

技術トピックス

厚板製造における自動操業技術の確立*

柳沢 忠昭**・三芳 純**

Development of Full-automated Plate Production System

Tadaaki YANAZAWA and Jun MIYOSHI

昭和 51 年 3 月稼動した水島製鉄所第 2 厚板工場は、労働生産性の向上、品質の向上などをめざして、生産管理システム、作業情報システム、自動運転システムの一元化および各種自動省力機器の開発・導入をはかり、オペレーターの役割を総合監視と異常の処置のみに限定した、いわゆる「ノーマン・コントロール」化された工場である。現在、所期の目的どおりの順調な操業がなされている。このたび、この「自動操業の確立」に関して、「昭和 51 年度大河内記念生産特賞」受賞の栄誉に浴した。ここに、その概要を紹介し、参考に供したい。

1. 自動操業の必要性

本来、厚板製造の特質として、注文生産が原則でありまた、用途上からも、一品ごとに寸法、仕様が異なつていて、従つて、製造面においても、工程管理面においても、一品一葉単位で処理しなければならず、そのため、多くの操業要員を投入し、しかも、その熟練された技能および特有のきめ細い管理に依存する傾向があり、これが、ホットストリップ工場などに比べて、著しく労働生産性が劣る主因といえる。このことは、逆に、厚板工場へのコンピューターや自動省力機器の導入が、非常に有効であるといえる。我が国の厚板工場では、各社とも、この点に着目し、これらの開発・導入に積極的に取り組み、ここ数年間の進歩はめざましいものがある。しかしそれらは、いずれも部分的なものであり、未着手部分も多く、「少ない要員で、生産能率の高い、安定した操業」を実現し、究極の目的であるコスト低減を飛躍的にはかるためには、工場全体にわたる自動操業が不可欠のものである。

1.1 生産能率の向上

この厚板圧延機は表 1 に示すとく、超広幅の強力かつ高性能なものであり、 $64''\phi$ の UO パイプ素材の供給が可能な、いわゆる、コントロールド・ローリングに適した圧延機である。この能力を最大限有効に使用すれ

ば、従来ミルの 1.5 倍の能率アップとなるが、これらのコントロールは熟練者の限界を越えるものであり、熟練者特有のきめ細かさを兼ねそなえたコンピューターによる自動制御によって、はじめて、その高能率圧延が可能となる。また、当然のことであるが、圧延機の前後設備である加熱炉周辺および剪断・精整ラインについても、高能力化・高速化が要求され、必然的に、自動操業が不可欠となつてくる。さらにスラブヤードから倉庫に至る工程・納期管理についても、一品一葉のものを多量に精度よく処理するためには、自動運転システムと有機的に結びついた管理システムが必要である。

1.2 省力化

近年、我が国における賃金の上昇、労働者不足の傾向は著しく、製造コストに占める労務費の比率は増大してきており、特に、厚板工場では、労働集約的な作業（例えば、採寸・表示・刻印作業、検査作業、各ヤード管理作業、ハンドリング作業など）が多く、これらの手作業を個々に機械化し、自動化してゆくことによつて、大幅な省力が可能となる。

1.3 品質・歩止の向上、その他

厚板歩止は、過去 10 年間で約 10% の著しい向上がみられているが、これは、素材設計をはじめとして、圧延機の制御などに、各社がコンピューターを導入し、追求してきた成果である。厚板歩止向上の要因として、板厚精度（板内および板間）幅出し精度、平面形状制御、温度補正を含めた剪断精度などがあるが、自動操業の確立による精度向上により、さらに、歩止向上の余地がある。

表 1 仕上圧延機仕様

ワークロール寸法	$1200 \text{ mm} \phi \times 5490 \text{ mm}$
バックアップロール寸法	$2400 \text{ mm} \phi \times 5390 \text{ mm}$
ハウジング単重	380 t
主電動機容量	8 000 kW × 2
圧延速度	3.14/7.54 m/s
最大圧延圧力	8 000 t (瞬時 10 000 t)
ミル常数 (キスロール)	1 200 t/mm

* 大河内記念生産特賞受賞 昭和 52 年 5 月 12 日受付 (Received May 12, 1977)

** 川崎製鉄(株)水島製鉄所 (Mizushima Works, Kawasaki Steel Corp., 1 Kawasaki-dori Mizushima Kurashiki 712)

る。また、人手作業を機械化、無人化することにより、人為的なミスの解消、表示・刻印などの美麗度の向上、不安全作業の解消などの効果も大きい。

2. 開発の経緯

この自動化システムは、昭和42年に稼動した水島第一厚板工場において、長年にわたり開発してきたものを基盤として、発展・総合化したものである。オーダーエントリー処理からはじまり、素材設計、工程計画、品質情報処理、出荷処理にいたるまでの生産管理のコンピューター化、プラウン管表示器（CRT）ターミナルなど、ライン各所に配置したリアルタイム作業情報システムの開発、圧延機のコンピューターによる自動圧延制御および自動板厚制御（AGC）の導入など、いずれも厚板業界では、はじめてのものであり、当時では画期的なものであつた。その後10年間にわたつてこれらを充実・拡大させ、省力、生産能率・品質の改善に大きく貢献してきた。しかし、作業情報システムが直接機械を操作するものは、圧延機など極く一部分に限られ基本的には、CRTなどに表示されたリアルタイムの作業情報をもとに人手により機械を操作するものであつた。さらに、各種マーキングやラベル貼付をはじめとする機械化されていない人手作業が多数存在し、ローラーテーブル、トランスファー、クレーンなどによるスラブや鋼板の搬送も、目視による手動操作でおこなわれており、理想像であるノーマンコントロールをめざすには、数段の飛躍が必要であつた。このため、レイアウトや設備自体も、全自動操業を前提に設計を進め、すでに開発

されていた技術のレベルアップと、未解決であつた多数の新規課題の開発、さらに、これらの技術の総合化、信頼性の向上を強力に推進してゆき、完成するにいたつた。具体的な計画をはじめてから、完成するまで、わずか 26 ヶ月という短期間の建設であつたが、第 1 厚板工場で蓄積した技術と関係メーカー各位の努力により、全自动操業を確立することができた。

3. 自動操業システムについて

図1に第2厚板工場のシステム構成を示す。まず、本社よりオーダーを受理し、素材設計、工程設計をおこない、製鋼・分塊・厚板の各工場に対して製造命令をだす生産管理システムがある。つぎにこの命令をうけて、データーハイウェーを経由し、各厚板製造現場へ、タイミングよく作業実行指令をだすリアルタイム作業情報システムがあり、この指令は、現品と同期しており、製造設備を制御操作しているプロセスコンピューターとリンクされている。これにより、人手を介さず、設備の操作がなされている。また、この作業情報システムは、常に、各プロセスコンピューターや自動化機器から実績情報を受けていて、直ちに、次工程指令へ反映させ、各作業の状況変化に対応するとともに、品質管理・工程管理に必要な情報を生産管理システムにフィードバックしている。

これらのシステム群と多数の自動省力機器があいまつて、全自动操業を構成しており、これがこの工場の特徴であるが、その代表的なものを以下に紹介する。

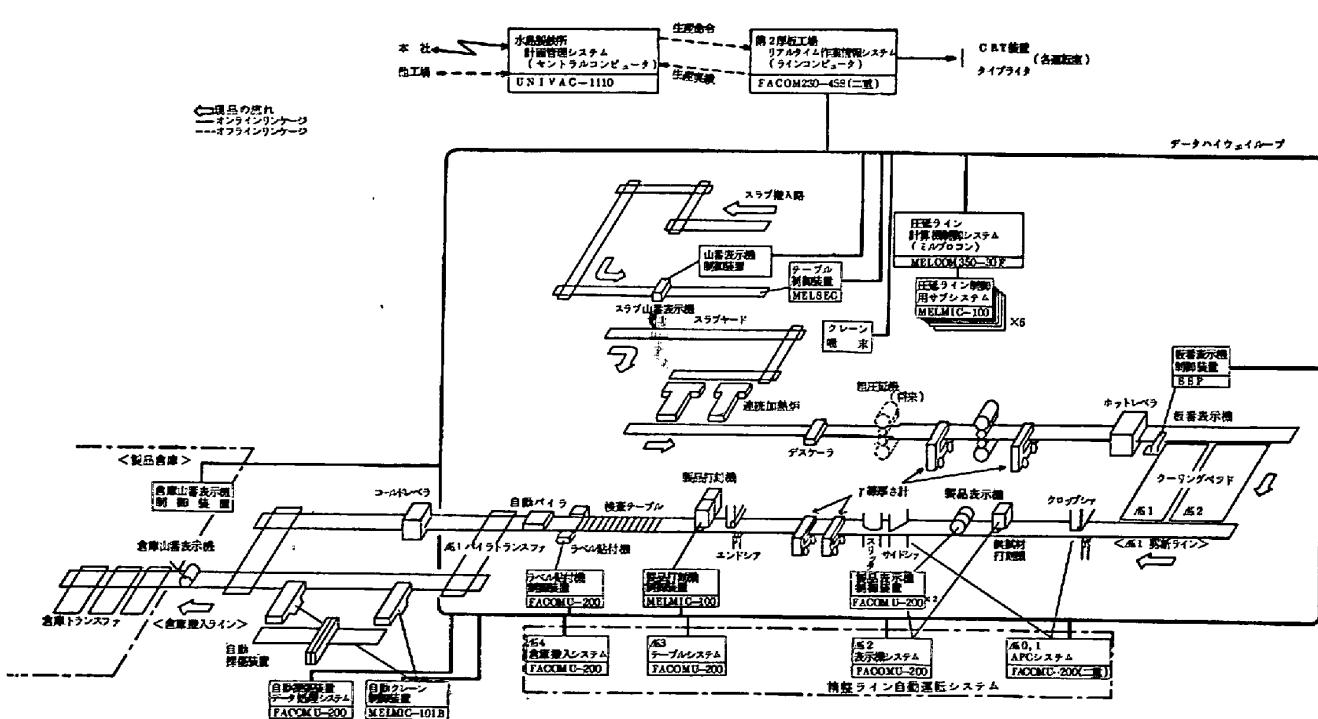


図 1 第2厚板工場システム構成図

3.1 剪断ライン鋼板搬送の完全自動化

従来、剪断ラインの自動搬送は、多数の鋼板検出器を配列する方式で、試みられてきたが、ラインの一部分に限られ、しかも、シャーなど機械前後のように、精度や能率に影響の大きい個所では、人間の目視による運転の方がすぐれており、検出器の信頼性にも難があつたため全ラインの自動搬送化は難かしいものとされていた。第2厚板工場では図2の概念図に示すとく、ローラーテーブルと直結したパルスジェネレーターからの信号により、鋼板の位置を常にコンピューターのメモリー上に記憶するデジタルトレース方式を開発・実用化した。

1 mm/パルスの精度で記憶させ、ラインおのの個所・場面で必要に応じた精度で搬送・停止制御をおこなう、高精度、高能率の自動搬送システムである。この方式の利点として、要員削減はもちろんのことであるが、以下の点を挙げることができる。

(1) 精度よく位置検出しているため、テーブル上の鋼板の間隔をきわめて接近させることができ、ラインの有効使用が可能となり、また 120m/min という従来の 2倍の高速搬送が可能となり、能率が向上する。

(2) コンピューターを使用しているので、他の自動化システムとの結合が容易である。

(3) オーバーランなどによる鋼板裏面のスリ痕が皆無である。

(4) タイミングよく、必要な時間だけ、連続的に一方向のみに作動するので、電力使用量、機械のメインテナスの面で有利である。

(5) 機能の修正に際して柔軟性がある。

3.2 省力機器の開発

省力機器は、単に能率アップ、人員削減ばかりでなく重筋作業、汚れ作業、単調作業からの開放、直接、製品などに作業しないことによる安全性の向上、人為的ミスの絶滅、明確性の向上、美麗度の向上などの利点がある。この工場では、図1に示すとく、スラブ山番表示機、ホットレベルマーキング装置、測長搬送による採寸作業の廃止、供試材打刻機、製品表示機、製品打刻機、ラベル貼付機、自動探傷装置、倉庫山番表示機、サイドシャー端板結束装置などが開発、導入されている。これらはすべて、今回、新規に開発されたものではないが、処理能率、コンピューターとのリンク、信頼性などの面で、大幅に改良され、全自动操業に大きな役割を果している。

3.3 圧延機形状制御

圧延機の計算機制御については、昭和42年第1厚板工場に導入されて以来、幾多の改良がなされ、実用化されているが、今回は、ロールの熱膨張や摩耗、圧延中の鋼板の形状なども制御モデルに組み込み、より精度の高いものになつていている。さらに、一般的におこなわれているクラウン比率一定の原則にもとづくパススケジュール

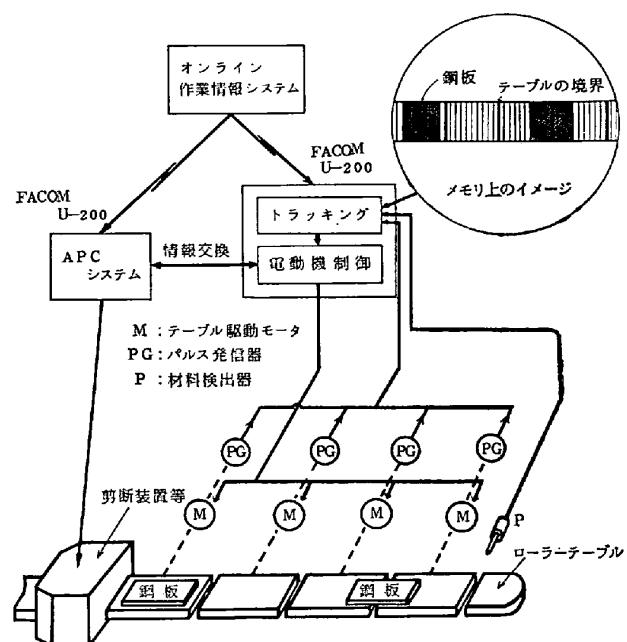


図2 剪断ラインの全自动鋼板搬送

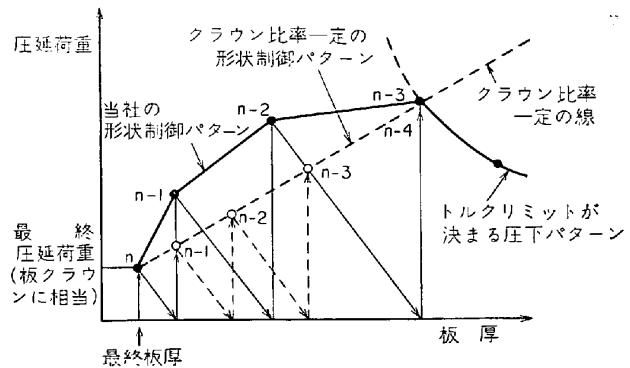


図3 パススケジュール決定方式

決定方式ではなく、図3に示すような形状制御段階での途中パスを最大にとることのできる決定方式を開発・実用化した。その結果、高能率でしかも、プレートクラウンの小さい鋼板の圧延が可能となつた。

3.4 ヤードの自動管理

スラブヤード、製品倉庫ヤードをはじめとして、各ヤードの工程中の鋼板の管理は、一品一葉管理の必要な厚板工場にとって、重要であり、このために、ハンドリングや置場管理に多数の要員が必要であり、また、管理精度にも限界があつた。第2厚板工場では、これらのヤード管理をリアルタイム作業情報システムの管理下におき最も適正な置き場をコンピューターで決定し、マーキング装置や、自動制御されているおのの機械と有機的に結合させる方式とした。これにより、要員削減、有効使用によるヤード面積の縮少などが可能となつた。また一品一葉の管理が正確に迅速になされているため、より精度の高い納期管理、工程管理となつている。

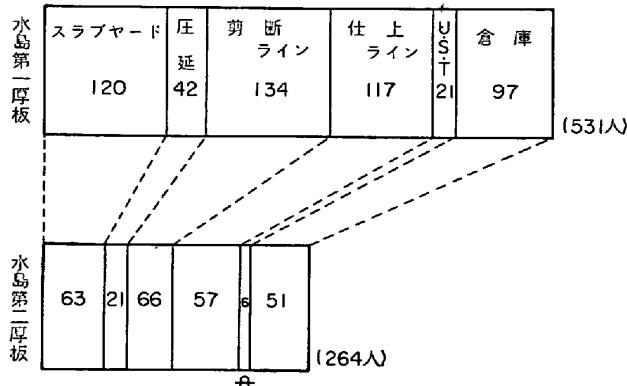
表2 寸法精度

		第2厚板		第1厚板	
		\bar{x} (mm)	σ (mm)	\bar{x} (mm)	σ (mm)
板厚精度	板幅 ≤ 3000 mm	0.032	0.086	0.080	0.135
	板幅 ≤ 4000 mm	0.067	0.096	0.085	0.150
	板幅 ≤ 5000 mm (実際厚—目標厚)	0.060	0.109	—	—
剪断精度	クロップシャー	0.6	0.6	—	—
	サイドシャー	1.2	0.5	1.5	1.0
	エンドシャー (実測値—設定値)	2.2	0.8	3.4	2.3

表3 注文歩止推移

昭和52年1月	90.6%
2月	90.4%
3月	91.0%

注) 注文歩止 = $\frac{\text{全1級製品重量}}{\text{全素材重量}}$



注) 協力会社を含む直接作業員 (3直) 第1厚板は第2厚板範囲での3直換算値

図4 操業要員比較

4. 操業状況

稼動後1年余経過しているが、オイルショック以来の不況による需要減により、いまだフル操業していないのでその真価を十分発揮するまでに至っていないが、最近の実績を紹介する。

4.1 操業要員

図4に示すごとく、第1厚板工場に比べて、約50%の要員で操業しており、全自動操業の著しい成果である。

4.2 寸法精度の向上

表2に最近の圧延・剪断の寸法精度を示す。バラツキの少ないのが特徴である。

4.3 歩止の向上

精度の向上および不合格率の低減により、表3に示すように、注文歩止も高いレベルにある。品種構成により変動はあるが3月の91.0%は現時点で世界最高の値である。

以上に、全自動操業のあらましを述べたが、この確立した技術を基盤として、さらに高水準のレベルアップ項目がみいだされつつあり、いま以上の成績向上が期待できる。