

水島製鉄所熱延工場の概要

Outline of the 2300mm Hot Strip Mill at Mizushima Works

清水 勇 夫*

Isao Shimizu

武 田 利 式**

Toshikazu Takeda

梅 本 純 生***

Sumio Umemoto

Synopsis:

This report presents general features of the 2,300mm hot strip mill at Mizushima Works, which went on stream in January 1970. Planned for an annual capacity of 4,500,000 metric tons at the final stage, this plant produces hot rolled coils, from 1.2 to 16.0mm in gage, up to 45 metric tons with a max. width of 2,200mm.

The outstanding features of this plant are as follows:

- (1) Slab reheating furnaces are of 6-zone pusher type furnace with hot skids.
- (2) All finishing stands provide work roll bending and DDC type AGC to improve strip thickness and shape.
- (3) From furnace to down-coiler, rolling materials are controlled by on-line computers.

1. 緒 言

水島製鉄所熱延工場は昭和45年1月稼動以来3年を経過したが、この間順調に操業を続け今日にいたっている。当社は千葉製鉄所に2基のホットストリップミルを有しているが、当工場は千葉製鉄所における長年の操業経験に基づき計画され、ずいしょに最新の技術を取り入れて、最大幅2200mm、最大コイル重量45tのホットストリップ製品を製造する最新鋭の工場として建設された。

本文は当熱延工場の設備の概要と、その特徴についてまとめたものである。

2. 製造工程

当工場における製造工程を図1に示す。分塊工場または連続鑄造工場で製造されたスラブは必要に応じて表面を手入された後、プッシャー型連続加熱炉に装入され1220°~1280°Cに加熱される。加熱炉より抽出されたスラブは、4基(将来5基)の粗圧延機で圧延され、さらに6基(将来8基)の仕上圧延機で所定の寸法のストリップに圧延される。ストリップはホットランテーブル上を走行中に冷却され、ダウンコイラーでコイル状に巻取られる。コイルは用途に応じてそれぞれ、調質圧延、剪断、酸洗などの工程に送られるが、

* 水島製鉄所第二圧延部部长

*** 水島製鉄所第二圧延部熱間圧延課課長

** 本社設備計画部設備計画室課長

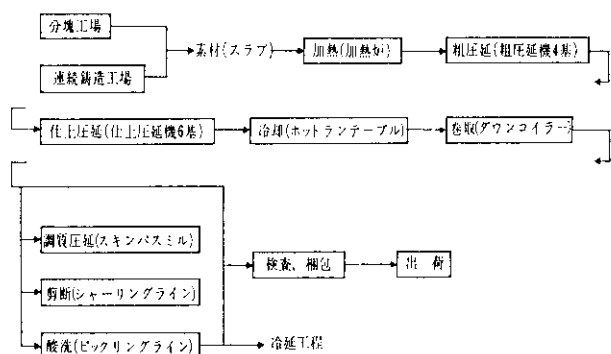


図 1 熱延製造工程

所定の検査を経てコイル状のまま出荷される。

当工場で使用するスラブおよび製造するコイルの仕様を表 1 に示す。

表 1 スラブおよびコイル寸法

素材スラブ	厚さ	150~305mm
	幅	600~2 200mm
	長さ	4 500~12 200mm
	重量	45 000kg (最大)
製品コイル	厚さ	1.2~13.0mm (将来16.0mm)
	幅	600~2 200mm
	重量	45 000kg (最大)
	コイル径 内径	760mm
	外径	2 300mm (最大)

3. 設備の概要

図 2 に当工場の機械配置を示し、さらに各設備の主要な仕様を、表 2、表 3 に示す。

4. 主要設備の特徴

4-1 加熱炉

ホットストリップミルの加熱炉としては、プッシャー型およびウォーキングビーム型の二型式の炉が使用されている。従来は図 3 に示す 5 帯式プッシャー型加熱炉が多く使用されていた。この型の加熱炉ではスラブが予熱帯、加熱帯において

水冷スキッドに直接溶接してある金物上を滑るため、スキッドと接する部分の温度が低く通常スキッドマークと呼ばれる低温部を生ずる。スキッドマークはホットコイル圧延時にコイルの長手方向に厚み不同を生ずる主要原因であるため、加熱帯に続く均熱帯ではスキッドを廃し、炉床レンガ上でスラブ内温度の均一化を行っていた。一方スラブは炉内移動中スキッド金物および均熱帯炉床上の堆積物との滑りにより、下面にすり疵を発生、圧延後の製品表面疵の主要原因の一つとなっている。

前記プッシャー型加熱炉の欠点を防止する目的で開発されたウォーキングビーム型加熱炉では、上下、前後にオシレーション運動をする移動スキッドと静止スキッドの間で、スラブとスキッドの間の相対的な滑りをなくし、すり疵を防止するとともに、スラブは二種のスキッドに交互に接するため、プッシャー型のように常に同じ部分がスキッドにより冷却されることがないので、スキッドマーク防止の効果がある。しかしながら、移動スキッド、静止スキッドの二種のスキッドを有するために、炉内スキッドの数がプッシャー型の 2 倍必要となり、冷却水量は増加し、冷却水で持ち去られる熱量も多く、燃料原単位は高くなる。また、炉下部に移動スキッドの駆動機構を設けるため、保守上の難点がある。

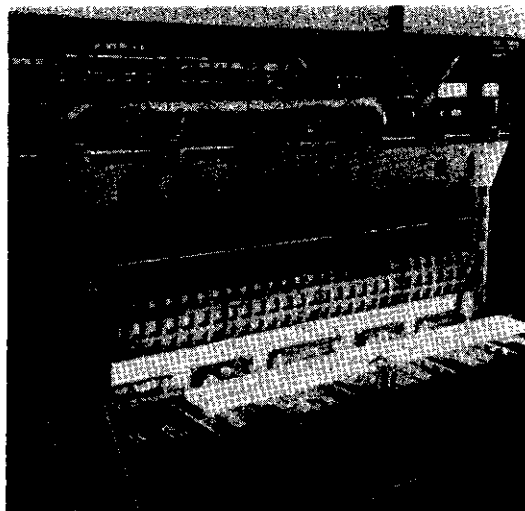


写真 1 加熱炉

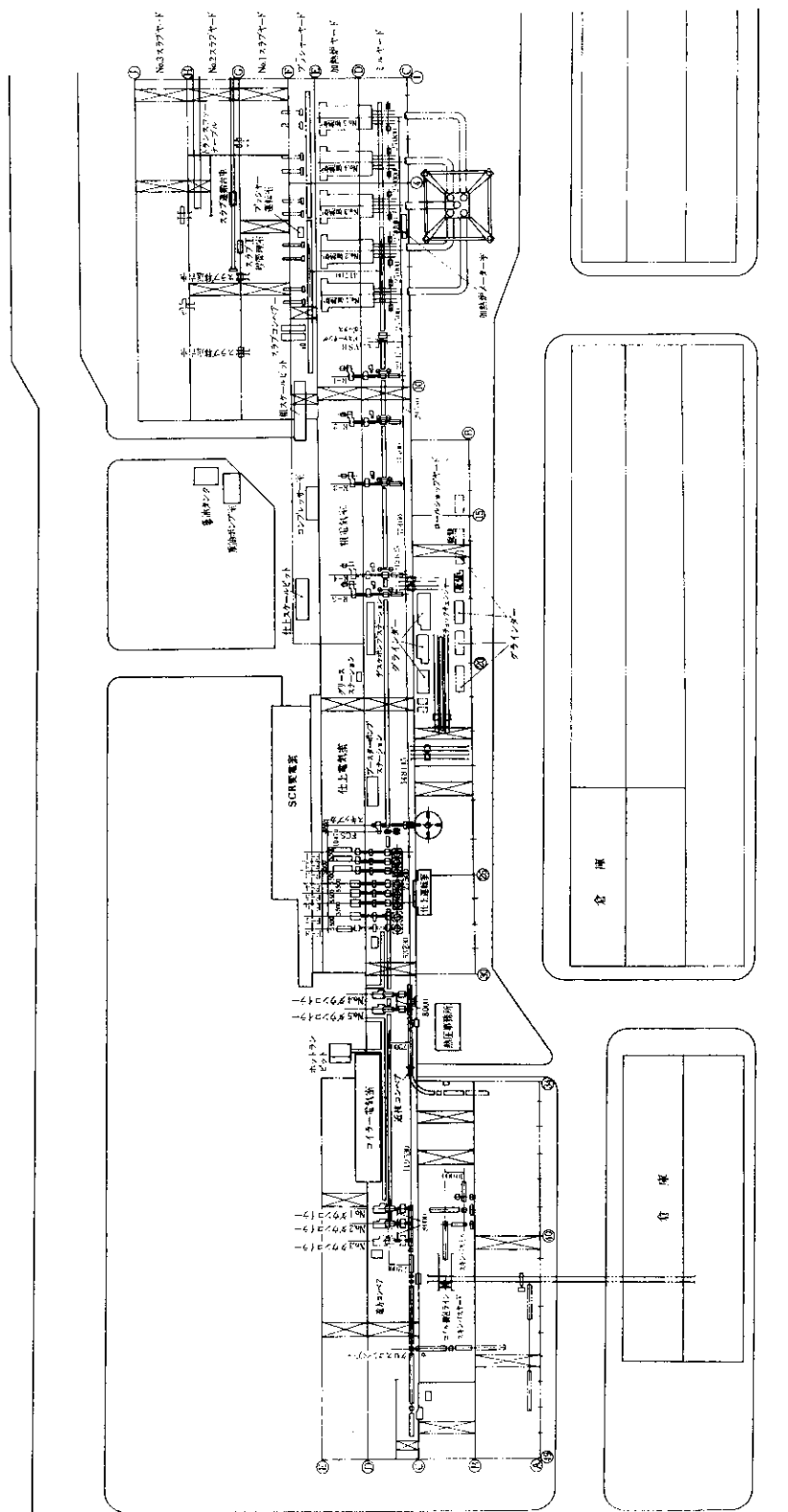


図 2 配置図

表 2 主要設備の概要

設 備 名	メ ー カ ー 名	基 数	型 式 諸 元 能 力
加 熱 炉	中 外 炉 工 業 ㈱	2 (将来5) (No. 3 加熱炉 建設中)	6 帯式プッシャー型 有効炉長 32 700mm 炉 内 幅 12 900mm 使用燃料 重油または Mix ガス 能 力 325t/h
バーチカル スケールブレーカー	石川島播磨重工業 ㈱	(1) (建設中)	上部駆動式 (詳細 表3 参照)
粗 圧 延 機	石川島播磨重工業 ㈱	4 (将来5)	R 1, R 2 2 段圧延機 R 3, (R 4), R 5 4 段圧延機 (詳細 表3 参照)
クロップシャー	石川島播磨重工業 ㈱	1	インナースタンド型2 カット式
ピンチロール スケールブレーカー	石川島播磨重工業 ㈱	1	上下面水圧噴射式 水 圧 150kg/cm ²
仕 上 圧 延 機	石川島播磨重工業 ㈱	6 (将来8) (F 7 建設中)	4 段圧延機 (詳細 表3 参照)
ストリップ冷却装置	石川島播磨重工業 ㈱	9 バンク	上部ストリームフロー式
近接コイラー	住 友 重 機 械 ㈱	2	4 ブロッカーロール型 巻取板厚 1.2~3.2mm 最大外径 2 300mm 主電動機 280kW(DC)×2
標準コイラー	住 友 重 機 械 ㈱	2	4 ブロッカーロール型 巻取板厚 1.2~13.0mm 最大外径 2 300mm 主電動機 280kW(DC)×2
ヘビーコイラー	石川島播磨重工業 ㈱	(1) (建設中)	3 ブロッカーロール型 巻取板厚 3.2~16mm 最大外径 2 300mm 主電動機 500kW(DC)×2
コイル搬送コンベヤー	椿 本 チ ェ ン ㈱	2	近接コイラー用 1 式 標準コイラー用 1 式

表 3 圧延機の主要仕様

スタンド別	作業ロール		補強ロール		電 動 機			減 速 比	ロール速度 (m/min)
	径(mm)	胴長(mm)	径(mm)	胴長(mm)	出力(kW)	形式	回転数 (r.p.m)		
* V.S.B	1 200	—	—	—	1 500	A.C.	514	1/32.25	60
E 1	860	—	—	—	450/900	D.C.	340/680	1/23.4	
R 1	1 320	2 300	—	—	4 500	A.C.	450	1/26.6	70
E 2	860	—	—	—	450/900	D.C.	340/680	1/16.69	
R 2	1 320	2 300	—	—	7 500	A.C.	450	1/18.6	100
* E 3	860	—	—	—	450/900	D.C.	340/680	1/11.07	
R 3	1 120	2 300	1 630	2 300	9 000	A.C.	450	1/10.56	150
(E 4)	810	—	—	—	260/520	D.C.	340/680		
(R 4)	1 120	2 300	1 630	2 300	9 000	D.C.			180/360
E 5	810	—	—	—	260/520	D.C.	340/680	1/5.15	
R 5	1 120	2 300	1 630	2 300	9 000	A.C.	450	1/5.38	300
F 1	815	2 300	1 630	2 300	7 500 (11 250)	D.C.	115/300	1/3.38	87/227
F 2	〃	〃	〃	〃	〃	〃	150/390	1/2.91	132/343
F 3	〃	〃	〃	〃	〃	〃	150/390	1/1.83	210/546
F 4	765	2 300	1 630	2 300	7 500 (11 250)	D.C.	115/300	直 結	276/721
F 5	〃	〃	〃	〃	5 600 (8 400)	〃	150/390	〃	360/937
F 6	〃	〃	〃	〃	〃	〃	175/460	〃	420/1105
* F 7	〃	〃	〃	〃	〃	〃	210/560	〃	505/1345
(F 8)	〃	〃	〃	〃	〃	〃		1.14/1	547/1450

* 印は建設中, () 印は将来設置を示す。

当工場では、スラブ表面疵を防止し、一方では加熱燃料を節約し、作業上保守が容易であるという3条件を満足する加熱炉として、図4に示す6带式ホットスキッドブッシャー型加熱炉を採用した。スラブは炉内全長にわたってスキッド上で加熱される。スキッドはスラブの加熱状況に応じて図5に示す3種類のスキッドにより構成されている。本スキッドの特徴は加熱帯、均熱帯には

UMCO 50 (表4参照) という耐熱耐摩耗性合金を使用し、スキッド上面の幅を広くし受圧面の圧力を低下させ、スラブとスキッドにより生ずるすり疵を防止したことである。また均熱帯ではスラブ下面と接するスライダーとスキッドパイプの間に断熱材を入れ、スラブの熱がスキッドにうばわれないよう考慮した。スライダーは図5に示すように、溶接構造のスキッドパイプに取付けたライ

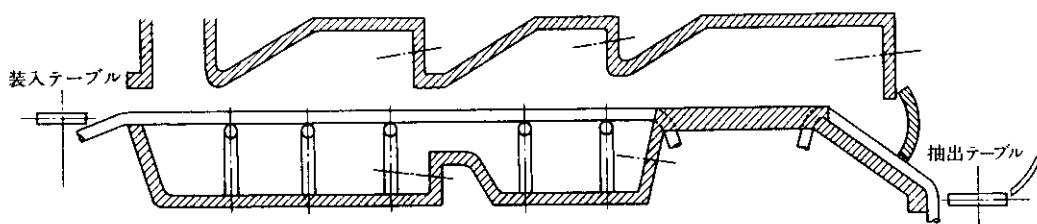


図3 5带式加熱炉断面

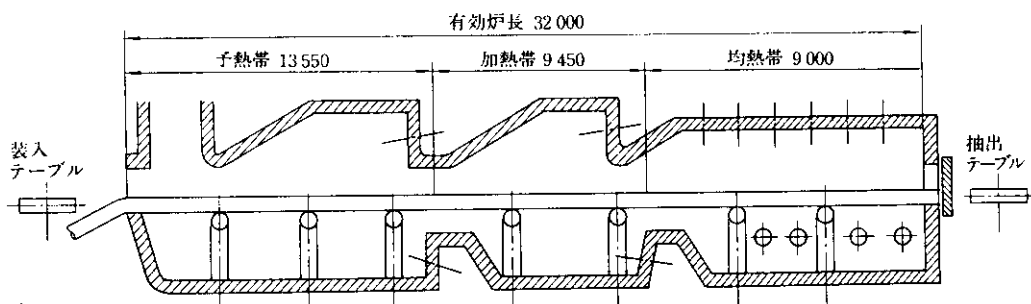


図4 6带式加熱炉断面

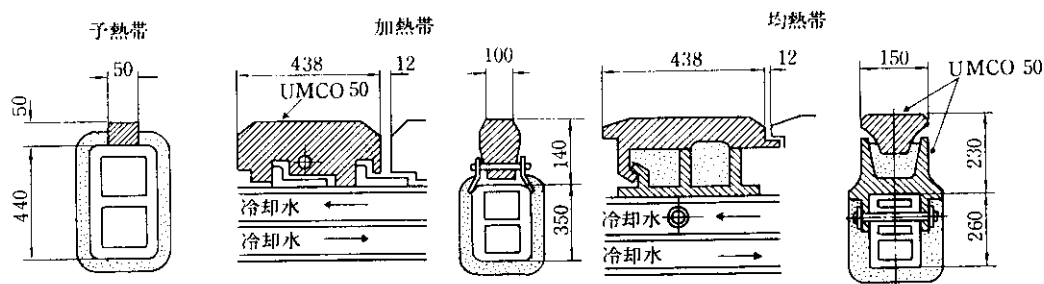


図5 スキッド詳細

表4 UMC0 50 成分表

(%)

C	Cr	Co	Si	Mn	Cu	P	S	Fe
0.05~0.12	26.00~30.00	47.00~52.00	0.50~1.00	0.30~1.00	0.02max	0.02max	0.02max	残

ダーに、はめ込式となっているため、摩耗時の交換が容易である。ホットスキッドの寿命は均熱帯で12~13ヶ月であるが補修はスライダーの交換のみであり、均熱帯ライダーおよび加熱帯スキッドは稼動後3年を経た現在でも、さらに使用可能である。予熱帯ではUMCO 50が1000°C以上の耐熱耐摩耗性は良好であるが、900°C前後で割れを発生するという性質を有するため、従来使用していた高Cr高Ni系合金を使用した。

当加熱炉のバーナーは予熱帯、加熱帯については従来の5帯式加熱炉と同様の配置としたが、均熱帯については上部にショートフレームの天井バーナーを配し、均熱帯におけるスラブの温度差をなくする効果を狙い、下部はスラブの抽出にエキストラクターを使用する関係でロングフレームのサイドバーナーを使用した。バーナー仕様を表5に示す。

表5 バーナー仕様および燃焼室容積

	バーナー容量 (kcal/h)	バーナー 個数	燃 焼 室 容 積 (m ³)
予熱帯上部	5 400×10 ³	10	290
〃 下部	7 500	8	320
加熱帯上部	2 500	10	220
〃 下部	3 500	8	340
均熱帯上部 (天井バーナー)	360	36	220
〃 下部 (サイドバーナー)	2 000	8	230

以上のほか、図5のように従来の加熱炉に比べ断面の大きな、剛性の強いスキッドを採用した結果、スキッド外部の断熱材の寿命が延長され、また、スキッドに関する操業上のトラブルは皆無となった。

本型式の加熱炉の採用により、スキッドマークが著しく改善された。加熱燃料原単位は、いまのところ、種々の制約により加熱能力を十分発揮していないため当初に予定していた値には達してい

ないが、本設備が十分能力を発揮する時期においては、450×10³kcal/t 前後の値になることが推定される。加熱炉の冷却水は、1基当り450m³/hとホットスキッド採用の効果が現われている。

加熱炉用の煙突は公害防止のため、高さ150mの集合煙突を採用した。使用燃料についても低硫黄分重油を使用するための設備を備えている。

4.2 圧延機

粗圧延機は表3に示すように、V.S.B 1基(建設中)、2段圧延機2基(R 1, R 2)、および4段圧延機3基(R 3, R 4(将来), R 5)よりなり、各圧延機にはそれぞれスタンドの前面にタッチドエッジャーを設けている。

粗圧延機における特徴は2段圧延機に下ロールの圧上装置を設け(R 2は将来設置)リターンパスによる2パス圧延を可能とし、圧延機数の削減と、圧延ラインの短縮を行なったこと、およびR 4(将来設置)とR 5を近接配置とし、圧延ラインの短縮と圧延材の温度低下の防止を図ったことがあげられる。粗圧延機の運転調整はすべてプロセスコンピューターにより制御され、加熱炉よりのスラブの抽出を含め1名のオペレーターで運転されている。

ロール組替は2段圧延機については油圧車輪引出方式、4段圧延機補強ロールは油圧スレッド方式、作業ロールはターンテーブル方式の自動組替装置(建設中)となっている。各圧延機には前面に150kg/cm²の高圧水によるデスケリング装置を備え、ストリップ表面疵の防止に効果をあげている。各スタンド間テーブルは、スケールおよび高圧水の侵入を防ぐため、スタンド前後面の数本を単独駆動方式としている。ディレーテーブルは147本の全ローラーを単独駆動とし、駆動系統を4セクションに分け、材料の流れに応じてそれぞれのセクションが定められた速度に自動的に制御される。

4.3 フライングクロップシャーおよびピンチロールスケールブレイカー

フライングクロップシャーは、コイル尾端の形状改善のため、ダブルナイフ方式を採用、35mm

厚のシートバーが切断可能である。また、ナイフドラムの交換を容易にするため、インナースタンド型となっていて、あらかじめ調整されたドラムとサイドシフト方式により短時間で交換することができる。クロップシャー前面には形状認識装置が設けてあり、シートバーの先端および尾端を最適寸法で走間切断を行なっている。

ピンチロールスケールブレーカーは、前後面に一对のピンチロールを設け、この間にデスクーリングヘッダーを備え、強力な $150\text{kg}/\text{cm}^2$ の高圧水の噴射により、2次スケールの完全な除去を行なっている。

4.4 仕上圧延機

仕上圧延機は6基(F7建設中、F8将来設置)の4段圧延機で構成され、その仕様は表3に示したとおりである。

最終スタンドにおける圧延速度は、F6時最高 $1105\text{m}/\text{min}$ 、(F7時 $1345\text{m}/\text{min}$ 、F8時 $1450\text{m}/\text{min}$) に達し、 $0\sim 50\text{m}/\text{min}$ の範囲で材料に応じた任意の加速度による加速圧延を行ない、ストリップの圧延温度の制御に大きな効果をあげている。なお、仕上圧延機は速度制御は、サイリス

タによる静止レオナード方式を採用し、応答性の高い制御を行なっている。各スタンド間のルーバーには、空気圧式を採用し、制御性を高め、スタンド間のストリップの高さおよび張力を一定に保つよう制御を行なっている。

ストリップの形状調整を行なう場合、従来は圧延するストリップの幅に応じて種々のロールカーブをもったワークロールを用意し、圧延時の圧下力によるロールのたわみを補正し、良好な形状のストリップを生産する努力が行なわれていた。しかしロールの形状は圧延材からの伝熱、圧延中における磨耗、材質、温度による圧下力の変化などのため最適な条件を見出すことは非常に困難である。近年、前記のロールカーブを補正する目的のため、ロール両端に圧力を加え、ロールにたわみを生ぜしめる方式が開発された。当工場の仕上圧延機についても全スタンドにワークロールベンディング装置を備え、ストリップの幅、厚みに応じてロールに加わる曲げ力を調整し、良好な形状およびプロフィルのストリップを得ている。図6にワークロールベンディング装置の原理を示す。

さらに、本圧延機は将来、より大幅な形状制御も可能なように、バックアップロールベンディン

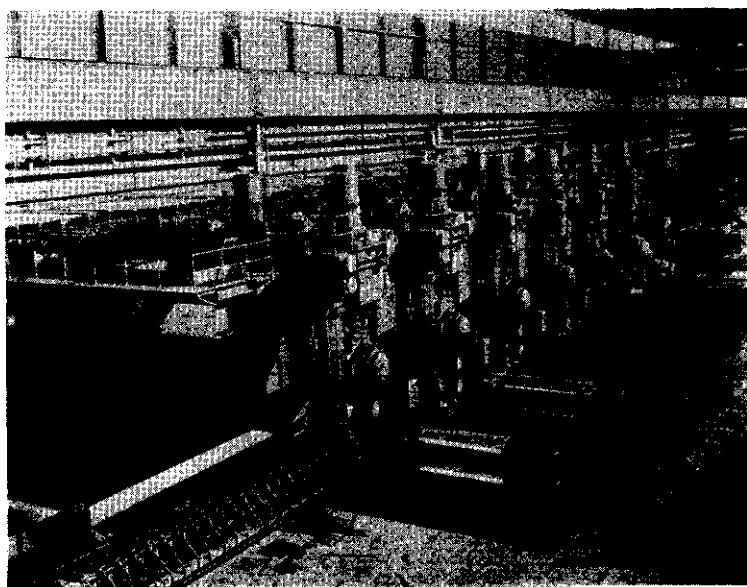


写真2 仕上圧延機

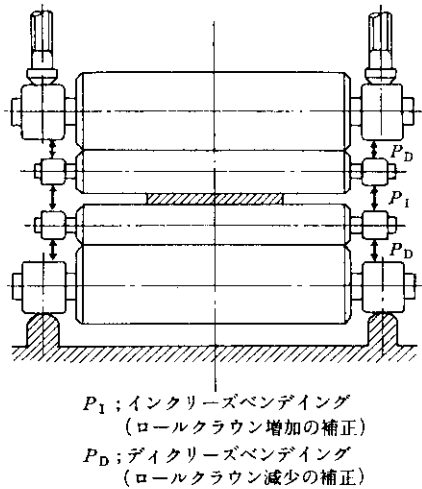


図 6 ワークロールベンディングの原理

グ装置をも設けることができるよう考慮されている。ストリップの厚み精度の向上のために、全スタンドにコンピューター AGC を設け、各種のデータにより、圧下調整を自動的に行なっている。AGC をコンピューターで行なうことにより、AGC の応答性が従来型の AGC と比べ非常に高く、ストリップ全長にわたって良好な厚み精度が得られている。

仕上圧延機最終スタンドの出側には、2 基の X 線厚み計と 1 基の下方光源式幅計を備え、製品の厚み、幅の厳重な検査を行なっている。特に 2 基の厚み計で常時厚みを測定、それぞれの測定値を比較し検定することにより、計測器の経時誤差、または、故障などの異常による厚み許容差を起える製品の発生を未然に防止している。

仕上圧延機全スタンドの各種制御（圧下量、通板速度、冷却水の噴射など）はすべてプロセスコンピューターで行なわれ、用途に応じた適正な製品を製造している。コンピューターを使用することにより製品の規定仕様に対する適中率は飛躍的に向上した。仕上圧延機のワークロール組替は、ターンテーブル方式による自動組替装置を用い、その所要時間は 6~7min と大幅に短縮された。

4.5 ホットランテーブルおよびストリップ冷却装置

ホットランテーブルは全長 180m、4 セクションにわかれ速度制御が行なわれる。テーブルローラー径 300mm、ローラー間隔 400mm と設計上許される限度まで間隔を短縮し、テーブル上におけるストリップの通板性（特に薄物ストリップのウェービング防止）に考慮を払った。テーブルローラーの配列は平行式を採用、各ローラーはゴム可撓式接手を介して完全防水電動機により駆動される。

ストリップ冷却装置は、冷却効率の高いストリームフロークーリング方式を採用、全長を 9 セクション（1 セクションはバーニヤ）に分け、製品の仕様に応じてコンピューターにより冷却バンクを制御し適正な巻取温度が得られている。また冷却装置の上部ヘッダーは旋回式となっていて、1300mm 幅以下のストリップの場合は、必要に応じてヘッダーを旋回することにより、幅当りの冷却水量を増加し冷却能力を高めることができる構造となっている。

4.6 巻取機

当工場には 2.0mm までの比較的薄いストリップを巻取るための近接コイラー 2 基、13.0mm までの一般材を巻取る標準コイラー 2 基、および



写真 3 巻取機

16.0mmまでの厚いストリップを巻取るためのヘビーコイラー1基（建設中）の合計5基のダウンコイラーを備え、ストリップの用途に応じて最適な条件で巻取るよう考慮されている。

近接コイラーは仕上圧延機最終スタンドより約45mの位置に設けられ、薄物ストリップの圧延の際、仕上圧延機における圧延時間の短縮による圧延温度の確保と能率の向上に大きな効果を発揮している。

近接、標準コイラーともにマンドレルは4セグメント、ウェッジ拡張式を採用、それぞれ2台の280kW電動機で駆動されている。また、マンドレルは最大45tのコイルを巻取ることを考慮し、マンドレルの撓みを少なくするために先端をアウトボードベアリングで支える構造となっている。ブロッカーロールは直動式の空気シリンダーで開閉されるため、リンク、ピンなどによる機械的な遊びが非常に少なく、マンドレルとブロッカーロールとの間隙調整に有利であるとともに、保守上も非常に便利な構造となっている。

巻取機の操作も大幅に自動化を取り入れ、1名のオペレーターで2台の巻取機の操作を行なっている。巻取後のコイルはストリッパカー、アップエンダー、コイルコンベヤー、コイルバンディングマシン、コイル秤量機、ダウンエンダーを経て、コイルストレージャードで冷却され、それぞれの工程に従って処理されるが、これらのコイル搬送設備はすべて流れに応じて自動的に運転される。

4.7 潤滑、油圧および用水設備

工場内の機械設備に使用する潤滑、油圧設備およびデスケリング、ロール冷却に使用する用水設備はすべて仕上圧延機運転室に併設されている監視盤で集中制御され、機器の作動状況が把握されるため、これら機器の運転および点検の人員が大幅に削減された。表6におもな設備の仕様を示す。

4.8 ロールショップ設備

当工場のロールショップには、数値制御ロール研磨盤5台、および旋盤1台を備え、各種ロール

の研磨、切削を行なっているが、NC機械を導入したことにより、1名の作業員で2台の機械の作業を受持ち、所要人員が半減した。また、非常に良好な研磨精度が得られている。さらにロールチョック自動組替装置を備え、従来起重機と手作業で行なっていたロールチョックの組替が完全自動化された。

4.9 計算機制御

当工場にはプロセス制御用のMELCOM350/301台と、仕上圧延機のAPCおよびAGC制御用のMELCOM350/52台の合計3台の計算機が設けられている。図7は計算機によるプロセス制御の概要を示す系統図である。

圧延命令は中央にあるUNIVAC494より磁気テープで与えられる。プロセス制御は図7に示すように、加熱炉入口からコイルコンベヤーまでの材料のトラッキングを基礎に、

- (1) エキストラクター、粗圧延機、仕上圧延機、コイラー、バンディングマシンのセットアップ
- (2) 抽出温度制御（計画）、仕上圧延機側温度制御、巻取温度制御
- (3) スラブ抽出ピッチ制御

を行なう。本計算機は、プロセス制御のほかに、工程管理、品質管理上の必要な諸データの処理を行なう機能を有し、日常の管理業務の合理化に効果をあげている。仕上圧延機のAPC、AGC用小型計算機は、前記のプロセス計算機と有機的につながり、仕上圧延機のセットアップを行なうとともに、わが国で初めて計算機によるAGC制御を行ない、従来のAGC装置に比べて高精度の制御を行なうことができる。

以上のように計算機制御を大幅に採用したことにより、オペレーターの運転可能範囲が拡大した結果、粗圧延機関係の運転を加熱炉および仕上運転室にて調整し、巻取機については1名のオペレーターにて2台の巻取機の運転を行なうなど省力化に効果をあげている。

表 6 潤滑、油圧および用水設備

設 備 別	基数または系統数	適 要
潤滑設備	モービル給油 4 系 統	R 1～R 5, F 1～F 4, F 5～F 6, F 7～F 8 各モービル軸受用
	減速機給油 8 系 統	加熱入出側および粗圧延機テーブル用, 各圧延機スクリュウダウン, ピニオンスタンド用, コイラー減速機用
油圧設備	エキストラクターリフト用 1 系 統	作動油 タービン油 圧 力 180kg/cm ²
	ロールバランス用 2 系 統	粗圧延機, 仕上圧延機用 作動油 ソリブル油, 圧力 190kg/cm ²
	ロールベンディング用 1 系 統	仕上圧延機ワークロールベンディング用 作動油 リン酸エステル系, 圧力 210kg/cm ²
	コイラー補機用 1 系 統	作動油, 油中水滴型不燃性油 圧 力 90kg/cm ²
	コイラーマンドレル用 1 系 統	作動油 タービン油 圧 力 70kg/cm ²
デスケー リング設備	3	電動横軸パーレル型 6 段タービンポンプ 圧 力 150kg/cm ² 吐出力 8.0m ³ /min 電動機 2 900kW
ロール 冷却水設備	4	両吸込渦巻ポンプ 圧 力 16kg/cm ² 吐水量 15m ³ /min 電動機 460kW
	1	横軸 2 段渦巻ポンプ 圧 力 30kg/cm ² 吐水量 20m ³ /min 電動機 1 400kW
ホットラン テーブル 冷却水設備	3	両吸込渦巻ポンプ 圧 力 3.5kg/cm ² 吐出力 47m ³ /min 電動機 350kW

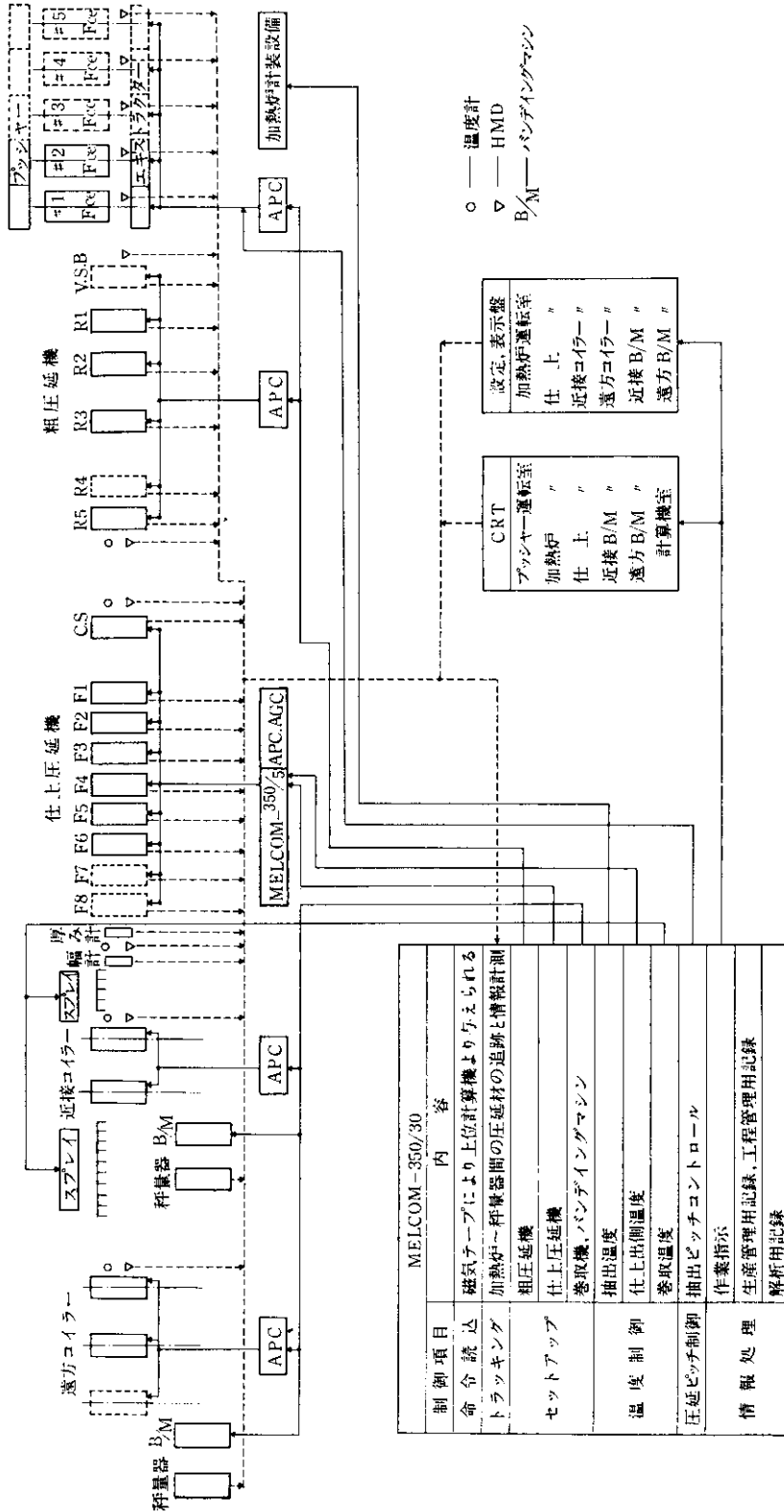


図 7 計算機によるプロセスコントロールシステム図

5. 操業経過

当熱延工場は、昭和45年1月稼動以来、45年9月 No. 2 加熱炉の増設、46年10月近接コイラーの増設と設備の増強を進め、現在 No. 3 加熱炉、V.S.B, R3 アタッチドエッジャー、No. 7 仕上圧延機、およびヘビーコイラーの増設工事中である。

これまでに、1.2~13.0mm の範囲におけるすべてのストリップ製品を製造しているが、前記増設中の設備が完成すると、製造範囲は最大厚み、

16mmまでに拡大され、さらに品質面、能率面においても一段と向上することになる。

6. 結 び

以上水島製鉄所熱延工場の概要を紹介したが、稼動以来操業上多くの改善を加え今日にいたっている。今後さらに品質面、能率面における改良を重ね、設備の増強とあいまって、本工場の最終目標である年間能力450万tの最新鋭ホットストリップミルとして完成させる所存である。

