

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7318817号
(P7318817)

(45)発行日 令和5年8月1日(2023.8.1)

(24)登録日 令和5年7月24日(2023.7.24)

(51)国際特許分類 F I
 G 0 1 B 11/00 (2006.01) G 0 1 B 11/00 H
 B 2 1 C 37/08 (2006.01) B 2 1 C 37/08 A

請求項の数 10 (全21頁)

| | | | |
|-------------------|-----------------------------|----------|--|
| (21)出願番号 | 特願2022-538390(P2022-538390) | (73)特許権者 | 000001258 J F E スチール株式会社 東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号 |
| (86)(22)出願日 | 令和4年3月3日(2022.3.3) | (74)代理人 | 110002147 弁理士法人酒井国際特許事務所 |
| (86)国際出願番号 | PCT/JP2022/009165 | (72)発明者 | 大野 紘明 東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 |
| (87)国際公開番号 | WO2022/244383 | (72)発明者 | 五十君 信治 東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 |
| (87)国際公開日 | 令和4年11月24日(2022.11.24) | (72)発明者 | 永松 光明 東京都千代田区内幸町二丁目 2 番 3 号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 |
| 審査請求日 | 令和4年6月21日(2022.6.21) | 審査官 | 山 崎 和子 |
| (31)優先権主張番号 | 特願2021-83047(P2021-83047) | | |
| (32)優先日 | 令和3年5月17日(2021.5.17) | | |
| (33)優先権主張国・地域又は機関 | 日本国(JP) | | |

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出装置、溶接鋼管の製造設備、溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出方法、溶接鋼管の製造方法および溶接鋼管の品質管理方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

溶接鋼管のシーム部の位置と、前記シーム部および/またはシーム部近傍が加熱されることで発生する加熱部の位置とを検出する位置検出装置であって、

光を照射する照射手段と、

光が照射された前記シーム部および前記加熱部の第一の画像と、光が照射されていない前記シーム部および前記加熱部の第二の画像とを撮像する撮像装置と、

前記照射手段による光の照射と、前記撮像装置の撮像タイミングとを制御する制御装置と、

前記第一の画像と前記第二の画像との差分を取ることにより、前記シーム部および前記加熱部の位置を検出する画像処理装置と、

を備える溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出装置。

【請求項 2】

前記制御装置は、前記第一の画像および前記第二の画像の、許容される画像の位置ズレ量に基づいて、前記照射手段の光の照射タイミングと、前記撮像装置の撮像タイミングとを制御する請求項 1 に記載の溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出装置。

【請求項 3】

溶接鋼管のシーム部の位置と、前記シーム部および/またはシーム部近傍が加熱されることで発生する加熱部の位置とを検出する位置検出装置であって、

光を照射する照射手段と、

10

20

光が照射された前記シーム部および前記加熱部の第一の画像と、光が照射されていない前記シーム部および前記加熱部の第二の画像とを撮像する撮像装置と、前記照射手段による光の照射と、前記撮像装置の撮像タイミングとを制御する制御装置と、を備え、

前記制御装置は、前記第一の画像および前記第二の画像の、許容される画像の位置ズレ量に基づいて、前記照射手段の光の照射タイミングと、前記撮像装置の撮像タイミングとを制御する溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出装置。

【請求項 4】

前記照射手段と前記撮像装置とが、前記シーム部を含む測定箇所に対して、正反射条件となる位置に配置される請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出装置。

10

【請求項 5】

筒状に成形された鋼板の突合せ部を溶接する溶接機と、溶接後のビード部を切削する切削機と、切削後のシーム部を加熱する一つまたは複数のアニーラ加熱子と、前記アニーラ加熱子の内いずれか一つの後ろに設けられた、請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出装置と、を備え、

前記位置検出装置は、前記シーム部の位置と、前記アニーラ加熱子により発生した加熱部の位置とを検出する溶接鋼管の製造設備。

20

【請求項 6】

溶接鋼管のシーム部の位置と、前記シーム部および/またはシーム部近傍が加熱されることで発生する加熱部の位置とを検出する位置検出方法であって、

照射手段によって光を照射する照射工程と、

撮像装置によって、光が照射された前記シーム部および前記加熱部の第一の画像と、光が照射されていない前記シーム部および前記加熱部の第二の画像とを撮像する撮像工程と、画像処理装置によって、前記第一の画像と前記第二の画像との差分を取ることににより、前記シーム部および前記加熱部の位置を検出する画像処理工程と、

を含み、

前記照射工程および前記撮像工程では、制御装置によって、前記照射手段による光の照射と、前記撮像装置の撮像タイミングとを制御する、

溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出方法。

30

【請求項 7】

溶接鋼管のシーム部の位置と、前記シーム部および/またはシーム部近傍が加熱されることで発生する加熱部の位置とを検出する位置検出方法であって、

照射手段によって光を照射する照射工程と、

撮像装置によって、光が照射された前記シーム部および前記加熱部の第一の画像と、光が照射されていない前記シーム部および前記加熱部の第二の画像とを撮像する撮像工程と、

を含み、

前記照射工程および前記撮像工程では、

制御装置によって、前記照射手段による光の照射と、前記撮像装置の撮像タイミングとを制御し、

前記制御装置によって、前記第一の画像および前記第二の画像の、許容される画像の位置ズレ量に基づいて、前記照射手段の光の照射タイミングと、前記撮像装置の撮像タイミングとを制御する

40

溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出方法。

【請求項 8】

筒状に成形された鋼板の突合せ部を溶接する溶接工程と、

溶接後のビード部を切削する切削工程と、

切削後のシーム部を、アニーラ加熱子によって加熱する加熱工程と、

50

を含み、

前記加熱工程は、請求項 6 または請求項 7 に記載の溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出方法によって、前記シーム部の位置と、前記アニーラ加熱子により発生した加熱部の位置とを検出する位置検出工程を含む溶接鋼管の製造方法。

【請求項 9】

前記加熱工程は、前記位置検出工程によって検出された前記シーム部の位置に対する前記加熱部の位置のズレ量に基づいて、前記アニーラ加熱子の位置を制御する加熱子位置制御工程を含む請求項 8 に記載の溶接鋼管の製造方法。

【請求項 10】

請求項 6 または請求項 7 に記載の溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出方法によって検出された、前記シーム部の位置に対する前記加熱部の位置のズレ量に基づいて、前記溶接鋼管の品質を管理する溶接鋼管の品質管理方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出装置、溶接鋼管の製造設備、溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出方法、溶接鋼管の製造方法および溶接鋼管の品質管理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

20

鉄鋼プロセスにおける溶接鋼管（例えば電縫管）の製造ラインでは、板状の鋼板をプレスし、両端を上部で突合せて溶接することにより溶接鋼管を製造する。このとき、母材となる鋼板は、製造過程で温度履歴の制御等の材質の作りこみが行われているため、要求スペックを満たす材質特性となる。一方、溶接部では、鉄が溶融する温度まで母材を加熱するため、結晶粒が粗大化して材質特性が低下する。

【0003】

そのため、例えば図 1 に示すように、母材となる鋼板を平行に接続して溶接機 11 によって溶接した後、更に表面に形成された形状不良部（以下、「ビード部」という）を切削機 12 によって切削する。そしてその後に、切削した溶接部を再度加熱する焼き鈍し（アニーリング）を実施することにより、シーム部の材質特性を向上させる。

30

【0004】

アニーリングは、誘導加熱によって複数回にわたって実施されることが多く、加熱装置（アニーラ加熱子）によって、母材に影響を与えずにシーム部のみに精度よく位置合わせして加熱することが重要である。しかしながら、溶接鋼管のパスライン変動や擦れが発生するため、現在はオペレータが時々溶接鋼管の走行状態とシーム部および加熱部のズレを目視で観察し、適宜手動で位置合わせを実施している。

【0005】

ここで、本明細書においては、シーム部とは、溶接によって母板が接合されている部位、すなわち溶接部のことを指す。加熱工程（アニール工程または焼鈍工程）では、加熱する範囲の中心がシーム部と一致するように加熱することが理想的である。一方、シーム部を外観によって識別することは困難である。そのため、通常はビード部の切削によって周囲の母材部分よりも光沢が増している切削部をシーム部と見なす。そして、そのシーム部の位置と、加熱部すなわちアニーラ加熱子の位置とが一致しているか否かを、オペレータ（作業員）が目視で確認して作業を行っていた。

40

【0006】

しかしながらこの場合、加熱によってシーム部に酸化被膜が付着して光沢が失われる、シーム部が加熱部となって赤熱発光するため視認が難しくなる、赤熱発光した表面を常に凝視することがオペレータにとって過酷である、等の問題が発生する。また、シーム部を精度よく監視しようとする、搬送中の操業ラインに近付くか、一時的に操業ラインを停止させる必要があるが、前者の場合は安全性に問題があり、後者の場合は能率性が低下す

50

るという問題がある。

【0007】

これらの問題を解決するために、従来から電磁気的手法、マーキング方式、画像方式、光学的手法による溶接鋼管のシーム部の位置検出方法が種々提案されている。まず電磁気的手法は、シーム部の位置を直接検知するための方法である。電磁気的手法では、例えば特許文献1に開示されているように、シーム部と素材部の材質との違いを、渦流センサ、漏洩磁束センサ等によって検出する。また、切削部をシームとして検出する方法も多数提案されている。

【0008】

マーキング方式では、例えば特許文献2に開示されているように、溶接鋼管の溶接直後の、シーム部の位置が既知であるライン位置において、溶接鋼管の側面等の、シーム部の位置と既知の幾何学的関係にある周方向の管表面に塗料等のマーキングを行う。そして、下流工程でシーム部の位置を把握したい場所において、例えばITV (Industrial Television) や受光素子を用いて、マーカの周方向位置を読み取ることにより、当該ライン位置におけるシーム部の位置を検出する。

【0009】

また、画像方式では、例えば特許文献3に開示されているように、シーム部と素材部の光沢の差を、CCDカメラ等の画像検出手段によって検出する。また、光学的手法として、レーザー光の散乱現象を用いた手法が提案されている。この手法では、レーザーの光源波面の等位相性により、物体表面の微細な凹凸の方向性が反射光の2次元分布の差異となって現われることを利用して、シーム部の位置を検出する。

【0010】

特許文献4では、溶接鋼管の素材部では略等方的な反射パターンが生じるのに対し、シーム部に残る管軸方向に略平行な切削痕により、シーム部では反射パターンが横断方向に広がる、という性質を利用して、シーム部と素材部とを区別する手法が提案されている。また、特許文献5では、特許文献4の問題点を解決するために、レーザー光の波長および入射角を限定し、レーザー散乱によるシーム位置検出を的確に行う手法が提案されている。また、特許文献6では、反射パターン画像から水平、垂直方向の閾値処理を繰り返すことにより、最大信号幅を算出し、シーム部(切削部)の位置検出を行う手法が提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【文献】特開昭56-33542号公報

特開平5-240844号公報

特開平10-170228号公報

特開昭52-25687号公報

特開昭59-108903号公報

特開昭62-42004号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

特許文献1で提案された手法は、結晶粒径等の組織の差に起因した透磁率や電気伝導度の差が磁束分布の差として現われる現象を感知するものである。そのため、管表面のスクラッチ等、表面の筋状の形状不均一の影響を受け易く、また、アニールによって材質が均一された場合にはシーム部の位置検出が困難になるという問題がある。更に、透磁率や電気伝導度は、温度によって大きく変化するため、アニール後の溶接鋼管のように、管の周方向で温度分布が生じている場合は、それが外乱になるという問題もある。

【0013】

特許文献2で提案されたマーキング方式では、シーム部のアニール等の溶接鋼管を再加

熱する工程が存在すると、マーキング塗料が剥げ落ちて検出の信頼性が低下する場合がある。また、マーキング装置またはITV等の読み取り装置の向きと、管中心軸とに位置ズレがある場合、当該位置ズレが検出誤差に直結するという問題があった。

【0014】

また、特許文献4～6で提案された手法は、いずれも光学的手法であり、レーザーによる反射や画像、形状計測を用いてシーム位置の加熱装置に対する相対位置を算出しようとするものである。しかしながら、溶接鋼管は、加熱装置に対して幅方向に数mm程度緩やかに変動することが知られている。この場合、検出装置とアニーラ加熱子の位置でのパスライン変動量が同一であるとは限らず、検出装置に対して精度よくシーム部の位置関係を算出したとしても、シーム部の加熱位置とズレが生じるといった問題点がある。

10

【0015】

更に、従来提案された手法では、シーム部の位置検出精度においても問題がある。例えば特許文献3で提案された画像方式では、アニーリング後の高温となる対象の赤熱に起因する外乱が加わり、シーム部の検出が困難であるという問題がある。

【0016】

また、溶接鋼管のシーム部付近のレーザー光の反射パターンは、入射角度によっては、表面に存在する酸化被膜の影響を受け易いものに対して、特許文献4で提案された手法では、レーザー光の波長、入射光や反射光に関する好適範囲が規定されていない。また、特許文献4で提案された手法では、切削部および母材部の識別を、受光面の幅方向両端に配置した一对の受光素子による反射光検知の有無で判別しようとしている。しかしながら、実際の溶接鋼管のシーム部周辺に発生し得る酸化被膜や擦り傷等によっては、散乱パターンが発生した場合であっても、受光強度が弱くなり、適切にシーム部の位置を検出できないという問題がある。

20

【0017】

また、特許文献5で提案された手法では、レーザー光の波長や入射角を限定しているが、シーム部を特定するための反射パターン画像の特徴量の具体的な算出方法が明らかにされていない。そのため、そのままではシーム部を自動的に検出することができないという問題がある。

【0018】

また、特許文献6で提案された手法では、最大信号幅を得るまでに、適正走査線選別のための実験式、最大振幅幅を得るための閾値処理のパラメータ等、画像処理の過程で設定すべきパラメータが多数存在する。しかしながら、これらのパラメータは、材質、鋼管の規格等によって異なるため、運用上煩雑である。加えて、適切な設定パラメータを取得するために長期間の確性試験が必要であったり、あるいは散乱パターンが画像の斜め方向に方向性を有した場合に適切な検出ができない、という問題があった。

30

【0019】

また、特許文献4～6で提案された手法は、全てレーザー光の反射パターンを用いる方法であるため、大掛かりな設備が必要となり、コストやメンテナンスの面で課題があった。

【0020】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、溶接鋼管の製造工程において、溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置を精度よく検出することができる溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出装置、溶接鋼管の製造設備、溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出方法、溶接鋼管の製造方法および溶接鋼管の品質管理方法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】

【0021】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出装置は、溶接鋼管のシーム部の位置と、前記シーム部および/またはシーム部近傍が加熱されることで発生する加熱部の位置とを検出する位置検出装置であって、光を照射する照射手段と、光が照射された前記シーム部および前記加熱部の第一の画

50

像と、光が照射されていない前記シーム部および前記加熱部の第二の画像とを撮像する撮像装置と、前記照射手段による光の照射と、前記撮像装置の撮像タイミングとを制御する制御装置と、を備える。

【0022】

また、本発明に係る溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出装置は、上記発明において、前記第一の画像と前記第二の画像との差分を取ることにより、前記シーム部および前記加熱部の位置を検出する画像処理装置を備える。

【0023】

また、本発明に係る溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出装置は、上記発明において、前記制御装置が、前記第一の画像および前記第二の画像の、許容される画像の位置ズレ量に基づいて、前記照射手段の光の照射タイミングと、前記撮像装置の撮像タイミングとを制御する。

10

【0024】

また、本発明に係る溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出装置は、上記発明において、前記照射手段と前記撮像装置とが、前記シーム部を含む測定箇所に対して、正反射条件となる位置に配置される。

【0025】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る溶接鋼管の製造設備は、筒状に成形された鋼板の突合せ部を溶接する溶接機と、溶接後のビード部を切削する切削機と、切削後のシーム部を加熱する一つまたは複数のアニーラ加熱子と、前記アニーラ加熱子の内いずれか一つの後ろに設けられた、上記の溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出装置と、を備え、前記位置検出装置が、前記シーム部の位置と、前記アニーラ加熱子により発生した加熱部の位置とを検出する。

20

【0026】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出方法は、溶接鋼管のシーム部の位置と、前記シーム部および/またはシーム部近傍が加熱されることで発生する加熱部の位置とを検出する位置検出方法であって、照射手段によって光を照射する照射工程と、撮像装置によって、光が照射された前記シーム部および前記加熱部の第一の画像と、光が照射されていない前記シーム部および前記加熱部の第二の画像とを撮像する撮像工程と、を含み、前記照射工程および前記撮像工程では、制御装置によって、前記照射手段による光の照射と、前記撮像装置の撮像タイミングとを制御する。

30

【0027】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る溶接鋼管の製造方法は、筒状に成形された鋼板の突合せ部を溶接する溶接工程と、溶接後のビード部を切削する切削工程と、切削後のシーム部を、アニーラ加熱子によって加熱する加熱工程と、を含み、前記加熱工程が、請求項6に記載の溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出方法によって、前記シーム部の位置と、前記アニーラ加熱子により発生した加熱部の位置とを検出する位置検出工程を含む。

【0028】

また、本発明に係る溶接鋼管の製造方法は、上記発明において、前記加熱工程が、前記位置検出工程によって検出された前記シーム部の位置に対する前記加熱部の位置のズレ量に基づいて、前記アニーラ加熱子の位置を制御する加熱子位置制御工程を含む。

40

【0029】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る溶接鋼管の品質管理方法は、上記の溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出方法によって検出された、前記シーム部の位置に対する前記加熱部の位置のズレ量に基づいて、前記溶接鋼管の品質を管理する。

【発明の効果】

【0030】

50

本発明では、照射手段からシーム部に照射された光の反射光を撮像して得られた第一の画像と、光を照射せずに撮像した第二の画像とを用いる。これにより、低コストかつ簡易な構成とできるとともに、シーム部および加熱部の位置を精度よく検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】図1は、溶接鋼管の製造設備の概略的な構成を示す図である。

【図2】図2は、本発明の実施形態に係る溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出装置の構成を示す図である。

【図3】図3は、本発明の実施形態に係る溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出装置において、第一の画像および第二の画像を撮像する際の露出および光の照射のタイミングを示すタイミングチャートである。

10

【図4】図4は、本発明の実施形態に係る溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出装置において、複数の照射手段の配置の一例を示す図である。

【図5】図5は、本発明の実施形態に係る溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出装置において、第一の画像、第二の画像および第三の画像を撮像する際の露出および光の照射のタイミングを示すタイミングチャートである。

【図6】図6は、本発明の実施形態に係る溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出装置において、複数の照射手段の配置の一例を示す図である。

【図7】図7は、アニーリング前後におけるシーム部を、正反射条件および拡散反射条件で撮像した結果の一例を示す図である。

20

【図8】図8の(a)は、シーム部およびシーム部以外の部分における酸化被膜の付着量と正反射輝度との関係を示す図であり、図8の(b)は、シーム部およびシーム部以外の部分における酸化被膜の付着量と拡散反射輝度との関係を示す図である。

【図9】図9は、正反射の情報と拡散反射の情報を組み合わせてシーム部Sの位置を検出するフローチャートの一例を示す図である。

【図10】図10は、第一の画像と第二の画像との放射画像(差分画像)の輝度プロファイルの一例を示す図である。

【図11】図11は、本発明の実施形態に係る溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出装置による検出結果の表示方法の一例を示す図である。

【図12】図12は、本発明の実施形態に係る溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出装置による検出結果の表示方法の一例を示す図である。

30

【図13】図13は、本発明の実施形態に係る溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出装置の変形例の構成を示す図である。

【図14】図14は、本発明の実施形態に係る溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出装置の実施例であり、位置検出装置によって検出したシーム部および加熱部の位置を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0032】

本発明の実施形態に係る溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出装置、溶接鋼管の製造設備、溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出方法、溶接鋼管の製造方法および溶接鋼管の品質管理方法について、図面を参照しながら説明する。

40

【0033】

〔溶接鋼管の製造設備と製造方法〕

まず、溶接鋼管の製造設備の構成について、図1を参照しながら説明する。合わせて、溶接鋼管の製造方法についても説明する。製造設備1は、溶接機11と、切削機12と、複数のアニーラ加熱子13からなる加熱装置と、を備えている。

【0034】

溶接機11は、筒状に成形された鋼板の突合せ部を溶接する(溶接工程)。切削機12は、溶接機11による溶接後に形成された溶接鋼管Wのビード部を切削する(切削工程)。複数のアニーラ加熱子13は、切削機12による切削後のシーム部Sを狙って加熱する

50

(加熱工程)。

【0035】

なお、図1では、複数のアニーラ加熱子13を設置した場合の例を示しているが、アニーラ加熱子13を一つだけ設置することも可能である。ここで、本明細書では、加熱工程中または加熱工程後に、シーム部Sを狙って加熱した結果発生する、高温となった領域を加熱部と呼ぶことにする。加熱部は高温のため、赤熱光あるいは赤外光を発している。

【0036】

通常、アニーラ加熱子13がシーム部Sに合った位置にあれば、シーム部Sと加熱部とは一致する。しかし、一つまたは複数のアニーラ加熱子13の位置がズレている場合は、そのズレ量だけシーム部Sから外れて加熱することになる。言い換えると、シーム部Sだけではなく、シーム部S近傍も一緒に加熱することになる。また、アニーラ加熱子13のズレ量が大きい場合は、シーム部Sから完全に外れ、シーム部S近傍だけを加熱することになる。よって、加熱部は、実際にはシーム部Sおよび/またはシーム部S近傍が加熱工程で加熱されることで発生するともいえる。

10

【0037】

〔位置検出装置と位置検出方法〕

次に、本発明の実施形態に係る溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出装置と位置検出方法について、図2を参照しながら説明する。位置検出装置2は、アニーラ加熱子13による加熱中または加熱後において、溶接鋼管Wのシーム部Sの位置と、アニーラ加熱子13によってシーム部Sを狙って加熱されることで発生する加熱部の位置とを検出する(位置検出工程)。ここで、シーム部Sおよび加熱部の位置は、どちらも溶接鋼管Wの表面上での位置となる。位置検出装置2は、複数のアニーラ加熱子13を備える製造設備1に適用される場合、いずれか一つのアニーラ加熱子13の後ろに設置されればよい。

20

【0038】

また、位置検出装置2は、溶接鋼管Wの外部から、当該溶接鋼管Wの表面上におけるシーム部Sの位置と加熱部の位置とを測定する。この位置検出工程は、アニーラ加熱子13による加熱中または加熱後において行われることから、加熱工程中に行われることになる。言い換えれば、位置検出工程は加熱工程に含まれる。

【0039】

位置検出装置2は、図2に示すように、照射手段21と、撮像装置22と、画像処理装置23と、表示装置24と、制御装置25と、を備えている。

30

【0040】

照射手段21は、溶接鋼管Wのシーム部Sおよび加熱部に光を照射する。照射手段21は、例えば光を瞬時に照射可能なフラッシュ光源により構成される。また、照射手段21は、光を常時照射することが可能な光源と、当該光源の光を遮ることが可能なシャッターとの組み合わせにより構成されてもよい。

【0041】

照射手段21による光の照射(具体的には照射タイミング、照射光量等)は、後記する制御装置25によって制御される。照射手段21がフラッシュ光源単体によって構成される場合、制御装置25は、当該フラッシュ光源自体を制御することにより、光の照射を制御する。また、照射手段21が、光を常時照射することが可能な光源とシャッターにより構成される場合、制御装置25は、シャッターを開閉することにより、光の照射を制御する。

40

【0042】

このように、制御装置25によって照射手段21および撮像装置22を制御することにより、第一の画像と、第二の画像と、を取得することができる。ここで、制御装置25の上記制御により、「第一の画像」は、照射手段21からの光が照射された状態のシーム部Sおよび加熱部が写った画像となる。また、制御装置25の同じ制御により、「第二の画像」は、照射手段21からの光が照射されていない状態のシーム部Sおよび加熱部が写った画像となる。

50

【 0 0 4 3 】

撮像装置 2 2 は、溶接鋼管 W のシーム部 S および加熱部を撮像する。撮像装置 2 2 は、例えば連続撮影が可能なカメラから構成される。また、撮像装置 2 2 は、照射手段 2 1 からの光が照射されたシーム部 S および加熱部の第一の画像と、照射手段 2 1 からの光が照射されていないシーム部 S および加熱部の第二の画像と、を撮像する。

【 0 0 4 4 】

第一の画像は、照射手段 2 1 からの光がシーム部 S や加熱部によって反射された反射光成分と、加熱部から発せられる自発光成分とが加算され、撮像装置 2 2 の撮像素子に受光した画像である。第二の画像は、加熱部から発せられる自発光成分のみが撮像装置 2 2 の撮像素子に受光した画像である。この第二の画像のことを、「放射画像」ともいう。

10

【 0 0 4 5 】

そして、第一の画像と第二の画像との差分を取ることにより、照射手段 2 1 からの光がシーム部 S や加熱部によって反射された反射光成分のみを含む第三の画像を取得することができる。この第三の画像のことを、「反射画像（差分画像）」ともいう。

【 0 0 4 6 】

第三の画像は、具体的には、第一の画像の各画素の輝度値から第二の画像の各画素の輝度値を差し引くことにより算出することができる。例えば、第三の画像 I_{diff} を構成する各画素の輝度値を「 $I_{diff}(x, y)$ 」とする（但し、画素数を「 $X \times Y$ 」とし、 x 座標を「 $1 \leq x \leq X$ 」、 y 座標を「 $1 \leq y \leq Y$ 」とする）。また、第一の画像 I_a を構成する各画素の輝度値を「 $I_a(x, y)$ 」とし、第二の画像 I_b を構成する各画素の輝度値を「 $I_b(x, y)$ 」とする。この場合、第三の画像は、下記式（1）により算出することができる。

20

【 0 0 4 7 】

【数 1】

$$I_{diff}(x, y) = I_a(x, y) - I_b(x, y) \quad \dots (1)$$

【 0 0 4 8 】

ここで、撮像装置 2 2 が撮像する撮像領域は、正確にシーム部 S と加熱部だけである必要はなく、測定したいシーム部 S と加熱部とを含んでいれば、更に広い領域であってもよい。但し、広すぎると実際の計測に使用しない領域が増え、カメラの素子数が有限であるため、一画素当たりの分解能が低下する。また、狭すぎると、加熱部やシーム部 S の変動や鋼管径の変化により、対象となる加熱部やシーム部 S が視野領域から外れてしまい、計測不能となる。従って、撮像範囲を安定して加熱部やシーム部 S を撮像できる範囲内で、なるべく高分解能とすることが好ましい。

30

【 0 0 4 9 】

また、撮像装置 2 2 の撮像タイミングは、後記する制御装置 2 5 により、撮像装置 2 2 の露出タイミングが制御されることで制御される。つまり、制御装置 2 5 により、撮像装置 2 2 が露出オン状態になるよう指示されたときに、撮像装置 2 2 は撮像することができ、露出オン状態から露出オフ状態になったとき、撮像が完了して画像を得ることができる。逆に、撮像装置 2 2 が露出オフ状態のままとなるよう指示されたときは、撮像装置 2 2 は撮像しない。

40

【 0 0 5 0 】

このように、溶接鋼管 W のシーム部 S を目視で確認できるような投受光の光学系を用いることにより、シーム部 S と加熱部からの放射画像（すなわち第三の画像）を、加熱による赤熱の放射画像（すなわち第二の画像）と光学的に位置合わせされた状態で取得することが可能となる。なお、上記説明から分かる通り、シーム部 S の「放射画像」は、シーム部 S に対して照射手段 2 1 の光が反射した画像とも言える。同様に、加熱による赤熱の「放射画像」は、シーム部 S を狙って加熱することで発生する加熱部からの放射光による画像とも言える。

50

【 0 0 5 1 】

なお、放射画像および反射画像を光学的に位置合わせされた状態にするには、放射画像と反射画像とを同軸の光学系で取得することが好ましい。また、第一の画像および第二の画像は、溶接鋼管Wの同一の位置を撮像した画像であることが望ましい。第一の画像および第二の画像は、撮影タイミングが異なるため、搬送中の溶接鋼管Wに対して搬送方向に位置ズレが生じる。そのため、第一の画像と第二の画像との位置のズレ量が、予め設定した許容される位置のズレ量以下となるように、第一の画像および第二の画像の撮像タイミングをなるべく近付けることが好ましい。

【 0 0 5 2 】

具体的には、図3の撮像装置22の露出および照射手段21の光照射のタイムチャートに示すように撮像することが好ましい。すなわち、フラッシュ光源等の瞬時に照射可能な照射手段21（または、シャッター開閉により光を瞬時に照射可能な照射手段21）と、二連続撮影が可能な撮像装置22とを用いて、第一の画像および第二の画像を、瞬時にかつ連続して撮像することが好ましい。なお、図3においては、露出、光照射ともに、高い方がオン、低い方がオフとなる。また、第一の画像および第二の画像の撮影順は特に限定されず、同図に示すように第一の画像、第二の画像の順に撮像してもよく、あるいは第二の画像、第一の画像の順に撮像してもよい。

10

【 0 0 5 3 】

ここで、第一の画像と第二の画像とを撮像するタイミング差dは、予め設定した許容される位置のズレ量と、ライン搬送速度とを用いて、例えば下記式(2)により示すことができる。

20

【 0 0 5 4 】

【数2】

二画像を取得するタイミング差d(sec)

$$\leq \text{許容される位置ズレ量}(mm) \quad \cdots(2)$$

$$/\text{ライン搬送速度}(mm/sec)$$

【 0 0 5 5 】

更に、撮像装置22による撮影時は、第一の画像ではサチレーション（白飛び）せず、第二の画像（放射画像）および差分算出後の第三の画像（反射画像）では感度が足りるようにすることが好ましい。この場合、照射手段21による反射光成分と自発光成分とが同程度となるように、照射手段21の照射光量を調整する。これにより、サチレーションおよび感度不足を防ぐことが可能となる。

30

【 0 0 5 6 】

また、第一の画像および第二の画像の露出時間を変化させて、反射光成分および自発光成分のバランスを制御してもよい。具体的には、第一の画像の露出時間をT1とし、第二の画像の露出時間をT2とした場合において、自発光成分の光量が小さいときは、T1と比較してT2を十分大きくすることが望ましい。この場合の第三の画像は、例えば下記式(3)により算出することができる。

40

【 0 0 5 7 】

【数3】

$$I_{diff}(x,y) = \{I_a(x,y) - I_b(x,y)\} \times T1 \div T2 \quad \cdots(3)$$

【 0 0 5 8 】

撮像装置22は、二次元の視野を有するものであってもよく、あるいは一次元の視野を有するものであってもよい。撮像装置22が一次元の視野を有する場合、溶接鋼管Wの周方向に視野を有するようになる必要がある。

50

【 0 0 5 9 】

また、溶接鋼管Wの反射光からシーム部Sを検出する際に、一つの照射手段21を用いた種類の反射画像からだけでは検出が困難である場合、例えば第二の照射手段を追加し、二通りの反射画像を取得してもよい。この場合、例えば図4に示すように、溶接鋼管Wの管軸方向に照射手段21Aおよび照射手段21Bを配置する。加えて、シーム部Sおよび加熱部に対して、照射手段21Aを正反射条件となるように配置し、照射手段21Bを拡散反射条件となるように配置することができる。

【 0 0 6 0 】

そして、図5の撮像装置22の露出および照射手段21A、21Bの光照射のタイムチャートに示すように撮像する。すなわち、照射手段21Aのみで光を照射（図中a1と示す範囲）させて第一の画像を撮像し、照射手段21Bのみで光を照射（図中a2として示す範囲）させて第二の画像を撮像し、照射手段21A、21Bで光を照射させずに第三の画像（放射画像）を撮像する。続いて、上記の式（1）または式（2）と同様の手法により、第一の画像と第三の画像との差分からなる反射画像と、第二の画像と第三の画像との差分からなる反射画像とをそれぞれ算出する。

10

【 0 0 6 1 】

なお、図3においては、露出、光照射ともに、高い方がオン、低い方がオフとなる。また、第一の画像、第二の画像および第三の画像の撮影順は特に限定されない。例えば同図に示すように第一の画像、第二の画像および第三の画像の順に撮像してもよく、あるいは第三の画像、第一の画像および第二の画像の順や、第三の画像、第二の画像および第一の画像の順に撮像してもよい。このとき、第二の画像および第三の画像の両画像と差分を取る第一の画像の撮像タイミングは、どちらの画像からもタイミング差が小さくなることが望ましいことから、第一の画像を二番目となるようにすることが好ましい。

20

【 0 0 6 2 】

ここで、第一の画像と第二の画像とを撮像するタイミング差 d_1 と、第二の画像と第三の画像を撮像するタイミング差 d_2 とは、同一であってもよいし、異なってもよい。それぞれのタイミング差 d_1 、 d_2 において、式（1）または式（2）と同様の手法により、第一の画像と第三の画像との差分からなる反射画像と、第二の画像と第三の画像との差分からなる反射画像とをそれぞれ算出すればよい。同様に、第一の画像の露出時間 T_1 、第二の画像の露出時間 T_2 および第三の画像の露出時間 T_3 は、それぞれ同一であってもよいし、異なってもよい。また、位置ズレを可能な限り低減するという点からは、以下のようにすることが好ましい。すなわち、第一の画像と第二の画像とを撮像するタイミング差 d_1 と、照射手段21Aのみで光を照射するタイミングと照射手段21Bのみで光を照射するタイミングとのタイミング差 d'_1 は、上記タイミング差 d_1 と同一にすることが好ましい。

30

【 0 0 6 3 】

また、正反射条件ではないが、図6に示すように、溶接鋼管Wの周方向のシーム部Sに対して互いに対称となる位置に照射手段21Aおよび照射手段21Bを配置し、二方向から光を照射してもよい。こうすることにより、もし仮にシーム部Sに凹凸があったとしても、照射手段21Aと照射手段21Bとで照射方向が異なるので影の方向が反対となり、画像処理によりシーム部Sを精度よく検出することが可能となる。更に、図3および図4における照射手段21Aおよび照射手段21Bの位置関係は、互いに入れ替えてもよい。このように、二組の光学系を用いることにより、シーム部Sの検出精度を向上させることができる。

40

【 0 0 6 4 】

（カメラの精度）

次に、撮像装置22として用いるカメラの精度について説明する。まず、溶接鋼管Wのシーム部Sと加熱部との位置合わせの要求精度に対して、分解能を設定する必要がある。例えば0.5mmの精度が必要であれば、画素分解能以上に正しく位置を推定することは困難であるため、少なくとも0.5mm/画素以上の分解能が必要となる。

50

【 0 0 6 5 】

(照射手段および撮像装置の配置)

次に、溶接鋼管Wのシーム部Sの画像を撮像するための照射手段21および撮像装置22の適切な配置位置について説明する。図7は、シーム部Sのアニーリング前後における画像であり、(a)は加熱前に正反射条件で撮像した画像、(b)は加熱後に正反射条件で撮像した画像、(c)は加熱前に拡散反射条件で撮像した画像、(d)は加熱後に拡散反射条件で撮像した画像、である。

【 0 0 6 6 】

前記したように、ビード部を切削した直後のシーム部Sは、鏡面性が非常に高い。この状態でアニーリングが行われると、表面に酸化被膜(黒皮酸化被膜)が生成する。そして、加熱を行うにつれて酸化被膜の付着量が増大し、この酸化被膜の付着量に応じて表面粗さが増加して、その結果、シーム部Sの鏡面性は低下し拡散性は高くなっていく。

【 0 0 6 7 】

正反射条件で撮像した場合、加熱前の鏡面性が高い状態では、例えば図7の(a)に示すように、シーム部Sがその他の部分よりも明るく写る。一方、加熱後は酸化被膜の付着により鏡面性が低下して拡散性が高くなるため、例えば同図の(b)に示すように、酸化被膜の付着量に応じて、シーム部Sがそれ以外の部分と比較して暗く写る。このように、正反射条件で撮像した場合、加熱前後において輝度の差が大きいため、シーム部Sの写り方にも顕著な差が生じる。

【 0 0 6 8 】

拡散反射条件で撮像した場合、加熱前の鏡面性が高い状態では、例えば図7の(c)に示すように、シーム部Sがその他の部分よりも暗く写る。一方、加熱後は、例えば同図の(d)に示すように、シーム部Sとその他の部分との区別が付きにくくなる。このように、拡散反射条件で撮像した場合、正反射条件で撮像した場合ほど、シーム部Sの写り方にも顕著な差は生じない。

【 0 0 6 9 】

シーム部Sおよびその他の部分における酸化被膜の付着量と正反射輝度との関係、シーム部Sおよびその他の部分における酸化被膜の付着量と拡散反射輝度との関係をまとめると、それぞれ図8の(a)、(b)のようになる。

【 0 0 7 0 】

図8の(a)は、酸化被膜の付着量と正反射輝度との関係を模式化して示している。図8の(a)において、実線はシーム部Sの正反射輝度の変化、破線はシーム部S以外の正反射輝度の変化、横軸はシーム部Sにおける酸化被膜の付着量、縦軸は正反射輝度を示している。一方、図8の(b)は、酸化被膜の付着量と拡散反射輝度との関係を模式化して示している。図8の(b)において、実線はシーム部Sの拡散反射輝度の変化、破線はシーム部S以外の拡散反射輝度の変化、横軸はシーム部Sにおける酸化被膜の付着量、縦軸は拡散反射輝度を示している。また、図8の(a)と(b)とで、同じ付着量に対しては同じ横軸の位置となるように、横軸の位置をおおよそ合わせてある。また、縦の一点鎖線は、シーム部Sの酸化被膜が同一付着量となる、ある時点を示している。

【 0 0 7 1 】

正反射条件の画像では、シーム部Sに酸化被膜があまり付着していない場合、すなわち図8の(a)の横軸に対して左側はシーム部Sがシーム部S以外と比較して明るくなる。そして、その後、酸化被膜の付着量が増加するにつれて、シーム部Sの輝度が低下し、最終的にはシーム部S以外と比較して暗くなる。一方、拡散反射条件の画像では、シーム部Sに酸化被膜があまり付着していない場合、すなわち図8の(b)の横軸に対して左側はシーム部Sがシーム部S以外と比較して暗くなる。そして、その後、酸化被膜の付着量が増加するにつれて、シーム部Sの輝度が高くなり、最終的にはシーム部S以外と区別がつかなくなっていく。

【 0 0 7 2 】

但し、酸化被膜の付着量の程度によっては、シーム部Sの正反射輝度とシーム部S以外

10

20

30

40

50

の正反射輝度との差が小さくなり、正反射輝度からはシーム部 S の検出は困難となる可能性がある。これは、図 8 の (a) 中においては丸印 () で示した状態である。このときの図 8 の (a) と同じ酸化被膜の付着量 (一点鎖線で図示) において、図 8 の (b) の拡散反射条件では、シーム部 S の拡散反射輝度は丸印 () となり、シーム部 S 以外の拡散反射輝度はバツ印 (x) となる。そして、印と x 印との間に拡散反射輝度の差が発生している可能性が高い。このように、正反射輝度において、シーム部 S とシーム部 S 以外の輝度の差が小さくても、拡散反射条件において、シーム部 S の拡散反射輝度とシーム部 S 以外の拡散反射輝度との差が明確に発生していれば、拡散反射輝度からシーム部 S の検出が可能となる。つまり、正反射の情報と拡散反射の情報とを組み合わせれば、シーム部 S の検出がより確実となり、より好ましい。

10

【 0 0 7 3 】

正反射の情報と拡散反射の情報とを組み合わせるシーム部 S の位置を検出するフローチャートの一例を、図 9 に示す。まず、正反射条件において、シーム部 S とシーム部 S 以外の部分とを比較して、正反射輝度に差があるか否かを判定する (ステップ S 1)。正反射輝度に差がありシーム部 S を検出できる場合 (ステップ S 1 で Yes)、正反射画像の輝度差を利用して閾値処理等によりシーム部 S を算出する (ステップ S 2)。一方、正反射輝度に差がなくシーム部 S を検出できない場合 (ステップ S 1 で No)、シーム部 S が拡散反射の輝度値で明るくまたは暗く見えることを利用してシーム部 S を算出する (ステップ S 3)。このようにすれば、閾値処理等により酸化被膜の付き方に依存せずにシーム部 S を安定して検出することができる。なお、図 9 は、シーム部 S を安定して検出するためのフローチャートの一例であるが、本例に関わらず、正反射画像と拡散反射画像とから、四則演算、閾値処理、AND 処理、OR 処理、またはこれらの処理の組み合わせ等を用いて直接シーム部 S を抽出してもよい。

20

【 0 0 7 4 】

以上を踏まえて、照射手段 2 1 と撮像装置 2 2 とを、シーム部 S を含む測定箇所 c に対して、正反射条件となるように配置することが好ましい。例えば、図 2 に示すように管軸方向に配置する場合では、以下のようにすることが好ましい。すなわち、照射手段 2 1 および撮像装置 2 2 を、溶接鋼管 W のシーム部 S を含む測定箇所 c の法線ベクトル n に対して、照射手段 2 1 による光の照射角度 と撮像装置 2 2 による光の受光角度 とが等しくなる位置に、それぞれ設置することが好ましい。これにより、アニーリング前後において、シーム部 S を精度よく検出することができる。なお、シーム部 S を適切に検出することができれば、照射手段 2 1 および撮像装置 2 2 を上記の配置以外としてもよいことは言うまでもない。以下、位置検出装置 2 の構成の説明に戻る。

30

【 0 0 7 5 】

画像処理装置 2 3 は、撮像装置 2 2 によって撮像された画像を、周知の画像処理技術によって処理し、溶接鋼管 W のシーム部 S の位置および加熱部の位置 (両者の位置関係) をそれぞれ検出する。画像処理装置 2 3 は、例えば上記の式 (1) または式 (2) を用いて、第一の画像と第二の画像 (放射画像) との差分を取った第三の画像 (反射画像) を算出する。そして、算出した第三の画像を、周知の画像処理技術によって処理することにより、シーム部 S および加熱部の位置を検出する。また、画像処理装置 2 3 は、検出したシーム部 S および加熱部の位置に加えて、シーム部 S の位置に対する加熱部の位置のズレ量を検出 (算出) してもよい。なお、前記した「ズレ量」とは、具体的には溶接鋼管 W の周方向におけるズレ量のことを示している。

40

【 0 0 7 6 】

ここで、撮像装置 2 2 によって撮像した放射画像 (第二の画像) は、図 1 0 に示す輝度プロファイルのように、加熱部の位置が高輝度となっている。そのため、高輝度となる位置を算出することにより、加熱部の位置を検出することができる。加熱部の位置は、例えば幅方向の重心位置、最高輝度となる位置、閾値処理による二値化後中心位置や重心位置等に基づいて検出することができる。

【 0 0 7 7 】

50

また、撮像装置 2 2 によって撮像した第一の画像と第二の画像との差分処理によって得られる溶接鋼管 W の正反射画像（第三の画像）は、表面の酸化被膜の付着量が少ないときは明るく見える（図 7 の（a）参照）。また、酸化被膜が十分付着しているときは暗く見える（同図の（b）参照）。従って、放射画像（第二の画像）と同様の考え方により、明るくなる部分の位置および暗くなる部分の位置を算出する。

【 0 0 7 8 】

なお、画像の縦方向または横方向と、溶接鋼管 W の搬送方向とが厳密に一致していない場合、画像を回転させる等の前処理を行うことが好ましい。また、周波数フィルタ等によって高周波成分を除去する、溶接鋼管 W の管軸方向に積算・平均化・中央値処理を演算する、等の前処理によってノイズを低減させることが好ましい。

【 0 0 7 9 】

また、画像処理装置 2 3 による画像処理によってもシーム部 S を精度よく算出することが難しく、かつ画像を目視で見てシーム部 S を判定できる場合は、例えば加熱部の画像およびシーム部 S の画像を、表示装置 2 4 を通じてオペレータに視覚的に表示してもよい。

【 0 0 8 0 】

表示装置 2 4 は、画像処理装置 2 3 による処理結果を表示することにより、オペレータに対してガイダンスを行う。表示装置 2 4 は、例えば画像処理装置 2 3 によって検出された溶接鋼管 W のシーム部 S の位置に対する加熱部の位置のズレ量を数値として表示することができる。また、表示装置 2 4 は、シーム部 S の位置および加熱部の位置を、画像として表示してもよい。

【 0 0 8 1 】

シーム部 S の位置および加熱部の位置を画像として表示する場合、例えば反射画像（第三の画像）と放射画像（第二の画像）とを重ね合わせて表示してもよい。あるいは、図 1 1 に示すように、シーム部 S の位置を示す画像と、加熱部の位置を示す画像とを、溶接鋼管 W の搬送方向に並べて表示してもよい。また、シーム部 S の自動検出を精度よく行うことができない場合は、例えば図 1 2 に示すように、アニーラ加熱子 1 3 の位置から推定した加熱部の位置を、シーム部 S の上に重ね合わせて表示してもよい。このように、シーム部 S の位置および加熱部の位置を画像として表示することにより、オペレータがシーム部 S の位置および加熱部の位置を、直感的に把握することが可能となる。

【 0 0 8 2 】

制御装置 2 5 は、照射手段 2 1 による光の照射（具体的には照射タイミング、照射光量等）と、撮像装置 2 2 の撮像タイミングを制御する。制御装置 2 5 は、具体的には、第一の画像および第二の画像の、予め設定した許容される画像の位置のズレ量に基づいて、照射手段 2 1 の光の照射と、撮像装置 2 2 の撮像タイミングとをそれぞれ制御する。

【 0 0 8 3 】

なお、位置検出装置 2 は、シーム部 S の位置と加熱部の位置との間に、予め定めた閾値以上の距離がある場合に、アラームにより通知する通知手段を備えていてもよい。また、位置検出装置 2 は、画像処理装置 2 3 によって処理された画像を蓄積し、加熱状況の推移を記録する記録手段を備えていてもよい。

【 0 0 8 4 】

〔変形例〕

前記した位置検出装置 2 では、溶接鋼管 W のシーム部 S および加熱部の位置検出結果を表示装置 2 4 に表示していた。これに代えて、例えば図 1 3 に示すように、画像処理装置 2 3 によって検出したシーム部 S および加熱部の位置のズレ量に基づいて、アニーラ加熱子 1 3 の位置を制御してもよい。同図に示した位置検出装置 2 A は、図 2 に示した位置検出装置 2 の構成に加えて、加熱子位置制御装置 2 6 を備えている。

【 0 0 8 5 】

加熱子位置制御装置 2 6 は、位置検出装置 2 A の画像処理装置 2 3 によって検出されたシーム部 S の位置に対する加熱部の位置のズレ量に基づいて、アニーラ加熱子 1 3 の位置を制御する。すなわち、加熱子位置制御装置 2 6 は、シーム部 S に対して加熱部を一致さ

10

20

30

40

50

せるように、アニーラ加熱子 1 3 の位置を溶接鋼管 W の周方向に移動させる。このように、シーム部 S の位置に対する加熱部の位置のズレ量に基づいてアニーラ加熱子 1 3 の位置を制御することにより、シーム部 S を精度よく加熱することが可能となる。

【 0 0 8 6 】

また、アニーラ加熱子 1 3 が複数ある場合は、本発明に係る位置検出装置 2 A よりも前および/または後にある、アニーラ加熱子 1 3 の位置を制御することができる。位置検出装置 2 A よりも前にあるアニーラ加熱子 1 3 の位置を制御する場合は、フィードバックとなり、安定した加熱工程の制御が可能となる。一方、位置検出装置 2 A よりも後にあるアニーラ加熱子 1 3 の位置を制御する場合は、フィードフォワードとなり、より反応の良い制御となるとともに、ズレて加熱されたシーム部 S も、位置検出装置 2 A より後では正しく加熱されることとなる。より好ましいのは、位置検出装置 2 A の前後にあるアニーラ加熱子 1 3 の位置を制御することであり、フィードバックとフィードフォワードの両方の利点を得ることができる。また、最も好ましいのは、位置検出装置 2 A の前後にある全てのアニーラ加熱子 1 3 の位置を制御することであり、目的とする加熱工程での効果が、より確実に得られることとなる。

10

【 0 0 8 7 】

なお、これまでの説明において、撮像装置 2 2 は一台の例を説明したが、本発明はこれに限定されない。同じ視野範囲を撮影でき、かつ照射手段 2 1 との光学条件を同じにできるのであれば、二台以上の撮像装置 2 2 を設けてもよい。

【 0 0 8 8 】

例えば、次のような形態が可能である。第一の画像を撮像するのに適した特性を備えた第一の撮像装置 2 2 A と、第二の画像を撮像するのに適した特性を備えた第二の撮像装置 2 2 B とを用意する。この第一の撮像装置 2 2 A と第二の撮像装置 2 2 B とを、プリズム、ハーフミラーまたはビームスプリッターを用いて同軸で対象を撮像できるように配置する。制御装置 2 5 は、照射手段 2 1 の光照射時には第一の撮像装置 2 2 A の露出をオンするとともに、第二の撮像装置 2 2 B の露出をオフとする。

20

【 0 0 8 9 】

第一の画像の露出時間 T 1 が終わり照射手段 2 1 の光照射がないときには、制御装置 2 5 は、第一の撮像装置 2 2 A の露出をオフするとともに、第二の撮像装置 2 2 B の露出をオンとする。その後、第二の画像の露出時間 T 2 が終われば、制御装置 2 5 は、第二の撮像装置 2 2 B の露出をオフとする。このとき、第一の撮像装置 2 2 A および第二の撮像装置 2 2 B の撮像場所は、各カメラの画素ごとに一致していることが好ましい。また一致していない場合でも、各カメラの画素ごとに対応する位置が既知である場合は、対応関係を用いて位置合わせを実施することが好ましい。

30

【 0 0 9 0 】

また、溶接鋼管 W が加熱過程で捩れ、各アニーラ加熱子 1 3 の位置ごとにシーム部 S の位置が異なる場合は、逆に位置検出装置 2 A を各アニーラ加熱子 1 3 の前後に複数設置することが好ましい。このように配置することにより、アニーラ加熱子 1 3 ごと加熱部とシーム部 S の位置関係を把握できるようになり、捩れが発生したとしても、位置制御性能が向上する。より多くの位置検出装置 2 A を設置することが好ましいが、最も好ましいのは、全てのアニーラ加熱子 1 3 の前後で加熱部とシーム部 S の位置関係を把握することであり、捩れの影響を完全に除外することが可能となる。

40

【 0 0 9 1 】

〔品質管理方法〕

溶接鋼管 W の品質管理方法は、位置検出装置 2 , 2 A によって検出されたシーム部 S の位置に対する加熱部の位置のズレ量に基づいて、溶接鋼管 W の品質を管理する。品質管理方法では、例えば前記したズレ量が予め定めた閾値以上である場合、溶接鋼管 W の品質（例えば靱性等）が、予め定められた要求スペックを満たすか否かを検査する検査工程を実施する。そして、検査工程の結果に基づいて、当該溶接鋼管 W をグレード落ちとして再利用するか、あるいは N G 品として廃棄するかを決定する。このように、シーム部 S の位置

50

に対する加熱部の位置のズレ量に基づいて溶接鋼管Wを分類することにより、品質の優れた溶接鋼管Wを提供することができる。

【0092】

以上説明した実施形態に係る溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出装置、溶接鋼管の製造設備、溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出方法、溶接鋼管の製造方法および溶接鋼管の品質管理方法によれば、以下のような効果を奏する。すなわち、照射手段21からシーム部Sに照射された光の反射光を撮像して得られた第一の画像と、光を照射せずに撮像した第二の画像とを用いることにより、低コストかつ簡易な構成とできるとともに、シーム部および加熱部の位置を精度よく検出することができる。

【0093】

また、実施形態に係る溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出装置、溶接鋼管の製造設備、溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出方法、溶接鋼管の製造方法および溶接鋼管の品質管理方法によれば、以下のような効果も奏する。すなわち、従来オペレータによる実物の目視に依存していたシーム部Sと加熱部の位置関係の位置ズレ防止対策を、可視化および自動化することが可能となる。

【0094】

以上、本発明に係る溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出装置、溶接鋼管の製造設備、溶接鋼管のシーム部および加熱部の位置検出方法、溶接鋼管の製造方法および溶接鋼管の品質管理方法について、発明を実施するための形態および実施例により具体的に説明した。但し、本発明の趣旨はこれらの記載に限定されるものではなく、請求の範囲の記載に基づいて広く解釈されなければならない。また、これらの記載に基づいて種々変更、改変等したのも本発明の趣旨に含まれることはいうまでもない。

【0095】

〔実施例〕

本発明の実施例について説明する。本実施例では、図2と同様の位置検出装置を構築し、シーム部および加熱部の位置を検出した。撮像装置として、640×480画素のカメラを用い、照射手段として、50μsで照射可能なフラッシュ光源を用いた。また、撮像装置と照射手段の配置は、正反射条件とし、光の照射角を5度に設定した。得られた画像から重心処理によってシーム部および加熱部の位置を算出した結果を図14に示す。同図に示すように、シーム部に対して加熱部が精度よく追従できていることがわかる。

【0096】

なお、本実施例では、正反射条件で撮像したが、シーム部とシーム部以外の部分との差を画像の特徴として検知できるのであれば、拡散反射条件で撮像してもよく、あるいは図3および図4に示した光学系を用いて撮像してもよい。

【符号の説明】

【0097】

- 1 製造設備
- 11 溶接機
- 12 切削機
- 13 アニール加熱子
- 2, 2A 位置検出装置
- 21, 21A, 21B 照射手段
- 22 撮像装置
- 23 画像処理装置
- 24 表示装置
- 25 制御装置
- 26 加熱子位置制御装置
- S シーム部
- W 溶接鋼管
- n 法線ベクトル

10

20

30

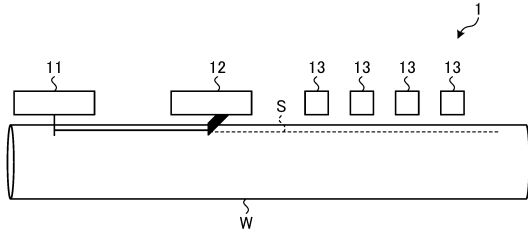
40

50

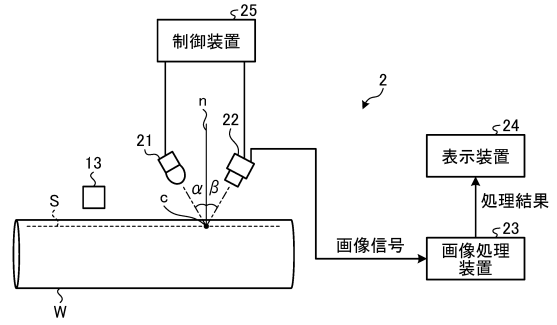
照射角度
受光角度
c 測定箇所

【図面】

【図 1】



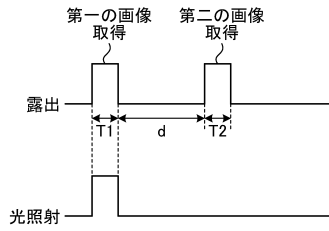
【図 2】



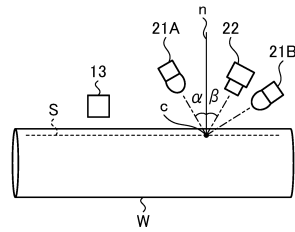
10

20

【図 3】



【図 4】

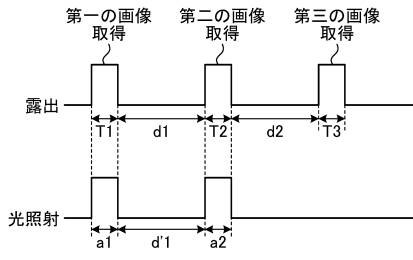


30

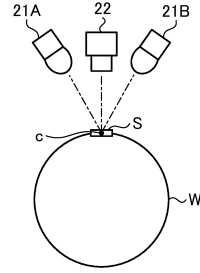
40

50

【図5】

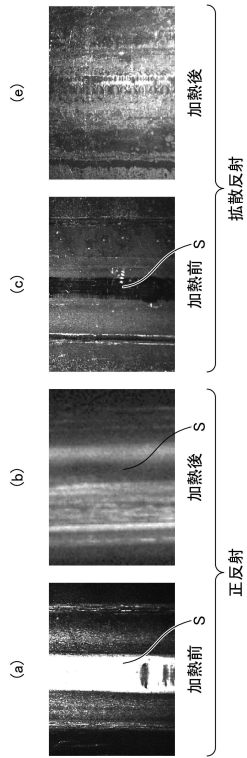


【図6】

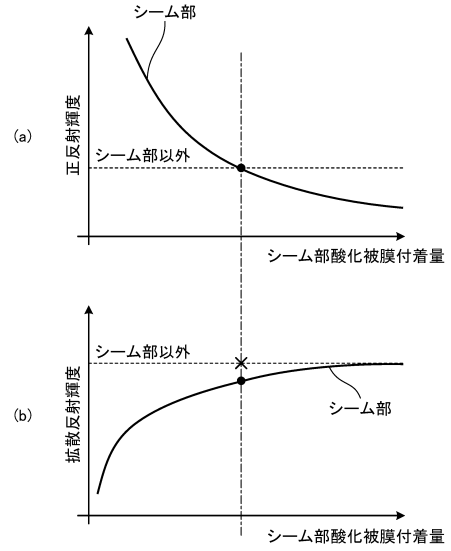


10

【図7】



【図8】



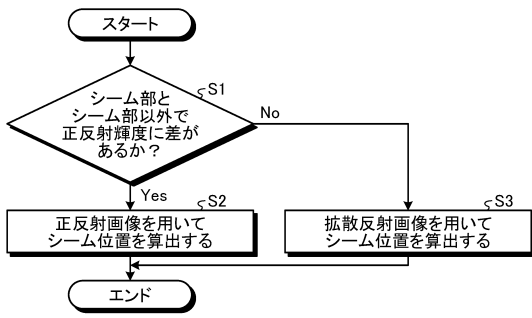
20

30

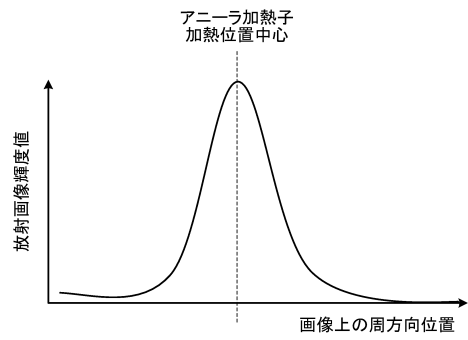
40

50

【図 9】

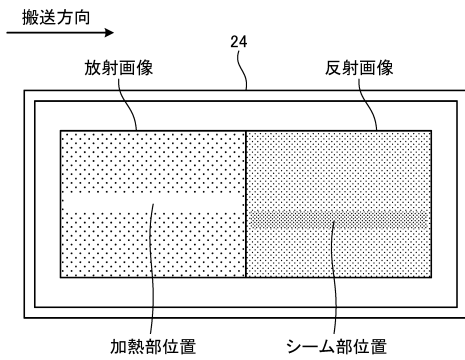


【図 10】

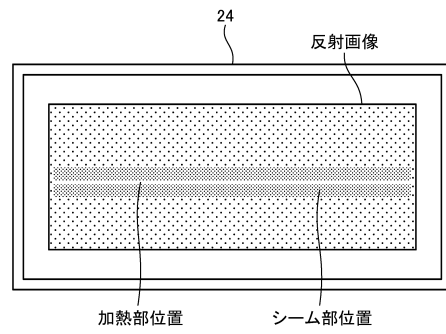


10

【図 11】



【図 12】



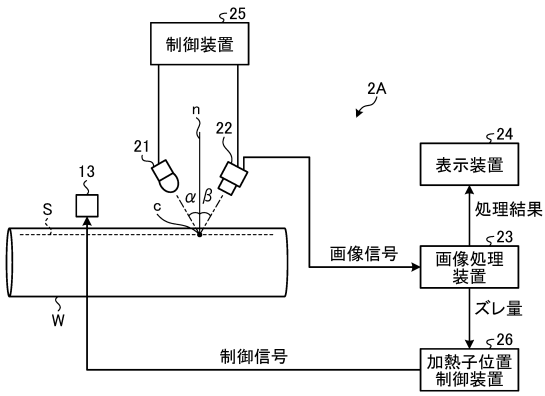
20

30

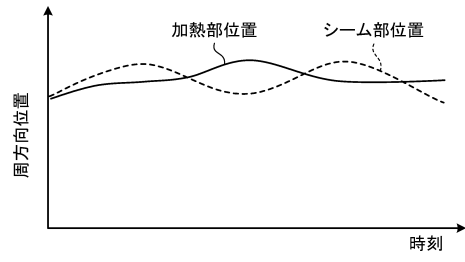
40

50

【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平02-096602(JP,A)
特開平10-096604(JP,A)
特開2006-234781(JP,A)
特開昭61-107102(JP,A)
特開2018-030173(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- G01B 11/00 - 11/30
B21C 37/08
B21C 51/00