

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6031074号
(P6031074)

(45) 発行日 平成28年11月24日 (2016.11.24)

(24) 登録日 平成28年10月28日 (2016.10.28)

(51) Int.Cl.	F I
GO 1 N 29/04 (2006.01)	GO 1 N 29/04
GO 1 N 29/28 (2006.01)	GO 1 N 29/28
GO 1 N 29/32 (2006.01)	GO 1 N 29/32
GO 1 N 29/22 (2006.01)	GO 1 N 29/22

請求項の数 14 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2014-192278 (P2014-192278)	(73) 特許権者	000005348
(22) 出願日	平成26年9月22日 (2014. 9. 22)		富士重工業株式会社
(65) 公開番号	特開2016-61760 (P2016-61760A)		東京都渋谷区恵比寿一丁目20番8号
(43) 公開日	平成28年4月25日 (2016. 4. 25)	(74) 代理人	100080001
審査請求日	平成27年2月12日 (2015. 2. 12)		弁理士 筒井 大和
		(74) 代理人	100093023
			弁理士 小塚 善高
		(74) 代理人	100117008
			弁理士 筒井 章子
		(72) 発明者	若山 寛司
			東京都渋谷区恵比寿一丁目20番8号 富士重工業株式会社内
		審査官	比嘉 翔一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波探傷装置および超音波探傷方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

リングギアが溶接されたデフケースを液体に浸漬して前記デフケースの溶接部を超音波によって探傷する超音波探傷装置であって、

前記デフケースを浸漬する前記液体が貯められた液槽と、

前記デフケースを保持して前記液槽に浸漬するワーク保持部と、

前記デフケースの溶接部に超音波を照射して、その反射波を受信して前記溶接部の超音波探傷を行う超音波プローブと、

前記超音波プローブが受信した反射に基づいて超音波画像を生成する画像処理部と、

前記リングギアと前記デフケースとの溶接止端部に形成される空隙内の気体を検査用液体に置換する置換部と、

を有し、

前記置換部は、前記超音波プローブが前記超音波を照射する前に、前記空隙の気体を前記検査用液体に置換し、前記空隙を真空引きすることによって発生した負圧を用いて、前記空隙の気体を前記検査用液体に置換する、超音波探傷装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載の超音波探傷装置において、

前記置換部は、前記空隙の気体を前記検査用液体に置換する際に、前記空隙に前記検査用液体を予め設定された期間流動させる、超音波探傷装置。

【請求項 3】

10

20

請求項 1 記載の超音波探傷装置において、
さらに、前記空隙の圧力を測定する圧力センサと、
前記溶接部に溶接欠陥によるリークがあるか否かを判定する判定部と、
を有し、

前記判定部は、前記置換部が前記空隙を真空引きした際に、前記圧力センサが測定した圧力値をモニタし、モニタ期間内に前記圧力値に変化があると、前記溶接部に溶接欠陥によるリークがあると判定する、超音波探傷装置。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の超音波探傷装置において、
前記置換部は、前記空隙の気体を前記デフケースまたは前記リングギアの少なくともい
ずれかに形成された溶接時の空気を逃がす空気抜け孔を介して前記検査用液体に置換する
、超音波探傷装置。

10

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の超音波探傷装置において、
前記置換部は、前記超音波プローブによる超音波探傷が終了した際に、前記空隙を加圧
することにより、前記空隙内の検査用液体を除去する、超音波探傷装置。

【請求項 6】

請求項 5 記載の超音波探傷装置において、
前記置換部は、前記空隙を前記デフケースまたは前記リングギアの少なくともい
ずれかに形成された溶接時の空気を逃がす空気抜け孔を介して加圧する、超音波探傷装置。

20

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の超音波探傷装置において、
前記置換部が置換する検査用液体は、前記液槽に貯められた液体である、超音波探傷装
置。

【請求項 8】

リングギアが溶接されたデフケースを液槽内に貯められた液体に浸漬して前記デフケー
スの溶接部を超音波プローブによって探傷する超音波探傷装置による超音波探傷方法であ
って、

前記液体に前記デフケースを浸漬し、前記リングギアと前記デフケースとの溶接止端部
に形成される空隙の気体を検査用液体に置換して超音波プローブによる探傷を行い、

30

前記空隙の置換は、前記空隙を真空引きすることによって発生した負圧を用いて、前記
空隙の気体を前記検査用液体に置換する、超音波探傷方法。

【請求項 9】

請求項 8 記載の超音波探傷方法において、
前記空隙内の気体を前記検査用液体に置換する際に、前記空隙に前記検査用液体を予め
設定された期間流動させる、超音波探傷方法。

【請求項 10】

請求項 8 記載の超音波探傷方法において、
さらに、前記空隙を真空引きした際に、前記空隙の圧力値をモニタし、モニタ期間内に
前記圧力値に変化があると、前記溶接部に溶接欠陥によるリークがあると判定する、超音
波探傷方法。

40

【請求項 11】

請求項 8 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の超音波探傷方法において、
前記空隙の置換は、前記デフケースまたは前記リングギアの少なくともい
ずれかに形成された溶接時の空気を逃がす空気抜け孔を介して行う、超音波探傷方法。

【請求項 12】

請求項 8 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の超音波探傷方法において、
さらに、前記溶接部の超音波探傷が終了した際に、前記空隙を加圧することにより、前
記空隙内の検査用液体を除去する、超音波探傷方法。

【請求項 13】

50

請求項 1 2 記載の超音波探傷方法において、

前記空隙の加圧は、前記デフケースまたは前記リングギアの少なくともいずれかに形成された溶接時の空気を逃がす空気抜け孔を介して行う、超音波探傷方法。

【請求項 1 4】

請求項 8 ~ 1 3 のいずれか 1 項に記載の超音波探傷方法において、

前記空隙の気体と置換する前記検査用液体は、前記液槽に貯められた前記液体である、超音波探傷方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明は、超音波探傷装置および超音波探傷方法に関し、特に、溶接止端部に空隙を有するワークのブローホール検出に有効な技術に関する。

【背景技術】

【0002】

自動車などに用いられるファイナルドライブユニットとして設けられるデファレンシャルギアのデフケースは、該デフケースの外周部にハイポイドギアなどのリングギアが接合された構造からなる。

【0003】

デフケースとリングギアとは、溶接によって接合されており、例えばレーザ溶接などの溶接技術が広く用いられる。レーザ溶接は、レーザ光を照射し、デフケースとリングギアとの接合部を溶融、凝固させることによって接合する技術である。

20

【0004】

リングギアが溶接されたデフケースは、例えば超音波探傷装置などによって溶接品質の検査が行われる。超音波探傷装置は、溶着金属に生じる球状あるいはほぼ球状の空洞からなる微小欠陥、すなわちブローホールを検出する装置である。

【0005】

超音波探傷検査は、液槽に満たした液体の中にリングギアが溶接されたデフケースを浸漬させ、同様に液槽中に浸漬させた超音波プローブから超音波を送信し、欠陥で反射する超音波に基づいて欠陥の評価を行う。デフケースおよび超音波プローブを液体中に浸漬させるのは、空気層によって超音波が反射することを防止するためである。

30

【0006】

なお、この種の超音波浸漬による探傷技術については、例えばワークを液槽の水中に浸漬するとき、ワーク温度と該ワークが浸漬される水の温度との間に大きな温度差が生じることを防止することにより測定精度を向上させるものがある（例えば特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献 1】特開 2 0 0 1 - 2 0 1 4 8 5 号公報

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

デフケースとリングギアとを溶接する際には、デフケースにリングギアをはめ込んだ状態において、これらデフケースとリングギアとが当接する部分を外周に沿って溶接接合が行われる。この場合、デフケースとリングギアと溶接止端部には、デフケース内部側に溶接が施されない空隙が形成されてしまう。

【0009】

探傷検査を行うために超音波を溶接領域に照射した場合、前述した空隙によって超音波が反射され、該空隙による反射をブローホールの欠陥として検出してしまう恐れがある。そのため、溶接欠陥の検出精度が低下してしまうという問題がある。

50

【 0 0 1 0 】

本発明の目的は、溶接止端部などに空隙を有するワークにおける溶接接合の欠陥検査の検出精度を向上させることのできる技術を提供することにある。

【 0 0 1 1 】

本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴については、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、次のとおりである。

【 0 0 1 3 】

すなわち、代表的な超音波探傷装置は、リングギアが溶接されたデフケースを液体に浸漬してデフケースの溶接部を超音波によって探傷する。この超音波探傷装置は、液槽、ワーク保持部、超音波プローブ、画像処理部、および置換部を有する。

【 0 0 1 4 】

液槽は、デフケースを浸漬する液体が貯められる。ワーク保持部は、デフケースを保持して液槽に浸漬する。超音波プローブは、デフケースの溶接部に超音波を照射して、その反射波を受信して溶接部の超音波探傷を行う。画像処理部は、超音波プローブが受信した反射に基づいて超音波画像を生成する。置換部は、リングギアとデフケースとの溶接止端部に形成される空隙内の気体を検査用液体に置換する。

【 0 0 1 5 】

特に、置換部は、超音波プローブが超音波を照射する前に、空隙の気体を検査用液体に置換する。

【 0 0 1 6 】

また、置換部は、空隙の気体を検査用液体に置換する際に、空隙に検査用液体を予め設定された期間流動させる。

【発明の効果】

【 0 0 1 7 】

本願において開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば以下のとおりである。

(1) 溶接欠陥の検出精度を向上させることができる。

(2) 装置コストを抑えることができる。

(3) ワークの信頼性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 8 】

【図 1】一実施の形態による超音波探傷装置における構成の一例を示す説明図である。

【図 2】図 1 の超音波探傷装置によるワークの溶接検査の際の一例を示す説明図である。

【図 3】図 3 は、図 2 の A - A ' 断面図である。

【図 4】図 2 の A 部を拡大した説明図である。

【図 5】図 1 の超音波探傷装置による溶接欠陥の検査における処理の一例を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 9 】

以下の実施の形態においては便宜上その必要があるときは、複数のセクションまたは実施の形態に分割して説明するが、特に明示した場合を除き、それらはお互いに無関係なものではなく、一方は他方の一部または全部の変形例、詳細、補足説明等の関係にある。

【 0 0 2 0 】

また、以下の実施の形態において、要素の数等（個数、数値、量、範囲等を含む）に言及する場合、特に明示した場合および原理的に明らかに特定の数に限定される場合等を除き、その特定の数に限定されるものではなく、特定の数以上でも以下でもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 1 】

さらに、以下の実施の形態において、その構成要素（要素ステップ等も含む）は、特に明示した場合および原理的に明らかに必須であると考えられる場合等を除き、必ずしも必須のものではないことは言うまでもない。

【 0 0 2 2 】

同様に、以下の実施の形態において、構成要素等の形状、位置関係等に言及するときは特に明示した場合および原理的に明らかにそうではないと考えられる場合等を除き、実質的にその形状等に近似または類似するもの等を含むものとする。このことは、上記数値および範囲についても同様である。

【 0 0 2 3 】

また、実施の形態を説明するための全図において、同一の部材には原則として同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。なお、図面をわかりやすくするために平面図であってもハッチングを付す場合がある。

【 0 0 2 4 】

以下、実施の形態を詳細に説明する。

【 0 0 2 5 】

超音波探傷装置の構成

図 1 は、一実施の形態による超音波探傷装置 1 0 における構成の一例を示す説明図である。図 2 は、図 1 の超音波探傷装置 1 0 によるワークの溶接検査の際の一例を示す説明図である。図 3 は、図 2 の A - A ' 断面図である。なお、図 2 においては、わかりやすくするために液槽 1 1 に浸漬されたワーク W K、回転固定治具 1 4、および開閉バルブ 1 7 ~ 1 9 について示しており、また、ワーク W K と回転固定治具 1 4 とを断面にて示している。

【 0 0 2 6 】

超音波探傷装置 1 0 は、ワーク W K の溶接欠陥を検査する装置である。ワーク W K は、例えばレーザ溶接などによってハイポイドギアなどのリングギア R G が溶接されたデフケース D F C である。

【 0 0 2 7 】

超音波探傷装置 1 0 は、図 1 ~ 図 3 に示すように、液槽 1 1、超音波プローブ 1 2、プローブ駆動機構 1 3、回転固定治具 1 4、真空ポンプ 1 5、加圧ポンプ 1 6、開閉バルブ 1 7 ~ 1 9、検査処理部 2 0、および圧力センサ 2 1 を有する。

【 0 0 2 8 】

液槽 1 1 は、ワーク W K を浸漬させるのに十分な量の液体を滞留させるバスタブ状の液槽である。液体は、例えば p H 1 0 程度のアルカリ性の水あるいはオイルなどである。液槽 1 1 内には、超音波プローブ 1 2 が設けられている。超音波プローブ 1 2 は、ワーク W K の探傷時において、ワーク W K と同様に液槽 1 1 の液体に浸漬されるように配置される。超音波プローブ 1 2 は、いわゆる探触子であり、ワーク W K に対して超音波を発振するとともに、その反射波を受信する。

【 0 0 2 9 】

超音波プローブ 1 2 が受信した反射波は、検査処理部 2 0 に出力される。検査処理部 2 0 は、信号処理部 2 0 a、および検査制御部 2 0 b を有する。画像処理部である信号処理部 2 0 a は、例えば超音波プローブ 1 2 が受信した反射波に基づいて超音波画像を生成し、溶接不良の有無を判定する。

【 0 0 3 0 】

プローブ駆動機構 1 3 は、超音波プローブを駆動する。このプローブ駆動機構 1 3 は、例えばオフセット機構およびフォーカス機構を備え、判定部である検査制御部 2 0 b から出力される駆動制御信号に基づいて、超音波プローブ 1 2 を駆動させる。

【 0 0 3 1 】

オフセット機構は、超音波プローブ 1 2 を液面に水平方向、すなわち図 2 に示す Y 軸方向に移動させる。このオフセット機構によって、超音波プローブ 1 2 の測定ピッチが決定

10

20

30

40

50

される。測定ピッチを小さくすることによって、より高精度な測定結果を得ることができる。

【 0 0 3 2 】

フォーカス機構は、超音波プローブ 1 2 を液面と直交する垂直方向、すなわち図 2 に示す Z 軸方向に移動させる。フォーカス機構は、反射波を受信するフォーカス距離がほぼ一定に保たれるように超音波プローブ 1 2 を移動させる。

【 0 0 3 3 】

液槽 1 1 の下部には、ワーク載置部 1 1 a が設けられている。ワーク載置部 1 1 a は、ワーク W K を載置するステージであり、該ワーク W K を載置した状態で回転自在な構成となっている。液槽 1 1 の上方には、ワーク保持部となる回転固定治具 1 4 が設けられている。

10

【 0 0 3 4 】

真空ポンプ 1 5 は、真空引きするポンプである。加圧ポンプ 1 6 は、例えばエアコンプレッサなどからなり、圧縮した空気を排出する。開閉バルブ 1 7 ~ 1 9 は、例えばソレノイドバルブなどからなり、検査制御部 2 0 b の制御信号に基づいて、流量調整を行う。

【 0 0 3 5 】

回転固定治具および開閉バルブなどの接続構成例

ここで、図 2 を用いて、回転固定治具 1 4 、真空ポンプ 1 5 、加圧ポンプ 1 6 、および開閉バルブ 1 7 ~ 1 9 の接続構成について説明する。

【 0 0 3 6 】

20

回転固定治具 1 4 は、ワーク載置部 1 1 a に載置されるワーク W K を固定するとともに、溶接欠陥を検査する際に該ワーク W K を回転をさせる治具である。回転固定治具 1 4 は、ドーム 3 0 を有する。このドーム 3 0 は、例えば上端が閉塞された円筒からなる。

【 0 0 3 7 】

ドーム 3 0 には、圧力センサ 2 1 が設けられている。圧力センサ 2 1 は、ドーム 3 0 内の圧力を測定するセンサであり、該圧力センサ 2 1 の測定結果は、検査制御部 2 0 b に出力される。

【 0 0 3 8 】

また、ドーム 3 0 の下端の円周上には、ワーク W K と圧接することにより密着するシールゴム 3 0 a が設けられている。ドーム 3 0 には、例えば円柱状の駆動ロッド 3 1 が該ドーム 3 0 の上端を貫通するよう設けられている。

30

【 0 0 3 9 】

ドーム 3 0 の上方に位置する駆動ロッド 3 1 の一端には、図示しないモータなどの治具駆動部が接続される。この治具駆動部を動作させることによってワーク載置部 1 1 a に載置されたワーク W K を回転させる。

【 0 0 4 0 】

ドーム 3 0 の内部に位置する駆動ロッド 3 1 の他端には、ワーク W K を固定するワーク固定部 3 2 が設けられている。ワーク固定部 3 2 には、ワーク W K の中央孔 W K H に挿入する固定軸 3 2 a が設けられている。この固定軸 3 2 a をワーク W K の中央孔 W K H に挿入することにより、ワーク W K の固定および位置決めを行う。

40

【 0 0 4 1 】

また、回転固定治具 1 4 は、治具駆動部によって図示しないワーク搬入部から液槽 1 1 まで、および液槽 1 1 から図示しない液切りステージまでをそれぞれ移動することができる。ワーク搬入部は、溶接工程などの前工程から送られるワークが載置されるエリアであり、液切りステージは、超音波測定が終了したワークを搬出するためのエリアである。

【 0 0 4 2 】

ドーム 3 0 には、流路孔 3 5 が設けられている。また、ドーム 3 0 およびシールゴム 3 0 a には、流路孔 3 6 , 3 7 がそれぞれ設けられている。流路孔 3 5 は、ドーム 3 0 の内側面と外側面とを貫通する孔であり、該流路孔 3 5 には、開閉バルブ 1 7 の一方の接続部が接続されている。また、開閉バルブ 1 7 の他方の接続部には、真空ポンプ 1 5 が接続さ

50

れている。

【 0 0 4 3 】

流路孔 3 6 は、ドーム 3 0 の外側面から該ドーム 3 0 の下端に設けられるシールゴム 3 0 a にかけてまでが貫通するように形成された孔である。流路孔 3 7 は、ドーム 3 0 の内側面からシールゴム 3 0 a にかけてまでが貫通するように形成された孔である。

【 0 0 4 4 】

ワーク W K と密着するシールゴム 3 0 a の密着面に形成される流路孔 3 6 の開口部 3 6 a および同じくシールゴム 3 0 a の密着面に形成される流路孔 3 7 の開口部 3 7 a は、ワーク W K に形成された空気抜け孔 A H と対向する位置に形成されている。

【 0 0 4 5 】

空気抜け孔 A H は、溶接によって加熱されて膨張した空気を逃がすための孔であり、溶接時に、該空気抜け孔 A H から加熱された空気を逃すことによって、ワーク W K であるリングギア R G とデフケース D F C との溶接不良を防止する。

【 0 0 4 6 】

空気抜け孔 A H は、例えばリングギア R G に設けられ、該リングギア R G の円周等分 2 箇所形成される。なお、空気抜け孔 A H については、リングギア R G またはデフケース D F C の少なくともいずれかに形成されればよい。

【 0 0 4 7 】

流路孔 3 6 には、開閉バルブ 1 8 の一方の接続部、および開閉バルブ 1 9 の一方の接続部がそれぞれ接続されている。開閉バルブ 1 9 の他方の接続部は、液槽 1 1 に満たされた液体に浸漬される構成となっている。開閉バルブ 1 8 の他方の接続部には、加圧ポンプ 1 6 が接続されている。

【 0 0 4 8 】

検査制御部 2 0 b は、前述した駆動ロッド 3 1 に接続される治具駆動部、プローブ駆動機構 1 3 の動作制御、開閉バルブ 1 7 ~ 1 9 の開閉制御、真空ポンプ 1 5 の動作制御、および加圧ポンプ 1 6 の動作制御などを行う。

【 0 0 4 9 】

また、検査制御部 2 0 b、開閉バルブ 1 7 ~ 1 9、真空ポンプ 1 5、および加圧ポンプ 1 6 などによって置換部が構成される。

【 0 0 5 0 】

図 4 は、図 2 の A 部を拡大した説明図である。

【 0 0 5 1 】

図 4 に示すように、リングギア R G が圧入されたデフケース D F C において、デフケース D F C とリングギア R G とが当接する部分を外周に沿ってレーザ溶接による溶接接合 L W が行われている。

【 0 0 5 2 】

また、デフケース D F C とリングギア R G と溶接止端部において、デフケース D F C 内部側には、溶接が施されない空隙 A G が形成されている。空隙 A G は、空気抜け孔 A H に連通しており、該空気抜け孔 A H は、流路孔 3 7 に連通する。

【 0 0 5 3 】

超音波探傷装置の動作例

続いて、超音波探傷装置 1 0 によるワーク W K の溶接欠陥の検査技術について、図 1 ~ 図 5 を用いて説明する。

【 0 0 5 4 】

図 5 は、図 1 の超音波探傷装置 1 0 による溶接欠陥の検査における処理の一例を示すフローチャートである。

【 0 0 5 5 】

まず、前工程において、ワーク W K のレーザ溶接を実施する（ステップ S 1 0 1）。ここでは、リングギア R G が圧入されたデフケース D F C のレーザ溶接が行われる（ステップ S 1 0 1）。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 6 】

レーザ溶接されたワークW Kは、図示しない搬送機構などによって図示しないワーク搬入部に搬入される。ワーク搬入部には、ワークW Kを搭載する下治具が設けられており、ワークW Kの位相合わせ処理を行った後、該下治具にワークW Kが搭載される（ステップS 1 0 2）。

【 0 0 5 7 】

この位相合わせ処理は、後述するステップS 1 0 3の処理において、ワークW Kに回転固定治具 1 4 が取り付けられる際に、ワークW Kに形成された2つの空気抜け孔A Hが、回転固定治具 1 4の開口部 3 6 a , 3 7 aにそれぞれ対応するように位置合わせを行う処理である。

10

【 0 0 5 8 】

続いて、検査制御部 2 0 bは、ワークW Kと回転固定治具 1 4とのシールを行う（ステップS 1 0 3）。この処理では、治具駆動部によって回転固定治具 1 4をワークW Kの上方に移動させた後、該回転固定治具 1 4を下降させる。

【 0 0 5 9 】

回転固定治具 1 4を下降させることにより、ドーム 3 0下端の円周上に設けられたシールゴム 3 0 aが密着し、リングギアR GとデフケースD F Cとの圧入箇所がシールされる。また、ステップS 1 0 2の位相合わせ処理によって、ワークW Kに形成された2つの空気抜け孔A Hと開口部 3 6 a , 3 7 aとがそれぞれ重ね合わされて連通状態となる。

【 0 0 6 0 】

そして、検査制御部 2 0 bは、開閉バルブ 1 7を開けると共に、開閉バルブ 1 8 , 1 9をそれぞれ閉じた後、真空ポンプ 1 5を動作させる（ステップS 1 0 4）。これによって、ドーム 3 0内が真空引きされる。

20

【 0 0 6 1 】

検査制御部 2 0 bは、真空ポンプ 1 5を停止させた後、開閉バルブ 1 7を閉じて、リークテストを行う（ステップS 1 0 5）。ワークW Kに空気抜け孔A Hを形成しても、溶接時に加熱膨張した空気によって溶接に孔などの形成されてしまう場合がある。このリークテストは、このような溶接時における不良の孔などの発生の有無をを検査するテストである。

【 0 0 6 2 】

溶接に孔などの不良が発生している場合には、その不良箇所から漏れた空気が、デフケースD F CとリングギアR Gと圧入の隙間から空気抜け孔A Hから開口部 3 7 aまで経路を介してドーム 3 0内に入り込むことになる。これによって、ドーム 3 0内の気圧が下がる。よって、検査制御部 2 0 bは、圧力センサ 2 1の測定値を一定期間、モニタして圧力値に変化があるか否かを判定する。モニタ期間中に圧力値に変化があれば、リークテストが不良N Gと判定する。

30

【 0 0 6 3 】

これによって、溶接に孔が空いている不良のワークW Kを超音波探傷装置 1 0によって検査することを防止することができるので、検査コストを低減するとともに、時間の浪費を防止することができる。なお、このリークテストは、加圧ポンプ 1 6から圧縮空気をドーム 3 0内に導入し、該ドーム 3 0内の圧力変化を圧力センサ 2 1によってモニタして、溶接の良/不良を判定するようにしてしてもよい。

40

【 0 0 6 4 】

リーク不良がないと判定すると、再び、検査制御部 2 0 bは、開閉バルブ 1 7を開けて真空ポンプ 1 5を動作させてドーム 3 0内を真空引きする。検査制御部 2 0 bは、治具駆動部を駆動させることにより、真空引きによってワークW Kが吸着された回転固定治具 1 4を液槽 1 1に搬送させ（ステップS 1 0 6）、ワーク載置部 1 1 aに載置してワークを液槽 1 1に満たされた液内に浸漬させる。

【 0 0 6 5 】

このように、リークテスト後に、真空引きによって回転固定治具 1 4がワークW Kを吸

50

着した状態で移動させることができるので、該ワークW Kを搬送する搬送部などを不要とすることができる。これによって、超音波探傷装置 1 0 の構成部品を少なくすることができるとともに、装置コストを抑えることができる。

【 0 0 6 6 】

そして、検査制御部 2 0 b は、真空ポンプ 1 5 を停止させた後、開閉バルブ 1 7 を閉じるとともに、開閉バルブ 1 8 を開けることによって、液槽 1 1 から液体を吸い上げて（ステップ S 1 0 7 ）、その液体を検査用液体として空隙 A R に充填する（ステップ S 1 0 8 ）。また、開閉バルブ 1 9 については、閉じた状態となっている。

【 0 0 6 7 】

前述のように、開閉バルブ 1 8 の他方の接続部は、液槽 1 1 に満たされた液体に浸漬されている。この場合、ドーム 3 0 内が負圧であるので、図 2 に示す流路孔 3 7 に接続されている空隙 A G も同様に負圧となっている。よって、開閉バルブ 1 9 を開けた際に、液槽 1 1 の液体が、該開閉バルブ 1 9 を介して流路孔 3 6 に流れ込み、該流路孔 3 6 から空隙 A G に流れ込む。そして、空隙 A G が液体によって満たされると、該液体は、空気抜け孔 A H から流路孔 3 7 を介してドーム 3 0 内に流出して貯められる。これによって、空隙 A G 内の気体が液槽 1 1 の液体によって置換される。このように、空隙 A G の気体を液体に置換する際に、ワーク W K に予め形成された空気抜け孔 A H を用いることによって、該置換のための孔開け加工などを不要とすることができる。この孔開け加工が不要となることによって、加工時における異物の発生をなくすることができ、工数やコストなどを削減することができる。

【 0 0 6 8 】

液体の供給は、予め設定された時間が経過するまで行われる。これによって、空隙 A G に液体を充填させることができる。また、予め設定された時間が経過するまで、空隙 A G に液体を循環させるので、フラッシングを行うこともできる。このように空隙 A G に液体を充填させながら循環させることにより、空隙 A G や溶接端などに残されたレーザ溶接時の溶接カス、いわゆるスパッタを除去することができる。

【 0 0 6 9 】

フラッシングを行わない場合、ワーク W K から剥がれたスパッタが、例えば製品となったデファレンシャルギア内に混入してギア噛みなどが発生してしまう恐れがあるが、フラッシングによってスパッタを除去することにより、製品の信頼性を向上させることができる。

【 0 0 7 0 】

その後、検査制御部 2 0 b は、開閉バルブ 1 7 を開き、開閉バルブ 1 8 , 1 9 を閉じさせた後、真空ポンプ 1 5 を動作させて真空引きを行い、ドーム 3 0 内の負圧を大きくする（ステップ S 1 0 9 ）。

【 0 0 7 1 】

ドーム 3 0 内の負圧を大きくすることによってワーク W K の吸着力を高めた後、検査制御部 2 0 b は、治具駆動部を動作させて駆動ロッド 3 1 を該駆動ロッド 3 1 の円周方向（図 2 の R 軸方向）に回転させながら、超音波探傷を行う（ステップ S 1 1 0 ）。

【 0 0 7 2 】

ここでは、駆動ロッド 3 1 を円周方向に 1 回転させながら、超音波プローブ 1 2 が、ワーク W K の外周に施された溶接に超音波を照射し、その反射波を受信する。その後、オフセット調整およびフォーカス調整を行い、再び駆動ロッド 3 1 を円周方向に 1 回転させながらワーク W K の溶接の検査を行う。

【 0 0 7 3 】

オフセット調整は、オフセット機構が、ある間隔だけ超音波プローブ 1 2 を図 2 に示す Y 軸方向に移動させる。また、フォーカス調整は、フォーカス機構が、超音波プローブ 1 2 を図 2 に示す Z 軸方向に移動させて、フォーカス距離がほぼ一定となるように調整を行う。

【 0 0 7 4 】

これらの処理を繰り返すことによって、超音波プローブ１２は反射波を受信する。この受信した反射波は、信号処理部２０ａに出力され、該信号処理部２０ａにおいて、溶接不良を判定する超音波画像が生成される。このようにして、ワークＷＫの外周に施された溶接の超音波探傷が行われる。

【００７５】

ここでは、超音波探傷時においてワークＷＫを回転させる構成としたが、ワークＷＫを回転させずに、超音波プローブ１２を回転させる構成としてもよい。この場合、超音波プローブ１２には、ワークＷＫの溶接された外周に沿って回転する回転機構などが新たに設けられる構成となる。

【００７６】

超音波は、水などの液体から鋼に入射する場合には、その透過率が良好である。しかし、空気から鋼に入射すると、その反射率が１００％程度となり非常に大きくなってしまう。そのため、溶接箇所の近傍に空隙ＡＧが存在する場合には、溶接箇所に欠陥がないにもかかわらず、該空隙ＡＧをブローホールとして検出してしまう恐れがある。

【００７７】

しかし、超音波探傷装置１０においては、液槽１１の液体を空隙ＡＧに充填することによって、超音波の反射率を低減することができる。これによって、溶接端部などに空隙ＡＧが存在しても、該空隙ＡＧをブローホールと誤判定することを低減することが可能となり、精度の高い欠陥検査を実現することができる。

【００７８】

超音波探傷が終了すると、検査制御部２０ｂは、エアパージを行う（ステップＳ１１１）。このエアパージ処理では、治具駆動部を動作させてワークＷＫが吸着した回転固定治具１４を液切りステージまで移動させる。液切りステージには、ワークＷＫを搭載する図示しない下治具が設けられており、この下治具にワークＷＫが搭載される。

【００７９】

そして、下治具にワークＷＫを搭載すると、検査制御部２０ｂは、開閉バルブ１７，１９を閉じると共に、開閉バルブ１８を開けて、ドーム３０内をエアパージ、すなわち大気開放する。

【００８０】

その後、検査制御部２０ｂは、治具駆動部を動作させて回転固定治具１４を上方に移動させると共に、閉まっていた開閉バルブ１９を開ける。

【００８１】

これによって、ドーム３０内に貯められた液体が排出される。また、開閉バルブ１８，１９が開けられたことによって、加圧ポンプ１６から圧縮空気などが吐出される。これによって、開閉バルブ１８，１９およびその流路内のエアブローを行い、開閉バルブ１８，１９およびその流路内に留まっている液体を除去する（ステップＳ１１２）。

【００８２】

その後、検査制御部２０ｂは、治具駆動部を動作させて回転固定治具１４を下降させて再び、ドーム３０下端の円周上に設けられたシールゴム３０ａとワークとを密着させてシールする（ステップＳ１１３）。

【００８３】

シールが完了すると、検査制御部２０ｂは、開閉バルブ１７，１９を閉じて、開閉バルブ１８を開けてエアブローを行う（ステップＳ１１４）。開閉バルブ１８を開くことによって、加圧ポンプ１６から吐出された圧縮空気などが流路孔３６から、空気抜け孔ＡＨおよび空隙ＡＧを充填して流路孔３７から吐出される。

【００８４】

この加圧ポンプ１６から吐出された圧縮空気などの圧力を用いたエアブローを行うことによって、空隙ＡＧやワークＷＫの圧入箇所などに付着した液体を除去することができる。これによって、組み立て工程などにおいて、ワークＷＫに留まった液体が、トランスミッションオイルあるいはデフオイルなどに混入してしまうことを防止することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 5 】

これにより超音波探傷の検査が終了となる。検査が終了したワーク W K は、次工程に搬出するワークを一時的に載置するワーク搬出部に搬送された後（ステップ S 1 1 5）、後工程である組み立て工程などに送られる（ステップ S 1 1 6）。

【 0 0 8 6 】

以上により、ワーク W K の空隙 A G に液体を充填して超音波探傷を行うことができるので、溶接欠陥の検出精度を向上させることができる。また、真空引きによって回転固定治具 1 4 がワーク W K を移動させるので、超音波探傷装置 1 0 の構成部品を少なくすることができるとともに、装置コストを抑えることができる。

【 0 0 8 7 】

また、超音波探傷装置 1 0 が超音波探傷を行う前にリークテストを行うので、検査効率を向上させることができる。また、超音波探傷時にフラッシングを行うことができるので、ワーク W K の信頼性を向上させることができる。

【 0 0 8 8 】

以上、本発明者によってなされた発明を実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。

【 0 0 8 9 】

なお、本発明は上記した実施の形態に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施の形態は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。

【 0 0 9 0 】

また、ある実施の形態の構成の一部を他の実施の形態の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施の形態の構成に他の実施の形態の構成を加えることも可能である。また、各実施の形態の構成の一部について、他の構成の追加、削除、置換をすることが可能である。

【 符号の説明 】

【 0 0 9 1 】

- 1 0 超音波探傷装置
- 1 1 液槽
- 1 1 a ワーク載置部
- 1 2 超音波プローブ
- 1 3 プローブ駆動機構
- 1 4 回転固定治具
- 1 5 真空ポンプ
- 1 6 加圧ポンプ
- 1 7 開閉バルブ
- 1 8 開閉バルブ
- 1 9 開閉バルブ
- 2 0 検査処理部
- 2 0 a 信号処理部
- 2 0 b 検査制御部
- 2 1 圧力センサ
- 3 0 ドーム
- 3 0 a シールゴム
- 3 1 駆動ロッド
- 3 2 ワーク固定部
- 3 2 a 固定軸
- 3 5 流路孔
- 3 6 流路孔

10

20

30

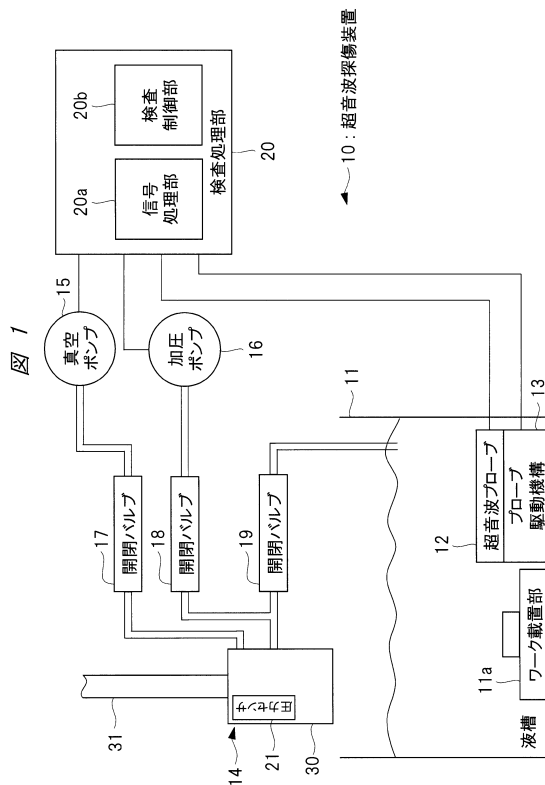
40

50

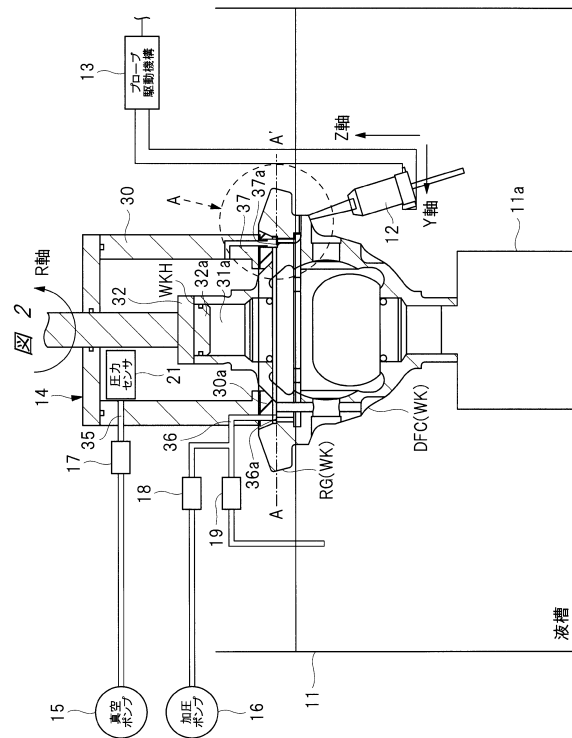
36a 開口部
 37 流路孔
 37a 開口部
 WK ワーク
 RG リングギア
 DFC デフケース
 WKH 中央孔
 AH 空気抜け孔
 LW 溶接接合
 AG 空隙

10

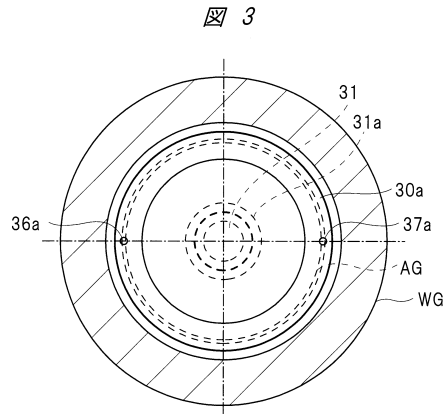
【図 1】



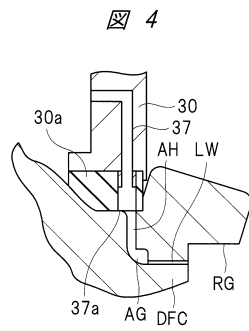
【図 2】



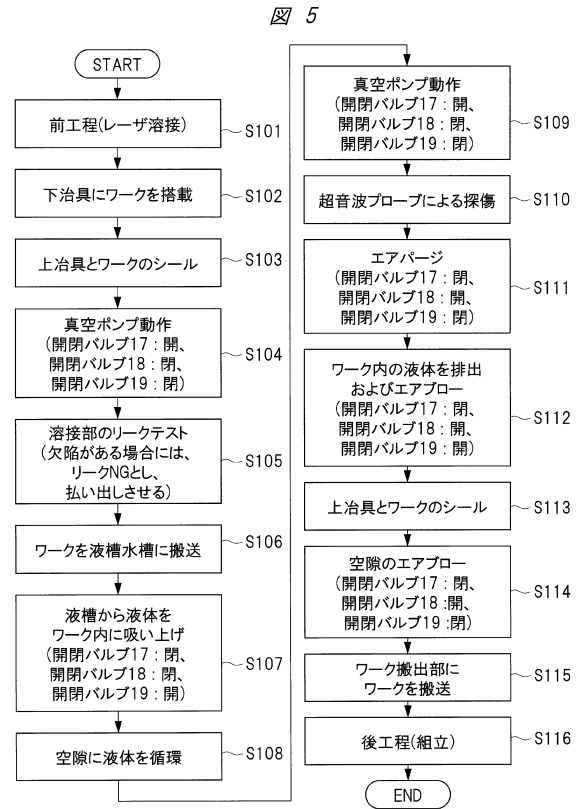
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(56)参考文献 再公表特許第2013/076850(JP,A1)
再公表特許第2013/018223(JP,A1)
特開2011-169444(JP,A)
国際公開第2011/158330(WO,A1)

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