

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-18983

(P2017-18983A)

(43) 公開日 平成29年1月26日(2017.1.26)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
B 2 1 B 37/28 (2006.01)	B 2 1 B 37/28 1 4 O	4 E O 2 4
B 2 1 B 38/02 (2006.01)	B 2 1 B 38/02	
B 2 1 B 38/00 (2006.01)	B 2 1 B 38/00 E	
B 2 1 B 37/44 (2006.01)	B 2 1 B 37/28 B B K B	
B 2 1 B 39/14 (2006.01)	B 2 1 B 37/44	
審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 18 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2015-138563 (P2015-138563)	(71) 出願人	501137636
(22) 出願日	平成27年7月10日 (2015. 7. 10)		東芝三菱電機産業システム株式会社
			東京都中央区京橋三丁目1番1号
		(74) 代理人	100108062
			弁理士 日向寺 雅彦
		(74) 代理人	100168332
			弁理士 小崎 純一
		(74) 代理人	100146592
			弁理士 市川 浩
		(72) 発明者	清水 亮
			東京都中央区京橋三丁目1番1号 東芝三
			菱電機産業システム株式会社内
		Fターム(参考)	4E024 AA19 BB06 BB07 BB08 CC04
			DD13 EE01 FF03 GG07

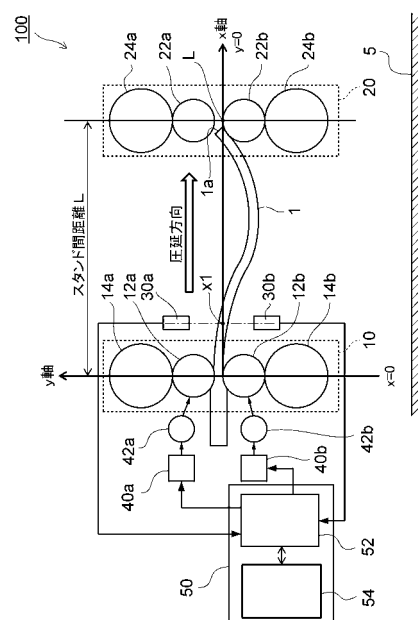
(54) 【発明の名称】 圧延システム、圧延方法および制御装置

(57) 【要約】

【課題】第1圧延スタンドで反りの発生した被圧延材の先端の鉛直方向の位置を第2圧延スタンドに正確に噛み込めるように補正する圧延システム、圧延方法および制御装置を提供する。

【解決手段】実施形態に係る圧延システムは、被圧延材を圧延する第1圧延スタンドと、第1圧延スタンドから離隔して設けられ、被圧延材をさらに圧延する第2圧延スタンドと、第1圧延スタンドと第2圧延スタンドとの間に設けられ、被圧延材の反り量を検出する反り検出器と、第1圧延スタンドおよび第2圧延スタンドの離間距離に関連して発生する被圧延材のたわみ量を計算し、反り量およびたわみ量にもとづいて、第2圧延スタンドにおける被圧延材の先端の鉛直方向の位置を補正する制御信号を生成する制御装置と、制御信号にもとづいて、鉛直方向の位置を補正する補正装置と、を備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

被圧延材を圧延する第 1 圧延スタンドと、

前記第 1 圧延スタンドから離隔して設けられ、前記被圧延材をさらに圧延する第 2 圧延スタンドと、

前記第 1 圧延スタンドと前記第 2 圧延スタンドとの間に設けられ、前記被圧延材の反り量を検出する反り検出器と、

前記第 1 圧延スタンドおよび前記第 2 圧延スタンドの離間距離に関連して発生する前記被圧延材のたわみ量を計算し、前記反り量および前記たわみ量にもとづいて、前記第 2 圧延スタンドにおける前記被圧延材の先端の鉛直方向の位置を補正する制御信号を生成する制御装置と、

10

前記制御信号にもとづいて、前記鉛直方向の位置を補正する補正装置と、
を備えた圧延システム。

【請求項 2】

前記第 1 圧延スタンドは、上下に設けられたワークロールを有し、

前記補正装置は、前記制御信号にもとづいて、前記ワークロールのそれぞれの周速度を制御する駆動装置を含む請求項 1 記載の圧延システム。

【請求項 3】

前記被圧延材の上面および下面の温度をそれぞれ測定する温度検出器をさらに備え、

前記制御装置は、前記反り量、前記たわみ量、ならびに、前記上面および前記下面の温度にもとづいて前記鉛直方向の位置を補正する制御信号を生成し、

20

前記補正装置は、前記制御信号にもとづいて、前記被圧延材の前記上面および前記下面に噴射される流体のそれぞれの噴射量を制御する噴射制御装置と、前記噴射制御装置の出力にもとづいて、前記流体を、前記被圧延材の前記上面および前記下面に噴射する噴射ノズルと、を含む請求項 1 記載の圧延システム。

【請求項 4】

前記補正装置は、前記制御信号にもとづいて、前記被圧延材の上面および下面に噴射される流体のそれぞれの噴射量を制御する噴射制御装置と、前記噴射制御装置の出力にもとづいて、前記流体を、前記上面および前記下面に噴射する噴射する噴射ノズルと、を含み、

30

前記流体は、前記上面および前記下面の摩擦係数を低減させる流体を含む請求項 1 記載の圧延システム。

【請求項 5】

前記補正装置は、前記第 1 圧延スタンドの入側に設けられ、鉛直方向を含む方向に可動するテーブルローラと、前記制御信号にもとづいて、前記テーブルローラを鉛直方向を含む方向に移動させる位置移動装置と、を含む請求項 1 記載の圧延システム。

【請求項 6】

前記反り検出部は、前記被圧延材の上面および下面の圧延方向に沿う速度の差を計測することによって、前記反り量を計測する請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 つに記載の圧延システム。

40

【請求項 7】

第 1 圧延スタンドの出側に設けられた反り検出器によって、前記第 1 圧延スタンドから出力された被圧延材の反り量を検出し、

制御装置によって、前記第 1 圧延スタンドから所定の距離離間して配置された第 2 圧延スタンドにおける前記被圧延材のたわみ量を計算し、

前記制御装置によって、前記被圧延材の反り量および前記たわみ量にもとづいて、前記第 2 圧延スタンドにおける前記被圧延材の先端の鉛直方向の位置を計算し、

補正装置によって、前記制御信号にもとづいて、前記鉛直方向の位置を補正する圧延方法。

【請求項 8】

50

第 1 圧延スタンドの出側で、前記被圧延材の鉛直方向の反りを検出する反り検出部によって検出された反り量、および、前記第 1 圧延スタンドから所定の距離離隔して設けられた第 2 圧延スタンドにおける前記被圧延材の鉛直方向のたわみ量にもとづいて、前記第 2 圧延スタンドにおける前記被圧延材の先端の鉛直方向の位置を補正する制御信号を生成する制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、圧延システム、圧延方法および制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

金属板材の圧延時に被圧延材に発生する上下反りは、圧延能率の低下や反り矯正のための工程の増加など、金属板材の生産性を下げる一因となる。上下反りの発生した金属板材が圧延機に噛み込む際、圧延設備との衝突や圧延機の噛み込み不良により、圧延設備の破損や生産停止など多大の損害をもたらす原因となる。

【0003】

金属板材の圧延時に被圧延材に発生する上下反りは、(1)ワークロールと圧延材との摩擦係数の上下差、(2)圧延材の温度の上下差、(3)ワークロール周速度の上下差、等の被圧延材の上下非対称要素が原因となる。

【0004】

たとえば特許文献 1 には、圧延機の前後の少なくとも一方の側に設置された反りセンサにより、被圧延材の少なくとも先端での上下反り量を検出し、その上下反り量を 0 とするように被圧延材の上下面温度差を算出する圧延制御方法が開示されている。この方法では、非圧延材は、算出された上下面温度差となるように設定される。

【0005】

また、たとえば特許文献 2 には、それぞれ別の駆動源で回転駆動する一対のワークロールで圧延される場合の被圧延材の反り制御方法が開示されている。この制御方法では、圧延機に圧延された直後の被圧延材の一方側の面の速度と他方側の面の速度とを監視し続け、一方側の面の速度と他方側の面の速度との速度差にもとづいて一対のワークロールの回転制御を行う。

【0006】

また、たとえば特許文献 3 には、少なくとも上下作業ロールと上下補強ロールとを有する圧延機を用意し、この上下作業ロールに、上下補強ロールに対する所定のオフセット量を設定する圧延方法が開示されている。この圧延方法では、上作業ロールまたは下作業ロールのいずれかの作業ロールチョックに作用する圧延方向力、並びに、圧延荷重を検出し、圧延荷重と所定のオフセット量とからオフセット分力を算出し、圧延方向力とオフセット分力との差異値を演算し、その差異値を解消するように制御する。差異値の制御の具体的な対象として、非圧延材の上下面温度差、および前記圧延機への板の入射角から選ばれた少なくとも 1 つを制御することが開示されている。

【0007】

しかしながら、特許文献 1 および特許文献 2 に記載された制御方法では、被圧延材の先端から反りセンサまでの間については、フィードバック制御の基準値とするために、反りを補正するための制御を行うことができない。そのため、被圧延材は、先端部に反りが発生した状態で次の圧延工程に進入する。したがって、次段の圧延機に対する被圧延材の噛み込み位置が適切でなく、圧延設備との衝突や圧延機の噛み込み不良による圧延設備の破損や生産停止など多大な損害を防止できない。

【0008】

また、特許文献 3 に記載された圧延方法においても、上下面非対称要素を操作して被圧延材の上下反りを制御するまでの時間に上下反りが発生し、発生した先端の反りによって次段の圧延機の噛み込み位置がずれることが生じ得る。したがって、先端の反りによる圧

10

20

30

40

50

延設備との衝突や圧延機の噛み込み不良による圧延設備の破損や生産停止など多大な損害を防止できないのは他の方法と同様である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開昭63-63510号公報

【特許文献2】特開2003-285111号公報

【特許文献3】国際公開第2010/016216号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0010】

実施形態は、第1の圧延スタンドで上下反りの発生した被圧延材の先端の鉛直方向の位置を、第2の圧延スタンドで正確に噛み込めるように補正する圧延システム、圧延方法および制御装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0011】

実施形態に係る圧延システムは、被圧延材を圧延する第1圧延スタンドと、前記第1圧延スタンドから離隔して設けられ、前記被圧延材をさらに圧延する第2圧延スタンドと、前記第1圧延スタンドと前記第2圧延スタンドとの間に設けられ、前記被圧延材の反り量を検出する反り検出器と、前記第1圧延スタンドおよび前記第2圧延スタンドの離間距離に関連して発生する前記被圧延材のたわみ量を計算し、前記反り量および前記たわみ量にもとづいて、前記第2圧延スタンドにおける前記被圧延材の先端の鉛直方向の位置を補正する制御信号を生成する制御装置と、前記制御信号にもとづいて、前記鉛直方向の位置を補正する補正装置と、を備える。

20

【発明の効果】

【0012】

本実施形態では、反り検出部によって検出された被圧延材の反り量および被圧延材のたわみ量にもとづいて、第2圧延スタンドにおける被圧延材の先端の鉛直方向の位置を補正する制御信号を生成する制御装置と、生成された制御信号にもとづいて被圧延材の先端の鉛直方向の位置を補正する補正装置とを備えているので、被圧延材の先端の鉛直方向の位置を補正して、第2圧延システムの噛み込み位置に合わせることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】第1の実施形態に係る圧延システムを例示するブロック図である。

【図2】図2(a)および図2(b)は、被圧延材の反りおよびたわみの状態を説明するための模式図である。

【図3】第1の実施形態の圧延システムの動作を説明するためのフローチャートの例である。

【図4】第1の実施形態の変形例に係る圧延システムを例示するブロック図である。

【図5】第2の実施形態に係る圧延システムを例示するブロック図である。

40

【図6】第3の実施形態に係る圧延システムを例示するブロック図である。

【図7】第4の実施形態に係る圧延システムを例示するブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、図面を参照しつつ、本発明の実施形態について説明する。

なお、図面は模式的または概念的なものであり、各部分の厚みと幅との関係、部分間の大きさの比率などは、必ずしも現実のものとは限らない。また、同じ部分を表す場合であっても、図面により互いの寸法や比率が異なって表される場合もある。

なお、本願明細書と各図において、既出の図に関して前述したものと同様の要素には、同一の符号を付して詳細な説明を適宜省略する。

50

【 0 0 1 5 】

(第 1 の実施形態)

図 1 は、本実施形態に係る圧延システムを例示するブロック図である。

図 2 (a) および図 2 (b) は、被圧延材の反りおよびたわみの状態を説明するための模式図である。

図 3 は、本実施形態の圧延システムの動作を説明するためのフローチャートの例である。

本実施形態の圧延システム 1 0 0 の構成について説明する。図 1 に示すように、本実施形態の圧延システム 1 0 0 は、2つの圧延スタンド 1 0 , 2 0 と、反り検出器 3 0 a , 3 0 b と、電動機駆動装置 4 0 a , 4 0 b と、電動機 4 2 a , 4 2 b と、圧延制御装置 5 0 と、を備える。

10

【 0 0 1 6 】

第 1 の圧延スタンド 1 0 は、ワークロール 1 2 a , 1 2 b と、バックアップロール 1 4 a , 1 4 b とを含んでいる。ワークロール 1 2 a , 1 2 b のそれぞれの回転軸は、基準面にほぼ平行になるように配置されている。基準面は、たとえば圧延システム 1 0 0 が設置されているプラントの平坦な床面 5 である。ワークロール 1 2 a , 1 2 b は、回転軸が互いにほぼ平行になるように配置されており、もっとも近接する外周が回転軸の方向に沿ってほぼ一定の距離だけ離間して配置されている。この外周の離間距離は、被圧延材 1 を噛み込むロールギャップである。ワークロール 1 2 a , 1 2 b は、適切に設定されたロールギャップを維持しながら、被圧延材 1 をロールギャップに噛み込むことによって、被圧延材 1 を圧延する。

20

【 0 0 1 7 】

バックアップロール 1 4 a は、上側のワークロール 1 2 a の上方で、このワークロール 1 2 a の外周に接するように配置されている。バックアップロール 1 4 b は、下側のワークロール 1 2 b の下方で、このワークロール 1 2 b の外周に接するように配置されている。バックアップロール 1 4 a , 1 4 b は、ワークロール 1 2 a , 1 2 b が被圧延材 1 に対して適切な圧下量を確保し、設定されたロールギャップを維持するために補助的に設けられている。

【 0 0 1 8 】

図示しないが、ワークロール 1 2 a , 1 2 b およびバックアップロール 1 4 a , 1 4 b は、それぞれロールチョックで支持されている。ロールチョックは、十分な強度を有するフレームに支持され床面 5 に固定されている。

30

【 0 0 1 9 】

ワークロール 1 2 a , 1 2 b およびバックアップロール 1 4 a , 1 4 b は、電動機等によってそれぞれ回転駆動される。上側のワークロール 1 2 a およびバックアップロール 1 4 a は、協調して回転駆動される。下側のワークロール 1 2 b およびバックアップロール 1 4 b は、協調して回転駆動される。したがって、理解を容易にするために以下では、回転駆動の対象は、ワークロール 1 2 a , 1 2 b であるとして説明する。

【 0 0 2 0 】

第 2 の圧延スタンド 2 0 は、ワークロール 2 2 a , 2 2 b と、バックアップロール 2 4 a , 2 4 b とを含んでいる。ワークロール 2 2 a , 2 2 b およびバックアップロール 2 4 a , 2 4 b は、第 1 の圧延スタンド 1 0 のワークロール 1 2 a , 1 2 b およびバックアップロール 1 4 a , 1 4 b と同様に配置されている。第 2 の圧延スタンド 2 0 は、被圧延材 1 の圧延方向の前方に配置されている。つまり、被圧延材 1 は、第 1 の圧延スタンド 1 0 で圧延され、続いて第 2 の圧延スタンド 2 0 で圧延される。一般的には、第 2 の圧延スタンド 2 0 のロールギャップは、第 1 の圧延スタンド 1 0 のロールギャップよりも狭く設定されており、第 1 の圧延スタンド 1 0 で圧延された被圧延材 1 は、第 2 の圧延スタンド 2 0 でさらに薄く圧延される。第 1 の圧延スタンド 1 0 のロールギャップの下辺、つまり下側のワークロール 1 2 b の上端と、第 2 の圧延スタンドのロールギャップの下辺、つまり下側のワークロール 2 2 b の上端とが、同一の平面内となるように、第 1 の圧延スタンド

40

50

10 および第2の圧延スタンド20は配置されている。

【0021】

説明の便宜のために、以下の座標を用いて説明する。

x軸は、圧延システム100が設置されている床面5に平行に伸びているものとする。
x軸は、第1の圧延スタンド10の下側のワークロール12bの上端と、第2の圧延スタンド20の下側のワークロール22bの上端とを含んでいる。x軸の原点は、ワークロール12bの上端であるとする。また、x軸は、ワークロール12a, 12bの回転軸と直交するように伸びている。

【0022】

x軸に直交して鉛直方向に延び、第1の圧延スタンド10の下側のワークロール12bの回転軸の中心を通る軸をy軸とする。y軸の原点は、ワークロール12bの上端であるとする。なお、この例では、上側のワークロール12aおよびバックアップロール14a, 14bの回転軸の中心は、すべてy軸上にあるが、これらは必ずしもy軸上にあることが求められるわけではない。たとえば、バックアップロール14a, 14bの少なくとも一方の回転軸の中心は、ワークロール12a, 12bの回転軸の中心から、x軸の方向にずらすようにしてもよい。

10

【0023】

第1圧延スタンド10と第2の圧延スタンド20とのx軸方向の離間距離をスタンド間距離Lとする。より詳細には、スタンド間距離Lにおけるx座標は、第2の圧延スタンド20の下側のワークロール22bの上端のx軸上の座標と一致するものとする。換言すれば、第1の圧延スタンド10の下側のワークロール12bの上端の位置と、第2圧延スタンド20の下側のワークロール22bの上端の位置との距離がスタンド間距離Lである。なお、後述するように、被圧延材1の先端1aのy軸方向の位置は、ワークロール22a, 22bからなるロールギャップに噛み込むときに補正されるので、ワークロール22bの上端のy座標は、必ずしも0に等しくなくともよい。

20

【0024】

被圧延材1は、x軸に沿って進行する。被圧延材1は、第1の圧延スタンド10で圧延され、第1の圧延スタンド10で圧延された後、第2の圧延スタンド20でさらに圧延される。第1の圧延スタンド10および第2の圧延スタンド20は、x軸の正方向に被圧延材1が進行して、それぞれのロールギャップに順に被圧延材1を噛み込むように配置されている。

30

【0025】

反り検出器30a, 30bは、第1の圧延スタンド10の出側に設けられている。上側の反り検出器30aは、y軸の正の側に配置され、ロールギャップを通過する被圧延材1の上面の変位を測定する。下側の反り検出器30bは、y軸の負の側に配置され、ロールギャップを通過する被圧延材1の下面の変位を測定する。反り検出器30a, 30bは、被圧延材1の上方向および下方向の反り量を計測して出力し、圧延制御装置50に供給する。反り検出器30a, 30bは、たとえばレーザ変位計である。なお、圧延スタンド10, 20の出側とは、被圧延材1が圧延されて排出される側である。また、圧延スタンド10, 20の入側とは、被圧延材1がこれからロールギャップに進入する側である。

40

【0026】

電動機駆動装置40a, 40bは、電動機42a, 42bに接続されており、電動機42a, 42bを駆動する。電動機駆動装置40a, 40bは、圧延制御装置50から供給される速度基準信号にしたがって、電動機42a, 42bによって上下のワークロール12a, 12bの周速度を制御する。電動機駆動装置40a, 40bは、電動機42a, 42bとともに、上下のワークロール12a, 12bをそれぞれ独立して駆動することができる。電動機駆動装置40a, 40bは、たとえばインバータ装置等の電力変換装置であり、電動機42a, 42bは、同期電動機等である。

【0027】

圧延制御装置50は、反り検出器30a, 30bの出力に接続されている。圧延制御装

50

置 5 0 は、電動機駆動装置 4 0 a , 4 0 b の入力に接続され、電動機駆動装置 4 0 a , 4 0 b に速度基準信号を供給する。圧延制御装置 5 0 は、補正演算部 5 2 と、記憶部 5 4 とを有する。補正演算部 5 2 には、反り検出器 3 0 a , 3 0 b からの被圧延材 1 の上下いずれかの方向への反り量に関する信号が入力される。補正演算部 5 2 には、記憶部 5 4 にあらかじめ格納されているスタンド間距離 L に関するデータが読み込まれる。補正演算部 5 2 は、反り検出器 3 0 a , 3 0 b の計測結果にもとづいて、被圧延材 1 の先端 1 a の反り量 y_1 を計算し、反り量を計測した位置 x_1 より後方の被圧延材 1 に対して、その反りを相殺する反り量を計算する。被圧延材 1 の先端部分の反り量 y_1 の値は、補正演算部 5 2 によって記憶部 5 4 に格納される。補正演算部 5 2 は、所定の演算式にもとづいて、スタンド間距離 L における被圧延材 1 のたわみ量 y_d を計算し、その値を記憶部 5 4 に格納する。補正演算部 5 2 は、反り量 y_1 の値およびたわみ量 y_d の値を読み込んで、それらの値にもとづいて、第 2 の圧延スタンド 2 0 における被圧延材 1 の先端の座標 (L , y_2) を計算する。さらに、補正演算部 5 2 は、先端の座標 (L , y_2) にもとづいて、 y 軸方向の位置を相殺、つまりゼロにするような方向および大きさの反り量を発生させるように、速度基準信号を生成し、電動機駆動装置 4 0 a , 4 0 b に供給する。つまり、電動機駆動装置 4 0 a , 4 0 b および電動機 4 2 a , 4 2 b は、圧延制御装置 5 0 から速度基準信号を供給されて、被圧延材 1 の先端 1 a の座標 (L , y_2) を補正する補正装置である。

10

【 0 0 2 8 】

本実施形態の圧延システム 1 0 0 の動作について、説明する。

図 2 (a) に示すように、被圧延材 1 は、第 1 の圧延スタンド 1 0 によって圧延され、被圧延材 1 が第 1 の圧延スタンド 1 0 から排出されるときに、少なくとも先端 1 a が上下いずれかの方向の反りを生ずる。図の例では、上方向、つまり y 軸の正方向に反りを発生している。反り量 y_1 は正の値である。被圧延材 1 は、下方向に反りを生ずる場合もあり、反り量 y_1 は負の値となる。

20

【 0 0 2 9 】

被圧延材 1 が第 1 の圧延スタンド 1 0 から排出された後、この反りを補正しない場合には、被圧延材 1 の圧延の進行とともに、図の破線のように先端 1 a における反り量は次第に増大する。本実施形態の圧延システム 1 0 0 では、第 1 の圧延スタンド 1 0 の出側で、スタンド間距離 L に比べて十分短い距離 x_1 (x 座標が x_1) に反り検出器 3 0 a , 3 0 b が設けられている。反り検出器 3 0 a , 3 0 b は、被圧延材 1 の先端 1 a から位置 x_1 までの反り量 y_1 を検出する。圧延制御装置 5 0 は、検出された反り量 y_1 およびそのときの上下のワークロール 1 2 a , 1 2 b の周速度の差にもとづいて、位置 x_1 から後方の被圧延材 1 に対して反りを相殺するようにワークロール 1 2 a , 1 2 b の周速度差を設定する。圧延制御装置 5 0 は、ワークロール 1 2 a , 1 2 b の周速度差にもとづいて電動機駆動装置 4 0 a , 4 0 b に対する速度基準信号を生成し、電動機 4 2 a , 4 2 b を駆動して反りを補正する。したがって、被圧延材 1 の先端 1 a から距離 x_1 程度から後方では、反りが補正された状態で圧延が進む。すなわち、図の一点鎖線のように座標 (L , 0) 、つまり、第 2 の圧延スタンド 2 0 の噛み込みの位置では、被圧延材 1 は、先端 1 a から位置 x_1 までの反り量 y_1 だけ y 軸方向にずれている。なお、このとき、被圧延材 1 の自重によるたわみについては無視している。

30

40

【 0 0 3 0 】

図 2 (b) に示すように、被圧延材 1 の反りとは別に、被圧延材 1 が第 1 の圧延スタンド 1 0 から第 2 の圧延スタンド 2 0 に達するまでの間には、被圧延材 1 を支持する部材等が存在しないため、被圧延材 1 は自重により y 軸の負方向にたわみを生ずる。このときの被圧延材 1 の先端 1 a の変位をたわみ量 y_d と規定したときには、たわみ量 y_d の絶対値 $|y_d|$ は、長さ L の片持ち梁の先端の変位に近似することができる。たわみ量の絶対値 $|y_d|$ は、以下の式 (1) によって計算することができる。

【 0 0 3 1 】

$$|y_d| = (\omega \times L^4) / (8 \times EI) \quad (1)$$

【 0 0 3 2 】

50

ここで、 ω は、被圧延材 1 の等分布荷重であり、 $E I$ は、被圧延材 1 の曲げ剛性である。等分布荷重 ω および曲げ剛性 $E I$ は、被圧延材 1 の材質や断面寸法等によってあらかじめ設定することができる物理量である。また、スタンド間距離 L は、第 1 の圧延スタンド 10 および第 2 の圧延スタンド 20 の配置によってあらかじめ設定されている。

【0033】

なお、被圧延材 1 を、第 1 の圧延スタンド 10 で支持された片持ち梁に近似することによって、たわみ量 y_d は、式 (1) を用いて計算されるが、他のモデルを用いてもよいのはいうまでもない。たとえば、第 1 の圧延スタンド 10 を通過した被圧延材 1 の断面形状を計測して、数値解析によりたわみ量を計算する等してもよい。

【0034】

補正演算部 52 は、被圧延材 1 の先端 1a が、第 2 の圧延スタンド 20 の噛み込みの位置に一致するように、つまり、被圧延材 1 の先端 1a の位置が座標 $(L, 0)$ となるように設定する。

【0035】

より具体的には、反りの補正を行わないときには、被圧延材 1 の先端 1a の位置は、 $x = L$ において、 $y_1 + y_d = y_2$ となる。反り量 y_1 は、正負のいずれをとり得る。たわみ量 y_d は、負の値である。圧延システム 100 では、 $x = L$ において、補正演算部 52 によって、「 $-y_2$ 」の反りを発生させるように、補正演算部 52 によって、ワークロール 12a, 12b の周速度の差を計算し、計算された周速度の差にもとづいて速度基準信号を生成する。このようにして適切に生成された速度基準信号にしたがって、電動機駆動装置 40a, 40b は、電動機 42a, 42b を駆動する。

【0036】

たとえば、被圧延材 1 の先端 1a の反り量 y_1 が正の値（つまり上方向への反り）であって、その絶対値が、位置 L における被圧延材 1 のたわみ量の絶対値 $|y_d|$ よりも大きい場合には、位置 L における被圧延材 1 の先端 1a の位置は、正の値になる。これを補正するためには、負の値の反りを発生させる必要がある。上側の電動機 42a の周速度（または回転速度、あるいは回転数）を、下側の電動機 42b の周速度よりも大きく設定することによって、下向きの反りを発生させることができる。

【0037】

被圧延材 1 の先端 1a の反り量 y_1 が正の値であって、その絶対値がたわみ量の絶対値 $|y_d|$ よりも小さい場合には、位置 L における被圧延材 1 の先端 1a の位置は、負の値になる。これを補正するためには、正の値の反りを発生させる必要がある。下側の電動機 42b の周速度を上側の電動機 42a の周速度よりも大きく設定することによって、上向きの反りを発生させることができる。

【0038】

圧延材の先端 1a の反り量 y_1 が負の値（つまり下方向への反り）の場合には、補正のための反りは、正の値とする必要がある。

【0039】

なお、第 1 の圧延スタンド 10 と第 2 の圧延スタンド 20 との間にルーパーを設置して、被圧延材 1 の張力を制御する場合がある。このようにルーパーを設けた場合には、被圧延材 1 は、第 1 の圧延スタンド 10 と第 2 の圧延スタンド 20 との間で、たわみ量 y_d' がルーパーの y 軸方向の位置で制限されることになる。図 2 (b) の例では、ルーパーは、座標 (L', y_3) の位置にあるものとする。 y_3 は、負の値 ($y_3 < 0$) である。図 2 (b) の 2 点鎖線で示したように、座標 (L', y_3) においてルーパーによって被圧延材 1 が支持される場合には、先端 1a の位置は、ルーパーの y 座標 y_3 からさらにたわみによって低下した位置となる。ルーパー位置からたわみによる変位 Δy_d は、式 (1) において、 L を $(L - L')$ に置き換えることによって求めることができる。したがって、 $x = L$ における全体のたわみ量 y_d' は、以下の式 (2) によって求めることができる。

【0040】

10

20

30

40

50

$$\begin{aligned}
 y_d' &= y_3 + \Delta y_d \\
 &= y_3 + \{ \omega \times (L - L')^4 \} / (8 \times EI) \quad (2)
 \end{aligned}$$

【0041】

本実施形態の圧延システム100の動作をフローチャートにより説明する。

図3に示すように、圧延システム100では、ステップS1において、反り検出器30a, 30bによって、被圧延材1の先端1aから位置x1の間の反り量y1が計測される。

【0042】

ステップS2において、補正演算部52によって、位置x1以降の反りの補正量が計算され、計算された補正量にもとづいて生成された速度基準信号が電動機駆動装置40a, 40bに供給される。

10

【0043】

ステップS3において、補正演算部52によって、ステップS2で計算された先端1aから位置x1の反り量y1の値が記憶部54に格納される。

【0044】

ステップS4において、補正演算部52によって、式(1)のたわみ量y_dの計算が実行され、計算されたたわみ量y_dの値が記憶部54に格納される。

【0045】

ステップS5において、補正演算部52によって、x=Lにおける先端1aのy座標y₂=y₁+y_dが計算され、-y₂の反り量となるような速度基準信号が生成され電動機駆動装置40a, 40bに供給される。

20

【0046】

ステップS6において、電動機駆動装置40a, 40bによって、-y₂の反り量となるように回転速度制御が実行される。

【0047】

本実施形態の圧延システム100の作用および効果について説明する。

本実施形態の圧延システム100では、第1の圧延スタンド10の出側の適切な位置x1に配置された反り検出器30a, 30bによって被圧延材1の反りを検出し、被圧延材1の先端1aから位置x1までに発生した反りを、第2の圧延スタンド20に噛み込むときに補正するので、フィードバック制御では補正することができない被圧延材1の先端1aの上下反りを補正することができる。さらに、圧延制御装置50では、補正演算部52によって、被圧延材1の自重によるたわみ量y_dを計算することができ、被圧延材1の先端1aの位置を、このたわみ量を含めて補正することができる。したがって、被圧延材1の先端1aは、第2の圧延スタンド20のロールギャップに正確に噛み込ませることができるので、噛み込み不良等を低減させることが可能になり、プラントの操業をより安定させることができる。

30

【0048】

(第1の実施形態の変形例)

被圧延材1の反りを検出するためには、被圧延材1の上下面の速度差を測定することにより行うことができる。本実施形態の圧延システム100aでは、速度検出器32a, 32bを用いる。

40

【0049】

図4は、本変形例の圧延システム100aを例示するブロック図である。

本変形例の圧延システム100aでは、第1の実施形態の圧延システム100の反り検出器30a, 30bに代えて、速度検出器32a, 32bを備えている。圧延システム100aの圧延制御装置50aは、速度検出器32a, 32bからの信号を入力して、反り量を計算すること以外は、第1の実施形態の圧延制御装置50と同一である。他の構成要素については、第1の実施形態の圧延システム100と同じであり、同一の符号を付して、説明を省略する。

図4に示すように、圧延システム100aは、2つの圧延スタンド10, 20と、速度

50

検出器 3 2 a , 3 2 b と、電動機駆動装置 4 0 a , 4 0 b と、電動機 4 2 a , 4 2 b と、圧延制御装置 5 0 a と、を備える。

【 0 0 5 0 】

速度検出器 3 2 a , 3 2 b は、たとえばレーザドップラ速度計である。レーザドップラ速度計は、発信されたレーザ光と、搬送されている被圧延材 1 から反射されてくる反射光との波長の差を測定して被圧延材 1 の搬送速度を計測する。

【 0 0 5 1 】

本変形例の圧延システム 1 0 0 a の作用および効果について説明する。

本実施形態の圧延システム 1 0 0 a では、速度検出器 3 2 a , 3 2 b を用いて被圧延材 1 の上下面の速度を計測し、速度差から被圧延材 1 の反り量を計算する。そのため、反り量の計測結果をより正確に行うことができるので、補正演算の結果も正確になされる。したがって、より安定した圧延工程を実現することができる。

【 0 0 5 2 】

なお、被圧延材 1 の反りの計測には、反り検出器 3 0 a , 3 0 b に加えて、速度検出器 3 2 a , 3 2 b を用いることができ、より正確な反りの計測を行うことができる。また、以下で説明するすべての実施形態において、反り検出器 3 0 a , 3 0 b または速度検出器 3 2 a , 3 2 b を用いることができ、反り検出器 3 0 a , 3 0 b および速度検出器 3 2 a , 3 2 b をともに用いることもできる。

【 0 0 5 3 】

(第 2 の実施形態)

上述の実施形態の圧延システム 1 0 0 , 1 0 0 a では、ワークロール 1 2 a , 1 2 b の周速度の差を制御することによって、被圧延材 1 の反りの補正を行ったが、他の手段で反りの補正を行うことができる。本実施形態の圧延システム 1 0 0 b では、被圧延材 1 の上下面の温度差を適切に設定することによって、被圧延材 1 の反りの補正を行う。

【 0 0 5 4 】

図 5 は、本実施形態の圧延システム 1 0 0 b を例示するブロック図である。

本実施形態の圧延システム 1 0 0 b の構成について説明する。

図 5 に示すように、本実施形態の圧延システム 1 0 0 b は、2つの圧延スタンド 1 0 , 2 0 と、反り検出器 3 0 a , 3 0 b と、噴射駆動装置 6 0 a , 6 0 b と、噴射ノズル 6 2 a , 6 2 b と、温度検出器 6 4 a , 6 4 b と、圧延制御装置 5 0 b と、を備える。本実施形態の圧延システム 1 0 0 b では、電動機駆動装置 4 0 a , 4 0 b および電動機 4 2 a , 4 2 b に代えて、噴射駆動装置 6 0 a , 6 0 b 、噴射ノズル 6 2 a , 6 2 b および温度検出器 6 4 a , 6 4 b を備える点で第 1 および第 2 の実施形態の圧延システム 1 0 0 , 1 0 0 a と相違する。また、本実施形態の圧延システム 1 0 0 b では、圧延制御装置 5 0 b が噴射駆動装置 6 0 a , 6 0 b を制御対象とする点でも、圧延システム 1 0 0 , 1 0 0 a と相違する。以下の説明では、同一の構成要素については、同一の符号を付して詳細な説明を適宜省略する。

【 0 0 5 5 】

噴射駆動装置 6 0 a , 6 0 b は、圧延制御装置 5 0 b の出力にそれぞれ接続されている。噴射駆動装置 6 0 a , 6 0 b の出力は、噴射ノズル 6 2 a , 6 2 b に接続されている。

【 0 0 5 6 】

噴射ノズル 6 2 a は、被圧延材 1 の上方、つまり、 $y > 0$ となる位置に設けられ、ノズルの開口が被圧延材 1 の上面に向けられている。噴射ノズル 6 2 b は、被圧延材 1 の下方、つまり、 $y < 0$ となる位置に設けられ、ノズルの開口が被圧延材 1 の下面に向けられている。噴射ノズル 6 2 a , 6 2 b は、第 1 の圧延スタンド 1 0 の入側に設けられている。噴射ノズル 6 2 a , 6 2 b は、図示しない配管に接続されており、配管を経て供給される水を被圧延材 1 の上面および下面に噴射する。噴射ノズル 6 2 a , 6 2 b は、たとえばアクチュエータによって弁の開閉が制御され、設定された噴射量で水が放出される。噴射ノズル 6 2 a , 6 2 b は、圧延制御装置 5 0 b の制御信号にしたがって、弁の開閉を制御され、水の噴射量を制御する。被圧延材 1 に噴射される媒体は、被圧延材 1 の上面および下

面の温度を調整することができればよく、水以外の他の冷却用の液体や気体であってもよい。

【0057】

温度検出器64aは、噴射ノズル62aと同じ側に設けられ、被圧延材1の上面の温度を検出する。温度検出器64bは、噴射ノズル62bと同じ側に設けられ、被圧延材1の下面の温度を検出する。

【0058】

噴射ノズル62a, 62bによって、被圧延材1の上面および下面に水が噴射され、温度検出器64a, 64bによって、被圧延材1の上面および下面の温度が検出されて、圧延制御装置50bには被圧延材1の上下面の温度の情報がフィードバックされる。

10

【0059】

圧延制御装置50bは、補正演算部52bと、記憶部54とを有する。補正演算部52bには反り検出器30a, 30bの出力が接続され、温度検出器64a, 64bの出力が接続されている。補正演算部52bは、反り検出器30a, 30bおよび温度検出器64a, 64bが検出した、被圧延材1の上面および下面の反り量ならびに温度にもとづいて、噴射駆動装置60a, 60bに対する駆動信号を設定して、噴射ノズル62a, 62bから噴射される水の量を制御する。つまり、噴射制御装置60a, 60bおよび噴射ノズル62a, 62bは、圧延制御装置50bから制御信号の供給によって、被圧延材1の上下面に温度を制御して、被圧延材1の反りを補正する補正装置である。

【0060】

20

本実施形態の圧延システム100bの動作について説明する。

本実施形態の圧延システム100bでは、第1の実施形態の圧延システム100と同様に、反り検出器30a, 30bによって、位置x1における被圧延材1の反り量を検出する。検出された反り量は、圧延制御装置50bに入力される。

【0061】

圧延制御装置50bは、先端1aから位置x1までの被圧延材1の反り量を相殺するように、被圧延材1の上面および下面の温度を調整する。被圧延材1は、金属のため、温度によって膨張の度合が異なる。一方の面に水を噴射することによって、その面の温度が低下する場合には、その面の膨張の度合も低下する。たとえば、y軸の正方向に被圧延材1の反りが発生している場合には、下面の温度を上面の温度に比べて低く設定することによって、正方向の反りを相殺するような反りを発生させることができ、反りの発生を相殺することができる。

30

【0062】

反りの発生が相殺された状態で、被圧延材1は、第1の圧延スタンド10によって圧延が進められ、第2の圧延スタンド20に向かう。

【0063】

圧延制御装置50bは、被圧延材1の先端1aが、第2の圧延スタンド20に噛み込む位置、つまり、 $x = L$ に到達するとき、 $y = 0$ となるように、噴射駆動装置60a, 60bを駆動する。ここで、圧延制御装置50bは、被圧延材1がたわみによって先端1aのy軸方向の位置が低下することを含めて、噴射駆動装置60a, 60bに対する駆動信号を設定する。被圧延材1の先端1aから位置x1における反り量 y_1 、先端1aのたわみ量 y_d とすると、 $x = L$ における先端1aのy軸方向の位置 y_2 は、 $y_2 = y_1 + y_d$ となるので、圧延制御装置50bは、 $x = L$ において、 $-y_2$ となるように噴射駆動装置60a, 60bを制御する。

40

【0064】

本実施形態の圧延システム100bの作用および効果について説明する。

本実施形態の圧延システム100bでは、噴射駆動装置60a, 60b、噴射ノズル62a, 62bおよび温度検出器64a, 64bを備えているので、以下の作用および効果を生ずる。

【0065】

50

上述したように、被圧延材 1 の上下反りは、上下のワークロールの周速度（または回転速度、回転数）の差によって生ずるばかりでなく、被圧延材 1 の上下面の温度差によっても発生する。被圧延材 1 の上下面の温度差によって反りが発生している場合にその反りを解消するためには、発生している反りを相殺するように被圧延材 1 の上下面の温度を設定する必要がある。本実施形態の圧延システム 100b では、噴射駆動装置 60a, 60b と、噴射ノズル 62a, 62b と、温度検出器 64a, 64b とを備えているので、反りの発生方向および発生量に応じて、水の噴射量を適切に設定することができる。したがって、反りの発生の原因が被圧延材 1 の上下面の温度差による場合であっても、第 2 の圧延スタンド 20 に噛み込む位置で先端 1a の y 座標を 0 にすることができる。被圧延材 1 の先端 1a は、第 2 の圧延スタンド 20 のロールギャップに正確に噛み込ませることができるので、噛み込み不良等を低減させることが可能になり、安定したプラントの操業を実現することができる。

10

【0066】

（第 3 の実施形態）

被圧延材 1 の上下面の摩擦係数を適切に設定することによって、反りの発生量を設定し、発生した反りを相殺することができる。

図 6 は、本実施形態の圧延システム 100c を例示するブロック図である。

本実施形態の圧延システム 100c の構成について説明する。

図 6 に示すように、本実施形態の圧延システム 100c は、2 つの圧延スタンド 10, 20 と、反り検出器 30a, 30b と、噴射駆動装置 61a, 61b と、噴射ノズル 63a, 63b と、圧延制御装置 50c と、を備える。本実施形態の圧延システム 100c では、水の噴射ノズル 62a, 62b に代えて油の噴射ノズル 63a, 63b を備えており、噴射駆動装置 61a, 61b は、油の噴射ノズル 63a, 63b を駆動する点で第 3 の実施形態の圧延システム 100b と相違する。圧延制御装置 50c は、油の噴射ノズル 63a, 63b を駆動する噴射駆動装置 61a, 61b を制御する点でも圧延システム 100b と相違する。以下では、同一の構成要素については、同一の符号を付して詳細な説明を適宜省略する。

20

【0067】

噴射ノズル 63a, 63b は、図示しない配管によって供給される油を被圧延材 1 の上下面に対して噴射する。噴射ノズル 63a, 63b は、たとえばアクチュエータによって弁の開閉が制御される。噴射ノズル 63a, 63b は、設定された噴射量で油を放出する。圧延制御装置 50c は、補正演算部 52c と、記憶部 54 とを有する。噴射ノズル 63a, 63b は、補正演算部 52c によって生成される制御信号で制御される噴射駆動装置 61a, 61b によって駆動され、油の噴射量が適切に設定される。つまり、噴射制御装置 61a, 61b および噴射ノズル 63a, 63b は、圧延制御装置 50c から制御信号の供給によって、被圧延材 1 の上下面の摩擦係数を制御して、被圧延材 1 の反りを補正する補正装置である。なお、圧延材 1 に噴射される媒体は、被圧延材 1 の上面および下面の摩擦係数を調整することができればよく、油以外の他の液体や気体であってもよい。

30

【0068】

本実施形態の圧延システム 100c の動作について説明する。

40

本実施形態の圧延システム 100c では、反り検出器 30a, 30b によって、位置 x 1 における被圧延材 1 の反り量を検出する。検出された反り量は、圧延制御装置 50c の補正演算部 52c に入力される。

【0069】

補正演算部 52c は、位置 x 1 における被圧延材 1 の反り量を相殺するように、噴射駆動装置 61a, 61b によって、被圧延材 1 の上面および下面に適切な量の油を噴射する。被圧延材 1 は、噴射された表面の油によってワークロール 12a, 12b との摩擦係数が制御される。たとえば、被圧延材 1 が上方、つまり $y > 0$ の方向に反りを生じている場合には、被圧延材 1 の上面の側の摩擦係数が、下面の側の摩擦係数よりも大きいことが考えられる。したがって、圧延制御装置 50c は、上面の側の摩擦係数を減少させて、下面

50

の側の摩擦係数を増大させるように、噴射駆動装置 6 1 a , 6 1 b を制御する。つまり、圧延制御装置 5 0 c は、上面の側の油の噴射量を下面の側の油の噴射量よりも大きく設定する。

【 0 0 7 0 】

位置 x 1 における被圧延材 1 の先端 1 a の反りを相殺するように油の噴射量を調整した後には、上述の他の実施形態の圧延システム 1 0 0 ~ 1 0 0 b と同様に、圧延制御装置 5 0 c は、 $x = L$ における先端 1 a の y 軸方向の位置 y 2 を 0 となるように、たわみ量 y d を含めて設定する。

【 0 0 7 1 】

本実施形態の圧延システム 1 0 0 c の作用および効果について説明する。

10

本実施形態の圧延システム 1 0 0 c では、噴射駆動装置 6 1 a , 6 1 b および噴射ノズル 6 3 a , 6 3 b を備えているので、以下の作用および効果を生ずる。

圧延システムにおける反りの発生の原因には、上下のワークロールの周速度差や被圧延材の上下面の温度差のほか、被圧延材の上下面の摩擦係数の差による場合がある。被圧延材の上下面の摩擦係数の差によって被圧延材が反りを生じている場合には、適切な摩擦係数に設定して、被圧延材の反りの発生を制御する必要がある。本実施形態の圧延システム 1 0 0 c では、油を噴射する噴射ノズル 6 3 a , 6 3 b と、これらをそれぞれ駆動する噴射駆動装置 6 1 a , 6 1 b を備えているので、被圧延材 1 の上面および下面にそれぞれ噴射する油の量を適切に設定することができる。そのため、圧延システム 1 0 0 c では、被圧延材 1 の上下面の摩擦係数の差異によって反りが発生するような場合であっても、第 2

20

【 0 0 7 2 】

(第 4 の実施形態)

被圧延材 1 の先端 1 a が第 1 の圧延スタンド 1 0 に噛み込むときの角度、つまり噛み込みの入射角 θ を x 軸に対して設定することによって反りの発生を相殺することもできる。

図 7 は、本実施形態の圧延システム 1 0 0 d を例示するブロック図である。

本実施形態の圧延システム 1 0 0 d の構成について説明する。

図 7 に示すように、本実施形態の圧延システム 1 0 0 d は、2つの圧延スタンド 1 0 , 2 0 と、反り検出器 3 0 a , 3 0 b と、上下可動テーブルローラ 7 0 と、テーブルローラ高さ位置移動装置 7 2 と、圧延制御装置 5 0 d と、を備える。本実施形態の圧延システム 1 0 0 d では、上下可動テーブルローラ 7 0 およびテーブルローラ高さ位置移動装置 7 2 を備える点で、上述の他の実施形態の圧延システム 1 0 0 ~ 1 0 0 c と相違する。また、本実施形態の圧延システム 1 0 0 d では、圧延制御装置 5 0 d がテーブルローラ高さ位置移動装置 7 2 を制御対象とする点でも、圧延システム 1 0 0 ~ 1 0 0 c と相違する。以下の説明では、同一の構成要素については、同一の符号を付して詳細な説明を適宜省略する。

30

【 0 0 7 3 】

上下可動テーブルローラ 7 0 は、複数のテーブルローラ 7 1 a と、支持部材 7 1 b とを含む。複数のテーブルローラ 7 1 a は、 x 軸および y 軸にほぼ垂直に交差する方向にほぼ平行に設けられた回転軸のまわりをそれぞれ回転する。テーブルローラ 7 1 a は、その上端に被圧延材 1 の下面が接するように配置されている。したがって、テーブルローラ 7 1 a は、被圧延材 1 の搬送にともなって回転する。テーブルローラ 7 1 a は、支持部材 7 1 b によって支持されている。支持部材 7 1 b は、テーブルローラ高さ位置移動装置 7 2 によって、 y 軸に沿って移動することができる。つまり、支持部材 7 1 b に支持された複数のテーブルローラ 7 1 a は、被圧延材 1 の下面に接しながら、上下に可動する。上下可動テーブルローラ 7 0 は、第 1 の圧延スタンド 1 0 の入側に配置されている。上下可動テーブルローラ 7 0 が上下に可動することによって、第 1 の圧延スタンド 1 0 への噛み込みの y 軸方向の位置と、テーブルローラ 7 1 a 上に載置された被圧延材 1 の y 軸方向の位置を相対的に変化させることができる。 y 軸方向の噛み込み位置と、テーブルローラ 7 1 a 上の被圧延材 1 の y 軸方向の位置とを相対的に変化させることによって、被圧延材 1 の第 1

40

50

の圧延スタンド 10 に対する噛み込みの入射角度 θ を変化させることができる。

【0074】

テーブルローラ高さ位置移動装置 72 は、圧延制御装置 50 d の出力に接続されている。テーブルローラ高さ位置移動装置 72 は、上下可動テーブルローラ 70 を上下方向に可動させる駆動機器を含んでいる。圧延制御装置 50 d は、補正演算部 52 d と、記憶部 54 とを有する。テーブルローラ高さ位置移動装置 72 は、圧延制御装置 50 d の補正演算部 52 d が生成する制御信号にしたがって、上下可動テーブルローラ 70 の y 軸方向の位置を設定し、その位置に移動させる。つまり、テーブルローラ 70 およびテーブルローラ高さ位置移動装置 72 は、圧延制御装置 50 d から制御信号の供給によって、被圧延材 1 の第 1 の圧延スタンド 10 に噛み込む高さを制御し、被圧延材 1 の第 1 の圧延スタンド 10 への入射角度 θ を設定することによって、被圧延材 1 の反りを補正する補正装置である。

10

【0075】

本実施形態の圧延システム 100 d の動作について説明する。

本実施形態の圧延システム 100 d の上下可動テーブルローラ 70 は、y 軸に沿って上下に移動する。テーブルローラ 71 a の上端が、 $y = 0$ の位置と一致しているときには、被圧延材 1 の下面は、 $y = 0$ の位置と一致する。上下可動テーブルローラ 70 の y 軸方向の位置が負の方向に移動したときには、テーブルローラ 71 a の上端は、y 軸の負方向に移動する。このような状態で、被圧延材 1 がテーブルローラ 71 a 上に載置され、被圧延材 1 がロールギャップに噛み込まれて搬送されるときには、被圧延材 1 の下面は、x 軸に対して角度 θ をなす。つまり、被圧延材 1 は、第 1 の圧延スタンド 10 に対して角度 θ の入射角をもって噛み込まれる。図では示していないが、上下可動テーブルローラ 70 が y 軸の正方向に移動したときには、テーブルローラ 71 a の上端は、y 軸の正方向に移動する。テーブルローラ 71 a 上を被圧延材 1 が第 1 の圧延スタンド 10 に向かって搬送されているときには、前述の場合とは逆向きの符号を有する角度をもって噛み込まれる。

20

【0076】

ワークロール 12 a , 12 b の回転軸の中心が、 $x = 0$ で一致している場合には、被圧延材 1 が x 軸に対して角度 θ をもってロールギャップに入射すると、被圧延材 1 は、y 軸方向の分力を受けることとなるので、その分力に応じた方向へ反りを生じることとなる。また、ワークロール 12 a , 12 b の回転軸の中心が $x = 0$ からずれている場合も、y 軸に沿った分力を生じる。圧延システム 100 d では、このような機械的な分力に応じて、それを相殺する分力となるように、上下可動テーブルローラ 70 の y 軸方向の位置を設定し、被圧延材 1 の入射角度を設定することができる。

30

【0077】

他の実施形態の圧延システム 100 ~ 100 c と同様に、被圧延材 1 の先端 1 a の反りを反り検出器 30 a , 30 b によって計測し、これを相殺するような y 軸方向の分力を発生するように、上下可動テーブルローラ 70 の y 軸方向の位置を設定する。たとえば、先端 1 a の反りが上方向の反りの場合には、下向きの分力を発生させるために、上下可動テーブルローラ 70 の y 軸方向の位置を上方に移動する。先端 1 a の反りが下方向の場合には、上方向の分力を発生させるために、上下可動テーブルローラ 70 の y 軸方向の位置を下方に移動する。

40

【0078】

補正演算部 52 d は、被圧延材 1 の先端 1 a が $x = L$ に達するとき、先端 1 a から x 1 までに発生している反り量 y 1 および被圧延材 1 のたわみによって発生する変位量 y d との和を相殺するように、逆方向の反りを発生させるように、上下可動テーブルローラ 70 の y 軸方向の位置を移動する。

【0079】

本実施形態の圧延システム 100 d の作用および効果について説明する。

本実施形態の圧延システム 100 d では、上下可動テーブルローラ 70 およびテーブルローラ高さ位置移動装置 72 を備えているので、以下の作用および効果を生ずる。

50

本実施形態の圧延システム 100 d では、上下可動テーブルローラ 70 およびテーブルローラ高さ位置移動装置 72 によって、ロールギャップに対する被圧延材 1 の入射角を設定することができる。そのため、ワークロール 12 a , 12 b 等の偏心等による、被圧延材 1 に対する圧延時の y 軸方向の分力による反りの発生を相殺しつつ、被圧延材 1 のたわみを相殺する反り量を制御することができる。したがって、圧延プラントの操業の安定性を向上させることができる。

【0080】

上述したように、被圧延材 1 の上下方向の反りは、ワークロール 12 a , 12 b の周速度差、被圧延材 1 の上下面の温度差、上下面の摩擦係数差およびワークロール 12 a , 12 b の偏心等による分力の発生等が複合的に関与して生じることがある。上述した第 1 ~ 第 4 の実施形態の圧延システム 100 ~ 100 d では、それぞれ単独の構成要素にしたがって実現する場合に限らず、複数の実施形態を組み合わせる圧延システムを構成するようにしてもよい。たとえば、第 1 の実施形態の圧延システム 100 に、噴射駆動装置 60 a , 60 b 等を追加することによって、ワークロール 12 a , 12 b の周速度差の補正に加えて、被圧延材 1 の上下面の温度差を制御して、被圧延材 1 の反りの発生量を制御することができる。

10

【0081】

以上説明した実施形態によれば、第 1 の圧延スタンドで上下反りが発生した被圧延材 1 について、第 2 の圧延システムに正確に噛み込めるように被圧延材の先端を補正することができる圧延システム、圧延方法および制御装置を実現することができる。

20

【0082】

以上、本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他のさまざまな形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明およびその等価物の範囲に含まれる。また、前述の各実施形態は、相互に組み合わせる実施することができる。

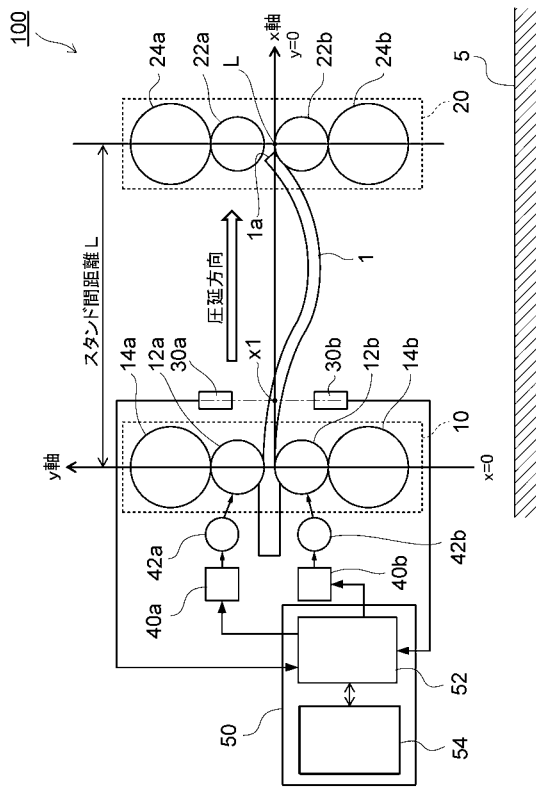
【符号の説明】

【0083】

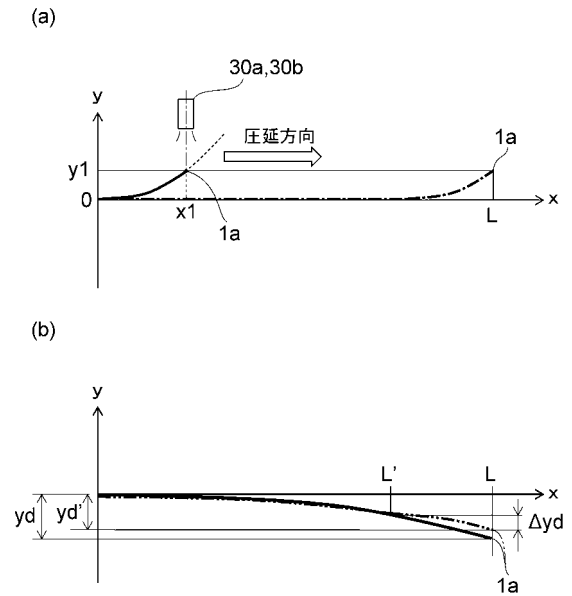
30

1 被圧延材、5 床面、10, 20 圧延スタンド、12 a , 12 b , 22 a , 22 b ワークロール、14 a , 14 b , 24 a , 24 b バックアップロール、30 a , 30 b 反り検出器、32 a , 32 b 速度検出器、40 a , 40 b 電動機駆動装置、42 a , 42 b 電動機、50 ~ 50 d 圧延制御装置、60 a , 60 b , 61 a , 61 b 噴射駆動装置、62 a , 62 b , 63 a , 63 b 噴射ノズル、64 a , 64 b 温度検出器、70 上下可動テーブルローラ、71 a テーブルローラ、71 b 支持部材、72 テーブルローラ高さ位置移動装置、100 ~ 100 d 圧延システム

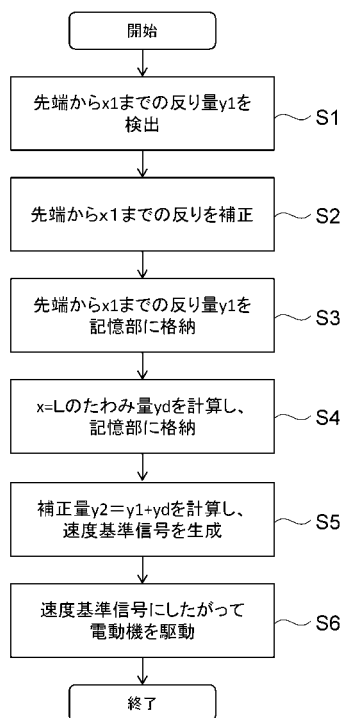
【 図 1 】



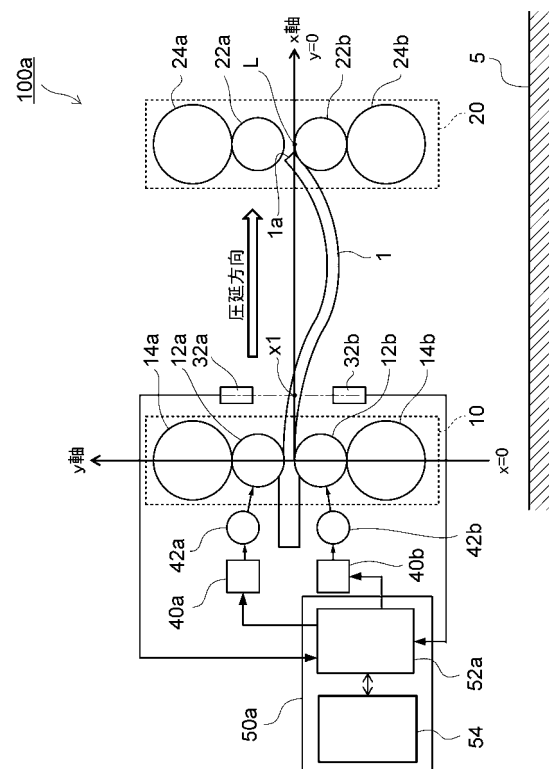
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

B 2 1 B 39/14

H