

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5585867号
(P5585867)

(45) 発行日 平成26年9月10日 (2014. 9. 10)

(24) 登録日 平成26年8月1日 (2014. 8. 1)

(51) Int. Cl.

G O 1 N 29/04 (2006.01)

F I

G O 1 N 29/10 5 0 2

請求項の数 6 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2010-52903 (P2010-52903)	(73) 特許権者	000006655 新日鐵住金株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
(22) 出願日	平成22年3月10日 (2010. 3. 10)	(74) 代理人	100114410 弁理士 大中 実
(65) 公開番号	特開2010-256339 (P2010-256339A)	(72) 発明者	藤原 健二 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金属工業株式会社内
(43) 公開日	平成22年11月11日 (2010. 11. 11)	(72) 発明者	久保田 央 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金属工業株式会社内
審査請求日	平成24年3月26日 (2012. 3. 26)	(72) 発明者	小畑 智之 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金属工業株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2009-81422 (P2009-81422)		
(32) 優先日	平成21年3月30日 (2009. 3. 30)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 管端部の超音波探傷装置及び探触子ホルダーの初期位置設定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

水平方向に配置された管の端部の下方に対向配置され、前記管の端部に向けて超音波を送受信する超音波探触子と、

前記管の端部の下方に対向配置され、前記超音波探触子が収納されると共に、周方向に回転する前記管に追従する探触子ホルダーとを備え、

前記探触子ホルダーは、前記超音波探触子と前記管の端部との間の空隙を圍繞して、内部に接触媒質を滞留させるための接触媒質滞留部を具備し、

前記接触媒質滞留部は、

内部に接触媒質が供給される接触媒質滞留部本体と、

前記接触媒質滞留部本体と連通するように前記接触媒質滞留部本体の上側に取り付けられ、上下方向に伸縮自在の環状の蛇腹部と、

前記蛇腹部の上側に取り付けられ、少なくとも上面が平坦な水平面とされた環状のスペーサとを具備し、

前記スペーサの上面を越えて盛り上がった接触媒質の膜が形成されるように、前記接触媒質滞留部本体に供給する接触媒質の流量が調整されることを特徴とする管端部の超音波探傷装置。

【請求項 2】

前記接触媒質滞留部は、前記スペーサの下面に取り付けられ、前記蛇腹部の内部に嵌め込まれる筒状部材を更に具備することを特徴とする請求項 1 に記載の管端部の超音波探傷

10

20

装置。

【請求項 3】

前記接触媒質滞留部本体は、上下方向周りの所定の円弧の接線方向に接触媒質を供給するための接触媒質供給口と、前記円弧の接線方向に接触媒質を排出するための接触媒質排出口とを具備することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の管端部の超音波探傷装置。

【請求項 4】

前記探触子ホルダーに取り付けられた予浸装置と、制御装置とを更に備え、

前記制御装置は、前記探触子ホルダーを周方向に回転する前記管の軸方向に沿って前記管に対して相対的に往復動させ、前記探触子ホルダーが前記管の端部の探傷範囲を往動する際には、前記予浸装置から接触媒質を前記管に向けて噴出し、前記探触子ホルダーが前記管の端部の探傷範囲を復動しながら超音波探傷する際には、前記予浸装置からの接触媒質の噴出を停止することを特徴とする請求項 1 から 3 の何れかに記載の管端部の超音波探傷装置。

10

【請求項 5】

前記接触媒質滞留部に滞留する接触媒質に接触する前記管の外面部位よりも前記管の回転方向上流側に位置する前記管の外面部位であって、前記管の最下部を基準にして前記管の周方向に 180° 以下の範囲に位置する前記管の外面部位に向けてパージエアーを噴出するノズルを更に備えることを特徴とする請求項 1 から 4 の何れかに記載の管端部の超音波探傷装置。

【請求項 6】

20

請求項 1 から 5 の何れかに記載の超音波探傷装置が備える探触子ホルダーの初期位置を設定する方法であって、

前記探触子ホルダーには、前記超音波探触子として、前記管の肉厚方向に超音波を伝搬させる第 1 超音波探触子と、該第 1 超音波探触子を挟んでそれぞれ設置され、前記管の周方向に超音波を伝搬させる一対の第 2 超音波探触子とが収納され、前記探触子ホルダーの初期位置において、前記第 1 超音波探触子及び前記一対の第 2 超音波探触子は、前記第 1 超音波探触子及び前記一対の第 2 超音波探触子からそれぞれ送信した超音波の前記管への入射点が略一致するように前記探触子ホルダー内で位置決めされており、

前記探触子ホルダーを前記管に追従させない状態で、前記第 1 超音波探触子で得られる探傷信号を A スコープで表示し、該 A スコープによって求まる前記第 1 超音波探触子と前記管との距離が目標値と一致するように、前記管に対する前記探触子ホルダーの上下方向の相対位置を調整するステップと、

30

前記管端部に前記管の軸方向に延びる人工きずを設け、前記探触子ホルダーを前記管に追従させない状態で、前記管を周方向に回転させたときに前記一対の第 2 超音波探触子で得られるきず信号強度がそれぞれ一定の範囲内に収まるように、前記管に対する前記探触子ホルダーの前記管の軸方向と直交する水平方向の相対位置を調整するステップとを含むことを特徴とする探触子ホルダーの初期位置設定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

40

本発明は、鋼管等の管の端部を超音波探傷する装置及びこの超音波探傷装置が備える探触子ホルダーの初期位置設定方法に関する。特に、本発明は、管端部と超音波探触子との間に接触媒質を安定して介在させることにより、精度の良い超音波探傷を可能とする管端部の超音波探傷装置及びこの超音波探傷装置が備える探触子ホルダーの初期位置設定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

鋼管等の管の非破壊検査方法として、超音波探傷法が広く適用されている。この超音波探傷法では、管と超音波探触子との間に水等の接触媒質を介在させて、超音波探触子から送信した超音波を管に入射させると共に、管で反射した超音波を超音波探触子で受信して

50

いる。

【0003】

ここで、水平方向に配置された管の下方に超音波探触子を配置する場合、図1に示すように、水槽T内に蓄えられた水Wに超音波探触子1を浸漬させると共に、管Pの下面を部分的に浸漬させ、管Pを軸方向に搬送すると共に管Pを周方向に回転させて超音波探傷する方法が公知である（例えば、非特許文献1参照）。

斯かる方法によれば、管Pと超音波探触子1との間に接触媒質としての水Wを安定して介在させることができるため、精度の良い超音波探傷が可能である。

【0004】

しかしながら、図1に示す構成では、水槽T外の少なくとも2点で管Pを支持するため、2点で支持できない管端部については、水槽T内の水Wに浸漬させた状態で超音波探傷することができないという問題がある。従って、図1に示す構成は、専ら管端部を除く管中央部を超音波探傷する際に用いられる構成である。

【0005】

一方、管端部の超音波探傷装置として、超音波探触子と、周方向に回転する管に前記超音波探触子を追従させるための追従装置とを備えた超音波探傷装置が公知である（例えば、特許文献1参照）。

管端部を超音波探傷するための超音波探触子を水平方向に配置された管の上方に配置する場合には、例えば、超音波探触子と管端部との間に接触媒質を垂れ流す構造を採用することが考えられる。しかしながら、超音波探触子を管の下方に配置する場合に同様の構造を採用することはできない。管端部を超音波探傷するための超音波探触子を管の下方に配置する場合には、例えば、図1に示すような水槽を用いると共に、管の支持構造や追従装置を水槽内の水に浸漬させる構成を採用することが考えられる。しかしながら、このような構成は、大がかりになる上、堅固な防水構造が必要であるため、メンテナンス性が低下したり、コストが嵩み、実用的ではない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2008-139191号公報

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献1】「超音波探傷シリーズ（III） 継目無鋼管の超音波探傷法」、社団法人日本鉄鋼協会、昭和63年4月15日、p. 95-96

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明は、斯かる従来技術に鑑みなされたものであり、管端部と超音波探触子との間に接触媒質を安定して介在させることにより、精度の良い超音波探傷を可能とする管端部の超音波探傷装置及びこの超音波探傷装置が備える探触子ホルダーの初期位置設定方法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

前記課題を解決するため、本発明に係る超音波探傷装置は、水平方向に配置された管の端部の下方に対向配置され、前記管の端部に向けて超音波を送受信する超音波探触子と、前記管の端部の下方に対向配置され、前記超音波探触子が収納されると共に、周方向に回転する前記管に追従する探触子ホルダーとを備える。前記探触子ホルダーは、前記超音波探触子と前記管の端部との間の空隙を圍繞して、内部に接触媒質を滞留させるための接触媒質滞留部を具備する。前記接触媒質滞留部は、内部に接触媒質が供給される接触媒質滞留部本体と、前記接触媒質滞留部本体と連通するように前記接触媒質滞留部本体の上側に取り付けられ、上下方向に伸縮自在の環状の蛇腹部と、前記蛇腹部の上側に取り付けられ

10

20

30

40

50

、少なくとも上面が平坦な水平面とされた環状のスペーサとを具備し、前記スペーサの上面を越えて盛り上がった接触媒質の膜が形成されるように、前記接触媒質滞留部本体に供給する接触媒質の流量が調整される。

【0010】

本発明に係る超音波探傷装置によれば、管端部の下方に対向配置され、超音波探触子を収納する探触子ホルダーが、超音波探触子と管端部との間の空隙を囲繞して内部に接触媒質を滞留させるための接触媒質滞留部を具備する。この接触媒質滞留部が具備する接触媒質滞留部本体に接触媒質が供給されると、接触媒質滞留部本体に連通する環状の蛇腹部に接触媒質が流通する。この蛇腹部に流通した接触媒質は、蛇腹部に取り付けられた環状のスペーサに流通して、管端部に接触することになる。

10

ここで、環状のスペーサは、少なくとも上面が平坦な水平面とされているため、接触媒質滞留部本体に供給する接触媒質の流量を適切に調整することにより、接触媒質の表面張力によって接触媒質がスペーサの上面を超えて盛り上がった膜が形成される。この接触媒質の膜が管端部に接触することにより、超音波探触子から送信された超音波は、接触媒質滞留部本体内部の接触媒質、蛇腹部内部の接触媒質、及び前記膜を介して管端部に入射する。管端部で反射した超音波は、前記膜、蛇腹部内部の接触媒質、及び接触媒質滞留部本体内部の接触媒質を介して超音波探触子で受信される。

探触子ホルダーは、周方向に回転する管に追従する（上下方向及び水平方向についての管との位置関係を一定に保つように制御される）。さらに、蛇腹部は上下方向に伸縮する。このため、管に曲がりが生じていたり、管の断面が真円でなかったとしても、接触媒質の膜は、常に管端部に接触し、且つ、乱れることが抑制されるため、管端部と超音波探触子との間に接触媒質が安定して介在することになる。これにより、精度の良い超音波探傷が可能となる。

20

【0011】

好ましくは、前記接触媒質滞留部は、前記スペーサの下面に取り付けられ、前記蛇腹部の内部に嵌め込まれる筒状部材を更に具備する。

【0012】

斯かる好ましい構成によれば、蛇腹部の内部（特に、蛇腹部の折り畳み部分）に滞留する可能性のある接触媒質中の気泡が、蛇腹部の折り畳み部分に到達することなく、筒状部材の内面に沿って上昇し易くなる。仮に、接触媒質滞留部が、この筒状部材を具備しなければ、蛇腹部の折り畳み部分に滞留した気泡が纏まって、塊として一気に上昇する虞がある。そして、この上昇した気泡の塊で超音波が散乱し、探傷精度が低下する虞がある。しかしながら、上記の好ましい構成のように、接触媒質滞留部が筒状部材を具備すれば、接触媒質中の気泡が纏まって塊となる前に、筒状部材の内面に沿って気泡が逐次上昇し易いため、探傷精度の低下を回避し得ることが期待できる。

30

【0013】

好ましくは、前記接触媒質滞留部本体は、上下方向周りの所定の円弧の接線方向に接触媒質を供給するための接触媒質供給口と、前記円弧の接線方向に接触媒質を排出するための接触媒質排出口とを具備する。

【0014】

斯かる好ましい構成によれば、接触媒質供給口から上下方向周りの所定の円弧の接線方向に接触媒質が供給されるため、接触媒質滞留部本体の内部に、接触媒質の渦流が生じることになる。そして、この渦流によって、接触媒質中に含まれ得る汚れ（例えば、管が鋼管である場合、この鋼管表面に付着したスケールの落下物等）が接触媒質排出口に運ばれ、外部に排出されることになる。このため、接触媒質滞留部本体、ひいては接触媒質滞留部全体や超音波探触子の洗浄を探傷中に行うことが可能となり、メンテナンス性が向上するという利点が得られる。また、前記渦流によって、探傷精度に影響を及ぼし得る気泡が超音波探触子の表面に付着し難くなるという利点も得られる。

40

【0015】

ここで、自動超音波探傷装置には、探傷の安定性を確保するために、図6に示すように

50

、探傷前に予め管を接触媒質に浸す予浸装置が設けられるのが一般的である。図6に示す超音波探傷装置は、超音波探触子を管の周方向に回転させる超音波探傷機を備え、管を周方向に回転させずに軸方向（図6の一点鎖線の方向）に移動させて探傷を行う構成である。図6に示す超音波探傷装置では、管を周方向に回転させないため、超音波探傷機の前段（管の移動方向上流側）に設置される予浸装置は、管の周方向全体に接触媒質を噴出する構成とする必要があり、必然的に大型化する。一方、本発明に係る超音波探傷装置は、超音波探触子が収納された探触子ホルダーを周方向に回転する管に追従させて探傷する構成であり、探触子ホルダーを管の周方向に回転させるための機構部等が不要であるため、予浸装置以外の構成を比較的小型化することが可能である。しかしながら、図6に示すような大型の予浸装置を本発明に適用すると、予浸装置以外の構成を小型化できる利点（必要な設置スペースが少なく済む等の利点）が薄れてしまう。従って、本発明に係る超音波探傷装置が予浸装置を備える場合、予浸装置を含めた超音波探傷装置全体を小型化するには、接触媒質を噴出する予浸装置を探触子ホルダーに取り付け、周方向に回転する管に探触子ホルダーと共に追従させることが好ましい。

10

【0016】

すなわち、好ましくは、本発明に係る超音波探傷装置は、前記探触子ホルダーに取り付けられた予浸装置と、制御装置とを更に備え、前記制御装置は、前記探触子ホルダーを周方向に回転する前記管の軸方向に沿って前記管に対して相対的に往復動させ、前記探触子ホルダーが前記管の端部の探傷範囲を往動する際には、前記予浸装置から接触媒質を前記管に向けて噴出し、前記探触子ホルダーが前記管の端部の探傷範囲を復動しながら超音波探傷する際には、前記予浸装置からの接触媒質の噴出を停止する。

20

【0017】

斯かる好ましい構成によれば、接触媒質を管に向けて噴出する予浸装置が探触子ホルダーに取り付けられ、周方向に回転する管に探触子ホルダーと共に追従するため、小型の予浸装置で且つ少量の接触媒質で、管の周方向全体を効率良く予浸することが可能である。また、探触子ホルダーが管端部の探傷範囲を往動する際にのみ予浸装置から接触媒質を管に向けて噴出するため、管の内面に接触媒質が侵入し難く、探触子ホルダーが管端部の探傷範囲を復動する際に安定した探傷が可能である。

【0018】

本発明者らが鋭意検討した結果、本発明に係る超音波探傷装置において、管端部に接触する接触媒質の膜（スペーサの上面を超えて盛り上がった膜）の一部が管の周方向への回転によって管の外面に引き込まれ、管と共に管の周方向に回転する間に気泡を伴う場合のあることが分かった。そして、この気泡を伴った接触媒質が管と共に管の周方向に一回転して接触媒質の膜に再び侵入することで、接触媒質の膜中に気泡が滞留する場合のあることが分かった。接触媒質の膜中に気泡が滞留すれば、この気泡によって超音波が散乱し、探傷精度が低下する虞がある。

30

【0019】

上記のように接触媒質の膜中に気泡が滞留する虞を低減するには、本発明に係る超音波探傷装置は、前記接触媒質滞留部に滞留する接触媒質に接触する前記管の外面部位よりも前記管の回転方向上流側に位置する前記管の外面部位であって、前記管の最下部を基準にして前記管の周方向に180°以下の範囲に位置する前記管の外面部位に向けてパージエアを噴出するノズルを更に備えることが好ましい。

40

【0020】

斯かる好ましい構成によれば、管の外面に引き込まれ、管と共に回転して気泡を伴った接触媒質が、ノズルから噴出するパージエアによって管の外表面からパージされるため、前記気泡を伴った接触媒質がスペーサの上面を超えて盛り上がった接触媒質の膜に再び侵入する虞が低減する。このため、接触媒質の膜中に気泡が滞留することで探傷精度が低下する虞を低減することが可能である。

【0021】

前述のように、本発明に係る超音波探傷装置において、探触子ホルダーは、周方向に回

50

転する管に追従する構成とされている。すなわち、探触子ホルダーは、上下方向及び水平方向についての管との位置関係が、管が周方向に回転する際にも一定に保たれるように制御される。換言すれば、管への追従を開始する時点での探触子ホルダーの位置（初期位置）と管との位置関係が一定に保たれるように（従って、探触子ホルダーに収納された超音波探触子と管との位置関係も一定に保たれるように）制御される。このため、探触子ホルダーの初期位置を精度良く設定することは、精度の良い超音波探傷を行う上で重要である。特に、本発明に係る超音波探傷装置の探触子ホルダーに、管の肉厚方向に超音波を伝搬させる第1超音波探触子と、第1超音波探触子を挟んでそれぞれ設置され、管の周方向に超音波を伝搬させる一対の第2超音波探触子とが収納され、想定している探触子ホルダーの初期位置において、各超音波探触子が、各超音波探触子からそれぞれ送信した超音波の管への入射点が略一致するように探触子ホルダー内で位置決めされている場合には、探触子ホルダーの初期位置を精度良く設定することは、極めて重要である。すなわち、探触子ホルダーの実際の初期位置が、想定している初期位置に対して上下方向にずれると、一対の第2超音波探触子からそれぞれ送信した超音波の管への入射点、ひいては管への入射角がずれるため、超音波探傷の精度が低下する虞がある。また、探触子ホルダーの実際の初期位置が、想定している初期位置に対して水平方向にずれると、第1の超音波探触子及び一対の第2超音波探触子からそれぞれ送信した超音波の管への入射点、ひいては管への入射角がずれるため、超音波探傷の精度が低下する虞がある。

【0022】

上記の課題を解決するため、本発明は、本発明に係る超音波探傷装置が備える探触子ホルダーの初期位置を設定する方法であって、前記探触子ホルダーには、前記超音波探触子として、前記管の肉厚方向に超音波を伝搬させる第1超音波探触子と、該第1超音波探触子を挟んでそれぞれ設置され、前記管の周方向に超音波を伝搬させる一対の第2超音波探触子とが収納され、前記探触子ホルダーの初期位置において、前記第1超音波探触子及び前記一対の第2超音波探触子は、前記第1超音波探触子及び前記一対の第2超音波探触子からそれぞれ送信した超音波の前記管への入射点が略一致するように前記探触子ホルダー内で位置決めされており、前記探触子ホルダーを前記管に追従させない状態で、前記第1超音波探触子で得られる探傷信号をAスコープで表示し、該Aスコープによって求まる前記第1超音波探触子と前記管との距離が目標値と一致するように、前記管に対する前記探触子ホルダーの上下方向の相対位置を調整するステップと、前記管端部に前記管の軸方向に延びる人工きずを設け、前記探触子ホルダーを前記管に追従させない状態で、前記管を周方向に回転させたときに前記一対の第2超音波探触子で得られるきず信号強度がそれぞれ一定の範囲内に収まるように、前記管に対する前記探触子ホルダーの前記管の軸方向と直交する水平方向の相対位置を調整するステップとを含むことを特徴とする探触子ホルダーの初期位置設定方法を提供する。

【0023】

本発明に係る探触子ホルダーの初期位置設定方法によれば、第1超音波探触子で得られる探傷信号をAスコープで表示し、該Aスコープによって求まる第1超音波探触子と管との距離が目標値と一致するように、管に対する前記探触子ホルダーの上下方向の相対位置を調整することで、第1超音波探触子の上下方向の初期位置、ひいては一対の第2超音波探触子の上下方向の初期位置をも簡易且つ精度良く設定することが可能である。また、本発明に係る探触子ホルダーの初期位置設定方法によれば、管を周方向に回転させたときに一対の第2超音波探触子で得られるきず信号強度がそれぞれ一定の範囲内（例えば、きず信号強度の平均値の±1dB程度の範囲内）に収まるように、管に対する探触子ホルダーの水平方向（管の軸方向と直交する水平方向）の相対位置を調整することで、一対の第2超音波探触子の水平方向の初期位置、ひいては第1超音波探触子の水平方向の初期位置をも簡易且つ精度良く設定することが可能である。

【発明の効果】

【0024】

本発明に係る管端部の超音波探傷装置によれば、管端部と超音波探触子との間に接触媒

質を安定して介在させることにより、精度の良い超音波探傷が可能となる。また、本発明に係る探触子ホルダーの初期位置設定方法によれば、簡易且つ精度良く探触子ホルダーの初期位置ひいては超音波探触子の初期位置を設定可能であり、これにより精度の良い超音波探傷が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】図1は、管中央部を超音波探傷する際に用いられる装置構成を模式的に示す図である。図1(a)は側面図を、図1(b)は正面視断面図を示す。

【図2】図2は、本発明の一実施形態に係る超音波探傷装置の正面視断面図を示す。

【図3】図3は、図2に示す超音波探傷装置の平面図を示す。

【図4】図4は、図2に示す筒状部材の作用を説明するための正面視断面図である。

【図5】図5は、図2及び図3に示す超音波探傷装置によって、管端部に設けた人工きずを探傷した結果の一例を示す図である。図5(a)は軸方向きず検出用の超音波探触子で得られた探傷チャートを、図5(b)は人工きずの模式図を示す。

【図6】図6は、予浸装置を備えた従来の超音波探傷装置の概略構成を模式的に示す図である。

【図7】図7は、予浸装置を備えた本発明の第1変形例に係る超音波探傷装置の概略構成及び動作を模式的に示す図である。図7(a)は予浸時の動作を説明する図を、図7(b)は探傷時の動作を説明する図を、図7(c)は予浸装置の断面図を示す。

【図8】図8は、パージエアーを噴出するノズルを備えた本発明の第2変形例に係る超音波探傷装置の概略構成、及び管の端部外面に設けた人工きずを第2変形例に係る超音波探傷装置で探傷した結果の一例を示す図である。図8(a)は、超音波探傷装置の概略構成図を示す。図8(b)は、人工きずを設けた管を軸方向に相対移動させずに周方向に回転させ、図8(a)に示すノズルからパージエアーを噴出しなかったときにラミネーション検出用の超音波探触子で得られた探傷信号を示す図である。図8(c)は、人工きずを設けた管を軸方向に相対移動させずに周方向に回転させ、図8(a)に示すノズルからパージエアーを噴出したときにラミネーション検出用の超音波探触子で得られた探傷信号を示す図である。

【図9】図9は、探触子ホルダーの上下方向の初期位置を設定する方法を示す図である。図9(a)は上下方向の初期位置設定状況を表す模式図を、図9(b)は図9(a)に示す状況で得られる探傷信号のAスコープ表示の模式図を示す。

【図10】図10は、探触子ホルダーの水平方向の初期位置を設定する方法を示す図である。図10(a)は、水平方向の初期位置設定状況を表す模式図を示す。図10(b)は、管の端部外面に人工きず(軸方向きず)を設け、図10(a)に示す管の中心位置から水平方向に -0.4 mm だけ探触子ホルダーがずれた状況において、管を軸方向に相対移動させながら周方向に回転させたときに軸方向きず検出用の一方の超音波探触子で得られる探傷信号の一例を示す図である。図10(c)は、図10(b)と同じ状況において、軸方向きず検出用の他方の超音波探触子で得られる探傷信号の一例を示す図である。図10(d)は、図10(b)に示す状況の探触子ホルダーを水平方向に $+0.4\text{ mm}$ だけ位置調整した後、管を軸方向に相対移動させながら周方向に回転させたときに軸方向きず検出用の一方の超音波探触子で得られる探傷信号の一例を示す図である。図10(e)は、図10(d)と同じ状況において、軸方向きず検出用の他方の超音波探触子で得られる探傷信号の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下、添付図面を参照しつつ、本発明の一実施形態について説明する。

図2は、本発明の一実施形態に係る超音波探傷装置の正面視断面図を示す。図3は、図2に示す超音波探傷装置の平面図を示す。

図2又は図3に示すように、本実施形態に係る超音波探傷装置100は、水平方向に配置された管Pの端部の下方に対向配置され、管Pの端部に向けて超音波を送受信する超音

10

20

30

40

50

波探触子 1 と、管 P の端部の下方に対向配置され、超音波探触子 1 が収納されると共に、周方向に回転する管 P に追従する探触子ホルダー 2 とを備える。

【0027】

管 P はターニングローラ 3 上に載置されており、ターニングローラ 3 が回転することにより、管 P は周方向に回転する。探触子ホルダー 2 は、ターニングローラ 3 から突出した管 P の端部の下方に対向配置されている。

【0028】

本実施形態に係る超音波探傷装置 100 は、超音波探触子 1 として、超音波探触子 1 A と、超音波探触子 1 B (2 個) と、超音波探触子 1 C (2 個) とを備える。超音波探触子 1 A は、管 P の肉厚方向に超音波を伝搬させることにより、ラミネーション (管 P の内外面に平行な面状のきず) を検出することを目的としている。超音波探触子 1 B は、管 P の周方向に傾けて設置され、管 P の周方向に超音波を伝搬させることにより、軸方向きず (管 P の軸方向に延びるきず) を検出することを目的としている。超音波探触子 1 C は、管 P の軸方向に傾けて設置され、管 P の軸方向に超音波を伝搬させることにより、周方向きず (管 P の周方向に延びるきず) を検出することを目的としている。探触子ホルダー 2 が管 P に追従する位置において、これら超音波探触子 1 A ~ 1 C は、それぞれから送信した超音波の管 P への入射点が略一致するように探触子ホルダー内で位置決めされている。

【0029】

本実施形態の探触子ホルダー 2 は、前述のように、周方向に回転する管 P に追従するように構成されている。具体的には、探触子ホルダー 2 が追従装置 (図示せず) に取り付けられている。この追従装置は、回転する管 P の外面の変位を測定した結果に基づき、上下方向及び水平方向についての探触子ホルダー 2 と管 P との位置関係が一定となる (従って、探触子ホルダー 2 に収納された超音波探触子 1 と管 P との位置関係も一定となる) ように、探触子ホルダー 2 を上下方向及び水平方向に移動させる。換言すれば、追従装置は、管 P への追従を開始する時点での探触子ホルダー 2 の位置 (初期位置) と管 P との位置関係を一定に保つように (従って、探触子ホルダー P に収納された超音波探触子 1 A ~ 1 C と管 P との位置関係を一定に保つように)、探触子ホルダー 2 の位置を制御する。このような追従装置としては、特に限定されるものではなく、種々の公知の追従装置を適用可能であるが、例えば、特許文献 1 に記載の追従装置を適用することが好ましい。

【0030】

探触子ホルダー 2 は、超音波探触子 1 と管 P の端部との間の空隙を圍繞して、内部に水等の接触媒質 W を滞留させるための接触媒質滞留部を具備する。本実施形態では、探触子ホルダー 2 全体が接触媒質滞留部としての機能を奏するため、以下の説明では、接触媒質滞留部に探触子ホルダー 2 と同一の符号を使用する。

【0031】

接触媒質滞留部 2 は、接触媒質滞留部本体 21 と、環状 (本実施形態では円環状) の蛇腹部 22 と、環状 (本実施形態では円環状) のスペーサ 23 とを具備する。また、本実施形態の接触媒質滞留部 2 は、好ましい構成として、筒状 (本実施形態では円筒状) 部材 24 を具備する。

【0032】

本実施形態の接触媒質滞留部本体 21 は、接触媒質供給口 211 (本実施形態では 4 つ) と、接触媒質排出口 212 (本実施形態では 2 つ) とを具備する。接触媒質滞留部本体 21 の内部には、接触媒質供給口 211 から接触媒質 W が供給される一方、接触媒質 W は接触媒質排出口 212 から排出される。接触媒質供給口 211 から供給する接触媒質 W の流量 (4 つの接触媒質供給口 211 から供給する総流量) の方が、接触媒質排出口 212 から排出する接触媒質 W の流量 (2 つの接触媒質排出口 212 から排出する総流量) よりも大きく設定されている。例えば、接触媒質排出口 212 から排出する接触媒質 W の流量は、接触媒質供給口 211 から供給する接触媒質 W の流量の 10 ~ 15 % 程度に設定される。このため、接触媒質滞留部本体 21 には、接触媒質 W が滞留することになる。

【0033】

本実施形態では、好ましい構成として、接触媒質供給口 2 1 1 が上下方向周りの所定の円弧の接線方向に接触媒質 W を供給するように配置されている。具体的には、接触媒質供給口 2 1 1 が前記円弧の接線方向に延びている。また、接触媒質排出口 2 1 2 が前記円弧の接線方向に接触媒質 W を排出するように配置されている。具体的には、接触媒質排出口 2 1 2 が前記円弧の接線方向に延びている。接触媒質供給口 2 1 1 から前記円弧の接線方向に接触媒質 W が供給されることにより、接触媒質滞留部本体 2 1 の内部に、接触媒質 W の渦流 W 1 が生じる。そして、この渦流 W 1 によって、接触媒質 W 中に含まれ得る汚れ（例えば、管 P が鋼管である場合、この鋼管表面に付着したスケール S の落下物等）が接触媒質排出口 2 1 2 に運ばれ、外部に排出されることになる。このため、接触媒質滞留部本体 2 1、ひいては接触媒質滞留部 2 全体や超音波探触子 1 の洗浄を探傷中に行うことが可能となり、メンテナンス性が向上するという利点が見られる。また、渦流 W 1 によって、探傷精度に影響を及ぼし得る気泡が超音波探触子 1 の表面に付着し難くなるという利点も得られる。

10

【0034】

なお、接触媒質供給口 2 1 1 から供給する接触媒質 W の流量は、2 リットル／分～6 リットル／分程度に調整することが好ましい。このとき、接触媒質排出口 2 1 2 から排出する接触媒質 W の流量は、上記供給する流量の 10～15% 程度であり、1 リットル／分未満となる。接触媒質 W の流量が 2 リットル／分未満であると、流量不足によって、接触媒質 W がスペーサ 2 3 の上面を超えて盛り上がることにより形成される膜 W 2 を形成し難くなるからである。また、接触媒質 W の流量が 5 リットル／分を超えると、流量過多によって、スペーサ 2 3 の上面を超えて盛り上がった接触媒質の膜 W 2 が乱れる虞が高まるからである。接触媒質供給口 2 1 1 から供給する接触媒質 W の流量を上記の範囲に設定し、なお且つ、後述するように、スペーサ 2 3 の内径 D_s を管 P の外径 D_p に対して 25% 以上に設定することにより、接触媒質の膜 W 2 の厚みを 2～3 mm 程度に制御することが可能である。

20

【0035】

本実施形態の蛇腹部 2 2 は、接触媒質滞留部本体 2 1 と連通するように接触媒質滞留部本体 2 1 の上側に取り付けられ、上下方向に伸縮自在である。具体的には、接触媒質滞留部本体 2 1 の上面には開口（本実施形態では円形の開口）が設けられており、この開口を圍繞するように環状の蛇腹部 2 2 が取り付けられている。蛇腹部 2 2 の最内径は、前記開口の径と略同一（同一又は若干小さめ）の寸法とされている。

30

【0036】

蛇腹部 2 2 を形成する材料は、特に限定されるものではないが、耐摩耗性と伸縮性に優れた材料を用いることが好ましい。耐摩耗性に優れることは、蛇腹部 2 2 が伸縮を繰り返すことにより、蛇腹部 2 2 の折り畳み部分に破損が生じることを抑制するために有用である。伸縮性に優れることは、管 P とスペーサ 2 3 との接触による衝撃が接触媒質の膜 W 2 に直接伝わって、膜 W 2 が乱れることを抑制するために有用である。蛇腹部 2 2 を形成する材料としては、耐摩耗性と伸縮性に優れる点で、シリコンゴムを用いることが好ましい。

。

【0037】

本実施形態のスペーサ 2 3 は、蛇腹部 2 2 の上側に取り付けられ、少なくとも上面が（本実施形態では下面も）平坦な水平面とされている。また、本実施形態の筒状部材 2 4 は、スペーサ 2 3 の下面に取り付けられ、蛇腹部 2 2 の内部に嵌め込まれている。具体的には、筒状部材 2 4 が蛇腹部 2 2 の内部に嵌め込まれるように、筒状部材 2 4 の外径は蛇腹部 2 2 の最内径と略同一（同一又は若干小さめ）の寸法とされている。これにより、筒状部材 2 4 の外径は、接触媒質滞留部本体 2 1 の上面に設けられた開口の径と略同一（同一又は若干小さめ）となる。従って、蛇腹部 2 2 が収縮することによって、蛇腹部 2 2 に取り付けられたスペーサ 2 3 が下降し、これに伴い筒状部材 2 4 も下降したとき、筒状部材 2 4 の下端部は、接触媒質滞留部本体 2 1 の上記開口を通して、接触媒質滞留部本体 2 1 の内部に挿入されることになる。スペーサ 2 3 は、鋼管 P の端部と接触する頻度が高いこ

40

50

とから、耐摩耗性に優れたステンレス鋼から形成することが好ましい。より好ましくは、スペーサ 2 3 及び筒状部材 2 4 は、ステンレス鋼から一体的に形成される。

【0038】

スペーサ 2 3 の蛇腹部 2 2 への取り付け方法としては、蛇腹部 2 2 の上部とスペーサ 2 3 とをビス止め等によって直接固定する方法でもよい。しかしながら、本実施形態のスペーサ 2 3 には、筒状部材 2 4 が取り付けられ、この筒状部材 2 4 が蛇腹部 2 2 の内部に嵌め込まれる。このため、スペーサ 2 3 と蛇腹部 2 2 とを直接固定しなくても、スペーサ 2 3 は、筒状部材 2 4 を介して、蛇腹部 2 2 に比較的安定した状態で取り付けられる。

【0039】

図 4 は、本実施形態の筒状部材 2 4 の作用を説明するための正面視断面図である。図 4 において、一点鎖線 C よりも左側は筒状部材 2 4 を具備しない状態を、一点鎖線 C よりも右側は筒状部材 2 4 を具備する状態を示す。図 4 に示すように、本実施形態の接触媒質滞留部 2 は、筒状部材 2 4 を具備するため、接触媒質 W 中の気泡 B が、蛇腹部 2 2 の折り畳み部分 2 2 1 に到達することなく、筒状部材 2 4 の内面に沿って上昇し易くなる。仮に、接触媒質滞留部 2 が、この筒状部材 4 を具備しなければ、蛇腹部 2 2 の折り畳み部分 2 2 1 に滞留した気泡 B が纏まって、塊として一気に上昇する虞がある。そして、この上昇した気泡 B の塊で超音波が散乱し、探傷精度が低下する虞がある。しかしながら、接触媒質滞留部 2 が筒状部材 2 4 を具備すれば、接触媒質 W 中の気泡 B が纏まって塊となる前に、筒状部材 4 の内面に沿って気泡 B が逐次上昇し易いため、探傷精度の低下を回避し得ることが期待できる。

【0040】

図 2 に示すスペーサ 2 3 の内径 D_s は、管 P の外径 D_p に対して 25% 以上に設定することが好ましい。スペーサ 2 3 の内径 D_s が管 P の外径 D_p に対して小さすぎる（25% 未満である）と、管 P の外面によってスペーサ 2 3 の開口が閉塞され易くなる（スペーサ 2 3 の開口に対して管 P の外面が面接触しているのと近い状態になる）ため、接触媒質 W の膜が乱れる虞が高まるからである。ただし、スペーサ 2 3 の内径 D_s が大きすぎると、これに応じて探触子ホルダー（接触媒質滞留部）2 の寸法も大きくなるため、内部に滞留する接触媒質 W の重量を含んだ探触子ホルダー 2 全体の重量が増し、探触子ホルダー 2 の追従性能が低下する虞がある。従って、スペーサ 2 3 の内径 D_s を過度に大きく設定しないように留意する必要がある。

【0041】

以上に説明した本実施形態に係る超音波探傷装置 100 において、接触媒質滞留部本体 2 1 に接触媒質 W が供給されると、接触媒質滞留部本体 2 1 に連通する蛇腹部 2 2 に接触媒質 W が流通する。この蛇腹部 2 2 に流通した接触媒質 W は、蛇腹部 2 2 に取り付けられたスペーサ 2 3 に流通して、管 P の端部に接触することになる。

【0042】

スペーサ 2 3 は、少なくとも上面が平坦な水平面とされているため、接触媒質滞留部本体 2 1 に供給する接触媒質 W の流量を前述したような適切な範囲に調整することにより、接触媒質 W の表面張力によって接触媒質 W がスペーサ 2 3 の上面を超えて盛り上がった膜 W 2 が形成される。この接触媒質の膜 W 2 が管 P の端部に接触することにより、超音波探触子 1 から送信された超音波は、接触媒質滞留部本体 2 1 内部の接触媒質 W、蛇腹部 2 2 内部の接触媒質 W、及び前記膜 W 2 を介して管 P の端部に入射する。管 P の端部で反射した超音波は、前記膜 W 2、蛇腹部 2 2 内部の接触媒質 W、及び接触媒質滞留部本体 2 1 内部の接触媒質 W を介して超音波探触子 1 で受信される。

【0043】

探触子ホルダー 2 は、周方向に回転する管 P に追従する。さらに、蛇腹部 2 2 は上下方向に伸縮する。このため、管 P に曲がりが生じていたり、管 P の断面が真円でなかったとしても、接触媒質の膜 W 2 は、常に管 P の端部に接触し、且つ、乱れることが抑制されるため、管 P の端部と超音波探触子 1 との間に接触媒質 W（膜 W 2 も含む）が安定して介在することになる。これにより、精度の良い超音波探傷が可能となる。

【0044】

図5は、本実施形態に係る超音波探傷装置100によって、以下の(1)～(6)の条件で、管Pの端部外面に設けた人工きず(軸方向きず)を探傷した結果の一例を示す図である。図5(a)は軸方向きず検出用の超音波探触子1Bで得られた探傷チャートを、図5(b)は人工きずの模式図を示す。図5(a)の横軸は管Pの軸方向の位置を、縦軸はエコー強度を意味する。

- (1) 管Pの外径：168mm
- (2) 管Pの回転速度：113rpm
- (3) 探触子ホルダー2の管軸方向への移動速度：15.1mm/sec
- (4) スペーサ23の内径Ds：63mm
- (5) 供給する接触媒質(水)の流量：5.5リットル/分
- (6) 排出する接触媒質(水)の流量：1リットル/分未満

10

【0045】

図5(a)から分かるように、本実施形態に係る超音波探傷装置100によれば、管端部と超音波探触子との間に接触媒質を安定して介在させることができ、人工きずを精度良く検出可能であった。なお、図5には、軸方向きずを探傷した結果のみを図示したが、人工きずとして、周方向きずを設けて探傷した場合には超音波探触子1Cで、平底穴を設けて探傷した場合には超音波探触子1Aで、それぞれ精度良く検出可能であることが確認できた。

20

【0046】

<第1変形例>

なお、本実施形態に係る超音波探傷装置100は、探傷の安定性を確保するために、予浸装置を備えることが好ましい。

図7は、予浸装置を備えた本実施形態の第1変形例に係る超音波探傷装置の概略構成及び動作を模式的に示す図である。図7(a)は予浸時の動作を説明する図を、図7(b)は探傷時の動作を説明する図を、図7(c)は予浸装置の断面図を示す。

図7に示すように、第1変形例に係る超音波探傷装置100Aは、前述した超音波探傷装置100の構成に加えて、予浸装置4と、制御装置5とを備えている。また、好ましい構成として、超音波探傷装置100Aは、管端検知センサ6を備えている。

30

【0047】

本変形例の予浸装置4及び管端検知センサ6は、探触子ホルダー2に設けられた基台21(図7(a)に示す待機位置にある探触子ホルダー2を参照。図7中の他の探触子ホルダー2については基台21の図示を省略している)に取り付けられている。管端検知センサ6は、予浸装置4に対して、図7(a)に示す探触子ホルダー2の往動方向上流側の位置に取り付けられている。これら予浸装置4及び管端検知センサ6は、探触子ホルダー2と共に管Pに追従する。

本変形例の予浸装置4は、図7(c)に示すように、金属製のブラシ41と、ブラシ41の周囲を被覆するゴム製の被覆材42と、被覆材42の内部ひいてはブラシ41を構成する線材の隙間に接触媒質Wを供給するホース43とを備えている。被覆材42は上端が開口し、下端がホース43と連通している。

40

本変形例の管端検知センサ6としては、投光器及び受光器を備えた反射型の光電センサが用いられている。すなわち、管端検知センサ6は、投光器から出射した光が管Pに照射されて管Pで反射する場合には、管Pに照射されない場合に比べて受光器に入射する光量が多くなることを利用して、管端を検知する構成である。

【0048】

本変形例の制御装置5は、探触子ホルダー2及び追従装置(図示せず)を一体として、これらを上下方向及び管Pの軸方向に沿って往復動させるためのステージ(図示せず)を駆動する機能と、管端検知センサ6による管Pの管端検知に応じて予浸装置4を駆動する(具体的には、接触媒質Wの供給源とホース43との間に介在する電磁弁等を制御してホース43への接触媒質Wの供給をオン・オフさせる)機能とを奏する。

50

【0049】

以下、上記の構成を有する超音波探傷装置100Aの動作について説明する。

図7(a)に示す予浸時において、制御装置5は、前記ステージを駆動して、管Pの管端から離れた待機位置にある探触子ホルダー2を徐々に上昇させると同時に、周方向に回転する管Pの軸方向に沿って探触子ホルダー2を往動(図7に示す例では、管Pの管端側から管中央側に向けた移動)させる。制御装置5は、予め設定した予浸装置4のブラシ41の先端(上端)が管Pの外面に接触し得る高さで探触子ホルダー2の上昇動作を停止させ、その後は探触子ホルダー2を管Pの軸方向に沿って往動させる。この際、制御装置5は、管端検知センサ6が管Pの管端を検知したタイミングで、予浸装置4のホース43への接触媒質Wの供給を開始させる。これにより、予浸装置4のブラシ41を構成する線材の隙間から管Pに向けて接触媒質Wが噴出する。このように予浸装置4から管Pに向けて接触媒質Wを噴出した状態で、探触子ホルダー2は追従装置によって管Pに追従しながら、管Pの軸方向に沿って予め設定した探傷開始位置まで往動する。管Pの端部の探傷範囲の内、予浸装置4が通過する範囲については、予浸装置4から噴出する接触媒質Wによって予浸がなされる。上記以外の範囲については、接触媒質の膜W2によって予浸がなされることになる。

10

【0050】

図7(b)に示す探傷時において、制御装置5は、前記ステージを駆動して、探傷開始位置にある探触子ホルダー2を復動(図7に示す例では、管Pの管中央側から管端側に向けた移動)させる。この際、制御装置5は、予浸装置4のホース43への接触媒質Wの供給を停止させる。探触子ホルダー2は追従装置によって管Pに追従しながら、管Pの軸方向に沿って探傷開始位置から予め設定した探傷終了位置まで復動し、この間で超音波探傷を行う。超音波探傷終了後、制御装置5は、管Pの軸方向に沿って更に探触子ホルダー2を復動させると同時に、待機位置まで探触子ホルダー2を徐々に下降させる。

20

【0051】

以上に説明した超音波探傷装置100Aによれば、接触媒質Wを管Pに向けて噴出する予浸装置4が探触子ホルダー2に取り付けられ、周方向に回転する管Pに探触子ホルダー2と共に追従するため、小型の予浸装置4で且つ少量の接触媒質Wで、管Pの周方向全体を効率良く予浸することが可能である。また、探触子ホルダー2が管端部の探傷範囲を往動する際にのみ予浸装置4から接触媒質Wを管Pに向けて噴出(しかも、本変形例では、予浸装置4に対して探触子ホルダー2の往動方向上流側の位置に取り付けられた管端検知センサ6が管Pの管端を検知したタイミング以降で接触媒質Wを噴出)するため、管Pの内面に接触媒質Wが侵入し難く、探触子ホルダー2が管端部の探傷範囲を復動する際に安定した探傷が可能である。さらに、本変形例では、予浸装置4がブラシ41を備え、ブラシ41が管Pの外面に接触しながら(管Pの周方向及び軸方向に沿って管Pの外면을摺動しながら)予浸を行う構成である。つまり、ブラシ41によって管Pの外面に接触媒質Wを塗布する構成であるため、より一層効率良く予浸することが可能であると共に、探傷精度に影響を及ぼし得る管Pの外面の汚れを効率良く除去することも可能である。

30

【0052】

なお、本変形例では、管端を確実に検知するために好ましい構成として、管端検知センサ6を備える構成について説明したが、管Pの予浸を行う上で管端検知センサ6は必ずしも必要ではない。つまり、管Pの管端位置(管Pの軸方向に沿った位置)がいずれの管Pについてもほぼ一定であるとみなせる場合には、図7(a)に示す管端検知位置に相当する位置を制御装置5に予め設定しておけばよい。そして、この予め設定した位置に探触子ホルダー2が到達したタイミングで予浸装置4のホース43への接触媒質Wの供給を開始させればよい。

40

また、本変形例では、探触子ホルダー2を管Pの管端側から管中央側に向けて移動させるときに予浸を行い、探触子ホルダー2を管Pの管中央側から管端側に向けて移動させるときに探傷を行う構成について説明したが、逆に、探触子ホルダー2を管Pの管中央側から管端側に向けて移動させるときに予浸を行い、探触子ホルダー2を管Pの管端側から管

50

中央側に向けて移動させるときに探傷を行う構成とすることも可能である。

【0053】

＜第2変形例＞

本実施形態に係る超音波探傷装置100は、接触媒質の膜W2中に気泡が滞留する虞を低減するために、管Pの外面にパージエアーを噴出するノズルを備えることが好ましい。

図8は、パージエアーを噴出するノズルを備えた本実施形態の第2変形例に係る超音波探傷装置の概略構成、及び管の端部外面に設けた人工きず（軸方向きず）を第2変形例に係る超音波探傷装置で探傷した結果の一例を示す図である。図8（a）は、超音波探傷装置の概略構成図を示す。図8（b）は、人工きずを設けた管を軸方向に相対移動させずに周方向に回転させ、図8（a）に示すノズルからパージエアーを噴出しなかったときに超音波探触子1Aで得られた探傷信号を示す図である。図8（c）は、人工きずを設けた管を軸方向に相対移動させずに周方向に回転させ、図8（a）に示すノズルからパージエアーを噴出したときに超音波探触子1Aで得られた探傷信号を示す図である。

図8に示すように、第2変形例に係る超音波探傷装置100Bは、前述した超音波探傷装置100の構成に加えて、パージエアーAを噴出するノズル7を備えている。ノズル7は、接触媒質滞留部に滞留する接触媒質（具体的には、接触媒質の膜W2）に接触する管Pの外面部位よりも管Pの回転方向上流側に位置する管Pの外面部位であって、管Pの最下部P1を基準にして管Pの周方向に180°以下の範囲（図8（a）の $\theta \leq 180^\circ$ ）に位置する管Pの外面部位に向けてパージエアーを噴出するように位置決めされている。ノズル7は、上下方向に移動するステージ（図示せず）に取り付けられており、管Pの外径に応じてこのステージを駆動制御することにより、ノズル7の上下方向の位置は、管Pの外径に関わらず θ が略一定となるように自動的に調整される。

【0054】

本変形例に係る超音波探傷装置100Bによれば、管Pの外面に引き込まれ、管Pと共に回転して気泡を伴った接触媒質Wが、ノズル7から噴出するパージエアーAによって管Pの外表面からパージされるため、前記気泡を伴った接触媒質Wが接触媒質の膜W2に再び侵入する虞が低減する。このため、接触媒質の膜W2中に気泡が滞留することで探傷精度が低下する虞を低減することが可能である。具体的には、ノズル7からパージエアーAを噴出しなかったとき（図8（b））には、接触媒質の膜W2中に滞留する気泡の影響で人工きずからのエコーのバラツキが大きくなる一方、ノズル7からパージエアーAを噴出したとき（図8（c））には、人工きずからのエコーのバラツキが小さく安定した探傷が可能である。

【0055】

なお、以上に説明した第1変形例に係る超音波探傷装置100A及び第2変形例に係る超音波探傷装置100Bを組み合わせた構成（すなわち、超音波探傷装置100の構成に加えて、予浸装置4、制御装置5、管端検知センサ6及びノズル7を備えた構成）とすることも無論可能である。

【0056】

以上に説明した本実施形態に係る超音波探傷装置100、第1変形例に係る超音波探傷装置100A及び第2変形例に係る超音波探傷装置100Bが備える探触子ホルダー2の初期位置は、好ましくは、以下のようにして設定される。

【0057】

＜上下方向の初期位置の設定＞

図9は、探触子ホルダーの上下方向の初期位置を設定する方法を示す図である。図9（a）は上下方向の初期位置設定状況を表す模式図を、図9（b）は図9（a）に示す状況で得られる探傷信号のAスコープ表示の模式図を示す。

探触子ホルダー2の上下方向の初期位置を設定するに際しては、断面ができる限り真円に近く曲がりの少ない管Pを用意する。次いで、この管Pの軸方向に沿った位置について探触子ホルダー2を例えば探傷開始位置（図7参照）に設置し、探触子ホルダー2を管Pに追従させない状態で、且つ、管Pを静止させた状態で、超音波探触子1Aで得られる探

傷信号をAスコープで表示する(図9(b))。そして、このAスコープによって求まる超音波探触子1Aと管Pとの距離(水距離)が目標値と一致するように、管Pに対する探触子ホルダー2の上下方向の相対位置を調整する(図9(a))。具体的には、図9(b)に示すAスコープにおいて送信パルスが出現してから表面エコーが出現するまでの時間と接触媒質W中の音速とを乗算することにより求まる水距離が目標値と一致するように、管Pに対する探触子ホルダー2の上下方向の相対位置を調整する。この探触子ホルダー2の上下方向の相対位置は、例えば、追従装置に設けられた移動機構を0.1mmピッチで上下方向に移動させることによって調整される。

【0058】

上記の設定方法によれば、超音波探触子1Aで得られる探傷信号をAスコープで表示し、該Aスコープによって求まる水距離が目標値と一致するように、管Pに対する探触子ホルダー2の上下方向の相対位置を調整することで、超音波探触子1Aの上下方向の初期位置、ひいては一对の超音波探触子1Bの上下方向の初期位置をも簡易且つ精度良く設定することが可能である。

【0059】

<水平方向の初期位置の設定>

図10は、探触子ホルダーの水平方向の初期位置を設定する方法を示す図である。図10(a)は、水平方向の初期位置設定状況を表す模式図を示す。図10(b)は、管Pの端部外面に人工きず(軸方向きず)を設け、図10(a)に示す管の中心位置から水平方向に-0.4mm(管の中心位置から図10の紙面左側に0.4mm)だけ探触子ホルダー2がずれた(超音波探触子1Aがずれた)状況において、管Pを軸方向に相対移動させながら周方向に回転させたときに一方の超音波探触子1Bで得られる探傷信号の一例を示す図である。図10(c)は、図10(b)と同じ状況において、他方の超音波探触子1Bで得られる探傷信号の一例を示す図である。図10(d)は、図10(b)に示す状況の探触子ホルダー2を水平方向に+0.4mm(図10の紙面右側に0.4mm)だけ位置調整した後、管Pを軸方向に相対移動させながら周方向に回転させたときに一方の超音波探触子1Bで得られる探傷信号の一例を示す図である。図10(e)は、図10(d)と同じ状況において、他方の超音波探触子1Bで得られる探傷信号の一例を示す図である。

探触子ホルダー2の水平方向の初期位置を設定するに際しても、断面ができる限り真円に近く曲がりの少ない管Pを用意する(探触子ホルダー2の上下方向の初期位置を設定する際に用いる管Pと同じものを用いれば良い)。次いで、この管Pの軸方向に沿った位置について探触子ホルダー2を例えば探傷開始位置(図7参照)に設置する。この探触子ホルダー2に対向する管Pの部位には、人工きず(軸方向きず)を予め設けておく。そして、探触子ホルダー2を管Pに追従させない状態で、管Pを周方向に回転させたとき(図10に示す例では軸方向にも相対移動させる)に一对の超音波探触子1Bで得られるきず信号強度(人工きずからのエコー強度)がそれぞれ一定の範囲内(例えば、きず信号強度の平均値の±1dB程度の範囲内)に収まるように、管Pに対する探触子ホルダー2の水平方向の相対位置(管Pの軸方向と直交する水平方向)を調整する(図10(a))。具体的には、図10(b)、(c)に示すように、きず信号強度のバラツキが大きい状態の場合、図10(d)、(e)に示すように、きず信号強度のバラツキが小さくなるまで、探触子ホルダー2の水平方向の相対位置を調整する。この探触子ホルダー2の水平方向の相対位置は、例えば、追従装置に設けられた移動機構を0.1mmピッチで水平方向に移動させることによって調整される。

なお、図10に示す例では、管Pを軸方向に相対移動させている(従って、人工きずも管Pの軸方向に相対移動する)ため、人工きずの長手方向端部では、超音波探触子1Bから送信された超音波のうち人工きずに入射する超音波の割合が低下することになる。図10(b)～(d)において、丸で囲っていない部分の探傷信号は、この人工きずに入射する超音波の割合が低下している部分に相当するため、きず信号強度のバラツキを評価する上では無視すればよい。

10

20

30

40

50

【0060】

管Pの中心位置から水平方向に探触子ホルダー2がずれると、一对の超音波探触子1Bで得られるきず信号強度のバラツキが大きくなる理由としては、以下の(1)や(2)のような理由が考えられる。

(1) 一对の超音波探触子1Bから送信した超音波の管Pへの入射点近傍(スペーサ23の中心位置近傍)における接触媒質の膜W2と管Pとの接触状態は、探触子ホルダー2が管Pの中心位置にあるとき(スペーサ23の中心位置が管Pの中心位置に一致するとき)に最も安定する(最も音響結合状態が良くなる)。このため、探触子ホルダー2が管Pの中心位置にあるときには、一对の超音波探触子1Bから送信した超音波が安定して管Pに入射される。これに対し、管Pの中心位置から水平方向に探触子ホルダー2がずれると、スペーサ23の上面と管Pとの上下方向の隙間が、スペーサ23の中心位置近傍(超音波の入射点近傍)において場所により大きく変動するため、接触媒質の膜W2と管Pとの接触状態が不安定になり易い(音響結合状態が不安定になり易い)。このため、一对の超音波探触子1Bから送信した超音波が安定して管Pに入射されず、きず信号強度のバラツキが大きくなると考えられる。

10

(2) 一般に、管Pを斜角探傷する場合、超音波の管Pへの入射角は、超音波の音圧が安定している所定の角度範囲(以下、音圧安定角度範囲という)に設定される。例えば、水を接触媒質Wとして鋼管を斜角探傷する場合、超音波の鋼管への入射角 18° 付近が最も超音波の音圧が安定しているため、入射角は $18^\circ \pm 2^\circ$ 程度に設定される。この音圧安定角度範囲を超えた入射角で超音波を管Pに入射させると、僅かな入射角の変化に対して超音波の音圧が大きく変化する(音圧の角度依存が強くなる)。管Pの中心位置から水平方向に探触子ホルダー2がずれると、一对の超音波探触子1Bから送信した超音波の管Pへの入射角がずれて、音圧安定角度範囲を超えてしまう虞がある。超音波の管Pへの入射角が音圧安定角度範囲を超えた状態で、探触子ホルダー2に僅かな追従誤差が生じる(従って、一对の超音波探触子1Bから送信した超音波の入射角に僅かな変化が生じる)と、超音波の音圧が大きく変化する結果、きず信号強度のバラツキが大きくなると考えられる。

20

【0061】

上記の設定方法によれば、管Pを周方向に回転させたときに一对の超音波探触子1Bで得られるきず信号強度がそれぞれ一定の範囲内に収まるように、管Pに対する探触子ホルダー2の水平方向の相対位置を調整することで、一对の超音波探触子1Bの水平方向の初期位置、ひいては超音波探触子1Aの水平方向の初期位置をも簡易且つ精度良く設定することが可能である。

30

【符号の説明】

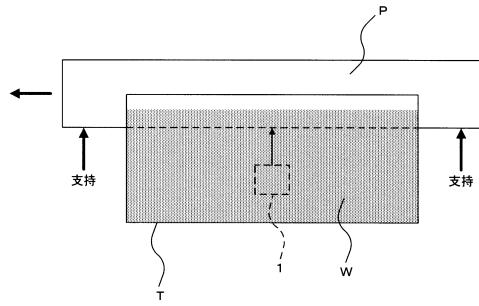
【0062】

- 1・・・超音波探触子
- 2・・・探触子ホルダー(接触媒質滞留部)
- 21・・・接触媒質滞留部本体
- 22・・・蛇腹部
- 23・・・スペーサ
- 24・・・筒状部材
- 211・・・接触媒質供給口
- 212・・・接触媒質排出口
- P・・・管
- W・・・接触媒質
- W2・・・接触媒質の膜

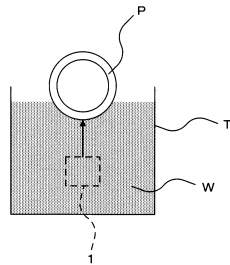
40

【図 1】

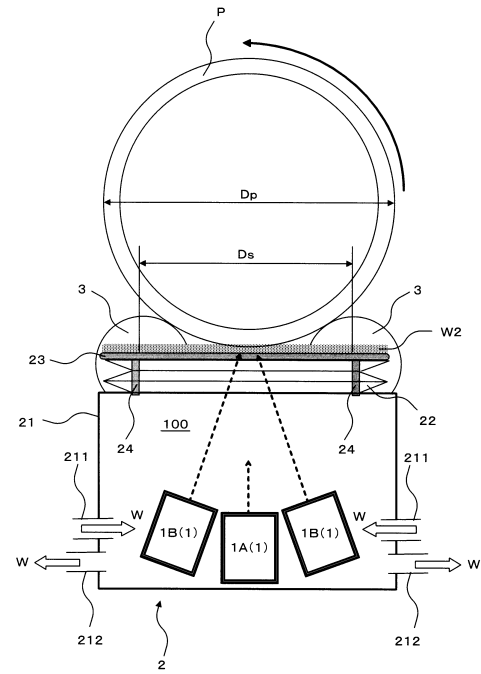
(a)



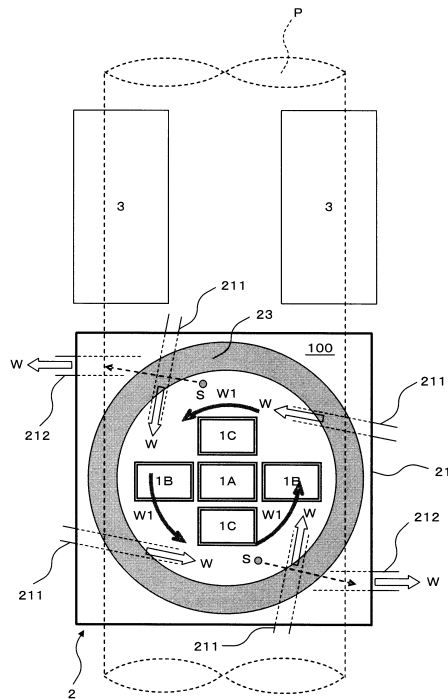
(b)



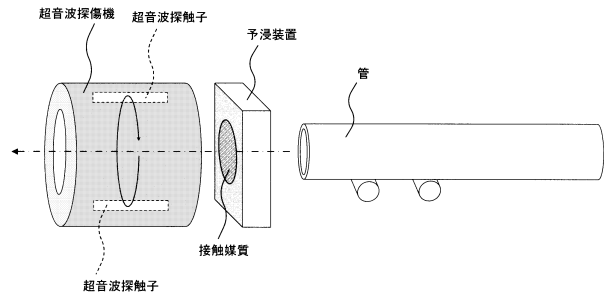
【図 2】



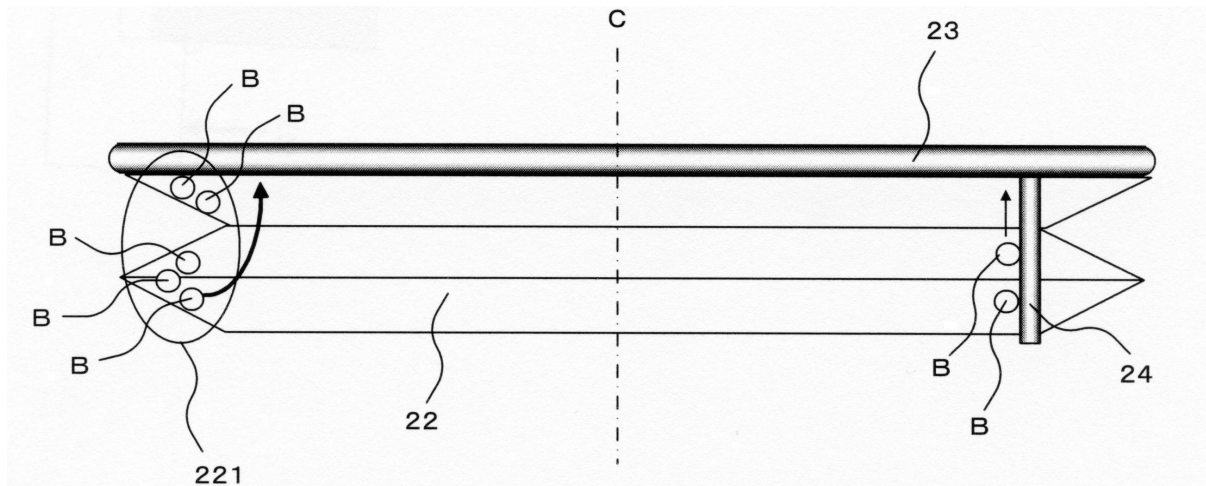
【図 3】



【図 6】

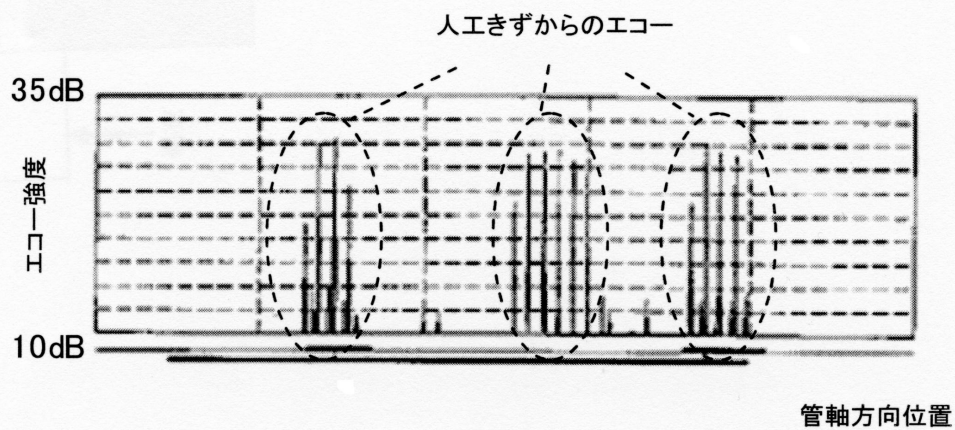


【図 4】

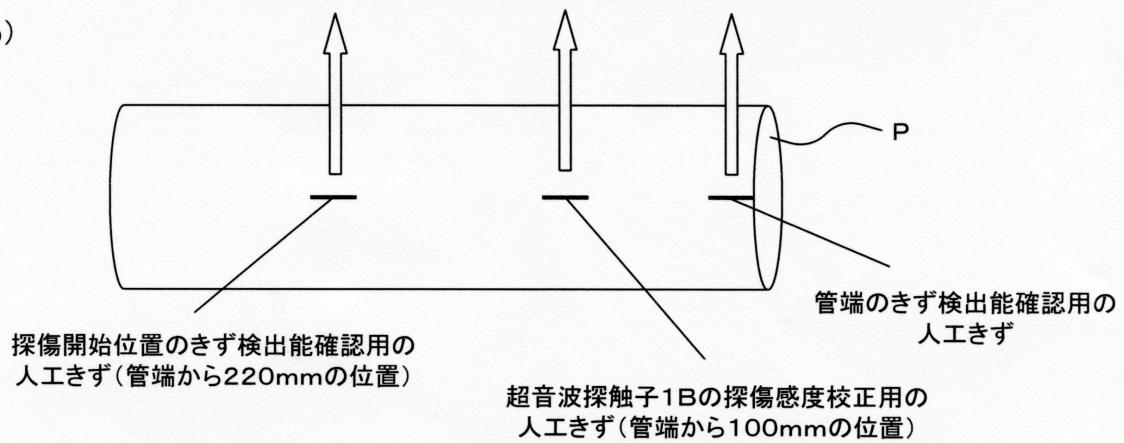


【図 5】

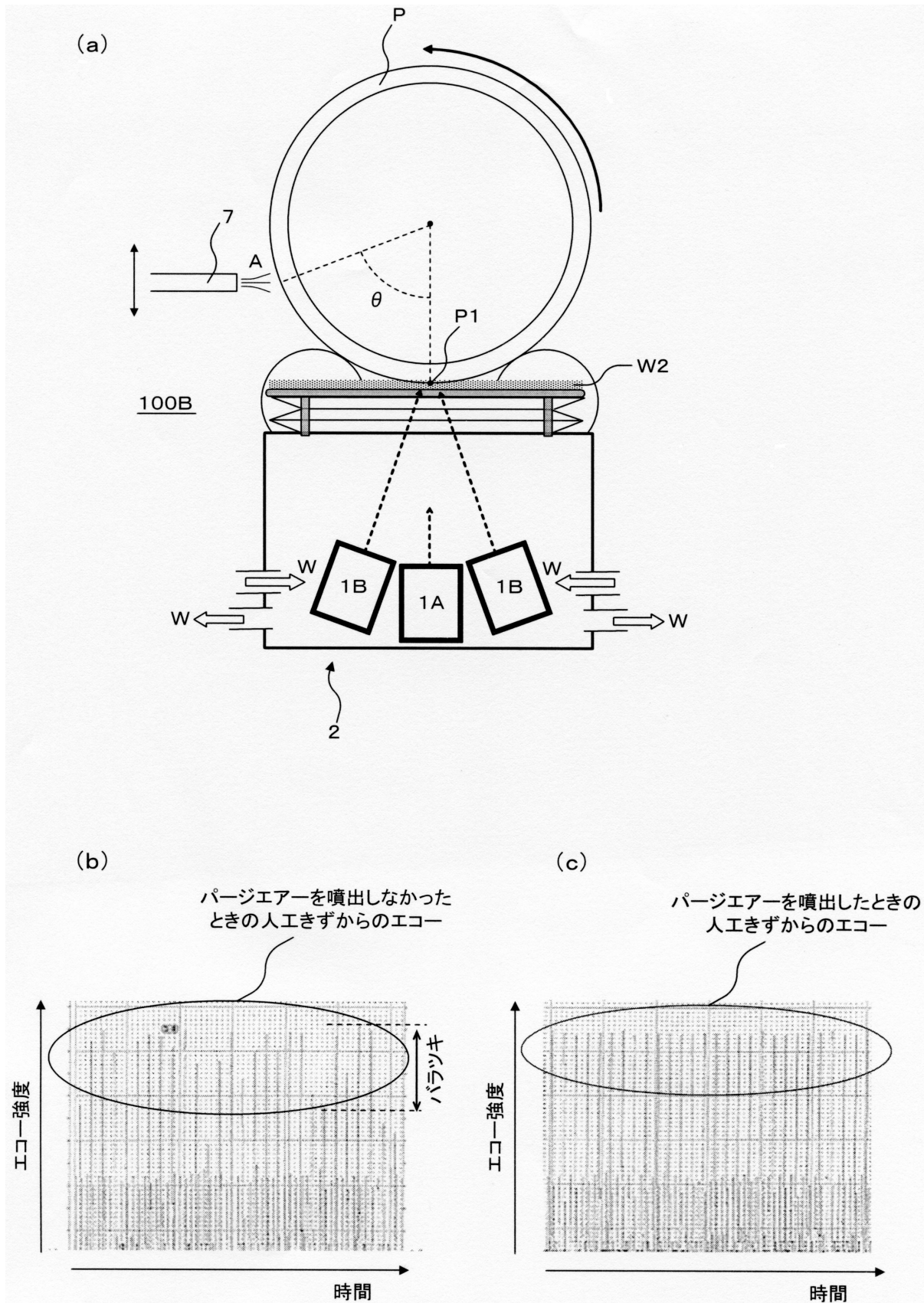
(a)



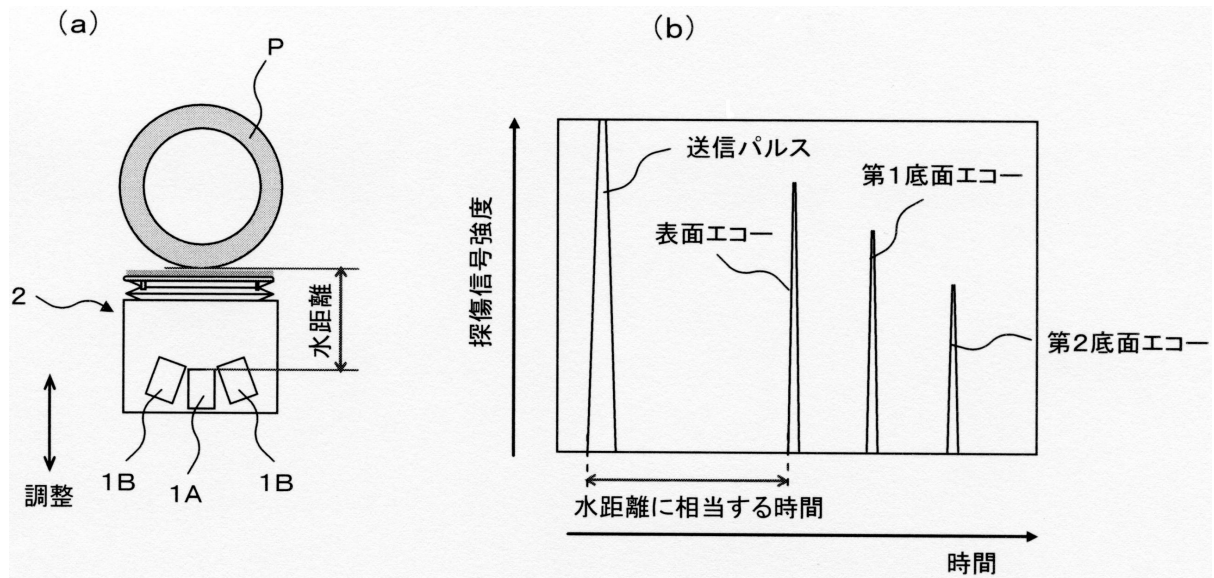
(b)



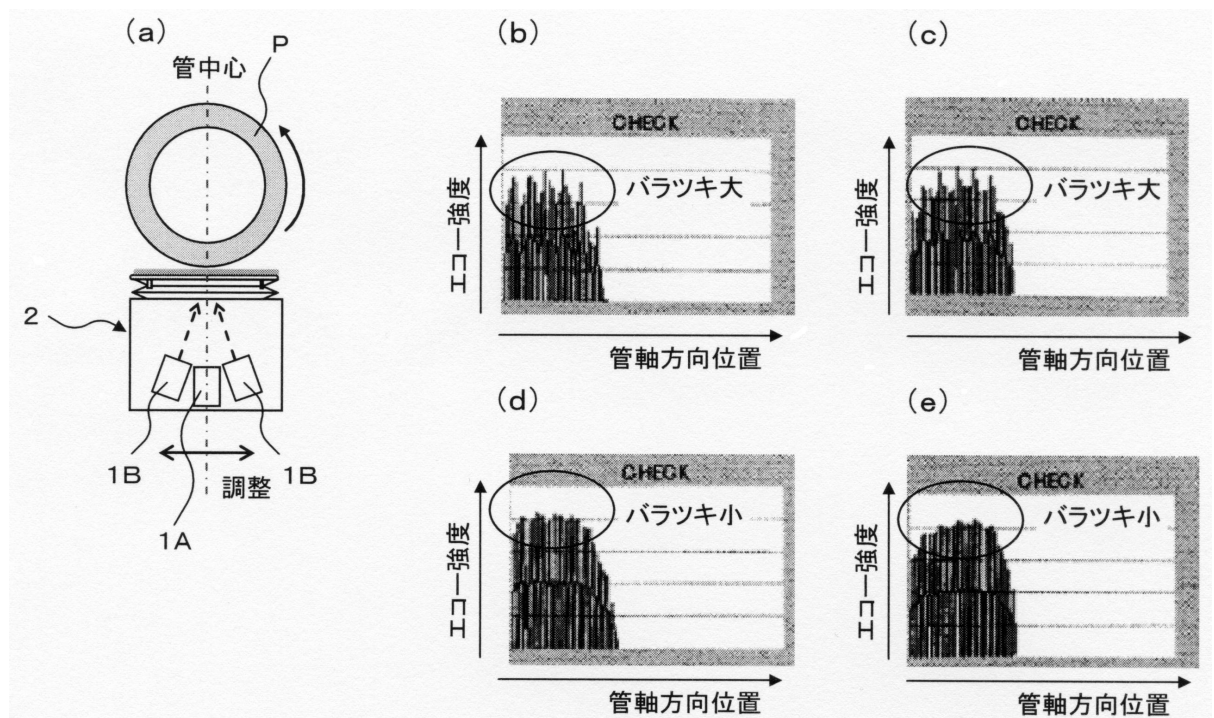
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(72)発明者 山野 正樹
大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金属工業株式会社内

審査官 比嘉 翔一

(56)参考文献 特開2008-139191 (JP, A)
実開昭60-029278 (JP, U)
特開2005-207795 (JP, A)
特開昭52-111784 (JP, A)
特開平10-038864 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01N 29/00-29/52
G01B 17/00-17/08
JSTPlus (JDreamII)