

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4789028号
(P4789028)

(45) 発行日 平成23年10月5日(2011.10.5)

(24) 登録日 平成23年7月29日(2011.7.29)

(51) Int. Cl. F I
 GO 1 N 21/952 (2006.01) GO 1 N 21/952
 GO 1 B 11/30 (2006.01) GO 1 B 11/30 A

請求項の数 7 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2011-504071 (P2011-504071)	(73) 特許権者	000002118 住友金属工業株式会社
(86) (22) 出願日	平成23年1月27日 (2011.1.27)		大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号
(86) 国際出願番号	PCT/JP2011/051583	(74) 代理人	100114410 弁理士 大中 実
(87) 国際公開番号	W02011/093372	(72) 発明者	穴山 和孝 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
(87) 国際公開日	平成23年8月4日 (2011.8.4)	(72) 発明者	鈴間 俊之 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
審査請求日	平成23年1月27日 (2011.1.27)	(72) 発明者	中尾 喜之 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2010-17909 (P2010-17909)		
(32) 優先日	平成22年1月29日 (2010.1.29)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 欠陥検査装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

管端部に、管軸方向の内側から、雄ねじ部及びリップ部がこの順で設けられ、前記雄ねじ部の荷重面は、前記管軸方向に垂直な垂直面に対して前記管軸方向の内側に傾斜しており、前記リップ部は、前記管軸方向の外側に向かうにつれ、前記管軸方向に垂直な方向の寸法が小さくなるテーパ状である管の外周面の欠陥を検査する欠陥検査装置であって、

光軸が前記垂直面に対して前記管軸方向の外側に下記式(1)を満たす角度Aだけ傾斜し、前記リップ部の外周面を照明する第1光源と、

光軸が前記第1光源の光軸と同軸となるように前記第1光源に取り付けられ、前記第1光源から出射し前記リップ部の外周面にて反射した反射光を受光することによって、前記リップ部の外周面を撮像する第1撮像手段と、

前記荷重面を照明する第2光源と、

前記第2光源に取り付けられ、前記第2光源から出射し、前記垂直面に対して前記管軸方向の内側に下記式(2)を満たす角度Bだけ傾斜した方向に前記荷重面にて反射した反射光を受光できるように光軸が調整され、該反射光を受光することによって、前記荷重面を撮像する第2撮像手段と、

前記荷重面と前記雄ねじ部のねじ底面との境界部から、該境界部より前記管軸方向の内側に所定の距離だけ離間したねじ底面の部位までのねじ底面検査領域を照明する第3光源と、

前記第3光源に取り付けられ、前記第3光源から出射し、前記垂直面に対して前記管軸

方向の内側に下記式(3)を満たす角度Cだけ傾斜した方向に前記ねじ底面検査領域にて反射した反射光を受光できるように光軸が調整され、該反射光を受光することによって前記ねじ底面検査領域を撮像する第3撮像手段と、

前記第1～3撮像手段が撮像した撮像画像を画像処理することによって、前記リップ部の外周面、前記荷重面、及び、前記ねじ底面検査領域の欠陥を検査する検査手段とを備えることを特徴とする欠陥検査装置。

$$a - 45 \quad A \quad a + 45 \quad (1)$$

$$b < B \quad c \dots (2)$$

$$b < C \quad d \dots (3)$$

a°は、前記管軸を含む断面において、前記リップ部の外周面と前記管軸方向とが成す角度(90°未満)である。

b°は、前記管軸を含む断面において、前記荷重面と前記垂直面とが成す角度(90°未満)である。

c°は、前記管軸を含む断面において、前記荷重面と前記ねじ底面との境界部、及び、前記のねじ底面の前記管軸方向の内側の端部と接する前記雄ねじ部の挿入面の先端部を結ぶ直線と、前記垂直面とが成す角度(90°未満)である。

d°は、前記管軸を含む断面において、前記ねじ底面検査領域の管軸方向の内側の端部、及び、前記ねじ底面の前記管軸方向の内側の端部と接する前記雄ねじ部の挿入面の先端部を結ぶ直線と、前記垂直面とが成す角度(90°未満)である。

【請求項2】

前記第2光源と前記第3光源とを兼ねる単一の光源部材と、
前記第2撮像手段と前記第3撮像手段とを兼ねる単一の撮像装置と、
前記光源部材からの光を前記荷重面に入射させると共に、前記荷重面にて反射した前記光源部材からの反射光を前記撮像装置に受光させる姿勢と、前記光源部材からの光を前記ねじ底面検査領域に入射させると共に、前記ねじ底面検査領域にて反射した前記光源部材からの反射光を前記撮像装置に受光させる姿勢との間で姿勢の切り替えが可能なミラーとを備えることを特徴とする請求項1に記載の欠陥検査装置。

【請求項3】

前記第1撮像手段は、前記リップ部の外周面にて反射した反射光を受光するテレセントリックレンズを備え、

前記第2撮像手段は、前記荷重面にて反射した反射光を受光するテレセントリックレンズを備え、

前記第3撮像手段は、前記ねじ底面検査領域にて反射した反射光を受光するテレセントリックレンズを備えることを特徴とする請求項1又は2に記載の欠陥検査装置。

【請求項4】

前記第1光源は、前記第1撮像手段を囲うように配置されたリング状の照明であり、
前記第2光源は、光軸が前記第2撮像手段の光軸と同軸となり、且つ、前記第2撮像手段を囲うように配置されたリング状の照明であり、

前記第3光源は、光軸が前記第3撮像手段の光軸と同軸となり、且つ、前記第3撮像手段を囲うように配置されたリング状の照明であることを特徴とする請求項1～3の何れか1項に記載の欠陥検査装置。

【請求項5】

前記第2光源及び前記第3光源に代えて、第4光源を備え、
さらに、前記第2撮像手段及び前記第3撮像手段に代えて、第4撮像手段を備え、
前記第4光源は、前記荷重面及び前記ねじ底面検査領域を照明し、
前記第4撮像手段は、前記第4光源に取り付けられ、前記第4光源から出射し、前記垂直面に対して前記管軸方向の内側に下記式(3)を満たす角度Cだけ傾斜した方向に前記荷重面にて反射した反射光と、前記第4光源から出射し、前記垂直面に対して前記管軸方向の内側に下記式(3)を満たす角度Cだけ傾斜した方向に前記ねじ底面検査領域にて反射した反射光とを受光できるように光軸が調整され、これらの反射光を受光することによ

10

20

30

40

50

って、前記荷重面及び前記ねじ底面検査領域を撮像し、

前記検査手段は、前記第 1 ～ 3 撮像手段が撮像した撮像画像に代えて、前記第 1 撮像手段及び前記第 4 撮像手段が撮像した撮像画像を画像処理することによって、前記リップ部の外周面、前記荷重面、及び、前記ねじ底面検査領域の欠陥を検査することを特徴とする請求項 1 に記載の欠陥検査装置。

b < C d ... (3)

b ° は、前記管軸を含む前記管の断面において、前記荷重面と前記垂直面とが成す角度 (9 0 ° 未満) である。

d ° は、前記管軸を含む前記管の断面において、ねじ底面におけるねじ底面検査領域の後端部、及び、前記ねじ底面の前記管軸方向の内側の端部と接する前記雄ねじ部の挿入部の先端部を結ぶ直線と、前記垂直面とが成す角度 (9 0 ° 未満) である。

10

【請求項 6】

前記第 1 撮像手段は、前記リップ部の外周面にて反射した反射光を受光するテレセントリックレンズを備え、

前記第 4 撮像手段は、前記荷重面にて反射した反射光と、前記ねじ底面検査領域にて反射した反射光とを受光するテレセントリックレンズを備えることを特徴とする請求項 5 に記載の欠陥検査装置。

【請求項 7】

前記第 1 光源は、前記第 1 撮像手段を囲うように配置されたリング状の照明であり、

前記第 4 光源は、光軸が前記第 4 撮像手段の光軸と同軸であり、且つ、前記第 4 撮像手段を囲うように配置されたリング状の照明であることを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の欠陥検査装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【 0 0 0 1 】

本発明は、管の外周面の欠陥を検査する欠陥検査装置に関する。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

管の外周面の欠陥を検査する欠陥検査装置が特許文献 1 に開示されている。特許文献 1 の欠陥検査装置は、管の外周面を照明する光源と、該光源から出射し、管の外周面にて反射した反射光を受光することによって管の外周面を撮像する撮像手段と、該撮像手段が撮像した撮像画像を画像処理することによって、管の外周面の欠陥を検査する検査手段とを備える。

30

【 0 0 0 3 】

このような欠陥検査の対象となる管として、図 1 0 に示すような油井用鋼管が挙げられる。油井用鋼管 2 0 0 の端部には、管軸方向の内側から、雄ねじ部 2 0 1 及びリップ部 2 0 2 がこの順で設けられている。リップ部 2 0 2 は、管軸方向の外側 (管端側) に向かうにつれ、該管軸方向に垂直な方向の寸法が小さくなるテーパ状に形成されている。

【 0 0 0 4 】

油井用鋼管 2 0 0 は、通常、継手 2 1 0 を介して複数本が継合わされて使用される。継手 2 1 0 の内周面には、油井用鋼管 2 0 0 の雄ねじ部 2 0 1 に螺合可能な雌ねじ部 2 1 1 と、ねじ無部 2 1 2 とが設けられている。油井用鋼管 2 0 0 の雄ねじ部 2 0 1 と継手 2 1 0 の雌ねじ部 2 1 1 とを螺合させると、リップ部 2 0 2 の外周面が、継手 2 1 0 のねじ無部 2 1 2 に密接する。リップ部 2 0 2 の外周面とねじ無部 2 1 2 とが密接することで、複数本の油井用鋼管 2 0 0 を継合わせて使用する際に、油井用鋼管 2 0 0 と継手 2 1 0 との間からの油漏れが防止される。

40

【 0 0 0 5 】

ねじ無部 2 1 2 と密接するリップ部 2 0 2 の外周面に欠陥が存在すると、油井用鋼管 2 0 0 と継手 2 1 0 との間から油漏れが生じる恐れがある。また、油井用鋼管 2 0 0 を継合わせて使用している場合に、雄ねじ部 2 0 1 の荷重面 2 0 3 及びねじ底面検査領域 2 0 6

50

において、強大な応力が生じることがある。荷重面 203 とは、ねじ山部 207 の管軸方向の両側面のうち、内側（管端側と反対側）の側面である。ねじ底面検査領域 206 とは、荷重面 203 とねじ底面 204 との境界部 205 から、該境界部 205 より管軸方向の内側に所定の距離だけ離間したねじ底面 204 の部位 208 までのねじ底面 204 上の領域である。上記のように、荷重面 203 及びねじ底面検査領域 206 には、強大な応力が生じるため、荷重面 203 及びねじ底面検査領域 206 に欠陥が存在すると、油井用鋼管 200 が破損する恐れがある。

【0006】

以上のことから、リップ部 202 の外周面、荷重面 203 及びねじ底面検査領域 206 の欠陥を精度良く検査する必要がある。

10

【0007】

図 10 に示すように、油井用鋼管 200 の中には、荷重面 203 が、管軸方向に垂直な垂直面に対して管軸方向の内側に傾斜したものがある。図 11 に示すように、特許文献 1 の装置が備える撮像手段 222 の光軸の方向は、管軸方向に垂直な方向と一致している。このように、光軸の方向が管軸方向に垂直な方向と一致している特許文献 1 の装置の撮像手段 222 では、管軸方向の内側に傾斜した荷重面 203 を撮像できない。従って、特許文献 1 の装置は、管軸方向の内側に傾斜した荷重面 203 の欠陥を検査できない。

【0008】

また、荷重面 203 が管軸方向の内側に傾斜していると、管軸方向について、ねじ底面検査領域 206 の境界部 205 寄りの部位と同一位置に、荷重面 203 が存在する。荷重面 203 が存在するため、ねじ底面検査領域 206 の境界部 205 寄りの部位にて管軸方向に垂直な方向に反射した反射光は荷重面 203 に入射する。このため、上述のように、光軸の方向が管軸方向に垂直な方向と一致している特許文献 1 の装置の撮像手段 222 では、ねじ底面検査領域 206 の全域を撮像できない（ねじ底面検査領域 206 の境界部 205 寄りの部位を撮像できない）。従って、特許文献 1 の装置は、管軸方向の内側に荷重面 203 が傾斜していると、ねじ底面検査領域 206 の全域にわたって欠陥を検査できない。

20

【0009】

さらに、特許文献 1 には、リップ部 202 の外周面の欠陥を検査することについては記載されていない。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献 1】日本国特公平 2 - 58588 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

本発明は、管軸方向の内側に荷重面が傾斜した管の荷重面及びねじ底面検査領域の欠陥を精度良く検査でき、且つ、リップ部の外周面の欠陥を検査できる欠陥検査装置を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明は、管端部に、管軸方向の内側（管端側と反対側）から、雄ねじ部及びリップ部がこの順で設けられ、前記雄ねじ部の荷重面は、前記管軸方向に垂直な垂直面に対して前記管軸方向の内側に傾斜しており、前記リップ部は、前記管軸方向の外側（管端側）に向かうにつれ、前記管軸方向に垂直な方向の寸法が小さくなるテーパ状である管の外周面の欠陥を検査する欠陥検査装置であって、光軸が前記垂直面に対して前記管軸方向の外側に下記式（1）を満たす角度 A だけ傾斜し、前記リップ部の外周面を照明する第 1 光源と、光軸が前記第 1 光源の光軸と同軸となるように前記第 1 光源に取り付けられ、前記第 1 光源から出射し前記リップ部の外周面にて反射した反射光を受光することによって、前記

50

リップ部の外周面を撮像する第1撮像手段と、前記荷重面を照明する第2光源と、前記第2光源に取り付けられ、前記第2光源から出射し、前記垂直面に対して前記管軸方向の内側に下記式(2)を満たす角度Bだけ傾斜した方向に前記荷重面にて反射した反射光を受光できるように光軸が調整され、該反射光を受光することによって、前記荷重面を撮像する第2撮像手段と、前記荷重面と前記雄ねじ部のねじ底面との境界部から、該境界部より前記管軸方向の内側に所定の距離だけ離間したねじ底面の部位までのねじ底面検査領域を照明する第3光源と、前記第3光源に取り付けられ、前記第3光源から出射し、前記垂直面に対して前記管軸方向の内側に下記式(3)を満たす角度Cだけ傾斜した方向に前記ねじ底面検査領域にて反射した反射光を受光できるように光軸が調整され、該反射光を受光することによって前記ねじ底面検査領域を撮像する第3撮像手段と、前記第1～3撮像手段が撮像した撮像画像を画像処理することによって、前記リップ部の外周面、前記荷重面、及び、前記ねじ底面検査領域の欠陥を検査する検査手段とを備えることを特徴とする欠陥検査装置を提供する。

$$a - 45 \quad A \quad a + 45 \quad (1)$$

$$b < B \quad c \dots (2)$$

$$b < C \quad d \dots (3)$$

a°は、前記管軸を含む断面において、前記リップ部の外周面と前記管軸方向とが成す角度(90°未満)である。

b°は、前記管軸を含む断面において、前記荷重面と前記垂直面とが成す角度(90°未満)である。

c°は、前記管軸を含む断面において、前記荷重面と前記ねじ底面との境界部、及び、前記のねじ底面の前記管軸方向の内側の端部と接する前記雄ねじ部の挿入面の先端部を結ぶ直線と、前記垂直面とが成す角度(90°未満)である。

d°は、前記管軸を含む断面において、前記ねじ底面検査領域の管軸方向の内側の端部、及び、前記ねじ底面の前記管軸方向の内側の端部と接する前記雄ねじ部の挿入面の先端部を結ぶ直線と、前記垂直面とが成す角度(90°未満)である。

【0013】

まず、本発明に係る欠陥検査装置が、リップ部の外周面の欠陥を検査できることについて説明する。リップ部の外周面を照明する第1光源の光軸は、管軸方向に垂直な垂直面に対して管軸方向の外側に上記式(1)を満たす角度Aだけ傾斜している。尚、角度Aが負の角度である場合、角度Aの絶対値分だけ第1光源の光軸は、上記の垂直面に対して管軸方向の内側に傾斜することを意味する。上記のように、第1光源の光軸が上記の垂直面に対して管軸方向の外側に角度Aだけ傾斜していることから、第1光源からの光は、リップ部の外周面の法線方向に対して45°以下の角度だけ傾斜した方向からリップ部の外周面に入射するといえる。このため、第1光源からの光がリップ部の外周面に入射する方向と、第1光源からリップ部の外周面に入射し、該外周面にて正反射した正反射光(入射角と反射角とが等しくなるようにリップ部の外周面にて反射する光)の反射方向との成す角度は最大で90°である。第1撮像手段の光軸は、第1光源の光軸と同軸であるため、第1撮像手段の光軸の方向は、第1光源からの光がリップ部の外周面に入射する方向と一致している。このため、第1撮像手段の光軸の方向と、正反射光の反射方向との成す角度が90°以下となる。リップ部の外周面に入射し、該外周面にて反射した光の光量は、反射方向が正反射光の反射方向に近い方向ほど、光量が大きくなる傾向にある。このため、正反射光の反射方向と、光軸の方向との成す角度が90°以下の第1撮像手段は、第1光源から出射し、リップ部の外周面にて反射した反射光を多量に受光でき、リップ部の外周面を鮮明に撮像できる。第1撮像手段がリップ部の外周面を鮮明に撮像できるので、本発明に係る欠陥検査装置は、第1撮像手段が撮像した撮像画像を画像処理することによって、リップ部の外周面の欠陥を検査できる。

【0014】

次に、本発明に係る欠陥検査装置が荷重面の欠陥を精度良く検査できることについて説明する。本発明に係る欠陥検査装置は、第2光源と第2撮像手段とを備える。第2光源は

10

20

30

40

50

、荷重面を照明する。第2光源が荷重面を照明するとは、第2光源からの光を管のどこにも反射させずに荷重面に入射させること、及び、第2光源からの光を荷重面以外の管の部位（例えば、ねじ底面）にて反射させてから荷重面に入射させることの両方の意味が含まれる。

【0015】

第2撮像手段は、第2光源から出射し、上記の垂直面に対して管軸方向の内側に上記式(2)を満たす角度Bだけ傾斜した方向に荷重面にて反射した反射光を受光できるように光軸が調整されている。荷重面は、上記の垂直面に対して管軸方向の内側に b° だけ傾斜している。このため、荷重面にて反射する全ての反射光は、上記の垂直面に対して管軸方向の内側に b° より大きい角度だけ傾斜した方向に荷重面にて反射する。また、荷重面とねじ底面との境界部にて反射した反射光の反射方向が、上記の垂直面に対して管軸方向の内側に c° より大きい角度だけ傾斜した方向であると、該反射光はねじ底面の管軸方向の内側の端部と接する挿入面に入射する。従って、上記の垂直面に対して管軸方向の内側に上記式(2)を満たす角度Bだけ傾斜した方向に荷重面にて反射した反射光を受光できるように光軸が調整されている第2撮像手段は、荷重面の各位置にて反射した反射光を受光でき、該反射光を受光することによって荷重面を撮像できる。第2撮像手段が荷重面を撮像できるので、本発明に係る欠陥検査装置は、第2撮像手段が撮像した撮像画像を画像処理することによって、荷重面の欠陥を精度良く検査できる。

10

【0016】

次に、本発明に係る欠陥検査装置がねじ底面検査領域の欠陥を精度良く検査できることについて説明する。本発明に係る欠陥検査装置は、第3光源と第3撮像手段とを備える。第3光源は、ねじ底面検査領域を照明する。第3光源がねじ底面検査領域を照明するとは、第3光源からの光を管のどこにも反射させずにねじ底面検査領域に入射させること、及び、第3光源からの光をねじ底面検査領域以外の管の部位（例えば、荷重面）にて反射させてからねじ底面検査領域に入射させることの両方の意味が含まれる。

20

【0017】

第3撮像手段は、第3光源から出射し、上記の垂直面に対して管軸方向の内側に上記式(3)を満たす角度Cだけ傾斜した方向にねじ底面検査領域にて反射した反射光を受光できるように光軸が調整されている。上述のように荷重面は、上記の垂直面に対して管軸方向の内側に b° だけ傾斜している。このため、荷重面とねじ底面との境界部にて反射した反射光の反射方向が、上記の垂直面に対して管軸方向の内側に b° 又は b° よりも小さい角度だけ傾斜した方向であると、該反射光は荷重面に入射する。また、ねじ底面検査領域の管軸方向の内側の端部にて反射した反射光の反射方向が、上記の垂直面に対して管軸方向の内側に d° より大きい角度だけ傾斜した方向であると、該反射光はねじ底面の管軸方向の内側の端部と接する挿入面に入射する。従って、上記の垂直面に対して管軸方向の内側に上記式(3)を満たす角度Cだけ傾斜した方向にねじ底面検査領域にて反射した反射光を受光できるように光軸が調整されている第3撮像手段は、ねじ底面検査領域の各位置にて反射した反射光を受光でき、該反射光を受光することによってねじ底面検査領域を撮像できる。このように、第3撮像手段がねじ底面検査領域を撮像できるので、本発明に係る欠陥検査装置は、第3撮像手段が撮像した撮像画像を画像処理することによって、ねじ底面検査領域の欠陥を精度良く検査できる。

30

40

【0018】

また、第1撮像手段の光軸が第1光源の光軸と同軸となるように、第1撮像手段が第1光源に取り付けられている。このため、第1撮像手段の光軸と第1光源の光軸とが同軸となる状態を保持しつつ、第1光源の光軸を上記の垂直面に対して管軸方向の外側に角度Aだけ傾斜するように調整できる。従って、本発明に係る欠陥検査装置においては、第1光源の光軸の調整によって、第1撮像手段の光軸と第1光源の光軸とが同軸でなくなることがなく、第1撮像手段の光軸を第1光源の光軸と同軸にするための調整が不要である。

【0019】

本発明に係る欠陥検査装置の好ましい構成として、前記第2光源と前記第3光源とを兼

50

ねる単一の光源部材と、前記第2撮像手段と前記第3撮像手段とを兼ねる単一の撮像装置と、前記光源部材からの光を前記荷重面に入射させると共に、前記荷重面にて反射した前記光源部材からの反射光を前記撮像装置に受光させる姿勢と、前記光源部材からの光を前記ねじ底面検査領域に入射させると共に、前記ねじ底面検査領域にて反射した前記光源部材からの反射光を前記撮像装置に受光させる姿勢との間で姿勢の切り替えが可能なミラーとを備えた構成が挙げられる。

【0020】

かかる好ましい構成においては、ミラーの姿勢が光源部材からの光を荷重面に入射させると共に、荷重面にて反射した光源部材からの反射光を撮像装置に受光させる姿勢になったときに、光源部材は第2光源として機能し、撮像装置は第2撮像手段として機能する。また、ミラーの姿勢が光源部材からの光をねじ底面検査領域に入射させると共に、ねじ底面検査領域にて反射した光源部材からの反射光を撮像装置に受光させる姿勢となったときに、光源部材は第3光源として機能し、撮像装置は第3撮像手段として機能する。

【0021】

このように、上記の好ましい構成によれば、第2光源と第3光源とを単一の光源部材が兼ねるので、独立別個に2つの光源(第2光源及び第3光源)を本発明に係る欠陥検査装置が備える必要がない。同様に、第2撮像手段と第3撮像手段とを単一の撮像装置が兼ねるので、独立別個に2つの撮像手段(第2撮像手段及び第3撮像手段)を本発明に係る欠陥検査装置が備える必要がない。このため、上記の好ましい構成によれば、本発明に係る欠陥検査装置の部品点数を削減できる。

【0022】

本発明に係る欠陥検査装置の好ましい構成として、前記第1撮像手段は、前記リップ部の外周面にて反射した反射光を受光するテレセントリックレンズを備え、前記第2撮像手段は、前記荷重面にて反射した反射光を受光するテレセントリックレンズを備え、前記第3撮像手段は、前記ねじ底面検査領域にて反射した反射光を受光するテレセントリックレンズを備えた構成が挙げられる。

【0023】

テレセントリックレンズを第1～3の各撮像手段が備えることで、第1～3の各撮像手段のそれぞれと、リップ部の外周面、荷重面、及び、ねじ底面検査領域のそれぞれとの距離が変動しても、第1～3の各撮像手段が撮像する撮像画像に歪みが生じることが抑制できる。このため、上記の好ましい構成によれば、第1～3の各撮像手段のそれぞれと、リップ部の外周面、荷重面、及び、ねじ底面検査領域のそれぞれとの距離が変動しても、リップ部の外周面、荷重面、及び、ねじ底面検査領域の欠陥を検査できる。

【0024】

本発明に係る欠陥検査装置の具体的な構成として、前記第1光源は、前記第1撮像手段を囲うように配置されたリング状の照明であり、前記第2光源は、光軸が前記第2撮像手段の光軸と同軸となり、且つ、前記第2撮像手段を囲うように配置されたリング状の照明であり、前記第3光源は、光軸が前記第3撮像手段の光軸と同軸となり、且つ、前記第3撮像手段の囲うように配置されたリング状の照明である構成が挙げられる。

【0025】

また、本発明は、前記第2光源及び前記第3光源に代えて、第4光源を備え、さらに、前記第2撮像手段及び前記第3撮像手段に代えて、第4撮像手段を備え、前記第4光源は、前記荷重面及び前記ねじ底面検査領域を照明し、前記第4撮像手段は、前記第4光源に取り付けられ、前記第4光源から出射し、前記垂直面に対して前記管軸方向の内側に下記式(3)を満たす角度Cだけ傾斜した方向に前記荷重面にて反射した反射光と、前記第4光源から出射し、前記垂直面に対して前記管軸方向の内側に下記式(3)を満たす角度Cだけ傾斜した方向に前記ねじ底面検査領域にて反射した反射光とを受光できるように光軸が調整され、これらの反射光を受光することによって、前記荷重面及び前記ねじ底面検査領域を撮像し、前記検査手段は、前記第1～3撮像手段が撮像した撮像画像に代えて、前記第1撮像手段及び前記第4撮像手段が撮像した撮像画像を画像処理することによって、

前記リップ部の外周面、前記荷重面、及び、前記ねじ底面検査領域の欠陥を検査することを特徴とする欠陥検査装置を提供する。

$b < C$ $d \dots (3)$

b° は、前記管軸を含む前記管の断面において、前記荷重面と前記垂直面とが成す角度 (90° 未満) である。

d° は、前記管軸を含む前記管の断面において、ねじ底面におけるねじ底面検査領域の後端部、及び、前記ねじ底面の前記管軸方向の内側の端部と接する前記雄ねじ部の挿入面の先端部を結ぶ直線と、前記垂直面とが成す角度 (90° 未満) である。

【0026】

第4光源及び第4撮像手段を備えた欠陥検査装置は、前述した第2光源、第3光源、第2撮像手段及び第3撮像手段(以下、「第2光源等」という)を備えた欠陥検査装置と同様に、リップ部の外周面、荷重面、及び、ねじ底面検査領域の撮像画像を画像処理することによって、リップ部の外周面、荷重面、及び、ねじ底面検査領域の欠陥を検査する。第4光源及び第4撮像手段を備えた欠陥検査装置において、リップ部の外周面の撮像は、第2光源等を備えた欠陥検査装置と同様に第1撮像手段が行う。第4光源及び第4撮像手段を備えた欠陥検査装置において、荷重面及びねじ底面検査領域の撮像は、第4光源及び第4撮像手段が行う。

【0027】

前述のように、第2光源等を備えた欠陥検査装置では、荷重面を撮像する第2撮像手段に荷重面にて反射した反射光を受光させるために、上記の垂直面に対して管軸方向の内側に角度Bだけ傾斜した方向に反射した反射光を受光できるように光軸が調整されている。角度Bと角度Cとは、下限が b° で等しいが、角度Cの上限の d° は角度Bの上限の c° より小さい。このため、角度Cの範囲は角度Bの範囲に含まれる。よって、上記の垂直面に対して管軸方向の内側に角度Cだけ傾斜した方向に荷重面及びねじ底面検査領域を反射する反射光を受光できるように光軸が調整された第4撮像手段は、荷重面及びねじ底面検査領域のそれぞれの各位置にて反射した反射光を同時に受光できる。第4撮像手段は、荷重面及びねじ底面検査領域のそれぞれの各位置にて反射光を同時に受光することによって、1回の撮像工程で荷重面及びねじ底面検査領域の両方を撮像できる。このため、第4撮像手段を備える欠陥検査装置によれば、少ない撮像回数で荷重面及びねじ底面検査領域の欠陥を検査でき、荷重面及びねじ底面検査領域の欠陥検査にかかる時間を短くできる。

【0028】

尚、第4光源が荷重面及びねじ底面検査領域を照明するとは、第4光源からの光を、管のどこにも反射させずに荷重面及びねじ底面検査領域に入射させることを意味する。

【0029】

第4光源及び第4撮像装置を備えた本発明に係る欠陥検査装置の好ましい構成として、前記第1撮像手段は、前記リップ部の外周面にて反射した反射光を受光するテレセントリックレンズを備え、前記第4撮像手段は、前記荷重面にて反射した反射光と、前記ねじ底面検査領域にて反射した反射光とを受光するテレセントリックレンズを備えた構成が挙げられる。

【0030】

テレセントリックレンズを第1撮像手段及び第4撮像手段が備えることで、第1撮像手段及び第4撮像手段のそれぞれと、リップ部の外周面、荷重面、及び、ねじ底面検査領域のそれぞれとの距離が変動しても、第1撮像手段及び第4撮像手段が撮像する撮像画像に歪みが生じることが抑制できる。このため、上記の好ましい構成によれば、第1撮像手段及び第4撮像手段のそれぞれと、リップ部の外周面、荷重面、及び、ねじ底面検査領域のそれぞれとの距離が変動しても、リップ部の外周面、荷重面、及び、ねじ底面検査領域の欠陥を検査できる。

【0031】

第4光源及び第4撮像装置を備えた本発明に係る欠陥検査装置の具体的な構成として、前記第1光源は、前記第1撮像手段を囲うように配置されたリング状の照明であり、前

10

20

30

40

50

記第 4 光源は、光軸が前記第 4 撮像手段の光軸と同軸であり、且つ、前記第 4 撮像手段を囲うように配置されたリング状の照明である構成が挙げられる

【発明の効果】

【0032】

本発明は、管軸方向の内側に荷重面が傾斜した管の荷重面及びねじ底面検査領域の欠陥を精度良く検査でき、且つ、リップ部の外周面の欠陥を検査できる欠陥検査装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図 1】図 1 は、本発明の実施形態 1 の欠陥検査装置の概略構成、及び、欠陥が検査される管の管軸を含む断面を示す図である。 10

【図 2】図 2 は、図 1 に示すミラーの姿勢を示す模式図である。図 2 (a) は管軸に垂直な垂直面に対して管軸方向の内側に b° だけ傾斜した方向からミラーに入射した光が撮像装置に入射する場合のミラーの姿勢を示す模式図である。図 2 (b) は管軸に垂直な垂直面に対して管軸方向の内側に c° だけ傾斜した方向からミラーに入射した光が撮像装置に入射する場合のミラーの姿勢を示す模式図である。

【図 3】図 3 は、図 1 に示すミラーの姿勢を示す模式図である。具体的には、図 3 は、管軸に垂直な垂直面に対して管軸方向の内側に d° だけ傾斜した方向からミラーに入射した光が撮像装置に入射する場合のミラーの姿勢を示す模式図である。

【図 4】図 4 は、図 1 に示す第 1 撮像手段が撮像した撮像画像の模式図である。 20

【図 5】図 5 は、画像処理フィルタの模式図である。

【図 6】図 6 は、図 1 に示す第 1 撮像手段が撮像した撮像画像の模式図である。

【図 7】図 7 は、図 1 に示す撮像装置が撮像した撮像画像の模式図である。

【図 8】図 8 は、画素ラインの X 方向における輝度値の分布を示すグラフである。

【図 9】図 9 は、本発明の実施形態 3 の欠陥検査装置の概略構成、及び、欠陥検査される管の管軸を含む断面を示す図である。

【図 10】図 10 は、油井用鋼管及び継手の断面図である。

【図 11】図 11 は、従来の欠陥検査装置の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0034】 30

<実施形態 1>

以下、本実施形態の欠陥検査装置が行う欠陥検査について説明する。図 1 は、本実施形態の欠陥検査装置の概略構成、及び、欠陥が検査される管の管軸を含む断面を示す図である。本実施形態においては、欠陥が検査される管は油井用鋼管 100 である。

【0035】

図 1 に示すように、油井用鋼管 100 の端部には、管軸方向 P の内側（図 1 においては左側）から、雄ねじ部 101 及びリップ部 102 がこの順で設けられている。雄ねじ部 101 の荷重面 103 は、油井用鋼管 100 の管軸を含む断面において、管軸方向 P に垂直な垂直面 R に対して管軸方向 P の内側（図 1 においては反時計周り方向）に b° だけ傾斜している。荷重面 103 とは、ねじ山部 107 の側面のうち、管軸方向 P の内側の側面である。リップ部 102 は、管軸方向 P の外側（図 1 においては右側）に向かうにつれ、管軸方向 P に垂直な方向の寸法が小さくなるテーパ状に形成されている。リップ部 102 の外周面は、油井用鋼管 100 の管軸を含む断面において、管軸方向 P と a° の角度を成している。 40

【0036】

本実施形態の欠陥検査装置は、第 1 光源 2 と、第 1 撮像手段 3 と、単一の光源部材 4 と、単一の撮像装置 5 と、ミラー 6 と、検査手段（図示しない）とを備える。第 1 光源 2 は、光軸 L1 が上記の垂直面 R に対して管軸方向 P の外側（図 1 においては時計周り方向）に下記式（1）を満たす角度 A だけ傾斜し、リップ部 102 の外周面を照明する。第 1 光源 2 は、第 1 撮像手段 3 を囲うように第 1 撮像手段 3 に取り付けられたリング状の照明で 50

ある。

$a - 45 \quad A \quad a + 45 \dots (1)$

【0037】

第1撮像手段3は、第1光源2から出射しリップ部102の外周面にて反射した反射光を受光することによって、リップ部102の外周面を撮像する。第1光源2と第1撮像手段3とは、光軸が同軸である。尚、本実施形態では、第1撮像手段3は、リップ部102の外周面にて反射した反射光を受光するためのレンズとして、テレセントリックレンズを備えている。

【0038】

上記のように、リップ部102の外周面を照明する第1光源2の光軸L1は、上記の垂直面Rに対して管軸方向Pの外側に角度Aだけ傾斜している。換言すれば、第1光源2からの光は、リップ部102の外周面の法線方向Nに対して45°以下の $a1^\circ$ だけ傾斜した方向からリップ部102の外周面に入射する。このため、第1光源2からの光がリップ部102の外周面に入射する方向(第1光源2の光軸L1の方向)と、リップ部102の外周面に入射した第1光源2からの光が入射角と反射角とが等しくなるようにリップ部102の外周面にて正反射する正反射方向R2との成す角度Dは最大で90°である。第1撮像手段3の光軸は、第1光源2の光軸L1と同軸であるため、第1撮像手段3の光軸の方向は、第1光源2からの光がリップ部102の外周面に入射する方向と一致している。このため、第1撮像手段3の光軸の方向と、前述の正反射方向R2との成す角度が90°以下である。リップ部102の外周面に入射し、該外周面にて反射した光の光量は、反射した方向がリップ部102の外周面に対する入射角と反射角とが等しくなる方向に近い方向ほど、光量が大きくなる傾向にある。このため、前述の正反射方向R2と、光軸の方向との成す角度が90°以下の第1撮像手段3は、第1光源2から出射し、リップ部102の外周面にて反射した反射光を多量に受光でき、リップ部102の外周面を鮮明に撮像できる。

【0039】

光源部材4は、第2光源と第3光源とを兼ねる。第2光源とは、荷重面103を照明する光源である。第3光源とは、ねじ底面検査領域106を照明する光源である。ねじ底面検査領域106とは、荷重面103とねじ底面104との境界部105から、該境界部105より管軸方向の内側に所定の距離だけ離間したねじ底面104の部位108までのねじ底面104上の領域である。光源部材4から出射した光は、ミラー6にて反射してから、荷重面103又はねじ底面検査領域106に入射する。ミラー6は姿勢を切り替えることができ、ミラー6の姿勢を切り替えることによって、光源部材4から出射した光の入射先を荷重面103とねじ底面検査領域106との間で切り替えることができる。従って、光源部材4は、ミラー6の姿勢の切り替えによって、第2光源として機能するときと、第3光源として機能するときとに切り替えられる。尚、本実施形態では、光源部材4は、撮像装置5を囲うように撮像装置5に取り付けられたリング状の照明である。

【0040】

撮像装置5は、第2撮像手段と第3撮像手段とを兼ねる。第2撮像手段とは、第2光源に取り付けられると共に、第2光源から出射し、上記の垂直面Rに対して管軸方向Pの内側に下記式(2)を満たす角度Bだけ傾斜した方向に荷重面103にて反射した反射光を受光できるように光軸が調整され、該反射光を受光することによって、荷重面103を撮像する撮像手段である。

$b < B \quad c \dots (2)$

c° は、図1に示すように、直線S1と、上記の垂直面Rとが成す角度(90°未満)である。直線S1は、管軸を含む断面において、上述の境界部105と、ねじ底面104の管軸方向の内側の端部109に接する雄ねじ部101の挿入面110の先端部111とを結ぶ直線である。挿入面110とは、ねじ山部107の側面のうち管軸方向Pの外側の側面である。挿入面110の先端部111とは、挿入面110とねじ山部107のねじ頂面112との境界部である。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 1 】

第3撮像手段とは、第3光源に取り付けられると共に、第3光源から出射し、上記の垂直面Rに対して管軸方向Pの内側に下記式(3)を満たす角度Cだけ傾斜した方向にねじ底面検査領域106にて反射した反射光を受光できるように光軸が調整され、該反射光を受光することによって、ねじ底面検査領域106を撮像する撮像手段である。

$$b < C \quad d \dots (3)$$

d°は、図1に示すように、直線S2と、上記の垂直面Rとが成す角度(90°未満)である。直線S2は、管軸を含む断面において、ねじ底面検査領域106の管軸方向Pの内側の端部108と、挿入面110の先端部111とを結ぶ直線である。

【 0 0 4 2 】

図1に示すように、撮像装置5は、ミラー6を介して荷重面103又はねじ底面検査領域106にて反射した反射光を受光する。ミラー6の姿勢を切り替えることによって、撮像装置5が受光する反射光を荷重面103からの反射光とねじ底面検査領域106からの反射光との間で切り替えることができる。即ち、ミラー6の姿勢の切り替えにより、撮像装置5を、第2撮像手段として機能するときと、第3撮像手段として機能するときとに切り替えることができる。尚、本実施形態では、光源部材4及び撮像装置5の光軸は同軸であり、それぞれの光軸は、垂直面Rに対して管軸方向Pの外側に傾斜している。また、本実施形態では、撮像装置5は、荷重面103にて反射した反射光と、ねじ底面検査領域106にて反射した反射光とを受光するためのレンズとして、テレセントリックレンズを備えている。

【 0 0 4 3 】

ミラー6は、管軸方向と直交する(図1の紙面に直交する)軸周りに回転可能とされている。ミラー6の姿勢は、光源部材4からの光を荷重面103に入射させると共に、上記の垂直面Rに対して管軸方向Pの内側に角度Bだけ傾斜した方向に荷重面103にて反射した反射光を撮像装置5に受光させる姿勢(以下、「第1姿勢」という)と、光源部材4からの光をねじ底面検査領域106に入射させると共に、上記の垂直面Rに対して管軸方向Pの内側に角度Cだけ傾斜した方向に底面検査領域106にて反射した反射光を撮像装置5に受光させる姿勢(以下、「第2姿勢」という)との間で切り替えが可能である。第1姿勢においては、ミラー6は、上記の垂直面Rに対して管軸方向Pの外側に下記式(4)を満たす角度Eだけ傾斜している。

$$r_1 > E \quad r_2 \dots (4)$$

図2に示すように、r1°及びr2°はそれぞれ、上記の垂直面Rに対して管軸方向Pの外側にミラー6が何度傾斜しているかを表す角度である。尚、図2(b)に示す状態では、ミラー6は、上記の垂直面Rに対して管軸方向Pの内側に傾斜しているため、r2°は負の角度である。

【 0 0 4 4 】

図2(a)に示すように、角度Eがr1°のときは、上記の垂直面Rに対して管軸方向Pの内側にb°だけ傾斜した方向からミラー6に入射した光L2が撮像装置5に入射する。図2(a)より、 $90^\circ = r_1^\circ + (r_1^\circ + b^\circ) + e^\circ$ であることから、下記式(5)を導出できる。

$$r_1^\circ = (90^\circ - b^\circ - e^\circ) / 2 \dots (5)$$

尚、e°は、上記の管軸方向Pに対して管軸方向Pの内側に撮像装置5の光軸が何度傾斜しているかを表す角度である。

【 0 0 4 5 】

また、図2(b)に示すように、角度Eがr2°のときは、上記の垂直面Rに対して管軸方向Pの内側にc°だけ傾斜した方向からミラー6に入射した光L3が撮像装置5に入射する。図2(b)より、 $90^\circ = (c^\circ + 2r_2^\circ) + e^\circ$ であることから、下記式(6)を導出できる。

$$r_2^\circ = (90^\circ - c^\circ - e^\circ) / 2 \dots (6)$$

【 0 0 4 6 】

10

20

30

40

50

以上のことから、第1姿勢では、上記の垂直面Rに対して管軸方向Pの内側に b° 又は b° よりも小さい角度だけ傾斜した方向からミラー6に入射した光、及び、上記の垂直面Rに対して管軸方向Pの内側に c° より大きい角度だけ傾斜した方向からミラー6に入射した光は、撮像装置5に受光されない。一方で、荷重面103は、上記の垂直面Rに対して管軸方向Pの内側に b° 傾斜している。このため、荷重面103にて反射する全ての反射光は、上記の垂直面Rに対して管軸方向の内側に b° より大きい角度だけ傾斜した方向に反射する。また、上述の境界部105にて反射した反射光の反射方向が、上記の垂直面Rに対して管軸方向Pの内側に c° より大きい角度だけ傾斜した方向であると、該反射光は、挿入面110に入射する。従って、角度Eが上記式(4)を満たしていれば、撮像装置5は、荷重面103にて反射した反射光を受光でき、該反射光を受光することによって荷重面103を撮像できる。即ち、角度Eが上記式(4)を満たしていれば、撮像装置5は、第2撮像手段として機能する。

10

【0047】

一方、第2姿勢においては、ミラー6は、上記の垂直面Rに対して管軸方向Pの外側に下記式(7)を満たす角度Eだけ傾斜している。

$$r1^\circ > E \quad r3^\circ \dots (7)$$

図3に示すように、 $r3^\circ$ は、 $r1^\circ$ 及び $r2^\circ$ と同様に、上記の垂直面Rに対して管軸方向Pの外側にミラー6が何度傾斜しているかを表す角度である。尚、図3に示す状態では、ミラー6は、上記の垂直面Rに対して管軸方向Pの内側に傾斜しているので、 $r3^\circ$ は負の角度である。角度Eが $r3^\circ$ であるときは、上記の垂直面Rに対して管軸方向Pの内側に d° だけ傾斜した方向からミラー6に入射した光L4が撮像装置5に入射する。図3より、 $90^\circ = (d^\circ + 2r3^\circ) + e^\circ$ であることから、下記式(8)を導出できる。

20

$$r3^\circ = (90^\circ - d^\circ - e^\circ) / 2 \dots (8)$$

【0048】

以上のことから、第2姿勢では、上記の垂直面Rに対して管軸方向Pの内側に b° 又は b° よりも小さい角度だけ傾斜した方向からミラー6に入射した光、及び、上記の垂直面Rに対して管軸方向Pの内側に d° より大きい角度だけ傾斜した方向からミラー6に入射した光は、撮像装置5に受光されない。一方で、荷重面103は、上記の垂直面Rに対して管軸方向Pの内側に角度 b° 傾斜している。このため、上記の垂直面Rに対して管軸方向Pの内側に角度 b° 又は b° よりも小さい角度だけ傾斜した方向に上述の境界部105にて反射した反射光は、荷重面103に入射する。また、上記の垂直面Rに対して管軸方向Pの内側に角度 d° より大きい角度だけ傾斜した方向にねじ底面検査領域106の管軸方向の内側の端部108にて反射した反射光は、挿入面110に入射する。従って、角度Eが上記式(7)を満たしていれば、撮像装置5は、ねじ底面検査領域106にて反射した反射光を受光でき、該反射光を受光することによってねじ底面検査領域106を撮像できる。即ち、角度Eが上記式(7)を満たしていれば、撮像装置5は、第3撮像手段として機能する。

30

【0049】

検査手段は、以上のように、第1撮像手段3が撮像した撮像画像と、撮像装置5が撮像した撮像画像とを以下のように画像処理することで、リップ部102の外周面、荷重面103、及び、ねじ底面検査領域106の欠陥を検査する。

40

【0050】

まず、リップ部102の外周面の欠陥検査のための画像処理について説明する。以下では、該欠陥検査が、管軸方向Pに伸びる線状きずがリップ部102の外周面に存在するか否かの検査である場合について説明する。図4は、第1撮像手段3が撮像した撮像画像40を示し、図4、及び、後述の図6、7の矢印Y方向は、管軸方向Pに対応する方向である(管軸方向Pに対応する方向を、以下、「Y方向」という)。撮像画像40のうち、Y方向に垂直な方向(図4、6、7の矢印X方向。Y方向に垂直な方向を、以下、「X方向」という)に延びる輝度値の高い領域(白色領域)がリップ部102の外周面に対応する

50

リップ部領域 48 である。リップ部領域 48 の輝度値が高いのは、リップ部 102 の外周面にて反射した反射光が多量に第 1 撮像手段 3 に受光されるためである。

【0051】

まず、検査手段は、第 1 撮像手段 3 が撮像した撮像画像 40 が入力されると、撮像画像 40 から検査対象領域 49 を抽出する。検査対象領域 49 とは、リップ部領域 48 が X 方向と略平行になる部分である。検査対象領域 49 の位置情報は、撮像時の第 1 撮像手段 3 に対する油井用鋼管 100 の位置、油井用鋼管 100 の外径などから予め算出され、予め検査手段に記憶されている。検査手段は、検査対象領域 49 を抽出すると、該領域 49 に対してノイズ除去などの前処理を行う。

【0052】

次に、検査手段は、検査対象領域 49 において、X 方向に延びる各画素ライン 41a、41b、41c...の中から、リップ部領域 48 を構成する画素ラインを認定する。該認定は、以下のように行われる。まず、検査手段は、画素ライン毎に、各画素ライン 41a、41b、41c...を構成する全画素の輝度値の総和を算出する。検査手段は、算出した輝度値の総和が所定の閾値より大きい画素ラインを、リップ部領域 48 を構成する画素ラインと認定する。本実施形態では、画素ライン 41n1、41n2、41n3、41n4 をリップ部領域 48 を構成する画素ラインと認定したものとする。尚、リップ部領域 48 を構成する画素ラインが認定できない場合は、検査手段は、その時点で、欠陥検査のための画像処理を終了する。

【0053】

次に、検査手段は、リップ部領域 48 を構成する画素ラインと認定した 1 つの画素ラインを構成する全画素の中から、線状きずに対応する線状きず領域 51 の一方側の端辺 52 を構成する画素の候補（以下、「一方側の端辺候補画素」という）、及び、他方側の端辺 53 を構成する画素の候補（以下、「他方側の端辺候補画素」という）を検出する。一方側及び他方側の端辺候補画素は、以下のように検出される。検査手段は、X 方向の一方側（本実施形態では、右側とする）に向かうにつれ輝度値が急峻に増加している領域に位置する画素を一方側の端辺候補画素であると認定し、X 方向の一方側に向かうにつれ輝度値が急峻に減少している領域に位置する画素を他方側の端辺候補画素であると認定する。このように一方側及び他方側の端辺候補画素を認定するのは、線状きず領域 51 を構成する画素は、リップ部 102 の外周面に対応する画素ラインの他の領域を構成する画素に比べて輝度値が小さいためである。これは、リップ部 102 の外周面のうち、線状きずが生じた部位では、線状きずが生じることによって、該部位の向きが変化し、該部位にて反射した反射光が、第 1 撮像手段 3 に受光され難くなるためである。本実施形態では、検査手段は、図 5 に示す画像処理フィルタを用いて、X 方向の一方側に向かうにつれ輝度値がどの程度急峻に変動するかを算出する。以上のようにして、検査手段は、リップ部領域 48 を構成する画素ラインと認定した全画素ラインを構成する全画素の中から、一方側の端辺候補画素、及び、他方側の端辺候補画素を検出する。尚、一方側及び他方側の端辺候補画素が検出できない場合は、検査手段は、その時点で、欠陥検査のための画像処理を終了する。

【0054】

一方側及び他方側の端辺候補画素を検出した場合、検査手段は、一方側の端辺候補画素についてラベリング処理を施すことによって、線状きず領域 51 の一方側の端辺 52 を構成する画素群の候補（以下、「一方側の端辺の候補画素群」という）を検出する。同様に、検査手段は、他方側の端辺候補画素についてラベリング処理を施すことによって、線状きず領域 51 の他方側の端辺 53 を構成する画素群の候補（以下、「他方側の端辺の候補画素群」という）を検出する。

【0055】

次に、検査手段は、一方側及び他方側の端辺の候補画素群のそれぞれの Y 方向の長さや長手方向の向き、及び、一方側の端辺の候補画素群と他方側の端辺の候補画素群との間隔などに基づいて、一方側及び他方側の端辺の候補画素群のそれぞれが、線状きず領域 51

10

20

30

40

50

の一方側及び他方側の端辺 5 2、5 3 を実際に構成する画素群であるか否かを判断する。検査手段は、一方側及び他方側の端辺の候補画素群のそれぞれが、線状きず領域 5 1 の一方側及び他方側の端辺 5 2、5 3 を実際に構成する画素群であると判断した場合は、一方側及び他方側の端辺の候補画素群に対応するリップ部 1 0 2 の外周面の部位に線状きずが生じていると判断する。そして、検査手段は、撮像画像 4 0 をモニタに表示する際に、一方側及び他方側の端辺の候補画素群が赤枠などで囲われるように撮像画像 4 0 を加工する。このように撮像画像 4 0 を加工することによって、作業員は、撮像画像 4 0 が表示されたモニタを視認することで、リップ部 1 0 2 の外周面に線状きずが生じているか否か、及び、線状きずがどの部位に生じているかが分かる。

【 0 0 5 6 】

また、以下では、図 6 (a) に示すように、リップ部 1 0 2 の外周面に、管軸方向 P の端部からリップ部 1 0 2 の外周面の中央側に伸びるきず 6 1 が存在するか否かを検査する場合について説明する。図 6 (b) に示すように、検査手段は、上述のようにして、リップ部領域 4 8 を構成する画素ラインを認定する。検査手段は、リップ部領域 4 8 を構成する画素ラインと認定した全画素ラインからなる領域 6 4 の Y 方向の長さ W の平均 W 1 を算出する。領域 6 4 の Y 方向長さ W とは、領域 1 4 を構成する全画素のうち、その輝度値が所定の閾値よりも大きい画素からなる画素群の Y 方向の長さである。次に、検査手段は、領域 6 4 において、Y 方向の長さ W が平均 W 1 よりも所定長さ以上短い区間 V が X 方向において所定画素以上連続する場合、その区間にきず 6 1 が生じていると判断する。そして、検査手段は、撮像画像 4 0 をモニタに表示する際に、該区間が強調されるように撮像画像 4 0 を加工する。

【 0 0 5 7 】

次に、荷重面 1 0 3 の欠陥検査のための画像処理について説明する。図 7 は、ミラー 6 が第 1 姿勢のときに撮像装置 5 (即ち、第 2 撮像手段) が撮像した撮像画像 7 0 である。撮像画像 7 0 には、輝度値が最も低い領域、2 番目に低い領域、最も高い領域が存在する。輝度値が最も低い領域は、荷重面 1 0 3 に対応する荷重面領域 7 1 である。輝度値が 2 番目に低い領域は、ねじ底面検査領域 1 0 6 に対応する領域 (以下、「ねじ底面領域 7 2」という) である。輝度値が最も高い領域は、ねじ頂面 1 1 2 に対応するねじ頂面領域 7 3 である。ねじ底面検査領域 1 0 6 とねじ頂面 1 1 2 とは略平行であるが、ねじ底面検査領域 1 0 6 で反射した光の中には、荷重面 1 0 3 や挿入面 1 1 0 に入射して撮像装置 5 に入射しないものがあるため、ねじ底面領域 7 2 は、ねじ頂面領域 7 3 よりも輝度値が低い。

【 0 0 5 8 】

検査手段は、撮像画像 7 0 が入力されると、撮像画像 7 0 から検査対象領域 7 4 を抽出する。検査対象領域 7 4 とは、荷重面領域 7 1、ねじ底面領域 7 2、ねじ頂面領域 7 3 が X 方向と略平行となる部分である。検査対象領域 7 4 の位置情報は、撮像時の撮像装置 5 に対する油井用鋼管 1 0 0 の位置、油井用鋼管 1 0 0 の外径などから予め算出され、予め検査手段に記憶されている。検査手段は、検査対象領域 7 4 を抽出すると、該領域に対してノイズ除去などの前処理を行う。

【 0 0 5 9 】

次に、検査手段は、検査対象領域 7 4 において、X 方向に延びる撮像画像 7 0 の各画素ライン 7 5 a、7 5 b、7 5 c ... の中から、荷重面領域 7 1 を構成する画素ラインを認定する。該認定は、以下のように行われる。まず、検査手段は、画素ライン毎に、各画素ライン 7 5 a、7 5 b、7 5 c ... を構成する全画素の輝度値の総和を算出する。検査手段は、算出した輝度値の総和が所定の閾値より低い画素ラインを、荷重面領域 7 1 を構成する画素ラインであると認定する。尚、荷重面領域 7 1 を構成する画素ラインが認定できない場合は、検査手段は、その時点で、欠陥検査のための画像処理を終了する。

【 0 0 6 0 】

次に、検査手段は、荷重面領域 7 1 を構成する画素ラインであると認定した画素ラインのうち、1 つの画素ライン (以下、「注目画素ライン」という) の輝度値の X 方向にお

10

20

30

40

50

る分布を示す輝度値線（図8参照）と、該画素ラインを構成する各画素の輝度値の平均（平均輝度値）とを算出する。検査手段は、輝度値線と平均輝度値との交差回数が所定の閾値以上であり、且つ、平均輝度値が所定の閾値未満であるか否かを判断する。上記の交差回数が所定の閾値以上であり、且つ、平均輝度値が所定の閾値未満であると判断した場合、検査手段は、注目画素ラインに対応する荷重面103の部位にきずが生じていると判断する。一方、検査手段は、上記の交差回数が所定の閾値以上であり、且つ、平均輝度値が所定の閾値を超えると判断した場合は、注目画素ラインに対応する荷重面103の部位にきずが生じていないと判断する。同様に、検査手段は、荷重面領域71を構成する画素ラインと認定した全画素ラインに対応する部位について、きずが生じているか否かを判断する。検査手段は、撮像画像70をモニタに表示する際に、きずが生じていると判断した荷重面103の部位に対応する画素ラインが赤枠などで囲われるように撮像画像70を加工する。このように加工された撮像画像70がモニタに表示されることによって、作業員は、モニタを視認することで、荷重面103にきずが生じているか否か、及び、きずがどの部位に生じているのかが分かる。

10

【0061】

次に、ねじ底面検査領域106の欠陥検査のための画像処理について説明する。ねじ底面検査領域106の欠陥検査のための画像処理は、ミラー6が第2姿勢のときに撮像装置5（即ち、第3撮像手段）が撮像した撮像画像に対して行う。ミラー6が第2姿勢のときの撮像画像は、図7に示す撮像画像70と同様に、荷重面領域71、ねじ底面領域72、及び、ねじ頂面領域73が存在する。尚、ここでは、図7の撮像画像70を、ミラー6が第2姿勢のときに撮像装置5が撮像した撮像画像であるとして、ねじ底面検査領域106の欠陥検査のための画像処理について説明する。

20

【0062】

検査手段は、撮像画像70が入力されると、撮像画像70から検査対象領域74を抽出する。

【0063】

次に、検査手段は、検査対象領域74において、X方向に延びる撮像画像70の各画素ライン75a、75b、75c...の中から、荷重面領域71を構成する画素ラインを認定する。該認定は、荷重面103の欠陥検査のための画像処理における方法と同様の方法で行われる。次に、検査手段は、各画素ライン75a、75b、75c...の中から、ねじ頂面領域73を構成する画素ラインを認定する。該認定は、以下のように行われる。まず、検査手段は、画素ライン毎に、各画素ライン75a、75b、75c...を構成する全画素の輝度値の総和を算出する。検査手段は、算出した輝度値の総和が所定の閾値以上の画素ラインを、ねじ頂面領域73を構成する画素ラインと認定する。次に、検査手段は、荷重面領域71を構成する画素ラインから荷重面領域71を認定し、ねじ頂面領域73を構成する画素ラインからねじ頂面領域73を認定する。次に、検査手段は、荷重面領域71とねじ頂面領域73との間の領域をねじ底面領域72と認定する。尚、荷重面領域71、及び、ねじ頂面領域73を構成する画素ラインが認定できない場合は、検査手段は、その時点で、欠陥検査のための画像処理を終了する。

30

【0064】

次に、検査手段は、ねじ底面領域72を構成する画素ラインのうち1つの画素ライン（以下、「注目画素ライン」という）の輝度値のX方向における分布を示す輝度値線と、該画素ラインを構成する各画素の輝度値の平均（平均輝度値）とを算出する。検査手段は、輝度値線と平均輝度値との交差回数が所定の閾値以上であり、且つ、平均輝度値が所定の閾値未満であるか否かを判断する。上記の交差回数が所定の閾値以上であり、且つ、平均輝度値が所定の閾値未満であると判断した場合、検査手段は、注目画素ラインに対応するねじ底面検査領域106の部位にきずが生じていると判断する。一方、検査手段は、上記の交差回数が所定の閾値以上であり、且つ、平均輝度値が所定の閾値を超えると判断した場合は、注目画素ラインに対応するねじ底面検査領域106の部位にきずが生じていないと判断する。同様に、検査手段は、ねじ底面領域72を構成する全画素ラインに対応

40

50

する部位について、きずが生じているか否かを判断する。検査手段は、撮像画像70をモニタに表示する際に、きずが生じていると判断したねじ底面検査領域106の部位に対応する画素ラインが赤枠などで囲われるように撮像画像70を加工する。このように加工された撮像画像70がモニタに表示されることによって、作業員は、モニタを視認することで、ねじ底面検査領域106にきずが生じているか否か、及び、どの部位にきずが生じているのかが分かる。

【0065】

以上のように、本実施形態の欠陥検査装置によれば、リップ部102の外周面、荷重面103及びねじ底面検査領域106の欠陥を検査できる。

【0066】

また、第1撮像手段3の光軸が第1光源2の光軸L1と同軸となるように、第1撮像手段3が第1光源2に取り付けられている。このため、第1撮像手段3の光軸と第1光源2の光軸L1とが同軸となる状態を保持しつつ、第1光源2の光軸を上記の垂直面Rに対して管軸方向Pの外側に角度Aだけ傾斜するように調整できる。従って、本実施形態の欠陥検査装置においては、第1光源2の光軸L1の調整によって、第1撮像手段3の光軸と第1光源2の光軸L1とが同軸でなくなることがなく、第1撮像手段3の光軸を第1光源2の光軸L1と同軸にするための調整が不要である。

【0067】

また、光源部材4は、第2光源と第3光源とを兼ねている。このため、独立別個に2つの光源(第2光源及び第3光源)を本実施形態の欠陥検査装置が備える必要がない。同様に、撮像装置5は、第2撮像手段と第3撮像手段とを兼ねている。このため、独立別個に2つの撮像手段(第2撮像手段及び第3撮像手段)を本実施形態の欠陥検査装置が備える必要がない。このため、本実施形態の欠陥検査装置は、部品点数が少ない。

【0068】

第1撮像手段3及び撮像装置5がテレセントリックレンズを備えることで、第1撮像手段3及び撮像装置5のそれぞれと、リップ部102の外周面、荷重面103、及び、ねじ底面検査領域106のそれぞれとの距離が変動しても、第1撮像手段3及び撮像装置5が撮像した撮像画像に歪みが生じることが抑制できる。このため、本実施形態の欠陥検査装置は、第1撮像手段3及び撮像装置5のそれぞれと、リップ部102の外周面、荷重面103、及び、ねじ底面検査領域106のそれぞれとの距離が変動しても、リップ部102の外周面、荷重面103、及び、ねじ底面検査領域106の欠陥を検査できる。

【0069】

また、本実施形態の欠陥検査装置においては、光源部材4及び撮像装置5の光軸の方向が上記の垂直面Rに対して管軸方向Pの内側に傾斜していても外側に傾斜していても、ミラー6の姿勢の調整によって、荷重面103又はねじ底面検査領域106を光源部材4が照明できると共に、荷重面103又はねじ底面検査領域106にて反射した反射光を撮像装置5が受光できる。このため、本実施形態のように、光源部材4及び撮像装置5の光軸を第1撮像手段3と同じように管軸方向Pの外側に傾斜させると、リップ部102の外周面、荷重面103及びねじ底面検査領域106の欠陥を検査できると共に、本実施形態の欠陥検査装置をコンパクトにすることができる。

【0070】

また、撮像装置5が第2撮像手段として機能する際の撮像装置5の光軸は、上記式(2)を満たす角度Bが採り得る角度において、上記の垂直面Rとの成す角度が最も大きい c° だけ傾斜した方向に反射した反射光を受光できるように調整されていることが好ましい。管軸方向Pと成す角度が小さい方向に反射した反射光を受光できるように、撮像装置5の光軸の方向を調整すれば、撮像装置5の撮像範囲を管軸方向Pに沿って大きくできる。このため、 c° だけ傾斜した方向に反射した反射光を受光できるように撮像装置5の光軸を調整することで、1回の撮像工程で多くの荷重面103を撮像できる。また、撮像装置5が第3撮像手段として機能する際の撮像装置5の光軸は、上記式(3)を満たす角度Cが採り得る角度において、最も管軸方向Pと成す角度が小さい d° だけ傾斜した方向に反

10

20

30

40

50

射した反射光を受光できるように調整されていることが好ましい。管軸方向 P と成す角度が小さい方向に反射した反射光を受光できるように、撮像装置 5 の光軸の方向を調整すれば、撮像装置 5 の撮像範囲を管軸方向 P に沿って大きくできる。このため、 d° だけ傾斜した方向に反射した反射光を受光できるように撮像装置 5 の光軸を調整することで、1 回の撮像工程で多くのねじ底面検査領域 106 を撮像できる。このように撮像装置 5 の光軸を調整することで、少ない撮像回数で荷重面 103 及びねじ底面検査領域 106 の欠陥を検査でき、荷重面 103 及びねじ底面検査領域 106 の欠陥検査にかかる時間を短くできる。

【0071】

<実施形態 2>

本実施形態の欠陥検査装置は、実施形態 1 の光源部材に代えて第 4 光源を備え、実施形態 1 の撮像装置に代えて第 4 撮像手段を備える。第 4 光源は、荷重面 103 及びねじ底面検査領域 106 を同時に照明する。第 4 撮像手段は、第 4 光源に取り付けられている。第 4 撮像手段は、第 4 光源から出射し、上記の垂直面 R に対して管軸方向 P の内側に上記式 (3) を満たす角度 C だけ傾斜した方向に荷重面 103 及びねじ底面検査領域 106 にて反射した反射光を受光できるように光軸が調整され、該反射光を受光することによって、荷重面 103 及びねじ底面検査領域 106 を撮像する撮像手段である。

【0072】

上述のように、実施形態 1 の撮像装置は、上記の垂直面 R に対して管軸方向 P の内側に角度 B だけ傾斜した方向に反射した反射光を受光できるように光軸が調整されることで、荷重面 103 にて反射した反射光を受光できる。角度 B と角度 C とは、下限が b° で等しい、角度 C の上限の d° は、角度 B の上限の c° より小さい。このため、角度 C の範囲は角度 B の範囲に含まれる。よって、上記の垂直面 R に対して管軸方向 P の内側に角度 C だけ傾斜した方向に荷重面 103 及びねじ底面検査領域 106 にて反射する反射光を受光できるように光軸が調整された第 4 撮像手段は、荷重面 103 及びねじ底面検査領域 106 のそれぞれの各位置にて反射した反射光を同時に受光できる。第 4 撮像手段は、荷重面 103 及びねじ底面検査領域 106 のそれぞれの各位置にて反射光を同時に受光することによって、1 回の撮像工程で荷重面 103 及びねじ底面検査領域 106 の両方を撮像できる。このため、本実施形態の欠陥検査装置によれば、少ない撮像回数で荷重面 103 及びねじ底面検査領域 106 の欠陥を検査でき、荷重面 103 及びねじ底面検査領域 106 の欠陥検査にかかる時間を短くできる。

【0073】

<実施形態 3>

図 9 に示すように、本実施形態の欠陥検査装置 1 は、第 1 光源 2 (図示しない) と、第 1 撮像手段 3 (図示しない) と、第 2 光源 7 と、第 2 撮像手段 8 と、第 3 光源 9 と、第 3 撮像手段 10 と、検査手段 (図示しない) とを備える。第 1 光源 2、第 1 撮像手段 3、検査手段は、実施形態 1 の欠陥検査装置と構成が同じである。

【0074】

第 2 光源 7 は、荷重面 103 を照明する光源である。第 2 撮像手段 8 は、第 2 光源 7 に取り付けられ、荷重面 103 にて反射した光を受光する。第 2 撮像手段 8 の光軸は、上記の垂直面 R に対して管軸方向 P の内側に上記式 (2) を満たす角度 B だけ傾斜した方向に調整されている。上述のように、荷重面 103 にて反射する全ての反射光は、上記の垂直面 R に対して管軸方向 P の内側に b° より大きい角度だけ傾斜した方向に荷重面 103 にて反射する。また、上述の境界部 105 にて反射した反射光の反射方向が、上記の垂直面 R に対して管軸方向 P の内側に角度 c° より大きい角度だけ傾斜した方向であると、該反射光は、挿入面 110 に入射する。従って、第 2 撮像手段 8 は、荷重面 103 にて反射した反射光を受光でき、該反射光を受光することによって荷重面 103 を撮像できる。

【0075】

第 3 光源 9 は、ねじ底面検査領域 106 を照明する光源である。第 3 撮像手段 10 は、第 3 光源 9 に取り付けられ、ねじ底面検査領域 106 にて反射した光を受光する、第 3 撮

10

20

30

40

50

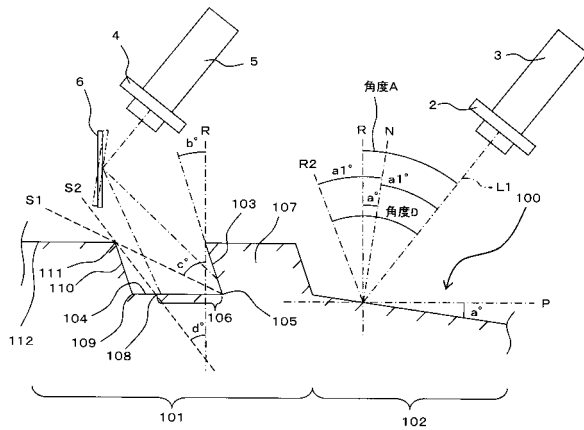
像手段 10 は、上記の垂直面 R に対して管軸方向 P の内側に上記式 (3) を満たす角度 C だけ傾斜した方向に光軸の方向が調整されている。前述のように、上記の垂直面 R に対して管軸方向 P の内側に角度 b° 又は b° より小さい角度だけ傾斜した方向に上述の境界部 105 にて反射した反射光は、荷重面 103 に入射する。また、上記の垂直面 R に対して管軸方向 P の内側に角度 d° より大きい角度だけ傾斜した方向にねじ底面検査領域 106 の管軸方向の内側の端部 108 にて反射した反射光は、挿入面 110 に入射する。従って、第 3 撮像手段 10 は、ねじ底面検査領域 106 にて反射した反射光を受光でき、該反射光を受光することによってねじ底面検査領域 106 を撮像できる。

【符号の説明】

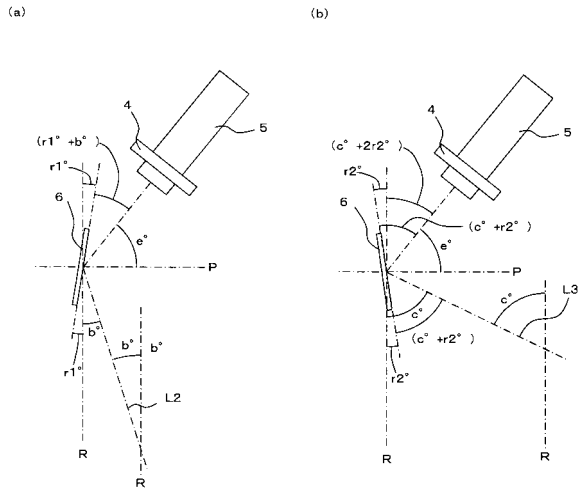
【0076】

2 ... 第 1 光源、3 ... 第 1 撮像手段、4 ... 光源部材、5 ... 撮像装置、6 ... ミラー、7 ... 第 2 光源、8 ... 第 2 撮像手段、9 ... 第 3 光源、10 ... 第 3 撮像手段

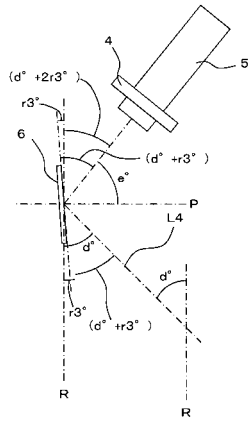
【図 1】



【図 2】



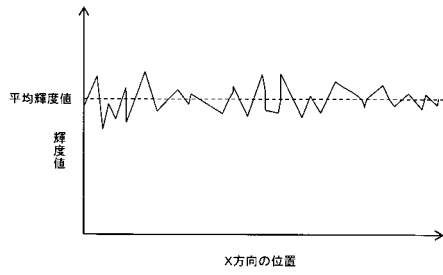
【図3】



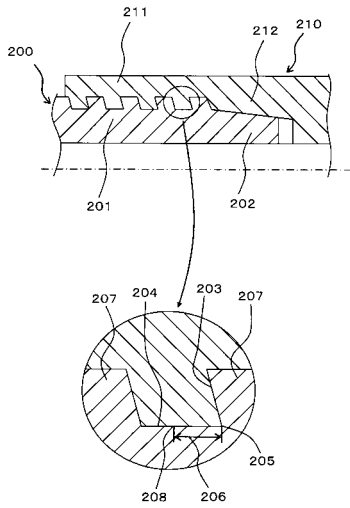
【図5】

-3	-2	0	2	3
-3	-2	0	2	3
-3	-2	0	2	3

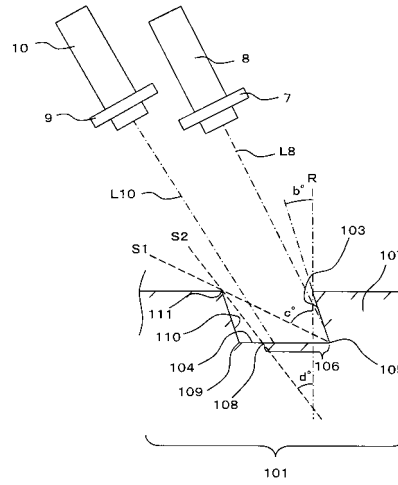
【図8】



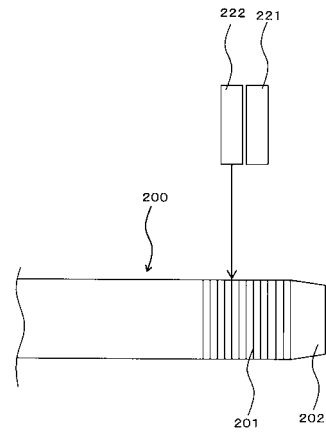
【図10】



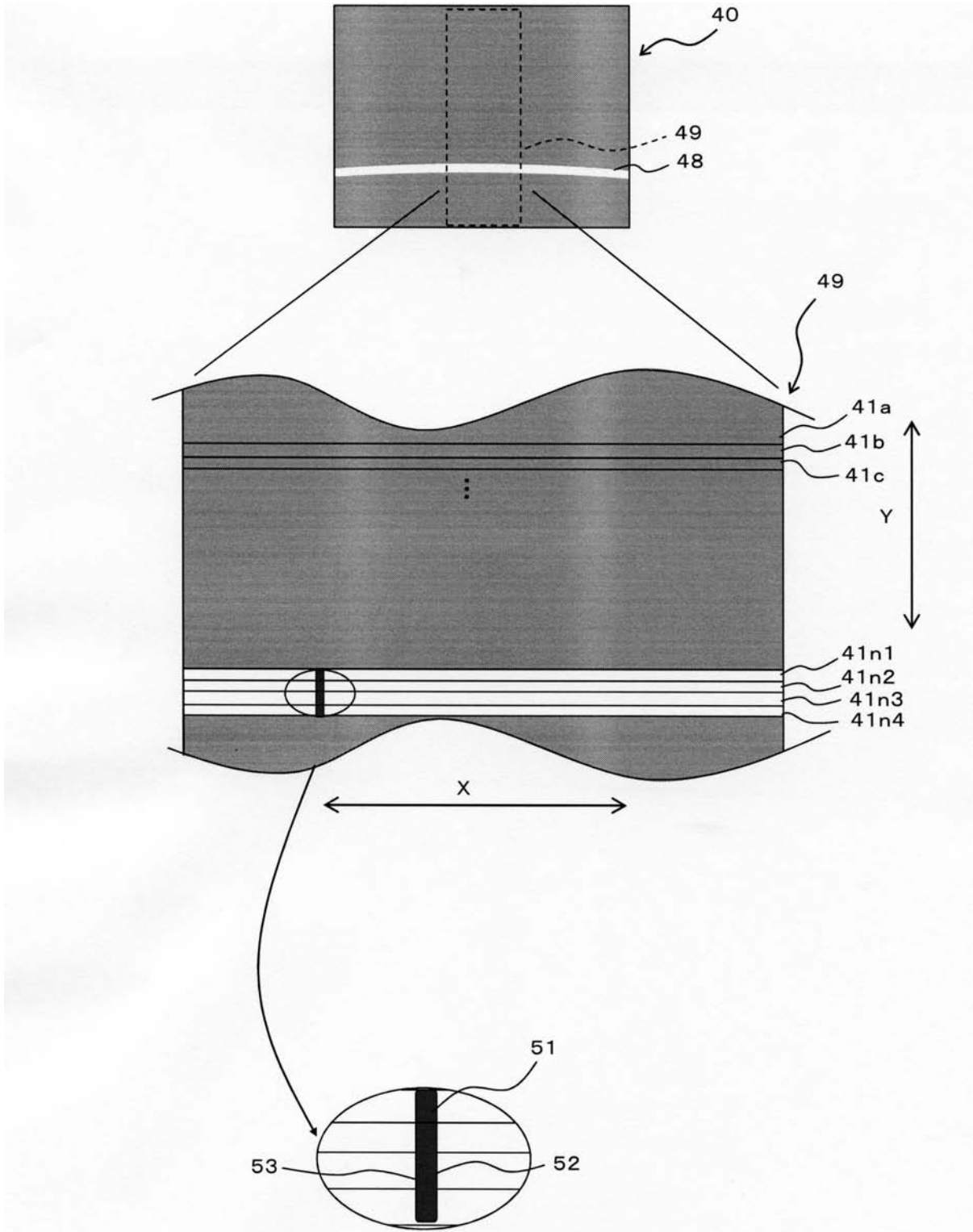
【図9】



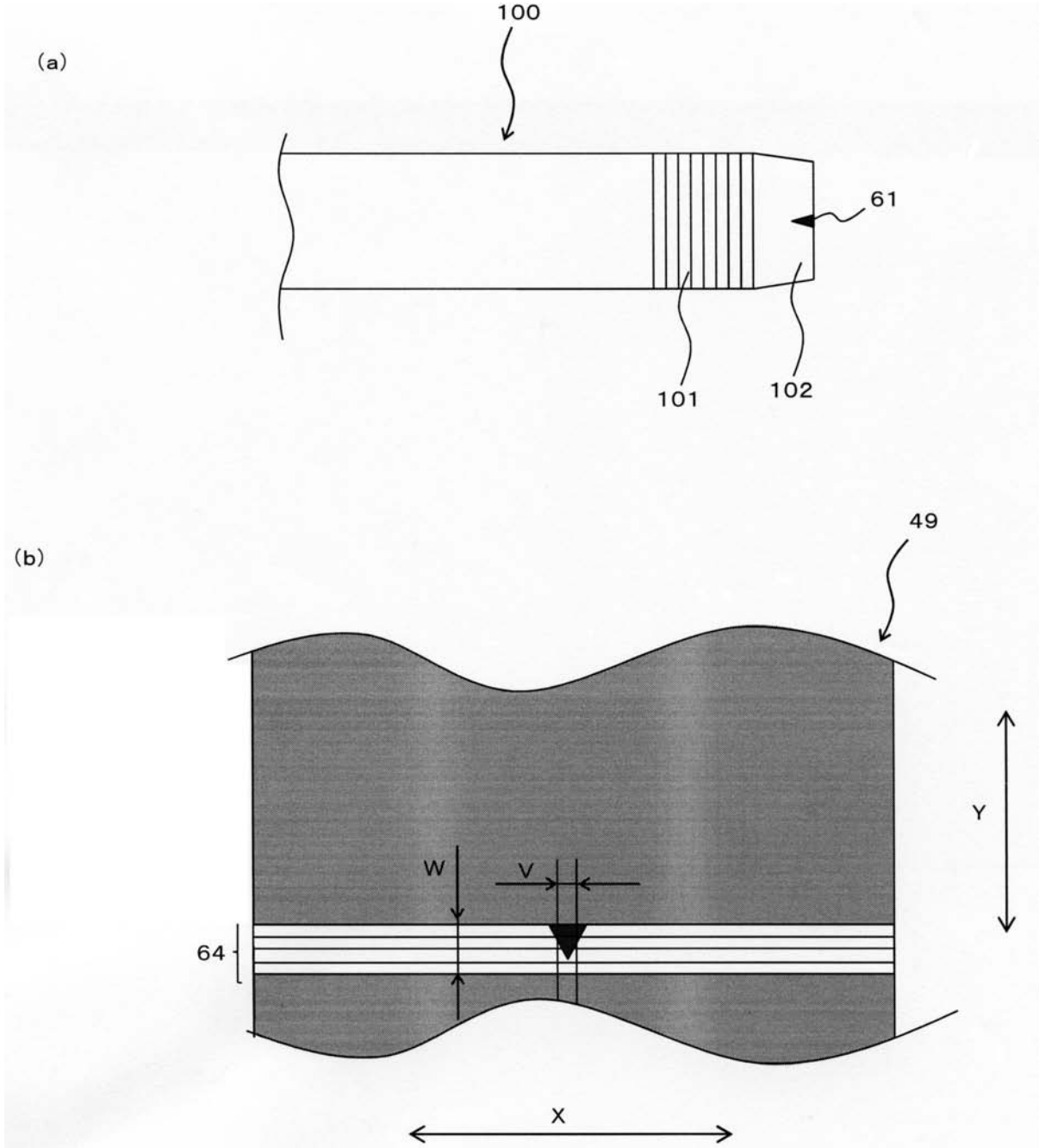
【図11】



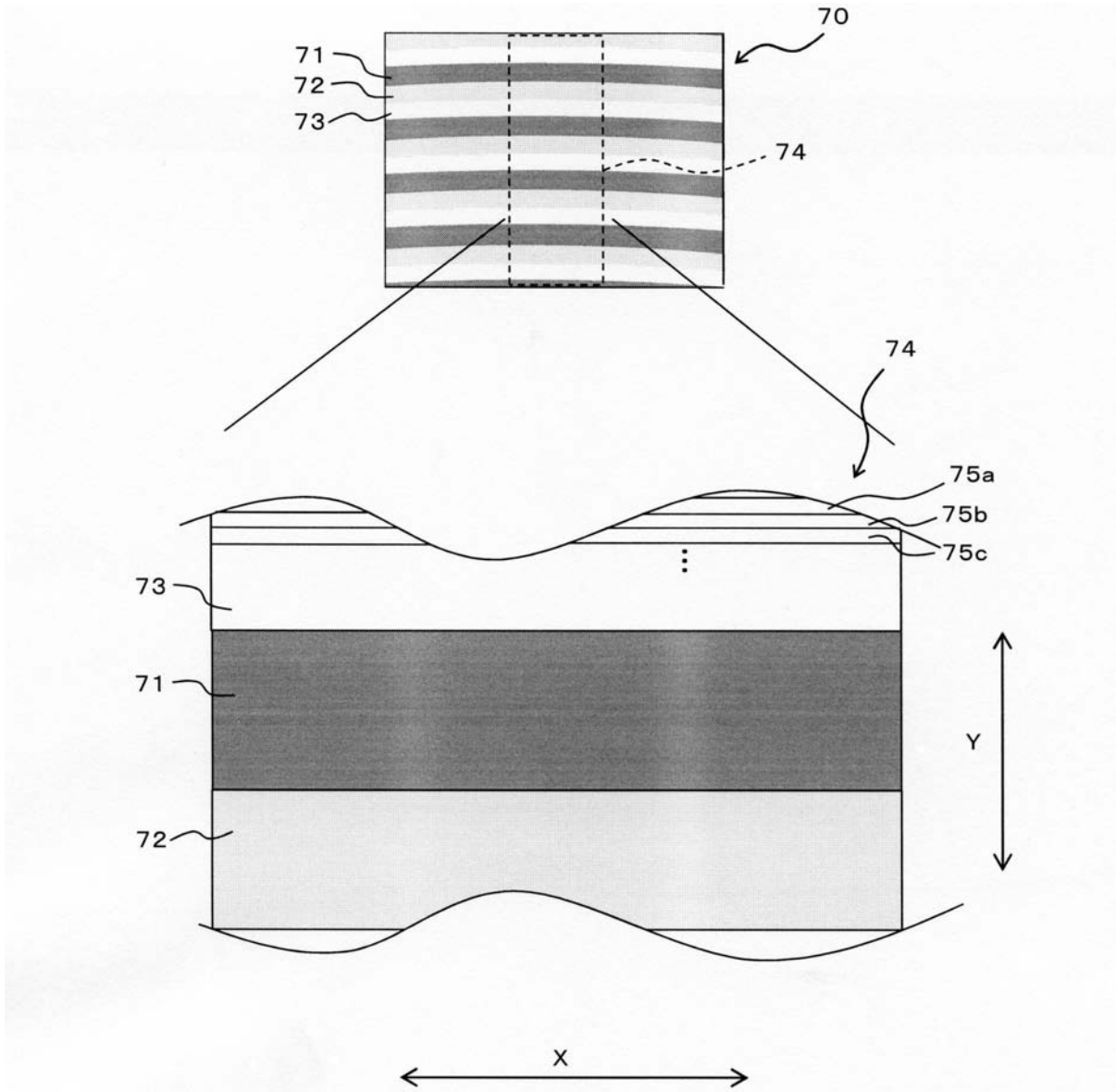
【 図 4 】



【 図 6 】



【図7】



フロントページの続き

- (72)発明者 池田 正美
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
- (72)発明者 坂井 研太
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 越柴 洋哉

- (56)参考文献 特開昭63-212808(JP,A)
特開昭61-091507(JP,A)
特開昭61-091506(JP,A)
特開2010-038555(JP,A)
特開2010-038554(JP,A)
特開2007-010393(JP,A)
特開2005-181001(JP,A)
特許第4486700(JP,B2)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01N 21/84-21/958
G01B 11/00-11/30