

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5198112号  
(P5198112)

(45) 発行日 平成25年5月15日(2013.5.15)

(24) 登録日 平成25年2月15日(2013.2.15)

(51) Int.Cl.

G01B 17/02 (2006.01)

F 1

G01B 17/02

B

請求項の数 4 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2008-81537 (P2008-81537)  
 (22) 出願日 平成20年3月26日 (2008.3.26)  
 (65) 公開番号 特開2009-236613 (P2009-236613A)  
 (43) 公開日 平成21年10月15日 (2009.10.15)  
 審査請求日 平成23年2月7日 (2011.2.7)

(73) 特許権者 303046314  
 旭化成ケミカルズ株式会社  
 東京都千代田区神田神保町一丁目105番地  
 (73) 特許権者 000116736  
 旭化成エンジニアリング株式会社  
 大阪府大阪市北区中之島三丁目3番23号  
 (73) 特許権者 591053856  
 新日本非破壊検査株式会社  
 福岡県北九州市小倉北区井堀4丁目10番13号  
 (74) 代理人 100090697  
 弁理士 中前 富士男  
 (74) 代理人 100127155  
 弁理士 来田 義弘

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】配管の検査装置及びその検査方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

曲がり管で構成される配管の最大曲率半径に位置する外側線の外側に、長手方向側端部に設けられたレール固定部を介して該外側線から一定の距離を有して取付け固定されるガイドレールと、

前記ガイドレールに取付けられ、該ガイドレールに沿って移動する走行台車と、

前記配管の外側周方向に配置され、しかも前記走行台車に前記配管の軸心を中心として周方向に回転自在に設けられたガイドリング、及び該ガイドリングに軸心を合わせて取付けられた環状のラックギアを有する回転リングと、

a) 前記回転リングの前記ラックギアに取付けられた取付け部と、b) 前記取付け部に第1の圧縮ばねを介して前記配管方向に押圧移動可能に取付けられた探触子ホルダーと、c) 該探触子ホルダーに第2の圧縮ばねを介して前記配管に押し付けられた超音波探触子と、d) 前記探触子ホルダーに、前記超音波探触子を囲んで取付けられる複数のボールベアとを備えて前記配管の厚みを測定する厚み測定センサと、

前記走行台車に設けられ、該走行台車の前記ガイドレール上の位置を検知する第1の位置センサ、及び前記ラックギアに噛み合う平歯車に連結されて前記厚み測定センサの前記配管の周方向の位置を検知する第2の位置検知センサと、

前記走行台車を前記ガイドレールに沿って移動させ、しかも前記回転リングを回転させることにより、前記厚み測定センサで測定された前記配管の厚みを、前記第1、第2の位置検知センサで得られた測定位置と共に表示する制御手段とを有し、

10

20

更に、前記ガイドリングと前記ラックギアはそれぞれの分割位置をずらして分割されて、前記ガイドリングと前記ラックギアを重ね合わせて固定ねじによって接続されていることを特徴とする配管の検査装置。

**【請求項 2】**

請求項1記載の配管の検査装置において、2以上の前記厚み測定センサが、前記回転リングに軸心を中心として、等角度に取付けられていることを特徴とする配管の検査装置。

**【請求項 3】**

請求項1又は2記載の配管の検査装置を用いる配管の検査方法であって、前記配管の最大曲率半径に位置する前記外側線に、長手方向の両側端部に設けられた前記レール固定部を介して該外側線から一定の距離を有して前記ガイドレールを固定するガイドレール取付け工程と、

前記ガイドレールに前記走行台車を取付け、該走行台車に前記配管に押し付けられてその厚みを測定する前記厚み測定センサが取付けられ、しかも前記配管の外側周方向に配置される前記回転リングを、回転自在に取付ける厚み測定準備工程と、

前記走行台車を前記ガイドレールに沿って移動させ、しかも前記回転リングを前記配管の軸心を中心としてその周方向に回転させることにより、前記厚み測定センサで測定された前記配管の厚みを、前記走行台車の前記ガイドレール上の位置、及び前記厚み測定センサの前記配管の周方向の位置をそれぞれ検知する前記第1、第2の位置検知センサで得られた測定位置と共に表示する測定結果出力工程とを有することを特徴とする配管の検査方法。

**【請求項 4】**

請求項3記載の配管の検査方法において、前記測定結果出力工程では、前記配管の全表面を展開状態で示し、しかも該配管の厚みを色分け表示することを特徴とする配管の検査方法。

**【発明の詳細な説明】**

**【技術分野】**

**【0001】**

本発明は、曲がり管（例えば、エルボ管）で構成される配管の肉厚を測定する配管の検査装置及びその検査方法に関する。

**【背景技術】**

**【0002】**

従来、鉄製の配管は、その内部を流れる搬送物による摩耗や腐食により、その肉厚が次第に薄くなるが、これを放置しておくと、重大な事故に繋がる恐れがあるので、肉厚の測定を定期的に行っている。

この検査においては、例えば、特許文献1、2に開示された装置が使用されている。具体的には、永久磁石によって台車を配管の外周面に吸着配置し、この台車を配管の周方向に沿って走行させ、台車に搭載された複数の超音波探触子を、配管の円周方向に沿って移動させて、配管の損傷等を測定する装置である。

**【0003】**

【特許文献1】特開2006-234761号公報

【特許文献2】特開2007-132713号公報

**【発明の開示】**

**【発明が解決しようとする課題】**

**【0004】**

しかしながら、台車は、磁力により、配管の外周面を、その周方向に吸着しながら走行する構成であるため、例えば、エルボ管のような曲がり管の外周面を走行させようとすれば、台車の車輪の一部が配管の外側から離れて台車の安定性が悪くなり、落下する恐れがあった。このように、台車は、真っ直ぐ又は略真っ直ぐな配管の肉厚測定しかできなかった。

また、台車は、配管の外周面を、その周方向に走行するため、配管をその軸方向に沿って

10

20

30

40

50

連続的に測定することができず、作業性が悪かった。

更に、台車は、磁性を有する金属で構成された配管の外周面に吸着しながら自走するものであるため、他の材質、例えば、磁性を有しない金属、セラミックス、プラスチック、又はゴムで構成された配管内を走行できないという問題もあった。

【0005】

本発明はかかる事情に鑑みてなされたもので、配管の肉厚を簡単な構成で容易に測定可能な配管の検査装置及びその検査方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

前記目的に沿う第1の発明に係る配管の検査装置は、曲がり管で構成される配管の最大曲率半径に位置する外側線の外側に、長手方向側端部に設けられたレール固定部を介して該外側線から一定の距離を有して取付け固定されるガイドレールと、

10

前記ガイドレールに取付けられ、該ガイドレールに沿って移動する走行台車と、

前記配管の外側周方向に配置され、しかも前記走行台車に前記配管の軸心を中心として周方向に回転自在に設けられたガイドリング、及び該ガイドリングに軸心を合わせて取付けられた環状のラックギアを有する回転リングと、

a) 前記回転リングの前記ラックギアに取付けられた取付け部と、b) 前記取付け部に第1の圧縮ばねを介して前記配管方向に押圧移動可能に取付けられた探触子ホルダーと、c) 該探触子ホルダーに第2の圧縮ばねを介して前記配管に押し付けられた超音波探触子と、d) 前記探触子ホルダーに、前記超音波探触子を囲んで取付けられる複数のボールベアとを備えて前記配管の厚みを測定する厚み測定センサと、

20

前記走行台車に設けられ、該走行台車の前記ガイドレール上の位置を検知する第1の位置センサ、及び前記ラックギアに噛み合う平歯車に連結されて前記厚み測定センサの前記配管の周方向の位置を検知する第2の位置検知センサと、

前記走行台車を前記ガイドレールに沿って移動させ、しかも前記回転リングを回転させることにより、前記厚み測定センサで測定された前記配管の厚みを、前記第1、第2の位置検知センサで得られた測定位置と共に表示する制御手段とを有し、

更に、前記ガイドリングと前記ラックギアはそれぞれの分割位置をずらして分割されて、前記ガイドリングと前記ラックギアを重ね合わせて固定ねじによって接続されている。

【0007】

30

第1の発明に係る配管の検査装置において、前記厚み測定センサは、前記回転リングに1又は2以上取付けられていることが好ましい。

第1の発明に係る配管の検査装置において、前記厚み測定センサを前記回転リングに2以上取付ける場合は、該回転リングの軸心を中心として、前記厚み測定センサを等角度に取付けることが好ましい。

【0008】

【0009】

前記目的に沿う第2の発明に係る配管の検査方法は、第1の発明に係る配管の検査装置を用い、前記配管の最大曲率半径に位置する前記外側線に、長手方向の両側端部に設けられた前記レール固定部を介して該外側線から一定の距離を有して前記ガイドレールを固定するガイドレール取付け工程と、

40

前記ガイドレールに前記走行台車を取付け、該走行台車に前記配管に押し付けられてその厚みを測定する前記厚み測定センサが取付けられ、しかも前記配管の外側周方向に配置される前記回転リングを、回転自在に取付ける厚み測定準備工程と、

前記走行台車を前記ガイドレールに沿って移動させ、しかも前記回転リングを前記配管の軸心を中心としてその周方向に回転させることにより、前記厚み測定センサで測定された前記配管の厚みを、前記走行台車の前記ガイドレール上の位置、及び前記厚み測定センサの前記配管の周方向の位置をそれぞれ検知する前記第1、第2の位置検知センサで得られた測定位置と共に表示する測定結果出力工程とを有する。

【0010】

50

第2の発明に係る配管の検査方法において、前記測定結果出力工程では、前記配管の全表面を展開状態で示し、しかも該配管の厚みを色分け表示することが好ましい。

【0011】

【発明の効果】

【0012】

請求項1、2記載の配管の検査装置、及び請求項3、4記載の配管の検査方法は、配管の外側に、配管の外側線から一定の距離を有して取付け固定されるガイドレールを使用し、このガイドレールに沿って、厚み測定センサが回転リングを介して取付けられた走行台車を移動させることにより、配管の軸心方向の厚み測定が容易にできる。

更に、配管の外側周方向に配置され、しかも走行台車に回転自在に設けられて、配管の軸心を中心として周方向に回転する回転リングに、厚み測定センサを取付けることにより、配管の周方向の厚み測定が容易にできる。

これにより、配管の肉厚測定を、簡単な構成で容易に実施できる。

【0013】

特に、配管が曲がり管であって、配管の外側線が、配管の最大曲率半径に位置する線であるので、ガイドレールが配管の背側に取付けられる。これにより、ガイドレールを、配管の腹側、即ち曲率半径の小さい側に取付ける場合と比較して、走行台車の移動可能なスペースを広く確保できる。

また、配管に取付けられるガイドレールの曲率半径を、配管の最大曲率半径よりも更に大きくできるので、ガイドレールに沿って移動する走行台車を、曲率半径の小さなものに対応可能な特別な構成とすることなく、簡単な構成で、ガイドレール上をスムーズに走行させることができる。更に、ガイドレールの曲率半径を大きくすることで、ガイドレールを滑らかな曲線に曲げ加工できる。

そして、ガイドリング及びラックギアが2以上に分割されているので、配管の外側周囲への回転リングの取付け作業が容易である。

【0014】

請求項2記載の配管の検査装置は、回転リングに2以上の厚み測定センサを取付けるので、配管の周方向の厚み測定範囲を複数に分割できる。これにより、配管の周方向の全ての厚み測定を、1つの厚み測定センサで行う場合よりも、測定時間の短縮が図れる。

【0015】

請求項4記載の配管の検査方法は、配管の全表面を展開状態で示し、しかも配管の厚みを色分け表示するので、厚みが薄くなった部分を容易に認識できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

続いて、添付した図面を参照しつつ、本発明を具体化した実施の形態につき説明し、本発明の理解に供する。

図1～図11に示すように、本発明の一実施の形態に係る配管の検査装置（以下、単に検査装置ともいう）10は、曲がり管（配管の一例）11の外側に取付け固定されるガイドレール12と、ガイドレール12に沿って移動する走行台車13と、走行台車13に回転自在に設けられる回転リング14と、回転リング14に取付けられる厚み測定センサ15と、走行台車13に設けられたロータリエンコーダ（第1の位置検知センサの一例）16及びマイクロエンコーダ（第2の位置検知センサの一例）17と、厚み測定センサ15で測定された曲がり管11の厚みを、ロータリエンコーダ16及びマイクロエンコーダ17で得られた測定位置と共に表示する制御手段18とを有する。以下、詳しく説明する。

【0017】

厚みの測定対象である曲がり管11とは、例えば、エルボ管である。なお、曲がり管は、これに限定されず、これらを組み合わせて、又は単体で、例えば、波形又は略波形に構成したものでもよく、またペント管でもよい。

図1に示すように、曲がり管11の外側に取付けられるガイドレール12は、曲がり管11の外側線から一定の距離Dを有して固定されている。この曲がり管11の外側線とは、

10

20

30

40

50

曲がり管 1 1 の軸心と一定の距離を有する線を意味し、本実施の形態においては、曲がり管 1 1 の最大曲率半径に位置する線、即ち曲がり管 1 1 の背側に位置する線（最外側線）L 1 を意味している。しかし、これに限定されるものではなく、例えば、曲がり管 1 1 の最小曲率半径に位置する線、即ち曲がり管 1 1 の腹側に位置する線 L 2 、又は曲がり管 1 1 の側方、即ち曲がり管 1 1 の背側と腹側の中間に位置する線 L 3 でもよい。

【0018】

ガイドレール 1 2 は、ガイドレール 1 2 の裏面（曲がり管 1 1 との対向面）と、曲がり管 1 1 の線 L 1 との距離（最短距離）D が、曲がり管 1 1 の長手方向に渡って、例えば、50 mm 以上 150 mm 以下の範囲内で一定となる曲率半径を有するように曲げられている。

10

このガイドレール 1 2 は、例えば、厚みが 1 ~ 10 mm 、幅が 20 ~ 50 mm の断面長方形となった金属製のものである。

なお、ガイドレールの形状は、これに限定されるものではなく、例えば、断面正方形でもよく、また断面円形、断面橜円形等でもよく、更には、中空、板、又は棒でもよい。そして、ガイドレールは、例えば、鉄、ステンレス、アルミニウム、又はアルミニウム合金等の金属製で構成されているが、強化プラスチック等も使用でき、更には、ガイドレールの表面に、コーティング材（例えば、ゴム、樹脂等）を貼り着けてもよい。

【0019】

ガイドレール 1 2 の長手方向の両側端部（片側のみでもよい）には、ガイドレール 1 2 を曲がり管 1 1 へ取付けるためのレール固定部 1 9 、 2 0 が設けられている。

20

このレール固定部 1 9 、 2 0 は、それぞれ L 字状となった接続部 2 1 を有し、この接続部 2 1 の先側端部には、ガイドレール 1 2 がねじ 2 2 によって取付けられ、基側平坦部には、鉄製の曲がり管 1 1 に吸着する磁石（固定手段の一例）2 3 がボルト 2 4 によって取付けられている。

この磁石 2 3 は、曲がり管 1 1 と接触する断面が V 字状となっており、この V 字状の 2 つの面が、曲がり管 1 1 を挟むようにその表面に当接する構成となっている。このため、曲がり管 1 1 の直径が多少変わっても、磁石 2 3 の 2 つの面が曲がり管 1 1 の表面に接触する範囲であれば、1 種類の磁石で直径の異なる複数種類の曲がり管に対応できる。

なお、曲がり管が鉄でなく、例えば、磁性を有しない金属（例えば、ステンレス）、セラミックス、プラスチック、又はゴムで構成されている場合は、バンド又は固定リングを使用して、レール固定部 1 9 、 2 0 を曲がり管 1 1 に縛り付け固定してもよい。

30

【0020】

図 1 ~ 図 7 に示すように、ガイドレール 1 2 に取付けられる走行台車 1 3 は、下部走行部 2 5 、上部走行部 2 6 、及び走行駆動部 2 7 を有している。

下部走行部 2 5 は、図 3 、図 4 (A) 、 (B) に示すように、ガイドレール 1 2 を裏面側から囲むように配置される正断面視して溝状の下部走行ベース 2 8 を有している。

この下部走行ベース 2 8 内には、その軸心がガイドレール 1 2 の長手方向に直交して配置される対となる走行ローラ軸 2 9 が、間隔を有して回転自在に設けられ、各走行ローラ軸 2 9 には、ガイドレール 1 2 の裏面の幅方向両側に接触する対となる走行ローラ 3 0 が設けられている。

40

また、下部走行ベース 2 8 内の側部であって、ガイドレール 1 2 の幅方向両外側には、ガイドローラ軸 3 1 が立設され、このガイドローラ軸 3 1 にペアリング 3 2 を介して、ガイドレール 1 2 を幅方向から挟み込んで接触するガイドローラ 3 3 が設けられている。

【0021】

上部走行部 2 6 は、図 5 、図 6 (A) 、 (B) に示すように、ガイドレール 1 2 の表面側を覆うように、ねじ 3 4 によって下部走行ベース 2 8 の上側に取付けられる上部走行ベース 3 5 を有している。

この上部走行ベース 3 5 には、その軸心がガイドレール 1 2 の長手方向に直交して配置される対となる走行ローラ軸 3 6 が、間隔を有して設けられ、各走行ローラ軸 3 6 に、ガイドレール 1 2 の表面の幅方向両側に接触する対となる走行ローラ 3 7 が、それぞれペアリ

50

ング38を介して設けられている。

なお、図1に示すように、下部走行部25の走行ローラ30と、上部走行部26の走行ローラ37とは、ガイドレール12の長手方向の異なる位置（本実施の形態では、走行ローラ30の走行方向前側と後ろ側に走行ローラ37を配置）に設けられているが、同じ位置でもよい。

このように構成することで、下部走行部25の走行ローラ30、ガイドローラ33、及び上部走行部26の走行ローラ37が、それぞれガイドレール12の裏面、側面、及び表面に接触するので、ガイドレール12の長手方向に沿って、走行台車13をスムーズに移動させることができる。

#### 【0022】

10

この上部走行ベース35内の側部には、回動軸39が立設され、この回動軸39に、ロータリエンコーダ16が取付けられた載置台40が、ペアリング41を介して回動自在に取付けられている。なお、ロータリエンコーダ16はエンコーダケース42に収納されている。

ここで、上部走行ベース35と載置台40とは、引張ばね43で接続され、自由状態では、回動軸39を中心として、載置台40がガイドレール12の幅方向中心位置に向けて付勢されている。

載置台40上に配置されたロータリエンコーダ16の入力軸44は、ペアリング45を介して載置台40の下方に突出して設けられ、しかもガイドレール12の側方に配置されている。この入力軸44には、ガイドレール12の側面に接触する距離測定用ローラ46が取付けられている。

20

これにより、走行台車13がガイドレール12に沿って移動する場合、引張ばね43の力によって、距離測定用ローラ46がガイドレール12の側面に常時接触した状態を維持するため、距離測定用ローラ46の回転角度がロータリエンコーダ16に入力され、走行台車13の移動距離を測定できる。

#### 【0023】

図3、図5、及び図6（A）、（B）に示すように、上部走行ベース35の上側には、走行駆動部27のケーシング47が取付けられている。

ケーシング47内には、図7（A）～（C）に示すように、走行台車13を移動させるための駆動モータ48と、ガイドレール12の表面に接触する駆動ローラ49と、駆動モータ48と駆動ローラ49を接続する減速手段50が内装されている。ここで、減速手段50は、駆動モータ48の出力軸51に設けられたモータ平歯車52と、このモータ平歯車52に噛合する車軸用平歯車53と、この車軸用平歯車53に接続され、ケーシング47にペアリング54を介して回転自在に支持されたウォームホイル55と、このウォームホイル55に噛合するウォームギア56で構成されている。また、駆動ローラ49は、ウォームギア56が取付けられ、ケーシング47にペアリング57を介して回転自在に支持された回転軸58に取付けられている。

30

#### 【0024】

図1～図3、図7（B）、（C）に示すように、ケーシング47の上端部に設けられたガイド部59の孔60には、上部走行ベース35に立設されたセット軸61が挿通し、ケーシング47が上部走行ベース35に対して上下動自在に取付けられている。

40

このセット軸61の下側には、高さ位置が固定された止め部62が取付けられ、この止め部62とケーシング47のガイド部59との間に、圧縮ばね63が取付けられ、ガイド部59から突出したセット軸61の上端部に、レバー64が回動自在に設けられている。

なお、レバー64は、ケーシング47の上面側に倒したり、また直立状態にすることで、てこと偏心カムを利用して、ケーシング47を上部走行ベース35上に押圧したり、またその押圧を解除したりできる。

#### 【0025】

このように構成することで、レバー64をケーシング47の上面側に倒した場合、ケーシング47が上部走行ベース35の上面側に押圧されるため、圧縮ばね63が縮み、駆動口

50

ーラ49をガイドレール12の表面に接触させた状態を維持できる。これにより、駆動モータ48を駆動させることで、駆動ローラ49が回転し、走行台車13をガイドレール12に沿って移動させることができる。

一方、レバー64をケーシング47に対して直立状態にした場合、圧縮ばね63が自由状態となって、ケーシング47が上部走行ベース35の上面から離れ、駆動ローラ49がガイドレール12の表面と離れた状態を維持できる。これにより、走行台車13をガイドレール12に取付ける際に、駆動ローラ49が上部走行部26の走行ローラ37よりもガイドレール12側へ突出することを防止できるため、ガイドレール12への走行台車13の取付け作業が良好である。

#### 【0026】

10

図1、図2、図8(A)～(C)に示すように、下部走行ベース28の下側には、リング回転駆動部65のフレーム66が取付けられている。

フレーム66には、曲がり管11の軸心と同一方向に配置される回転軸67が、フレーム66の基部と中央部に設けられたペアリング68、69を介して、回転自在に取付けられている。この回転軸67の中央部には、マイタギア70が設けられており、その先部には、駆動平歯車71が取付けられている。

回転軸67に取付けられたマイタギア70を中心としてその両側には、出力軸にマイタギア72が取付けられた駆動モータ73と、入力軸にマイタギア74が取付けられたマイクロエンコーダ17が、それぞれ配置されている。なお、駆動モータ73とマイクロエンコーダ17は、それぞれケース75、76内に収納されている。

これらのマイタギア70、72、74は、マイタギア70を中心にして互いに噛合しているため、駆動モータ73の出力がマイタギア72を介して回転軸67を回転させると共に、その回転角度がマイタギア74を介してマイクロエンコーダ17に入力される。

#### 【0027】

20

フレーム66の中央部には、ガイドレール12の幅方向に間隔を有して配置されるガイドローラ77、78が、回転自在に設けられている。また、このフレーム66の先部には、吊り下げ状態となった固定板79が設けられ、この固定板79の下部には、ガイドレール12の幅方向に間隔を有して配置されるガイドローラ80、81が、回転自在に設けられている。

これにより、ガイドローラ77、78の下方に、ガイドローラ80、81が配置される。ここで、各ガイドローラ77、78、80、81の回転中心は平行に配置されており、しかもガイドローラ77とガイドローラ80の間隔と、ガイドローラ78とガイドローラ81の間隔とが同一となっている。なお、これらの間隔は、固定板79に設けられた2つの圧縮ばね82により、調整自在となっている。

#### 【0028】

30

図1、図2、図8(B)に示すように、リング回転駆動部65には、回転リング14が取付けられている。

回転リング14は、図9(A)、(B)に示すように、曲がり管11の外側周方向に配置されるものであり、曲がり管11の外径よりも大きな内径を有する円形のガイドリング83と、円形のラックギア84を有している。このガイドリング83の片面には、ラックギア84の片面が、その軸心を同一にして、ねじ85により一体的に接続されている。

なお、ガイドリング83は、前記したリング回転駆動部65のガイドローラ77とガイドローラ80との間、及びガイドローラ78とガイドローラ81との間に、その幅方向から挟み込まれるように配置される。また、ラックギア84は、リング回転駆動部65の駆動平歯車71に噛合するように配置される。

#### 【0029】

40

このガイドリング83とラックギア84は、それぞれその軸心を中心として2つに分割されており、しかもその分割位置をずらしている。このため、ガイドリング83とラックギア84のずれた部分を重ね合わせ、固定ねじ86によって接続することで、回転リング14を容易に環状に形成できる。

50

このように、回転リング14を、回転リング14の軸心を中心として2以上に分割することで、回転リング14のリング回転駆動部65への取付け作業、及び曲がり管11への配置作業を容易にできると共に、回転リング14を環状のまま持ち運ぶ必要がないため作業性を良好にできる。なお、回転リングは、分割しなくてもよく、また曲がり管11の外径等に応じて3以上に分割してもよい。更に、回転リングの分割は、回転リングの軸心を中心として等角度に行ったが、異なる角度でもよい。

これにより、各ガイドローラ77、78、80、81によって、ガイドリング83を走行台車13に対して回転自在な状態に支持できるので、駆動平歯車71によりラックギア84を回転させ、回転リング14を曲がり管11の軸心を中心として周方向に回転できる。なお、測定誤差が生じない範囲であれば、回転リング14の回転中心と曲がり管11の軸心とが完全に一致しなくてもよい。

#### 【0030】

図1、図2、図9(A)に示すように、回転リング14のラックギア84の表面には、曲がり管11の表面に押し付けられ、その厚みを測定する厚み測定センサ15が取付けられている。

厚み測定センサ15は、図10(A)～(D)に示すように、取付け部87を有し、この取付け部87の取付け側平坦部分が、ラックギア84の表面に取付け固定されている。取付け部87の取付け側とは反対側の対向する突出部分には、圧縮ばね88(第1の圧縮ばね)に挿通された揺動ピン89の基部が取付けられ、この揺動ピン89の先部に、首振り軸90を介して探触子ホルダー91が取付けられている。

これにより、探触子ホルダー91は、取付け部87に対して上下動可能になると共に、揺動ピン89により前後左右に揺れ動くことができる。

#### 【0031】

探触子ホルダー91には、超音波探触子(以下、超音波センサ又は単に探触子ともいう)92が、圧縮ばね93(第2の圧縮ばね)を介して上下動可能に取付けられている。また、探触子ホルダー91には、超音波探触子92を囲むように、複数(本実施の形態では4個)のボールベア94が取付けられ、超音波探触子92が曲がり管11の表面にひっかかることなく、スムーズに移動できるようになっている。

以上に示した厚み測定センサ15は、図1、図2、図9(A)に示すように、ラックギア84に2台取付けられ、しかもこの2台が、ラックギア84の軸心を中心として等角度(180度)、即ち曲がり管11の背側と腹側の対向する位置に、1台ずつ配置されている。なお、ラックギア84に取付ける厚み測定センサ15は、1台でもよく、また3台以上でもよい。また、厚み測定センサ15をラックギア84に2台以上取付ける場合は、ラックギア84の軸心を中心として等角度に取付けることが好ましいが、異なる角度でもよい。

#### 【0032】

図11に示すように、配管の検査装置10は、制御手段18を有している。

この制御手段18は、1ch超音波P/R、2ch超音波P/R、マイコン、交流100V電源に接続されるDC電源(12V)、及びコンピュータを備えている。

ここで、1ch超音波P/Rと2ch超音波P/Rは、共にパルサーレシーバである。なお、1ch超音波P/Rと2ch超音波P/Rは、図7(A)に示すように、それぞれケーブル96、97を介して走行駆動部27のケーシング47に接続され、このケーシング47に接続されたケーブル98、99により、曲がり管11の背側と腹側に配置された厚み測定センサ15の超音波探触子(1ch探触子、2ch探触子)92に接続されている。

#### 【0033】

マイコンは、走行駆動部27のロータリエンコーダ16と、リング回転駆動部65のマイクロエンコーダ17のアナログ信号を、デジタル信号に変換する機能を有している。更に、走行駆動部27のロータリエンコーダ16の出力信号に基づき、駆動モータ48に作動信号及び停止信号を送信する機能と、リング回転駆動部65のマイクロエンコーダ17の

10

20

30

40

50

出力信号に基づき、駆動モータ 7 3 に作動信号及び停止信号を送信する機能も有している。

DC 電源は、上記した 1ch 超音波 P / R、2ch 超音波 P / R、及びマイコンに、それぞれ電力供給を行っている。

なお、マイコンは、図 7 (A) に示すように、走行駆動部 2 7 のケーシング 4 7 に接続されたケーブル 1 0 0 を介して、走行駆動部 2 7 のロータリエンコーダ 1 6 及び駆動モータ 4 8 の信号の入出力と、駆動モータ 4 8 への電力供給の制御を行い、走行駆動部 2 7 のケーシング 4 7 に接続されたケーブル 1 0 1 を介して、リング回転駆動部 6 5 のマイクロエンコーダ 1 7 及び駆動モータ 7 3 の信号の入出力と、駆動モータ 7 3 への電力供給の制御を行っている。

10

#### 【0034】

更に、マイコンは、ディスプレイを備えたコンピュータに接続されている。

このコンピュータは、マイコンによって、走行台車 1 3 をガイドレール 1 2 に沿って移動させ、しかも回転リング 1 4 をリング回転駆動部 6 5 によって回転させるため、測定条件の入力を行うものである。更に、厚み測定センサ 1 5 の超音波探触子 9 2 で測定した曲がり管 1 1 の厚みを、ロータリエンコーダ 1 6 及びマイクロエンコーダ 1 7 で得られた測定位置と共にディスプレイに出力表示する機能も有している。この表示に際しては、コンピュータのディスプレイに、曲がり管 1 1 の全表面を展開状態で示し、しかも曲がり管 1 1 の厚みを色分け表示するが、これに限定されるものではない。

以上に示したように、配管の検査装置 1 0 を構成することで、従来測定が困難であった曲がり管 1 1 の厚み測定を、簡単な装置構成で容易に実施できる。

20

#### 【0035】

続いて、本発明の一実施の形態に係る配管の検査方法について、図 1、図 2 を参照しながら説明する。

まず、超音波探触子 9 2 を取付け部 8 7 に取付け、その板厚校正を行う。

そして、曲がり管 1 1 の外径に応じた内径を備える回転リング 1 4 を選択し、この回転リング 1 4 のラックギア 8 4 に取付け部 8 7 を取付けた後、この回転リング 1 4 を 2 つに分割する。この分割された一方側のガイドリング 8 3 を、リング回転駆動部 6 5 のガイドローラ 7 7 とガイドローラ 8 0 との間、及びガイドローラ 7 8 とガイドローラ 8 1 との間に配置する。このとき、分割された一方側のラックギア 8 4 についても、リング回転駆動部 6 5 の駆動平歯車 7 1 に噛合するように配置する。

30

#### 【0036】

次に、曲がり管 1 1 の背側に位置する線 L 1 の最大曲率半径に対応した曲率半径を有するガイドレール 1 2 を選択し、このガイドレール 1 2 の両側にレール固定部 1 9、2 0 を取付ける。そして、レール固定部 1 9、2 0 の磁石 2 3 を曲がり管 1 1 の表面に接触させることにより、曲がり管 1 1 の背側にガイドレール 1 2 が取付け固定される。これは、曲がり管 1 1 が鉄製であるため可能であるが、曲がり管が鉄製でない場合は、磁石 2 3 の部分を、バンド等を用いて、曲がり管に縛り付けてもよい。

これにより、曲がり管 1 1 の背側の線 L 1 から一定の距離 D を有して、曲がり管 1 1 にガイドレール 1 2 を固定できる（以上、ガイドレール取付け工程）。

40

#### 【0037】

続いて、一方側のレール固定部 1 9（レール固定部 2 0 でもよい）のみをガイドレール 1 2 から外し、走行台車 1 3 の下部走行部 2 5 と上部走行部 2 6 との間に形成される開口部を、ガイドレール 1 2 に差し込んだ後、再度、ガイドレール 1 2 をレール固定部 1 9 に取付ける。なお、ガイドレール 1 2 への走行台車 1 3 の取付けの際は、走行台車 1 3 の走行駆動部 2 7 に設けられたレバー 6 4 をケーシング 4 7 に対して立設状態とし、駆動ローラ 4 9 を自由状態にして行い、取付けた後は、レバー 6 4 をケーシング 4 7 の上面に対して倒し、駆動ローラ 4 9 をガイドレール 1 2 の表面に押し付ける。

これにより、曲がり管 1 1 の外側に取付け固定されたガイドレール 1 2 に、走行台車 1 3 を移動可能に取付けることができる。

50

## 【0038】

次に、分割された回転リング14の他方側を、曲がり管11の腹側を外側から囲むように配置し、このガイドリング83とラックギア84のずれた部分を、前記した一方側のガイドリング83とラックギア84のずれた部分に重ね合わせ、分割した状態の回転リング14を固定ねじ86によって繋げ、回転リング14を環状に形成する。

これにより、曲がり管11の外側周方向に配置される回転リング14が、走行台車13に回転自在に取付けられると共に、厚み測定センサ15の超音波探触子92を、曲がり管11の表面に押し付けることができる。なお、分割された回転リング14の一方側は、予めリング回転駆動部65へ取付けていたが、ガイドレール12に走行台車13を取付けた後に、リング回転駆動部65へ取付けてもよい。

10

## 【0039】

そして、走行台車13を、曲がり管11の測定開始位置まで移動させた後、図7(A)に示すように、厚み測定センサ15の超音波探触子92に接続されたケーブル98、99と、リング回転駆動部65に接続されたケーブル101と、制御手段18に接続されたケーブル96、97、100を、それぞれ走行駆動部27のケーシング47に接続する。

このように、各ケーブル96～101の接続が終了した後、制御手段18を操作し、配管の検査装置10の各種動作確認を行う。具体的には、走行台車13がガイドレール12の長手方向に沿ってスムーズに走行するか否か、リング回転駆動部65により回転リング14が曲がり管11の外側周囲を、曲がり管11の軸心を中心として180度の範囲で回転(又は回動)するか否かを確認する。

20

これらの動作確認が終了すれば、曲がり管11の厚み測定を行う(以上、厚み測定準備工程)。

## 【0040】

曲がり管11の厚み測定に際しては、制御手段18のコンピュータに測定条件を入力し、走行駆動部27のロータリエンコーダ16からの出力に基づいて、駆動モータ48を駆動させ、走行台車13をガイドレール12に沿って所定ピッチ(例えば、0.5～5mmの範囲)で移動させる。このとき、走行台車13がガイドレール12を所定ピッチ移動するごとに、制御手段18により、リング回転駆動部65のマイクロエンコーダ17からの出力に基づいて、駆動モータ73を駆動させ、回転リング14を曲がり管11の軸心を中心としてその周方向に回転させ、所定ピッチ(例えば、0.5～5mmの範囲)で超音波の波形を収録する。

30

この回転リング14には、回転リング14の軸心を中心として等角度に、厚み測定センサ15が2台取付けられている。このため、各厚み測定センサ15による曲がり管11の周方向の厚み測定範囲は、曲がり管11の背側の線L1を中心として±90度の範囲(合計180度の範囲)と、曲がり管11の腹側の線L2を中心として±90度の範囲(合計180度の範囲)の2つに分割でき、測定時間の短縮が図れる。

## 【0041】

このとき、各厚み測定センサ15の超音波探触子92から超音波を発し、反射されるエコー(以下、反射エコーともいう)を検出して、演算によりその位置と厚みを計算し、曲がり管11の2次元平面の展開図に、その分布状況を、所定の厚み範囲ごとに色分けして図示する。以下、この方法について、図12～図15を参照しながら説明する。

40

まず、図12に示すように、前記した方法で、制御手段18のコンピュータに測定条件を入力し(ステップS1)、各厚み測定センサ15による測定を開始する(ステップS2)ことで、測定データの収録を行う(ステップS3)。この測定データとは、検出される反射エコーと、ロータリエンコーダ16及びマイクロエンコーダ17のカウント、即ち超音波探触子92の曲がり管11の軸心方向(X方向)及び周方向(Y方向)の移動距離である。

これにより、曲がり管11の位置ごとの厚みが計算される(ステップS4)。

## 【0042】

そして、厚み測定センサ15の超音波探触子92により測定された曲がり管11の厚み(

50

反射エコーについても)を、ロータリエンコーダ16及びマイクロエンコーダ17で得られた測定位置(以下、位置情報ともいう)と共に、コンピュータのディスプレイに表示する(状況表示:ステップS5)。このとき、曲がり管11の厚みを、複数の範囲に分割して色分け表示した厚さ色分け分布図を作成することで、例えば、薄くなった箇所の検出を容易にできる。この厚さ色分け分布図は、超音波探触子92の1ch探触子と2ch探触子で別々に作成しているが、1ch探触子と2ch探触子と一緒にして作成してもよい。また、厚さ色分け分布図の作成は、曲がり管11を測定しながらリアルタイムに行なうことが好ましいが、測定終了後に行ってもよい。このように、リアルタイムに行なった場合には、測定の進捗状況及び測定結果が容易に確認できる。

なお、得られた結果が、例えば、極端におかしいというような問題がないものであれば、状況表示を終了し(ステップS6)、このデータをファイルに保存して(ステップS7)、測定を終了する。一方、上記した問題があれば、再度ステップS3へ戻り、必要なデータが得られるまで、ステップS3～ステップS5を繰り返し行う。

#### 【0043】

次に、このファイルを使用して、曲がり管11の各種情報を表示する方法について、図13を参照しながら説明する。

まず、前記したファイルを読み込み(ステップS8)、1ch探触子と2ch探触子と一緒にした曲がり管11の厚さ色分け分布図を作成する(ステップS9)。

そして、曲がり管11の各種情報を、ディスプレイ上に表示する(ステップS10)。この情報には、例えば、前記した反射エコー、位置情報、曲がり管11の断面図、及び厚さ色分け分布図(補正あり又は補正なし)がある。

このように、曲がり管11の各種情報をディスプレイ上に表示した後、知りたい情報を変える場合は、表示モードの切り替えを行ってステップS9に戻り、再度ステップS10で情報を表示する。また、他の曲がり管11の各種情報を表示する場合には、ファイルを選択し直すため、ステップS8へ戻り、ステップS9、ステップS10を順次行う(ステップS11)。

そして、情報の確認が終われば、終了する。

#### 【0044】

なお、曲がり管11の1ch探触子と2ch探触子と一緒にした曲がり管11の厚さ色分け分布図を作成するに際しては、曲がり管11の展開図を作成する必要がある。

ここで、曲がり管11の曲率を補正することなく作成した場合、曲がり管11の軸心方向(X方向)と周方向(Y方向)の位置は、直感的には分かりやすいが、曲がり管11の背側に対して腹側の距離が短いため、ディスプレイ上では、曲がり管11の腹側に近づくと共に、X方向に拡大されて表示される。その結果、厚みの減少領域が横に広がって表示され、現実と異なった判断がなされることになる。

しかし、曲がり管11の曲率を補正して作成した場合、この不具合が解消され、現実に即した形状で曲がり管11の厚み分布をみることができる。ここで、曲がり管11の断面図を表示する場合には、同時に、曲率補正した線を、曲がり管11の展開図上に位置させることで、曲がり管11の断面位置の把握が容易になる。

この曲率補正の有無は、厚さ色分け分布図の使用状況により、切り替えて表示する。

#### 【0045】

続いて、曲がり管11の展開図の作成方法について、図14、図15を参照しながら説明する。

前記したように、曲がり管11の厚み測定は、曲がり管11の軸心を中心として、超音波探触子92を曲がり管11の周方向に回転させ、曲がり管11の周方向の連続厚みの測定を行なった後、超音波探触子92を曲がり管11の軸方向に、一定のピッチで移動させる操作を繰り返すことにより行う。

このため、図14に示す90度の曲がり部の全厚みの測定を行う場合、内側の超音波探触子の移動ピッチは、外側の移動ピッチの( $F - d / 2$ ) / ( $F + d / 2$ )倍に小さくなる。なお、Fは、曲がり管の一端面から他端面の軸心位置までの距離であり、dは曲がり管

10

20

30

40

50

の外径である。

【0046】

従って、厚み測定結果を展開図に色分け表示するに際し、曲がり管の展開図を長方形の平面で表示しようとすれば、曲がり管の背側と原側に同一寸法の減肉部が存在する場合、背側よりも腹側の方が大きな減肉部であるかのように表示されてしまう。

そこで、周方向の各位置における曲率半径を求めて、曲がり管の展開図を作成することにより、曲がり管の背側と腹側で、同様の評価ができるようになる。

日本工業規格 (JIS) では、90度の曲がり管の寸法は、図14に示すように、外径dと、曲がり管の中心から端面までの距離Fとで規定されている。

このとき、曲がり管の断面において、背側OからP(任意の位置)までの周方向の距離y 10

は、(1)式で示される。

$$y = d (180^\circ - \theta) / 360^\circ \quad \dots \quad (1)$$

【0047】

また、Pにおける曲がり管の曲率半径Rは、(2)式で求めることができる。

$$R = F - (d \cdot \cos \theta) / 2 \quad \dots \quad (2)$$

これにより、Pにおける探触子の移動ピッチは、背側Oにおける移動ピッチのR / (F + d / 2)倍となり、図15に示す展開図を作成できる。なお、この展開図は、「90°エルボ 150A ロング」の曲がり管の展開図である(d = 165.2mm, F = 228.6mm)。

そして、このように作成した展開図に対して、厚み測定結果を色分け表示する。

このように、曲がり管11の展開は、曲がり管11の線L2で行っているが、曲がり管11の他の線L1又は線L3で行ってもよい(以上、測定結果出力工程)。

【0048】

以上、本発明を、実施の形態を参照して説明してきたが、本発明は何ら上記した実施の形態に記載の構成に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載されている事項の範囲内で考えられるその他の実施の形態や変形例も含むものである。例えば、前記したそれぞれの実施の形態や変形例の一部又は全部を組合せて本発明の配管の検査装置及びその検査方法を構成する場合も本発明の権利範囲に含まれる。

【図面の簡単な説明】

【0049】

30

【図1】本発明の一実施の形態に係る配管の検査装置の使用状態の説明図である。

【図2】同配管の検査装置の部分正断面図である。

【図3】同配管の検査装置の走行台車の下部走行部の部分側断面図である。

【図4】(A)、(B)はそれぞれ同配管の検査装置の走行台車の下部走行部の部分平断面図、部分正断面図である。

【図5】同配管の検査装置の走行台車の上部走行部の部分側断面図である。

【図6】(A)、(B)はそれぞれ同配管の検査装置の走行台車の上部走行部の部分平断面図、部分正断面図である。

【図7】(A)～(C)はそれぞれ同配管の検査装置の走行台車の走行駆動部の部分平断面図、部分正断面図、部分側断面図である。

【図8】(A)～(C)はそれぞれ同配管の検査装置のリング回転駆動部の部分平断面図、部分正断面図、部分側断面図である。

【図9】(A)、(B)はそれぞれ同配管の検査装置の回転リングの正面図、側面図である。

【図10】(A)～(D)はそれぞれ同配管の検査装置の厚み測定センサの平面図、正面図、側面図、部分側面図である。

【図11】同配管の検査装置の説明図である。

【図12】同配管の検査装置によるデータ処理のフローチャートである。

【図13】同配管の検査装置により処理されたデータから曲がり管の各種情報を表示するためのフローチャートである。

40

50

【図14】曲がり管の展開図を作成するための説明図である。

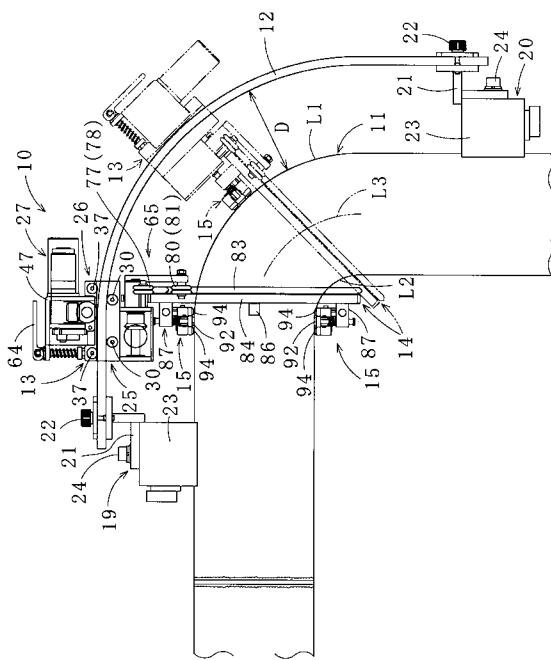
【図15】作成した曲がり管の展開図の説明図である。

【符号の説明】

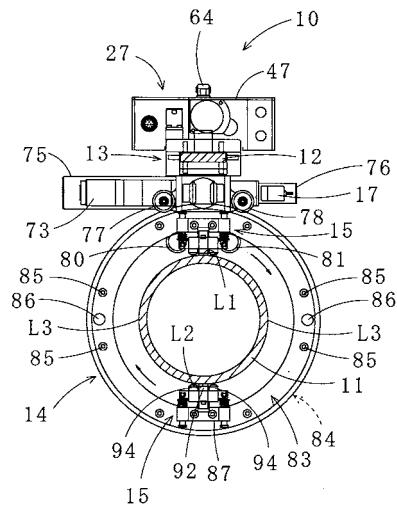
【0050】

10 : 配管の検査装置、11 : 曲がり管(配管)、12 : ガイドレール、13 : 走行台車、14 : 回転リング、15 : 厚み測定センサ、16 : ロータリエンコーダ(第1の位置検知センサ)、17 : マイクロエンコーダ(第2の位置検知センサ)、18 : 制御手段、19 : レール固定部、20 : 接続部、21 : ねじ、22 : 磁石(固定手段)、24 : ボルト、25 : 下部走行部、26 : 上部走行部、27 : 走行駆動部、28 : 下部走行ベース、29 : 走行ローラ軸、30 : 走行ローラ、31 : ガイドローラ軸、32 : ベアリング、33 : ガイドローラ、34 : ねじ、35 : 上部走行ベース、36 : 走行ローラ軸、37 : 走行ローラ、38 : ベアリング、39 : 回転軸、40 : 載置台、41 : ベアリング、42 : エンコーダケース、43 : 引張ばね、44 : 入力軸、45 : ベアリング、46 : 距離測定用ローラ、47 : ケーシング、48 : 駆動モータ、49 : 駆動ローラ、50 : 減速手段、51 : 出力軸、52 : モータ平歯車、53 : 車軸用平歯車、54 : ベアリング、55 : ウォームホイル、56 : ウォームギア、57 : ベアリング、58 : 回転軸、59 : ガイド部、60 : 孔、61 : セット軸、62 : 止め部、63 : 圧縮ばね、64 : レバー、65 : リング回転駆動部、66 : フレーム、67 : 回転軸、68 : 69 : ベアリング、70 : マイタギア、71 : 駆動平歯車、72 : マイタギア、73 : 駆動モータ、74 : マイタギア、75 : 76 : ケース、77 : 78 : ガイドローラ、79 : 固定板、80 : 81 : ガイドローラ、82 : 圧縮ばね、83 : ガイドリング、84 : ラックギア、85 : ねじ、86 : 固定ねじ、87 : 取付け部、88 : 圧縮ばね、89 : 揺動ピン、90 : 首振り軸、91 : 探触子ホルダー、92 : 超音波探触子、93 : 圧縮ばね、94 : ボールベア、96 ~ 101 : ケーブル

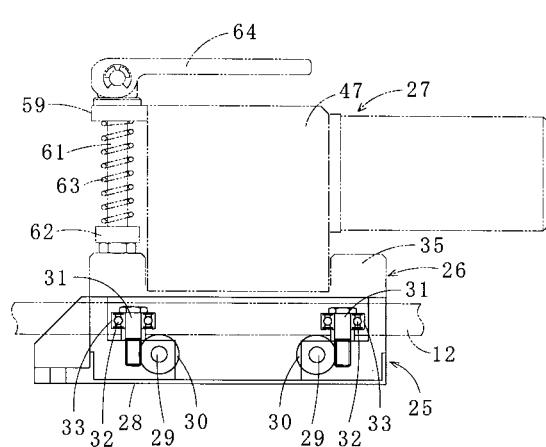
【図1】



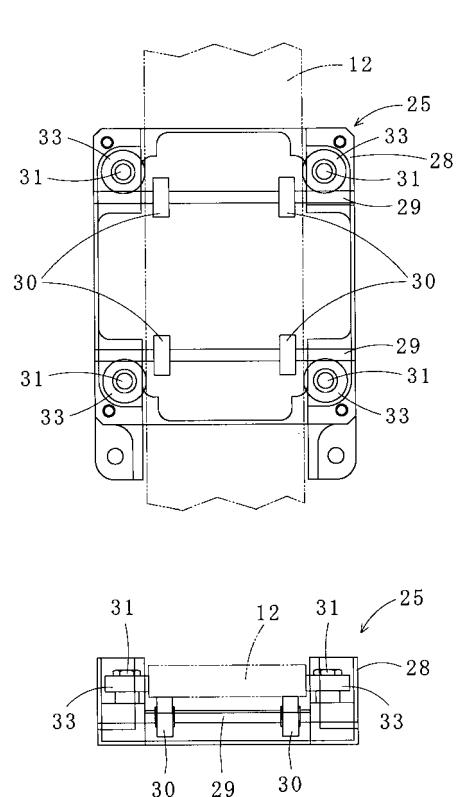
【図2】



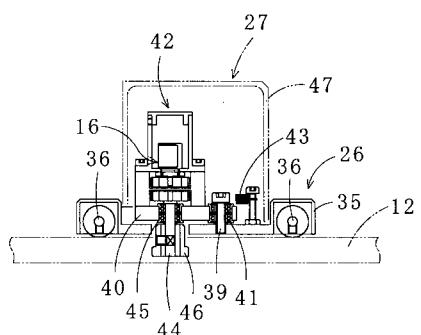
【図3】



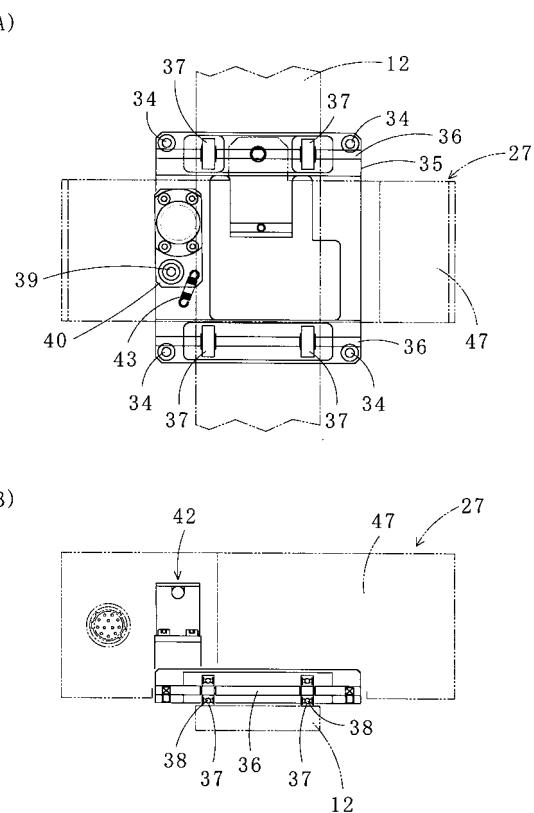
【図4】



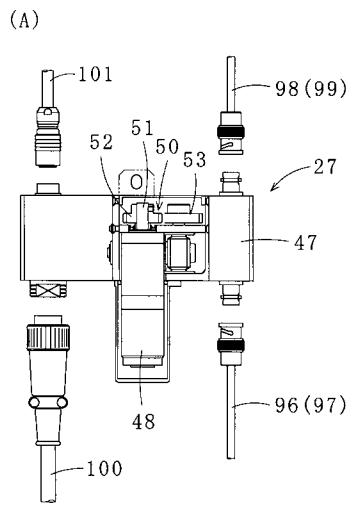
【図5】



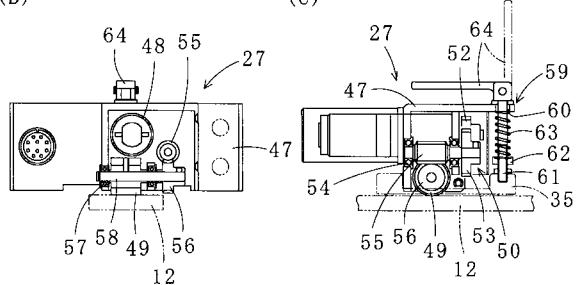
【図6】



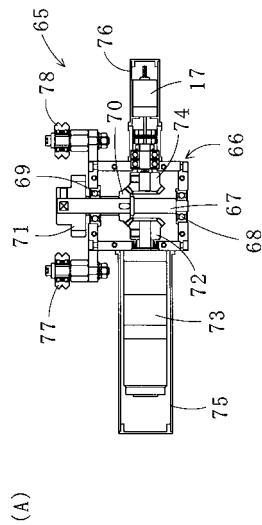
【 义 7 】



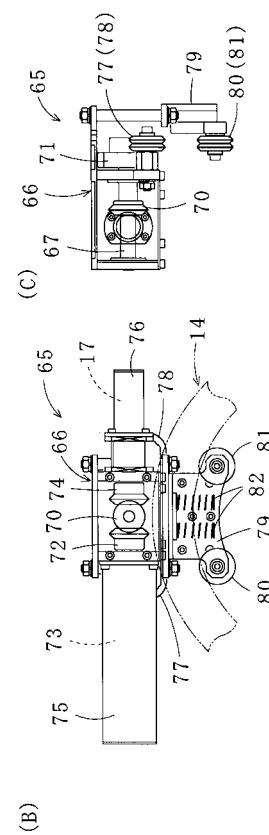
(B)



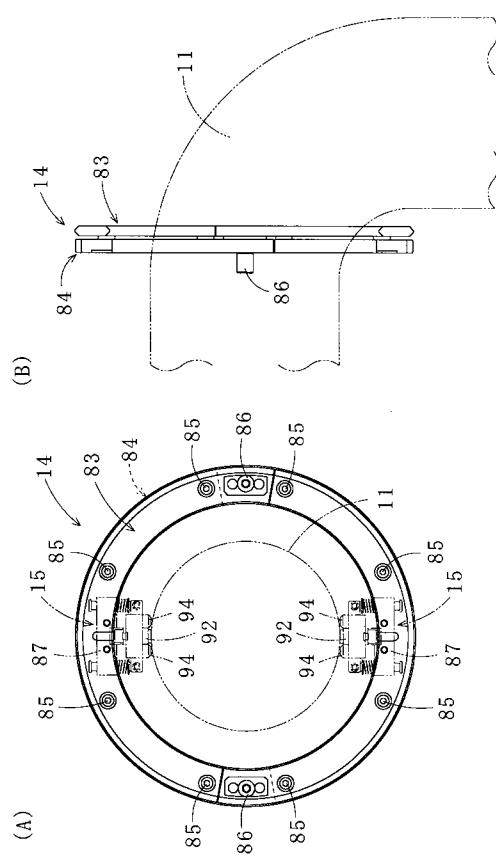
(c)



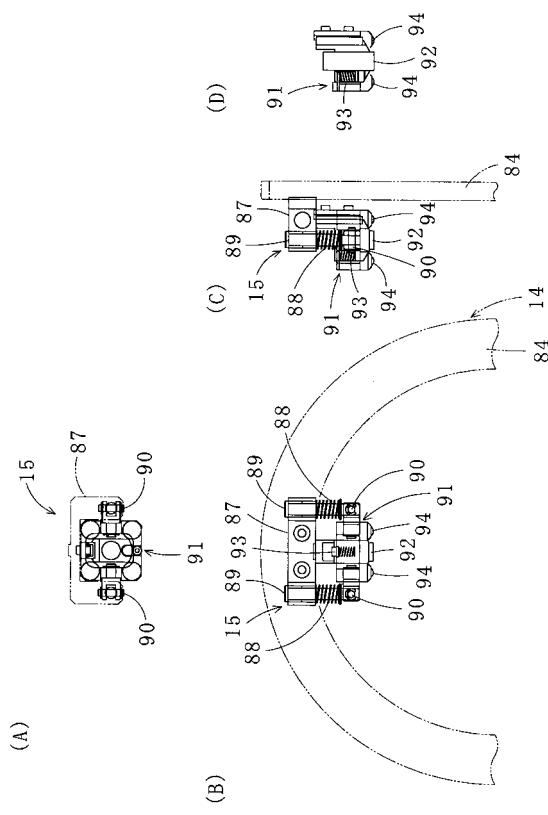
【図8】



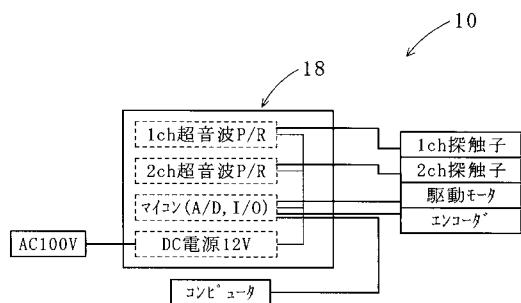
【図9】



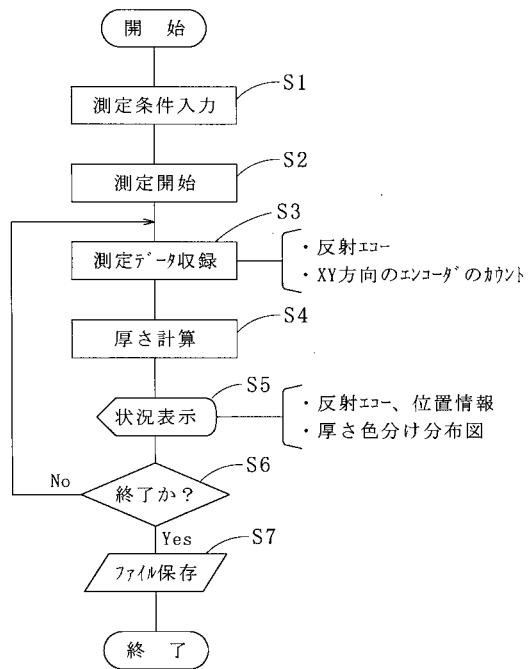
【図10】



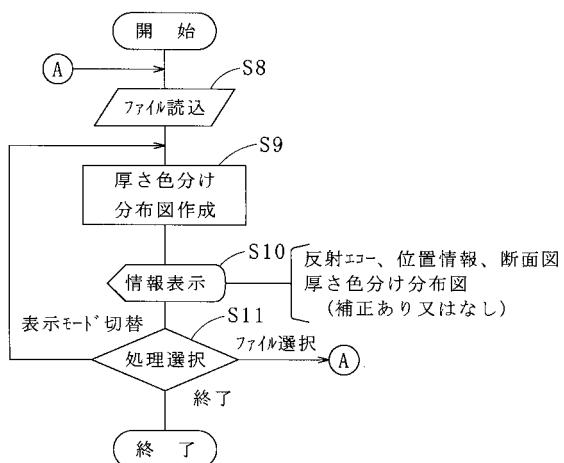
【図11】



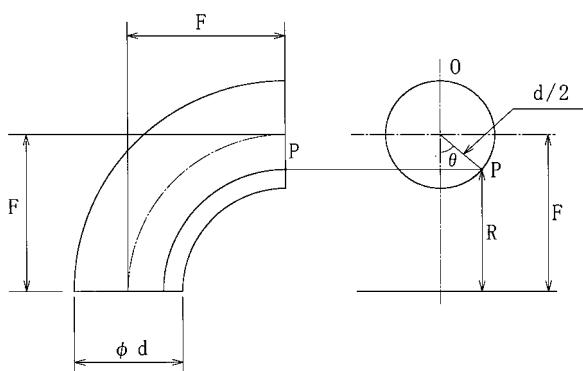
【図12】



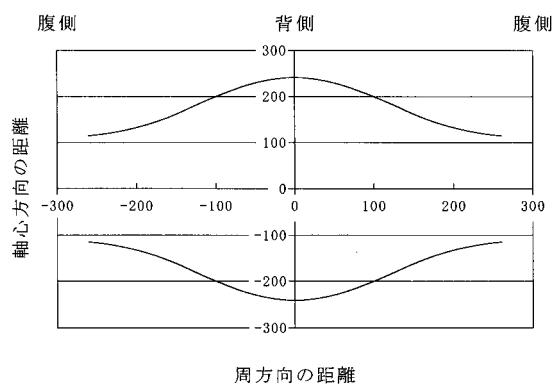
【図13】



【図14】



【図 15】



---

フロントページの続き

(72)発明者 澤井 悟  
東京都千代田区有楽町1丁目1番2号 旭化成ケミカルズ株式会社内

(72)発明者 田村 孝市  
東京都千代田区有楽町1丁目1番2号 旭化成ケミカルズ株式会社内

(72)発明者 芳賀 啓之  
東京都港区港南4丁目1番8号 旭化成エンジニアリング株式会社内

(72)発明者 松尾 祐次  
東京都港区港南4丁目1番8号 旭化成エンジニアリング株式会社内

(72)発明者 西村 裕二  
福岡県北九州市小倉北区井堀4丁目10番13号 新日本非破壊検査株式会社内

(72)発明者 中川 峰寛  
福岡県北九州市小倉北区井堀4丁目10番13号 新日本非破壊検査株式会社内

(72)発明者 富高 健幸  
福岡県北九州市小倉北区井堀4丁目10番13号 新日本非破壊検査株式会社内

審査官 中川 康文

(56)参考文献 特開昭56-039459(JP,A)  
特開昭56-049953(JP,A)  
実開昭58-054597(JP,U)  
特開昭60-031053(JP,A)  
特開昭60-071948(JP,A)  
特開昭60-228958(JP,A)  
実開昭61-021961(JP,U)  
実開昭61-032961(JP,U)  
特開昭61-034459(JP,A)  
特開昭61-153562(JP,A)  
特開昭61-250553(JP,A)  
特開昭62-030953(JP,A)  
特開平01-219506(JP,A)  
実開平02-110808(JP,U)  
実開平03-033368(JP,U)  
特開平03-033651(JP,A)  
特開平04-089512(JP,A)  
特開平05-040189(JP,A)  
実開平05-040873(JP,U)  
実開平06-002222(JP,U)  
特開平07-181171(JP,A)  
特開平07-280783(JP,A)  
特開平09-288094(JP,A)  
特開2000-346632(JP,A)  
特開2006-234761(JP,A)  
特開2007-114215(JP,A)  
特開2007-132713(JP,A)  
特開2007-187593(JP,A)  
特開2007-212406(JP,A)  
特開2008-032518(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G 01 B 7 / 00 - 7 / 34  
G 01 B 17 / 00 - 17 / 08  
G 01 B 21 / 00 - 21 / 32  
G 01 N 27 / 72 - 27 / 90  
G 01 N 29 / 00 - 29 / 28