

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5013730号
(P5013730)

(45) 発行日 平成24年8月29日(2012.8.29)

(24) 登録日 平成24年6月15日(2012.6.15)

(51) Int.Cl. F I
G O 1 B 11/06 (2006.01) G O 1 B 11/06 I O 1 Z

請求項の数 2 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2006-90570 (P2006-90570)	(73) 特許権者	000001258
(22) 出願日	平成18年3月29日 (2006.3.29)		J F E スチール株式会社
(65) 公開番号	特開2007-263819 (P2007-263819A)		東京都千代田区内幸町二丁目2番3号
(43) 公開日	平成19年10月11日 (2007.10.11)	(73) 特許権者	000200345
審査請求日	平成21年1月21日 (2009.1.21)		J F E 電制株式会社
			東京都港区芝大門一丁目9番9号
		(74) 代理人	100085198
			弁理士 小林 久夫
		(74) 代理人	100098604
			弁理士 安島 清
		(74) 代理人	100061273
			弁理士 佐々木 宗治
		(74) 代理人	100070563
			弁理士 大村 昇

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 厚さ計測方法及び厚さ計測装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

対向して配置されたレーザ距離計により、一定間隔に配置された搬送ロールにより構成される搬送ライン上を搬送される計測対象物の厚さを計測する厚さ計測方法において、

搬送される計測対象物の下面又は上面までの距離を一定搬送距離間隔で、前記搬送ライン下側又は上側に設置された前記レーザ距離計により計測してその計測値を記録し、

該記録された計測値から計測対象物の先端部又は尾端部及び定常部に対応する計測値をそれぞれ求め、

前記定常部の計測値と前記先端部又は尾端部の計測値との差に基づいて前記先端部又は尾端部の計測位置の通過時の反り、垂れ又は撓み形状を推定し、その推定結果に基づいて計測位置における計測対象物の角度を推定することにより厚さ計測値を補正し、計測対象物の厚さを計測することを特徴とする厚さ計測方法。

【請求項2】

搬送ライン上を搬送される計測対象物をはさんで、該計測対象物の表裏面の位置を計測するレーザ距離計と、

搬送される計測対象物の下面又は上面までの距離を一定搬送距離間隔で、前記搬送ライン下側又は上側に設置された前記レーザ距離計により計測してその計測値を記録し、該記録された計測値から計測対象物の先端部又は尾端部及び定常部に対応する計測値をそれぞれ求め、前記定常部の計測値と前記先端部又は尾端部の計測値との差に基づいて前記先端部又は尾端部の計測位置の通過時の反り、垂れ又は撓み形状を推定し、その推定結果に基

づいて計測位置における計測対象物の角度を推定することにより厚さ計測値を補正し、計測対象物の厚さを計測する信号処理装置とを備えたことを特徴とする厚さ計測装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、搬送ライン上を搬送される計測対象物を挟んで、対向して配置された複数のレーザ距離計により構成される搬送される計測対象物の厚さを計測する厚さ計（寸法計）による厚さ計測方法及び厚さ計測装置に関するものであり、特に、厚鋼板や薄鋼板などの精整ラインや検査ライン等の搬送ライン上を搬送される鋼板等の計測対象物の板厚を計測する際の搬送、計測される計測対象物（鋼板）の反り、垂れ、撓みにより発生する厚さの斜め計測による誤差を推定・補正し、正確な計測対象物の厚さを計測する技術に関する。

10

【背景技術】

【0002】

厚板、薄板ラインにおいては、連続して通板される鋼板の寸法（板厚）を連続して計測し、板厚の保証を行う必要がある。従来、線透過方式の板厚計が適用されている。この線方式板厚計は、放射線源から対象鋼板に対して線を投射し、透過する線を検出器により検出し、対象鋼板を透過する際の線減衰量を計測する事により、対象鋼板の板厚の算出、計測を行うものであり、線の減衰量を計測するものである事から対象鋼板の性状、線源及び検出器との位置関係等によらず、高精度、安定した板厚計測が可能である。しかし、透過線の変化を計測する為の線検出器の応答性が悪く、対象鋼板がライン上を搬送される場合（移動する場合）には、鋼板の先尾端部等に不感帯が発生する。また、定常部に関しても、応答性の悪さから鋼板の細かい板厚変化を計測する事が困難である。

20

【0003】

これに対して、計測応答性の高いレーザ距離計を適用し、高応答性での板厚計測を可能とするレーザ方式板厚計が実用化されている。また、その改良技術として、被測定対象物の振動や測定位置のずれによる厚さ測定誤差を低減するために、上下のレーザ光源を同時にパルス放射させる装置も提案されている（例えば、特許文献1など）。

【特許文献1】特開平6-66525号公報

【発明の開示】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

レーザ方式厚さ計は上下に対向して設置されたレーザ距離計により計測対象物の上下面までの距離を計測し、上下距離計の間の距離と計測距離から計測対象物の厚さを計測する。使用されるレーザ距離計は、三角測量の原理を利用したもので、レーザ光を計測対象物対象表面に投光し、表面での乱反射光を光学系（レンズ＋CCDセンサ）により斜め方向から検出することにより対象面までの距離を高精度、高応答性で計測する。レーザ距離計を用いた厚さ計では、上下距離計から対象表面までの距離を計測し、上下距離計間の間隔と計測距離から計測対象物の厚さを算出する。この時、計測対象物の表面が距離計の距離計測方向に対して垂直な面であれば（計測すべき厚さ方向と距離計の距離計測方向が一致していれば）、正確な厚さ計測が可能であるが、計測対象物が傾斜している場合には、傾斜角に応じた斜め計測誤差が発生する。

40

【0005】

たとえば、搬送ライン上を搬送される鋼板を計測対象物とする厚さ計測では、鋼板を常に水平に保持出来れば、斜め計測誤差は発生しないが、図1に示されるように、実際の計測においては鋼板は、等間隔に配置されたロール、エプロン等により構成される搬送ライン上を移動しており、特に先端部及び尾端部においては、鋼板応力による反りや、自重による撓み（垂れ）が発生し、斜め計測による誤差が発生する。

【0006】

ここで、鋼板の厚さを t 、鋼板の反り、撓み（垂れ）による変位角度を θ とすると、計

50

測される板厚 t' は次式で表され、角度によっては大きな誤差が発生する。

$$t' = t / \cos \theta$$

また、レーザ距離計は計測対象物対象表面上のポイント（レーザ投光点）までの距離を計測しているのみであり、計測対象物表面の傾斜の有無は判別できないため、これまでのレーザ方式厚さ計では板の傾斜による斜め計測誤差を補正する事は出来なかった。

【0007】

本発明は、上記のような問題点を解決するためになされたものであり、レーザ方式厚さ計による計測対象物の厚さ計測において、斜め計測誤差を補正し正確な厚さ計測を行うことを可能にした厚さ計測方法及び厚さ計測装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明に係る厚さ計測方法は、対向して配置されたレーザ距離計により、一定間隔に配置された搬送ロールにより構成される搬送ライン上を搬送される計測対象物の厚さを計測する厚さ計測方法において、搬送される計測対象物の下面又は上面までの距離を一定搬送距離間隔で、前記搬送ライン下側又は上側に設置された前記レーザ距離計により計測してその計測値を記録し、該記録された計測値から計測対象物の先端部又は尾端部及び定常部に対応する計測値をそれぞれ求め、前記定常部の計測値と前記先端部又は尾端部の計測値との差に基づいて前記先端部又は尾端部の計測位置の通過時の反り、垂れ又は撓み形状を推定し、その推定結果に基づいて計測位置における計測対象物の角度を推定することにより厚さ計測値を補正し、計測対象物の厚さを計測する。

また、本発明に係る厚さ計測装置は、搬送ライン上を搬送される計測対象物をはさんで、該計測対象物の表裏面の位置を計測するレーザ距離計と、搬送される計測対象物の下面又は上面までの距離を一定搬送距離間隔で、前記レーザ距離計により計測してその計測値を記録し、該記録された計測値から計測対象物の先端部又は尾端部及び定常部に対応する計測値をそれぞれ求め、前記定常部の計測値と前記先端部又は尾端部の計測値との差に基づいて前記先端部又は尾端部の計測位置の通過時の反り、垂れ又は撓み形状を推定し、その推定結果に基づいて計測位置における計測対象物の角度を推定することにより厚さ計測値を補正し、計測対象物の厚さを計測する信号処理装置とを備えたものである。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、対向して配置されたレーザ距離計により搬送ライン上を搬送される計測対象物の厚さを計測する厚さ計測方法において、対象となる計測対象物の反り、垂れ又は撓み形状を推定し、それによる厚さの斜め計測誤差を補正することが可能となり、正確な厚さを計測することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

実施形態1.

本発明の実施形態1による厚さ計測方法では、対向して配置されたレーザ距離計により、搬送ライン上を搬送される鋼板の厚さを計測する板厚計測方法について説明する。ここで、対象鋼板等の通過位置は搬送ラインの搬送機構により一定であり、対象鋼板等の推定（目標）板厚も既知であるという前提のもとで、鋼板の推定板厚からの偏差を計測することを目的としている。このとき、搬送ラインの上側または下側のレーザ距離計の計測距離は、ほぼ一定であり、下側の距離計の場合は距離計から搬送機構により決まる鋼板下面までの距離、上側距離計の場合には距離計から鋼板上面までの距離（搬送機構により決まる鋼板下面位置までの距離から鋼板の推定厚を差し引いた距離）となる。鋼板の搬送（移動）に伴い計測位置が変化すると、鋼板の厚み変動により上下の各距離計の計測値は変動し、各距離計の計測値と上下距離計間の距離から対象鋼板の板厚が算出される。

【0014】

ここで、各距離計の計測距離における鋼板の板厚変動による変化は通常は非常に小さい（板厚の変動は数 + ~ 数百 μm ）が、鋼板に反り、垂れ等の変形部分がある場合には、鋼

10

20

30

40

50

板の上下面は搬送機構により決まる位置（パスライン）に対してズレた位置を通過し各距離計による計測距離は大きく変化する（板変形による通過位置の変動はmm単位）ため、距離計の計測距離から鋼板上面又は下面の通過位置を算出する事が可能となる。

【0015】

ここで、一定間隔に配置された搬送ロールにより鋼板を搬送するライン上の鋼板の板厚をロール間に設置されたレーザ距離計により構成される板厚計により計測する場合には、鋼板自体に歪、変形が無い場合でも、先尾端部に関しては、ロール間を通過する際に自重により先尾端部の垂れが発生し、鋼板の上下面は通常の通過位置に対して変位する。

【0016】

図2は鋼板の斜め計測誤差の補正方法を説明する図である。本実施形態1による厚さ計測方法では、図2に示されるように板端部の変形（垂れ）の始点をロールとの接触位置と仮定（鋼板が始点位置で屈曲していると仮定）し、始点位置と板厚計計測位置との間距離をLとし、板厚計計測位置における鋼板上面又は下面の通常通過位置に対する変位dをレーザ距離計の計測距離から算出することにより、次式で表される板厚計計測位置における鋼板の傾斜角度を算出する。

$$= \tan^{-1} (d / L)$$

【0017】

本実施形態1による厚さ計測方法では、鋼板の板厚をT、板厚計により計測された板厚計測値をtとし、算出した計測位置における鋼板の角度を用いて、板厚計による板厚計測値tから鋼板の垂れによる斜め計測の誤差を補正し、次式で表される鋼板の板厚を算出する。

$$T = \cos (\quad) \cdot t$$

【0018】

以上のように本実施形態1においては、レーザ距離計により計測される計測対象物の下面又は上面までの距離と、搬送ライン上のパスライン位置との差から、計測対象物の下面又は上面のパスラインからの変位量を算出することにより計測対象物の反り、撓み又は垂れ量を推定し、その推定結果に基づいて厚さ計測値の補正を行うようにしたので、計測対象物の反り、垂れ、撓みによる計測対象物厚さの斜め計測誤差を補正することが可能となり、正確な厚さを計測することができる。

【0019】

実施形態2.

本発明の実施形態2による厚さ計測方法でも、実施形態1と同様に搬送ライン上を搬送される鋼板を計測対象物とする板厚計測方法を例に説明する。図3は鋼板の斜め計測誤差の他の補正方法を説明する図である。図3に示されるように、鋼板がロールとの接触位置を始点とした屈曲形状ではなく、任意の円弧状に変形していると仮定した場合には、前記の方法では板厚計計測位置における鋼板の角度を算出できない。本実施形態2による板厚計測方法では次のような処理を行う。

(1) まず、予め鋼板の搬送に伴い板厚計を構成するレーザ距離計により鋼板の上下面までの計測距離を一定間隔（一定時間間隔又は一定鋼板長間隔）で計測し、データを記録する。

(2) 次に、記録された一定間隔毎の計測距離データの変化に対して近似曲線の計算或いは、平滑化（移動平均処理等）を行う事により、計測距離変化の全体プロファイルを求める。算出されたプロファイルは鋼板の変形に対応している。したがって、本実施形態2においては、図3のプロファイルから定常部（2個の搬送ロールにより支持されている部分）の計測値と、先端部又は尾端部の計測値とを識別し（例えば移動距離又は時間に応じて識別する）、両者を識別した後に、定常部（2個の搬送ロールにより支持されている部分）の計測値と、先端部又は尾端部の計測値との差を求めることにより、先端部又は尾端部の計測位置の通過時の反り、垂れ又は撓み形状を推定する。そして、その推定結果に基づいて計測位置における鋼板の角度を推定することにより板厚計測値を補正し、鋼板の板表面に鉛直な方向の板厚を計測する。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 0 】

なお、上記の例では鋼板の上下面までの計測距離を求める例について説明したが、板厚（目標板厚）が判っているので下部又は上部の距離計の計測データによっても同様の補正を行う事が出来る。

【 0 0 2 1 】

以上のように本実施形態 2 においては、搬送される計測対象物の下面又は上面までの距離を一定搬送距離間隔で、レーザ距離計によって計測してその計測値を記録し、その記録された計測値から計測対象物の先端部又は尾端部及び定常部に対応する計測値をそれぞれ求め、前記定常部の計測値と前記先端部又は尾端部の計測値との差に基づいて先端部又は尾端部の計測位置の通過時の反り、垂れ又は撓み形状を推定し、その推定結果に基づいて計測位置における計測対象物の角度を推定することにより計測対象物厚さ計測値を補正するようにしたので、計測対象物の反り、垂れ又は撓みによる厚さの斜め計測誤差を補正することが可能となり、正確な厚さを計測することができる。

10

【実施例】

【 0 0 2 2 】

図 4 は本発明の実施例を示した図である。図において、1 a , 1 b はレーザ距離計、2 は C フレーム、3 は信号処理装置、4 は搬送ロール、5 は P L G (パルス発生器)、6 は計測対象物である鋼板、7 は上位計算機を示す。レーザ距離計 1 a , 1 b は C フレーム 2 の上下に対向して設置され、相対的な位置、距離が変動しないように固定され C フレーム 2 ごと移動する。レーザ距離計 1 a , 1 b の出力は信号処理装置 3 に入力され、信号処理装置 3 において板厚算出処理を行う。信号処理装置 3 には搬送ロール 4 に取付けられた P L G 5 の出力も入力している。C フレーム 2 は上下の対向したレーザ距離計 1 a , 1 b の間に、搬送ライン上の鋼板 6 が来るように移動し、信号処理装置 3 において各レーザ距離計 1 a , 1 b の計測距離と距離計間の距離から鋼板 6 の板厚を算出し、搬送ラインの P L G 5 からの入力をカウントし、鋼板 6 の搬送長さを算出する。

20

【 0 0 2 3 】

信号処理装置 3 では上位計算機 7 から鋼板の板厚（目標 / 仕様板厚）情報を受信し、計測した鋼板板厚の目標板厚からの偏差を計算し、上位計算機 7 に計測実績として伝送する。上位計算機 7 では板厚計測実績から板厚（偏差）が製品公差範囲に入っているかの判定を行い、鋼板の合否判定を行う。

30

【 0 0 2 4 】

本実施例において、信号処理装置 3 では鋼板 6 が搬送されレーザ距離計 1 a , 1 b の板厚計測位置に鋼板先端部が挿入された時点を鋼板の端面として、板厚計測とライン P L G 5 の出力のカウントを開始し、一定時間間隔或いは一定距離間隔（P L G カウント）ごとに板厚計測を行う。板厚の算出は次式により行う。

$$t = L 0 - L 1 - L 2$$

L 0 : 上下距離計間の距離

L 1 : 上部距離計計測値

L 2 : 下部距離計計測値

t : 板厚

40

【 0 0 2 5 】

本実施例においては、先端部及び尾端部の予め設定された範囲に関しては、反り、垂れ撓み形状の補正計測処理を行う。本実施例において搬送ロール間隔を 1 m とし、板厚計の計測位置が搬送ロールの中間位置の場合、補正範囲は鋼板端部から 5 0 0 ~ 6 0 0 m m 程度にしている。（鋼板端部が計測位置を通過後 6 0 0 m m 以上では計測位置の後半は両側の搬送ロール上に反り、垂れ、撓み形状が殆ど発生しないと仮定）。

【 0 0 2 6 】

また、本実施例では、信号処理装置 3 において下部距離計 1 b に関して、計測距離データの基準距離からの偏差を計算する。ここで、基準距離は下部距離計 1 b からパスライン（搬送ロールの頂点を結ぶ直線）までの距離であり、搬送される鋼板が平面であれば、

50

パスラインと鋼板下面位置は一致する。下部距離計 1 b の計測距離データと基準距離（パスライン）間に偏差がある場合には、鋼板に反り、垂れ、撓み形状が発生している。信号処理装置 3 では板端部から一定距離間隔で下部距離計 1 b による計測距離と基準距離の偏差の変化を計算し、鋼板の反り、垂れ、撓み形状に伴う鋼板の傾斜角度を次式により算出する。

$$= \tan^{-1} (d / L)$$

：鋼板傾斜角度

$d = L_2 - L_{u0}$: 距離偏差

L_{u0} : 距離計～パスライン距離

L_2 : 下部距離計測距離

L : 計測位置前方のロール～板厚計測位置までの距離（本実施例では 500 mm）

10

【0027】

次に、各計測位置における板厚計測値を次式により補正する。

$$T = \cos (\quad) \cdot t$$

t : 板厚計測値

T : 補正板厚

【0028】

また、本発明の他の実施例では、先端部及び尾端部の予め設定された範囲に関して、信号処理装置 3 において下部距離計の計測距離と基準距離（パスライン）からの偏差を一旦すべて記憶する。信号処理装置 3 では記憶された一連の偏差データから近似曲線を算出し、計測位置における鋼板角度を近似曲線から算出し、その近似曲線から鋼板の反り、垂れ、撓み形状に伴う鋼板の傾斜角度を算出し、その傾斜角度により板厚計測値の補正を行う。

20

【0029】

なお、上記の実施例では、下部距離計の計測距離データによる補正を行ったが、板厚（目標板厚）が判っているので上部距離計の計測データによっても同様の補正を行う事が出来る。上部距離計 1 a の計測距離データを用いる場合には、基準距離は上部距離計からパスラインまでの距離から板厚を差し引いた値となる。基準距離から差し引く板厚は目標板厚となるため実際の板厚との差が発生するが、板厚の目標板厚からの偏差が小さければ誤差は無視することが可能となる。また、上部距離計 1 a 及び下部距離計 1 b の距離計計測データと基準距離からの偏差データの両者を使用し、角度算出精度を向上させることも可能である。

30

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図 1】レーザ方式板厚計による板厚計測時の斜め計測誤差を説明する図。

【図 2】鋼板の斜め計測誤差の補正方法を説明する図。

【図 3】鋼板の斜め計測誤差の他の補正方法を説明する図。

【図 4】本発明の実施例を示す図。

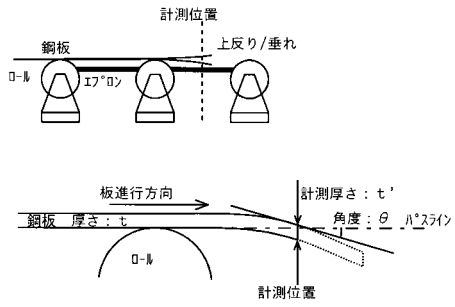
【符号の説明】

【0031】

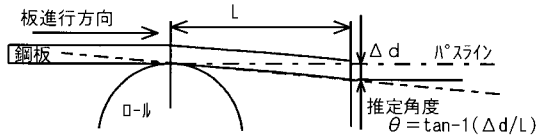
1 a , 1 b レーザ距離計、 2 C フレーム、 3 信号処理装置、 4 搬送ロール、 6 鋼板、 7 上位計算機。

40

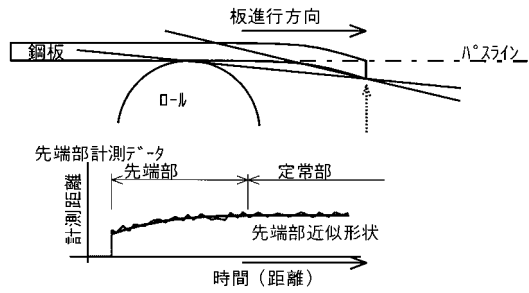
【図1】



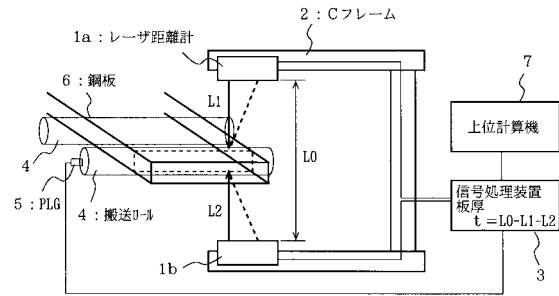
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(74)代理人 100087620

弁理士 高梨 範夫

(72)発明者 手塚 浩一

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

(72)発明者 福 高 善己

兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号 JFE電制株式会社内

審査官 須中 栄治

(56)参考文献 特開2003-227707(JP,A)

特開平11-023231(JP,A)

特開2002-202108(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B11/00-11/30

G01B21/00-21/32

G01B17/00-17/08