

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7188552号
(P7188552)

(45)発行日 令和4年12月13日(2022.12.13)

(24)登録日 令和4年12月5日(2022.12.5)

(51)国際特許分類 F I
G 0 1 N 29/32 (2006.01) G 0 1 N 29/32
G 0 1 N 29/26 (2006.01) G 0 1 N 29/26

請求項の数 4 (全13頁)

(21)出願番号	特願2021-502654(P2021-502654)	(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
(86)(22)出願日	令和2年2月28日(2020.2.28)	(74)代理人	100161207 弁理士 西澤 和純
(86)国際出願番号	PCT/JP2020/008431	(74)代理人	100175802 弁理士 寺本 光生
(87)国際公開番号	WO2020/175687	(74)代理人	100169764 弁理士 清水 雄一郎
(87)国際公開日	令和2年9月3日(2020.9.3)	(74)代理人	100167553 弁理士 高橋 久典
審査請求日	令和3年7月20日(2021.7.20)	(72)発明者	濱野 聡明 東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号 株式 会社 I H I 内
(31)優先権主張番号	特願2019-35946(P2019-35946)	審査官	村田 顕一郎
(32)優先日	平成31年2月28日(2019.2.28)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 超音波探傷装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

検査対象に超音波を照射して反射波を検出する超音波探触子と、
前記検査対象の表面に貼り付けられ、前記検査対象上に配列されると共に前記検査対象上の位置を示す二次元模様が描かれているシート材と、
前記超音波探触子に取り付けられ、前記二次元模様を撮像する撮像装置と、
前記撮像装置が撮像した撮像画像から前記検査対象上の位置を示す位置情報を読み取り、前記超音波探触子の検出結果と前記位置情報とを関連付ける処理部と、を備え、
前記処理部は、
前記撮像画像の所定の範囲において気泡が映っている領域である気泡領域に基づいて、
前記検出結果の品質の度合いを示す指標を求め、
前記撮像画像において、前記所定の範囲の総画素数に対する前記気泡領域の画素数の割合を求め、前記割合から前記検査対象に対する前記シート材の接触率を求める、
超音波探傷装置。

10

【請求項 2】

前記処理部は、前記超音波探触子の前記検出結果と同時に得た前記撮像画像から前記接触率を求め、その求めた前記接触率と当該検出結果とを関連付ける、請求項 1 に記載の超音波探傷装置。

【請求項 3】

前記検査対象上における前記超音波探触子の走査範囲をメッシュ状の領域である複数の分

20

割領域に分割して表示部に表示する表示制御部を備え、

前記表示制御部は、前記接触率が閾値を超える場合には、前記複数の分割領域のうち当該接触率に関連付けられている位置情報を含む分割領域を第1の表示態様で表示し、前記接触率が閾値以下の場合には前記複数の分割領域のうち当該接触率に関連付けられている位置情報を含む分割領域を第1の表示態様とは異なる第2の表示態様で表示する、請求項2に記載の超音波探傷装置。

【請求項4】

操作部を備え、

前記表示制御部は、前記操作部により前記複数の分割領域のうち任意の前記分割領域が選択された場合には、前記選択された前記分割領域に対応する前記検出結果と当該検出結果に関連付けられた前記接触率とを前記表示部に表示する、請求項3に記載の超音波探傷装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、超音波探傷装置に関する。

本願は、2019年2月28日に日本に出願された特願2019-035946号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

【背景技術】

【0002】

下記特許文献1には、超音波探触子を用いて検査対象を走査することで検査対象内の傷を検出する超音波探傷装置が開示されている。

ところで、超音波探傷装置は、超音波探触子と検査対象との間に気泡が存在すると、当該気泡により超音波の伝搬が妨げられるため、検査対象内の傷を正しく検出できず、超音波探傷検査の信頼性が低下してしまう可能性がある。

【0003】

そこで、検査員が目視で気泡の有無を確認して、気泡が存在する場合には超音波探触子の検出結果を上記超音波探傷検査に用いないことが考えられる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】国際公開第2016/098224号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ただし、検査対象のうねりなどの表面状態によっては完全に気泡を排除することは現実的に困難であり、気泡をある程度許容せざるを得ない事がある。

【0006】

本開示は、このような事情に鑑みてなされ、その目的は、超音波探触子と検査対象との間に気泡が存在する場合であっても、超音波探傷検査の信頼性の低下を抑制することが可能な超音波探傷装置を提供することである。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

(1) 本開示の一態様は、検査対象に超音波を照射して反射波を検出する超音波探触子と、前記検査対象の表面に貼り付けられ、前記検査対象上に配列されると共に前記検査対象上の位置を示す二次元模様が描かれているシート材と、前記超音波探触子に取り付けられ、前記二次元模様を撮像する撮像装置と、前記撮像装置が撮像した撮像画像から前記検査対象上の位置を示す位置情報を読み取り、前記超音波探触子の検出結果と前記位置情報とを関連付ける処理部と、を備え、前記処理部は、前記撮像画像の所定の範囲において気泡が映っている領域である気泡領域に基づいて、前記検出結果の品質の度合いを示す指標を

50

求める、超音波探傷装置である。

【0008】

(2) 上記(1)の超音波探傷装置であって、前記処理部は、前記撮像画像において、前記所定の範囲の総画素数に対する前記気泡領域の画素数の割合を求め、前記割合から前記検査対象に対する前記シート材の接触率を求めてもよい。

【0009】

(3) 上記(2)の超音波探傷装置であって、前記処理部は、前記超音波探触子の前記検出結果と同時に得た前記撮像画像から前記接触率を求め、その求めた前記接触率と当該検出結果とを関連付けてもよい。

【0010】

(4) 上記(3)の超音波探傷装置であって、前記検査対象上における前記超音波探触子の走査範囲をメッシュ状の領域である複数の分割領域に分割して表示部に表示する表示制御部を備え、前記表示制御部は、前記接触率が閾値を超える場合には、前記複数の分割領域のうち当該接触率に関連付けられている位置情報を含む分割領域を第1の表示態様で表示し、前記接触率が閾値以下の場合には前記複数の分割領域のうち当該接触率に関連付けられている位置情報を含む分割領域を第1の表示態様とは異なる第2の表示態様で表示してもよい。

【0011】

(5) 上記(4)の超音波探傷装置であって、操作部を備え、前記表示制御部は、前記操作部により前記複数の分割領域のうち任意の前記分割領域が選択された場合には、前記選択された前記分割領域に対応する前記検出結果と当該検出結果に関連付けられた前記接触率とを前記表示部に表示してもよい。

【発明の効果】

【0012】

以上説明したように、本開示によれば、超音波探触子と検査対象との間に気泡が存在する場合であっても、超音波探傷走査の検査の信頼性の低下を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本実施形態に係る超音波探傷装置の概略構成の一例を示す図である。

【図2】本実施形態に係るシート材の一例を示す図である。

【図3A】本実施形態に係る処理部の演算処理を説明する図であって、気泡が含まれない撮像画像を示す図である。

【図3B】本実施形態に係る処理部の演算処理を説明する図であって、気泡が含まれる撮像画像を示す図である。

【図4】本実施形態に係る表示部の表示画面の一例である。

【図5】本実施形態に係る超音波探傷装置のフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本実施形態に係る超音波探傷装置を、図面を用いて説明する。

【0015】

本実施形態に係る超音波探傷装置Aは、対象物(検査対象)の超音波探傷検査に用いられ、検査対象の傷を検出する。本実施形態では、超音波探傷装置Aは、配管Pを検査対象として配管Pの溶接線に発生する亀裂等の傷を検出する。

【0016】

図1は、本実施形態に係る超音波探傷装置の概略構成の一例を示す図である。図1に示すように、超音波探傷装置Aは、シート材1、超音波探触子2、撮像装置3、超音波探傷器4及び情報処理装置5を備える。

【0017】

シート材1は、配管Pの表面に貼り付けられている。図2に示すように、シート材1は、表面に複数の二次元模様1aが描かれている。複数の二次元模様1aは、配管P上に配

10

20

30

40

50

列されるとともに、配管 P 上の位置を示す。例えば、二次元模様 1 a は、シート材 1 において、配管 P の軸方向（中心軸方向）及び周方向に複数描かれている。二次元模様 1 a には、配管 P 上の位置（座標）を示す情報（以下、「位置情報」という。）が暗号化されている。例えば、二次元模様 1 a は、配管 P の軸方向及び周方向に 10 mm 間隔で配置されている。例えば、二次元模様 1 a は、QR（登録商標）コードである。なお、シート材 1 は、配管 P の外周面において超音波探触子を走査する領域に設けられている。

【0018】

シート材 1 は、配管 P の表面に直接ではなく、超音波を伝播させるための接触媒質が配管 P の表面に塗布された状態で、配管 P の表面に貼り付けられてもよい。このように、配管 P 上に塗布された接触媒質の上からシート材 1 を貼り付けることで、接触媒質の粘着性によりシート材 1 を配管 P に吸着させることができる。さらに、接触媒質によって、配管 P の表面に凹凸がある場合でも、シート材 1 を平らに（すなわち軸方向及び周方向に延びる周面に沿うように）貼り付けることができる。接触媒質は、減衰を抑制しつつ超音波を伝搬させる物質であればよく、例えば、グリセリン、水、油等である。

10

【0019】

超音波探触子 2 は、同軸ケーブルを介して超音波探傷器 4 に接続されており、配管 P 上（配管 P の外周面上）を移動可能である。超音波探触子 2 は、先端から超音波を発生し、当該超音波の反射波を検出する。そして、超音波探触子 2 は、検出した反射波（エコー）の波形を検出信号（検出結果）W として超音波探傷器 4 に出力する。例えば、超音波探触子 2 は、検査員の手動によって配管 P 上の表面を移動しながら配管 P 上の所定の範囲（以下、「走査範囲」という。）S（図 4 参照）を超音波で走査して、配管 P の亀裂等を示すエコーを検出する。

20

【0020】

撮像装置 3 は、超音波探触子 2 に取り付けられている。言い換えれば、撮像装置 3 は、超音波探触子 2 と連結されており、超音波探触子 2 の移動に連動して移動する。撮像装置 3 は、配管 P 上に貼り付けられたシート材 1 の二次元模様 1 a を撮像する、例えば光学式の撮像装置である。撮像装置 3 は、信号ケーブルを介して超音波探傷器 4 に接続されている。撮像装置 3 は、読み取った二次元模様 1 a の撮像画像 G を超音波探傷器 4 に出力する。例えば、撮像装置 3 は、LED（Light Emitting Diode）等の発光素子を備える発光部と、CCD（Charge Coupled Device）カメラ等の撮像部と備え、超音波探触子 2 の移動方向における後側に取り付けられている。なお、撮像装置 3 は、シート材 1 の二次元模様 1 a を撮像可能であれば、超音波探触子 2 のどの部分に取り付けられていてもよい。また、撮像装置 3 は、超音波探触子 2 と同じ筐体で一体化されていてもよいし、別体であってもよい。

30

例えば、超音波探触子 2 と撮像装置 3 とを検査プローブとして一体化されてもよい。なお、本実施形態の検査プローブの構成は、例えば、国際公開第 2016/098224 号に記載された検査プローブの構成を用いることができる。

【0021】

超音波探傷器 4 は、超音波探触子 2 に接続されると共に情報処理装置 5 に接続されている。超音波探傷器 4 は、超音波探触子 2 及び撮像装置 3 に電力を供給する。超音波探傷器 4 は、超音波探触子 2 から入力される検出信号 W を、A/D 変換して情報処理装置 5 に出力する。言い換えれば、超音波探傷器 4 は、A/D コンバータを含む。なお、図 1 における矢印の向きは、検出信号 W の進む方向を表示しており、上述の電力供給の向きとは関係がない。

40

【0022】

超音波探触子 2 には、超音波探傷器 4 から電力が供給され、撮像装置 3 には情報処理装置 5 から電力が供給されてもよい。なお、超音波探触子 2 及び撮像装置 3 の、超音波探傷器 4 や情報処理装置 5 に対する接続は、有線接続に限らず、無線接続であってもよい。

【0023】

情報処理装置 5 は、超音波探傷器 4 に接続されている。例えば、情報処理装置 5 は、デ

50

スクトップ型またはノート型のコンピュータである。

【0024】

以下に、本実施形態に係る情報処理装置5について説明する。図1に示すように、情報処理装置5は、表示部11、操作部12、通信I/F部13及び制御部14を備える。

【0025】

表示部11は、制御部14からの情報を表示画面に表示する。例えば、表示部11は、CRT (Cathode Ray Tube) ディスプレイまたは液晶ディスプレイであり、制御部14の制御の下、各種情報を表示する。

【0026】

操作部12は、ユーザの操作を受け付け、ユーザから受け付けた操作に応じた操作指示を制御部14に出力する。例えば、操作部12は、マウス等のポインティングデバイス及びキーボードその他の操作装置である。

10

【0027】

通信I/F部13は、制御部14の制御の下、通信ケーブルを介して超音波探傷器4との間で各種信号の送受信を行う。通信I/F部13は、通信ケーブルを介して超音波探傷器4から受信した検出信号Wを制御部14に送信する。

通信I/F部13は、信号ケーブルを介して撮像装置3に接続されており、撮像装置3が撮像した二次元模様1aの撮像画像Gを受信する。通信I/F部13は、受信した撮像画像Gの画像情報をA/D変換して制御部14に送信する。

【0028】

20

例えば、制御部14は、CPU (Central Processing Unit)、ROM (Read Only Memory) 及びRAM (Random Access Memory) 等を備えている。

【0029】

以下に、本実施形態に係る制御部14の機能部について説明する。本実施形態に係る制御部14は、処理部21、表示制御部22及び格納部23を備える。なお、処理部21及び表示制御部22がそれぞれ、CPU、ROM及びRAM等を備えていてもよい。格納部23が、ROM及びRAM等の記憶装置を備えていてもよい。

【0030】

処理部21は、撮像画像Gから検査対象上の位置を示す位置情報を読み取る読取処理を実行する。すなわち、処理部21は、撮像画像Gを解析して、当該撮像画像Gに映っている二次元模様1aに暗号化されている位置情報を読み取る読取処理を実行する。そして、処理部21は、読取処理で読み取った位置情報と、当該読取処理で用いた撮像画像Gが得られたときに超音波探傷器4から受信した検出信号Wとを関連付ける。換言すれば、処理部21は、超音波探傷器4から受信した検出信号Wと、当該検出信号Wと同時に得た撮像画像Gから読み取った位置情報とを関連付ける。

30

【0031】

処理部21は、撮像画像Gの画像情報に基づいて、撮像画像Gの所定の範囲H内に映っている気泡の領域(以下、「気泡領域」という。)HAを検出する気泡検出処理を実行する。例えば、処理部21は、通信I/F部13から得られた撮像画像Gの画像情報を用いて撮像画像Gに対して所定の画像処理を行うことで、気泡領域HAを検出する気泡検出処理を実行する。所定の画像処理とは、気泡領域HAを検出する処理であって、2値化処理等の公知の画像処理を用いてもよい。なお、気泡領域HAを検出するとは、例えば、気泡領域HAの画素数Naを求めることである。

40

なお、読取処理と気泡検出処理とのそれぞれで用いられる撮像画像Gは、同一の撮像画像Gである。

【0032】

処理部21は、所定の範囲Hに対する気泡領域HAの割合を求め、その割合から接触率Rを求める演算処理を実行する。この接触率Rは、所定の範囲Hにおける配管Pの表面とシート材1との接触の割合を示す。例えば、処理部21は、演算処理として、撮像画像Gにおいて、所定の範囲Hの総画素数Nsに対する画素数Naの割合を求め、そして、処

50

理部 2 1 は、下記に示す式 (1) を用いて接触率 R を求める。

【 0 0 3 3 】

$$\text{接触率 } R [\%] = (1 - N_a / N_s) \times 100 \quad \dots (1)$$

【 0 0 3 4 】

図 3 A 及び 3 B は、本実施形態に係る処理部 2 1 の演算処理を説明する図である。図 3 A は、気泡がない場合の撮像画像 G 1 を示し、図 B は、気泡がある場合の撮像画像 G 2 を示す。

【 0 0 3 5 】

図 3 A に示すように、撮像画像 G 1 の所定範囲 H には、気泡が存在しない。したがって、処理部 2 1 は、撮像画像 G 1 に対して気泡検出処理及び演算処理を行うことで撮像画像 G 2 における所定範囲 H の接触率 $R_1 = 100\%$ を得る。一方、図 B に示すように、撮像画像 G 2 の所定範囲 H には、気泡が存在する。したがって、処理部 2 1 は、撮像画像 G 2 に対して気泡検出処理を行うことで気泡領域 H A の画素数 N_a を求める。そして、処理部 2 1 は、式 (1) を用いて演算処理を行うことで撮像画像 G 2 における所定範囲 H の接触率 R_2 を得る。ここで、総画素数 N_s に対する画素数 N_a の割合が 30% である場合には、処理部 2 1 は、式 (1) を用いて演算処理を行うことで撮像画像 G 2 における所定範囲 H の接触率 $R_2 = 70\%$ を得る。

【 0 0 3 6 】

次に、処理部 2 1 は、演算処理で求めた接触率 R と、当該演算処理で用いた撮像画像 G が得られたときに超音波探傷器 4 から受信した検出信号 W とを関連付ける。換言すれば、処理部 2 1 は、超音波探傷器 4 から受信した検出信号 W と、当該検出信号 W と同時に得た撮像画像 G から求めた接触率 R とを関連付ける。

【 0 0 3 7 】

表示制御部 2 2 は、配管 P 上における超音波探触子 2 の走査範囲 S をメッシュ状の領域である複数の分割領域 100 に分割して表示部 1 1 の表示画面に表示する。図 4 は、本実施形態に係る表示部 1 1 の表示画面の一例である。

【 0 0 3 8 】

表示制御部 2 2 は、処理部 2 1 が算出した接触率 R と予め設定された閾値 R_{th} とを比較して、接触率 R が閾値 R_{th} を超える場合には、複数の分割領域 100 のうち当該接触率 R に関連付けられている位置情報を含む分割領域 100 a を第 1 の表示態様で表示する。一方、表示制御部 2 2 は、処理部 2 1 が算出した接触率 R と予め設定された閾値 R_{th} とを比較して、接触率 R が閾値 R_{th} 以下の場合には、複数の分割領域 100 のうち当該接触率 R に関連付けられている位置情報を含む分割領域 100 b を第 1 の表示態様とは異なる第 2 の表示態様で表示する。例えば、第 1 の表示態様とは分割領域 100 a を第 1 の色で塗りつぶすことであり、第 2 の表示態様とは、分割領域 100 b を第 1 の色とは異なる第 2 の色で塗りつぶすことであってもよい。また、第 1 の表示態様とは分割領域 100 a を第 1 の色で塗りつぶすことであり、第 2 の表示態様とは、分割領域 100 b を塗りつぶさないことであってもよい。さらに、第 1 の表示態様とは、分割領域 100 a に第 1 のマークを記入することであり、第 2 の表示態様とは、分割領域 100 b に第 1 のマークとは異なる第 2 のマークを記入することであってもよい。

なお、閾値 R_{th} は、検査対象の表面状態のうねり等の状態によって設定されてもよい。

【 0 0 3 9 】

ここで、例えば、表示制御部 2 2 は、複数の分割領域 100 のうち、位置情報が含まれない分割領域に対しては塗りつぶしを行わない。すなわち、表示制御部 2 2 は、複数の分割領域 100 のうち、超音波探傷の走査が行われていない分割領域 100 に対しては塗りつぶしを行わない。また、例えば、表示制御部 2 2 は、接触率 R が閾値 R_{th} 以下の場合には、複数の分割領域 100 のうち当該接触率 R に関連付けられている位置情報を含む分割領域 100 b に対して塗りつぶしを行わない。したがって、ユーザは、表示部 1 1 の表示画面を確認して、塗りつぶしが行われていない分割領域 100 を再走査することで、検査漏れなく、且つ、高精度で検査対象を超音波探傷検査することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 0 】

格納部 2 3 には、検出信号 W (エコーの波形)、位置情報及び接触率 R が関連付けられて格納されている。また、格納部 2 3 には検査プログラムが格納されてもよい。そして、制御部 1 4 は、格納部 2 3 (例えば、ROM) に格納されている検査プログラムに基づいて動作することで、読取処理、気泡検出処理、及び演算処理を実行してもよい。また、格納部 2 3 には表示プログラムが格納されてもよい。そして、制御部 1 4 は、格納部 2 3 (例えば、ROM) に格納されている表示プログラムに基づいて動作することで、接触率 R が閾値 R_{th} を超える場合には、複数の分割領域 1 0 0 のうち当該接触率 R に関連付けられている位置情報を含む分割領域 1 0 0 a を第 1 の表示態様で表示し、接触率 R が閾値 R_{th} 以下の場合には複数の分割領域 1 0 0 のうち当該接触率 R に関連付けられている位置情報を含む分割領域 1 0 0 b を第 1 の表示態様とは異なる第 2 の表示態様で表示してもよい。

10

【 0 0 4 1 】

次に、本実施形態に係る超音波探傷装置 A の検査処理 (読取処理、気泡検出処理及び演算処理) の動作について、図 6 を用いて説明する。図 6 は、本実施形態に係る超音波探傷装置 A のフロー図である。

【 0 0 4 2 】

検査員は、配管 P に発生する亀裂等の欠陥や減肉を検出するために、超音波探触子 2 を用いて配管 P 上の検査部位を走査する。例えば、検査員は、超音波探触子 2 を走査範囲 S において、軸方向に沿って動かすことで当該軸方向の第 1 の端部から第 2 の端部まで走査する。次に、検査員は、超音波探触子 2 が第 2 の端部に到達すると、超音波探触子 2 を周方向にずらした位置から第 1 の端部に向けて軸方向に走査する。そして、検査員は、超音波探触子 2 に対する上記走査を繰り返すことで、配管 P 上の検査部位全体、すなわち走査範囲 S 全体を走査する。

20

【 0 0 4 3 】

この際、超音波探触子 2 は、照射した超音波の反射波を検出してその反射波 (エコー) の波形を検出信号 (検出結果) W として超音波探傷器 4 を介して情報処理装置 5 に出力する (ステップ S 1 0 1)。また、撮像装置 3 は、撮像した二次元模様 1 a の撮像画像 G を情報処理装置 5 に出力する (ステップ S 1 0 2)。

【 0 0 4 4 】

情報処理装置 5 は、同時、又は同時と同視得る範囲において検出信号 W t と撮像画像 G t を受信した場合には、その撮像画像 G t に基づいて読取処理、気泡検出処理、及び演算処理を実行する。

30

【 0 0 4 5 】

具体的には、処理部 2 1 は、読取処理を実行して、撮像画像 G t に含まれる二次元模様 1 a (例えば、QRコード (登録商標)) に基づいて配管 P 上の位置情報 (例えば、絶対座標) を取得する (ステップ S 1 0 3)。そして、処理部 2 1 は、超音波探触子 2 からの検出信号 W t と位置情報とを関連付けて格納部 2 3 に格納する (ステップ S 1 0 4)。すなわち、処理部 2 1 は、超音波探触子 2 からの検出信号 W t と撮像画像 G t から得られた位置情報とを関連付けて格納部 2 3 に格納する。

40

【 0 0 4 6 】

また、処理部 2 1 は、気泡検出処理を実行して、読取処理で用いた撮像画像 G t の画像情報に基づいて、撮像画像 G t の所定の範囲 H 内に映っている気泡領域 H A を検出する (ステップ S 1 0 4)。

【 0 0 4 7 】

そして、処理部 2 1 は、演算処理として、撮像画像 G t の所定の範囲 H に対する気泡領域 H A の割合を求め、その割合から接触率 R t を求める演算処理を実行する。例えば、処理部 2 1 は、撮像画像 G t において、総画素数 N s に対する気泡領域 H A の画素数 N a の割合を求め、上記式 (1) を用いて接触率 R t を求める (ステップ S 1 0 5)。そして、処理部 2 1 は、接触率 R t と検出信号 W t とに関連付けて格納部 2 3 に格納する。したが

50

って、格納部 2 3 には、接触率 R_t と検出信号 W_t と撮像画像 G_t から得られた位置情報とが関連付けられてデータセットとして格納される（ステップ S 1 0 6）。

【 0 0 4 8 】

表示制御部 2 2 は、処理部 2 1 が算出した接触率 R_t が予め設定された閾値 R_{th} を超えるか否かを判定する（ステップ S 1 0 7）。表示制御部 2 2 は、接触率 R_t が閾値 R_{th} を超える場合には、複数の分割領域 1 0 0 のうち当該接触率 R_t に関連付けられている位置情報を含む分割領域 1 0 0 a を第 1 の表示態様で表示する（ステップ S 1 0 8）。一方、表示制御部 2 2 は、接触率 R_t が閾値 R_{th} 以下の場合には、複数の分割領域 1 0 0 のうち当該接触率 R_t に関連付けられている位置情報を含む分割領域 1 0 0 b を第 1 の表示態様とは異なる第 2 の表示態様で表示する（ステップ S 1 0 9）。例えば、表示制御部 2 2 は、分割領域 1 0 0 a を第 1 の表示態様として塗りつぶし、分割領域 1 0 0 b を第 2 の表示態様として塗りつぶしを行わない。さらに、処理部 2 1 は、分割領域 1 0 0 b の上記データセットを格納部 2 3 から削除してもよい。

10

【 0 0 4 9 】

処理部 2 1 は、すべての分割領域 1 0 0 が塗りつぶされたか否かを判定する（ステップ S 1 1 1 0）。処理部 2 1 は、すべての分割領域 1 0 0 が塗りつぶされた場合には、検査処理を終了する（ステップ S 1 1 1）。すなわち、処理部 2 1 は、すべての分割領域 1 0 0 で上記データセットが得られた場合には、検査処理を終了する。一方、処理部 2 1 は、少なくとも一つの分割領域 1 0 0 が塗りつぶされていない場合には、検査処理を終了しない。すなわち、少なくとも一つの分割領域 1 0 0 に対応するデータセットがない場合や接触率 R が R_{th} 以下での検出信号 W しかない分割領域 1 0 0 がある場合には、検査処理を終了しない。

20

【 0 0 5 0 】

これにより、検査員は、接触率 R の悪かった部分の再走査が必要になり接触率の悪化による検査の信頼性の低下を防止できる。

なお、処理部 2 1 は、同じ分割領域 1 0 0 で 2 つ以上のデータセットが得られた場合には、最新のデータセットのみを格納部 2 3 に格納してもよい。また、処理部 2 1 は、同じ分割領域 1 0 0 で 2 つ以上のデータセットが得られた場合には、接触率 R が高いデータセットのみを格納部 2 3 に格納してもよい。また、処理部 2 1 は、接触率 R が閾値 R_{th} である場合に分割領域 1 0 0 に対応する上記データセットを格納部 2 3 に格納した場合には、その後の当該分割領域 1 0 0 に対するデータセットの取得を行わなくてもよい。すなわち、処理部 2 1 は、接触率 R が閾値 R_{th} であるデータセットが存在する分割領域 1 0 0 に対して、検出信号 W や撮像画像 G が得られたとしても検査処理を実行しなくてもよい。

30

【 0 0 5 1 】

ここで、処理部 2 1 は、上記データセットに基づいて探傷分布データを作成してもよい。そして、表示制御部 2 2 は、上記探傷分布データを表示してもよい。さらに、表示制御部 2 2 は、接触率 R を上記探傷分布データに対応させて表示してもよい。上記探傷分布データは、表示部 1 1 に表示された場合、探傷結果を示す各色（例えば、赤色、青色、黄色等）が配管 P 上の位置毎又は分割領域 1 0 0 毎にマッピングされた画像として表示される。

さらに、処理部 2 1 は、超音波探触子 2 による検出信号 W と配管 P 上の位置情報と時間とに関連付けて格納部 2 3 に格納してもよい。これにより、処理部 2 1 は、超音波探触子 2 の軌跡を取得することができる。この場合には、表示制御部 2 2 は、当該軌跡を表示部 1 1 に表示してもよい。なお、処理部 2 1 は、マッピングされた画像の表示形式として、超音波探触子 2 の位置だけでなく、超音波探触子 2 の傾き、及び被検体（例えば配管 P ）の形状を考慮したボリュームレンダリング処理を行ってもよい。

40

【 0 0 5 2 】

また、処理部 2 1 は、超音波探触子 2 を被検体の欠陥や減肉の周りを周回させるなど自在な超音波探触子 2 の操作を記録してもよい。

【 0 0 5 3 】

以上、この発明の実施形態について図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこ

50

の実施形態に限定されず、この発明の範囲の設計変更等も含まれる。

【 0 0 5 4 】

(変形例 1) 上記実施形態の超音波探傷装置 A は、1 つの撮像装置 3 を有しているが、撮像装置 3 の個数には限定されず、上記撮像装置 3 は複数備えてもよい。例えば、超音波探傷装置 A は、超音波探触子 2 を挟むように、超音波探触子 2 の前後に合計 2 個の撮像装置 3 を備えてもよい。

【 0 0 5 5 】

(変形例 2) 上記実施形態の撮像装置 3 は LED 等の発光素子を備える発光部ではなくレーザー発振器を備えてもよい。撮像装置 3 がレーザー発振器を用いる場合には、レーザー光により照射されたシート材 1 上の二次元模様 1 a が描かれている箇所と、二次元模様 1 a が描かれていない箇所とのコントラストを大きくすることができる。

10

【 0 0 5 6 】

(変形例 3) 上記実施形態の超音波探傷装置 A は、超音波探触子 2 を複数備えてもよい。また、超音波探触子 2 は、フェーズドアレイであってもよい。

【 0 0 5 7 】

(変形例 4) 上記実施形態の表示制御部 2 2 は、操作部 1 2 により複数の分割領域 1 0 0 のうち、任意の分割領域が選択された場合には、その分割領域に対応したデータセットを表示部 1 1 に表示してもよい。例えば、表示制御部 2 2 は、操作部 1 2 により複数の分割領域 1 0 0 のうち、任意の分割領域が選択された場合には、選択された分割領域に対応する検出信号 W と、その検出信号 W に関連付けられた接触率 R を表示部 1 1 に表示してもよい。選択された分割領域に対応する検出信号 W とは、選択された分割領域に含まれる位置情報に関連付けられた検出信号である。

20

ここで、超音波探触子 2 と検査対象との間に気泡が存在する場合は、その反射の影響により、エコーにノイズが混入する場合がある。そのため、検査員は、そのエコーが欠陥からのエコーなのか、接触状態に起因するノイズなのか判断に迷う場合がある。変形例 4 では、制御部 1 4 は、接触率 R を求め、検出信号とともに表示部 1 1 に表示する。これにより、検査員は、接触の影響に起因したノイズなのか、もしくは試験体内からのエコーからなのかを判断することが可能となる。

【 0 0 5 8 】

(変形例 5) 上記実施形態の表示制御部 2 2 は、撮像画像 G を表示部 1 1 に表示してもよい。その際に、表示制御部 2 2 は、撮像画像 G とともに接触率 R を表示してもよい。接触率 R の表示態様としては、接触率 R の値を表示してもよいし、接触率 R の値を示す表示バーを表示してもよい。

30

【 0 0 5 9 】

また、検査員は、カプラントの継ぎ足しや、再走査をする理由により、検査プローブを検査対象から離すことが多々ある。検査プローブが検査対象から離れる際に、ウォーターギャップが生じて検出信号 W にノイズが発生する。本実施形態の処理部 2 1 は、接触率 R が閾値 R_{th} 以下のデータセットを除外することで、上記ノイズが混入した検出信号 W を除去することができる。

【 0 0 6 0 】

以上、説明したように、本実施形態に係る超音波探傷装置 A は、撮像装置が撮像した二次元模様 1 a の撮像画像 G の所定の範囲 H において気泡が映っている領域である気泡領域 H A に基づいて検出信号 W の品質の度合いを示す指標を求める処理部 2 1 を備える。この品質の度合いを示す指標とは、所定の範囲 H に対する気泡領域 H A の割合であってもよいし、接触率 R であってもよい。

40

【 0 0 6 1 】

このような構成によれば、検査員が、所定の範囲 H に対する気泡領域 H A の割合や接触率等の指標を確認して、割合が高い場合や接触率が低い場合には再走査を行うことで、超音波探触子と検査対象との間に気泡が存在する場合であっても、超音波探傷検査の信頼性の低下を抑制することができる。なお、上記割合を求めることは、接触率 R を求めること

50

と同義である。

【 0 0 6 2 】

ここで、超音波探傷検査では、超音波探触子 2 と検査対象との間に気泡が存在すると、超音波の伝搬が妨げられ、傷を正しく検出できない可能性がある。そこで、気泡が存在する場合には超音波探触子の検出結果を超音波探傷検査に用いないようにする場合が考えられる。例えば、超音波探傷装置は、気泡を検出した場合にはすぐに検出信号 W のデータ採取を停止することが考えられる。ただし、このようにすると、データ採取に時間がかかり、十分なデータが得られない場合がある。また、検査対象のうねりなどの表面状態によっては完全に気泡を排除することは現実的に困難である。そのため、このような状況下では、気泡をある程度許容せざるを得ない。しかしながら、気泡をどのくらい許容するかは検査員によって異なるため、経験の少ない検査員が超音波探傷検査を行うと、検出信号 W の質の悪化が発生し、超音波探傷検査の信頼性が低下する。

10

【 0 0 6 3 】

本実施形態の超音波探傷装置 A は、気泡領域 H A に基づいて、検出信号の品質の度合いを示す指標（例えば、上記割合や接触率 R ）を求める。そのため、検査員は、その指標を確認しながら超音波探傷検査を実施することが可能となり、超音波探傷検査の信頼性の低下を抑制することができる。

【 0 0 6 4 】

なお、上述した情報処理装置 5 の全部または一部をコンピュータで実現するようにしてもよい。この場合、上記コンピュータは、CPU、GPUなどのプロセッサ及びコンピュータ読み取り可能な記録媒体を備えてもよい。そして、上記情報処理装置 5 の全部または一部の機能をコンピュータで実現するためのプログラムを上記コンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムを上記プロセッサに読み込ませ、実行することによって実現してもよい。ここで、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM、CD-ROM等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。さらに「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムを送信する場合の通信線のように、短時間の間、動的にプログラムを保持する媒体、その場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリのように、一定時間プログラムを保持している媒体も含んでもよい。また上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのプログラムであってもよく、さらに前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるプログラムであってもよく、FPGA等のプログラマブルロジックデバイスを用いて実現されるプログラムであってもよい。

20

なお、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」は、非一時的コンピュータ読み取り可能な記録媒体であってもよい。

30

【 0 0 6 5 】

上記実施形態では、被検体が配管 P である構成について説明したが、これに限定されない。被検体は、金属製（例えば溶接可能な金属）の棒部材、管部材及び板部材等であってもよく、圧延材や鍛造材、さらにその溶接部であってもよい。さらに、炭素繊維強化プラスチック（CFRP）など、超音波探傷により検査することができる物質を被検体としてもよい。

40

【産業上の利用可能性】

【 0 0 6 6 】

本開示は、超音波探触子を用いて検査対象を走査することで検査対象内の傷や減肉を検出する超音波探傷装置に利用することができる。

【符号の説明】

【 0 0 6 7 】

A 超音波探傷装置

1 シート材

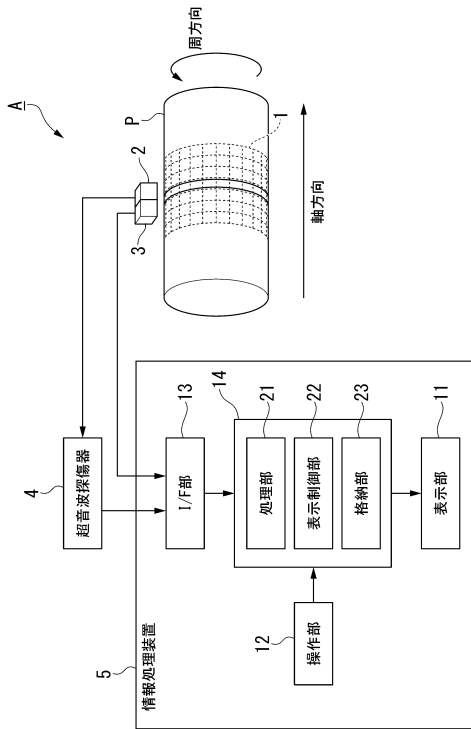
50

- 2 超音波探触子
- 3 撮像装置
- 4 超音波探傷器
- 5 情報処理装置
- 1 1 表示部
- 1 2 操作部
- 1 3 通信 I / F 部
- 1 4 制御部
- 2 1 処理部
- 2 2 表示制御部

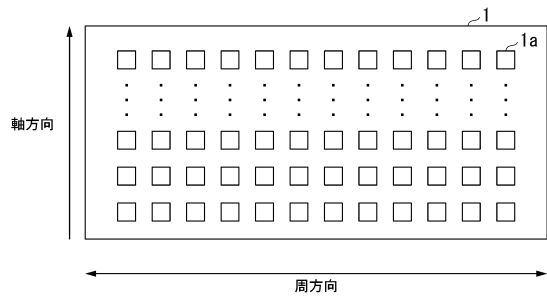
10

【図面】

【図 1】



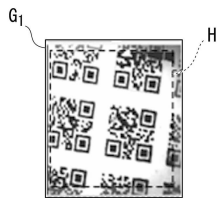
【図 2】



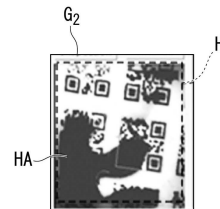
20

30

【図 3 A】



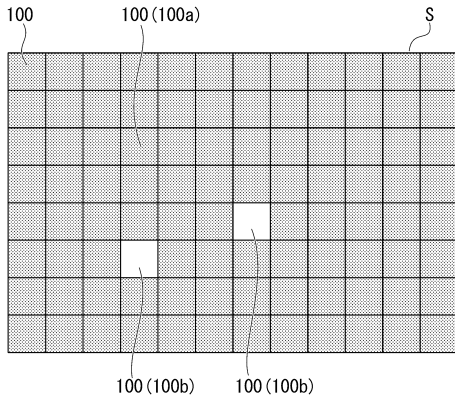
【図 3 B】



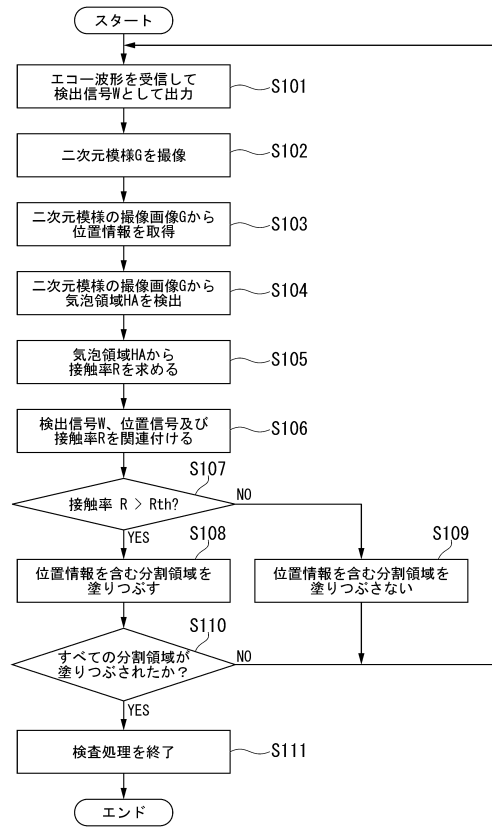
40

50

【図4】



【図5】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2016/098224(WO,A1)
特開2017-163093(JP,A)
特開2013-033028(JP,A)
特開2001-349878(JP,A)
国際公開第2015/072188(WO,A1)
米国特許出願公開第2008/0307886(US,A1)
米国特許出願公開第2018/0165626(US,A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G01N 29/00 - 29/52
G01B 17/00 - 17/08
G01N 21/84 - 21/958
G01B 11/00 - 11/30