(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7616155号
(P7616155)

(45)発行日　令和7年1月17日(2025.1.17)

(24)登録日　令和7年1月8日(2025.1.8)

(51)国際特許分類

Ｂ２１Ｃ　37/08　(2006.01)	Ｂ２１Ｃ	37/08	Ｒ
Ｂ２３Ｋ　13/00　(2006.01)	Ｂ２１Ｃ	37/08	Ａ
Ｂ２３Ｋ　13/08　(2006.01)	Ｂ２３Ｋ	13/00	Ａ
	Ｂ２３Ｋ	13/08	５４０

FI

請求項の数　5　（全17頁）

(21)出願番号　特願2022-95481(P2022-95481)
(22)出願日　令和4年6月14日(2022.6.14)
(65)公開番号　特開2023-182081(P2023-182081A)
(43)公開日　令和5年12月26日(2023.12.26)
審査請求日　令和6年1月26日(2024.1.26)

(73)特許権者　000001258
ＪＦＥ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
(74)代理人　100184859
弁理士　磯村 哲朗
(74)代理人　100123386
弁理士　熊坂 晃
(74)代理人　100196667
弁理士　坂井 哲也
(74)代理人　100130834
弁理士　森 和弘
(72)発明者　松本 昌士
東京都千代田区内幸町二丁目２番３号
ＪＦＥスチール株式会社内
(72)発明者　田中 俊一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　電縫鋼管の溶接管理装置、溶接管理システム、電縫鋼管の溶接管理方法、および電縫鋼管の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

鋼板又は鋼帯に対して周方向に曲げ加工を施し、両エッジ部を突き合わせてオープン管とし、その後突き合わせたオープン管両エッジ部に対して、スタンドを用いてアプセットする電縫溶接により製造する電縫鋼管の溶接管理装置であって、

電縫溶接前において、少なくとも一方のオープン管エッジ表面の温度分布の画像と、前記温度分布の画像の画素情報から変換した空間座標とに基づいて、

オープン管エッジ表面の外表面温度T_0、内表面温度T_i、肉厚中央部の温度Ｔｃおよび温度測定をした位置の座標を検出する電縫溶接前エッジ温度検出部と、

前記オープン管エッジ表面の外表面と内表面との温度差分ΔＴを算出するエッジ温度差算出部と、

前記オープン管両エッジ部に沿って収束する直線によって形成される接合点を含む領域の画像情報に基づいて、オープン管エッジ部に沿って収束する直線が成すＶ収束角度θを算出するＶ収束角度算出部と、

溶接方向に対して電縫溶接後の溶接スタンドのロールセンター直下位置より下流側の管外面に排出された溶鋼を含む画像情報に基づいて、溶接方向に対して前記溶接スタンドのロールセンター直下位置より下流側の管外面に排出された溶鋼面積Ａを算出する溶接後排出溶鋼面積算出部と、

前記オープン管エッジ表面の外表面と内表面との温度差分ΔＴと、前記肉厚中央部の温度Ｔｃと、前記Ｖ収束角度θと、前記排出された溶鋼面積Ａの情報に基づいて、電縫溶接条

件の良否を判定する溶接状態判定部と、
を備える、電縫鋼管の溶接管理装置。
【請求項２】
前記溶接方向に対して電縫溶接後の溶接スタンドのロールセンター直下位置より下流側の管外面に排出された溶鋼量に基づいて電縫溶接条件の良否を判定するにあたって、任意の前記Ｖ収束角度θに対して、所定の前記外表面温度T_0、所定の前記内表面温度T_i、所定の前記肉厚中央部の温度Ｔｃが得られるよう溶接電力を調整する、請求項１に記載の電縫鋼管の溶接管理装置。
【請求項３】
請求項１または２に記載の電縫鋼管の溶接管理装置と、
電縫溶接前において、前記電縫溶接前エッジ温度検出部で検出されるオープン管エッジ表面の外表面温度T_0、内表面温度T_i、肉厚中央部の温度Ｔｃおよび温度測定をした位置の座標を抽出するためのオープン管両エッジ表面の温度分布を撮像するエッジ温度分布撮影装置と、
電縫溶接前において、オープン管両エッジ部に沿って収束する直線によって形成される接合点、および
電縫溶接後において、溶接方向に対して溶接スタンドのロールセンター直下位置より下流側の管外面に排出された溶鋼を撮影する溶接部撮影装置と、
を備える、電縫鋼管の溶接管理システム。
【請求項４】
鋼板又は鋼帯に対して周方向に曲げ加工を施し、両エッジ部を突き合わせてオープン管とし、その後突き合わせたオープン管両エッジ部に対して、スタンドを用いてアプセットする電縫溶接により製造する電縫鋼管の溶接管理方法であって、
電縫溶接前において、少なくとも一方のオープン管エッジ表面の温度分布の画像と、前記温度分布の画像の画素情報から変換した空間座標とに基づいて、オープン管エッジ表面の外表面温度T_0、内表面温度T_i、肉厚中央部の温度Ｔｃおよび温度測定をした位置の座標を検出する電縫溶接前エッジ温度検出工程と、
前記オープン管エッジ表面の外表面と内表面との温度差分ΔＴを算出するエッジ温度差算出工程と、
前記オープン管両エッジ部に沿って収束する直線によって形成される接合点を含む領域の画像情報に基づいて、オープン管エッジ部に沿って収束する直線が成すＶ収束角度θを算出するＶ収束角度算出工程と、
溶接方向に対して電縫溶接後の溶接スタンドのロールセンター直下位置より下流側の管外面に排出された溶鋼を含む画像情報に基づいて、溶接方向に対して前記溶接スタンドのロールセンター直下位置より下流側の管外面に排出された溶鋼面積Ａを算出する溶接後排出溶鋼面積算出工程と、
前記オープン管エッジ表面の外表面と内表面との温度差分ΔＴと、前記肉厚中央部の温度Ｔｃと、前記Ｖ収束角度θと、前記排出された溶鋼面積Ａの情報に基づいて、電縫溶接条件の良否を判定する溶接状態判定工程と、
を含む、電縫鋼管の溶接管理方法。
【請求項５】
請求項４に記載の電縫鋼管の溶接管理方法を用いて、電縫鋼管を製造する方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、電縫鋼管の電縫溶接直前におけるオープン管エッジ部について温度分布を定量化し、電縫溶接現象の構成因子と組み合わせることで溶接欠陥を抑止するための電縫鋼管の溶接管理装置、溶接管理システム、および電縫鋼管の溶接管理方法および電縫鋼管の製造方法に関する。
【背景技術】

【０００２】
電縫鋼管は、ロール成形を用いて、鋼板又は鋼帯に対して周方向に連続的な曲げ加工し、両端部を突き合わせて円形断面の空筒にした略管形のオープン管とし、その後突き合わせたオープン管両エッジ部を連続的に電縫溶接して製造される。
【０００３】
電縫溶接時において、上記両エッジ部をコンタクトチップによる直接通電もしくは誘導コイルによる誘導電流で融点以上に加熱し、その直後に溶接ロール（スクイズロール）で両エッジの接合部を衝合（アプセット）する。その際、鋼板又は鋼帯の溶融加熱過程で発生する酸化物（ペネトレータ）をアプセットにより管の内外面に流出させ、余盛（ビード）と称する不要部分に排出させて溶接欠陥の発生を抑止している。電縫溶接後、余盛部は切削工具等により管から切削除去される。
【０００４】
溶接欠陥を抑制するために、ペネトレータの発生や、溶接されるまでのペネトレータ同士の凝集を極力抑制することが重要である。そのためには、前記溶融加熱過程から、両エッジの接合開始までの時間が過大にならないように溶接条件を調整する必要がある。また、アプセットの工程でペネトレータをビードへ滞りなく排出することも重要である。そのためには、接合開始までのエッジ部の肉厚方向の温度分布の偏差を小さくし、アプセット中の溶融エッジ部の凝固によるペネトレータの排出不良を抑制する必要がある。
【０００５】
上記問題を解決する方法として、電縫鋼管の製造における溶接欠陥抑止には種々の技術が開示されており、例えば、電縫溶接現象を映像化し、かつ、溶融加熱過程におけるエッジ部の温度を測定した溶接工程の溶接管理システムが提案されている。
【０００６】
特許文献１は、衝合前のオープン管の両エッジの外面および内面の角部位置の座標を、撮影した画像から検出すると共に両エッジの外面および内面の角部の温度分布を算出し、検出した座標と算出した温度分布とを照合してその検出座標におけるエッジの温度を求めて両エッジの加熱条件を制御する溶接温度測定方法が提案されている。
【０００７】
特許文献２は、電縫溶接の画像を取得し、衝合前のオープン管の両エッジがＶ字状に収束するＶ収束部位を含む領域の画像を取得し、前記画像において両エッジの衝合部、あるいは両エッジが幾何学的になす収束点のいずれかにおいて、肉厚内部における溶融部が表面へ排出し始める領域の温度を輝度レベルで温度変換し、その温度が閾値以上であることを判定する電縫溶接の操業上の監視装置が提案されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００８】
【文献】特開平１１‐３３６２１号公報
【文献】特許第５５４９９６３号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００９】
特許文献１では、接合端面の内外面における角部の温度を測定しているため、衝合前の両端面同士のラップ状態の影響を監視することはできるが、電縫溶接の高周波加熱で最も加熱されにくい肉厚中央部の温度データが無いため、肉厚中央部の加熱不足が原因で十分な溶接部特性が得られない問題がある。
【００１０】
特許文献２では、両エッジの衝合部、あるいは両エッジが幾何学的になす収束点のいずれかにおいて、外表面あるいは内表面の温度に対して、下限値を設定して溶接条件の良否判定を行っているが、こちらも特許文献１と同様に、肉厚中央部の温度データが無いため、十分な溶接部特性が得られない問題がある。

【００１１】
本発明はかかる事情に鑑みてなされたものであり、溶接欠陥を抑止するための電縫鋼管の溶接管理装置、溶接管理システム、電縫鋼管の溶接管理方法、および電縫鋼管の製造方法を提供することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【００１２】
本発明者らは、上記した目的を達成するために、電縫溶接における両エッジ端面の肉厚方向の温度分布、および、そのときの両エッジが成す直線が幾何学的に成す角度（Ｖ収束角度）が、スクイズロールによるアプセット後の溶接部に残存するペネトレータの形態および溶接部特性に及ぼす影響について鋭意研究を行った。その結果、以下のことが明らかになった。
【００１３】
ここでは、電縫溶接の流れについて、図３に示す電縫溶接の加熱から溶接までの一例をもって説明する。
【００１４】
従来、電縫溶接では、直接通電加熱方式、あるいは誘導加熱方式による高周波電流を用いた加熱を行っている。このとき、高周波加熱特有の加熱現象で、加熱の初期段階に表皮効果が発現する。そのため、肉厚中央部に比べて先にエッジ部の外表面および内表面側の温度が高温になる。このエッジ部の熱伝導により肉厚中央部への熱の移動が発生する。次いで、加熱過程が進行すると、端面同士の距離が近くなるため、近接効果が発現して肉厚中央部の昇温速度が増加する。そして、エッジ部全体の極表層部を融点まで加熱しながら、スクイズロールによるアプセットを経て衝合部２０２で電縫溶接が成される。このとき、エッジ部の溶融金属は表面に分布していたペネトレータとともに、管外部に排出されて溶接ビード２０７を形成する。
【００１５】
前述しているように電縫溶接では肉厚中央部の温度はエッジ部の内面および外面よりも加熱が遅延するため、温度が低くなりやすい。エッジ部の肉厚中央部の加熱が不十分であると、加熱過程において、肉厚中央部で発生したペネトレータを溶接ビード２０７へ排出するための十分な溶接金属量が得られない問題がある。そのため、加熱過程において、肉厚中央部の近接効果を早期に発現させて、肉厚方向の温度偏差を小さくする必要があり、そのために、Ｖ収束角度などのように両エッジの接合端面同士の突合せ状態を調整するための成形ロールのロールポジションを制御するなどの対策が必要になる。
【００１６】
本発明は上記知見に基づくものであり、その要旨は以下の通りである。
［１］　鋼板又は鋼帯に対して周方向に曲げ加工を施し、両エッジ部を突き合わせてオープン管とし、その後突き合わせたオープン管両エッジ部に対して、スタンドを用いてアプセットする電縫溶接により製造する電縫鋼管の溶接管理装置であって、
電縫溶接前において、少なくとも一方のオープン管エッジ表面の温度分布の画像と、前記温度分布の画像の画素情報から変換した空間座標とに基づいて、
オープン管エッジ表面の外表面温度T_0、内表面温度T_i、肉厚中央部の温度Ｔｃおよび温度測定をした位置の座標を検出する電縫溶接前エッジ温度検出部と、
前記オープン管エッジ表面の外表面と内表面との温度差分ΔＴを算出するエッジ温度差算出部と、
前記オープン管両エッジ部に沿って収束する直線によって形成される接合点を含む領域の画像情報に基づいて、オープン管エッジ部に沿って収束する直線が成すＶ収束角度θを算出するＶ収束角度算出部と、
溶接方向に対して電縫溶接後の溶接スタンドのロールセンター直下位置より下流側の管外面に排出された溶鋼を含む画像情報に基づいて、溶接方向に対して前記溶接スタンドのロールセンター直下位置より下流側の管外面に排出された溶鋼面積Ａを算出する溶接後排出溶鋼面積算出部と、

前記オープン管エッジ表面の外表面と内表面との温度差分ΔＴと、前記肉厚中央部の温度Ｔｃと、前記Ｖ収束角度θと、前記排出された溶鋼面積Ａの情報に基づいて、電縫溶接条件の良否を判定する溶接状態判定部と、
を備える、電縫鋼管の溶接管理装置。
［２］　前記溶接方向に対して電縫溶接後の溶接スタンドのロールセンター直下位置より下流側の管外面に排出された溶鋼量に基づいて電縫溶接条件の良否を判定するにあたって、任意の前記Ｖ収束角度θに対して、所定の前記外表面温度T_0、所定の前記内表面温度T_i、所定の前記肉厚中央部の温度Ｔｃが得られるよう溶接電力を調整する、[１]に記載の電縫鋼管の溶接管理装置。
［３］　[１]または[２]に記載の電縫鋼管の溶接管理装置と、
電縫溶接前において、オープン管両エッジ表面の温度分布を撮像するエッジ温度分布撮影装置と、
電縫溶接前において、オープン管両エッジ部に沿って収束する直線によって形成される接合点、および
電縫溶接後において、溶接方向に対して溶接スタンドのロールセンター直下位置より下流側の管外面に排出された溶鋼を撮影する溶接部撮影装置と、
を備える、電縫鋼管の溶接管理システム。
［４］　鋼板又は鋼帯に対して周方向に曲げ加工を施し、両エッジ部を突き合わせてオープン管とし、その後突き合わせたオープン管両エッジ部に対して、スタンドを用いてアプセットする電縫溶接により製造する電縫鋼管の溶接管理方法であって、
　電縫溶接前において、少なくとも一方のオープン管エッジ表面の温度分布の画像と、前記温度分布の画像の画素情報から変換した空間座標とに基づいて、オープン管エッジ表面の外表面温度T_0、内表面温度T_i、肉厚中央部の温度Ｔｃおよび温度測定をした位置の座標を検出する電縫溶接前エッジ温度検出工程と、
　前記オープン管エッジ表面の外表面と内表面との温度差分ΔＴを算出するエッジ温度差算出工程と、
　前記オープン管両エッジ部に沿って収束する直線によって形成される接合点を含む領域の画像情報に基づいて、オープン管エッジ部に沿って収束する直線が成すＶ収束角度θを算出するＶ収束角度算出工程と、
溶接方向に対して電縫溶接後の溶接スタンドのロールセンター直下位置より下流側の管外面に排出された溶鋼を含む画像情報に基づいて、溶接方向に対して前記溶接スタンドのロールセンター直下位置より下流側の管外面に排出された溶鋼面積Ａを算出する溶接後排出溶鋼面積算出工程と、
前記オープン管エッジ表面の外表面と内表面との温度差分ΔＴと、前記肉厚中央部の温度Ｔｃと、前記Ｖ収束角度θと、前記排出された溶鋼面積Ａの情報に基づいて、電縫溶接条件の良否を判定する溶接状態判定工程と、
を含む、電縫鋼管の溶接管理方法。
［５］　前記［４］に記載の電縫鋼管の溶接管理方法を用いて、電縫鋼管を製造する方法。
【発明の効果】
【００１７】
　本発明によれば、電縫溶接時の肉厚方向の温度分布、溶接条件を測定しながら溶接することで、優れた品質を有する電縫鋼管が得られる。
【図面の簡単な説明】
【００１８】
【図１】本発明を実施するための形態の１例を示す溶接管理装置およびそれを含めた溶接管理システムを説明するための図である。
【図２】本実施の形態の溶接管理システムの処理手順を示すフローチャートである。
【図３】電縫溶接の形態の一例を示す図である。
【図４】電縫溶接の溶接部画像の各部位の説明図である。
【図５】電縫溶接における肉厚中央部の温度Ｔｃと、排出溶鋼面積Ａの各条件におけるヘ

ん平試験の結果から溶接部の良否判定を行い、各肉厚中央部の温度Ｔｃにおける排出溶鋼面積の上下限ＡｍａｘとＡｍｉｎを設定し、各上下限点を通る関数の導出方法の一例を説明するための図である。
【図６】電縫溶接における肉厚中央部の温度Ｔｃと、排出溶鋼面積Ａの各条件におけるへん平試験の結果から溶接部の良否判定を行い、各肉厚中央部の温度Ｔｃにおける排出溶鋼面積の上下限ＡｍａｘとＡｍｉｎを設定し、各上下限点を通る関数を導出した後、溶接部不良を排除するための指定位置の管エッジ表面の外表面と内表面との温度差分の上下限ΔＴｍａｘとΔＴｍｉｎの導出方法の一例を説明するための図である。
【図７】電縫溶接における各Ｖ収束角度θにおいて、肉厚中央部の温度Ｔｃと、排出溶鋼面積Ａの各条件におけるへん平試験の結果から、肉厚中央部の温度Ｔｃと、排出溶鋼面積Ａの関係から溶接の許容範囲の分布を導出し、前記溶接の許容範囲の分布を、各Ｖ収束角度θで内挿し、任意の溶接条件における許容範囲の導出方法の一例を説明するための図である。
【図８】Ｖ収束角度θが５°における、指定位置の肉厚中央部の温度Ｔｃと排出溶鋼面積Ａの許容範囲を導出した結果を示した図である。
【発明を実施するための形態】
【００１９】
以下、図面を参照して、本発明の一実施形態である溶接管理装置およびそれを含めた溶接管理システム、および電縫鋼管の溶接管理方法を詳細に説明する。なお、この実施の形態により本発明が限定されるものではない。また、図面の記載において、同一部分には同一の符号を付して示している。
【００２０】
まず、図１を参照して、本実施の形態の対象とする処理の流れと、溶接管理システムを含む溶接管理装置の概略構成について説明する。図１は、本発明を実施するための形態の１例を示す溶接管理装置およびそれを含めた溶接管理システムを説明するための図である。鋼板（又は鋼帯）は、ロール成形によって連続的に円筒形状へと成形された後、図中の溶接方向４に進みながら、フィンパスロール２によって円筒形状の安定性が確保されつつ、両エッジ部の突き合わせ位置がセンタリングされながらオープン管１へと成形される。その後、オープン管１の両エッジ部は、高周波発振装置３から一対のコンタクトチップ３１ａ、３１ｂを介して高周波電流が供給されて、溶融するまで加熱される。コンタクトチップ３１ａ、３１ｂの代わりに誘導加熱のワークコイルを用いることも可能である。
【００２１】
次に、オープン管１は、スクイズロール４１ａ、４１ｂ、トップロール４２ａ、４２ｂからなるロール群で囲まれた溶接スタンド４０を通過しながら両エッジ部が圧接され、溶鋼が外面（管状の鋼板の外周面）に排出されながら溶接（電縫溶接）される。
【００２２】
エッジ温度分布撮影装置１０は、例えばサーモグラフィのように温度分布を２次元画像で計測可能な温度計であり、コンタクトチップ３１ａ、３１ｂと溶接スタンド４０の間に位置するオープン管１のエッジ部の肉厚全体を撮影できるように設置され、少なくとも向い合う一方のエッジ部において外面から内面まで加熱された表面を撮影する。このとき、温度計は放射温度計、あるいは、二色温度計など温度分布を測定できる温度計であればいずれでも良い。また、エッジ温度分布撮影装置１０には光学系の調整のためのズームレンズや露光調整器などの調整器も含まれる。撮影視野１００mm×４０mmで分解能を５００μm／画素以下を確保することが好ましい。より好ましくは１００μm／画素以下であり、このとき、カメラの画素数は１９２０×１０８０以上であることが好ましい。分解能が５００μm／画素超の大きな分解能であるとエッジ部温度の検出精度が著しく悪化する場合がある。
【００２３】
溶接部撮影装置１１は、例えばカメラを用いて、溶接方向４に対して溶接スタンド４０のスクイズロールセンターを基準に下流側、上流側を撮影可能に設置され、オープン管１

の両エッジ部（溶接部）が加熱されて溶融し圧接される様子を撮影する。この溶接部撮影装置１１により撮影される撮影画像には、後述する接合点（Ｖ収束点）、およびスクイズロールのロールセンターが含まれるように、溶接部撮影装置１１の位置調整を行う。このとき、カメラはカラー画像撮影用あるいは、モノクロ画像撮影用のいずれでも良い。また、溶接部撮影装置１１には光学系の調整のためのズームレンズや露光調整器などの調整器も含まれる。撮影視野１００ｍｍ×４０ｍｍで分解能を１００μｍ／画素以下を確保することが好ましい。より好ましくは５０μｍ／画素以下であり、このとき、カメラの画素数は１９２０×１０８０以上であることが好ましい。分解能が１００μｍ／画素よりも大きい分解能であると溶鋼の検出精度が著しく悪化する場合がある。
また、電縫溶接の溶接速度は、１００ｍ／ｍｉｎを超える速度で溶接される場合があり、撮影視野１００ｍｍの領域以内で、任意の撮影点を１回以上撮影するためにはフレーム速度を２０ｆｐｓ以上に設定することが好ましい。フレーム速度が２０ｆｐｓ未満の場合、電縫管の溶接部には溶接の画像解析が実施できていない領域が発生し、溶接欠陥を見逃す可能性がある。

【００２４】

溶接管理装置１０００は、エッジ温度分布撮影データ入力部１００および溶接部撮影データ入力部１１０により、それぞれエッジ温度分布撮影装置１０および溶接部撮影装置１１で撮像された溶接部の画像を取得する。溶接管理装置１０００は、ワークステーションやパソコン等の汎用コンピュータで構成され、ＣＰＵなどによる演算処理機能、ＧＰＵなどによる画像処理機能、後述の記憶部１４０３の一例としてのＲＯＭやＲＡＭなどの各種メモリ機能を有し、その他、データ通信端子で接続されたハードディスクなどの記録媒体、グラフィックへの表示装置やアラーム装置等の出力を備える。溶接管理装置１０００では処理プログラム等を記憶したメモリおよび処理プログラムを実行するＣＰＵなどを用いて、温度分布処理部１２１において、電縫溶接前エッジ温度検出部１２２で高周波電流によって加熱された少なくとも一方のエッジ部の外面から内面までの肉厚方向の温度分布の検出、座標空間算出部１２３により温度分布を撮像した空間の座標（位置）を変換、データ処理部１２４による上記加熱されたエッジの外面から内面までの温度分布における、管長手方向の指定位置の温度分布の抽出、エッジ温度差算出部１２５により、上記指定位置におけるオープン管エッジ表面の外表面と内表面との温度差分ΔＴの算出を行う、といった一連の処理が行われる。並列して溶接画像処理部１３１において、管エッジ画像検出部１３２によるＶ収束点周辺の赤熱した両端部のエッジの検出、Ｖ収束角度算出部１３３によるＶ収束角度θおよびＶ収束点の算出、接合点検出部１３４による実際に管両エッジが接合する位置の検出、溶接後排出溶鋼面積算出部１３５による溶接スタンドより下流側の管外面に排出された排出溶鋼面積Ａの算出、といった一連の処理が行われる。さらに、溶接状態判定部１４０１による溶接判定、および出力部１４０２による判定結果の出力等を行い、溶接管理処理を実行する。

【００２５】

ここで、図２のフローチャートを参照して、溶接管理装置１０００による溶接管理処理手順について説明する。図２は、本実施の形態の溶接管理装置の処理手順を示すフローチャートである。図２のフローチャートでは、例えば、操作者によりエッジ温度分布撮影データ入力部１００および溶接部撮影データ入力部１１０への溶接管理処理開始の指示入力があったタイミングで開始となり、ステップＳ１およびステップＳ６の処理が同時並行に進む。

【００２６】

ステップＳ１の処理では、エッジ温度分布撮影装置１０から、高周波加熱によって加熱されたオープン管１の両エッジ部の少なくとも一方に対し、溶接されるまでの区間において、電縫溶接前エッジ温度検出部１２２が、溶接前のエッジ部の全厚にわたる２次元の温度分布データを取得する。ここでは撮像された温度分布データから、エッジ部の接合面上の、すなわち、管長手方向と肉厚方向の２次元の温度分布データを抽出する。これにより、ステップＳ１の処理は完了し、溶接管理処理はステップＳ２の処理に進む。

【００２７】
ステップＳ２の処理では、ステップＳ１の処理で撮像した２次元の温度分布データ、あるいは、エッジ温度分布撮影装置１０に付属しているＣＣＤカメラによって撮影された画像から、複数の座標標準点を検出し、座標空間算出部１２３が画素から長さの単位へと空間座標変換を行う。ここでいう座標標準点は、予め座標位置あるいは、各々の標準点間距離が自明なマーカーであることが好ましいが、この限りではない。任意の２点の標準点間距離を検出し、該標準点間距離の実空間距離を入力することで、座標空間算出部１２３が温度分布データの画像内の空間座標変換を行う。同時に前記温度分布データの画像において、任意の位置に２次元座標の原点の設定を行う。また、画素から長さの単位へ座標変換するために必要な演算式を、前もって導出しておいても良い。これにより、ステップＳ２の処理は完了し、溶接管理処理はステップＳ３の処理に進む。
【００２８】
ステップＳ３の処理では、データ処理部１２４が、上記の空間座標変換処理後の温度分布データから、任意の管の長手位置における、管エッジ部の肉厚方向の温度分布を座標値とともに抽出する。データ処理部１２４が、抽出する範囲は指定した管の長手位置に対して±０．５mmの長手方向の領域を含み、管エッジ部の全厚の領域を抽出する。管エッジ部の外表面および内表面に該当する角部は高周波加熱特有の表皮効果によって加熱が顕著である。そのため、肉厚方向の温度分布においては、管エッジ部の外面および内面の角部位置を中心に温度が高くなっている。全厚領域の判定として、肉厚方向の温度分布の管エッジ部の外面および内面位置におけるピーク間の距離を温度分布から検出される管の肉厚とし、予め入力していた管の肉厚との誤差が３％以下であれば、管エッジ部の外面周辺の温度分布のピーク頂点を原点とし、管エッジ部周辺の温度分布のピーク頂点までの、肉厚方向の温度分布を抽出する。
前記誤差が３％超であれば、適切な温度分布が取れていないと判断され、エッジ温度分布撮影装置１０の視野調整（エッジ温度分布撮影装置１０に付属しているＣＣＤカメラによって撮影された画像から、複数の座標標準点を検出し、座標空間算出部１２３にて画素から長さの単位へと空間座標変換を行う作業）を行い、再度、ステップＳ１からの処理を行い、前記誤差が３％以下になるまで繰り返す。これにより、ステップＳ３の処理は完了し、溶接管理処理はステップＳ４の処理に進む。
【００２９】
ステップＳ４の処理では、前記抽出した肉厚方向の温度分布データを用いて、データ処理部１２４が管エッジ部の外表面および内表面位置における温度のピーク間の中央部位置の温度を抽出し、これを肉厚中央部の温度Ｔｃとする。また、同時に、管エッジ部の外表面および内表面位置周辺の温度分布のピーク頂点位置の温度をそれぞれ、外表面温度T_o、内表面温度T_iとして抽出する。
これにより、ステップＳ４の処理は完了し、溶接管理処理はステップＳ５の処理に進む。
【００３０】
ステップＳ５の処理では、エッジ温度差算出部１２５が、前記抽出した管エッジ部の外表面温度T_o、内表面温度T_iを用いて、これらの温度差分ΔＴを算出する。ここでは、上記の温度差分ΔＴは内表面温度T_iから外表面温度T_oを差し引く計算を行い、差分値に正負の符号が付いたまま記憶する。これにより、ステップＳ５の処理は完了し、溶接管理処理はステップＳ９の処理に進む。
【００３１】
上記のステップＳ１～Ｓ５と並行して行われるステップＳ６の処理では、高周波加熱によって赤熱に加熱されている管エッジ部を、溶接部撮影装置１１により撮像された画像に基づいて、溶接画像処理部１３１の管エッジ画像検出部１３２がエッジ検出を行う。ここでは、エッジ検出方法については微分法を用いるが、これに限らない。具体的に図３および図４を示しながら説明する。図３は電縫溶接の形態の一例を示す図であり、図４は電縫溶接の溶接部画像の各部位の説明図である。
まず、撮像された画像を用いて加熱部２０１周辺の輝度の変化から、溶接部のエッジ検出

画像２０を得る。なお、具体的には、一次微分を用いた勾配法により輝度が大きな溶鋼部と、輝度が小さな溶鋼部以外との境界を、輝度変化の極値が示される位置として判断する。この溶接部のエッジ検出画像２０において、両エッジ部同士が接合していない状態の開口部２０５から、鉛直方向に画像処理を行い、最初にエッジを検出した位置を各エッジ部上の点とする。この処理を開口部２０５の長手方向の全長のうちの数点で同様の処理を行い、各エッジ部上に検出された複数の点から最小二乗法によって、オープン管の両エッジ端面を近似した直線Ｌａ、Ｌｂを近似する。ここでは開口部２０５は、両エッジの加熱部２０１に挟まれた領域であり、各エッジ部上の点を検出する前に予め、開口部２０５に含まれる位置を手動で指定することなどがあるが、これに限らない。これにより、ステップＳ６の処理は完了し、溶接管理処理はステップＳ７の処理に進む。

【００３２】

ステップＳ７の処理では、Ｖ収束角度算出部１３３が、上記のオープン管両エッジの検出により算出された直線Ｌａ、Ｌｂを用いてＶ収束角度θを算出し、抽出する。溶接部のエッジ検出画像におけるＶ収束角度θはＬａ、Ｌｂの２直線が成す角度であり、開口部２０５側の鋭角の角度とする。これにより、ステップＳ７の処理は完了し、溶接管理処理はステップＳ８の処理に進む。

【００３３】

ステップＳ８の処理では、溶接後排出溶鋼面積算出部１３５が、溶接スタンド（ＳＱスタンド）４０以降の、管の外面に排出された溶鋼面積Ａを算出する。ここで、ＳＱスタンド４０以降の位置とは、溶接方向に対してＳＱスタンドのロールセンター直下位置２０４よりも下流側のことを示し、その位置は予め指定しておく。指定方法は座標位置を直接指定する方法や、ＳＱスタンドのロールセンター直下位置２０４を示すマーカーの座標位置を検出する方法があるが、この限りではない。溶接部撮影装置１１により撮像された画像を用いて、ＳＱスタンドのロールセンター直下位置２０４よりも下流側にある排出された溶鋼をＳＱスタンド以降の排出溶鋼２０３とする。このＳＱスタンド以降の排出溶鋼２０３が占める画素の面積を管の外面に排出された溶鋼面積として検出し、所定の閾値よりも大きい輝度を有する画素群を溶鋼面積と判定する。前記検出した管の外面に排出された溶鋼面積について、同一視野における５０枚の画像で処理を行い、その検出された溶鋼面積の平均値を算出し、その数値を管の外面に排出された溶鋼面積Ａとする。平均処理を行う画像群はＳＱロールの回転の１周期分以上であることが好ましい。これにより、ステップＳ８の処理は完了し、溶接管理処理はステップＳ９の処理に進む。

【００３４】

ステップＳ９の処理では、溶接状態判定部１４０１が、ステップ５とステップ８の処理が完了した後に算出や検出された、上記指定位置の肉厚中央部の温度Ｔｃと、上記指定位置の管エッジ表面の外表面と内表面との温度差分ΔＴと、上記Ｖ収束角度θと、上記溶接スタンド以降の排出溶鋼面積Ａに基づいて溶接条件の良否判定を行う。具体的には、種々の溶接条件により得られた鋼管を用いて、オフラインで溶接部の評価試験を行い、得られた溶接部の特性と、溶接管理装置１０００により算出や検出された、上記指定位置の管肉厚中央部の温度Ｔｃと、上記指定位置の管エッジ表面の外表面と内表面との温度差分ΔＴと、上記Ｖ収束角度θと、上記溶接スタンド以降の排出溶鋼面積Ａとの関係性を予め明らかにし、所望の溶接部の品質が得られる上記指定位置の肉厚中央部Ｔｃと上記指定位置の管エッジ表面の外表面と内表面との温度差分ΔＴの許容範囲の上下限を設定しておく。

【００３５】

上記許容範囲の設定においては、上記Ｖ収束角度θごとに実施し、その方法を以下に示す。あるＶ収束角度θで溶接を行った時の上記指定位置の肉厚中央部Ｔｃと上記溶接スタンドを通過した後の排出溶鋼面積Ａをパラメーターとして扱う許容範囲の境界は、上記溶接スタンドを通過した後の排出溶鋼面積Ａおよび、上記指定位置の管エッジ表面の外表面と内表面との温度差分ΔＴを用いて許容範囲の上下限を決定する。オフラインでの溶接部の評価試験はへん平試験、溶接部中の酸化物を検知する超音波探傷試験、溶接部から試験片を切出したシャルピー衝撃試験などがあるが、所望される特性に合わせて試験方法を選

定する。
【００３６】
上記排出溶鋼面積Ａと上記指定位置の管エッジ表面の外表面と内表面との温度差分ΔＴの許容範囲の上下限の設定方法例を図５、図６および図７に示しながら以下に説明するが、この限りではない。図５は、電縫溶接における肉厚中央部の温度Ｔｃと、排出溶鋼面積Ａの各条件におけるへん平試験の結果から溶接部の良否判定を行い、各肉厚中央部の温度Ｔｃにおける排出溶鋼面積の上下限ＡｍａｘとＡｍｉｎを設定し、各上下限点を通る関数の導出方法の一例を説明するための図である。まず、種々の溶接条件によって検出された溶接スタンドを通過した後の排出溶鋼面積Ａと、検出したときに溶接を行っていた鋼管溶接部に所望される特性とを対応させる。ここでは、鋼管の溶接部に所望される特性として、へん平試験で測定される溶接部のへん平率を用いる。ここで、へん平率はＪＩＳ　Ｇ３４７８：２０１５に記載のへん平試験方法に基づき、算出することができ、Ｈ／Ｄ（管の外径Ｄ、へん平試験において溶接部に割れが発生し始めるときの平板間の距離Ｈ）として求められる。へん平率Ｈ／Ｄが小さいほど溶接部の強度が大きく、優れた溶接部の特性であることを示す指標である。また、へん平率は鋼管の種類によって許容される上限値が定められている。
【００３７】
まず、任意のＶ収束角度θにおける、排出溶鋼面積Ａおよび上記指定位置の肉厚中央部ＴｃおよびへんＨ／Ｄの関係を明らかにする。上記任意のＶ収束角度θを一定にした電縫溶接を行うためには、成形に用いるフィンパスロールのフィン幅やスクイズロールのロールポジションを変更せずに電縫溶接を行う。電縫溶接を行うにあたって、エッジ温度分布撮影装置１０による指定位置の肉厚中央部Ｔｃと上記指定位置の管エッジ表面の外表面と内表面との温度差分ΔＴの測定、および、溶接部撮影装置１１によるＶ収束角度θと排出溶鋼面積Ａの算出を行う。そして、溶接電力を調整した電縫溶接を行い、得られた管に対して上記へん平試験を行って、へん平率Ｈ／Ｄを測定する。
【００３８】
次いで、スクイズロールよりも上流側にある成形に用いるロールのロールポジション、を変更し、オープン管の端部周辺の外径曲率を変更させて、電縫溶接における両エッジの突合せ角度の調整を行う。ここで示す突合せ角度とは、オープン管を正面から見て両エッジの向かい合う端面同士が成す角度のことである。
ロールポジションを変更する成形に用いるロールは、エッジフォーミングやフィンパスロールなどを示すが、この限りではない。両エッジの突合せ角度を変更したとき、上記同様に溶接電力を調整した電縫溶接を行い、得られた管に対して上記へん平試験を行って、へん平率Ｈ／Ｄを測定する。電縫溶接における両エッジの突合せ角度を変更したとき、オープン管正面からその断面を見て、オープン管の開口部の幅が外面側の方が広いとき（Ｖ字型突合せ）のとき、近接効果の差によって外表面温度T_0は内表面温度T_iよりも小さくなり、上記指定位置の管エッジ表面の外表面と内表面との温度差分ΔＴは正になる。また、逆に、オープン管の開口部の幅が外面側の方が狭いとき（逆Ｖ字型突合せ）のとき、近接効果の差によって外表面温度T_0は内表面温度T_iよりも大きくなり、上記指定位置の管エッジ表面の外表面と内表面との温度差分ΔＴは負になる。
上記のようにして繰り返し行った電縫溶接において、図５に示すように、指定位置の肉厚中央部Ｔｃと排出溶鋼面積Ａの組合せを有する電縫鋼管において測定されたへん平率Ｈ／Ｄをプロットさせる。ここで、溶接部特性が〇は、目標のへん平率Ｈ／Ｄ以下である、すなわち、目標の溶接部の強度を満たしており、×は、目標のへん平率Ｈ／Ｄ超、すなわち、目標の溶接部の強度を満たしていない。各座標データにおいて、所望のへん平率を満たすことができる条件の、各指定位置の肉厚中央部Ｔｃにおける排出溶鋼面積Ａの上下限の境界を求める。各Ｔｃにおける排出溶鋼面積Ａの上限および下限の境界はそれぞれ、Ｔｃを一定条件のもと、排出溶鋼面積Ａの増加方向、減少方向に３プロット以上連続して溶接部特性が×となるデータ群の領域に対して、上限であれば上記×となるデータ群の領域に近接している溶接部特性が〇である最大値の排出溶鋼面積、下限であれば上記×となるデ

ータ群の領域に近接している溶接部特性が〇である最小値の排出溶鋼面積とする。
そして、各指定位置の肉厚中央部Ｔｃにおける排出溶鋼面積Ａの上限Ａｍａｘ、および、下限Ａｍｉｎを最小二乗法などの計算手法を用いて、排出溶鋼面積Ａの許容範囲を求める。ここでは境界の与え方については指定が無いが、計算コストを小さくするために、直線近似による境界の算出方法でも可能である。上記排出溶鋼面積がＡｍｉｎ未満であれば、溶接において、スクイズロールの圧接により、外部へ排出されるエッジ部の溶鋼が不十分となり、溶接部に酸化物が残存して、へん平率が悪化し、また、上記排出溶鋼面積がＡｍａｘ超の場合、溶接において、エッジ部が過加熱となり、エッジ部表面の酸化物の生成、成長が顕著になるため、へん平率が悪化するため、排出溶鋼面積Ａの許容範囲はＡｍｉｎ～Ａｍａｘとする。

【００３９】

次いで、上記にようにして排出溶鋼面積Ａの上下限の境界を定められた座標データに対し、許容範囲内に存在する各指定位置の肉厚中央部Ｔｃにおける排出溶鋼面積Ａの組合せのうち、各排出溶鋼面積Ａにおける指定位置の肉厚中央部Ｔｃの上下限の境界を求める。図６は、電縫溶接における肉厚中央部の温度Ｔｃと、排出溶鋼面積Ａの各条件におけるへん平試験の結果から溶接部の良否判定を行い、各肉厚中央部の温度Ｔｃにおける排出溶鋼面積の上下限ＡｍａｘとＡｍｉｎを設定し、各上下限点を通る関数を導出した後、溶接部不良を排除するための指定位置の管エッジ表面の外表面と内表面との温度差分の上下限ΔＴｍａｘとΔＴｍｉｎの導出方法の一例を説明するための図である。肉厚中央部Ｔｃの上下限の境界を求めるにあたっては、図６に示すように各点において算出された指定位置の管エッジ表面の外表面と内表面との温度差分ΔＴに基づいた境界の導出を行う。ここでは、各点における指定位置の管エッジ表面の外表面と内表面との温度差分ΔＴが、０℃以上１０℃未満、－１０℃以上０℃未満というように、一定間隔のデータ群に区分を行う。例えば、図６中のΔＴ１は、－２００℃以上－１５０℃未満、ΔＴ２は－１５０℃以上－１００℃未満、ΔＴ４は２５０℃以上３００℃未満である。上記のようにして区分されたデータ群の中にあるデータがＡｍｉｎ～Ａｍａｘの範囲内において全て所望の溶接部特性を満たす温度差分ΔＴの最大値ΔＴｍａｘ及び最小値ΔＴｍｉｎのデータ群を抽出し、指定位置の肉厚中央部Ｔｃと排出溶鋼面積Ａのグラフ中から、これら温度差分最大値ΔＴｍａｘ及び最小値ΔＴｍｉｎの範囲を満たす境界を求める。境界線は例えば最小二乗法などの計算手法を用いて求める。ここでは境界の与え方については指定が無いが、計算コストを小さくするために、直線近似による境界の算出方法でも可能である。上記のように、図５で求めた排出溶鋼面積Ａの境界に対して管エッジ表面の外表面と内表面との温度差分ΔＴを適用することで、溶接部特性が〇であるプロット群の中に混在している×の水準を取り除くことができ、溶接部特性が×となる条件を排除することが可能となる。また技術的な観点から、上記指定位置の肉厚中央部Ｔｃが下限ΔＴｍｉｎ未満であれば、管外面側の過加熱が顕著になり、管外面へ排出される溶鋼面積を過大に評価される。そのため、肉厚中央部が十分加熱されていないのにも関わらず、溶接部撮影装置１１を用いた画像分析では、外面へ排出される溶鋼面積は合格であると誤った判定を行うため、結果として所望の溶接部のへん平率を満たせない。また、上記指定位置の肉厚中央部Ｔｃが上限ΔＴｍａｘ超であれば、エッジ部外面の加熱が不十分となり、スクイズロールによるアップセットにおいて、エッジ部外面近傍の溶融部が早期に凝固し、外面側外部への溶鋼排出の経路を塞ぐため、酸化物を含んだ溶鋼が十分に排出されなくなり、所望のへん平率が得られない問題がある。

【００４０】

図７は、電縫溶接における各Ｖ収束角度θにおいて、肉厚中央部の温度Ｔｃと、排出溶鋼面積Ａの各条件におけるへん平試験の結果から、肉厚中央部の温度Ｔｃと、排出溶鋼面積Ａの関係から溶接の許容範囲の分布を導出し、前記溶接の許容範囲の分布を、各Ｖ収束角度θで内挿し、任意の溶接条件における許容範囲の導出方法の一例を説明するための図である。上記のへん平率Ｈ／Ｄに基づいた、排出溶鋼面積Ａおよび上記指定位置の肉厚中央部Ｔｃの組合せの許容範囲の導出について、Ｖ収束角度θを変更し、同様の処理を繰り

返し行うことで、図７に示す溶接の許容範囲２０００を決定する。ここで、Ｖ収束角度θのピッチは特に指定しないが、通常の操業条件において、プリセットするＶ収束角度θの最大値と最小値の間で５分割以上分けて許容範囲の導出を行うことが好ましい。また、上記のように直接許容範囲を求めていないＶ収束角度θの条件については、その前後で許容範囲を求めたＶ収束角度θの許容範囲を内挿して近似するなどの処理を行う。この処理で得られた結果については、記憶部１４０３に記録しておくことができる。これにより、ステップＳ９の処理は完了し、溶接管理処理はステップＳ１０の処理に進む。

【００４１】

ステップＳ１０の処理では、出力部１４０２が、ステップＳ９で得られた溶接条件の良否判定を外部へ出力する。外部への出力にはオペレータが判定結果を認知する必要があるため、溶接管理装置１０００に備えらえたグラフィック装置やアラーム装置等へ出力することが好ましい。これにより、ステップＳ１０の処理は完了し、一連の溶接管理処理を終了させる。

【００４２】

以上、本発明の実施形態として、電縫鋼管の溶接管理装置について説明した。
また、本発明では、上述した溶接管理装置を有する溶接管理システムも提供される。
また、上記の溶接管理装置を有する溶接管理システムは、電縫鋼管を製造する際に用いることができ、具体的に、電縫鋼管の製造方法は、鋼板又は鋼帯に対して周方向に連続的な曲げ加工を施し、両エッジ部を突き合わせてオープン管とし、その後突き合わせたオープン管の両エッジ部に対して、溶接スタンドを用いて連続的にアプセットする電縫溶接により製造するが、電縫溶接の際、前述した溶接システムにより行われる処理により溶接管理を行う。電縫鋼管の溶接管理方法も上記で説明した方法にて実施される。さらに、上述した電縫鋼管の溶接管理方法を用いて、電縫鋼管を製造することができる。

【００４３】

このように、本発明によれば、電縫溶接時の端面の加熱分布や突合せ状態を精度高く測定し、溶接後の排出溶鋼量も考慮することで、溶接欠陥を抑制することができる。

【００４４】

また、上述した本発明の実施の形態について、これら実施の形態は本発明を実施するための一例に過ぎない。よって、本発明は上述した実施の形態に限定されることなく、その趣旨を逸脱しない範囲内であれば、当業者等によりなされる他の実施の形態、実施例および運用技術等は全て本発明の範疇に含まれる。

【実施例】

【００４５】

管厚５ｍｍで鋼管外径がφ９０ｍｍの種々の電縫溶接管に対して、まず、溶接条件の許容範囲を導出するために、Ｖ収束角度θを３～７°、エッジ肉厚中央部の温度Ｔｃを測定する位置を溶接スタンドのスクイズロールの軸直下から上流側へ６ｍｍ離れた位置とし、成形中のエッジベンド成形を調整して、同位置における管内外面温度の差分値ΔＴを－３００℃～＋３００℃、溶接速度を４０ｍ／ｍｉｎとして電縫溶接を行った。Ｖ収束角度θはフィンパスロールのフィンロール幅を変更して調整した。また、管内外面温度の温度差分ΔＴを調整するために、フィンパスロールのロールポジションを変更し、特にエッジ部周辺の曲げ変形を調整した。

【００４６】

種々の電縫溶接において、溶接電力を変更しながら２色式温度計カメラを用いて、フレームレート２０ｆｐｓ、管長手方向の画素数を１９２０画素、管肉厚方向の画素数を１０８０画素、管長手方向の視野を５０ｍｍとして溶接前の温度分布の２次元画像を取得した。また、種々の電縫溶接においてＣＣＤカメラを用いて、フレームレート２０ｆｐｓ、管長手方向の画素数を１９２０画素、管長手方向の視野を６０ｍｍとして、溶接中の溶接部前後の画像を取得した。これら取得した画像から、各フレームの指定位置の肉厚中央部の温度Ｔｃと、前記指定位置の管エッジ表面の外表面と内表面との温度差分ΔＴと、前記Ｖ収束角度θと、前記溶接スタンドを通過した後の排出溶鋼面積Ａを抽出し、Ｖ収束角度θ

を所定の値に固定にした時のＴｃ、ΔＴ、Ａについてはスクイズロールの一回転分の平均値を算出した。得られた鋼管を１００ｍｍ長さに切り出し、ＪＩＳ　Ｇ３４７８：２０１５に基づいて溶接部のへん平試験を行い、鋼管を２枚の平板で挟み、溶接部に割れが生じた時の２枚の平板間の距離Ｈを測定し、平板間の距離Ｈを鋼管の初期外径Ｄで除したへん平率Ｈ／Ｄを算出した。へん平率Ｈ／Ｄが２／３以下であれば合格とした。これらの一連の作業について、Ｖ収束角度を３°～７°まで１°間隔で溶接条件の許容範囲を導出した。

【００４７】

代表として、Ｖ収束角度θが５°における、上記指定位置の肉厚中央部の温度Ｔｃと上記排出溶鋼面積Ａの許容範囲を導出した結果を図８に示す。各上記指定位置の肉厚中央部の温度Ｔｃと上記排出溶鋼面積Ａの許容範囲の上下限については、各一定の上記排出溶鋼面積Ａにおける指定位置の肉厚中央部の温度Ｔｃの上限値および下限値のそれぞれを最小二乗法による直線近似を行った。同様に、各一定の指定位置の肉厚中央部の温度Ｔｃにおける排出溶鋼面積Ａの上限値および下限値のそれぞれを最小二乗法による直線近似を行った。ここでは、指定位置の管エッジ表面の外表面と内表面との温度差分ΔＴの上限（ΔＴｍａｘ）は２５０℃であり、下限（ΔＴｍｉｎ）は－８０℃であった。

【００４８】

表１に発明例と比較例の肉厚中央部の温度Ｔｃ、内外面温度差分値ΔＴ、Ｖ収束角度θ、排出溶鋼面積Ａおよび鋼管のへん平率の合格率を示す。発明例は、管エッジ表面の外表面と内表面との温度差分ΔＴを約＋１００℃、Ｖ収束角度を約５°となるようにロールポジションのセットアップを行い、エッジ肉厚中央部の温度Ｔｃが１４００℃±１０℃、排出溶鋼面積が３．２±０．２mm^2を満たすように溶接電力を調整した。これに対して、比較例は電縫溶接時の溶接管理を行わず、溶接電力を調整し、排出溶鋼の状態を目視のみで確認した。

【００４９】

得られた電縫鋼管から切り出した１００ｍｍ長さのサンプル１００本に対して、ＪＩＳ Ｇ３４７８：２０１５に基づいて溶接部のへん平試験を行い、へん平率Ｈ／Ｄを測定した。へん平率Ｈ／Ｄの合格率は、２／３以下を満たした鋼管の本数が占める割合としており、合格率が９５％以上であると適切に電縫溶接できていると判断される。発明例である鋼管Ｎｏ．１では合格率が１００％であり、適切に電縫溶接できているのに対し、比較例である鋼管Ｎｏ．２では合格率が９２％であり、所定の電縫溶接ができていない。

【００５０】

【表１】

鋼管No.	肉厚中央部の温度Tc [℃]	内外面温度差分値ΔT [℃]	V収束角度Θ [°]	排出溶鋼A [mm^2]	合格率 [%]	備考
1	1400	100	5	3.2	100	発明例
2	1340	320	3	3.2	92	比較例

【符号の説明】

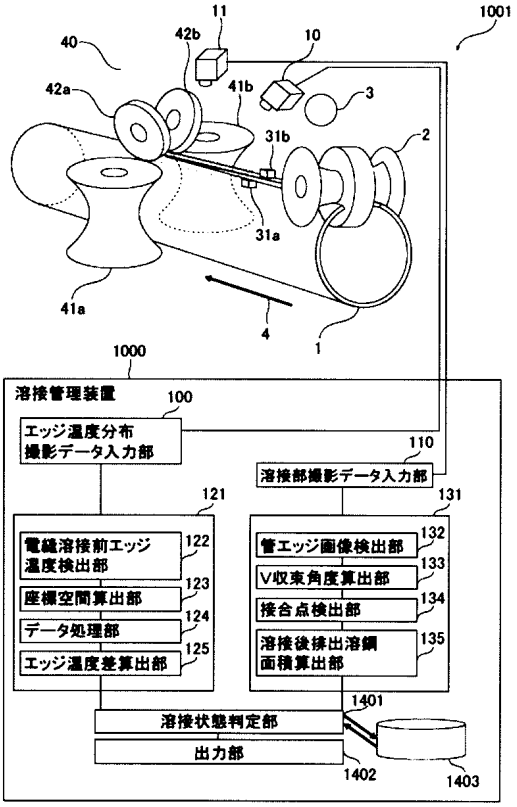
【００５１】

１　オープン管
２　フィンパスロール
３　高周波発振装置
４　溶接方向
１０　エッジ温度分布撮影装置
１１　溶接部撮影装置
２０　溶接部のエッジ検出画像
３１ａ、３１ｂ　コンタクトチップ
４０　溶接スタンド
４１ａ、４１ｂ　スクイズロール

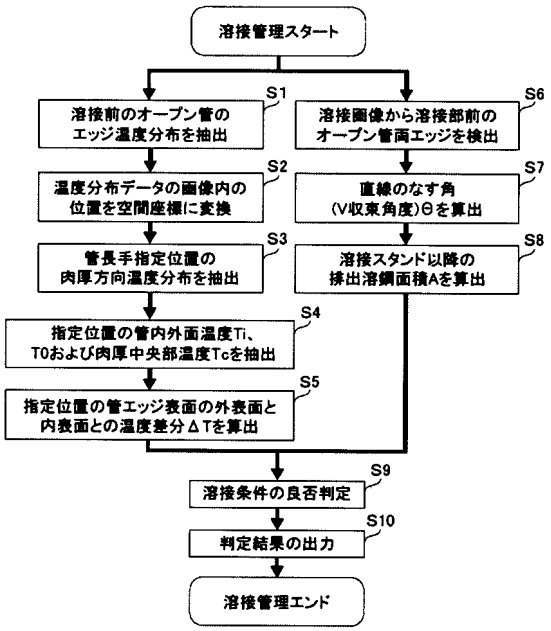
４２ａ、４２ｂ　トップロール
１００　エッジ温度分布撮影データ入力部
１１０　溶接部撮影データ入力部
１２１　温度分布処理部
１２２　電縫溶接前エッジ温度検出部
１２３　座標空間算出部
１２４　データ処理部
１２５　エッジ温度差算出部
１３１　溶接画像処理部
１３２　管エッジ画像検出部
１３３　Ｖ収束角度算出部
１３４　接合点検出部
１３５　溶接後排出溶鋼面積算出部
２０１　加熱部
２０２　衝合部
２０２ａ、２０２ｂ　オープン管両エッジ端面
２０３　溶接スタンド以降の排出溶鋼
２０４　溶接スタンドのロールセンター直下位置
２０５　開口部
θ　Ｖ収束角度
２０７　溶接ビード
１０００　溶接管理装置
１００１　溶接管理システム
１４０１　溶接状態判定部
１４０２　出力部
１４０３　記憶部
Ｌａ、Ｌｂ　オープン管の両エッジ端面を近似した直線
２０００　許容範囲

【図面】

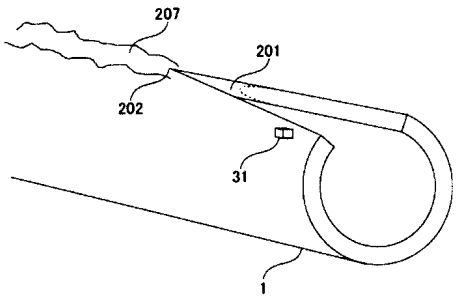
【図１】


11
1001
40
42b
10
42a
41b
3
31b
2
31a
41a
4
1
1000
溶接管理装置
100
エッジ温度分布
撮影データ入力部
110
溶接部撮影データ入力部
121
131
電縫溶接前エッジ
温度検出部
122
座標空間算出部
123
データ処理部
124
エッジ温度差算出部
125
管エッジ画像検出部
132
V収束角度算出部
133
接合点検出部
134
溶接後様出溶鋼
面積算出部
135
1401
溶接状態判定部
出力部
1402
1403

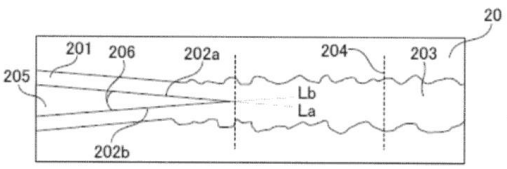
【図２】


溶接管理スタート
S1
溶接前のオーブン管の
エッジ温度分布を抽出
S6
溶接画像から溶接部前の
オーブン管両エッジを検出
S2
温度分布データの画像内の
位置を空間座標に変換
S7
直線のなす角
(V収束角度)θを算出
S3
管長手指定位置の
肉厚方向温度分布を抽出
S8
溶接スタンド以降の
排出溶鋼面積Aを算出
S4
指定位置の管内外面温度Ti、
T0および肉厚中央部温度Tcを抽出
S5
指定位置の管エッジ表面の外表面と
内表面との温度差分ΔTを算出
S9
溶接条件の良否判定
S10
判定結果の出力
溶接管理エンド

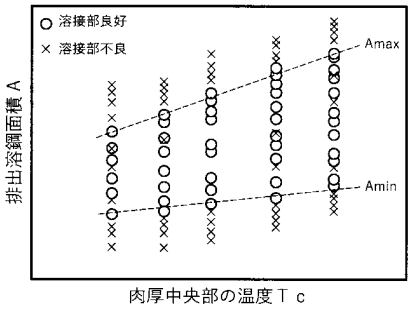
【図３】


207
201
202
31
1

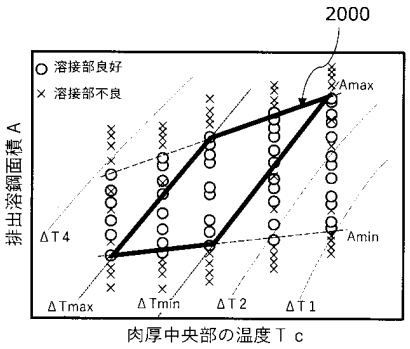
【図４】


20
201
206
202a
204
203
205
Lb
La
202b

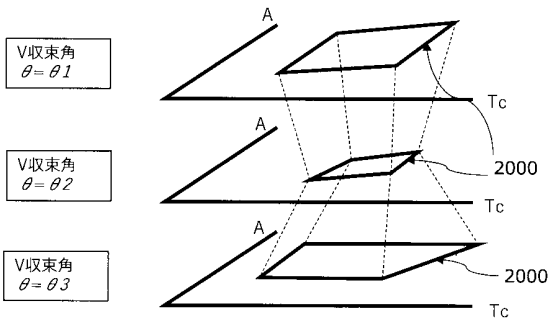
【図５】


○ 溶接部良好
× 溶接部不良
Amax
Amin
排出溶鋼面積 A
肉厚中央部の温度Ｔｃ

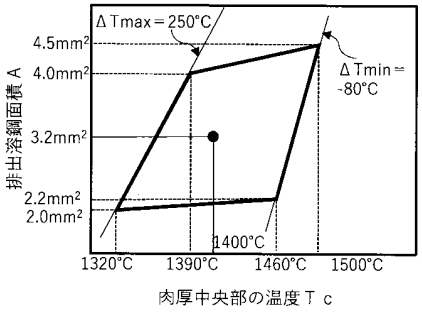
【図６】


2000
○ 溶接部良好
× 溶接部不良
Amax
Amin
ΔT4
ΔTmax
ΔTmin
ΔT2
ΔT1
排出溶鋼面積 A
肉厚中央部の温度Ｔｃ

【図７】


V収束角
θ＝θ1
V収束角
θ＝θ2
V収束角
θ＝θ3
A
A
A
Tc
2000
Tc
2000
Tc

【図８】


ΔTmax＝250°C
ΔTmin＝
-80°C
4.5mm²
4.0mm²
3.2mm²
2.2mm²
2.0mm²
1400°C
1320°C
1390°C
1460°C
1500°C
排出溶鋼面積 A
肉厚中央部の温度Ｔｃ

フロントページの続き

東京都千代田区内幸町二丁目２番３号　ＪＦＥスチール株式会社内
(72)発明者　勝村　龍郎
東京都千代田区内幸町二丁目２番３号　ＪＦＥスチール株式会社内

審査官　飯田　義久

(56)参考文献　特開昭６１－１４０３８４（ＪＰ，Ａ）
特開昭６２－２０３６８０（ＪＰ，Ａ）
特開平０２－１６０１８４（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－０３３６２１（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１３／１５７４２２（WO，Ａ１）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ２１Ｃ　３７／０８
Ｂ２３Ｋ　１３／００
Ｂ２３Ｋ　１３／０８