
阪神製造所条鋼新精製設備の概要

An Outline of New Finishing Yard for Parallel Flange Beam at Hanshin Works,
Kawasaki Steel Corp.

上野 利夫(Toshio Ueno) 松室 知視(Tomomi Matsumuro) 前山 公夫(Kimio
Maeyama) 分田 実(Minoru Waketa) 安田 健二郎(Kenjiro Yasuda) 田中 茂
(Shigeru Tanaka)

要旨：

葺合地区の条鋼精設備は、(1) 騒音対策、(2) 省力、(3) 能力増の三つの目的で 1977 年 3 月にリプレースを完了した。(1) については 10dB の騒音低下、(2) については 38 名の省力、(3) については 33000t/month から 45000t/month への能力アップを実現した。本報では建設に際しての基本構想、設備の概要について報告する。

Synopsis：

The expansion and modernization of the final process for the parallel flange beam was finished in March, 1977, aimed at a decrease of noise, labor-saving and an increase of production capacity. As a result, the noise-cutting of some 10dB, the labor-saving of 46 workers and the increase of production capacity from 33000 to 45000 t/month were successfully achieved. This report describes basic idea and engineering in planning the new finishing yard, and the main specifications of the newly employed equipment which mainly contributed to realizing the above improvements.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

阪神製造所条鋼新精整設備の概要

An Outline of New Finishing Yard for Parallel Flange Beam
at Hanshin Works, Kawasaki Steel Corp.

上 野 利 夫*
Toshio Ueno

松 室 知 視**
Tomomi Matsumuro

前 山 公 夫***
Kimio Maeyama

分 田 実****
Minoru Waketa

安 田 健二朗*****
Kenjiro Yasuda

田 中 茂*****
Shigeru Tanaka

Synopsis:

The expansion and modernization of the final process for the parallel flange beam was finished in March, 1977, aimed at a decrease of noise, labor-saving and an increase of production capacity.

As a result, the noise-cutting of some 10dB, the labor-saving of 46 workers and the increase of production capacity from 33 000 to 45 000 t/month were successfully achieved.

This report describes basic idea and engineering in planning the new finishing yard, and the main specifications of the newly employed equipment which mainly contributed to realizing the above improvements.

1. 緒 言

当社阪神製造所葦合地区のH形鋼製造設備は昭和36年10月に完成し現在に至っている。その間幾度かの改善活動により生産量も当初の15 000t/monthから33 000t/monthと飛躍的な増大をみたが、近年特に精整工程における設備の老朽化、作業環境の悪化、合理化の遅れが目立ってきた。これらの問題点改善のため昭和51年2月から新精整工場の建設を実施し、同年11月に一部未完のまま営業生産を開始し、昭和52年3月末に全設備の完成をみた。

本報では新精整工場建設に際しての基本構想、設備の概要、稼動後の状況について報告する。

2. 基本構想

2-1 改造の目的

精整工場改造の目的は以下のように列挙できる。

(1) 作業環境の改善

精整工程は材料の搬送、転回の繰返しであり材料の摺動、衝突により発生する騒音レベルはときには100～120ホンにも達し、作業者の健康管理上大きな問題となっていた。またマーキングなどの単純作業の存在、材料ストックテーブルでの組合せ、結束作業の不安定性などにも改善の必要があった。

(2) 省力化

* 阪神製造所副所長
*** 阪神製造所企画部企画開発室主査(課長待遇)
***** 千葉製鉄所設備部生浜整備課掛長
〔昭和54年10月1日原稿受付〕

** 阪神製造所葦合製造部条鋼課課長
**** 阪神製造所設計部電気・計測課掛長
***** 阪神製造所企画部企画開発室主査(掛長待遇)

旧設備は老朽化が著しく、レイアウト、スペース上の制約から設備の自動化が困難であり、検査、マーキング、仕分け、組合せ、結束などの諸作業は人海戦術に頼っていた。レイアウトの全面変更と自動化機器の導入により約30%の要員省力(約1直分)を行うことを目標とした。

(3) 能力増強

さしあたって能力増強は改造の絶対必要条件ではないが、改造する以上は将来の需要増に対応できる能力にしておくのが得策である。能力増への対処は加熱→圧延→精整→出荷の各工程においてそれぞれ改造を必要としたが、精整工程以外は比較的小改造で対処可能であった。建設が具体化した時点ですでに市況も悪化していたおりでもあり、精整工程以外の能力増のための改造工事は一時見合わせることに決定された。精整工程の改造は作業環境の改善という大きなテーマをかかえているため予定どおり実行し、その能力は将来の一貫した工程の能力増に見合ったものに設定した。

2.2 改造の条件

改造にあたっては、隣接するヤードを活用して、原則として長期間の圧延休止を要することなく、リブレースすることが大前提であった。今回の改造で特に考慮を払った主な制約条件は以下のとおりである。

- (1) 隣設建家の30×200mと限定されたスペースに2000tの製品置場と仕掛品処理場を含めたレイアウトとする。
- (2) 既設設備の有効活用をはかるためホットソーおよびその付帯設備は現状どおりとする。したがって鋸断後の材料取込み位置は変更しない。
- (3) 新設設備と既設稼働中の設備との結合のためのミル停止は10日以内とする。

2.3 処理能力

現状の圧延能力は圧延全長の延長、ユニバーサルミルのパス回数減少などの対策で能力増の可能性はある。能力をブルーム処理本数でみると圧延ピッチが最小となるのはH125×125圧延時で、現状60本/h、将来65.5本/hである。

精整工程での最小処理ピッチはホットソーでの最大鋸断分割数が8本/ブルーム取りであるから、

$$\frac{3600}{65.5 \times 8} = 6.87 \text{ s/本}$$

となるが、余裕をみて6.75s/本を精整工程の標準サイクルタイムとして設備設計の基準とした。この値は同業他工場では類のない高能率のものであり、すでに述べたスペース上の制約とあいまって今回の改造における難題であった。

2.4 仕掛品処理

仕掛品処理(プレスによる矯正、コールドソーによる切替え、グラインダによる手入れなど)は一般的には一括してライン外に払い出し、オフラインで層別後処理し別途製品置場へ搬送する。

しかし今回の改造では仕掛品発生量が平均85本/班、ピーク時250本/班という値から矯正、切替え、手入れなどの作業を併行して行うまでもなく順次作業で十分処理可能であるとの結論からオンライン処理を前提とした。すなわち各種処理ごとに層別して仕掛品をストックできるように仕掛品ストックテーブルをラインに直結し、処理済材料を製品搬送ラインに途中から合流させるレイアウトとした。

3. 設備仕様

3.1 処理材料

精整工程で扱うH形鋼の断面寸法および成品長さは以下のとおりである。

断面寸法

広幅系列：100×100, 125×125, 150×150,
175×175,
4"×4"

中幅系列：150×100, 200×150
6"×4", 8"×6½", 8"×5¼"

細幅系列：100×50, 125×60, 150×75, 175
×90, 200×100, 250×125
8"×4", 10"×4", 12"×4"

成品長さ：6～25m

13mまで：0.1m刻み

13mを超えるもの：1m刻み

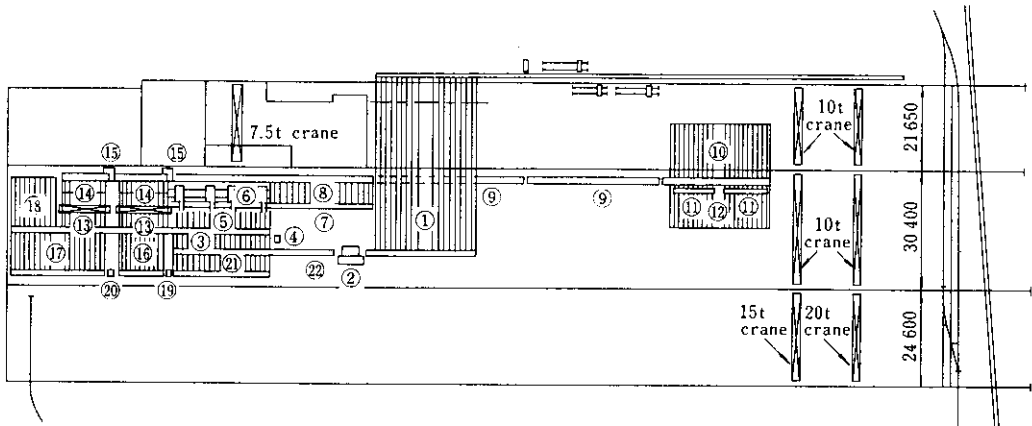
3・2 レイアウト

新旧精整工場のレイアウトを Fig. 1, Fig. 2 に示す。新精整工場レイアウト中の一点鎖線部が既設設備との結合位置である。

新工場のレイアウトは既設設備との結合の関係で新ヤードへの材料進入口が決められており建家スパン、長さも与えられているという条件で高能

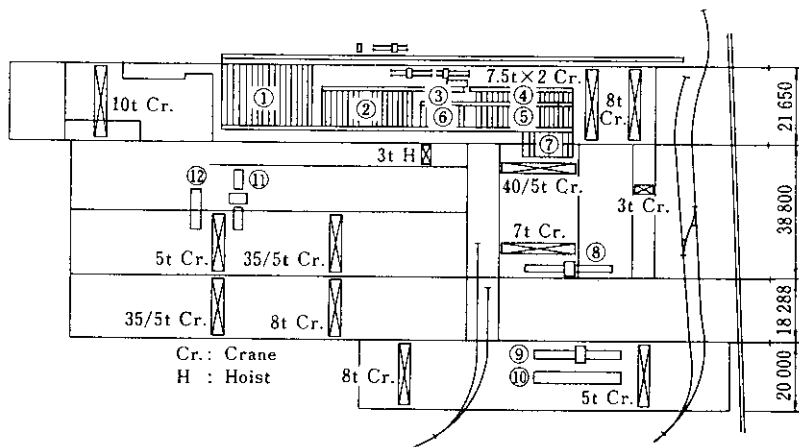
率(6.75s/サイクル)のレイアウトを工夫する困難さがあった。新工場のレイアウトの特徴は、

- (1) 立体交叉を取入れてスペースの有効利用をはかった、
- (2) 乱尺材の処理面積を仕分装置の開発により極小に押えた、
- (3) 仕掛品処理をオンライン化した、
- (4) 材料の縦方向搬送にスラットチェーンコン



- ① Cooling bed ② Roller straightener ③ Inspection bed ④ Automatic labeling machine ⑤ Piling table for constant length product ⑥ Automatic binding machine ⑦ Turn-over equipment ⑧ Transfer table for constant length product ⑨ Transfer conveyor ⑩ Shipping table for domestic area ⑪ Automatic weighing machine ⑫ Shipping table for overseas ⑬ Assorting machine for various length product ⑭ Assorting table for various length product ⑮ Semi-automatic binding equipment ⑯ Stock table for pressing ⑰ Stock table for cold sawing ⑱ Stock table for grinding ⑲ Press straightener ⑳ Cold saw ㉑ Back table of press ㉒ Measuring instrument

Fig. 1 Layout of new finishing yard



- ① No. 1 & 2 cooling bed ② No. 3 & 4 cooling bed ③ Roller straightener ④ Inspection bed ⑤ Piling table for constant and various length product ⑥ In-process table ⑦ Shipping table of in-process product ⑧ No. 1 press straightener ⑨ No. 2 press straightener ⑩ No. 1 cold saw ⑪ Roller straightener ⑫ No. 2 cold saw

Fig. 2 Layout of old finishing yard

ベアを採用した、

(5) 乱尺材、仕掛処理済材も仕分け結束後定尺材搬送ラインに合流させた、

(6) 材料のローラ搬送をⅠ状態で送り搬送音の減少をはかった、

(7) 材料の取込み、払い出しをすべてリフト式とし摺動音の減少をはかった、

ことなどがあげられる。

冷却床以降製品搬出テーブルまで（仕掛品処理場も含め）の設備の占有面積は約4800m²であり、m²あたりの生産量は9t/m²/monthという効率的なレイアウトである。新精整工場の全景を Photo. 1 に示す。

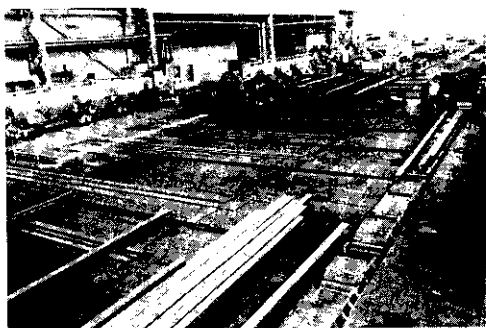


Photo. 1 General view of finishing yard

3・3 主要機器一覧

新精整工場を構成する主要設備の概要を Table 1 に示す。特徴的な設備についてはその詳細を別項にて説明する。

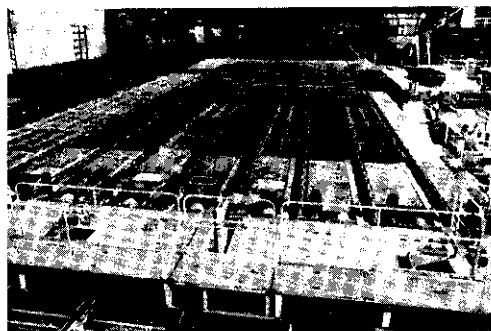


Photo. 2 Block chain type cooling bed

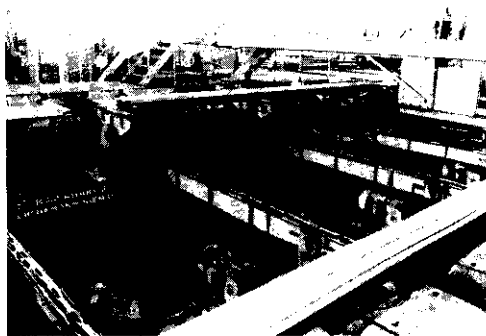


Photo. 3 Automatic balance type turn-over

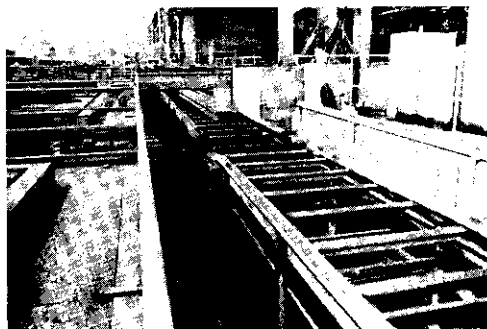


Photo. 4 Slat chain type transfer conveyor

3・4 各機器詳細

今回導入した種々の自動化、省力化機器は、新規開発品、既存のものの改良品など数多くあったが稼働当初から好結果を得ることができた。これは旧設備における経験と、それらを使用して行った種々の実験によるところが大きい。

本項ではその開発の経緯、原理、機構、機能について述べる。

3・4・1 測長器

自動測長器採用の目的は次の2点によるものである。

- ① 製品の長さごとの仕分け作業を自動化するための情報とする。
- ② 製品表示ラベルの自動貼付における長さ表示のデータとする。

(1) 必要精度

長さに対する JIS 寸法公差は長さ 6m に対し下限値 0, 上限値 40mm, 1m 増すごとに上限値が、+5mm 上積みされる。6m~25m の範囲の材料を

Table 1 Specification of main equipment

Equipment	Maker	Unit	Specification
Cooling bed (Photo. 2)	Kawasaki Heavy Industries, Ltd.	1	Type : Block chain conveyor type Effective width and length: 25 000mm×35 000mm Capacity: Max. 70t Transfer pitch : 500mm Transfer speed: 200mm/s
Roller straightener	Hitachi Shipbuilding and Engineering Co., Ltd. DEMAG	1	Type: Over hang seven rolls variable pitch type Roll diameter : 760mm Levelling speed: Max. 4m/s Main motor : DC 52kW×4 stands
Automatic labeling machine (Photo. 6, 7)	Nihon Postal Franker	1	Type : Turn roll type by spring press Printer: A CON line printer Letter 3mm×5mm Line 32 lines Label : 45mm×80mm
Automatic binding machine (Photo. 10)	Signode Japan	4	Type : Notch type by strap seal Strap: 0.9mm×32mm Seal : Open seal Binding material: Max. 270mm×540mm Min. 105mm×115mm
Assorting equipment for various length product (Photo. 11, 12)	Hitachi, Ltd.	2	Type : Self-drive car type with special lifting magnet Span : 13 850mm, 12 850mm Speed: Drive: 35m/min Lift : 18.3m/min Capacity: Max. 3 000kg
Turn-over (Photo. 3)	Kawasaki Heavy Industries, Ltd.	1	Type: Automatic balance arm type Load: Max. 6 000kg Turn speed: 2s/90°
Transfer conveyor (Photo. 4)	Kawasaki Heavy Industries, Ltd.	1	Type: Slat chain conveyor Effective width and length: 12 000mm×70 000mm Transfer speed: 30m/min Capacity: Max. 70t/h
Press straightener	Yamamoto Suiatsu Kogyo-Sho	1	Type : Vertical type Capacity: 200t
Cold saw	Kaltenbach	1	Type: Oil pressure inching type Saw blade thickness and diameter: 9mm×1 300mm Saw blade peripheral speed: Max. 28m/min
Automatic weighing machine	Kawatetsu Metrological Equipment & Vending machine Co., Ltd.	2	Type : Dial display type of cam pendulum Capacity : Max. 3 000kg Accuracy: 1/1 500
Overhead travelling crane	The Kawasaki Electric Co., Ltd.	2	Span : 30 400mm Capacity: 10t Lift : 12m

処理する場合、製品長さピッチは 13m までについては 0.1m、13m を超えるものについては 1m であるから 13m までについては 12.9m 物(最大許容値

12.970m) と 13.0m 物(最小値 13.000m) を、13m を超えるものについては 24m 物(同じく 24.130m) と 25m 物(同じく 25.000m) を判別することが必要

となる。すなわち、

13m までのもの

$$\pm \frac{13000 - 12970}{2} = \pm 15 \text{ mm}$$

13m を超えるもの

$$\pm \frac{25000 - 24130}{2} = \pm 435 \text{ mm}$$

が必要精度である。

(2) 方式の選定

形鋼の走間測長方式として以下の3方式について比較検討を行った。

- ① フォトアレイによる光学的方法。
- ② フォトスイッチを用いて平均速度を算出し定区間通過時間から長さを知る方法。
- ③ パルス発信器 (PLG) を用い、矯正機ローンをタッチロールとしたタッチロール方式。

これまでの使用実績の報告で今回要求される精度を満足する結果を得ているのは①、②の方法で

あったが、①については設備費が高いこと、②についてはフォトスイッチの数が非常に多いことによる保守のむずかしさと設置スペースに問題がある。これらの理由より③の方法の可能性をまず検討すべきであるとの結論から、この方式の精度不良の原因究明、改善案の検討、裏付けのための実験による実験を行い一応の目処がたち実行にふみきった。

(3) 原理およびシステム構成

タッチロール方式は走行する鋼材に直径既知のロールを接触させその回転数を計数することにより長さを知るものである。この方式の誤差発生要因は、ロール摩耗による径の変化とロールと材料接触面のスリップが支配的となる。これらの誤差発生要因を最小に押えるため今回開発した新方式を以下に説明する。

Fig. 3 で形鋼長さが $l_3 \sim l_n$ までの場合には材料後端が PH_1 通過後 PLG によって基準回転数 N_0 を

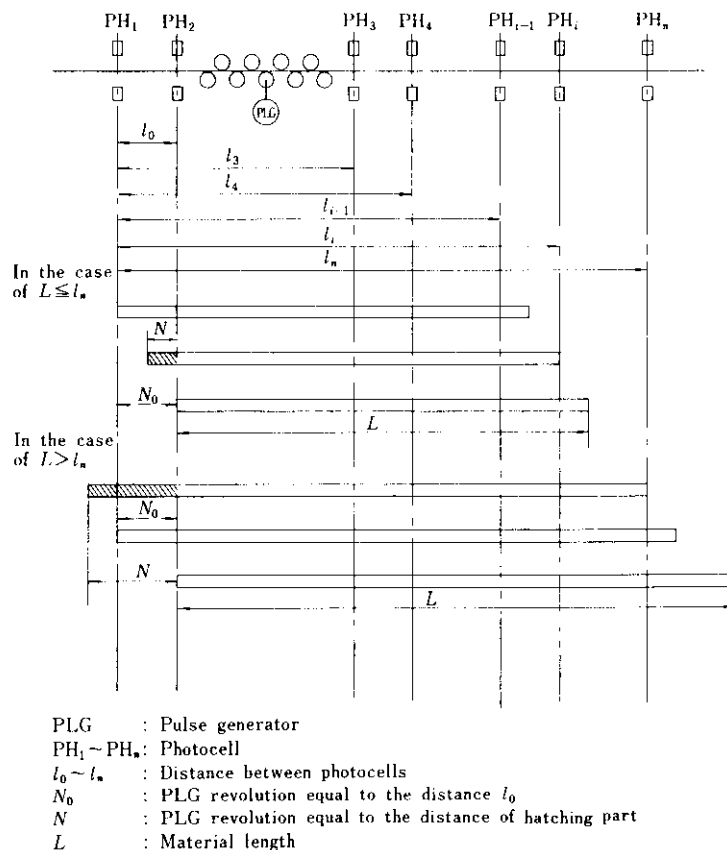


Fig. 3 Principle of measuring

計数開始し先端が PH_i ($i=3\sim n$) を通過後 N を計数開始し後端が PH_2 通過で N_0 、 N の計数を終了する。この計数結果から鋼材長 L は、

$$L = \frac{N}{N_0} \times l_0 + (l_i - l_0)$$

但し、 $l_i = l_3 \sim l_n$

なる式を用いて演算することができる。

最終段に設けた PH_n に相当する長さ l_n より長いものについては鋼材の先端が PH_n 通過後 N を計数開始し、後端が PH_1 通過後 N_0 を計数開始する。後端が PH_2 通過で N 、 N_0 の計数を終了する。この計数結果を上式によって演算することにより同様に求めることができる。

この方式の特徴は、

- ① 矯正機のローラすべてに材料が接触している間に基準回転数 (N_0) を計数するよう定区間 (l_0) を配置していること、
- ② 基準回転数の計数と同時に測長 (N の計数) を行っていること、
- ③ 固定長 ($l_3 \sim l_n$) の測定を行うフォトスイッチ ($PH_3 \sim PH_n$) を複数個配置していること、

などである。これらの特徴によってスリップ率の変動による誤差要因を極力小さくし、ローラ径変化に対する補償を行い製品長さに無関係に高精度の測長を可能にしている。今回のシステムでは最小製品長さが 6m であることと、13m まで高い精度を必要とすることで、 $n=6$ 、 $l_0=2m$ 、 $l_3=5.5m$ 、 $l_i - l_{i-1}=2m$ とした。

この方式による誤差の発生要因は ($N_0 - N$) 計数時と N 計数時のスリップ率の変化が支配的で、その他には材料の曲がり、フォトヘッドの据付誤差、フォトヘッド検知のバラツキなどが考えられる。実験結果のスリップ率の変動データが $3\sigma \approx 5mm/m$ という結果から $l_0=2m$ の場合の誤差を試算すると Max. 3.5mm となり、ローラ矯正機の型式変更によるリスクとして 3 倍のスリップ率の変動をみても十分 $\pm 15mm$ の精度に入るものと判断しシステム設計を行った。測長器を構成するフォトスイッチ群を Photo. 5 に示す。

3・4・2 自動ラベル貼付機

旧精整工場の製品主表示 (断面寸法、規格、製品長さ、鋼番、検番など) はフランジ面にハンド

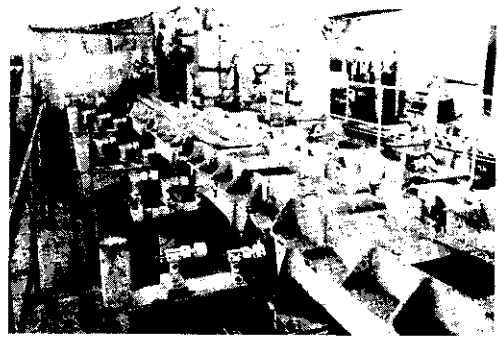


Photo. 5 Photocells

でペイント吹付けしていた。

計画を開始した48年当時には小形H形鋼の自動表示装置として安定して稼動し省力に寄与しているものは見当たらず状況であった。したがってメーカーとの新規共同開発が必要であった。他業界においてはすでに確立した技術として充分実用化されており機構そのものについての問題より、鉄鋼業特有の悪環境下における耐久性に関する点が主な検討の対象となった。

表示方式としては、材料面へ直接印字するものとラベルに印字後そのラベルを貼付する方式があるが小形のH形鋼であることから、装置の大きさで後者の採用をまず決定した。

設備設計にあたっての基本仕様を次に示す。

ラベル貼付面	： I 状態のウェブ面先端部
ラベル寸法	： 縦 45mm, 横 83mm
サイクルタイム	： 5s/1枚
鋼材温度	： Max. 250℃

設備仕様決定にあたり特に次の項目について留意した。

- (1) ラベルピッチを最小に押えるプリンタおよびラベルの構造とし、ラベルのランニングコストの低減をはかる。
- (2) プリンタによる印字から貼付までの時間のバッファを最小に押えるプリンタ、ラベラの構造とし、検査床長さを短くしスペースの無駄を省く。
- (3) 15万回/monthの使用に耐える構造、部材、部品とする。
- (4) ラベル貼付力を 3kg 以下とし、コンベア上の I 状態材料を固定することなく確実に貼付できる貼付機構であること。

システム構成、貼付動作を Fig. 4, Fig. 5 に示す。本装置の全景、および貼付動作中の状況を Photo. 6, 7 に示す。

機器仕様を次に示す。

コントローラ (CE-322)

メモリ容量 : 32 バイト×2

データ入力方式 : 16 ビット並列 (垂直バリ
ティ付)

P I/O : デジタル入力 24 点,
出力 7 点, 割込み 9 点

フィードコントローラ (FC-302)

方式 : ワイヤロジック

端子数 : 280 点

ロボット制御盤

方式 : リレーシーケンス

プリンタ

型式 : ADP-458 (ラインプリンタ)

印字速度 : 1 行/s (改行を含む)

文字寸法 : 高さ 5mm, 幅 2.5mm, ピッチ 4mm

文字種類 : アラビア数字, 英字, 記号 (JIS
マークなど 9 種類)

行×桁数 : 4×32

インク : カセット式, インクロール

ラベラ

ラベルパッファ : 3~4 枚

ロボット

貼付ヘッド

型式 : ベルトローラ圧着転動式

圧着力 : 3~4kg

トラバースユニット

電動走行 : AC 0.2kW ポジションモ
ータ

移動距離 : 290mm

移動速度 : 300/15 mm/s

推力シャフトユニット

電動走行式 : AC 0.4kW ポジションモ
ータ

移動距離 : 660mm

移動速度 : 600/30 mm/s

旋回ユニット

電動式 : DC 10W

回転角度 : 90°

回転速度 : 90°/s

サイクルタイム : 5s

3・4・3 自動組合せ装置

H 形鋼は 3 本ないし 5 本で組合せその後結束し

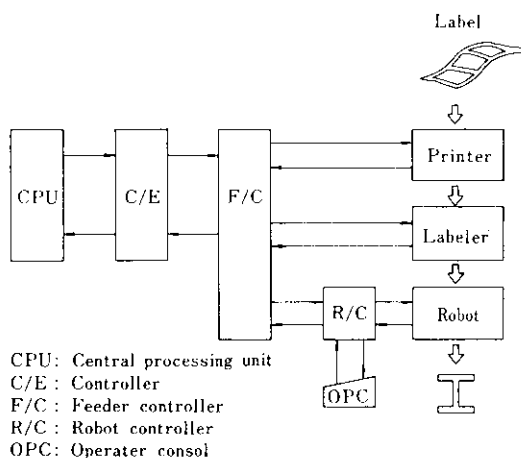


Fig. 4 Systematic diagram of automatic labeling machine

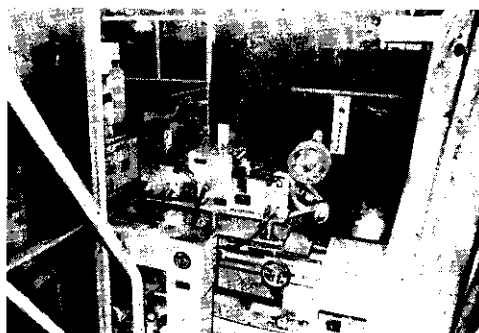


Photo. 6 Automatic labeling machine



Photo. 7 Labeling head of automatic labeling machine

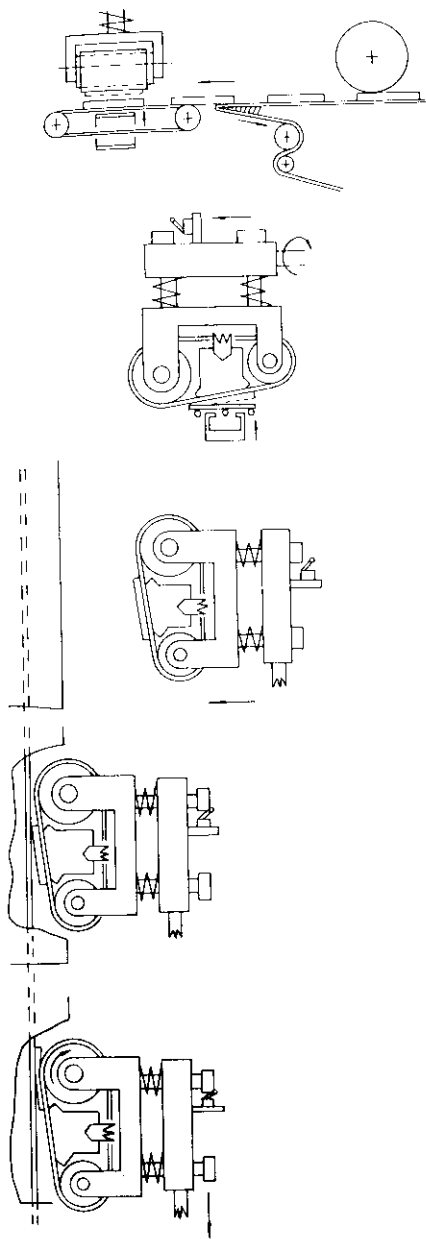


Fig. 5 Labeling machine and labeling method

て出荷する。この組合せを自動的に行うための装置である。

組合せ装置ならびに方法は各社にて種々のものが、考案されているが、基本的には順次組合せ方式と同時組合せ方式に大別できる。今回定尺材と乱尺材の組合せに各々採用しているが、材料の搬入状態によって使いわけしている。

(1) 順次組合せ装置

定尺組合せベッドに採用している。このベッドには材料は1本ごと搬入されるから順次組合せていくという方式がふさわしい。

Fig. 6 により動作の説明をする。

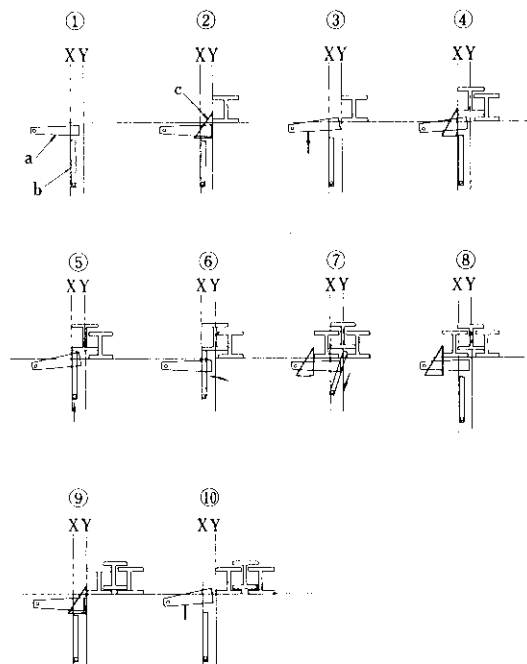


Fig. 6 Orderly piling machine and piling method

5本組合せの場合、1本目の材料は材料送り装置の爪cで奇数本目停止線Yまで送られる。2本目が送られる時三角台aが押しあげられており1本目に重なり偶数本目停止線まで押し込まれる。その後材料支持棒bが上昇し材料の傾きを防止したのち、三角台が降下する。3本目の材料は2本目の下側に押し込まれこの時支持棒は降下する。この時の材料の停止位置はYである。ついで三角台が上昇し、4本目が送り込まれ以下同じ動作が繰返えされ組合せが行われる。組合せ中の状態をPhoto. 8に示している。

(2) 同時組合せ装置

乱尺仕分けテーブルで同一長さの材料が5本揃った時点で乱尺仕分け装置で5本同時に払い出される。したがって5本を同時に組合せる装置が必要となる。

その動作説明をFig. 7に示す。

材料aは送り装置の爪 b_1 , b_2 の間にリフマグで

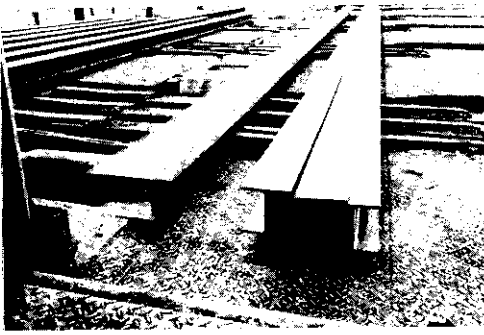


Photo. 8 Orderly piling machine

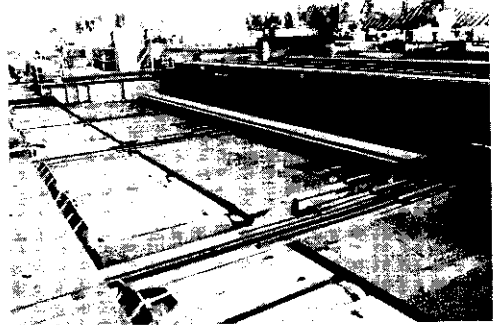


Photo. 9 Simultaneously piling equipment

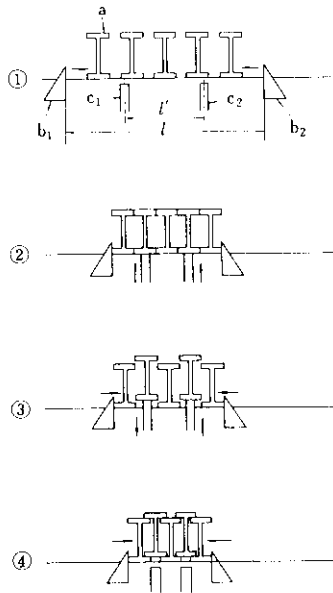


Fig. 7 Simultaneously piling machine and piling method

降される b_1 , b_2 は中心に向って同時に動作し 5 本の材料がすべて接触する瞬間に押しあげ桿 c_1 , c_2 が上昇し 2, 4 本目の材料を押しあげ、その後さらに b_1 , b_2 で左右から押し込むことにより組合せが完了する。 c_1 , c_2 の押しあげ桿は常に $l/l=2/5$ の比となるように b_1 , b_2 の動きに連動させることにより材料断面寸法の変化には無関係に組合せが可能となっている。

組合せ中の状態を Photo. 9 に示している。

3・4・4 自動結束機

ホットソーで切断された製品は同一長さごとに仕分けられ、5 本ないし 3 本に組合せたうえ、通常

は先端、後端の 2 箇所長尺材の場合はさらに中央の計 3 箇所を結束して出荷される。

(1) 装置諸元

型 式	: M40#(シグノード日本)
ストラップ	: 32mm幅×0.9mm厚
ストラップ収容量	: 782m
ストラップ送り速度	: 90mm/s
ストラップ引戻し速度	: 900mm/s
シール型式	: オープンシール
シール収容数	: 525個
シール位置	: 結束物上面
引締め力	: Max. 1590 kg
結束機台車移動速度	: 300mm/s
1 結束サイクルタイム	: 25s

(2) 型式の選定

自動結束機の結束材としては帯鋼を使用したものと丸鋼線を使用したものの 2 形式が通例である。

今回は次の理由から帯鋼（ストラップ）結束方式を採用した。

- ① 形鋼の結束断面が角形であるため、より断面に沿った結束が可能である。
- ② 結束断面の角部に底が入りにくい。
- ③ 結束後のローラ搬送において、騒音が少ない。

帯鋼による自動結束機メーカーは数多くあり、すでに技術的に確立された分野であり、メーカー間の格差もほとんど無い。今回のように非常に早いサイクルタイムで結束作業が行われるような場合には、ストラップ、シールの補充頻度を極力少なく押えるため、その収容量が大きいこと、セットが容易であることがポイントであった。

(3) 必要サイクルタイムおよび必要台数

ホットソーの切断パターンは定尺材を1種類ないし2種類と乱尺材という取り方(定尺+定尺+乱尺)であり、8本取り(7+0+1, 6+1+1, 5+2+1, 4+3+1)作業時にもっとも早いサイクルタイムとなる。したがって結束機の有すべきサイクルタイムは原則として7+0+1というパターンの8本取り時が最小となり、搬入時間(2s)と搬出時間(9s)を除いて、 $55 \times \frac{1}{8} - (2+9) = 28.2s$ である。前後2箇所の結束を1台の結束機で処理するには $28.2/2 = 14.1s$ 以内の処理時間となり実現不可能な値となる。

以上の結果から前後同時結束としサイクルタイムを25sとした。また2面の定尺材組合せテーブルに対し、どちらのテーブルにおいてでも1ブルームあたり7本の同一定尺材が処理できるよう、おののに2台の結束機を配置した。

4台設置した結束機の全景を Photo. 10 に示す。

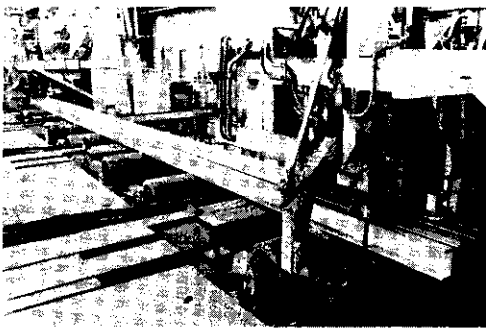


Photo. 10 Automatic binding machine

3・4・5 乱尺仕分け装置

狭小なスペースで乱尺材の仕分け作業を行うために、立体的な処理方法を考案した。通常の精整工

場における乱尺材の仕分け方法は、発生する乱尺材の種類に相当するだけのストックテーブルを用意し長さごとに乱尺材をストックしていく方法であるため広大な面積を要している。

今回の乱尺材処理方法は、Fig. 8 に示すように発生する最大長の乱尺材を収容し得るだけの幅を有するテーブルを一面用意し、発生順にテーブルに取り込み、これを新規考案の特殊装置でテーブル内に1サイズ5本収容できるスペースに仮置き5本揃った時点で同装置で組合せ、結束場へ払い出すという方法である。

この方法によれば発生する乱尺材の種類(通常は6種類)ごとに5本分のスペースがあればよく、1サイズあたり1.3mで十分であり乱尺材ストックテーブルの有効スペースとしては約8mあればよい。

(1) 装置諸元および特徴

走行台車

型 式	: 電動走行式
走行速度	: 35m/min
走行距離	: 8.4m
径 間	: 13.85 および 12.85m
駆動モータ	: AC 3.7kW, 1200rpm

昇降装置

型 式	: 電動リンク式
リフティングマグネット	: 4個
昇降ストローク	: 1350mm
昇降速度	: 18.3m/min
駆動モータ	: 22kW, 1200rpm

リフティングマグネット

電 源	: 220V
1 本吊部: 有効磁極長	200mm
定 格	65%ED
4 本吊部: 有効磁極長	1000mm

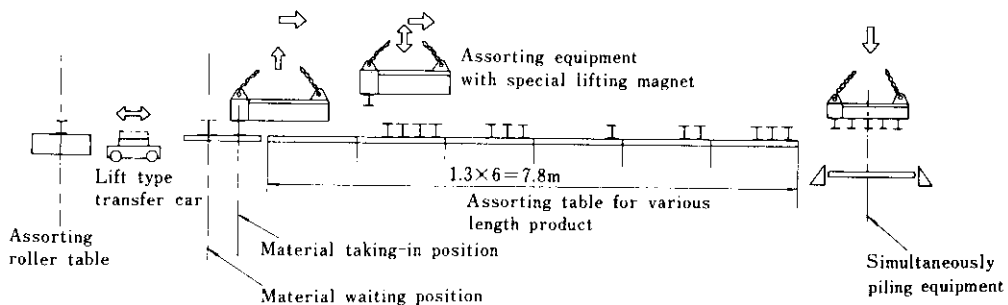


Fig. 8 Outline of assorting method for various length product

定 格 15%ED

自 重 : 500kg/1個

仕分け監視用 CCTV

ビデオ・モニタ: 14" 白黒テレビ, スモーク
ガラス付

CCTV カメラ

電動ズームレンズ: 16~160mm, $F=2.0$

装置の特徴は,

- ① リフマグを取込み作業時に使用する 1 本吊部と払出し作業時に使用する 4 本吊部に分割した。この工夫により取込み仮置時に周囲の材料を吸着してしまうのを防いだ,
 - ② リフマグ昇降機構をリンク機構とし吊荷の安定性の向上をはかった。装置全高を低くできるから、屋内天井走行クレーンの作業性の阻害を最小限に押えることができる,
 - ③ 吊上げ材料を真上から見る CCTV モニタを使用し操作員の位置合せを容易にした,
- ことである。本装置の作動中の状況を Photo. 11, 12 に示す。



Photo. 11 Assorting machine for various length product in lifting one product

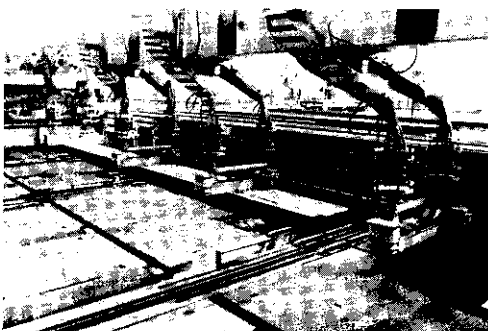


Photo. 12 Assorting machine for various length product in lifting five products

(2) 装置の必要サイクルタイム

ブルーム 1 本を圧延し, 8 本の製品を取る場合、最後端の製品が原則として乱尺材となる。したがって乱尺材の発生ピッチは圧延ピッチにはほぼ等しくなる。圧延の最小ピッチは 55s であるから乱尺材取込みピッチも 55s であるが, 5 本目ごとに払い出し作業が必要となるから取込み作業のサイクルタイムはさらに短時間の必要がある。取込み作業、払い出し作業を連続した場合の全作業時間が 55s 以内であればよいが, しかしこれは実現不可能な値であるため取込み位置に 1 本分のバッファを設けることにより解決した。すなわち $55 \times 2 = 110s$ 以内で 2 回の取込み作業と 1 回の払い出し作業を行えばよいということであり, 取込み作業 34s、払い出し作業 39s という能力を与えることにより $34 \times 2 + 39 = 107s$ で処理可能となった。この検討結果では設備は一面で処理可能であるがホットソーの切断パターンの変更による発生数の増加の可能性, 新規の設備であることのリスク, 仕掛材処理後の製品の処理などを考慮し 2 面設置するものとした。

なお, 本装置の検討に先立ち, 圧延全長の長さ分布の統計をもとにシミュレーションを実施し, 乱尺発生のもっとも少ないホットソー切断パターン(切断長さの組合せ)を検討し, 実作業に取入れた。

3・4・6 自動秤量機

秤量機の設置目的は輸材において重量規格に合致しているかどうかを判断するものである。

製品の最終搬出テーブル内に設置し, テーブル関係の操作をオペレータ 1 名で可能にするため秤量機は全自動とした。秤量機はテーブルと同様に全幅 25m が 2 分割されており単動, 連動が自由に選択できる型式である。

設備仕様

型 式 : カム振子ダイヤル指示式

使用範囲: 100~3000kg (×2 台)

最小目盛: 2kg

計量精度: 1/1500 (フルスケール静止時)

積載台 : 500mm 幅 × 10500mm 長さ (×2 台)

休み装置: 油圧昇降式

付属機能: 単重演算装置, 印字装置, 警報装置

計量時間：20s

付属機能はオペレータが製品長さ、本数、単重を規格に準じてキーインすると、実重との比較を行い、あるきめられた範囲の誤差内で合否判定を行ってこの結果を印字出力するものである。

3・4・7 搬送ローラテーブル

形鋼のローラ搬送においては材料先端（ときには後端）とローラの衝突音がしばしば問題となっている。

新精整設備の搬送ローラはすべてMCナイロンライニングローラ（ライニング厚 20mm）を使用して騒音の低減をはかった。ライニングに使用したMCナイロンの物性値は以下のとおりである。

比 重：1.15～1.17

引張強さ：770～980kg/cm²

伸 び：10～60%

弾性率：24.5～31.5×10³ kg/cm²

硬 度： $H_R C$ 110～120

比 熱：0.4 kcal/kg℃

熱膨張率：9.0×10⁻⁵ /℃

耐熱温度：121～149℃

防音用ライニング材は当然柔らかな材料となる

からその耐摩耗性に問題が残る。このようなローラを使用するに際し、ローラテーブルラインをI状態搬送としてローラ寿命の延長を考慮したが、矯正機前後のラインは搬送状態がH状態とせざるを得ない。H状態での搬送は面圧が大きくなること、ロール上の通過位置が、矯正ローラ基準側で常に同じとなること、クーリングベッド直後のローララインであるため高温の材料が通過する場合があること、材料先端の下曲がりによる突かけがあることなどから非常に短い寿命となっていて今後に問題を残している。

3・5 制御システム

ホットソーで切断された成品がクーリングベッドに取込まれてから各長さ別の仕分けを行うまでの一連のプロセスを無人で処理するためと、6.75sのサイクルタイムでスムーズに成品を処理していくために今回採用した制御システムの概略を Fig. 9 に示している。

冷却床、搬送ローラテーブルライン、ストックテーブル、組合せテーブルの運転はシーケンスコントロールで十分その目的を達しうるが、測長演算および測長結果の判定、ラベルプリンタの動作

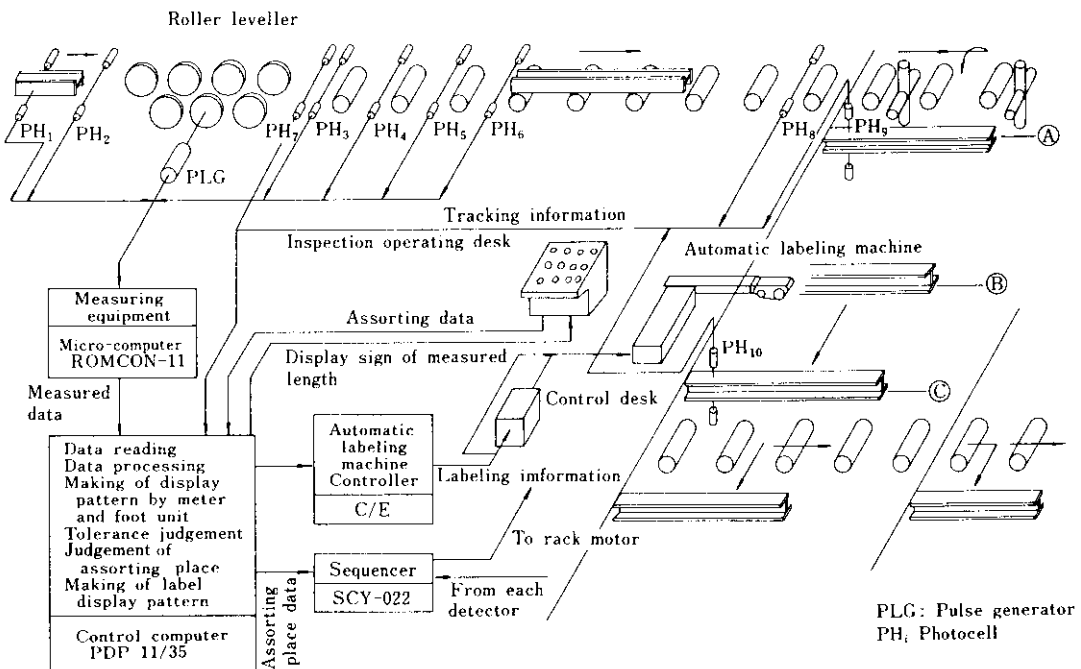


Fig. 9 Automatic operation system

制御、長さ別の仕分け作業、材料のトラッキングには計算機が不可欠となる。

成品長さや外観形状検査結果によって材料の行先およびラベル表示内容が決定される。またデータの取込み、シフト、クリアを行うトラッキングはPH₇～PH₁₀地点の材料通過確認で行う。測長器で測長されたデータは計算機に入力され①点における外観検査結果のキー入力と合せてラベル作成を行うと同時に行先が決定される。②点ですでにプリントされているラベルが鋼材に貼付され③点で鋼材の行先指示がなされデータはクリアされる。

計画段階で計算機の信頼性はMTBFで10 000時間程度、MTTRも2～3時間とみたのでバックアップシステムを採用しなかった。計算機故障時は自動運転は不能となるがシーケンサによるライン運転は可能である。シーケンサ故障時はライン停止となるため二重系とし、その切替えはコネクタの手動切替式とした。

自動化にあたっての各種設備の信頼性はセンサ類の信頼度によるといっても過言ではない。

今回のシステム中のセンサの使用数は170個に

も達する。検出方式は非接触式、接点は無接点式とし、その用途、設置場所に応じたもっとも信頼性の高いものを使用した。主な仕様を次に示す。

ハード構成

計算機

CPU : PDP 11 SE メモリ 16kW (コア)

コンソールタイプライタ : ASR 33

テープリーダパンチャ : PC 11

プロセス入出力 : 入力 128点, 出力 128点

電 源 : SM-SG 方式

シーケンサ

型 式 : SCY-022 (立石電機), メモリ 8kW

プロセス入出力 : 入力 304点, 出力 216点

デジタルタイマ : 25個

なお、検出器は Table 2 に一括して示す。

4. 操業実績

4-1 騒音対策の効果

旧精整工場はいたるところに騒音発生源が存在していた。特にレッヘンタイプの冷却床での材料

Table 2 Equipment for inspection

Equipment	Maker	Type	Specification	Characteristic	Unit	Function
Loop type metal detector	Tateishi Electronics Co.	EMD-34	Acting distance: 300mm Response time: 100ms	Usable until 1000°C Wide acting distance	6	Detecting of material on cooling bed
Photo-electric switch	Hokuyo Automatic Co., Ltd.	AS35G	Acting distance: 10 000mm	Easy to justify beam axes	16	Detecting of material on turner and roller table
		AS35DS	Response time: 5ms	Wide acting distance	14	Detecting of material on roller table and inspection bed
		JU41P	ditto	ditto		Detecting of material
		JU41R				
Reflection type photo-electric switch	Hokuyo Automatic Co., Ltd.	DW4-1R-B644	Acting distance: 300 ~ 1 200mm Response speed: 10ms	Detectable in all width of 600mm	11	Detecting of material on roller table
Rotary cam switch	SUMTAK	CS-04			10	Speed down and stop control of conveyor drive motor
		CS-08	Revolution: Max. 4 000rpm		2	
		CS-12			4	
Near-by switch	IB2020 A	Ifm	Acting distance: 20mm ± 10% Response time: Switch on: 10ms Switch off: 18ms	Amplifier internal type	106	Detecting of machine position

移送時の振動音とローラ搬送時の材料先端および後端との衝突音がその最大のものであった。

今回実施した、

- (1) ライニングロールの全面的採用、
 - (2) 各種テーブルは全てブロックチェーンコンベア方式を採用、
 - (3) 材料の取込み、払い出しに全てリフト方式を採用、
 - (4) 材料搬送ラインにスラットチェーンコンベアの採用、
 - (5) ローラ搬送をI状態で行うこと、
- などの抜本対策により大きな効果を発揮することができた。定量的にはオペレータの常置している

場所で約10dBの騒音低下をはかることができた。

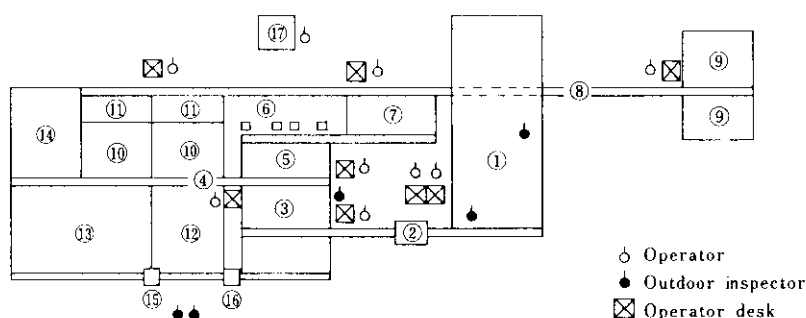
工場内に入った感じが以前と全く違うのが実感である。

4・2 省力効果

46名の省力が実施できた。改造後の精整工場のオペレータはクーリングベッド以降、搬出ベッドまで、検査員、仕掛処理員を含め14名/班である。新精整工場の人員配置をFig. 10に示す。

4・3 自動化機器の稼働率

今回開発ないし導入した自動化機器はいずれもその機能を十分発揮しておりほぼ100%の稼働率



	Operating object	Operator	Outdoor inspector
1	① Cooling bed	1	2
2	② Roller straightener	1	
3	③ Inspection bed	1	1
4	④ Assorting roller table	1	
5	⑤ Piling table for constant length product	1	
6	⑥ Automatic binding machine		
7	⑦ Transfer table for constant length product	1	
8	⑧ Transfer conveyor		
9	⑨ Shipping table	1	
10	⑩ Assorting table for various length product	1	
	⑪ Piling table for various length product		
9	⑫ Stock table for pressing		
	⑬ Stock table for cold sawing		
	⑭ Stock table for grinding		2
	⑮ Cold saw		
	⑯ Press straightener		
10	⑰ Type room	1	
	Total	9	5

Fig. 10 Personnel disposition in the new finishing yard

で順調に作動している。特に乱尺仕分装置、測長器、結束機については稼動直後の初期故障以外全く問題点もなく、非常な好結果を得ることができた。自動ラベル貼付装置、自動パイリング装置には今後改善すべきテーマを若干かかえているが、一応原因となる点の把握は完了しており現在改造を計画中である。

冷却床以降の自動運転、自動仕分けも順調である。

5. 結 言

今回の新精整工場建設の完成により、作業環境改善および省力という目的に対し多大の効果をあげることができた。今後はさらにその効果を最大限に発揮するため以下のテーマについて検討を加

える予定である。

- (1) 圧延工場と精整工場の接点となる冷却床のパッファー能力のアップ。
- (2) 小形サイズに多い材料転倒などのトラブルの解消。
- (3) 仕掛品処理においてコールドソー、プレスによる鋸断、矯正作業の併行作業の可能化。
- (4) オペレータの分担範囲の拡大による作業員の省力。
- (5) 騒音対策のよりいっそうの推進。
- (6) H形鋼以外の形鋼の処理方法。

おわりに、数多くの困難な制約条件を克服し、高能率、高生産性の工場を完成させることができたのも、ひとえに各メーカーの御協力の賜物であり、この誌上であらためて感謝の意を表します。