

最近の熱間帯鋼圧延設備

Recent Progress of Hot Strip Mill

加 藤 孝 之* 谷 口 哲 二*
Takayuki Katô Tetsuji Taniguchi
今 井 史 郎* 是 石 安 喜*
Shirô Imai Yasuki Koreishi

要 旨

1969年1月新日本製鐵株式会社君津製鐵所で稼働を開始した世界最大の規模を有する90"熱間帯鋼圧延設備はその後順調に、期待どおりの生産能力を発揮している。そのうちの粗圧延設備は、BLAW-KNOX社と日立製作所との共同により設計製作されたもので、各所に最新の技術が採用されている。

1. 緒 言

この数年間、鉄鋼関係の設備新設には目ざましいものがあり、なかでも、はなはだしく増大した帯鋼の需要に応じて帯鋼設備が飛躍的に大形化され、かつ設備数も多くなった。現在世界で稼働中のものは139基といわれるが、そのうちわが国は17基で世界第2位のストリップミル保有国となっている。

最近の大容量設備は表1に示すとおりである。

圧延設備の合理化の主流はホットストリップ部門といわれる、それらの最新設備の新技术のなかで、わが国が世界にさきがけ経験したものに、迅速ロール組替え、近接ダウンコイラ、ホットストリップ専用としての90"ミルなどがあげられる。以下、最近のホットストリップミルの傾向と新日本製鐵株式会社君津製鐵所納入の90"ホットストリップミルおよび日本金属工業株式会社相模原製造所納入のダウンコイラの特長を説明する。

2. 最近のホットストリップミルの傾向

2.1 品質の向上

2.1.1 ウォーキングビーム式加熱炉の採用

通常のホットストリップミル用連続式加熱炉では常時水冷スキッドによってスラブがささえられているため、スキッドに当たる部分がその他の部分より低温となり圧延にあたって板厚変動の原因となる、また加熱能力を上げるためには炉長を長くする必要があるが、プッシャー式ではパイルアップの恐れがあり、スラブ厚に制約がある。したがって最近ではウォーキングビーム方式の加熱炉を採用し、炉抽出側にはスラベクストラクタを採用して、上記の局部的低温部、すなわちスキッドマークあるいはスリキズの発生を防止するとともに炉能力を上げる傾向にある。

2.1.2 仕上圧延機のスタンド数

従来仕上圧延機は6基が標準であると考えられていたが、最近建設される仕上圧延機群はアメリカで7基、わが国は8基あるいはそれ以上を最終計画と考え基礎を打って置くのがほとんどである。スタンド数を増すことにより次の効果が期待できる。

- (1) 各スタンドの荷重の配分が軽くなることによりスピードアップが可能で製品形状、品質が改善される。
- (2) 粗厚が大きくとれ大形スラブ圧延の際の温度低下を防ぐことができる。
- (3) 薄いストリップを生産する可能性が期待される。

これらの効果のうち、第一は(1)項であろう。

次に、スラブの大形化により粗圧延後のバーの長手方向温度

* 日立製作所日立工場

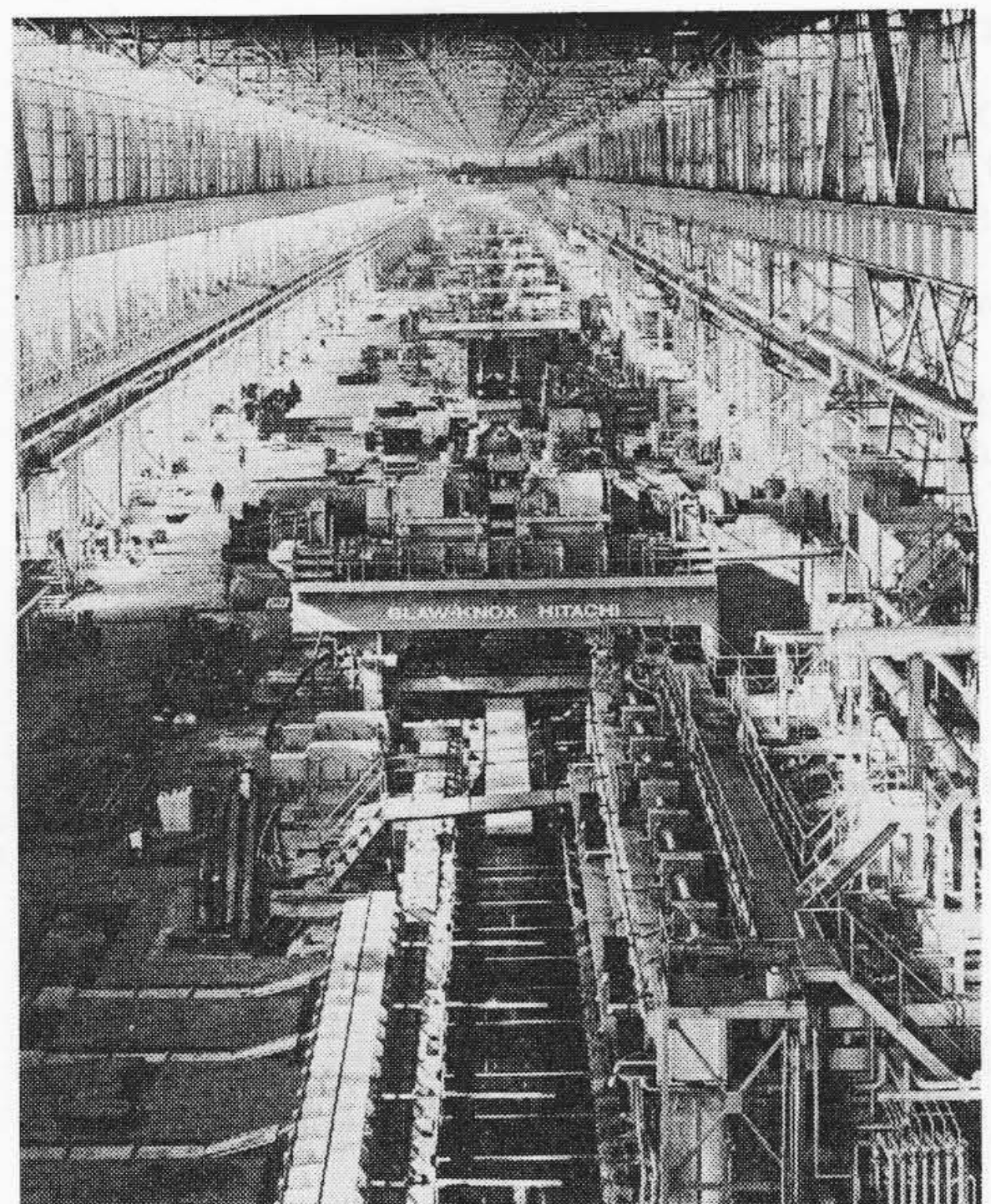


図1 新日本製鐵株式会社君津製鐵所90"熱間帯鋼圧延設備

差を極力小さくするため仕上スタンド数を増すことも考えられるが、スラブ厚みは連铸材の採用が多いことを配慮し、250~300mm厚みが限界であろう。すなわち現在の連続铸造技術では品質と生産性との問題からその厚みに制限がある。

このようにスタンド数が増加しスピードアップされるとロールはより効果的に冷却されなければならない。じゅうぶんな水量を確実にロール表面に到達させるため、ロール冷却水の圧力はしだいに高くなりつつあり、18kg/cm²またはそれ以上が使用される例も多くなっている。

2.1.3 板厚制御とHYROP

ホットストリップミルにおける板厚変動の要因は、

- (1) 尾部の温度低下
- (2) 炉内スキッドによる部分的な低温部
- (3) 先後端部の張力変動

がある。設備の高速化に伴い板厚を制御する圧下装置は速応性の高いものが必要となり在来の電動圧下装置でも、駆動モータは大トルク、低慣性のものが要求されるようになったが、さらに格段すぐれた速応性を有し、しかも大きい有効ストローク、操作側、駆動側の平行作動特性をもつ油圧圧下方式が採用されるべき時期に至ったと考えられる。日立が開発した油圧圧下装置HYROPは、下記のようなすぐれた特性を有しホットストリップミルの次の圧下装置となるものと期待される。

表1 最近10年間の熱間帯鋼圧延設備

会社名	国名	製作年月	形式*	ロール胴長 (mm)	粗圧延機 (形式×台数)	仕上圧延機 (形式×台数)	最大圧延速度 (m/min)	コイル重量 (t)	生産能力 (t/y)	機械製作会社名
NATIONAL STEEL (GREAT LAKES)	アメリカ	1961.	C	2,032 (80")	2H×1	4H×4	914 (3,000)	25.0	3,600×10 ³	UE
COLVILLES (REVENSCRAIG)	イギリス	1962.	SC	1,727 (68")		4H×1	728 (2,388)	27.2	2,000×10 ³	DAVY-UNITED
RICHARD THOMAS & BALDWINS (SPENCER)	イギリス	1962.	C	1,727 (68")		4H×5	994 (3,260)	28.0	1,800×10 ³	DAVY-UNITED
USINOR (DUNKIRLE)	フランス	1963.	C	2,032 (80")		4H×4	1,024 (3,360)	28.0	3,000×10 ³	SESIM
新日本製鐵 (名古屋)	日本	1963. 7	C	1,727 (68")	2H×1	4H×4	914 (3,000)	25.5	3,000×10 ³	UE-石川島
川崎製鐵 (千葉 No. 2)	日本	1963. 9	C	2,032 (80")	2H×2	4H×2	1,010 (3,300)	20.0	3,000×10 ³	UE-石川島
ESPERANSE LONGDOZ (CHESTAL)	ベルギー	1963. 8	SC	2,180 (86")		4H×1	960 (3,149)	24.0	1,000×10 ³	SACK
ALGOMA STEEL	カナダ	1963. 8	SC	3,100 (122")	(厚板兼用) 4H×1	4H×6	670 (2,238)	20.4	450×10 ³	BK
JOHN & LAUGHLIN (CLEVELAND)	アメリカ	1964.	SC	2,032 (80")	2H×1	4H×2	1,140 (3,735)	27.0	2,430×10 ³	MESTA
AUGUST THYSSEN HÜTTE	西ドイツ	1964. 4	C	2,240 (88")	2H×1	4H×2	960 (3,649)	30.0	1,680×10 ³	SACK, DEMAG
ITALSIDER (TARANTO)	イタリア	1964. 11	C	1,727 (68")	2H×1	4H×4	1,100 (3,600)	28.0	2,000×10 ³	BK
INLAND STEEL (INDIANA HARBOR)	アメリカ	1965. 4	C	2,032 (80")	2H×2	4H×3	1,185 (3,884)	36.0	2,800×10 ³	UE
WHEELING STEEL (STUEBENVILLE)	アメリカ	1965. 10	C	2,032 (80")	2H×1	4H×3	933 (3,061)	34.0	3,270×10 ³	BK
BETHLEHEM STEEL (BURNS HARBOR)	アメリカ	1966.	C	2,032 (80")	2H×2	4H×3	1,137 (3,729)	36.6	3,600×10 ³	UE
日本鋼管 (福山 No. 1)	日本	1966. 8	C	2,032 (80")	2H×1	4H×3	930 (3,050)	30.0	3,000×10 ³	MESTA-三菱
GRANITE CITY STEEL (GRANITE CITY)	アメリカ	1967.	C	2,032 (80")	2H×2	4H×2	1,143 (3,749)	34.3	3,600×10 ³	MESTA
UNITED STATE STEEL (GARY)	アメリカ	1967.	C	2,130 (84")	2H×3	4H×3	1,280 (4,200)	42.0	4,000×10 ³	BK
ARMCO MIDDLE TOWN	アメリカ	1968.	C	2,160 (86")	2H×3	4H×3	1,235 (4,050)	32.0	4,000×10 ³	UE
YOUNGSTOWN SHEET & TUBE (INDIANA HARBOR)	アメリカ	1969.	C	2,130 (84")	2H×3	4H×3	1,250 (4,100)	45.0	4,000×10 ³	MESTA
新日本製鐵 (君津)	日本	1969. 1	C	2,280 (90")	2H×2	4H×3	1,220 (4,000)	45.0	2,680×10 ³ (将来6,000)	日立, 三菱, 石川島
住友金属 (鹿島)	日本	1969. 4	C	1,780 (70")	2H×3	4H×3	1,325 (4,340)	31.0	2,400×10 ³	石川島
ENSIDESA (AVILES)	スペイン	1969.	SC	1,727 (68")	2H×1	4H×1	—	—	2,000×10 ³	BK
STEEL CO. of CANADA (HAMILTON)	カナダ	1969.	SC	2,032 (80")		4H×3	1,010 (3,300)	—	—	MESTA
川崎製鐵 (水島)	日本	1970.	C	2,280 (90")	2H×2	4H×2	1,150 (3,750)	40.0	4,250×10 ³	石川島
神戸製鋼 (加古川)	日本	1970.	C	2,160 (86")		4H×1	—	45.0	—	三菱
REPUBLIC STEEL (CLEVELAND)	アメリカ	1970.	C	2,130 (84")	2H×3	4H×2	1,180 (3,860)	41.0	4,000×10 ³	MESTA
日本鋼管 (福山 No. 2)	日本	1971.	C	1,780 (70")	2H×2	4H×3	1,370 (4,500)	30.0	—	三菱, 石川島
新日本製鐵 (大分)	日本	1971.	C	2,250 (88")	2H×1	4H×3	1,370 (4,500)	45.0	—	日立, 石川島

(ロール胴長 1,700 mm 以上)

* C:全連続式

SC:半連続式

(1) 速応性

最高 40 mm/min に達する時間

最高の電動圧下……0.42 秒

HYROP ……………0.035 秒

50μ 圧下の所要時間 (圧延圧力 3,000 t のもとで)

最高の電動圧下……0.31 秒

HYROP ……………0.11 秒

(2) 理想的なパスライン調整

ロール径に関係なくパスラインを一定に保つことができ薄物の通板速度の上昇に特に効果的

圧下装置に AGC を設置されるのは最近では全スタンドとなってきたが、この場合第一スタンドは非常用で通常はゲージ出しに、最終スタンドは形状出しに使用されるのでこのスタンドの AGC は使用されないのが一般である。

板厚制御は

(1) ゲージメータ圧下制御

(2) ゲージメータ張力制御

(3) X 線張力制御

(4) X 線モニタ制御

の4種から成るが、コンピュータコントロールの一部として発達しその成果は期待どおりと報告されている⁽¹⁾⁽²⁾。

2.1.4 仕上圧延機ロールのクラウンコントロール

ワークロールクラウンコントロールは、

(1) 圧延開始当初ロール温度が安定しないとき、

(2) 製品幅厚のスケジュール変更に対する調整で板厚精度を改善、ロール組替間隔を延長することができる。

当初仕上げミル後段の3~4スタンドに設置されることから始まったが、最近では全スタンドに設置される例が多い。

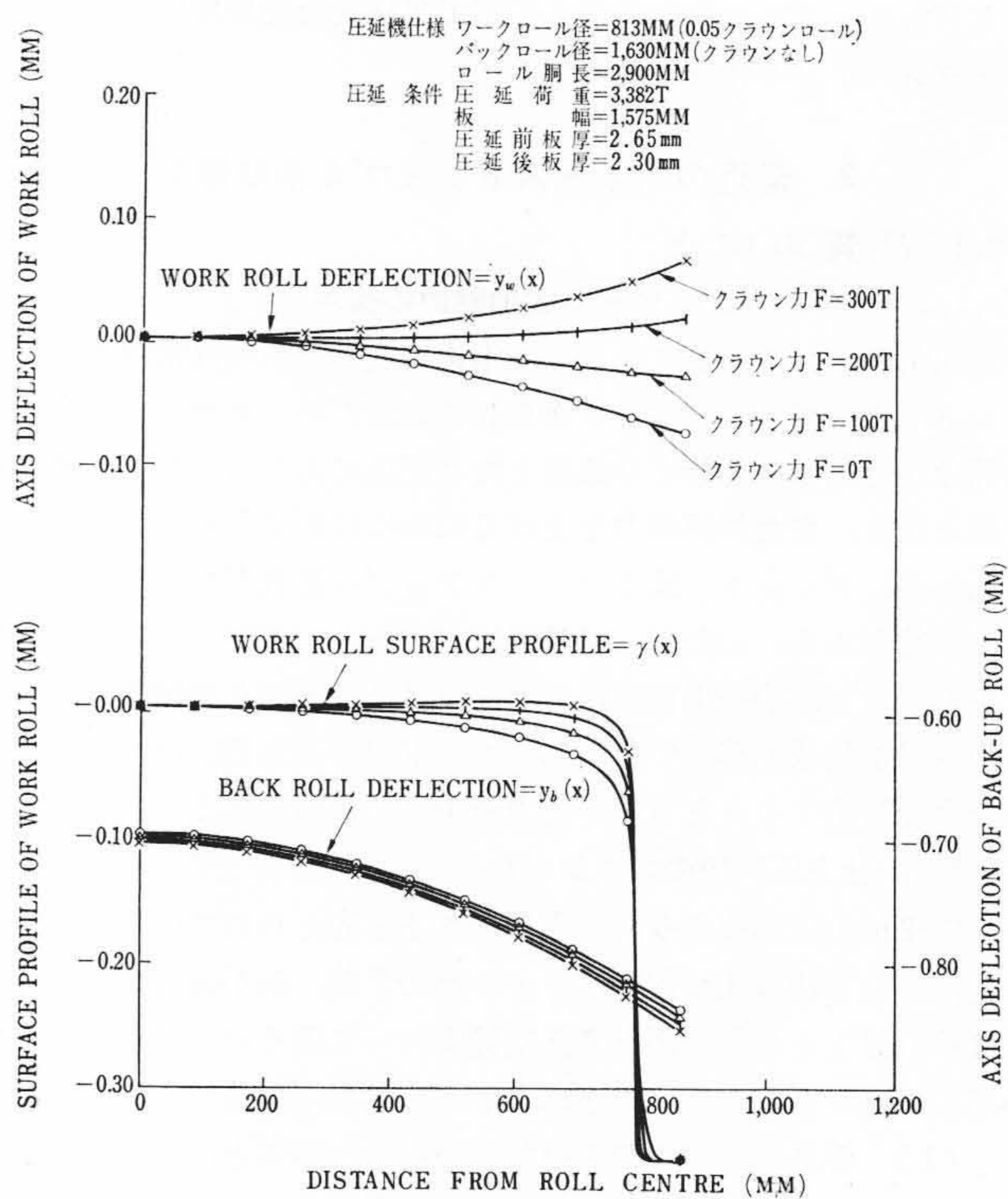


図2 クラウンコントロールの板厚への影響

ワークロールクラウンが、どのように板の形状に影響するかを日立製作所が開発した数値解析法⁽³⁾により試算すると図2のようになり、クラウン力 F の変化によりバックロールの変形量 $y_b(x)$ があまり変化しないのに対し、ワークロールの変形 $y_w(x)$ および

ロール表面形状 $r(x)$ は大きく変化している。このことはいかにクラウン調整力がストリップの形状制御に大きな効果をもっているかを示すものであり、本計算の場合は 200 t 程度のクラウン力を加えることにより、板は幅方向にほとんど均一な厚みとなることがわかる。

なお、この計算方式はロール表面とストリップとの接触部でのロール扁平化を考慮したものであり、在来のロール軸心の変形のみを計算する方式に比べ実際により近い値となる。

2.1.5 圧延機におけるストリップ温度変化

ホットストリップミルにおいて仕上温度が成品の品質、寸法精度に及ぼす影響はきわめて大きい。電算機制御を行なう場合、各スタンドの温度降下が推定できれば圧延荷重推定、出側板厚の推定などの精度を高めることができるとともに、仕上出口速度の設定に大いに役だつものである。しかしこれらの計算例は少ない^{(4)~(6)}。ここにその試算例を述べる。

ホットストリップの圧延において圧延材の温度は

- (1) 輻射(ふくしゃ)および対流による放熱量
- (2) ストリップ表面よりロール表面への熱伝導
- (3) デスケーリングによる放熱量
- (4) 塑性変形による内部発熱量
- (5) 圧延時のロール接触面のすべりによる発熱量

などを知らなければならない。これら各因子について計算するにあたり計算を簡便にするため下記の仮定を設けた。

- (1) ストリップは炉出口において肉厚、幅、長さ方向に均一な温度である。
- (2) ロールとストリップ間は固体接触による熱伝導とする。
- (3) 塑性変形による発熱はストリップ幅方向に均一である。
- (4) ストリップの熱伝導は厚み方向のみとする。
- (5) ストリップの長さ方向の移動速度はかみ込みによる停滞を考慮した。すなわち、ストリップの動きにはできる限り実圧延時と同じ動きを再現させた。

輻射(ふくしゃ)による放熱量、 q_r は

$$q_r = \alpha_r (\theta_s - \theta_a) \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 α_r : 相当伝達率 (kcal/m²h°C)

θ_s : ストリップ表面温度 (°C)

θ_a : 大気温度 (°C)

自然対流による熱伝達率 α_n は水平におかれた平板上面の値として

$$\alpha_n = 0.14 \left(\frac{l}{\lambda} \right) (Gr \cdot Pr)^{1/3} \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 l : 圧延材の幅 (m)

λ : 熱伝導率 (kcal/mh°C)

Pr : プラントル数

Gr : グラスホフ数

上記 α_r, α_n としては小門氏⁽⁷⁾の値を利用した。

ロール接触部ではストリップ表面からロール表面への熱が伝導され、一方、すべりにより摩擦熱が発生してストリップの温度降下を緩和している。

この固体接触面における熱伝達係数 h_c は同一材質として

$$h_c = \left(\frac{1}{2 \cdot \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{h_0}} - \frac{\lambda_t}{2\delta} \right) \frac{P}{H} + \frac{\lambda_t}{2\delta} \dots\dots\dots (3)$$

であるが圧延状態から、接触面押付け圧力 P 、接触固体のかたさ H はともに圧延材の熱間変形抵抗となり、したがって

$$h_c = \left(\frac{1}{2 \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{h_0}} \right) \dots\dots\dots (4)$$

となる。

ここに、 δ : 接触面のあらし(最高値) (m)

λ : 接触固体の熱伝導率 (kcal/mh°C)

h_0 : 直接接点における熱コンダクタンス (kcal/mh°C)

一方、摩擦熱 q は

$$q = \frac{\sigma \cdot \mu}{J} \int_0^\theta s \cdot d\theta \dots\dots\dots (5)$$

ここに、 σ : 熱間変形抵抗 (kg/m²)

μ : 動摩擦係数

J : 熱の仕事当量 ($J=426.9 \text{ kg} \cdot \text{m/kcal}$)

s : すべり速度 (m/s)

θ : かみ込み角度 (rad)

塑性変形により圧延材が発熱し、その温度が ΔT °C 上昇するとすれば

$$\Delta T = \frac{\sigma \cdot \varepsilon}{J \cdot \gamma \cdot c} \dots\dots\dots (6)$$

ここに、 ε : 圧下率 (%)

γ : 比重 (kg/m³)

c : 比熱 (kcal/kg°C)

次に、デスケーリング水による冷却は粗圧延機においてはストリップに噴射された水は膜沸騰をしながらストリップ上を流れると仮定し、平均熱伝達率は 1,000 kcal/m²h°C とした。また仕上圧延機においては熱流束 q は⁽⁷⁾

$$q = 5.4 \times 10^3 Q^{0.7} \dots\dots\dots (7)$$

ここに、 Q : 冷却水の流量密度 (l/m²・min)

として計算すると図 3 のようになり、これらから次のことが判明する。

- (1) デスケーリング水によりストリップ表面は急激に変化するがストリップ内部の影響は少ない。
- (2) 仕上入口の水影響を受けない部分で内外温度差約 40~50°C のものが仕上出口から 5 m の位置では 1°C 以下となる。
- (3) 仕上 F₁ スタンドでかみ込み時、約 20°C、F₇ スタンドで 5~6°C の温度上昇がある。

今後これらの計算は電算機制御の一機能として包含され発達するものと考えられる。

2.1.6 ストリップ冷却装置と巻取温度制御

前述のように、圧延速度の高速化とともに、ホットランテーブルの延長、ストリップ冷却能力の増大の問題が生じてきた。これらを解決するため、在来の高圧ジェット式冷却に代わり、多量の水量を流すことのできる低圧ラミナーフロー方式(ストリーム、クーリング方式)の採用が見られるようになった。これは特に日本において関心が深く、すでに数社で採用され、今後の設備は各社ともラミナー方式で検討される傾向にある。

ストリップのスレディングスピードは前述のように低速であるのでコイラにかみ込んだのち、加速していく、いわゆるズーミング加速が行なわれるが、高生産、能率向上のために従来の仕上温度一定をねらった加速率以上に加速しようとしても巻取温度のコントロールが困難となり、その加速が不可能であった。

しかし、その制御方式が日本では住友金属株式会社和歌山工場⁽⁸⁾、イギリスでは R. T. B. 社 Spencer 工場⁽⁹⁾、アメリカでは Granite City Steel の 80" ミル⁽¹⁰⁾、Youngston 社 Indiana Harbor

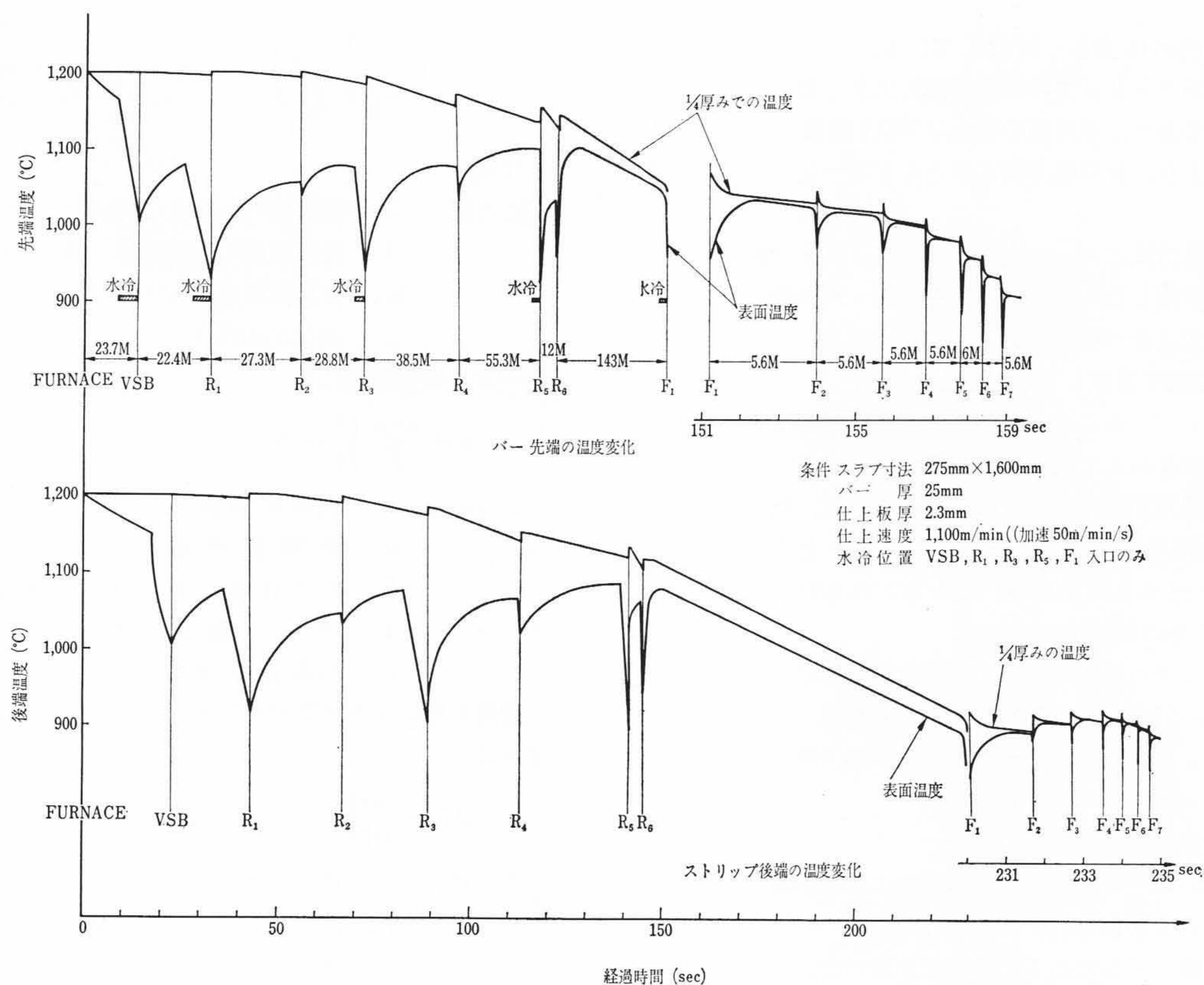


図3 全連続式帯鋼圧延設備における加熱炉から仕上圧延機出口までの温度変化計算例

84" ミル⁽¹¹⁾, オランダでは HOOGOVENS 88" ミルその他に設置され、その内容と成果が紹介されている。

2.1.7 厚物の巻取りと巻姿の改善

従来、ホットストリップミルで巻き取られコイルとされる成品は、厚み最大 9 mm, あるいは 12.7 mm 止りだったが化学工業の発展に伴い、スパイラルパイプ用をはじめとして、16 mm あるいはさらに厚い 19 mm の成品を、しかも比較的低温でコイルとする要求が出てきた。コイラーとしてはこのようなかたい極厚ストリップも円滑に巻き、しかも 1.0 mm 台の極薄も高速で正しく巻き取ることのできるものが必要である。巻き取られたコイルの耳が不そろいであれば運搬の途中で耳の折れ曲りなどでコイルの品質を著しく低下させ、歩どまりを落とすことになるのでコイルの大形化に伴い、ますます耳がそろったものが巻けるコイラーが要求されるようになってきた。

2.1.8 近接巻取機の設置

熱延鋼材はもちろんのこと冷延鋼材の性質にも、ホットストリップミルでの仕上げ、巻取温度が非常に大きな影響を与えるのでその温度制御はたいせつである。しかし圧延速度の高速化に伴いストリップ冷却能力からホットランテーブルは比例的に長くなる傾向にあるが、厚みが 1.2~1.0 mm の薄物になると、現実にはスレディングスピードは 600~650 m/min (2,000~2,130 ft/min) が限界でないかと思われる。したがってスレディング時間が長くなりストリップの仕上温度降下に伴う品質の低下(混粒), および生産性の低下が問題となる。これらの問題を解決するためには仕上圧延機に近い位置に正規のコイラーとは別に数基のコイラーを設置することが考えられた。

近接コイラーの位置はストリップの冷却に必要な長さ、コブル処理、ストリップ先端の波打ちが落ち着く距離などを考慮して仕上最終スタンドから約 60~70m の所に設置するのが一般である。

2.2 生産量の増大

2.2.1 スラブおよび圧延機の大形化と圧延機の高速度化

表1の一覧表は年代順に示されているが、これからスラブ、コイル、圧延機の大形化とともに高速化が進み、その生産高の増大の傾向がよくわかる。

スラブの大きさは、その単位幅当たり重量 (PIW) が数年前まで最大 1,000 lb/in といわれていたが、現在、計画中的ものは最大 1,600 lb/in が常識となっており、スラブには連铸材を使用し、現在の連続铸造技術で可能な最大スラブ 300×2,200 mm が使用されようとしている。これら少ない幅の種類の連铸スラブを使用するので、任意の成品幅を得るため強力な VSB (バーティカル・スケール・ブレーカ) が設置される傾向にある。

これらスラブの大形化とともに、圧延機自身もロール径、スクリュウ径を大形化し、また製品の精度を向上させるためミル剛性のより高い圧延機とするため、ポスト断面積は 7,000 cm² 以上とすることが多くなって来た。

一方、圧延速度は初期 (1950 年ごろ) のホットストリップミルでは、約 600 m/min (2,000 fpm) であったが最近の計画では 1,370 m/min (4,500 FPM) あるいはそれ以上が目標とされている。しかし薄物圧延ではストリップ先端が巻取機にはいったのち加速して最高速度まで上げるブーミング加速が行なわれる。このため圧延機、巻取機の電動機は 60 m/min/s の高い加速率がとれるよう設計はされているが、前述のストリップ冷却コントロールの関係上、現状は残念ながら 15~30 m/min/s が限界である。しかしスレディング速度 600 m/min, 加速率 30 m/min/s の壁が破られるのも時間の問題であろう。

2.2.2 粗圧延機の近接配置

粗圧延機は連続圧延でも一般にオープン連続圧延されるが、スラブの大形化とともにスタンド数が増加し設備費の増加、圧延材の温度低下が問題となる。温度の問題はディレイテーブル上に保熱装置を設置する考え方もあるが、ほかの問題は解決されない。

したがって粗最終圧延機を2基タンデムに配置し、クローズ連続圧延する方式が採用される傾向にある。この場合両スタンド間にはルーパーが設置された例もあるが、スタンド間距離が12 m程度であるなら直流電動機の手動制御のみでじゅうぶんで実際にはルーパーを使用することがないので、将来はその設置は不要であろう。

2.2.3 迅速ロール組替方式

最近、ワークロール組替えにターンテーブル方式、またはサイドシフト方式が採用され、いずれも全自動迅速組替方式でその所要時間はわずか5分以下である。自動であるがため数多くのリミットスイッチが使用されるが、ホットミルの悪条件下でじゅうぶん耐えるリミットスイッチが少なく、この開発が切望されている。したがってリミットスイッチの必要が少ないサイドシフト方式のほうが信頼性が高いものと考えられる。

2.3 労力の削減および生産原価の低減

2.3.1 コンピュータコントロール

コンピュータコントロールの制御目的は大別すると次の5項目となる。

- | | |
|---------------|----------|
| (1) トラッキング | (4) 温度制御 |
| (2) ミルペーシング | (5) ロギング |
| (3) 各ミルセットアップ | |

スラブのデータは炉への自動装入から始まり、コイル巻取後の秤量(ひょうりょう)まで材料のトラッキングが行なわれ、各スラブがどこにあるか記憶し、所定の位置に来るごとに指令が出される。ミルペーシングは何段階かに分かれているが最大の目的は最適抽出ピッチを算出し炉の温度制御することにある。ミルセットアップは送り込まれるスラブの鋼種、厚み、温度などのデータにより各スタンドの負荷バランスと圧延温度の最適化を図ってロール開度、速度のミルセットアップ計算を行なう。巻取温度制御は前述のように品質に大きく影響するので高い速応性が必要である。ホットストリップでの生産記録は酸洗いなどの次工程の作業指令として使用される。

2.3.2 各機器への配慮

コンピュータコントロールの採用、ロール組替えの採用などにより圧延設備はますます省力化されてきた。したがって各機器も保守、点検の必要の少ない、かつ容易なものの要求が強く、たとえばVSBの駆動装置も従来の下部駆動から上部駆動方式の採用が多くなり、強固な駆動装置が可能となったとともにスラブからの脱落スケール、水による駆動部の損傷がなく補修作業がきわめて楽となっている。また、オイルセラーも完全に無人化されている。

3. 圧延設備の概要

3.1 設備のおもな仕様

新日本製鐵株式会社君津製鐵所へ納入した圧延設備の概略仕様は下記のとおりである。図4はその粗圧延設備の全体配置を示したものである。

使用スラブ	厚さ	120～210 mm (将来 360 mm)
	幅	500～2,180 mm
	長さ	5,140～12,800 mm
	重量	最大 45.4 t
製品	厚さ	1.0～16.0 mm
	幅	500～2,180 mm
	コイル内径	762 mm
	コイル単重	最大 28.5 kg/mm 幅 (PIW 1,600 lb/in)

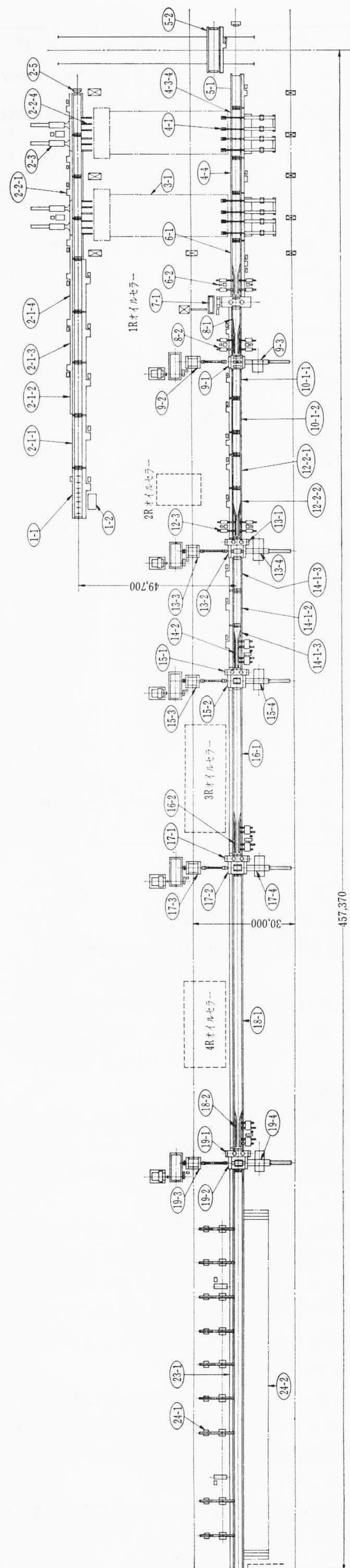


図4 粗圧延設備の全体配置図

表2 熱間帯鋼粗圧延設備の各機器仕様一覧表

項番	機器名称	機器仕様	電 動 機
1-1	S テーブル	460φ×2, 390 l 周速 75 m/min 760P×18	1台 DC 55 kW 550 rpm
1-2	スラブスケール		1台
2-1	K ₁ K ₄ テーブル	460φ×2, 390 l 周速 75/150 m/min 760P×20	4台 DC 75 kW 515/1,030 rpm
2-3	スラブ装入機	ストローク 5,400 mm 速度 15 m/min	2台 DC 52 kW 550 rpm
4-1	スラブエクストラクタ	ストローク 4,600 mm 速度 55 m/min	2台 DC 52 kW 550 rpm
4-3	A _{2.3} , A _{5.6} テーブル	460φ×2, 290 l 周速 75/150 m/min 760P×12, 800P×2, 890P×4	2台 DC 4/8 kW 52/104 rpm DC 90 kW 750 rpm DC 52 kW 550 rpm
5-2	スラプトランスファカー	460φ×2, 900 l ローラ付走行速度 50 m/min	1台
6-1	A ₁ テーブル	460φ×2, 290 l 周速 75/150 m/min 760P×20	1台 DC 75/150 kW 515/1,030 rpm
6-2	V S B 前面サイドガイド	最大開度 2,290 mm 開閉速度 1.85 m/min	1台 DC 5.5 kW 900 rpm AC 1,500 kW 429 rpm
7-1	1,210φ V. S. B.	ロール開度 2,290 mm 周速 55 m/min 460φ フィドローラ付	1台 DC 52/117 kW 550/1,250 rpm DC 4.8 kW 24/49 rpm DC 75 kW 515/1,030 rpm
8-1	B テーブル	460φ×2, 290 l 周速 35/70 m/min 760P×20	1台 DC 75 kW 515/1,030 rpm DC 4.8 kW 24.5/49 rpm AC 3,750 kW 300 rpm DC 52 kW 550/1,100 rpm
9-1	1,280φ×2, 290 l 2H ミル (R ₁)	ロール開度 410 mm 周速 55 m/min 460φ フィドローラ付	1台 DC 75 kW 515/1,030 rpm DC 4.8 kW 24.5/49 rpm AC 3,750 kW 300 rpm DC 52 kW 550/1,100 rpm
10-1	C ₁ C ₂ テーブル	460φ×2, 290 l 周速 37/70 m/min 760P×13	2台 DC 110/220 kW 500/1,000 rpm DC 52 kW 550/1,100 rpm
13-1	880φ アタッチドエッジャー (E ₃)	ロール開度 2,275 mm, 上駆動方式, 周速 36/72 m/min	1台 DC 110/220 kW 500/1,000 rpm DC 52 kW 550/1,100 rpm
13-2	1,280φ×2, 290 l 2H ミル (R ₃)	ロール開度 410 mm 周速 76 m/min 410φ フィドローラ付	1台 DC 52 kW 550/1,100 rpm DC 3.25/6.5 kW 525/105 rpm AC 6,000 kW 300 rpm
14-1	E ₁ ~E ₃ テーブル	410φ×2, 290 l 周速 67.5/135 m/min 760φ×13	3台 DC 37/74 kW 575/1,150 rpm E ₃ と同じ
15-1	880φ アタッチドエッジャー (E ₄)	ロール開度, 方式 E ₃ と同じ 周速 51/102 m/min	1台 DC 75/170 kW 515/1,170 rpm DC 3/6 kW 74/48 rpm AC 8,500 kW 400 rpm DC 2.5/5.0 kW 73.5/147 rpm
15-2	1,170/1,630φ×2, 290 l 4H ミル (R ₄)	ロール開度 200 mm 周速 107 m/min 410φ フィドローラ付	1台 DC 75/170 kW 515/1,170 rpm DC 3/6 kW 74/48 rpm AC 8,500 kW 400 rpm DC 2.5/5.0 kW 73.5/147 rpm
16-1	F テーブル	410φ×2, 290 l 周速 95/190 m/min 760P×64	1台 E ₃ と同じ 周速 73/146 m/min
17-1	880φ アタッチドエッジャー (E ₅)	E ₃ と同じ 周速 73/146 m/min	1台 R ₄ と同じ 周速 152 m/min
17-2	1,170/1,630φ×2, 290 l 4H ミル (R ₅)	R ₄ と同じ 周速 152 m/min	1台 DC 3.7/7.4 kW 108.3/217 rpm
18-1	G テーブル	410φ×229 l 周速 140/280 m/min 910P×90	1台 DC 110/220 kW 500/1,000 rpm
19-1	880φ アタッチドエッジャー (E ₆)	E ₃ と同じ 周速 116/232 m/min	1台 AC 10,000 kW 300 rpm
19-2	1,170/1,630φ×2, 290 l 4H ミル (R ₆)	R ₄ と同じ 周速 244 m/min	1台 DC 37 kW 575 rpm
19-4	R ₆ ロール組替	ワークロール電動式, バックロールシリンダ式	1台
21	循環給油装置	テーブル用給油装置, 粗ミル用 No.1~7給油装置 粗ミル用 No. 1~3 軸受給油装置 粗ミルグリース給脂装置	1式 粗ミル用圧油装置 1式
22	粗ミルロールバランス	粗ミル用圧油装置	1式
23-1	H テーブル	360φ×2, 290 l 周速 145/290 m/min 910P×133	1台 DC 2.5/5.0 kW 128/256 rpm
24-1	コブルブッシュ	ストローク 7,165 mm 速度 15 m/min	1台 AC 37 kW 1,000 rpm
25	デスケーリングシステム	水圧 140 kg/cm ² 広幅, 狭幅 2段切換	1式
26-1	高圧ロール冷却水	水圧 18 kg/cm ² ワークロール用	1式
26-2	低圧ロール冷却水	水圧 2~3 kg/cm ² バックロール, エッジャー用	1式

圧延機形式 全連続式

ロール胴長 2,290 mm

仕上最高速度 F₆ 1,200 m/minF₇ 1,370 m/min

圧延ピッチ 最小 50 秒 (VSB 入口)

設備全長 約 650 m (No.1 加熱炉から No.1
コイラ中心まで)

3.2 主要機器の構造

各機器の仕様は表2, 機器仕様一覧表に略記したとおりであるが, 次にそのおもな特長を記す。なお3.2.7 ダウンコイラについては日本金属工業株式会社相模原工場に納入したものである。

3.2.1 エクストラクター

加熱炉出口側には炉内スラブ抽出用として4本アームをもつエクストラクターが備えられ, スラブを加熱炉から落下させることなく, 水平に引き出し, スラブ裏面のスリ傷を防止する。本エクストラクタはテーブルライン外でほとんど全部が床下にかくれる方式であるので炉出口の床面を広く活用することができる。

3.2.2 スケールブレイカ (V. S. B.)

本バーチカル・スケールブレイカはロール径1,210φという大径のものとして, デスケーリング効果のみでなく幅種類の少ないスラブから多種の幅製品が得られるよう, 最大板厚で50 mm 圧下が可能, ヘビーエッジャーになっている。

その駆動機構を上部に設置し, 保守, 点検, 補修作業を容易にするとともにベベルギヤの次にオフセットギヤを設け, スピンドルを油圧シリンダで上方にプルバックし, ロールとカップリング

を容易にはずし, ロール組立品をクレーンにて直接つり出すことができるようにしてある。またこのオフセットギヤで1段減速しているため, ベベルギヤの伝達トルクが小さくてすみ強度的に有利な設計となっている。

3.2.3 アタッチド・エッジャー

アタッチド・エッジャーは上部駆動方式でR₃~R₆の各粗圧延機の前面に設置されて, 粗圧延中に生ずる幅広がり修正し, 仕上げストリップ幅を所定寸法に成形する。

本機器は4台, または2台の電動機駆動により, ウォーム, ロングスピンドルを介してロールを駆動する。ロール組替えを容易にするため, パスライン中心部をあけ, スピンドルカップリングとロールとの嵌合(かんごう)部はVSBと同機プルバックシリンダによって容易に離脱される。スピンドルのスリッパメタル部は, 駆動装置上部の回転継手により自動的に給脂されている。

3.2.4 粗圧延機

粗圧延機は二重圧延機, 2台, 四重圧延機, 3台で将来二重圧延機1台の追加が可能となっている。二重圧延機のロールネック軸受はモーゴイル50-72形の油膜軸受, 四重圧延機のワークロールネックは4列テーパローラ軸受, バックアップロールは56-72形の油膜軸受が使用されている。圧延材のきず付き防止のため出口側にフィドローラが設けられている。

ロール組替えを迅速に行なうため, 四重圧延機の圧下ネジと上バックロールチョックとの間に必要な間隙(かんげき)を迅速に形成させるための油圧シリンダでシフトするスペーサブロックが備えてある。また上下ワークロール間隙を自動的に形成するためチ

ロック・クランプと連動した特殊機構のラッチ装置がワークロールチャックに組込まれている。

本機の駆動系にはスリッパメタルタイプ・ユニバーサル・カップリングが使用され、そのスリッパメタル潤滑は自動給脂方式が採用されている。またロール組替を考慮してロール側カップリングをスピンドルに残すとともにその位置を保持すべき、リンク機構が採用されている。カップリングはインチングモータおよび近接スイッチにより正確に回転停止されるようになっている。

ピニオンスタンドおよび、主減速機ともろがり軸受が採用されていて軸方向長さの節約、組立保守の手間の軽減に役だっている。

3.2.5 ロール組替方式

二重圧延機のロール組替えにはサイドシフト方式を採用し、組替時間の短縮を図っている、引出し、サイドシフトも油圧シリンダによって行なわれる。

四重圧延機ワークロールの組替えは、サイドシフト式迅速組替装置により行なわれる。軸受給脂の接続は1スタンド1個所人手で着脱する以外は油圧、または電動により引き出し、サイドシフトされ、ふたたび押込みロールセットされる。これらが全自動でしかも5分間以内で行なわれている。No.6粗圧延機にはラック・ピニオン式電動台車が採用されており、大重量のワークロール組立品を確実に引き出せるとともにロールショップまで直接引き込むことができる。

3.2.6 オイルセラー

セラー内の機器はいずれも無人化されており、下記のものが自動運転、遠隔操作されている。

- (1) 高圧油系統の混合油タンクへの油および水の補給
- (2) 原油、混合油、作動タンクの油面指示および配管ライン圧力の指示
- (3) タンク内油温、クーラ出口油温の自動運転
- (4) プレッシャタンクへのエア充てん、フィルタの自動運転
- (5) 遠心清浄機へのタンク切換え、起動、停止時の油流バイパス運転の遠隔操作
- (6) 循環給脂、各タンクの油面、油温、混水検出、フィルタ差圧の指示
- (7) 油膜軸受給油装置の各スタンド供給温度の選択呼出し指示

3.2.7 ダウンコイラ

ホットストリップミル用ダウンコイラは、高速で送り込まれるストリップを確実に巻き取り、抜け出す複雑な機構のもとでコイル端面の美しくそろったコイルを得るため、高い精度の維持が必要であるばかりでなく、ストリップかみ込時、巻太り中あるいは巻き終わり時の大きい衝撃力に耐える強度、剛性も必要である。これら複雑な機構、高い精度、大きな衝撃力に耐えての長寿命とそれぞれ相反する要求を満足させなければならないところに設計製作のむずかしさがある。

図5は今般、日本金属工業株式会社相模原製造所に納入したダウンコイラで、最大厚さ6mm、幅1,300mmのステンレスストリップを最高467m/minで巻き取るもので、下記のような特長を備えている。

(1) 正しい巻姿を得るための機構

ストリップをきちんとそろった端面をもつコイルに仕上げるためにはミルでまっすぐに圧延することだけでなく、コイラで

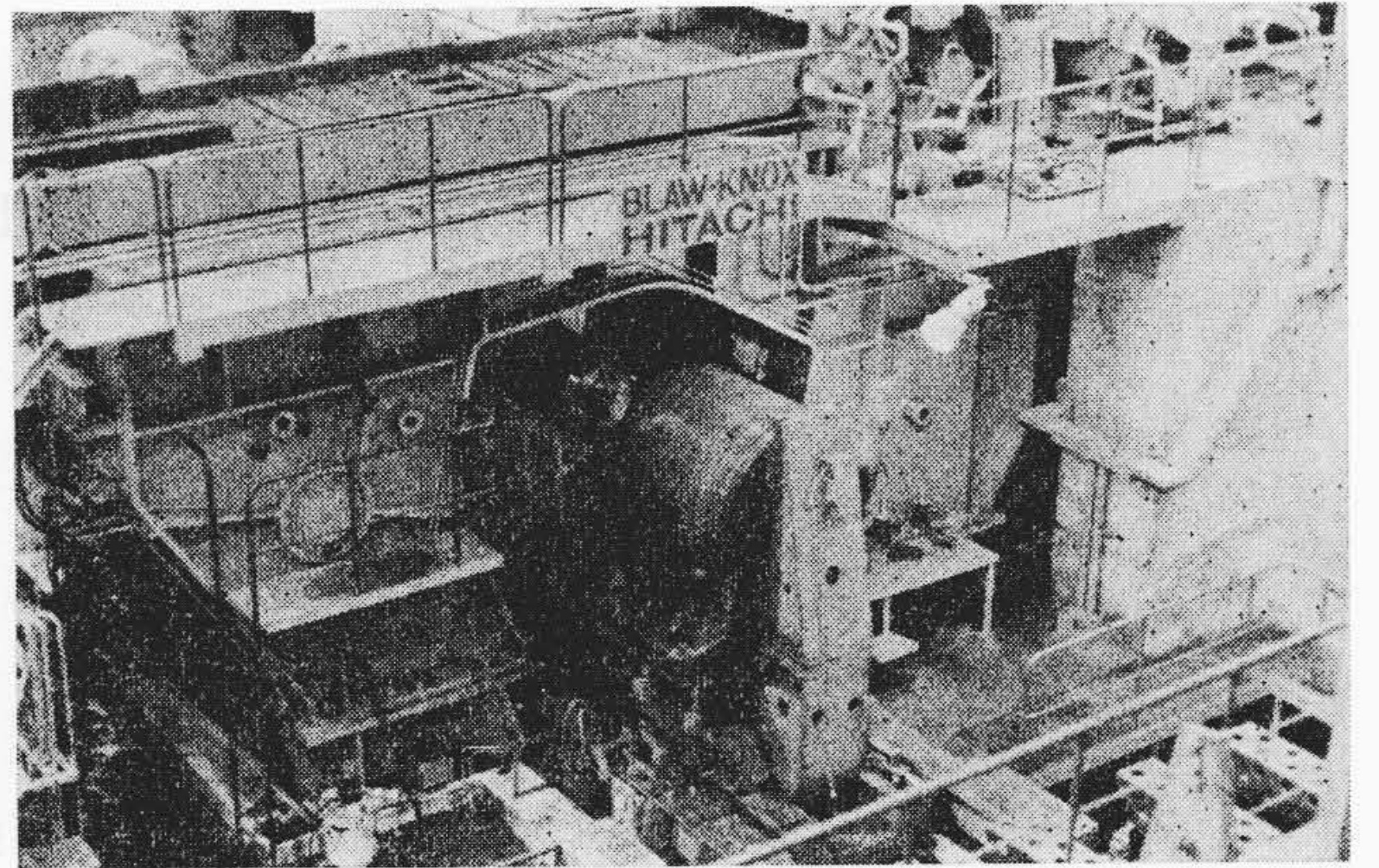


図5 日本金属工業相模原製造所で稼働中のダウンコイラ

ストリップエッジを常に一定の位置に保ち正確に巻き取る高い精度、剛性とじゅうぶんなる張力の維持が必要である。

ブロッカーローラは各2本ずつが一組の頑丈(がんじょう)なフレームに取り付けられ、傾斜ガイド面によりマンドレルに対し直行前後する方式でマンドレル周囲に対するストリップの巻付けを容易、確実にし、かつ特殊機構によりマンドレルに対する平行度、間隙が容易に調整できて上下ピンチローラのレベルおよび間隙の遠隔調整装置と相まって円滑かつ、美しい巻取作業を可能としている。

(2) 労力の節減

前述の各部の調整機構による労力の節減のほかに、機構的特長として入口サイドガイドに高硬度ディスクローラを採用してガイド部品取替ひん度を減少し、マンドレル開閉機構には消耗品を内在し、分解組立に時間のかかる回転シリンダ、回転継手方式をやめ、固定シリンダ、シフトレバー方式を採用して、保守労力、時間の節減を図っている。

またひん度は少ないが、操作ミスによりマンドレルを収縮したままストリップを巻いてしまっても、通常の収縮径からさらに収縮させてコイルを損傷することなく抜き出せるマンドレル非常収縮機構を備えている。

4. 結 言

以上、最近のホットストリップミルの傾向と、それら最近技術による世界最大級のホットストリップ粗圧延設備について述べた。

終わりに本設備製作の機会を与えられ、設計製作上、また納入後の調査などに対し、多大のご指導とご協力をいただいた、新日本製鐵株式会社、日本金属工業株式会社の関係各位に対し、深じんなる謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 西沢ほか：住友金属 19, 130 (1967-7)
- (2) 蜂谷ほか：製鉄研究 253, 61 (1969-4)
- (3) 原口ほか：機械学会誌 73, 9 (昭45-5)
- (4) 阿澄ほか：鉄と鋼 54, 144 (1968-10)
- (5) 小門ほか：鉄と鋼 54, 147 (1968-10)
- (6) P.C. Thompson: Iron and Steel Eng. 129 (1966-6)
- (7) 田中：三菱重工技報 2, 48 (1965-2)
- (8) 伊佐早：日立評論 49, 996 (昭42-10)
- (9) R. Meredith: Iron and Steel Eng. 79 (1965-12)
- (10) T.J. Ess: Iron and Steel Eng. 100 (1968-10)
- (11) T.J. Ess: Iron and Steel Eng. 144 (1968-12)