

(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2006-337151
(P2006-337151A)

(43) 公開日 平成18年12月14日(2006. 12. 14)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 N 29/04 (2006. 01)	GO 1 N 29/10 5 O 2	2 GO 4 7
GO 1 N 29/06 (2006. 01)	GO 1 N 29/06	
GO 1 N 29/26 (2006. 01)	GO 1 N 29/26 5 O 1	
GO 1 N 29/28 (2006. 01)	GO 1 N 29/28	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2005-161633 (P2005-161633)	(71) 出願人	000003078
(22) 出願日	平成17年6月1日(2005. 6. 1)		株式会社東芝
			東京都港区芝浦一丁目1番1号
		(71) 出願人	000221834
			東邦瓦斯株式会社
			愛知県名古屋市中村区桜田町19番18号
		(71) 出願人	505204114
			東芝電力検査サービス株式会社
			神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地
		(74) 代理人	100078765
			弁理士 波多野 久
		(74) 代理人	100078802
			弁理士 関口 俊三

最終頁に続く

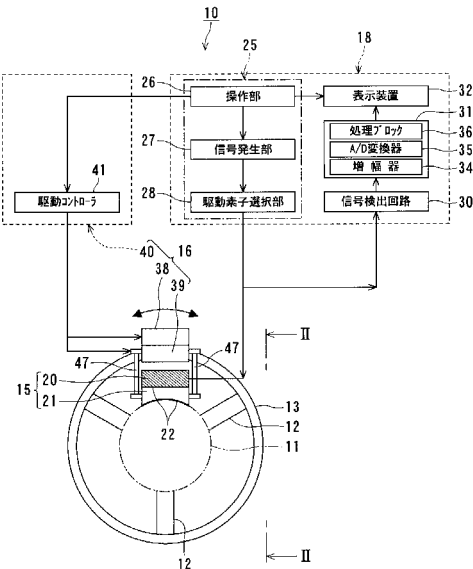
(54) 【発明の名称】 配管の超音波検査装置およびその検査方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 配管の円弧状曲面形状を有する超音波検査対象部の3次元超音波画像から内部欠陥検査を効率よく連続的に行なう装置を提供する。

【解決手段】 配管の超音波検査装置は、検査対象の配管11の廻りに複数の支持脚12を介して設置されたサポートフレーム13と、このサポートフレームに取り付けられ、超音波トランスデューサ20を備えた超音波プローブ装置15と、この超音波プローブ装置15を音響伝播媒体を配管表面に密着させたまま配管周りの周方向および軸方向に移動可能に設けた超音波プローブ移動装置16と、超音波トランスデューサの圧電振動子に駆動信号を選択的に送信する操作駆動手段と、反射エコーを超音波トランスデューサで受信し、超音波エコーの電気信号を選択的に検出する信号検出回路30と、検査対象部の3次元画像データを生成する信号処理手段31と、3次元画像データの表示処理装置32とを有する構成とした。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

検査対象の配管の廻りに複数の支持脚を介して設置されたリング状あるいはトラス状のサポートフレームと、

このサポートフレームに取り付けられ、超音波トランスデューサを備えた超音波プローブ装置と、

この超音波プローブ装置を配管周りの周方向および軸方向に移動可能に設けた超音波プローブ移動装置と、

前記超音波トランスデューサの圧電振動子に駆動信号を選択的に送信する操作駆動手段と、

前記超音波トランスデューサの圧電振動子から発信され、音響伝達媒体を介して前記配管の検査対象部に入射され、検査対象部からの反射エコーを前記超音波トランスデューサで受信し、超音波エコーの電気信号を選択的に検出する信号検出回路と、

この信号検出回路で検出された超音波エコーの電気信号を処理し、前記検査対象部の 3 次元画像データを生成する信号処理手段と、

この信号処理手段で処理された 3 次元画像データを表示する表示装置とを有し、

前記超音波プローブ移動装置は、前記超音波トランスデューサに設けられた音響伝播媒体を配管表面に密着させたまま円周方向および軸方向に移動可能に構成したことを特徴とする配管の超音波検査装置。

【請求項 2】

前記超音波プローブ移動装置は、超音波プローブ装置を配管周りの周方向に移動させる周方向移動機構と、超音波プローブ装置を配管の軸方向に移動させる軸方向移動機構と、両移動機構の移動をコントロールする駆動コントローラとを有し、前記超音波プローブ移動装置には、超音波プローブ装置の移動位置を検出する位置検出手段が設けられた請求項 1 記載の配管の超音波検査装置。

【請求項 3】

前記超音波プローブ装置は、超音波カメラを構成しており、前記超音波プローブ装置は、超音波トランスデューサの配管側に断面三角形の斜角用音響伝播媒体が付設され、

前記超音波トランスデューサは、配管表面にその軸方向に対して斜めに設けられた請求項 1 記載の配管の超音波検査装置。

【請求項 4】

前記サポートフレームを配管廻りに支持する複数の支持脚は放射状に配設され、

前記支持脚は、脚足が配管表面を押圧するように伸縮機構により伸縮自在に設けられた請求項 1 記載の配管の超音波検査装置。

【請求項 5】

超音波プローブ装置を検査対象物の配管に音響伝播媒体を介して密着させ、

この音響伝播媒体を配管表面に密着させつつ前記超音波プローブ装置を周方向に連続的に移動させて配管の周方向に沿う帯状検査対象部の 3 次元画像データを生成し、

前記超音波プローブ装置を配管の周方向に移動させた後、配管の軸方向に 1 ステップ分移動させ、

続いて 1 ステップ分の移動位置で超音波プローブ装置を配管の周方向に移動させて前記帯状検査対象部に隣接する帯状検査対象部の 3 次元画像データを生成し、

以後、前記超音波プローブ装置の周方向移動と軸方向移動を繰り返して配管の検査対象部の 3 次元画像データを作成することを特徴とする配管の超音波検査方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、円筒状の検査対象物である配管の内部欠陥状態や接合部の状態を超音波を用いて非破壊検査する超音波検査技術に係り、特に配管の溶接部に発生した割れ、巣、異物等の内部欠陥を 3 次元的に可視化して検査する配管の超音波検査装置およびその検査方法

10

20

30

40

50

に関する。

【背景技術】

【0002】

この種の超音波検査技術には、特開2003-149213号公報（特許文献1）および特開2004-53360号公報（特許文献2）に開示された3次元超音波検査装置がある。

【0003】

この3次元超音波検査装置は、多数の圧電振動子（圧電変換素子）をマトリクス状あるいはアレイ状（リニア状）に配置した超音波トランスデューサを備え、この超音波トランスデューサの圧電振動子のうち任意のものから超音波を発生させ、発生した超音波を音響伝播媒体を介して平面の境界層を有するプレート状の検査対象物に送受信させ、プレート状検査対象物の内部構造や欠陥、ボイド、酸化膜、剥れ等の内部状態を3次元的に可視化し、プレート状検査対象物を非破壊にて検査することができるようになっている。 10

【0004】

従来の3次元超音波検査装置は、プレート状の検査対象物上に超音波トランスデューサをセットし、この超音波トランスデューサを手動操作によって検査対象物に押し当てて超音波による3次元画像データを得、その後、次の検査箇所に移動させて再び超音波トランスデューサを押し当てる手動操作を繰り返して検査対象物の3次元画像データを得るようになっている。このため、従来の3次元超音波検査対象装置では、超音波トランスデューサを手動操作によりプレート状検査対象物の検査箇所に次々に押し当てて移動させるとい 20
う手動操作を行なって3次元超音波画像を得るようになっているため、3次元検査画像をその都度確認しながらプレート状検査対象物の超音波検査を実施しなければならない。

【特許文献1】特開2003-149213号公報

【特許文献2】特開2004-53360号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

従来の3次元超音波検査装置では、プレート状検査対象物を超音波検査の対象とし、超音波トランスデューサを検査対象物上で平面移動走査させて3次元超音波画像を得るようになっているため、検査対象物がパイプのような円筒形状の配管では、連続的に検査する 30
ことが困難であった。

【0006】

また、超音波検査装置の超音波トランスデューサは手動操作により検査対象物に押し当てて移動させているため、超音波トランスデューサの移動走査が安定せず、検査箇所の面積が大きい場合には、手動により超音波トランスデューサを移動させ、移動量を目測で検出しながらその都度プレート状の検査対象物に押し当てているため、超音波検査に個人差によるバラツキが発生し、効率よく能率的に超音波検査を実施することが難しかった。

【0007】

本発明は、上述した事情を考慮してなされたもので、円筒状の検査対象物である配管の検査対象部を効率よく連続的に3次元超音波検査を実施できる配管の超音波検査装置およびその検査方法を提供することを目的とする。 40

【0008】

本発明の他の目的は、配管の割れ、巣、異物等の欠陥状態や接合状態を全周に亘り効率よく効率的に超音波で非破壊検査を行なうことができる配管の超音波検査装置およびその検査方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明に係る配管の超音波検査装置は、上述した課題を解決するために、請求項1に記載したように、検査対象の配管の廻りに複数の支持脚を介して設置されたリング状あるいはトーラス状のサポートフレームと、このサポートフレームに取り付けられ、超音波トラ 50

ンスデュースを備えた超音波プローブ装置と、この超音波プローブ装置を配管周りの周方向および軸方向に移動可能に設けた超音波プローブ移動装置と、前記超音波トランスデュースの圧電振動子に駆動信号を選択的に送信する操作駆動手段と、前記超音波トランスデュースの圧電振動子から発信され、音響伝達媒体を介して前記配管の検査対象部に入射され、検査対象部からの反射エコーを前記超音波トランスデュースで受信し、超音波エコーの電気信号を選択的に検出する信号検出回路と、この信号検出回路で検出された超音波エコーの電気信号を処理し、前記検査対象部の３次元画像データを生成する信号処理手段と、この信号処理手段で処理された３次元画像データを表示する表示装置とを有し、前記超音波プローブ移動装置は、前記超音波トランスデュースに設けられた音響伝播媒体を配管表面に密着させたまま円周方向および軸方向に移動可能に構成したものである。

10

【００１０】

また、本発明に係る配管の超音波検査方法は、上述した課題を解決するために、請求項５に記載したように、超音波プローブ装置を検査対象物の配管に音響伝播媒体を介して密着させ、この音響伝播媒体を配管表面に密着させつつ前記超音波プローブ装置を周方向に連続的に移動させて配管の周方向に沿う帯状検査対象部の３次元画像データを生成し、前記超音波プローブ装置を配管の周方向に移動させた後、配管の軸方向に１ステップ分移動させ、続いて１ステップ分の移動位置で超音波プローブ装置を配管の周方向に移動させて前記帯状検査対象部に隣接する帯状検査対象部の３次元画像データを生成し、以後、前記超音波プローブ装置の周方向移動と軸方向移動を繰り返して配管の検査対象部の３次元画像データを作成する方法である。

20

【発明の効果】

【００１１】

本発明に係る配管の超音波検査装置およびその検査方法は、円筒状の検査対象物である配管の検査対象部を効率よく連続的に３次元超音波検査を実施でき、円弧状曲面形状の配管における検査対象部の内部欠陥を効率よく能率的に検査することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１２】

本発明の実施の形態について添付図面を参照して説明する。

【００１３】

図１は、本発明に係る配管の超音波検査装置の第１実施形態を示す簡略的な全体構成図である。

30

【００１４】

この超音波検査装置１０は、円筒状検査対象物である配管１１を全周に亘ってあるいは周方向の所要区間に亘って連続的かつ自動的に移動走査させ、配管１１の割れ、巣、異物等の欠陥状態や接合状態を能率よく効率的に超音波で非破壊検査探傷検査を行なうことができる。

【００１５】

この超音波検査装置１０は、配管１１に複数の支持脚１２を介して設けられたリング状あるいはトラス状のサポートフレーム１３を備え、このサポートフレーム１３に超音波プローブ装置１５が超音波プローブ移動装置１６により配管１１の周方向および軸方向に移動自在に設けられる。支持脚１２は配管１１の廻りに放射状に設置される。支持脚１２はサポートフレーム１３から半径方向内方に延び、その脚足（先端）が配管１１表面に接触し、配管表面を押圧している。

40

【００１６】

超音波検査装置１０は、装置本体１８と、その装置本体１８に可撓性の信号ケーブル１９あるいは無線で接続された超音波プローブ装置１５と、この超音波プローブ装置１５を配管１１廻りの周方向および配管１１の軸方向に移動走査させる超音波プローブ移動装置１６とを備える。超音波プローブ装置１５はサポートフレーム１３に超音波プローブ移動装置１６を介して取り付けられる。

【００１７】

50

超音波プローブ装置 15 は超音波カメラとして機能する。超音波プローブ装置 15 は、マトリクス状あるいはリニア状（アレイ状）に配列された圧電振動子（圧電変換素子）を備えた超音波トランスデューサ 20 と、この超音波トランスデューサ 20 の配管 11 側に付設された音響伝播媒体 21 とを有する。音響伝播媒体 21 は液状あるいは固体で形成され、固体の音響伝播媒体 21 を用いた場合、音響伝播媒体 21 と配管 11 および超音波トランスデューサ 20 との間に、ゼリー状（ゲル状）あるいは水等の液体からなるカップラント 22 が介在される。

【0018】

音響伝播媒体 21 は、配管 11 あるいは超音波トランスデューサ 20 の間にカップラント 22 を介在させることで、超音波プローブ装置 15 を配管 11 に音響伝播媒体 21 を介して密着させ、密着部分に僅かな隙間や空気層が存在しないように音響的結合を図っている。 10

【0019】

超音波検査装置 10 は、装置本体 18 に超音波プローブ装置 15 の超音波トランスデューサ 20 を駆動させる操作駆動手段 25 を備える。この操作駆動手段 25 は、操作指令信号を出力する操作部 26 と、この操作指令信号を入力して超音波トランスデューサ 20 を駆動させるパルス状の駆動信号を発生させる信号発生部 27 と、この信号発生部 27 からの駆動信号を作用させる圧電振動子を選択し、超音波トランスデューサ 20 の圧電振動子を選択的に駆動させる駆動素子選択部 28 とを有し、超音波トランスデューサ 20 から発振される超音波を検査対象物である配管 11 の検査対象領域に照射するようになっている。 20

【0020】

また、この超音波検査装置 10 の装置本体 18 には、配管 11 の検査対象領域からの反射エコーの電気信号を超音波トランスデューサ 20 を介して検出する信号検出回路 30 と、この信号検出回路 30 で検出された反射エコーの電気信号を並列演算処理して 3 次元（3D）超音波画像データを生成させる信号処理部 31 と、この信号処理部 31 で処理された 3 次元超音波画像化データを可視化し、3 次元的あるいは展開状態で表示する表示装置 32 とを備える。

【0021】

また、超音波検査装置 10 は、検査対象物で配管 11 の接合状態や内部構造を展開状態で高感度・高解像度の 3 次元超音波画像として迅速に取り出して、表示させることができる。 30

【0022】

超音波トランスデューサ 20 の圧電振動子群は圧電変換部を構成しており、この圧電変換部で受信された反射エコーは、圧電変換部により電気信号に変換され、電気エコー信号となって信号検出回路 30 に送られる。信号検出回路 30 は、超音波センサとしての超音波トランスデューサ 20 で発生する反射エコーの電気信号を検出するものである。

【0023】

信号検出回路 30 で検出された電気エコー信号のうち、検査に必要な複数の電気エコー信号は、増幅回路を構成するそれぞれの増幅器 34 に導かれる。 40

【0024】

各増幅器 34 は、導かれた電気エコー信号を増幅して、A/D 変換器 35 にそれぞれ供給するようになっている。A/D 変換器 35 は増幅された電気エコー信号をデジタル信号に A/D 変換し、デジタルエコー信号として信号処理部の処理プロセッサ 36 である並列プロセッサに導くものである。

【0025】

信号処理手段を構成する信号処理部 31 の処理プロセッサ 36 は、例えば、複数の並列プロセッサと、並列プロセッサが生成した複数の画像情報を統合する統合プロセッサとを備える。

【0026】

信号処理部 31 の並列プロセッサは、各 A/D 変換器 35 から導かれたデジタルエコー信号を処理し、円弧状曲面を有する配管 11 の内部状態を展開して可視化する画像情報を生成している。並列プロセッサが生成した複数の画像情報は統合プロセッサで統合して一体化され、表示装置 32 に導かれる。

【0027】

信号検出回路 30 あるいは信号処理部 31 にマルチプレクサ（図示せず）を搭載した場合、複数台の並列プロセッサや統合プロセッサは不要となり、1 台の並列プロセッサにて統合画像情報を作成することができる。

【0028】

信号処理部 31 でデジタル化された超音波エコー信号を処理して生成された 3 次元の超音波画像情報は表示装置 32 に送られて、この表示装置 32 に画像表示される。 10

【0029】

一方、超音波プローブ装置 15 は、超音波プローブ移動装置 16 により配管 11 廻りの周方向および配管 11 の軸方向に沿って移動自在に設けられる。

【0030】

超音波プローブ移動装置 16 は、サポートフレーム 13 に設けられた周方向移動機構 38 と、軸方向移動機構 39 と、両移動機構 38, 39 を駆動させる超音波プローブ駆動操作系 40 とを有する。超音波プローブ駆動操作系 40 は両移動機構 38, 39 の駆動を制御する駆動コントローラ 41 を備える。

【0031】

超音波プローブ移動装置 16 は、超音波プローブ駆動操作系 40 の駆動コントローラ 41 から駆動制御信号を周方向移動機構 38 に出力することにより、周方向移動機構 38 をサポートフレーム 13 に沿って移動させ、超音波プローブ装置 15 を配管 11 廻りの周方向に、かつ超音波トランスデューサ 20 をパイプ表面に密着させつつ移動走査させるようになっている。周方向移動機構 38 はサポートフレーム 13 に沿って周方向に移動される一方、その周方向移動量および移動位置は位置検出手段としての、例えば図 2 に示すエンコーダ装置 44 により検出される。 20

【0032】

周方向移動機構 38 は、例えばモータ駆動のギア機構（図示せず）で構成され、サポートフレーム 13 のサンギアにモータ駆動のピニオンが噛合することにより、周方向移動機構 38 はサポートフレーム 13 に沿って周方向移動され、モータ軸の回転量がエンコーダ装置 44 で検出されるようになっている。エンコーダ装置 44 に代えて光学位置検出手段を設けてもよい。 30

【0033】

図 2 に示すエンコーダ装置 44 にて超音波トランスデューサ 20 の検査位置を検出するとともに、操作駆動手段 25 により超音波トランスデューサ 20 からの発受信のタイミングを制御することで、配管 11 は周方向全面ではなく、任意の指定場所を 3 次元画像化することができる。

【0034】

また、超音波プローブ移動装置 16 は、駆動コントローラ 41 から駆動制御信号を軸方向移動機構 39 に出力することにより、軸方向移動機構 39 を駆動させ、超音波プローブ装置 15 を配管 11 の軸方向に沿って 1 ステップ分だけ移動させる。このときも、超音波プローブ装置 15 は超音波トランスデューサ 20 を配管表面に密着させた状態で移動させる。1 ステップ分の幅は、超音波プローブ装置 15 の超音波トランスデューサ 20 から発振される超音波の（配管軸方向の）有効幅に対応する。軸方向移動機構 39 は、例えば多段式の流体シリンダ装置で構成され、超音波プローブ装置 15 を配管 11 の軸方向に沿って 1 ステップ分ずつ多段に間欠移動させるようになっている。 40

【0035】

超音波プローブ移動装置 16 は、周方向移動機構 38 を駆動させて超音波プローブ装置 15 をパイプ廻りの周方向に移動させた後、軸方向移動機構 39 を駆動させて配管 11 の 50

軸方向に沿って1ステップ分移動させる。以後、超音波プローブ装置15は周方向移動と軸方向移動が繰り返される。配管廻りの周方向に移動する間に、超音波プローブ装置15は超音波カメラとして機能し、配管11の帯状検査対象領域を周方向に形成し、この配管11の検査対象領域を周方向に移動しながら非破壊にて3次元超音波検査するようになっている。

【0036】

超音波プローブ装置15は配管11の周方向に沿う帯状検査対象領域を超音波検査した後、軸方向移動機構39により配管11の軸方向に1ステップ分移動させて停止させる。この停止位置で周方向移動機構38を駆動させ、配管周方向に移動させつつ周方向に沿う配管11の帯状検査対象領域を3次元超音波検査するようになっている。このように、超音波プローブ装置15は周方向に沿う配管11の帯状検査対象領域を超音波検査しつつ、パイプ軸方向に1ステップ分移動させることで、配管11の帯状検査対象領域を順次パイプ軸方向に展開でき、必要に応じ配管11の全表面を超音波検査することができる。

10

【0037】

ところで、超音波プローブ装置15は、図3に示すように構成され、超音波トランスデューサ20はマトリクス状あるいはリニア状（アレイ状）に配列された多数の圧電振動子（圧電変換素子）45を有し、超音波トランスデューサ20の圧電振動子45側に音響伝播媒体21がシュー部材として設けられる。シュー部材21が固体の音響伝播媒体で構成されているとき、シュー部材21と超音波トランスデューサ20および配管表面との間に音響的結合用のカップラント22が介装される。

20

【0038】

シュー部材21は、図2に示すように、配管軸方向に沿う断面が三角形状をなし、配管外表面に接する面が円弧状曲面をなす斜角用音響伝播媒体を用いて構成される。超音波トランスデューサ20は配管11に対して斜めに傾斜して設けられる。

【0039】

この超音波プローブ装置15は、操作駆動手段25の信号発生部27から出力されたパルス状の電気信号を駆動素子選択部28で選択して超音波トランスデューサ20のマトリクス状あるいはアレイ状多数の圧電振動子45の1つ1つに順次印加することにより、超音波が発生し、発生した超音波は、斜角用音響伝播媒体21を介して配管11内に図2に示すように送信される。

30

【0040】

配管11内に入射された超音波は、溶接部11aの欠陥46に照射されると、密度差から反射が生じる。配管11の溶接欠陥46で反射した超音波のエコーは超音波トランスデューサ20の多数の圧電振動子45に順次受信される。多数の圧電振動子45からなる圧電振動子群は圧電変換部を構成し、超音波センサを形成している。

【0041】

超音波トランスデューサ20の各圧電振動子45で受信した超音波エコーは電気信号に変換されて信号検出回路30に送られ、配管溶接部11bの内部欠陥46を画像化することができる。

【0042】

次に、配管11の超音波検査装置10の作用を説明する。

40

【0043】

この超音波検査装置10を用いて円弧状曲面を有する配管11の内部欠陥や内部損傷を超音波検査するために、円筒状検査対象物である配管11に支持脚12を介してサポートフレーム13を固定させる。このサポートフレーム13に超音波プローブ移動装置16を設け、この超音波プローブ移動装置16に超音波プローブ装置15を取り付ける。超音波プローブ装置15は超音波プローブ移動装置16の軸方向移動機構39に取付フレーム47により取り付けられ、この取付状態で超音波プローブ装置15の超音波トランスデューサ20を音響伝播媒体21およびカップラント22を介してパイプ表面に密着させる。

【0044】

50

続いて、超音波プローブ移動装置 16 を超音波プローブ起動操作系 40 にケーブル接続するとともに、超音波プローブ装置 15 を装置本体 18 に信号ケーブルを用いて接続する。超音波プローブ駆動操作系 40 は装置本体 18 に組み込んでもよい。超音波プローブ移動装置 16 と超音波プローブ装置 15 を組み立てて、装置本体 18 側に接続することにより、超音波検査のための準備が完了し、続いて超音波検査作業に入る。

【0045】

この超音波検査作業では、操作駆動手段 25 の操作部 26 を操作して指令信号を出力し、信号発生部 27 に入力される。信号発生部 27 は、指令信号を入力させて電気パルス状の駆動信号を発生させる。信号発生部 27 で発生した駆動信号から所要の圧電振動子を駆動させる選択部 28 により選択駆動させて、超音波トランスデューサ 20 の所要の圧電振動子 45 に駆動パルス電圧を印加させる。このパルス電圧印加により圧電振動子 45 は圧電変換され、圧電振動子 45 から超音波が発信される。

10

【0046】

発信された超音波は配管 11 に密着配置された斜角用音響伝播媒体 21 を介して配管 11 内に入射され、配管 11 の内部欠陥 46 で反射せしめられる。超音波の反射エコーは、斜角用音響伝播媒体 21 を通して圧電変換部として多数の圧電振動子 45 に受信され、ここで超音波エコーの電気信号に変換される。

【0047】

超音波エコーの電気信号は続いて超音波トランスデューサ 20 から図 1 に示す信号検出回路 30 に送信され、この信号検出回路 30 に選択的に受信される。

20

【0048】

信号検出回路 30 に受信された超音波エコーの電気信号は信号処理部 31 に送られ、この信号処理部 31 で増幅され、さらに A/D 変換され、デジタルエコー電気信号となる。このデジタルエコー電気信号は、パソコンとしての処理プロセッサ 36 により信号処理（開口合成処理）され、3次元画像データを生成する。この3次元画像データは、配管 11 の検査対象内部に設定された3次元画像化領域内のメッシュ（処理プロセッサ 36 内に予め設定される3次元画像化領域の目盛り）に対応させて3次元画像データを、3次元画像として、また、図 4（A）、（B）および（C）に示すように、配管 11 の検査対象領域を配管展開状態で可視化し、表示する。

【0049】

この超音波検査装置 10 は、超音波プローブ装置 15 を超音波プローブ移動装置 16 により配管 11 廻りの周方向にかつ配管 11 の軸方向に沿うように移動させて超音波検査を行なう。

30

【0050】

この超音波検査装置 10 は、超音波プローブ装置 15 を超音波プローブ移動装置 16 により配管 11 の周方向かつ軸方向に移動させて超音波検査を行なう。

【0051】

この超音波検査装置 10 は、始めに、超音波プローブ移動装置 16 の周方向移動機構 38 を駆動させ、周方向移動機構 38 をサポートフレーム 13 に沿って移動させ、超音波プローブ装置 15 の超音波トランスデューサ 20 を配管表面に密着させた状態で周方向に自動的に移動させる。配管 11 の周方向に超音波プローブ装置 15 を移動させる間に、超音波プローブ装置 15 を駆動させて配管 11 周方向の3次元超音波検査を行なう。超音波プローブ装置 15 が配管 11 の周方向に移動している間に超音波検査を行なう。

40

【0052】

超音波プローブ装置 15 を配管 11 の周方向に移動させつつ配管周方向の帯状検査対象領域 50（図 4 参照）を超音波検査した後、周方向移動機構 38 の駆動を停止させ、軸方向移動機構 39 を駆動させる。この駆動により、超音波プローブ装置 15 は配管 11 の軸方向に沿って1ステップ（ステップ幅は図 4 に示される符号 d である。）分だけ移動せしめられる。

【0053】

50

超音波プローブ装置 15 がパイプ軸方向に 1 ステップ移動させた後、軸方向移動機構 39 の駆動を停止させ、周方向移動機構 38 を再び駆動させ、配管 11 の周方向に沿う超音波検査を行なう。

【0054】

超音波プローブ移動装置 16 により超音波プローブ装置 15 の周方向移動と軸方向移動を繰り返すことにより、超音波プローブ装置 15 は配管表面の略全面にあるいは任意の円弧状表面に亘って移動走査を実施することができる。超音波プローブ装置 15 がパイプ周方向に移動している間に超音波検査を実施することができ、必要に応じ配管 11 の全面に亘り 3 次元の超音波検査を行なうことができる。

【0055】

この配管の超音波検査装置 10 によれば、信号処理部 31 で合成された画像情報を位置検出手段であるエンコーダ装置 44（図 2 参照）の円周方向位置信号 θ を用いて連結させ、組み合わせることで、図 4（A）、（B）および（C）に示すように、配管 11 の円筒形状を周方向に切り開いた展開図にして、周方向の平面画面（ $\theta-X$ 図）と、半径方向断面（ $X-R$ 図、 $\theta-R$ 図）を可視化して画像表示することができる。

【0056】

この配管 11 の超音波検査装置 10 によれば、配管 11 の内部欠陥検査を、検査対象領域の全面に亘って自動的に行なうことができ、検査結果を 3 次元画像または図 4（A）、（B）および（C）に示すように展開された展開画像で表示することが可能となる。

【0057】

図 5 は、本発明に係る配管の超音波検査装置の第 2 実施形態を示すものである。

【0058】

この実施形態に示された超音波検査装置 10A は、種々の径の配管の内部欠陥を 3 次元超音波検査できるようにしたものであり、支持脚の構成を除いて第 1 実施形態に示された超音波検査装置 10 と構成および作用を同じくするので、同じ構成には同一符号を付してその説明を省略する。

【0059】

図 5 に示された配管の超音波検査装置 10A は、サポートフレーム 13 に設けられる支持脚 51 が、伸縮機構 52 により伸縮自在に設けられる。支持脚 51 は、常時、ばね力あるいは流体圧力により支持脚 51 の脚先（足）が配管 11 側に押圧される。

【0060】

伸縮機構 52 はテレスコピック構造で、スライド脚 53 を固定脚 54 に対しスライド自在とし、押圧ばね 55 のばね力により配管表面側にばね付勢するようにしたものである。

【0061】

支持脚 51 をばね付勢する伸縮機構に代えて流体シリンダ装置の伸縮機構を採用し、流体シリンダ装置のピストンロッドをスライド脚として配管表面に押圧させるものであってもよい。

【0062】

この配管の超音波検査装置 10A においても、種々の配管径を有する配管の 3 次元超音波検査を非破壊で行なうことができる他、第 1 実施形態に示された超音波検査装置 10 と同様の作用効果を奏することができる。

【0063】

本発明の実施形態の説明においては、配管廻りの周方向および軸方向に超音波プローブ装置を移動自在に設けた例を示したが、超音波プローブ装置を周方向および軸方向に移動させる代りに、配管を回転自在に支持させる構成としてもよい。この場合には、超音波プローブ装置を配管の軸方向にのみ移動させればよい。

【0064】

また、超音波プローブ装置は、超音波トランスデューサを斜角用超音波伝播媒体に設けた例を示したが、超音波を配管外表面に対して斜めに入射させる斜角探傷法を用いなくても、垂直に入射させる垂直探傷法を採用してもよい。いずれの場合にも、超音波トランス

10

20

30

40

50

デューサに付属させた音響伝播媒体を、配管の検査対象部に超音波入射できるように、音響伝播媒体と配管とを密着させたまま円周方向および軸方向に移動させる超音波プローブ移動装置が備えられる。

【図面の簡単な説明】

【0065】

【図1】本発明に係る配管の超音波検査装置の第1実施形態を示す全体構成図。

【図2】図1のI I - I I 線に沿う側面図。

【図3】図2のA部を拡大して示す部分的な断面図。

【図4】本発明に係る配管の超音波検査装置を用いて超音波検査した検査結果の画像化例を示す図、ならびに（A）、（B）および（C）は展開状態で示す図。

10

【図5】本発明に係る配管の超音波検査装置の第2実施形態を示す全体構成図。

【符号の説明】

【0066】

10, 10A 超音波検査装置

11 配管

12 支持脚

13 サポートフレーム

15 超音波プローブ装置

16 超音波プローブ移動装置

18 装置本体

20

20 超音波トランスデューサ

21 音響伝播媒体（シュウ部材）

22 カップラント

25 操作駆動手段

26 操作部

27 信号発生部

28 駆動素子選択部

30 信号検出回路

31 信号処理部

32 表示装置

30

34 増幅回路

35 A/D変換器

36 処理プロセッサ

38 周方向移動機構

39 軸方向移動機構

40 超音波プローブ駆動操作系

41 駆動コントローラ

44 エンコーダ装置（位置検出手段）

45 圧電振動子（圧電変換素子）

46 内部欠陥

40

47 取付フレーム

50 帯状検査対象領域

51 支持脚

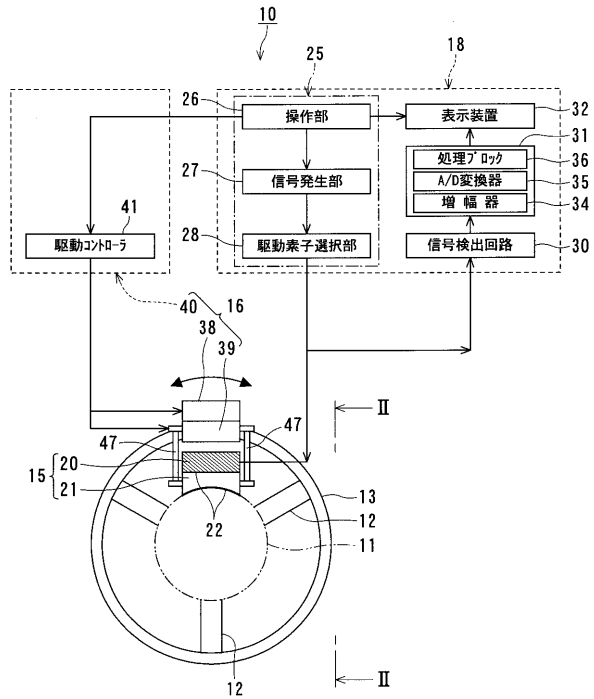
52 伸縮機構

53 スライド脚

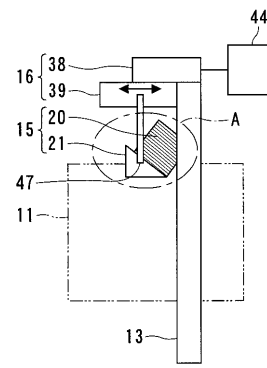
54 固定脚

55 押圧ばね

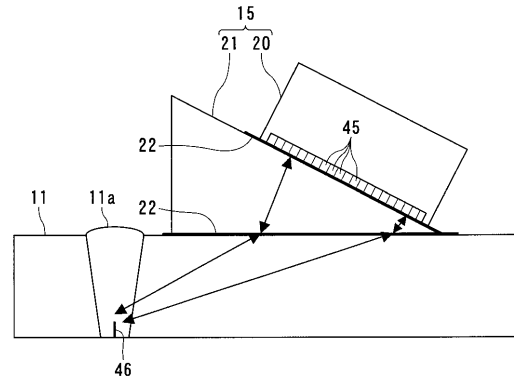
【図 1】



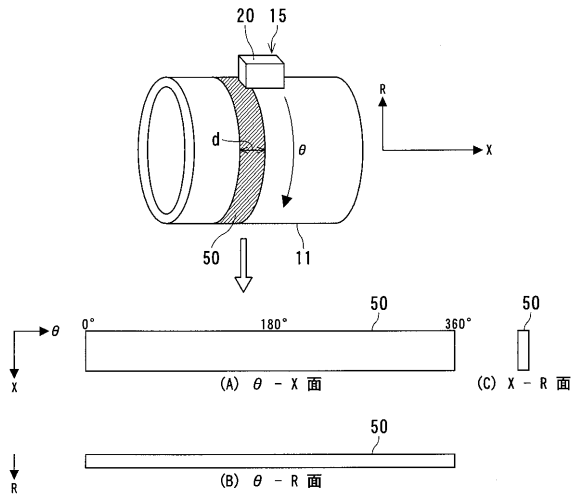
【図 2】



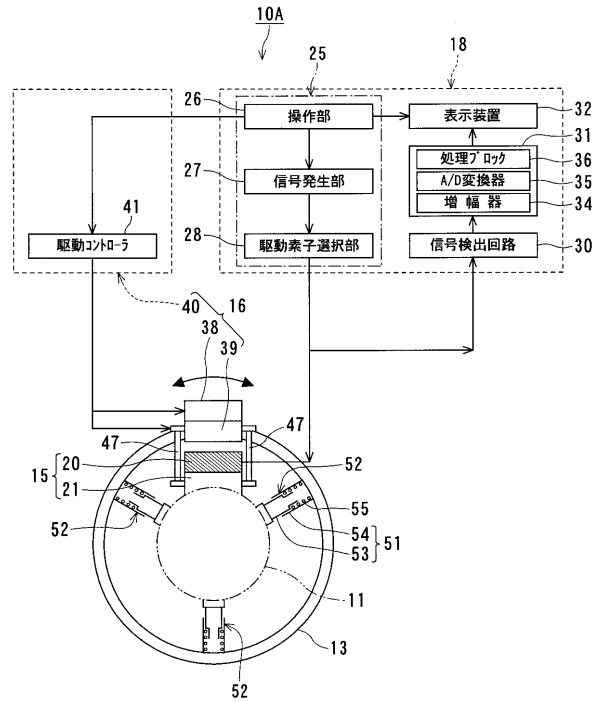
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

- (72)発明者 片山 雅弘
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝本社事務所内
- (72)発明者 唐沢 博一
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝本社事務所内
- (72)発明者 佐藤 浩司
愛知県名古屋市熱田区桜田町19番18号 東邦瓦斯株式会社内
- (72)発明者 小菅 祥平
愛知県名古屋市熱田区桜田町19番18号 東邦瓦斯株式会社内
- (72)発明者 今川 隆
愛知県名古屋市熱田区桜田町19番18号 東邦瓦斯株式会社内
- (72)発明者 濱島 隆之
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 東芝電力検査サービス株式会社内
- Fターム(参考) 2G047 AA07 AB01 BA03 BB02 BC07 DB17 EA09 EA12 GA05 GA06
GB02 GB13 GB17 GB27 GE01 GH09