

(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2011-237392

(P2011-237392A)

(43) 公開日 平成23年11月24日(2011.11.24)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)
 GO 1 N 21/88 (2006.01) GO 1 N 21/88 Z 2 G 0 5 1

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 23 頁)

| | | | |
|-----------|------------------------------|----------|---|
| (21) 出願番号 | 特願2010-111467 (P2010-111467) | (71) 出願人 | 000003207 トヨタ自動車株式会社 |
| (22) 出願日 | 平成22年5月13日 (2010. 5. 13) | (74) 代理人 | 100080621 弁理士 矢野 寿一郎 |
| | | (74) 代理人 | 100124730 弁理士 正津 秀明 |
| | | (72) 発明者 | 岩崎 宏明 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 |
| | | (72) 発明者 | 青野 宏 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 |
| | | Fターム(参考) | 2G051 AA90 AB03 AC19 BB03 CA04 CB01 DA03 DA07 EA08 EA12 EB01 EB09 |

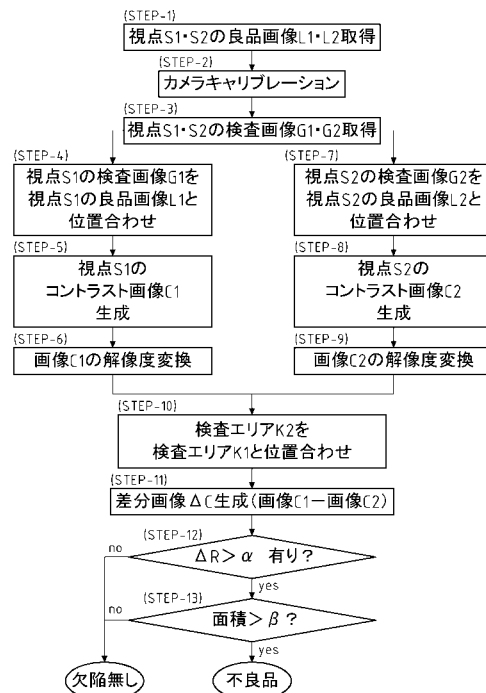
(54) 【発明の名称】 欠陥検出方法および欠陥検出装置

(57) 【要約】

【課題】簡易な装置を用いて、複雑な形状のワークに対しても、精度良く欠陥を検出することができる欠陥検出方法および欠陥検出装置を提供することを目的としている。

【解決手段】視点S1から撮像した検査画像G1と、視点S2から撮像した検査画像G2と、視点S1から撮像した良品画像L1と、視点S2から撮像した良品画像L2と、を取得して、検査画像G1と良品画像L1の、輝度比R1を表した画像である第一のコントラスト画像C1と、検査画像G2と良品画像L2の輝度比R2を表した画像である第二のコントラスト画像C2と、を生成するとともに、各コントラスト画像C1・C2の輝度比の差分Rを表した差分画像Cを生成して、差分画像Cにおいて、輝度比の差分Rが閾値を越えている各画素8a・8a・・・を検出するとともに、検出した各画素8a・8a・・・が連続する範囲の面積が、閾値を越えている範囲を欠陥部として検出する。

【選択図】 図15



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

検査対象たるワークである対象ワークの被検査面において検査範囲を設定して、当該検査範囲を含む撮像範囲において、第一の視点から撮像した画像である第一の検査画像と、前記第一の視点と異なる第二の視点から撮像した画像である第二の検査画像と、

を取得するとともに、

欠陥のないことが既知の前記ワークである良品ワークの被検査面において設定する前記検査範囲を含む撮像範囲において、前記第一の視点から撮像した画像である第一の良品画像と、前記第二の視点から撮像した画像である第二の良品画像と、

を取得して、

前記第一の検査画像と前記第一の良品画像の、対応する各画素の輝度比を表した画像である第一のコントラスト画像と、前記第二の検査画像と前記第二の良品画像の、対応する各画素の輝度比を表した画像である第二のコントラスト画像と、

を生成するとともに、

前記第一のコントラスト画像と前記第二のコントラスト画像の、対応する各画素の輝度比の差分を表した画像である差分画像を生成して、

前記差分画像において、前記輝度比の差分が予め設定する第一の閾値を越えている画素を検出するとともに、検出した画素が連続する範囲を形成し、かつ当該範囲の面積が、予め設定する第二の閾値を越えている場合に、前記範囲を欠陥部として検出する、

ことを特徴とする欠陥検出方法。

10

20

【請求項 2】

前記第二の視点は、

前記対象ワークに対して、

前記第一の視点を平行移動させた視点とする、

ことを特徴とする請求項 1 記載の欠陥検出方法。

【請求項 3】

前記第一の視点は、

視線の方向が、

前記対象ワークの被検査面に対して垂直とする、

ことを特徴とする請求項 2 記載の欠陥検出方法。

30

【請求項 4】

前記第一の検査画像と前記第二の検査画像は、

各撮像範囲の大きさが同一で、各撮像範囲の各半分が重複しており、かつ、

前記第一の良品画像と前記第二の良品画像は、

各撮像範囲の大きさが同一で、各撮像範囲の各半分が重複している、

ことを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 3 のいずれか一項に記載の欠陥検出方法。

【請求項 5】

前記第一および第二のコントラスト画像を生成した後、

前記差分画像を生成する前に、

前記第一および第二のコントラスト画像の解像度を低減する処理を行う、

ことを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 4 のいずれか一項に記載の欠陥検出方法。

40

【請求項 6】

検査対象たるワークである対象ワークを変位可能に支持する変位装置と、

前記対象ワークの被検査面を撮像するカメラと、

を備える欠陥検出装置であって、

前記変位装置によって、前記対象ワークを、前記カメラの視線方向が前記被検査面に対して垂直となる姿勢で保持しつつ、前記カメラによって、該カメラの視線の方向における前記被検査面に設定する検査範囲を撮像した第一の視点における画像データである第一の検査画像を撮像するとともに、

前記変位装置によって、前記対象ワークを、前記カメラの視線方向が前記被検査面に対

50

して垂直となる姿勢を保持しつつ平行移動して、前記カメラによって、該カメラの視線の方向に対して変位した前記検査範囲を撮像した第二の視点における画像データである第二の検査画像を撮像する、

ことを特徴とする欠陥検出装置。

【請求項 7】

前記カメラによる前記第一の検査画像と前記第二の検査画像の各撮像範囲は、大きさが同一で、かつ、各撮像範囲の各半分が重複している、ことを特徴とする請求項 6 記載の欠陥検出装置。

【請求項 8】

前記欠陥検出装置は、さらに、データ処理部を備え、該データ処理部に、

10

前記第一の検査画像および前記第二の検査画像と、欠陥のないことが既知の前記ワークである良品ワークの被検査面において設定する前記検査範囲を含む撮像範囲において、前記第一の視点から撮像した画像である第一の良品画像と、前記第二の視点から撮像した画像である第二の良品画像と、が記憶され、

前記データ処理部によって、

前記第一の検査画像と前記第一の良品画像の、対応する各画素の輝度比を表した画像である第一のコントラスト画像と、前記第二の検査画像と前記第二の良品画像の、対応する各画素の輝度比を表した画像である第二のコントラスト画像と、

20

を生成するとともに、

前記第一のコントラスト画像と前記第二のコントラスト画像の、対応する各画素の輝度比の差分を表した画像である差分画像を生成して、

前記差分画像において、前記輝度比の差分が予め設定する第一の閾値を越えている画素を検出するとともに、検出した画素が連続する範囲を形成し、かつ当該範囲の面積が、予め設定する第二の閾値を越えている場合に、前記範囲を欠陥部として検出する、

ことを特徴とする請求項 6 または請求項 7 記載の欠陥検出装置。

【請求項 9】

前記データ処理部は、

前記第一および第二のコントラスト画像を生成した後、

30

前記差分画像を生成する前に、

前記第一および第二のコントラスト画像の解像度を低減する処理を行う、

ことを特徴とする請求項 8 記載の欠陥検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ワークの表面欠陥を検出するための欠陥検出方法および欠陥検出装置の技術に関する。

【背景技術】

【0002】

40

従来ワークの表面に、亀裂や変形等の形状不良として現れる欠陥を検出するために、カメラによってワーク表面の画像データを撮像し、当該画像データを画像処理することによって、欠陥の有無を検出する表面欠陥検出方法が知られており、例えば、以下に示す特許文献 1 および特許文献 2 等にその技術が開示されている。

【0003】

特許文献 1 に開示されている従来技術では、棒材表面の輝度測定を CCD カメラによって行い、この CCD カメラにより撮像した画像において、隣り合う一群の画素同士の中で、各画素の測定輝度から隣り合う画素同士の輝度平均値を各々求めるとともに、これらの求めた各輝度平均値を互いに比較して、比較した輝度平均値の減少率が設定値（閾値）より大きいものを欠陥品と識別する一方、減少率が設定値よりも小さいものを良品として識

50

別するものとしている。

このような構成により、隣り合う画素同士の輝度平均値に基づき、欠陥品と良品、即ち、欠陥と汚れや模様を識別することができる。

【0004】

また、特許文献2に開示されている従来技術では、ワーク表面の凹状欠陥の検出に画像処理を用い、カメラの受光軸の周方向に対して複数の方向から、かつ、該受光軸に対して複数の異なる角度から同時あるいは逐次光を被検査面に照射する照明手段を設けることにより、影による明暗を形成しないようにしている。

このような構成により、複雑な形状であるワークの被検査面に影による明暗を形成しないように照明することで、一度により広い検査領域を検査することが可能になり、検査効率の向上を図ることができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2006-258737号公報

【特許文献2】特開平10-103938号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら特許文献1に係る従来技術では、複雑な形状を有するワークに対して適用することが困難であるという問題があった。

また、特許文献2に係る従来技術では、ワークの位置決めをする位置決め装置の他に、照明の角度を種々可変とするための照明駆動部が必要であり、欠陥検出装置が複雑になるという問題があった。

【0007】

本発明は、斯かる現状の課題を鑑みてなされたものであり、簡易な装置を用いて、複雑な形状のワークに対しても、精度良く欠陥を検出することができる欠陥検出方法および欠陥検出装置を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の解決しようとする課題は以上の如くであり、次にこの課題を解決するための手段を説明する。

【0009】

即ち、請求項1においては、検査対象たるワークである対象ワークの被検査面において検査範囲を設定して、当該検査範囲を含む撮像範囲において、第一の視点から撮像した画像である第一の検査画像と、前記第一の視点と異なる第二の視点から撮像した画像である第二の検査画像と、を取得するとともに、欠陥のないことが既知の前記ワークである良品ワークの被検査面において設定する前記検査範囲を含む撮像範囲において、前記第一の視点から撮像した画像である第一の良品画像と、前記第二の視点から撮像した画像である第二の良品画像と、を取得して、前記第一の検査画像と前記第一の良品画像の、対応する各画素の輝度比を表した画像である第一のコントラスト画像と、前記第二の検査画像と前記第二の良品画像の、対応する各画素の輝度比を表した画像である第二のコントラスト画像と、を生成するとともに、前記第一のコントラスト画像と前記第二のコントラスト画像の、対応する各画素の輝度比の差分を表した画像である差分画像を生成して、前記差分画像において、前記輝度比の差分が予め設定する第一の閾値を越えている画素を検出するとともに、検出した画素が連続する範囲を形成し、かつ当該範囲の面積が、予め設定する第二の閾値を越えている場合に、前記範囲を欠陥部として検出するものである。

【0010】

請求項2においては、前記第二の視点は、前記対象ワークに対して、前記第一の視点を平行移動させた視点とするものである。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 1 】

請求項 3 においては、前記第一の視点は、視線の方向が、前記対象ワークの被検査面に対して垂直とするものである。

【 0 0 1 2 】

請求項 4 においては、前記第一の検査画像と前記第二の検査画像は、各撮像範囲の大きさが同一で、各撮像範囲の各半分が重複しており、かつ、前記第一の良品画像と前記第二の良品画像は、各撮像範囲の大きさが同一で、各撮像範囲の各半分が重複しているものである。

【 0 0 1 3 】

請求項 5 においては、前記第一および第二のコントラスト画像を生成した後、前記差分画像を生成する前に、前記第一および第二のコントラスト画像の解像度を低減する処理を行うものである。

10

【 0 0 1 4 】

請求項 6 においては、検査対象たるワークである対象ワークを変位可能に支持する変位装置と、前記対象ワークの被検査面を撮像するカメラと、を備える欠陥検出装置であって、前記変位装置によって、前記対象ワークを、前記カメラの視線方向が前記被検査面に対して垂直となる姿勢で保持しつつ、前記カメラによって、該カメラの視線の方向における前記被検査面に設定する検査範囲を撮像した第一の視点における画像データである第一の検査画像を撮像するとともに、前記変位装置によって、前記対象ワークを、前記カメラの視線方向が前記被検査面に対して垂直となる姿勢を保持しつつ平行移動して、前記カメラによって、該カメラの視線の方向に対して変位した前記検査範囲を撮像した第二の視点における画像データである第二の検査画像を撮像するものである。

20

【 0 0 1 5 】

請求項 7 においては、前記カメラによる前記第一の検査画像と前記第二の検査画像の各撮像範囲は、大きさが同一で、かつ、各撮像範囲の各半分が重複しているものである。

【 0 0 1 6 】

請求項 8 においては、前記欠陥検出装置は、さらに、データ処理部を備え、該データ処理部に、前記第一の検査画像および前記第二の検査画像と、欠陥のないことが既知の前記ワークである良品ワークの被検査面において設定する前記検査範囲を含む撮像範囲において、前記第一の視点から撮像した画像である第一の良品画像と、前記第二の視点から撮像した画像である第二の良品画像と、が記憶され、前記データ処理部によって、前記第一の検査画像と前記第一の良品画像の、対応する各画素の輝度比を表した画像である第一のコントラスト画像と、前記第二の検査画像と前記第二の良品画像の、対応する各画素の輝度比を表した画像である第二のコントラスト画像と、を生成するとともに、前記第一のコントラスト画像と前記第二のコントラスト画像の、対応する各画素の輝度比の差分を表した画像である差分画像を生成して、前記差分画像において、前記輝度比の差分が予め設定する第一の閾値を越えている画素を検出するとともに、検出した画素が連続する範囲を形成し、かつ当該範囲の面積が、予め設定する第二の閾値を越えている場合に、前記範囲を欠陥部として検出するものである。

30

【 0 0 1 7 】

請求項 9 においては、前記データ処理部は、前記第一および第二のコントラスト画像を生成した後、前記差分画像を生成する前に、前記第一および第二のコントラスト画像の解像度を低減する処理を行うものである。

40

【 発明の効果 】

【 0 0 1 8 】

本発明の効果として、以下に示すような効果を奏する。

【 0 0 1 9 】

請求項 1 においては、欠陥の検出率を向上するとともに、誤検出を防止することができる。

【 0 0 2 0 】

50

請求項 2 においては、異なる視点における画像を容易に取得できる。

【0021】

請求項 3 においては、同一部位の二つの異なる視点における輝度変化を大きくすることができる。

【0022】

請求項 4 においては、同一部位の二つの異なる視点における輝度を变化させた画像を容易に取得できる。また、画像を撮像する回数を低減することができる。

【0023】

請求項 5 においては、画像処理に要する時間を短縮することができる。

【0024】

請求項 6 においては、同一部位の二つの異なる視点における輝度を变化させた画像を容易に取得できる。また、画像を撮像する回数を低減することができる。

【0025】

請求項 7 においては、同一部位の二つの異なる視点における輝度を变化させた画像を容易に取得できる。また、画像を撮像する回数を低減することができる。

【0026】

請求項 8 においては、欠陥の検出率を向上するとともに、誤検出を防止することができる。

【0027】

請求項 9 においては、画像処理に要する時間を短縮することができる。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図 1】本発明に係る欠陥検出方法に用いる欠陥検出装置の一実施形態を示す模式図。

【図 2】カメラが備える撮像素子を示す模式図。

【図 3】検査対象たるワークの一実施形態を示す模式図、(a)斜視模式図、(b)視点 S1 における平面視および側面視模式図、(c)視点 S2 における平面視および側面視模式図。

【図 4】カメラによる撮像状況を示す模式図、(a)視点 S1 における撮像状態を示す側面視模式図とそのときの平面視における良品ワークおよび欠陥ワークの撮像データを示す模式図、(b)視点 S2 における撮像状態を示す側面視模式図とそのときの平面視における良品ワークおよび欠陥ワークの撮像データを示す模式図。

【図 5】ワークに対する検査エリアの設定状況を示す模式図。

【図 6】カメラによる検査エリアの撮像状況を示す模式図、(a)視点 S1 における検査エリアの撮像状況を示す模式図、(b)視点 S2 における検査エリアの撮像状況を示す模式図。

【図 7】視点 S1 における良品画像 L1、検査画像 G1、コントラスト画像 C1 を示す模式図。

【図 8】視点 S2 における良品画像 L2、検査画像 G2、コントラスト画像 C2 を示す模式図。

【図 9】撮像した画像データにおける画素位置ごとの良品ワークおよび欠陥ワークの輝度を示す模式図、(a)視点 S1 における画素位置ごとの輝度を示す模式図、(b)視点 S2 における画素位置ごとの輝度を示す模式図。

【図 10】撮像した画像データにおける画素位置ごとの良品ワークおよび欠陥ワークの輝度比を示す模式図、(a)視点 S1 における画素位置ごとの輝度比を示す模式図、(b)視点 S2 における画素位置ごとの輝度比を示す模式図。

【図 11】各コントラスト画像 C1・C2 の解像度低減処理を示す模式図。

【図 12】各コントラスト画像 C1・C2 から生成する差分画像 C を示す模式図。

【図 13】撮像した画像データにおける画素位置ごとの良品ワークおよび欠陥ワークの輝度比の差分を示す模式図。

【図 14】実ワークの一例であるシリンダヘッドを示す模式図。

10

20

30

40

50

【図 1 5】本発明の一実施形態に係る欠陥検出方法の一連の流れを示すフロー図。

【図 1 6】実ワークに対する視点の設定状況を示す模式図、(a) 設定した視点 (1) ~ 視点 (1 8) を示す模式図、(b) 設定した視点 (1) ~ 視点 (1 8) における撮像範囲を示す模式図。

【図 1 7】視点 (1) ~ 視点 (1 8) において取得した実ワークに対する良品画像 (あるいは検査画像) を示す模式図。

【図 1 8】実ワークにおける検査エリアの設定状況を示す第一の模式図、(a) 視点 S 1 に対応する検査エリアの視点 (8) における検査画像を示す模式図、(b) 視点 S 2 に対応する検査エリアの視点 (9) における検査画像を示す模式図。

【図 1 9】実ワークにおける検査エリアの設定状況を示す第二の模式図、(a) 視点 S 1 に対応する検査エリアの視点 (7) における検査画像を示す模式図、(b) 視点 S 2 に対応する検査エリアの視点 (8) における検査画像を示す模式図。

【図 2 0】実ワークにおける検査エリアの設定状況を示す第三の模式図、(a) 視点 S 1 に対応する検査エリアの視点 (9) における検査画像を示す模式図、(b) 視点 S 2 に対応する検査エリアの視点 (1 0) における検査画像を示す模式図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 9 】

次に、発明の実施の形態を説明する。

まず始めに、本発明の一実施形態に係る欠陥検出方法に用いる欠陥検出装置について、図 1 を用いて説明する。

図 1 に示す如く、本発明の一実施形態に係る欠陥検出方法に用いる欠陥検出装置の一例である欠陥検出装置 1 は、検査対象物たるワーク 2 の表面に現れる欠陥を検出するための装置であり、ワーク 2 を移動させるためのロボット 3、ワーク 2 の表面を撮像するためのカメラ 4、カメラ 4 により撮像した画像データを画像処理するためのデータ処理部 7 等を備えている。

また、カメラ 4 には、カメラ 4 によるワーク 2 の表面の撮像に際してワーク 2 の表面に照明光を照射するための照明 5 を付設しており、カメラ 4 は、支持体 6 により支持されている。

【 0 0 3 0 】

ロボット 3 は、ベース部 3 a と、ベース部 3 a 上に設けられるアーム部 3 b とを有し、様々な位置および角度に姿勢制御されるフレキシブルなロボットアーム (多関節ロボット) として構成される。ロボット 3 は、アーム部 3 b の先端部に設けられる支持台 3 c 上にワーク 2 を支持する。

支持台 3 c の支持面には、ワーク 2 を位置決めするための位置決めピン 3 d ・ 3 d が設けられており、ワーク 2 は、ロボット 3 において支持台 3 c 上に位置決めピン 3 d ・ 3 d によって位置決めされた状態で支持される。

【 0 0 3 1 】

そしてワーク 2 は、ロボット 3 の動作によって、ロボット 3 の可動範囲において三次元方向に移動および姿勢変更可能に構成される。

【 0 0 3 2 】

カメラ 4 は、ワーク 2 の表面を撮像するための撮像手段であり、例えば CCD イメージセンサや CMOS イメージセンサ等の撮像素子 8 を備えている。

カメラ 4 は、支持体 6 に対して、ロボット 3 に支持されるワーク 2 の表面を撮像することができる所定の姿勢で固定される。

尚、カメラ 4 とともに欠陥検出装置 1 の光学系 (撮像系) を構成する照明 5 の発光部位はリング状の態様を有しており、カメラ 4 は、リング状の照明 5 に形成された中空部 5 a を通してワーク 2 の被検査面 2 a を撮像範囲 (視野) に捉えることができる。

そして、このような構成により、ワーク 2 に対して、照明 5 によって、常にカメラ 4 の視線方向に照明光を照射することができる構成としている。

【 0 0 3 3 】

10

20

30

40

50

また、ワーク 2 の姿勢は、ロボット 3 によって自在に変化させることができるため、ワーク 2 に対して、カメラ 4 の視線方向に照明光を照射しつつ、ワーク 2 の姿勢（即ち、カメラ 4 の視線方向に対する角度）を様々に変化させながら、カメラ 4 によって検査画像を撮像することができる構成としている。

【0034】

尚、本実施態様では、カメラ 4 を支持体 6 に固定する態様を例示しているが、本発明に係る欠陥検出方法に用いる欠陥検出装置の構成をこれに限定するものではなく、例えば、カメラ 4 をロボット等により自在に姿勢を変更できる態様で支持しつつ、ワーク 2 を位置に支持する態様としたり、あるいは、ワーク 2 とカメラ 4 の両方をロボット等により姿勢を自在に変更できる態様で支持する構成としたりすることも可能である。

10

【0035】

また、カメラ 4 は、データ処理部 7 に接続されている。

データ処理部 7 は、カメラ 4 により撮像した画像データを取り込んで、画像データに画像処理を施したり、あるいは、画像処理を施した画像データに基づいて、欠陥の有無を判定したりすることが可能な装置であり、例えば、汎用的なパーソナルコンピュータに画像処理プログラムや欠陥判定プログラム等を組み込んだものにより実現することができる。

【0036】

ここで、カメラ 4 により撮像する画像データの態様について、図 1 および図 2 を用いて説明する。

図 1 に示す如く、カメラ 4 は、所定の撮像範囲（視野）に存在する対象物の映像を、レンズ（図示せず）によって拡大・縮小等して撮像素子 8 上に投影することによって、画像データを取得することができる。

20

【0037】

そして、カメラ 4 は、撮像範囲を設定するとともに、設定した撮像範囲における映像を、図 2 に示すような P 列 × Q 行（P × Q 個）の各画素 8 a · 8 a · · · からなる撮像素子 8 上に投影することにより各画素 8 a · 8 a · · · ごとに画像情報を取得する構成としている。尚、ここで示す P、Q の値は、それぞれ任意の正の整数である。

【0038】

そして、各画素 8 a · 8 a · · · の位置（以下、画素位置と呼ぶ）は、座標（p, q）として特定することができる。尚、p は 1 ≤ p ≤ P の整数であり、q は 1 ≤ q ≤ Q の整数である。

30

また、各画素 8 a · 8 a · · · ごとに取得した画像情報には、各画素 8 a · 8 a · · · において受光した画像の輝度値の情報が含まれている。

そして、画素位置が座標（p, q）である画素における輝度を r と規定する。

【0039】

ここで、検査対象たるワーク 2 の概要について、図 3 を用いて説明する。

図 3 に示す如く、表面における欠陥の有無を検査する対象であるワークの一例であるワーク 2 は、鑄造により製造される部品（以下、鑄造物と記載する）であり、検査対象たる被検査面 2 a を備えている。そして、本ワーク 2 では、被検査面 2 a に欠陥部 2 b が存在する場合を例示している。

40

欠陥検出装置 1 によるワーク 2 の検査は、ワーク 2 に対する所定の方向ごとに行われる。つまり、ワーク 2 がその外形形状において被検査面 2 a が複数存在する場合、ワーク 2 が有する被検査面ごとに欠陥の検査が行われる。

尚、本実施形態では、欠陥部 2 b が、被検査面 2 a の隅部が部分的に欠けた態様である場合を例示しているが、欠陥検出装置 1 により検出する欠陥部 2 b の態様をこれに限定するものではない。

【0040】

鑄造物における欠陥とは、溶湯が鑄型内に充填されるときに、鑄型の変形等により製品の角部が膨出して丸みを帯びたり、溶湯が行き渡らない部位が生じて一部に欠けが生じたりする等、所望する形状通りに形成されなかった部位のことを意味している。

50

そして、鑄造物における欠陥部位では、表面に光沢があるという特徴を有している。

本発明に係る欠陥検出方法では、鑄造物の欠陥に見られるこのような特徴を利用して、精度の良い欠陥検出を実現するようにしている。

尚、鑄造物には寸法誤差が生じるが、その寸法誤差が許容値以内である場合には欠陥として取り扱わず、良品として扱うものとする。

【0041】

ここで、画像データ上での欠陥の特徴について、図3、図4を用いて説明をする。

図3(a)に示すような欠陥部2bを有するワーク2を、図3(b)に示すような第一の視点S1において、カメラ4によって撮像し、データ処理部7により画像データを取得する。

ここで視点S1は、被検査面2aにおける検査部位の直上にカメラ4を配置して、カメラ4の視線方向を被検査面2aに対して垂直とした視点である。

【0042】

このとき、図4(a)に示す如く、照明5から照射される照明光のうち、欠陥部2b以外の被検査面2aにおいて直接反射する照明光は、主にカメラ4に向けて反射する。

一方、欠陥部2bで直接反射する照明光は、カメラ4の方向以外に向けて反射し、主に欠陥部2bで拡散反射した照明光がカメラ4に到達する。

このため、視点S1において、カメラ4により撮像した画像データでは、欠陥部2bが、欠陥部2b以外の被検査面2aに比して輝度が低くなるという特徴がある。

【0043】

次に、欠陥部2bを有するワーク2を、図3(c)に示すような第二の視点S2において、カメラ4によって撮像し、画像データを取得する。

ここで視点S2は、カメラ4の視線方向をワーク2の被検査面2aに対して垂直に保持しつつ、ワーク2を平行移動して、被検査面2aの検査部位の直上からカメラ4をずらした視点である。

【0044】

このとき、図4(b)に示す如く、照明5から照射される照明光のうち、欠陥部2b以外の被検査面2aにおいて直接反射する照明光は、カメラ4の方向以外に向けて反射し、主に当該部位で拡散反射した照明光がカメラ4に到達する。

一方、欠陥部2bで直接反射した照明光のうち、一部はカメラ4の方向に向けて反射し、カメラ4に到達する。このとき、欠陥部2bは光沢を有しているため、より高い輝度に増大される。

このため、視点S2において、カメラ4により撮像した画像データでは、欠陥部2bが、欠陥部2b以外の被検査面2aに比して輝度が高くなるという特徴がある。

【0045】

さらに、画像データ上での欠陥の特徴について、良品との比較によって説明をする。

図4(a)(b)に示すような欠陥部2bを有していないワーク2(以後、良品ワーク2Xと呼ぶ)と、欠陥部2bを有しているワーク2(以後、欠陥ワーク2Yと呼ぶ)における輝度を比較する。尚、検査対象たる各ワーク2・2・・・は、良品ワーク2Xであるか欠陥ワーク2Yであるかが不明なものであり、以後対象ワーク2Zと呼ぶ。

【0046】

図4(a)に示す如く、視点S1において、カメラ4により、良品ワーク2Xの被検査面2aを撮像すると、被検査面2aの輝度はほぼ一様となる。

一方、視点S1において、カメラ4により、欠陥ワーク2Yの被検査面2aを撮像すると、欠陥部2bにおいて輝度が低下し、欠陥部2b以外の部位においては、良品ワーク2Xの被検査面2aの輝度と同様となる。

【0047】

また、図4(b)に示す如く、視点S2において、カメラ4により、良品ワーク2Xの被検査面2aを撮像すると、被検査面2aの輝度は、図4(a)に示す視点S1において撮像した場合の輝度に比して低い輝度でほぼ一様となる。

10

20

30

40

50

一方、視点 S 2 において、カメラ 4 により、欠陥ワーク 2 Y の被検査面 2 a を撮像すると、欠陥部 2 b において輝度が上昇し、欠陥部 2 b 以外の部位においては、良品ワーク 2 X の被検査面 2 a の輝度と同様となる。

【0048】

即ち、鋳造物における欠陥（即ち、欠陥部 2 b）では、欠陥ワーク 2 Y を各視点 S 1・S 2 において撮像した画像データにおいて、良品ワーク 2 X に対して輝度変化の態様が逆行するという特徴を有している。尚、ここでいう「逆行する」とは、良品ワーク 2 X において輝度が上昇する場合に欠陥ワーク 2 Y における輝度が減少し、良品ワーク 2 X において輝度が減少する場合に欠陥ワーク 2 Y における輝度が上昇することを意味している。

【0049】

また、換言すれば、良品ワーク 2 X の被検査面 2 a を各視点 S 1・S 2 で撮像した場合の各画像データにおける輝度変化を基準として、各ワーク 2 の輝度変化を比較することにより、良品ワーク 2 X と異なる輝度変化が生じる部位を有するワーク 2 を、欠陥部 2 b を有する欠陥ワーク 2 Y であると判定することができる。

【0050】

次に、欠陥検出装置 1 による画像データの撮像方法について、図 1 および図 5、図 6 を用いて説明する。

図 1 に示す如く、欠陥検出装置 1 により、ワーク 2 の画像データを撮像するときにおいて、カメラ 4 は、支持体 6 に対して視線方向を鉛直方向下向きに向けて固定されている。

また、ワーク 2 は、ロボット 3 によって、被検査面 2 a の角度を水平に保持しつつ、水平方向に変位される。

即ち、欠陥検出装置 1 では、カメラ 4 の視線方向を常に被検査面 2 a に対して垂直に保持しつつ、ワーク 2 を水平方向に変位させて、撮像部位を変更しながら画像データを撮像する構成としている。

尚、本実施形態では、ロボット 3 により、ワーク 2 の姿勢を自在に変更できる構成としているが、本発明に係る欠陥検出方法では、ワーク 2 の被検査面 2 a に対するカメラ 4 の視線方向を垂直に保持しつつ、ワーク 2 およびカメラ 4 を平行に相対変位できる構成であればよいため、ロボット 3 の態様は、ワーク 2 を平行移動できる態様のもので足り、ワーク 2 の角度や姿勢を自在に変更可能な態様のものでなくてもよい。

あるいは、本発明に係る欠陥検出装置は、ワーク 2 を固定しておき、カメラ 4 を平行移動できる態様とすることも可能である。

【0051】

図 5 に示す如く、カメラ 4 により画像データを取得するに際して、対象となるワーク 2（ここでは、欠陥ワーク 2 Y）の被検査面 2 a 上に、一単位の検査範囲である検査エリア K を設定する。検査エリア K は、欠陥部の出現が予想される範囲を選んで設定することができる。あるいは、被検査面 2 a の全体を検査エリア K として設定することもできる。

【0052】

そして、カメラ 4 により、図 5 に示す視点 S 1 において検査エリア K を撮像すると、撮像素子 8 上には、図 6（a）に示すような映像が投影される。

このとき、視点 S 1 における検査エリア K の映像に対応する各画素 8 a・8 a・・・の範囲を検査エリア K 1 として設定する。

【0053】

次に、カメラ 4 により、図 5 に示す視点 S 2 において検査エリア K を撮像すると、撮像素子 8 上には、図 6（b）に示すような映像が投影される。

このとき、視点 S 2 における検査エリア K の映像に対応する各画素 8 a・8 a・・・の範囲を検査エリア K 2 として設定する。

【0054】

そして、視点 S 1 で撮像した検査エリア K に対応する検査エリア K 1 の各画素 8 a・8 a・・・と、視点 S 2 で撮像した検査エリア K に対応する検査エリア K 2 の各画素 8 a・8 a・・・と、を対応させる。

10

20

30

40

50

即ち、例えば、図6の例で言えば、視点S1で撮像した画像データの画素位置が(p1, q1)である画素8aと、視点S2で撮像した画像データの画素位置が(p2, q2)である画素8aを、検査エリアK中の同一部位に対する画像データとして対応させる。

【0055】

そして、カメラ4により視点S1から撮像した検査エリアK1における画像データと、視点S2から撮像した検査エリアK2における画像データと、を用いて、当該検査エリアKにおける欠陥部の有無を判定するようにしている。

【0056】

尚、視点S2で撮像した検査エリアKに対応する検査エリアK2は、視点S1と検査エリアKに対する視線の角度が異なっているため、厳密には視点S1における検査エリアK1に比して、面積が縮小された(形状が異なった)状態で撮像されるが、無視することができる。また、視点S1・S2の移動距離および焦点距離に基づいて収縮率を算出して補正することも可能である。

10

【0057】

このようにして、カメラ4により撮像した画像データであって、良品ワーク2Xについて各視点S1・S2から撮像したものをそれぞれ良品画像L1・L2として規定し、また、対象ワーク2Zについて各視点S1・S2から撮像したものをそれぞれ検査画像G1・G2として規定する。

【0058】

次に、データ処理部7における画像データの処理方法について、図7～図13を用いて説明する。

20

尚、視点S1において取得した画像データの輝度rをr1と規定し、視点S2において取得した画像データの輝度rをr2と規定する。

【0059】

視点S1において撮像した検査エリアK1の良品画像L1および検査画像G1は、図7に示すような画像として表される。

また、視点S1において撮像した検査エリアK1の画像データをグラフ上に示すと、図9(a)のように表すことができる。

【0060】

図7および図9(a)からわかるように、良品ワークでは、各画素位置において、輝度r1が一定となっている。

30

また、欠陥ワークでは、輝度r1が良品ワークと同様に一定となっている画素位置と、輝度r1が他の画素位置に比して低くなっている画素位置が存在している。

そして、この輝度r1が他の画素位置に比して低くなっている画素位置が、欠陥部2bに対応している。

【0061】

同様に、視点S2において撮像した検査エリアK2の良品画像L2および検査画像G2は、図8に示すような画像として表される。

また、視点S2において撮像した検査エリアK2の画像データをグラフ上に示すと、図9(b)のように表すことができる。

40

【0062】

図8および図9(b)からわかるように、良品ワークでは、各画素位置において、輝度r2が一定となっている。また、このときの輝度r2は、図9(a)に示す同位置の輝度r1に比して低くなっている。

【0063】

また、欠陥ワークでは、輝度r2が良品ワークと同様に一定となっている画素位置と、輝度r2が他の画素位置に比して高くなっている画素位置が存在している。

そして、この輝度r2が他の画素位置に比して高くなっている画素位置が、欠陥部2bに対応している。

【0064】

50

次に、図 7 に示す如く、視点 S 1 において撮像した良品画像 L 1 と検査画像 G 1 から、各画素位置における輝度比 R 1 を表す第一のコントラスト画像 C 1 を生成する。

ここで、良品ワークの輝度 r_1 を $r_1(x)$ と規定し、欠陥ワークの輝度 r_1 を $r_1(y)$ 、と規定すると、輝度比 R 1 は、 $R_1 = r_1(y) / r_1(x)$ で求められる。

【0065】

コントラスト画像 C 1 は、各画素 $8a \cdot 8a \cdot \dots$ の配置において、輝度比 R 1 の大きさを色の濃淡で表現した画像として表すことができる。

また、視点 S 1 において撮像した良品画像 L 1 と検査画像 G 1 から算出した輝度比 R 1 をグラフ上に示すと、図 10 (a) のように表される。

【0066】

同様に、図 8 に示す如く、視点 S 2 において撮像した良品画像 L 2 と検査画像 G 2 から、各画素位置における輝度比 R 2 を表す第二のコントラスト画像 C 2 を生成する。

ここで、良品ワークの輝度 r_2 を $r_2(x)$ と規定し、欠陥ワークの輝度 r_2 を $r_2(y)$ 、と規定すると、輝度比 R 2 は、 $R_2 = r_2(y) / r_2(x)$ で求められる。

【0067】

コントラスト画像 C 2 は、各画素 $8a \cdot 8a \cdot \dots$ の配置において、輝度比 R 2 の大きさを色の濃淡で表現した画像として表すことができる。

また、視点 S 2 において撮像した良品画像 L 2 と検査画像 G 2 から算出した輝度比 R 2 をグラフ上に示すと、図 10 (b) のように表される。

【0068】

このような各コントラスト画像 C 1・C 2 を生成することにより、S/N の改善を図ることができ、各画素 $8a \cdot 8a \cdot \dots$ に存在するノイズの影響を低減することができるため、より精度良く、欠陥を検出することが可能になる。

【0069】

また、このような各コントラスト画像 C 1・C 2 を精度良く生成するためには、対応する各画素 $8a \cdot 8a \cdot \dots$ 同士を精度良く位置合わせすることが重要であるため、ここまでの画像処理においては、各画像 L 1・G 1・L 2・G 2 は、より高い解像度で撮像することが望ましい。

しかしながら、各コントラスト画像 C 1・C 2 を生成した後の画像処理においては、画像の解像度が低い方が画像処理速度の観点で有利である。

このため、図 11 に示す如く、ここで、各コントラスト画像 C 1・C 2 の解像度を低減させる処理を行う。

【0070】

次に、図 12 に示す如く、視点 S 1 および視点 S 2 において生成した各コントラスト画像 C 1・C 2 を用いて、輝度比の差分 R を表す画像である差分画像 C を生成する。

各輝度比 R 1・R 2 の差である差分 R は、 $R = |R_1 - R_2|$ で求められる。

【0071】

差分画像 C は、各コントラスト画像 C 1・C 2 の対応する各画素 $8a \cdot 8a \cdot \dots$ の配置において、輝度比の差分 R の大きさを色の濃淡で表現した画像として表すことができる。

また、このようにして求めた輝度比の差分 R をグラフ上に示すと、図 13 のように表される。

【0072】

そして、図 12 および図 13 に示すように、輝度比の差分 R の値が、予め設定する閾値を越える画素位置（黒塗り部分）が存在する場合には、欠陥部を有する疑いがあると判定する。

さらに、差分画像 C における欠陥部と疑わしい範囲（黒塗り部分）の面積が閾値を越えている場合（換言すれば、欠陥部を有する疑いがあると判定された画素位置の箇所数が、予め設定する閾値を越えている場合）には、そのワーク 2 を欠陥ワーク 2 Y と判定するようにしている。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 3 】

また、欠陥部を有する疑いがあると判定された画素位置が存在しないか、あるいは、欠陥部を有する疑いがあると判定された画素位置の範囲の面積が閾値 以下である場合には、そのワーク 2 を良品ワーク 2 X と判定するようにしている。

【 0 0 7 4 】

次に、本発明の一実施形態に係る欠陥検出方法による、実ワークに対する欠陥検査の一連の流れについて、図 1 および図 1 4 ~ 図 1 8 を用いて説明する。

図 1 4 に示す如く、本実施形態における検査対象物たる実ワークであるワーク 1 2 は、鑄造により製造される部品（鑄造物）であり、ここでは、ワーク 1 2 が、エンジンのシリンダヘッド部分を構成する部品である場合を例示している。そして、シリンダヘッドとシリンダブロック（図示せず）の合わせ面に相当する部位（斜線部分）を被検査面 1 2 a としている。

尚ワーク 1 2 のうち、良品であるものを良品ワーク 1 2 X と規定し、欠陥品であるものを欠陥ワーク 1 2 Y と規定する。また、検査対象となるワーク 1 2（即ち、良品ワーク 1 2 X であるか、欠陥ワーク 1 2 Y であるかが不明なもの）を対象ワーク 1 2 Z と規定する。

【 0 0 7 5 】

図 1 に示す如く、ワーク 1 2 は、欠陥検出装置 1 の支持台 3 c 上に位置決めして配置される。

そして、欠陥検出装置 1 は、カメラ 4 の視線方向を被検査面 1 2 a に対して垂直に保持しつつ、ロボット 3 によってワーク 1 2 を平行移動させて、種々視点を変えながら、カメラ 4 により撮像し、画像データをデータ処理部 7 により取得する。

【 0 0 7 6 】

図 1 5 に示す如く、本発明の一実施形態に係る欠陥検出方法では、まず欠陥検査に先立って、良品ワーク 1 2 X について、カメラ 4 により、各視点 S 1 ・ S 2 における各良品画像 L 1 ・ L 2 を撮像し、データ処理部 7 に記憶させておく（STEP - 1）。

【 0 0 7 7 】

図 1 6（a）に示す如く、本実施形態では、ワーク 1 2 の被検査面 1 2 a に対して、1 8 箇所の視点（視点（1）～（1 8））を設定している。

そして、カメラ 4 の撮像範囲を、図 1 6（b）中の左右方向に隣接する各視点におけるカメラ 4 の撮像範囲を、それぞれ半分ずつ重複させる設定としている。

【 0 0 7 8 】

即ち、各視点（1）・（7）・（1 3）におけるカメラ 4 の各撮像範囲と、各視点（2）・（8）・（1 4）におけるカメラ 4 の各撮像範囲は、図 1 6（b）中に示す範囲 A において重複している。

また、各視点（2）・（8）・（1 4）におけるカメラ 4 の各撮像範囲と、各視点（3）・（9）・（1 5）におけるカメラ 4 の各撮像範囲は、図 1 6（b）中に示す範囲 B において重複している。

また、各視点（3）・（9）・（1 5）におけるカメラ 4 の各撮像範囲と、各視点（4）・（1 0）・（1 6）におけるカメラ 4 の各撮像範囲は、図 1 6（b）中に示す範囲 C において重複している。

また、各視点（4）・（1 0）・（1 6）におけるカメラ 4 の各撮像範囲と、各視点（5）・（1 1）・（1 7）におけるカメラ 4 の各撮像範囲は、図 1 6（b）中に示す範囲 D において重複している。

また、各視点（5）・（1 1）・（1 7）におけるカメラ 4 の各撮像範囲と、各視点（6）・（1 2）・（1 8）におけるカメラ 4 の各撮像範囲は、図 1 6（b）中に示す範囲 E において重複している。

【 0 0 7 9 】

尚、図 1 6（b）中の上下方向に隣接する各視点におけるカメラ 4 の撮像範囲も一部重複するようにカメラ 4 の撮像範囲を設定しているが、上下方向の重複幅は、カメラ 4 によ

10

20

30

40

50

る撮像範囲に隙間が生じなければよい。

【0080】

そして、カメラ4の各視点(1)~(18)における各撮像範囲を、図16(b)に示すような設定とすることにより、被検査面12aに対して、図17に示すような18種類の画像データを取得する構成としている。

【0081】

このように各撮像範囲を設定する場合において、図18(a)に示す位置に検査エリアKを設定する場合には、視点(8)と視点(9)におけるカメラ4の各撮像範囲に、検査エリアKが包含されている。

【0082】

このため、図18(b)に示すように、視点(8)におけるカメラ4により撮像した画像データでは、撮像範囲の図18(b)における右半分において、検査エリアKに対応する部位(検査エリアK1)を撮像している。

また、図18(b)に示すように、視点(9)におけるカメラ4により撮像した画像データでは、撮像範囲の図18(b)における左半分において、検査エリアKに対応する部位(検査エリアK2)を撮像している。

【0083】

即ち、この場合、図16(b)および図18(b)に示すように、視点(8)において撮像した検査エリアK1に係る画像データが、視点S1における良品画像L1に相当しており、また、視点(9)において撮像した検査エリアK2に係る画像データが、視点S2

10

20

【0084】

また、図19(a)に示す位置に検査エリアKを設定する場合には、視点(7)と視点(8)におけるカメラ4の各撮像範囲に、検査エリアKが包含されている。

【0085】

このため、図19(b)に示すように、視点(7)におけるカメラ4により撮像した画像データでは、撮像範囲の図19(b)における右半分において、検査エリアKに対応する部位(検査エリアK1)を撮像している。

また、図19(b)に示すように、視点(8)におけるカメラ4により撮像した画像データでは、撮像範囲の図19(b)における左半分において、検査エリアKに対応する部位(検査エリアK2)を撮像している。

30

【0086】

即ち、この場合、図16(b)および図19(b)に示すように、視点(7)において撮像した検査エリアK1に係る画像データが、視点S1における良品画像L1に相当しており、また、視点(8)において撮像した検査エリアK2に係る画像データが、視点S2における良品画像L2に相当している。

【0087】

さらに、図20(a)に示す位置に検査エリアKを設定する場合には、視点(9)と視点(10)におけるカメラ4の各撮像範囲に、検査エリアKが包含されている。

【0088】

このため、図20(b)に示すように、視点(9)におけるカメラ4により撮像した画像データでは、撮像範囲の図20(b)における右半分において、検査エリアKに対応する部位(検査エリアK1)を撮像している。

また、図20(b)に示すように、視点(10)におけるカメラ4により撮像した画像データでは、撮像範囲の図20(b)における左半分において、検査エリアKに対応する部位(検査エリアK2)を撮像している。

40

【0089】

即ち、この場合、図16(b)および図20(b)に示すように、視点(9)において撮像した検査エリアK1に係る画像データが、視点S1における良品画像L1に相当しており、また、視点(10)において撮像した検査エリアK2に係る画像データが、視点S

50

2における良品画像L2に相当している。

【0090】

このように、視点(8)および視点(9)における画像データは、それぞれ右半分が、視点S1における良品画像L1に相当し、それぞれ左半分が、視点S2における良品画像L2に相当している。これは、視点(8)(9)の場合のみならず、全ての視点(1)~(18)において同様である。

【0091】

即ち、図17に示す、良品ワーク12Xに対する各視点(1)~(18)において取得した18種類の画像データには、各視点S1・S2における取得すべき各良品画像L1・L2が全て含まれている。

10

また同様に、図17に示す、対象ワーク12Zに対する各視点(1)~(18)において取得した18種類の画像データには、各視点S1・S2における取得すべき各検査画像G1・G2が全て含まれている。

【0092】

即ち、このように、カメラ4の撮像範囲を、隣接する各視点においてそれぞれ半分ずつ重複させる設定とすることによって、視点S1および視点S2に相当する二方向からの画像データを、少ない撮像回数で効率的かつ容易に取得することができる。

【0093】

仮に、カメラ4の撮像範囲の、隣接する各視点において重複する範囲を撮像範囲の半分よりも大きくする(即ち、ワーク12の平行移動量をより小さくする)場合、各視点の平行移動距離が短くなるため、視点S1・S2における輝度変化が本実施形態の場合に比して小さくなり、欠陥の判定精度が低下する。

20

また、この場合、被検査面12a全体の画像データを取得するために必要なカメラ4による撮像回数が増えるため、データ処理量が増大する。

【0094】

一方、仮に、カメラ4の撮像範囲の、隣接する各視点において重複する範囲を撮像範囲の半分よりも小さくする(即ち、ワーク12の平行移動量をより大きくする)場合、各視点の平行移動距離が大きくなるため、視点S1・S2における輝度変化が本実施形態の場合に比して大きくなり、欠陥の判定精度の向上に寄与し得るが、被検査面12aの同じ部位を重複して撮影できる範囲が本実施形態の場合に比して狭くなるため、また、この場合、被検査面12a全体の画像データを取得するために必要なカメラ4による撮像回数が増えるため、データ処理量が増大する。

30

【0095】

このため、カメラ4の撮像範囲を、隣接する各視点において半分ずつ重複させる構成は、欠陥の判定精度の観点、および、撮像時間の短縮化の観点、画像データの処理時間の短縮化の観点等からみて、優れている。

【0096】

即ち、本発明の一実施形態に係る欠陥検出方法において、各検査画像G1・G2は、各撮像範囲の大きさが同一で、各撮像範囲の各半分が重複しており、かつ、各良品画像L1・L2は、各撮像範囲の大きさが同一で、各撮像範囲の各半分が重複しているものである。

40

また、本発明の一実施形態に係る欠陥検出装置1において、カメラ4による各検査画像G1・G2の各撮像範囲は、大きさが同一で、かつ、各撮像範囲の各半分が重複しているものである。

このような構成により、同一部位(検査エリアK)の二つの異なる視点S1・S2における輝度を变化させた画像を容易に取得できる。また、画像を撮像する回数を低減することができる。

【0097】

また、本発明の一実施形態に係る欠陥検出方法において、第二の視点S2は、対象ワーク12Zに対して、第一の視点S1を平行移動させた視点としている。

50

このような構成により、異なる視点 $S_1 \cdot S_2$ における画像を容易に取得できる。

【0098】

また、本発明の一実施形態に係る欠陥検出方法において、第一の視点 S_1 は、視線の方向が、対象ワーク 12Z の被検査面 12a に対して垂直としている。

このような構成により、同一部位（検査エリア K）の二つの異なる視点 $S_1 \cdot S_2$ における輝度変化を大きくすることができる。

【0099】

また、本発明の一実施形態に係る欠陥検出装置 1 は、検査対象たる対象ワーク 12Z を変位可能に支持する変位装置であるロボット 3 と、対象ワーク 12Z の被検査面 12a を撮像するカメラ 4 と、を備えるものであって、ロボット 3 によって、対象ワーク 12 を、カメラ 4 の視線方向が被検査面 12a に対して垂直となる姿勢で保持しつつ、カメラ 4 によって、該カメラ 4 の視線方向における被検査面 12a に設定する検査範囲である検査エリア K を撮像した第一の視点 S_1 における画像データである第一の検査画像 G1 を撮像するとともに、ロボット 3 によって、対象ワーク 12Z を、カメラ 4 の視線方向が被検査面 12a に対して垂直となる姿勢を保持しつつ平行移動して、カメラ 4 によって、該カメラ 4 の視線方向に対して変位した検査エリア K を撮像した第二の視点 S_2 における画像データである第二の検査画像 G2 を撮像するものである。

このような構成により、同一部位（検査エリア K）の二つの異なる視点 $S_1 \cdot S_2$ における輝度を変化させた画像を容易に取得できる。また、画像を撮像する回数を低減することができる。

【0100】

次に、図 15 に示す如く、検査の段階においては、まず始めに、カメラ 4 のキャリブレーションを行う（STEP - 2）。

ここで、カメラ 4 による撮像範囲等が前述した設定となっていることを確認したり、カメラ 4 の初期設定を行ったりしておく。

【0101】

次に、カメラ 4 により、視点 $S_1 \cdot S_2$ に対応する検査画像 G1・G2 を、良品画像 L1・L2 と同様の態様で撮像し（図 17 参照）、データ処理部 7 により検査画像 G1・G2 を取得する（STEP - 3）。

【0102】

次に、データ処理部 7 に予め記憶される良品ワーク 12X における視点 S_1 に対応する良品画像 L1 と、撮像した対象ワーク 12Z における検査画像 G1 を位置合わせする（STEP - 4）。

ここでいう「位置合わせ」とは、同一の部位に対する画像データを有する各画素 8a・8a 同士を対応させることを意味する。

【0103】

次に、位置合わせした視点 S_1 における良品画像 L1 と検査画像 G1 の各輝度 r_1 から、データ処理部 7 により輝度比 R_1 を算出して、第一のコントラスト画像 C1（図 7 参照）を生成する（STEP - 5）。

そして、生成したコントラスト画像 C1 は、データ処理部 7 により、解像度を低減する処理（図 11 参照）を施しておく（STEP - 6）。

【0104】

また、（STEP - 4）～（STEP - 6）の処理に並行して、視点 S_2 に対する処理を行い、データ処理部 7 に予め記憶される良品ワーク 12X における視点 S_2 に対応する良品画像 L2 と、撮像した対象ワーク 12Z における検査画像 G2 を位置合わせする（STEP - 7）。

【0105】

次に、位置合わせした視点 S_2 における良品画像 L2 および検査画像 G2 の各輝度 r_2 から、データ処理部 7 により輝度比 R_2 を算出して、第二のコントラスト画像 C2（図 8 参照）を生成する（STEP - 8）。

そして、生成したコントラスト画像 C 1 は、データ処理部 7 により、解像度を低減する処理（図 1 1 参照）を施しておく（STEP - 9）。

【0106】

即ち、本発明の一実施形態に係る欠陥検出方法を用いた欠陥検出装置 1 では、データ処理部 7 によって、第一および第二のコントラスト画像 C 1・C 2 を生成した後、差分画像 C を生成する前に、各コントラスト画像 C 1・C 2 の解像度を低減する処理を行うものである。

このような構成により、画像処理に要する時間を短縮することができる。

【0107】

次に、データ処理部 7 により、視点 S 1・S 2 における各検査エリア K 1・K 2 を位置合わせして、同じ部位を撮像した各画素 8 a・8 a・・・同士を対応させる（STEP - 10）。

10

【0108】

次に、視点 S 1・S 2 において生成した各コントラスト画像 C 1・C 2 に基づき、データ処理部 7 により、コントラスト画像 C 1 の各画素 8 a・8 a・・・における輝度比 R 1 からコントラスト画像 C 2 の各画素 8 a・8 a・・・における輝度比 R 2 を差し引いて差分 R を算出して、差分画像 C（図 1 2 参照）を生成する（STEP - 11）。

【0109】

次に、差分画像 C に基づく判定を行う。

まず、データ処理部 7 により、輝度比の差分 R が、予め設定する閾値 を越える画素位置が存在するか否か（図 1 3 参照）の判定をする（STEP - 12）。

20

ここで、予め設定する閾値 を越える画素位置が存在しなければ、その検査エリア K には欠陥は存在しないと判定する。

また、予め設定する閾値 を越える画素位置が存在している場合には、次の判定に移行する。

【0110】

次に、データ処理部 7 により、差分 R が、予め設定する閾値を越える画素位置が連続する範囲を形成しており、かつ、その範囲の面積が予め設定する閾値 を超えているか否かの判定（図 1 2 参照）をする（STEP - 13）。

ここで、当該範囲の面積が閾値 を超えていれば、検査エリア K の当該範囲に欠陥部（図示せず）が存在し、当該ワーク 1 2 が欠陥品（欠陥ワーク 1 2 Y）であると判定する。

30

また、当該範囲の面積が閾値 を超えていなければ、その検査エリア K には欠陥部は存在しないと判定する。

【0111】

そして、データ処理部 7 により、被検査面 1 2 a に設定した全ての検査エリア K において、欠陥無しと判定されたワーク 1 2 を良品（良品ワーク 1 2 X）と判定する。

以上により、ワーク 1 2 に対する一連の欠陥検査を終了する。

【0112】

即ち、本発明の一実施形態に係る欠陥検出方法および欠陥検出装置 1 においては、データ処理部 7 によって、検査対象たるワーク 2 である対象ワーク 1 2 Z の被検査面 1 2 a において検査エリア K を設定して、検査エリア K を含む撮像範囲において、第一の視点 S 1 から撮像した画像である第一の検査画像 G 1 と、視点 S 1 と異なる第二の視点 S 2 から撮像した画像である第二の検査画像 G 2 と、を取得するとともに、欠陥のないことが既知の前記ワークである良品ワーク 1 2 X の被検査面 1 2 a において設定する検査エリア K を含む撮像範囲において、視点 S 1 から撮像した画像である第一の良品画像 L 1 と、視点 S 2 から撮像した画像である第二の良品画像 L 2 と、を取得して、検査画像 G 1 と良品画像 L 1 の、対応する各画素 8 a・8 a・・・の輝度比 R 1 を表した画像である第一のコントラスト画像 C 1 と、検査画像 G 2 と良品画像 L 2 の対応する各画素 8 a・8 a・・・の輝度比 R 2 を表した画像である第二のコントラスト画像 C 2 と、を生成するとともに、各コントラスト画像 C 1・C 2 の、対応する各画素 8 a・8 a・・・の輝度比の差分 R を表し

40

50

た画像である差分画像 C を生成して、差分画像 C において、輝度比の差分 R が予め設定する第一の閾値 を越えている各画素 8 a · 8 a · · · を検出するとともに、検出した各画素 8 a · 8 a · · · が連続する範囲を形成し、かつ当該範囲の面積が、予め設定する第二の閾値 を越えている場合に、前記範囲を欠陥部 (図 1 2 中に示す黒塗り範囲) として検出するものである。

このような構成により、欠陥部の検出率を向上するとともに、誤検出を防止することができる。

【 0 1 1 3 】

尚、本実施形態では、本発明の一実施形態に係る欠陥検出方法を適用する検査対象物が鋳造物であるワーク 2 · 1 2 である場合を例示して説明をしているが、本発明に係る欠陥検出方法を適用する検査対象物は、必ずしも鋳造物である必要はなく、正常部と欠陥部において、各視点における輝度変化が逆行する態様となる性質を有するものであれば、本発明に係る欠陥検出方法を適用できる。

【 符号の説明 】

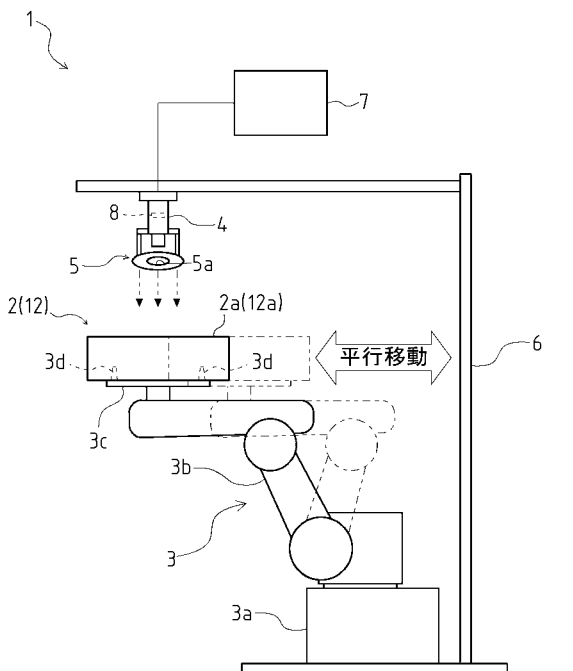
【 0 1 1 4 】

- 1 欠陥検出装置
- 2 ワーク
- 2 a 被検査面
- 2 b 欠陥部
- 4 カメラ
- 5 照明
- 7 データ処理部
- 8 撮像素子
- 8 a 画素

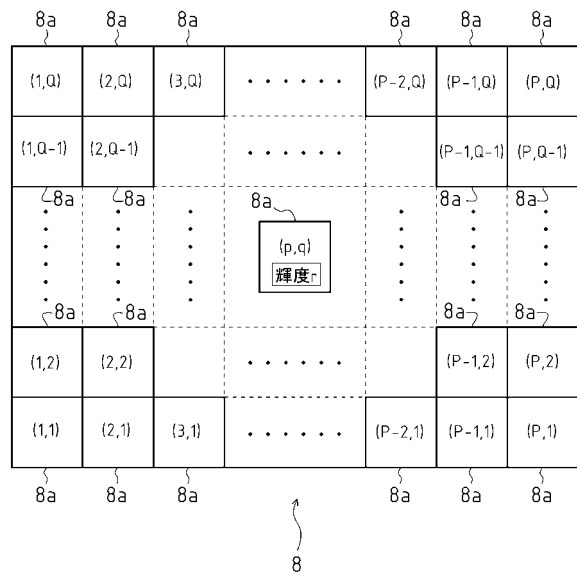
10

20

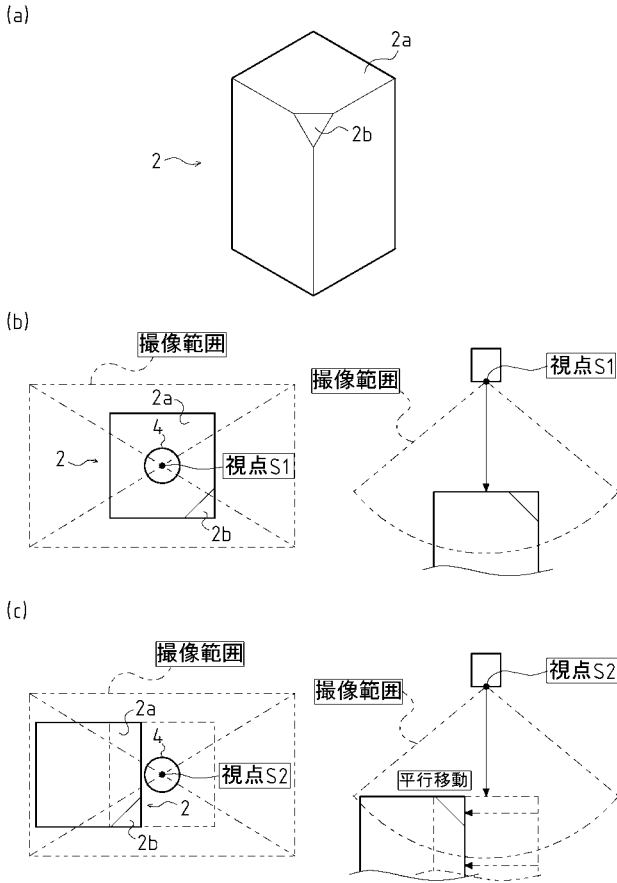
【 図 1 】



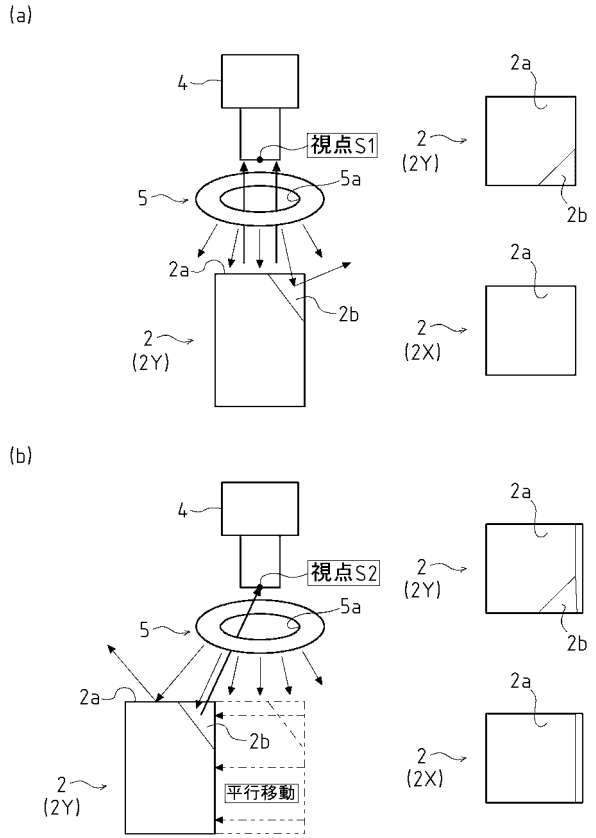
【 図 2 】



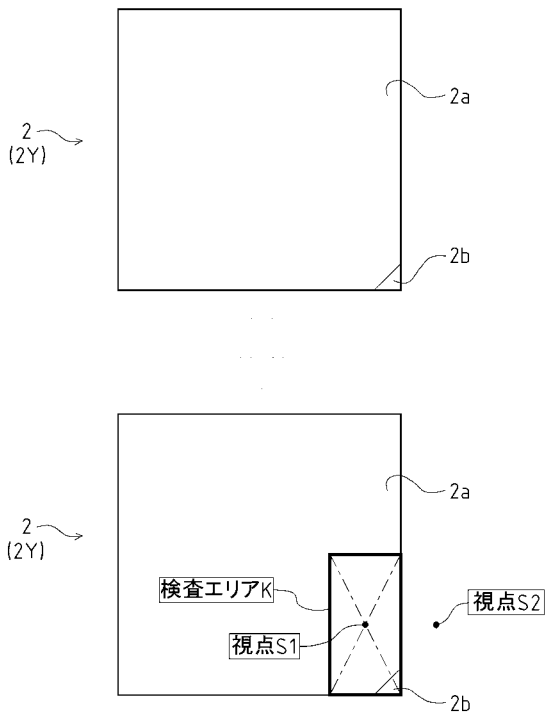
【 図 3 】



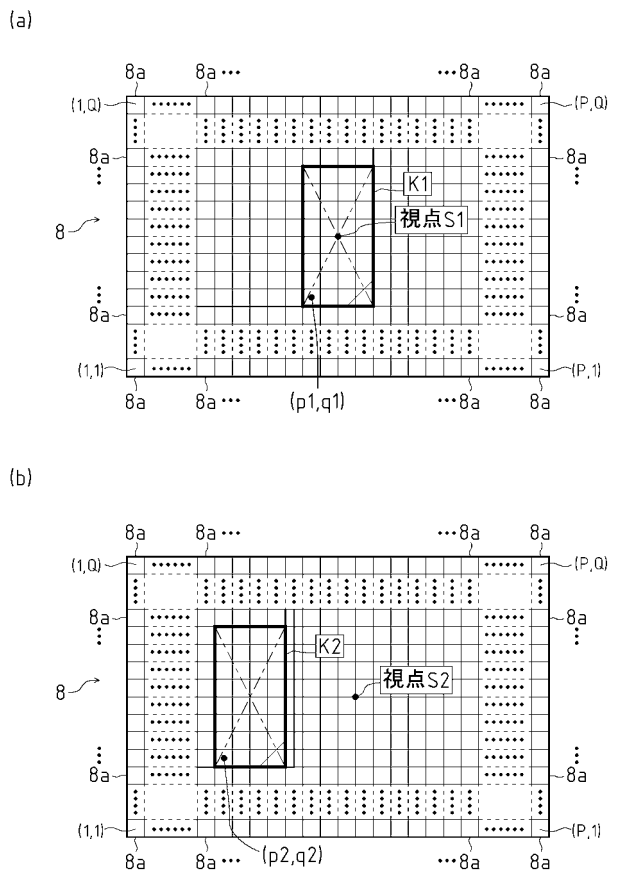
【 図 4 】



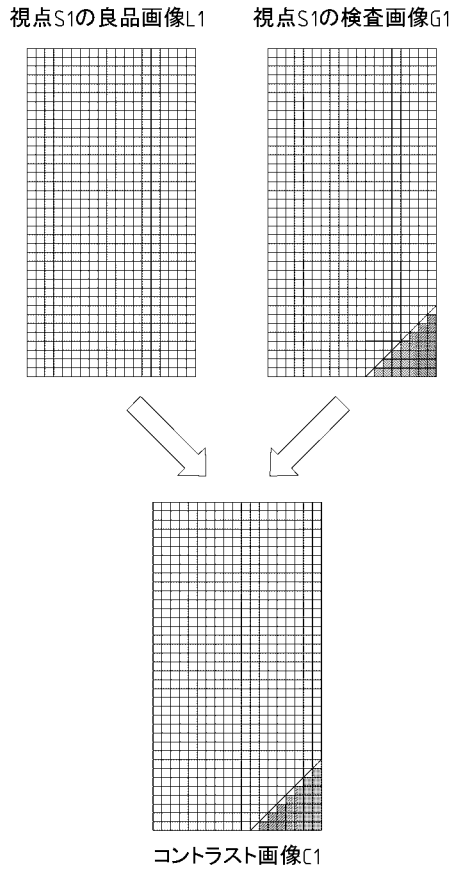
【 図 5 】



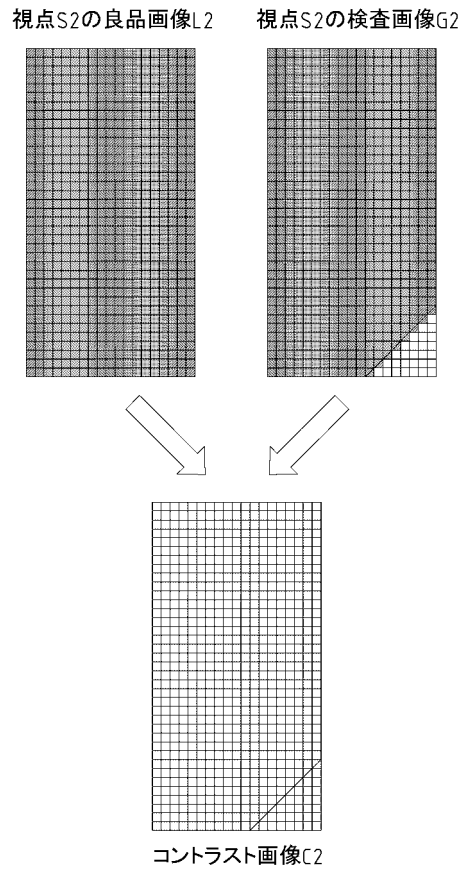
【 図 6 】



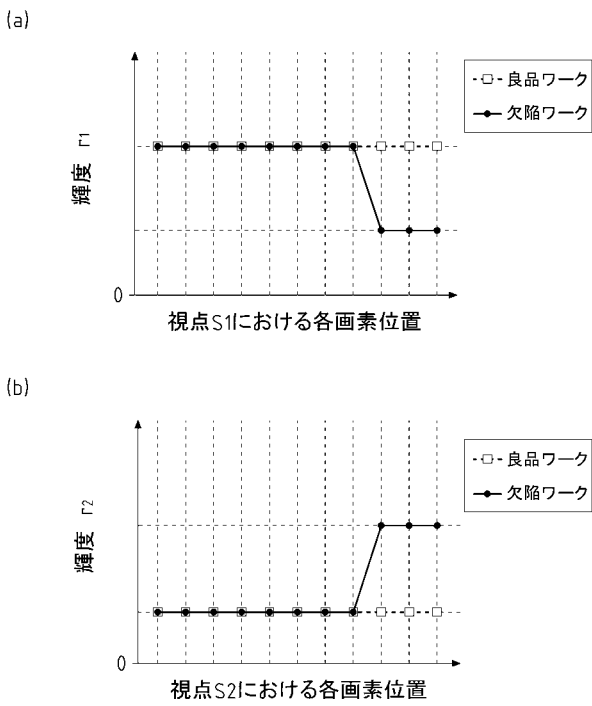
【 図 7 】



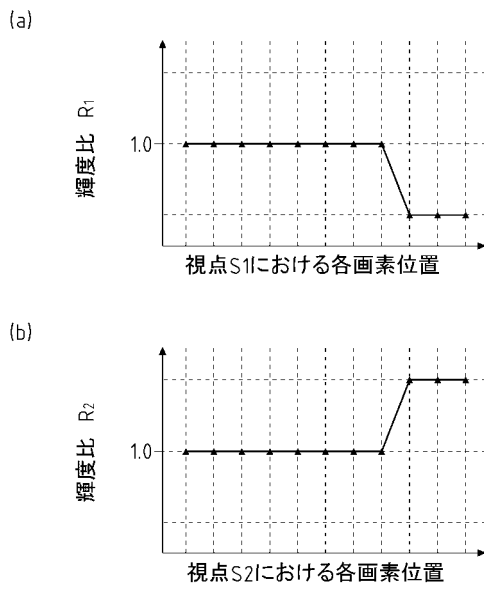
【 図 8 】



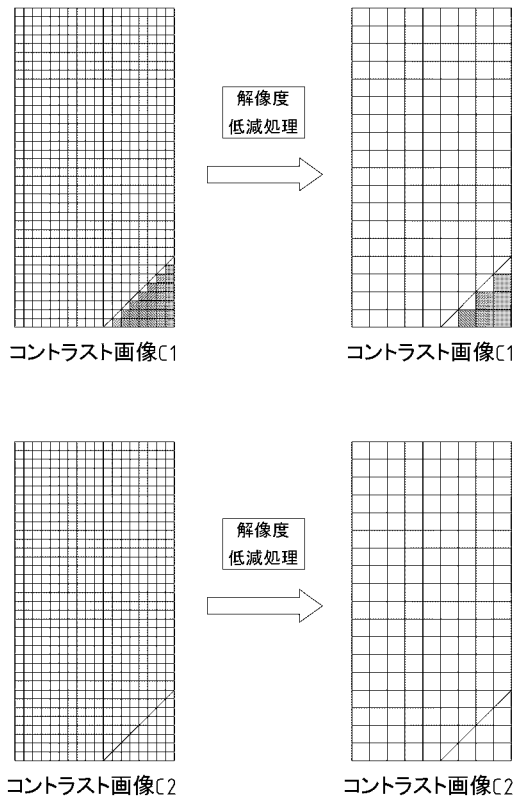
【 図 9 】



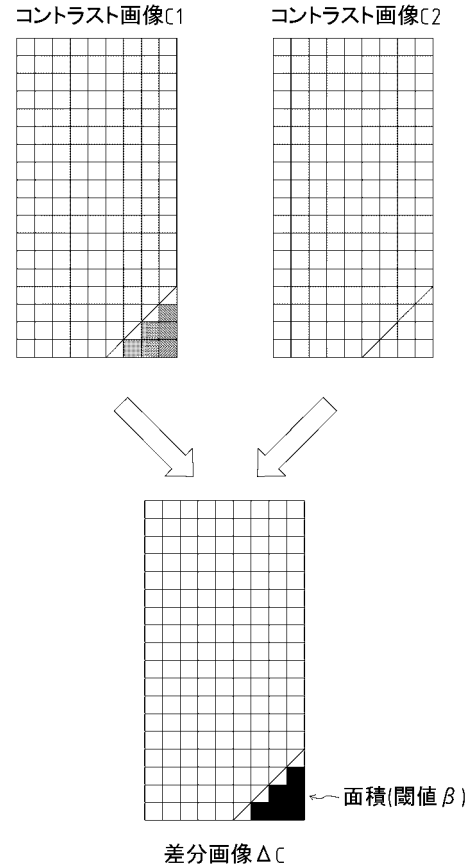
【 図 10 】



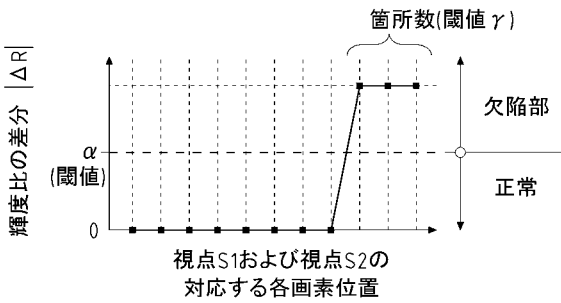
【 図 1 1 】



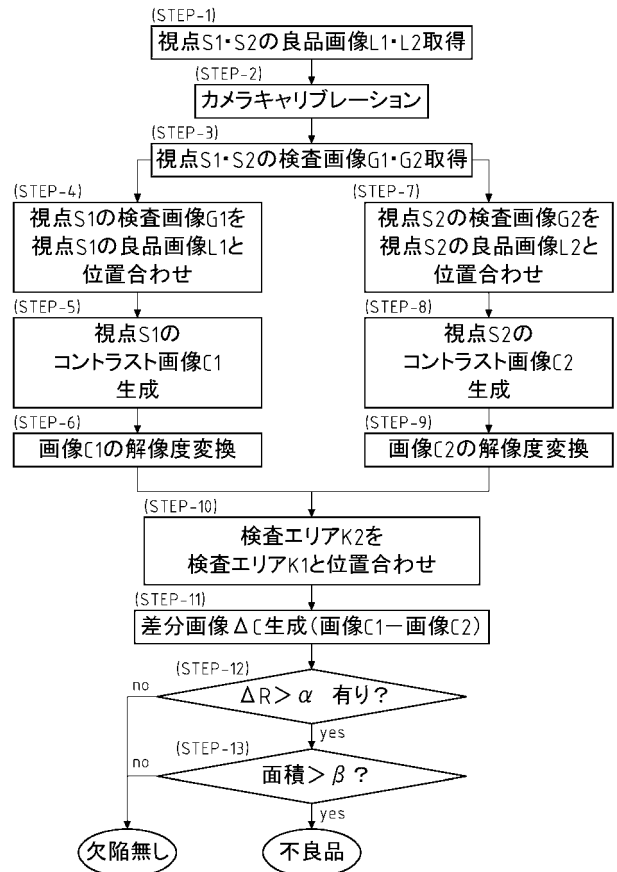
【 図 1 2 】



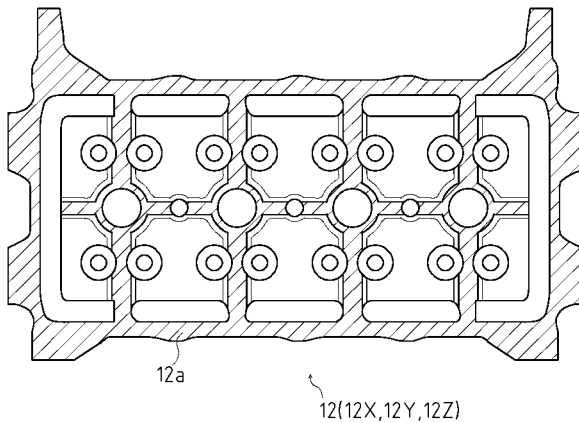
【 図 1 3 】



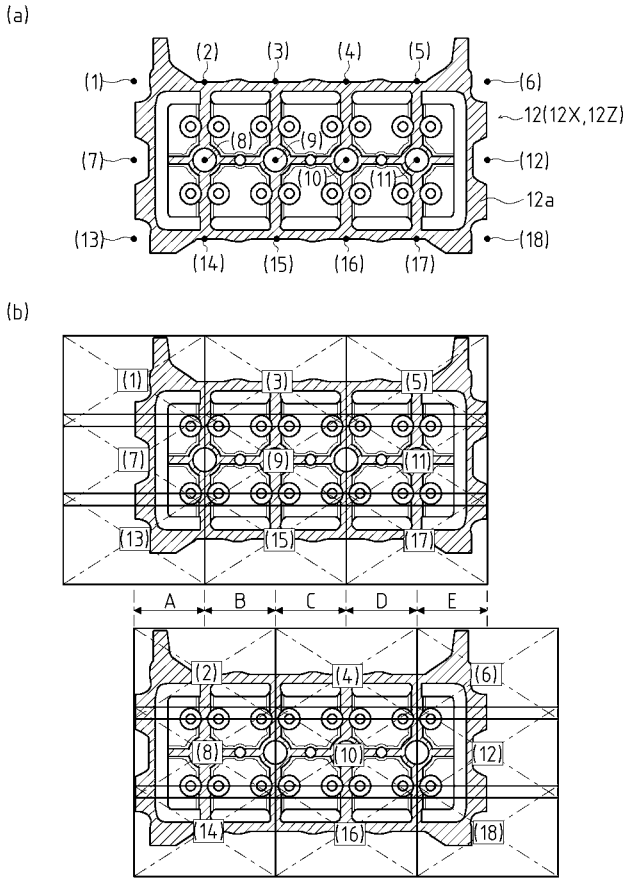
【 図 1 5 】



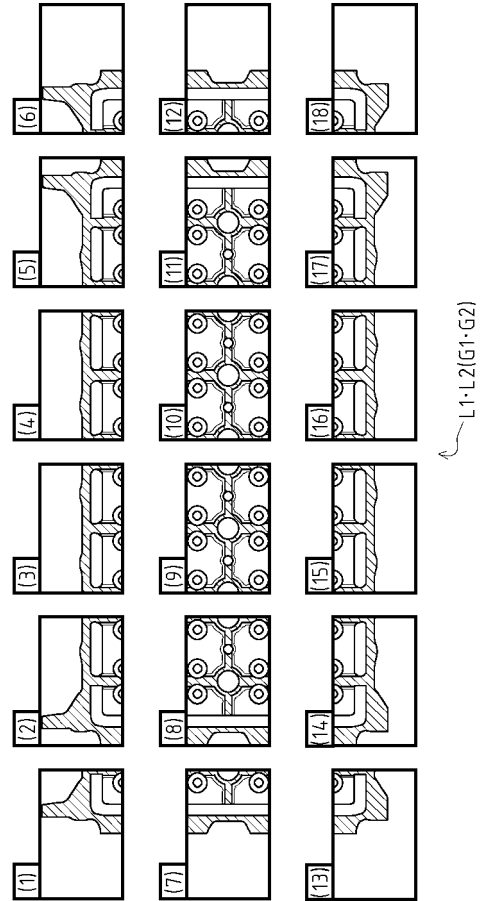
【 図 1 4 】



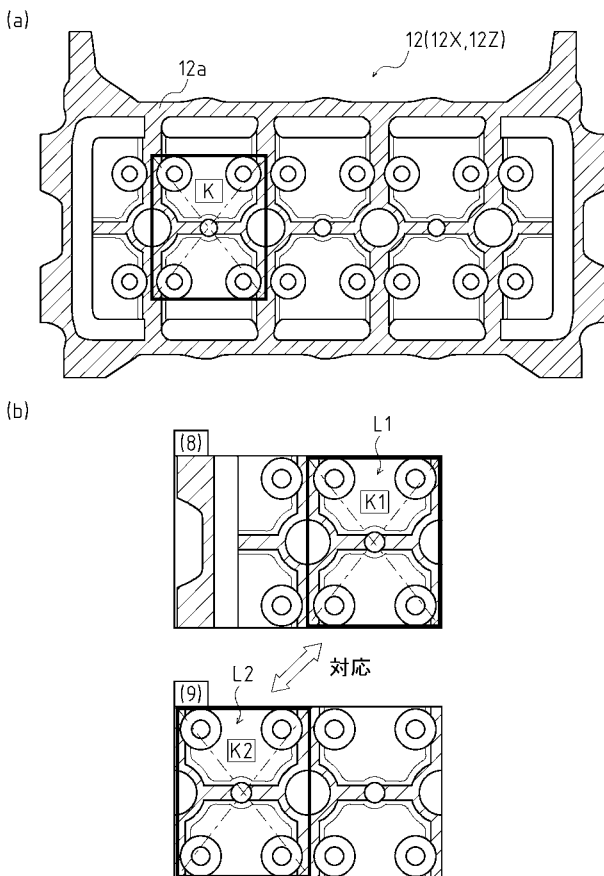
【 図 1 6 】



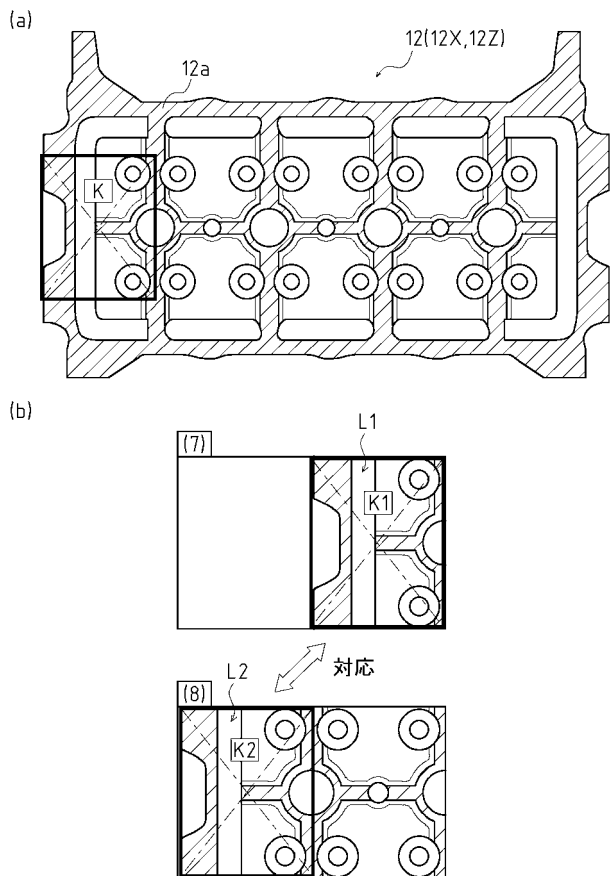
【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



【 図 1 9 】



【 図 20 】

