

© 1984 ISIJ

厚板精整ヤードにおける自動採寸装置の開発

技術報告

中里 英夫*・川田 豊*・今田 紘*
早川 初男*²・岸田 治良*²

Development of Plate Sizing Apparatus for Plate Finishing Yard

Hideo NAKAZATO, Yutaka KAWATA, Hiroshi IMADA,
Hatsuo HAYAKAWA and Haruyoshi KISHIDA

Synopsis:

Plate sizing apparatus was developed and installed in the hot plate shop at Kakogawa Works of Kobe Steel Ltd. in March, 1981.

The apparatus consists of five parts: ① a fixed measuring deck, ② a movable measuring deck, ③ a spray marker, ④ controllers, and ⑤ an operation room. It was designed to be semi-automatic system in order to increase flexibility. The system was simply composed, making effective use of laser markers and television cameras.

Its functions are as follows:

- (1) Determination of the cutting position of a plate, after checking the front shape.
- (2) Marking a cutting line at the position automatically.
- (3) Measuring the width and the effective length of the plate.

Adoption of digital position controller and rack-pinion mechanism have realized high measuring accuracy, that is ± 3 mm in width, and ± 30 mm in length.

This apparatus has been contributing to saving man-power and releasing workers from manual works under high temperature environment.

1. 緒 言

一般に厚板工場の生産体制は、受注生産のため、処理する製品の寸法は多岐にわたっている。そのため精整ヤードにおける採寸作業は複雑であり、自動化されるのが遅れていた。当社加古川製鉄所の場合も同様で、製品情報の鋼板への記入や鋼板の切断などの他の作業は自動化されているが、採寸作業だけが手作業で残されていた。

一方、住友金属工業(株)のPSG(和歌山製鉄所)¹⁾などのように採寸作業を自動化した例もあるが、このような全自動化システムの場合、この採寸作業の下工程も含めた総合的な自動化を行わないとメリットがでにくいことおよび次節の設計方針で述べるように開発期間の長期化が考えられたため、当社加古川製鉄所への適用は断念した。

当社における従来の採寸作業では、テーブル上に停止した鋼板上で、2名のオペレータが竹尺を使って板幅および板長さを測定し、切断位置にチョークでけがき線を入れていた。さらに冷却床の監視と運転に1名常駐し、採寸作業には、計3名のオペレータが必要であった。そ

こで、(1)冷却床の運転と採寸作業を統合してオペレータを1名に減らすこと、および(2)max 500°Cにも達することもある鋼板上での作業からオペレータを解放することを目的として、厚板採寸装置の開発に着手した。

本報告では、厚板採寸装置の(1)設計仕様とその方針、(2)構成と機能、および(3)測定精度の評価について述べる。

2. 設計仕様とその方針

採寸装置の開発にあたり、従来の処理時間、測定精度を維持し、省力化・自動化することを目的として設計仕様を決めた。その結果、Table 1に示すように測定範囲

Table 1. Specifications.

(1) Accuracy	
width	± 3 mm
length	± 30 mm
(2) Measuring time	< 2 min
(3) Plate size	
thickness	4.5~40 mm
width	900~4 650 mm
length	5 500~42 000 mm
(4) Plate temperature	R. T. ~500°C

昭和 58 年 4 月本会講演大会にて発表 昭和 58 年 11 月 14 日受付 (Received Nov. 14, 1983)

* (株)神戸製鋼所浅田研究所 (Asada Research Laboratory, Kobe Steel, Ltd., 53-3 Aza-Maruyama Gomo Nada-ku 657)

*² (株)神戸製鋼所加古川製鉄所 (Kakogawa Works, Kobe Steel, Ltd.)

は、板幅で max 4650 mm, 板長さで max 42000 mm と広範囲であり、かつ、この測定範囲に対して 0.1% 以上の高精度が要求された。そこで、測定範囲をカバーするために、測定装置をラックピニオン機構を用いて機械的に移動させ、かつ、高精度を達成するためにロータリエンコーダで位置を検出することにした。

また、現状考えられる全作業を自動化することは、以下の理由により困難であることがわかった。たとえば、製品仕様に従って圧延された鋼板が、寸法不良となつた場合、鋼板の長さが製品長より不足することがある。このような時、オペレータの判断で、鋼板先端部から採取するテストピース用母板の幅を短くしたり、シャワーのかわりに、押さえ代の不要なガスで鋼板を切断する。これらの処置がとれない場合には、他の製品と振り替える。このような、歩留りを上げるためのオペレータの判断をすべて自動化するには、現実には起こり得る種々のケースを記憶させ、状況に応じた判断をさせる機能が必要になる。その結果として、計測および制御装置が大がかりになり、開発期間が長期化することが予想された。

一方、当社厚板工場の精整ヤードでは、冷却床の監視と鋼板の搬送運転のため、2名の採寸作業要員以外にオペレータが1名常駐していた。そこで、採寸作業を自動化することにより、冷却床の監視運転作業と採寸作業を

統合し、オペレータを1名だけ残すことにした。以上のような観点から、採寸装置には、このオペレータの判断を介入させるシステムを採用し、装置の信頼性の向上、開発期間の短縮、および開発コストの節減を図ることにした。

3. 厚板採寸装置の構成と各部の機能

開発した厚板採寸装置の全景を Fig. 1 および Photo. 1 に示す。本装置は、①計測架台、②採寸台車、③マーキング台車、④制御装置、および⑤運転室から構成される。

以下に、その各部の機能を述べる。

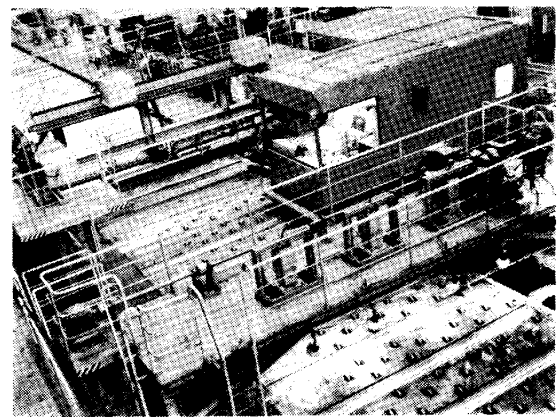
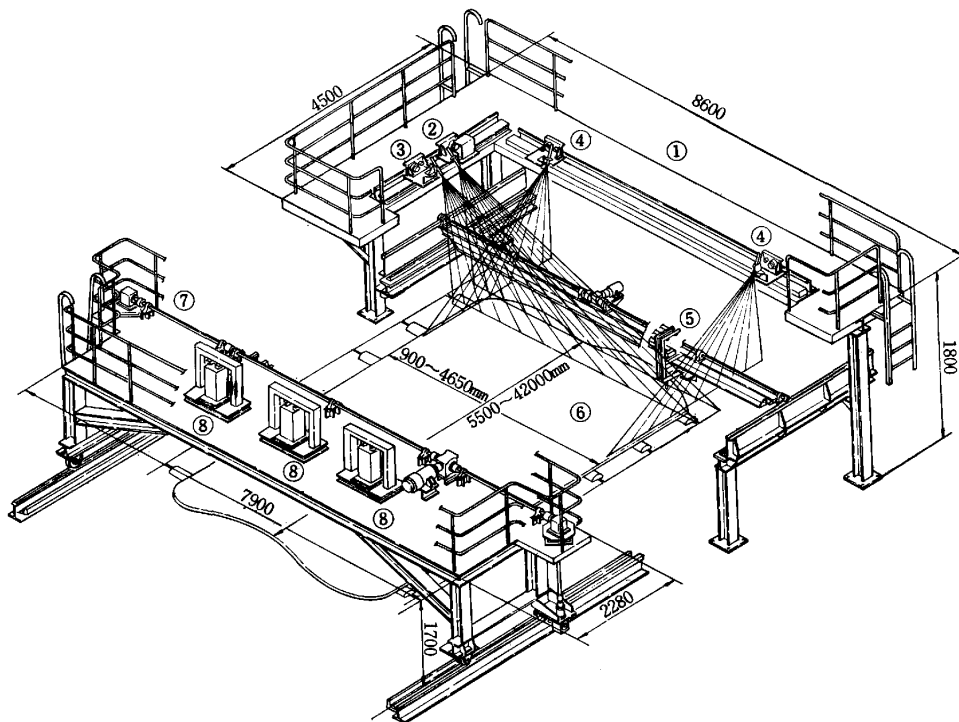


Photo. 1. Plate sizing apparatus.



- ① Measuring deck ② Laser marker ③ Laser marker ④ Laser marker
⑤ Spray marker ⑥ Steel plate ⑦ Movable measuring deck ⑧ ITV camera

Fig. 1. Profile of plate sizing apparatus.

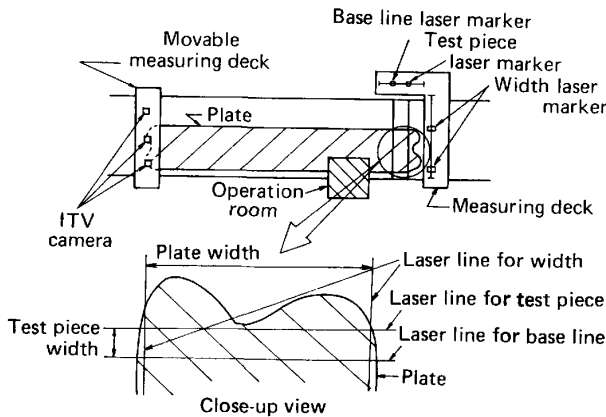


Fig. 2. Observation of front of plate.

3.1 計測架台

Fig. 1 に示すように、鋼板先端部の上方に設置された計測架台には、②～④で示す4台のレーザマーカが搭載されている。これらのレーザマーカは、Fig. 2 で示すような光線を、鋼板上に投射し、板幅やテストピース用母板の幅を示す。従つて、板幅の測定精度向上のためには、線幅が細く、かつ見やすいことが要求される。そこで、指向性が高く、比較的寿命の長いレーザを使用し、シリンドリカルレンズと組み合わせて、線状の光像をつくり出すことにした。光源には、出力 5 mW で寿命が 1 万 h 以上の HeNe レーザを使用した。レーザ光線は、シリンドリカルレンズで 60° に広げられ鋼板上に約 5 m の線状の光像を投射する。この光像の線幅は約 3 mm である。

このレーザを搭載した自走式の台車であるレーザマーカは、ピッチ 9.42 mm のラック上をピニオンで駆動され、プロコンから伝送される製品データによつて位置決めされる。Fig. 1 の④で示す2台のレーザマーカは、製品板幅に相当する間隔で停止し、板幅の両端位置を示す。③で示す基準レーザマーカは鋼板の切断位置を示す。また、テストピース用母板の幅は、②と③のレーザマーカにより示される。これらのレーザマーカの位置決めは、処理時間を短縮するために、鋼板を搬送している間に行う。

オペレータは、運転室から目視で鋼板前端部とこれらのレーザラインを観測し、板幅の過不足の判断やテストピース用母板の幅を考慮して、基準レーザマーカを移動させて、切断位置に停止させる。

これらのレーザマーカのピニオンには、1回転 600 パルスのロータリエンコーダが接続され、その位置検出分解能は 0.35 mm である。このパルスが、後述のデジタル位置決め装置で 1 mm/pulse に変換され、マイコンにより位置管理をしている。さらに各レーザマーカとも原

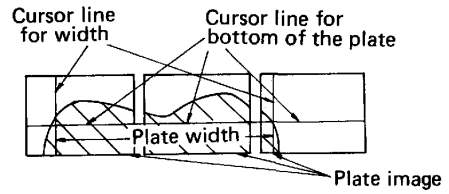


Fig. 3. Display of bottom part of plate.

点復帰機能を持ち、原点位置でカウンタをクリアし、位置較正をする機能を持っている。

3.2 採寸台車

前述のように、鋼板先端部は運転室より直接目視で観測できるが、鋼板が長いために後端部は目視観測できない。そこで、3台の ITV カメラを搭載した採寸台車と呼ばれる移動式の台車で後端部を観測できるようにした。

この採寸台車はラックピニオン機構で駆動される門形の自走式の台車である。採寸台車は、プロコンから伝送される製品長に応じて鋼板の後端部に位置決めされ、ITV カメラで撮映した映像を運転室内に設置した CRT モニタに伝送する。このモニタ画面上は、Fig. 3 で示すようなカーソル線が鋼板像に重ねて表示されている。カーソル線は、計測架台のレーザマーカと同等の働きをするもので、板幅を指示する2本の幅カーソル線と、鋼板後端部指示用カーソル線の計3本がある。このうち幅カーソル線は、プロコンからの板幅データにより、板幅間隔にプリセットされている。

オペレータは、幅カーソル線を利用して板幅の過不足と板形状を確認し、後端指示用カーソル線を寸動させて製品後端位置を指示する。

採寸台車下部は、鋼板からの輻射熱にさらされるため、断熱材を入れた防熱構造とした。さらに、台車上の ITV カメラは、ケースの窓部に、赤外線カットフィルタと熱線吸収フィルタを組み合わせて輻射熱をさえぎるとともに、ケースに圧縮空気を利用した断熱膨張によるクーラをつけ温度上昇を 50°C 以下におさえた。この ITV カメラには、焦点距離 12.5 mm, F=1.4 のレンズを使用し、3台の総合視野として 1.2 m × 4.8 m を確保している。また各カメラ間は、視野で約 150 mm オーバラップさせて、カメラ画面端部の歪みの大きい部分を使用しないように考慮した。

採寸台車には、ピッチ 18.85 mm のラックを使用し、ピニオンには、1回転 100 パルスのロータリエンコーダが接続されている。その位置検出の分解能は 5.1 mm である。また、スパン内には、15 m と 30 m の2カ所に位置較正点を持ち、採寸台車がその点を通過すると

に、位置を自動的に較正し、誤差の蓄積を防いでいる。

3.3 マーキング台車

マーキング台車は、計測架台の下部に設置され、スプレー式のマーキング装置を搭載したラックピニオン機構で駆動される自走式の台車である。

マーキング台車は、オペレータの指示により、基準レーザーマーカで示された位置へ自動的に位置決めされ、鋼板上にけがき線を引く機能を持っている。

マーキング台車には、ピッチ 12.57 mm のラックを使用し、ピニオンには、1回転 600 パルスのロータリエンコーダが接続されている。その位置検出分解能は、0.42 mm である。

マーキング台車は、作業が終了するごとに、自動的に原点に復帰し、位置が較正され、位置精度の維持がなされている。

3.4 制御装置

制御装置は、Fig. 4 に示すように、①マイコン、②インタフェース回路、③デジタル位置決め装置、④リレーセンサ回路、および⑤操作デスクと CRT モニタから構成される。Table 2 に示すように、ここで使用したマイコンは、パナファコム社製の 16 bit の CPU で、32 kW のコアメモリを有している。

オペレータは、操作デスクと CRT モニタを通じて採寸装置の操作を行う。

制御装置の主な機能を以下に示す。

(1) プロコンから製品寸法に関するデータを受け取り、レーザーマーカ、採寸台車、CRT モニタ上のカーソル線の位置決めを行う。

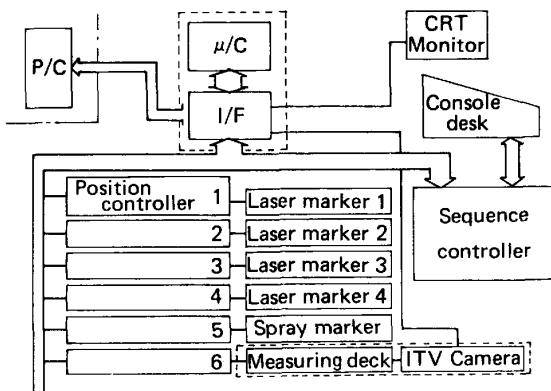


Fig. 4. Block diagram of control system.

Table 2. Specifications of micro computer.

1. CPU	L-16 A made by Panafacom
2. Memory	core memory 32 kW (1 W=2 byte)
3. Number of user interrupt	9
4. Number of input	14 ch × 16 bit
5. Number of output	19 ch × 16 bit
6. Program size	main 6 kW
	utility 4 kW

123456	18300	18620	320
123457			
	シレイ	ケッカ	サ
マエノバ	3000	3001	1
ウシロノバ	2800	2798	- 2
TPナガサ	300	300	0
ダイシャイチ	27320	27400	
ユウコウナガサ	27320	27420	100

Fig. 5. Example of data display.

(2) 基準レーザーマーカ、採寸台車、およびカーソル線の位置を読みとつて製品の最大長さである有効長を演算して求める。

(3) 鋼板の幅、長さなどの製品データおよび測定結果を表し、Fig. 5 に示すように CRT モニタ上に表示する。

(4) 上記結果により、マーキング台車を鋼板切断位置に自動的に位置決めする。

さらに、

(5) 上位計算機であるプロコンが故障の時には、製品データを手動設定して本装置単独で、採寸作業が行える。

3.5 採寸運転室

採寸運転室は、鋼板先端部の形状と板の全長にわたる曲がり、目視観測できるように、ローラテーブル上に張り出して設置されている。

採寸運転室には、①操作デスク、②鋼板の後端部観測用 CRT モニタ、③製品データや、測定結果表示用の CRT モニタ、および④冷却床の監視用 CRT モニタと冷却床運転装置が設置されている。

4. 測定精度の評価

本採寸装置による鋼板先端部板幅と有効長の測定精度について述べる。

先端部板幅の測定は、2台の幅レーザーマーカを用い、板幅の両端を指示することで行う。Fig. 6 に示すように、幅レーザーマーカの原点は、ローラテーブルの両端位置にある。この原点間距離を W_0 、幅レーザーマーカの原点からの距離を、それぞれ l_1, l_2 とすると、板幅 W は

$$W = W_0 - l_1 - l_2 \dots\dots\dots (1)$$

で与えられる。

また、有効長を測定する場合は、鋼板の先端位置を基準レーザーマーカで示し、後端部位置をモニタ上のカーソル線を用いて示す。Fig. 6 に示すように、基準レーザーマーカ、採寸台車、カーソル線のそれぞれの原点からの距

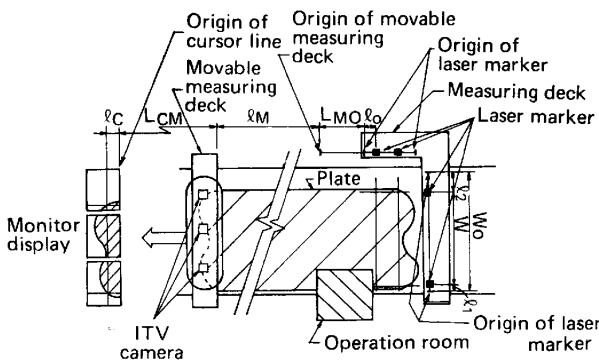


Fig. 6. Principle of measuring.

離を l_0 , l_M , l_C とし、採寸台車と基準レーザーマーカの原点間距離を L_{MO} 、カーソル線と採寸台車の原点間距離を L_{CM} とすると指示された有効長 L は、

$$L = (l_0 + l_M + l_C) + (L_{MO} + L_{CM}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

与えられる。

(1)式、(2)式において、 l_1 , l_2 , l_0 , l_M , l_C は、それぞれの駆動系の位置検出精度に依存している。それぞれの誤差の標準偏差を σ_1 , σ_2 , σ_0 , σ_M , σ_C とすると、 σ_1 , σ_2 , σ_0 はレーザーマーカの位置検出器の誤差である 1mm, σ_M は採寸台車の位置検出器の誤差である 5.1 mm であり、 σ_C は、カーソル線設定の誤差である 5.2 mm となる。

他の誤差要因としては、温度上昇によるラックなどの伸びが考えられる。輻射熱の影響を防ぐため、レーザーマーカは鋼板直上にならないように設置し、採寸台車の場合、ラックをテーブル横に設置している。このため、温度変動は、季節要因を主に考え、約 40°C と推定できる。その結果として、幅 max 4 600 mm に対して伸び σ_{sw} が 2 mm, 長さ max 42 000 mm に対して伸び σ_{sl} が 18 mm となる。

その他の誤差要因として、レーザービームが 3 mm の

線幅を持つため、読み取り精度 σ_l として 1 mm 程度の誤差が存在する。また、カーソル線については、レンズ歪みやカメラ自身の歪みがあるため、その誤差 σ_d としては、最悪の場合で 15 mm 程度存在すると推定される。

以上から、総合的な誤差を考える。板幅についての誤差を σ_w 、板長さについての誤差を σ_L とすると、

$$\sigma_w = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_{sw}^2 + \sigma_l^2 + \sigma_d^2}$$

$$= 2.8 \text{ mm}$$

$$\sigma_L = \sqrt{\sigma_0^2 + \sigma_M^2 + \sigma_C^2 + \sigma_{sl}^2 + \sigma_d^2}$$

$$= 24.6 \text{ mm}$$

となり、Table 1 で示す仕様が満足されている。

一方、採寸装置下に鋼板を停止させ、その鋼板上に一定間隔で、けがき線を引き、そのけがき線の間隔を測定した。その結果、測定精度が上記誤差範囲内にはいつていることを確認した。

5. 結 言

加古川製鉄所厚板工場精整ヤードにおける採寸作業の省力化と作業環境の改善を目的として、厚板採寸装置の開発を行った。

本装置は、鋼板先端部の位置決めに、オペレータの判断を介入することで、装置の簡素化と融通性の向上を図った。一方、6種類の駆動系は、それぞれデジタル位置決め装置とラックピニオン機構を用いて制御し、さらに自動較正機能を並用して、板幅 max 4 650 mm に対して ± 3 mm, 板長さ max 42 000 mm に対して ± 30 mm の精度を実現した。

本装置は、1981年3月末、現場設置後試運転をへて、順調に稼働している。

文 献

- 1) 萩原康彦, 久保多貞夫, 八柳 博, 川畑友明: 鉄と鋼, 67 (1981), p. 2426