

## 技術資料

UDC 621.771.23.016.2

## 熱間圧延技術の進歩\*

和田 浩爾\*\*・乾 和夫\*\*・細見 紀幸\*\*

## Developments of the Hot Strip Mill in Japan

Koji WADA, Kazuo INTU, and Noriyuki HOSOMI

## 1. ま え が き

ホットストリップミルは 1926 年アメリカにおいて誕生し、日本では 1941 年日本製鉄戸畑に初めて設置された。その後日本の鉄鋼業の発展にともないその数も順次増加し現在ではわが国で 19 基のホットストリップミルが設置されている。とくに近年の自動車・家庭電機・建材などの急激な発展および需要増大はホットストリップの技術を著しく進歩させ、製品の品質向上および製品開発を喚起した。ホットストリップ生産量は現在年産 3300 万 t で熱間圧延生産量の約 50% を占めており、鉄鋼業における主力工場のひとつである。

鉄鋼業における最近の自動化は著しいが、ホットストリップミルはこれらの中でも最も自動化の進んだ工場であり最新の計測技術が使われている。また計算機によるプロセスの制御および生産管理・品質管理が徹底して行なわれている。以下に近年のホットストリップミルの進歩について若干の例をあげながら概説する。

## 2. レイアウト・製造工程

近年建設された代表的ホットストリップのレイアウトを Fig. 1 に示す。ミルのレイアウトは工場によつて多少異なるが、一般にスラブヤード・ミルヤード・精整ヤードおよび付帯設備（モータールーム・オイルセラー・ロールショップ・水処理設備など）より成つている。

製造工程としては分塊あるいは連続鑄造で生産されたスラブはまず熱延のスラブヤードに置かれる。スラブは作業指示に従つてスラブヤードから連続加熱炉へ装入され、所定の温度（約 1250°C）に加熱された後抽出される。厚み 100~300 mm のスラブはスケールブレーカ・粗圧延機を経て厚さ 20~40 mm のバーとなる。続いてクロップシャで頭部・尾部の切断を行ない、スケールブレーカで 2 次スケールの除去を行ない、仕上圧延機によ

つて製品厚み 1.2~16 mm まで圧延される。さらにストリップはランナウトテーブルで所定の温度まで冷却され巻取機で巻き取られる。巻取機より抜き取られたコイルは結束・マーキング・秤量などの一連の作業をコンベヤ上で行ないコイル冷却ヤードへ運搬される。冷却されたコイルは各精整工程あるいは冷延・鋼管工程で処理され最終製品となる。新しいミルも古いミルも製造工程としては上述の通りでありとくに大きな相異はない。近年のホットストリップミルの進歩は製造工程自身の進歩よりはむしろ以下に述べる設備の大型化・高速化および操業技術の進歩であるといえる。

## 3. ホットストリップミルの歴史と進歩

## 3.1 歴史

現在ホットストリップミルは世界でおよそ 150 基、日本では 19 基ある。(Table 1) 1941 年日本において初めて設置されたホットストリップミルは粗圧延機は 4 台で全連続式、仕上圧延機は 6 台、生産能力は年間約 100 万 t であつた。圧延機・巻取機などのおもな設備はほとんど輸入品であつた。

その後 1960 年までにわが国では 6 基のホットストリップミルが設置された。ほとんどのミルは粗圧延機が可逆式であり、PIW (幅 1 in. あたりのコイル重量 lbs) は 600 内外・仕上圧延機の最高速度は約 700m/min・生産能力は 200~250 万 t/年であつた。やはりこの時代はおもな機械類は輸入品であり、操業技術も主としてアメリカから導入したものであつた。

1960 年の前半は単一製鉄所の生産規模の増大にともなつてホットストリップミルの能力も向上し次々と新鋭ミルが出現した時代である。Fig. 2 に示すように 1960 年以降の PIW の増大および仕上圧延機最高速度の向上

\* 昭和48年5月10日受付

\*\* 新日本製鉄(株)君津製鉄所

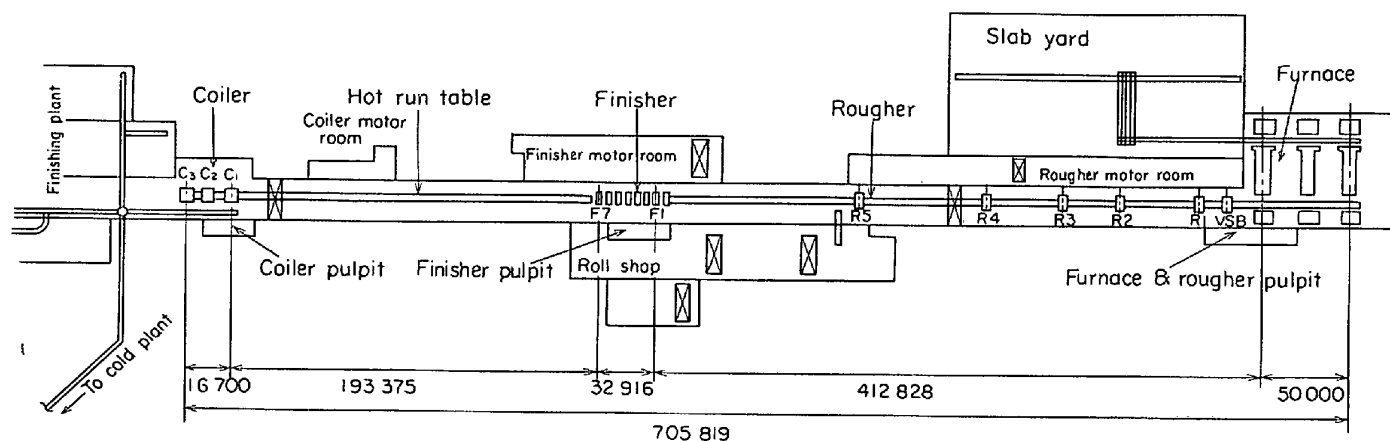


Fig. 1. A typical layout of the hot strip mill.

Table 1. Hot strip mill in Japan.

No.	ミル名称	稼動年月	ミル幅 (mm)	形 式	加 熱 炉	圧 延 機		コイラ
						粗	仕上	
1	八 幡 No. 1	1941. 9	1 157	全 連 続	P {65×3 70×1	4	6	2
2	広 畑	1942. 12	2 184	半 連 続	P {90×3 100×1 WB 120×1	2	6	2
3	呉 No. 2	1953. 3	915	全 連 続	P 60×2	4	7	2
4	室 蘭	1957. 9	1 420	半 連 続	P 90×4	1	6	2
5	千 葉 No. 1	1958. 4	1 422	半 連 続	P {130×1 150×2	1	6	3
6	八 幡 No. 2	1958. 10	2 030	半 連 続	P 120×4	1	6	3
7	京 浜	1959. 8	1 727	半 連 続	P 120×3	1	6	2
8	和歌山	1962. 4	2 032	半 連 続	P 200×4	2	6	3
9	名古屋	1963. 6	1 727	全 連 続	P 250×2 WB 250×3	5	6	3
10	千 葉 No. 2	1963. 8	2 032	全 連 続	P 250×4	4	7	4 (1)
11	堺	1963. 12	1 422	全 連 続	P 200×4	6	6	3
12	呉 No. 1	1965. 5	1 524	スリークォータ	P 180×3	3	6	2
13	福 山 No. 1	1966. 8	2 057	全 連 続	P 250×4	5	7	3
14	君 津	1969. 1	2 286	全 連 続	WB 300×3	6	7	3
15	鹿 島	1969. 1	1 780	全 連 続	WB 300×3	6	7	4 (2)
16	水 島	1970. 1	2 300	全 連 続	P 325×2	4	6	4 (2)
17	加古川	1971. 4	2 186	全 連 続	WB 360×1	2	6	2
18	福 山 No. 2	1971. 6	1 780	全 連 続	WB 300×2	4	7	2
19	大 分	1971. 11	2 286	スリークォータ	WB 350×2	4	7	2

(注) Pはプッシュャー炉, WBはワーキングビーム炉, コイラーの項の( )内は近接コイラー.

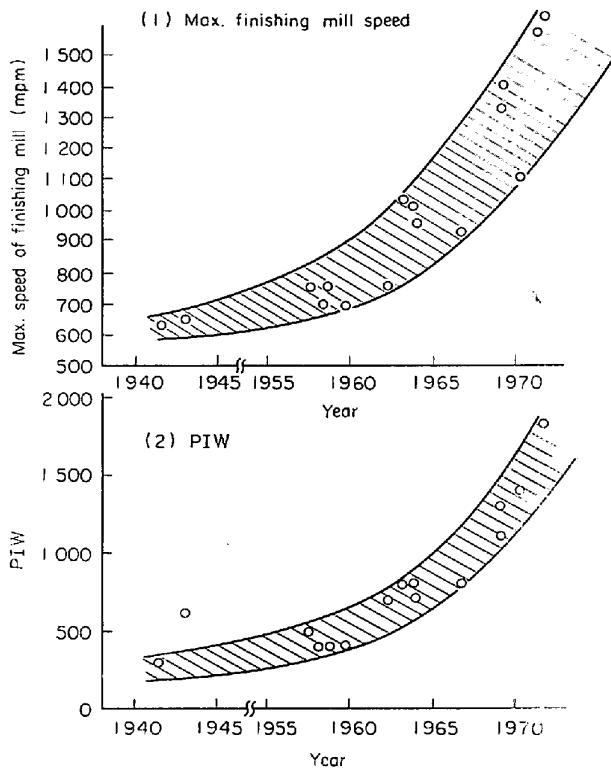


Fig. 2. Max. speed of finishing mill and PIW.

は著しいものがある。この時代には PIW は最高 800、仕上圧延機最高速度は約 1000m/min、生産規模は 300 万 t/年程度まで拡大した。仕上圧延機での加速、AGC (自動板厚制御) および計算機制御などの新しい技術が開発されたのもこの時代である。

1960 年後半アメリカ鉄鋼業が不振であったのに対し、日本では一層の設備拡大、増強が行なわれた。この期間に設置されたホットストリップミルは日本独自の特色を持つているものが多く、PIW は約 1500・仕上圧延最高速度は 1500m/min・生産規模は年間 400~600 万 t の能力を持つものまで出現した。またこの時代においてウォーキングビーム式大型加熱炉・粗圧延機のクローズドカップル・SCR を利用したモータ制御・計算機を利用した高度なプロセス制御および生産管理など新しい技術が次々と開発され実用化された。とくにこの時代より日本の圧延機メーカーが欧米のライセンスのもとに圧延機本体の設計・製作をはじめたことは日本独自の技術を作るうえで大きな意味があつた。

日本における各世代を代表するホットストリップミルの仕様を Table 2 に示す。

### 3.2 圧延能力の向上

前述したごとくホットストリップ単一ミルとしての能力は過去 10 年間に 300 から 500 万 t/年と 1.5 倍以上に向上し、また生産高は Fig. 3 に示すように約 3 倍

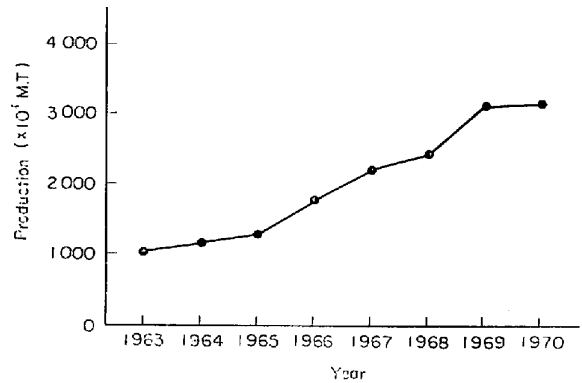


Fig. 3. Production of the hot strip mill in Japan.

に急増した。これは時間当たりの生産量 (T/H) の向上と圧延時間の増加 (すなわち休止時間の減少) があつたためである。t/hr の向上要因としては次のようなものがある。

- (1) 圧延速度の向上
- (2) PIW の増大
- (3) ミル幅の拡大
- (4) 加熱能力の増大

圧延速度の向上はミルモータの容量増大・モータの制御方式の改善・ミルの加速技術によつて達成された。PIW の増大は大型鋼塊の開発・分塊圧延機の強力化および連続鑄造材の出現などによる。またミル幅の拡大は広幅製品の需要増大・幅倍尺圧延技術の開発によるものである。加熱能力の向上は圧延能力の増大に従い大型加熱炉が開発されたものであり最近の大型加熱炉はほとんど過去のプッシュ式よりウォーキングビーム方式に変わつて

いる。

- 一方圧延時間の増加としては次のような要因がある。
- (1) 設備故障減少による休止時間の減少 (故障頻度および復旧時間)
  - (2) 半成率の低減による休止時間の減少 (発生率および処理時間)
  - (3) ロール組替時間の減少 (組替頻度と組替時間)
  - (4) 定期修繕時間の短縮 (周期と修繕時間)

ホットストリップミルは連続ラインであるためラインのどこか 1 個所でも故障するとミル全体を止めなければならないことおよび部品の数が非常に多いこと (10<sup>6</sup> 個のオーダー、これは宇宙ロケットの部品の数に相当する) のため、工場の稼働率を高く維持することが非常にむずかしい。設備故障による休止時間を減少させるには機器の信頼性および整備性が重要であり、近年の機械・電気・エレクトロニクスの総合的技術ポテンシャルの向上がわが国のホットストリップミルの稼働率 (生産能力) を向上

Table 2. Specification for the hot strip mill in Japan.

Mill		A		B		C	
Year built		1941		1962		1969	
Mill size & type		43'' cont.		80'' semi-cont.		90'' cont.	
Slab PIW		355		890		1 180 (future : 2 000)	
Coil size mm		(1.2~9.5) × 945		(1.2~12.7) × 1 848		(1.2~16.0) × 2 180	
Furnace	type	3-zone, pusher		5-zone, pusher		9-zone, walking beam	
	t / h	65 t / h × 4		200 t / h × 4		300 t / h × 3 (future 5)	
Rougher		WR dia. BUR dia.	Motor cap.	WR dia. BUR dia.	Motor cap.	WR dia. BUR dia.	Motor cap.
	scale breaker	686 φ mm	590 kW	1 145 φ mm	609 kW	1 210 φ mm	1 500 kW
	R <sub>1</sub>	910 φ mm	1 850 kW	920 φ mm 1 381 φ mm (Rev.)	6 000 kW	1 280 φ mm	3 750 kW
	R <sub>2</sub>	〃	〃			〃	6 000 kW
	R <sub>3</sub>	855 φ mm	2 200 kW			1 170 φ mm 1 630 φ mm	8 500 kW
	R <sub>4</sub>	〃	〃			〃	10 000 kW
	R <sub>5</sub>	—	—			〃	10 000 kW
Finisher	F <sub>1</sub>	545 φ mm 1 144 φ mm	2 600 kW	706 φ mm 1 381 φ mm	4 450 kW	812 φ mm 1 632 φ mm	11 250 kW
	F <sub>2</sub>	〃	2 800 kW	〃	4 450 kW	〃	11 250 kW
	F <sub>3</sub>	〃	2 800 kW	〃	4 450 kW	〃	11 250 kW
	F <sub>4</sub>	〃	2 600 kW	〃	4 450 kW	762 φ mm 1 632 φ mm	11 250 kW
	F <sub>5</sub>	〃	2 200 kW	〃	4 450 kW	〃	11 250 kW
	F <sub>6</sub>	〃	2 200 kW	〃	4 450 kW	〃	8 430 kW
	F <sub>7</sub>	—	—	—	—	〃	5 620 kW
Housing post area (F-mill)		310 000 mm <sup>2</sup>		640 000 mm <sup>2</sup>		731 000 mm <sup>2</sup>	
A. G. C		—		— (1966, F <sub>2, 3, 4, 5</sub> )		F <sub>1~7</sub>	
Computer control		—		— (1968, HITAC 7250)		TOSBAC 7 000	
Max. strip speed		620 mpm (F <sub>6</sub> )		750 mpm (F <sub>6</sub> )		1 400 mpm (F <sub>7</sub> )	
Descaling pressure		55 kg/cm <sup>2</sup> (1967, 107 kg/cm <sup>2</sup> )		110 kg/cm <sup>2</sup>		155 kg/cm <sup>2</sup>	
coiler	type	8 W. R-fixed		2 W. R-fixed		3 W. R-retractable	
	pinch roll	112 kW		150 kW		570 kW	
	mandrel	225 kW		280 kW		1 000 kW	
	coil inner dia.	762 mm		762 mm		762 mm	
	coil outer dia.	1 400 mm		1 780 mm		2 600 mm	

させたといえる。

半成率の減少については設備の機構的な改善と操業技術の向上がある。とくに近年プロセス計算機によつて圧延機の設定が自動化されたことは半成率の減少に役立つている。

ロール組替は 1960 年代初期までは工場クレーンとポーターバを使つて行なわれていたため 1 回の組替に約 40 min を必要としていたが、自動ロール組替装置の出現により最近では約 6 min でできるようになった。また 1 スケジュール圧延 t 数（ロール組替からロール組替までの圧延 t 数）についてもロール材質の向上およびロール冷却方法の改善などにより大幅に向上している。

定期修繕についても 1960 年代ごろまでは週ごとに 16～24hr を費していたが、最近では 10日ごとに 12～16 hr 程度に短縮されている。

### 3.3 操業技術

時代の発展にしたがつて新しいミルが建設され、これらは設備的に強力なものであり大きな生産能力を持つものであることは前節で述べた。一方旧ミルについても時代とともに設備改造が行なわれており、どのミルも建設時に比べ現状のミル能力は大幅に上回っている。たとえば操業成績の指標である T/H・作業率・圧延歩留・半成率について 1950 年代に建設されたあるミルの過去 10 年余りの進歩をみると、T/H は 270 から 370 へ作業率は 72% から 85% 以上へ、圧延歩留は 97.0% から 97.6% へ、半成率については実に 0.7% から 0.2% 以下へと大幅な進歩を示している。

原単位としては燃料が  $50 \times 10^4$  kcal/t、電力は 80kWh/t、ロールは 0.7 kg/t が最近のレベルであり設備の改善・操業技術の向上により著しい進歩のあとが見られる。

日本鉄鋼協会の主催による国内鉄鋼メーカーのホットストリップ関係者が年 2 回会合を持ついわゆるホットストリップ分科会が 1964 年より発足し、各ミルの操業成績の交換・技術課題の討議が行なわれているが、日本のホットストリップ操業技術が短時日の間に世界の最高水準にまで達した陰にこの分科会の存在があることはいうまでもない。

### 3.4 製品

製造範囲については従来はほとんどのミルが板厚 1.2～12.7 mm、板幅は概して 1550 mm までであり、生産の主体は冷延用コイルであつた。その後自動車・家庭電機・建材・鋼管・容器向けなどに熱延鋼板の需要が増大したことにより、ホットコイルの生産量のみならず材質ならびにサイズは著しく進展・拡大を遂げてきた。最近

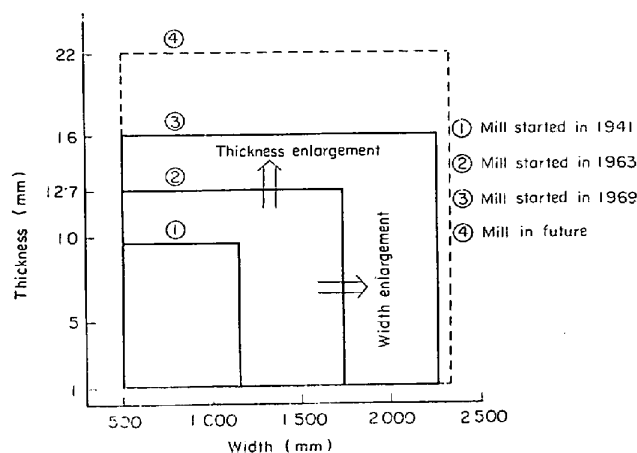


Fig. 4. Enlargement of product size<sup>1)</sup>.

のミルでは板厚 max. 16 mm、板幅 7 feet が一般的な仕様となつている (Fig. 4)。

新しい需要の開発・加工法の合理化に伴つて鋼板に要求される品質特性も順次厳しさを増してきている。すなわち需要家での製造工程の連続化・自動化・製造工程省略の目的から多くの分野で製品はコイル化され、同時にコイル全長の均質化・無欠陥化の傾向が顕著になつてきた。

また部材の強度向上・軽量化の観点より鋼板の高張力化が進められ、抗張力 60～80 kg/mm<sup>2</sup> クラスの加工用鋼板も開発された。

近年高張力でかつ靱性の高い厚肉スパイラル鋼管の製造体制が確立し、これがホットストリップの厚手化・広幅化・高強度化への大きな拍車となつている。

## 4. 設 備

### 4.1 加熱炉

#### 4.1.1 加熱炉の変遷（連続加熱炉設備の推移）

連続加熱炉の変遷は、1～3 带式から 5 带式へと順次多帯化してきたプッシャー型加熱炉とそれに続く炉床移行動作をもつウォーキングビーム型加熱炉が主軸であり、その間、スラブ寸法、圧延設備の大型化と相いまつて設備の大型化、自動化、性能の向上が進められ生産性、品質向上の要求に応じてきた。

Fig. 5 はわが国のホットストリップミル加熱炉の推移を示したものである。1962年まではほとんど 3 带式プッシャー炉が建設されていたが、1963年より 5 带式プッシャー炉に代わり 1967 年からウォーキングビーム炉が現われ始め、最近ではほとんどウォーキングビーム型加熱炉が中心となつている。その間、加熱能力（1 基当たりの公称 t/hr）は年々直線的に増加している傾向にある。

現在の熱延連続加熱炉では、加熱能力 300～400 t/hr、

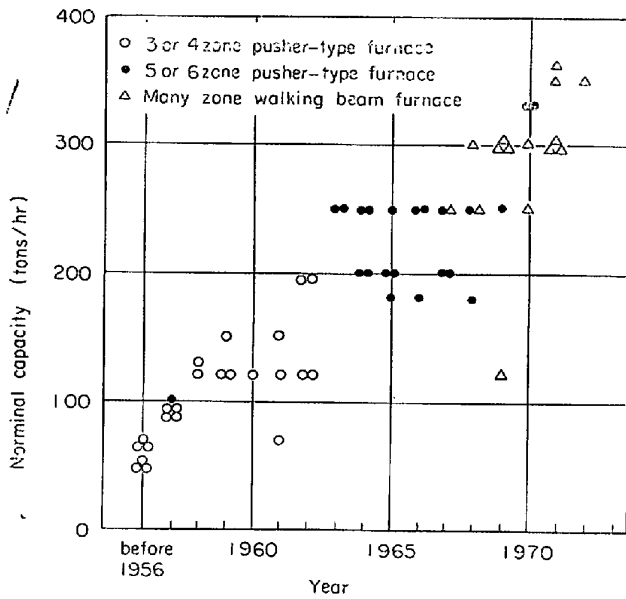


Fig. 5. Furnace capacity and type of hot strip mills in Japan.

炉床負荷 700~800 kg/m<sup>2</sup>·hr 程度が普通となっている。

多帯式ウォーキングビーム型加熱炉は、下部ゾーンはウォーキングビーム機構をもつためすべてサイドバーナーであり、上部ゾーンは軸流バーナー、サイドバーナーあるいはルーフバーナーおよびその組合わせが多く、とくに大型スラブの炉幅方向の温度均一あるいは傾斜加熱のため均熱帯は軸流バーナーやルーフバーナーを設置する例が多い。

加熱炉操作では、燃料、空気量の調節により最適燃焼を行なわしめる自動燃焼制御 (A.C.C) や炉内圧制御、また抽出ピッチ制御や温度制御などを含むコンピューターによる加熱炉制御システム<sup>3)</sup> が実用化されている。

Photo. 1 に熱延ウォーキングビーム型加熱炉の一例を示す。

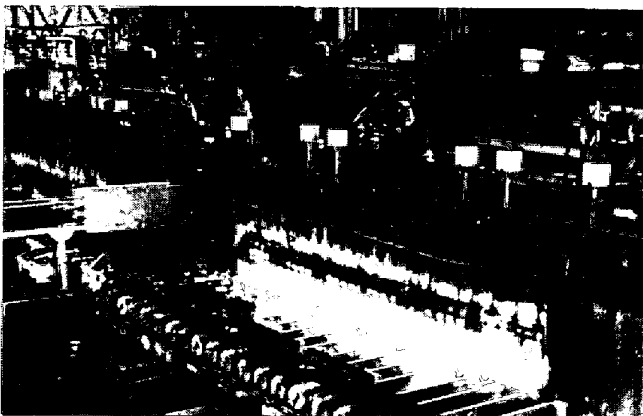


Photo. 1. General view of discharge side of walking beam furnaces.

Table 3. Comparison between pusher-type and walking beam-type furnace.

項 目	プッシャー炉	ウォーキングビーム炉
加熱材料の裏面きず	多 い	ほとんどない
スラブの立上がり	危険性がある	全 然 ない
スラブ装入間隔	間隔はあけられない	任意に選択できる
炉修時の空炉	困 難	容 易
燃料原単位		プッシャー炉に比べて高い
冷却水量		プッシャー炉に比べて多い
電力消費量		プッシャー炉に比べて多い
炉構造と保守		構造が複雑で、設備費が高く、保守煩雑
ス ラ ブ 抽 出	シュート方式/エキストラクター	エキストラクター

4.1.2 プッシャー炉とウォーキングビーム炉

プッシャー型加熱炉では、スラブの裏面きずが多いこと、スキッドマークが大きいこと、炉長やスラブサイズが制限されること、空炉にすることが困難なことなどの欠点が多く現在ではこれらの短所を改善したウォーキングビーム型加熱炉が主流となっている (Fig. 5 参照)。

ウォーキングビーム炉はスラブとスキッドの間に滑りがないこと、スラブ抽出にエキストラクターを用いていることなど裏面きずの問題を解消しているほか、操業に対するフレキシビリティが大であり性能面においてプッシャー炉を優越しているが、設備費が割高であること、燃料原単位面で若干不利であることなど改善すべき点もある。

Table 3 にプッシャー炉とウォーキングビーム炉の比較を示す。

4.1.3 加熱炉燃料

連続加熱炉の燃料としては一般に気体および液体燃料が使用されている。

鉄鋼一貫体制の製鉄所ではコークス炉ガス (COG) や高炉ガス (BFG) が副生ガスとして得られるため、通常ホットストリップミルの加熱炉には気体燃料として COG または COG と BFG を混合したミックスガス (MXG) を使用している。液体燃料としてはおもに重油が使用されており、最近では COG 不足が一般的傾向であるため加熱炉燃料としては C 重油と MXG (または COG) の混焼が主流となっている。

重油は品質が一定し発熱量が高い、燃焼効率、伝熱効率が高等に優れた燃料であるが、その成分中に硫黄を

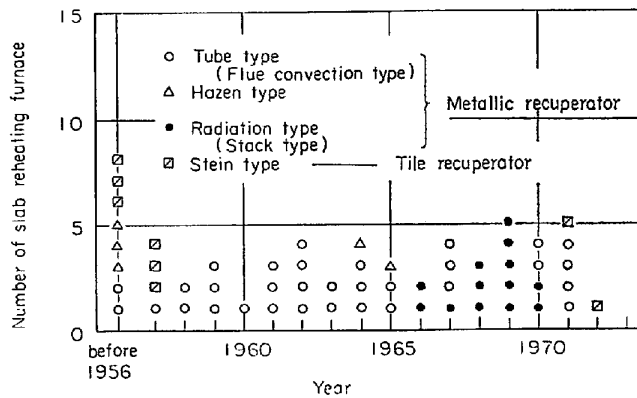


Fig. 6. Recuperators for slab reheating furnaces in Japan.

含むため環境対策として低硫黄重油（ミナス重油など）の全面的使用が最近の動向である。しかしながら、低硫黄重油は埋蔵量も少なく世界的に絶対量が不足しているため重油脱硫法<sup>4)</sup>、排煙脱硫法<sup>5)</sup>などの技術開発が進められる一方、ナフサ、工業用灯油などの使用あるいはLPG（液化石油ガス）やLNG（液化天然ガス）が代替燃料として脚光を浴びている。

4.1.4 レキュペレータ

Fig. 6 はわが国の熱延加熱炉に設置されたレキュペレータの変遷を表わしている。1957年以前はハーゼン型やタイルレキュペレータも多く使用されていたがその後1965年頃まではタイルレキュペレータより気密性がよく小型で設置場所もとらない多管式レキュペレータが中心となつた。1966年頃より輻射式のスタック型レキュペレータがウォーキングビーム型加熱炉の出現とほぼ前

後して設置され、一時期、熱延加熱炉といえばウォーキングビーム炉とスタック型輻射式レキュペレータの組合わせといった観を呈していた。しかし、このスタック型レキュペレータは比較的トラブルが多くまた修理、取り替えも容易でないため、最近では、高温の廃ガスに対してより安全で保全面でも安定なタイルレキュペレータや、熱効率がよく取り替え補修も容易でまた設備費も安価な多管式レキュペレータがみなおされている。

廃ガス煙突は従来各炉に1、2本または4本となつていたが、環境対策、建設コストの利点などを考慮して数基の加熱炉の煙道を集合し高層とした集合煙突化が最近の動向である。

4.2 粗圧延

粗圧延設備には大別して連続式と非連続式がある。前者は5～6台の非可逆式圧延機よりなり、後者は1台もしくは2台の可逆式圧延機を備えたものが主体である。連続式は非連続式に比べ生産能率が高くここ10年間に建設されたミルのほとんどが連続式を採用している（Table 1）。少数ではあるが連続式と非連続式それぞれの特長を取り入れた低コストで能率の高いスリークオータ型式（可逆式圧延機と非可逆式圧延機を組合わせたもの）を採用している例もある。

スラブPIWの増加にともない圧延材の長さが長くなつてきた。連続式ミルにおいて材料長さの増大はスタンド間長さの増加につながり、材料温度低下やスペースの面で不利となる。これらの点を改善するため粗圧延最終2スタンドを近接配置したタンデム圧延を行なう方法が近年開発され実用化されている。この近接配置方式(closed-

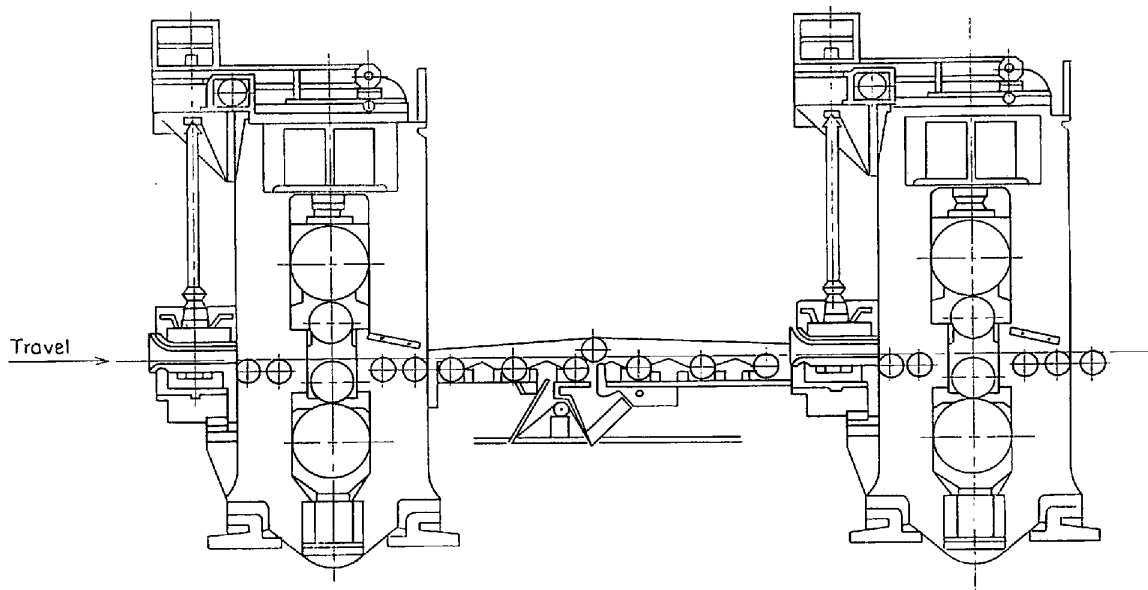


Fig. 7. Arrangement of the close-coupled roughing stands.<sup>8)</sup>

couple) ではどちらか一方の駆動モータを直流機として速度制御し、かつスタンド間にループを設けるのが一般的である (Fig. 7).

スラブ PIW が増すにしたがいミルモータ容量も大きくなってきた。わが国における初期の粗ミルモータ容量が1基あたり2000kW程度であつたのに対し、1962年には4000~6000kW、最近では8000~10000kWにも達している (Table 2).

非可逆式圧延機のミルモータとして従来は誘導電動機を用いていたが、1960年以降わが国において建設された連続式ミルはすべて同期電動機を用いている。同期電動機は速度-トルク特性が良いこと、力率制御を行なえることなどの利点を有している。

一次スケールを剝離するスケールブレイカとして従来はRSB(2段水平ミル)が用いられていたが、1960年以降はほとんどVSB(堅型ミル)を用いている。

鉄鋼プロセスの近年における特徴のひとつに連続鋳造技術の開発がある。連鋳材はその生産能率上スラブ幅ステップを大きくする必要があり、したがって粗圧延での幅圧下量も大きくなってきた。このためVSBおよび各粗圧延機入側に設けられるエッジャーの能力も次第に増大しており、120mm程度の幅圧下を行なつた報告<sup>11)</sup>もある。

デスクーリングには高圧水が用いられ、この圧力は従来50~70kg/cm<sup>2</sup>であつたがポンプ、ノズル、バルブ類の進歩により次第に上昇し、最近では150kg/cm<sup>2</sup>程度が普通になつている。デスクーリングヘッダはVSB後面と各粗圧延機および仕上圧延機入側に設置されるが、さらに仕上圧延機スタンド間に設置される例もある。

4.3 仕上圧延機

仕上圧延機の前面に設置されているクロープシャとしては古くからロータリードラム型が用いられてきた。従来はシングルナイフがほとんどであつたのに対し、最近では先端カットと後端カットに異なつたカーブドナイフを用いる方式が開発され、圧延作業をより円滑にする効果が認められている。またこの最大切断板厚についても粗仕上パー厚みの増加にともない年々厚くなつてきている。

仕上圧延機の基本構造は従来からとくに変化していないが、圧延機の大形化、高剛性化を目的としてワークロール直径およびハウジングポスト断面積は年々増大している。初期ミルにおけるワークロール径が545mmであつたのに対し、1962年のミルで706mm、さらに最近のミルでは812mmと大きくなつている。ハウジング断面積も旧ミルが30×10<sup>4</sup>mm<sup>2</sup>であつたのに対し、最新鋭

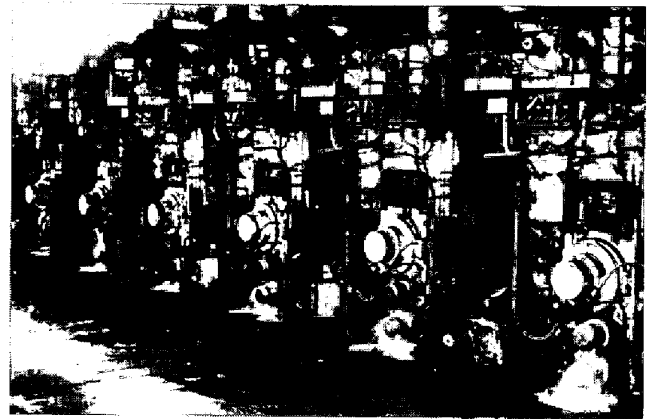


Photo. 2. General view of the finishing train.

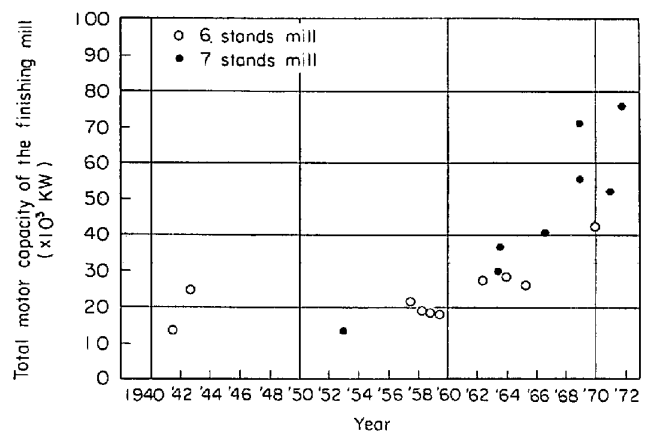


Fig. 8. Total motor capacity of the finishing train in Japan.<sup>7)</sup>

ミルでは70×10<sup>4</sup>mm<sup>2</sup>と2倍以上になつている (Table 2).

1962年以前のわが国における仕上圧延機スタンド数がほとんど6台であつたのに比べ、ここ10年間に建設されたミルの多くは7台を採用している。これは材料の大形化によるロール肌荒、ストリップ形状の向上を目的としたものである。

仕上ミルの駆動には直流電動機が用いられるが、その容量も圧延速度の上昇、負荷の増大につれ大きくなってきた。とくにここ10年間の伸びは著しく約3倍にも達している (Fig. 8).

仕上圧延機を1本の板が通過するのに1~2minの時間が必要であるが、この間に生じる材料尾部の温度低下を防止するため1960年頃より加速圧延の技術が開発された。これは板頭部が圧延機通過後あるいは巻取機に到達した後に速度上昇を行なうもので、仕上圧延温度の確保はもとより生産能率向上の目的からも有効である。

通板速度についても薄手材はランナウトテーブル走行性の改善により、また厚手材は圧延温度が高くなり過ぎるのを抑制するためのスタンド間注水設備の採用により



次第に高くなつてきている。スタンド間注水設備は急加速圧延による圧延温度の変動を均一に制御するためにも用いられる。また最高圧延速度の上昇も著しく、最近では 1600 mpm を越えるミルも出現している (Fig. 2)。

高加速圧延や AGC の採用によりミル速度制御に対する速い応答性が必要になつてきた。この応答性に影響を与える要因として駆動系の慣性モーメント ( $GD^2$ ) があるが、ミルモータ容量の増加によるモータ自体の  $GD^2$  の増大を防ぐため最近ではモータを分割した串型配置が採用されている。

ミルモータの直流電源として古くは MG セットが用いられていたが、1957年頃より水銀整流器が採用され始め 1967年までの 10年間、仕上ミル用電源としての主流を占めてきた。その後大容量のサイリスタが開発され、わが国において 1968年以降に建設されたミルはすべてこれを用いている。サイリスタが水銀整流器に対し優れている点は、i) 制御性がよく効率が高い、ii) 逆弧によるトラブルがない、iii) 寿命が半永久的である、などである。

圧延機各スタンド間に設けられるルーパの型式として、1962~1964年の一時期機械式ルーパ (空気+油圧シリンダ) を用いたこともあつたが、最近では応答性、整備性を向上させるため電動式ルーパが主として用いられている。

压下機構は古くから電動式スクリュウダウン方式が用いられてきたが、AGC の実施により応答性の速い压下装置が必要になつたため、最近では後半スタンドに油圧压下を併用するミルも多くなつている。これは圧延機底部に設けた油圧シリンダでロール間隙を直接制御するので、その応答性の速さからミル定数可変制御<sup>11)</sup>を可能にして、板厚精度の向上に寄与している。

ロール冷却水はその折損、肌荒、摩耗を防止するため不可欠なものであり、とくに仕上ミルにおいては直接製品の品質に影響を与えるため重要である。

冷却効果を決める要因には冷却水の流量、圧力、温度などがあり古くから定量的効果について検討されてきたが、流量、圧力は年々上昇する傾向にある。とくに圧力については従来 10 kg/cm<sup>2</sup> 程度の低圧であつたのが、1960年頃より 15 kg/cm<sup>2</sup> 程度に上昇し、さらに最近ではこの低圧系統に加え、高圧系統 (40~60 kg/cm<sup>2</sup>) を併用しているミルが多い。

#### 4.4 ランナウトテーブル冷却水

ランナウトテーブルの上下にはストリップを所定の温度まで冷却する装置が設けられる。わが国における上部冷却装置として 1965年頃までは、5~15 kg/cm<sup>2</sup> のオ

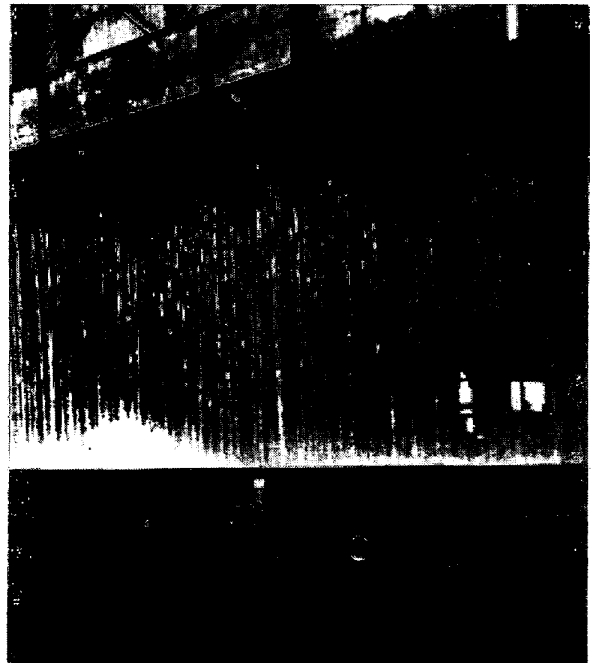


Photo. 3. Laminar flow type cooling system on the runout table.

バーシャワー方式やサイドスプレイ方式がおもに用いられていた。その後圧延速度の上昇や厚手材の増加により冷却能力の大きいラミナ・フロー方式が開発され、新鋭ミルはもとより旧ミルにおいても当方式に改造するところが多く、現在では全ミルの 65% がこれを採用している (Photo. 3)。ラミナ・フロー方式は噴出水を層流化するもので、ジェット式より 30~40% 冷却能力が高いといわれている<sup>9)</sup>。ラミナ・フローを得るためには噴射圧力を低くする必要があり、一般には 200~600 mm Aq のサイフォン式ノズルが用いられる。ラミナ・フロー冷却水の開閉には通常、バルブが用いられるが、ストリップ冷却温度精度を向上させるため、応答性に優れた三方弁の使用、あるいは樋方式を採用する例もある。樋方式は冷却水を常時ノズルから放出しておき、ヘッダ下部に設けた開閉式樋でオン・オフする方式である。下部冷却装置は従来からスプレイヘッダ方式が用いられてきている。

#### 4.5 巻取機

巻取機はサイドガイド、ピンチロール、ラップロール、マンドレル、抜出装置からなりランナウトテーブル終端に 2 台あるいは 3 台設けられている。

マンドレルの型式にはその拡張機構からみてリンク式とウェッジ式の 2 種がある。最近ではセグメントの変形やリンクピンのガタを防止するためウェッジ式が多く用いられている。

ラップロール開閉機構にはシング式とスライド式が

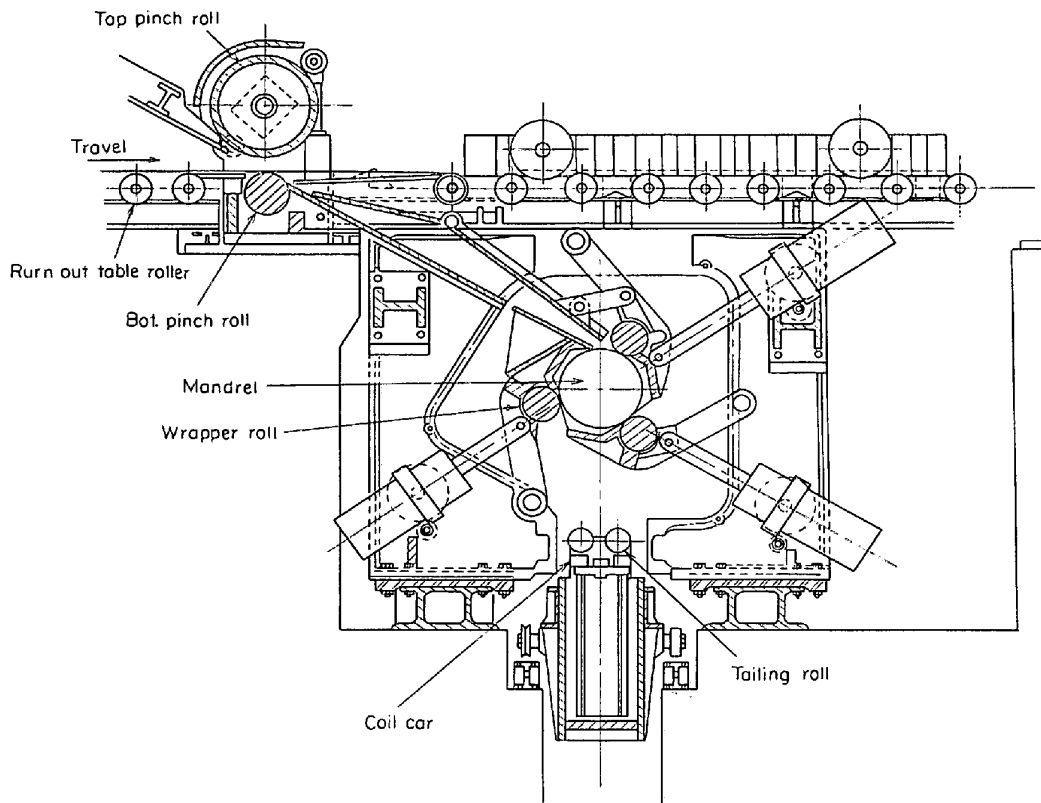


Fig. 9. An example of the down coiler<sup>8)</sup>.

あり、ロール本数は3～4本が一般的である。巻取機の構造概略例を Fig. 9 に示す。

巻取機の歴史的な変遷のなかで注目すべきものに各駆動電動機の容量アップがある。とくにマンドレルモータ容量の上昇は著しく、最新鋭巻取機は10年前に建設されたものの約4倍になっている (Table 3)。電動機の容量アップとともにピンチロール、ラップロールの押付力も年々増大している。これらはいずれも巻取能力の拡大をはかるためのもので、スラブの大型化、圧延速度の上昇はもとより厚手高張力鋼の増加に対処してきたものである。

巻形状を良くするための試みも各ミルで数多く実施されてきており、サイドガイドへのディスクローラの設置、巻付性を向上させるための2段拡大マンドレル (従来のフルエキスパンドとコラプスの中間にハーフエキスパンドを設けたもの) の採用<sup>14)</sup>、コンベア上での耳つぶれや耳切れを防ぐために穴横の状態で搬送する方式の採用<sup>11)</sup> などはその例である。また巻取機の型式についても、一時期2ラップロール、あるいはパスライン巻取機などの使用が試みられた。

巻取機の整備を容易にするため、巻取機本体を駆動側にシフトする方式が1962年頃から各ミルで採用されている。

近年薄手材のランナウトテーブル走行上のトラブルを防止し、仕上圧延温度条件を確保する目的から仕上圧延機の比較的近くに巻取機を併設する例が一部のミルで見られる。この巻取機を一般に近接巻取機と称しているが、構造そのものは従来のものととくに変わらない。

#### 4.6 ロール

ホットストリップミルの大型化・高能率化とともにストリップの形状および美麗さに対する要求も厳しくなり、ロールとしては耐摩耗性、耐肌荒れおよび耐事故性などの向上とロール原単位の低減が強力に進められた。

粗2重圧延機用ロールは一部で鑄鉄系ロールが使用されているが、一般にはCr-Mo, Ni-Cr-Mo 鑄鋼 (Hs 32~40) が使用されてきた。しかしファイアクラックの開口と肌荒れおよび摩耗の点から近年高合金化がすすみ、中には高硬度 (Hs 50~60) 高合金複合鑄鋼ロールへ全面的に切り換え、従来のロールに比べ2~3倍の成績をおさめているところもある。

粗4重圧延機ワークロールは強度的にはとくに問題はなく約10年前ごろまでは高合金グレンあるいはダクタイル鑄鉄ロールが使用されていたが、いわゆるスケールバンディングの発生と噛込みスリップの点から最近はほとんどアダマイト系ロールが採用されている。4重ワークロールはもちろん2重ロールにもアーバの再活用によ

るスリーブ組立式ロールを全面的に採用し大幅な原単位向上をはかっているところもある。

仕上圧延機前段ワークロールはロール組替周期およびストリップ表面肌に与える影響から肌荒れ防止が最大の課題であり、高合金グレンあるいは合金ダクタイルから現在のアダマイト系に切換えられたいきさつがあり現在  $F_3$  あるいは  $F_4$  まで使用されている。

仕上後段用ワークロールは熱延鋼板の最終的な形状・表面性状を決めるのでロール摩耗と肌荒れ防止が最大の課題であり、従来から高合金中抜グレンが使用されており材質としては基本的には変わっていない。しかしロール原単位低減のために有効使用径の増大を行ない、かつ径小時の耐摩耗性向上を計るため遠心鑄造ロールが普及してきた。

補強ロールとくに仕上補強ロールは生産量の増大・薄物圧延の増加および製品品質の向上からとくに耐摩耗性の向上が強く要望され、従来の Hs 55~65 の一体式鍛鋼ロールあるいは鍛鋼スリーブから高硬度 (Hs 65~72) の複合鑄鋼・複合鍛鋼ロールあるいは複合スリーブに急激に切換えられてきた。しかしこのロールは剝離・クラックなどの耐事故性に劣り現状では耐摩耗性と耐事故性の両方を満足させるにいたっていない。

#### 4.7 ロールショップ

ワークロールローテーションを円滑に行なうことはロール常備数を減少させ、圧延作業を順調に行なううえで重要である。仕上ワークロールは圧延終了時ロール表面温度で  $60^{\circ}\text{C}$  前後に達しており通常これを常温まで冷却して研削を行なう。ロール冷却方法としては従来自然冷却もしくは水槽の中での冷却が行なわれていたが最近では冷却水をロールにスプレイする装置を設置し短時間で常温まで冷却することができるようになった。

新旧ロールチェンジの着脱はチェンジ組替装置の使用が一般的になりつつあり自動グラインダーとともに省力化に効果をあげている。

1967 年頃より数値制御による全自動グラインダーが設置されるようになってきた。これは芯出し・研削・径測定をすべて自動で行なうことが可能である。またチェンジ付グラインダーの採用によりチェンジ常備数は増加するが煩雑なチェンジ組替えを不用とすることができる。

ロール運搬についての改善のひとつに 2 本吊りトングがある。これは上下ワークロールを 2 段に重ねたままクレーンで運ぶものである。研削されたロールはクレーンを使わずバギーで直接圧延機側へ運べるようロールショップのレイアウトを考慮した工場もあり作業の効率化が

はかられている。

#### 4.8 精整設備

##### 4.8.1 ホットコイル剪断設備

ホットコイルを巻戻し剪断して製造される熱延鋼板は、従来大部分が板厚  $1.2\sim 6.5\text{ mm}$  に限られていた。設備的にもあまり大きな進展はみられず、板形状の向上を目的としてスキンプスミルを剪断ラインに組込んだことがめだつ程度である。板厚  $6.5\text{ mm}$  を超える鋼板はほとんど厚板圧延機で製造されていたのが実情で、一部例外的に  $12.7\text{ mm}$  程度の鋼板をホットコイルから製造する剪断設備が存在していた。

ところでこの厚手コイル剪断設備は元々巻きぐせのついたコイルを素材にするため剪断後の鋼板は板内部に残留応力を有し、平坦度の点で問題があつた。しかしながらホットコイルから鋼板を製造する場合は厚板圧延機で製造する場合にくらべて板厚精度、表面性状、生産性、歩留りなど有利な面が多い。近年コイル巻戻し後の板の内部応力を除去するための研究が行なわれ強力なレベラーを使用し、コイルの巻きぐせはもとより冷却むらなどに起因する不均一な内部応力を段階的に低減する厚手コイル専用剪断設備が開発された。現在では板厚  $16\text{ mm}$  までの熱延鋼板がホットコイルから製造可能となつた。このことは厚板圧延としては比較的能率の低い薄手、幅狭材をホットコイル化したことになり、厚板圧延の能力向上にもつながっている。

##### 4.8.2 ホットコイル調質設備(ホットスキンプスミル)

ホットスキンプスミルの歴史は比較的浅く、わが国における最初のミルは 1958 年に設置された。その後熱延鋼板コイルの需要が拡大したこと、それにともなつて需要家からのコイル品質に対する要求が厳しくなるにつれてホットスキンプスミルはあいついで各所に設置された。当初ホットスキンプスミルは 2 High が普通であつたが、薄手材、高張力鋼の需要増にともなつて形状矯正効果の優れた 4 High ミルが漸次増えてきている。

圧下機構には電動式と油圧式とがあるが、定圧圧下、定位置圧下が可能なことおよび圧下設定が迅速に行なえるなどの利点から最近では油圧式が多く採用されている。

スキンプスミルは単重の大きなコイルをいくつかの小さなコイルに分割することにも使用される。最近のように能力の高い熱延設備で生産される単重の大きなコイルはそのままの状態では使用できない需要家が多く、そのためコイル分割だけを目的とした分割ラインも建設されている。

### 5. 技 術

ホットストリップミルは製鉄各工程の中で最も自動化の進んだ工程の一つであり、計算機制御も一番進んでいる。この理由としては、(1)生産性が高く、したがって高額な投資を行なっても効果があれば十分利益がある。(2)使用される各機器、計測器などは相当高度化されており、自動化、計算機制御されやすい状態にある。(3)熱延工程の品質に影響する要因の相互関係は比較的明確であり、数式モデル化が容易である、などがあげられる。さらにホットストリップミルは高速のタンデム圧延であるため高度の操作技術が必要であり、その軽減が要請されていたことおよび熱延関係者の計算機制御実現への意欲が強かつたことがあげられる。

1962~63 年建設のミルから自動化を主とする操業技術の進歩はめざましく、とくに AGC、計算機制御など従来の操業を画期的に変える技術が開発され、これらの技術が急速に採用されるようになった。

圧延作業の主要部ではめざましい進歩があつたが、その反面圧延後の製品の精整、検査工程には大きな進歩はなく今後の開発が待たれている。

#### 5.1 自動板厚制御 (AGC)

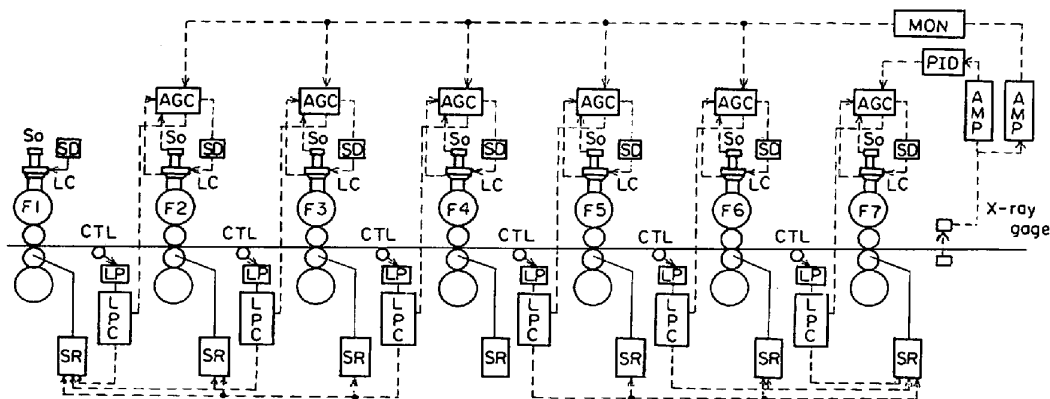
1950年代の半ばからホットコイルの板厚精度向上をはかるため AGC の研究開発がなされて、1958 年以降実用化されるようになった。日本においては 1963 年から実用化が進められ、当初は仕上圧延機の 2~3 台に設置

されていたが、近年は次第に全スタンドに取り付けられるようになってきている。最近のようにスラブの大型化、高速圧延が進み、板厚精度の要求が一段と厳しくなると AGC 装置はホットストリップミルにとって不可欠となり、新ミルではもちろん、旧ミルでもあいついで設置され、現在では国内の 19 基のホットストリップミルのうち 17 基に設置されている。

一般に 1 本のコイルの板厚変動は圧延材の温度変化、スタンド間張力の変化、ひずみ速度の変化、ロールの膨張や摩耗などにより生じる。AGC はこの板厚変動を圧下スクリーと張力を制御することにより軽減させるものである。圧下スクリー制御は BISRA の開発による GMS (Gage meter system) を用いる。これはスタンドの出側板厚  $h$ 、無負荷時のロール間隙  $S$ 、圧延反力  $F$ 、ミル常数  $M$  とすると、

$$h = S + \frac{F}{M}$$

で表わされ、 $h$  を目標板厚になるように圧延反力  $F$  に応じて圧下スクリー  $S$  を制御するものである。この GMS は制御開始点における板厚を保つようにする相対厚み制御であるため、最初の圧下設定の誤差、ロールの膨張や摩耗には無力である。そこで仕上圧延機出側に設置された X 線厚み計で絶対板厚偏差を測定し、偏差の積分値を GMS にフィードバックしている。また、最初の圧下設定を適確に行なうことは後述の計算機制御の主要な機能になっている。一方張力制御はスタンド間張力を制御す



- VTL ; variable tension
- CTL ; constant tension
- LP ; looper position
- LPC ; looper position control
- MON ; monitor
- AMP ; amplifier
- LC ; load cell
- AGC ; gage control
- SD ; screw down
- SR ; speed regulator
- So ; roll position detector
- > Electric signal
- > Mechanical force

Fig. 10. Automatic gage control system.

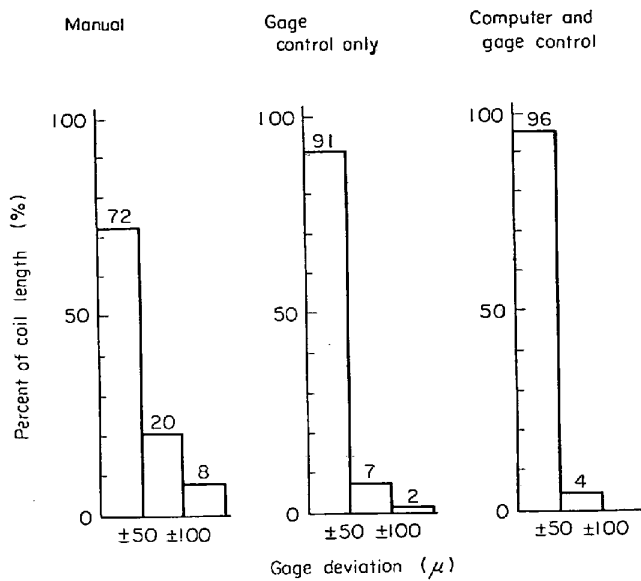
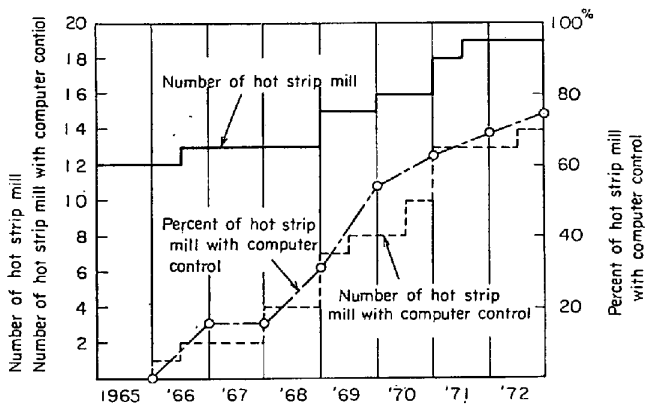


Fig. 11. Improvement in gage accuracy.



Main developments in hot strip mill computer control in Japan  
 1966. 1 The 1st hot strip mill computer control in Japan (at Sakai works, Yayata Iron & Steel Co.)  
 1969. 1 Overall computer control of hot strip mill (from furnace entry table to coiler)  
 1970. 11 The 1st direct digital control in hot strip mill  
 1971. 4 Back up computer system with two computers

Fig. 12. Developments in hot strip mill computer control.

ることにより微細な板厚調整を行なうものであり、一般に仕上げ後段スタンドに適用されるAGCの一例をFig. 10に、その効果をFig. 11に示す。

最近では従来のアナログ方式のAGCに代って小型の計算機によるDDC方式のAGCが採用されるようになった。DDC方式の場合は制御方式の変更が容易なこと、アナログ方式に見られるドリフトがないことなどの利点がある<sup>16)</sup>。

### 5.2 ホットストリップミルの計算機制御

ホットストリップミルにおける計算機制御は1960年頃アメリカのMclouth Steelの仕上圧延機で初めて開発され、1964年の英国のRTB Spencer製鉄所の頃から

その成果が具体的な数値でいわれるようになった<sup>17)</sup>。日本では1966年1月八幡製鉄堺製鉄所で初めて成功し、その後はFig. 12に示すように新ミルにはもちろん旧ミルでも競って計算機制御が導入され、今日では19基のホットストリップミルのうち14基に設置されている<sup>7)</sup>。

当初は仕上圧延機の制御がおもであつたが、計算機技術の進歩とともに制御範囲はホットストリップミルの全ライン(加熱炉入側から巻き取りまで)をカバーするとともに、製鉄所全体の生産管理システムの一環を占めるようになった。ホットストリップミルにおける計算機制御の最近の例をFig. 13に示す。この例では製鉄所全体を制御する生産管理用の計算機から圧延命令などの情報を通信制御装置を通してリアルタイムにデータ伝送を受け、主要機能として、(1)オペレータガイダンス、(2)各機器の自動設定、自動運転、(3)生産管理、技術管理データの作表などを行なっている。これらの全機能が完全に実現されるとオペレータは非定常的な作業を除けば通常はほとんど運転監視を行なうのみになる。最近の新しいシステムではほぼこのような状態で操業されるころまできており、オペレータの数も従来の半分程度にまで減少している。このような例では計算機が止まると生産に大きな影響があり、計算機制御システムの稼働率が高いものが要求される。これに対して最近では2台の計算機によるバックアップシステムが開発され、稼働率99.9%が確保されるようになってきた<sup>18)</sup>。また、最近前述の大規模なミル制御システムの下に小型の計算機を配置して自動プリセット、AGC、シーケンス制御などを単能的にDDCで行なう方式が開発され、最近の新しいシステムではほとんどこの方式を採用している。

一方、前述のプロセス計算機制御に対して生産管理のコンピュータ化の発達もめざましいものがある。1962年頃英国のRTB Spencer製鉄所で開発され、日本では1966年頃から進められ、最近の新鋭製鉄所はいずれも大規模なオンライン生産管理システムの導入を前提としている<sup>19)</sup>。

このような計算機制御の導入により次のような成果があがっている。

(1) 製品の品質の向上、歩留の向上: 製品の板厚、板幅、圧延温度などの精度があがる(Fig. 11)。これらの品質向上と自動設定による半成率の減少により歩留が向上する。

(2) 生産性の向上: 仕上圧延機の自動設定によるアイドルタイムの減少やミルペーシングによる圧延間隔の最適化によりT/Hが向上する。半成率の減少により休止時間が減少する。40万t/mのミルで生産性の向上は

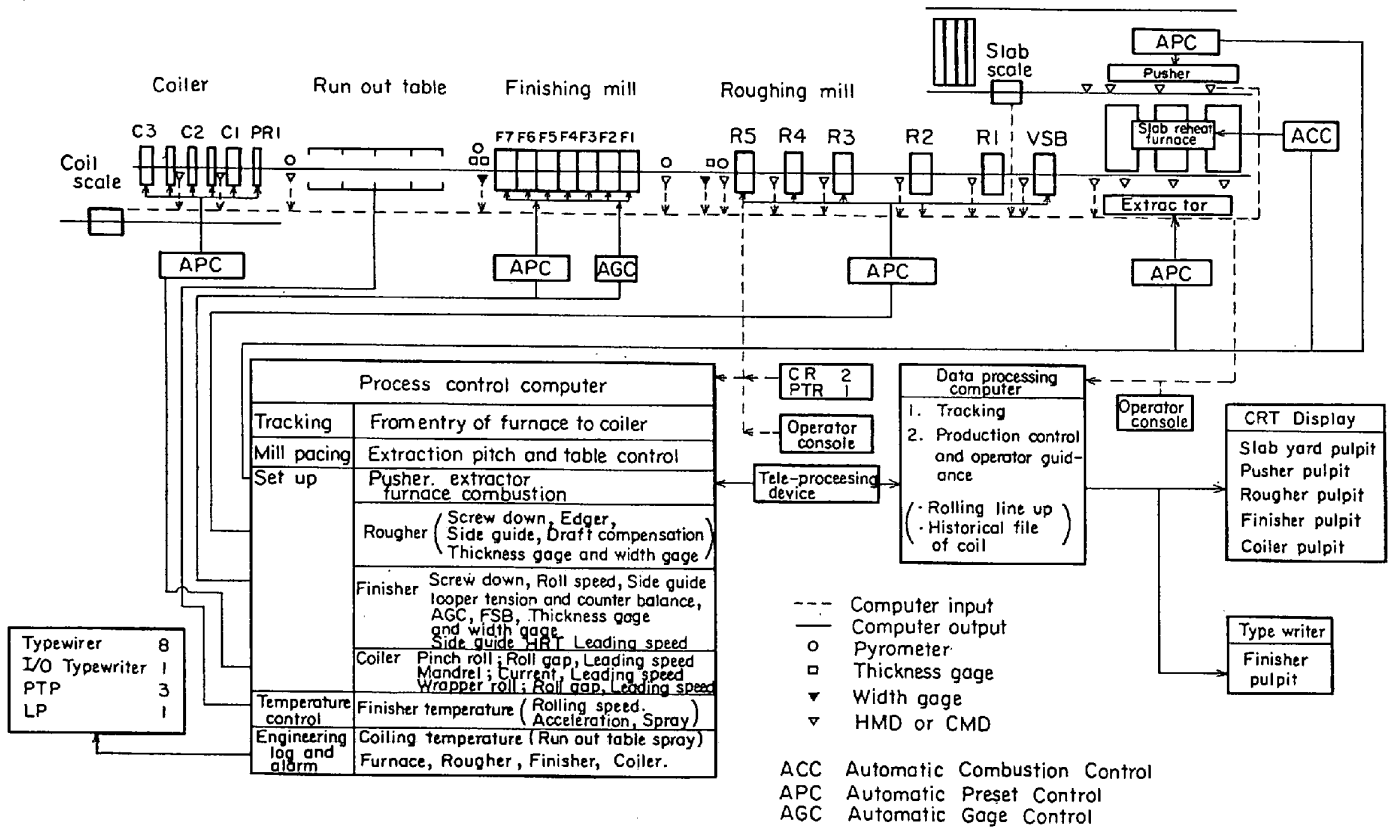


Fig. 13 General function block diagram of hot strip mill computer control.

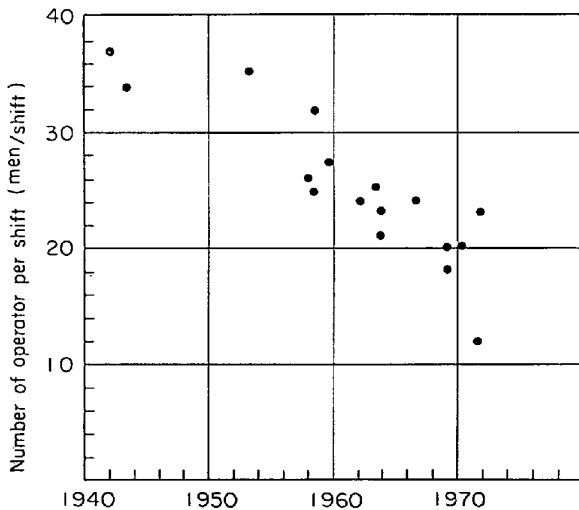


Fig. 14. Mill operators decrease rapidly.

10%にも及ぶと報告されている<sup>20)</sup>.

(3) 省力化: 新しいミルに最初から計算機制御を導入する場合、徹底した自動運転の採用、運転室の統合、運転系統の単純化などをはかつて Table 4, Fig. 14 に見るように要員は大幅に合理化できる。操業要員だけでなく、生産管理部門の要員も大幅に合理化されている。

(4) コストの低減: 生産に必要な加熱燃料、電力、水などの原単位が生産性の向上および最適設定により低減

する。

(5) 品質管理, 生産管理の合理化, 管理水準の向上.

### 5.3 そのほかのおもな技術の進歩

#### 5.3.1 ロール組替装置

仕上圧延機のワークロールの組替は従来ポータバー、またはCフックといった治具を用いて天井クレーンで行なっていたが、1963年頃から専用のロール組替装置が用いられるようになり、仕上圧延機 6~7 スタンドの組替時間も従来の 30~40 min から 5~10 min に短縮されている。最近はりミットスイッチ類の発達により一連の組替え作業がボタン一つで完了する完全自動組替えも実現している。

#### 5.3.2 オイルセラーの無人化

オイルセラーは通常1ミル当たり 4~6 カ所あり、この運転操作は従来高温多湿のセラー内で数人のオペレータにより行なわれていた。1969年以降建設のミルはこのセラーを各運転室からの遠隔操作・監視に切り替えセラーを無人化することに成功した。さらに、電気室、戻水場関係の運転も大部分運転室から遠隔操作・監視できるようになり、これらにより要員は大幅に合理化された。

#### 5.3.3 コイルマーキングの自動化

巻きとられたコイルにコンベヤ上でコイル番号を書き

Table 4. Decrease of operators.

年 代		1958年建設のミル (1963年当時)	1966年建設のミル	1971年建設のミル
設 備 の 特 徴	加 熱 炉	4	加 熱 炉 4	加 熱 炉 2
	粗 圧 延 機	4	粗 圧 延 機 5	粗 圧 延 機 4
	仕 上 圧 延 機	6	仕 上 圧 延 機 7	仕 上 圧 延 機 7
	巻 取 機	3	巻 取 機 2	巻 取 機 2
			ロール組替装置	ロール組替装置
			AGC	AGC
			Computer control	Computer control
				オイルセララーの無人化
				コイルマーキングの自動化
要 員	加 熱	操 装 入 入 炉 出 } 10	4	2
	粗 圧 延		2	1
	仕 上 圧 延	9	3	2
	巻 取	11	5	4
	オイルセララー	7	(その他外注 4)	3
	合計 (1直当り)	7	4	各運転室にて監視
	4直当りの差異	44	23	12
	○ (基準)	-84	-128	

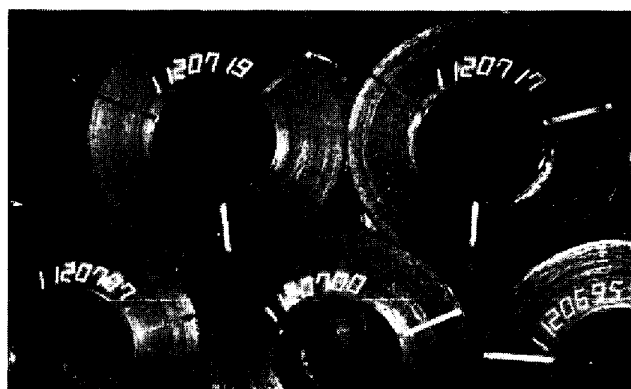


Photo. 4. Coil number is clearly marked by an automatic coil marking device.

込む作業は従来人手で行なわれていたが、最近計算機からの指令によりコイルマーキングが自動化されるようになった。Photo. 4にその例を示す。

1969年から実用化されたコイルの自動結束機と合わせてコイラー下廻りの作業の省力化も進んできた。

#### 5-3-4 熱間油圧延

従来からコールドストリップミルにおいては圧延潤滑油が使用され、また条鋼圧延においてもカリバー油が使用されてきたが、ホットストリップミルにおいては数年

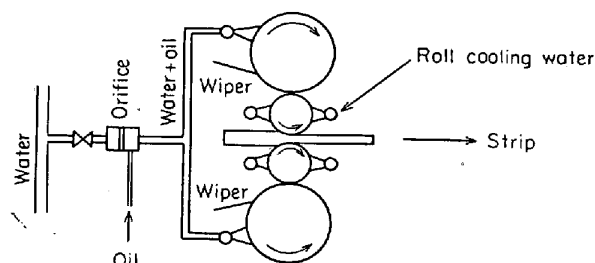


Fig. 15. An example of the injection nozzle type for the hot rolling lubricant system.

前まで圧延油の使用ということに対してほとんど考慮がはられていなかった。近年ロール材質の向上およびロール冷却法の改良に加え、さらにロールの肌荒および異常摩耗を軽減させるために熱間油圧延が各ミルで研究されすでに一部のミルで実用化されている (Fig. 15)。

熱間油圧延の方法は動物油あるいは鉱物油をロール冷却水に混入させ、バックアップロールへ吹きつけるのが一般的であるが、このほか、直接ロールにかける方法やフェルトを通してかける方法も開発されている。

熱間油圧延の効果としてロール表面肌の向上、1ロールチャンスの圧延t数の増加、圧延電力の低減などが報告されている<sup>21)</sup>。

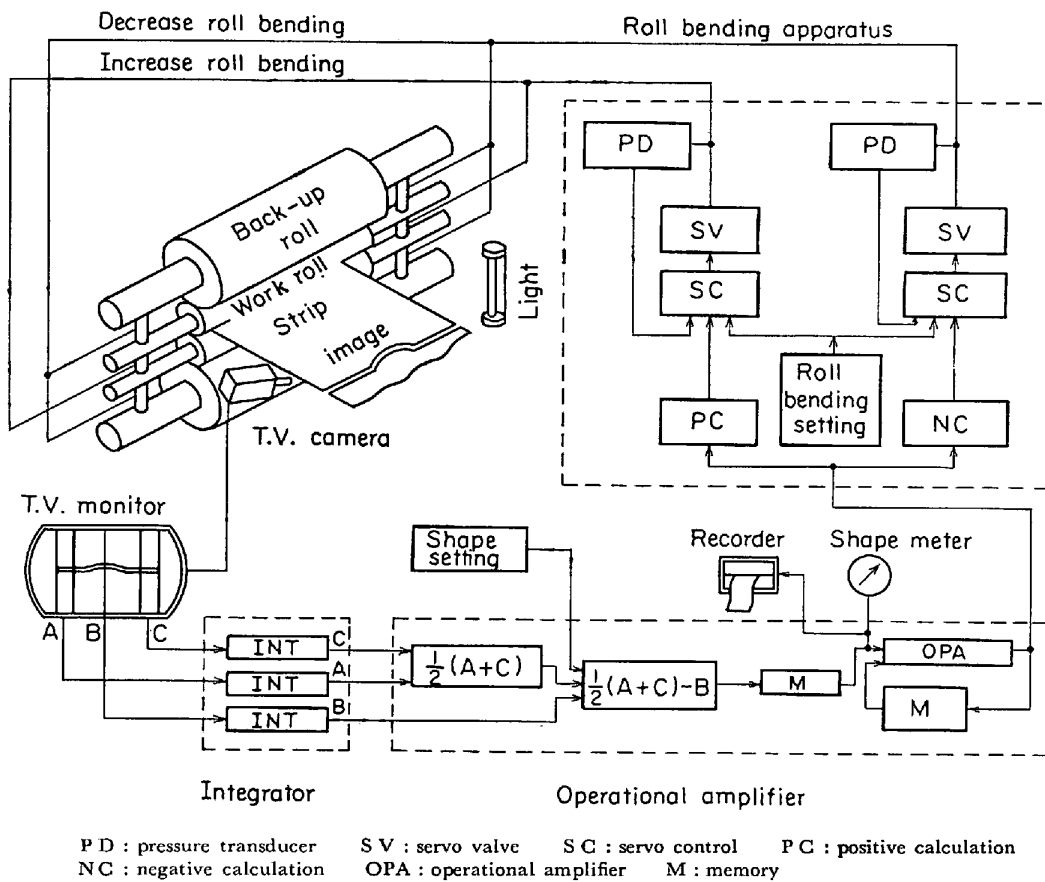


Fig. 16. Block diagram of shape control system.

5.3.5 板の形状制御

鋼板の板厚、板幅制御は AGC および計算機制御により完全に実用段階に達し、開発の中心は板の形状制御に移りつつある。とくに最近の新鋭圧延機では形状制御の有力な操作端であるロールベンディング装置が装備され、圧延中に板の形状を調整することができるようになった。このロールベンディング装置は油圧によりワークロール、またはバックアップロールを上下方向に曲げるもので、わが国ではワークロールベンディングが採用されている。

形状制御にとって最大の問題は検出端であるが、現在のところ測定方法として工業用テレビジョンを利用して光学的に直接変位を測る方法と間接的に板の幅方向の張力分布を測定するものがある。後者はおもに冷間圧延で開発が進められている。最近、熱間圧延用に前者の光学的方法を利用した形状検出器が開発された。それを利用した形状制御システムを Fig. 16 に示す<sup>22)</sup>。

鋼板の形状制御システムは開発の緒についたばかりであり今後開発すべき課題が多い。

5.3.6 精製工程における進歩

精整工程においては熱延工程のような画期的な進歩は

見られないが、おもなものとして電動コイル吊トンク、結束機およびラベルプリンターなどをあげることができる。

コイル吊トンクは従来Cフックあるいはリンク式トンクが使われていたが、電動トンクの開発によりクレーン合図方の削減とトンク作動範囲の縮小により置場利用率のアップと建家高さの縮小がはかられた。

結束機はとくにコイル結束機の進歩がめざましく、コイルの胴バンド、アイバンド共完全自動でコンベア上でかけられるようになり、要員合理化の効果が大きい。

コイルや切板製品には出荷時規格やサイズや種々の記号などを従来は塗料で成品に吹き付けていたが、最近、計算機の指令でこれらの文字や記号を任意の大きさとラベルに打ち出す技術が開発され、このラベルを製品に貼布するようにしたミルも現われた。これによる要員の合理化も大きいといわれている。

6. あとがき

日本ではじめてのホットストリップミルが当時の先進国アメリカの全面的な協力のもとに建設され稼動したのは今から約 30 年前のことである。



爾来わが国鉄鋼業の驚異的な発展の中にあつて、ホットストリップミルは能力向上、製造範囲拡大、品質向上に努め、とくに自動化、省力化の分野では先駆的役割を果たしてきた。このことは新規稼動ミルが次第に大型化してきたことからもうかがえるが、一方旧ミルもこれに対応して逐次体質改善を重ね、設備規模はともかく操業技術の面では常に最新ミルに匹敵するレベルにあつたといえる。このような関係者の努力の結果、わが国ホットストリップミルは短時日のうちに先進諸国を追い抜き、いまや世界の最先端を進んでいる。

しかしながら市場のニーズ、社会的要請、企業としての立場を考えると現状は決して満足すべき状態にあるとはいえない。より安定した操業の確立、より高度な寸法精度の確保、材質および寸法を含めた製造範囲の拡大、製造工程合理化および省力化推進、エネルギーの有効利用など、われわれに課せられた課題は多い。

#### 文 献

- 1) 鉄鋼統計委員会編：鉄鋼統計要覧，(1971)
- 2) J. H. FLUX: JISI, 206 (1968), p. 757
- 3) F. H. HOLLANDED and R. L. HUISMAN: Iron Steel Eng., 49 (1972), p. 43
- 4) 梅川：日石レビュー，14 (1972), p. 302
- 5) 河村：エネルギー，4 (1971) 6, p. 26
- 6) 桑畑，吉成：鉄と鋼，56 (1970), p. 636
- 7) 日本鉄鋼協会：ホットストリップ分科会資料，(1971, 1972)
- 8) 日本鉄鋼協会編：鉄鋼製造法(加工)，(1972)
- 9) Assoc. of Iron Steel Eng. (editor): "The Hot Strip Mill Generation I", (1970)
- 10) 村上，ほか：住友金属，21 (1969), p. 360
- 11) 高橋，ほか：日本鋼管技報，56 (1971), p. 259
- 12) 田中，ほか：三菱重工技報，3 (1966) 7, p. 24
- 13) J. N. ADCOCK: JSII, 200 (1962), p. 909
- 14) 愛甲，ほか：日新製鋼技報，14(1966), p. 54
- 15) BISRA: "British Steel Corporation Research Report", (1970)
- 16) J. W. WALLACE: Iron Steel Eng., 44 (1967) 12, p. 75
- 17) D. J. RAY: ISI Centenary Meeting preprint, (1969), p. 153
- 18) 日本鉄鋼協会共同研究会：第52回計測部会資料，(1972)
- 19) K. TODA: Proceedings ICSTIS, Suppl. Trans. ISIJ, 11 (1971), p. 737
- 20) 野坂編：鉄鋼業のコンピュータコントロール，(1970), [産業図書]
- 21) 蜂谷，ほか：製鉄研究，276 (1972), p. 110
- 22) 柴田，ほか：塑性と加工，12 (1971) 124, p. 353