

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7144225号  
(P7144225)

(45)発行日 令和4年9月29日(2022.9.29)

(24)登録日 令和4年9月20日(2022.9.20)

(51)国際特許分類 F I  
G 0 1 N 23/046 (2018.01) G 0 1 N 23/046  
G 0 1 N 23/18 (2018.01) G 0 1 N 23/18

請求項の数 6 (全10頁)

(21)出願番号	特願2018-135718(P2018-135718)	(73)特許権者	000001199 株式会社神戸製鋼所
(22)出願日	平成30年7月19日(2018.7.19)		兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号
(65)公開番号	特開2020-12752(P2020-12752A)	(74)代理人	110002000 特許業務法人栄光特許事務所
(43)公開日	令和2年1月23日(2020.1.23)	(72)発明者	前田 恭兵 兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号 株式会社神戸製鋼所内
審査請求日	令和2年11月30日(2020.11.30)	(72)発明者	鈴木 励一 兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号 株式会社神戸製鋼所内
審査番号	不服2021-17708(P2021-17708/J1)	(72)発明者	秦野 雅夫 兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号 株式会社神戸製鋼所内
審判請求日	令和3年12月22日(2021.12.22)		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 スポット溶接部の検査方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

鋼板が重ね合された抵抗溶接継手に対してX線CTスキャンを行う工程と、  
前記X線CTスキャンで得られたスライス画像に対して母材部、溶接金属、及び熱影響部を黒色化し、その他の部分を白色化する工程と、  
前記白色化した部分のうち、シートセパレーションの白色部、圧痕部の白色部及び継手表面から連続する白色部を除去、又は黒色化する工程と、  
継手内部にある前記白色部を内割れとして検出する工程と、  
を備えることを特徴とするスポット溶接部の検査方法。

【請求項2】

前記X線CTスキャンで得られたスライス画像に対して二値化処理を行うことにより、前記母材部、前記溶接金属、及び前記熱影響部を黒色化し、その他部分を白色化することを特徴とする請求項1に記載のスポット溶接部の検査方法。

【請求項3】

前記二値化処理により白色化できない微小な割れに対して、画像処理ソフトを用いて手動で白色化処理を行う工程をさらに備えることを特徴とする請求項2に記載のスポット溶接部の検査方法。

【請求項4】

鋼の抵抗溶接継手に対してシートセパレーションよりも内側の範囲について前記X線CTスキャンを行うことを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載のスポット溶接部

の検査方法。

【請求項 5】

前記継手内部にある割れの内、板厚方向への最大割れ長さが 0.2 mm 以上の前記割れがある場合に、前記抵抗溶接継手が不良であると判定することを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載のスポット溶接部の検査方法。

【請求項 6】

鋼板が重ね合された抵抗溶接継手に対して X 線 CT スキャンを行う工程と、  
前記 X 線 CT スキャンで得られたスライス画像に対して母材部、溶接金属、及び熱影響部を第 1 の色に、その他の部分を第 2 の色に色分けする工程と、  
前記第 2 の色のうち、シートセパレーション、圧痕部及び継手表面から連続する部分を除去、又は前記第 1 の色に変色する工程と、  
継手内部にある前記第 2 の色を内割れとして検出する工程と、  
を備えることを特徴とするスポット溶接部の検査方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、スポット溶接部の検査方法に関し、より詳細には、X 線 CT スキャンにより溶接継手の内割れを検出するスポット溶接部の検査方法に関する。

【背景技術】

【0002】

図 5 に示すように、抵抗溶接継手 10 は、重ね合された 2 枚の高張力鋼板 11A, 11B を、スポット溶接装置の上下一対の溶接電極（図示せず）により挟持して加圧し、溶接電極間に通電することで、高張力鋼板 11A, 11B の接触部が溶融して形成される。高張力鋼板 11A, 11B のスポット溶接部 20 には、ナゲット（溶接金属）21 が形成されると共に、ナゲット 21 の周囲に熱影響部 22 が形成される。なお、図 5 中、符号 23 は、ナゲット 21 の周辺に生じる固相溶接されたコロナボンド部を表し、符号 25 は、シートセパレーションを表し、符号 26 は、一对の溶接電極の加圧により鋼板 11A, 11B の表面に形成された圧痕部を表す。

20

【0003】

近年開発されている亜鉛めっき高張力鋼板では、溶接時に溶融亜鉛めっきを起因とする LME 割れ（溶融金属脆化割れ）が発生することが知られている。LME 割れとしては、熱影響部 22 に発生する HAZ 割れがあり、そのうち、溶接部の外部からナゲット 21 に向かって形成される割れなどの外割れと、コロナボンド部 23 の端部から板厚方向に向かって形成される内割れと、がある。

30

【0004】

これらの割れの内、継手内部に発生する内割れは、外部から目視では確認することができず、また、応力集中部となり、継手強度を低下させる要因となるため特に重要視されている。

【0005】

従来、このような割れについては、スポット溶接後にスポット溶接部 20 のカットチェックによって割れの有無を確認していた。しかし、カットチェックでは、たまたま切断した一断面における割れの情報しか把握できず、継手強度を適切に評価できない問題があった。

40

【0006】

このような問題に対処するため、特許文献 1 ~ 3 に記載の各種検査方法が提案されている。特許文献 1 の検査方法は、超音波探触子から発振した超音波によりナゲット径の大きさを求め、予め記憶されている正常ナゲット径と比較して、スポット溶接の異常の有無を検査している。また、特許文献 2 の検査方法は、検査対象物の溶接部に X 線を照射して得られる X 線透過画像から、溶接熱により組織変化を生じた溶融部と母材との組織境界面の透過画像を検出し、組織境界面の透過画像の濃度や形状寸法からナゲットの大きさや形状

50

を検出してスポット溶接の良否を検査している。特許文献3の検査方法は、X線CT装置で撮影したレーザ溶接部の断面写真の濃淡から接合面積を算出し、あらかじめ設定した面積と比較することにより、溶接状態の良否を判定している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【文献】特開昭62-119453号公報

特開平8-247749号公報

特開2009-105193号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、特許文献1の検査方法は、超音波を発信する接触子を、スポット溶接部のくぼみ部の外領域から溶接部中心を通り反対側の外領域まで走査して、ナゲットの有無、及びその大きさを検出するので、走査線上における情報しか得られず、スポット溶接の異常の有無を適切に判別するには、情報が必ずしも十分でない虞がある。特許文献2の検査方法は、スポット溶接部のX線透過画像から溶接部の良否を検査し、また特許文献3の検査方法は、X線CT装置により得られたレーザ溶接部の断面写真の濃淡から接合面積を算出して溶接状態の良否を判別しているが、溶接部の割れ、特に継手強度に影響を及ぼす内割れについては、なんら記載されておらず改善の余地があった。

【0009】

本発明は、前述した課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、X線CTスキャンを用いた検査方法により、非破壊検査によりスポット溶接部の割れ、特に内割れを精度よく定量把握できるスポット溶接部の検査方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の上記目的は、下記の構成により達成される。

(1) 鋼板が重ね合された抵抗溶接継手に対してX線CTスキャンを行う工程と、

前記X線CTスキャンで得られたスライス画像に対して母材部、溶接金属、及び熱影響部を黒色化し、その他の部分を白色化する工程と、

前記白色化した部分のうち、シートセパレーションの白色部、圧痕部の白色部及び継手表面から連続する白色部の少なくとも一つを除去、又は黒色化する工程と、

継手内部にある前記白色部を内割れとして検出する工程と、  
を備えることを特徴とするスポット溶接部の検査方法。

(2) 鋼板が重ね合された抵抗溶接継手に対してX線CTスキャンを行う工程と、

前記X線CTスキャンで得られたスライス画像に対して母材部、溶接金属、及び熱影響部を第1の色に、その他の部分を第2の色に色分けする工程と、

前記第2の色のうち、シートセパレーション、圧痕部及び継手表面から連続する部分の少なくとも一つを除去、又は前記第1の色に変色する工程と、

継手内部にある前記第2の色を内割れとして検出する工程と、  
を備えることを特徴とするスポット溶接部の検査方法。

【発明の効果】

【0011】

本発明のスポット溶接部の検査方法によれば、従来の断面マクロ観察検査方法では検出困難であった溶接継手内部にある内割れを非破壊で、精度よく定量把握することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の第1実施形態のスポット溶接部の検査方法による検査手順を示す図である。

【図2】本発明の第2実施形態のスポット溶接部の検査方法による検査手順を示す図であ

10

20

30

40

50

る。

【図3】本発明の第3実施形態のスポット溶接部の検査方法による検査手順を示す図である。

【図4】本発明の第4実施形態のスポット溶接部の検査方法による検査手順を示す図である。

【図5】抵抗溶接継手を模式的に示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明に係るスポット溶接部の検査方法の各実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。

【0014】

(第1実施形態)

本実施形態の検査方法では、まず、図5に示すような、スポット溶接部20を備える抵抗溶接継手10に対して、鋼板11A, 11Bの板厚に垂直な所定の方向に沿ってX線CTスキャンを行う。これにより、所定の方向において等間隔で切断した複数の断面画像(以後、スライス画像という)の集合体からなるX線CTスキャン画像が与えられる。

【0015】

X線CTスキャンでは、X線が透過する部分は白色に、X線が完全に遮られる部分は黒色に、また一部のX線が透過、又は遮られる部分は、X線の透過量に従って濃淡のあるグレーで表示される。従って、抵抗溶接継手10のスライス画像は、図1に示すように、鋼板11A, 11Bの母材部11、溶接金属(ナゲット)21、及び熱影響部22(図5参照)が黒色又はグレーで表示され、圧痕部26、内割れ24を含む割れ、及びシートセパレーション25が白色又はグレーで表示される。

【0016】

このX線CTスキャンにより得られたスライス画像31に対して、画像の濃淡を示す数値に対して設定した閾値で二値化処理を施すことで、母材部11、溶接金属21、及び熱影響部22を黒色化し、その他の部分を白色化する。これにより、圧痕部26、内割れ24、及びシートセパレーション25が白色で表示された中間処理画像32が得られる。

【0017】

そして、中間処理画像32をトリミングして圧痕部26、及びシートセパレーション25を除去し、内割れ24だけが白色部として残る検査画像33を作成する。なお、表面から連続する白色部によって表示される外割れがある場合は、この外割れを黒色化するように画像処理する。同様に、ナゲット21の内部に、白色部によって表示される、表面まで貫通しない割れや気孔がある場合も、これらの部分を黒色化するように画像処理する。ただし、外割れがコロナボンド部23まで延びている場合には、内割れ24として取り扱い、黒色化しない。これにより、検査画像33には、内割れ24だけが白色部として表示される。

【0018】

上記した処理を、X線CTスキャン画像の複数のスライス画像31に対して同様に行い、内割れ24の有無を検査する。そして、検査画像33に白色部として示される内割れ24の内、継手強度に影響する板厚方向への最大割れ長さが0.2mm以上の割れがある場合に、溶接不良と判定する。

【0019】

このように、X線CTスキャンによるスライス画像31に基づいて検査を行うので、従来の非破壊検査では正確な検出が困難な内割れ24を、非破壊で、精度よく定量把握することができる。

また、複数のスライス画像31に基づいて、内割れ24のうち、板厚方向に垂直な面における最大割れ長さ(内割れ24の周長)を算出することもできる。このため、溶接状態は、内割れ24の板厚方向の最大割れ長さに加えて、該周長も考慮して判定することもできる。なお、溶接状態は、上記に限定されず、内割れ24の面積や体積により判定しても

10

20

30

40

50

よい。

【 0 0 2 0 】

( 第 2 実施形態 )

次に、第 2 実施形態のスポット溶接部の検査方法について、図 2 を参照して説明する。

本実施形態は、抵抗溶接継手 1 0 に対して X 線 CT スキャンを行い、X 線 CT スキャンにより得られたスライス画像 3 1 に対して二値化処理を施して、中間処理画像 3 2 を作成する点までは、第 1 実施形態と同様である。したがって、図 2 中、第 2 実施形態のスライス画像 3 1 及び中間処理画像 3 2 は、実質的に第 1 実施形態のものと同じである。

【 0 0 2 1 】

一方、本実施形態では、中間処理画像 3 2 で白色に表示された部分のうち、圧痕部 2 6、及びシートセパレーション 2 5 を黒色化して、内割れ 2 4 だけが白色部として表示された検査画像 3 3 を作成する。なお、表面から連続する白色部として表示される外割れや、ナゲット 2 1 の内部の割れや気孔がある場合は、第 1 実施形態と同様に、これらの部分を黒色化する。

10

【 0 0 2 2 】

そして、検査画像 3 3 に白色部として表示される内割れ 2 4 の内、板厚方向への最大割れ長さが 0 . 2 mm 以上の割れがある場合に、溶接不良と判定する。

その他の構成及び作用については、第 1 実施形態と同様である。

【 0 0 2 3 】

( 第 3 実施形態 )

次に、第 3 実施形態のスポット溶接部の検査方法について、図 3 を参照して説明する。本実施形態のスポット溶接部の検査方法は、スポット溶接部 2 0 の内部に微小な内割れ 2 4 A がある場合の検査方法である。

20

【 0 0 2 4 】

まず、第 1 実施形態のスポット溶接部の検査方法と同様に、抵抗溶接継手 1 0 に対して X 線 CT スキャンを行い、図 3 に示すスライス画像 3 1 を得る。このとき微小な内割れ 2 4 A は、X 線の透過量が少ないので、圧痕部 2 6、シートセパレーション 2 5、及び比較的大きな内割れ 2 4 と比較して濃いグレーで表示される。

【 0 0 2 5 】

そして、このスライス画像 3 1 に対して二値化処理を施すことで、母材部 1 1、溶接金属 2 1、及び熱影響部 2 2 を黒色化し、その他の部分（圧痕部 2 6、内割れ 2 4、及びシートセパレーション 2 5）を白色化した第 1 中間処理画像 3 2 A を作成する。このとき、微小な内割れ 2 4 A は、スライス画像 3 1 で濃いグレーとして表示されているので、二値化処理により黒色化されてしまい、表示されなくなる場合がある。

30

【 0 0 2 6 】

このような、二値化処理により白色化できない微小な内割れ 2 4 A に対しては、画像処理ソフトを用いて手動で白色化処理を行うことで、微小な内割れ 2 4 A も白色で表示された第 2 中間処理画像 3 2 B を作成する。

【 0 0 2 7 】

次いで、第 2 中間処理画像 3 2 B で白色に表示された部分のうち、圧痕部 2 6、及びシートセパレーション 2 5 を黒色化して、内割れ 2 4、2 4 A だけが白色部として表示された検査画像 3 3 を作成する。なお、表面から連続する白色部として表示される外割れや、ナゲット 2 1 の内部の割れや気孔がある場合は、第 1 実施形態と同様に、これらの部分を黒色化する。これにより、抵抗溶接継手 1 0 の内部にある内割れ 2 4 及び微小な内割れ 2 4 A を白色部として表示することができ、内割れ 2 4 及び微小な内割れ 2 4 A の検出が可能となる。

40

【 0 0 2 8 】

そして、検査画像 3 3 に白色部として示す内割れ 2 4、2 4 A の内、板厚方向への最大割れ長さが 0 . 2 mm 以上の割れがある場合に、溶接不良と判定する。

その他の構成及び作用については、第 1 実施形態と同様である。

50

## 【 0 0 2 9 】

## ( 第 4 実施形態 )

次に、第 4 実施形態のスポット溶接部の検査方法について、図 4 を参照して説明する。内割れ 2 4 は、必ずシートセパレーション 2 5 の内側で発生するため、本実施形態のスポット溶接部の検査方法では、シートセパレーション 2 5 及び圧痕部 2 6 で囲繞された内側部分のみを X 線 CT スキャンしてスライス画像 3 1 を作成する。従って、このスライス画像 3 1 には、シートセパレーション 2 5 は表示されない。

## 【 0 0 3 0 】

そして、第 1 実施形態のスポット溶接部の検査方法と同様に、スライス画像 3 1 に対して二値化処理して溶接金属 2 1、及び熱影響部 2 2 を黒色化し、その他の部分が白色化した中間処理画像 3 2 を作成する。さらに、圧痕部 2 6、表面から連続する白色部、及びナゲット 2 1 の内部の白色部がある場合はその白色部も黒色化して、内割れ 2 4 だけが表示された検査画像 3 3 を作成する。これにより、抵抗溶接継手 1 0 の内部にある内割れ 2 4 が検出可能となる。

10

## 【 0 0 3 1 】

本実施形態のスポット溶接部の検査方法によれば、X 線 CT スキャンの範囲を狭い範囲に設定するので、効率的な X 線 CT スキャンが可能となる。

その他の構成及び作用については、第 1 実施形態と同様である。

## 【 0 0 3 2 】

尚、本発明は、前述した各実施形態に限定されるものではなく、適宜、変形、改良、等が可能である。

20

例えば、上記の各実施形態では、X 線 CT スキャンによるスライス画像を白黒の 2 色で構成するものとして説明したが、X 線の透過部分と、透過しない部分とが異なる色で表示可能であればよく、白黒を逆に表示することもできる。さらに、母材部、溶接金属、及び熱影響部を第 1 の色に、その他の部分を第 2 の色で色分け表示し、以後、上記の各実施形態と同様の処理により内割れ 2 4 を検出するようにしてもよい。

## 【 0 0 3 3 】

以上の通り、本明細書には次の事項が開示されている。

( 1 ) 鋼板が重ね合された抵抗溶接継手に対して X 線 CT スキャンを行う工程と、

前記 X 線 CT スキャンで得られたスライス画像に対して母材部、溶接金属、及び熱影響部を黒色化し、その他の部分を白色化する工程と、

30

前記白色化した部分のうち、シートセパレーションの白色部、圧痕部の白色部及び継手表面から連続する白色部の少なくとも一つを除去、又は黒色化する工程と、

継手内部にある前記白色部を内割れとして検出する工程と、

を備えることを特徴とするスポット溶接部の検査方法。

この構成によれば、従来の断面マクロ観察検査方法では困難であった継手内部にある内割れを、非破壊で、精度よく定量把握することができる。

## 【 0 0 3 4 】

( 2 ) 前記 X 線 CT スキャンで得られたスライス画像に対して二値化処理を行うことにより、前記母材部、前記溶接金属、及び前記熱影響部を黒色化し、その他部分を白色化することを特徴とする ( 1 ) に記載のスポット溶接部の検査方法。

40

この構成によれば、二値化処理するための閾値を適宜な値に設定することで、母材部、溶接金属、及び熱影響部を適正に黒色化し、その他部分を白色化することができ、内割れをより精度よく検出することができる。

## 【 0 0 3 5 】

( 3 ) 前記二値化処理により白色化できない微小な割れに対して、画像処理ソフトを用いて手動で白色化処理を行う工程をさらに備えることを特徴とする ( 2 ) に記載のスポット溶接部の検査方法。

この構成によれば、二値化処理により白色化できないような微小な割れに対しても確実に割れとして検出することができる。

50

## 【 0 0 3 6 】

( 4 ) 前記抵抗溶接継手に対してシートセパレーションよりも内側の範囲について前記 X 線 CT スキャンを行うことを特徴とする ( 1 ) ~ ( 3 ) のいずれかに記載のスポット溶接部の検査方法。

この構成によれば、X 線 CT スキャンの範囲を狭く設定することができ、継手内部にある内割れを、効率的に検出することができる。

## 【 0 0 3 7 】

( 5 ) 前記継手内部にある割れの内、板厚方向への最大割れ長さが 0 . 2 mm 以上の前記割れがある場合に、前記抵抗溶接継手が不良であると判定することを特徴とする ( 1 ) ~ ( 4 ) のいずれかに記載のスポット溶接部の検査方法。

この構成によれば、継手強度に影響する内割れの大きさに基いて、抵抗溶接継手の良否判定を行うことができる。

## 【 0 0 3 8 】

( 6 ) 鋼板が重ね合された抵抗溶接継手に対して X 線 CT スキャンを行う工程と、

前記 X 線 CT スキャンで得られたスライス画像に対して母材部、溶接金属、及び熱影響部を第 1 の色に、その他の部分を第 2 の色に色分けする工程と、

前記第 2 の色のうち、シートセパレーション、圧痕部及び継手表面から連続する部分の少なくとも一つを除去、又は前記第 1 の色に変色する工程と、

継手内部にある前記第 2 の色を内割れとして検出する工程と、

を備えることを特徴とするスポット溶接部の検査方法。

この構成によれば、X 線 CT スキャンで得られたスライス画像を、X 線の透過量に応じて第 1 の色と第 2 の色に色分けして処理することで、継手強度に影響する内割れを、非破壊で、精度よく定量把握することができる。

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 3 9 】

- 1 0 抵抗溶接継手
- 1 1 母材部
- 2 0 スポット溶接部
- 2 1 ナゲット ( 溶接金属 )
- 2 2 熱影響部
- 2 4 内割れ
- 2 4 A 微小な内割れ
- 2 5 シートセパレーション
- 2 6 圧痕部
- 3 1 スライス画像

10

20

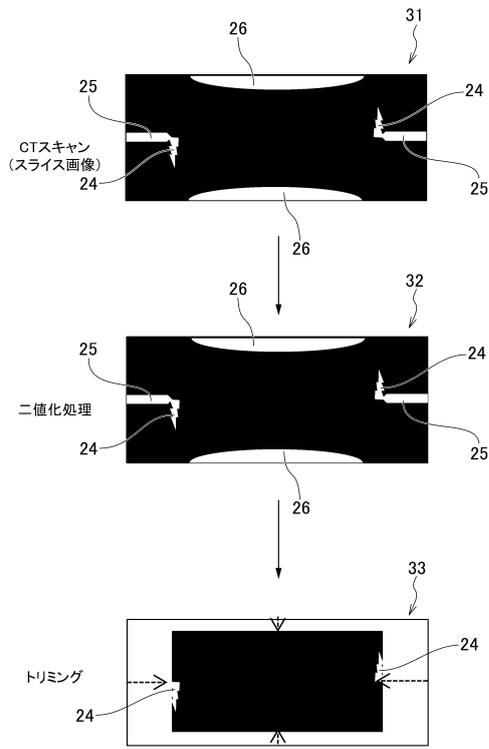
30

40

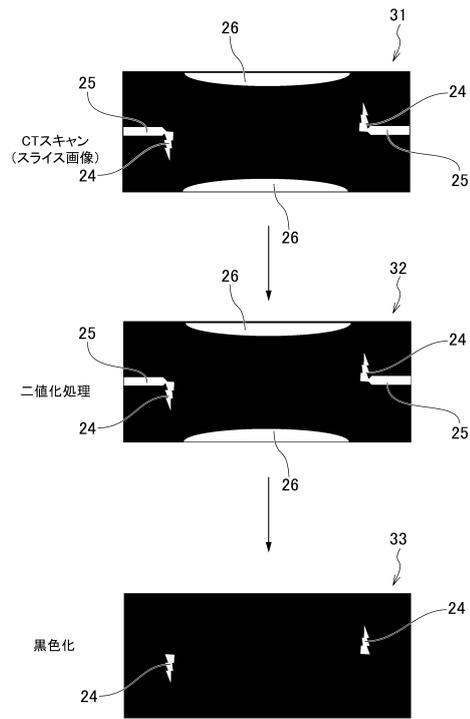
50

【図面】

【図 1】



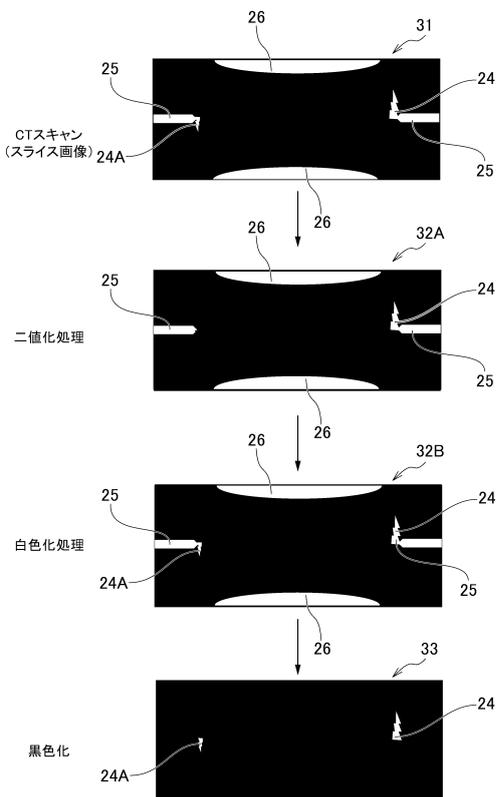
【図 2】



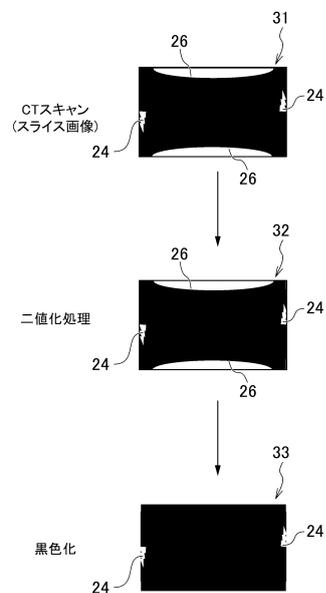
10

20

【図 3】



【図 4】

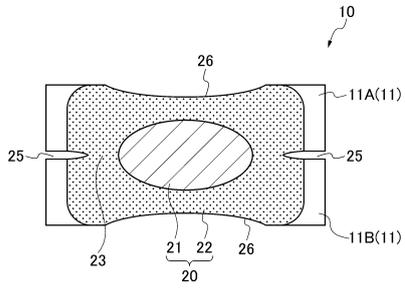


30

40

50

【 図 5 】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

(72)発明者 余 洋

兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号 株式会社神戸製鋼所内

合議体

審判長 福島 浩司

審判官 高 見 重雄

審判官 樋口 宗彦

(56)参考文献 特開2014-98622(JP,A)

特開2006-242611(JP,A)

特開2009-105193(JP,A)

国際公開第2016/159169(WO,A1)

高分解能X線マイクロCTによる非破壊評価技術,技術ノート「こべるにくす」,コベルコ科研,2006年04月,Vol.15,[https://www.kobelcokaken.co.jp/tech\\_library/pdf/no29/d.pdf](https://www.kobelcokaken.co.jp/tech_library/pdf/no29/d.pdf)

(58)調査した分野 (Int.Cl.,DB名)

G01N23/00 - G01N23/2276

B23K11/00 - B23K13/08