

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」受賞の荣誉に浴した。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、仕様が異なっている。従って、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 に示すごとく、超広幅の強力かつ高性能なものであり、64"φ 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つて、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、高能率化・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

表 1 仕上圧延機仕様

ワークロール寸法	1 200 mmφ × 5 490 mm
バックアップロール寸法	2 400 mmφ × 5 390 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 Kawasakidori Mizushima Kurashiki 712)



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の概念図に示すごとく、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。

1mm/パルスの精度で記憶させ、ラインおのおのの個所・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ため、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疵が皆無である。
- (4) タイミングよく、必要な時間だけ、連続的に一方方向のみに作動するので、電力使用量、機械のメンテナン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に示すごとく、スラブ山番表示機、ホットレベラーマーキング装置、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、全自動操業に大きな役割を果たしている。

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っている。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

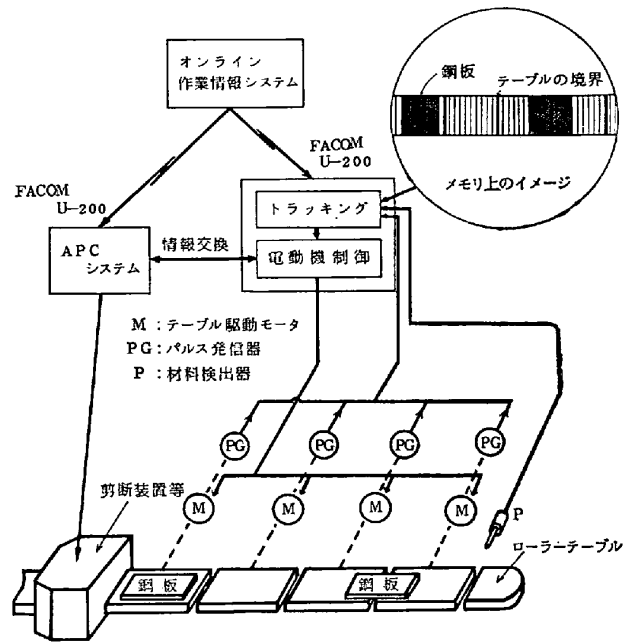


図2 剪断ラインの全自動鋼板搬送

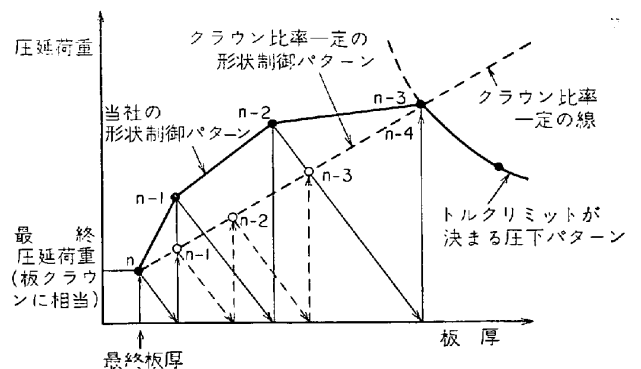


図3 パススケジュール決定方式

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小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)	$\sigma$ (mm)	$\bar{x}$ (mm)	$\sigma$ (mm)
板厚精度	板幅 ≤ 3 000 mm	0.032	0.086	0.080	0.135
	板幅 ≤ 4 000 mm	0.067	0.096	0.085	0.150
	板幅 ≤ 5 000 mm (実測厚—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	2.2	0.8	3.4	2.3
	(実測値—設定値)				

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 =  $\frac{\text{全 1 級製品重量}}{\text{全素材重量}}$

#### 4. 操 業 状 況

稼働後 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。

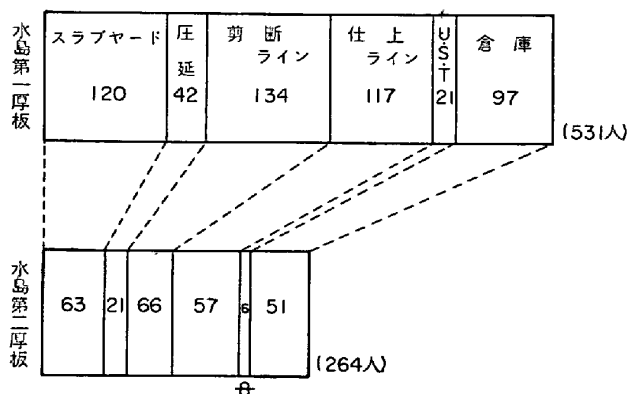
##### 4.2 寸法精度の向上

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だされつつあり、いま以上の成績向上が期待できる。



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