

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3607029号
(P3607029)

(45) 発行日 平成17年1月5日(2005.1.5)

(24) 登録日 平成16年10月15日(2004.10.15)

(51) Int.Cl.⁷

B 2 1 B 37/00

B 2 1 B 37/38

F I

B 2 1 B 37/00 1 1 3 C

B 2 1 B 37/00 B B M

B 2 1 B 37/00 B B P

B 2 1 B 37/00 1 1 7 B

請求項の数 14 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願平9-5788	(73) 特許権者	501137636
(22) 出願日	平成9年1月16日(1997.1.16)		東芝三菱電機産業システム株式会社
(65) 公開番号	特開平10-192929		東京都港区三田三丁目13番16号
(43) 公開日	平成10年7月28日(1998.7.28)	(74) 代理人	100075812
審査請求日	平成16年1月6日(2004.1.6)		弁理士 吉武 賢次
		(74) 代理人	100088889
			弁理士 橘谷 英俊
		(74) 代理人	100082991
			弁理士 佐藤 泰和
		(74) 代理人	100096921
			弁理士 吉元 弘
		(74) 代理人	100103263
			弁理士 川崎 康

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧延機の制御方法及び制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

タンデムに配置され、それぞれ板クラウンを制御するためのアクチュエータを有する複数の圧延機の制御方法において、

外部から与えられた圧延情報に基づいて、被圧延材の圧延前に、圧延荷重、板幅及び板クラウンの目標値、並びに最初に圧延される被圧延材に対する前記アクチュエータの設定値を含む圧延条件を設定計算し、

被圧延材の圧延中に、圧延荷重、板幅及び板クラウンを含む圧延状態を測定し、

前記圧延機により順に圧延される被圧延材のうち、時間的に先に圧延される被圧延材を先行材、時間的に後に圧延される被圧延材を後行材とし、先行材に対する圧延状態の各測定値と、これらの測定値に対応する後行材に対する圧延条件の各設定計算値との偏差を計算し、

先行材の圧延後に後行材を圧延するに当たり、先行材の板クラウンの目標値と後行材の板クラウンの目標値との偏差が零であるとき、先行材に対する圧延状態の各測定値と後行材に対する圧延条件の各設定計算値との偏差に基づいて後行材に対する前記アクチュエータの設定値を順次に修正する、

ことを特徴とする圧延機の制御方法。

【請求項2】

最終圧延機の出側における後行材の板クラウンの目標値と先行材の板クラウンの目標値との偏差が零であることを条件とする代わりに、後行材の板クラウンの目標値と先行材の板

10

20

クラウンの測定値との偏差が零であることを条件とすることを特徴とする請求項 1 に記載の圧延機の制御方法。

【請求項 3】

先行材に対する圧延状態の各測定値と後行材に対する圧延条件の各設定計算値との偏差にそれぞれ板クラウンに対する影響係数を乗算し、乗算して得られた値を加算し、加算して得られた値を板クラウンに対する前記アクチュエータの影響係数で除算して前記アクチュエータの設定値の修正量とすることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の圧延機の制御方法。

【請求項 4】

タンデムに配置され、それぞれ板クラウンを制御するためのアクチュエータを有する複数の圧延機の制御方法において、

外部から与えられた圧延情報に基づいて、被圧延材の圧延前に、圧延荷重、板幅及び板クラウンの目標値、並びに最初に圧延される被圧延材に対する前記アクチュエータの設定値を含む圧延条件を設定計算し、

被圧延材の圧延中に、圧延荷重、板幅及び板クラウンを含む圧延状態を測定し、

前記圧延機により順に圧延される被圧延材のうち、時間的に先に圧延される被圧延材を先行材、時間的に後に圧延される被圧延材を後行材とし、先行材に対する圧延状態の各測定値と、これらの測定値に対応する後行材に対する圧延条件の各設定計算値との偏差を計算し、

先行材の圧延後に後行材を圧延するに当たり、最終圧延機の出側における後行材の板クラウンの目標値と先行材の板クラウンの目標値との偏差が零でないとき、この偏差に予め設定した調整係数を乗じ、さらに、最終の圧延機の出側の板厚に対する当該圧延機の出側の板厚の比で表される板厚比を乗じて当該圧延機までの板クラウンの設定値の修正量とし、この修正量から当該圧延機の前段圧延機までの板クラウンの設定値の修正量に当該圧延機の遺伝係数を乗じた値を減算して当該圧延機の板クラウンの修正量とし、この板クラウンの修正量に基づいて前記アクチュエータの設定値を順次に修正する、ことを特徴とする圧延機の制御方法。

【請求項 5】

最終圧延機の出側における後行材の板クラウンの目標値と先行材の板クラウンの目標値との偏差が零でないことを条件とする代わりに、後行材の板クラウンの目標値と先行材の板クラウンの測定値との偏差が零でないことを条件とすることを特徴とする請求項 4 に記載の圧延機の制御方法。

【請求項 6】

前記アクチュエータは、上ワークロールと上バックアップロールを対とすると共に、下ワークロールと下バックアップロールを対とし、これらのロール対を圧延方向に互いに交叉させる手段でなり、その設定値及び修正量がロール対のクロス角であることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の圧延機の制御方法。

【請求項 7】

前記アクチュエータは、ワークロールをベンディングさせる手段でなり、その設定値及び修正量がベンディング力である請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の圧延機の制御方法。

【請求項 8】

タンデムに配置され、それぞれ板クラウンを制御するためのアクチュエータを有する複数の圧延機の制御装置において、

外部から与えられた圧延情報に基づいて、被圧延材の圧延前に、圧延荷重、板幅及び板クラウンの目標値、並びに最初に圧延される被圧延材に対する前記アクチュエータの設定値を含む圧延条件を設定計算する第 1 の設定計算手段と、

被圧延材の圧延中に、圧延荷重、板幅及び板クラウンを含む圧延状態を測定する圧延状態測定手段と、

前記圧延機により順に圧延される被圧延材のうち、時間的に先に圧延される被圧延材を先行材、時間的に後に圧延される被圧延材を後行材とし、先行材に対する圧延状態の各測定

値と、これらの測定値に対応する後行材に対する圧延条件の各設定計算値との偏差を計算し、先行材の圧延後に後行材を圧延するに当たり、先行材の板クラウンの目標値と後行材の板クラウンの目標値との偏差が零であるとき、先行材に対する圧延状態の各測定値と後行材に対する圧延条件の各設定計算値との偏差に基づいて後行材に対する前記アクチュエータの設定値を順次に修正する第2の設定計算手段と、
を備えたことを特徴とする圧延機の制御装置。

【請求項9】

最終圧延機の出側における後行材の板クラウンの目標値と先行材の板クラウンの目標値との偏差が零であることを条件とする代わりに、後行材の板クラウンの目標値と先行材の板クラウンの測定値との偏差が零であることを条件とすることを特徴とする請求項8に記載の圧延機の制御装置。

10

【請求項10】

前記第2の設定計算手段は、計算された前記各偏差にそれぞれ板クラウンに対する影響係数を乗算し、この乗算によって得られた値を加算し、加算して得られた値を板クラウンに対する前記アクチュエータの影響係数で除算して前記アクチュエータの設定値の修正量を求める請求項8又は9に記載の圧延機の制御装置。

【請求項11】

タンデムに配置され、それぞれ板クラウンを制御するためのアクチュエータを有する複数の圧延機の制御装置において、

外部から与えられた圧延情報に基づいて、被圧延材の圧延前に、圧延荷重、板幅及び板クラウンの目標値及び並びに最初に圧延される被圧延材に対する前記アクチュエータの設定値を含む圧延条件を設定計算する第1の設定計算手段と、

20

被圧延材の圧延中に、圧延荷重、板幅及び板クラウンを含む圧延状態を測定する圧延状態測定手段と、

前記圧延機により順に圧延される被圧延材のうち、時間的に先に圧延される被圧延材を先行材、時間的に後に圧延される被圧延材を後行材とし、先行材に対する圧延状態の各測定値と、これらの測定値に対応する後行材に対する圧延条件の各設定計算値との偏差を計算し、先行材の圧延後に後行材を圧延するに当たり、最終圧延機の出側における後行材の板クラウンの目標値と先行材の板クラウンの目標値との偏差が零でないことを条件として、この偏差に予め設定した調整係数を乗じ、さらに、最終の圧延機の出側の板厚に対する当該圧延機の出側の板厚の比で表される板厚比を乗じて当該圧延機までの板クラウンの設定値の修正量とし、この修正量から当該圧延機の前段圧延機までの板クラウンの設定値の修正量に当該圧延機の遺伝係数を乗じた値を減算して当該圧延機の板クラウンの追加の修正量とし、この板クラウンの修正量に基づいて前記アクチュエータの設定値を順次に修正する第2の設定計算手段と、
を備えたことを特徴とする圧延機の制御装置。

30

【請求項12】

最終圧延機の出側における後行材の板クラウンの目標値と先行材の板クラウンの目標値との偏差が零でないことを条件とする代わりに、後行材の板クラウンの目標値と先行材の板クラウンの測定値との偏差が零でないことを条件とすることを特徴とする請求項11に記載の圧延機の制御装置。

40

【請求項13】

前記アクチュエータは、上ワークロールと上バックアップロールを対とすると共に、下ワークロールと下バックアップロールを対とし、これらのロール対を圧延方向に互いに交叉させる手段でなり、その設定値及び修正量がロール対のクロス角であることを特徴とする請求項8ないし12のいずれかに記載の圧延機の制御装置。

【請求項14】

前記アクチュエータは、ワークロールをベンディングさせる手段でなり、その設定値及び修正量がベンディング力である請求項8ないし12のいずれかに記載の圧延機の制御装置。

50

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、タンデムに配置された連続圧延機に好適な圧延機の制御に係り、特に、所望の板クラウン及び板平坦度の板を得る圧延機の制御方法及び制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

この種の従来技術として、例えば、(社)日本鉄鋼協会圧延理論部会誌第100回シンポジウム「圧延技術・圧延理論の発展と将来への潮流」(平成6年6月)第79頁乃至第90頁に「ホットストリップミルにおける高精度圧延技術」(西山泰行、芝尾信二、島津智他著)と題して、目標板クラウン及び目標板形状を達成しようとする制御システムが記載されている。この制御システムは、初期設定機能として、目標板クラウン及び目標板形状を達成する各スタンドのロールクロス角及びロールベンディング力の初期設定値を求める機能を有している。

10

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

上述した制御システムは、板幅方向の板厚精度の向上に当り、クラウン比率遺伝係数や形状係数を用いているが、これらの係数を実際に求めることは困難を伴うものであった。また、上述した制御システムは、圧延機により順に圧延される被圧延材のうち、時間的に先に圧延される先行材の圧延結果を、時間的に後に圧延される後行材の圧延に利用する点

20

【0004】

本発明は上記の課題を解決するためになされたもので、クラウン比率遺伝係数や形状変化係数を使用せずに済み、かつ、先行材の圧延結果を後行材の圧延制御に有効に利用することによって、後続の被圧延材の板クラウンと板平坦度を高精度に目標値に仕上げることできる圧延機の制御方法及び制御装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するための第1の発明は、タンデムに配置され、それぞれ板クラウンを制御するためのアクチュエータを有する複数の圧延機を制御するに当り、外部から与えられた圧延情報に基づいて、被圧延材の圧延前に、圧延荷重、板幅及び板クラウンの目標値、並びに最初に圧延される被圧延材に対するアクチュエータの設定値を含む圧延条件を設定計算し、被圧延材の圧延中に、圧延荷重、板幅及び板クラウンを含む圧延状態を測定し、圧延機により順に圧延される被圧延材のうち、時間的に先に圧延される被圧延材を先行材、時間的に後に圧延される被圧延材を後行材とし、先行材に対する圧延状態の各測定値と、これらの測定値に対応する後行材に対する圧延条件の各設定計算値との偏差を計算し、先行材の圧延後に後行材を圧延するに当たり、先行材の板クラウンの目標値と後行材の板クラウンの目標値との偏差が零であるとき、先行材に対する圧延状態の各測定値と後行材に対する圧延条件の各設定計算値との偏差に基づいて後行材に対するアクチュエータの設定値を順次に修正する、ように構成したものである。

30

40

【0006】

この場合、先行材の板クラウンの目標値と後行材の板クラウンの目標値との偏差が零であることを条件とする代わりに、後行材の板クラウンの目標値と先行材の板クラウンの測定値との偏差が零であることを条件としても良い。

【0007】

上記目的を達成するための第2の発明は、タンデムに配置され、それぞれ板クラウンを制御するためのアクチュエータを有する複数の圧延機を制御するに当り、外部から与えられた圧延情報に基づいて、被圧延材の圧延前に、圧延荷重、板幅及び板ク

50

ラウンの目標値、並びに最初に圧延される被圧延材に対するアクチュエータの設定値を含む圧延条件を設定計算し、

被圧延材の圧延中に、圧延荷重、板幅及び板クラウンを含む圧延状態を測定し、

圧延機により順に圧延される被圧延材のうち、時間的に先に圧延される被圧延材を先行材、時間的に後に圧延される被圧延材を後行材とし、先行材に対する圧延状態の各測定値と、これらの測定値に対応する後行材に対する圧延条件の各設定計算値との偏差を計算し、先行材の圧延後に後行材を圧延するに当たり、最終圧延機の出側における後行材の板クラウンの目標値と先行材の板クラウンの目標値との偏差が零でないとき、この偏差に予め設定した調整係数を乗じ、さらに、最終の圧延機の出側の板厚に対する当該圧延機の出側の板厚の比で表される板厚比を乗じて当該圧延機の板クラウンの設定値の修正量とし、この修正量と当該圧延機の前段圧延機の板クラウンの設定値の修正量に当該圧延機の遺伝係数を乗じた値とを加算して当該圧延機の板クラウンの修正量とし、この板クラウンの修正量に基づいてアクチュエータの設定値を順次に修正する、
ように構成したものである。

【 0 0 0 8 】

この場合、最終圧延機の出側における後行材の板クラウンの目標値と先行材の板クラウンの目標値との偏差が零でないことを条件とする代わりに、後行材の板クラウンの目標値と先行材の板クラウンの測定値との偏差が零でないことを条件としても良い。

【 0 0 0 9 】

【 発明の実施の形態 】

以下、本発明を好適な実施形態に基づいて詳細に説明する。

図 1 は本発明の一実施形態の概略構成を適用対象の圧延機と併せて示したブロック図である。同図において、圧延機 1 ～ 6 が 6 スタンドの連続圧延機を構成し、被圧延材（以下、材料と略称する）10 を A 矢印方向に圧延する。これらの圧延機 1 ～ 6 はそれぞれ板クラウン及び板平坦度を制御するためのアクチュエータ 11 ～ 16 を備えている。このアクチュエータとしては種々のものがあるが、これを備えた代表的圧延機として次の a ～ d 項に示すものがある。

a . 4 段ミルで、上ワークロールと上バックアップロールとを対にすると共に、下ワークロールと下バックアップロールとを対にし、これらのロール対を圧延方向に相互に交叉させる機能の他に、ワークロールをベンディングさせる機能やワークロールを軸方向にシフトさせる機能等を備えた、いわゆる、ペアクロスミル。

b . 4 段ミルで、軸方向に直径を異ならしめたワークロールを軸方向にシフトさせる機能の他に、ワークロールをベンディングさせる機能等を有する C V C 4 段ミル。

c . 6 段ミルで、ワークロールのベンディング機能、中間ロールのベンディング機能、ワークロールを軸方向にシフトする機能、中間ロールを軸方向にシフトする機能等を備える、いわゆる、6 段ミル。

d . 6 段ミルで、ワークロールのベンディング機能、中間ロールのベンディング機能、ワークロールを軸方向にシフトする機能、軸方向に直径を異ならしめた中間ロールを軸方向にシフトする機能等を備える、いわゆる、C V C 6 段ミル。

【 0 0 1 0 】

図 1 に示すアクチュエータ 11 ～ 16 は圧延機が備えるこれらの機能を総称したもので、以下の説明では、板クラウンの修正能力の大きいペアクロス角を変更する手段と、ベンディング力を変更する手段とをそれぞれ制御対象としている。この場合、アクチュエータ 11 ～ 16 の制御系統には、オペレータが手動にて修正する修正値 $M_1 \sim M_6$ をそれぞれ入力するための加算器 21 ～ 26 が設けられ、さらに、圧延中にアクチュエータ 11 ～ 15 に対する板クラウンを修正するためのアクチュエータ設定値の修正量を入力する加算器 31 ～ 35 と、圧延中にアクチュエータ 16 に対する板平坦度を修正するためのアクチュエータ設定値の修正量を入力する加算器 36 とが設けられている。

【 0 0 1 1 】

一方、最終スタンドの圧延機 6 の出側には板平坦度計 41 が設けられ、検出された板平坦

10

20

30

40

50

度が目標値に近付くように、板平坦度制御装置 4 2 がアクチュエータ 1 6 に対する設定値の修正量を加算器 3 6 に加えている。また、最終スタンドの圧延機 6 の出側には板クラウン計 5 1 が設けられ、検出された板クラウンが目標値に近付くように板クラウン制御装置 5 2 がアクチュエータ 1 1 ~ 1 5 に対する設定値の修正量を加算器 3 1 ~ 3 5 に加えている。

【 0 0 1 2 】

なお、図示を省略するが圧延機 1 ~ 6 はロール間隙を制御する圧下制御装置やロール周速を制御する主機速度制御装置を備え、さらに、圧延荷重を検出する荷重検出器、出側の板幅を検出する板幅計、板クラウン計等を備えている。ここでは、図面の簡単化のためにこれらの検出器を一纏めにして圧延状態測定手段 6 1 として表してある。そして、圧延状態測定手段 6 1 による圧延状態情報が第 1 の設定計算器 8 0 及び第 2 の設定計算器 9 0 に取込まれるようになっている。

10

【 0 0 1 3 】

圧延情報 7 0 は、図示省略の上位計算機で設定される鋼種、圧延前の板厚、板幅、材料温度等の圧延前情報と、圧延後の板厚、板幅、材料温度、板クラウン、板平坦度等の目標値である圧延後情報とを総称したもので、ときにより、圧延命令書とも呼ばれ、この圧延情報 7 0 が第 1 の設定計算器 8 0 及び第 2 の設定計算器 9 0 に加えられるようになっている。

【 0 0 1 4 】

図 2 は第 2 の設定計算器 9 0 の詳細な構成を示すブロック図である。この第 2 の設定計算器 9 0 は先行材の圧延後であって、かつ、後行材の圧延前にアクチュエータ設定値の修正量 1 0 0 を演算するものである。そのために、所定の時間間隔でロールクラウンを計算すると共に、予測計算をするロールクラウン計算手段 9 1、先行材と後行材に対するロールクラウンの偏差を求めるロールクラウン偏差計算手段 9 2、荷重偏差計算手段 9 3、板幅偏差計算手段 9 4、板クラウン目標値偏差計算手段 9 5 を備え、さらに、板クラウン目標値偏差計算手段 9 5 の出力が零か否かを判別する板クラウン目標値偏差判定手段 9 6 と、ロールクラウン、荷重及び板幅の各偏差に基づいてアクチュエータの修正量を求めるアクチュエータ設定値の第 1 の修正量計算手段 9 7 と、板クラウン目標値の偏差に基づいてアクチュエータの修正量を求めるアクチュエータ設定値の第 2 の修正量計算手段 9 8 と、求められた修正量を加算して出力する加算手段 9 9 とを備えている。

20

30

【 0 0 1 5 】

上記のように構成された本実施形態の動作について、図 3 をも参照して以下に説明する。一般にタンデム圧延機では、図 3 (a) に示すように、ロール替から次のロール替までを 1 ロールサイクルと称しており、この間に材料 1、材料 2、・・・、材料 N という具合に連続的に圧延する場合がある。このとき、材料 1 と材料 2 とに注目すれば材料 1 が先行材となり、材料 2 が後行材となる。同様に、材料 N - 1 と材料 N とに注目すれば材料 N - 1 が先行材となり、材料 N が後行材となる。

【 0 0 1 6 】

また、1 ロールサイクル中の圧延形態としては、バッチ圧延と称し、図 3 (b) に示すように、途中に圧延していない時間、すなわち、アイドル時間を設けて圧延する場合もあり、本実施形態ではアイドル時間の直前に圧延した材料を先行材とすれば、アイドル時間の直後に圧延する材料を後行材と定義する。

40

【 0 0 1 7 】

さらに、1 ロールサイクル中の圧延形態としては、図 3 (c) に示すように、エンドレス圧延と称して先に圧延される材料の尾端と後に圧延される材料の先端とを溶接等により接合してエンドレスに圧延する場合もある。このとき、材料が互いに接合した状態で圧延されたとしても、先に圧延される材料を先行材、後に圧延される材料を後行材と定義する。

【 0 0 1 8 】

いま、後行材の圧延前に、鋼種、圧延機入側の板厚、板幅、材料温度等の圧延前情報と、圧延機出側の板厚、板幅、材料温度、板クラウン、板平坦度等の目標値を含む圧延後情報

50

とが圧延情報 70 として第 1 の設定計算器 80 及び第 2 の設定計算器 90 に加えられる。このうち、第 1 の設定計算器 80 は圧延情報 70 に基づき、後行材に対する圧延機 1 ~ 6 の出側の板厚、板幅、圧延荷重、圧延トルク、材料温度、先進率等を設定計算し、さらに、その計算結果に基づいて圧延機 1 ~ 6 の各ロール間隙、ロール周速等を設定計算して第 2 の設定計算器 90 に加えると共に、図示省略の各制御装置に加える。この場合、圧延状態測定手段 61 の測定値を用いて、フィードバック制御又はフィードフォワード制御等を実行するが、この点に関しては、各種提案されて公知であるのでその説明を省略する。また、板平坦度計 41 の検出値に基づいて板平坦度制御装置 42 が圧延機 6 のアクチュエータの設定値に対する修正量を演算して加算器 36 に加える点、板クラウン計 51 の検出値に基づいて板クラウン制御装置 52 が圧延機 1 ~ 5 の各アクチュエータの設定値に対する修正量を演算して加算器 31 ~ 35 に加える点も、各種提案されて公知であるのでその説明を省略する。

10

【0019】

ここでは、先行材の圧延状態に基づいて後行材の板クラウン及び板平坦度の精度を向上させるために設けた第 2 の設定計算器 90 の詳しい動作を説明する。

先行材と後行材とでは圧延前情報及び圧延後情報が異なるのが一般的である。また、圧延ロールは圧延による熱膨張、冷却による収縮、圧延による摩耗等があるためロール形状は時々刻々変化する。かかる条件下でも板クラウン及び板平坦度を目標値に一致させるために、先行材の圧延中に、好ましくはその尾端部分における板幅、圧延荷重、アクチュエータの状態量（ペアクロス角、ロールベンディング力等）、板クラウン、板平坦度を圧延状態測定手段 61 によって検出し第 2 の設定計算器 90 に加える。

20

【0020】

第 2 の設定計算器 90 を構成するロールクラウン計算手段 91 は、一定時間毎に、スタンド番号を i ($i = 1 \sim 6$) として、 i 番目の圧延機が先行材圧延中のロールクラウン C_{RAi} を計算すると共に、後行材を圧延する場合のロールクラウン C_{RBi} を予測計算する。そして、ロールクラウン偏差計算手段 92 は次式の計算を実行してロールクラウン偏差 C_{Ri} を出力する。

$$C_{Ri} = C_{RBi} - C_{RAi} \quad \dots (1)$$

また、荷重偏差計算手段 93 は i 番目の圧延機が先行材圧延中の圧延荷重の測定値 P_{Ai} と、後行材を圧延する場合の圧延荷重の目標値 P_{Bi} とを入力し、次式により荷重偏差 P_i を計算する。

30

$$P_i = P_{Bi} - P_{Ai} \quad \dots (2)$$

さらに、板幅偏差計算手段 94 は先行材圧延中の最終スタンドの圧延機 6 の出側の板幅の測定値 W_A と、後行材を圧延する場合の板幅の目標値 W_B とを入力し、次式により板幅偏差 W を計算する。

$$W = W_B - W_A \quad \dots (3)$$

また、板クラウン目標値偏差計算手段 95 は最終の圧延機 6 が先行材圧延中の最終スタンドの圧延機 6 の出側の板クラウンの目標値 C_A^{REF} と、後行材を圧延する場合の板クラウンの目標値 C_B^{REF} とを入力し、次式により板クラウン目標値偏差 C^{REF} を計算する。

$$C^{REF} = C_B^{REF} - C_A^{REF} \quad \dots (4)$$

40

一方、先行材を圧延中の尾端部ではオペレータによる修正も行われるが、圧延状態測定手段 61 による先行材の板クラウンの測定値が先行材の板クラウンの目標値 C_A^{REF} に対して偏差 C_A を有している場合もある。

【0021】

このとき、板クラウン目標値偏差計算手段 95 は次式の計算を行う。

$$C^{REF} = C_B^{REF} - (C_A^{REF} + C_A) \quad \dots (5)$$

この C^{REF} は最終スタンドの圧延機 6 の出側の板クラウン目標値偏差である。

【0022】

一般に、先行材と後行材とでは (1) 式のロールクラウン偏差 C_{Ri} 、(2) 式の荷重偏差 P_i 、(3) 式の板幅偏差 W が変化するが、板クラウン目標値偏差判定手段 9

50

6は板クラウン目標値偏差計算手段95の C^{REF} が零か否かを判定する。すなわち、(4)式又は(5)式の板クラウン目標値偏差 C^{REF} が零か否かを判定する。この場合、(4)式の板クラウン目標値偏差 C^{REF} が零であることは、先行材の板クラウンの目標値と後行材の板クラウンの目標値との偏差が零であることを意味し、(5)式の板クラウン目標値偏差 C^{REF} が零であることは、後行材の板クラウンの目標値と先行材の板クラウンの測定値との偏差が零であることを意味している。

【0023】

いま、(4)式又は(5)式の板クラウン目標値偏差 C^{REF} が零であれば、アクチュエータ設定値の第1の修正量計算手段97のみがアクチュエータ設定値の修正量を計算し、アクチュエータ設定値の第2の修正量計算手段98は入力が零であるのでその計算を行わずその出力も零である。そこで、板クラウン目標値偏差 C^{REF} が零であるものとして、第1のアクチュエータ設定値の修正量計算手段97の動作を、その原理と併せて以下に説明する。

10

【0024】

一般に、ロール対を圧延方向に互いに交叉させるベアクロス角は、ロールベンダーのベンディング力に比べて板クラウン修正能力は大きい。そこで先ずベアクロス角の修正量を求める場合について考える。

【0025】

i スタンドの圧延機のベアクロス角の修正量 X_i と、上述した荷重偏差 P_i 、板幅偏差 W 、ロールクラウン偏差 C_{Ri} との間に下記の関係式が成立する。

20

【0026】

【数1】

$$\frac{\partial C_i}{\partial X_i} \cdot \Delta X_i = \frac{\partial C_i}{\partial P_i} \cdot \Delta P_i + \frac{\partial C_i}{\partial W} \cdot \Delta W + \frac{\partial C_i}{\partial C_{Ri}} \cdot \Delta C_{Ri}$$

... (6)

この(6)式を変形すると次式が得られる。

【0027】

30

【数2】

$$\Delta X_i = \frac{1}{\left(\frac{\partial C_i}{\partial X_i}\right)} \cdot \left(\frac{\partial C_i}{\partial P_i} \cdot \Delta P_i + \frac{\partial C_i}{\partial W} \cdot \Delta W + \frac{\partial C_i}{\partial C_{Ri}} \cdot \Delta C_{Ri} \right) \quad \dots (7)$$

ただし、

$\frac{\partial C}{\partial X}$: ペアクロス角 X の板クラウンに対する影響係数

10

$\frac{\partial C}{\partial P}$: 圧延荷重 P の板クラウンに対する影響係数

$\frac{\partial C}{\partial W}$: 板幅 W の板クラウンに対する影響係数

$\frac{\partial C}{\partial C_R}$: ロールクラウン C_R の板クラウンに対する影響係数

20

添字 i : 圧延機のスタンド番号

である。なお、

【 0 0 2 8 】

【 数 3 】

$$\frac{\partial C_i}{\partial X_i}, \frac{\partial C_i}{\partial P_i}, \frac{\partial C_i}{\partial W}, \frac{\partial C_i}{\partial C_{Ri}}$$

30

第 1 番目のものは X の板クラウンへの影響係数、第 2 番目のものは圧延荷重の板クラウンへの影響係数、第 3 番目のものは板幅の板クラウンへの影響係数、第 4 番目のものはロールクラウンの板クラウンへの影響係数であって、これらは圧延機寸法、圧延される材料（圧延スケジュール）が決まれば、計算又は実機試験にて求まる量であり、これらは別途に求めて第 2 の設定計算器 9 0 内の図示省略の記憶装置に記憶させておく。

【 0 0 2 9 】

一方、ペアクロスミルを用いないか、あるいは、これらのアクチュエータを有していないミルではロールベンディング力 F の修正により後行材の板クラウンと板平坦度の設定値を以下のようにして求める。

40

【 0 0 3 0 】

i スタンドの圧延機のロールベンダーの修正量 F_i と、上述した荷重偏差 P_i 、板幅偏差 W 、ロールクラウン偏差 C_{Ri} との間に下記の関係式が成立する。

【 0 0 3 1 】

【 数 4 】

$$\frac{\partial C_i}{\partial F_i} \cdot \Delta F_i = \frac{\partial C_i}{\partial P_i} \cdot \Delta P_i + \frac{\partial C_i}{\partial W} \cdot \Delta W + \frac{\partial C_i}{\partial C_{Ri}} \cdot \Delta C_{Ri} \quad \dots (8)$$

この(8)式を変形すると次式が得られる。

【0032】

【数5】

$$\Delta F_i = \frac{1}{\left(\frac{\partial C_i}{\partial F_i}\right)} \cdot \left(\frac{\partial C_i}{\partial P_i} \cdot \Delta P_i + \frac{\partial C_i}{\partial W} \cdot \Delta W + \frac{\partial C_i}{\partial C_{Ri}} \cdot \Delta C_{Ri} \right) \quad \dots (9)$$

ただし、

$$\frac{\partial C}{\partial F} : \text{ロールベンディング力Fの板クラウンに対する影響係数}$$

添字i：圧延機のスタンド番号

である。なお、

【0033】

【数6】

$$\frac{\partial C}{\partial F}$$

はロールベンディング力の板クラウンへの影響係数であって、圧延機寸法、圧延される材料（圧延スケジュール）が決まれば、計算又は実機試験にて求まる量であり、これらは別途求めて第2の設定計算器90内の図示省略の記憶装置に記憶させておく。

【0034】

以上のようにして求められたアクチュエータの設定値の修正量 X_i 又は F_i は、加算手段99を介して、アクチュエータ設定値の修正量100として出力される。

【0035】

なお、ロール替の後で最初に圧延される材料に対するアクチュエータの設定値は第1の設定計算器80によって設定されるが、2番目以降に圧延される材料に対しては、先行材の尾端部の測定値が設定値となる。

【0036】

次に、(4)式又は(5)式の板クラウン目標値偏差 C^{REF} が零でないとき、板クラウン目標値偏差判定手段96がそのことを示す信号をアクチュエータ設定値の第2の修正量計算手段98に加える。このアクチュエータ設定値の第2の修正量計算手段98は以下のようにして、板クラウン目標値偏差 C^{REF} を零にするアクチュエータの設定値の修正量を計算する。

【0037】

ここで、板クラウン目標値偏差 C^{REF} は最終スタンドの圧延機6の出側の偏差であるので、これを零にするために各スタンドの圧延機1～6の全てのアクチュエータの設定値を修正することとする。このとき、前段スタンドの板クラウンは後段スタンドに遺伝す

10

20

30

40

50

ることを考慮する必要がある。すなわち、板クラウン目標値偏差 C^{REF} と、 i スタンドの圧延機のアクチュエータの設定値の修正量 C^{CTL} との間に次式の関係が成立する。

【0038】

【数7】

$$\frac{\Delta C_i^{SUM}}{h_i} = \frac{\Delta C_6^{REF}}{h_6} \cdot \alpha_i \quad \dots (10)$$

10

$$\Delta C_i^{SUM} = \eta_i \cdot \Delta C_{i-1}^{SUM} + \Delta C_i^{CTL} \quad \dots (11)$$

$$\Delta C_6^{SUM} = \Delta C_6^{REF} \quad \dots (12)$$

ただし

C^{CTL} : 板クラウン修正量

C^{REF} : 板クラウン目標値偏差

20

h : 圧延機の出側板厚

h_6 : 最終スタンドの圧延機の出側板厚

: 遺伝係数

C_i^{SUM} : 遺伝を考慮した後の板クラウン

: 調整係数 ($0 < \quad 1.0$)

添字 i : 圧延機のスタンド番号

である。

【0039】

板クラウンの目標値偏差 C^{REF} を零にするために、(10)、(11)式を用いて各スタンドの圧延機1～6のアクチュエータの設定値に対する修正量 C_i^{CTL} 30

を決めることは、比率クラウン修正量が一定又はある割合になるため、板平坦度が悪化しない特徴を有している。

【0040】

このようにして各スタンドの圧延機1～6の板クラウン修正量 C_i^{CTL} が求めたとすれば、前述したと同様に、アクチュエータの修正量を求めるが、板クラウンの修正能力の大きいペアクロスミルのペアクロス角の修正量 X_i^{CTL} と板クラウン修正量 C_i^{CTL} との間に次式の関係がある。

【0041】

【数8】

$$\frac{\partial C_i}{\partial X_i} \cdot \Delta X_i^{CTL} = \Delta C_i^{CTL} \quad \dots (13)$$

従って

$$\Delta X_i^{CTL} = \frac{\Delta C_i^{CTL}}{\left(\frac{\partial C_i}{\partial X_i} \right)} \quad \dots (14)$$

10

(i = 1 ~ 6)

アクチュエータ設定値の第2の修正量計算手段98は、板クラウンの目標値偏差 C^{REF} が零でないとき、(10)、(11)式を用いて板クラウン修正量 C_i^{CTL} を求め、続いて、(14)式を用いてベアクロス角の修正量 X_i^{CTL} を求める。

【0042】

一方、ベアクロスミルを用いないか、あるいは、これと同様な手段を備えていないミルではロールベンディング力の修正により後行材の板クラウンと板平坦度の設定値を以下のようにして求める。この場合、ロールベンディング力の修正量 F_i^{CTL} と板クラウン修正量 C_i^{CTL} との間に次式の関係がある。

20

【0043】

【数9】

$$\frac{\partial C_i}{\partial F_i} \cdot \Delta F_i^{CTL} = \Delta C_i^{CTL} \quad \dots (15)$$

従って

30

$$\Delta F_i^{CTL} = \frac{\Delta C_i^{CTL}}{\left(\frac{\partial C_i}{\partial F_i} \right)} \quad \dots (16)$$

(i = 1 ~ 6)

かくして、板クラウン目標値偏差 C^{REF} が零でない場合には、アクチュエータ設定値の第1の修正量計算手段97で修正量を求めると共に、アクチュエータ設定値の第2の修正量計算手段98によって修正量を求め、これらの修正量を加算手段99で加算してアクチュエータ設定値の修正量100を得る。

40

【0044】

つまり、ベアクロスミルにあつては、(7)式で求めたベアクロス角の修正量 X_i と(14)式で求めたベアクロス角の修正量 X_i^{CTL} との和がアクチュエータ設定値の修正量100となる。

【0045】

そして、ベアクロスミルを用いないか、あるいは、これと同様な手段を備えていないミルでは、(9)式で求めたロールベンディング力の修正量 F_i と(16)式で求めた口

50

ールベンディング力の修正量 F_i^{CTL} との和がアクチュエータ設定値の修正量 100 となる。

【0046】

以上の説明によって明らかなように、板クラウン目標値偏差 C^{REF} が零である場合には、アクチュエータ設定値の第 1 の修正量計算手段 97 によるアクチュエータの修正量のみによる修正が行われ、板クラウン目標値偏差 C^{REF} が零でない場合には、アクチュエータ設定値の第 1 の修正量計算手段 97 で求めた修正量と、アクチュエータ設定値の第 2 の修正量計算手段 97 によって求めた修正量との和の修正量による修正が行われる。

【0047】

なお、上記の実施形態では、ペアクロスミルであればクロス角を、ペアクロスミルを用いないか、あるいは、これと同様な手段を備えていないミルではベンディング力をそれぞれ修正する場合について説明したが、ペアクロスミルであっても、ワークロールを軸方向にシフトする機能を備えておればそのシフト量を修正しても良い。

【0048】

また、CVC 4 段ミルがワークロールのシフト機能とベンディング機能の両方を備えている場合には、ベンディング機能を用いずにワークロールのシフト量を修正しても良い。

【0049】

さらに、6 段ミルあるいは CVC 6 段ミルであっても、ベンディング機能を用いずにワークロール又は中間ロールのシフト量を修正しても良い。

【0050】

一方、上記の実施形態ではタンデムに配置された 6 スタンドの連続圧延機を制御対象としたが、本発明はこれに適用を限定されるものではなく、極端な場合には単一のスタンドにも適用可能であり、さらに、複数スタンドでなる殆ど全ての連続圧延機にも適用可能である。

【0051】

さらにまた、上記実施形態では最終スタンドの出側に板クラウン計を設置した場合に、上流の各スタンドのアクチュエータの設定値を修正したが、複数のスタンドの中間に板クラウン計が設けられている場合には、少なくとも、板クラウン計よりも上流のスタンドに対して上述した修正が可能であり、さらに、板クラウン計の下流のスタンドであっても、板クラウン計の後段スタンドから最終スタンドまで同様な修正を実施することができる。

【0052】

【発明の効果】

以上の説明によって明らかなように本発明によれば、先行材に対する圧延状態の各測定値と、これらの測定値に対応する後行材に対する圧延条件の各設定計算値との偏差を計算し、先行材の圧延後に後行材を圧延するに当たり、先行材の板クラウンの目標値と後行材の板クラウンの目標値との偏差、あるいは、後行材の板クラウンの目標値と先行材の板クラウンの測定値との偏差が零であるとき、先行材に対する圧延状態の各測定値と後行材に対する圧延条件の各設定計算値との偏差に基づいて後行材に対するアクチュエータの設定値を順次に修正するので、クラウン比率遺伝係数や形状変化係数を使用せずに済み、かつ、先行材の圧延結果を後行材の圧延制御に利用することによって、後続の被圧延材の板クラウンと板平坦度を高精度に目標値に上げることができる。

【0053】

また、もう一つの発明によれば、先行材に対する圧延状態の各測定値と、これらの測定値に対応する後行材に対する圧延条件の各設定計算値との偏差を計算し、先行材の圧延後に後行材を圧延するに当たり、最終圧延機の出側における後行材の板クラウンの目標値と先行材の板クラウンの目標値との偏差、あるいは、後行材の板クラウンの目標値と先行材の板クラウンの測定値との偏差が零でないとき、この偏差に予め設定した調整係数を乗じ、さらに、最終の圧延機の出側の板厚に対する当該圧延機の出側の板厚の比で表される板厚比を乗じて当該圧延機までの板クラウンの設定値の修正量とし、この修正量から当該圧

10

20

30

40

50

延機の前段圧延機までの板クラウンの設定値の修正量に当該圧延機の遺伝係数を乗じた値を減算して当該圧延機の板クラウンの修正量とし、この板クラウンの修正量に基づいてアクチュエータの設定値を順次に修正するように構成したので、上述したと同様に、クラウン比率遺伝係数や形状変化係数を使用せずに済み、かつ、先行材の圧延結果を後行材の圧延制御に有効に利用することによって、後続の被圧延材の板クラウンと板平坦度を高精度に目標値に仕上げることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施形態の概略構成を、適用対象圧延機と併せて示したブロック図。

【図 2】図 1 に示した実施形態の主要な要素の詳細な構成を示すブロック図。

【図 3】本発明を適用する圧延機の代表的な圧延形態を説明するための説明図。

10

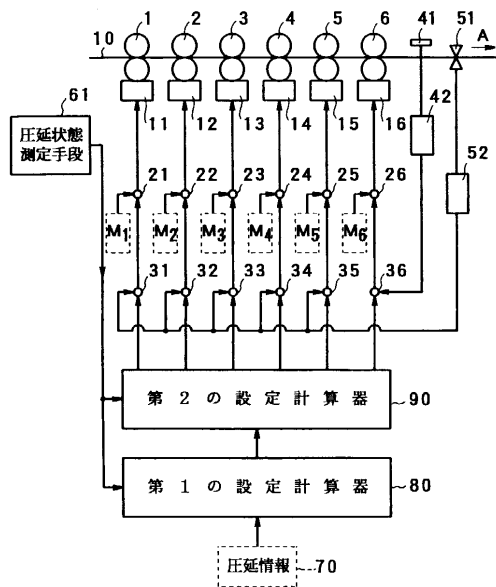
【符号の説明】

- 1 ～ 6 圧延機
- 1 1 ～ 1 6 アクチュエータ
- 2 1 ～ 2 6 , 3 1 ～ 3 6 加算器
- 4 1 板平坦度計
- 4 2 板平坦度制御装置
- 5 1 板クラウン計
- 5 2 板クラウン制御装置
- 6 1 圧延状態測定手段
- 8 0 第 1 の設定計算器
- 9 0 第 2 の設定計算器
- 9 1 ロールクラウン計算手段
- 9 2 ロールクラウン偏差計算手段
- 9 3 荷重偏差計算手段
- 9 4 板幅偏差計算手段
- 9 5 板クラウン目標値偏差計算手段
- 9 6 板クラウン目標値偏差判定手段
- 9 7 アクチュエータ設定値の第 1 の修正量計算手段
- 9 8 アクチュエータ設定値の第 2 の修正量計算手段
- 9 9 加算手段

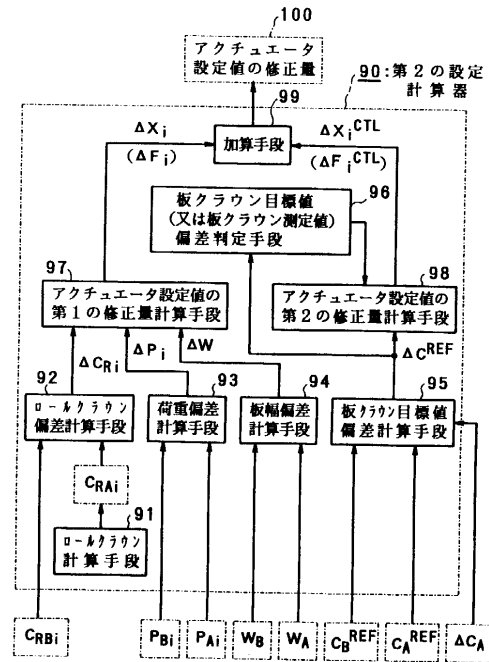
20

30

【図 1】

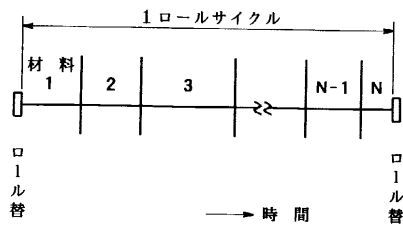


【図 2】

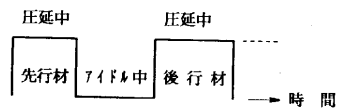


【図 3】

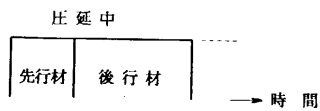
(a)



(b)



(c)



フロントページの続き

- (72)発明者 安 部 可 治
東京都府中市東芝町 1 番地 株式会社東芝 府中工場内
- (72)発明者 手 塚 知 幸
東京都府中市東芝町 1 番地 株式会社東芝 府中工場内

審査官 國方 康伸

- (56)参考文献 特開平 0 8 - 0 9 9 1 0 3 (J P , A)
特開平 0 7 - 0 2 4 5 1 2 (J P , A)
特開平 0 4 - 3 5 1 2 1 3 (J P , A)
特開平 0 7 - 0 8 8 5 1 9 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, D B 名)
B21B 37/00-37/78