

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4886564号
(P4886564)

(45) 発行日 平成24年2月29日 (2012. 2. 29)

(24) 登録日 平成23年12月16日 (2011. 12. 16)

(51) Int. Cl.

F I

GO 1 N 29/38 (2006. 01)

GO 1 N 29/22 5 0 3

請求項の数 3 (全 12 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2007-77257 (P2007-77257) (22) 出願日 平成19年3月23日 (2007. 3. 23) (65) 公開番号 特開2008-233048 (P2008-233048A) (43) 公開日 平成20年10月2日 (2008. 10. 2) 審査請求日 平成21年7月24日 (2009. 7. 24)</p>	<p>(73) 特許権者 000173784 公益財団法人鉄道総合技術研究所 東京都国分寺市光町二丁目8番地38 (74) 代理人 100100413 弁理士 渡部 温 (74) 復代理人 100104341 弁理士 関 正治 (72) 発明者 坂本 博 東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財 団法人 鉄道総合技術研究所内 (72) 発明者 養祖 次郎 東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財 団法人 鉄道総合技術研究所内 審査官 森口 正治</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波探傷方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

探触子から被試験体である積層構造部材に超音波を入射し、被試験体から反射してくる反射波（エコー）を検出して被試験体の探傷を行う超音波探傷方法であって、
前記探触子を試験体の表面上で走査しながら、内部ゲート及び底面ゲートのエコーを検出し、

前記内部ゲートのエコーの強度（高さ）から前記底面ゲートのエコーの強度（高さ）を差し引いて、前記探触子の位置に対応させて平面的に表わした画像として表示することにより積層構造部材に起因するエコーを相殺減少させ、内部欠陥をより鮮明に表示することを特徴とする超音波探傷方法。

【請求項2】

前記内部欠陥は層間接着不良であることを特徴とする請求項1記載の超音波探傷方法。

【請求項3】

被試験体である積層構造部材に超音波を入射し、被試験体から反射してくる反射波（エコー）を検出して被試験体の探傷を行う超音波探傷装置であって、
 超音波を照射するとともに、エコーを受信する探触子と、
 該探触子を試験体の表面上で走査する手段と、

前記探触子で検出された内部ゲートのエコー高さデータ及び底面ゲートのエコー高さデータを記録する手段と、

内部ゲートのエコー高さから底面ゲートのエコー高さを差し引く手段と、

差し引かれたデータを前記探触子の位置に対応させて平面的に表わした画像として表示する手段と、

を備えることを特徴とする超音波探傷装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波を用いて積層構造部材（CFRP製の板など）の内部欠陥の有無を調べる方法及び装置に関する。特に、内部欠陥を強調して表示できるよう改良した超音波探傷方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

鉄道車両に使用されている積層構造部材の例を説明する。鉄道車両の駆動台車においては、一般的に、台車側に設置されたモータ軸と、車軸に取り付けられている減速機ギアとの間に、両者の相対変位を許容するために、タワミ板式の軸継ぎ手が設けられている。

図8は、タワミ板の配置状態を説明する側面図である。

モータの軸21と減速機のギアの軸31は同軸上に配置されており、各軸の端部には、継ぎ手本体23、33が装着されている。各継ぎ手本体の外周には、外方向に延びる腕部23a、33aが形成されている。継ぎ手本体23、33は、タワミ板25、35と中間体27、37を介して接続されている。

【0003】

タワミ板25、35は、中央に開口を有する四角い板を2枚重ねたものである。このタワミ板25、35の対角上の隅部は、継ぎ手本体23、33の腕23a、33aの端部にボルト締結されている。一方、各タワミ板25、35の他の対角上の隅部は、中間体27、37にボルト締結されている。そして、中間体27、37同士がボルトBで結合され、これによりモータ軸21とギア軸31とが連結されている。この軸継ぎ手においては、モータ軸21とギア軸31との間の相対変位を、タワミ板25、35が変形して吸収する。

【0004】

このようなタワミ板として、近年、CFRP（Carbon Fiber Reinforced Plastics）製のものが使用されている。このCFRPとは、カーボン繊維をエポキシなどのマトリックス樹脂で成形・加工したもので、直角に交差するカーボン繊維でできた厚さ数百 μm のプリプレグ（繊維一層にエポキシを含浸させたもの）を多層重ねて、高温高圧で成形して作製された積層構造部材である。

【0005】

この軸継ぎ手のCFRP製のタワミ板については、車両の走行距離が一定に達した検査で新品と交換している場合がある。しかし、点検して外観上の欠陥や内部損傷のないものについては、再度利用することが望ましい。

【0006】

CFRP製部材の検査は、水浸超音波探傷装置を用いて行うのが一般的である。

図9は、水浸超音波探傷装置の概要を説明する図である。

この水浸超音波探傷装置1においては、水槽2に試験体のCFRP製タワミ板Tを浸漬させ、その表面に、パルサー・レシーバ4で発生した電気信号により探触子3から超音波を垂直に入射する。探触子3は超音波を放射するとともに、試験体Tからの反射波（エコー）を受信し、電気信号に変換する。この電気信号はパルサー・レシーバ4で受信されて増幅された後、制御部5に送られて信号処理され、試験体Tの厚さ方向の情報として取り出される。探触子3は、制御部5からモータドライバ6を介して制御されるXYZ3軸スキャナ7により、試験体T上をジグザグに走査される。これにより、試験体Tの全面的エコー情報が得られる。制御部5には、A/D変換器、演算部、メモリ、モータドライバを制御するコントロールボードなどを備え、モニタ装置8やプリンタ9に接続している。

【0007】

図10は、水浸超音波探傷法によって得られたエコー波形の一例を示す図である。

10

20

30

40

50

図 1 1 は、試験体の写真である。

図 1 2 は、各ゲートにおける C スコープ画像を示す図であり、図 1 2 (A) は表面ゲート A の画像、図 1 2 (B) は内部ゲート B の画像、図 1 2 (C) は底面ゲート C の画像である。

図 1 3 は、各ゲートにおいて検出される情報を説明する表である。

この例では、図 1 1 に示すタワミ板のボルト穴周辺の部分の検査を行った結果を示す。ボルト穴の右上の部分に人工的に内部欠陥を生じさせた。図 1 0 に示すグラフは、縦軸にエコー受信信号、横軸に時間をとったもの (A スコープ画像) である。まず、試験体の表面 (ゲート A) からのエコー波形が得られ、その後、内部 (ゲート B) 、最後に底面 (ゲート C) からのエコー波形が得られる。

10

【 0 0 0 8 】

図 1 2 (A) ~ (C) は、各ゲート内のエコーの高さを白黒の濃淡 (白 1 0 0 % ~ 黒 0 %) で表し、探触子の位置に対応させて平面的に表示した C スコープ画像である。エコー高さが高いほど白く表示される。

【 0 0 0 9 】

それぞれのゲートから取り出される画像情報は、図 1 3 に示すとおりである。

ゲート A においては、欠陥や損傷がない表面であれば、高いエコーが得られ白く表示され、欠陥があると、エコーが低くなり黒く表示される。ゲート B においては、内部に欠陥や損傷があると、そこでエコーが発生し白く表示され、欠陥がなければ、エコーは発生せず黒く表示される。欠陥の面積が大きいほど高いエコーとなる。ゲート C においては、表面や内部に欠陥がなければ、超音波は減衰することなく底面に当り、底面で反射するので高いエコーが得られ、白く表示され、表面、内部又は底面に欠陥があると、エコーが低くなり黒く表示される。

20

【 0 0 1 0 】

図 1 2 (A) に示すゲート A 画像では、右上の円形の部分が、部分的にグレーに表示されており、同部分に欠陥があることを示している。なお、左下に示す黒の丸の部分は、ボルト穴を示している。同部分では、超音波は穴を通過して反射しないので、エコーは発生せず、黒く表示される。

【 0 0 1 1 】

図 1 2 (B) に示すゲート B 画像では、右上の円形の部分が、白い小さい円が集合したように表示されており、同部分の欠陥を示している。この部分の大きさは、図 1 2 (A) の画像よりも大きくなっており、内部損傷が表面損傷より大きいことを示している。また、全体に、濃いめの濃淡のグレーが格子状に表示されている。

30

【 0 0 1 2 】

図 1 2 (C) に示すゲート C 画像では、右上の部分が黒く表示されており、同部分の欠陥を示している。また、全体に薄めの濃淡のグレーが格子状に表示されている。

【 0 0 1 3 】

C F R P は前述のようにカーボン繊維が交差状に編まれているものであるため、繊維の交差部などで超音波が若干反射し、エコー (ノイズ又は擬似信号) が生じる。このエコーは、図 1 2 (B) 、 (C) に示すように、カーボン繊維の配列と同様の、格子状の濃淡となって表示される。このため、実際の検査においては、画像を見たのみでは、欠陥のエコーか C F R P の構造に起因するエコーかの判断が付き難い場合も多く、検査作業の障害となる。

40

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 4 】

本発明は上記の問題点に鑑みてなされたものであって、ノイズエコーの多い積層構造体の検査においても内部欠陥を分かりやすく表示できる超音波探傷方法及び装置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 】

50

【0015】

本発明の第1の超音波探傷方法は、探触子から被試験体である積層構造部材に超音波を入射し、被試験体から反射してくる反射波（エコー）を検出して被試験体の探傷を行う超音波探傷方法であって、内部ゲート及び底面ゲートのエコーを検出し、前記内部ゲートのエコーの強度（高さ）から前記底面ゲートのエコーの強度（高さ）を差し引いて表示することにより積層構造体部材に起因するエコーを相殺減少させ、内部欠陥をより鮮明に表示することを特徴とする。

【0016】

内部ゲートにおいては、内部に欠陥が存在する部位ではエコーが高く、欠陥のない健全な部位では、エコーが低くなる。一方、底面ゲートにおいては、表面や内部に欠陥が存在する部位では超音波が透過しにくいため、また底面に欠陥が存在する部位では超音波の反射が乱れるため、健全な部位と比較してエコーが低く、健全な部位ではエコーが高くなる。したがって、内部ゲートのエコー高さから底面ゲートのエコー高さを差し引くと、内部の欠陥部位では、底面ゲートのエコーは低いもしくはゼロであるため、内部ゲートに現れたエコーが健全部に対して相対的に強調されて残る。一方、表面と底面の健全部では、内部ゲートのエコー高さが底面ゲートのエコー高さより低いため、数値的にエコー高さがマイナスになることになる。つまり表面と底面のエコー（部材のプロフィール）が消え、内部欠陥に対応するエコーのS/N比が良くなる。したがって、内部欠陥情報が選択的に強調されて表示されるので、欠陥の判断を行いやすくなるとともに、画像処理による欠陥面積の算出が容易になる。

【0017】

本発明の第2の超音波探傷方法は、探触子から被試験体である積層構造部材に超音波を入射し、被試験体から反射してくる反射波（エコー）を検出して被試験体の探傷を行う超音波探傷方法であって、内部ゲート及び底面ゲートのエコーを検出し、前記内部ゲートのエコーの強度（高さ）から前記底面ゲートのエコーの強度（高さ）を差し引いて表示することにより積層構造部材に起因するエコーを相殺減少させ、層間接着不良をより鮮明に表示することを特徴とする。

【0018】

例えば、CFRPのような積層部材の試験体に接着不良が生じていると、内部ゲート及び底面ゲートにおいて、同様のグレーの濃淡が全面的に表示される。この場合、これが部材のプロフィールに起因するものか層間の接着不良によるものかの判断が得にくい。内部ゲートから底面ゲートを差し引くと、部材のプロフィールが消えるので、層間接着不良も検出できる。

【0019】

本発明の超音波探傷装置は、被試験体である積層構造部材に超音波を入射し、被試験体から反射してくる反射波（エコー）を検出して被試験体の探傷を行う超音波探傷装置であって、超音波を照射するとともに、エコーを受信する探触子と、該探触子を試験体の表面上で走査する手段と、前記探触子で検出された内部ゲートのエコー高さデータ及び底面ゲートのエコー高さデータを記録する手段と、内部ゲートのエコー高さから底面ゲートのエコー高さを差し引く手段と、差し引かれたデータを表示する手段と、を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0020】

以上の説明から明らかなように、本発明によれば、ノイズエコーの多い積層構造体の超音波探傷による欠陥判定において、習熟度の浅い作業業者でも、内部欠陥を精度良く検出することができる。また、S/N比の高い画像が得られるので、剥離面積により判定基準を設定する場合に、画像処理による面積の算出が容易になる。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

10

20

30

40

50

本発明における超音波探傷装置の機械的構成は、図9に示す従来より使用されている超音波探傷装置1と同じものであり、試験体が浸漬される水槽2、被試験体の表面に超音波を垂直に入射するとともに、試験体からの反射波（エコー）を受信して電気信号に変換する探触子3、電気信号を発振及び受信信号を増幅するパルサー・レシーバ4、増幅された電気信号が入力されて処理される制御部5、モータドライバ6、XYZ3軸スキャナ7等を備え、モニタ装置8やプリンタ9に接続している。

【0022】

図1は、本発明の実施の形態に係る超音波探傷方法を説明するブロック図である。

まず、上記の超音波探傷装置を使用して、ゲートB（内部ゲート）のデータ（エコー高さ）とゲートC（底面ゲート）のデータ（エコー高さ）を取得し、メモリに記録する。

10

【0023】

そして、演算部において、ゲートBのエコー高さからゲートCのエコー高さを差し引く。すなわち、図13に示すように、内部の欠陥部位では、ゲートCのエコーは低いもしくはゼロであるため、ゲートBに現れたエコーがそのまま残る。一方、表面と底面の健全部では、ゲートBのエコー高さがゲートCのエコー高さより低いため、数値的にエコー高さがマイナスになることになる。つまり表面と底面のエコー（部材のプロフィール）が消える。したがって、内部の欠陥を示す情報のみが現れることになる。そして、この情報をCスコープ表示し、モニタ装置8に表示する。

【0024】

図2は、本発明の実施の形態に係る超音波探傷方法を適用した探傷結果の一例を示す図であり、図2（A）はゲートBのCスコープ画像、図2（B）はゲートCのCスコープ画像、図2（C）はゲートBからゲートCを差し引いたCスコープ画像である。

20

この例は、図12と同様に、タワミ板のボルト穴の周辺を示す（図2（A）は図12（B）と同じ、図2（B）は図12（C）と同じ）。内部欠陥部位では、ゲートBのエコー高さが高く白く表示されており、ゲートCのエコー高さは低く（ほぼゼロ）黒く表示されている。ゲートBのエコー高さからゲートCのエコー高さを差し引いてもゲートBのエコー高さがそのまま残り、白く表示される（図2（C）参照）。

一方、内部欠陥以外の部位では、CFRP特有の構造に起因する格子状の画像が、ゲートBでは濃いめのグレーの濃淡で表示されており、ゲートCでは薄めのグレーの濃淡で表示されている。ゲートBのエコー高さからゲートCのエコー高さを差し引くと、同部位ではエコーが消えることになり、同部位は黒く表示される（図2（C）参照）。

30

【0025】

このように、グレーの濃淡が現れていた、内部欠陥以外の部位は全て黒く表示される。つまり、CFRPの特性に特有のグレーの濃淡が消える（部材のプロフィールが消える）ので、右上の人工的に生じさせた損傷のみを白く表示することができる。

【0026】

図3は、本発明の実施の形態に係る超音波探傷方法を適用した探傷結果の他の例を示す図であり、図3（A）はゲートBのCスコープ画像、図3（B）はゲートCのCスコープ画像、図3（C）はゲートBからゲートCを差し引いたCスコープ画像である。

40

この例は、長方形の試験片の中央部に、裏側から複数のドリル穴（未貫通の底穴）を開けたものである。図3（A）に示すゲートBの画像では、ドリル穴の部分（欠陥部）が白く表示されているとともに、全体的に白い点が格子状に表示されている。図3（B）に示すゲートCの画像では、ドリル穴の部分は黒く表示されており、全面的に、白い格子状の部分を含むグレーに表示されている。そして、図3（C）に示す画像では、ドリル穴の部分は、ゲートBのエコーがそのまま残って白く表示されているが、その他の部分は黒く表示されている。

【0027】

図4は、本発明の実施の形態に係る超音波探傷方法を適用した探傷結果の他の例を示す図であり、図4（A）はゲートBのCスコープ画像、図4（B）はゲートCのCスコープ画像、図4（C）はゲートBからゲートCを差し引いたCスコープ画像である。

50

この例は、積層部材であるタワミ板を一度剥いで再接着したものである。図4(A)、図4(B)に示すように、ゲートB、ゲートCのどちらの画像においても、全面的にグレーの濃淡が格子状に表示されており、これのみでは部材のプロフィールによるものか内部の欠陥によるものかの判断が得にくい。しかし、図4(C)に示すように、ゲートBからゲートCを差し引いて、部材のプロフィールを消した画像においても、白、グレー、黒の濃淡が格子状に表示されているので、全面に接着不良が生じていると判断できる。

【0028】

図5は、本発明の実施の形態に係る超音波探傷方法を適用した探傷結果の他の例を示す図であり、図5(A)はゲートBのCスコープ画像、図5(B)はゲートCのCスコープ画像、図5(C)はゲートBからゲートCを差し引いたCスコープ画像である。

10

この例は、試験片の右隅の内層部を三角状にナイフで裂いたものである。図5(A)に示すゲートBの画像では、裂いた部分(欠陥部)が三角状に白く表示されており、他の部分にはグレーの濃淡で表示されている。図5(B)に示すゲートCの画像では、裂いた部分が黒く表示され、他の部分はグレーの濃淡で表示されている。そして、図5(C)に示す画像では、裂いた部分のみが白く表示され、他の部分は黒く表示されている

【0029】

図6は、本発明の実施の形態に係る超音波探傷方法を適用した探傷結果の他の例を示す図であり、図6(A)はゲートBのCスコープ画像、図6(B)はゲートCのCスコープ画像、図6(C)はゲートBからゲートCを差し引いた場合のCスコープ画像である。

20

この例は、タワミ板のボルト穴の左側方の部分に剥離が生じているものである。図6(A)に示すゲートBの画像では、剥離の部分が筋状に白く表示されており、他の部分には濃い目のグレーの濃淡で表示されている。図6(B)に示すゲートCの画像では、ボルト穴を囲むように黒く表示され、他の部分は薄目のグレーの濃淡で表示されている。そして、図6(C)に示す画像では、剥離の部分が小さいが白く表示され、他の部分はほとんど黒く表示されている。

なお、ボルト穴の右斜め下に、人工的に切り欠きを設けたが、この部分の画像は表示されない。また、穴の周囲や、試験片の縁に沿って白い点が表示されているが、これは端面の反射によるものである。

【0030】

図7は、本発明の実施の形態に係る超音波探傷方法を適用した探傷結果の他の例を示す図であり、図7(A)はゲートBのCスコープ画像、図7(B)はゲートCのCスコープ画像、図7(C)はゲートBからゲートCを差し引いたCスコープ画像である。

30

この例は、現物(経年取替品)のタワミ板のボルト穴の周囲を示すものである。図7(A)に示すゲートBの画像では、ボルト穴の左下の部分が三角状に白く表示されており、この部分に剥離が生じていることを示している。他の部分にはグレーの濃淡で表示されている。図7(B)に示すゲートCの画像では、ボルト穴の左下の部分は黒く表示され、他の部分はグレーの濃淡で表示されている。そして、図7(C)に示す画像では、剥離の部分が白く表示され、他の部分はほとんど黒く表示されている。

【図面の簡単な説明】

【0031】

40

【図1】本発明の実施の形態に係る超音波探傷方法を説明するブロック図である。

【図2】本発明の実施の形態に係る超音波探傷方法を適用した探傷結果の一例を示す図であり、図2(A)はゲートBのCスコープ画像、図2(B)はゲートCのCスコープ画像、図2(C)はゲートBからゲートCを差し引いたCスコープ画像である。

【図3】本発明の実施の形態に係る超音波探傷方法を適用した探傷結果の他の例を示す図であり、図3(A)はゲートBのCスコープ画像、図3(B)はゲートCのCスコープ画像、図3(C)はゲートBからゲートCを差し引いたCスコープ画像である。

【図4】本発明の実施の形態に係る超音波探傷方法を適用した探傷結果の他の例を示す図であり、図4(A)はゲートBのCスコープ画像、図4(B)はゲートCのCスコープ画像、図4(C)はゲートBからゲートCを差し引いたCスコープ画像である。

50

【図5】本発明の実施の形態に係る超音波探傷方法を適用した探傷結果の他の例を示す図であり、図5(A)はゲートBのCスコープ画像、図5(B)はゲートCのCスコープ画像、図5(C)はゲートBからゲートCを差し引いたCスコープ画像である。

【図6】本発明の実施の形態に係る超音波探傷方法を適用した探傷結果の他の例を示す図であり、図6(A)はゲートBのCスコープ画像、図6(B)はゲートCのCスコープ画像、図6(C)はゲートBからゲートCを差し引いた場合のCスコープ画像である。

【図7】本発明の実施の形態に係る超音波探傷方法を適用した探傷結果の他の例を示す図であり、図7(A)はゲートBのCスコープ画像、図7(B)はゲートCのCスコープ画像、図7(C)はゲートBからゲートCを差し引いたCスコープ画像である。

【図8】タワミ板の配置状態を説明する側面図である。

10

【図9】水浸超音波探傷装置の概要を説明する図である。

【図10】水浸超音波探傷法によって得られたエコー波形の一例を示す図である。

【図11】試験体の写真である。

【図12】各ゲートにおけるCスコープ画像を示す図であり、図12(A)は表面ゲートAの画像、図12(B)は内部ゲートBの画像、図12(C)は底面ゲートCの画像である。

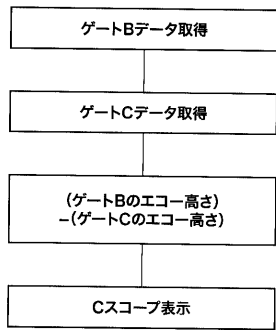
【図13】各ゲートにおいて検出される情報を説明する表である。

【符号の説明】

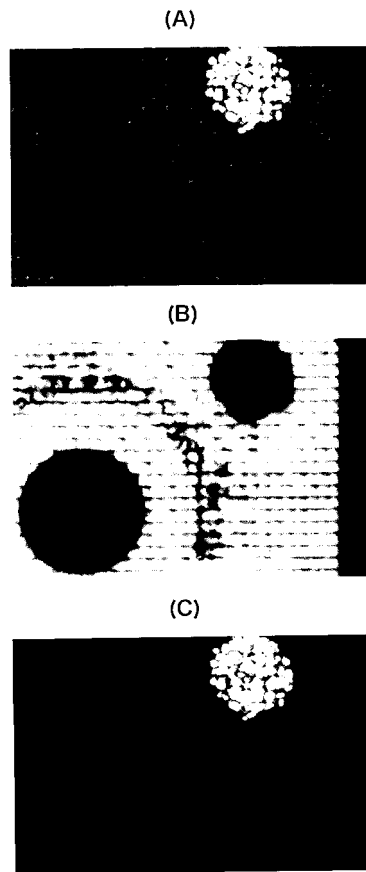
【0032】

1 超音波探傷装置	2 水槽	20
3 探触子	4 パルサー・レシーバ	
5 制御部	6 モータドライバ	
7 XYZ3軸スキャナ	8 モニタ装置	
9 プリンタ		
21 モータ軸	31 ギア軸	
23、33 継ぎ手本体	25、35 タワミ板	
27、37 中間体		

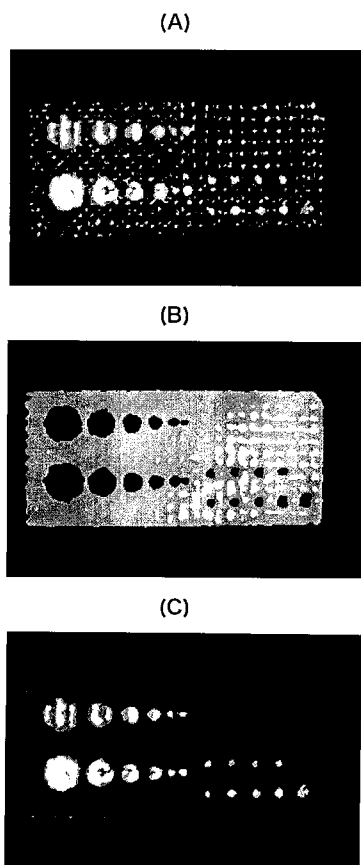
【図1】



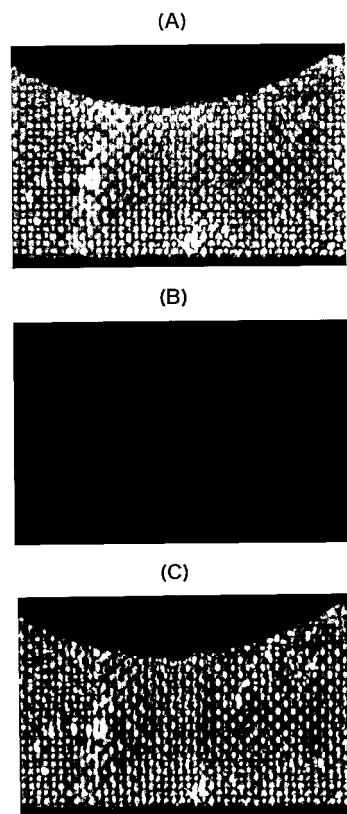
【図2】



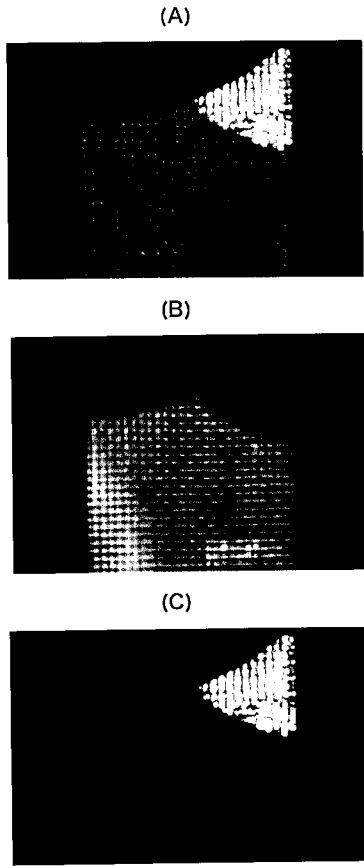
【図3】



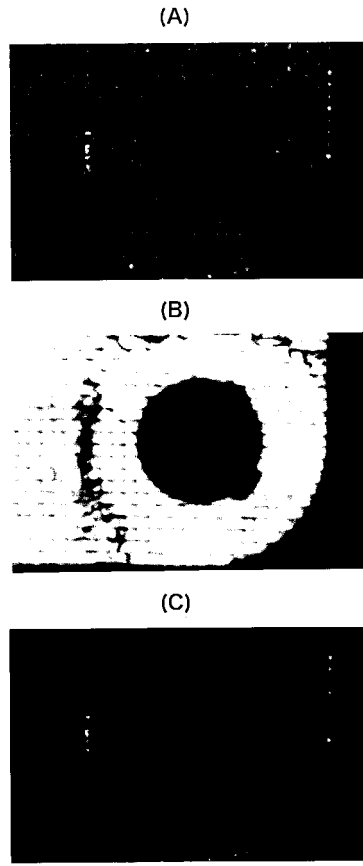
【図4】



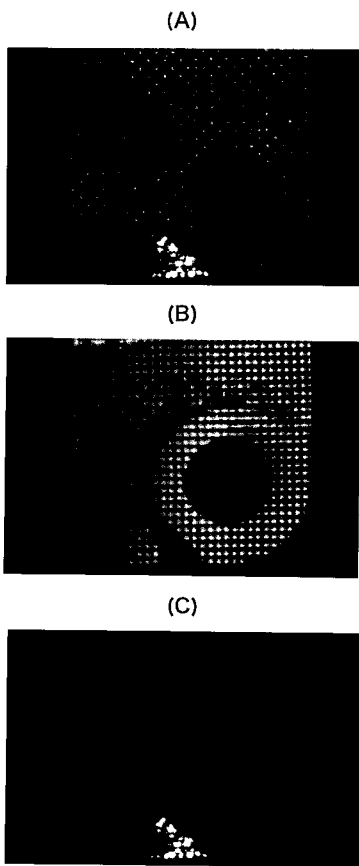
【 図 5 】



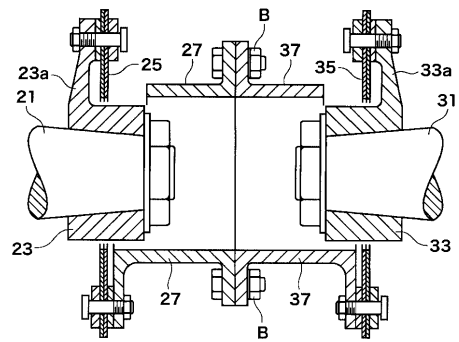
【 図 6 】



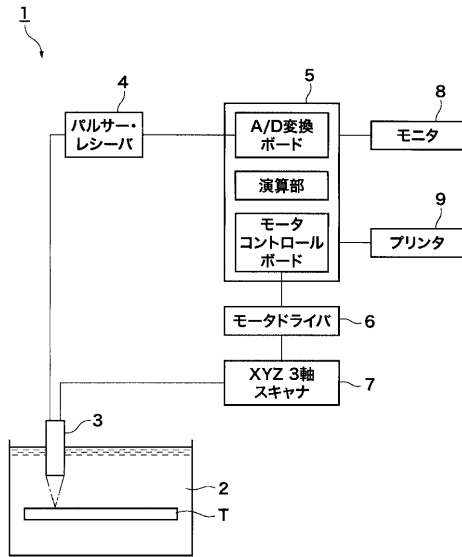
【 図 7 】



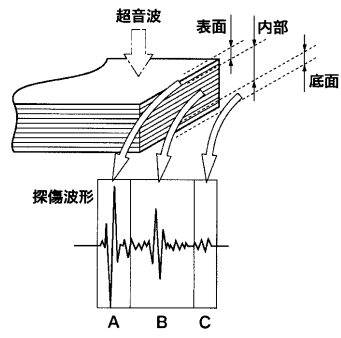
【 図 8 】



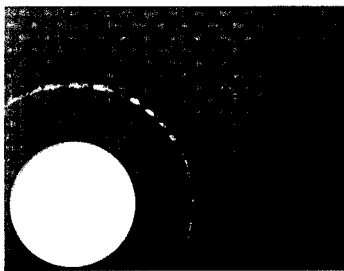
【図9】



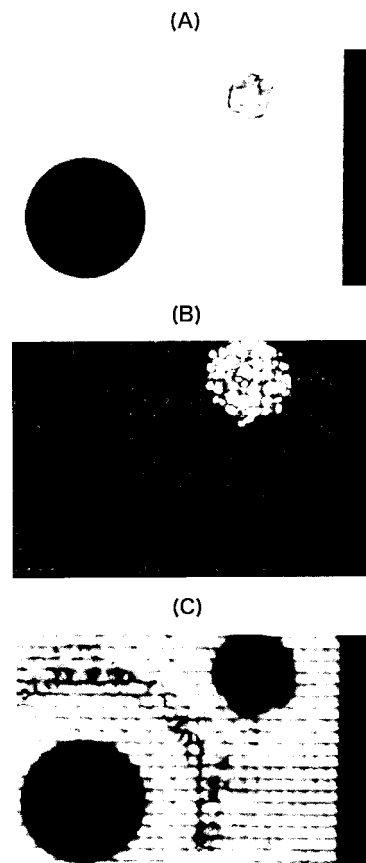
【図10】



【図11】



【図12】



【図 13】

監視範囲	検出可能な損傷	表示方法 健全部 ←→ 欠陥部
ゲートA	表面	白 ←→ 黒 (高 ←→ 低)
ゲートB	内部	黒 ←→ 白 (低 ←→ 高)
ゲートC	表面、内部、底面	白 ←→ 黒 (高 ←→ 低)

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-147770(JP,A)
特開2004-337458(JP,A)
特開平10-288608(JP,A)
特開平07-191004(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01N 29/38