

(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2019-174376  
(P2019-174376A)

(43) 公開日 令和1年10月10日(2019. 10. 10)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>GO 1 N 29/04 (2006. 01)</b>	GO 1 N 29/04	2 GO 4 7
<b>B 2 3 K 31/00 (2006. 01)</b>	B 2 3 K 31/00	L
<b>GO 1 N 29/11 (2006. 01)</b>	GO 1 N 29/11	
<b>GO 1 N 29/48 (2006. 01)</b>	GO 1 N 29/48	
<b>GO 1 N 29/22 (2006. 01)</b>	GO 1 N 29/22	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2018-65064 (P2018-65064)  
(22) 出願日 平成30年3月29日 (2018. 3. 29)

(71) 出願人 000004444  
J X T G エネルギー株式会社  
東京都千代田区大手町一丁目1番2号  
(74) 代理人 100106909  
弁理士 棚井 澄雄  
(74) 代理人 100175802  
弁理士 寺本 光生  
(74) 代理人 100161506  
弁理士 川渕 健一  
(74) 代理人 100064908  
弁理士 志賀 正武  
(72) 発明者 後藤 治久  
東京都千代田区大手町一丁目1番2号 J  
X T G エネルギー株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 溶接部検査装置

(57) 【要約】

【課題】 センサで測定される振動強度を示す波形の乱れが少ない、溶接部検査装置を提供する。

【解決手段】 溶接部検査装置10は、第1、第2の振動体32、33と、第1、第2の検知センサ52、53と、第1、第2の参照センサ82、83と、振動強度比演算部128とを備える。第1、第2の振動体は、第1の被溶接材13に衝撃を加える。第1、第2の検知センサは、第1の被溶接材から溶接部15を介して第2の被溶接材14に伝搬した衝撃波の第1の振動強度を測定する。第1、第2の参照センサは、第1の被溶接材を伝搬した衝撃波の第2の振動強度を測定する。振動強度比演算部は、第1と第2の振動強度の比を用いて溶接部内の欠陥を検知する。

【選択図】 図1

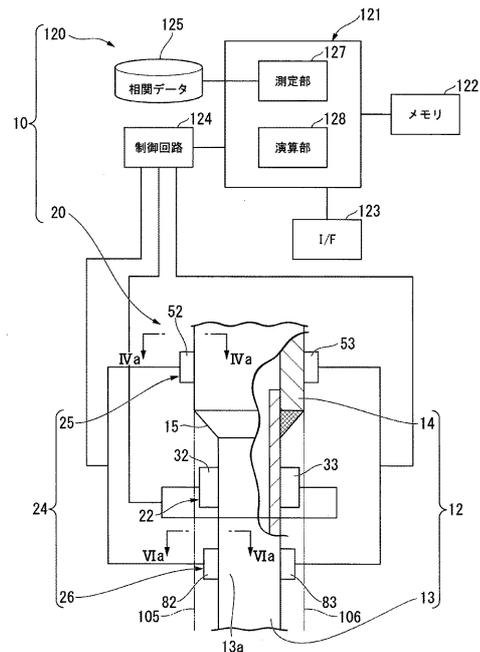


図1

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

溶接部で溶接された第 1 の被溶接材及び第 2 の被溶接材のうち、前記第 1 の被溶接材に衝撃を加える振動体と、

前記衝撃によって前記第 1 の被溶接材から前記溶接部を介して前記第 2 の被溶接材に伝搬した衝撃波の第 1 の振動強度を測定する第 1 のセンサと、

前記衝撃によって前記第 1 の被溶接材を伝搬した衝撃波の第 2 の振動強度を測定する第 2 のセンサと、

測定された第 1 の振動強度および第 2 の振動強度の比を演算する演算部と、を備え、

前記演算部の演算結果も基づいて前記溶接部内の欠陥を検知することを特徴とする溶接部検査装置。 10

## 【請求項 2】

前記第 1 の被溶接材及び前記第 2 の被溶接材は管状部材であり、

前記第 1 の被溶接材の周囲に配置され、前記振動体が周方向に複数設置された振動治具と、

前記第 2 の被溶接材の周囲に配置され、前記第 1 のセンサが周方向に複数設置された第 1 のセンサ治具と、

前記第 1 の被溶接材の周囲に配置され、前記第 2 のセンサが周方向に複数設置された第 2 のセンサ治具と、を備え、

前記振動体、前記第 1 のセンサ及び前記第 2 のセンサは、前記溶接部の溶接線に交差する方向に設置され、 20

交差する線上に配置された前記振動体、前記第 1 のセンサ及び前記第 2 のセンサで前記溶接部内の欠陥を検知することを特徴とする請求項 1 に記載の溶接部検査装置。

## 【請求項 3】

前記振動治具、前記第 1 のセンサ治具、及び前記第 2 のセンサ治具は、

一端同士及び他端同士が対向する 2 部品を備え、前記一端同士及び前記他端同士の一方がヒンジ構造で連結され、他方が着脱自在に接続されていることを特徴とする請求項 2 に記載の溶接部検査装置。

## 【請求項 4】

前記第 1 の被溶接材及び前記第 2 の被溶接材は管状部材であり、 30

前記第 1 のセンサは、

前記第 2 の被溶接材の周方向の 2 箇所支持され、

前記第 2 のセンサは、

前記第 1 の被溶接材の周方向の 2 箇所支持されることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の溶接部検査装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、溶接部検査装置に関する。

## 【背景技術】 40

## 【0002】

石油プラントのような設備において複数の配管部材が備えられている。配管部材は、例えば、一方の配管と他方の配管との端部同士を嵌合させて、嵌合させた端部同士を隅肉溶接で接合されている。この配管部材において、隅肉溶接を行った溶接部の健全性を検査する検査装置が求められている。特許文献 1 には、例えば検査装置として、放射線の透過を利用する方法が知られている。この検査装置を用いることにより、溶接部に放射線を照射させ、照射した放射線を溶接部に透過させて溶接部内の欠陥を検知することが考えられる。具体的には、放射線が溶接部を透過することにより、溶接部内の欠陥がフィルム上に、例えば黒い像として検出される。

## 【0003】 50

また、特許文献 2 の検査装置には、第 1 と第 2 の板材とが隅肉溶接された溶接部の欠陥を検査する方法が開示されている。この検査装置は、第 1 の板材に衝撃を加える振動体と、第 1 の板材と第 2 の板材との溶接部を介して第 1 の板材から第 2 の板材に伝搬した衝撃波の振動強度を測定するセンサとを備える。さらに、検査装置は、センサによって測定された振動強度を用いて、溶接部の検査パラメータ（例えばのど厚）を演算する演算部を備える。この検査装置を配管部材に適用することも考えられる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2010 - 38598 号公報

10

【特許文献 2】特開 2015 - 184076 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、特許文献 1 は放射線を使用することから被爆の危険性がある。そのため、作業エリアを立ち入り禁止にする必要があり、大掛かりな検査となって検査を実施するまでに長い時間を要する。

一方、特許文献 2 の検査装置を、例えば配管部材に適用する場合、配管部材に検査装置を安定させることは難しい。特に、配管部材が小径配管の場合、検査装置の不安定化が顕著になることが考えられる。また、特許文献 2 の検査装置で溶接部内の欠陥を検知する際に、センサで測定された振動強度を示す波形が乱れることが考えられる。

20

【0006】

また、石油プラントのような設備において、配管部材は多数備えられている。よって、複数の配管部材の溶接部（すなわち、検査箇所）が膨大となる。このため、特許文献 1 および特許文献 2 の検査装置は、膨大な数の検査箇所を効率よく検査するには不向きであった。

【0007】

本発明は、上述した課題を鑑み、センサで測定される振動強度を示す波形の乱れが少なく、且つ、膨大な数の検査箇所を効率良く短時間のうちに検査することが可能な、溶接部検査装置を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の第 1 の態様は、溶接部で溶接された第 1 の被溶接材及び第 2 の被溶接材のうち、前記第 1 の被溶接材に衝撃を加える振動体と、

前記衝撃によって前記第 1 の被溶接材から前記溶接部を介して前記第 2 の被溶接材に伝搬した衝撃波の第 1 の振動強度を測定する第 1 のセンサと、

前記衝撃によって前記第 1 の被溶接材を伝搬した衝撃波の第 2 の振動強度を測定する第 2 のセンサと、

測定された第 1 の振動強度及び第 2 の振動強度の比を演算する演算部と、を備え、

前記演算部の演算結果も基づいて前記溶接部内の欠陥を検知することを特徴とする溶接部検査装置である。

40

【0009】

第 1 の態様の溶接部検査装置は、前記第 1 の被溶接材及び前記第 2 の被溶接材は管状部材であり、

前記第 1 の被溶接材の周囲に配置され、前記振動体が周方向に複数設置された振動治具と、

前記第 2 の被溶接材の周囲に配置され、前記第 1 のセンサが周方向に複数設置された第 1 のセンサ治具と、

前記第 1 の被溶接材の周囲に配置され、前記第 2 のセンサが周方向に複数設置された第 2 のセンサ治具と、を備え、

50

前記振動体、前記第 1 のセンサ及び前記第 2 のセンサは、前記溶接部の溶接線に交差する方向に設置され、

交差する線上に配置された前記振動体、前記第 1 のセンサ及び前記第 2 のセンサで前記溶接部内の欠陥を検知してもよい。

【 0 0 1 0 】

第 1 の態様の溶接部検査装置は、前記振動治具、前記第 1 のセンサ治具、及び前記第 2 のセンサ治具は、一端同士及び他端同士が対向する 2 部品を備え、前記一端同士及び前記他端同士的一方がヒンジ構造で連結され、他方が着脱自在に接続されていてもよい。

【 0 0 1 1 】

第 1 の態様の溶接部検査装置は、前記第 1 の被溶接材及び前記第 2 の被溶接材は管状部材であり、

前記第 1 のセンサは、

前記第 2 の被溶接材の周方向の 2 箇所支持され、

前記第 2 のセンサは、

前記第 1 の被溶接材の周方向の 2 箇所支持されてもよい。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 2 】

本発明の第 1 及び第 2 の態様によれば、センサで測定される振動強度を示す波形の乱れが少なく、且つ、膨大な数の検査箇所を効率良く短時間のうちに検査することが可能な、溶接部検査装置が提供される。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 3 】

【 図 1 】本発明に係る実施形態における溶接部検査装置の一例を示す概念図である。

【 図 2 】実施形態における溶接部検査装置の振動部の一例を示す平面図である。

【 図 3 】実施形態における溶接部検査装置の第 1 センサ部の一例を示す平面図である。

【 図 4 】( a ) は実施形態における図 1 の I V - I V 線に沿う断面図、( b ) は実施形態における第 1 検知センサの底面図である。

【 図 5 】実施形態における溶接部検査装置の第 2 センサ部の一例を示す平面図である。

【 図 6 】( a ) は実施形態における図 1 の V I - V I 線に沿う断面図、( b ) は実施形態における第 1 参照センサの底面図である。

【 図 7 】本発明に係る実施形態における制御回路の一例を示す概念図である。

【 図 8 】実施形態における溶接部検査装置による溶接部検査方法の主要工程を示すフローチャートである。

【 図 9 】実施形態における溶接部検査装置で測定した第 1 の振動強度と第 2 の振動強度とを示すグラフである。

【 図 1 0 】実施形態における溶接部検査装置で測定した相対振動強度比と溶接部の欠陥との関係を示すグラフである。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 4 】

以下、適宜図面を参照して本発明の実施形態について説明する。なお、以下に説明される実施形態は本発明の一例にすぎず、本発明の要旨を変更しない範囲で、本発明の実施形態を適宜変更できることは言うまでもない。

【 0 0 1 5 】

< 実施形態 >

本発明の溶接部検査装置の具体例を説明する。図 1 に示すように、溶接部検査装置 1 0 は、溶接部材 1 2 の溶接部 1 5 を検査する検査部 2 0 と、検査部 2 0 を制御する制御部 1 2 0 とを備えている。

溶接部材 1 2 は、例えば、第 1 の被溶接材 1 3 と第 2 の被溶接材 1 4 とが溶接部 1 5 で接合された円筒状の配管である。第 1 の被溶接材 1 3 は、小径の管状部材である。第 2 の被溶接材 1 4 は、大径の管状部材である。第 1 の被溶接材 1 3 の端部が第 2 の被溶接材 1

10

20

30

40

50

4の端部に嵌入された状態において、第1の被溶接材13の端部と第2の被溶接材14の端部とが重ね合された状態において溶接部15で溶接されている。

【0016】

検査部20は、第1の被溶接材13に衝撃を与えるための振動部22と、衝撃波の振動強度を測定するセンサ部24とを主に備える。センサ部24は、第1センサ部25と、第2センサ部26とを備えている。

【0017】

図2に示すように、振動部22は、振動治具31と、第1振動体(振動体)32と、第2振動体(振動体)33とを備えている。振動治具31は、第1の被溶接材13の周囲に配置され、振動体として第1振動体32及び第2振動体33が第1の被溶接材13の周方向に複数設置されている。実施形態においては、複数の振動体として、第1振動体32と、第2振動体33を例示するが、振動体の個数は適宜変更が可能である。

10

【0018】

振動治具31は、第1振動ブラケット35と、第2振動ブラケット36と、振動ヒンジ(ヒンジ構造)37と、第1振動締結部38と、第2振動締結部39とを備えている。

第1振動ブラケット35は、第1ブラケット部41と、第1フランジ42と、第2フランジ43とを有する。第1ブラケット部41は、例えば平面視U字状に形成されている。第1ブラケット部41を、例えば半円弧状に変更することも可能である。

第1ブラケット部41の底部41aに第1振動体32が取り付けられている。

第1フランジ42は、第1ブラケット部41の一方の側壁41bの端部41cから一方の側壁41bに対して直交する方向に外側に向けて張り出されている。第2フランジ43は、第1ブラケット部41の他方の側壁41dの端部41eから他方の側壁41dに対して直交する方向に外側に向けて張り出されている。

20

【0019】

第2振動ブラケット36は、第2ブラケット部45と、第3フランジ46と、第4フランジ47とを有する。第2ブラケット部45は、第1ブラケット部41と同様に、例えば平面視U字状に形成されている。第2ブラケット部45を、例えば半円弧状に変更することも可能である。第2ブラケット部45の底部45aに第2振動体33が取り付けられている。

第3フランジ46は、第2ブラケット部45の一方の側壁45bの端部45cから一方の側壁45bに対して直交する方向に外側に向けて張り出されている。第3フランジ46は、第1フランジ42に対向するように配置される。第1フランジ42及び第3フランジ46により、第1振動ブラケット35及び第2振動ブラケット36の対向する一端42、46同士が形成される。

30

【0020】

第4フランジ47は、第2ブラケット部45の他方の側壁45dの端部45eから他方の側壁45dに対して直交する方向に外側に向けて張り出されている。第4フランジ47は、第2フランジ43に対向するように配置されている。

第2フランジ43及び第4フランジ47により、第1振動ブラケット35及び第2振動ブラケット36の対向する他端43、47同士が形成される。

40

【0021】

第1フランジ42及び第3フランジ46は、振動ヒンジ37を介して連結されている。振動ヒンジ37は、第1羽板37aと第2羽板37bとがヒンジ軸37cを介して回動自在に連結されている。第1羽板37aに第1フランジ42が連結され、第2羽板37bに第3フランジ46が連結されている。振動ヒンジ37を開閉することにより、第1振動ブラケット35と第2振動ブラケット36とを閉状態と開状態とに配置される。

【0022】

振動ヒンジ37は、第1振動締結部38で閉状態に保持される。第1振動締結部38は、第1ボルト38aと、第1ナット38bとを備えている。第1ボルト38aが、第2羽板37b、第3フランジ46、第1フランジ42、及び第1羽板37aを貫通する。第1

50

羽板 37 a から突出した第 1 ボルト 38 a に第 1 ナット 38 b がねじ結合されている。これにより、振動ヒンジ 37 が閉状態に保持される。一方、振動ヒンジ 37 から第 1 ボルト 38 a、第 1 ナット 38 b が外されることにより、振動ヒンジ 37 が開状態に開かれる。

【0023】

第 2 フランジ 43 及び第 4 フランジ 47 が第 2 振動締結部 39 で閉状態に保持される。第 2 振動締結部 39 は、第 2 ボルト 39 a と、第 2 ナット 39 b とを備えている。第 2 ボルト 39 a は、例えば蝶ボルトが使用される。

第 2 ボルト 39 a が、第 4 フランジ 47、及び第 2 フランジ 43 を貫通する。第 2 フランジ 43 から突出した第 2 ボルト 39 a に第 2 ナット 39 b がねじ結合されている。これにより、第 2 フランジ 43 及び第 4 フランジ 47 が閉状態に取り付けられる。一方、第 2 フランジ 43 及び第 4 フランジ 47 から第 2 ボルト 39 a、第 2 ナット 39 b が外されることにより、第 2 フランジ 43 と第 4 フランジ 47 とが開状態に開かれる。

10

第 2 ボルト 39 a に蝶ボルトを使用することにより、第 2 ボルト 39 a を手で着脱できる。

【0024】

すなわち、振動治具 31 の第 1 振動ブラケット 35 及び第 2 振動ブラケット 36 (2 部品) は、第 1 フランジ 42 及び第 3 フランジ 46 が振動ヒンジ 37 で連結されている。また、第 2 フランジ 43 及び第 4 フランジ 47 が第 2 振動締結部 39 で着脱自在に接続されている。

振動治具 31 は、第 2 フランジ 43 及び第 4 フランジ 47 が第 2 振動締結部 39 で接続された状態において、第 1 振動ブラケット 35 及び第 2 振動ブラケット 36 が第 1 の被溶接材 13 を覆うように第 1 の被溶接材 13 の周囲に配置される。

20

【0025】

また、第 1 ブラケット部 41 の底部 41 a に第 1 振動体 32 が取り付けられ、第 2 ブラケット部 45 の底部 45 a に第 2 振動体 33 が取り付けられている。よって、第 1 振動体 32 及び第 2 振動体 33 は、振動治具 31 の第 1 振動ブラケット 35 及び第 2 振動ブラケット 36 に周方向に等間隔 (180 度の間隔) に設けられている。

第 1 振動体 32 は、第 1 ブラケット部 41 の底部 41 a に振動筐体 32 a が取り付けられ、振動筐体 32 a に振動本体 32 b が取り付けられている。

第 2 振動体 33 は、第 1 振動体 32 と同じ振動体である。第 2 振動体 33 は、第 2 ブラケット部 45 の底部 45 a に振動筐体 33 a が取り付けられ、振動筐体 33 a に振動本体 33 b が取り付けられている。振動本体 32 b 及び振動本体 33 b は、例えばソレノイドが用いられる。

30

【0026】

ここで、振動治具 31 の第 1 振動ブラケット 35 及び第 2 振動ブラケット 36 が振動ヒンジ 37 で連結されることにより、第 1 振動体 32 及び第 2 振動体 33 を第 1 の被溶接材 13 に容易に配置できる。

また、第 1 フランジ 42 及び第 3 フランジ 46 を第 1 振動締結部 38 で締結し、第 2 フランジ 43 及び第 4 フランジ 47 を第 2 振動締結部 39 で締結する。これにより、第 1 振動体 32 及び第 2 振動体 33 を第 1 の被溶接材 13 に確実に設置できる。

40

【0027】

第 1 振動体 32 及び第 2 振動体 33 は、第 1 振動ブラケット 35 及び第 2 振動ブラケット 36 が第 1 の被溶接材 13 を覆うように第 1 の被溶接材 13 の周囲に配置される。この状態において、振動本体 32 b の先端部 32 c が、振動筐体 32 a を介して第 1 の被溶接材 13 の表面に当接される。また、振動本体 33 b の先端部 33 c が、振動筐体 33 a を介して第 1 の被溶接材 13 の表面に当接される。これにより、第 1 振動体 32 及び第 2 振動体 33 は、第 1 の被溶接材 13 に衝撃を加えることができる。

【0028】

図 1、図 3 に示すように、センサ部 24 は、第 1 センサ部 25 と、第 2 センサ部 26 とを備えている。第 1 センサ部 25 は、溶接部 15 に対して振動部 22 の反対側の第 2 の被

50

溶接材 1 4 に取り付けられる。第 2 センサ部 2 6 は、第 1 の被溶接材 1 3 のうち、振動部 2 2 に対して溶接部 1 5 の反対側の部位 1 3 a に取り付けられる。

#### 【 0 0 2 9 】

第 1 センサ部 2 5 は、検知センサ治具（第 1 のセンサ治具）5 1 と、第 1 検知センサ（第 1 のセンサ）5 2 と、第 2 検知センサ（第 1 のセンサ）5 3 とを備えている。

検知センサ治具 5 1 は、第 2 の被溶接材 1 4 の周囲に配置され、検知センサとして第 1 検知センサ 5 2 及び第 2 検知センサ 5 3 が周方向に複数設置されている。実施形態においては、複数の検知センサとして、第 1 検知センサ 5 2 と、第 2 検知センサ 5 3 を例示するが、検知センサの個数は適宜変更が可能である。

検知センサ治具 5 1 は、第 1 検知センサブラケット 5 5 と、第 2 検知センサブラケット 5 6 と、検知センサヒンジ（ヒンジ構造）5 7 と、第 1 検知センサ締結部 5 8 と、第 2 検知センサ締結部 5 9 とを備えている。

10

#### 【 0 0 3 0 】

第 1 検知センサブラケット 5 5 は、第 1 ブラケット部 6 1 と、第 1 フランジ 6 2 と、第 2 フランジ 6 3 とを有する。第 1 ブラケット部 6 1 は、例えば平面視湾曲状（半円弧状）に形成されている。第 1 ブラケット部 6 1 を、例えば U 字状に変更することも可能である。第 1 ブラケット部 6 1 の中央底部 6 1 a に第 1 検知センサ 5 2 が取り付けられている。

第 1 フランジ 6 2 は、第 1 ブラケット部 6 1 の一方の端部 6 1 b から径方向外側に向けて張り出されている。第 2 フランジ 6 3 は、第 1 ブラケット部 6 1 の他方の端部 6 1 c から径方向外側に向けて張り出されている。

20

#### 【 0 0 3 1 】

第 2 検知センサブラケット 5 6 は、第 2 ブラケット部 6 5 と、第 3 フランジ 6 6 と、第 4 フランジ 6 7 とを有する。第 2 ブラケット部 6 5 は、例えば第 1 ブラケット部 6 1 と同様に、平面視湾曲状（半円弧状）に形成されている。第 2 ブラケット部 6 5 を、例えば U 字状に変更することも可能である。第 2 ブラケット部 6 5 の中央底部 6 5 a に第 2 検知センサ 5 3 が取り付けられている。

第 3 フランジ 6 6 は、第 2 ブラケット部 6 5 の一方の端部 6 5 b から径方向外側に向けて張り出されている。第 3 フランジ 6 6 は、第 1 フランジ 6 2 に対向するように配置されている。第 1 フランジ 6 2 及び第 3 フランジ 6 6 により、第 1 検知センサブラケット 5 5 及び第 2 検知センサブラケット 5 6 の対向する一端 6 2 , 6 6 同士が形成される。

30

#### 【 0 0 3 2 】

第 4 フランジ 6 7 は、第 2 ブラケット部 6 5 の他方の端部 6 5 c から径方向外側に向けて張り出されている。第 4 フランジ 6 7 は、第 2 フランジ 6 3 に対向するように配置されている。第 2 フランジ 6 3 及び第 4 フランジ 6 7 により、第 1 検知センサブラケット 5 5 及び第 2 検知センサブラケット 5 6 の対向する他端 6 3 , 6 7 同士が形成される。

#### 【 0 0 3 3 】

第 1 フランジ 6 2 及び第 3 フランジ 6 6 は、検知センサヒンジ 5 7 を介して連結されている。検知センサヒンジ 5 7 は、第 1 羽板 5 7 a と第 2 羽板 5 7 b とがヒンジ軸 5 7 c を介して回動自在に連結されている。

第 1 羽板 5 7 a に第 1 フランジ 6 2 が連結され、第 2 羽板 5 7 b に第 3 フランジ 6 6 が連結されている。検知センサヒンジ 5 7 を開閉することにより、第 1 検知センサブラケット 5 5 と第 2 検知センサブラケット 5 6 とを閉状態と開状態とに配置される。

40

#### 【 0 0 3 4 】

検知センサヒンジ 5 7 は、第 1 検知センサ締結部 5 8 で閉状態に保持される。第 1 検知センサ締結部 5 8 は、第 1 ボルト 5 8 a と、第 1 ナット 5 8 b とを備えている。

第 1 ボルト 5 8 a が、第 2 羽板 5 7 b、第 3 フランジ 6 6、第 1 フランジ 6 2、及び第 1 羽板 5 7 a を貫通する。第 1 羽板 5 7 a から突出した第 1 ボルト 5 8 a に第 1 ナット 5 8 b がねじ結合されている。これにより、検知センサヒンジ 5 7 が閉状態に保持される。一方、検知センサヒンジ 5 7 から第 1 ボルト 5 8 a、第 1 ナット 5 8 b が外されることにより、検知センサヒンジ 5 7 が開状態に開かれる。

50

## 【 0 0 3 5 】

第 4 フランジ 6 7 及び第 2 フランジ 6 3 が第 2 検知センサ締結部 5 9 で閉状態に保持される。第 2 検知センサ締結部 5 9 は、第 2 ボルト 5 9 a と、第 2 ナット 5 9 b とを備えている。第 2 ボルト 5 9 a は、例えば蝶ボルトが使用される。

第 2 ボルト 5 9 a が、第 4 フランジ 6 7、及び第 2 フランジ 6 3 を貫通する。第 2 フランジ 6 3 から突出した第 2 ボルト 5 9 a に第 2 ナット 5 9 b がねじ結合されている。これにより、第 2 フランジ 6 3 及び第 4 フランジ 6 7 が閉状態に取り付けられる。一方、第 2 フランジ 6 3 及び第 4 フランジ 6 7 から第 2 ボルト 5 9 a、第 2 ナット 5 9 b が外されることにより、第 2 フランジ 6 3 と第 4 フランジ 6 7 とが開状態に開かれる。

第 2 ボルト 5 9 a に蝶ボルトを使用することにより、第 2 ボルト 5 9 a を手動で着脱できる。

10

## 【 0 0 3 6 】

すなわち、第 1 検知センサブラケット 5 5 及び第 2 検知センサブラケット 5 6 ( 2 部品 ) は、第 1 フランジ 6 2 及び第 3 フランジ 6 6 が検知センサヒンジ 5 7 で連結される。また、第 2 フランジ 6 3 及び第 4 フランジ 6 7 が第 2 検知センサ締結部 5 9 で着脱自在に接続されている。

検知センサ治具 5 1 は、第 2 フランジ 6 3 及び第 4 フランジ 6 7 が第 2 検知センサ締結部 5 9 で接続される。この状態において、第 1 検知センサブラケット 5 5 及び第 2 検知センサブラケット 5 6 が第 2 の被溶接材 1 4 を覆うように第 2 の被溶接材 1 4 の周囲に配置される。

20

## 【 0 0 3 7 】

また、第 1 ブラケット部 6 1 の中央底部 6 1 a に第 1 検知センサ 5 2 が取り付けられ、第 2 ブラケット部 6 5 の中央底部 6 5 a に第 2 検知センサ 5 3 が取り付けられている。よって、第 1 検知センサ 5 2 及び第 2 検知センサ 5 3 は、検知センサ治具 5 1 の第 1 検知センサブラケット 5 5 及び第 2 検知センサブラケット 5 6 に周方向へ等間隔 ( 1 8 0 度の間隔 ) に設けられている。

これにより、第 1 検知センサ 5 2 の先端部 5 2 a が、一对の第 1 支え部 7 1 を介して第 2 の被溶接材 1 4 の表面に当接される。同様に、第 2 検知センサ 5 3 の先端部 5 3 a が、一对の第 2 支え部 7 2 を介して第 2 の被溶接材 1 4 の表面に当接される。

30

## 【 0 0 3 8 】

第 1 検知センサ 5 2 及び第 2 検知センサ 5 3 は、同じ検知センサであり、例えば、第 1 の被溶接材 1 3 から第 2 の被溶接材 1 4 に溶接部 1 5 を介して伝搬した衝撃波の第 1 の振動強度を測定する。

第 1 検知センサ 5 2 及び第 2 検知センサ 5 3 は、第 1 振動体 3 2 及び第 2 振動体 3 3 ( 図 2 参照 ) からの衝撃を測定可能な周波数帯を有しており、例えば、1 0 H z ~ 1 5 k H z の測定周波数を有する。また、第 1 検知センサ 5 2 及び第 2 検知センサ 5 3 は、1 0 0 0 m V 程度の測定レンジを有するのが好ましい。

## 【 0 0 3 9 】

ここで、検知センサ治具 5 1 の第 1 検知センサブラケット 5 5 及び第 2 検知センサブラケット 5 6 が検知センサヒンジ 5 7 で連結されることにより、第 1 検知センサ 5 2 及び第 2 検知センサ 5 3 を第 2 の被溶接材 1 4 に容易に配置できる。

40

また、第 1 フランジ 6 2 及び第 3 フランジ 6 6 を第 1 検知センサ締結部 5 8 で締結し、第 2 フランジ 6 3 及び第 4 フランジ 6 7 を第 2 検知センサ締結部 5 9 で締結する。これにより、第 1 検知センサ 5 2 及び第 2 検知センサ 5 3 を第 2 の被溶接材 1 4 に確実に設置できる。

## 【 0 0 4 0 】

図 4 ( a )、図 4 ( b ) に示すように、第 1 検知センサ 5 2 は、先端部 5 2 a に一对の第 1 支え部 7 1 を備えている。一对の第 1 支え部 7 1 は、第 2 の被溶接材 1 4 の周方向に間隔 L 1 をおいて設けられている。

第 1 支え部 7 1 は、第 1 検知センサ 5 2 の先端部 5 2 a から第 2 の被溶接材 1 4 に向け

50

て突出されている。一对の第1支え部71を、湾曲状に形成された第2の被溶接材14の周方向に間隔L1をおいて当接させることができる。よって、湾曲状に形成された第2の被溶接材14の周方向に間隔をおいて、一对の第1支え部71の2箇所第1検知センサ52を支持できる。これにより、円筒状の配管としての第2の被溶接材14に第1検知センサ52を安定して設置できる。

#### 【0041】

図3に戻って、第2検知センサ53は、第1検知センサ52と同様に、先端部53aに一对の第2支え部72を備えている。一对の第2支え部72は、第2の被溶接材14の周方向に間隔L1をおいて設けられている。

第2支え部72は、第2検知センサ53の先端部53aから第2の被溶接材14に向けて突出されている。一对の第2支え部72を、湾曲状に形成された第2の被溶接材14の周方向に間隔L1をおいて当接させることができる。よって、湾曲状に形成された第2の被溶接材14の周方向に間隔をおいて、一对の第2支え部72の2箇所第2検知センサ53を支持できる。これにより、円筒状の配管としての第2の被溶接材14に第2検知センサ53を安定して設置できる。

#### 【0042】

図1、図5に示すように、第2センサ部26は、第1の被溶接材13のうち、振動部22に対して溶接部15の反対側の部位13aに取り付けられる。

第2センサ部26は、第1センサ部25と同様に、参照センサ治具(第2のセンサ治具)81と、第1参照センサ(第2のセンサ)82と、第2参照センサ(第2のセンサ)83とを備えている。

参照センサ治具81は、検知センサ治具51と同様に構成されている。第1参照センサ82及び第2参照センサ83は、それぞれ第1検知センサ52及び第2検知センサ53と同様に構成されている。

#### 【0043】

参照センサ治具81は、第1の被溶接材13の周囲に配置され、参照センサとして第1参照センサ82及び第2参照センサ83が周方向に複数設置されている。実施形態においては、複数の参照センサとして、第1参照センサ82と、第2参照センサ83を例示するが、検知センサの個数は適宜変更が可能である。

参照センサ治具81は、第1参照センサブラケット85と、第2参照センサブラケット86と、参照センサヒンジ(ヒンジ構造)87と、第1参照センサ締結部88と、第2参照センサ締結部89とを備えている。

#### 【0044】

第1参照センサブラケット85は、第1ブラケット部91と、第1フランジ92と、第2フランジ93とを有する。第1ブラケット部91は、例えば平面視湾曲状(半円弧状)に形成されている。第1ブラケット部91を、例えばU字状に変更することも可能である。第1ブラケット部91の中央底部91aに第1参照センサ82が取り付けられている。

第1フランジ92は、第1ブラケット部91の一方の端部91b径方向外側に向けて張り出されている。第2フランジ93は、第1ブラケット部91の他方の端部91cから径方向外側に向けて張り出されている。

#### 【0045】

第2参照センサブラケット86は、第2ブラケット部95と、第3フランジ96と、第4フランジ97とを有する。第2ブラケット部95は、第1ブラケット部91と同様に、例えば平面視湾曲状(半円弧状)に形成されている。第2ブラケット部95を、例えばU字状に変更することも可能である。第2ブラケット部95の中央底部95aに第2参照センサ83が取り付けられている。

第3フランジ96は、第2ブラケット部95の一方の端部95bから径方向外側に向けて張り出されている。第3フランジ96は、第1フランジ92に対向するように配置されている。第1フランジ92及び第3フランジ96により、第1参照センサブラケット85及び第2参照センサブラケット86の対向する一端92, 96同士が形成される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 6 】

第4フランジ97は、第2ブラケット部95の他方の端部95cから径方向外側に向けて張り出されている。第4フランジ97は、第2フランジ93に対向するように配置されている。第2フランジ93及び第4フランジ97により、第1参照センサブラケット85及び第2参照センサブラケット86の対向する他端93, 97同士が形成される。

## 【 0 0 4 7 】

第1フランジ92及び第3フランジ96は、参照センサヒンジ87を介して連結されている。参照センサヒンジ87は、第1羽板87aと第2羽板87bとがヒンジ軸87cを介して回動自在に連結されている。第1羽板87aに第1フランジ92が連結され、第2羽板87bに第3フランジ96が連結されている。参照センサヒンジ87を開閉することにより、第1参照センサブラケット85と第2参照センサブラケット86とを閉状態と開状態とに配置される。

10

## 【 0 0 4 8 】

参照センサヒンジ87は、第1参照センサ締結部88で閉状態に保持される。第1参照センサ締結部88は、第1ボルト88aと、第1ナット88bとを備えている。

第1ボルト88aが、第2羽板87b、第3フランジ96、第1フランジ92、及び第1羽板87aを貫通する。第1羽板87aから突出した第1ボルト88aに第1ナット88bがねじ結合されている。これにより、参照センサヒンジ87が閉状態に保持される。一方、参照センサヒンジ87から第1ボルト88a、第1ナット88bが外されることにより、参照センサヒンジ87が開状態に開かれる。

20

## 【 0 0 4 9 】

第2フランジ93及び第4フランジ97が第2参照センサ締結部89で閉状態に保持される。第2参照センサ締結部89は、第2ボルト89aと、第2ナット89bとを備えている。第2ボルト89aは、例えば蝶ボルトが使用される。

第2ボルト89aが、第4フランジ97、及び第2フランジ93を貫通する。第2フランジ93から突出した第2ボルト89aに第2ナット89bがねじ結合されている。これにより、第2フランジ93及び第4フランジ97が閉状態に取り付けられる。一方、第2フランジ93及び第4フランジ97から第2ボルト89a、第2ナット89bが外されることにより、第2フランジ93と第4フランジ97とが開状態に開かれる。

第2ボルト89aに蝶ボルトを使用することにより、第2ボルト89aを手動で着脱できる。

30

## 【 0 0 5 0 】

すなわち、第1参照センサブラケット85及び第2参照センサブラケット86(2部品)は、第1フランジ92及び第3フランジ96が参照センサヒンジ87で連結される。また、第2フランジ93及び第4フランジ97が第2参照センサ締結部89で着脱自在に接続されている。

参照センサ治具81は、第2フランジ93及び第4フランジ97が第2参照センサ締結部89で接続される。この状態において、第1参照センサブラケット85及び第2参照センサブラケット86が第2の被溶接材14を覆うように第2の被溶接材14の周囲に配置される。

40

## 【 0 0 5 1 】

また、第1ブラケット部91の中央底部91aに第1参照センサ82が取り付けられ、第2ブラケット部95の中央底部95aに第2検知センサ53が取り付けられている。よって、第1参照センサ82及び第2参照センサ83は、参照センサ治具81の第1参照センサブラケット85及び第2参照センサブラケット86に周方向に等間隔(180度の間隔)に設けられている。

これにより、第1参照センサ82の先端部82aが、一对の第1支え部101を介して第1の被溶接材13の表面に当接される。同様に、第2参照センサ83の先端部83aが、一对の第2支え部102を介して第1の被溶接材13の表面に当接される。

## 【 0 0 5 2 】

50

第1参照センサ82及び第2参照センサ83は、同じ参照センサであり、例えば、第1の被溶接材13を伝搬した衝撃波の第2の振動強度を測定する。第1参照センサ82及び第2参照センサ83は、第1振動体32及び第2振動体33からの衝撃を測定可能な周波数帯を有しており、例えば、10Hz～15kHzの測定周波数を有する。また、第1参照センサ82及び第2参照センサ83は、は、1000mV程度の測定レンジを有するのが好ましい。

#### 【0053】

ここで、参照センサ治具81の第1参照センサブラケット85及び第2参照センサブラケット86が参照センサヒンジ87で連結されることにより、第1参照センサ82及び第2参照センサ83を第1の被溶接材13に容易に配置できる。

10

また、第1フランジ92及び第3フランジ96を第1参照センサ締結部88で締結し、第2フランジ93及び第4フランジ97を第2参照センサ締結部89で締結する。これにより、第1参照センサ82及び第2参照センサ83を第1の被溶接材13に確実に設置できる。

#### 【0054】

図6(a)、図6(b)に示すように、第1参照センサ82は、先端部82aに一对の第1支え部101を備えている。一对の第1支え部101は、第1の被溶接材13の周方向に間隔L1をおいて設けられている。

第1支え部101は、先端部82aから第1の被溶接材13に向けて突出されている。一对の第1支え部101を、湾曲状に形成された第1の被溶接材13の周方向に間隔L1をおいて当接させることができる。よって、湾曲状に形成された第1の被溶接材13の周方向に間隔をおいて、一对の第1支え部101の2箇所第1参照センサ82を支持できる。これにより、円筒状の配管としての第1の被溶接材13に第1参照センサ82を安定して設置できる。

20

#### 【0055】

図5に戻って、第2参照センサ83は、第1参照センサ82と同様に、一对の第2支え部102を備えている。一对の第2支え部102は、第1の被溶接材13の周方向に間隔L1をおいて設けられている。

第2支え部102は、第2参照センサ83の先端部83aから第1の被溶接材13に向けて突出されている。一对の第2支え部102を、湾曲状に形成された第1の被溶接材13の周方向に間隔L1をおいて当接させることができる。よって、湾曲状に形成された第1の被溶接材13の周方向に間隔をおいて、一对の第2支え部102の2箇所第2参照センサ83を支持できる。これにより、円筒状の配管としての第1の被溶接材13に第2参照センサ83を安定して設置できる。

30

#### 【0056】

図1に示すように、第1の被溶接材13及び第2の被溶接材14の溶接部15の内部欠陥を検知するにあたり、検査対象となる溶接部材12に、溶接部検査装置10の検査部20の振動部22、第1センサ部25及び第2センサ部26を取り付ける。

#### 【0057】

図2に示すように、第1の被溶接材13に振動部22を取り付ける。具体的には、第2フランジ43及び第4フランジ47を第2振動締結部39で接続する。また、第1フランジ42、第3フランジ46及び振動ヒンジ37を第1振動締結部38で接続する。

40

第1振動ブラケット35及び第2振動ブラケット36が第1の被溶接材13を覆うように挟み込み、第1の被溶接材13の周囲に設置される。この状態において、第1振動体32及び第2振動体33が第1の被溶接材13に周方向に等間隔(180度の間隔)に配置される。

第1振動体32(振動本体32b)の先端部32cが、振動筐体32aを介して第1の被溶接材13に当接された状態に保持される。また、第2振動体33(振動本体33b)の先端部33cが、振動筐体32aを介して第1の被溶接材13に当接された状態に保持される。

50

## 【 0 0 5 8 】

図 1、図 3 に示すように、溶接部 1 5 に対して振動部 2 2 の反対側の第 2 の被溶接材 1 4 に第 1 センサ部 2 5 を取り付ける。具体的には、第 2 フランジ 6 3 及び第 4 フランジ 6 7 を第 2 検知センサ締結部 5 9 で接続する。また、第 1 フランジ 6 2、第 3 フランジ 6 6 及び検知センサヒンジ 5 7 を第 1 検知センサ締結部 5 8 で接続する。

第 1 検知センサブラケット 5 5 及び第 2 検知センサブラケット 5 6 が第 2 の被溶接材 1 4 を覆うように挟み込み、第 2 の被溶接材 1 4 の周囲に設置される。この状態において、第 1 検知センサ 5 2 及び第 2 検知センサ 5 3 が第 2 の被溶接材 1 4 に周方向に等間隔 ( 1 8 0 度の間隔 ) に配置される。

第 1 検知センサ 5 2 の先端部 5 2 a が、一对の第 1 支え部 7 1 を介して第 2 の被溶接材 1 4 に当接された状態に保持される。また、第 2 検知センサ 5 3 の先端部 5 3 a が、一对の第 2 支え部 7 2 が第 2 の被溶接材 1 4 に当接された状態に保持される。

10

## 【 0 0 5 9 】

図 1、図 5 に示すように、第 1 の被溶接材 1 3 のうち、振動部 2 2 に対して溶接部 1 5 の反対側の部位 1 3 a に第 2 センサ部 2 6 を取り付ける。具体的には、第 2 フランジ 9 3 及び第 4 フランジ 9 7 を第 2 参照センサ締結部 8 9 で接続する。また、第 1 フランジ 9 2、第 3 フランジ 9 6 及び参照センサヒンジ 8 7 を第 1 参照センサ締結部 8 8 で接続する。

第 1 参照センサブラケット 8 5 及び第 2 参照センサブラケット 8 6 が第 1 の被溶接材 1 3 を覆うように挟み込まれる。第 1 の被溶接材 1 3 の周囲に設置される。この状態において、第 1 参照センサ 8 2 及び第 2 参照センサ 8 3 が第 1 の被溶接材 1 3 に周方向に等間隔 ( 1 8 0 度の間隔 ) に配置される。

20

第 1 参照センサ 8 2 の先端部 8 2 a が、一对の第 1 支え部 1 0 1 を介して第 1 の被溶接材 1 3 に当接された状態に保持される。また、第 2 参照センサ 8 3 の先端部 8 3 a が、一对の第 2 支え部 1 0 2 を介して第 1 の被溶接材 1 3 に当接された状態に保持される。

## 【 0 0 6 0 】

このように、第 1 の被溶接材 1 3 及び第 2 の被溶接材 1 4 に振動部 2 2、第 1 センサ部 2 5 及び第 2 センサ部 2 6 を取り付ける。この状態において、第 1 振動体 3 2、第 1 検知センサ 5 2、及び第 1 参照センサ 8 2 が溶接部 1 5 の溶接線に交差する第 1 測定線 1 0 5 上の方向に設置される。交差する第 1 測定線 1 0 5 上に配置された第 1 振動体 3 2、第 1 検知センサ 5 2、及び第 1 参照センサ 8 2 で溶接部 1 5 の欠陥を検知する。

30

また、第 2 振動体 3 3、第 2 検知センサ 5 3、及び第 2 参照センサ 8 3 が溶接部 1 5 の溶接線に交差する第 2 測定線 1 0 6 上の方向に設置される。交差する第 2 測定線 1 0 6 上に配置された第 2 振動体 3 3、第 2 検知センサ 5 3、及び第 2 参照センサ 8 3 で溶接部 1 5 の欠陥を検知する。

第 1 測定線 1 0 5 および第 2 測定線 1 0 6 は溶接部材 1 2 の周方向に等間隔 ( すなわち、1 8 0 ° ) の間隔を以て配置されている。

## 【 0 0 6 1 】

なお、図 1 の例では、第 1 の被溶接材 1 3 に振動部 2 2 及び第 2 センサ部 2 6 を配置し、第 2 の被溶接材 1 4 に第 2 センサ部 2 6 を配置したが、これに限らない。その他の例として、第 2 の被溶接材 1 4 に振動部 2 2 及び第 2 センサ部 2 6 を配置し、第 1 の被溶接材 1 3 に第 1 センサ部 2 5 を配置してもよい。

40

## 【 0 0 6 2 】

制御部 1 2 0 は、主に、制御計算機 1 2 1、メモリ 1 2 2、インターフェース ( I / F ) 回路 1 2 3、制御回路 1 2 4、及び磁気ディスク等の記憶装置 1 2 5 を有している。制御計算機 1 2 1、メモリ 1 2 2、I / F 回路 1 2 3、制御回路 1 2 4、及び記憶装置 1 2 5 ( 記憶部の一例 ) は、図示しないバスを介して互いに接続されている。

## 【 0 0 6 3 】

制御計算機 1 2 1 内には、測定部 1 2 7 及び振動強度比演算部 ( 演算部 ) 1 2 8 が配置される。測定部 1 2 7 及び振動強度比演算部 1 2 8 は、ソフトウェアで構成されてもよく、電子回路等のハードウェアで構成されてもよい。或いは、これらの組み合わせであって

50

もよい。制御計算機 1 2 1 に必要な入力データ或いは演算された結果は、その都度、メモリ 1 2 2 に記憶される。また、測定部 1 2 7 及び振動強度比演算部 1 2 8 の少なくとも一つがソフトウェアで構成される場合は、CPU 或いは GPU のような処理装置が配置される。

#### 【 0 0 6 4 】

図 7 に示すように、制御回路 1 2 4 は、計算器ユニット (CPU ボード) 1 3 1、第 1 直流成分除去部 (図示せず)、第 1 センサアンプ 1 3 2、第 2 直流成分除去部 (図示せず)、第 2 センサアンプ 1 3 3、第 1 打撃回路 1 3 4 及び第 2 打撃回路 1 3 5 等を有している。

計算器ユニット 1 3 1 は、取得部、T 0 演算部、V 0 演算部、メモリ、及び制御部を含む。取得部、T 0 演算部、V 0 演算部、及び制御部は、ソフトウェアで構成されてもよく、電子回路等のハードウェアで構成されてもよい。或いは、これらの組み合わせであってもよい。計算器ユニット 1 3 1 に必要な入力データ或いは演算された結果はその都度、メモリに記憶される。また、取得部、T 0 演算部、V 0 演算部、及び制御部の少なくとも一つがソフトウェアで構成される場合には、CPU 或いは GPU のような処理装置が配置される。

10

#### 【 0 0 6 5 】

なお、溶接部検査装置 1 0 は、図 1 ~ 図 7 に示した具体的な構成だけでなく、通常必要なその他の構成を備えていてもよい。

#### 【 0 0 6 6 】

次に、溶接部検査装置 1 0 による第 1 の被溶接材 1 3 及び第 2 の被溶接材 1 4 の溶接部 1 5 に生じた内部欠陥を検査する溶接部検査方法を図 1、図 7 及び図 8 のフローチャートに基づいて説明する。

20

図 1、図 7 及び図 8 に示すように、溶接部検査装置 1 0 は、コマンド送信工程 (S 1)、衝撃印加工工程 (S 2)、振動強度測定工程 (S 3)、直流成分除去工程 (S 4)、衝撃波プロファイル取得工程 (S 5)、ピーク時間演算工程 (S 6)、ピーク電圧演算工程 (S 7)、及び、振動強度比演算工程 (S 8) という一連の工程を実行する。

#### 【 0 0 6 7 】

コマンド送信工程 (S 1) において、測定部 1 2 7 は、制御回路 1 2 4 に対して、測定開始コマンドを送信する。制御回路 1 2 4 内では、計算器ユニット 1 3 1 が測定開始コマンドを入力する。そして、計算器ユニット 1 3 1 内の制御部は、第 1 打撃回路 1 3 4 及び第 2 打撃回路 1 3 5 に対して、衝撃印加を指示する信号を出力する。

30

#### 【 0 0 6 8 】

衝撃印加工工程 (S 2) において、第 1 打撃回路 1 3 4 は、第 1 振動体 3 2 を駆動して、第 1 の被溶接材 1 3 に衝撃を加える。第 2 打撃回路 1 3 5 は、第 2 振動体 3 3 を駆動して、第 1 の被溶接材 1 3 に衝撃を加える。

第 1 打撃回路 1 3 4 及び第 2 打撃回路 1 3 5 は、測定開始の時刻 0 ~ T 1 は 0 V とし、その後の時刻 T 1 ~ T 2 の間に、第 1 振動体 3 2 又は第 2 振動体 3 3 を駆動させるための電圧を第 1 振動体 3 2 又は第 2 振動体 3 3 に印加する。

#### 【 0 0 6 9 】

衝撃は、1 回加えればよい。鉄板の音速を 5 9 5 0 m / s とすると、例えば 1 5 k H z の波長が約 4 0 c m となり、第 1 の被溶接材 1 3 と第 2 の被溶接材 1 4 との厚さ寸法や溶接部 1 5 の断面の外径寸法に対して十分長くなる。これにより溶接部全体を伝搬してきた波を検知できる。よって、1 回の衝撃波で十分溶接部全体を伝搬してきた波を検知できる。

40

#### 【 0 0 7 0 】

但し、これに限るものではなく、複数回の衝撃を加えてもよい。複数回の衝撃を加える場合には、1 つ前の衝撃波が減衰した後に加えるのが好ましい。また、第 1 振動体 3 2 及び第 2 振動体 3 3 による衝撃荷重は、第 1、第 2 の検知センサ 5 2, 5 3 や、第 1、第 2 の参照センサ 8 2, 8 3 によって数 1 0 0 m V 程度の振動強度が得られる程度が好ましい。

50

。但し、これに限るものではなく、第 1、第 2 の検知センサ 5 2 , 5 3 や、第 1、第 2 の参照センサ 8 2 , 8 3 の性能に応じて適宜設定してもよい。

#### 【 0 0 7 1 】

振動強度測定工程 ( S 3 ) において、第 1 検知センサ 5 2 は、第 1 の被溶接材 1 3 への衝撃によって第 1 の被溶接材 1 3 から溶接部 1 5 を介して第 2 の被溶接材 1 4 に伝搬した衝撃波の第 1 の振動強度を検出 ( 測定 ) する。第 1 検知センサ 5 2 が測定した衝撃波を図 9 のグラフ G 1 で示す。

第 1 検知センサ 5 2 は、上述した時刻 T 1 ~ T 2 の間の衝撃波の第 1 の振動強度を検出する。これにより、時間のずれによる測定ミスを防ぎ得る。第 1 検知センサ 5 2 の検出結果は、第 1 センサアンプ 1 3 2 に出力され、増幅される。

10

同時に、第 1 参照センサ 8 2 は、第 1 の被溶接材 1 3 への衝撃によって第 1 の被溶接材 1 3 に伝搬した衝撃波の第 2 の振動強度を検出 ( 測定 ) する。第 1 参照センサ 8 2 が測定した衝撃波を図 9 のグラフ G 2 で示す。

第 1 参照センサ 8 2 は、上述した時刻 T 1 ~ T 2 の間の衝撃波の第 2 の振動強度を検出する。これにより、時間のずれによる測定ミスを防ぎ得る。第 1 参照センサ 8 2 の検出結果は、第 1 センサアンプ 1 3 2 に出力され、増幅される。

#### 【 0 0 7 2 】

また、振動強度測定工程 ( S 3 ) において、第 2 検知センサ 5 3 は、第 1 の被溶接材 1 3 への衝撃によって第 1 の被溶接材 1 3 から溶接部 1 5 を介して第 2 の被溶接材 1 4 に伝搬した衝撃波の第 1 の振動強度を検出 ( 測定 ) する。第 2 検知センサ 5 3 が測定した衝撃波は、図 9 のグラフ G 1 と同様な波形である。

20

第 2 検知センサ 5 3 は、上述した時刻 T 1 ~ T 2 の間の衝撃波の第 1 の振動強度を検出する。これにより、時間のずれによる測定ミスを防ぎ得る。第 2 検知センサ 5 3 の検出結果は、第 2 センサアンプ 1 3 3 に出力され、増幅される。

同時に、第 2 参照センサ 8 3 は、第 1 の被溶接材 1 3 への衝撃によって第 1 の被溶接材 1 3 に伝搬した衝撃波の第 2 の振動強度を検出 ( 測定 ) する。第 2 参照センサ 8 3 が測定した衝撃波は、図 9 のグラフ G 2 と同様な波形である。

第 2 参照センサ 8 3 は、上述した時刻 T 1 ~ T 2 の間の衝撃波の第 2 の振動強度を検出する。これにより、時間のずれによる測定ミスを防ぎ得る。第 2 参照センサ 8 3 の検出結果は、第 2 センサアンプ 1 3 3 に出力され、増幅される。

30

#### 【 0 0 7 3 】

直流成分除去工程 ( S 4 ) において、第 1 直流成分除去部は、第 1 センサアンプ 1 3 2 から出力された第 1 検知センサ 5 2 及び第 1 参照センサ 8 2 の検出結果から直流成分を除去する。

また、第 2 直流成分除去部は、第 2 センサアンプ 1 3 3 から出力された第 2 検知センサ 5 3 及び第 2 参照センサ 8 3 の検出結果から直流成分を除去する。

#### 【 0 0 7 4 】

衝撃波プロファイル取得工程 ( S 5 ) において、計算器ユニット 1 3 1 内の取得部は、第 1 直流成分除去部において、直流成分が除去された第 1 検知センサ 5 2 及び第 1 参照センサ 8 2 の除去結果から衝撃波プロファイルを取得する。

40

また、計算器ユニット 1 3 1 内の取得部は、第 2 直流成分除去部において、直流成分が除去された第 2 検知センサ 5 3 及び第 2 参照センサ 8 3 の除去結果から衝撃波プロファイルを取得する。

#### 【 0 0 7 5 】

ピーク時間演算工程 ( S 6 ) において、計算器ユニット 1 3 1 内の T 0 演算部は、測定開始 ( T 1 ) 時刻から測定された振動強度のピーク ( 最大値 ) A 時刻までの時間 T 0 を演算する。或いは、ある基準時刻からの時間を演算してもよい。

ここでは、サンプリング周期で得られた、第 1 検知センサ 5 2 の検出結果の振動強度 ( 電圧 ) の時系列データから、第 1 検知センサ 5 2 の最大電圧の時刻 ( 或いは測定開始 ( T 1 ) 時刻からの時間 ) を計算する。

50

また、サンプリング周期で得られた、第1参照センサ82の検出結果の振動強度（電圧）の時系列データから、第1参照センサ82の最大電圧の時刻（或いは測定開始（T1）時刻からの時間）を計算する。

【0076】

さらに、ピーク時間演算工程（S6）において、サンプリング周期で得られた、第2検知センサ53の検出結果の振動強度（電圧）の時系列データから、第2検知センサ53の最大電圧の時刻（或いは測定開始（T1）時刻からの時間）を計算する。

また、サンプリング周期で得られた、第2参照センサ83の検出結果の振動強度（電圧）の時系列データから、第2参照センサ83の最大電圧の時刻（或いは測定開始（T1）時刻からの時間）を計算する。

10

【0077】

ピーク電圧演算工程（S7）において、計算器ユニット131内のV0演算部は、第1検知センサ52の検出結果において、時間T0に対応する、測定された振動強度のピーク電圧V0（最大電圧）を演算する。演算されたピーク電圧V0は、第1検知センサ52の第1ピーク電圧V0として制御計算機121に出力される。

また、計算器ユニット131内のV0演算部は、第1参照センサ82の検出結果において、時間T0に対応する、測定された振動強度のピーク電圧V0（最大電圧）を演算する。演算されたピーク電圧V0は、第1参照センサ82の第2ピーク電圧V0として制御計算機121に出力される。

【0078】

さらに、計算器ユニット131内のV0演算部は、第2検知センサ53の検出結果において、時間T0に対応する、測定された振動強度のピーク電圧V0（最大電圧）を演算する。演算されたピーク電圧V0は、第2検知センサ53の第1ピーク電圧V0として制御計算機121に出力される。

20

また、計算器ユニット131内のV0演算部は、第2参照センサ83の検出結果において、時間T0に対応する、測定された振動強度のピーク電圧V0（最大電圧）を演算する。演算されたピーク電圧V0は、第2参照センサ83の第2ピーク電圧V0として制御計算機121に出力される。

【0079】

振動強度演算工程（S8）において、制御計算機121の振動強度比演算部128は、

30

[第1参照センサ82の第2ピーク電圧V0]と[第1検知センサ52の第1ピーク電圧V0]との[振動強度比]を演算する。すなわち、

$$[\text{振動強度比}] = [\text{第1ピーク電圧V0}] / [\text{第2ピーク電圧V0}] \dots (1)$$

を演算する。

次に、式（1）で求めた[振動強度比]を、記憶装置125に格納された[健全サンプルの振動強度比]と比較して[相対振動強度比]を求める。すなわち、

[相対振動強度比] =

[検査サンプルの振動強度比] / [健全サンプルの振動強度比] ... (2)

を演算する。演算結果は、I/F回路123を介して、図示しない表示装置（例えばモニタ）へ出力される。

40

【0080】

また、振動強度演算工程（S8）において、制御計算機121の振動強度比演算部128は、[第2参照センサ83の第2ピーク電圧V0]と[第2検知センサ53の第1ピーク電圧V0]との[振動強度比]を演算する。すなわち、

[振動強度比] = [第1ピーク電圧V0] / [第2ピーク電圧V0] ... (3)

を演算する。

次に、式（3）で求めた[振動強度比]を、記憶装置125に格納された[健全サンプルの振動強度比]と比較して[相対振動強度比]を求める。すなわち、

[相対振動強度比] =

[検査サンプルの振動強度比] / [健全サンプルの振動強度比] ... (4)

50

を演算する。演算結果は、I / F 回路 1 2 3 を介して、図示しない表示装置（例えばモニタ）へ出力される。

#### 【 0 0 8 1 】

この溶接部検査方法においては、溶接部 1 5 ののど厚が異なる複数の試験片を用いて予め実験し、相関データとして、相対振動強度比と溶接部 1 5 ののど厚との相関データが取得されている。これにより、出力された [ 相対振動強度比 ] を用いて、溶接部 1 5 の欠陥を検知して溶接部 1 5 の健全性を判定する。

#### 【 0 0 8 2 】

このように、第 1 振動体 3 2、第 1 検知センサ 5 2、及び第 1 参照センサ 8 2 が、溶接部 1 5 の溶接線に交差する第 1 測定線 1 0 5 上の方向に設置されている。よって、第 1 検知センサ 5 2、及び第 1 参照センサ 8 2 で測定した衝撃波に基づいて、特に、溶接部 1 5 のうち、第 1 測定線 1 0 5 に交差する部位において、溶接部 1 5 内の欠陥を検知できる。

また、第 2 振動体 3 3、第 2 検知センサ 5 3、及び第 2 参照センサ 8 3 が、溶接部 1 5 の溶接線に交差する第 2 測定線 1 0 6 上の方向に設置される。よって、第 1 検知センサ 5 2、及び第 1 参照センサ 8 2 で測定した衝撃波に基づいて、特に、溶接部 1 5 のうち、第 2 測定線 1 0 6 に交差する部位において、溶接部 1 5 内の欠陥を検知できる。

このように、溶接部 1 5 のうち、第 1 測定線 1 0 5 や第 2 測定線 1 0 6 に相当する 2 箇所において欠陥を検知することにより、溶接部 1 5 の健全性を良好に判定できる。

#### 【 0 0 8 3 】

図 1 0 に示すように、グラフ G 3 において、相対振動強度比 = の場合に溶接部 1 5 ( 図 1 参照 ) の内部欠陥の大きさが 2 mm となる。 は 0 . 9 より小さい相対振動強度比である。一方、例えば、相対振動強度比 = 1 の場合には溶接部 1 5 に内部欠陥が存在しないことになる。

#### 【 0 0 8 4 】

以上説明したように、実施形態の溶接部検査装置 1 0 によれば、第 1 検知センサ 5 2 及び第 1 参照センサ 8 2 で測定される第 1、第 2 の振動強度を示す波形の乱れを少なくでき、且つ、膨大な数の検査箇所を効率良く検査することができる。

また、実施形態の溶接部検査装置 1 0 によれば、第 2 検知センサ 5 3 及び第 2 参照センサ 8 3 で測定される第 1、第 2 の振動強度を示す波形の乱れを少なくでき、且つ、膨大な数の検査箇所を効率良く検査することができる。

さらに、実施形態の溶接部検査装置 1 0 によれば、放射線を使用しないので安全であり、作業中に当該エリアへの立ち入りを禁止する必要もないので検査を短時間のうちに実施することができる。

#### 【 0 0 8 5 】

なお、本発明の技術範囲は上述した実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。

例えば、実施形態では、第 1 測定線 1 0 5 上に第 1 振動体 3 2、第 1 検知センサ 5 2、及び第 1 参照センサ 8 2 を設置し、第 2 測定線 1 0 6 上に第 2 振動体 3 3、第 2 検知センサ 5 3、及び第 2 参照センサ 8 3 を設置した例について説明したが、これに限らない。その他の例として、第 1 測定線 1 0 5 および第 2 測定線 1 0 6 の一方に第 1 振動体、検知センサ、及び参照センサを設置することも可能である。

また、第 1 測定線 1 0 5 および第 2 測定線 1 0 6 の他に、新たな測定線に振動体、検知センサ、及び参照センサを設置することも可能である。

#### 【 符号の説明 】

#### 【 0 0 8 6 】

- 1 0 溶接部検査装置
- 1 2 溶接部材
- 1 3 第 1 の被溶接材
- 1 4 第 2 の被溶接材
- 1 5 溶接部

10

20

30

40

50

- 2 0 検査部
- 2 2 振動部
- 2 4 センサ部
- 2 5 第 1 センサ部
- 2 6 第 2 センサ部
- 3 1 振動治具
- 3 2 , 3 3 第 1、第 2 の振動体 ( 振動体 )
- 3 5 , 3 6 第 1、第 2 の振動ブラケット
- 3 7 振動ヒンジ ( ヒンジ構造 )
- 4 2 , 4 6 , 6 2 , 6 6 , 9 2 , 9 6 第 1、第 2 のフランジ ( 一端同士 )
- 4 3 , 4 7 , 6 3 , 6 7 , 9 3 , 9 7 第 2、第 4 のフランジ ( 他端同士 )
- 5 1 検知センサ治具 ( 第 1 のセンサ治具 )
- 5 2 , 5 3 第 1、第 2 の検知センサ ( 第 1 のセンサ )
- 5 5 , 5 6 第 1、第 2 の検知センサブラケット
- 5 7 検知センサヒンジ ( ヒンジ構造 )
- 7 1 , 7 2 , 1 0 1 , 1 0 2 第 1、第 2 の支え部
- 8 1 参照センサ治具 ( 第 2 のセンサ治具 )
- 8 2 , 8 3 第 1、第 2 の参照センサ ( 第 2 のセンサ )
- 8 5 , 8 6 第 1、第 2 の参照センサブラケット
- 8 7 参照センサヒンジ ( ヒンジ構造 )
- 1 0 5 , 1 0 6 第 1、第 2 の測定線 ( 交差する線 )
- 1 2 8 振動強度比演算部 ( 演算部 )
- 1 3 1 計算器ユニット ( C P U ボード )

10

20

【 図 1 】

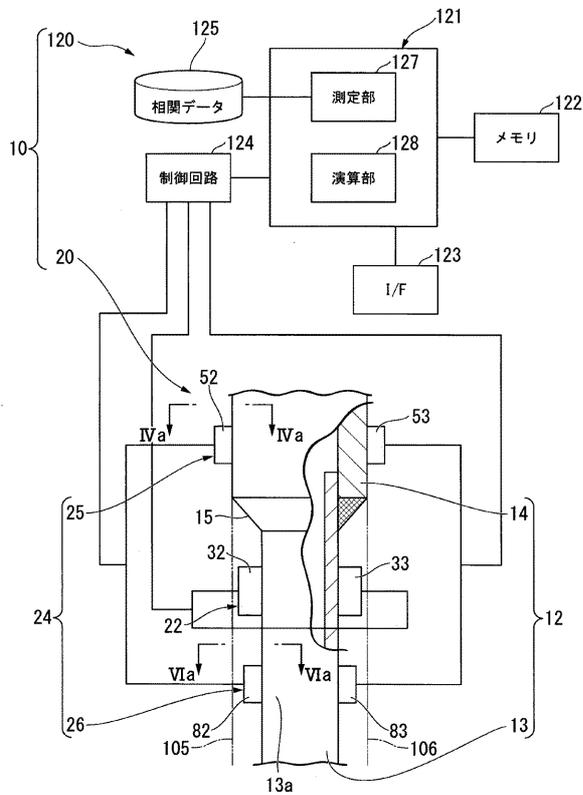


図 1

【 図 2 】

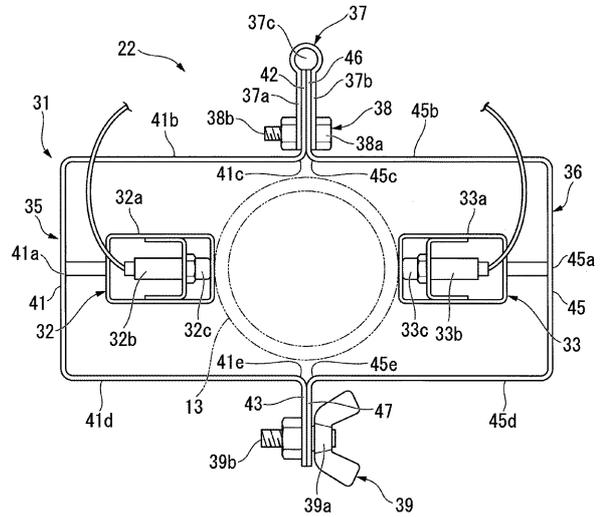


図 2

【 図 3 】

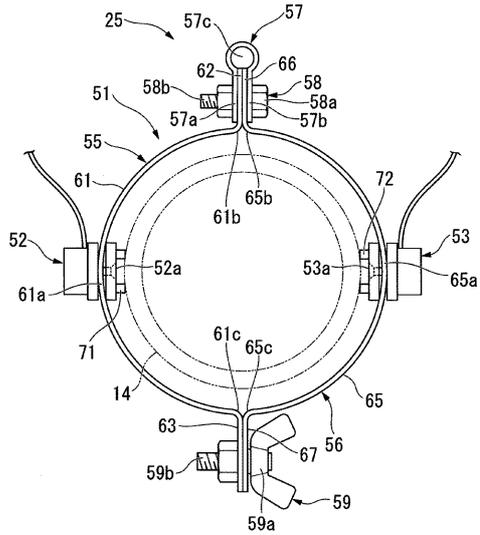
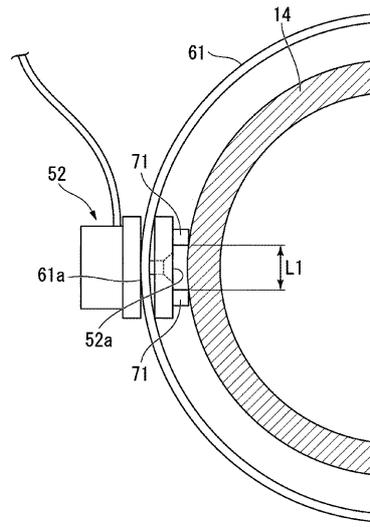


図 3

【 図 4 】

(a)



(b)

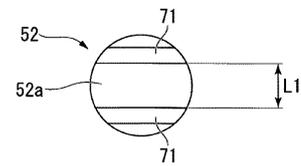


図 4

【 図 5 】

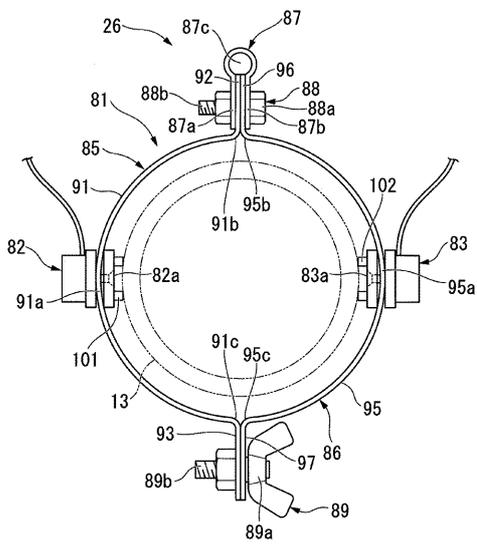
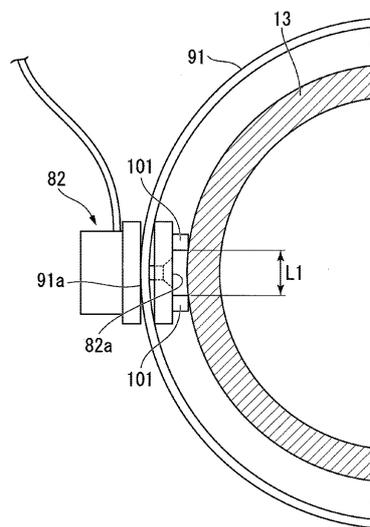


図 5

【 図 6 】

(a)



(b)

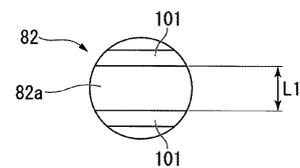
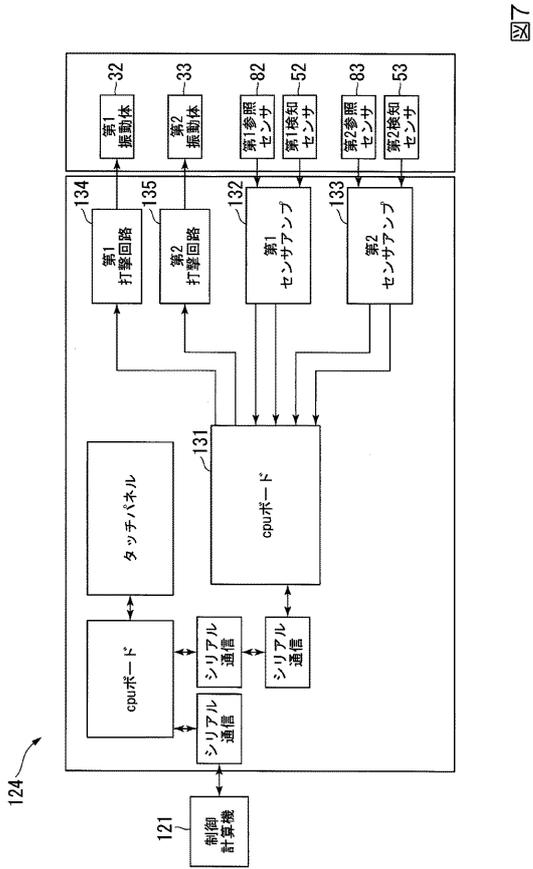


図 6

【図7】



【図8】

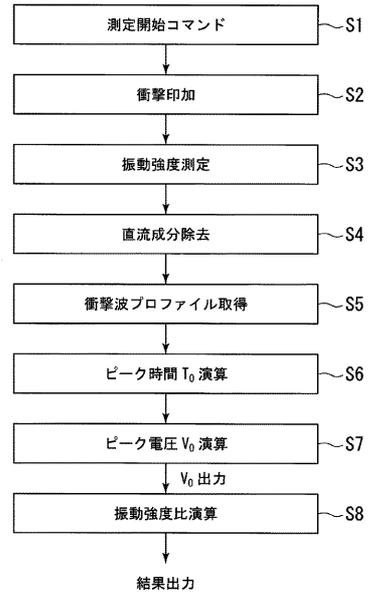


図8

【図9】

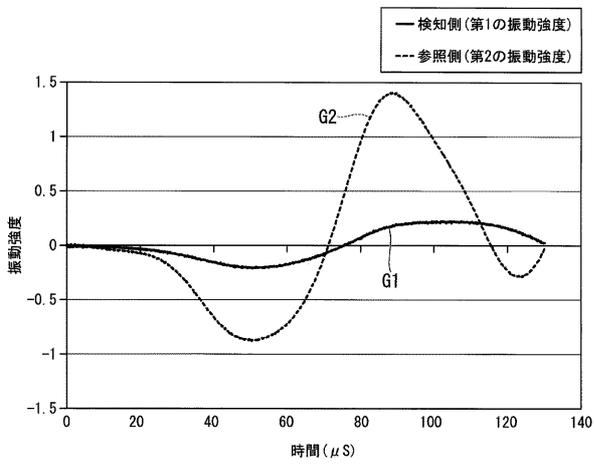


図9

【図10】

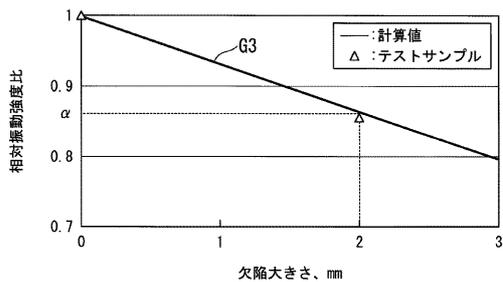


図10

フロントページの続き

(72)発明者 石井 信行

東京都千代田区大手町一丁目1番2号 J X T Gエネルギー株式会社内

Fターム(参考) 2G047 AB01 AB07 BC03 BC07 CA03 CA07 EA09 EA10 GA14 GB18  
GG15 GG28 GG33