

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6020479号  
(P6020479)

(45) 発行日 平成28年11月2日(2016.11.2)

(24) 登録日 平成28年10月14日(2016.10.14)

(51) Int. Cl.	F 1
<b>B 2 1 B 1/22 (2006.01)</b>	B 2 1 B 1/22 J
<b>B 2 1 B 45/00 (2006.01)</b>	B 2 1 B 45/00 N
<b>B 2 1 C 51/00 (2006.01)</b>	B 2 1 C 51/00 L
<b>B 2 1 B 39/08 (2006.01)</b>	B 2 1 B 39/08 A
<b>B 2 1 B 39/14 (2006.01)</b>	B 2 1 B 39/14 J
請求項の数 8 (全 19 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2014-14646 (P2014-14646)	(73) 特許権者	000001258
(22) 出願日	平成26年1月29日(2014.1.29)		J F E スチール株式会社
(65) 公開番号	特開2015-139810 (P2015-139810A)		東京都千代田区内幸町二丁目2番3号
(43) 公開日	平成27年8月3日(2015.8.3)	(74) 代理人	100089118
審査請求日	平成27年8月25日(2015.8.25)		弁理士 酒井 宏明
		(72) 発明者	植野 雅康
			東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J
			F E スチール株式会社内
		(72) 発明者	原田 悦充
			東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J
			F E スチール株式会社内
		(72) 発明者	児玉 英優
			東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J
			F E スチール株式会社内
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 冷間圧延設備および冷間圧延方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

順次搬送される鋼板を加熱装置によって加熱し、加熱後の前記鋼板を、前記鋼板の搬送方向に並ぶ複数の圧延機を有するタンデム圧延機によって順次冷間圧延する冷間圧延設備において、

前記加熱装置による加熱前の前記鋼板の蛇行量を測定する蛇行量測定部と、

加熱前の前記鋼板の母材形状に起因する蛇行を修正する蛇行修正装置と、

前記タンデム圧延機における最上流の圧延機による冷間圧延後の前記鋼板の形状を測定する形状測定部と、

前記最上流の圧延機による冷間圧延後の前記鋼板の形状を制御する形状制御部と、

前記蛇行量測定部による前記鋼板の蛇行量の測定値に基づき前記蛇行修正装置の動作を制御して、加熱前の前記鋼板の母材形状に起因する蛇行を制御し、該母材形状に起因する蛇行の制御に並行して、前記形状測定部による前記鋼板の形状の測定値に基づき前記形状制御部の動作を制御して、前記タンデム圧延機による前記鋼板の冷間圧延に起因する前記鋼板の蛇行を制御する制御部と、

を備えたことを特徴とする冷間圧延設備。

【請求項2】

前記蛇行修正装置は、前記加熱装置よりも前記鋼板の搬送方向の上流側に配置され、

前記蛇行量測定部は、前記蛇行修正装置と前記加熱装置との間に配置されることを特徴とする請求項1に記載の冷間圧延設備。

## 【請求項 3】

前記蛇行修正装置は、  
加熱前の前記鋼板に接触しながら回転して、加熱前の前記鋼板を搬送するとともに加熱前の前記鋼板の張力を制御するためのブライドルロールと、  
前記ブライドルロールの中心軸が水平方向に対して傾斜するように前記ブライドルロールを傾動するロール傾動部と、  
を備えたことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の冷間圧延設備。

## 【請求項 4】

前記加熱装置は、前記鋼板の幅方向の両エッジ部を前記鋼板の厚さ方向の両側から非接触に挟む C 型のインダクタを備え、誘導加熱方式によって前記鋼板のうちの前記両エッジ部を加熱することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一つに記載の冷間圧延設備。

10

## 【請求項 5】

順次搬送される鋼板を加熱装置によって加熱し、加熱後の前記鋼板を、前記鋼板の搬送方向に並ぶ複数の圧延機を有するタンデム圧延機によって順次冷間圧延する冷間圧延方法において、

前記加熱装置による加熱前の前記鋼板の蛇行量と、前記タンデム圧延機における最上流の圧延機による冷間圧延後の前記鋼板の形状とを測定する測定ステップと、

前記鋼板の蛇行量の測定値に基づいて加熱前の前記鋼板の母材形状に起因する蛇行を制御し、該母材形状に起因する蛇行の制御に並行して、前記鋼板の形状の測定値に基づいて前記鋼板の冷間圧延に起因する蛇行を制御する蛇行制御ステップと、

20

を含むことを特徴とする冷間圧延方法。

## 【請求項 6】

前記測定ステップは、前記加熱装置よりも前記鋼板の搬送方向の上流側に配置されて加熱前の前記鋼板の母材形状に起因する蛇行を修正する蛇行修正装置と前記加熱装置との間に配置された蛇行量測定部によって、加熱前の前記鋼板の蛇行量を測定することを特徴とする請求項 5 に記載の冷間圧延方法。

## 【請求項 7】

前記蛇行制御ステップは、加熱前の前記鋼板に接触しながら回転して加熱前の前記鋼板を搬送するとともに加熱前の前記鋼板の張力を制御するためのブライドルロールと、前記ブライドルロールの中心軸が水平方向に対して傾斜するように前記ブライドルロールを傾動するロール傾動部とを有する前記蛇行修正装置の前記ロール傾動部の動作を、前記鋼板の蛇行量の測定値に基づき制御して、加熱前の前記鋼板の母材形状に起因する蛇行を制御することを特徴とする請求項 6 に記載の冷間圧延方法。

30

## 【請求項 8】

前記鋼板の幅方向の両エッジ部を前記鋼板の厚さ方向の両側から非接触に挟む C 型のインダクタを備えた前記加熱装置を用い、前記蛇行制御ステップによって蛇行を制御された前記鋼板の幅方向の両エッジ部を誘導加熱方式によって加熱する加熱ステップを含むことを特徴とする請求項 5 ~ 7 のいずれか一つに記載の冷間圧延方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

40

## 【0001】

本発明は、鋼板を冷間圧延する冷間圧延設備および冷間圧延方法に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来、鋼板の冷間圧延の操業においては、完全連続式冷間タンデムミル、酸洗ライン後段の連続式タンデムミル、単スタンドのリバースミル等、冷間圧延設備の如何を問わず、室温程度、すなわち高くとも 40 程度の鋼板が冷間圧延される。これは、鋼板の温度増加に伴って鋼板の変形抵抗が低下することを考慮しても、被圧延材である鋼板の温度を高めることによって得られるメリットに比べ、被るデメリットが大きいからである。例えば、鋼板の温度を高めることによるメリットとして、鋼板の変形抵抗の低下に伴う圧延動力

50

の低下が挙げられるが、このメリットは、鋼板の冷間圧延の操業において、殆ど無視される程度である。これに対して、鋼板を昇温するためのコスト的損失が非常に大きいこと、高温の鋼板のハンドリングが労働環境面から問題であること等、鋼板の高温化に起因するデメリットが多である。

#### 【 0 0 0 3 】

上述したような室温レベルの鋼板が冷間圧延に供された場合、冷間圧延中の鋼板の幅方向端部（以下、エッジ部という）に耳割れが生じる可能性がある。特に、1%以上の珪素を含有する珪素鋼板、ステンレス鋼板、高炭素鋼板等の難圧延材は一般の鋼板と比較して脆性材料となるため、室温レベルの難圧延材を冷間圧延した際、耳割れが顕著に発生する。耳割れの程度が大きい場合には、耳割れを起点として鋼板が冷間圧延中に破断する虞がある。

10

#### 【 0 0 0 4 】

この問題を解決する方法として、例えば、特許文献1には、珪素鋼板を冷間圧延するに際して、エッジ部を60（延性-脆性遷移温度）以上の温度に昇温した珪素鋼板を被圧延材として圧延機に供給する珪素鋼板の冷間圧延方法が開示されている。また、特許文献2には、鋼板のエッジ部を誘導加熱で昇温させる手段として、C型インダクタ（誘導子）を用いた一对の誘導加熱装置が開示されている。この特許文献2に記載の誘導加熱装置は、鋼板の幅方向（以下、板幅方向と適宜いう）の両エッジ部をC型インダクタのスリット内に上下から非接触に挟み、C型インダクタのコイルに電源装置から高周波電流を流して鋼板の厚さ方向（以下、板厚方向と適宜いう）の磁束を鋼板の両エッジ部に与えて、これら両エッジ部に誘導電流を生じさせ、この誘導電流によって発生するジュール熱により、これら両エッジ部を加熱する。

20

#### 【 0 0 0 5 】

ここで、鋼板のエッジ部を所定の温度に昇温するためには、鋼板のエッジ部とこのエッジ部を板厚方向の上下から非接触に挟むC型インダクタとの重なり合う長さ（以下、ラップ長という）が予め設定された値となるように、C型インダクタを支持する台車の位置を鋼板の板幅に応じてセットする必要がある。しかしながら、実操業においては、鋼板のセンターリング不良や平坦度不良によって鋼板が板幅方向に蛇行するため、ラップ長が変化してしまう。ラップ長が小さくなれば、磁束の流れを遮る渦電流の発生が少なくなるため、力率が悪化して無効電流が増加し、C型インダクタのコイルに流れる高周波電流が定格値まで増加しても所定の出力が出せず、この結果、エッジ部の加熱不足が生じることがある。あるいは、エッジ部の一部分を過度に加熱する事態（局部異常加熱）に至ることがある。

30

#### 【 0 0 0 6 】

加熱不足の場合には、鋼板の冷間圧延中にエッジ部に耳割れが生じてしまう。この耳割れは、上述したように、冷間圧延中の鋼板の破断を引き起こす原因になる。一方、局部異常加熱の場合には、鋼板のエッジ部に、熱応力による変形に起因して耳波が生じてしまう。耳波の程度が大きい場合には、冷間圧延中の鋼板に絞り破断が生じる虞があり、このため、鋼板の安定した冷間圧延が困難になる。以上のことから、冷間圧延される鋼板のエッジ部を誘導加熱によって所定の温度に昇温するに際しては、ラップ長を最適な値に制御することが極めて重要となる。

40

#### 【 0 0 0 7 】

なお、上述したラップ長の制御に関する従来技術として、例えば、搬送される鋼板のエッジ部を加熱する加熱コイルと、この加熱コイルを搭載したコイル台車体と、このコイル台車体を鋼板の進行方向と直角の方向へ移動させる移動機構と、このコイル台車体に取り付けられて鋼板のエッジ部に接触するガイドローラとを備えた誘導加熱装置がある（特許文献3参照）。この特許文献3に記載の誘導加熱装置は、鋼板の誘導加熱中にガイドローラが鋼板のエッジ部に接触するように移動機構を動作させて、鋼板と加熱コイルとの相対位置関係を常に一定に保つようになっている。

#### 【 0 0 0 8 】

50

また、鋼板の左右エッジ部が通過するラインの左右側位置に鋼板進行方向と直角方向に進退する台車を配置し、これら左右の各台車に、鋼板のエッジ部を上下から挟むインダクタを設置し、台車の自動位置コントローラにより、鋼板のエッジ部とインダクタとのラップ長を制御して、鋼板のエッジ部を加熱する誘導加熱制御方法がある（特許文献4参照）。この特許文献4に記載の誘導加熱制御方法では、左右の各インダクタの加熱コイルに流れる高周波電流を検出して、鋼板の蛇行によるラップ長の変化によって発生する電流値の偏差を求め、予め記憶した偏差電流値と偏差電流値を零とするに必要なインダクタの台車位置補正量との関係に基づき台車位置補正值を求める。ついで、電流値の大きい側の台車位置初期設定値から台車位置補正值を減算すると共に、電流値の小さい側の台車位置初期設定値に台車位置補正值を加算して左右の台車補正位置を求める。その後、左右の各台車の自動位置コントローラに、前述のように加減算した左右の台車補正位置を出力し、これにより、これら左右の各台車の位置を自動位置コントローラが補正するようにし、これを通して、鋼板の左右エッジ部と左右の各インダクタとのラップ長を制御している。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開昭61-15919号公報

【特許文献2】特開平11-290931号公報

【特許文献3】特開昭53-70063号公報

【特許文献4】特開平11-172325号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

上述した従来技術において、鋼板のエッジ部と誘導加熱装置のインダクタとのラップ長は、鋼板の蛇行に起因するエッジ部の位置変化に応じて補正される。言うなれば、このエッジの位置変化に応じてラップ長を補正するフィードバック制御が、従来、行われている。しかしながら、インダクタを搭載する台車の移動速度と比較して鋼板の蛇行速度が速い故に、上述した従来技術では、鋼板の蛇行に起因するエッジ部の位置変化にラップ長のフィードバック制御を十分に追従させることが困難である。このため、冷間圧延される前の鋼板のエッジ部を誘導加熱によって所定の温度に昇温するに際して、ラップ長を最適な値に安定して制御することは極めて困難である。この結果、被圧延材としての鋼板においてエッジ部の加熱不足または局部異常加熱が発生し、この状態の鋼板を冷間圧延した際、エッジ部の加熱不足による耳割れに起因して鋼板の破断が発生し、あるいは、エッジ部の局部異常加熱による耳波に起因して鋼板の絞り破断が発生してしまう。このような鋼板の耳割れに起因する破断または絞り破断（以下、これらを纏めて鋼板破断と適宜いう）の発生は、鋼板の冷間圧延の操業を阻害するとともに、冷間圧延の生産効率の低下を招来する。

30

【0011】

本発明は、上記の事情に鑑みてなされたものであって、鋼板破断の発生を可能な限り抑制して、鋼板の安定した冷間圧延を実現することが可能な冷間圧延設備および冷間圧延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】

【0012】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明にかかる冷間圧延設備は、順次搬送される鋼板を加熱装置によって加熱し、加熱後の前記鋼板を、前記鋼板の搬送方向に並ぶ複数の圧延機を有するタンデム圧延機によって順次冷間圧延する冷間圧延設備において、前記加熱装置による加熱前の前記鋼板の蛇行量を測定する蛇行量測定部と、加熱前の前記鋼板の蛇行を修正する蛇行修正装置と、前記タンデム圧延機における最上流の圧延機による冷間圧延後の前記鋼板の形状を測定する形状測定部と、前記最上流の圧延機による冷間圧延後の前記鋼板の形状を制御する形状制御部と、前記蛇行量測定部による前記鋼板の蛇行量の測定値に基づき前記蛇行修正装置の動作を制御して、加熱前の前記鋼板の蛇行

50

を制御し、且つ、前記形状測定部による前記鋼板の形状の測定値に基づき前記形状制御部の動作を制御して、前記タンDEM圧延機による前記鋼板の冷間圧延に起因する前記鋼板の蛇行を制御する制御部と、を備えたことを特徴とする。

【0013】

また、本発明にかかる冷間圧延設備は、上記の発明において、前記蛇行修正装置は、前記加熱装置よりも前記鋼板の搬送方向の上流側に配置され、前記蛇行量測定部は、前記蛇行修正装置と前記加熱装置との間に配置されることを特徴とする。

【0014】

また、本発明にかかる冷間圧延設備は、上記の発明において、前記加熱装置は、前記鋼板の幅方向の両エッジ部を前記鋼板の厚さ方向の両側から非接触に挟むC型のインダクタを備え、誘導加熱方式によって前記鋼板のうちの前記両エッジ部を加熱することを特徴とする。

10

【0015】

また、本発明にかかる冷間圧延方法は、順次搬送される鋼板を加熱装置によって加熱し、加熱後の前記鋼板を、前記鋼板の搬送方向に並ぶ複数の圧延機を有するタンDEM圧延機によって順次冷間圧延する冷間圧延方法において、前記加熱装置による加熱前の前記鋼板の蛇行量と、前記タンDEM圧延機における最上流の圧延機による冷間圧延後の前記鋼板の形状とを測定する測定ステップと、前記鋼板の蛇行量の測定値に基づいて加熱前の前記鋼板の蛇行を制御し、且つ、前記鋼板の形状の測定値に基づいて前記鋼板の冷間圧延に起因する蛇行を制御する蛇行制御ステップと、を含むことを特徴とする。

20

【0016】

また、本発明にかかる冷間圧延方法は、上記の発明において、前記測定ステップは、前記加熱装置よりも前記鋼板の搬送方向の上流側に配置されて加熱前の前記鋼板の蛇行を修正する蛇行修正装置と前記加熱装置との間に配置された蛇行量測定部によって、加熱前の前記鋼板の蛇行量を測定することを特徴とする。

【0017】

また、本発明にかかる冷間圧延方法は、上記の発明において、前記鋼板の幅方向の両エッジ部を前記鋼板の厚さ方向の両側から非接触に挟むC型のインダクタを備えた前記加熱装置を用い、前記蛇行制御ステップによって蛇行を制御された前記鋼板の幅方向の両エッジ部を誘導加熱方式によって加熱する加熱ステップを含むことを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、鋼板破断の発生を可能な限り抑制して、鋼板の安定した冷間圧延を実現することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】図1は、本発明の実施の形態にかかる冷間圧延設備の一構成例を示す図である。

【図2】図2は、本実施の形態における蛇行修正装置のブライドルロールを傾動する状態を例示する図である。

【図3】図3は、本実施の形態における冷間圧延設備の加熱装置の一構成例を示す図である。

40

【図4】図4は、本発明の実施の形態にかかる冷間圧延方法の一例を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下に、添付図面を参照して、本発明にかかる冷間圧延設備および冷間圧延方法の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本実施の形態により、本発明が限定されるものではない。

【0021】

(冷間圧延設備)

50

まず、本発明の実施の形態にかかる冷間圧延設備について説明する。図1は、本発明の実施の形態にかかる冷間圧延設備の一構成例を示す図である。図1に示すように、本実施の形態にかかる冷間圧延設備1は、被圧延材の搬送経路の入口端に巻戻し機2を備え、出口端にテンションリール12を備える。また、冷間圧延設備1は、巻戻し機2とテンションリール12との間に、被圧延材の搬送経路に沿って、溶接機3と、ルーパ4と、蛇行修正装置5と、板幅計6と、加熱装置7と、タンデム圧延機8および形状測定部10と、走間シャー11とを備える。このタンデム圧延機8における最上流の圧延機8aには、形状制御アクチュエータ9が設けられている。また、冷間圧延設備1は、蛇行修正装置5および形状制御アクチュエータ9を制御する制御部13を備える。

【0022】

巻戻し機2は、熱延鋼板等の鋼材を巻いたコイルから鋼板15を巻き戻し、冷間圧延設備1における被圧延材の搬送経路へ鋼板15を順次払い出す。巻戻し機2から払い出された鋼板15は、ピンチロール等を経て、巻戻し機2よりも鋼板15の搬送方向の下流側に位置する溶接機3へ順次搬送される。

【0023】

溶接機3は、レーザ溶接機等を用いて実現され、図1に示すように、巻戻し機2とルーパ4との間における被圧延材の搬送経路近傍に配置される。溶接機3は、巻戻し機2から払い出された複数の鋼板15を順次受け入れ、これら複数の鋼板15のうちの搬送方向に先行する鋼板(以下、先行材という)の尾端部と、この先行材に後続する鋼板(以下、後行材という)の先端部とを溶接する。溶接機3は、巻戻し機2からの複数の鋼板15に対して、上述した先行材の尾端部と後行材の先端部との溶接処理を順次行い、これにより、これら複数の鋼板15の先尾端部同士を接合してなる鋼帯16を形成する。鋼帯16は、溶接機3から搬出された後、溶接機3よりも鋼帯16の搬送方向の下流側に位置するルーパ4へ順次搬送される。

【0024】

ルーパ4は、冷間圧延等の連続処理が施される鋼帯16を適宜蓄積または払い出すための装置である。具体的には、図1に示すように、ルーパ4は、複数の固定ロール4a, 4c, 4e, 4gと、固定ロール4a, 4c, 4e, 4gに対して接近または離間する方向(以下、接離方向という)に移動可能な複数の可動ロール4b, 4d, 4fとを備える。このようなルーパ4において、図1に示すように、固定ロール4a、可動ロール4b、固定ロール4c、可動ロール4d、固定ロール4e、可動ロール4f、および固定ロール4gは、この順に鋼帯16の搬送経路に沿って配置されている。

【0025】

固定ロール4a, 4c, 4e, 4gは、各々、設置位置が固定された搬送ロールであり、例えば図1に示すように、溶接機3から蛇行修正装置5に向かう方向に並ぶように配置される。各固定ロール4a, 4c, 4e, 4gは、鋼帯16を巻き掛けられる等によって鋼帯16に接触しながら、駆動部(図示せず)の作用によって自身のロール中心軸を中心に回転する。これにより、各固定ロール4a, 4c, 4e, 4gは、鋼帯16をその搬送経路に沿って搬送するとともに、定位置において鋼帯16に張力を付与する。一方、可動ロール4b, 4d, 4fは、各々、ループカー等の移動機構(図示せず)の作用によって接離方向に移動可能な搬送ロールである。可動ロール4b, 4d, 4fは、鋼帯16を巻き掛けられる等によって鋼帯16に接触しながら、自身のロール中心軸を中心に回転する。これにより、可動ロール4b, 4d, 4fは、固定ロール4a, 4c, 4e, 4gとの間において鋼帯16を張架するとともに、鋼帯16をその搬送方向に送出する。

【0026】

上述したような構成を有するルーパ4は、図1に示すように、タンデム圧延機8よりも鋼帯16の搬送方向の上流側、詳細には溶接機3と蛇行修正装置5との間に配置され、鋼帯16を蓄積または払い出しする。これにより、ルーパ4内における鋼帯16の滞留時間が調整される。このルーパ4による鋼帯16の蓄積または払い出しは、溶接機3による鋼板溶接の際に生じる鋼帯16の搬送休止時間等を吸収するために行われる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 7 】

例えば、冷間圧延設備 1 において、溶接機 3 が鋼帯 1 6 の溶接を行っていない期間、ルーパ 4 は、溶接機 3 から鋼帯 1 6 を受け入れつつ、可動ロール 4 b , 4 d , 4 f を固定ロール 4 a , 4 c , 4 e , 4 g から離間させる。これにより、ルーパ 4 は、溶接機 3 からの鋼帯 1 6 を蓄積しつつ、タンデム圧延機 8 側に向けて鋼帯 1 6 を連続的に搬送する。一方、溶接機 3 が各鋼板 1 5 の先尾端部同士を溶接している期間、溶接機 3 からルーパ 4 への鋼帯 1 6 の搬送が停止する。この場合、ルーパ 4 は、可動ロール 4 b , 4 d , 4 f を固定ロール 4 a , 4 c , 4 e , 4 g に接近させる。これにより、ルーパ 4 は、上述したように蓄積していた鋼帯 1 6 をタンデム圧延機 8 側へ払い出して、溶接機 3 側からタンデム圧延機 8 側への鋼帯 1 6 の連続的な搬送を維持する。ルーパ 4 は、溶接機 3 による鋼帯 1 6 の溶接が完了後、再び、可動ロール 4 b , 4 d , 4 f を固定ロール 4 a , 4 c , 4 e , 4 g から離間させる。ルーパ 4 は、この状態において溶接機 3 から受け入れた鋼帯 1 6 を蓄積しつつ、タンデム圧延機 8 側へ鋼帯 1 6 を連続的に搬送する。このようにして、ルーパ 4 は、溶接機 3 側からタンデム圧延機 8 側への鋼帯 1 6 の連続的な搬送を維持する。このルーパ 4 から払い出された鋼帯 1 6 は、ルーパ 4 よりも鋼帯 1 6 の搬送方向の下流側に位置する蛇行修正装置 5 へ順次搬送される。

10

## 【 0 0 2 8 】

蛇行修正装置 5 は、図 1 に示すように、加熱装置 7 よりも鋼帯 1 6 の搬送方向の上流側に配置され、加熱装置 7 による加熱前の鋼帯 1 6 の蛇行を修正する。本実施の形態において、蛇行修正装置 5 は、4 つのブライドルロール 5 a ~ 5 d と、ブライドルロール 5 a ~ 5 d を傾動するロール傾動部 5 e とを備える。

20

## 【 0 0 2 9 】

ブライドルロール 5 a ~ 5 d は、鋼帯 1 6 を搬送するロール体としての機能と、鋼帯 1 6 の張力を制御するためのロール体としての機能とを有する。具体的には、ブライドルロール 5 a ~ 5 d は、各々、鋼帯 1 6 の巻付き角が所定値以上（例えば 90 度以上）となるように、鋼帯 1 6 の搬送経路に沿って配置される。なお、巻付き角は、ブライドルロール 5 a ~ 5 d のうちの鋼帯 1 6 が接触する外周面部分に対応するブライドルロール 5 a ~ 5 d の中心角である。このように配置されたブライドルロール 5 a ~ 5 d は、鋼帯 1 6 を巻き掛けられる等によって鋼帯 1 6 に接触しながら、駆動部（図示せず）の作用によって自身のロール中心軸を中心に回転する。これにより、ブライドルロール 5 a ~ 5 d は、自身の外周面と鋼帯 1 6 との摩擦力によって鋼帯 1 6 に張力を付与しながら、ルーパ 4 側から加熱装置 7 側へ鋼帯 1 6 を搬送する。

30

## 【 0 0 3 0 】

詳細には、ブライドルロール 5 a は、ブライドルロール 5 b と協働して鋼帯 1 6 を張架するとともに、ルーパ 4 側からブライドルロール 5 b 側へ鋼帯 1 6 を搬送する。ブライドルロール 5 b は、ブライドルロール 5 a , 5 c と協働して鋼帯 1 6 を張架するとともに、ブライドルロール 5 a 側からブライドルロール 5 c 側へ鋼帯 1 6 を搬送する。ブライドルロール 5 c は、ブライドルロール 5 b , 5 d と協働して鋼帯 1 6 を張架するとともに、ブライドルロール 5 b 側からブライドルロール 5 d 側へ鋼帯 1 6 を搬送する。ブライドルロール 5 d は、ブライドルロール 5 c と協働して鋼帯 1 6 を張架するとともに、ブライドルロール 5 c 側から加熱装置 7 側へ鋼帯 1 6 を搬送する。上述したようにブライドルロール 5 a ~ 5 d によって鋼帯 1 6 に付与された張力は、ブライドルロール 5 a ~ 5 d の各回転速度を調整することにより、制御される。

40

## 【 0 0 3 1 】

また、ブライドルロール 5 a ~ 5 d は、鋼帯 1 6 の蛇行を矯正することが可能なステアリング機能を有する。具体的には、ブライドルロール 5 a ~ 5 d は、自身のロール中心軸を回転中心として回転可能な状態でロール傾動部 5 e に支持される。ロール傾動部 5 e は、ブライドルロール 5 a ~ 5 d のロール中心軸が水平方向に対して傾斜するように、ブライドルロール 5 a ~ 5 d を傾動する。図 2 は、本実施の形態における蛇行修正装置のブライドルロールを傾動する状態を例示する図である。ロール傾動部 5 e は、鋼帯 1 6 に蛇行

50

が生じた場合、例えば図2に示すように、鋼帯16を張架するブライドルロール5a, 5bの各ロール中心軸C1, C2が水平方向に対して傾斜するようにブライドルロール5a, 5bを傾動する。本実施の形態において、ロール傾動部5eは、ブライドルロール5c, 5dについても、上記のブライドルロール5a, 5bの場合と同様に傾動する。ブライドルロール5a~5dは、このようなロール傾動部5eの傾動作用、すなわちステアリング機能によって、鋼帯16の蛇行方向と反対方向に下る傾斜を形成し、これにより、加熱装置7による加熱前の鋼帯16の蛇行を修正する。

#### 【0032】

上述した蛇行修正装置5から搬出された鋼帯16は、蛇行修正装置5の出側に配置された板幅計6を經由し、蛇行修正装置5よりも鋼帯16の搬送方向の下流側に配置された加熱装置7へ順次搬送される。

10

#### 【0033】

板幅計6は、加熱装置7による加熱前の鋼帯16の蛇行量を測定する蛇行量測定部としての機能を有する装置であり、図1に示すように、蛇行修正装置5と加熱装置7との間に配置される。板幅計6は、蛇行修正装置5の出側において鋼帯16の両エッジ部を検出し、検出した両エッジ部の各位置を算出する。ついで、板幅計6は、算出した両エッジ部の各位置をもとに、鋼帯16の板幅方向の中心位置を算出し、この中心位置と鋼帯16の搬送経路中心との差を、鋼帯16の蛇行量として算出する。また、板幅計6は、得られた両エッジ部の各位置をもとに、鋼帯16の板幅を算出する。板幅計6は、このような蛇行修正装置5の出側における鋼帯16の蛇行量および板幅の算出を連続的または所定時間毎に断続的に実行する。その都度、板幅計6は、算出した鋼帯16の蛇行量を、蛇行修正装置5の出側における鋼帯16の蛇行量の測定値として制御部13に送信する。且つ、板幅計6は、算出した鋼帯16の板幅を、蛇行修正装置5の出側における鋼帯16の板幅の測定値として加熱装置7に送信する。

20

#### 【0034】

加熱装置7は、順次搬送される鋼帯16を冷間圧延前に加熱するものである。本実施の形態において、加熱装置7は、図1に示すように、タンデム圧延機8よりも鋼帯16の搬送方向の上流側、詳細には板幅計6とタンデム圧延機8における最上流の圧延機8aとの間に配置され、誘導加熱方式によって鋼帯16のうちの両エッジ部を加熱(誘導加熱)する。図3は、本実施の形態における冷間圧延設備の加熱装置の一構成例を示す図である。図3に示すように、加熱装置7は、鋼帯16の板幅方向の両エッジ部16a, 16bを鋼帯16の板厚方向の両側(例えば上下)から非接触に挟む一对のC型のインダクタ71a, 71bを備える。

30

#### 【0035】

インダクタ71aの脚部72a, 73aには、加熱コイル74aが設けられる。加熱コイル74aは、インダクタ71aの脚部72a, 73aの間隙内を鋼帯16のエッジ部16aが通過する際、このエッジ部16aに板厚方向の磁束を与えて、このエッジ部16aを誘導加熱する。一方、インダクタ71bの脚部72b, 73bには、加熱コイル74bが設けられる。加熱コイル74bは、インダクタ71bの脚部72b, 73bの間隙内を鋼帯16のエッジ部16bが通過する際、このエッジ部16bに板厚方向の磁束を与えて、このエッジ部16bを誘導加熱する。

40

#### 【0036】

また、加熱装置7は、図3に示すように、整合盤77と、高周波電源78と、計算ユニット79とを備える。高周波電源78は、整合盤77を介して加熱コイル74a, 74bに接続される。また、高周波電源78には、計算ユニット79が接続される。計算ユニット79は、鋼帯16の板厚、搬送速度および鋼種に基づいて鋼帯16の加熱条件を設定し、設定した加熱条件に応じて、加熱コイル74a, 74bに流す高周波電流の出力を高周波電源78に指示する。高周波電源78は、この計算ユニット79からの出力指示に基づき、整合盤77を介して加熱コイル74a, 74bに高周波電流を流し、これにより、加熱コイル74a, 74bに板厚方向の磁束(高周波磁束)を生じさせる。この高周波磁束

50

によって、鋼帯16の両エッジ部16a, 16bに誘導電流が生じ、誘導電流によって両エッジ部16a, 16bにジュール熱が発生する。両エッジ部16a, 16bは、発生したジュール熱によって誘導加熱され、この結果、延性 - 脆性遷移温度以上の温度に昇温する。

#### 【0037】

一方、加熱装置7は、図3に示すように、インダクタ71a, 71bを各々鋼帯16の板幅方向に移動させる台車75a, 75bと、インダクタ71a, 71bの位置を制御する位置制御部76a, 76bとを備える。インダクタ71aは台車75a上に設置され、インダクタ71bは台車75b上に設置されている。台車75a, 75bは、鋼帯16の板幅方向に移動することによって、インダクタ71a, 71bを鋼帯16の板幅方向に各々移動させる。位置制御部76a, 76bには、図3に示すように、計算ユニット79が接続される。計算ユニット79は、上述した板幅計6から鋼帯16の板幅の測定値を受信し、受信した板幅の測定値に応じて、鋼帯16の板幅方向におけるインダクタ71a, 71bの各目標位置（詳細には加熱コイル74a, 74bの各目標位置）を算出する。計算ユニット79は、算出したインダクタ71a, 71bの各目標位置を位置制御部76a, 76bに各々送信する。位置制御部76a, 76bは、計算ユニット79から受信したインダクタ71a, 71bの各目標位置に基づいて、台車75a, 75bを駆動制御し、台車75a, 75bの駆動制御を通して、インダクタ71a, 71bの位置を制御する。

10

#### 【0038】

詳細には、位置制御部76aは、インダクタ71aの位置と鋼帯16の板幅に応じた目標位置とが一致するように、鋼帯16の板幅方向における台車75aの移動を制御し、この台車75aの制御を通して、インダクタ71aの位置を目標位置に制御する。これと同時に、位置制御部76bは、インダクタ71bの位置と鋼帯16の板幅に応じた目標位置とが一致するように、鋼帯16の板幅方向における台車75bの移動を制御し、この台車75bの制御を通して、インダクタ71bの位置を目標位置に制御する。この結果、鋼帯16の両エッジ部16a, 16bとインダクタ71a, 71bとの各ラップ長 $L_a$ ,  $L_b$ （図3参照）は、鋼帯16の板幅の変化によらず定常に制御される。このように定常に制御されたラップ長 $L_a$ ,  $L_b$ は、鋼帯16の両エッジ部16a, 16bを延性 - 脆性遷移温度以上の温度に昇温するに最適な値となっている。

20

#### 【0039】

本実施の形態において、図3に示すように、鋼帯16のエッジ部16aとインダクタ71aとのラップ長 $L_a$ は、インダクタ71aの脚部72a, 73aによって板厚方向の上下から非接触に挟まれるエッジ部16aとインダクタ71a（詳細には脚部72a, 73a）との重なり合う長さである。鋼帯16のエッジ部16bとインダクタ71bとのラップ長 $L_b$ は、インダクタ71bの脚部72b, 73bによって板厚方向の上下から非接触に挟まれるエッジ部16bとインダクタ71b（詳細には脚部72b, 73b）との重なり合う長さである。

30

#### 【0040】

タンデム圧延機8は、順次搬送される鋼帯16を連続的に冷間圧延するタンデム型の圧延機であり、鋼帯16の搬送方向に並ぶ複数の圧延機（本実施の形態においては4つの圧延機8a~8d）を有する。タンデム圧延機8は、図1に示すように、加熱装置7よりも鋼帯16の搬送方向の下流側、詳細には加熱装置7と走間シャー11との間に配置され、加熱装置7による加熱後の鋼帯16を順次冷間圧延する。

40

#### 【0041】

タンデム圧延機8を構成する4つの圧延機8a~8dは、この順で鋼帯16の搬送方向に並設される。すなわち、タンデム圧延機8において、圧延機8aは、鋼帯16の搬送方向の最上流に位置し、圧延機8dは、鋼帯16の搬送方向の最下流に位置する。この最上流の圧延機8aの後段（鋼帯16の搬送方向の下流側）には、圧延機8bが配置される。この圧延機8bと最下流の圧延機8dとの間には、圧延機8cが配置される。加熱装置7による加熱後の鋼帯16は、加熱装置7の出側からタンデム圧延機8の入側（最上流の圧

50

延機 8 a) に向かって搬送される。タンデム圧延機 8 は、この加熱後の鋼帯 1 6 を最上流の圧延機 8 a によって受け入れ、ついで、この受け入れた鋼帯 1 6 を圧延機 8 a ~ 8 d によって連続的に冷間圧延する。これにより、タンデム圧延機 8 は、この鋼帯 1 6 の板厚を所定の目標板厚にする。タンデム圧延機 8 による冷間圧延後の鋼帯 1 6 は、最下流の圧延機 8 d の出側に搬出され、その後、ピンチロール等を経て走間シャー 1 1 へ順次搬送される。

#### 【 0 0 4 2 】

また、タンデム圧延機 8 における最上流の圧延機 8 a には、形状制御アクチュエータ 9 が設けられる。形状制御アクチュエータ 9 は、タンデム圧延機 8 における最上流の圧延機 8 a による冷間圧延後の鋼帯 1 6 の形状を制御する形状制御部としての機能を有する。形状制御アクチュエータ 9 は、バックアップロール等を介して最上流の圧延機 8 a のワークロール 8 a a に撓みまたは傾斜を付与し、これにより、最上流の圧延機 8 a による冷間圧延後の鋼帯 1 6 の形状を制御する。このような鋼帯 1 6 の形状制御を通して、形状制御アクチュエータ 9 は、例えば、この冷間圧延後の鋼帯 1 6 の板幅方向に非対称な形状を対称な形状に修正する。また、形状制御アクチュエータ 9 は、最上流の圧延機 8 a による冷間圧延後の鋼帯 1 6 の形状を制御することにより、タンデム圧延機 8 による鋼帯 1 6 の冷間圧延に起因する鋼帯 1 6 の蛇行を修正する。

#### 【 0 0 4 3 】

形状測定部 1 0 は、タンデム圧延機 8 における最上流の圧延機 8 a による冷間圧延後の鋼帯 1 6 の形状を測定する。具体的には、形状測定部 1 0 は、鋼帯 1 6 の応力を板幅方向の所定領域毎に検出する複数のセンサが外周面に設けられたロール体等を用いて構成され、図 1 に示すように、最上流の圧延機 8 a の出側（圧延機 8 a , 8 b 間）に配置される。形状測定部 1 0 は、自身のロール中心軸を中心に 1 回転する都度、最上流の圧延機 8 a の出側における鋼帯 1 6 の板幅方向の張力分布を測定し、得られた張力分布をもとに、最上流の圧延機 8 a の出側における鋼帯 1 6 の形状（以下、鋼帯形状と適宜いう）を測定する。形状測定部 1 0 は、このように鋼帯形状を測定する都度、得られた鋼帯形状の測定値を制御部 1 3 に送信する。

#### 【 0 0 4 4 】

走間シャー 1 1 は、図 1 に示すように、タンデム圧延機 8 の出側とテンションリール 1 2 との間に配置され、タンデム圧延機 8 による冷間圧延後の鋼帯 1 6 を所定の長さに切断する。テンションリール 1 2 は、この走間シャー 1 1 によって切断された鋼帯 1 6 をコイル状に巻き取る。

#### 【 0 0 4 5 】

制御部 1 3 は、鋼帯 1 6 の母材となる鋼板 1 5 の形状に起因して加熱装置 7 の入側の鋼帯 1 6 に発生する蛇行（以下、母板形状起因の蛇行と適宜いう）と、タンデム圧延機 8 による鋼帯 1 6 の冷間圧延に起因して加熱装置 7 の出側の鋼帯 1 6 に発生する蛇行（以下、圧延起因の蛇行と適宜いう）とを分けて制御する。具体的には、制御部 1 3 は、板幅計 6 による鋼帯 1 6 の蛇行量の測定値に基づいて、蛇行修正装置 5 のロール傾動部 5 e の動作を制御し、このロール傾動部 5 e の制御を通して、蛇行修正装置 5 のブライドルロール 5 a ~ 5 d の水平方向に対する傾斜角度および傾斜方向を制御する。これにより、制御部 1 3 は、加熱装置 7 による加熱前の鋼帯 1 6 の蛇行（母板形状起因の蛇行）を制御する。且つ、制御部 1 3 は、形状測定部 1 0 による鋼帯形状の測定値に基づいて、形状制御アクチュエータ 9 の動作を制御し、この形状制御アクチュエータ 9 の制御を通して、タンデム圧延機 8 による鋼帯 1 6 の冷間圧延に起因する鋼帯 1 6 の蛇行（圧延起因の蛇行）を制御する。一方、制御部 1 3 は、蛇行修正装置 5 のブライドルロール 5 a ~ 5 d の各回転速度を制御し、これにより、ブライドルロール 5 a ~ 5 d による鋼帯 1 6 の張力を制御する。

#### 【 0 0 4 6 】

（冷間圧延方法）

つぎに、本発明の実施の形態にかかる冷間圧延方法について説明する。図 4 は、本発明の実施の形態にかかる冷間圧延方法の一例を示すフローチャートである。本実施の形態に

10

20

30

40

50

かかる冷間圧延方法において、図 1 に示した冷間圧延設備 1 は、ルーパ 4 の出側からテンションリール 1 2 に向かって順次搬送される鋼帯 1 6 毎に、図 4 に示すステップ S 1 0 1 ~ S 1 0 5 の各処理ステップを行い、被圧延材である鋼帯 1 6 を加熱して冷間圧延する。

【 0 0 4 7 】

詳細には、図 4 に示すように、冷間圧延設備 1 は、まず、加熱装置 7 による加熱前の鋼帯 1 6 の蛇行量と、タンデム圧延機 8 における最上流の圧延機 8 a による冷間圧延後の鋼帯 1 6 の形状とを測定する（ステップ S 1 0 1）。ステップ S 1 0 1 において、冷間圧延設備 1 は、図 1 に示したように蛇行修正装置 5 と加熱装置 7 との間に配置された板幅計 6 によって、加熱前の鋼帯 1 6 の蛇行量を測定する。この蛇行修正装置 5 は、上述したように、加熱装置 7 よりも鋼帯 1 6 の搬送方向の上流側に配置されて加熱前の鋼帯 1 6 の蛇行を修正するものである。板幅計 6 は、蛇行修正装置 5 の出側から加熱装置 7 の入側に向かって搬送される鋼帯 1 6 の蛇行量を測定し、得られた蛇行量を、加熱装置 7 による加熱前の鋼帯 1 6 の蛇行量として制御部 1 3 に送信する。

【 0 0 4 8 】

これに並行して、冷間圧延設備 1 は、図 1 に示したように最上流の圧延機 8 a の出側に配置された形状測定部 1 0 によって、この最上流の圧延機 8 a による冷間圧延後の鋼帯 1 6 の形状を測定する。この際、形状測定部 1 0 は、タンデム圧延機 8 における最上流の圧延機 8 a の出側に搬送された鋼帯 1 6 の板幅方向の張力分布を測定し、得られた張力分布をもとに、この鋼帯 1 6 の形状を測定する。形状測定部 1 0 は、このような張力分布に基づく鋼帯形状の測定値を制御部 1 3 に送信する。

【 0 0 4 9 】

ステップ S 1 0 1 の実行後、冷間圧延設備 1 は、ステップ S 1 0 1 による鋼帯 1 6 の蛇行量の測定値に基づいて、加熱装置 7 による加熱前の鋼帯 1 6 の蛇行を制御し、且つ、ステップ S 1 0 1 による鋼帯形状の測定値に基づいて、鋼帯 1 6 の冷間圧延に起因する蛇行を制御する（ステップ S 1 0 2）。

【 0 0 5 0 】

ステップ S 1 0 2 において、制御部 1 3 は、板幅計 6 から取得した鋼帯 1 6 の蛇行量の測定値をもとに、蛇行修正装置 5 のロール傾動部 5 e の動作を制御する。これにより、制御部 1 3 は、上述した加熱前の鋼帯 1 6 の蛇行、すなわち鋼帯 1 6 の母板形状起因の蛇行を修正するように、蛇行修正装置 5 のブライドルロール 5 a ~ 5 d のステアリング機能を制御する。制御部 1 3 は、このステアリング機能の制御を通して、加熱装置 7 の入側における鋼帯 1 6 の母板形状起因の蛇行を制御する。このように、鋼帯 1 6 の母板形状起因の蛇行は、加熱前の鋼帯 1 6 の蛇行量に基づいて、フィードバック制御される。

【 0 0 5 1 】

また、ステップ S 1 0 2 において、制御部 1 3 は、タンデム圧延機 8 による冷間圧延に起因する鋼帯 1 6 の蛇行、すなわち鋼帯 1 6 の圧延起因の蛇行を、上述した母板形状起因の蛇行の制御に並行して制御する。詳細には、制御部 1 3 は、形状測定部 1 0 から取得した鋼帯形状の測定値に基づいて、タンデム圧延機 8 における最上流の圧延機 8 a の形状制御アクチュエータ 9 を制御する。この際、制御部 1 3 は、形状測定部 1 0 からの鋼帯形状の測定値をもとに、最上流の圧延機 8 a の出側における鋼帯 1 6 の板幅方向の張力分布を把握する。ついで、制御部 1 3 は、この張力分布が鋼帯 1 6 の長手方向に線対称（以下、左右対称という）となるように、望ましくは板幅方向に均一となるように、形状制御アクチュエータ 9 の動作を制御する。形状制御アクチュエータ 9 は、この制御部 1 3 の制御に基づいて、鋼帯 1 6 の板幅方向の張力分布が左右対称となるように圧延機 8 a のワークロール中心軸方向の両端部の圧下量（以下、左右の圧下量という）を調整する。これにより、形状制御アクチュエータ 9 は、最上流の圧延機 8 a の出側における鋼帯形状を修正するとともに、鋼帯 1 6 の圧延起因の蛇行を修正する。制御部 1 3 は、この形状制御アクチュエータ 9 の制御を通して、加熱装置 7 の出側における鋼帯 1 6 の圧延起因の蛇行を制御する。このように、鋼帯 1 6 の圧延起因の蛇行は、最上流の圧延機 8 a による冷間圧延後の鋼帯 1 6 の形状に基づいて、フィードバック制御される。

## 【 0 0 5 2 】

ステップ S 1 0 2 の実行後、冷間圧延設備 1 は、タンデム圧延機 8 よりも鋼帯 1 6 の搬送方向の上流側に位置する加熱装置 7 を用い、ステップ S 1 0 2 によって蛇行を制御された鋼帯 1 6 を加熱する（ステップ S 1 0 3）。加熱装置 7 は、図 3 に示したように、鋼帯 1 6 の板幅方向の両エッジ部 1 6 a, 1 6 b をその板厚方向の両側から非接触に挟む C 型のインダクタ 7 1 a, 7 1 b を備えた誘導加熱方式の加熱装置である。ステップ S 1 0 3 において、加熱装置 7 は、上述したように母板形状起因の蛇行および圧延起因の蛇行が制御された状態の鋼帯 1 6 の両エッジ部 1 6 a, 1 6 b を誘導加熱方式によって加熱する。

## 【 0 0 5 3 】

この加熱装置 7 によって加熱される際の鋼帯 1 6 の蛇行量は、上述したステップ S 1 0 2 により、加熱装置 7 における許容範囲内の値に低減されている。この蛇行量の許容範囲は、図 3 に示した加熱装置 7 のインダクタ 7 1 a, 7 1 b と鋼帯 1 6 の両エッジ部 1 6 a, 1 6 b とのラップ長  $L_a$ ,  $L_b$  を定常に制御し得る鋼帯 1 6 の蛇行量の範囲であり、例えば零値または零値に近似する値である。加熱装置 7 は、このような許容範囲内の蛇行量に低減された状態の鋼帯 1 6 の両エッジ部 1 6 a, 1 6 b を誘導加熱することにより、これら両エッジ部 1 6 a, 1 6 b の温度を延性 - 脆性遷移温度以上の温度に安定して昇温することができる。

## 【 0 0 5 4 】

ステップ S 1 0 3 の実行後、冷間圧延設備 1 は、ステップ S 1 0 3 による加熱後の鋼帯 1 6 をタンデム圧延機 8 によって冷間圧延する（ステップ S 1 0 4）。ステップ S 1 0 4 において、タンデム圧延機 8 は、圧延機 8 a, 8 b, 8 c, 8 d を用いて、この順に、加熱後の鋼帯 1 6 を連続的に冷間圧延する。ステップ S 1 0 4 による冷間圧延後の鋼帯 1 6 は、図 1 に示した走間シャー 1 1 によって切断され、その後、テンションリール 1 2 によってコイル状に巻き取られる。

## 【 0 0 5 5 】

ステップ S 1 0 4 の実行後、冷間圧延設備 1 は、被圧延材である鋼帯 1 6 の全長に亘って冷間圧延が終了すれば（ステップ S 1 0 5, Yes）、本処理を終了する。一方、冷間圧延設備 1 は、鋼帯 1 6 の冷間圧延が終了していなければ（ステップ S 1 0 5, No）、上述したステップ S 1 0 1 に戻り、このステップ S 1 0 1 以降の処理ステップを適宜繰り返す。

## 【 0 0 5 6 】

ここで、鋼帯 1 6 は、順次搬送される複数の鋼板 1 5 のうちの先行材の尾端部と後行材の先端部とを接合することによって形成される帯状の鋼板であり、本実施の形態における被圧延材としての鋼板の一例である。また、鋼帯 1 6 を構成する各鋼板 1 5 として、例えば、1%以上の珪素を含有する珪素鋼板、ステンレス鋼板、高炭素鋼板等の難圧延材が用いられる。

## 【 0 0 5 7 】

このような冷間圧延対象の鋼帯 1 6 は、一般に、その母材となる熱延コイル（熱延鋼板）の熱間圧延時に形成された腹伸びまたは片伸び等の形状不良を含んでいる。このため、冷間圧延設備 1 において、鋼帯 1 6 が加熱装置 7 に向かって順次搬送される際、鋼帯 1 6 の形状に応じて発生する板幅方向の張力分布に起因して作用する曲げモーメントにより、搬送中の鋼帯 1 6 に母板形状起因の蛇行が生じる。仮に、加熱装置 7 の前段に蛇行修正装置 5 が設置されていない場合、加熱装置 7 の入側において、母材形状起因の蛇行が鋼帯 1 6 に随時発生する。特に、鋼帯 1 6 を構成する各鋼板同士の接合部分においては、母板形状起因の急激な蛇行が鋼帯 1 6 に発生する。このように鋼帯 1 6 に母板形状起因の蛇行が生じる場合、この鋼帯 1 6 のエッジ部 1 6 a, 1 6 b を加熱装置 7 によって均一に誘導加熱することは困難である。これに起因して、鋼帯 1 6 のエッジ部 1 6 a, 1 6 b の加熱不足または局部異常加熱が発生し、この結果、鋼帯 1 6 の冷間圧延中に鋼板破断が発生してしまう。

## 【 0 0 5 8 】

10

20

30

40

50

これに対し、本実施の形態にかかる冷間圧延設備 1 は、図 1 に示したように、加熱装置 7 の前段に蛇行修正装置 5 を備え、この蛇行修正装置 5 によって鋼帯 16 の母材形状起因の蛇行を常に修正している。この結果、加熱装置 7 の入側における鋼帯 16 の母材形状起因の蛇行が解消されることから、上述した鋼板破断等の問題を解決することができる。

【 0 0 5 9 】

一方、鋼帯 16 がタンデム圧延機 8 によって冷間圧延される際、その圧延条件によっては、冷間圧延中の鋼帯 16 に蛇行が発生する場合がある。例えば、鋼帯 16 の母材である熱延鋼板の板幅方向の板厚プロフィールに板厚の偏り（板幅方向の一端側の板厚が他端側に比べて厚い等）が生じている場合、タンデム圧延機 8 の鋼帯 16 に対するワークロールの圧下位置が平行であっても、鋼帯 16 内の板厚が厚い部分の圧下量が大きくなり、これに起因して、冷間圧延中の鋼帯 16 に蛇行が発生する。このような鋼帯 16 の圧延起因の蛇行は、冷間圧延中の鋼帯 16 に連続する一連の鋼帯部分、すなわち、タンデム圧延機 8 の入側に位置する冷間圧延前の鋼帯 16 に対して影響を及ぼす。具体的には、鋼帯 16 の圧延起因の蛇行は、タンデム圧延機 8 の前段に位置する加熱装置 7 によって加熱される鋼帯 16 の蛇行を引き起こす。このため、加熱装置 7 のインダクタ 71a, 71b と鋼帯 16 の両エッジ部 16a, 16b とのラップ長  $L_a$ ,  $L_b$ （図 3 参照）が、鋼帯 16 の圧延起因の蛇行に起因して変化し、この結果、鋼帯 16 のエッジ部 16a, 16b の加熱不足または局部異常加熱が発生し、延いては、冷間圧延中の鋼帯 16 の鋼板破断に繋がる。

【 0 0 6 0 】

なお、上述した蛇行修正装置 5 は、ブライドルロール 5a ~ 5d のステアリング機能によって鋼帯 16 の蛇行を修正するものである。このような蛇行修正装置 5 によって修正される鋼帯 16 の蛇行は、母材形状起因の蛇行であり、タンデム圧延機 8 において発生する鋼帯 16 の圧延起因の蛇行とは発生原因が異なる。したがって、加熱装置 7 に向かう搬送中の鋼帯 16 の母材形状起因の蛇行と加熱装置 7 の出側における鋼帯 16 の圧延起因の蛇行とを、蛇行修正装置 5 によって同時に安定して修正することは困難である。

【 0 0 6 1 】

また、鋼帯 16 の圧延起因の蛇行は、一般に、鋼帯 16 を冷間圧延する際に左右の圧下シリンダに作用する圧延荷重を測定し、測定した左右の圧延荷重の差に比例して左右の圧下量を調整することにより、制御される。しかし、上述したようにタンデム圧延機 8 の前段に位置する加熱装置 7 によって鋼帯 16 の両エッジ部 16a, 16b を加熱する場合、鋼帯 16 の変形抵抗が板幅方向に変化するため、図 3 に示したラップ長  $L_a$ ,  $L_b$  等の変化によって、鋼帯 16 の両エッジ部 16a, 16b の温度が変化する可能性がある。このような場合、鋼帯 16 を冷間圧延する際の左右の圧延荷重が同じであっても、鋼帯 16 の右側（一方のエッジ部 16a 側）と左側（他方のエッジ部 16b 側）との間において圧下量が異なり、この結果、鋼帯 16 に圧延起因の蛇行が発生してしまう。

【 0 0 6 2 】

これに対し、本実施の形態にかかる冷間圧延設備 1 は、図 1 に示したように、タンデム圧延機 8 における最上流の圧延機 8a に形状制御アクチュエータ 9 を備え、この形状制御アクチュエータ 9 を用いて、鋼帯 16 の圧延起因の蛇行を制御している。詳細には、冷間圧延設備 1 は、最上流の圧延機 8a の出側における鋼帯形状を直に測定し、この鋼帯形状の測定値に基づいて、この圧延機 8a の左右の圧下量を調整するように形状制御アクチュエータ 9 を制御し、これにより、加熱装置 7 の出側における鋼帯 16 の圧延起因の蛇行を修正している。このため、鋼帯 16 の変形抵抗が板幅方向に変化するか否かによらず、常に、鋼帯 16 の圧延起因の蛇行が加熱装置 7 内の鋼帯 16 に及ぼす影響を無くすることができる。これにより、鋼帯 16 の板幅の変化以外の原因によって加熱装置 7 におけるラップ長  $L_a$ ,  $L_b$  が変化することが無くなり、このことから、加熱装置 7 による鋼帯 16 の両エッジ部 16a, 16b の安定した加熱を実現することが可能となる。この結果、上述した鋼板破断等の問題を解決することができる。

【 0 0 6 3 】

（実施例）

つぎに、本発明の実施例について説明する。本実施例において、図 1 に示した冷間圧延設備 1 は、珪素の含有量が 3.0% 以上である各鋼板 15 の先尾端部同士を溶接機 3 によって接合して鋼帯 16 とし、この鋼帯 16 の両エッジ部 16a, 16b を加熱装置 7 によって加熱し、加熱後の鋼帯 16 をタンデム圧延機 8 によって連続的に冷間圧延した。この際、加熱装置 7 による鋼帯 16 の加熱条件は、タンデム圧延機 8 によって噛み込む直前の鋼帯 16 の両エッジ部 16a, 16b が 60 以上の温度を確保するように設定した。また、冷間圧延設備 1 は、蛇行修正装置 5 のステアリング機能によって鋼帯 16 の母板形状起因の蛇行を修正し、且つ、タンデム圧延機 8 における最上流の圧延機 8a の出側において測定した鋼帯形状に基づき形状制御アクチュエータ 9 を制御して、鋼帯 16 の圧延起因の蛇行を修正した。冷間圧延設備 1 は、上記の蛇行修正状態を維持しつつ、加熱装置 7 によって鋼帯 16 の両エッジ部 16a, 16b を加熱した。

10

## 【0064】

また、本実施例に対する比較例 1, 2 において、冷間圧延設備 1 は、蛇行修正装置 5、加熱装置 7、および形状制御アクチュエータ 9 の設定条件を変えて鋼帯 16 を冷間圧延した。具体的には、比較例 1 において、冷間圧延設備 1 は、上述した蛇行修正装置 5 による鋼帯 16 の蛇行修正機能を有効にするが、最上流の圧延機 8a の出側における鋼帯形状の測定値に基づく形状制御アクチュエータ 9 の制御を無効にして、鋼帯 16 の圧延起因の蛇行を制御しない状態とし、この状態を維持しつつ、加熱装置 7 によって鋼帯 16 の両エッジ部 16a, 16b を加熱した。一方、比較例 2 において、冷間圧延設備 1 は、上述した蛇行修正装置 5 による鋼帯 16 の蛇行修正機能と形状制御アクチュエータ 9 による鋼帯 16 の形状修正機能（蛇行修正機能）との双方を無効とし、この状態を維持しつつ、加熱装置 7 によって鋼帯 16 の両エッジ部 16a, 16b を加熱した。なお、比較例 1, 2 における他の条件は、本実施例と同じにした。

20

## 【0065】

本実施例および比較例 1, 2 の各々について、500 本のコイル分の鋼帯 16 を冷間圧延し、冷間圧延時の鋼帯 16 の破断発生率を調査した。その結果を表 1 に示す。

## 【0066】

## 【表 1】

(表1)

	鋼帯の破断発生率 [%]
実施例	0.2
比較例1	0.8
比較例2	1.4

30

## 【0067】

表 1 に示すように、本実施例における鋼帯 16 の破断発生率は、0.2% であり、比較例 1 における鋼帯 16 の破断発生率 (= 0.8%) および比較例 2 における鋼帯 16 の破断発生率 (= 1.4%) に比べて、低い値となった。特に、本実施例における鋼帯 16 の破断発生率は、蛇行修正装置 5 による鋼帯 16 の蛇行修正機能と形状制御アクチュエータ 9 による鋼帯 16 の蛇行修正機能とを無効にした比較例 2 の 1/7 に低減することが分かった。このことは、加熱装置 7 の入側における鋼帯 16 の母板形状起因の蛇行を蛇行修正装置 5 のステアリング機能によって修正する機能と、加熱装置 7 の出側における鋼帯 16 の圧延起因の蛇行を形状制御アクチュエータ 9 によって修正する機能との相乗作用により、加熱装置 7 と鋼帯 16 とのラップ長  $L_a$ ,  $L_b$  が定常的に制御され、この結果、鋼帯 16 の両エッジ部 16a, 16b の温度を延性 - 脆性遷移温度以上に確保して鋼帯 16 を冷間圧延することが可能となったことを意味している。

40

## 【0068】

すなわち、加熱装置 7 の入側における鋼帯 16 の母板形状起因の蛇行を修正し且つ加熱

50

装置7の出側における鋼帯16の圧延起因の蛇行を修正することは、加熱装置7と鋼帯16とのラップ長 $L_a$ 、 $L_b$ を定常制御して鋼帯16の両エッジ部16a、16bを安定的に加熱することに極めて有効である。さらには、これら両エッジ部16a、16bの加熱不足および局部異常加熱を防止して鋼帯16の冷間圧延時における鋼板破断（耳割れに起因する破断、耳波に起因する絞り破断等）の発生を低減することに極めて有効である。

【0069】

以上、説明したように、本発明の実施の形態では、順次搬送される鋼帯を冷間圧延するタンデム圧延機の前段に配置された加熱装置の入側における鋼帯の蛇行量を測定し、得られた蛇行量の測定値に基づいて、この加熱装置による加熱前の鋼帯の蛇行を制御し、且つ、このタンデム圧延機における最上流の圧延機による冷間圧延後の鋼帯の形状を測定し、得られた鋼帯形状の測定値に基づいて、鋼帯の圧延起因の蛇行を制御している。

10

【0070】

このため、加熱装置の入側の鋼帯に発生する母板形状起因の蛇行と、加熱装置の出側の鋼帯に発生する圧延起因の蛇行とを共に制御することができる。これにより、加熱装置の入側における鋼帯の蛇行量を、加熱装置に許容される許容範囲内の値に矯正できるとともに、鋼帯の圧延起因の蛇行が加熱装置内の鋼帯に及ぼす影響を無くすることができる。この結果、加熱装置によって鋼帯を加熱する期間、加熱装置と鋼帯とのラップ長を鋼帯の冷間圧延に最適な値に定常制御できることから、鋼帯の両エッジ部を延性・脆性遷移温度以上の温度に安定的に昇温できる。このことから、鋼帯の両エッジ部の加熱不足（耳割れ）または局部異常加熱（耳波）に起因する鋼板破断の発生を可能な限り抑制して、鋼帯の安定した冷間圧延を実現することができる。

20

【0071】

本発明にかかる冷間圧延設備および冷間圧延方法を用いることにより、一般的な鋼板は勿論、珪素鋼板等の難圧延材または先行材と後行材との接合部分を有する帯状の鋼板（鋼帯）等、如何なる種類の被圧延材についても、急激な被圧延材形状の変化またはクラウン変化に起因して生じる被圧延材の蛇行と、冷間圧延に起因して生じる被圧延材の蛇行とを共に抑制することができる。このような被圧延材の蛇行抑制作用を加熱装置の入側および出側において実行しているため、加熱装置における被圧延材のラップ長を最適値に定常制御でき、これにより、被圧延材の両エッジ部を安定して目標温度に加熱することができる。この結果、エッジ部の加熱不足による耳割れに起因して冷間圧延中の被圧延材に破断が生じる事態と、エッジ部の局部異常加熱による耳波に起因して冷間圧延中の被圧延材に絞り破断が生じる事態とを共に回避できることから、冷間圧延の操業効率および生産効率を向上することが可能となる。

30

【0072】

なお、上述した実施の形態では、コイルから払い出した鋼板を連続的に冷間圧延した後、コイル状に巻き取る完全連続式冷間タンデムミル態様の冷間圧延設備を例示したが、本発明は、これに限定されるものではない。本発明にかかる冷間圧延設備は、完全連続式冷間タンデムミル以外の態様のもの、例えば、酸洗ラインの後段に続く連続式タンデムミルであってもよい。

【0073】

また、上述した実施の形態では、鋼帯の搬送方向に4つの圧延機が並設されてなるタンデム圧延機を備えていたが、本発明は、これに限定されるものではない。すなわち、本発明において、冷間圧延設備内の圧延機の設置数（スタンド数）およびロール段数は、特に問われない。

40

【0074】

さらに、上述した実施の形態では、被圧延材の一例として鋼帯を示したが、本発明は、これに限定されるものではない。本発明にかかる冷間圧延設備および冷間圧延方法は、一般的な鋼板、複数の鋼板を接合してなる帯状の鋼板（鋼帯）、珪素鋼板等の難圧延材の何れについても適用可能である。すなわち、本発明において、被圧延材としての鋼板の鋼種、接合状態、および形状は特に問われない。

50

## 【 0 0 7 5 】

また、上述した実施の形態では、4つのブライドルロールを備えた蛇行修正装置を例示したが、本発明は、これに限定されるものではない。本発明にかかる冷間圧延設備の蛇行修正装置は、ロール体のステアリング機能によって被圧延材の蛇行を修正可能なものであればよい。この際、蛇行修正装置のロール体は、ブライドルロールに限らず、ステアリングロールであってもよい。また、蛇行修正装置におけるロール体の配置数は、4つに限らず、複数であればよい。

## 【 0 0 7 6 】

さらに、上述した実施の形態では、タンデム圧延機を構成する複数の圧延機のうちの上流の圧延機に形状制御アクチュエータを設けていたが、本発明は、これに限定されるものではない。本発明にかかる冷間圧延設備のタンデム圧延機を構成する複数の圧延機のうち、最上流の圧延機を除く残りの圧延機（例えば図1に示した圧延機8b～8d）に、この最上流の圧延機と同様の形状制御アクチュエータを設けてもよい。この場合、各圧延機の出側における鋼帯形状の測定値に基づいて、各圧延機の形状制御アクチュエータを各々制御してもよい。

10

## 【 0 0 7 7 】

また、上述した実施の形態および実施例により本発明が限定されるものではなく、上述した各構成要素を適宜組み合わせる構成したものも本発明に含まれる。その他、上述した実施の形態に基づいて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に含まれる。

20

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 7 8 】

- 1 冷間圧延設備
- 2 巻戻し機
- 3 溶接機
- 4 ルーバ
- 4 a , 4 c , 4 e , 4 g 固定ロール
- 4 b , 4 d , 4 f 可動ロール
- 5 蛇行修正装置
- 5 a ~ 5 d ブライドルロール
- 5 e ロール傾動部
- 6 板幅計
- 7 加熱装置
- 8 タンデム圧延機
- 8 a ~ 8 d 圧延機
- 8 a a ワークロール
- 9 形状制御アクチュエータ
- 10 形状測定部
- 11 走間シャー
- 12 テンションリール
- 13 制御部
- 15 鋼板
- 16 鋼帯
- 16 a , 16 b エッジ部
- 71 a , 71 b インダクタ
- 72 a , 72 b , 73 a , 73 b 脚部
- 74 a , 74 b 加熱コイル
- 75 a , 75 b 台車
- 76 a , 76 b 位置制御部
- 77 整合盤

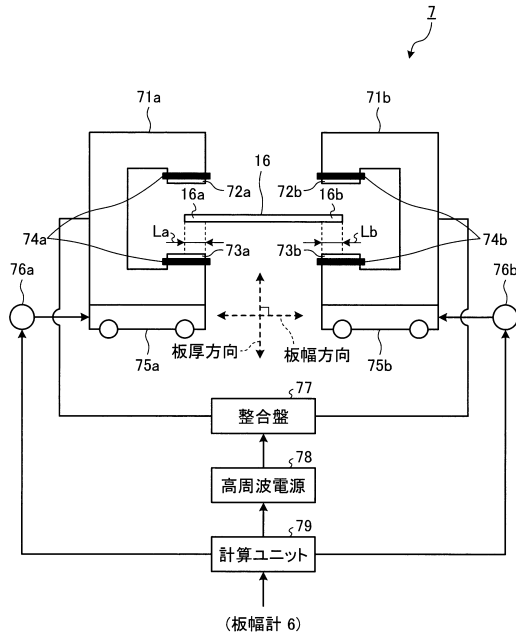
30

40

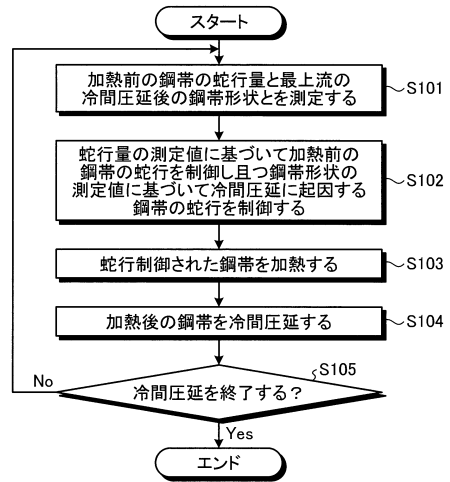
50



【図3】



【図4】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
B 2 1 B 37/68 (2006.01) B 2 1 B 37/68 Z  
B 2 1 B 37/00 (2006.01) B 2 1 B 37/00 B B N

(72)発明者 福島 達人  
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内

審査官 池ノ谷 秀行

(56)参考文献 特開2012-148310(JP,A)  
特開2007-007754(JP,A)  
特開2003-275811(JP,A)  
特開2006-346715(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
B 2 1 B 1 / 2 2  
B 2 1 B 3 7 / 0 0 - 3 7 / 7 8  
B 2 1 B 4 5 / 0 0