

(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2018-1271

(P2018-1271A)

(43) 公開日 平成30年1月11日(2018.1.11)

(51) Int.Cl.

B 2 1 B 37/58 (2006.01)

F 1

B 2 1 B 37/58

B

テーマコード (参考)

4 E O 2 4

4 E 1 2 4

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2016-256324 (P2016-256324)
 (22) 出願日 平成28年12月28日 (2016.12.28)
 (31) 優先権主張番号 特願2016-123598 (P2016-123598)
 (32) 優先日 平成28年6月22日 (2016.6.22)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000001199
 株式会社神戸製鋼所
 兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番
 4号
 (74) 代理人 100067828
 弁理士 小谷 悦司
 (74) 代理人 100115381
 弁理士 小谷 昌崇
 (74) 代理人 100137143
 弁理士 玉串 幸久
 (72) 発明者 小泉 重人
 兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番
 4号 株式会社神戸製鋼所内

最終頁に続く

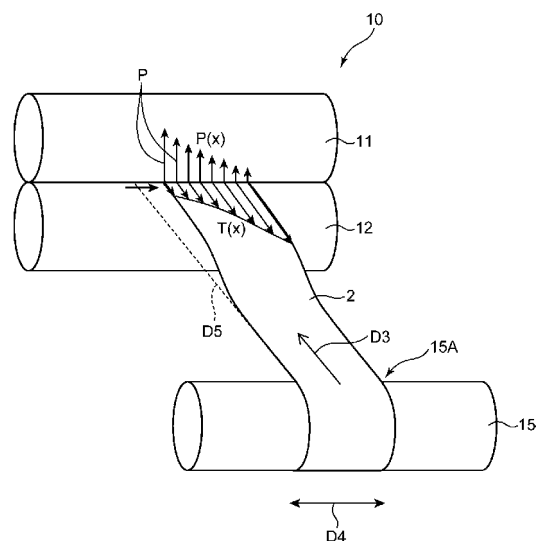
(54) 【発明の名称】 蛇行予測システム、蛇行予測方法及び圧延機オペレータ支援方法

(57) 【要約】

【課題】実際の圧延時に生じる蛇行をより正確に予測可能な蛇行予測システム及び蛇行予測方法並びに当該蛇行予測方法を用いた圧延機オペレータ支援方法を提供する。

【解決手段】蛇行予測システムは、タンデム式圧延機10の上流側に配置された上流側ロール15により、板材2の送り出し方向D3及び送り出し位置が拘束されると共に、タンデム式圧延機10の一对の圧延ロール11, 12間に進入する板材2に、上流側ロール15と圧延ロール11, 12との間に張力が掛けられた状態で、一对の圧延ロール11, 12により板材2を圧延する際の蛇行を予測するシステムである。この蛇行予測システムは、上流側ロール15により板材2を拘束する状態を表す拘束条件と、板材2が一对の圧延ロール11, 12間に進入する際の進入条件と、を用いて、板材2の蛇行量の変化量を演算する演算部を備えている。

【選択図】図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

圧延機の上流側に配置された上流側ロール又は前記圧延機において蛇行量の演算対象となる一对の圧延ロールの前段に配置された前段ロールにより、板材の送り出し方向及び送り出し位置が拘束されると共に、前記一对の圧延ロール間に進入する前記板材に、前記上流側ロール又は前記前段ロールと前記一对の圧延ロールとの間に張力が掛けられた状態で、前記一对の圧延ロールにより前記板材を圧延する際の蛇行を予測するシステムであって、

前記上流側ロール又は前記前段ロールにより前記板材を拘束する状態を表す拘束条件と、前記板材が前記一对の圧延ロール間に進入する際の進入条件と、を用いて、前記板材の蛇行量の変化量を演算する演算部を備えた、蛇行予測システム。

10

【請求項 2】

前記演算部は、

少なくとも前記拘束条件及び前記進入条件を用いて、前記圧延ロールの入側における前記板材の幅方向の張力分布を計算し、

前記張力分布に基づいて、前記圧延ロールが前記板材から受ける幅方向の荷重分布を計算するように構成されている、請求項 1 に記載の蛇行予測システム。

【請求項 3】

前記演算部は、

前記荷重分布を含む、前記圧延ロールにおける左右の圧下率の違いに影響を与える因子を用いて、前記圧延ロールの出側における前記板材の幅方向の板厚分布を計算し、

前記板厚分布に基づいて前記板材が前記一对の圧延ロール間に進入する際の進入角度を計算し、

20

前記進入角度に基づいて前記蛇行量の変化量を計算するように構成されている、請求項 2 に記載の蛇行予測システム。

【請求項 4】

前記板材の蛇行量の変化量の演算に用いられる蛇行予測変数又は前記板材の蛇行量の変化量が予め定められた閾値を超えたときに、オペレータによる前記圧延機の操作を支援するための情報を、前記閾値を超える前記蛇行予測変数又は前記板材の蛇行量の変化量に応じて出力する出力部をさらに備えた、請求項 1 ～ 3 の何れか 1 項に記載の蛇行予測システム。

30

【請求項 5】

前記出力部は、前記蛇行予測変数に含まれる前記荷重分布が前記閾値を超えたときに、前記圧延ロールの荷重の変更又は前記圧延ロールのベンダー操作を促す情報を出力するように構成されている、請求項 4 に記載の蛇行予測システム。

【請求項 6】

前記出力部は、前記蛇行予測変数に含まれる前記張力分布が前記閾値を超えたときに、前記圧延ロールの入側における前記板材の張力調整を促す情報を出力するように構成されている、請求項 4 又は 5 に記載の蛇行予測システム。

【請求項 7】

前記出力部は、前記蛇行予測変数に含まれる前記圧延ロールのレベリング差が前記閾値を超えたときに、前記圧延ロールのレベリング操作を促す情報を出力するように構成されている、請求項 4 ～ 6 の何れか 1 項に記載の蛇行予測システム。

40

【請求項 8】

前記出力部は、前記板材の蛇行量の変化量が前記閾値を超えたときに、前記圧延機の停止を促す情報を出力するように構成されている、請求項 4 ～ 7 の何れか 1 項に記載の蛇行予測システム。

【請求項 9】

圧延機の上流側に配置された上流側ロール又は前記圧延機において蛇行量の演算対象となる一对の圧延ロールの前段に配置された前段ロールにより、板材の送り出し方向及び送

50

り出し位置が拘束されると共に、前記一对の圧延ロール間に進入する前記板材に、前記上流側ロール又は前記前段ロールと前記一对の圧延ロールとの間に張力が掛けられた状態で、前記一对の圧延ロールにより前記板材を圧延する際の蛇行を予測する方法であって、

前記一对の圧延ロールにより圧延する際の前記板材の蛇行量の変化量を演算する工程を含み、

前記蛇行量の変化量を演算する工程では、前記上流側ロール又は前記前段ロールにより前記板材を拘束する状態を表す拘束条件と、前記板材が前記一对の圧延ロール間に進入する際の進入条件と、を用いて、前記蛇行量の変化量を演算することの特徴とする、蛇行予測方法。

【請求項 10】

10

前記蛇行量の変化量を演算する工程は、

少なくとも前記拘束条件及び前記進入条件を用いて、前記圧延ロールの入側における前記板材の幅方向の張力分布を計算する工程と、

前記張力分布に基づいて、前記圧延ロールが前記板材から受ける幅方向の荷重分布を計算する工程と、を含む、請求項 9 に記載の蛇行予測方法。

【請求項 11】

前記蛇行量の変化量を演算する工程は、

前記板材が前記一对の圧延ロール間に進入する際の進入角度を導出する工程と、

前記進入角度に基づいて前記蛇行量の変化量を計算する工程と、をさらに含み、

前記進入角度を導出する工程は、

20

前記荷重分布を含む、前記圧延ロールにおける左右の圧下率の違いに影響を与える因子を用いて、前記圧延ロールの出側における前記板材の幅方向の板厚分布を計算する工程と、

前記板厚分布に基づいて前記進入角度を計算する工程と、を含む、請求項 10 に記載の蛇行予測方法。

【請求項 12】

前記張力分布において圧縮応力が予め定められた値を超えた領域は前記圧縮応力が一定値となるように前記張力分布を修正する工程をさらに含む、請求項 10 又は 11 に記載の蛇行予測方法。

【請求項 13】

30

前記圧延ロールの入側における前記板材の幅方向の張力分布を $E(z)$ 、前記圧延ロールの出側における前記板材の幅方向の張力分布を $D(z)$ 、 $E(z)$ と $D(z)$ との干渉係数を $g(0 \leq g \leq 1)$ とした時に、 $E(z)$ を下記の式 (1) 及び (2) で表される $E'(z)$ に修正する工程をさらに含む、請求項 10 ~ 12 の何れか 1 項に記載の蛇行予測方法。

$$D(z) = D(z) - D(z) \text{ の平均値} \cdots \cdots (1)$$

$$E'(z) = E(z) + g \times D(z) \cdots \cdots (2)$$

【請求項 14】

請求項 9 ~ 13 の何れか 1 項に記載の蛇行予測方法を用いて、前記板材の蛇行量の変化量の演算に用いられる蛇行予測変数又は前記板材の蛇行量の変化量を得る取得工程と、

40

前記取得工程において得られた前記蛇行予測変数又は前記板材の蛇行量の変化量が予め定められた閾値を超えるか否かを判定する判定工程と、

前記判定工程において前記蛇行予測変数又は前記板材の蛇行量の変化量が前記閾値を超えると判定されたときに、オペレータによる前記圧延機の操作を支援するための情報を、前記閾値を超える前記蛇行予測変数又は前記板材の蛇行量の変化量に応じて出力する出力工程と、を備えた、圧延機のオペレータ支援方法。

【請求項 15】

前記出力工程では、前記判定工程において前記蛇行予測変数に含まれる前記荷重分布が前記閾値を超えると判定されたときに、前記圧延ロールの荷重の変更又は前記圧延ロールのベンダー操作を促す情報を出力する、請求項 14 に記載の圧延機のオペレータ支援方法

50

。

【請求項 16】

前記出力工程では、前記判定工程において前記蛇行予測変数に含まれる前記張力分布が前記閾値を超えると判定されたときに、前記圧延ロールの入側における前記板材の張力調整を促す情報を出力する、請求項 14 又は 15 に記載の圧延機オペレータ支援方法。

【請求項 17】

前記出力工程では、前記判定工程において前記蛇行予測変数に含まれる前記圧延ロールのレベリング差が前記閾値を超えると判定されたときに、前記圧延ロールのレベリング操作を促す情報を出力する、請求項 14 ~ 16 の何れか 1 項に記載の圧延機オペレータ支援方法。

10

【請求項 18】

前記出力工程では、前記判定工程において前記板材の蛇行量の変化量が前記閾値を超えると判定されたときに、前記圧延機の停止を促す情報を出力する、請求項 14 ~ 17 の何れか 1 項に記載の圧延機オペレータ支援方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、蛇行予測システム、蛇行予測方法及び圧延機オペレータ支援方法に関し、より特定的には、圧延機を用いた板材の圧延における当該板材の蛇行を予測する蛇行予測システム及び蛇行予測方法並びに当該蛇行予測方法を用いた圧延機オペレータ支援方法

20

【背景技術】

【0002】

従来、タンデム式圧延機などにおいて、一对の圧延ロール間に鋼板などの板材を進入させることにより所望の板厚になるように圧延加工することが知られているが、このような圧延加工において搬送中の板材が圧延ロールの中心からずれるように左右に蛇行する場合がある。これにより、板材の幅方向の端部が搬送路におけるガイド部分に衝突し、板材の搬送トラブルを招くという問題がある。下記特許文献 1 ~ 3 には、このように圧延中に生じる板材の蛇行を検出するシステムについて開示されている。

【0003】

下記特許文献 1 には、圧延機に板端検出センサーを設け、当該センサーを用いて板端位置を検出することにより蛇行による板ずれを検出することが開示されている。また下記特許文献 2 及び 3 には、圧延機に板材の蛇行量を検出するための検出器を配置し、その検出結果をフィードバックして板材の蛇行量が所定の範囲内に収まるように圧延ロールの左右の圧下量などを制御することが開示されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特許第 3696733 号公報

【特許文献 2】特開平 6 - 345304 号公報

【特許文献 3】特許第 4306273 号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記特許文献 1 ~ 3 に開示された圧延機は、圧延中において板材の蛇行が発生したときにその蛇行量が小さくなるように制御することを目的としている。しかし、上記特許文献 1 ~ 3 には、実際の圧延時に生じる板材の蛇行を正確に予測して制御することに関しては記載されていない。

【0006】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、実際の圧延時に生じる

50

蛇行をより正確に予測可能な蛇行予測システム及び蛇行予測方法並びに当該蛇行予測方法を用いた圧延機のオペレータ支援方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一局面に係る蛇行予測システムは、圧延機の上流側に配置された上流側ロール又は前記圧延機において蛇行量の演算対象となる一对の圧延ロールの前段に配置された前段ロールにより、板材の送り出し方向及び送り出し位置が拘束されると共に、前記一对の圧延ロール間に進入する前記板材に、前記上流側ロール又は前記前段ロールと前記一对の圧延ロールとの間に張力が掛けられた状態で、前記一对の圧延ロールにより前記板材を圧延する際の蛇行を予測するシステムである。上記蛇行予測システムは、前記上流側ロール又は前記前段ロールにより前記板材を拘束する状態を表す拘束条件と、前記板材が前記一对の圧延ロール間に進入する際の進入条件と、を用いて、前記板材の蛇行量の変化量を演算する演算部を備えている。

10

【0008】

上記蛇行予測システムでは、圧延機の上流側に配置された上流側ロール又は圧延機において蛇行量の演算対象となる一对の圧延ロールの前段に配置された前段ロールによる板材の拘束条件と、一对の圧延ロール間に進入する際の板材の進入条件と、に基づいて蛇行量の変化量を演算することができる。このため、上流側ロール又は前段ロールにより板材の送り出し方向及び送り出し位置を拘束しつつ一对の圧延ロール間に所定の条件で板材が進入する、という実際の圧延時の条件を想定して蛇行量の変化量を計算することができる。従って、上記蛇行予測システムによれば、実際の圧延時に生じる板材の蛇行をより正確に予測することができる。

20

【0009】

上記蛇行予測システムにおいて、前記演算部は、少なくとも前記拘束条件及び前記進入条件を用いて、前記圧延ロールの入側における前記板材の幅方向の張力分布を計算し、前記張力分布に基づいて、前記圧延ロールが前記板材から受ける幅方向の荷重分布を計算するように構成されていてもよい。

【0010】

圧延ロール入側における板材の幅方向の張力分布及び圧延ロールが板材から受ける荷重分布は、板材の蛇行が停留するか又は発散するか大きく影響する。このため、これらの分布を蛇行量の変化量の演算において考慮することにより、圧延中に板材の蛇行が停留するか又は発散するかについてより正確に予測することができる。

30

【0011】

上記蛇行予測システムにおいて、前記演算部は、前記荷重分布を含む、前記圧延ロールにおける左右の圧下率の違いに影響を与える因子を用いて、前記圧延ロールの出側における前記板材の幅方向の板厚分布を計算し、前記板厚分布に基づいて前記板材が前記一对の圧延ロール間に進入する際の進入角度を計算し、前記進入角度に基づいて前記蛇行量の変化量を計算するように構成されていてもよい。

【0012】

これにより、圧延ロール出側の板厚分布から進入角度を計算し、当該進入角度から蛇行量を計算することで、より正確な蛇行量を計算することができる。

40

【0013】

上記蛇行予測システムは、前記板材の蛇行量の変化量の演算に用いられる蛇行予測変数又は前記板材の蛇行量の変化量が予め定められた閾値を超えたときに、オペレータによる前記圧延機の操作を支援するための情報を、前記閾値を超える前記蛇行予測変数又は前記板材の蛇行量の変化量に応じて出力する出力部をさらに備えていてもよい。この「蛇行予測変数」には、上記拘束条件、上記張力分布、上記荷重分布及び上記進入角度などが含まれる。

【0014】

これにより、オペレータは、出力部を監視することで、蛇行予測変数又は蛇行量が閾値

50

を超える状態に対処するための圧延機の操作に関する情報を容易に確認することができる。そして、オペレータが出力部に出力される支援ガイダンスに従って圧延機を操作することにより、板材の蛇行トラブルの発生を未然に防ぐことができる。

【0015】

上記蛇行予測システムにおいて、前記出力部は、前記蛇行予測変数に含まれる前記荷重分布が前記閾値を超えたときに、前記圧延ロールの荷重の変更又は前記圧延ロールのベンダー操作を促す情報を出力するように構成されていてもよい。また前記出力部は、前記蛇行予測変数に含まれる前記張力分布が前記閾値を超えたときに、前記圧延ロールの入側における前記板材の張力調整を促す情報を出力するように構成されていてもよい。また前記出力部は、前記蛇行予測変数に含まれる前記圧延ロールのレベリング差が前記閾値を超えたときに、前記圧延ロールのレベリング操作を促す情報を出力するように構成されていてもよい。

10

【0016】

圧延ロールの荷重分布、圧延ロールの入側における板材の張力分布及び圧延ロールのレベリング差は、いずれも板材の蛇行に対する影響が大きい変数である。このため、これらの変数が閾値を超える状態に対して対処するための適切な圧延機の操作を支援する情報を出力することにより、圧延機の操業を継続しつつ板材の蛇行トラブルの発生を防ぐことができる。

【0017】

上記蛇行予測システムにおいて、前記出力部は、前記板材の蛇行量の変化量が前記閾値を超えたときに、前記圧延機の停止を促す情報を出力するように構成されていてもよい。これにより、実際に板材の蛇行トラブルが発生する前にオペレータが圧延機の停止操作を行うことができる。

20

【0018】

本発明の他局面に係る蛇行予測方法は、圧延機の上流側に配置された上流側ロール又は前記圧延機において蛇行量の演算対象となる一对の圧延ロールの前段に配置された前段ロールにより、板材の送り出し方向及び送り出し位置が拘束されると共に、前記圧延機的一对の圧延ロール間に進入する前記板材に、前記上流側ロール又は前記前段ロールと前記一对の圧延ロールとの間に張力が掛けられた状態で、前記一对の圧延ロールにより前記板材を圧延する際の蛇行を予測する方法である。上記蛇行予測方法は、前記一对の圧延ロールにより圧延する際の前記板材の蛇行量の変化量を演算する工程を含む。前記蛇行量の変化量を演算する工程では、前記上流側ロール又は前記前段ロールにより前記板材を拘束する状態を表す拘束条件と、前記板材が前記一对の圧延ロール間に進入する際の進入条件と、を用いて、前記蛇行量の変化量を演算する。

30

【0019】

上記蛇行予測方法では、圧延機の上流側に配置された上流側ロール又は前段ロールによる板材の拘束条件と、一对の圧延ロール間に進入する際の板材の進入条件と、に基づいて蛇行量の変化量を演算する。このため、上流側ロール又は前段ロールにより板材の送り出し方向及び送り出し位置を拘束しつつ一对の圧延ロール間に所定の条件で板材が進入する、という実際の圧延時の条件を想定して蛇行量の変化量を計算することができる。従って、上記蛇行予測方法によれば、実際の圧延時に生じる板材の蛇行をより正確に予測することができる。

40

【0020】

上記蛇行予測方法において、前記蛇行量の変化量を演算する工程は、少なくとも前記拘束条件及び前記進入条件を用いて、前記圧延ロールの入側における前記板材の幅方向の張力分布を計算する工程と、前記張力分布に基づいて、前記圧延ロールが前記板材から受ける幅方向の荷重分布を計算する工程と、を含んでいてもよい。

【0021】

圧延ロール入側における板材の幅方向の張力分布及び圧延ロールが板材から受ける荷重分布は、板材の蛇行が停留するか又は発散するかにおいて大きく影響する。このため、こ

50

これらの分布を蛇行量の変化量の演算において考慮することにより、圧延中に板材の蛇行が停留するか又は発散するかについてより正確に予測することができる。

【0022】

上記蛇行予測方法において、前記蛇行量の変化量を演算する工程は、前記板材が前記一対の圧延ロール間に進入する際の進入角度を導出する工程と、前記進入角度に基づいて前記蛇行量の変化量を計算する工程と、をさらに含んでもよい。前記進入角度を導出する工程は、前記荷重分布を含む、前記圧延ロールにおける左右の圧下率の違いに影響を与える因子を用いて、前記圧延ロールの出側における前記板材の幅方向の板厚分布を計算する工程と、前記板厚分布に基づいて前記進入角度を計算する工程と、を含んでもよい。

10

【0023】

これにより、圧延ロール出側の板厚分布から進入角度を計算し、当該進入角度から蛇行量を計算することで、より正確な蛇行量を計算することができる。

【0024】

上記蛇行予測方法は、前記張力分布において圧縮応力が予め定められた値を超えた領域は前記圧縮応力が一定値となるように前記張力分布を修正する工程をさらに含んでもよい。

【0025】

これにより、圧延中に板材が座屈することにより圧縮応力が解放される場合についても蛇行量の変化量の計算に反映させることができる。

20

【0026】

上記蛇行予測方法は、前記圧延ロールの入側における前記板材の幅方向の張力分布を $E(z)$ 、前記圧延ロールの出側における前記板材の幅方向の張力分布を $D(z)$ 、 $E(z)$ と $D(z)$ との干渉係数を $g(0 \leq g \leq 1)$ とした時に、 $E(z)$ を下記の式(1)及び(2)で表される $E'(z)$ に修正する工程をさらに含んでもよい。

$$D(z) = D(z) - D(z) \text{の平均値} \cdots \cdots (1)$$

$$E'(z) = E(z) + g \times D(z) \cdots \cdots (2)$$

これにより、圧延ロール入側における板材の張力分布と出側における板材の張力分布との干渉を考慮して蛇行量の変化量を計算することができ、蛇行量の変化量をより正確に計算することができる。

30

【0027】

本発明の他局面に係る圧延機のオペレータ支援方法は、上記蛇行予測方法を用いて、前記板材の蛇行量の変化量の演算に用いられる蛇行予測変数又は前記板材の蛇行量の変化量を得る取得工程と、前記取得工程において得られた前記蛇行予測変数又は前記板材の蛇行量の変化量が予め定められた閾値を超えるか否かを判定する判定工程と、前記判定工程において前記蛇行予測変数又は前記板材の蛇行量の変化量が前記閾値を超えると判定されたときに、オペレータによる前記圧延機の操作を支援するための情報を、前記閾値を超える前記蛇行予測変数又は前記板材の蛇行量の変化量に応じて出力する出力工程と、を備えている。

【0028】

上記圧延機のオペレータ支援方法によれば、オペレータは、蛇行予測変数又は蛇行量が閾値を超える状態に対処するための圧延機の操作に関する情報を容易に確認することができる。そして、オペレータが出力された支援ガイダンスに従って圧延機を操作することにより、板材の蛇行トラブルの発生を未然に防ぐことができる。

40

【0029】

上記圧延機のオペレータ支援方法において、前記出力工程では、前記判定工程において前記蛇行予測変数に含まれる前記荷重分布が前記閾値を超えると判定されたときに、前記圧延ロールの荷重の変更又は前記圧延ロールのベンダー操作を促す情報を出力してもよい。また前記出力工程では、前記判定工程において前記蛇行予測変数に含まれる前記張力分布が前記閾値を超えると判定されたときに、前記圧延ロールの入側における前記板材の張

50

力調整を促す情報を出力してもよい。また前記出力工程では、前記判定工程において前記蛇行予測変数に含まれる前記圧延ロールのレベリング差が前記閾値を超えると判定されたときに、前記圧延ロールのレベリング操作を促す情報を出力してもよい。

【0030】

このように、板材の蛇行に対する影響が大きい変数が閾値を超える状態に対して対処するための適切な圧延機の操作を支援する情報を出力することにより、圧延機の操業を継続しつつ板材の蛇行トラブルの発生を防ぐことができる。

【0031】

上記圧延機のパレータ支援方法において、前記出力工程では、前記判定工程において前記板材の蛇行量の変化量が前記閾値を超えると判定されたときに、前記圧延機の停止を促す情報を出力してもよい。これにより、実際に板材の蛇行トラブルが発生する前にオペレータが圧延機の停止操作を行うことができる。

【発明の効果】

【0032】

本発明によれば、実際の圧延時に生じる蛇行をより正確に予測可能な蛇行予測システム及び蛇行予測方法並びに当該蛇行予測方法を用いた圧延機のパレータ支援方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】本発明の実施形態1におけるタンデム式圧延機の側方から見た構成を示す模式図である。

【図2】上記タンデム式圧延機をロール軸に垂直な方向から見た構成を示す模式図である。

【図3】上記タンデム式圧延機における板材の蛇行を説明するための模式図である。

【図4】上流側ロールから上記タンデム式圧延機に板材が送られる様子を示す模式図である。

【図5】本発明の実施形態1における蛇行予測システムの機能ブロック図である。

【図6】本発明の実施形態1における蛇行予測方法を説明するためのフロー図である。

【図7】サイクル数による蛇行量の変化を示すグラフである。

【図8】蛇行の停留を説明するための模式図である。

【図9】蛇行の停留を説明するための模式図である。

【図10】蛇行の停留を説明するための模式図である。

【図11】蛇行の停留を説明するための模式図である。

【図12】本発明の実施形態2における蛇行予測方法を説明するための模式図である。

【図13】板幅方向における応力分布を示すグラフである。

【図14】修正後の板幅方向における応力分布を示すグラフである。

【図15】本発明の実施形態3における蛇行予測方法を説明するための模式図である。

【図16】本発明の実施形態3における蛇行予測方法を説明するための模式図である。

【図17】本発明の実施形態4における表示部のモニタ画面を示す模式図である。

【図18】本発明の実施形態4における表示部のモニタ画面を示す模式図である。

【図19】本発明の実施形態4における圧延機のパレータ支援方法の流れを示すフローチャートである。

【図20】本発明の実施形態5における表示部のモニタ画面を示す模式図である。

【図21】本発明の実施形態5における表示部のモニタ画面を示す模式図である。

【図22】本発明の実施形態6における表示部のモニタ画面を示す模式図である。

【図23】本発明の実施形態6における表示部のモニタ画面を示す模式図である。

【図24】本発明の実施形態7における表示部のモニタ画面を示す模式図である。

【図25】本発明のその他実施形態におけるスタンド間の板材の蛇行予測を説明するための模式図である。

【発明を実施するための形態】

10

20

30

40

50

【 0 0 3 4 】

以下、図面に基づいて、本発明の実施形態につき詳細に説明する。

【 0 0 3 5 】

(実施形態 1)

[タンデム式圧延機]

まず、本発明の実施形態 1 に係る蛇行予測システム及び蛇行予測方法が適用されるタンデム式圧延機 1 0 による板材 2 の圧延について、図 1 ~ 図 3 を参照して説明する。タンデム式圧延機 1 0 は、連続圧延ラインに設置され、鋼板などの板材 2 を所定の厚さに圧延加工するためのものである。タンデム式圧延機 1 0 は、板材 2 が進入可能な隙間を空けて配置された上下一対の圧延ロール 1 1 , 1 2 と、圧延ロール 1 1 , 1 2 を支持する上下一対のバックアップロール 1 3 , 1 4 と、を備える。図 1 に示すように、圧延ロール 1 1 , 1 2 を図略のモータによって軸周りに回転させつつ板材 2 をロール間の隙間に進入させることにより、板材 2 を所望の厚さに圧延することができる。

10

【 0 0 3 6 】

図 2 に示すように、タンデム式圧延機 1 0 は、例えば、左側が各ロールを回転駆動させるモータ等の駆動機構が配置された駆動側 (Drive Side : DS) となっており、右側がオペレータの作業領域である作業側 (Work Side : WS) となっている。タンデム式圧延機 1 0 は、圧延ロール 1 1 , 1 2 の左右の圧下位置 (レベリング) を調整するための油圧シリンダを圧下位置調整手段として備える。この油圧シリンダによって、圧延ロール 1 1 , 1 2 の左右を上下移動させることで、ミル中心 C (圧延ロール 1 1 , 1 2 の軸方向の中心) におけるロール間ギャップを一定に維持しつつ左右のロール間ギャップを調整可能となっている。またタンデム式圧延機 1 0 には、圧延時に板材 2 から受ける荷重 P を検出するロードセルが荷重検出手段として左右に設けられており、これにより DS 及び WS の荷重を個別に検出可能となっている。なお、図 2 中の右側が DS で且つ左側が WS であってもよい。

20

【 0 0 3 7 】

タンデム式圧延機 1 0 による板材 2 の圧延において、圧延ロール 1 1 , 1 2 の出側における板材 2 の厚さ (出側板厚) h は、次のように表される。即ち、圧延ロール 1 1 , 1 2 間の隙間を S、圧延ロール 1 1 , 1 2 が板材 2 から受ける荷重 (圧延荷重) を P、圧延機のミル定数を M とすると、出側板厚 h は下記の式 (1) で表される。ミル定数とは、圧延機の縦剛性係数であって、圧延機全体の垂直方向の変形量に対する圧延荷重の比である。

30

【 0 0 3 8 】

【 数 1 】

$$h = S + \frac{P}{M} \quad \dots (1)$$

【 0 0 3 9 】

また図 3 に示すように、圧延時に板材 2 と圧延ロール 1 1 , 1 2 とが接触する長さである接触弧長 l (l_L , l_R) は、圧延ロール 1 1 , 1 2 の半径を R、圧延ロール 1 1 , 1 2 の入側における板材 2 の厚さ (入側板厚) を H、出側板厚を h とすると、下記の式 (2) で表される。

40

【 0 0 4 0 】

【 数 2 】

$$l = \sqrt{R \times (H - h)} \quad \dots (2)$$

【 0 0 4 1 】

タンデム式圧延機 1 0 では、次のようなメカニズムで、圧延ロール 1 1 , 1 2 の入側において板材 2 の蛇行が生じる。板材 2 の蛇行とは、圧延中の何らかの外乱によって板材 2 がミル中心 C から連続的にずれる現象であり、そのずれ量は蛇行量 (又はオフセンタ量) と呼ばれる。

50

【 0 0 4 2 】

図 2 に示すように、圧延ロール 1 1 , 1 2 の左右において圧下位置（レベリング）の差があり、これによって左右の圧下率に差が生じている場合には、図 3 及び式（ 2 ）に示すように左右の接触弧長 l_L , l_R に差が生じる（ $l_L > l_R$ ）。このため、板材 2 を圧延ロール 1 1 , 1 2 間に進入させると、板材 2 の進行方向 D 1 と圧延ロール 1 1 , 1 2 の回転方向 D 2（ロール軸に垂直な方向）との間に進入角度 θ が形成される。これにより、板材 2 の幅方向に速度成分 v が発生し、当該速度成分 v によって板材 2 が連続的に右側にずれ、板材 2 の蛇行量が増加する。このようにして板材 2 の蛇行量が増加することにより、板材 2 の幅方向の端部が搬送路のガイド部分に衝突し、搬送トラブルを招く場合がある。

【 0 0 4 3 】

ところで、実際の圧延ラインでは、図 4 に示すように、タンデム式圧延機 1 0 の上流側に板材 2 を拘束するためのブライドルロール 1 5（上流側ロール）が配置されており、当該ブライドルロール 1 5 からタンデム式圧延機 1 0 に向かって板材 2 が送り出される。具体的には、板材 2 をブライドルロール 1 5 に巻き付けて拘束することにより当該ブライドルロール 1 5 を固定端として機能させる。これにより、ブライドルロール 1 5 によって板材 2 の送り出し方向 D 3 及び送り出し位置が拘束されると共に圧延ロール 1 1 , 1 2 間に進入する板材 2 に対してブライドルロール 1 5 と圧延ロール 1 1 , 1 2 との間に張力が掛けられた状態で、圧延ロール 1 1 , 1 2 により板材 2 が圧延される。このような上流側ロール 1 5 による拘束作用が、板材 2 の蛇行を停留させるように働く。以下説明する本実施形態に係る蛇行予測システム及び蛇行予測方法では、このような上流側ロール 1 5 による板材 2 の拘束作用を考慮して蛇行量の変化量を演算することにより、実際の連続圧延ラインの条件に即した蛇行量の計算を行うことができ、板材 2 の蛇行をより正確に予測することができる。

【 0 0 4 4 】

〔 蛇行予測システム 〕

次に、本実施形態に係る蛇行予測システム 1 について説明する。図 5 は、蛇行予測システム 1 の構成を示した機能ブロック図である。蛇行予測システム 1 は、タンデム式圧延機 1 0 の上流側に配置されたブライドルロール 1 5 により、板材 2 の送り出し方向 D 3 及び送り出し位置が拘束されると共に、当該タンデム式圧延機 1 0 の一対の圧延ロール 1 1 , 1 2 間に進入する板材 2 に、ブライドルロール 1 5 と圧延ロール 1 1 , 1 2 との間に張力が掛けられた状態で、一対の圧延ロール 1 1 , 1 2 により板材 2 を圧延する際の蛇行を予測するシステムである。蛇行予測システム 1 は、例えば連続圧延ラインに付設されるコンピュータにより構成され、演算部 2 1 と、入力部 2 2 と、表示部 2 3 と、記憶部 2 4 と、を備える。

【 0 0 4 5 】

演算部 2 1 は、プロセッサにより構成され、入力部 2 2 に入力された各条件に基づいて板材 2 の蛇行量の変化量を演算する。具体的には、演算部 2 1 は、圧延ロール 1 1 , 1 2 の入側における板材 2 の幅方向の張力分布 $T(x)$ （図 4）を計算する張力演算部 2 5 と、圧延ロール 1 1 , 1 2 が板材 2 から受ける幅方向の荷重分布 $P(x)$ （図 4）を計算する荷重演算部 2 6 と、出側板厚 h の幅方向の分布を計算する板厚演算部 2 7 と、圧延ロール 1 1 , 1 2 間への板材 2 の進入角度 θ を計算する角度演算部 2 8 と、板材 2 の蛇行量（ミル中心 C からのオフセンタ量）の変化量を計算する蛇行量演算部 2 9 と、を有する。

【 0 0 4 6 】

演算部 2 1 による計算の詳細については、後の蛇行予測方法の説明で詳述するが、概略以下の通りである。張力演算部 2 5 は、ブライドルロール 1 5 により板材 2 を拘束する状態を表す拘束条件と、板材 2 が圧延ロール 1 1 , 1 2 間に進入する際の進入条件と、を用いて、張力分布 $T(x)$ を計算する。この進入条件としては、圧延ロール 1 1 , 1 2 間への板材 2 の進入角度 θ 及び進入位置（板材 2 の蛇行量）を用いることができるが、これに限定されない。例えば、進入角度 θ に代えて、進入角度 θ の計算に使用される圧延ロール 1 1 , 1 2 の左右の圧下率差又は接触弧長差を用いることもできる。荷重演算部 2 6 は、

張力演算部 25 により計算した張力分布 $T(x)$ に基づいて荷重分布 $P(x)$ を計算する。板厚演算部 27 は、荷重演算部 26 により計算した荷重分布 $P(x)$ を含む、圧延ロール 11, 12 における左右の圧下率の違いに影響を与える因子（例えば、圧延ロール 11, 12 における左右のレベリング差、左右の入側板厚 H の差、左右のミル定数の差など）を用いて、出側板厚 h の幅方向の分布を計算する。角度演算部 28 は、板厚演算部 27 により計算した出側板厚 h の分布に基づいて板材 2 の進入角度 を計算する。蛇行量演算部 29 は、角度演算部 28 により計算した板材 2 の進入角度 に基づいて蛇行量の変化量を計算する。これらの演算部 25 ~ 29 によって順に計算することにより、ブライドルロール 15 により板材 2 を拘束する状態を表す拘束条件と、板材 2 が圧延ロール 11, 12 間に進入する際の進入条件（例えば、進入角度 及び進入位置）を用いて、板材 2 の蛇行量の変化量を演算することができる。

10

【0047】

入力部 22 は、例えばデータロガーなどにより構成され、演算部 21 による蛇行量の演算に必要なデータを入力するための部分である。入力部 22 に入力されたデータは、演算部 21 に送信される。表示部 23 は、圧延機 10 のオペレータによる監視が可能なディスプレイなどにより構成され、演算部 21 から送信された演算結果を表示する。記憶部 24 は、メモリやハードディスクなどにより構成され、演算部 21 による計算に必要な各種演算式を含むプログラムを格納する。

【0048】

[蛇行予測方法]

20

次に、上記蛇行予測システム 1 を用いて実施される本実施形態に係る蛇行予測方法について、図 6 のフローチャートに沿って説明する。上記蛇行予測方法は、ブライドルロール 15 により板材 2 の送り出し方向 D3 及び送り出し位置が拘束されると共に、圧延ロール 11, 12 間に進入する板材 2 に対して、ブライドルロール 15 と圧延ロール 11, 12 との間に張力が掛けられた状態で、圧延ロール 11, 12 により板材 2 を圧延する際の蛇行を予測する方法である。始めに、工程 S10 ~ S30 において、連続圧延の開始初期における板材 2 の蛇行量の変化量を演算する。

【0049】

まず、連続圧延の開始初期における出側板厚 h の幅方向の分布を計算する工程 S10 が実施される。この工程 S10 では、まず、圧延ロール 11, 12 における左右の圧下率の違いに影響を与える因子として、圧延ロール 11, 12 における左右のレベリング差、入側板厚 H の幅方向の分布（ウェッジ）又は圧延機における左右のミル定数の差、などを初期条件として入力部 22 に入力する。なお、これらの因子のうち少なくとも一つを入力すればよく、一部の因子のみを入力してもよいし、全ての因子を入力してもよい。

30

【0050】

次に、板厚演算部 27 において、上記初期条件に基づいて出側板厚 h の幅方向の分布を計算する。具体的には、上記初期条件に基づいて圧延ロール 11, 12 の幅方向各位置における圧下率を計算し、当該圧下率に基づいて圧延ロール 11, 12 が板材 2 から受ける荷重 P の幅方向の分布を計算し、当該荷重分布に基づいて圧延ロール 11, 12 のたわみを計算し、当該ロールたわみに基づいて出側板厚 h の幅方向の分布を計算する。

40

【0051】

次に、連続圧延の開始初期における板材 2 の進入角度 を計算する工程 S20 が実施される。この工程 S20 では、まず、角度演算部 28 において、上記工程 S10 で得られた出側板厚 h の幅方向の分布を用いて、板材 2 の左右の接触弧長 l_L, l_R をそれぞれ計算する（図 3）。具体的には、ロール径 R 、左右の入側板厚 H_L, H_R 及び左右の出側板厚 h_L, h_R を用いて、下記の式（3）、（4）により接触弧長 l_L, l_R をそれぞれ計算する。そして、図 3 に示すように、接触弧長の差 $l_L - l_R$ と板材 2 がロールに接触する幅 W との間に下記の式（5）が成立するため、これを用いて板材 2 の進入角度（板材 2 の進行方向 D1 とロールの回転方向 D2 とが成す角度）を計算する。

【0052】

50

【数 3】

$$l_L = \sqrt{R \times (H_L - h_L)} \quad \dots (3)$$

【0053】

【数 4】

$$l_R = \sqrt{R \times (H_R - h_R)} \quad \dots (4)$$

【0054】

【数 5】

$$\tan \theta = \frac{l_L - l_R}{W} \quad \dots (5)$$

【0055】

次に、連続圧延の開始初期における板材 2 の蛇行量の変化量を計算する工程 S 3 0 が実施される。この工程 S 3 0 では、蛇行量演算部 2 9 において、上記工程 S 2 0 で得られた板材 2 の進入角度 及び予め定められた微小時間 t を用いて、当該微小時間 t 内での板材 2 の蛇行量の変化量を計算する。具体的には、板材 2 の進入角度 及び入側速度 V_1 を用いて、下記の式 (6) により蛇行量の変化量 y_s を計算する。以上の工程 S 1 0 ~ S 3 0 により、連続圧延の開始初期における板材 2 の蛇行量の変化量を演算する。なお、上記の演算に用いた式 (3) ~ (6) は、記憶部 2 4 に計算プログラムとして格納されている。

10

20

【0056】

【数 6】

$$\Delta y_s = V_1 \tan \theta \quad \dots (6)$$

【0057】

続いて以下の工程 S 4 0 ~ S 8 0 では、圧延ロール 1 1 , 1 2 の入側における板材 2 の幅方向の張力分布 $T(x)$ (図 4) に基づいて板材 2 の蛇行量を再計算することにより、蛇行量の変化量を更新する。

【0058】

まず、圧延ロール 1 1 , 1 2 の入側における板材 2 の幅方向の張力分布 $T(x)$ (図 4) を計算する工程 S 4 0 が実施される。この工程 S 4 0 では、張力演算部 2 5 において、ブライドルロール 1 5 により板材 2 を拘束する状態を表す拘束条件と、板材 2 が圧延ロール 1 1 , 1 2 間に進入する際の進入条件と、を用いて、張力分布 $T(x)$ を計算する。上述の通り、進入条件としては、板材 2 の進入角度 及び進入位置を用いることができるがこれに限定されず、進入角度 に代えて当該進入角度 を計算するための圧延ロール 1 1 , 1 2 の左右の圧下率差や接触弧長差 ($l_L - l_R$) を用いることができる。この張力分布 $T(x)$ は、例えば二次元有限要素法 (2D-FEM) を用いて計算される。このとき、上記拘束条件は、ブライドルロール 1 5 側の境界条件となり、板材 2 の進入角度 及び進入位置は、圧延ロール 1 1 , 1 2 側の境界条件となる。

30

40

【0059】

図 4 に示すように、上記拘束条件としては、ブライドルロール 1 5 に固定された部分における板材 2 の幅方向 D 4 の変位が 0 であること、ブライドルロール 1 5 の送り出し位置 1 5 A から圧延ロール 1 1 , 1 2 の隙間に向かう直線 D 5 に対する板材 2 の送り出し方向 D 3 の傾きが 0 であること (直線 D 5 と送り出し方向 D 3 が平行であること)、などの条件が用いられる。板材 2 の進入角度 は、上記工程 S 2 0 で計算した値が用いられる。板材 2 の進入位置は、上記工程 S 3 0 で計算した板材 2 のオフセンタ量が用いられる。また張力分布 $T(x)$ の計算においては、上記拘束条件、進入角度 及び進入位置のみを用いてもよいがこれに限定されず、圧延ロール 1 1 , 1 2 とブライドルロール 1 5 との間の距離、圧延ロール 1 1 , 1 2 の入側における板材 2 の幅方向の平均張力及び合計張力、板材

50

2 の厚み及び幅、板材 2 の剛性、板材 2 のキャンバ - 又は圧延ロール 1 1 , 1 2 における圧下率差などの条件をさらに用いてもよい。

【 0 0 6 0 】

次に、圧延ロール 1 1 , 1 2 が受ける荷重分布 $P(x)$ を計算する工程 S 5 0 が実施される。この工程 S 5 0 では、荷重演算部 2 6 において、上記工程 S 4 0 で得られた張力分布 $T(x)$ に基づいて圧延ロール 1 1 , 1 2 が板材 2 から受ける幅方向の荷重分布 $P(x)$ を再計算する。つまり、張力分布 $T(x)$ によって荷重分布 $P(x)$ を修正する。図 4 に示すように、板材 2 の幅方向において右側の張力が大きく且つ左側の張力が小さくなるような張力分布 $T(x)$ が生じるため、荷重分布 $P(x)$ は右側の荷重 P が小さく左側の荷重 P が大きくなるように変化する。この工程 S 5 0 では、このように圧延ロール 1 1 , 1 2 の入側における板材 2 の張力分布 $T(x)$ の影響によって変化した荷重分布 $P(x)$ を計算する。

10

【 0 0 6 1 】

次に、出側板厚 h の幅方向の分布を計算する工程 S 6 0 が実施される。この工程 S 6 0 では、上記工程 S 5 0 で修正された荷重分布 $P(x)$ を用いて、出側板厚 h の幅方向の分布を再計算する。具体的には、上記工程 S 1 0 と同様に、修正後の荷重分布 $P(x)$ を用いてロールたわみを計算し、当該ロールたわみに基づいて出側板厚 h の幅方向の分布を計算する。

【 0 0 6 2 】

次に、板材 2 の進入角度 θ を計算する工程 S 7 0 が実施される。この工程 S 7 0 では、上記工程 S 6 0 で修正された出側板厚 h の幅方向の分布を用いて、板材 2 の進入角度 θ を再計算する。具体的には、上記工程 S 2 0 と同様に、修正後の出側板厚 h の幅方向の分布を用いて上記の式 (3) , (4) により接触弧長 l_L , l_R を計算し、接触弧長 l_L , l_R を用いて上記の式 (5) により進入角度 θ を計算する。

20

【 0 0 6 3 】

次に、板材 2 の蛇行量の変化量を計算する工程 S 8 0 が実施される。この工程 S 8 0 では、上記工程 S 7 0 で修正された進入角度 θ を用いて、板材 2 の蛇行量の変化量を計算する。具体的には、上記工程 S 3 0 と同様に、上記工程 S 7 0 で修正した進入角度 θ 及び板材 2 の入側速度 V_1 を用いて、上記の式 (6) により微小時間 Δt 内における蛇行量の変化量 Δy_s を計算する。以上の工程 S 4 0 ~ S 8 0 によって、ブライドルロール 1 5 により板材 2 を拘束する拘束条件と、板材 2 の進入角度 θ 及び進入位置と、を用いて、圧延ロール 1 1 , 1 2 により圧延する際の板材 2 の蛇行量の変化量を演算する。

30

【 0 0 6 4 】

そして、上記工程 S 4 0 ~ S 8 0 の計算を所定サイクル数繰り返し行う。このとき、工程 S 4 0 の張力分布 $T(x)$ の計算においては、前サイクルの演算により更新した板材 2 の進入角度 θ 及び蛇行量 (進入位置) が用いられる。これにより、図 7 のグラフに示すように、サイクル数と蛇行量との関係が得られる。このグラフは、表示部 2 3 (図 5) において表示される。これにより、入側張力が高いため蛇行量の増加量が徐々に小さくなって蛇行が停留する場合や、入側張力が低いため蛇行量の増加量が小さくならず蛇行が発散する場合についてシミュレーションすることができる。よって、実際の連続圧延ラインにおいて蛇行が停留するか又は発散するかを予測することができ、実際の連続圧延ラインにおいて蛇行が発散しないようにするための入側張力の条件を決定することができる。

40

【 0 0 6 5 】

[蛇行の停留及び発散]

ここで、板材 2 の蛇行が停留する場合及び発散する場合の原理について、図 8 ~ 図 1 1 を参照して説明する。図 8 に示すように、圧延ロール 1 1 , 1 2 において左側の圧下率が大きく右側の圧下率が小さい場合には、左側の荷重 P が大きく右側の荷重 P が小さくなる荷重分布 $P(x)$ が生じる。またこの場合、図 9 に示すように、圧延ロール 1 1 , 1 2 の入側における板材 2 には、左側の張力が小さく右側の張力が大きくなる張力分布 $T(x)$ が生じる。この張力分布 $T(x)$ によって、圧延ロール 1 1 , 1 2 の荷重分布 $P(x)$ は

50

、左側がさらに大きく右側がさらに小さくなるように変化する。これにより、図 10 に示すように、左側のロール間ギャップが広がり右側のロール間ギャップが狭まることにより圧延ロール 11, 12 の左右のレベリング差が解消され、左右の圧下率差も解消される。その結果、図 11 に示すように、圧延ロール 11, 12 間への板材 2 の進入角度が 0 になり（板材 2 の進行方向とロールの回転方向が平行になり）、板材 2 の蛇行が停留する。

【0066】

一方で、圧延ロール 11, 12 の入側における板材 2 の幅方向の張力分布 $T(x)$ が小さい場合（幅方向の張力差が小さい場合）には、前記のような圧延ロール 11, 12 の荷重分布 $P(x)$ の変化も小さくなる。このため、圧延ロール 11, 12 の左右のレベリング差が解消されず、左右の圧下率差も解消されない。その結果、板材 2 の進入角度が 0 にならず、蛇行量が連続的に増加するため、蛇行が発散する。このような実際の連続圧延ラインで起こる板材 2 の蛇行の停留及び発散を、上記本実施形態に係る蛇行予測システム 1 及び蛇行予測方法を用いることでより正確に予測することができる。

【0067】

〔作用効果〕

次に、上記本実施形態に係る蛇行予測システム 1 及び蛇行予測方法の特徴及びその作用効果について説明する。

【0068】

上記蛇行予測システム 1 は、タンデム式圧延機 10 の上流側に配置された上流側ロール 15 により、板材 2 の送り出し方向 D3 及び送り出し位置が拘束されると共に、タンデム式圧延機 10 の一对の圧延ロール 11, 12 間に進入する板材 2 に、上流側ロール 15 と圧延ロール 11, 12 との間に張力が掛けられた状態で、一对の圧延ロール 11, 12 により板材 2 を圧延する際の蛇行を予測するシステムである。上記蛇行予測システム 1 は、上流側ロール 15 により板材 2 を拘束する状態を表す拘束条件と、板材 2 が一对の圧延ロール 11, 12 間に進入する際の進入角度 及び進入位置と、を用いて、板材 2 の蛇行量の変化量を演算する演算部 21 を備えている。

【0069】

上記蛇行予測方法は、タンデム式圧延機 10 の上流側に配置された上流側ロール 15 により、板材 2 の送り出し方向 D3 及び送り出し位置が拘束されると共に、タンデム式圧延機 10 の一对の圧延ロール 11, 12 間に進入する板材 2 に、上流側ロール 15 と圧延ロール 11, 12 との間に張力が掛けられた状態で、一对の圧延ロール 11, 12 により板材 2 を圧延する際の蛇行を予測する方法である。上記蛇行予測方法は、一对の圧延ロール 11, 12 により圧延する際の板材 2 の蛇行量の変化量を演算する工程 S1（S10～S80）を含む。当該蛇行量の変化量を演算する工程 S1 では、上流側ロール 15 により板材 2 を拘束する状態を表す拘束条件と、板材 2 が一对の圧延ロール 11, 12 間に進入する際の進入角度 及び進入位置と、を用いて、蛇行量の変化量を演算する。

【0070】

上記蛇行予測システム 1 及び蛇行予測方法では、タンデム式圧延機 10 の上流側に配置された上流側ロール 15 による板材 2 の拘束条件と、一对の圧延ロール 11, 12 間に進入する際の板材 2 の進入角度 及び進入位置と、に基づいて蛇行量の変化量を演算することができる。このため、上流側ロール 15 により板材 2 の送り出し方向 D3 及び送り出し位置を拘束しつつ一对の圧延ロール 11, 12 間に所定の進入角度 及び進入位置で板材 2 が進入する、という実際の圧延時の条件を想定して蛇行量の変化量を計算することができる。従って、上記蛇行予測システム 1 及び蛇行予測方法によれば、実際の圧延時に生じる板材 2 の蛇行をより正確に予測することができる。

【0071】

上記蛇行予測システム 1 において、演算部 21 は、上流側ロール 15 による拘束条件、板材 2 の進入角度 及び進入位置を用いて、圧延ロール 11, 12 の入側における板材 2 の幅方向の張力分布 $T(x)$ を計算し（張力演算部 25）、当該張力分布 $T(x)$ に基づいて、圧延ロール 11, 12 が板材 2 から受ける幅方向の荷重分布 $P(x)$ を計算するよ

うに構成されている（荷重演算部 26）。また上記蛇行予測方法において、蛇行量の変化量を演算する工程 S1 は、上流側ロール 15 による拘束条件、板材 2 の進入角度及び進入位置を用いて、圧延ロール 11, 12 の入側における板材 2 の幅方向の張力分布 $T(x)$ を計算する工程 S40 と、当該張力分布 $T(x)$ に基づいて、圧延ロール 11, 12 が板材 2 から受ける幅方向の荷重分布 $P(x)$ を計算する工程 S50 と、を含む。

【0072】

前記の通り、圧延ロール 11, 12 の入側における板材 2 の幅方向の張力分布 $T(x)$ 及び圧延ロール 11, 12 が板材 2 から受ける荷重分布 $P(x)$ は、板材 2 の蛇行が停留するか又は発散するかにおいて大きく影響する。このため、これらの分布 $T(x)$, $P(x)$ を蛇行量の変化量の演算において考慮することにより、圧延中に板材 2 の蛇行が停留するか又は発散するかについてより正確に予測することができる。

10

【0073】

上記蛇行予測システム 1 において、演算部 21 は、荷重分布 $P(x)$ を含む、圧延ロール 11, 12 における左右の圧下率の違いに影響を与える因子を用いて、圧延ロール 11, 12 の出側における板材 2 の幅方向の板厚分布を計算し（板厚演算部 27）、当該板厚分布に基づいて進入角度を計算し（角度演算部 28）、当該進入角度に基づいて蛇行量の変化量を計算するように構成されている（蛇行量演算部 29）。また上記蛇行予測方法において、蛇行量の変化量を演算する工程 S1 は、板材 2 の進入角度を導出する工程 S2, S3 と、当該進入角度に基づいて蛇行量の変化量を計算する工程 S30, S80 と、を含む。板材 2 の進入角度を導出する工程 S2, S3 は、荷重分布 $P(x)$ を含む、圧延ロール 11, 12 における左右の圧下率の違いに影響を与える因子を用いて、圧延ロール 11, 12 の出側における板材 2 の幅方向の板厚分布を計算する工程 S10, S60 と、当該板厚分布に基づいて進入角度を計算する工程 S20, S70 と、を含む。これにより、圧延ロール 11, 12 の出側の板厚分布から進入角度を計算し、当該進入角度から蛇行量を計算することで、より正確な蛇行量を計算することができる。

20

【0074】

（実施形態 2）

次に、本発明の実施形態 2 に係る蛇行予測方法について説明する。実施形態 2 に係る蛇行予測方法は、基本的に上記実施形態 1 に係る蛇行予測方法と同様に実施されるが、圧延ロール 11, 12 の入側における板材 2 の幅方向の張力分布 $T(x)$ において、圧縮応力が予め定められた値を超えた領域は圧縮応力が一定値となるように当該張力分布 $T(x)$ を修正する工程をさらに備える点で上記実施形態 1 と異なっている。以下、上記実施形態 1 と異なる点についてのみ説明する。

30

【0075】

図 12 に示すように、圧延ロール 11, 12 の入側において板材 2 の幅方向の左側には、圧縮応力が加わる場合があり、当該圧縮応力が一定値を超えることによって、薄板である板材 2 が座屈する場合がある。これにより、板材 2 の座屈した部分においては圧縮応力が解放されて一定値となる。

【0076】

図 13 は、工程 S40 の計算により得られた張力分布 $T(x)$ を示すグラフであり、図 14 は、当該張力分布 $T(x)$ を修正した後のグラフである。図 13, 図 14 のグラフにおいて、横軸は、板材 2 の幅方向を示し、縦軸は板材 2 に加わる長手方向の応力を示している。横軸は、圧延ロール 11, 12 の軸方向に平行であり、且つ、DS 及び WS における圧延ロール 11, 12 の支持点の中間に原点をとった座標軸である。実施形態 2 では、工程 S40 の計算により張力分布 $T(x)$ が得られた後、当該張力分布 $T(x)$ において圧縮応力が予め定められた値を超えた領域は当該圧縮応力が一定値となるように当該張力分布 $T(x)$ を修正する。具体的には、図 13 のグラフにおいて長手方向の応力が 0 を下回る領域（つまり圧縮領域）については、板材 2 が座屈することで応力が解放されると想定し、図 14 に示すように応力が 0 で一定になるように張力分布 $T(x)$ を修正する。このとき、修正の前後において合計張力が等しくなるように調整する。これにより、圧延中

40

50

に板材 2 が座屈することにより応力が解放される場合についても蛇行量の変化量の計算に反映させることができ、板材 2 の蛇行をより正確に予測することができる。

【 0 0 7 7 】

また実施形態 2 では、圧縮応力を一定値と見なすための閾値を 0 に設定したがこれに限定されず、0 より大きい値でもよいし、0 より小さい値でもよい。即ち、この閾値は、実際の連続圧延ラインの条件により近づくように適宜設定することができる。

【 0 0 7 8 】

(実施形態 3)

次に、本発明の実施形態 3 に係る蛇行予測方法について説明する。実施形態 3 に係る蛇行予測方法は、基本的に上記実施形態 1 に係る蛇行予測方法と同様に実施されるが、圧延ロール 1 1 , 1 2 の出側における板材 2 の幅方向の張力分布による干渉を考慮して、圧延ロール 1 1 , 1 2 の入側における板材 2 の幅方向の張力分布を修正する工程をさらに備える点で上記実施形態 1 と異なっている。

【 0 0 7 9 】

実施形態 3 では、工程 S 4 0 の計算により圧延ロール 1 1 , 1 2 の入側における板材 2 の幅方向の張力分布を得た後、以下の修正工程を行う。即ち、圧延ロール 1 1 , 1 2 の入側における板材 2 の幅方向の張力分布を $\sigma_E(z)$ 、圧延ロール 1 1 , 1 2 の出側における板材 2 の幅方向の張力分布を $\sigma_D(z)$ 、 $\sigma_E(z)$ と $\sigma_D(z)$ との干渉係数を g ($0 \leq g \leq 1$) とした時に、 $\sigma_E(z)$ を下記の式 (7)、(8) 及び (9) で表される $\sigma_E'(z)$ に修正する工程を実施する。下記の式 (9) において、 $h_D(z)$ は、出側板厚 h の幅方向の分布であり、 z_1 , z_2 は D S 及び W S における圧延ロール 1 1 , 1 2 と板材 2 との接触開始位置における座標である。また修正の前後において合計張力が変わらないように調整する。これにより、圧延ロール 1 1 , 1 2 の入側における板材 2 の張力分布と出側における板材 2 の張力分布との干渉を考慮して蛇行量の変化量を計算することができ、蛇行量の変化量をより正確に計算することができる。

【 0 0 8 0 】

【 数 7 】

$$\Delta \sigma_D(z) = \sigma_D(z) - \sigma_D(z) \text{ の平均値} \quad \cdots (7)$$

【 0 0 8 1 】

【 数 8 】

$$\sigma_E'(z) = \sigma_E(z) + g \times \Delta \sigma_D(z) \quad \cdots (8)$$

【 0 0 8 2 】

【 数 9 】

$$\sigma_D(z) \text{ の平均値} = \int_{z_1}^{z_2} \sigma_D(z) h_D(z) dz / \int_{z_1}^{z_2} h_D(z) dz \quad \cdots (9)$$

【 0 0 8 3 】

図 1 5 に示すように、圧延ロール 1 1 , 1 2 の出側において板材 2 の幅方向両側の張力が大きく中央の張力が小さい分布が生じている場合には、圧延ロール 1 1 , 1 2 の入側において板材 2 に圧縮領域が形成されにくく、座屈が発生しにくいため、蛇行を抑制することができる。一方で、図 1 6 に示すように、圧延ロール 1 1 , 1 2 の出側において板材 2 の幅方向両側の張力が小さく中央の張力が大きい分布が生じている場合には、圧延ロール 1 1 , 1 2 の入側において圧縮領域が形成されやすく、座屈が発生しやすいため、蛇行が生じ易い。このような圧延ロール 1 1 , 1 2 の出側における張力分布が板材 2 の蛇行に与える影響を考慮して蛇行を予測することができる。

【 0 0 8 4 】

(実施形態 4)

次に、本発明の実施形態 4 に係る蛇行予測システムについて、図 1 7 及び図 1 8 を参照

して説明する。本実施形態に係る蛇行予測システムは、基本的に上記実施形態 1 に係る蛇行予測システム 1 (図 5) と同様の構成を備えているが、表示部 23 の機能において異なっている。以下、上記実施形態 1 と異なる点についてのみ詳細に説明する。

【0085】

表示部 23 (出力部) は、板材 2 の蛇行量の変化量の演算に用いられる蛇行予測変数と、蛇行予測変数について予め定められた閾値と、をそれぞれ表示するように構成されている。本実施形態では、圧延ロール 11, 12 が板材 2 から受ける幅方向の荷重分布 $P(x)$ を、蛇行予測変数の一例として説明する。表示部 23 には、荷重演算部 26 による荷重分布 $P(x)$ の計算結果が出力されると共に、オペレータにより入力部 22 に入力される荷重分布 $P(x)$ の閾値の情報が出力される。

10

【0086】

図 17 は、本実施形態における表示部 23 のモニタ画面を示している。図 17 において、横軸は圧延ロール 11, 12 における軸方向の位置を示し、縦軸は圧延ロール 11, 12 が板材 2 から受ける荷重 (圧延荷重) を示している。横軸に付した「WS」は圧延ロール 11, 12 の作業側を意味し、「DS」は圧延ロール 11, 12 の駆動側を意味し、「C」は圧延ロール 11, 12 のミル中心を意味する。また図 17 において、(1) の実線は荷重分布 $P(x)$ の計算値を示し、(2) の破線は荷重分布 $P(x)$ の上限閾値を示し、(3) の破線は荷重分布 $P(x)$ の下限閾値を示している。

【0087】

本実施形態において、(2) 上限閾値及び (3) 下限閾値は、圧延機 10 における圧延荷重の過去実績値に基づいて決定されている。しかし、上限閾値及び下限閾値は、過去実績値に基づいて決定されるものに限定されず、例えば、任意の定数又はテーブル値として決定されてもよいし、任意の代数式として決定されてもよい。

20

【0088】

表示部 23 は、蛇行予測変数が予め定められた閾値を超えたときに、オペレータによる圧延機 10 の操作を支援するための情報を、当該閾値を超える蛇行予測変数に応じて表示 (出力) する。図 17 に示すように、本実施形態では、WS 側及び DS 側において (1) 荷重分布の計算値が (3) 下限閾値を超えている (下限閾値を下回っている)。このとき、表示部 23 は、オペレータによる圧延機 10 の操作を支援するための情報として、圧延ロール 11, 12 の荷重の変更又は圧延ロール 11, 12 のベンダー操作を促す情報を表示する。具体的には、表示部 23 は、「荷重分布が閾値超えです。圧延ロールの荷重の変更又は圧延ロールのベンダー操作を行って下さい。」などの警告メッセージを表示する。

30

【0089】

このとき、オペレータがより確認し易いようにするため、表示部 23 が通常の表示から点滅表示 (図 17 中ドット) に切り替わるように構成されていてもよい。なお、表示部 23 は、荷重の変更やベンダー操作をオペレータにガイダンスすることができれば、警告メッセージを表示するものに限定されず、例えば、オペレータが操作すべき箇所を指し示すように圧延機の図を表示するように構成されていてもよい。

【0090】

また本発明における出力部は、表示部 23 に限定されず、例えば上記のようなガイダンスを音声によって発生する音声部により構成されていてもよい。これは、以下に説明する実施形態 5 ~ 7 においても同様である。

40

【0091】

オペレータは、表示部 23 のモニタ画面を確認することにより、(1) 荷重分布が (3) 下限閾値を超えていることを認識すると共に、当該閾値超えの状態に対処するため、圧延ロール 11, 12 の荷重の変更やベンダー操作が必要であることを確認することができる。そして、オペレータは、表示部 23 に表示されたガイダンスに従って、油圧シリンダの制御による圧延ロール 11, 12 の圧下位置の変更や圧延ロール 11, 12 のベンディングを行うことができる。

【0092】

50

これにより、図 18 に示すように、(1)' 荷重分布が(2) 上限閾値と(3) 下限閾値との間にある正常な操業状態に戻ることができる。その結果、荷重分布 $P(x)$ の異常に起因する板材 2 の蛇行トラブルを未然に防ぐことができる。なお、本実施形態では、荷重分布が下限閾値を下回る場合について説明したが、上限閾値を超える場合についても同様である。

【0093】

次に、上記蛇行予測システムを用いて実施される本実施形態に係る圧延機のオペレータ支援方法について、図 19 に示すフローチャートに沿って説明する。

【0094】

まず、取得工程 S10 が行われる。この工程 S10 では、上記実施形態 1 において説明した蛇行予測方法を用いて蛇行予測変数を得る。本実施形態では、荷重演算部 26 により計算された圧延ロール 11, 12 の荷重分布 $P(x)$ が蛇行予測変数として取得される。

【0095】

次に、判定工程 S20 が行われる。この工程 S20 では、上記取得工程 S10 において得られた荷重が予め定められた閾値を超えるか否かを判定する。この判定処理は、上記蛇行予測システムの一機能である判定部において行われる。そして、荷重が閾値を超えると判定されると(S20: YES)、次の工程 S30 に移る。一方、荷重が閾値を超えないと判定されると(S20: NO)、工程 S10 に戻る。

【0096】

工程 S30 では、閾値超えした蛇行予測変数について、圧延機 10 の操業中に調整可能であるか否かが判定される。本実施形態における蛇行予測変数である荷重分布 $P(x)$ は、圧延機 10 の操業中における圧延ロール 11, 12 の荷重の変更やベンダー操作により調整することができる。従って、本実施形態では、工程 S30 において YES と判定される。

【0097】

次に、表示工程 S40 (出力工程) が行われる。この工程 S40 では、上記工程 S30 において YES と判定されると、オペレータによる圧延機 10 の操作を支援するための情報を、閾値を超える蛇行予測変数に応じて表示(出力)する(S41)。本実施形態では、圧延ロール 11, 12 の荷重の変更又は圧延ロール 11, 12 のベンダー操作を促す情報として、その警告メッセージを表示部 23 に表示する。なお、上記工程 S30 において NO と判定された場合には(S30: NO)、圧延機 10 の停止を促す情報を表示部 23 に表示する(S42)。

【0098】

以上の工程 S10 ~ S40 により、本実施形態に係る圧延機のオペレータ支援方法が完了する。これにより、オペレータは、荷重分布 $P(x)$ の閾値超えに対処するための適切な圧延機 10 の操作方法を表示部 23 により確認することができる。その結果、荷重分布 $P(x)$ の異常に起因する板材 2 の蛇行トラブルを未然に防ぐことができる。

【0099】

(実施形態 5)

次に、本発明の実施形態 5 に係る蛇行予測システム及び圧延機のオペレータ支援方法について説明する。本実施形態に係る蛇行予測システム及び圧延機のオペレータ支援方法は、基本的に上記実施形態 4 と同様であるが、圧延ロール 11, 12 の入側における板材 2 の幅方向の張力分布 $T(x)$ が蛇行予測変数として用いられる点で異なっている。以下、上記実施形態 4 と異なる点についてのみ詳細に説明する。

【0100】

表示部 23 は、張力分布 $T(x)$ の計算値と、張力分布 $T(x)$ について予め定められた閾値と、をそれぞれ表示するように構成されている。張力分布 $T(x)$ の計算値は、張力演算部 25 (図 5) から表示部 23 に出力される。張力分布 $T(x)$ の閾値は、オペレータにより入力部 22 に入力され、表示部 23 に出力される。

【0101】

図 20 は、本実施形態における表示部 23 のモニタ画面を示している。図 20 において、横軸は圧延ロール 11, 12 における軸方向の位置を示し、縦軸は圧延ロール 11, 12 の入側における板材 2 の張力を示している。また図 20 において、(1) は張力分布 $T(x)$ の計算値を示し、(2) は張力分布 $T(x)$ について予め定められた下限閾値を示している。本実施形態では、下限閾値は 0 kg/mm^2 に設定される。

【0102】

図 20 に示すように、本実施形態では、WS 側及び DS 側において (1) 張力分布の計算値が (2) 下限閾値を超えている (下限閾値を下回っている)。つまり、圧延ロール 11, 12 の入側において板材 2 の WS 側及び DS 側の一部が圧縮状態となっている。このとき、表示部 23 は、オペレータによる圧延機 10 の操作を支援するための情報として、圧延ロール 11, 12 の入側における板材 2 の張力調整を促す情報を表示する。具体的には、表示部 23 は、「入側の張力分布が圧縮状態です。入側張力を増加させる操作を行って下さい。」などの警告メッセージを表示する。

【0103】

オペレータは、表示部 23 のモニタ画面を確認することにより、(1) 張力分布が (2) 下限閾値を超えていることを認識すると共に、当該閾値超えの状態に対処するために、圧延ロール 11, 12 の入側において板材 2 の張力を増加させる操作が必要であることを確認することができる。そして、オペレータが表示部 23 のガイダンスに従って操作することにより、図 21 に示すように (1) 張力分布が (2) 下限閾値を超えていない正常な圧延機 10 の操業状態に戻すことができる。これにより、張力分布 $T(x)$ の異常に起因する板材 2 の蛇行トラブルを未然に防ぐことができる。

【0104】

なお、張力分布 $T(x)$ の下限閾値は、 0 kg/mm^2 に限定されず、 0 kg/mm^2 より大きい値に設定されてもよい。また張力分布 $T(x)$ の閾値は、下限閾値に限定されず、上限閾値として設定されてもよい。また表示部 23 は、張力分布 $T(x)$ の閾値超えに対処するためのオペレータ支援情報を表示すると共に、上記実施形態 4 で説明した荷重分布 $P(x)$ の閾値超えに対処するためのオペレータ支援情報も表示するように構成されていてもよい。

【0105】

次に、上記蛇行予測システムを用いて実施される本実施形態に係る圧延機のオペレータ支援方法について説明する。

【0106】

まず、張力演算部 25 により計算された圧延ロール 11, 12 の入側における板材 2 の幅方向の張力分布 $T(x)$ を蛇行予測変数として取得する (取得工程 S10)。次に、張力が予め定められた閾値を超えるか否かを判定する (判定工程 S20)。そして、張力が閾値を超えると判定されると (S20: YES)、工程 S30 に移り、張力が閾値を超えないと判定されると (S20: NO)、工程 S10 に戻る。

【0107】

本実施形態における蛇行予測変数である張力分布 $T(x)$ は、圧延機 10 の操業中においても圧延ロール 11, 12 の入側における板材 2 の張力を変更することにより調整可能である。従って、工程 S30 では、YES と判定される。

【0108】

次に、表示工程 S40 (S41) (出力工程) では、オペレータによる圧延機 10 の操作を支援するための情報として、圧延ロール 11, 12 の入側における板材 2 の張力調整を促す情報を表示 (出力) する。具体的には、圧延ロール 11, 12 の入側における板材 2 の張力調整が必要であることを示す警告メッセージを表示する。これにより、オペレータは、張力分布 $T(x)$ の閾値超えの状態に対処するための適切な圧延機 10 の操作方法を表示部 23 により確認することができる。その結果、張力分布 $T(x)$ の異常に起因する板材 2 の蛇行トラブルを未然に防ぐことができる。

【0109】

10

20

30

40

50

(実施形態6)

次に、本発明の実施形態6に係る蛇行予測システム及び圧延機のオペレータ支援方法について説明する。本実施形態に係る蛇行予測システム及び圧延機のオペレータ支援方法は、基本的に上記実施形態4と同様であるが、圧延ロール11, 12のレベリング差が蛇行予測変数として用いられる点で異なっている。以下、上記実施形態4と異なる点についてのみ詳細に説明する。

【0110】

表示部23は、圧延ロール11, 12のレベリング差の計算値と、レベリング差について予め定められた閾値と、をそれぞれ表示するように構成されている。図22は、本実施形態における表示部23のモニタ画面を示している。図22において、横軸は圧延ロール11, 12における軸方向の位置を示し、縦軸は圧延ロール11, 12のレベリング差を示している。図22の縦軸において、レベリング差がマイナスの場合はDS側のレベリング差が広いことを意味し、レベリング差がプラスの場合はWS側のレベリング差が広いことを意味する。また図22において、(1)は油圧圧下装置(操作端)の制御に起因するレベリング差を示し、(2)はゲージメータ板厚差に起因するレベリング差(ミル定数の差に起因するレベリング差)を示し、(3)は圧延ロール11, 12の熱膨張に起因するレベリング差を示し、(4)は(1)~(3)の積算値を示している。また(5)はレベリング差について予め定められたWS側閾値を示し、(6)はレベリング差について予め定められたDS側閾値を示している。

【0111】

図22に示すように、本実施形態では、(4)レベリング差の積算値が(6)DS側閾値を超えている。つまり、DS側においてレベリング差が閾値を超えるまで圧延ロール11, 12間のギャップが広がっている。このとき、表示部23は、オペレータによる圧延機10の操作を支援するための情報として、圧延ロール11, 12のレベリング操作を促す情報を表示する。具体的には、表示部23は、「DS側のレベリング差が閾値を超えています。WS側のレベリング差を広げる操作を行って下さい。」などの警告メッセージを表示する。即ち、閾値を超えた側(DS側)と逆側(WS側)における圧延ロール11, 12のレベリング操作を促すメッセージを表示する。本実施形態では、DS側のレベリング差が閾値を超えているため、図22に示すように、表示部23において横軸のセンターCよりもDS側(左側)の画面領域に(1)~(4)の棒グラフを表示する。なお、WS側のレベリング差が閾値を超える場合には、表示部23において横軸のセンターCよりもWS側(右側)の画面領域に(1)~(4)の棒グラフを表示する。

【0112】

オペレータは、表示部23のモニタ画面を確認することにより、(4)レベリング差の積算値が(6)DS側閾値を超えていることを認識すると共に、当該閾値超えの状態に対処するために、圧延ロール11, 12のレベリング操作が必要であることを確認することができる。そして、オペレータが表示部23のガイダンスに従って油圧シリンダの制御によるレベリング操作を行うことにより、図23に示すように、(4)レベリング差の積算値が(6)DS側閾値を超えていない正常な圧延機10の操業状態に戻すことができる。これにより、圧延ロール11, 12のレベリング差の異常に起因する板材2の蛇行トラブルを未然に防ぐことができる。

【0113】

(4)レベリング差の積算値は、(1)~(3)のレベリング差の少なくとも2つを積算したものであればよい。従って、(1)~(3)のレベリング差を全て積算したものに限定されず、(1)~(3)のうち2つのレベリング差を積算したものであってもよい。また表示部23は、レベリング差の閾値超えに対処するためのオペレータ支援情報を表示すると共に、上記実施形態4で説明した荷重分布 $P(x)$ の閾値超えに対処するためのオペレータ支援情報及び上記実施形態5で説明した張力分布 $T(x)$ の閾値超えに対処するためのオペレータ支援情報の少なくとも一方をさらに表示するように構成されていてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 4 】

次に、上記蛇行予測システムを用いて実施される本実施形態に係る圧延機のオペレータ支援方法について説明する。

【 0 1 1 5 】

まず、圧延ロール 1 1 , 1 2 のレベリング差を蛇行予測変数として取得する（取得工程 S 1 0 ）。次に、圧延ロール 1 1 , 1 2 のレベリング差が予め定められた閾値を超えるか否かを判定する（判定工程 S 2 0 ）。そして、レベリング差が閾値を超えると判定されると（S 2 0 : Y E S ）、工程 S 3 0 に移り、レベリング差が閾値を超えないと判定されると（S 2 0 : N O ）、工程 S 1 0 に戻る。

【 0 1 1 6 】

本実施形態における蛇行予測変数である圧延ロール 1 1 , 1 2 のレベリング差は、圧延機 1 0 の操作中においても油圧シリンダの制御により調整可能である。従って、工程 S 3 0 では、Y E S と判定される。

【 0 1 1 7 】

次に、表示工程 S 4 0 (S 4 1) (出力工程) では、オペレータによる圧延機 1 0 の操作を支援するための情報として、圧延ロール 1 1 , 1 2 のレベリング操作を促す情報を表示（出力）する。具体的には、油圧シリンダの制御による圧延ロール 1 1 , 1 2 のレベリング操作を促す警告メッセージを表示する。これにより、オペレータは、圧延ロール 1 1 , 1 2 のレベリング差の閾値超えの状態に対処するための適切な圧延機 1 0 の操作を表示部 2 3 により確認することができる。その結果、圧延ロール 1 1 , 1 2 のレベリング差の異常に起因する板材 2 の蛇行トラブルを未然に防ぐことができる。

【 0 1 1 8 】

（実施形態 7）

次に、本発明の実施形態 7 に係る蛇行予測システム及び圧延機のオペレータ支援方法について説明する。本実施形態に係る蛇行予測システム及び圧延機のオペレータ支援方法は、基本的に上記実施形態 4 と同様であるが、板材 2 の蛇行量の変化量が閾値を超えたときに、圧延機 1 0 の停止を促す情報を表示する点で異なっている。以下、上記実施形態 4 と異なる点についてのみ詳細に説明する。

【 0 1 1 9 】

表示部 2 3 は、板材 2 の蛇行量の変化量の計算値と、板材 2 の蛇行量の変化量について予め定められた閾値と、をそれぞれ表示するように構成されている。板材 2 の蛇行量の変化量の計算値は、蛇行量演算部 2 9 (図 5) から表示部 2 3 に出力される。蛇行量の閾値は、オペレータにより入力部 2 2 に入力され、表示部 2 3 に出力される。

【 0 1 2 0 】

図 2 4 は、本実施形態における表示部 2 3 のモニタ画面を示している。図 2 4 において、(1) は圧延ロール 1 1 , 1 2 の D S 側における板材 2 の蛇行量の変化量を示し、(2) は蛇行量について予め定められた上限閾値を示している。

【 0 1 2 1 】

図 2 4 に示すように、本実施形態では、(1) D S 側の蛇行量が (2) 上限閾値を超えている（上限閾値を上回っている）。このとき、表示部 2 3 は、オペレータによる圧延機 1 0 の操作を支援するための情報として、圧延機 1 0 の停止を促す情報を表示する。具体的には、表示部 2 3 は、「蛇行量が上限閾値を超えています。圧延機の停止操作を行って下さい。」などの警告メッセージを表示する。

【 0 1 2 2 】

オペレータは、表示部 2 3 のモニタ画面を確認することにより、(1) D S 側の蛇行量が (2) 上限閾値を超えていることを認識すると共に、圧延機 1 0 を停止させる必要があることを確認することができる。そして、オペレータが表示部 2 3 のガイダンスに従った操作を行うことにより、蛇行トラブルが生じる前に圧延機 1 0 を停止させることができる。なお、W S 側の蛇行量が (2) 上限閾値を超える場合についても同様である。

【 0 1 2 3 】

また表示部 23 は、蛇行量の閾値超えに対処するためのオペレータ支援情報を表示すると共に、上記実施形態 4 で説明した荷重分布 $P(x)$ の閾値超えに対処するためのオペレータ支援情報、上記実施形態 5 で説明した張力分布 $T(x)$ の閾値超えに対処するためのオペレータ支援情報、及び上記実施形態 6 で説明したレベリング差の閾値超えに対処するためのオペレータ支援情報の少なくとも一つをさらに表示するように構成されていてもよい。

【0124】

次に、上記蛇行予測システムを用いて実施される本実施形態に係る圧延機のオペレータ支援方法について説明する。

【0125】

まず、蛇行量演算部 29 において板材 2 の蛇行量の変化量を計算する（取得工程 S10）。次に、蛇行量が予め定められた閾値を超えるか否かを判定する（判定工程 S20）。そして、蛇行量が閾値を超えると判定されると（S20：YES）、工程 S30 に移り、蛇行量が閾値を超えないと判定されると（S20：NO）、工程 S10 に戻る。

【0126】

板材 2 の蛇行量は、操業中の圧延機 10 を操作することにより調整するのは困難であるため、一旦圧延機 10 を停止した上で板材 2 の位置を調整する必要がある。従って、本実施形態では、工程 S30 において NO と判定される。

【0127】

次に、表示工程 S40（S42）（出力工程）では、オペレータによる圧延機 10 の操作を支援するための情報として、圧延機 10 の停止を促す情報を表示（出力）する。具体的には、圧延機 10 の停止を促す警告メッセージを表示する。これにより、オペレータは、蛇行量の閾値超えの状態に対処するために圧延機 10 の停止が必要であることを確認することができる。その結果、板材 2 の蛇行トラブルを未然に防ぐことができる。

【0128】

（その他実施形態）

最後に、本発明のその他実施形態について説明する。

【0129】

上記実施形態 1 では、図 4 に示すように、タンデム式圧延機 10 の上流側に配置された上流側ロール 15 による板材 2 の拘束条件を用いて、最上流の #1 スタンドを対象として蛇行量を演算する場合について説明したが、これに限定されない。図 25 に示すように、タンデム式圧延機 10 において、#1 スタンド 10A の下流側に配置された #2 スタンド 10B の一対の圧延ロール 11, 12 を蛇行量の演算対象としてもよい。そして、前段ロールである #1 スタンド 10A の圧延ロール 11, 12 による板材 2 の拘束条件と、#2 スタンド 10B の圧延ロール 11, 12 間に板材 2 が進入する際の進入条件と、を用いて、板材 2 の蛇行量を演算してもよい。即ち、本発明は、タンデム式圧延機 10 の入側における板材 2 の蛇行量の演算だけでなく、タンデム式圧延機 10 において隣り合うスタンド間での板材 2 の蛇行量の演算にも適用することができる。なお、蛇行量の演算対象となるスタンドは #2 スタンド 10B に限定されず、#3 以降のスタンドであってもよい。また上流側ロールは、ブライドルロール 15 に限定されず、デフレクターロールやセンタリングロールなどの種々の搬送ロールを用いることができる。

【0130】

上記実施形態 1～7 では、数基の圧延スタンドを並べたタンデム式圧延機を対象として説明したが本発明はこれに限定されるものではなく、1 台の圧延スタンドからなる圧延機においても適用することができる。

【0131】

上記実施形態 1～3 では、上流側ロール 15 による拘束条件として板材 2 の幅方向 D4 の変位が 0 であること及び送り出し方向 D3 の傾きが 0 であることを説明したがこれに限定されず、上流側ロール 15 による拘束に係る他の条件を用いてもよい。

【0132】

10

20

30

40

50

上記実施形態 1 ~ 3 では、張力分布 $T(x)$ の計算において 2D - FEM を用いる場合について説明したがこれに限定されず、材料力学による他の解析方法を用いてもよい。また張力分布 $T(x)$ を計算し、これに基づいて荷重分布 $P(x)$ を計算する場合について説明したがこれに限定されず、張力分布 $T(x)$ 及び荷重分布 $P(x)$ の計算を省略してもよい。

【0133】

上記実施形態 1 ~ 3 のように、板材 2 の幅方向全体について張力分布 $T(x)$ を計算する場合に限定されず、左右の 2 点のみでもよい。また荷重分布 $P(x)$ 、出側板厚 h の幅方向の分布についても同様に左右の 2 点のみの計算でもよい。

【0134】

今回開示された実施形態は、全ての点で例示であって、制限的なものではないと解されるべきである。本発明の範囲は、上記した説明ではなくて特許請求の範囲により示され、特許請求の範囲と均等の意味及び範囲内での全ての変更が含まれることが意図される。

【符号の説明】

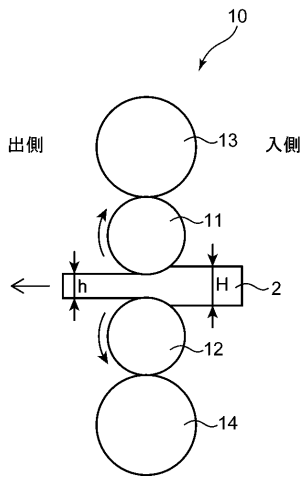
【0135】

- 1 蛇行予測システム
- 2 板材
- 10 タンデム式圧延機
- 11, 12 圧延ロール
- 15 ブライドルロール（上流側ロール）
- 21 演算部
- 23 表示部（出力部）
- P 荷重
- $P(x)$ 荷重分布
- $T(x)$ 張力分布
- 進入角度

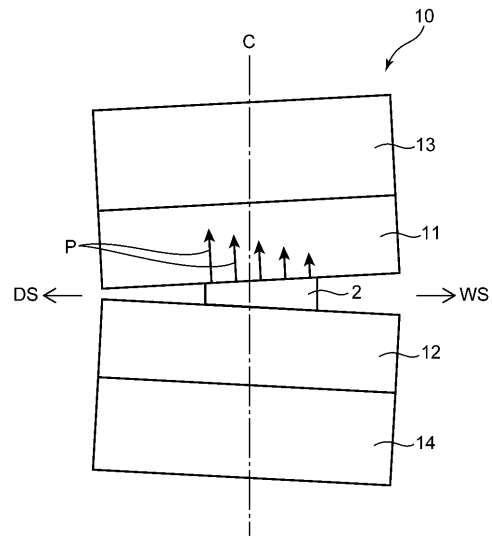
10

20

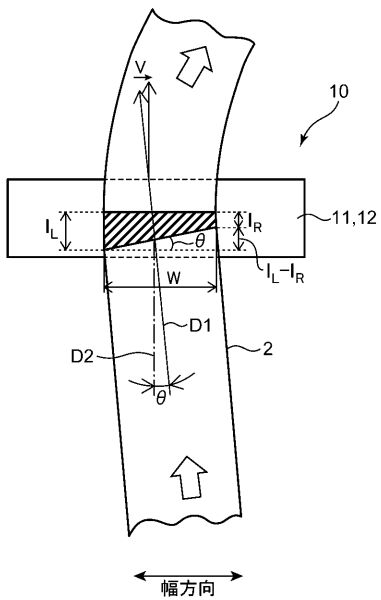
【図 1】



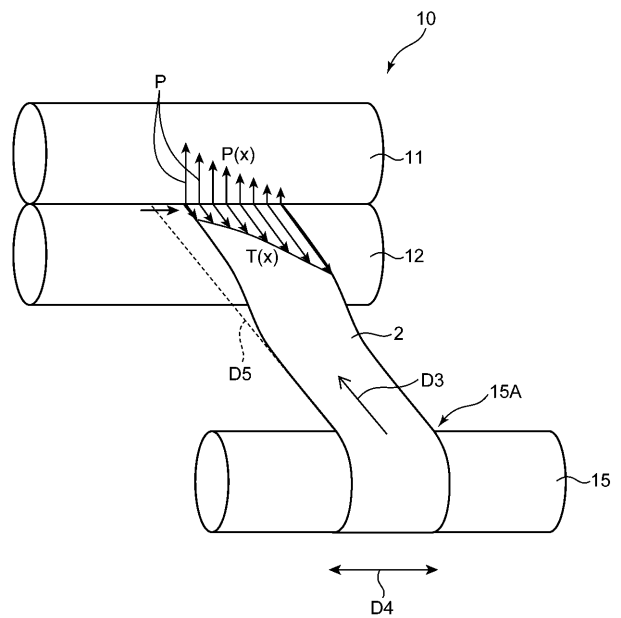
【図 2】



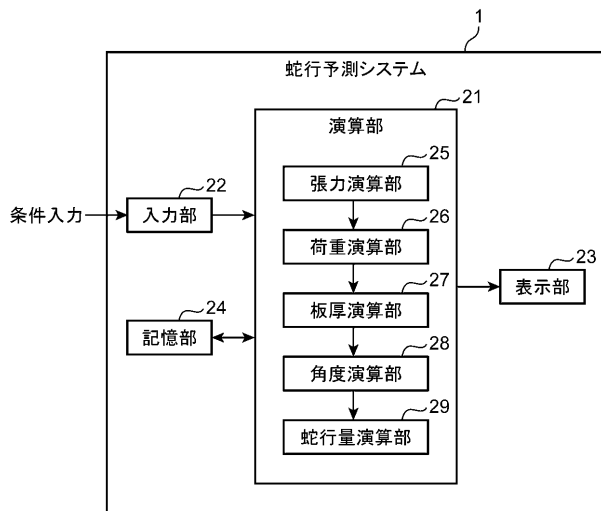
【図 3】



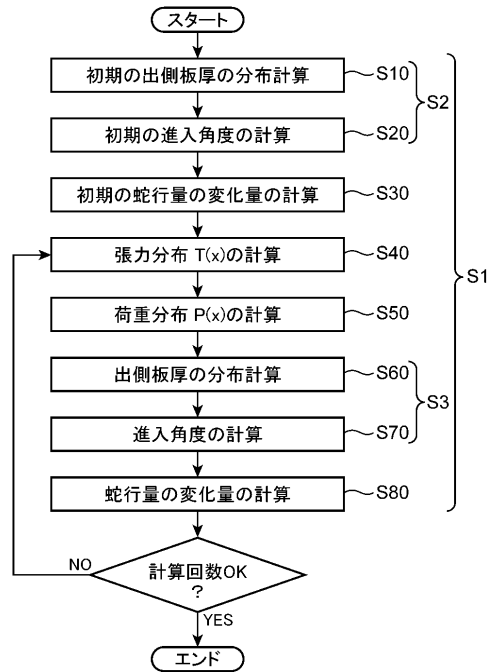
【図 4】



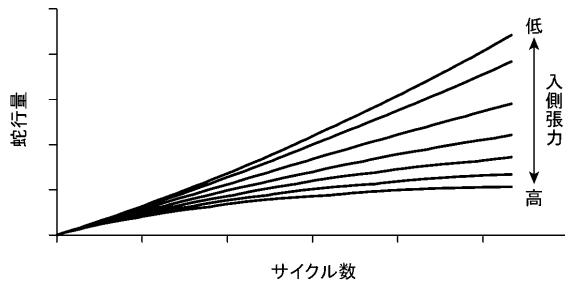
【図 5】



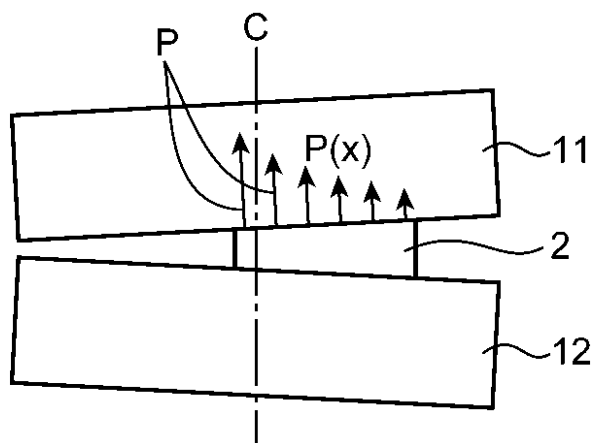
【図 6】



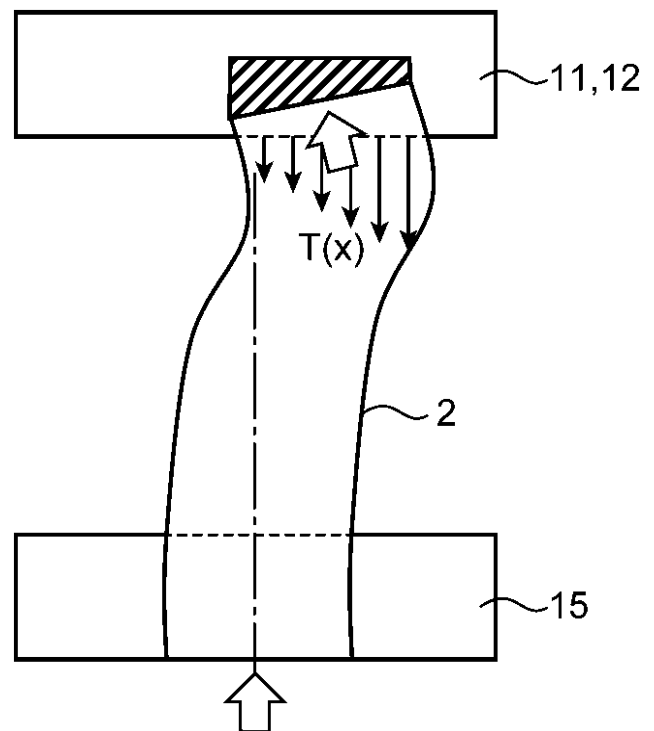
【図 7】



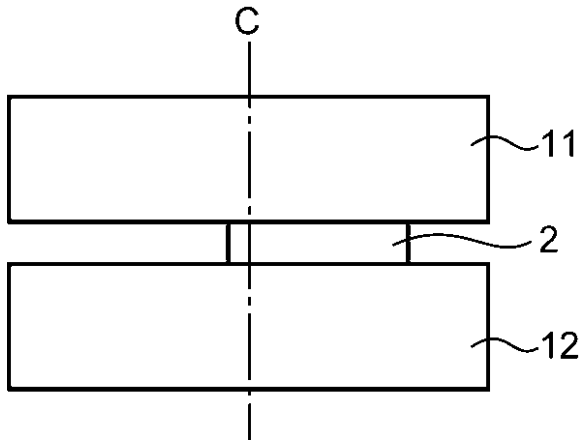
【図 8】



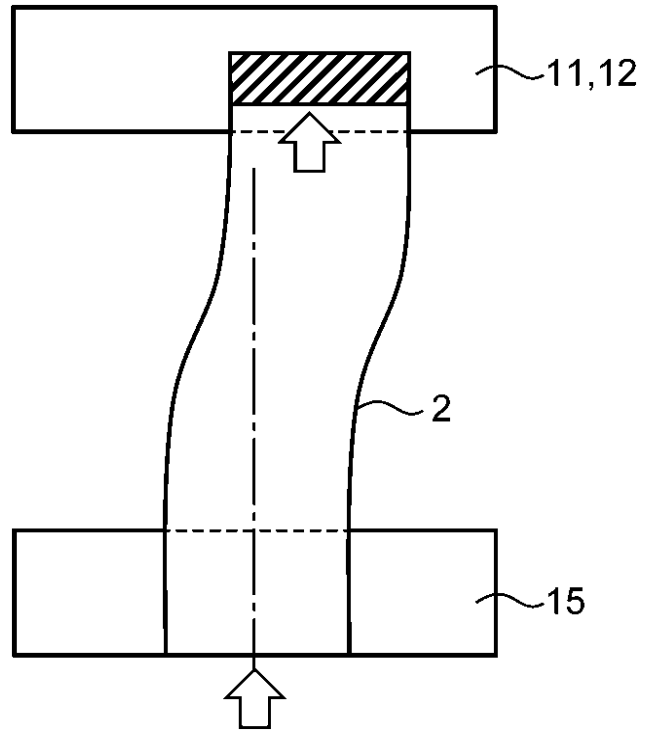
【図 9】



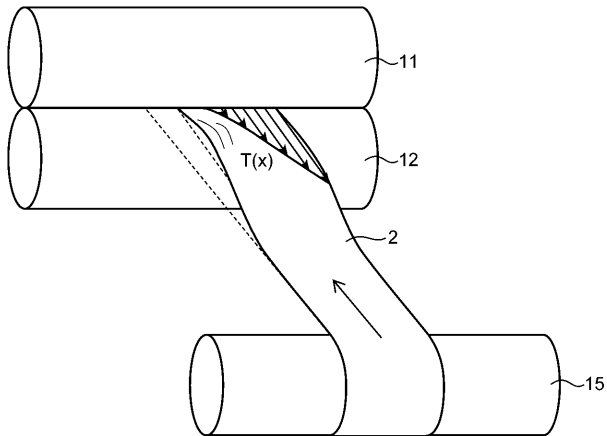
【図 10】



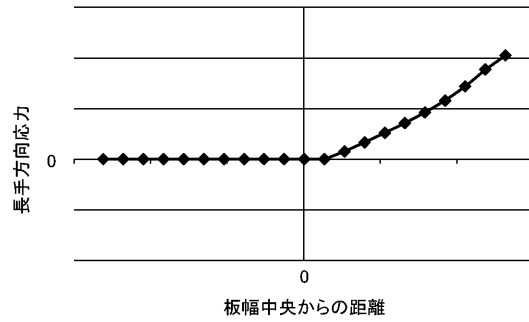
【図 11】



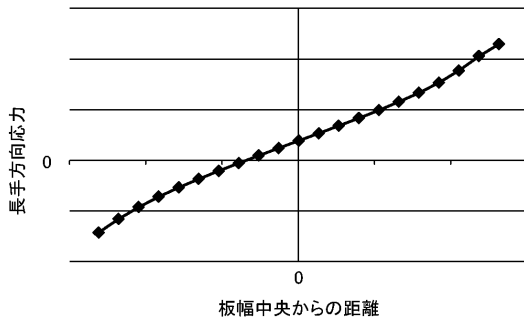
【図 12】



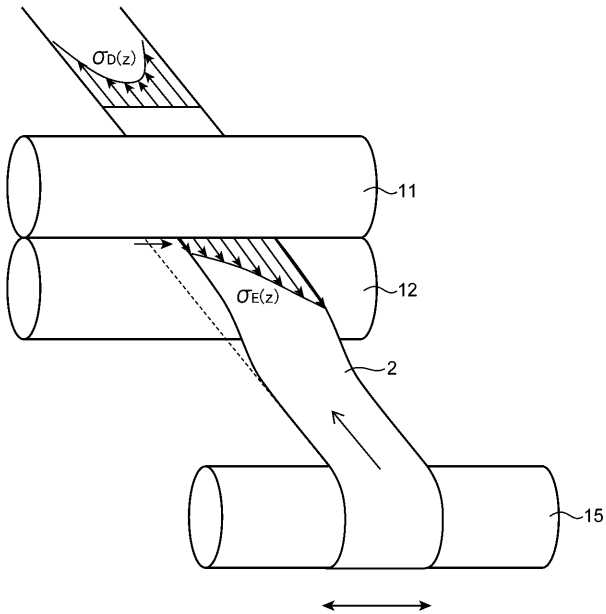
【図 14】



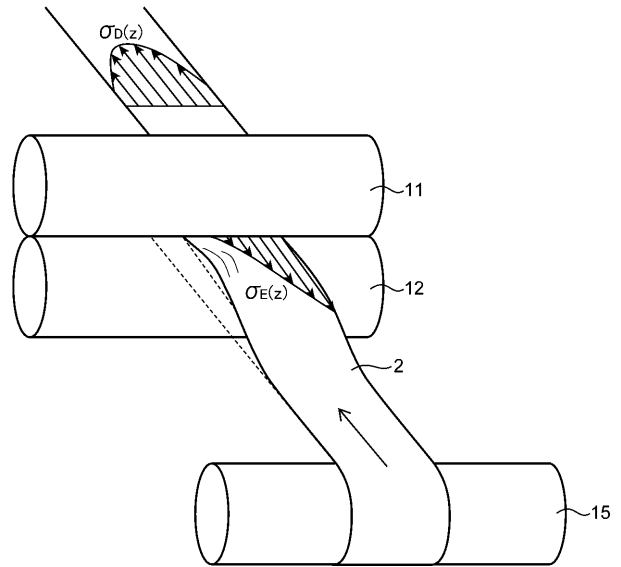
【図 13】



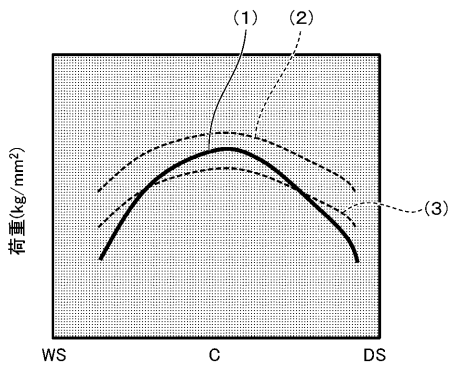
【図 15】



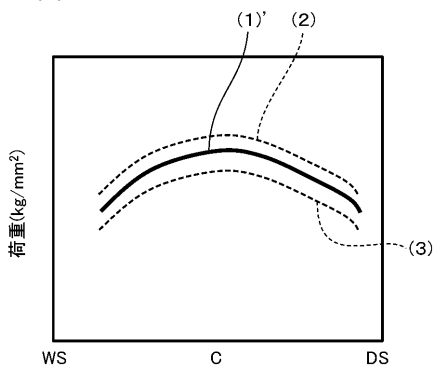
【図 16】



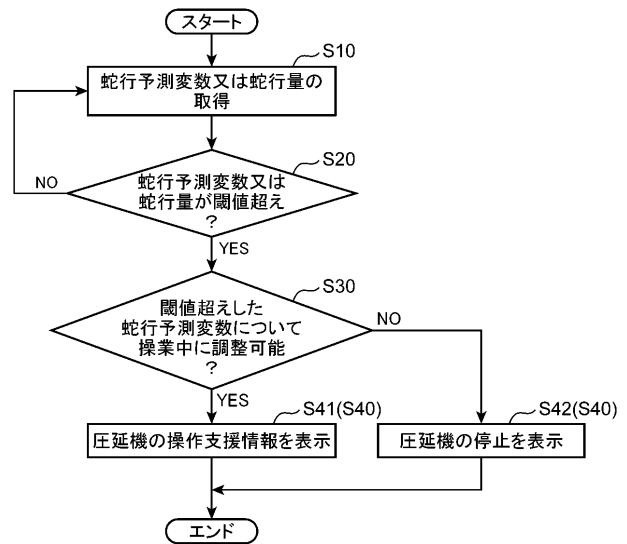
【図 17】



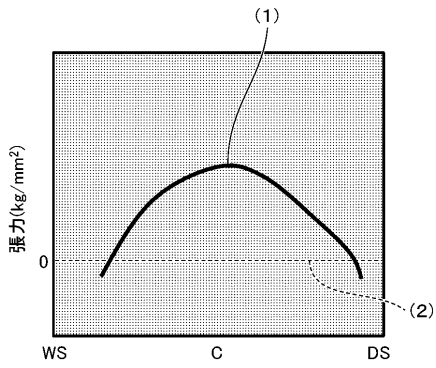
【図 18】



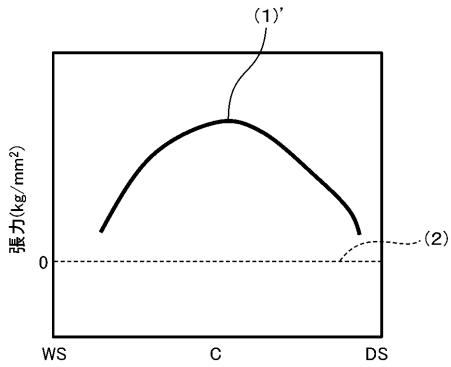
【図 19】



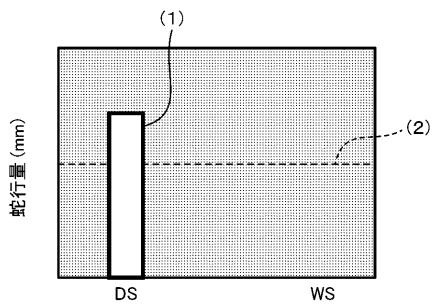
【図 2 0】



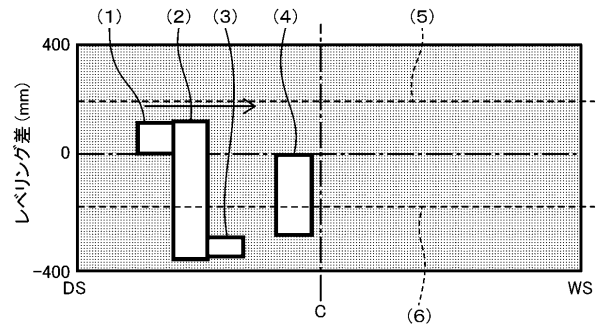
【図 2 1】



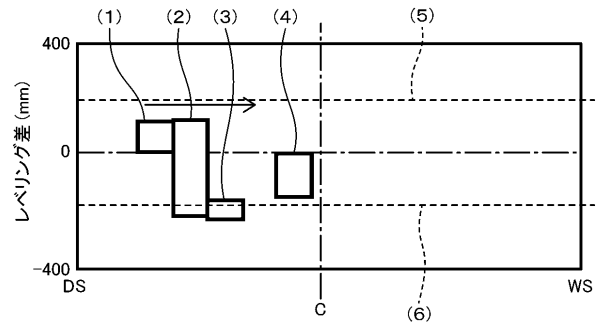
【図 2 4】



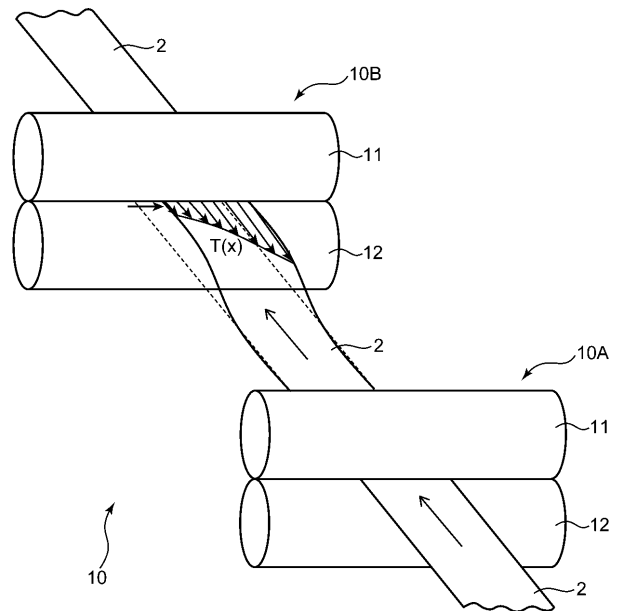
【図 2 2】



【図 2 3】



【図 2 5】



フロントページの続き

- (72)発明者 柳 修介
兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号 株式会社神戸製鋼所内
- (72)発明者 佐野 研一
兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号 株式会社神戸製鋼所内
- (72)発明者 木村 知史
兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号 株式会社神戸製鋼所内
- (72)発明者 小林 正宜
兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号 株式会社神戸製鋼所内
- (72)発明者 安武 信治
兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号 株式会社神戸製鋼所内
- (72)発明者 藤井 康之
兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号 株式会社神戸製鋼所内
- F ターム(参考) 4E024 AA06 BB01 BB03 CC01 CC02 DD02
4E124 AA06 BB01 BB03 CC01 CC02 DD02