

厚板トータルシステムの概要

An Outline of Plate Production Total Control System at Mizushima Works

佐々木 健 二*

Kenji Sasaki

大 島 真**

Makoto Oshima

平 井 信 恒***

Nobutsune Hirai

土 田 剛****

Tsuyoshi Tsuchida

石 塚 信 秀*****

Nobuhide Ishizuka

柳 沢 治 明*****

Haruaki Yanagisawa

Synopsis:

This new system for No.2 plate mill covers the entire process which starts with an order input and ends with a shipment of plates. It consists of a production scheduling and controlling system, a real time operations control system, process computers and other automation facilities for labour saving, such as markers and stampers. Its overall availability and reliability have been kept at highest levels since its commission. In addition, this system has been playing an indispensable role in remarkable improvements in quality, yield and productivity.

1. 結 言

水島製鉄所の第1厚板工場は1967年4月に主力圧延工場として稼動し、造船用鋼をはじめ、一般橋梁用鋼から原子力用鋼にいたる諸種の鋼板を製造している。この第1厚板工場では、他社に先がけてリアルタイム作業情報システムおよび圧延機の計算機制御システムを実用化し、業界の先駆的役割を果たしてきた。

1976年3月に稼動した第2厚板工場は、千葉製鉄所の大径鋼管用素材の供給と近年需要の増大している超広幅鋼板の製造を目的として建設された。

この第2厚板工場では画期的な自動化機器・設備の計算機制御方式を採用し、受注から出荷までの情報の統合により進捗管理と品質管理を拡充している。

これらを有機的に結合した第2厚板トータルシステムは、第1厚板工場のシステムの蓄積技術を基盤に未踏分野の開発を加えたものであり、歩留まり、生産性、品質の向上に大きな威力を発揮している。

ここにこのシステムの概要を報告する。

* 水島製鉄所システム部部长

*** 水島製鉄所システム部システム課課長

***** 水島製鉄所システム部システム課課長代理

** 水島製鉄所システム部副部长

**** 水島製鉄所システム部自動化技術室課長

***** 水島製鉄所第1圧延部第2厚板課課長

2. システムの位置づけと構成

第1厚板工場と第2厚板工場の設備の概要をTable 1に示す。

この2工場の生産管理を対象とした厚板のシステムは、Fig. 1に示すように水島製鉄所においてオーダエントリから現場の末端までの全自動化を図った最大規模のシステムである。

このシステムは、Fig. 2に示すようにオーダ情報を伝送回線で受理してからオーダエントリ、日程計画などの処理を行う計画レベルと、工程、品質などの管理レベル、そして現場との情報授受、機器の自動運転を行う作業レベルの3つのレベルからなりたっている。

3. システム構築の目標

厚板トータルシステムの目標は次の4点である。

(1) 生産能率の向上

受注オーダ、設備仕様、製造技術などの諸条件を考慮して効率的な計画をたて、生産能率をあげる。

(2) 歩留まりの向上

素材設計のロジックの高度化を図る。1品生産の色彩の強い厚板の受注形態では、(製品/素材)の歩留まりが製造コスト低減の大きな要因である。

(3) 労働生産性の向上

製造コストにつながる人件費の削減と将来の労働力不足に対処して、とくに情報ハンドリングと現場オペレータの省力を図る。

(4) 品質の向上

命令と実績の情報を機械処理することによって、人間作業では達し得ないレベルまで精密化し信頼性を高め、現場の手作業を自動化することによって製品の品質を向上させる。

4. システム開発の経過

第1厚板工場の建設と同時に第1期システムが構築されてから、トータルシステムが完成するまでの約10年間の開発経過を厚板の生産量に対応づけて説明する。

Table 1 Specification of equipments

		No. 1 plate mill		No. 2 plate mill
Reheating furnace	Continuous furnace	Hot skid type (150t/h)	2	Walking beam type (220t/h) 1
	Batch furnace	Walking beam type (200t/h)	1 2	
Rougher	Back up roll	1 900φ×4 600mm		Will be equipped in future
	Work roll	1 000φ×4 700mm		
	Main motor	3 750kW×2		
Finisher	Back up roll	1 900φ×4 000mm		2 400φ×5 390mm
	Work roll	1 000φ×4 100mm		1 200φ×5 490mm
	Main motor	3 750kW×2		8 000kW×2
Shear line	Crop shear	2		1
	Side trimming shear	2		1
	Slitting shear	1		1
	Dividing shear(end shear)	2		1
Plate size	Thickness	4.5~250mm		4.5~200mm
	Width	Max. 4 500mm		Max. 5 300mm
	Length	Max. 25m		Max. 35m
Annual production		2 000 000t/year		1 200 000t/year 3 600 000t/year (in future)

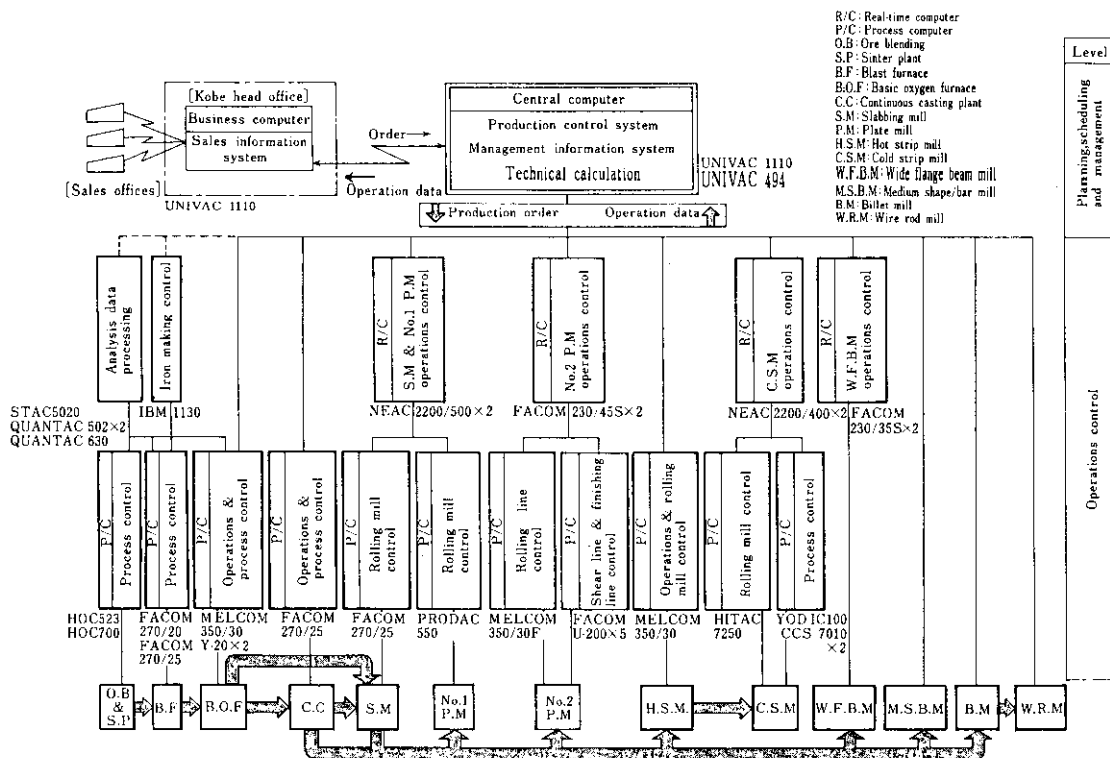


Fig. 1 Computer system at Mizushima Works

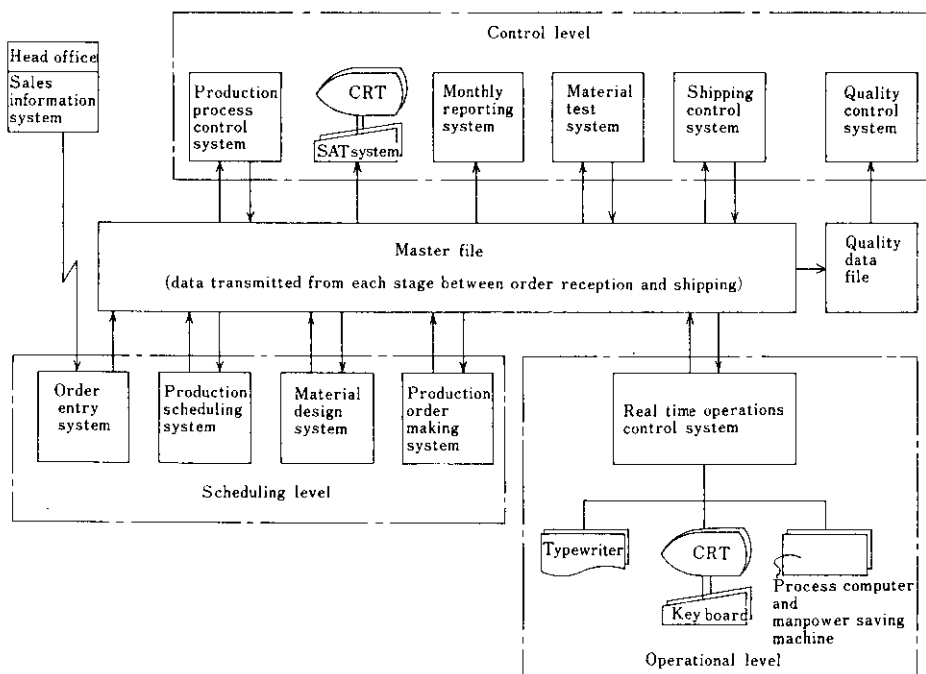


Fig. 2 Plate production control system

4・1 第1期(1967~1969)

第1厚板工場の稼働当初であり、生産量5~10万t/月の時期である。千葉製鉄所における厚板製造の経験をもとにして、計画、管理、作業レベルの全サブシステムにコンピュータを使用した厚板生産管理システムを完成させた。

鉄鋼業界では初めて素材設計をコンピュータ化し、歩留まり、生産能率の向上に大きく貢献した。また、現場作業管理を目的としたリアルタイム作業情報システムとミル制御用プロセスコンピュータシステムをわが国で初めて開発、実用化した。リアルタイム作業情報システムは、加熱炉入側から検査テーブルまでのオンライン作業工程をカバーし、現場オペレータに対して作業情報を適切なタイミングで提供するとともに作業実績をオンラインで収集し、ミル制御用プロセスコンピュータとはダイレクトリンケージをとった。

4・2 第2期(1970~1972)

第1厚板工場の生産量が15~20万t/月の時期であり、粗ミルおよび第2剪断ラインの増設、さらに熱処理炉、ショットブラストの増設を相ついで行った。これら設備の増設に対処し、機能のレベルアップの要求にこたえるためにリアルタイム作業情報システムのリプレースを実施し、加熱炉入側から倉庫送りまでの全工程をカバーした第2次リアルタイム作業情報システムを完成した。ミル制御用プロセスコンピュータシステムでは粗ミルの制御を行うために、ハードウェア、ソフトウェアの増強を行った。これら作業レベルのシステムのレベルアップと同時に計画レベル、管理レベルのシステムのレベルアップも行った。製鋼から製品の出荷までのすべての工程の品質管理情報をファイリングして、必要な解析がいつでもできる品質管理システム TIS (Technical information system)もこの時期に完成した。

4・3 第3期(1973~1976)

第2厚板工場の建設により、第1厚板工場と合わせて生産量30万t/月の設備能力となった。第2厚板工場の建設と同時にリアルタイム作業情報システム、ミル制御プロセスコンピュータシステム、精整ラ

イン制御プロセスコンピュータシステム、大幅に導入した自動化機器を制御するシステムを開発し、大規模な自動化を達成した。計画レベル、管理レベルの各サブシステムは、第1厚板、第2厚板を統合したシステムとしてレベルアップが行われた。また従来各サブシステムで個別にファイリングしていた情報をマスタファイルに一元化してファイリングするシステムを完成した。このようにして厚板トータルシステムが完成した。

5. システムの概要

5・1 計画レベル

計画レベルはオーダーエントリ、日程計画、素材計算、命令作成の順に処理される。

5・1・1 オーダーエントリ、日程計画

オーダーは本社において規格、寸法などの仕様区分によって第1厚板工場用と第2厚板工場用別に伝達されてくる。

オーダーエントリの処理はこのオーダーに具体的な製作指示項目の付加を行い、同時に所要工程基準日を設定する。

日程計画の処理はこの時点でオーダーの解析リストを出力する。このリストは製作にとりかかる時期を決定する指標として重要な役割を果たしている。

オーダーはこの段階から厚板統合ファイルに登録される。

5・1・2 素材計算

厚板の素材計算は計画レベルにおける重要な処理であり、歩留まりを大きく左右する。

処理内容は枚数取り、予備材充当、連铸向けチャージ組み、鋼塊組み、分塊向けチャージ組みおよび試材指示の6つの小処理から構成され、この順に実行される。

これらの一連の処理においては

- (1) スラブ単重をできるだけ大きくする
- (2) 加熱、圧延単位にまとめる
- (3) スラブ厚をできるだけ薄くする
- (4) 屑、余長の少ない板取りにする

- (5) 在庫スラブを少なくする
- (6) ヒート内の成分をそろえる
- (7) 納期ロットをまとめる

などが考慮されており、そのロジックはオーダ、設備、技術などの諸条件と複雑に関連する。

トータルシステムでは、素材計算の処理ごとに結果を集約した解析リストを出力してシステムの改善を図ってきており、歩留まりでみても業界のトップレベルの水準を維持している。

5.1.3 命令作成

厚板工場における代表的な命令は圧延命令、剪断命令、作業指示カード（現品の流れに合わせて移動する随伴カード）であり、各社とも類似の形態をとっていたが、当所では1967年当時から現場作業指示をリアルタイム処理化し、現在にいたっている。

すなわち、連続加熱炉またはバッチ炉へスラブを装入してから以降のすべての作業工程に対する命令をバッチ処理で作成後リアルタイム情報処理システムを介して現場工程に流している。

またスラブヤードは第2厚板工場内に設置されているので、スラブ手入命令もこの処理で作成する。

5.2 管理レベル

5.2.1 品質管理

厚板の品質は材質、外観・形状、寸法および内部性状で決められる。

これらの実績情報は、製鋼・分塊などの前工程と厚板トータルシステムのセンサーあるいは端末機から収集され、すべて TIS ファイルに登録される。

このファイルの情報は、汎用解析プログラムを起動することにより、必要な時に作表、統計解析が可能である。たとえば、製鋼要因－圧延条件－材質試験結果、製鋼要因－表面欠陥、圧延条件－寸法・形状測定結果、製鋼要因－内部性状などの解析結果は計画レベル、作業レベルのロジック、作業標準の自動修正用にフィードバックされている。

5.2.2 工程進捗管理

厚板トータルシステムにおける工程進捗管理は、生産計画、工場稼働計画、出荷計画などにアクションをとる全体管理と個々の異常工程材管理とに分けられる。

前者は、オーダエントリ、日程計画などの処理を経て製造の各工程を通過後出荷完了までの各ポイントの通過に費やした日程をグラフ管理するもので、後者は SAT (Status answerback terminal) システムと称し、オーダファイルなどの実績ファイルを端末機から問合わせ方式である。この方式の採用によって、従来の工程台帳を廃止し、大幅な記帳要員の削減を図った。

5.2.3 材試処理

従来は、全製品1枚ごとに製品のキーとなる番号（板番）と試験ロット（試番）その他のオーダ仕様がパンチされたカードを保管して、試験結果の判明した板の板番から試番を知り、同一試番のパンチカードを手作業で抽出して証明書を作成する方式をとっていた。

今回、トータルシステムではパンチカードの保管をコンピュータファイル化し、材料試験室に設置した端末機から試験結果を直接入力することにより、材質の可否判定、立会申請の可否、証明書の作成の可否を自動決定する方式を完成した。

この方式により、材試の処理においてカードハンドリング要員、材試結果の判定要員の削減と、作業精度の向上とがもたらされた。

また、この材試処理では検査重量の集計表、証明書番号と注文主の対応表の作成などを行い、材試処理の管理を強化した。

5.2.4 出荷処理

倉庫内の山積の指標となる配山記号は、作業レベルにおける山番決定のキーとなるものであるが、この配山記号そのものは製品の納期、受渡し場所、輸送ルートなどを考慮して自動決定する。

また、進捗管理システムから工程進捗管理データを受理し、荷揃予測をコンピュータでたて、効率的な輸送便手配を行っている。

出荷処理システムの中では、このほか出荷が完

了すると同時に需要家あての送り状の作成，本社への出荷実績の伝送，さらに，需要家へのサービスカード（送り状の内容をパンチカードにパンチしたもの）の作成などの処理をしており，工場と本社，需要家の間をとりもつ重要な管理機能を果たしている。

5・2・5 月報処理

従来の月報システムでは，情報は最終の集計項目欄に累積記録する方式をとり，オリジナルのデータは保管されていなかった。

このため，データの修正が必要となったとき関連データの修正手順が複雑でミスの原因となるケースがしばしばあった。

今回，この方式を改善し，1品ごとのデータを最終的に集計が終わるまで保管する方法をとり，データの修正は共通キーの指定で一元的に処理可能とした。

処理の内容は素材の受払い，生産，歩留まり，

出荷などの諸月報を月初めに作成し，関連部門に配布することである。

5・2・6 その他の管理

日常の現場管理用として，スラブヤードにおける手入作業実績，圧延実績，剪断実績など必要な作業工程の管理資料を作成している。

5・3 作業レベル

作業レベルのシステムは，Fig. 3 に示すようにリアルタイム作業情報システム，プロセスコンピュータシステム，自動化機器群から構成されている。ここでは現品の流れにそって機能の概要を説明する。

5・3・1 スラブヤード

スラブヤードの作業は，前工程である連鋳または分塊工場から未手入の状態のスラブを受入れてから，スカーフィング手入，検査，山積，加熱炉，

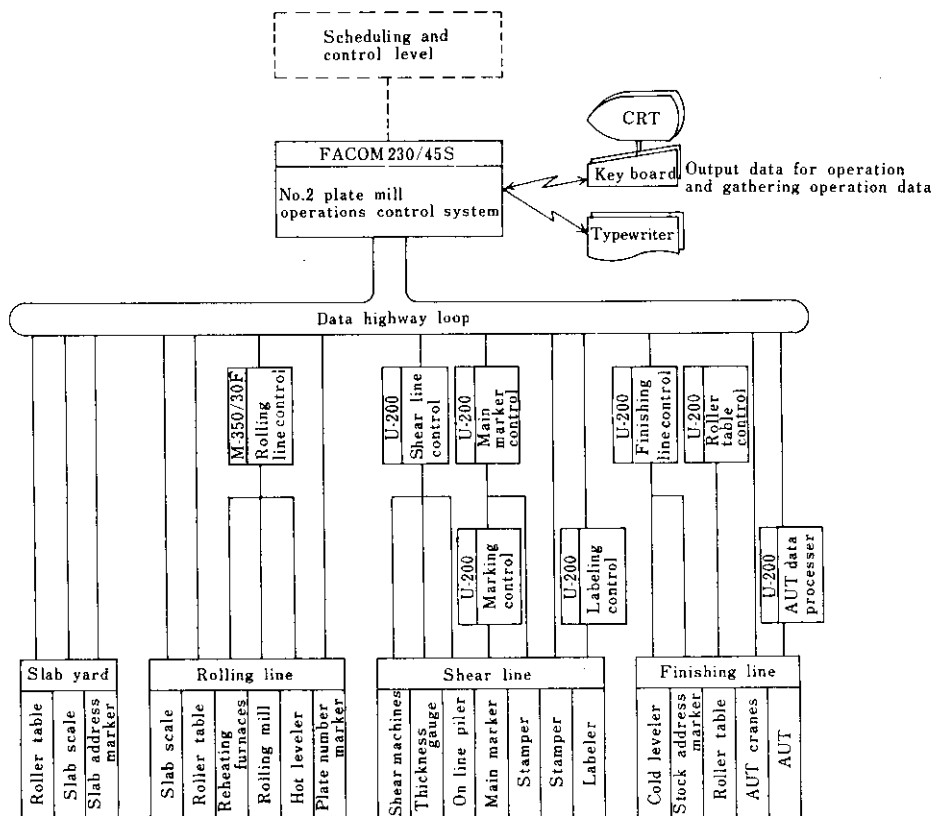


Fig. 3 Schematic diagram of operational level

への装入順位の決定、加熱炉装入の順で行われる。この間トータルシステムではスラブ1本ごとにトラッキングする。すなわち、手入ライン上で手入されたスラブをスラブスケールで秤量し、結果はコンピュータに自動入力する。自動合否判定後、合格スラブはスラブ寸法、圧延ロールチャンス、装入予定の加熱炉番号から山番を決定し、搬送テーブル上で自動表示する。表示完了後の現品は、所定位置までテーブル搬送され自動停止する。このスラブの情報は天井クレーンに搭載した端末機に表示され、クレーンマンに伝えられる。クレーンマンはこの表示と現品のマーキングを照合し、玉掛なしでスラブを所定の番地へ移動させることが可能である (Photo. 1 参照)。



Photo. 1 General view of slab yard

5・3・2 加熱・ミルライン

加熱炉の入側からクーリングベッド入側までの加熱・ミルラインは、一つの計算機システムで制御される。当面半自動としているミル廻りのテーブル以外のすべてのテーブルをこの計算機で完全自動制御している。

また、加熱炉装入時のスラブセンタリング、ブッシュストローク、抽出側のエキストラクタストローク、デスケリングヘッドの設定、ミル圧下APC (Automatic position control)、レベラ APC、クーリングベッド装入ストロークなどの主要機能もすべて計算機制御にまかせている。

とくに、この圧下制御の方式は当所で独自に案出した数式モデルによるものであり、板厚偏差の少ない鋼板の製造を可能にした。

このようにオペレータの作業負荷を大幅に軽減



Photo. 2 Operation room of finisher

することにより、従来の工場でよく見受けられる加熱炉出側運転室の計器類を加熱炉入側運転室に、またレベラ運転室の計器類を仕上ミル運転室 (Photo. 2 参照) に設置し、加熱炉出側運転室の無人化およびレベラ運転室の廃止による完全無人化を達成した。

5・3・3 シャライン

鋼板をクーリングベッドから抽出し、倉庫へ搬入するまでの各工程を Fig. 4 に示す。

この間、鋼板のテーブル搬送はオペレータの介入する検査工程をのぞいて完全自動化した。

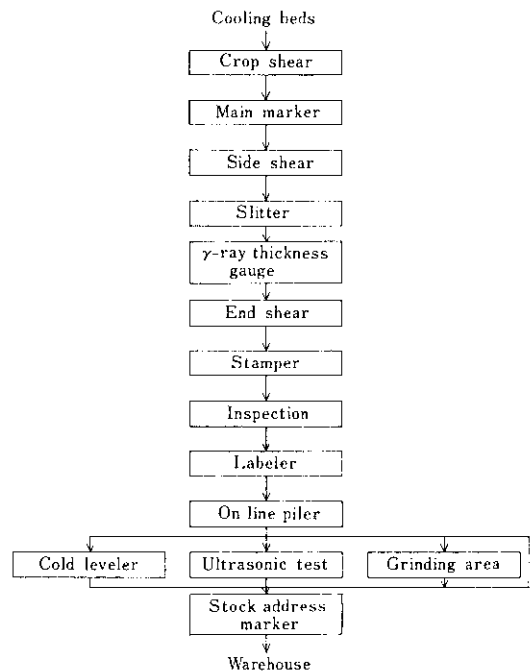


Fig. 4 Process of shear line in No.2 plate mill

鋼板の自動搬送は、100mm 搬送することによりテーブル駆動モータからパルス信号をプロセスコンピュータへ入力し、鋼板の位置検出器の信号と照合チェックする方式をとり、搬送精度の向上を図っている。この結果、鋼板の位置とテーブルの起動停止は完全に対応がとれ、鋼板裏面のすりきずが皆無になり品質向上に寄与した。

また、搬送テーブルの完全自動化はシャライン全体の自動化に大きく貢献している。

すなわち、採寸作業を不要にするメジャリングロール併用の切断方式を実現したのをはじめ、各シャではナイフギャップなどの設定、クロップシャ、エンドシャでは切断の長さの送り量なども自動設定させ、オペレータはブラウン管表示端末機 (CRT) に表示される情報のみを確認して起動操作をすればよい方式をとっている。

このように機器の自動化に合わせて、クロップシャでは最終切断の長さを自動入力し、鋼板の合否判定を行い、長さが不足するときは寸法変更して以降の工程を流すロジックも持たせている。

表示、打刻、ラベル貼付の工程では、それぞれ製品表示機、製品打刻機 (Photo. 3 参照)、ラベル貼付機を設置し、鋼板の自動搬送と同期をとり無人化している。

これらの自動機器はいずれも2ヘッドを持ち、片方の機器が故障したとき、他方が肩替りするようソフトウェア的に完備させている。

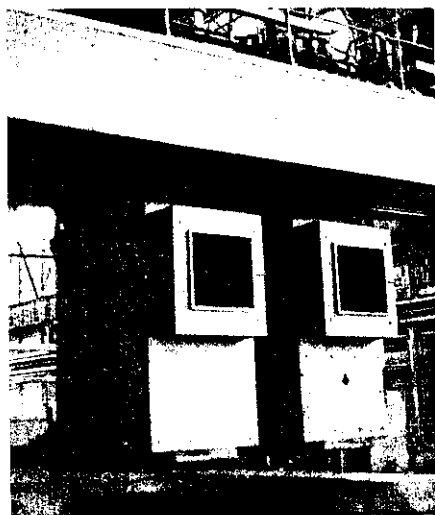


Photo. 3 Stampers

5・3・4 検査工程

ライン上での検査項目には寸法、外観がある。厚さは γ 線厚さ計の走間測定値、幅はサイドシャ、スリッタの剪断設定時のフィードバック値、長さはエンドシャにおいてメジャリングロールによる測定値をそれぞれとっている。これらの実測値はすべて自動入力され、合否判定結果とともに管理レベルでの解析の元データとなっている。

外観検査は目視検査に頼っているが、合否の判定結果と発生欠陥の種類はキーボードからオペレータが入力する。

このようにして、検査を完了した鋼板のうち合格品に対しては、この段階で倉庫の置場 (山番) を自動決定する。

5・3・5 精整ラインおよび倉庫

精整ラインにはオンラインパイラ、コールドレベラ、超音波探傷、手入トランスファなどの各設備があるが、その間の搬送テーブルはシャラインと同じようにすべて完全自動化を図っている。

オンラインパイラは、連続して流れる鋼板のうち倉庫の同一番地 (山番) に積載するものを倉庫の天井クレーンのハンドリング能力をできるだけあげるため、前もってパイリングしておく設備であり、パイル枚数の設定、トラッキングは自動化している。

コールドレベラでは、圧下量、傾動量の自動設定を行いオペレータの作業負担を大幅に削減し、1名のオペレータで矯正作業、横持ちクレーンの運転を兼務させている。

また、品質保証機器としての超音波探傷装置は、前後の横持ちクレーン、搬送テーブル、探傷作業から探傷結果の1次合否判定までを自動化し、オペレータの役割は鋼板の優先順序の決定と最終の合否インプットの作業のみに軽減されている。

これらの各工程を通過した鋼板は、1枚あるいは数枚のロットにパイリングされた状態で倉庫へ搬送されるが、倉庫入側運転室のオペレータによってCRTで指示された鋼板と現品の照合確認が行われる。確認が終了するとオペレータの確認キーにより自動発番された山番が倉庫山番表示機で表示され、鋼板は所定の倉庫棟まで自動搬送され、

倉庫トランスファの自動シフトでトランスファ上に仮置される。天井クレーンのオペレータは、トランスファ上の鋼板表面に表示された山番を確認して所定の番地に搬送するので合図者は不要である。

6. システムの特徴

6.1 ソフトウェア関係

(1) ミルモデル

今回、当所で独自に案出した数式モデルであり、スキッドマーク対策が生んだ成果である。

すなわち、従来の平均板厚制御方式にかえて1点制御方式を採用した。

これはロックオン方式の AGC をもつ圧延機に最適な制御方式であり、ロックオンする部分の厚さのみを本システムにより制御し、以後は AGC 機能にまかせる方法である。

したがって、圧延荷重の予測式にはロックオン点のみの厚さ、幅、温度などが入力され、スキッドマークの大きいスラブでも厚さ精度を向上させることができた。

(2) 搬送テーブルの自動運転の精度向上方式

搬送テーブルの全自動化とシャなどの機器制御に際しては、鋼板の停止精度と作業能率の向上が最も重要である。

テーブルの自動運転の機能として必要な実際位置の把握を、単なるセンサーによるテーブル1セクション単位のゾーンで行うのではなく、制御対象となる全体を100mmピッチの細かいインクリメントに分割し、テーブルモータからのパルス信号によって鋼板の位置を確認する。

このため、同一テーブルセクション上に数枚の板を入れることも問題なく実施でき、作業能率の阻害も生じない。

(3) 圧延後の長さ不足鋼板の処理法

命令歩留まりを限界まで上げると、スラブ実重のバラツキ、スラブの形状、圧延精度のバラツキなどの要因が重なり、鋼板の長さ不足を発生しやすい。長さ不足は、クロップシャの時点で確認できるが、この結果を製品表示機、製品打刻機などの自動化機器や搬送テーブルの自動搬送の制御に

反映させ、合格品と同様にオペレータの介在を不要にした。パイプ素材などの長さの許容値が大きい場合にこの処理がとくに有効である。

(4) 障害時のクイックリカバリ

作業レベルのリアルタイム情報処理システムでは、ソフトウェア原因による障害の場合、長期のシステムダウンとはせず、該当プログラムのみの走行を禁止し、ほかのプログラムを迅速に回復させる自動クイックリカバリ方式を案出し、稼働当初から99.9%以上の稼働率を維持している。

(5) ファイルの統合

従来のシステムでは、計画、管理レベルで使用されるファイルとして、オーダファイル、命令ファイル、試材ファイル、出荷ファイルなど9種類のファイルを個別にもっていたが、今回開発したトータルシステムでは、これらのファイルをデータベース化指向のため統合しファイル更新作業の一元化を図った。これによりファイル資源の節約、データ精度の向上など大きなメリットをあげることができた。

6.2 ハードウェア関係

(1) コンピュータシステムの信頼性の向上

コンピュータのハードウェアの故障がある確率で発生することは避けられない。今回のトータルシステムの故障は生産阻害に直接大きな影響を与えるので、リアルタイムシステムでは、複式にするかあるいは数台に対し1セットの予備機をもたせている。

(2) クレーン搭載の特殊機器群

第2厚板工場のスラブヤードにおいては、天井クレーンにプラズマディスプレイ方式の表示器を端末機として採用している。また、天井クレーンからは誘導無線で地上設備であるスラブ搬送テーブルの遠隔運転方式を採用、地上オペレータの省力を図っている。

(3) 端末オペレーションの監視モニタ

オペレータが操作するCRTのキーボードの誤操作は、システムの規模が大きいために被害も大きいと心配される。

第2厚板工場ではこの対策のためコンピュータ室にオペレーション監視用モニタとしてCRTを1台設置し、切替操作ひとつでどのCRTの操作

Table 2 Computers for plate production total control system

	Computer (maker)	Memory equipment	Terminal
Central computer	UNIVAC-1110 (UNIVAC)	Main memory: 524K words Tape unit: 12sets Disc: 19M words×24sets Drum: 2 100K words×3sets	CRT: 8sets Printer: 8sets
No. 1 plate mill	NEAC 2200-500 (Nippon Electric)	Main memory: 512K characters (duplex) Tape unit: 15sets Disc: 9M characters×12sets Drum: 2 600K characters×2sets	CRT: 26sets Typewriter: 30sets
	PRODAC-550 (Westinghouse)	Main memory: 20K words Drum: 65K words×1set	Typewriter: 3sets
No. 2 plate mill	FACOM 230-45S (Fujitsu)	Main memory: 384K bites (duplex) Tape unit: 8sets Disc: 100M bites×4sets	CRT: 32sets Typewriter: 27sets Card reader: 3sets Crane terminal: 3sets
	MELCOM 350-30F (Mitsubishi Electric)	Main memory: 48K words Drum: 512K words×1set	CRT: 7sets Process I/O point: 1 750
	FACOM U-200 (Fuji Electric)	Main memory: 32K words×1set 24K words×3sets 32K words×1set (spare)	Process I/O point: 8 012

をも監視できるようにした。

(4) データハイウェイによる伝達方式

センターと工場間の距離は約 4km あり、経済性と伝送効率を考慮して電話回線用の PCM (Pulse code modulator) 方式を採用し、信頼性を考慮して 2 重ループ式とした。

7. システムのコンピュータ仕様

コンピュータのハイアラキについては前に記しているの、ここでは第 1 厚板工場も含めた厚板システムの機器の主な仕様を Table 2 に示す。

8. 結 言

この報文では、第 2 厚板工場トータルシステムの機能と特徴を重点に記したが、このシステムの

中には水島製鉄所における厚板以外の他品種の生産管理システムの利用技術を性能、コスト、信頼性などについて比較検討して採用してきたところも多い。

システムの開発は約 2 年と極めて短期間であった。この陰には効率的な言語の採用とプログラムのモジュール化があった。

この高度で大規模なシステムを今後とも高いレベルに維持していくには、諸条件の変化に柔軟に対処していくとともに常に経済性評価を行い、システム運営の適正化を図っていく必要がある。

最後に、当社とともにこのトータルシステムの完成に御協力いただいたコンピュータ・メーカー、機器製作メーカーの各社に対し心から感謝の意を表します。