、（ａ）は被検査材の裏面図、（ｂ）は（ａ）におけるＡ－Ａ矢視断面図である。

[図3]被検査材を測定した結果を示し、各点ｉにおける磁場強度（Ｂｘｉ）変化と位相θｉ変化を示す図である。

[図4]被検査材を測定した結果を示し、各点ｉにおけるＢｘｉ・ＳＩＮ（θｉ

＋α）を求めて、共通の調整位相αを２０度毎に変化させた時の結果を示す図である。

[図5]磁気センサアレイを２次元走査して得られたＢｘｉ・ＳＩＮ（θｉ＋α）の２次元データを用いて画像化したものを示す図である。

[図6]本発明の第二の実施形態である漏洩磁束探傷装置の基本構成を示す概略図である。

[図7]本発明の第三の実施形態である漏洩磁束探傷装置の基本構成を示す概略図である。

符号の説明

[0024]

１－１	被検査材
１－２	被検査材
１－３	被検査材
２－１	励磁コイル
２－２	励磁コイル
２－３	励磁コイル
２－４	励磁コイル
３	ヨーク材
４	励磁コイル用電源
５	発信器
６－１	磁気センサアレイ
６－２	磁気センサアレイ
６－３	磁気センサアレイ
７－１	磁気センサ
７－２	磁気センサ
７－３	磁気センサ
７－４	磁気センサ
７－５	磁気センサ
７－６	磁気センサ

７－７　磁気センサ

７－８　磁気センサ

７－９　磁気センサ

７－１０　磁気センサ

８－１　磁気センサ計測回路

８－２　磁気センサ計測回路

８－３　磁気センサ計測回路

８－４　磁気センサ計測回路

８－５　磁気センサ計測回路

８－６　磁気センサ計測回路

８－７　磁気センサ計測回路

８－８　磁気センサ計測回路

８－９　磁気センサ計測回路

８－１０　磁気センサ計測回路

９　マルチプレクサ

１０　ロックイン検波器

１１　信号解析装置

１２　表示機構

１３　長方形励磁コイル

１４　励磁コイル母材

１５・２５　磁場印加手段

発明を実施するための形態

[0025] 以下、本発明の実施形態を、添付する図面を参照して詳細に説明する。

また、同様の用途及び機能を有する部材には同符号を付してその説明を省略する。

実施例 1

[0026] 図１は、本発明の一実施形態である漏洩磁束探傷方法を適用する漏洩磁束探傷装置の基本構成を示す概略図である。

漏洩磁束探傷装置は、被検査材１－１から漏洩する漏洩磁束を検出することにより欠陥を探傷する装置である。漏洩磁束探傷装置は、図１に示すように、磁場印加手段１５、磁気センサアレイ６－１、ロックイン検波器１０、信号解析装置１１及び表示機構１２を主に具備している。

[0027] 磁場印加手段１５は、所定の厚みを有する被検査材１－１に交流磁場を印加する磁場印加手段であり、一組の励磁コイル２－１、２－２、ヨーク材３、励磁コイル用電源４及び発信器５により構成される。励磁コイル２－１、２－２は、磁極部の一例であり、Ｕ字型の前記ヨーク材３の両端部に各々反対巻きに巻回されている。また、励磁コイル２－１、２－２は、それぞれ励磁コイル用電源４に接続されており、当該励磁コイル用電源４には発信器５が接続されている。磁場印加手段１５は、励磁コイル用電源４により交流電流を励磁コイル２－１、２－２に通電することで励磁コイル２－１、２－２を励磁し、当該励磁コイル２－１、２－２を被検査材１－１表面に接触させることで前記被検査材１－１の表面と平行となるように磁束を生じさせることができる。つまり、磁場印加手段１５は、交流磁場を所定の磁場印加方向（本実施例においては、励磁コイル２－１、２－２間を結ぶ直線と平行な方向）に印加して被検査材の表面と平行な磁束を発生させることができる。

なお、前記ヨーク材３の形状はＵ字型に限定するものでなく、コの字型であってもかまわない。

[0028] 磁気センサアレイ６－１は、前記被検査材１－１から漏洩する漏洩磁束を検出するセンサであり、複数の磁気センサ７－１～１０を磁気センサアレイ６－１の長手方向に並べて設けたアレイ状のセンサである。磁気センサアレイ６－１は、前記励磁コイル２－１、２－２間を結ぶ直線に平行な方向に複数の磁気センサ７－１～１０を並べた状態で被検査材１－１表面に載置され、前記複数の磁気センサ７－１～１０は被検査材１－１の表面の複数位置における、磁場印加手段１５の磁場印加方向（前記励磁コイル２－１、２－２間を結ぶ直線上に平行な方向）と平行な方向の磁場成分を検出することができる。すなわち、磁気センサアレイ６－１は、被検査材１－１の表面の磁気

センサアレイ６－１長手方向における磁場印加手段１５の磁場印加方向と平行な方向の磁場の大きさを複数点で計測することができる。また、複数の磁気センサ７－１～１０は、それぞれに対応する磁気センサ計測回路８－１～１０に接続されており、当該磁気センサ計測回路８－１～１０により対応する磁気センサ７－１～１０が駆動される。磁気センサ計測回路８－１～１０は、マルチプレクサ９に接続されている。

[0029] ロックイン検波器１０は、磁気センサアレイ６－１の出力信号を前記交流磁場と同じ周波数で位相が互いに直交する２つの信号に検波するロックイン検波手段である。ロックイン検波器１０は、励磁コイル２－１、２－２に流された交流電流の交流周波数に同期した信号のみを検出する。つまり、ロックイン検波器１０は、励磁コイル２－１、２－２と同じ周波数で位相が互いに９０度異なる２つの信号に検波する。ロックイン検波器１０は、マルチプレクサ９に接続されている。

[0030] 信号解析装置１１は、前記磁気センサアレイ６－１から前記ロックイン検波器１０を介して出力された信号と位相の変化を解析する手段であり、前記ロックイン検波器１０に接続されている。すなわち、信号解析装置１１は、ロックイン検波器１０により検波された２つの信号によって、複数の位置における磁場の大きさのデータと前記位相のデータを算出し、当該位相に対して校正用の補正位相を加えたデータの正弦値あるいは余弦値を求め、前記磁場の大きさのデータと前記正弦値あるいは前記余弦値との積を求め、前記複数位置における前記積の各値を用いて欠陥を特定することができる。つまり、信号解析装置１１は、ロックイン検波器１０によって検波された信号を所定の解析方法により解析することができる。信号解析装置１１には、表示機構１２が接続されている。

また、信号解析装置１１には、前記校正用の補正位相を入力する入力手段（図示せず）が接続されている。

ここで、前記校正用の補正位相とは、磁気センサアレイ６－１の校正を行う際に、磁気センサアレイ６－１が有する複数の磁気センサ７－１～１０全

てに対して共通して適用される位相調整用の位相のことである（以下、共通の調整位相αという）。

[0031] 表示機構１２は、前記信号解析装置１１により解析結果を表示する表示手段である。表示機構１２は、例えば、前記ロックイン検波器１０を介して出力された信号と位相の変化や前記磁場の大きさのデータと前記正弦値あるいは前記余弦値との積の値のような被検査材１－１表面の欠陥を特定する際に必要な情報を表示することができる。

[0032] また、上述した漏洩磁束探傷装置に適用する本実施形態に係る漏洩磁束探傷方法は、

上記漏洩磁束探傷装置を用い、前記被検査材１－１から漏洩する漏洩磁束を検出することにより欠陥を探傷する漏洩磁束探傷方法であって、

前記磁場印加手段１５により前記交流磁場を所定の磁場印加方向に印加して前記被検査材１－１の表面と平行な磁束を生じさせる工程と、

前記磁気センサアレイ６－１により前記被検査材１－１の表面の複数位置における前記所定の磁場印加方向と平行な方向の磁場の大きさを検出する工程と、

前記磁気センサアレイ６－１の出力を前記交流磁場と同じ周波数で位相が互いに直交する２つの信号に検波して前記信号解析装置１１に入力する工程と、

前記信号解析装置１１に入力された前記２つの信号によって、前記複数位置における磁場の大きさのデータと前記位相のデータを算出し、当該位相に対して共通の調整位相αを加えたデータの正弦値あるいは余弦値を求め、前記磁場の大きさのデータと前記正弦値あるいは前記余弦値との積を求め、前記複数位置における前記積の各値を用いて欠陥を特定する工程と、を備えたものである。

以下、漏洩磁束探傷装置及び漏洩磁束探傷方法を具体的に説明する。

[0033] 図１に示すように、被検査材１－１表面に、励磁コイル２－１、２－２を接触させた状態で、当該励磁コイル２－１、２－２により交流磁場を所定の

印加方向（励磁コイル２－１、２－２を結ぶ直線と平行な方向）に印加して、前記被検査材１－１の表面と平行な磁束が導入される。この一組の励磁コイル２－１、２－２はＵの字型のヨーク材３の両端に取り付けており、この両端を結んだ直線の方向に磁束を導入することができる。励磁コイル用電源４は発信器５によって励磁の周波数を変えることができる。この発信器５の信号で励磁コイル用電源４を駆動し励磁コイル２－１と２－２に交流電流を流す。励磁コイル２－１と２－２は反対巻きになっており、片方が被検査材１－１に対してＮ極になり、もう一方は被検査材１－１に対してＳ極となるように構成されている。被検査材１－１の表面あるいは内部あるいは裏面に欠陥があると、その直上において漏洩磁束が漏洩し、磁場が変化する。この変化を磁気センサアレイ６－１で多点計測を行う。この磁気センサアレイ６－１が有する磁気センサ７－１～１０は、励磁コイル２－１、２－２が対向する方向と同方向、つまり磁束を導入したｘ方向に配列されている。また、磁気センサアレイ６－１の各磁気センサ７－１～１０は、磁気センサアレイ６－１の長手方向、つまり磁束を導入した方向の漏洩磁束の磁束密度成分Ｂｘを検出している。この磁束密度成分Ｂｘを計測する磁気センサとしては磁気抵抗素子（ＭＲ）を用いた。もちろん、磁気センサとして他の磁気インピーダンス素子（ＭＩ）や、ホール素子、フラックスゲート、超伝導量子干渉素子等いずれかを使用することもできる。

[0034] 磁気センサアレイ６－１には１０個の磁気センサ７－１～１０を並べて設けた。もちろん、磁気センサの数が多く、また磁気センサ間隔を小さくすることにより空間分解能が高い測定が可能となる。また、複数個の磁気センサ７－１～１０を並べることにより、検査時に励磁コイル２－１と２－２の間の移動（走査）が不要となり、測定状態の変動に影響されることなく一度に検査することが可能となる。磁気センサ７－１～１０にはそれぞれ計測用として磁気センサ計測回路８－１～１０を設けて、これらの各出力をマルチプレクサ９によって切り替えてロックイン検波器１０によって検波する。この検波により励磁コイル２－１と２－２に流す交流電流の信号を作っている発

信器５に同期した信号だけを検出することができる。そして、発信器５の信号に対する同相の信号と、９０度位相がずれている信号が、ロックイン検波器１０によって２つに分離して検出される。この同相信号と直交信号によって、磁気センサアレイ６－１における各磁気センサ７－１～１０の信号の信号強度Ｂｘｉと位相θｉを算出することができる。信号解析装置１１においてＢｘｉ・ＳＩＮ（θｉ＋α）を計算し、データを表示機構１２に表示する。ここで、このデータを見ながら解析処理を進め、共通の調整位相αを変化させ、最適な最終表示を行う。すなわち、この最適な最終表示を行うことにより、共通の調整位相αを任意に変化させた場合に最適な信号変化を容易に求めることができ、より正確な欠陥位置や大きさを同定することが可能となる。

なお、上述した共通の調整位相αを変化させて、欠陥位置や大きさを検出するための最適なＢｘｉ・ＳＩＮ（θｉ＋α）を求める方法としては、Ｂｘｉ・ＳＩＮ（θｉ＋α）として所定の閾値を予め設定しておき、信号解析装置１１が有する図示しない演算手段により所定のプログラムを実行して自動的に求めることも可能である。

[0035] 次に、漏洩磁束探傷装置の基本性能を示すため、被検査材１－１として図２（ａ）（ｂ）に示す裏面に同じ形状の２つの穴が穿設された鉄板を用いて欠陥の検出を行った。この鉄板は板厚１０ｍｍ、大きさ５００ｍｍ×５００ｍｍで、穴形状としてφ３０ｍｍ（図２（ａ）に示すｄ）、深さ６ｍｍ（図２（ｂ）に示すｈ）で裏面（底面）に穴があいていて表面においては穴が隠れた状態である。これを被検査材１－１の表面（矢印Ｓ側）から、図１の漏洩磁束探傷方法を適用した漏洩磁束探傷装置を用いて計測した。ここで、磁気センサアレイ６－１には磁気センサが１０個配置しているので、一度に１０点の計測データが得られる。これをさらに所定方向に移動させて計測することによって、もっと広い範囲の計測データを合成して得ることができる。

[0036] 図３は被検査材１－１を測定した結果を示し、磁気センサ７－１～１０における各計測点である各点ｉにおける磁場強度（Ｂｘｉ）変化と、位相θｉ

変化を示している。図３において、上グラフの横軸が各点ｉ、縦軸が磁場強度（μＴ）であり、下グラフの横軸が各点ｉ、縦軸が位相（ｒａｄ）である。また、図４は本発明の漏洩磁束探傷方法による解析によって得られる結果を示しており、各点ｉにおける磁場強度Ｂｘｉ・ＳＩＮ（θｉ＋α）を求め、ここで、共通の調整位相αを２０度毎に変化させた時の結果を示したものである。従来は図３のように磁場強度変化や位相変化をそれぞれ単独で見て欠陥を検出していた。一方、本発明では図４のように磁場強度と位相情報を掛け合わせることによって、さらに共通の調整位相αを調整することにより欠陥による磁場変化のみが顕著に抽出できるようになる。ここで、図４では共通の調整位相αが１８０度の時、欠陥の位置に対応した明確な信号変化（２つの下向きピーク）を確認することができている。この共通の調整位相αはいったん決定されれば、各計測時に調整する必要は特になく、欠陥のない標準サンプルなどを使って漏洩磁束探傷装置を校正しておけばよい。

なお、前記共通の調整位相αとしては、漏洩磁束探傷装置の設けられた図示しない入力手段により任意の値を信号解析装置１１に入力することが可能である。

[0037] また、図示しないが、上述した漏洩磁束探傷装置においては、磁気センサアレイ６－１を交流磁場の印加方向と交差する方向に移動させる走査手段を設け、交流磁場の印加方向、すなわち本実施例では磁気センサアレイの長手方向に対して垂直方向に走査して計測することによりＢｘｉ・ＳＩＮ（θｉ＋α）の２次元のデータを得て、欠陥を二次元で検出することができる。上述したように本実施例に係る漏洩磁束探傷装置においては、共通の調整位相が１８０度の場合において最も欠陥に対応した信号が得られたので、この共通の調整位相を用いて画像データとして表示することができる。図５は、図２の片方の穴を中心とした走査範囲１００ｍｍ×１００ｍｍで計測した結果を示しており、穴の大きさに対応した画像が得られている。このように本発明により従来困難であった被検査材の裏面の欠陥も精度良く検知できるようになった。

なお、磁場印加手段１５と磁気センサアレイ６－１とを一体的に構成し、これに走査手段を設けることで、磁場印加手段１５と磁気センサアレイ６－１とを一体として移動することができるように構成してもかまわない。

[0038] 以上のように、漏洩磁束探傷装置及びこの漏洩磁束探傷装置に適用する漏洩磁束探傷方法を構成することで、漏洩磁束の平行成分を検知することにより欠陥の位置と対応した磁場変化をとらえることができ、さらに磁気センサアレイ６－１により得られた漏洩磁束による磁場信号を互いに直交する２つの信号である信号強度と位相に分け、複数位置で多点計測した各計測点での位相と全ての計測点で共通の調整位相αを足し合わせた位相の三角関数の余弦あるいは正弦を求め、これら信号強度と三角関数をかけた量を求めることによって、欠陥を検出しやすい最適な信号変化を求めることができ、より正確な欠陥位置や大きさを同定することが可能となる。

[0039] また、本実施例のように、漏洩磁束探傷装置及びこの漏洩磁束探傷装置に適用する漏洩磁束探傷方法を構成することで、一組の該励磁コイル２－１、２－２をＵあるいはコの字型のヨーク材３の両端部に設けことにより、一組の励磁コイル２－１、２－２を結んだ直線と平行に、被検査材１－１に磁束を導入することができる。このように方向性のよい磁束により被検査材１－１の欠陥によって表面に漏洩した磁束を検知しやすくなり、さらに磁気センサとして磁束と同じ方向の成分を計測するため、欠陥による漏洩磁束の変化をより顕著に検出することができる。また、複数個の磁気センサ７－１～１０を並べて配置することにより、検査時に移動をしなくても一度に検査することが可能となる。

実施例 2

[0040] 次に、本発明に係る漏洩磁束探傷方法を適用する漏洩磁束探傷装置の別実施例について図６を用いて説明する。

本実施例に係る漏洩磁束探傷装置は、被検査材１－２から漏洩する漏洩磁束を検出することにより欠陥を探傷する装置であり、図６に示すように、磁場印加手段２５、磁気センサアレイ６－２、図１で示した、ロックイン検波

器１０、信号解析装置１１及び表示機構１２を主に具備している。磁気センサアレイ６－２、ロックイン検波器１０、信号解析装置１１及び表示機構１２については、実施例１と同様であり、詳細な説明は省略する。

[0041] 磁場印加手段２５は、所定の厚みを有する円筒状の被検査材１－２（例えば、鋼管）に交流磁場を印加する磁場印加手段であり、一組の励磁コイル２－３、２－４、励磁コイル用電源４及び発信器５により構成される。励磁コイル２－３、２－４は、磁極部の一例であり、当該励磁コイル２－３、２－４の面が対向した状態で前記励磁コイル２－３、２－４の中に被検査材１－２を挿通して配置することが可能であり、各々反対巻きに巻回されている。また、励磁コイル２－３、２－４は、それぞれ励磁コイル用電源４に接続されており、当該励磁コイル用電源４には発信器５が接続されている。磁場印加手段２５は、励磁コイル用電源４より交流電流を励磁コイル２－３、２－４に通電することで励磁コイル２－３、２－４を励磁し、当該励磁コイル２－３、２－４に被検査材１－２を挿通させて配置することで前記被検査材１－２の表面と平行に（図６に示すｘ方向に）磁束を生じさせることができる。

[0042] 磁気センサアレイ６－２は、前記被検査材１－２から漏洩する漏洩磁束を検出するセンサであり、複数の磁気センサ７－１～１０を磁気センサアレイ６－２の長手方向に並べて設けたアレイ状のセンサである。磁気センサアレイ６－２は、前記励磁コイル２－３、２－４の中心軸に対して平行な方向に複数の磁気センサ７－１～１０を並べた状態で被検査材１－２表面に載置され、前記複数の磁気センサ７－１～１０は被検査材１－２の表面の複数位置における、磁場印加手段１５の磁場印加方向（前記励磁コイル２－３、２－４の中心軸に平行な方向：ｘ方向）と平行な方向の磁場成分を検出することができる。すなわち、磁気センサアレイ６－２は、被検査材１－２の表面の磁気センサアレイ６－２長手方向における磁場印加手段２５の磁場印加方向と平行な方向の磁場の大きさを複数点で計測することができる。また、複数の磁気センサ７－１～１０は、それぞれに対応する磁気センサ計測回路８－

１～１０に接続されており、当該磁気センサ計測回路８－１～１０により対応する磁気センサ７－１～１０が駆動される。磁気センサ計測回路８－１～１０は、マルチプレクサ９に接続されている。

なお、前記励磁コイル２－３、２－４の巻回形状は、本実施例の如く、正面視円形状に特に限定するものでなく、筒状の被検査材に適宜対応させた形状、例えば楕円状や四角状とすることができる。

[0043] つまり、本実施例では、一組の円形状の励磁コイル２－３、２－４の面を対向させ、円筒状の鋼管である被検査材１－２を励磁コイル２－３、２－４の中に挿通させて、磁束を鋼管の中心軸に平行に導入する。また、本実施例では、被検査材１－２の中心軸に平行な方向の磁場成分を検知する磁気センサ７－１～１０を、中心軸に対して平行方向に多数個を並べた磁気センサアレイ６－２を用いた。この構成により、円筒状の測定対象の表面のみならず、測定対象の内部あるいは配管内部表面の欠陥を検知することができるようになった。

[0044] 本実施例のように、漏洩磁束探傷装置を構成すること、すなわち、一組の該励磁コイル２－３、２－４の面を対向させることにより、該励磁コイル２－３、２－４の中に被検査材１－２を通すことができ、一組の励磁コイル２－３、２－４を結んだ中心軸と平行に、被検査材１－２に磁束を導入することができる。このように方向性のよい磁束により被検査材の欠陥によって表面に漏洩した磁束を検知しやすくなり、さらに磁気センサとして磁束と同じ方向の成分を計測するため、より欠陥による漏洩磁束の変化を顕著に検出することができる。また、複数個の磁気センサ７－１～１０を並べることにより、検査時に移動をしなくても一度に検査することが可能となる。

実施例 3

[0045] 次に、本発明に係る漏洩磁束探傷方法を適用する漏洩磁束探傷装置の別実施例について図７を用いて説明する。

図７は本発明の図６の実施形態と同じ機能をもたせるための別の形態を示している。図６では円筒状の鋼管を計測するために、励磁コイル２－３、２

－４を円筒周囲に巻きつける構造を用いた。しかし、大きな径の鋼管の場合、励磁コイルを巻きつけることが困難な場合がある。これを回避する方法として、図７に示すように所定大きさの長方形励磁コイル１３を多数個組み合わせて、被検査材１－３（鋼管）に巻き付けることで、被検査材１－３に磁場を印加する励磁コイルを構成することができる。具体的には、個々の長方形励磁コイル１３は、可塑性のある励磁コイル母材１４に形成されているので、円筒形状にもぴったり合わせることができ、被検査材１－３の円筒の鋼管表面に張り付けることができる。これらを被検査材１－３の周方向に直列につなぐことにより、実質的に図６における円形の励磁コイル２－３、２－４と同様の機能を有することができる。円筒の長さ方向に沿って配置された励磁コイル１３の配線部分は隣り合った励磁コイル１３の配線と重なっている。このため、励磁コイル１３に流れる電流は隣の励磁コイル１３とは反対方向の電流となるので、お互いがキャンセルされる。また、励磁コイル１３の円周上にある配線部分は重なっているのではなく、隣接する励磁コイル１３に流れる電流の方向と同じ方向になるので、結果的には円筒状の鋼管の円周全てを回る電流を形成することができる。これにより、本実施例に示す磁場印加手段は、実質的に図６と同じ励磁コイル２－３、２－４の機能を持たせることができ、しかもコイルを分割して張り付けることができるので取り外しが非常に簡単な励磁コイルを実現できている。漏洩磁束は、図６の実施例と同じように励磁コイルの中心軸に平行な方向（ｘ方向）の磁場成分を検知する磁気センサ７－１～１０を多数個を並べた磁気センサアレイ６－３を使って計測される。

[0046] 以上のように、本発明に係る漏洩磁束探傷方法を適用した漏洩磁束探傷装置は、被検査材表面に平行な磁束を発生させ、該被検査体表面から漏洩する磁束を磁気センサによって検知する装置であり、周波数が可変の交流磁場を発生させる励磁コイルと励磁コイル用電源とを備え、該被検査体表面から漏洩した磁場の表面に水平な成分を検知する磁気センサを設け、該磁気センサの計測回路の出力から前記励磁コイルと同じ周波数の信号を検波するロック

イン検波手段を備え、該ロックイン検波手段の出力信号により該磁気センサの出力の信号強度と位相変化を解析する信号解析装置を備え、多点計測した各計測点での該位相と全ての計測点で共通の調整位相を足し合わせた位相の三角関数の余弦あるいは正弦を求め、各計測点での該信号強度と該正弦あるいは該余弦をかけあわせた解析値を任意での前記調整位相で表示するものである。

[0047] また、本発明に係る漏洩磁束探傷方法を適用した漏洩磁束探傷装置は、漏洩磁束の平行成分を検知することにより欠陥の位置と対応した磁場変化をとらえることができ、さらにロックイン検波手段により磁場信号を信号強度と位相に分け、多点計測した各計測点での位相と全ての計測点で共通の調整位相を足し合わせた位相の三角関数の余弦あるいは正弦を求め、これら信号強度と三角関数をかけた量を求め、そこで調整位相を任意に変化させることによって、最適な信号変化を求めることができ、より正確な欠陥位置や大きさを同定することが可能となる。

[0048] 本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の技術的思想を逸脱しない範囲における種々の変形例・設計変更などをその技術的範囲内に包含することは云うまでもない。

産業上の利用可能性

[0049] 本発明は，鉄鋼構造物の測定対象に交流磁場を印加し，表面やあるいは内部、裏面側にある欠陥を検出する漏洩磁束探傷方法である。従来の漏洩磁束探傷方法は、表面の欠陥検査での精度が高かったが、本発明ではより深部あるいは裏面側の欠陥までを検査可能とした。これにより、工業プラントにおけるタンクや配管の内部欠陥や、橋梁などの溶接部などの欠陥検査に適用できる。

請求の範囲

[請求項1] 被検査材に交流磁場を印加する磁場印加手段と、

前記被検査材から漏洩する漏洩磁束を検出するセンサと、

前記センサから出力された信号と位相の変化を解析する解析手段と、

を用い、前記被検査材から漏洩する漏洩磁束を検出することにより欠陥を探傷する漏洩磁束探傷方法であって、

前記磁場印加手段により前記交流磁場を所定の磁場印加方向に印加して前記被検査材の表面と平行な磁束を生じさせる工程と、

前記センサにより前記被検査材の表面の複数位置における前記所定の磁場印加方向と平行な方向の磁場の大きさを検出する工程と、

前記センサの出力を前記交流磁場と同じ周波数で位相が互いに直交する２つの信号に検波して前記解析手段に入力する工程と、

前記解析手段に入力された前記２つの信号によって、前記複数位置における磁場の大きさのデータと前記位相のデータを算出し、当該位相に対して校正用の補正位相を加えたデータの正弦値あるいは余弦値を求め、前記磁場の大きさのデータと前記正弦値あるいは前記余弦値との積を求め、前記複数位置における前記積の各値を用いて欠陥を特定する工程と、を備え、

前記欠陥を特定する工程において、

前記校正用の補正位相は、前記複数位置における前記位相に対して共通して加えることで前記位相を調整する共通の調整位相であり、

前記複数位置における前記積の各値は、前記共通の調整位相を任意に変化させて求められる前記複数位置における前記積の各値のうち、前記欠陥による磁場変化のみが抽出され得る共通の調整位相の時の前記複数位置における前記積の各値であることを特徴とする漏洩磁束探傷方法。

[請求項2] 前記積の各値を、表示手段により表示する工程を有することを特徴

とする請求項１に記載の漏洩磁束探傷方法。

[請求項3] 被検査材に交流磁場を印加する磁場印加手段と、

前記被検査材から漏洩する漏洩磁束を検出するセンサと、

前記センサから出力された信号と位相の変化を解析する解析手段と、

を備え、前記被検査材から漏洩する漏洩磁束を検出することにより欠陥を探傷する漏洩磁束探傷装置であって、

前記センサの出力を前記交流磁場と同じ周波数で位相が互いに直交する２つの信号に検波するロックイン検波手段を備え、

前記磁場印加手段では、前記交流磁場を所定の磁場印加方向に印加して前記被検査材の表面と平行な磁束を生じさせ、

前記センサは、前記被検査材の表面の複数位置における前記所定の磁場印加方向と平行な方向の磁場の大きさを検出し、

前記解析手段は、前記２つの信号によって、前記複数の位置における磁場の大きさのデータと前記位相のデータを算出し、当該位相に対して校正用の補正位相を加えたデータの正弦値あるいは余弦値を求め、前記磁場の大きさのデータと前記正弦値あるいは前記余弦値との積を求め、前記複数位置における前記積の各値を用いて欠陥を特定し、

前記校正用の補正位相は、前記複数位置における前記位相に対して共通して加えることで前記位相を調整する共通の調整位相であり、

前記複数位置における前記積の各値は、前記共通の調整位相を任意に変化させて求められる前記複数位置における前記積の各値のうち、前記欠陥による磁場変化のみが抽出され得る共通の調整位相の時の前記複数位置における前記積の各値であることを特徴とする漏洩磁束探傷装置。

[請求項4] 前記校正用の補正位相を入力する入力手段を備えたことを特徴とする請求項３に記載の漏洩磁束探傷装置。

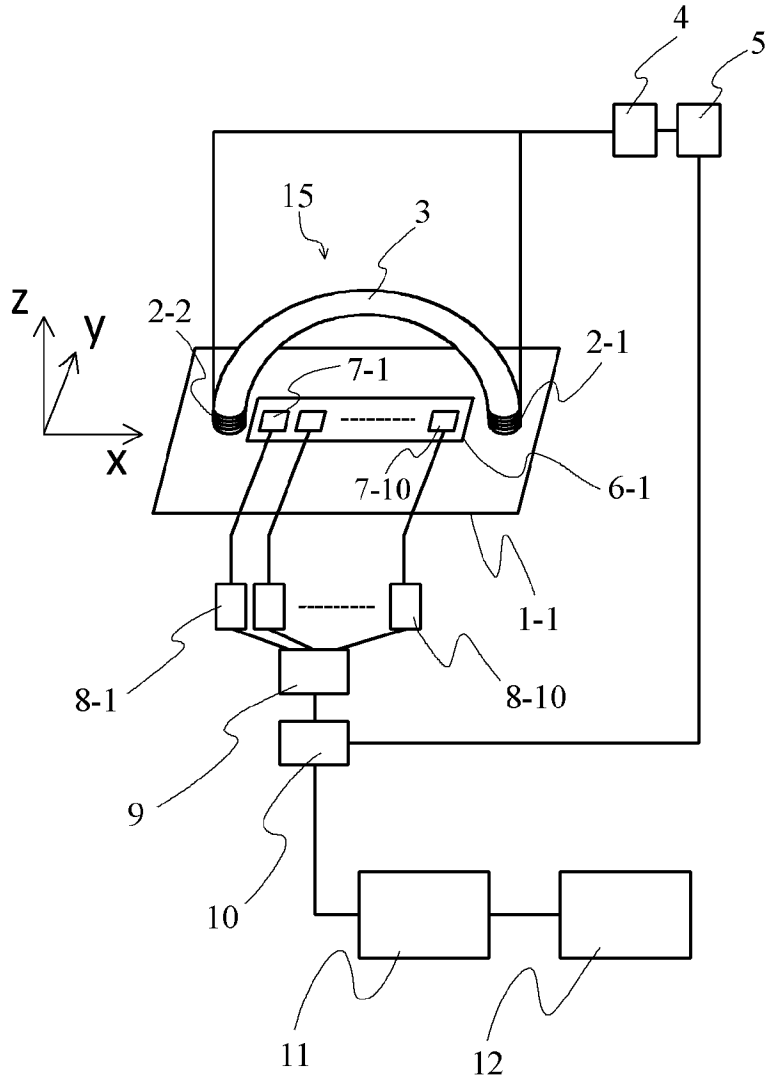
[請求項5] 前記センサを前記交流磁場の印加方向と交差する方向に移動させる

走査手段を設けたことを特徴する請求項３または請求項４に記載の漏洩磁束探傷装置。

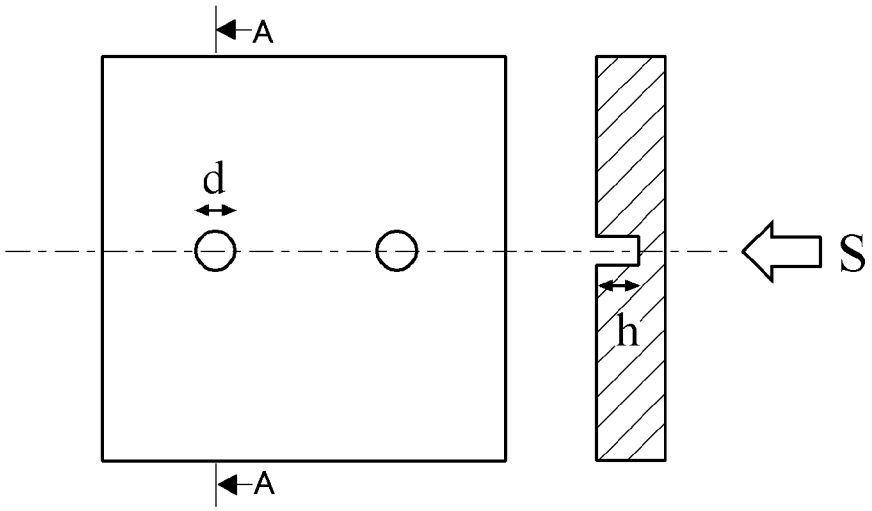
[請求項6] 前記磁場印加手段は２つの磁極部を有し、この２つの磁極部間に複数の前記センサを並べて設けたことを特徴とする請求項３から請求項５の何れか一項に記載の漏洩磁束探傷装置。

[請求項7] 前記２つの磁極部が一組の励磁コイルであり、当該励磁コイルの面を対向配置し、前記励磁コイルの中に被検査材を挿通可能とするとともに、前記励磁コイルの中心軸に対して平行な方向に複数の前記センサを並べて設けたことを特徴とする請求項６に記載の漏洩磁束探傷装置。

[図1]

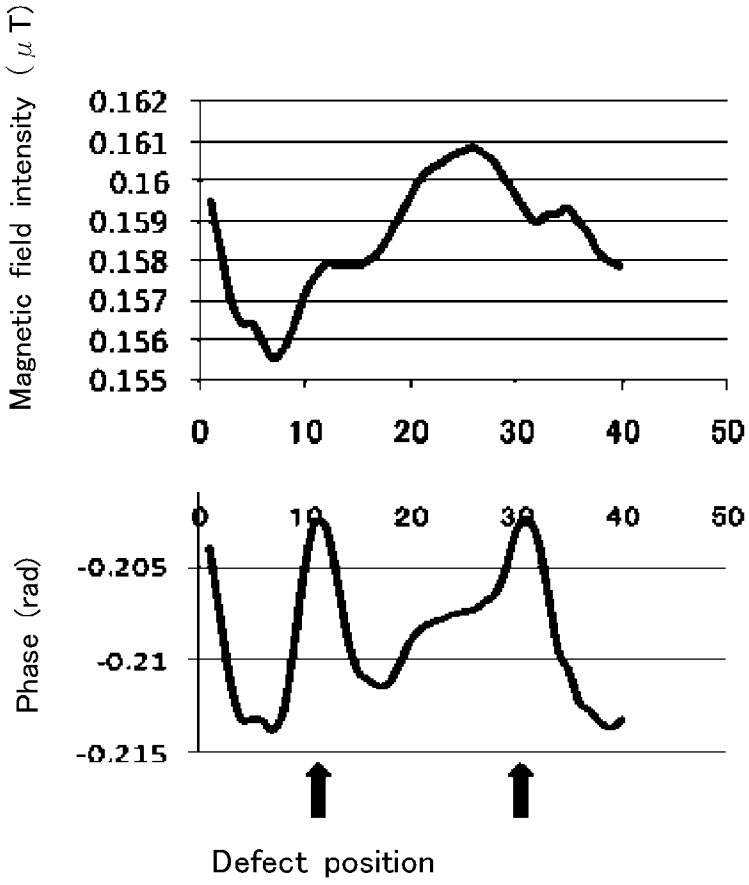


[図2]

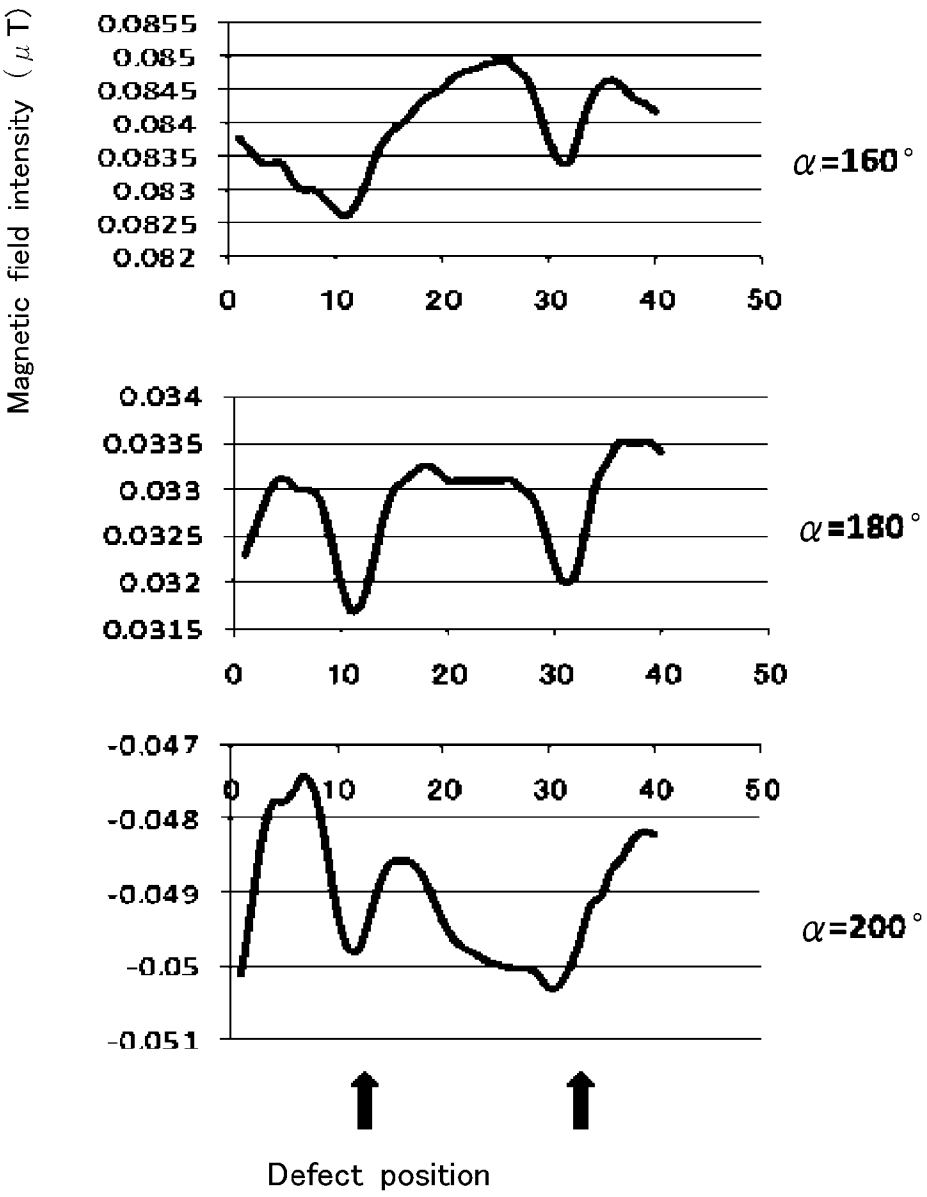

A
d
S
h
A

（a） （b）

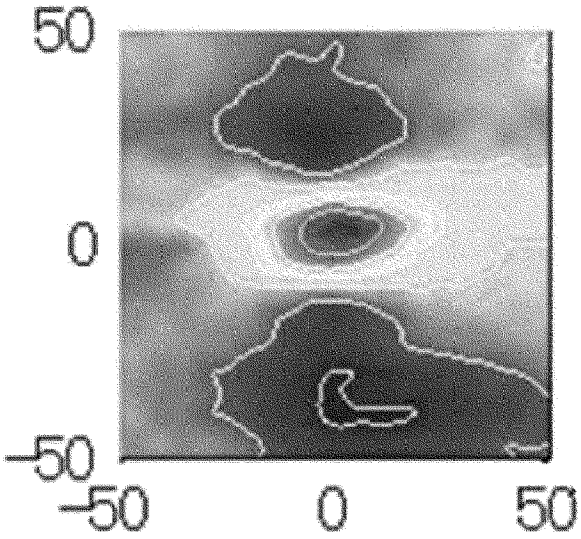
[図3]


Magnetic field intensity (μT)
0.162
0.161
0.16
0.159
0.158
0.157
0.156
0.155
0
10
20
30
40
50
Phase (rad)
-0.205
-0.21
-0.215
Defect position

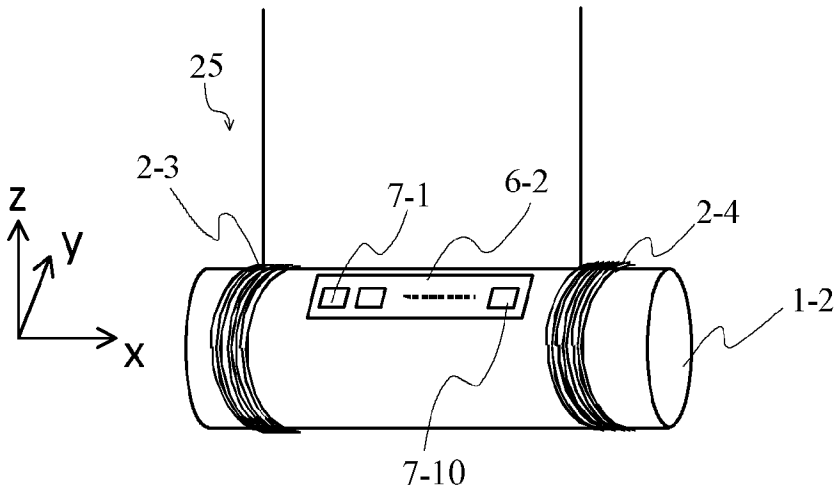
[図4]


Magnetic field intensity (μT)
0.0855
0.085
0.0845
0.084
0.0835
0.083
0.0825
0.082
0
10
20
30
40
50
α=160°
0.034
0.0335
0.033
0.0325
0.032
0.0315
α=180°
-0.047
-0.048
-0.049
-0.05
-0.051
α=200°
Defect position

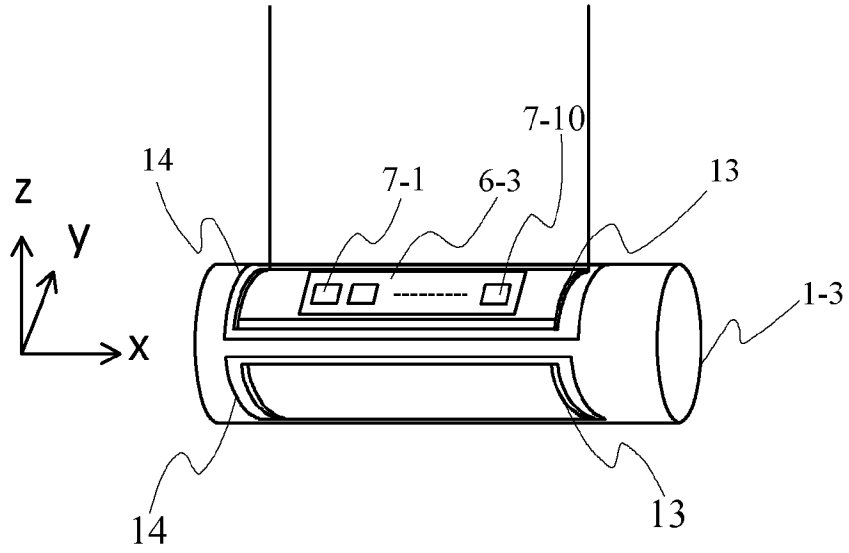
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2010/059102

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01N27/83(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01N27/72-27/90

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-220526 A (JFE Steel Corp.), 24 August 2006 (24.08.2006), claim 1; paragraphs [0013], [0014], [0021] to [0023], [0025]; fig. 1 (Family: none)	1-7
A	JP 02-228552 A (NKK Corp.), 11 September 1990 (11.09.1990), page 2, lower left column, lines 16 to 20; page 3, lower left column, line 8 to lower right column, line 17 (Family: none)	1-7
A	JP 63-129862 U (Sankyu Inc.), 24 August 1988 (24.08.1988), page 5, lines 10 to 16 (Family: none)	1-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
14 June, 2010 (14.06.10)	29 June, 2010 (29.06.10)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１０／０５９１０２

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01N27/83(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01N27/72-27/90

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１０年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2006-220526 A（ＪＦＥスチール株式会社）2006.08.24，請求項１，段落【００１３】,【００１４】,【００２１】－【００２３】,【００２５】,【図１】（ファミリーなし）	１－７
A	JP 02-228552 A（日本鋼管株式会社）1990.09.11，第２頁左下欄第１６－２０行，第３頁左下欄第８行－右下欄第１７行（ファミリーなし）	１－７
A	JP 63-129862 U（山九株式会社）1988.08.24，第５頁第１０－１６行（ファミリーなし）	１－７

☐　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 １４．０６．２０１０	国際調査報告の発送日 ２９．０６．２０１０
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　2W　４４０５ 中村　祐一 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２９２