

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6152835号
(P6152835)

(45) 発行日 平成29年6月28日(2017.6.28)

(24) 登録日 平成29年6月9日(2017.6.9)

(51) Int.Cl. F 1
B 2 1 B 37/40 (2006.01) B 2 1 B 37/40 A

請求項の数 6 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2014-185737 (P2014-185737)	(73) 特許権者	000001258
(22) 出願日	平成26年9月11日 (2014.9.11)		J F E スチール株式会社
(65) 公開番号	特開2016-55336 (P2016-55336A)		東京都千代田区内幸町二丁目2番3号
(43) 公開日	平成28年4月21日 (2016.4.21)	(74) 代理人	100158665
審査請求日	平成28年4月21日 (2016.4.21)		弁理士 奥井 正樹
		(74) 代理人	100127513
			弁理士 松本 悟
		(72) 発明者	山内 亮太
			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	高嶋 由紀雄
			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】 鋼帯の調質圧延設備および調質圧延方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

軸方向において互いに補完し合う S 字形状のロールプロフィールを有し、互いに逆向きに軸方向にシフトさせることができる上下一対のワークロールを備える 2 段式調質圧延機と調質圧延される鋼帯の板クラウンを調質圧延前に測定する板クラウン測定手段と該測定した板クラウンを含む鋼帯の圧延情報に基づいて、該ワークロールが形成するメカニカルクラウンが前記測定した板クラウンと等価となるワークロールのシフト位置を算出するシフト位置算出手段とを備える鋼帯の調質圧延設備。

【請求項 2】

前記板クラウン測定手段が調質圧延前の圧延工程における最終圧延機出側と巻取機の間

10

に設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の調質圧延設備。

【請求項 3】

前記板クラウン測定手段が調質圧延機のコイルの払い出し手段と調質圧延機の入側との間に設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の調質圧延設備。

【請求項 4】

前記 S 字形状のロールプロフィールが下記の 3 次関数で規定されたことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の鋼帯の調質圧延設備。

$$y = c_1 + c_2^2 + c_3^3$$

ここで、 r : ロール半径、 L : 調質圧延機の CL (センターライン) からの距離、 $c_1 \sim c_3$: 定数。

20

【請求項 5】

軸方向において互いに補完し合う S 字形のロールプロフィールを有し、互いに逆向きに軸方向にシフトさせることができる上下一対のワークロールを備える 2 段式調質圧延機により鋼帯を調質圧延する方法であって、調質圧延前に鋼帯の板クラウンを測定し、該測定した板クラウンを含む鋼帯の圧延情報に基づいて、該ワークロールが形成するメカニカルクラウンが前記測定した板クラウンと等価となるワークロールのシフト位置を算出し、該位置にワークロールをシフトして調質圧延することを特徴とする鋼帯の調質圧延方法。

【請求項 6】

前記 S 字形のロールプロフィールが下記の 3 次関数で規定されたことを特徴とする請求項 5 に記載の鋼帯の調質圧延方法。

$$y = c_1 + c_2 r^2 + c_3 r^3$$

ここで、 r : ロール半径、 y : 調質圧延機の CL (センターライン) からの距離、 $c_1 \sim c_3$: 定数。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、鋼帯の調質圧延設備および調質圧延方法に関する。

【背景技術】

20

【0002】

鋼帯の調質圧延は、熱間圧延において矩形断面スラブから熱延黒皮コイルを製造した後、あるいはさらに冷間圧延した後、形状を矯正して平坦化するとともに、各鋼種・使用用途に応じた目標伸び率を付与することで降伏点伸び、引張強さ、伸びなどの機械的性質を調整することを目的としている。

【0003】

圧延後の鋼帯を平坦化し、目標とする伸び率を付与するには、鋼帯の寸法、強度等に応じた調質圧延条件を設定しなければならない。そして、通常、鋼帯はコイル状に巻かれているので、コイル毎に調質圧延条件が設定されることになる。調質圧延機には、ワークロールベンダーを有する四段式圧延機や中間ロールシフト機能を有する六段式圧延機を適用

30

することが一般的である。一方、熱間仕上圧延等では、四段式圧延機でワークロールを軸方向にシフトさせることで、ロール磨耗分散や形状を制御する技術が知られている。

【0004】

特許文献 1 では、熱延仕上工程におけるワークロールシフト位置の決定方法について、遺伝アルゴリズムを用いた方法が開示されている。また、特許文献 2 では、冷間圧延におけるエッジドロップ抑制のためのシフト位置決定方法が開示されている。

特許文献 1 では、熱延仕上圧延において予め決定している圧延順に基づいて、サーマルクラウンやロール磨耗を予測して、シフト位置を予測しているが、計算や予測値からシフト位置を決定しているため、予測が外れた場合には、適正なシフト位置が得られないという課題がある。

40

特許文献 2 では、圧延材のクラウンおよびウェッジを測定した上で、その結果を基にシフト位置を決定するという技術であるため、双方の測定結果が必要になるという課題がある。

【0005】

近年、中伸びや耳伸びなどのない形状のよい鋼帯が求められており、調質圧延後の鋼帯に対しても、平坦度の要求が厳しくなっている。

しかし、上記に示したような従来の技術では、適正なワークロールのシフト位置が得られないことから、調質圧延によって満足すべき形状のよい鋼帯を得ることができなかった。またそうでないとしても、4 段圧延機や 6 段圧延機などの補修やメンテナンスが煩雑な

50

手段や方法を使用するものであった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2004-148380号公報

【特許文献2】特開2004-249295号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

そこで、本発明は、従来のような複雑な手段や方法を採用することなく、目標とする伸び率を付与することができるのみならず、形状のよい鋼帯を得ることができる調質圧延設備および調質圧延方法を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記の課題を解決するために、本発明は、以下の手段を採用する。

[1] 軸方向において互いに補完し合うS字形状のロールプロフィールを有し、互いに逆向きに軸方向にシフトさせることができる上下一対のワークロールを備える2段式調質圧延機と調質圧延される鋼帯の板クラウンを調質圧延前に測定する板クラウン測定手段と該測定した板クラウンを含む鋼帯の圧延情報に基づいて、該ワークロールが形成するメカニカルクラウンが前記測定した板クラウンと等価となるワークロールのシフト位置を算出するシフト位置算出手段とを備える鋼帯の調質圧延設備。

20

[2] 前記板クラウン測定手段が調質圧延前の圧延工程における最終圧延機出側と巻取機の間設けられていることを特徴とする[1]に記載の調質圧延設備。

[3] 前記板クラウン測定手段が調質圧延機のコイルの払い出し手段と調質圧延機の入側との間に設けられていることを特徴とする[1]に記載の調質圧延設備。

[4] 前記S字形状のロールプロフィールが下記の3次関数で規定されたことを特徴とする[1]～[3]のいずれかに記載の鋼帯の調質圧延設備。

$$y = c_1 + c_2 x^2 + c_3 x^3$$

ここで、 r ：ロール半径、 x ：調質圧延機のCL（センターライン）からの距離、 $c_1 \sim c_3$ ：定数。

30

[5] 軸方向において互いに補完し合うS字形状のロールプロフィールを有し、互いに逆向きに軸方向にシフトさせることができる上下一対のワークロールを備える2段式調質圧延機により鋼帯を調質圧延する方法であって、調質圧延前に鋼帯の板クラウンを測定し、該測定した板クラウンを含む鋼帯の圧延情報に基づいて、該ワークロールが形成するメカニカルクラウンが前記測定した板クラウンと等価となるワークロールのシフト位置を算出し、該位置にワークロールをシフトして調質圧延することを特徴とする鋼帯の調質圧延方法。

[6] 前記S字形状のロールプロフィールが下記の3次関数で規定されたことを特徴とする[5]に記載の鋼帯の調質圧延方法。

$$y = c_1 + c_2 x^2 + c_3 x^3$$

ここで、 r ：ロール半径、 x ：調質圧延機のCL（センターライン）からの距離、 $c_1 \sim c_3$ ：定数。

40

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、鋼帯を調質圧延する前に、鋼帯の板クラウンを測定して、この板クラウンを取り込んだ圧延情報に基づき、S字形状のロールプロフィールを有し、互いに逆向きに軸方向にシフトさせるワークロールを用いた2段式圧延機により調質圧延を行うことにより、調質圧延後の鋼帯は、目標どおりの伸び率を付与できるとともに、平坦な形状の良好なものとなることができる。

【図面の簡単な説明】

50

【0010】

【図1】2段式調質圧延機による圧延を模式的に示す図である。

【図2】S字形状のプロファイルを有するワークロールが組み込まれた2段式調質圧延機を模式的に示す正面図である。

【図3】板クラウンを説明する図である。

【図4】S字形状のプロファイルを有するワークロールのロールシフト位置とロールギャップの関係を示した図である。

【図5】ワークロールのシフト位置の決定について、本発明の実施フローを示した図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0011】

最初に調質圧延について説明する。

図1は、本発明での2段式調質圧延機により、鋼帯1が上下1対のワークロール2により調質圧延されている状態を模式的に示している。ここでは、図面の左から右の方向に圧延が行われる。なお、3はハウジングである。この図には示していないが、通常、ワークロールの入側にコイルの払い出し手段であるペイオフリール、ワークロールの出側にテンションリールが配置されており、コイル状にペイオフリールに巻かれた鋼帯1が払い出されて、ワークロールのギャップに供給され調質圧延され、ワークロールの出側で調質圧延後の鋼帯はテンションリールに巻き取られる。この圧延時には鋼帯には張力が付与される。

20

【0012】

また、図2に、本発明の2段式調質圧延機に組み込まれたワークロールの形状（ロールプロフィール）を示した。この上下のワークロールの各々はS字形状のロールプロフィールを有しており、軸方向において互いに補完し合うS字形状のロールプロフィールを有し、ワークロールを互いに逆向きに軸方向に移動（シフト）させることにより、ロールギャップを調整できるものである。4は軸受箱、5はシフト装置、6はスピンドル、7は駆動系をそれぞれ示す。

このように本発明での調質圧延機は2段式であり、従来のバックアップロールを有する4段圧延機、さらに中間ロールを有する6段圧延機に比べて、ロール本数が少なく、またロールベンダーなどのクラウン制御手段を必要としないから、メンテナンスや補修が煩雑ではない。

30

【0013】

本発明では、上記のロールを組み込んだ調質圧延機で鋼帯を調質圧延するが、調質圧延する前に、鋼帯の板クラウンを測定して板クラウンの値を求めておき、この板クラウンの値と他の圧延情報に基づいて、調質圧延でのワークロールのシフト位置を決定する。

【0014】

板クラウンとは鋼帯の幅中央板厚と鋼帯の側端部より一定距離だけ内側に入った位置での板厚との差である（図3参照）。一定距離とは、50mm～200mm程度の距離である。

板クラウンは鋼帯の長手方向で複数箇所において測定することが好ましく、その複数箇所測定した結果を平均した値を当該鋼帯の代表板クラウン値とすることができる。あるいは、鋼帯先端から何点目かの箇所で測定した板クラウンの値を当該鋼帯の代表板クラウン値としてもよい。

40

【0015】

調質圧延が施される鋼帯は、通常、調質圧延前に熱間や冷間の仕上圧延工程で圧延されて鋼帯に成形され、次いで巻取機に巻き取られてコイル状にされている。

板クラウンの測定は、この仕上圧延工程での最終仕上圧延機の出側と巻取機の間で行うことができる。または、すでに記載したように、調質圧延設備列には巻き取ったコイルを払い出し手段（ペイオフリール）が配置されているのが一般的であり、払い出し後、調質圧延前に調質圧延機の入側で測定することも可能である。

50

測定方法は、レーザー光線や線等を用いた非接触式の測定装置を用いることが好ましいが、可能であれば触針で板を上下で挟んで測定する接触式でもよい。

【0016】

次に、本発明の2段式調質圧延機のワークロールのシフト位置の計算方法について説明する。

本発明の2段式調質圧延機は、軸方向において互いに補完し合うS形状のロールプロフィールを有し、互いに逆向きに軸方向に移動させることによりロールギャップを調整することができる上下対のワークロールを備えている。

この上下ロールのプロフィールは、例えば、下記の式(1)、(2)に示す三次関数で規定されるプロフィールとすることができる。

$$\text{上ロール: } y_u = c_1 + c_2 x^2 + c_3 x^3 \cdots (1)$$

$$\text{下ロール: } y_l = c_1 - c_2 x^2 + c_3 x^3 \cdots (2)$$

ここで、 r はロール半径であり、 x は圧延機(ミル)のCL(センターライン)からの距離(ロール軸方向位置)を示す。また $c_1 \sim c_3$ は定数を示す。なお、 u は上ロール、 l は下ロールを示す。

【0017】

ワークロールのシフト位置は、上下ロールが互いに逆方向にシフトして圧延機の正面からの視点で、点対称となるようにシフトする。例えば、シフト量が s の場合は、式(1)の x に $x + s$ を、式(2)の x に $x - s$ を代入する。無負荷時のロールギャップは、式(1)と式(2)の差となるため、展開して差を計算すると、

$$y_u - y_l = (2c_2 - 6c_3 s) x^2 - (2c_1 - 2c_2 s^2 + 2c_3 s^3) \cdots (3)$$

となり、第2項は x に依存しない値であり、幅方向のロールギャップ差には影響しないため、実際のロールギャップ g は、

$$g = (2c_2 - 6c_3 s) x^2 \cdots (4)$$

となり、無負荷時のロールギャップはシフト位置 s によって決定される二次関数となる。

【0018】

図4(a)、(b)は上下ワークロールを軸方向に互いに逆方向シフトさせた時のロール軸方向位置とロールプロフィール(ロールギャップ)の関係を示したものである。

下ロールが座標の正の方向へシフトする方向をプラスシフト、負の方向へシフトする方向をマイナスシフトとする定義すると、図4(a)は、ワークロールが軸方向に下ロール + 30 mm、上ロールが - 30 mm のシフト状態にあるときのロールプロフィールを示し、図4(b)は、下ロール - 30 mm、上ロールが + 30 mm のシフト状態であるときのロールプロフィールを示している。

【0019】

シフト位置は、メカニカルクラウンと板クラウンが等価となるように決定する。ここで、メカニカルクラウンとは、圧延により生じるロールのたわみとロール扁平およびイニシャルロールクラウンの和から算出することができるワークロールのクラウンのことであり、具体的には、圧延時にロールが被圧延材から受ける荷重が板幅方向に均一分布となることを仮定して、ロールのたわみと扁平を計算し、それにイニシャルロールクラウンを足したものである。

【0020】

それぞれのコイル(鋼帯)には、強度や板厚・幅に応じて調質圧延における目標伸び率範囲が設定されており、それらの情報を基に適切な圧延荷重が計算される。計算された圧

10

20

30

40

50

延荷重を基にロールのたわみとロール扁平を算出することができる。

【0021】

以下、ワークロールのシフト位置を算出するシフト位置算出手段9において実行される、ワークロールのシフト位置の決定方法について、図5のフローに従って説明する。

<ステップ1>

(フラットロールのメカニカルクラウンの計算)

ステップ1では、被圧延材(鋼帯)の鋼種、板厚、板幅、調質圧延での目標伸び率および圧延荷重等が含まれるコイル情報に基づいて、ワークロールがイニシャルクラウンを付与していないフラットロール(平坦なロール)からなる2段式圧延機で圧延した場合のメカニカルクラウンを計算する。

10

【0022】

<ステップ2>

(メカニカルクラウンと板クラウンの比較)

ステップ2では、ステップ1で得られたメカニカルクラウンとコイル情報に含まれる鋼帯の調質圧延前の板クラウンとを比較する。

板クラウンは、調質圧延が施される前に、板クラウン測定手段8の測定により、被圧延材の板幅中央部の板厚と、側端部から例えば150mm内側に入った位置での板厚との差から求めておく。他方、鋼帯(被圧延材)の幅中央とフラットロールの幅中央部を同一線上とし、ロールプロフィールにおける板幅中央部と板側端部から150mm内側に入った位置での板厚さから求めた板クラウン(メカニカルクラウン)とを比較する。

20

【0023】

<ステップ3>

(適切なイニシャルワークロールクラウンの算出)

ステップ2での結果を基に、この差をゼロにするために適正なフラットロールでのイニシャルロールクラウンを求める。

【0024】

<ステップ4>

(適正なシフト位置の決定)

ステップ3で求められた適正なフラットロールのイニシャルクラウンが求めると下記の式(5)により適正なシフト位置を算出することができる。

30

例えば、板クラウンを板幅中央部の板厚と側端部から150mm内側に入った位置での板厚との差として、板クラウンを $C r_{150}$ 、フラットロールのメカニカル板クラウンを $C r m f$ 、被圧延材の幅を W とすると、以下の式(5)が成立する。

$$C r m f \left(\frac{W}{2} - 150 \right) - C r_{150} - g \left(\frac{W}{2} - 150 \right) = 0 \quad \dots (5)$$

式(5)を満たす g を算出することで、本発明の調質圧延機に組み込まれたワークロール、すなわち、方向において互いに補完し合うS字形状のロールプロフィールを有し、互いに逆向きに軸方向に移動させることによりロールギャップを調整することができる上下一対のワークロールの適正なシフト位置を決定することができる。

40

このシフト位置でのロールプロフィールが形成するメカニカルクラウンと板クラウンは等価である。

【0025】

ステップ1~4から分かるように、本発明では、調質圧延が施される鋼帯の板クラウンを調質圧延前に実測し、この板クラウンを考慮して、メカニカルクラウンが測定した板クラウンと等価になるように、シフト位置を決定し、いわば板クラウンを温存しつつ調質圧延を行っているから、圧延中に形状が損なわれることなく、調質圧延後にきわめて形状のよい鋼帯を得ることができる。

【0026】

50

板クラウン情報が代表値 1 点のみの場合、このようにして計算されたワークロールシフト位置情報は、当該被圧延コイルの圧延前にワークロール軸のシフト装置に入力され、そのシフト位置にワークロールがセットアップされた後に圧延を行う。各コイル間において、コイルの先端部と他のコイルの後端部を順次溶接して連続的に調質圧延する場合は、当該被圧延コイルの調質圧延中に次コイルの鋼帯についてのシフト位置を計算しておき、溶接点近傍が調質圧延機を通過する際に、上下ワークロールを解放してロールをシフトする。

【 0 0 2 7 】

被圧延材（鋼帯）の各コイルを払い出し手段から 1 コイルずつ払い出して、調質圧延を施した後に、巻き取りを行う設備では、当該被圧延コイルの圧延後、次コイルの先端が噛み込み前にロールをシフトする。当該コイルの鋼帯と次コイルの鋼帯でのシフト位置の差が非常に小さい場合は、シフト装置のロールシフト位置停止精度に応じて、次コイル圧延前にはシフト無しで圧延する場合もある。

10

【 0 0 2 8 】

また、被圧延材の板クラウン情報が長手方向に複数点測定できる場合は、まず、第 1 点目の測定結果に合わせてシフト位置をセットアップして調質圧延を開始し、第 2 点目の測定以降でその値に変動がある際には測定箇所近傍が調質圧延機を通過するタイミングで、圧延をしながらロールをシフトさせることで、鋼帯の長手方向での板クラウン変動に応じた適正なメカニカルクラウンの状態に調質圧延を施すことが可能である。

【 0 0 2 9 】

本発明での、実測した板クラウンの情報に基づいて、ワークロールの軸方向へのシフト位置を算出する方法は、4 段式調質圧延機や六段式調質圧延機のワークロールのシフト位置の決定にも適用できる。

20

【 実施例 】

【 0 0 3 0 】

本発明の実施例として、軸方向において互いに補完し合う S 字形状のロールプロフィールを有し、互いに逆向きに軸方向に移動することができる上下一対のワークロールが組み込まれた 2 段式調質圧延機で調質圧延を実施した（図 2 参照）。

2 段調質圧延機の入側には、調質圧延が施される鋼帯を供給するペイオフリールが、また同出側には調質圧延された鋼帯を巻き取るテンションリールがそれぞれ配置され、圧延機とペイオフリール間には圧延機入側の該金属ストリップに張力を付与する手段が配置されている（図示せず）。

30

【 0 0 3 1 】

調質圧延の対象とした鋼帯の材質、寸法等やワークロールの寸法等および調質圧延の圧延条件は以下のとおりである。

【 0 0 3 2 】

< 鋼帯 >

材質：低炭素鋼、降伏応力：270MPa、

板厚：3.2mm、板幅：1200mm、板長さ：650m

（調質圧延前の鋼帯の）板クラウン：20μm

40

なお、板クラウンは、鋼帯の幅中央板厚と鋼帯の側端部より 150mm だけ内側に入った位置での板厚との差を鋼帯長手方向に等間隔で 20 点求めその平均の値を採用した。

【 0 0 3 3 】

< ワークロール（WR）の寸法、プロフィール >

WR の胴長：1800mm

WR の最大直径：830.40mm

WR の最小直径：829.75mm

（WR のプロフィールは以下の 3 次関数で表されるものである。）

$$\text{上ロール： } y_u = c_1 + c_2^2 + c_3^3$$

$$\text{下ロール： } y_l = c_1 - c_2^2 + c_3^3$$

50

$$c_1 = 6.86 \times 10^{-10}, c_2 = 123 \times 10^{-7}, c_3 = -4.92 \times 10^{-4}$$

【0034】

< 調質圧延の条件 >

目標伸び率 0.4 %、

圧延荷重 : 340 tonf、

入側張力 : 20 ton、出側張力 : 22 ton

【0035】

調質圧延前の鋼帯の板クラウンの値 (20 μm) と圧延荷重 (340 tonf) 等から前述のステップ 1 ~ 4 にしたがい、メカニカルクラウンがこの板クラウンと等価になるワークロールのシフト位置を算出すると、上ロール - 12 mm、下ロール + 12 mmであった。

10

以上の条件で、ワークロールを互いに逆向きに (上ロール - 12 mm、下ロール + 12 mm) 軸方向に移動させて、上記の鋼帯を調質圧延したところ、伸び率は 0.41 % であり、また、調質圧延後の形状は急峻度 - 0.08 % であった。このように本実施例では、目標伸び率 0.4 % を達成し、急峻度は絶対値で 0.1 % 以下であって、極めて小さく、良好な形状の鋼帯に圧延することができた。

【0036】

なお、急峻度とは、鋼帯の長手方向に発生する波状の形態から算出される値であり、波高を h 、ピッチ (波長) を p としたとき、 $(h/p) \times 100$ (%) で定義されるものである。急峻度の値が小さいほど平坦度が良好であるといえる。

20

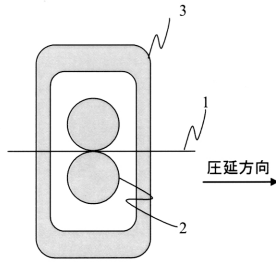
【符号の説明】

【0037】

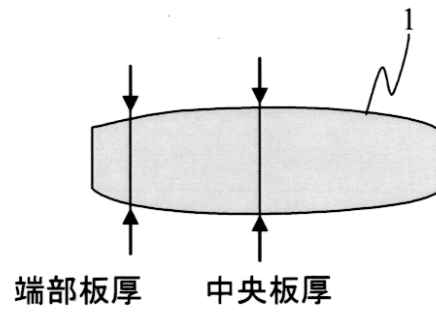
- 1 : 鋼帯
- 2 : ワークロール
- 3 : ハウジング
- 4 : 軸受箱
- 5 : シフト装置
- 6 : スピンドル
- 7 : 駆動系
- 8 : 板クラウン測定手段
- 9 : シフト位置算出手段

30

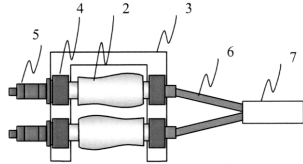
【図1】



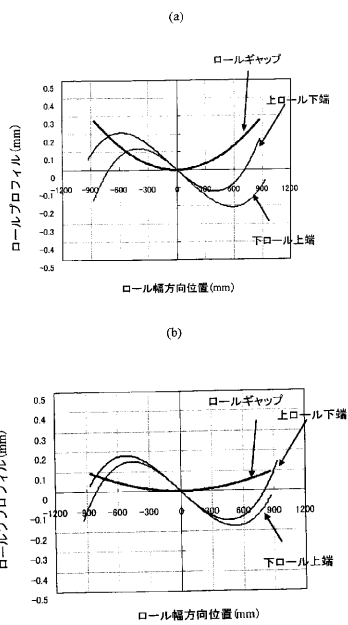
【図3】



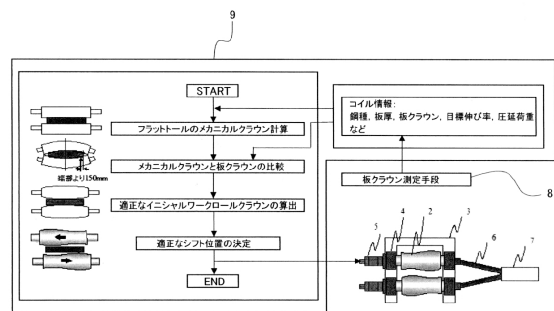
【図2】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

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

審査官 坂本 薫昭

(56)参考文献 特開平10-005837(JP,A)
特開平07-148512(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B21B 37/40