

(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2014-178302

(P2014-178302A)

(43) 公開日 平成26年9月25日(2014.9.25)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
 GO 1 N 29/24 (2006.01) GO 1 N 29/24 2 G O 4 7
 GO 1 N 29/04 (2006.01) GO 1 N 29/10 5 O 1

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 17 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2013-223269 (P2013-223269) (22) 出願日 平成25年10月28日 (2013.10.28) (31) 優先権主張番号 特願2013-26712 (P2013-26712) (32) 優先日 平成25年2月14日 (2013.2.14) (33) 優先権主張国 日本国(JP)</p>	<p>(71) 出願人 000001199 株式会社神戸製鋼所 兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号 (74) 代理人 100061745 弁理士 安田 敏雄 (74) 代理人 100120341 弁理士 安田 幹雄 (72) 発明者 和佐 泰宏 兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号 株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内 Fターム(参考) 2G047 AA07 AC05 BA03 BC09 CA01 DB17 EA04 GA14 GB03 GB27</p>
---	---

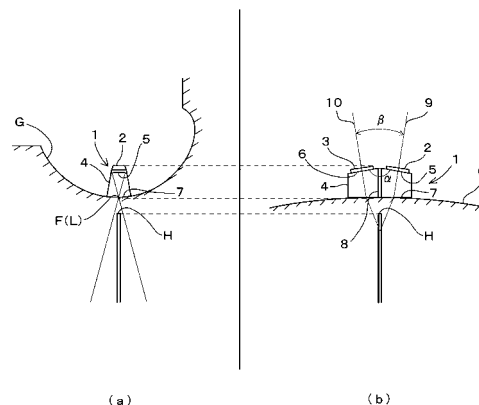
(54) 【発明の名称】 超音波探触子

(57) 【要約】

【課題】 検査対象の表面が湾曲面である場合でも、湾曲面に対して照射された超音波の該湾曲面での屈折による影響を低減できると共に、該湾曲面での表面エコーを抑制することのできる超音波探触子を提供すること。

【解決手段】 湾曲面で構成された溝部Gを有する検査対象Wに対して超音波を送信すると共に、検査対象Wの内部で反射した反射超音波を受信することで、検査対象Wの内部の欠陥を検出する超音波探触子1において、溝部Gの湾曲面に向かって超音波を送信する送信振動子2と、検査対象Wの内部で反射して湾曲面に伝播した反射超音波を受信する受信振動子3と、を備える。その上で、送信振動子2は、溝部Gの伸長方向に直交する断面視における溝部Gの湾曲面に相当する位置または、湾曲面直下の検査対象Wの内部に、送信した超音波が集束する点を結び、送信振動子2及び受信振動子3は、溝部Gの伸長方向に沿って隣り合うように配置される。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

湾曲面で構成された溝部を有する検査対象に対して超音波を送信すると共に、前記検査対象の内部で反射した反射超音波を受信することで、前記検査対象の内部の欠陥を検出する超音波探触子であって、前記溝部の湾曲面に向かって超音波を送信する送信振動子を有する送信部と、前記検査対象の内部で反射して前記湾曲面に伝播した反射超音波を受信する受信振動子を有する受信部と、を備え、

前記送信振動子は、前記溝部の伸長方向に直交する断面視における前記溝部の湾曲面に相当する位置または、前記湾曲面直下の前記検査対象の内部に、送信した超音波が集束する点を結び、前記送信部及び前記受信部は、前記溝部の伸長方向に沿って隣り合うように配置されていることを特徴とする超音波探触子。

10

【請求項 2】

前記送信部の送信振動子が有する送信面と前記受信部の受信振動子が有する受信面となす対面角が鈍角となるように、前記送信振動子及び受信振動子が前記湾曲面に対して傾斜状に配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の超音波探触子。

【請求項 3】

前記受信振動子の受信面が、前記溝部の伸長方向に直交する断面視における前記溝部の湾曲面に相当する位置に、受信する超音波が集束する点を結ぶことを特徴とする請求項 2 に記載の超音波探触子。

【請求項 4】

前記受信振動子の受信面が、前記溝部の伸長方向に直交する断面視における前記溝部の湾曲面下の前記検査対象の内部に、受信する超音波が集束する点を結ぶことを特徴とする請求項 2 に記載の超音波探触子。

20

【請求項 5】

前記受信振動子の受信面が、前記検査対象と接する探傷面に向けて凸状に形成されていて、

前記探傷面は、前記検査対象での超音波の伝播速度よりも低い超音波の伝播速度を有する部材で構成されることを特徴とする請求項 4 に記載の超音波探触子。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

30

【0001】

本発明は、超音波探傷に用いられる超音波探触子に関する。

【背景技術】**【0002】**

超音波探傷は、機械部品や構造物など検査対象の内部に存在するクラックやボイドなどの物理的な欠陥、及び金属組織的な欠陥（以上合わせて単に欠陥と呼ぶ）を、検査対象を破壊することなく検出する非破壊検査の一手法として広く知られる技術である。超音波探傷には、透過法、パルス反射法、及び共振法の 3 種の方式があり、このうちパルス反射法は、検査対象内部の欠陥で反射した超音波パルスの反射波を検出することで、検査対象の内部の欠陥を検出する方法である。

40

【0003】

パルス反射法を用いて検査対象内を探傷する技術としては、検査対象の表面に対して垂直に進行する超音波を用いて検査対象内を探傷する垂直探傷法や、検査対象の表面に対して斜めに進行する超音波を用いて検査対象内又は検査対象被検査材表面を探傷する斜角探傷法など複数の探傷法がある。また、検査対象の表面近傍を探傷する技術としては、検査対象の表面近傍を伝播する表面超音波を用いた表面探傷法がある。表面探傷法では、超音波探触子から表面超音波を送出し、検査対象の表面又は表面皮下に存在する欠陥で反射して戻ってきた反射超音波を超音波探触子で受信することで、検査対象の表面欠陥及び表面皮下欠陥を検出する。

【0004】

50

このような斜角探傷法及び斜角探傷法を用いた超音波探触子が、特許文献1に開示されている。

特許文献1の超音波探触子は、楔材の傾斜面に超音波振動子を設け、試験体との接触面を曲面状に形成した曲面探傷用超音波探触子において、前記超音波振動子とその放射超音波が前記接触面で集束するように球殻状に形成したことを特徴とするものである。

【0005】

この超音波探触子によれば、探触子と試験体との間にギャップが生じる場合であっても、接触面エコーを抑制しつつ欠陥の検出が可能になるとされている。

また、超音波探傷を行う超音波探触子が、特許文献2に開示されている。

特許文献2の超音波探触子は、超音波を送信する素子と、検査対象の凹曲面部へ前記超音波を伝播させる音響レンズと、前記検査対象からの前記超音波のエコーを前記音響レンズを経由して受信する素子とを備えた超音波探傷装置の超音波探触子であって、前記凹曲面部に対面する前記音響レンズの面が、前記凹曲面部の曲率半径の2分の1から3分の2の範囲の曲率半径の凸曲面の形状を有し、前記超音波を送信する素子と前記エコーを受信する素子とがアレイセンサであって、前記送受用各アレイセンサの素子の配列の方向が、円筒形状の一部の形状をした前記音響レンズの凸曲面の形状を構成する前記円筒形状の中心軸方向に向けられており、前記音響レンズの材質は、超音波の縦波音速が前記検査対象内の縦波音速よりも遅く且つ前記超音波探触子と前記検査対象との間の中間媒質内の超音波の縦波音速より早い材質によって構成され、前記音響レンズの内部に、送信された前記超音波と受信された前記エコーとの伝播経路を隔てる配置で、音響の伝播を遮る遮音板を有することを特徴とする。

【0006】

この特許文献2の超音波探触子は、該特許文献2の図13に示されるように、探触子内の振動子の形状および楔の形状を、試験体界面での超音波の屈折をも考慮して、試験体に向けた凸状形状としている。この超音波探触子の構成によって、試験体表面が曲面形状の場合に、接触した探傷子の楔内の音速と試験体内の音速と差に起因した屈折が発生して、入射する超音波が不安定に散乱してしまうという問題に対処することができ、試験体内での音場の集束が可能であると記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開平2-73151号公報

【特許文献2】特許第4770386号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上述したように、特許文献1では、超音波探触子の球殻状の超音波振動子は、検査対象である試験体の表面で焦点を結ぶように超音波を照射するが、照射された超音波は、検査対象の表面を伝播するクリーピング波となっている。そのため、特許文献1の超音波探触子は、検査対象の内部に存在する欠陥の検出に用いることは困難である。

また、検査対象内部の欠陥の深度は様々であり、広い深度範囲で高精度の探傷を行うことが理想ではあるが、特許文献1の超音波探触子に限らず、従来の超音波探触子を用いて広い深度範囲で高精度に探傷することは一般的には難易度が高いという問題があった。特に検査対象の表面が曲面であれば、照射された超音波が曲面で屈折して深さ方向において拡散（又は分散）してしまうため、広い深度範囲で高精度に探傷することは更に困難であった。

【0009】

表面が曲面となった検査対象を探傷する技術として、振動子がアレイ状に配置された超音波探触子を用いるフェーズドアレイ法が広く知られている。しかし、フェーズドアレイ法による既存の超音波探触子は一般的に平面形状であり、振動子と検査対象の曲面との間

の広い空間を水などの接触媒体で満たす必要があるため、作業性が良くないだけでなく、超音波探触子の機構も複雑になってしまうという問題がある。さらに、超音波探触子の機構の複雑さや、アレイ状に配置された振動子の制御の煩雑さなどが原因で、超音波探触子を含む装置全体の製造コストが高価なものになってしまうという問題も生じる。

【0010】

また、特許文献2の手法は、曲面形状の試験体においても、試験体内部の任意の位置に超音波を集束可能な方法ではあるが、探触子と試験体の曲界面を正確に接触させる必要があり、探傷中に探触子が傾いたり、探触子と試験体の間にギャップが生じたりすると、超音波の集束条件が乱れてしまうという問題がある。手動走査に限らず、機械走査においても、曲面状の試験体に曲面状の探触子を正確に倣わせて走査することには大きな困難が伴う。

10

【0011】

さらに、超音波の送信において探触子と試験体との間にギャップが生じるとそのギャップで多重反射が発生し、送信波が時間的にばらついてしまう。その結果として、送信パルスの音圧が低くなったり、表面エコーが長時間にわたって発生したりして、試験体の表面近傍の不感帯が大きくなるといった不都合が生じてしまう。

本発明は、上述の問題に鑑みてなされたものであって、検査対象の表面が湾曲面である場合でも、湾曲面に対して照射された超音波の該湾曲面での屈折による影響を低減できると共に、該湾曲面での表面エコーを抑制することのできる超音波探触子を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記課題を達成するために、本発明は、以下の技術的手段を採用した。

本発明に係る超音波探触子は、湾曲面で構成された溝部を有する検査対象に対して超音波を送信すると共に、前記検査対象の内部で反射した反射超音波を受信することで、前記検査対象の内部の欠陥を検出する超音波探触子であって、前記溝部の湾曲面に向かって超音波を送信する送信振動子を有する送信部と、前記検査対象の内部で反射して前記湾曲面に伝播した反射超音波を受信する受信振動子を有する受信部と、を備え、前記送信振動子は、前記溝部の伸長方向に直交する断面視における前記溝部の湾曲面に相当する位置または、前記湾曲面直下の前記検査対象の内部に、送信した超音波が集束する点を結び、前記送信部及び前記受信部は、前記溝部の伸長方向に沿って隣り合うように配置されていることを特徴とする。

30

【0013】

ここで、前記送信部の送信振動子が有する送信面と前記受信部の受信振動子が有する受信面とでなす対面角が鈍角となるように、前記送信振動子及び受信振動子が前記湾曲面に対して傾斜状に配置されていると好ましい。

さらに、前記受信振動子の受信面が、前記溝部の伸長方向に直交する断面視における前記溝部の湾曲面に相当する位置に、受信する超音波が集束する点を結ぶと好ましい。

【0014】

また、前記受信振動子の受信面が、前記溝部の伸長方向に直交する断面視における前記溝部の湾曲面下の前記検査対象の内部に、受信する超音波が集束する点を結ぶと好ましい。

40

ここで、前記受信振動子の受信面が、前記検査対象と接する探傷面に向けて凸状に形成されていて、前記探傷面は、前記検査対象での超音波の伝播速度よりも低い超音波の伝播速度を有する部材で構成されると好ましい。

【発明の効果】

【0015】

本発明の超音波探触子によれば、検査対象の表面が湾曲面である場合でも、湾曲面に対して照射された超音波の該湾曲面での屈折による影響を低減できると共に、該湾曲面での表面エコーを抑制することができる。

50

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の実施形態による超音波探触子を検査対象の溝部に当接させた状態を示す概略斜視図である。

【図2】本発明の実施形態による超音波探触子の構成を示す概略図であり、(a)は、超音波探触子を検査対象に当接させた状態を溝部の伸長方向に沿った図1の矢印A側から見たときの状態を示し、(b)は、(a)に示す状態を、溝部の伸長方向(矢印A)に対して垂直となる図1の矢印B側から見た状態を示す。

【図3】対面角を3通りに設定した場合において、送信軸と受信軸が交わる位置の違いを示した図であり、図3(a)~図3(c)のそれぞれは、異なる対面角で送信振動子と受信振動子が設けられた超音波探触子を配置したときの状態を示す。

【図4】本実施形態による超音波探触子の感度特性について説明する図であり、(a)は、一つの振動子によって探傷面上に集束線を形成する表面集束のみによる探傷感度特性を示し、(b)は、2分割探触子の構成による探傷感度特性を示し、(c)は、(a)に示す表面収束の構成と(b)に示す2分割探触子の構成を組み合わせた探傷感度特性を示す。

【図5】異なる屋根角(対面角)の超音波探触子を用いて、異なる深さの平底に対して探傷したときの実験結果のグラフを示す図である。

【図6】本発明の第2実施形態による超音波探触子の構成を示す概略図であり、(a)は、一方側(送信側)の断面視における超音波探触子の配置及び構成を示す概略図、(b)は、他方側(受信側)の断面視における超音波探触子の配置及び構成を示す概略図である。

【図7】本発明の第3実施形態による超音波探触子の受信部の構成を説明するための概念図である。

【図8】第3実施形態による超音波探触子の構成を示す概略図であり、(a)は、一方側(送信側)の断面視における超音波探触子の配置及び構成を示す概略図、(b)は、他方側(受信側)の断面視における超音波探触子の配置及び構成を示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態を説明する。

なお、以下に説明する実施形態は、本発明を具体化した一例であって、その具体例をもって本発明の構成を限定するものではない。従って、本発明の技術的範囲は、本実施形態に開示内容だけに限定されるものではない。

(第1実施形態)

図1及び図2を参照しながら、本実施形態による超音波探触子1について説明する。

【0018】

図1は、本発明の実施形態による超音波探触子1を検査対象Wに形成されたフィレット等の溝部Gに当接させた状態を示す概略斜視図である。図2は、超音波探触子1が、検査対象Wの溝部Gの湾曲面に配置されたときの構成を示す概略図である。図2(a)は、溝部Gの長手方向(伸長方向ともいえる)に直交する断面視における、超音波探触子1の配置及び構成を示す概略図であり、図2(b)は、溝部Gの長手方向(伸長方向)に沿った側面視における、超音波探触子1の配置及び構成を示す概略図である。すなわち、図2(a)は、図1における矢印A側(矢視A)から見た図であり、図2(b)は、図1における矢印B側(矢視B)から見た図である。

【0019】

超音波探触子1は、送信振動子2に超音波を送信させる超音波探傷器(図示せず)、及び後述する信号記録処理装置(図示せず)に接続されて、機械部品や構造物などの検査対象Wの表面に対して超音波を送信すると共に、検査対象Wの内部の深さ方向に存在する欠陥(クラックなどの物理的な欠陥や及び金属組織的な欠陥)で反射した反射超音波を受信することで、検査対象Wの内部の欠陥を高精度に検出するものである。特に、本実施形態

による超音波探触子 1 は、例えばフィレットなど、湾曲面で構成された凹状の溝部 G が表面に形成された機械部品や構造物などの検査対象 W における、該湾曲面下の深さ方向に存在する欠陥の検出に特に適している。

【 0 0 2 0 】

図 2 (a) 及び図 2 (b) に示すように、超音波探触子 1 は、溝部 G の湾曲面に向かって超音波を送信する送信振動子 2 を有する送信部と、検査対象 W の内部で反射して湾曲面に伝播した反射超音波を受信する受信振動子 3 を有する受信部とを備える。送信振動子 2 は、溝部 G の長手方向に直交する断面視 (図 1 の矢視 A) における溝部 G の湾曲面に相当する位置に、送信した超音波が集束する点 F を結び、送信部及び受信部は、溝部 G の長手方向に沿って隣り合うように配置されている。

10

【 0 0 2 1 】

超音波探触子 1 は、送信振動子 2、受信振動子 3、及びくさび (楔材) 4 を含んで構成されるものであり、送信振動子 2 及び受信振動子 3 がくさび 4 に保持されている。このような超音波探触子 1 は、超音波探傷器及び信号記録処理装置に接続されて検査対象 W に当接することで、超音波探傷器による制御の下で、送信振動子 2 から検査対象 W の表面に超音波を送信すると共に、検査対象 W 内部の欠陥等で反射した反射超音波を受信振動子 3 で受信する。超音波探触子 1 に接続された信号記録処理装置は、受信振動子 3 で受信した反射超音波に基づいて検査対象 W 内部の欠陥等の有無及び位置を示す情報を提供する。

【 0 0 2 2 】

図 2 (a) 及び図 2 (b) を参照しながら、超音波探触子 1 を構成する送信振動子 2、受信振動子 3、及びくさび 4 について詳しく説明する。

20

超音波探触子 1 の送信振動子 2 は、例えば、複数の球面波の点源が形成された圧電素子からなるコンポジット振動子によって構成されている。送信振動子 2 は、所定電圧のパルス電圧が印加されると、各点源から印加されたパルス電圧に対応する周波数の球面波を発生する。送信振動子 2 から同じタイミングで発生した複数の球面波は単一波として合成されるので、送信振動子 2 は、点源が配置された面の前方に向かって超音波を送信する。

【 0 0 2 3 】

図 2 (a) に示すように、コンポジット振動子によって構成される送信振動子 2 は、超音波を発生する送信面 5 が検査対象 W の表面に向かって凹面形状となるように略円弧を描いて湾曲しており、樋又は半円筒に類似した形状を有している。さらに、送信振動子 2 の送信面 5 は、送信面 5 から送信された超音波が所定距離だけ進行した位置で集束するような曲率の凹面形状となっている。

30

【 0 0 2 4 】

つまり、樋状又は半円筒状の送信振動子 2 の送信面 5 から送信された超音波は、送信面 5 から所定距離だけ離れ、且つ送信面 5 の円弧の形成方向に垂直な送信振動子 2 の長手方向に沿った略直線の集束線 L 上に集束する。言い換えれば、図 2 (a) に示すように、送信振動子 2 の送信面 5 から送信された超音波は、フィレット部の表面上 (溝部 G の湾曲面上) で焦点 F を結ぶように照射され、溝部 G 内部に伝播する。

【 0 0 2 5 】

ここで、集束線 L は、樋状又は半円筒状の送信振動子 2 の送信面 5 を側面の一部とする円筒形、円柱形又は円錐 (円錐台) の中心軸に相当し、焦点 F は、該中心軸の一点に相当すると考えることもできる。

40

受信振動子 3 は、例えば、送信振動子 2 と同様の構成のコンポジット振動子によって構成されており、超音波を受信する受信面 6 が凹面形状となるように略円弧を描いて湾曲している。受信振動子 3 は、受信面 6 で受信した超音波の強度及び周波数に対応する電圧を発生する。

【 0 0 2 6 】

受信振動子 3 は、上述のように、送信振動子 2 と同様の凹面形状に成形したコンポジット振動子で構成されたものでもよいが、コンポジット振動子でなくとも、平板状の圧電素子を送信振動子 2 と同様に凹面形状に成形したものであってもよい。

50

一般的には、受信振動子 3 を送信振動子 2 と同様の構成とすると、検査対象 W 内部の欠陥で反射した反射超音波の受信において良好な感度及び S/N 比を得ることができる。しかし、検査対象 W の材質や形状、並びに所望する受信感度及び S/N 比に応じて、凹状に成形された圧電素子で受信振動子 3 を構成するとよい。

【 0 0 2 7 】

くさび 4 は、例えば樹脂やガラスで構成される略直方体形状の中空の筐体であって、筐体の壁面に検査対象 W に当接する探傷面 7 を有し、探傷面 7 に対向する位置に送信振動子 2 及び受信振動子 3 を隣り合わせて保持することで超音波探触子 1 を構成している。

図 2 (b) に示すように、送信振動子 2 及び受信振動子 3 は、それぞれの送信面 5 及び受信面 6 を探傷面 7 に向けてアクリル等の樹脂製くさび 4 を介して保持されている。また、探傷面 7 と送信振動子 2 及び受信振動子 3 との間の空間は筐体を構成する壁面で分離され、この空間を送信振動子 2 側の送信くさびと受信振動子 3 側の受信くさびとに仕切る (分割する) 音響分割壁 8 が設けられている。音響分割壁 8 は、探傷面 7 に対してほぼ垂直に形成されて、一方の空間の超音波が他方の空間に伝播しないように遮蔽するものであり、この音響分割壁 8 によって、受信振動子 3 が、超音波を送信する送信振動子 2 の影響を受けるのを防ぐ。

【 0 0 2 8 】

ここで、探傷面 7 と送信振動子 2 及び受信振動子 3 との間の空間 (送信空間及び受信空間) は、水、グリセリンペースト、油など、超音波を伝達する物質である接触媒質で満たされている。ここで、くさび 4 の探傷面 7 は、当接する検査対象 W のフィレットなど、湾曲面で構成された溝部 G の曲率とほぼ同じ曲率又は若干小さい曲率の湾曲面であり、くさび 4 の外部に向かって凸状の円筒面形状を有している。

【 0 0 2 9 】

超音波探触子 1 は、この探傷面 7 の湾曲面の凸形状が溝部 G の湾曲面の凹形状に対応するように、検査対象 W と当接する。つまり、超音波探触子 1 は、探傷面 7 の円筒面形状の径方向に直交する方向が溝部 G の伸長方向に沿うように、検査対象 W の溝部 G と当接する。

図 2 (a) を参照すると、送信振動子 2 は、送信面 5 から送信された超音波が集束する集束線 L が探傷面 7 上に形成される位置で保持されている。これによって、溝部 G の伸長方向に直交する断面視である図 2 (a) では、探傷面 7 と当接する溝部 G の湾曲面上に超音波が集束する点 (焦点 F) を結ぶように、送信振動子 2 の送信面 5 から超音波が送信される。

【 0 0 3 0 】

図 2 (a) に示すように、送信された超音波を溝部 G の湾曲面上で集束すれば、照射された超音波が溝部 G の湾曲面で屈折することによる超音波の深さ方向における不均一な拡散 (又は分散) を抑制することができる。図 2 (a) によれば、溝部 G の湾曲面から検査対象 W の内部に伝播した超音波は、焦点 F を点音源として、欠陥として形成された平底穴 (F B H) の平底 H に向かって伝播している。

【 0 0 3 1 】

ここで、図 2 (b) を参照しながら、送信振動子 2 と受信振動子 3 の配置について、さらに詳しく説明する。図 2 (b) は、超音波探触子 1 を検査対象 W に当接させた図 2 (a) に示す状態を、溝部 G の伸長方向に対して垂直となる側方から見たときの超音波探触子 1 の構成を示している。

既に述べたように、送信振動子 2 と受信振動子 3 は、音響分割壁 8 を挟んで、それぞれの送信面 5 及び受信面 6 をくさび 4 の探傷面 7 に向けて配置されているが、それだけでなく、送信振動子 2 は、送信面 5 が探傷面 7 から音響分割壁 8 を向くように傾けて配置され、受信振動子 3 も、受信面 6 が探傷面 7 から音響分割壁 8 を向くように傾けて配置されている。

【 0 0 3 2 】

図 2 (b) に示すように、送信振動子 2 及び受信振動子 3 は、送信振動子 2 の送信面 5

と受信振動子 3 の受信面 6 とでなす対面角 θ が鈍角となるように、溝部 G の湾曲面及び超音波探触子 1 の探傷面 7 に対して傾斜状に配置されている。ここで対面角 θ は、以下のよう

に定義される。
まず、例えば、送信振動子 2 の送信面 5 の円弧形成方向における中央位置を集束線 L に向かって垂直に貫通する送信軸 9 と、同じく受信振動子 3 の受信面 6 の円弧形成方向における中央位置を受信面 6 に対応する集束線 L に向かって垂直に貫通する受信軸 10 とを想定し、送信軸 9 と受信軸 10 のなす角を屋根角 α とする。なお、受信振動子 3 が平板状である場合、平板状の受信面 6 の幅方向及び長手方向における中央位置を垂直に貫通する受信軸 10 を想定して、送信軸 9 と受信軸 10 のなす角を屋根角 α とする。

【 0 0 3 3 】

このように屋根角 α を定めると、送信振動子 2 の送信面 5 と受信振動子 3 の受信面 6 とでなす対面角 θ は、 180° から屋根角 α を減じた値 (対面角 $\theta = 180^\circ - \alpha$) となる。

このとき、図 2 (b) において送信振動子 2 と受信振動子 3 は、くさび 4 を建物と見立てたときに屋根に相当する位置に配置されて傾斜しており、送信振動子 2 と受信振動子 3 を、屋根角 α が 90° 未満となる傾きで配置するのが好ましい。屋根角 α を 90° 未満として対面角 θ を鈍角となるように設定すれば、検査対象 W の表面下での様々な深度に存在する欠陥を検出できる超音波探触子 1 を実現することができる。

【 0 0 3 4 】

このとき、送信振動子 2 と受信振動子 3 とは、互いに音響分割壁 8 に対して同じ角度だけ傾けられると共に、送信軸 9 と受信軸 10 の延長が 1 点 (軸交点) で交わるように配置される。このように送信振動子 2 と受信振動子 3 を配置することによって、図 2 (b) に示すように、送信軸 9 と受信軸 10 は、検査対象 W の表面での屈折を考慮しても検査対象 W 内部のある深度の 1 点で交わることとなる。

【 0 0 3 5 】

上述の対面角 θ 及び屋根角 α は、検査対象 W の形状や材質に合わせて任意に設定することができるが、対面角 θ 及び屋根角 α を変更することで、送信軸 9 と受信軸 10 が交わる点の位置が変化するので、検査対象 W の内部において送信軸 9 と受信軸 10 が交わる位置を様々な深度に設定することができる。

このように、送信軸 9 と受信軸 10 が交わるように送信振動子 2 及び受信振動子 3 を配置すれば、送信軸 9 と受信軸 10 の軸交点近傍の感度が特に高い超音波探触子 1 を構成することができる。従って、送信軸 9 と受信軸 10 が交わる位置を様々な深度に設定することで、所望の深度において優れた感度を有する超音波探触子 1 を構成することができる。

【 0 0 3 6 】

図 3 は、対面角 θ 及び屋根角 α を 3 通りに設定した場合において、送信軸 9 と受信軸 10 が交わる位置の違いを示した図である。図 3 (a) ~ 図 3 (c) のそれぞれは、検査対象 W の溝部 G における同一の位置に、異なる対面角 θ 及び屋根角 α で送信振動子 2 と受信振動子 3 が設けられた超音波探触子 1 を配置したときの状態を示している。この図で超音波探触子 1 直下の検査対象 W の内部に欠陥として形成された平底穴 (F B H) の平底 H の検査対象 W 表面からの深さ及び位置は、図 3 (a) ~ 図 3 (c) のそれぞれにおいて同じ

【 0 0 3 7 】

である。
図 3 (a) は、大きな屋根角 α (又は小さな対面角 θ) で送信振動子 2 及び受信振動子 3 が設けられたときの状態を示している。屋根角 α が大きい (又は対面角 θ が小さい) と、送信軸 9 と受信軸 10 が検査対象 W の内部の比較的浅い位置で交わることになり、平底穴の平底 H よりも浅い位置で送信軸 9 と受信軸 10 が交わっているので、最も感度が高い深度が、平底 H の位置に存在する欠陥の位置よりも浅くなる。従って、図 3 (a) に示す対面角 θ 及び屋根角 α は、平底 H の位置に存在する欠陥を検出するには適切であるとは言

【 0 0 3 8 】

10

20

30

40

50

図3(b)は、図3(a)よりも小さな屋根角（又は図3(a)よりも大きな対面角）で送信振動子2及び受信振動子3が設けられたときの状態を示している。図3(b)に示す対面角及び屋根角であれば、送信軸9と受信軸10が、ちょうど平底穴の平底Hの位置で交わっているため、平底Hの位置に存在する欠陥の位置で最も感度が高く、欠陥の位置や形状を正確に検出可能な対面角及び屋根角であるといえる。

【0039】

図3(c)は、図3(a)及び図3(b)と比較してさらに小さな屋根角（又はさらに大きな対面角）で送信振動子2及び受信振動子3が設けられたときの状態を示している。図3(c)に示す対面角及び屋根角であれば、送信軸9と受信軸10が、平底穴の平底Hよりも深い位置で交わることになり、最も感度が高い深度が、平底Hの位置に存在する欠陥の位置よりも深くなる。従って、欠陥の存在を検出することはできるが、欠陥の位置や形状を正確に検出するには不利な対面角及び屋根角であるといえる。

10

【0040】

上述した本実施形態の超音波探触子1は、送信振動子2が、探傷面7上に集束線Lを形成するように超音波を送信する構成を有することと、送信専用の送信振動子2と受信専用の受信振動子3の2つの振動子を用いて探傷する、いわば2分割探触子の構成を有することを特徴としている。これらの特徴に加えて送信振動子2と受信振動子3の対面角及び屋根角を適切に設定することで、超音波の表面エコーを良好に抑制し、検査対象Wの深さ方向における感度を所望の深度で適切に調整することができる。

【0041】

超音波探触子1において、対面角及び屋根角が設定されると、送信振動子2と受信振動子3の探傷面7までの距離が、音響分割壁8側と音響分割壁8の反対側とで異なる。このように対面角及び屋根角が設定された場合でも送信振動子2が探傷面7上に集束線Lを形成するように、送信振動子2の曲面形状および曲率を送信振動子2の長手方向に沿って変化させるとよい。

20

【0042】

図4を参照しながら、本実施形態による超音波探触子1の感度特性について説明する。

図4(a)は、超音波の送信及び受信を兼ねる一つの振動子によって探傷面7上に集束線Lを形成するように超音波を送信する構成（表面集束）のみによる探傷感度特性を示し、図4(b)は、2分割探触子の構成による探傷感度特性を示している。図4(c)は、送信振動子2と受信振動子3の対面角及び屋根角を適切に設定して、図4(a)に示す表面収束の構成と図4(b)に示す2分割探触子の構成を組み合わせた本実施形態による超音波探触子1の探傷感度特性を示している。

30

【0043】

図4(a)に示すように、表面収束による探傷感度特性は、有効範囲として示した検査対象Wの表面直下において良好な感度特性を示すが、ある程度の深さ（深度）になると探傷感度は大きく低下する。

次に、図4(b)に示すように、2分割探触子の構成による探傷感度特性は、有効範囲として示したある程度の深度における軸交点位置の近傍で良好な感度特性を示すが、検査対象Wの表面直下などでは、十分な探傷感度を得ることは困難である。

40

【0044】

そこで、図4(c)を参照すると、本実施形態による超音波探触子1は、有効範囲として示すように、検査対象Wの表面直下からある程度の深度における軸交点位置の近傍にかけて良好な感度特性を示すので、検査対象Wの深さ方向において広い範囲で十分な探傷感度を得ることができる。

図5を参照しながら、本実施形態による超音波探触子1の効果を具体的に説明する。図5は、屋根角10°（対面角170°）の超音波探触子1と屋根角12°（対面角168°）の超音波探触子1とを用いて、異なる深さの平底穴の平底Hに対して探傷したときの実験結果をグラフに示している。

【0045】

50

実験は次の手順で行った。まず、直径0.5 mm (0.5) の平底Hが深さ5 mm、10 mm、20 mm、35 mm、50 mmの位置に形成された5つの検査対象Wを用意し、続いて、それぞれの検査対象Wの平底穴の平底Hに対して、屋根角10°の超音波探触子1と屋根角12°の超音波探触子1で探傷を行い、得られたエコーのノイズに対する比 (S/N比) を求めた。

【0046】

図5のグラフによると、平底穴の平底Hが深くなるにつれてS/N比が低下してゆくが、屋根角10°の超音波探触子1と屋根角12°の超音波探触子1は共に、平底Hの深さが5 mm ~ 10 mmの範囲では18 dBを超える十分なS/N比を得ると共に、深さが40 mmを超えても欠陥の検出が可能な2 dB以上のS/N比を得ている。

10

従って、本実施形態による超音波探触子1によれば、深さ5 mm前後の浅い平底Hから深さが40 mmを超える深い平底Hまで、検査対象Wの深さ方向における広い範囲での探傷ができる。このことは、図4 (c) に示した探傷感度特性とも一致する。さらに、例えば、深さが30 mmを超えるような深い平底Hに対しては、屋根角12°の超音波探触子1よりも屋根角10°の超音波探触子1のほうが良好なS/N比が得られている。このことは、屋根角及び対面角を適切に設定することで所望の深度において優れた感度を発揮するという本実施形態による超音波探触子1の特徴を示すものであり、図3を用いた説明と合致する。

【0047】

(第2実施形態)

20

図1及び図6を参照して、本発明の第2実施形態について説明する。

図6は、本実施形態による超音波探触子1aが、検査対象Wの溝部Gの湾曲面に配置されたときの構成を示す概略図である。図6 (a) は、図2 (a) と同様であり、溝部Gの長手方向 (伸長方向ともいえる) に直交する一方側の断面視における、超音波探触子1aの配置及び構成を示す概略図である。図6 (b) は、溝部Gの長手方向 (伸長方向) に直交するもう一方側 (他方側) の断面視における、超音波探触子1aの配置及び構成を示す概略図である。すなわち、図6 (a) は、図1における矢印A側 (送信部側) から見た図であり、図6 (b) は、図1における矢印A側 (矢視A) の反対側 (受信部側) から見た図である。

【0048】

30

本実施形態による超音波探触子1aは、第1実施形態の超音波探触子1とほぼ同様の構成を有し、送信部、受信部及びくさび4を含んで構成されているが、第1実施形態の超音波探触子1と比較して、受信部の構成に特徴を有する。以下、本実施形態による超音波探触子1aの受信部の構成を説明する。

超音波探触子1aの受信部は、検査対象Wの内部で反射して湾曲面まで伝播した反射超音波を受信する受信振動子3aを有する。

【0049】

図6 (b) に示すように、受信振動子3aは、第1実施形態による超音波探触子1の送信振動子2と同様に、溝部Gの伸長方向に直交する断面視 (図1の矢視A) における溝部Gの湾曲面 (湾曲表面) に相当する位置に、受信する超音波が集束する点F' (焦点F') を結ぶように、超音波を受信する受信面6aが検査対象Wの表面に向かって凹面形状の略円弧を描いて湾曲している。言い換えれば、受信振動子3aは、受信面6aの略円弧形状に対応して決まる焦点である点F' (焦点F') が、溝部Gの湾曲面 (湾曲表面) に相当する位置、つまりくさび4の探傷面7上に結ばれるように超音波探触子1に設けられる。

40

【0050】

このように焦点F'を結ぶ受信振動子3aは、送信振動子2が焦点Fに対応して探傷面7上に形成する集束線Lと同様に、焦点F'に対応して探傷面7上に集束線L'を形成する。詳しくは、受信振動子3aは、受信面6aから所定距離だけ離れた探傷面7上に、受信面6aの円弧の形成方向に垂直な受信振動子3aの長手方向に沿って略直線の集束線L

50

' (焦点 F') を形成する。送信振動子 2 の送信面 5 から送信された超音波のうち、検査対象 W の内部で反射して集束線 L' (焦点 F') を通過した反射超音波は、受信振動子 3 a の受信面 6 a によって受信される。

【0051】

ここで、集束線 L' は、槌状又は半円筒状の受信振動子 3 a の受信面 6 a を側面の一部とする円筒形、円柱形又は円錐 (円錐台) 形の中心軸に相当し、焦点 F' は、該中心軸の一点に相当すると考えることもできる。

上述のとおり、超音波探触子 1 a の受信振動子 3 a は、溝部 G の湾曲面に相当する位置に受信する超音波が集束する焦点 F' を結ぶように、超音波を受信する受信面 6 a が凹面形状の略円弧を描いて湾曲するように形成される。ここで、受信振動子 3 a の受信面 6 a が結ぶ焦点 F' に対応する集束線 L' は、送信振動子 2 による集束線 L の延長と一致することが望ましい。集束線 L' が集束線 L の延長と一致すれば、第 1 実施形態の図 2 (b) に示すように対面角 及び屋根角 が設定された超音波探触子 1 a において、受信感度を向上させることができる。

【0052】

受信振動子 3 a は、送信部の送信振動子 2 と同様のコンポジット振動子によって構成されており、受信面 6 a で受信した超音波の強度及び周波数に対応する電圧を発生する。この受信振動子 3 a は、上述のように、送信振動子 2 と同様の凹面形状に成形したコンポジット振動子で構成されたものでもよいが、コンポジット振動子でなくとも、平板状の圧電素子を凹面形状に湾曲させて成形したものであってもよい。

【0053】

このように超音波探触子 1 a の受信部を、送信部と同様に溝部 G の湾曲面上に集束する構造とすれば、検査対象 W 内部の欠陥で反射した超音波のうち点 F' を通った反射超音波を非常に明瞭に受信できると共に、検査対象 W の表面近傍の感度が高い超音波探触子 1 a を得ることができる。

(第 3 実施形態)

図 1、図 7 及び図 8 を参照して、本発明の第 3 実施形態について説明する。

【0054】

図 7 は、本実施形態による超音波探触子 1 b の受信部の構成を説明するための概念図である。図 8 は、本実施形態による超音波探触子 1 b が、検査対象 W の溝部 G の湾曲面に配置されたときの構成を示す概略図である。図 8 (a) は、図 2 (a) 及び図 6 (a) と同様であり、溝部 G の長手方向 (伸長方向ともいえる) に直交する一方側の断面視における、超音波探触子 1 b の配置及び構成を示す概略図である。図 8 (b) は、溝部 G の長手方向 (伸長方向) に直交するもう一方側 (他方側) の断面視における、超音波探触子 1 b の配置及び構成を示す概略図である。すなわち、図 8 (a) は、図 1 における矢印 A 側 (送信部側) から見た図であり、図 8 (b) は、図 1 における矢印 A 側 (矢視 A) の反対側 (受信部側) から見た図である。

【0055】

本実施形態による超音波探触子 1 b は、第 1 実施形態の超音波探触子 1 及び第 2 実施形態の超音波探触子 1 a とほぼ同様の構成を有し、送信部、受信部及びくさび 4 を含んで構成されているが、超音波探触子 1 及び超音波探触子 1 a と比較して、受信部の構成に特徴を有する。以下、本実施形態による超音波探触子 1 b の受信部の構成を説明する。

超音波探触子 1 b の受信部は、検査対象 W の内部で反射して湾曲面まで伝播した反射超音波を受信する受信振動子 3 b を有する。

【0056】

図 7 を参照しながら、受信部の受信振動子 3 b の構成の概念について説明する。まず、第 2 実施形態による受信振動子 3 a の受信面 6 a は、検査対象 W の表面に向かって凹面形状の略円弧を描いて湾曲していたが、本実施形態による超音波探触子 1 b の受信部の受信振動子 3 b は、検査対象 W の表面に向かって凸面形状の略円弧を描いて湾曲した受信面 6 b を有する。つまり、受信振動子 3 b の受信面 6 b は、検査対象 W の表面に対して、第 2

10

20

30

40

50

実施形態による受信振動子 3 a の受信面 6 a とは反対向きに略円弧を描いて湾曲している。

【0057】

受信振動子 3 b は、送信部の送信振動子 2 と同様のコンポジット振動子によって構成されており、受信面 6 b で受信した超音波の強度及び周波数に対応する電圧を発生する。この受信振動子 3 b は、上述のように、送信振動子 2 と同様の凹面形状に成形したコンポジット振動子で構成されたものでもよいが、コンポジット振動子でなくとも、平板状の圧電素子を凹面形状に湾曲させて成形したものであってもよい。

【0058】

ここで、図 7 には図示しないが、受信振動子 3 b を保持するくさび 4 を樹脂の一種であるアクリルで構成し、検査対象 W を鋼材で構成すると、受信振動子 3 b の受信面 6 b からくさび 4 の探傷面 7 を経て検査対象 W である鋼材内に伝播する超音波が、探傷面 7 と鋼材の界面で屈折して図 7 に示す集束点 F I で集束する。しかし、受信振動子 3 b の受信面 6 b は、超音波を送信するものではなく受信するものであるため、検査対象 W である鋼材内で反射して集束点 F I を通過し、上述の受信面 6 b から鋼材内への伝播経路を逆行した反射超音波を受信する。

10

【0059】

このように、本実施形態による受信振動子 3 b において、受信する超音波の伝播経路が検査対象 W の内部で集束する集束点 F I を結ぶように、受信面 6 b が検査対象 W の表面に向かって凸面形状の略円弧を描いて湾曲し、超音波探触子 1 b の受信部に配置されている。アクリル（くさび 4）内を超音波の縦波が伝播する速度（音速） V_1 （2730 m/s）と鋼材（検査対象 W）内を超音波の縦波が伝播する速度（音速） V_2 （5900 m/s）の差により、検査対象材 W とくさび 4 の界面では、超音波は屈折する。集束点 F I はこの屈折効果によるこの位置に超音波が集束することを現している。つまり検査対象材 W 内部に集束点 F I を実現するには、界面で図示したような超音波の屈折を実現する必要がある。このために、受信振動子 3 b が設けられるくさび（楔材）4 は、少なくとも検査対象 W と接する探傷面 7 が検査対象 W の音速（ V_2 : 5900 m/s）よりも低いアクリル（ V_1 : 2730 m/s）などの材質で構成される必要がある。

20

【0060】

その上で、受信振動子 3 b の湾曲の大きさや、受信振動子 3 b と探傷面 7 との距離を変化させることで、検査対象 W 内における集束点 F I の位置及び深さを変更することができる。受信振動子 3 b は、集束点 F I 及びその近傍からの反射超音波を明瞭に受信することができるので、検出したい欠陥の深さに合わせて予め集束点 F I の深さを決定し、その決定された深さに応じて受信振動子 3 b の形状および位置を決定するとよい。

30

【0061】

図 8 を参照しながら、上述の概念に基づく受信振動子 3 b を備えた超音波探触子 1 b の構成を説明する。

図 8 (b) に示すように、受信振動子 3 b は、溝部 G の伸長方向に直交する断面視（図 1 の矢視 A）における溝部 G の湾曲面（湾曲表面）直下の検査対象 W の内部に、受信する超音波が集束する点である集束点 F I を結ぶように、超音波を受信する受信面 6 b が、検査対象 W の表面である溝部 G の湾曲（探傷面）に向けて凸面形状の略円弧を描くように湾曲して形成されている。

40

【0062】

言い換えれば、受信振動子 3 b は、受信面 6 b の略円弧形状に対応して決まる焦点である集束点 F I が、溝部 G の湾曲面下の検査対象 W の内部に結ばれるように、例えばアクリルなどの樹脂製のくさび（楔材）4 に保持されて超音波探触子 1 に設けられる。

このように集束点 F I を結ぶ受信振動子 3 b は、送信振動子 2 が焦点 F に対応して探傷面 7 上に形成する集束線 L と同様に、集束点 F I に対応して検査対象 W の内部に集束線 L I を形成する。詳しくは、受信振動子 3 b は、検査対象 W の内部において、受信する超音波が集束して通過する集束点 F I に対応して、集束線 L とほぼ平行に集束線 L I を形成す

50

る。送信振動子 2 の送信面 5 から送信された超音波のうち、検査対象 W の内部で反射して集束線 L I (集束点 F I) を通過した反射超音波は、受信振動子 3 b の受信面 6 b によって受信される。

【 0 0 6 3 】

ここで、第 1 実施形態に係る図 2 (b) に示される受信軸 1 0 に相当する受信軸 1 0 b を受信振動子 3 b に対して設定したときに、設定された対面角 及び屋根角 によって決まる送信振動子 2 の送信軸 9 と受信軸 1 0 b が交わる点に集束点 F I が形成される、つまり、送信軸 9 と受信軸 1 0 b が交わる点を集束線 L I が通過することが好ましい。

上述の図 8 (b) に示すとおり、集束線 L I (集束点 F I) を、溝部 G の伸長方向に直交する断面視における溝部 G の湾曲面下の検査対象 W 内部に形成することで、本実施形態による超音波探触子 1 b は、検査対象 W の表面近傍より深い位置の感度を向上させることができるので、検査対象 W 内部の欠陥で反射した超音波のうち集束線 L I (集束点 F I) を通った反射超音波を明瞭に受信できる。また、送信振動子 2 の送信軸 9 と受信振動子 3 b の受信軸 1 0 b が交わる点に集束点 F I が形成され集束線 L I が通過することで、上述の感度の向上に加えて、検査対象 W の深さ方向の非常に広い範囲に高い感度を実現することが可能となる。

【 0 0 6 4 】

なお、今回開示された実施形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。特に、今回開示された実施形態において、明示的に開示されていない事項、例えば、運転条件や操業条件、各種パラメータ、構成物の寸法、重量、体積などは、当業者が通常実施する範囲を逸脱するものではなく、通常の当業者であれば、容易に想定することが可能な値を採用している。

【 0 0 6 5 】

例えば、上述の実施形態で説明した超音波探触子 1 , 1 a , 1 b は、検査対象 W に形成されたフィレットなどの湾曲面に対して用いることを想定したため、検査対象 W の湾曲面に沿った曲率で湾曲した探傷面 7 を採用している。しかし、上述の実施形態で説明した超音波探触子 1 , 1 a , 1 b を検査対象 W の平坦な面に対して用いるために、平坦な探傷面を採用しても上述の効果と同様の効果が得られることは明らかである。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 6 】

- 1 , 1 a , 1 b 超音波探触子
- 2 送信振動子
- 3 , 3 a , 3 b 受信振動子
- 4 くさび (楔材)
- 5 送信面
- 6 , 6 a , 6 b 受信面
- 7 探傷面
- 8 音響分割壁
- 9 送信軸
- 1 0 , 1 0 b 受信軸
- G 溝部
- H 平底
- W 検査対象

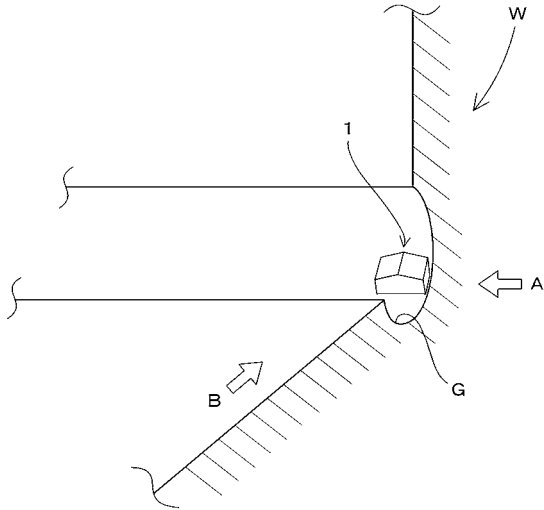
10

20

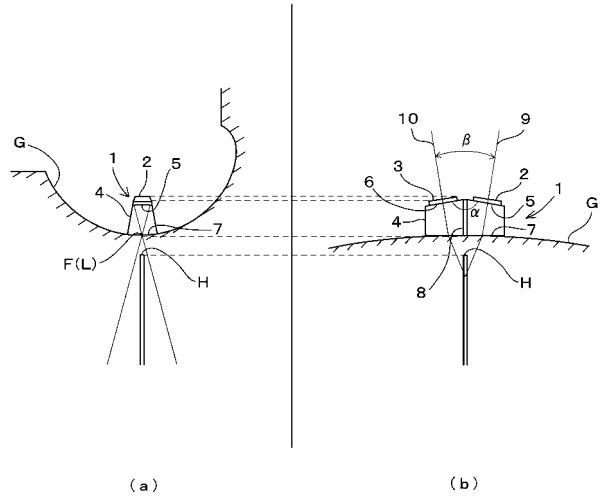
30

40

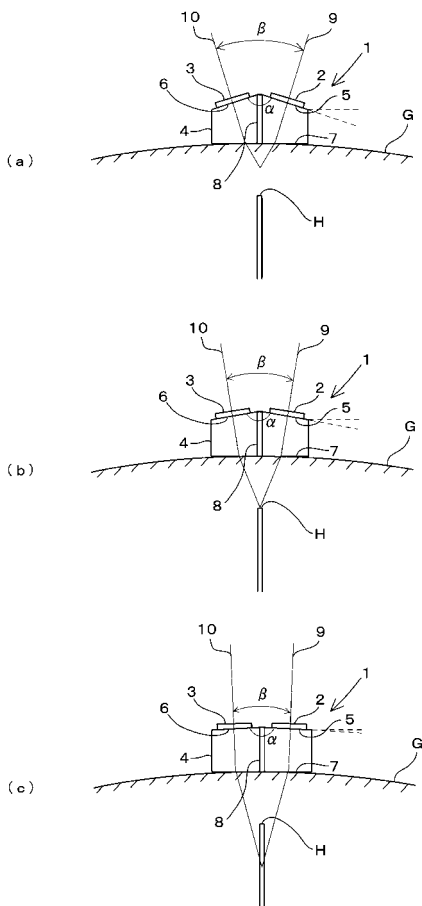
【 図 1 】



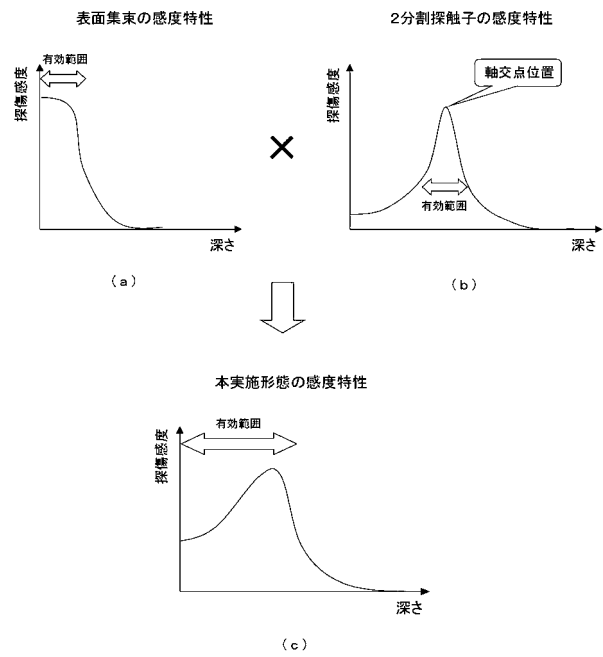
【 図 2 】



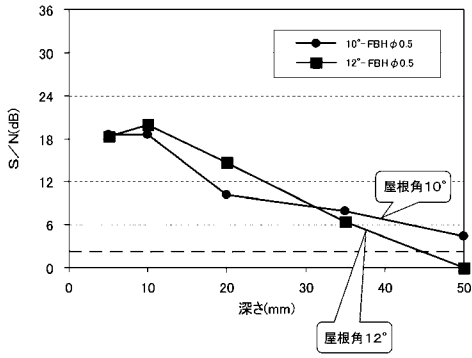
【 図 3 】



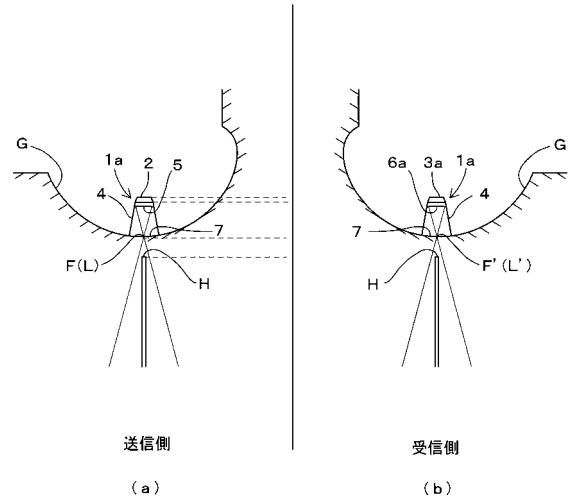
【 図 4 】



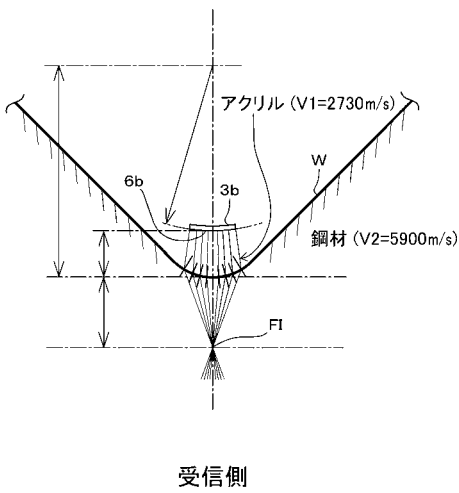
【 図 5 】



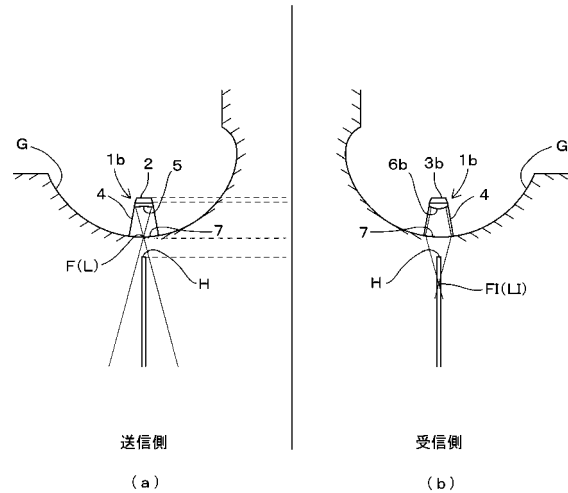
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



【手続補正書】

【提出日】平成26年6月2日(2014.6.2)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

湾曲面で構成された溝部を有する検査対象に対して超音波を送信すると共に、前記検査対象の内部で反射した反射超音波を受信することで、前記検査対象の内部の欠陥を検出する超音波探触子であって、前記溝部の湾曲面に向かって超音波を送信する送信振動子を有する送信部と、前記検査対象の内部で反射して前記湾曲面に伝播した反射超音波を受信する受信振動子を有する受信部と、を備え、

前記送信振動子は、前記溝部の伸長方向に直交する断面視における前記溝部の湾曲面に相当する位置に、送信した超音波が集束する点を結び、

前記送信部及び前記受信部は、前記溝部の伸長方向に沿って隣り合うように配置されていることを特徴とする超音波探触子。

【請求項2】

前記送信部の送信振動子が有する送信面と前記受信部の受信振動子が有する受信面とでなす対面角が鈍角となるように、前記送信振動子及び受信振動子が前記湾曲面に対して傾斜状に配置されていることを特徴とする請求項1に記載の超音波探触子。

【請求項3】

前記受信振動子の受信面が、前記溝部の伸長方向に直交する断面視における前記溝部の湾曲面に相当する位置に、受信する超音波が集束する点を結ぶことを特徴とする請求項2に記載の超音波探触子。

【請求項4】

前記受信振動子の受信面が、前記溝部の伸長方向に直交する断面視における前記溝部の湾曲面下の前記検査対象の内部に、受信する超音波が集束する点を結ぶことを特徴とする請求項2に記載の超音波探触子。

【請求項5】

前記受信振動子の受信面が、前記検査対象と接する探傷面に向けて凸状に形成されていて、

前記探傷面は、前記検査対象での超音波の伝播速度よりも低い超音波の伝播速度を有する部材で構成されることを特徴とする請求項4に記載の超音波探触子。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0012】

上記課題を達成するために、本発明は、以下の技術的手段を採用した。

本発明に係る超音波探触子は、湾曲面で構成された溝部を有する検査対象に対して超音波を送信すると共に、前記検査対象の内部で反射した反射超音波を受信することで、前記検査対象の内部の欠陥を検出する超音波探触子であって、前記溝部の湾曲面に向かって超音波を送信する送信振動子を有する送信部と、前記検査対象の内部で反射して前記湾曲面に伝播した反射超音波を受信する受信振動子を有する受信部と、を備え、前記送信振動子は、前記溝部の伸長方向に直交する断面視における前記溝部の湾曲面に相当する位置に、送信した超音波が集束する点を結び、前記送信部及び前記受信部は、前記溝部の伸長方向

に沿って隣り合うように配置されていることを特徴とする。

【手続補正書】

【提出日】平成26年8月4日(2014.8.4)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

湾曲面で構成された溝部を有する検査対象に対して超音波を送信すると共に、前記検査対象の内部で反射した反射超音波を受信することで、前記検査対象の内部の欠陥を検出する超音波探触子であって、

前記溝部の湾曲面に向かって超音波を送信する送信振動子を有する送信部と、前記検査対象の内部で反射して前記湾曲面に伝播した反射超音波を受信する受信振動子を有する受信部と、探傷面を備えた楔材と、を備え、

前記送信振動子は、前記楔材に備えられた前記探傷面に対向する位置に保持されており

、前記溝部の伸長方向に直交する断面視における前記溝部の湾曲面に相当する位置に前記送信振動子が送信した超音波が集束する点を結ぶように、前記送信振動子の送信面が前記溝部の湾曲面に向かって凹面形状とされると共に、前記楔材の探傷面が前記溝部の湾曲面に沿うような曲面とされていて、

前記送信部及び前記受信部は、前記溝部の伸長方向に沿って隣り合うように配置されていることを特徴とする超音波探触子。

【請求項2】

前記送信部の送信振動子が有する送信面と前記受信部の受信振動子が有する受信面とでなす対面角が鈍角となるように、前記送信振動子及び受信振動子が前記湾曲面に対して傾斜状に配置されていることを特徴とする請求項1に記載の超音波探触子。

【請求項3】

前記受信振動子の受信面が、前記溝部の伸長方向に直交する断面視における前記溝部の湾曲面に相当する位置に、受信する超音波が集束する点を結ぶことを特徴とする請求項2に記載の超音波探触子。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0012】

上記課題を達成するために、本発明は、以下の技術的手段を採用した。

本発明に係る超音波探触子は、湾曲面で構成された溝部を有する検査対象に対して超音波を送信すると共に、前記検査対象の内部で反射した反射超音波を受信することで、前記検査対象の内部の欠陥を検出する超音波探触子であって、前記溝部の湾曲面に向かって超音波を送信する送信振動子を有する送信部と、前記検査対象の内部で反射して前記湾曲面に伝播した反射超音波を受信する受信振動子を有する受信部と、探傷面を備えた楔材と、を備え、前記送信振動子は、前記楔材に備えられた前記探傷面に対向する位置に保持されており、前記溝部の伸長方向に直交する断面視における前記溝部の湾曲面に相当する位置に前記送信振動子が送信した超音波が集束する点を結ぶように、前記送信振動子の送信面が前記溝部の湾曲面に向かって凹面形状とされると共に、前記楔材の探傷面が前記溝部の湾曲面に沿うような曲面とされていて、前記送信部及び前記受信部は、前記溝部の伸長方向に沿って隣り合うように配置されていることを特徴とする。