

(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2010-38820

(P2010-38820A)

(43) 公開日 平成22年2月18日(2010.2.18)

(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 5	2 G O 4 7
GO 1 N 29/44 (2006.01)	GO 1 N 29/04 5 O 2	
	GO 1 N 29/22 5 O 4	

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2008-204223 (P2008-204223)	(71) 出願人	507250427 日立GEニュークリア・エナジー株式会社 茨城県日立市幸町三丁目1番1号
(22) 出願日	平成20年8月7日(2008.8.7)	(74) 代理人	100077816 弁理士 春日 譲
		(72) 発明者	沼田 祥平 茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社日立製作所 エネルギー・環境システム研究所内
		(72) 発明者	三木 将裕 茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社日立製作所 エネルギー・環境システム研究所内

最終頁に続く

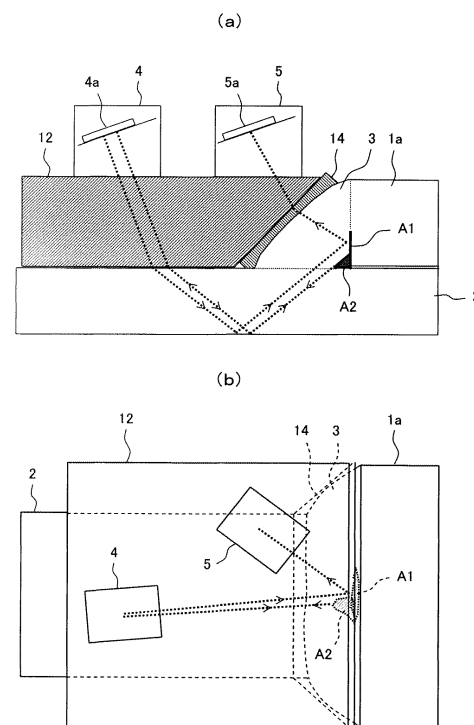
(54) 【発明の名称】 超音波検査装置

(57) 【要約】

【課題】例えば小口径エルボのソケット部と配管との隅肉溶接部の検査に対応することができ、隅肉溶接部のエルボ側境界付近でエルボ側境界に対しほぼ平行方向となるように生じた欠陥を検出することができる超音波検査装置を提供する。

【解決手段】エルボ1のソケット部1aと配管2との隅肉溶接部を検査する超音波検査装置において、配管2の外周側に配置されて、非溶接領域である配管2の外表面に入射する超音波を送信する斜角探触子4と、配管2及び隅肉溶接部の外周側に配置されて、隅肉溶接部の欠陥で反射され隅肉溶接部の外表面から出射された反射波を受信する斜角探触子5とを備える。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

配管継手のソケット部とこれに挿入された配管とを接合した隅肉溶接部を検査する超音波検査装置において、

前記配管の非挿入部の外周側に配置されて、非溶接領域である前記配管の外表面に入射する超音波を送信する第 1 の送信素子と、

前記配管の非挿入部の外周側に配置されて、前記隅肉溶接部の欠陥で反射され前記隅肉溶接部の外表面から出射された反射波を受信する第 1 の受信素子とを有することを特徴とする超音波検査装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載の超音波検査装置において、前記第 1 の送信素子及び前記第 1 の受信素子は、前記配管における軸方向位置及び周方向位置が互いに異なるように配置したことを特徴とする超音波検査装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 記載の超音波検査装置において、前記配管の非挿入部の外周側に配置されて、前記隅肉溶接部の欠陥で反射され非溶接領域である前記配管の外表面から出射された反射波を受信する第 2 の受信素子を有することを特徴とする超音波検査装置。

【請求項 4】

請求項 3 記載の超音波検査装置において、前記第 1 の送信素子及び前記第 2 の受信素子は、それらの機能を共有する送受信素子であることを特徴とする超音波検査装置。

【請求項 5】

請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項記載の超音波検査装置において、前記配管の非挿入部の外周側に配置されて、前記隅肉溶接部の外表面に入射する超音波を送信する第 2 の送信素子を有することを特徴とする超音波検査装置。

【請求項 6】

請求項 5 記載の超音波検査装置において、前記第 2 の送信素子及び前記第 1 の受信素子は、それらの機能を共有する送受信素子であることを特徴とする超音波検査装置。

【請求項 7】

請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項記載の超音波検査装置において、前記第 1 の送信素子及び前記第 2 の送信素子のうちの少なくとも一方を複数設け、これら複数の送信素子からの球面超音波の送信及び位相をそれぞれ制御する素子制御手段を設けたことを特徴とする超音波検査装置。

【請求項 8】

請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項記載の超音波検査装置において、前記配管の非挿入部及び前記隅肉溶接部を覆うような筒状のシューを取り付けたことを特徴とする超音波検査装置。

【請求項 9】

請求項 8 記載の超音波検査装置において、前記シューは、前記隅肉溶接部と接触する部分に柔軟性のゲル状部材を設けたことを特徴とする超音波検査装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、配管継手のソケット部とこれに挿入された配管とを接合した隅肉溶接部を検査する超音波検査装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

各種産業における機器や構造物において、金属部材の溶接部は、全体の強度や信頼性を左右する非常に重要な部位であり、様々な方法で検査が行われている。例えば原子力発電所や火力発電所等に設置された配管系統には、配管継手のソケット部とこれに挿入された配管とを接合した隅肉溶接部が有り、この隅肉溶接部に対して外観検査や、溶接部に内在

10

20

30

40

50

する欠陥（例えば溶接金属の溶け込み不良や、機器の運転中の振動に起因する疲労割れ等）を検出する非破壊検査が行われている。非破壊検査方法の一つとしては、欠陥検出能力が高く迅速に行うことができる超音波検査方法がある。

【０００３】

ここで従来、配管継手のソケット部と配管との隅肉溶接部を検査する超音波検査装置として、ソケット部の外表面に配置された斜角探触子と、この斜角探触子をソケット部の円周方向及び軸方向に走査する駆動装置とを備えたものが開示されている（例えば、特許文献１参照）。この超音波検査装置では、斜角探触子から発生する横波と、その横波の一部がソケット部の内表面にてモード変換を起こして発生する二次クリーピング波とを利用し、隅肉溶接部の探傷検査を行うようになっている。具体的に説明すると、例えば隅肉溶接部のルート付近で溶け込み不良が生じていた場合は、二次クリーピング波が溶け込み不良のコーナ部で反射されて斜角探触子で受信され、一方、横波が溶け込み不良の端部で反射されて斜角探触子で受信される。また、例えば探傷面に対して垂直方向や斜め方向となる疲労割れが生じていた場合は、横波が疲労割れで反射されて斜角探触子で受信される。したがって、様々な欠陥を一度に検出することが可能となっている。

【０００４】

【特許文献１】特開２０００－９７９１９号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

しかしながら、上記従来技術には以下のような課題が存在する。例えば小口径（２０Ａ～５０Ａ程度の）エルボのソケット部と配管との隅肉溶接部の検査においては、小口径エルボのソケット部における腹側（曲げ内側）領域が狭く、また表面曲率の影響により、斜角探触子をソケット部の外周面に安定して配置することが困難となる。すなわち、上記従来技術では、小口径エルボのソケット部と配管との隅肉溶接部の検査に対応することができなかった。そこで、例えば斜角探触子を配管の非挿入部の外表面に配置して検査する方法が考えられるものの、隅肉溶接部のエルボ側境界付近でエルボ側境界に対しほぼ平行方向（言い換えれば、探傷面に対して垂直方向）となるように生じた欠陥を検出することは困難であった。

【０００６】

本発明の目的は、例えば小口径エルボのソケット部と配管との隅肉溶接部の検査に対応することができ、隅肉溶接部のエルボ側境界付近でエルボ側境界に対しほぼ平行方向となるように生じた欠陥を検出することができる超音波検査装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

（１）上記目的を達成するために、本発明は、配管継手のソケット部とこれに挿入された配管とを接合した隅肉溶接部を検査する超音波検査装置において、前記配管の非挿入部の外周側に配置されて、非溶接領域である前記配管の外表面に入射する超音波を送信する第１の送信素子と、前記配管の非挿入部の外周側に配置されて、前記隅肉溶接部の欠陥で反射され前記隅肉溶接部の外表面から出射された反射波を受信する第１の受信素子とを有する。

【０００８】

このように本発明においては、第１の送信素子及び第１の受信素子を、配管継手のソケット部の外周側に配置しないで、配管の非挿入部の外周側に配置するので、例えば小口径エルボのソケット部と配管との隅肉溶接部の検査に対応することができる。そして、第１の送信素子から配管の外表面に入射された超音波は配管の内表面で反射されて隅肉溶接部に到達し、例えば隅肉溶接部のエルボ側境界付近でエルボ側境界に対しほぼ平行方向となる欠陥（例えば疲労割れ）が生じていた場合に、その欠陥で反射されて隅肉溶接部の外表面から出射され、その反射波が第１の受信素子で受信される。これにより、隅肉溶接部のエルボ側境界付近でエルボ側境界に対しほぼ平行方向となるように生じた欠陥を検出する

ことができる。

【0009】

(2) 上記(1)において、好ましくは、前記第1の送信素子及び前記第1の受信素子は、前記配管における軸方向位置及び周方向位置が互いに異なるように配置する。

【0010】

(3) 上記(1)又は(2)において、好ましくは、前記配管の非挿入部の外周側に配置されて、前記隅肉溶接部の欠陥で反射され非溶接領域である前記配管の外表面から出射された反射波を受信する第2の受信素子を有する。

【0011】

このように本発明においては、第2の受信素子も配管の非挿入部の外周側に配置するので、例えば小口径エルボのソケット部と配管との隅肉溶接部の検査に対応することができる。そして、第1の送信素子から配管の外表面に入射された超音波は配管の内表面で反射されて隅肉溶接部に到達し、例えば隅肉溶接部のルート付近で欠陥(例えば溶け込み不良)が生じていたり、のど厚方向に(言い換えれば、探傷面に対して斜め方向に)欠陥が生じていた場合に、その欠陥で反射されて戻って配管の外表面から出射され、その反射波が第2の受信素子で受信される。これにより、隅肉溶接部のルート付近で生じた欠陥やのど厚方向に生じた欠陥などを検出することができる。したがって、第1及び第2の受信素子によって様々な欠陥を一度に検出することができ、検査作業の効率を向上させることができる。

10

【0012】

(4) 上記(3)において、好ましくは、前記第1の送信素子及び前記第2の受信素子は、それらの機能を共有する送受信素子である。

20

【0013】

(5) 上記(1)～(4)のいずれか1つにおいて、好ましくは、前記配管の非挿入部の外周側に配置されて、前記隅肉溶接部の外表面に入射する超音波を送信する第2の送信素子を有する。

【0014】

このように本発明においては、第2の送信素子も配管の非挿入部の外周側に配置するので、例えば小口径エルボのソケット部と配管との隅肉溶接部の検査に対応することができる。そして、例えば隅肉溶接部のルート付近で欠陥(例えば溶け込み不良)が生じていた場合には、第2の送信素子から隅肉溶接部に入射された超音波がその欠陥で反射されて戻って隅肉溶接部の外表面から出射され、その反射波が第1の受信素子で受信される。これにより、超音波の伝達経路を比較的短くすることができるため、例えば隅肉溶接部のルート付近で生じた欠陥などが小さい場合でも検出することができる。

30

【0015】

(6) 上記(5)において、好ましくは、前記第2の送信素子及び前記第1の受信素子は、それらの機能を共有する送受信素子である。

【0016】

(7) 上記(1)～(6)のいずれか1つにおいて、好ましくは、前記第1の送信素子及び前記第2の送信素子のうちの少なくとも一方を複数設け、これら複数の送信素子からの球面超音波の送信及び位相をそれぞれ制御する素子制御手段を設ける。

40

【0017】

(8) 上記(1)～(7)のいずれか1つにおいて、好ましくは、前記配管の非挿入部及び前記隅肉溶接部を覆うような筒状のシューを取り付ける。

【0018】

(9) 上記(8)において、好ましくは、前記シューは、前記隅肉溶接部と接触する部分に柔軟性のゲル状部材を設ける。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、例えば小口径エルボのソケット部と配管との隅肉溶接部の検査に対応

50

することができ、隅肉溶接部のエルボ側境界付近でエルボ側境界に対しほぼ平行方向となるように生じた欠陥を検出することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、本発明の一実施形態を、図面を参照しつつ説明する。

【0021】

図1は、本発明の超音波検査装置の一実施形態の全体構成を表す概略図である。

【0022】

この図1において、超音波検査装置は、例えばエルボ1のソケット部1aとこれに挿入された配管（配管母材）2とを接合した隅肉溶接部（詳細には、溶接ビード3及び熱影響部を含む部分）の検査を目的とするものである。この超音波検査装置は、第1の斜角探触子4及び第2の斜角探触子5を備えた探触子移動装置6（走査機構）と、この探触子移動装置6を駆動制御して斜角探触子4、5の位置を制御する探触子位置制御装置7と、斜角探触子4による超音波の送信及びその反射波の受信を制御する第1の探傷制御装置8と、斜角探触子5による反射波の受信を制御する第2の探傷制御装置9と、これら探触子位置制御装置7及び探傷制御装置8、9を連携して制御するとともに、探傷情報（詳細には、斜角探触子4、5の位置情報と斜角探触子4、5で受信した反射波の波形情報を含む）を収録する中央制御装置10と、この中央制御装置10で収録された探傷情報に基づき、反射波を配管2の板厚方向断面の反射位置に変換して画像表示する断面表示／欠陥識別装置11とを備えている。

【0023】

配管2の外周側には、配管2の非挿入部及び溶接ビード3を覆うように筒状のシュー12が固定機構13によって固定されている。シュー12は、例えばアクリルで形成されており、溶接ビード3との接触部分には、溶接ビード3の形状に沿って密着するための柔軟性のゲル状接触媒質（ゲル状部材）14が設けられている。シュー12の外周側には、周方向に延在するガイドレール15が取り付けられている。なお、シュー12及びゲル状接触媒質14は、配管2の外周側に取り付け可能なように分割構造となっている。また、ガイドレール15は、シュー12の外周側に取り付け可能なように分割構造となっている。

【0024】

探触子移動装置6は、ガイドレール15に噛み合う歯車16と、この歯車16を回転制御する周方向移動制御機構17とを備えており、ガイドレール15に沿って移動可能としている。すなわち、斜角探触子4、5をシュー12の周方向（言い換えれば、配管2の周方向）に移動させることが可能となっている。また、探触子移動装置6は、シュー12の軸方向（図1中左右方向）に延在し、上記斜角探触子4、5が取り付けられたアーム18と、斜角探触子4、5のそれぞれとアーム18との間に設けられ、斜角探触子4、5を液状接触媒質（図示せず）を介してシュー12の外表面に密着させる付勢力を付与するスプリング機構（図示せず）と、アーム18をシュー12の軸方向に移動可能に支持する複数の車輪19と、これら車輪19を回転制御してアーム18をシュー2の軸方向に移動させる軸方向移動制御機構20とを備えており、斜角探触子4、5をシュー12の軸方向（言い換えれば、配管2の軸方向）に移動させることが可能となっている。

【0025】

ここで本実施形態の大きな特徴として、第1の斜角探触子4は、配管2の非挿入部の外周側に配置されており、非溶接領域である配管2の外表面に対し傾斜した角度で入射するように超音波を送信するとともに、隅肉溶接部の欠陥（詳細は後述）などで反射され非溶接領域である配管2の外表面から出射された反射波を受信する送受信素子4a（後述の図2（a）及び図3参照）を有している（なお、これに代えて、送信素子と受信素子を有してもよい）。第2の斜角探触子5は、配管2の非挿入部（及び隅肉溶接部）の外周側に配置されており、隅肉溶接部の欠陥（詳細は後述）などで反射され溶接ビード3の外表面から出射された反射波を受信する受信素子5a（後述の図2（a）及び図3参照）を有している。また、斜角探触子4、5は、配管2における軸方向位置だけでなく周方向位置も互

いに異なるように配置されており、隅肉溶接部に向けての斜角探触子 4 の送受信角度と斜角探触子 5 の受信角度とを異ならせている（後述の図 2（b）参照）。このような斜角探触子 4，5 における超音波の伝達経路を以下説明する。

【0026】

図 2（a）は、本実施形態における超音波の伝達経路の一例を表す断面図であり、図 2（b）は、平面図である。また、図 3 は、本実施形態における超音波の伝達経路の他の例を表す断面図である。

【0027】

斜角探触子 4 から送信された超音波は、シュー 1 2 及び液状接触媒質を介して配管 2 の外表面に入射し、配管 2 の内表面で 1 回反射して隅肉溶接部に到達する。そして、図 2（a）及び図 2（b）で示すように、隅肉溶接部に到達した超音波の一部は、例えば隅肉溶接部のエルボ 1 側境界付近でエルボ側境界に対しほぼ平行方向（言い換えれば、探傷面に対し垂直方向）となる疲労割れ A 1 が生じていた場合に、その疲労割れ A 1 で反射し、溶接ビード 3 の外表面から出射し、ゲル状媒質 1 4 及びシュー 1 2 を介して斜角探触子 5 で受信される。これにより、疲労割れ A 1 が検出される。

【0028】

また、図 2（a）、図 2（b）、及び図 3 で示すように、隅肉溶接部に到達した超音波の一部は、例えば隅肉溶接部のルート付近で溶け込み不良 A 2 が生じていた場合に、その溶け込み不良 A 1 の端部で反射し、同じ経路を戻って配管 2 の外表面の非溶接領域から出射し、シュー 1 2 及び液状接触媒質を介して斜角探触子 4 で受信される。なお、例えば溶け込み不良 A 2 が生じていない場合は、エルボ 1 のソケット部 1 a と配管 2 の挿入部との隙間の端部で反射し、同様の経路を経て斜角探触子 4 で受信される。そのため、予め得られている隅肉溶接部などの設計寸法と反射波の反射位置情報から、溶け込み不良 A 2 であるかどうか判断される。

【0029】

また、図 3 で示すように、隅肉溶接部に到達した超音波の一部は、例えばのど厚方向に（言い換えれば、探傷面に対して斜め方向に）疲労割れ A 3 が生じていた場合に、その疲労割れ A 3 で反射し、同じ経路を戻って配管 2 の外表面から出射し、シュー 1 2 及び液状接触媒質を介して斜角探触子 4 で受信される。これにより、疲労割れ A 3 が検出される。

【0030】

なお、本実施形態では、配管 2 の外表面から入射した超音波を配管 2 の内表面で一回反射させて隅肉溶接部に到達させるので、隅肉溶接部の探傷に用いる超音波のモードとしては横波を利用することが望ましい。そして、シュー 1 2 と配管 2 との間の液状接触媒質では縦波しか伝達しないことから、シュー 1 2 から配管 2 に入射するときに縦波から横波に変換することになる。また、シュー 1 2 と溶接ビード 3 との間のゲル状媒質 1 4 でも縦波しか伝達しないことから、溶接ビード 3 からシュー 2 に出射するときに横波から縦波に変換することになる。なお、図 4 は、アクリル製のシュー 1 2 から SUS 製の配管 2 に入射するときの縦波及び横波の変換効率を、入射角度に応じて表す特性図である。この図 4 から明らかなように、縦波から横波に効率よく変換するため、入射角度は 35 ～ 55 度になるように設定することが好ましい。

【0031】

前述の図 1 に戻り、中央制御装置 10 は、探触子位置制御装置 7 及び探傷制御装置 8，9 にトリガ信号を出力するトリガ信号発生部 21 と、探傷情報を収録する探傷情報記憶部 22 とを備えている。

【0032】

探触子位置制御装置 7 は、中央制御装置 10 のトリガ信号発生部 21 からのトリガ信号に対し予め設定された走査パターン（例えば配管 2 の周方向位置を変えて軸方向の走査を繰り返すような矩形走査パターン）に基づいて演算処理が行われ、生成した駆動制御信号（所定の移動量に相当する信号）を探触子移動装置 6 の周方向移動制御機構 17 及び軸方向移動制御機構 20 に出力する走査制御回路 23 と、この走査制御回路 23 の制御情報に

10

20

30

40

50

基づき斜角探触子 4 , 5 の移動方向及び移動量を演算して斜角探触子 4 , 5 の位置を演算する移動量演算回路 2 4 と、この移動量演算回路 2 4 で演算された斜角探触子 4 , 5 の位置情報をアナログ信号からデジタル信号に変換して、中央制御装置 1 0 の探傷情報記憶部 2 2 に出力する A / D 変換回路 2 5 とを備えている。

【 0 0 3 3 】

探傷制御装置 8 は、中央制御装置 1 0 のトリガ信号発生部 2 1 からのトリガ信号に応じて斜角探触子 4 に超音波の送信指令を出力する送信回路 2 6 と、斜角探触子 4 で受信した反射波を入力する受信回路 2 7 と、この受信回路 2 7 で入力した反射波の波形情報をアナログ信号からデジタル信号に変換して、中央制御装置 1 0 の探傷情報記憶部 2 2 に出力する A / D 変換回路 2 8 とを備えている。探傷制御装置 9 は、斜角探触子 5 で受信した反射波を入力する受信回路 2 9 と、この受信回路 2 9 で入力した反射波の波形情報をアナログ信号からデジタル信号に変換して、中央制御装置 1 0 の探傷情報記憶部 2 2 に出力する A / D 変換回路 3 0 とを備えている。

10

【 0 0 3 4 】

中央制御装置 1 0 の探傷情報記憶部 2 2 は、探触子位置制御装置 7 からの斜角探触子 4 , 5 の位置情報及び探傷制御装置 8 , 9 からの反射波の波形情報が入力されると、これらを探傷情報として収録し、トリガ信号発生部 2 1 に指令を出力する。そして、トリガ信号発生部 2 1 は、その指令に応じてトリガ信号を出力し、探触子位置制御装置 7 及び探傷制御装置 8 , 9 を連携して制御する。このようにして、斜角探触子 4 , 5 をシュー 1 2 の外周面上で（言い換えれば、配管 2 の外周面に沿って）走査させながら探傷情報を自動収録するようになっている。

20

【 0 0 3 5 】

断面表示 / 欠陥識別装置 1 1 は、中央制御装置 1 0 の探傷情報記憶部 2 2 に収録された探傷情報に基づき、反射波を配管 2 の板厚方向断面の反射位置に変換して、配管 2 、エルボ 1 のソケット部 1 a、及び溶接ビード 3 とともに画像表示する。また、欠陥に相当する反射波の画像がある場合は、それを識別表示するようになっている。

【 0 0 3 6 】

次に、本実施形態における検査手順を説明する。図 5 は、本実施形態における検査手順を説明するためのフローチャートである。

【 0 0 3 7 】

まず、探傷範囲（周方向及び軸方向の検査範囲）を設定し、走査パターンを設定する（ステップ 1 0 0）。そして、探触子位置制御装置 7 は、設定された走査パターンに基づき中央制御装置 1 0 からのトリガ信号に応じて探触子移動装置 6 を駆動制御して斜角探触子 4 , 5 を移動させるとともに、斜角探触子 4 , 5 の位置情報を中央制御装置 1 0 置に出力する（ステップ 1 1 0）。探傷制御装置 8 は、中央制御装置 1 0 からのトリガ信号に応じて斜角探触子 4 に超音波の送信指令を出力し、これに応じて斜角探触子 4 は非溶接領域の配管 2 の外表面に入射するように超音波を送信する（ステップ 1 2 0）。そして、例えば隅肉溶接部の溶け込み不足 A 2 や疲労割れ A 3 などが生じていた場合、斜角探触子 4 は、溶け込み不足 A 2 や疲労割れ A 3 で反射され配管 2 の外表面から出射された反射波を受信し、その波形情報が探傷制御装置 8 を介して中央制御装置 1 0 に出力される（ステップ 1 3 0）。一方、例えば隅肉溶接部の疲労割れ A 1 などが生じていた場合、斜角探触子 5 は、疲労割れ A 1 で反射され溶接ビード 3 の外表面から出射された反射波を受信し、その波形情報が探傷制御装置 9 を介して中央制御装置 1 0 に出力される（ステップ 1 4 0）。そして、中央制御装置 1 0 は、斜角探触子 4 , 5 の位置情報と反射波の波形情報から欠陥の検出位置を演算し（ステップ 1 5 0）、この演算した欠陥の検出位置を検査対象断面図に表示する（ステップ 1 6 0）。そして、未探傷範囲がある場合は上述したステップ 1 0 0 ~ 1 6 0 の手順を繰り返し、未探傷範囲がない場合は検査を終了する。

30

40

【 0 0 3 8 】

以上のように構成された本実施形態においては、斜角探触子 4 , 5 を、エルボ 1 のソケット部 1 a の外周側に配置しないで、配管 2 の非挿入部の外周側に配置するので、例えば

50

小口径エルボのソケット部と配管との隅肉溶接部の検査に対応することができる。そして、斜角探触子 5 は、溶接ビード 3 の外表面から出射された反射波を受信するので、例えば隅肉溶接部のエルボ側境界付近でエルボ側境界に対しほぼ平行方向となるように生じた疲労割れ A 1 などを検出することができる。また、斜角探触子 4 は、配管 2 の外表面から出射された反射波を受信するので、例えば隅肉溶接部のルート付近で生じた溶け込み不足 A 2 やのど厚方向に生じた疲労割れ A 3 などを検出することができる。したがって、様々な欠陥を一度に検出することができ、検査作業の効率を向上させることができる。

【 0 0 3 9 】

なお、上記一実施形態においては、第 2 の斜角探触子 5 は、隅肉溶接部の欠陥で反射され溶接ビード 3 の外表面から出射された反射波を受信する受信素子 5 a を有する場合を例にとって説明したが、これに限られない。すなわち、例えば図 6 に示すように、第 2 の斜角探触子 5 は、溶接ビード 3 の外表面に入射する超音波を送信するとともに、隅肉溶接部の欠陥で反射され溶接ビード 3 の外表面から出射された反射波を受信する送受信素子 5 b を有してもよい（又は、送信素子と受信素子とを有してもよい）。そして、探傷制御装置 9 は、斜角探触子 5 に超音波の送信指令を出力する送信回路を有し、中央制御装置 10 は、探傷制御装置 28 の送信回路 26 への指令とは異なるタイミングで、探傷制御装置 9 の送信回路へ指令を出力すればよい。このような変形例では、図 6 に示すように、例えば隅肉溶接部のルート付近で溶け込み不良 A 2 が生じていた場合に、斜角探触子 5 から隅肉溶接部に入射された超音波が溶け込み不良 A 2 で反射されて戻って溶接ビード 3 の外表面から出射され、その反射波が斜角探触子 5 で受信される。したがって、超音波の伝達経路を比較的短くすることができるため、溶け込み不良 A 2 などが小さい場合でも検出することができる。また、溶接ビード 3 の外表面からの反射波も受信され、これに基づき溶接ビード 3 の残肉厚などを演算することも可能である。

【 0 0 4 0 】

また、上記一実施形態においては、第 1 の斜角探触子 4 と第 2 の斜角探触子 5 とを別体として構成し、斜角探触子 4 , 5 のそれぞれの取付け位置を調整可能な場合を例にとって説明したが、これに限られず、一体化して構成してもよい。また、上記一実施形態においては、第 1 の斜角探触子 4 は、1 つの送受信素子 4 a を有する場合を例にとって説明したが、これに限られず、複数の送受信素子を有するアレイ型としてもよい。また、前述の図 6 で示す変形例においては、第 2 の斜角探触子 5 は、1 つの送受信素子 5 b を有する場合を例にとって説明したが、これに限られず、複数の送受信素子を有するアレイ型としてもよい。

【 0 0 4 1 】

例えば図 7 に示す変形例では、探触子移動装置 6 のアーム 18 には、上述した斜角探触子 4 , 5 に相当するものとして、多数の送受信素子 31 a を有するアレイ型探触子 31 が設けられている。なお、図 7 では便宜上簡略化して示すが、アレイ型探触子 31 の送受信素子 31 a は、上記一実施形態における斜角探触子 4 の送受信素子 4 a 及び斜角探触子 5 の受信素子 5 a のように（前述の図 2 (b) 参照）、二次元配置することが好ましい。そして、素子制御装置 32 は、複数の送受信素子 31 a からの球面超音波の送信及び位相をそれぞれ制御するとともに、複数の送受信素子 31 a での反射波の受信を制御する。詳細には、複数の送受信素子 31 a への電圧印加時間（言い換えれば、遅延時間）をそれぞれ制御して、送受信素子 31 a から送信する球面超音波 33 の位相の重ね合わせ位置を制御することにより、干渉波 34 の角度及び集束を可変制御する。これにより、任意の集束目標点（好ましくは配管 2 の内表面）及び任意の傾斜角度で干渉波 34 を送信可能としている。なお、送受信素子 31 a をシュー 12（言い換えれば、配管 2）の全周に亘って二次元配置すれば、アレイ型探触子を移動させる移動装置を不要とし、検査時間の短縮化を図ることも可能である。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 2 】

【 図 1 】 本発明の超音波検査装置の一実施形態の全体構成を表す概略図である。

【図 2】本発明の超音波検査装置の一実施形態における超音波の伝達経路の一例を表す断面図及び平面図である。

【図 3】本発明の超音波検査装置の一実施形態における超音波の伝達経路の他の例を表す断面図である。

【図 4】横波及び縦波のエネルギー分配率と入射角度との関係を表す特性図である。

【図 5】本発明の超音波検査装置の一実施形態における検査手順を説明するためのフローチャートである。

【図 6】本発明の超音波検査装置の一変形例における超音波の伝達経路の一例を表す断面図である。

【図 7】本発明の超音波検査装置の他の変形例におけるアレイ型探触子を表す断面図である。

10

【符号の説明】

【 0 0 4 3 】

- 1 エルボ（配管継手）
- 1 a ソケット部
- 2 配管
- 3 溶接ビード
- 4 斜角探触子
- 4 a 送受信素子（第 1 の送信素子、第 2 の受信素子）
- 5 斜角探触子
- 5 a 受信素子（第 1 の受信素子）
- 5 b 送受信素子（第 2 の送信素子、第 1 の受信素子）
- 1 2 シュー
- 1 4 ゲル状接触媒質（ゲル状部材）
- 3 1 アレイ型探触子
- 3 1 a 送受信素子（第 1 の送信素子、第 2 の送信素子、第 1 の受信素子、第 2 の受信素子）
- 3 2 素子制御装置（素子制御手段）

20

Fig. 1 is a cross-sectional view of a semiconductor device. It shows a substrate 2 with a layer 12 on top. Layer 12 has a central region 34 and side regions 33. A layer 31 is on top of 12, with a central part 31a and side parts 32. A layer 3 is on top of 31, with a central part 1a and side parts 14. Arrows indicate light rays passing through the layers and reflecting off the interface between 12 and 2.

フロントページの続き

- (72)発明者 篠原 悟史
茨城県日立市幸町三丁目1番1号
株式会社内
日立GEニュークリア・エナジー
- (72)発明者 林 章二
茨城県日立市幸町三丁目1番1号
株式会社内
日立GEニュークリア・エナジー
- (72)発明者 小田倉 満
茨城県日立市幸町三丁目1番1号
株式会社内
日立GEニュークリア・エナジー

F ターム(参考) 2G047 AB01 AB07 BA03 BB02 BC02 BC07 BC11 CB00 CB02 CB06
GA05 GA09 GA19 GG09 GG19 GG27