

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-71722

(P2010-71722A)

(43) 公開日 平成22年4月2日(2010.4.2)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 B 11/30 (2006.01)	GO 1 B 11/30 A	2 F 0 6 5
GO 1 N 21/89 (2006.01)	GO 1 N 21/89 Z	2 G 0 5 1

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願2008-237601 (P2008-237601)	(71) 出願人	000006655
(22) 出願日	平成20年9月17日 (2008.9.17)		新日本製鐵株式会社
			東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
		(74) 代理人	100078101
			弁理士 綿貫 達雄
		(74) 代理人	100085523
			弁理士 山本 文夫
		(74) 代理人	100154461
			弁理士 関根 由布
		(72) 発明者	黒岩 朋広
			東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新
			日本製鐵株式会社内
		(72) 発明者	古家 順弘
			東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新
			日本製鐵株式会社内

最終頁に続く

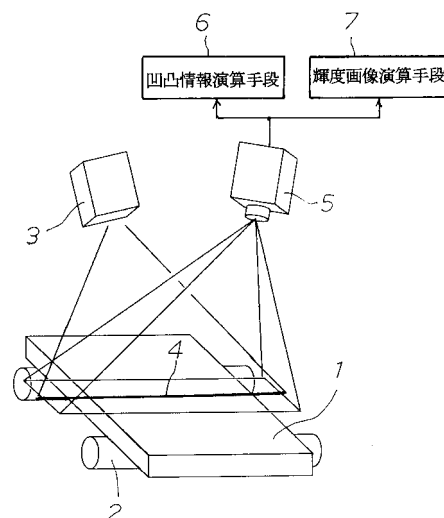
(54) 【発明の名称】 凹凸疵検査方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】単一の光源によってスラブなどの被検査体の表面に存在する凹凸疵を全幅にわたり精度よく検査することができる凹凸疵検査方法及び装置を提供する。

【解決手段】長手方向に移動する被検査体1の表面にレーザー照射機3から幅方向の線状レーザ光4を照射し、その照射位置を斜め上方から所定幅の線状視野を持つエリアカメラ5により撮影する。撮影された線状レーザ光4の反射位置の変動から凹凸情報演算手段6が被検査体1の表面の凹凸情報を演算するとともに、このエリアカメラの画像に対して輝度画像演算手段7が被検査体1の長手方向の複数画素分の平均値を幅方向に順次算出して表面輝度画像情報を演算する。これら双方の情報に基づいて被検査体表面の凹凸疵を検査するので、精度のよい検査が可能となる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

長手方向に移動する被検査体の表面に幅方向の線状レーザ光を照射し、その照射位置を斜め上方から所定幅の線状視野を持つエリアカメラにより撮影し、撮影された線状レーザ光の反射位置の変動から被検査体の表面の凹凸情報を取得するとともに、そのエリアカメラの画像に対して長手方向の複数画素分の平均値を幅方向に順次算出して表面輝度画像情報を取得し、これら双方の情報に基づいて被検査体表面の凹凸疵を検査することを特徴とする凹凸疵検査方法。

【請求項 2】

被検査体が自発光する高温スラブであり、線状レーザ光が緑色レーザ光であることを特徴とする請求項 1 記載の凹凸疵検査方法。

10

【請求項 3】

線状レーザ光の反射位置を、エリアカメラの画像中の各画素について長手方向の複数画素の輝度分布を重心演算することによって求め、エリアカメラの分解能を越える精度を得ることを特徴とする請求項 1 記載の凹凸疵検査方法。

【請求項 4】

エリアカメラの画像に対して輝度の閾値を設定し、その閾値を超えた輝度の画素を演算の対象とすることを特徴とする請求項 1 記載の凹凸疵検査方法。

【請求項 5】

長手方向に移動する被検査体の表面に幅方向の線状レーザ光を照射するレーザ照射機と、その照射位置を斜め上方から撮影する所定幅の線状視野を持つエリアカメラと、このエリアカメラにより撮影された線状レーザ光の反射位置の変動から被検査体の表面の凹凸情報を演算する凹凸情報演算手段と、このエリアカメラの画像に対して長手方向の複数画素分の平均値を幅方向に順次算出して表面輝度画像情報を演算する輝度画像演算手段とを備えたことを特徴とする凹凸疵検査装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は板状の被検査体の表面にレーザ光線を照射し、凹凸疵の検査を行う凹凸疵検査方法及び装置に関するものである。

30

【背景技術】

【0002】

例えば製鉄工場において生産されるスラブや厚板鋼板などの表面には、様々な原因により皺や割れなどの凹凸疵が発生することがある。これらの凹凸疵はできるだけ上工程において検出することが好ましく、看過されて下工程に流れたり客先に出荷されたりすると、多数の不良品を発生させる可能性がある。従来は主として目視検査が行われていたが、検査基準が検査員によるため定性的となりばらつきが生じてしまうとともに、スラブ表面の模様やスケールのために見落としが生じ易い。そこで検査基準を定量的としばらつきをなくするとともに、見落としを防止するために、光学的に自動検査する技術が開発されている。

40

【0003】

例えば特許文献 1 には、スラブの表面に直線的なスリット光と平面的な広がりを持つ 2 次元光とを同時に照射し、スラブ表面からの反射光を単一のカメラで撮影したうえで前記 2 種類の光線の波長差を利用して画像を分離し、スリット光によって光切断法による凹凸形状を検出し、2 次元光によって表面疵を検出する方法が提案されている。しかしこの方法では 2 種類の光源を必要とするので光源のメンテナンスに多くの手数を要すること、2 次元光は光源からの距離によって反射点の照度に変化してしまうため、スラブの幅方向全体にわたる均一精度の検査が行えないこと、2 種類の光源の焦点合わせが難しいことなどの多くの問題があり、実用性に問題があった。

【特許文献 1】特開平 9-152322 号公報

50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明は上記した従来の問題点を解決し、単一の光源によってスラブなどの被検査体の表面に存在する凹凸疵を全幅にわたり精度よく検査することができる凹凸疵検査方法及び装置を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記の課題を解決するためになされた本発明の凹凸疵検査方法は、長手方向に移動する被検査体の表面に幅方向の線状レーザ光を照射し、その照射位置を斜め上方から所定幅の線状視野を持つエリアカメラにより撮影し、撮影された線状レーザ光の反射位置の変動から被検査体の表面の凹凸情報を取得するとともに、そのエリアカメラの画像に対して長手方向の複数画素分の平均値を幅方向に順次算出して表面輝度画像情報を取得し、これら双方の情報に基づいて被検査体表面の凹凸疵を検査することを特徴とするものである。なお請求項2のように、被検査体が自発光する高温スラブである場合には、線状レーザ光として緑色レーザ光を用いることが好ましい。

【0006】

また請求項3のように、線状レーザ光の反射位置を、エリアカメラの画像中の各画素について長手方向の複数画素の輝度分布を重心演算することによって求め、エリアカメラの分解能を越える精度を得ることが好ましい。また請求項4のように、エリアカメラの画像に対して輝度の閾値を設定し、その閾値を超えた輝度の画素を演算の対象とすることが好ましい。

【0007】

また本発明の凹凸疵検査装置は、長手方向に移動する被検査体の表面に幅方向の線状レーザ光を照射するレーザ照射機と、その照射位置を斜め上方から撮影する所定幅の線状視野を持つエリアカメラと、このエリアカメラにより撮影された線状レーザ光の反射位置の変動から被検査体の表面の凹凸情報を演算する凹凸情報演算手段と、このエリアカメラの画像に対して長手方向の複数画素分の平均値を幅方向に順次算出して表面輝度画像情報を演算する輝度画像演算手段とを備えたことを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、単一の線状レーザ光を被検査体の表面に幅方向に照射し、その反射光を受光したエリアカメラの画像によって光切断法による被検査体の表面の凹凸情報を取得するとともに、同一のエリアカメラの画像から表面輝度画像情報を取得し、これら双方の情報に基づいて被検査体表面の凹凸疵を検査する。このように本発明においては、目視検査を行う場合と同様の表面輝度画像情報を凹凸情報と併用して凹凸疵の検査を行えるので、スラブ表面に模様やスケールがあっても精度のよい検査が可能となる。また本発明においては、光源とカメラはそれぞれ単一であるためにメンテナンスや焦点合わせなどが容易である。また線状レーザ光を用いるので、被検査体の幅方向全体にわたる均一精度の検査が可能である。

【0009】

なお被検査体が自発光する高温スラブである場合には、請求項2のように線状レーザ光として緑色レーザ光を用いることにより、スラブ表面からの赤色光との識別が容易となり、正確な検査が可能となる。

【0010】

また光切断法においては線状レーザ光の反射位置の変動から被検査体の表面の凹凸を求めるため、エリアカメラの分解能が問題となるが、請求項3の手法を用いればエリアカメラの分解能を越える精度で検査が可能となる。さらに請求項4のようにエリアカメラの画像中の閾値を超えた輝度の画素を演算の対象とすることにより、線状レーザ光の情報のみを反射位置の算出に使用することが可能となり、外乱による誤差を低減できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

以下に本発明の好ましい実施形態を示す。なお以下の実施形態では被検査体はスラブであるがこれに限定されるものではなく、本発明は鋼板などの板状体の検査に広く適用可能である。

【0012】

図1において1は被検査体であるスラブであり、搬送用ローラ2によって長手方向に移動している。3はこの被検査体1の表面に幅方向の線状レーザ光を照射するレーザ照射機である。被検査体1の表面における被検査体に対して長手方向の線状レーザ光4の幅は、例えば1～2mm程度と細くしておくことが検査精度を高めるうえで好ましい。レーザ照射機3は図2に示すようにほぼ垂直下向きに設置されており、この実施形態では垂直面に対して約10°の角度で設定されている。5は被検査体1の表面の照射位置を斜め上方から撮影する所定幅の線状視野を持つエリアカメラである。エリアカメラ5は被検査体1の表面からの線状レーザ光4の反射光を撮影するものである。エリアカメラ5の視野は被検査体1の全幅をカバーするようにしておく。エリアカメラ5の画像は、以下に述べるように凹凸情報演算手段6および輝度画像演算手段7によって演算処理される。これらの凹凸情報演算手段6および輝度画像演算手段7としてはコンピュータが用いられる。

【0013】

これらのレーザ照射機3とエリアカメラ5と凹凸情報演算手段6とによって、光切断法による被検査体1の凹凸疵の検査が行われる。光切断法自体は公知の手法であり、図2に示すように、被検査体1の表面に深さLの凹部があると、線状レーザ光4の反射位置が垂直方向に変動するため、角度θの方向から撮影した画像がXだけ変化する。ここで $L = X / \sin \theta$ であることを利用して、エリアカメラ5の画像から被検査体1の表面の凹凸情報を取得する手法である。演算は凹凸情報演算手段6によって行われる。θはこの実施形態では45°である。

【0014】

この光切断法の精度はエリアカメラ5の画像の解像度に左右されることとなるが、エリアカメラ5の生画像は図3に示すようにそれぞれが輝度情報を持った画素の集合であり、このままでは画素のサイズ以下の検出精度を得ることができない。すなわち、図3の左側の図は横方向が被検査体1の幅方向、縦方向が被検査体1の長手方向を示し、点線で囲まれた正方形が各画素を示している。この図3の例では P_1 位置の輝度が I_1 、 P_2 位置の輝度が I_2 、 P_3 位置の輝度が I_3 、 P_4 位置の輝度が I_4 であり、最も輝度が高いのは P_3 位置である。このため線状レーザ光4の反射位置は P_3 位置付近にあることは分かるが、1画素のサイズ以下の精度は得られない。

【0015】

そこでこの実施形態では、線状レーザ光4の反射位置を各画素について長手方向の複数画素の輝度分布を重心演算することによって求めた。まず輝度の閾値を $I_{th} = I_{max} \times k_{th}$ の式により設定する。ここで I_{max} は輝度の最大値であり、 k_{th} は定数である。図3では閾値 I_{th} は輝度の最大値の約1/3に設定($k_{th} = 1/3$)されており、この閾値を超えた輝度の画素のみを演算の対象とする。ここでは被検査体1の長手方向に分布する4個の画素が演算対象となっている。

【0016】

次に数1の式によって長手方向のレーザ照射位置（反射位置） P_{re} を演算する。分子は長手方向の画素の位置 P_k にその画素の輝度 I_k を掛けた値を1からnまで積算したものであり、ここでは $n = 4$ である。分母は長手方向の画素の位置 P_k を1からnまで積算した値であり、これによって長手方向の輝度分布の重心を演算することができる。演算結果は画素のサイズよりも小さいサブピクセルのレベルを示し、これによって画素のサイズ以下の精度で線状レーザ光4の反射位置を正確に求めることができる。具体的には、画素のサイズは例えば1.2mmであるが、上記した重心演算を行うことにより0.4mmの精度で反射位置の変動を求めることが可能となった。

【0017】

【数1】

$$\frac{\sum_{k=1}^n I_k * P_k}{\sum_{k=1}^n I_k} = P_{re}$$

10

【0018】

このように本発明では、エリアカメラ5の画像中に現れた線状レーザ光4の反射位置の変動に着目して被検査体1の表面の凹凸情報を取得するが、これとともに同一のエリアカメラ5の画像から輝度画像演算手段7によって表面輝度画像情報を取得し、これら双方の情報に基づいて被検査体表面の凹凸疵を検査する。具体的には、エリアカメラ5の画像は図3に示したように被検査体1の幅方向の直線であるが、各画素についてその輝度を被検査体1の長手方向に複数画素分ずつ順次平均して幅方向の輝度分布を求め、これを被検査体1の長手方向に繰り返すことによって平面状の被検査体1の表面輝度画像情報を得る。

20

【0019】

この平均輝度の演算は、数2の式によって行うことができる。分子は長手方向の画素の位置 P_k にその画素の輝度 I_k を掛けた値を1からnまで積算したものであり、これをnで割ることによって平均輝度が求められる。ただしnは必ずしも4に限定されるものではなく、線状レーザ光4の幅及びエリアカメラ5の分解能（画素のサイズ）によって適宜設定すべきである。

【0020】

【数2】

$$\frac{\sum_{k=1}^n I_k}{4} = I_{ae}$$

30

【0021】

このようにして得られた表面輝度画像情報は、従来の人の目による検査を行う場合と同様の画像であり、光切断法のみによっては検出しにくい表面欠陥を検出することができる。また表面輝度画像情報と光切断法による凹凸情報とを併用することによって、スラブ表面に模様やスケールが存在する場合にも、凹凸疵を正確に検出することができる。なお表面輝度画像情報から輝度が異常を示す位置及び大きさを特定できるので、全自動的に合否の判断を行わせることができるが、表面輝度画像情報はモニタに表示させ、熟練した検査員による確認を行わせることも可能である。

40

【0022】

なお、被検査体1が赤色光を自発光する高温スラブである場合には、4の反射光が検出しにくくなるおそれがある。その場合には、波長が532nmの緑色レーザ光を使用することにより、赤色光との識別が容易となる。さらにレーザ照射機3とエリアカメラ5とに熱線を反射するフィルタを取り付けるとともに、エリアカメラ5に帯域通過フィルター（バンドパスフィルター：BPF）を取付けて、光の波長に応じて光の検出情報を選択的に通過させたり遮断することができるようにしておけば、高温スラブからの赤色光を遮断でき

50

るのでより好ましい検出精度を得ることができる。

【0023】

以上に説明したように、本発明においては光切断法による凹凸疵の検査を行うためのレーザ照射機とエリアカメラとを用い、エリアカメラの画像を被検査体の長手方向に複数画素分ずつ順次平均して表面輝度画像情報を演算することにより表面輝度画像情報を取得し、これら双方の情報に基づいて被検査体表面の凹凸疵を検査する。このため、目視検査を行う場合と同様の表面輝度画像情報を凹凸情報と併用して凹凸疵の検査を行えるので、スラブ表面に模様やスケールがあっても精度のよい検査が可能となる。また光源とカメラはそれぞれ単一であるためにメンテナンスが容易となり、また従来のような複数光源の焦点合わせなどは不要となるうえ、線状レーザ光を用いるために被検査体の全幅にわたり均一精度での検査が可能となる。

10

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】本発明の検査方法を説明する概念的な斜視図である。

【図2】光切断法の説明図である。

【図3】カメラ画像とその輝度分布を示す説明図である。

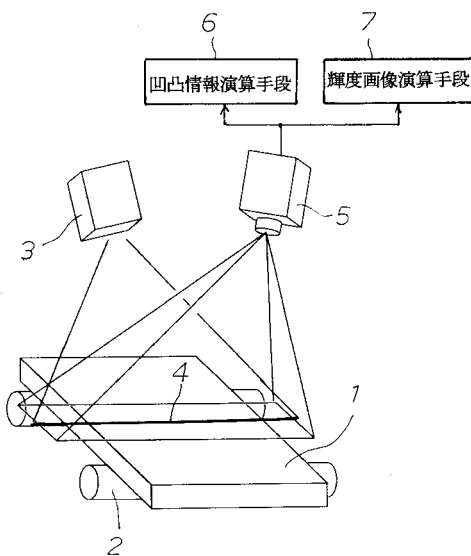
【符号の説明】

【0025】

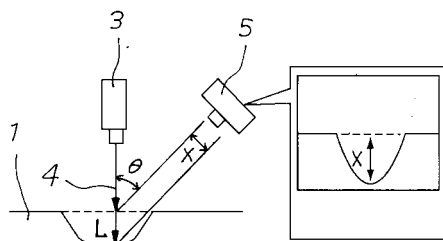
- 1 被検査体
- 2 搬送用ローラ
- 3 レーザ照射機
- 4 線状レーザ光
- 5 エリアカメラ
- 6 凹凸情報演算手段
- 7 輝度画像演算手段

20

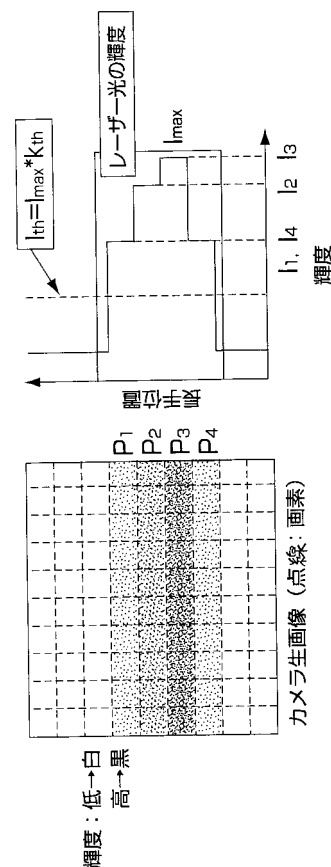
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 今野 雄介

東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内

Fターム(参考) 2F065 AA49 BB01 BB15 FF04 FF44 GG04 HH05 JJ08 JJ25 QQ08

QQ24 QQ25 QQ31 QQ42

2G051 AA37 AB02 AB20 CA04 CB01 DA06 EA16 EB01