

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4023295号
(P4023295)

(45) 発行日 平成19年12月19日(2007.12.19)

(24) 登録日 平成19年10月12日(2007.10.12)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 N 21/952 (2006.01) GO 1 N 21/952
B 2 1 C 51/00 (2006.01) B 2 1 C 51/00 P

請求項の数 4 (全 12 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2002-327282 (P2002-327282) (22) 出願日 平成14年11月11日 (2002.11.11) (65) 公開番号 特開2004-163176 (P2004-163176A) (43) 公開日 平成16年6月10日 (2004.6.10) 審査請求日 平成16年12月16日 (2004.12.16)</p>	<p>(73) 特許権者 000002118 住友金属工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 (74) 代理人 100078868 弁理士 河野 登夫 (74) 代理人 100114557 弁理士 河野 英仁 (72) 発明者 久保田 央 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 田邊 英治</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表面検査方法及び表面検査装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

検査対象物である円筒形状又は円柱形状の鋼材に対して光を照射し、前記鋼材からの反射光を受光し、受光した光量に基づいて前記鋼材表面の欠陥の有無を検出する表面検査方法において、

前記鋼材を2次元カメラにより撮像して2次元画像を取得し、取得した2次元画像に基づき、前記鋼材表面の第1領域からの光量を計測し、前記鋼材を1次元カメラにより撮像して1次元画像を取得し、取得した1次元画像に基づき、前記第1領域より狭い前記鋼材表面上の第2領域における輝度を計測し、前記第1領域からの光量に基づいて欠陥検出の際に用いる1又は複数の基準輝度を設定し、設定した基準輝度と計測した前記第2領域における輝度とを比較し、比較した結果に基づき、前記鋼材表面における欠陥の有無を検出することを特徴とする表面検査方法。

10

【請求項2】

検査対象物である円筒形状又は円柱形状の鋼材に対して光を照射する光照射部と、前記鋼材からの反射光を受光し、受光した光量に基づいて前記鋼材表面の欠陥の有無を検出する検出部とを備える表面検査装置において、

前記検出部は、前記鋼材を撮像して2次元画像を得る2次元カメラと、該2次元カメラにより得られた2次元画像に基づき、前記鋼材表面の第1領域からの光量を計測する第1計測手段と、前記鋼材を撮像して1次元画像を得る1次元カメラと、該1次元カメラにより得られた1次元画像に基づき、前記第1領域より狭い前記鋼材表面上の第2領域にお

20

る輝度を計測する第2計測手段と、前記第1計測手段が計測した光量に基づき、欠陥検出の際に用いる1又は複数の基準輝度を設定する設定手段と、該設定手段が設定した基準輝度と前記第2計測手段が計測した輝度とを比較する比較手段と、該比較手段の比較結果に基づき、前記鋼材表面における欠陥の有無を検出する検出手段とを備えることを特徴とする表面検査装置。

【請求項3】

前記検出手段は、前記算出手段により算出した第1基準輝度により前記鋼材上のしわを検出すべくなくしてあり、第2基準輝度により前記鋼材に生じた穴を検出すべくなくしてあることを特徴とする請求項2に記載の表面検査装置。

【請求項4】

前記鋼材を回転させながら搬送する手段を更に備えることを特徴とする請求項2又は請求項3に記載の表面検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は検査対象物である鋼管の表面検査方法及び表面検査装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

継目無鋼管の製造工程において、熱間加工によってピレットを所定の寸法の鋼管に加工したのち、鋼管の曲がりを取り除くためにストレートナへ通すことが行われる。その際、熱間加工後の鋼管に穴、しわ等の欠陥がある場合、ストレートナにおいて鋼管が破損することがあり、また、その後に行われる超音波探傷機、磁気探傷機のセンサ部を破損することがある。そのため、ストレートナを通す前に鋼管にそのようなトラブルを起こす穴、しわ等がないかを検査し、そのような穴、しわ等がある鋼管はストレートナに通さないようにする必要がある。

【0003】

そこで、熱間加工後の鋼管の形状を検査する装置が設置され、鋼管表面を検査するようにしている。この装置には比較的安価なCCDカメラ等を用いた光学式の検査装置が用いられることが多い(例えば、特許文献1参照)。

【0004】

【特許文献1】

特開平11-37949号公報 (第1図)

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

光学式の検査装置では、検査の対象となる鋼管の位置がずれた場合、正確な測定が困難になるため、検査専用のラインを設け、鋼管の位置が一定となるようにチャックで固定し、その上で鋼管を周方向に回転させる必要がある。したがって、製造ラインを改造する必要があるため相当の費用がかかることになり、検査工程を別に設けなければならない場合も生じる。

【0006】

また、通常の鋼管が搬送される製造ラインに光学式検査装置を設置することも可能である。図8は従来の検査工程を説明する模式図である。図中5は、コンベアのスキューラ3上で回転しながら搬送される鋼管5である。照明2により検査対象物である鋼管5に光を照射し、その反射光を1次元カメラ1により撮像する。鋼管5の表面に、疵、汚れ、窪み、しわ等の欠陥が生じている場合には、その反射強度が弱くなるため、1次元カメラ1によって反射光の輝度を計測することで欠陥を検出することができる。欠陥を検出する際、一般には、検出輝度に対する基準レベルが設定され、その基準レベルよりも低い輝度を検出した場合に、欠陥を検出したと判断する。

【0007】

しかしながら、通常の製造ラインでは搬送する鋼管5を固定していないため、スキューラ

10

20

30

40

50

ラ3上でその位置が変動することになる。そのため、照明2による光の当たり方が鋼管5の位置によって変化する場合が生じる。このとき、欠陥の検出の際に一定の基準レベルを用いたのでは、欠陥の誤検出が生じる場合があり、検査の精度が落ちてしまうという問題を生じていた。

【0008】

本発明は斯かる事情に鑑みてなされたものであり、検査対象物に光を照射し、第1領域からの反射光の光量を計測して、欠陥検出の際に基準とする基準輝度を算出し、第2領域からの反射光の輝度を計測して基準輝度と比較し、その比較結果に基づき、検査対象物表面の欠陥の有無を検出する構成とすることにより、検査対象物の位置が検査中にずれた場合であっても、検査対象物表面の欠陥を安価に検出することができる表面検査方法及び表面検査装置を提供することを目的とする。

10

【0009】

本発明の他の目的は、第1受光手段として検査対象物を撮像して2次元画像を得る2次元撮像素子を利用し、得られた2次元画像に基づいて反射光の光量を計測する構成とすることにより、検査対象物の位置が検査中にずれた場合であっても、検査対象物表面の欠陥を検出することができる表面検査装置を提供することにある。

【0010】

本発明の更に他の目的は、第2受光手段として検査対象物を撮像して1次元画像を得る1次元撮像素子を利用し、得られた1次元画像に基づいて反射光の輝度を計測する構成とすることにより、検査対象物表面の欠陥を精度良く検出することができる表面検査装置を提供することにある。

20

【0011】

本発明の更に他の目的は、第2受光手段が所定波長域の光を除去する構成とすることにより、多様な環境条件下で検査対象物の欠陥を検出できる表面検査装置を提供することにある。

【0012】

本発明の更に他の目的は、算出した第1基準輝度により検査対象物のしわを検出し、第2基準輝度により検査対象物に生じた穴を検出する構成とすることにより、複数種の欠陥を1度の測定により検出できる表面検査装置を提供することにある。

【0013】

本発明の更に他の目的は、検査対象物を回転させながら搬送する手段を更に備える構成とすることにより、検査対象物の全面について容易に欠陥を検出することができる表面検査装置を提供することにある。

30

【0014】

【課題を解決するための手段】

第1発明に係る表面検査方法は、検査対象物である円筒形状又は円柱形状の鋼材に対して光を照射し、前記鋼材からの反射光を受光し、受光した光量に基づいて前記鋼材表面の欠陥の有無を検出する表面検査方法において、前記鋼材を2次元カメラにより撮像して2次元画像を取得し、取得した2次元画像に基づき、前記鋼材表面の第1領域からの光量を計測し、前記鋼材を1次元カメラにより撮像して1次元画像を取得し、取得した1次元画像に基づき、前記第1領域より狭い前記鋼材表面上の第2領域における輝度を計測し、前記第1領域からの光量に基づいて欠陥検出の際に用いる1又は複数の基準輝度を設定し、設定した基準輝度と計測した前記第2領域における輝度とを比較し、比較した結果に基づき、前記鋼材表面における欠陥の有無を検出することを特徴とする。

40

【0015】

第1発明にあつては、検査対象物に光を照射し、検査対象物表面の第1領域から反射光を受光してその光量を計測し、計測した光量に基づき、欠陥検出の際に用いる基準輝度を算出し、検査対象物表面の第2領域から反射光を受光してその輝度を計測し、算出した基準輝度と計測した輝度とを比較して、その比較結果に基づいて、検査対象物表面の欠陥の有無を検出するようにしている。継目無鋼管の製造工程では、鋼管の曲がりを取り除くため

50

にコンベア上に設けられたスキューラ上で鋼管を回転させながら搬送し、ストレートナへ入れるようにしている。ストレートナでの破損を防止するために、鋼管表面の欠陥を検査する必要があるが、本発明を適用した場合、鋼管の位置がスキューラ上で変動した場合であっても、比較的広範囲な領域（第1領域）からの反射光について光量を求めて、欠陥検出用の基準輝度を算出することができるため、鋼管位置の変動に左右されることなく、鋼管表面の疵、汚れ、しわ等の欠陥を検出できる。また、製造ラインの改良が必要最小限で済み、ターンニングローラ、チャッキング装置等の検査専用回転装置が不要となるためコストの上昇が抑えられる。

【0016】

第2発明に係る表面検査装置は、検査対象物である円筒形状又は円柱形状の鋼材に対して光を照射する照射部と、前記鋼材からの反射光を受光し、受光した光量に基づいて前記鋼材表面の欠陥の有無を検出する検出部とを備える表面検査装置において、前記検出部は、前記鋼材を撮像して2次元画像を得る2次元カメラと、該2次元カメラにより得られた2次元画像に基づき、前記鋼材表面の第1領域からの光量を計測する第1計測手段と、前記鋼材を撮像して1次元画像を得る1次元カメラと、該1次元カメラにより得られた1次元画像に基づき、前記第1領域より狭い前記鋼材表面上の第2領域における輝度を計測する第2計測手段と、前記第1計測手段が計測した光量に基づき、欠陥検出の際に用いる1又は複数の基準輝度を設定する設定手段と、該設定手段が設定した基準輝度と前記第2計測手段が計測した輝度とを比較する比較手段と、該比較手段の比較結果に基づき、前記鋼材表面における欠陥の有無を検出する検出手段とを備えることを特徴とする。

10

20

【0017】

第2発明にあつては、検査対象物に光を照射し、検査対象物表面の第1領域から反射光を受光してその光量を計測し、計測した光量に基づき、欠陥検出の際に用いる基準輝度を算出し、検査対象物表面の第2領域から反射光を受光してその輝度を計測し、算出した基準輝度と計測した輝度とを比較して、その比較結果に基づいて、検査対象物表面の欠陥の有無を検出するようにしている。例えば、鋼管の製造工程における欠陥の検出に適用した場合、鋼管の位置がスキューラ上で変動した場合であっても、比較的広範囲な領域（第1領域）からの反射光について光量を求めて、欠陥検出用の基準輝度を算出することができるため、鋼管位置の変動に左右されることなく、鋼管表面の疵、汚れ、しわ等の欠陥を検出できる。また、製造ラインの改良が必要最小限で済み、ターンニングローラ、チャッキング装置等の検査専用回転装置が不要となるためコストの上昇が抑えられる。

30

【0019】

また、本発明にあつては、得られた2次元画像に基づいて反射光の光量を計測するようにしている。したがって、2次元CCDのような撮像素子を用いて検査対象物上を広範囲に撮像し、反射光の光量が計測される。また、計測した光量を利用することにより、検査対象物の位置が変動した場合であっても対応可能な基準輝度が算出される。

【0021】

また、本発明にあつては、得られた1次元画像に基づき、反射光の輝度を計測するようにしている。したがって、分解能を高くして検査対象物表面の欠陥が検出される。

【0024】

第3発明に係る表面検査装置は、第2発明に係る表面検査装置において、前記検出手段は、前記算出手段により算出した第1基準輝度により前記鋼材上のしわを検出すべくなくしてあり、第2基準輝度により前記鋼材に生じた穴を検出すべくなくしてあることを特徴とする。

40

【0025】

第3発明にあつては、第1基準輝度により鋼材上のしわを検出し、第2基準輝度により検査対象物に生じた穴を検出するようにしているため、欠陥の種類が判別される。

【0026】

第4発明に係る表面検査装置は、第2発明又は第3発明に係る表面検査装置において、前記鋼材を回転させながら搬送する手段を更に備えることを特徴とする。

50

【 0 0 2 7 】

第4発明にあっては、検査対象物を回転させながら搬送する手段を備えているため、例えば、鋼管の製造工程において、1方向から鋼管の全周及び全長について欠陥の検出が可能となる。

【 0 0 2 8 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明をその実施の形態を示す図面に基づいて具体的に説明する。

図1及び図2は本実施の形態に係る表面検査システムの概略構成図である。図中50は、コンベア30上を回転しながら図の白抜矢符の方向へ搬送される円筒形状の鋼管であり、3つのハロゲンランプ13, 13, 13を利用して鋼管50へ光を照射し、鋼管50表面の欠陥を検出すべく1次元カメラ11及び2次元カメラ12により鋼管50を撮影する。コンベア30には、鋼管50の搬送方向に対して所定の角度を持たせた複数のスキューラ31, 31, ...が設けられており、鋼管50をスキューラ31, 31, ...の上を搬送させることで、その角度に応じた回転を鋼管50に与えるようにしている。コンベア30の後段には図に示していないストレートナが設置されており、本実施の形態では、ストレートナで鋼管50が破損する原因となる欠陥を1次元カメラ11及び2次元カメラ12により検出するようにしている。

【 0 0 2 9 】

2次元カメラ12で撮影して得られた2次元画像は画像処理装置22へ送出され、モニタ23にて表示されるとともに、前記2次元画像の光量又は平均的な輝度値が算出され、2次元画像の輝度情報として信号処理装置21へ送信される。また、1次元カメラ11で撮影して得られた1次元画像は信号処理装置21へ送出される。信号処理装置21は、画像処理装置22からの輝度情報を参照して1次元画像を解析し、鋼管50の欠陥を検出する。信号処理装置21が検出する鋼管50の欠陥とは、例えば、疵、しわ、穴、汚れ等であり、1次元画像の輝度に基づいてこれらの欠陥を検出する。鋼管50の表面に疵、しわ、穴、汚れ等がある場合、それらの領域で反射光量が減少する。1次元カメラ11が検出する輝度値に対して予め基準レベルを設定しておき、その基準レベルより低い輝度値が得られた場合に疵等の欠陥を検出したと判定する。また、鋼管50表面からの反射光量は、スキューラ31上での鋼管50の位置、又は鋼管50の表面温度等により変化するため、本実施の形態では、鋼管50上の比較的広範囲について平均的な輝度値を2次元カメラ12を利用して測定し、測定した輝度値に基づいて前記基準レベルの補正を行っている。

【 0 0 3 0 】

信号処理装置21へ入力された1次元カメラ11からの1次元画像は、スキャンコンバータ24によりNTSC信号等の映像信号に変換された後、モニタ24及びビデオプリンタ25へ送出される。モニタ24は受付けた映像信号に基づいて映像を表示し、ビデオプリンタ25は受付けた映像信号に基づいて記録用紙へ画像形成を行う。

また、各スキューラ31, 31, ...にはエンコーダ32, 32, ...が取り付けられており、スキューラ31, 31, ...の回転を常時監視するようにしている。ストレートナでの処理中に次の鋼管50を搬送しており、検査途中で鋼管50の進行が停止する場合があるため、スキューラ31, 31, ...の回転を監視して鋼管50の進行状態を検出し、1次元カメラ11又は2次元カメラ12にて誤検査が生じないようにしている。

更に、鋼管50がスキューラ31, 31, ...からの飛び出しを防止するため、スキューラ31, 31, ...の両脇にサイドガイド33, 33を設けている。また、サイドガイド33, 33を設けているため、外乱光による影響が防止される。

【 0 0 3 1 】

3つのハロゲンランプ13, 13, 13はそれぞれ鋼管50の搬送方向に800mmの間隔を隔てて、鋼管50から1300mmの高さに設置される。搬送される鋼管50の温度は1000以上になり、輻射光を放射する場合があるため、ハロゲンランプ13は鋼管50からの輻射光よりも明るい照度を有していることが必要であり、また、所定の範囲に光を均一に照射できることが望ましい。鋼管50の進入側の2つのハロゲンランプ13,

13間には、鋼管50から高さ2000mmの高さに2次元カメラ12が設置され、鋼管50の退出側の2つのハロゲンランプ13, 13間には、2次元カメラ12と同じ高さに1次元カメラ11が設置される。

1次元カメラ11とハロゲンランプ13との鉛直面内での角度は45度が望ましい。3つのハロゲンランプ13は必ずしも全て同じ角度に設置する必要はなく、鋼管50のしわの検出用に45度に設置し、鋼管50の穴の検出用に1次元カメラ11と同じ角度に設置し、鋼管50の窪みの検出用に90度に設置することも可能である。

2次元カメラ12は1次元カメラ11と同じ角度に設置するのが望ましく、鋼管50の全面を検出可能である場合には両者の角度がずれていてもよい。また、各カメラ11, 12の軸は、鋼管50がスキューラ31の中心に位置した場合に、鋼管50の表面に対して所定の角度になるように設置し、各カメラ11, 12の水平視野内に入る鋼管50の表面が出来ただけ均一になるようにすることが望ましい。

10

【0032】

このように、1次元カメラ11、2次元カメラ12、及び各ハロゲンランプ13, 13, 13を配置することにより、1次元カメラ11の水平視野を2500mmの範囲で均一にできることが発明者らの検討により分かった。

なお、コスト面、性能面、メンテナンス性を考慮した場合、前述したような配置することが望ましいが、ハロゲンランプ13の照度、種類等を変更することによって、他の配置をとり得ることは勿論のことである。また、鋼管50は、スキューラ31, 31, ...上を回転しながら搬送されるため、各カメラ11, 12は1台ずつ設置すれば良いが、ハロゲンランプ13との角度を変えて測定することにより、疵、しわ等を精度よく検出できるため、1次元カメラ11及び2次元カメラ12をそれぞれ複数台設置してもよく、ハロゲンランプ13との角度、及びハロゲンランプ13の個数等もそれに応じて変化させても良い。

20

【0033】

図3は1次元カメラ11の撮影原理を説明する模式図である。1次元カメラ11は、1次元状に配列させたCCD (Charge Coupled Device) 等の受光素子により受光部を構成しており、図3(a)に示した如く鋼管50上の所定範囲(例えば、長さ2500mm)を撮影する。1次元カメラ11の走査周期は非常に短く、検査対象物である鋼管50はスキューラ31, 31, ...の上で回転しながら進行するため、搬送されている間に鋼管50の全周囲、全長を撮影することができる。

30

本実施の形態における1次元カメラ11は4096個の受光素子を1次元状に配列させており、1度の走査によって4096ドットの画像信号を得るようにしている。具体的には、受光部で蓄えられた信号電荷は、転送ゲートを介して転送部(CCDレジスタ)へ転送され、4096ドットの画像信号として、信号処理装置21へ送出される。

【0034】

図4は1次元カメラ11により得られる画像信号を説明するグラフである。横軸にはドット数を取り、縦軸には輝度をとっている。ハロゲンランプ13, 13, 13からの光が鋼管50に均一に照射されており、1次元カメラ11の各受光素子に感度ムラがない理想的な状況下では、図4(a)に示した如き画像信号が得られる。すなわち、疵、しわ、汚れ等の欠陥が鋼管50にない場合、各ドットの信号の大きさ(輝度)は等しくなり、欠陥がある場合のみ当該ドットの信号の大きさが小さくなる。したがって、輝度に対する基準レベル C_0 を設定して、基準レベル C_0 と各受光素子により計測された輝度とを比較することにより、欠陥の有無を検出することができる。図4(a)に示した例では、A点近傍およびB点近傍で測定した輝度が基準レベル C_0 よりも小さくなっており、A点近傍およびB点近傍に該当する鋼管50の位置に疵、しわ、汚れ等の欠陥があることが分かる。

40

【0035】

このように、ハロゲンランプ13, 13, 13からの光が鋼管50に均一に照射されており、1次元カメラ11の受光素子に感度ムラがない場合には、視野の全範囲を均一に検査することができるが、実際には、ハロゲンランプ13は有限の大きさを持っているために

50

照射する光は不均一となり、1次元カメラ11の受光素子には感度ムラが生じている。更に、1次元カメラ11が備えるレンズのシェーディングにより周辺減光が生じている。また、搬送される鋼管50の温度は1000と高いため輻射光を放射しており、鋼管50の表面温度により輻射光のムラが生じている。

したがって、実際に得られる1次元カメラ11の画像信号は、図4(a)に示したような理想的な波形が得られず、中央ドット近傍で輝度が大きくなり、両端のドット近傍で輝度が小さくなっていることが多い(図4(b))。このとき、前述と同じ大きさの基準レベル C_0 を設定した場合は、A点近傍の欠陥は検出することが可能であるが、中央ドット付近に存在するB点近傍の欠陥が検出できないことになる。したがって、本実施の形態では、1次元カメラ11により得られた画像信号にシェーディング補正を施し、1次元カメラ11の視野全体を均一に検査できるようにしている。具体的には、鋼管50を回転させずに通過させ、ハロゲンランプ13, 13, 13の位置による各ドットの受光量を測定し、その値を用いてシェーディング補正を行っている。

【0036】

図5は1次元カメラ11により得られる画像の一例を示す模式図である。前述したように鋼管50は、スクローラ31, 31, ...の上を回転しながら進行するため、1次元カメラ11のドット数を横軸にとり、経過時間を縦軸にとった場合、鋼管50の全周が2次元画像110として得られる。

鋼管50が1次元カメラ11の撮影範囲内を通過する前の領域110a、通過後の領域110bの輝度は低くなる。鋼管50に穴が生じている領域110d、疵、汚れが生じている領域110c、及びしわが生じている領域110eは、何れもハロゲンランプ13, 13, 13により照射した光に対する反射光量が小さくなるため、それらの領域でも輝度は低くなる。特に、鋼管50に穴が生じている領域110dの輝度は、疵、汚れ、しわ等が生じている領域110c, 110eの輝度と比較しても低いことが知られている。

また、しわが生じている領域110eは一般に面積が大きく(又は一方向に長く)、疵、汚れが生じている領域は面積が小さい。

したがって、輝度の高低を検出することにより、穴による欠陥とそれ以外の欠陥とを区別することができ、更に、輝度が低くなっている領域の面積又は長さを検出することによって、しわによる欠陥とそれ以外の欠陥とを区別することができる。

【0037】

図6は1次元カメラ11による検出結果の一例を示すグラフである。図4と同様に横軸には1次元カメラ11のドット数をと、縦軸には輝度をとっている。本検出結果の例では、前述のシェーディング補正を行っている。前述したように、鋼管50の表面に穴による欠陥を検出した場合と、それ以外による欠陥を検出した場合とでは、1次元カメラ11により計測される輝度が異なる。例えば、図5において、時刻 $t = t_0$ の検出結果は、図6に示したグラフのようになり、C点近傍で計測された輝度は最高輝度値よりも少しだけ低く、また、D点近傍で計測された輝度はC点近傍で計測された輝度値と比較して更に低くなっている。したがって、両者は2つの基準レベルを設定することによって区別することが可能となる。すなわち、2次元カメラ12による基準レベルを C_0 とした場合、第1基準レベル C_1 を $C_0 + \Delta C$ に設定し、第2基準レベルを $C_0 - \Delta C$ に設定する。ここで、 ΔC は正の実数であり、第1基準レベルにて両方の欠陥が検出されるように ΔC の値を定め、第2基準レベルにて穴による欠陥のみが検出されるように ΔC の値を定める。

【0038】

図7は信号処理装置21による欠陥検出処理の処理手順を説明するフローチャートである。信号処理装置21は、まず、1次元カメラ11から送出された1次元画像を取込む(ステップS1)。そして、画像処理装置22にて算出された輝度情報の入力があるか否かを判断する(ステップS2)。輝度情報の入力がある場合(S2: YES)、入力された輝度情報に基づき、鋼管50上のしわ、疵、汚れを検出するための第1基準レベル、及び鋼管50に生じた穴を検出するための第2基準レベルの設定を行う(ステップS3)。すなわち、前述の基準レベル C_0 の値が画像処理装置22から入力されるようにしておき、予

10

20

30

40

50

め定めた C_0 の値を加算及び減算する。 C_0 の値は必ずしも固定値である必要はなく、基準レベル C_0 の値に応じて増減させるようにしてもよい。

また、2次元カメラ12により、鋼管50がスキューラ31に対してどちらの方向にずれたかを検出し、その情報に基づき1次元カメラ11による検出光量の補正、並びに第1基準レベル C_1 及び第2基準レベル C_2 の設定を行ってもよい。

【0039】

1次元画像を取り込んだ際に、輝度情報の入力がない場合(S2:NO)、又は輝度情報に基づき第1、第2基準レベルを設定した場合(S3)、2値化処理による不良判定を実行する(ステップS4)。すなわち、第1基準レベル C_1 でのみ検出したものを疵、汚れ、又はしわによる欠陥であると判定し、第2基準レベル C_2 で検出したものを穴による欠陥であると判定する。更に、数十～数百ドットに亘って検出輝度が低くなっている領域は、しわによる欠陥であると判定するようにしてもよい。

10

【0040】

次いで、信号処理装置21は、鋼管50の表面に欠陥等の不良を検出したか否かを判断し(ステップS5)、不良を検出した場合(S5:YES)、検査した鋼管50が不良である旨の情報を出力する(ステップS6)。出力された情報は、例えば、図に示していないホストコンピュータへ送信され、その鋼管50をストレートナへ送るか否かについてホストコンピュータにて判断される。

【0041】

ステップS5にて鋼管50の表面に不良を検出していない場合(S5:NO)、又はステップS6にて不良である旨の情報を出力した場合、信号処理装置21は、検出が終了したか否かについて判断する(ステップS7)。検出が終了したか否かの判断は、2次元カメラ12からの2次元画像に基づき計測された光量の大小によって判断する。

20

検出が終了していないと判断した場合(S7:NO)、処理をステップS1へ戻し、検出が終了したと判断した場合(S7:YES)、本欠陥検出処理を終了する。

【0042】

このように、本実施の形態では、製造ラインを改良することなく、常温から熱間まで適用可能な鋼管の表面検査装置を提供することが可能となる。

【0043】

なお、本実施の形態では、検査対象物を円筒形状の鋼管に適用した形態について説明したが、円柱形状の鋼材、球状の鋼材等にも適用できることは勿論である。また、全周に亘って検査する必要がない場合には、板材、角材等にも適用することが可能である。

30

【0044】

【発明の効果】

以上、詳述したように、第1発明及び第2発明による場合は、検査対象物に光を照射し、検査対象物表面の第1領域から反射光を受光してその光量を計測し、計測した光量に基づき、欠陥検出の際に用いる基準輝度を算出し、検査対象物表面の第2領域から反射光を受光してその輝度を計測し、算出した基準輝度と計測した輝度とを比較して、その比較結果に基づいて、検査対象物表面の欠陥の有無を検出するようにしている。例えば、鋼管の製造工程における欠陥の検出に適用した場合、鋼管の位置がスキューラ上で変動した場合であっても、比較的広範囲な領域(第1領域)からの反射光について光量を求めて、欠陥検出用の基準輝度を算出することにより、鋼管位置の変動に左右されることなく、鋼管表面の疵、汚れ、しわ等の欠陥を検出することができる。また、製造ラインの改良が必要最小限で済み、ターンニングローラ、チャッキング装置等の検査専用回転装置が不要となるためコストの上昇を抑えることが可能である。

40

【0045】

また、本発明による場合は、得られた2次元画像に基づいて反射光の光量を計測するようにしている。したがって、2次元CCDのような撮像素子を用いることにより、検査対象物を広範囲に撮像して光量を計測することで、検査対象物の位置が変動した場合であっても対応可能な基準輝度を算出できる。

50

【0046】

また、本発明による場合は、得られた1次元画像に基づき、反射光の輝度を計測するようにしている。したがって、分解能を高くして検査対象物表面の欠陥を検出することができる。

【0048】

第3発明による場合は、第1基準輝度により検査対象物上のしわを検出し、第2基準輝度により検査対象物に生じた穴を検出するようにしているため、欠陥の種類を判別することができる。

【0049】

第4発明による場合は、検査対象物を回転させながら搬送する手段を備えているため、例えば、鋼管の製造工程において、1方向から鋼管の全周及び全長について欠陥の検出が可能となる等、本発明は優れた効果を奏する。

10

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施の形態に係る表面検査システムの概略構成図である。

【図2】本実施の形態に係る表面検査システムの概略構成図である。

【図3】1次元カメラの撮影原理を説明する模式図である。

【図4】1次元カメラにより得られる画像信号を説明するグラフである。

【図5】1次元カメラにより得られる画像の一例を示す模式図である。

【図6】1次元カメラによる検出結果の一例を示すグラフである。

【図7】信号処理装置による欠陥検出処理の処理手順を説明するフローチャートである。

20

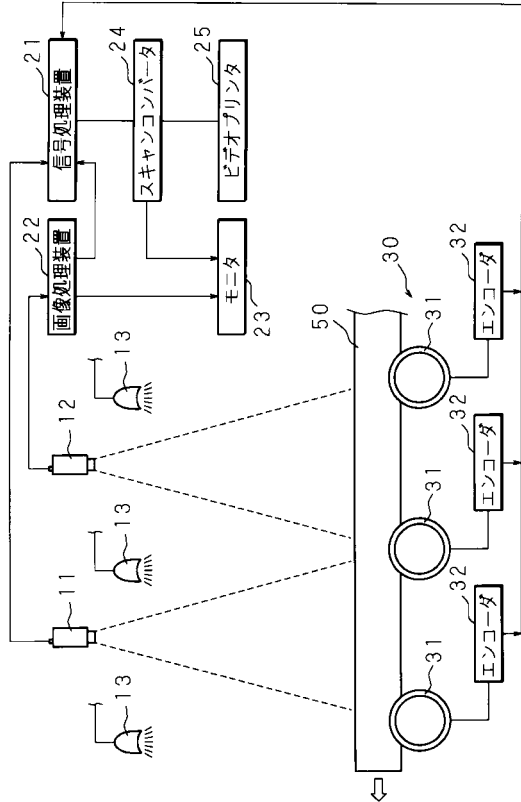
【図8】従来の検査工程を説明する模式図である。

【符号の説明】

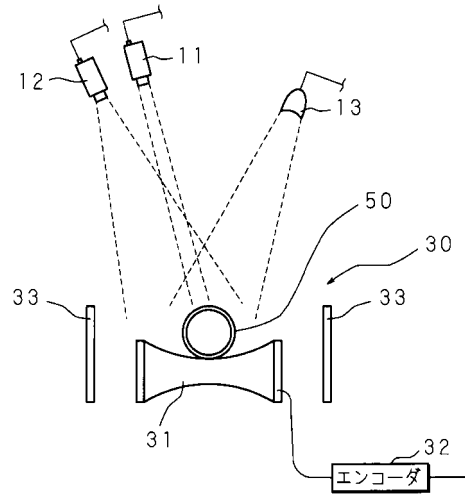
- 1 1 1次元カメラ
- 1 2 2次元カメラ
- 1 3 ハロゲンランプ
- 2 1 信号処理装置
- 2 2 画像処理装置
- 2 3 モニタ
- 2 4 スキャンコンバータ
- 2 5 ビデオプリンタ
- 3 1 スキュローラ
- 3 2 エンコーダ
- 5 0 鋼管

30

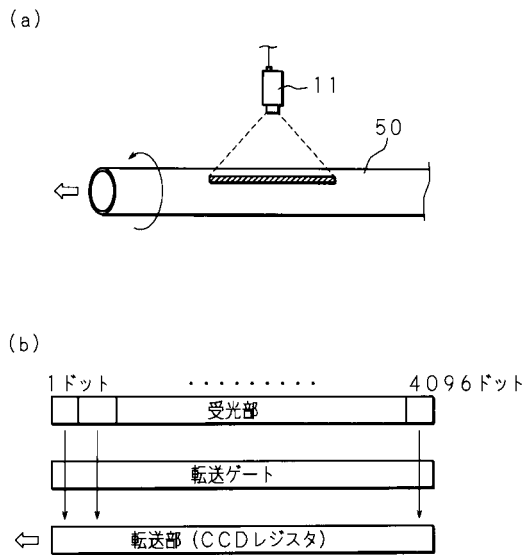
【 図 1 】



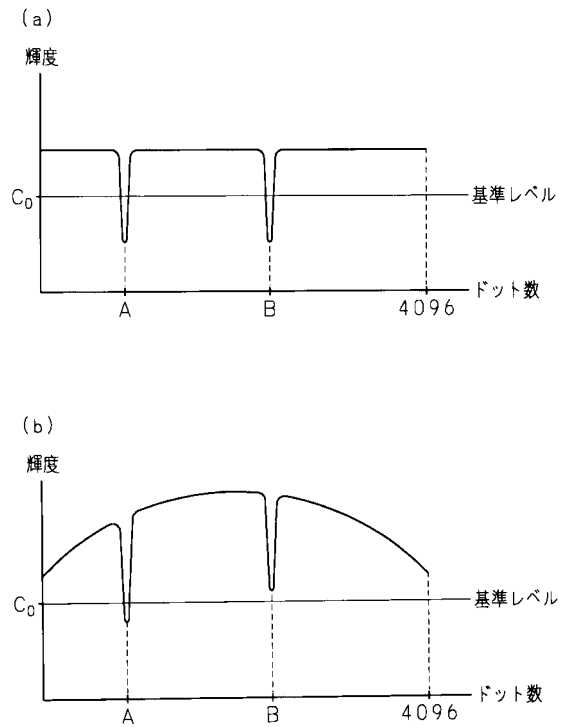
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平03 - 035148 (JP, A)
特開平04 - 122847 (JP, A)
特開平11 - 037949 (JP, A)
特開平06 - 102195 (JP, A)
特開平6 - 308052 (JP, A)

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