

高性能ステッケルミル圧延設備

High Performance Steckel Type Hot Strip Mills

ステンレス鋼を中心とした特殊鋼熱間圧延設備で、ステッケルミルが見直され、近代化改造や設備の新設が行われている。これは、ステッケルミルが仕上圧延温度を適切に設定できることから多品種少量生産に適しているためである。ステンレスや特殊鋼の熱間圧延では、板クラウン、板厚精度、表面性状などの品質面に対する要求は非常に厳しい。

日立製作所では、このニーズに対応するため、独自に開発、実用化したHC-MILLをステッケルミルに採用することによって、生産効率の高い圧延と高品質なホットストリップの生産を可能にした。これに加えて、設備全体のワンマンオペレーションが可能な全自動運転システムによって、大幅な操業の安定化及び省力化が図られた。

このように、ステッケルミルはHC-MILLと全自動運転システムによって高性能化が図られ、既設設備の近代化改造、新設設備に適用されるようになった。

本稿では、高性能ステッケルミルの基本特性を操業データをもとに明らかにし、全自動運転システムについて紹介する。

飯田芳彦* *Yoshihiko Iida*
橋本 直* *Tadashi Hashimoto*
今川浩一** *Kōichi Imagawa*
上金良博** *Yoshihiro Kamigane*

1 緒 言

ステッケルミル圧延設備は50年以上の古い歴史を持つ技術であり、加熱炉、粗圧延機、クロップシャー、前後保熱コイラ付き仕上圧延機、巻取機がそれぞれ1台ずつによって構成されている。設備投資額がタンデムホットストリップ圧延設備の $\frac{1}{4}$ ～ $\frac{1}{5}$ 程度と少なく、ステンレスや特殊鋼などの多品種少量生産に適しているものの、従来の仕上圧延機には、板クラウン、板厚精度などに対する制御機構が装備されていなかった。更に、近年までの世のすう勢である量指向の波に乗り大量生産に適したタンデムホットストリップ圧延設備の建設が主流であった。このため、ステッケルミル圧延設備への関心は薄かった。しかし、近年量よりも質という世界的要求からステンレス鋼などの特殊鋼の需要が高まり、かつ製品品質の高級化及び多様化が叫ばれている。

これに対し日立製作所は、板クラウン・形状制御ミル(HCMW-MILL, HCW-MILL)²⁾、高応答油圧圧下システム(HYROP-F)及び全設備自動運転システム³⁾など、最新の技術を導入することによって、ステッケルミル圧延設備を現代の最新鋭熱間圧延設備に再生させることに成功した。この結果、昭和60年アセリノックス社(スペイン)納め新設1号機では、HCMW-MILL及びHYROP-Fが採用された。粗バー厚25 mm以上として計画し、高速圧延による材料温度低下防止を図り、品質向上、コイル単独質量最大28.8トンで大幅な歩留まり向上を実現している。また、昭和60年日本金属工業株式会社納

め全設備近代化改造では、HCW-MILL, HYROP-F及び全設備自動運転システムが採用され、操業の安定化及び省力化を実現した。

以後、表1に示す3プラントを含め、最近の4年間に小形設備を含め5プラントのステッケルミル圧延設備を納入、又は製作中である。以下、最新鋭の高性能ステッケルミルの特徴を述べる。

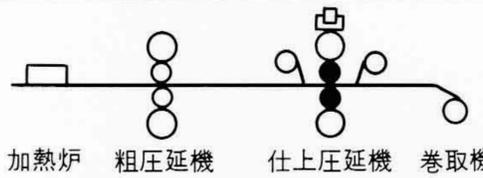
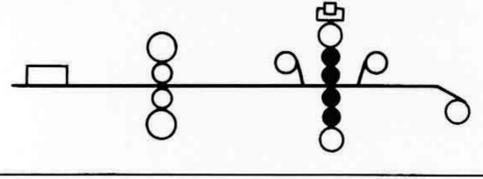
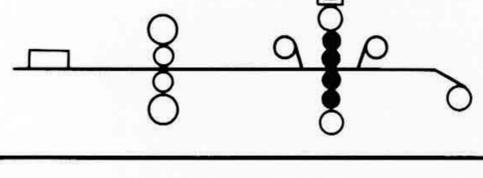
2 高性能ステッケルミルの特徴

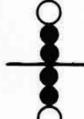
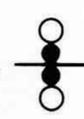
図1はステッケルミル圧延設備の一例としてアセリノックス社納入のレイアウトを示す。本設備は加熱炉から巻取機まで229.4 mであり、通常のタンデムホットストリップ圧延設備の半分以下である。仕上圧延機では通常5～9パスの可逆圧延を行うが、材料の温度低下を少なくするため、全パスで材料は図2に示す保熱コイラに巻き取られる。

従来のステッケルミル圧延設備のニーズ及びそれに対する対応技術を図3に示す。生産性向上のためには、サイクル内圧延本数及びコイル重量の増大を図らねばならない。前者には仕上圧延機のワークロールシフト機能によるスケジューリングフリー能力が、後者には仕上圧延機での高温圧延能力が要求される。高温圧延を実現するために、仕上圧延機に強圧下・板クラウン形状制御能力の高い6段又は4段HC-MILL(HCMW-MILL, HCW-MILL)を採用した。この結果、粗圧延機から

* 日立製作所日立工場 ** 日立製作所大みか工場

表1 ステッケルミル圧延設備の納入実績 狭幅から広幅まで特殊鋼熱間圧延全般に適用・拡大されつつある。

No.	納入先	適用	稼動開始	区分	板幅 (mm)	コイル質量 (t)	圧延速度 (m/min)	圧延機	生産能力 (t/年)
1	日本金属工業株式会社 相模原製造所	 加熱炉 粗圧延機 仕上圧延機 巻取機	昭和60年 8月	改造	1,370	10.0	400	ステンレス鋼	200,000
2	アセリノックス社 (スペイン)		昭和60年 11月	新設	1,580	28.8	600	ステンレス鋼	375,000
3	オートクンプ社 (フィンランド)		昭和62年 11月	新設	1,625	26.0	600	ステンレス鋼	300,000

注：記号説明  HCMW(中間ロール及びワークロールシフトミル),  HCW(ワークロールシフトミル),  HYROP-Fを示す。

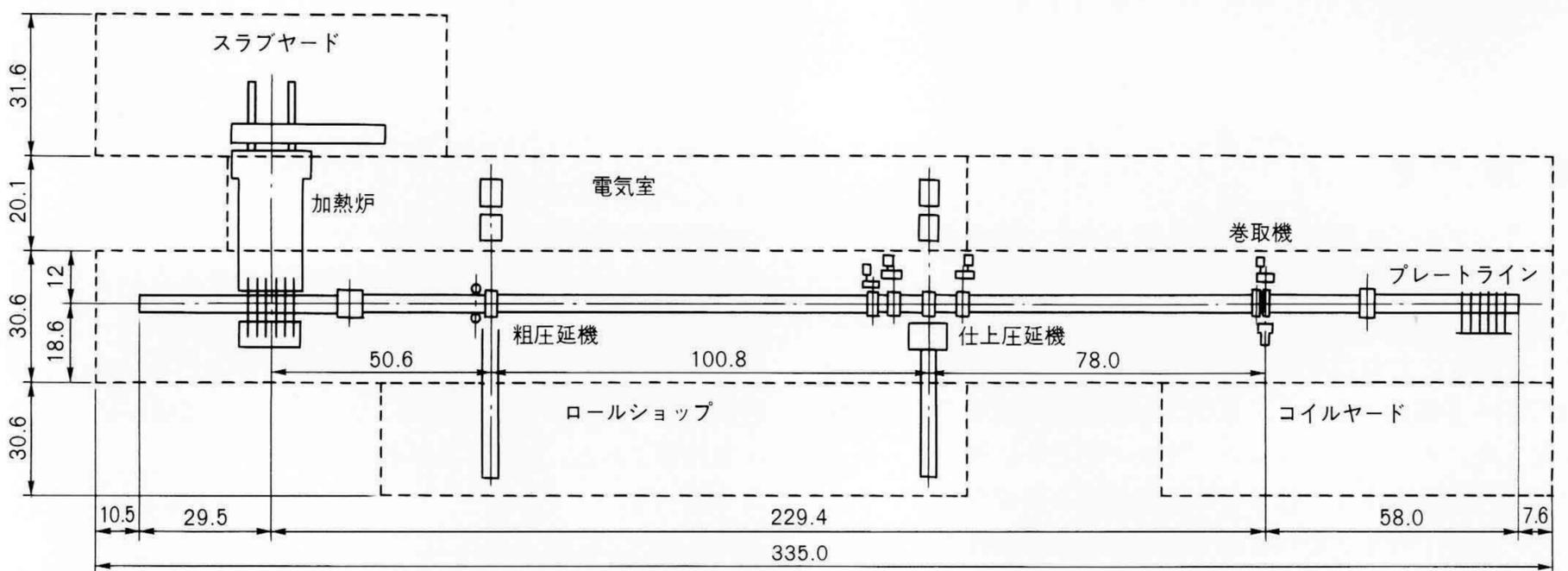


図1 ステッケルミル圧延設備のレイアウト アセリノックス社(スペイン)への納入例を示す。従来のタンデムホットストリップ圧延設備に比べて、設備長は約半分となる。

仕上圧延機へ供給されるバー厚が増加でき、1,050℃以上の温度を確保し、その後の仕上圧延機では高速・強圧下圧延によって圧延時間の短縮が図れ、従来の2倍以上の重量のコイルを最終仕上温度900℃以上で生産することが可能となった。仕上圧延機での高温圧延は、品質・歩留まり向上の面でも大きな効果をもたらし、製品板厚の最小化、板厚精度の向上が可能となった。全自動運転システムでのワンマンオペレーション機能は、仕上圧延機での可逆圧延時アイドル時間を減少し、高温圧延実現のための大きな要因をなし、また人件費低減、省エネルギーの面で大きな効果をもたらしている。

2.1 強圧下板クラウン・形状制御ミル

仕上圧延で最も重要なことは、圧延材料の温度低下を防止し、特に先後端板厚精度の向上を図ることである。このため

仕上圧延機に要求される機能は、粗圧延機から供給される25ミリメートル厚の粗バー材を、できる限り少ないパス回数で高速圧延し、仕上温度を確保することにある。

アセリノックス社納めHCMW-MILLの例では、最大重量28.8トンのステンレス鋼コイルを最大600 m/minで圧延することが可能である。この結果、最小板厚2.5 mm、板厚を5パスで圧延し、図4に示すように仕上温度900℃を確保できる。後述するAGC(Automatic Gauge Control)システムの効果とあいまって、板クラウン、板厚精度の大幅改善が実現された大きな要因となっている。

熱間圧延設備で生産される材料は、溶接パイプ・構造材料として使用されるAS-HOT材と次工程冷間圧延機に供給されるCOLD材とに大別される。これはステッケルミル圧延設備で

も同様であり、前者用には板クラウンのないデッドフラット形状が、後者用には50~70 μm の板クラウンを持つ凸形の板断面プロフィールが要求される。ステッセルミルの場合、この作り分けを1台の仕上圧延機で実施しなければならない。このため、圧延板幅、板厚などの制約条件を大幅に緩和するスケ

ジュールフリー圧延能力、自由度の高い板クラウン・形状制御能力が必要である。図5に製品板断面プロフィール制御例を示すが、ワークロール・中間ロールシフト、ワークロールベンドを持つHCMW-MILL, HCW-MILLで初めて可能になったものである。

2.2 高応答油圧圧下・AGCシステム

仕上圧延機での油圧圧下・AGCシステムの概要を図6に示す。タンDEM圧延機と同様にビスラAGCを使用するパスもあるが、全圧延パスで入・出側板厚が測定可能であり、モニタ、フィードフォワードAGC機能を有効に活用できる。しかし、全圧延パスに加減速を伴うために加減速補正機能、及び可逆圧延による材料先後端温度低下部の板厚増加を補償する先後端補正機能を必要とする。

油圧圧下装置は、複雑なAGCシステムの指令値に瞬時追従可能な高応答性が要求される。高応答油圧圧下装置HYROP-Fは、90度位相遅れシステム応答性が25 Hz持っており、広く活用されている。

製品板厚精度の一例を図7に示す。先後端それぞれ0.3~0.5

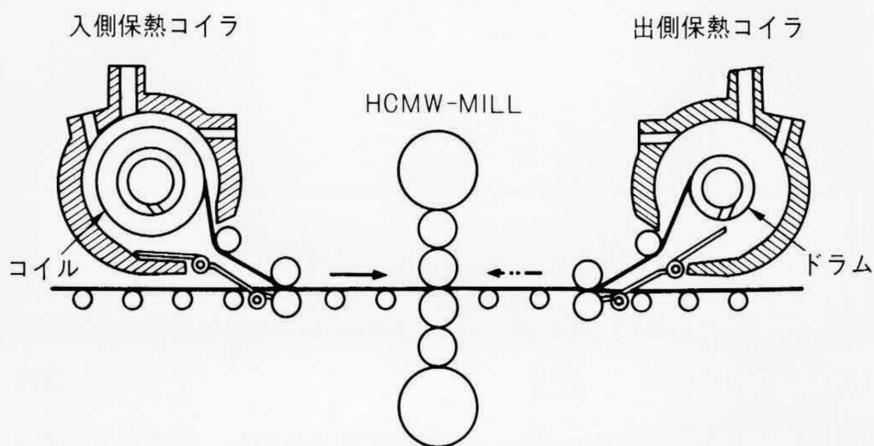
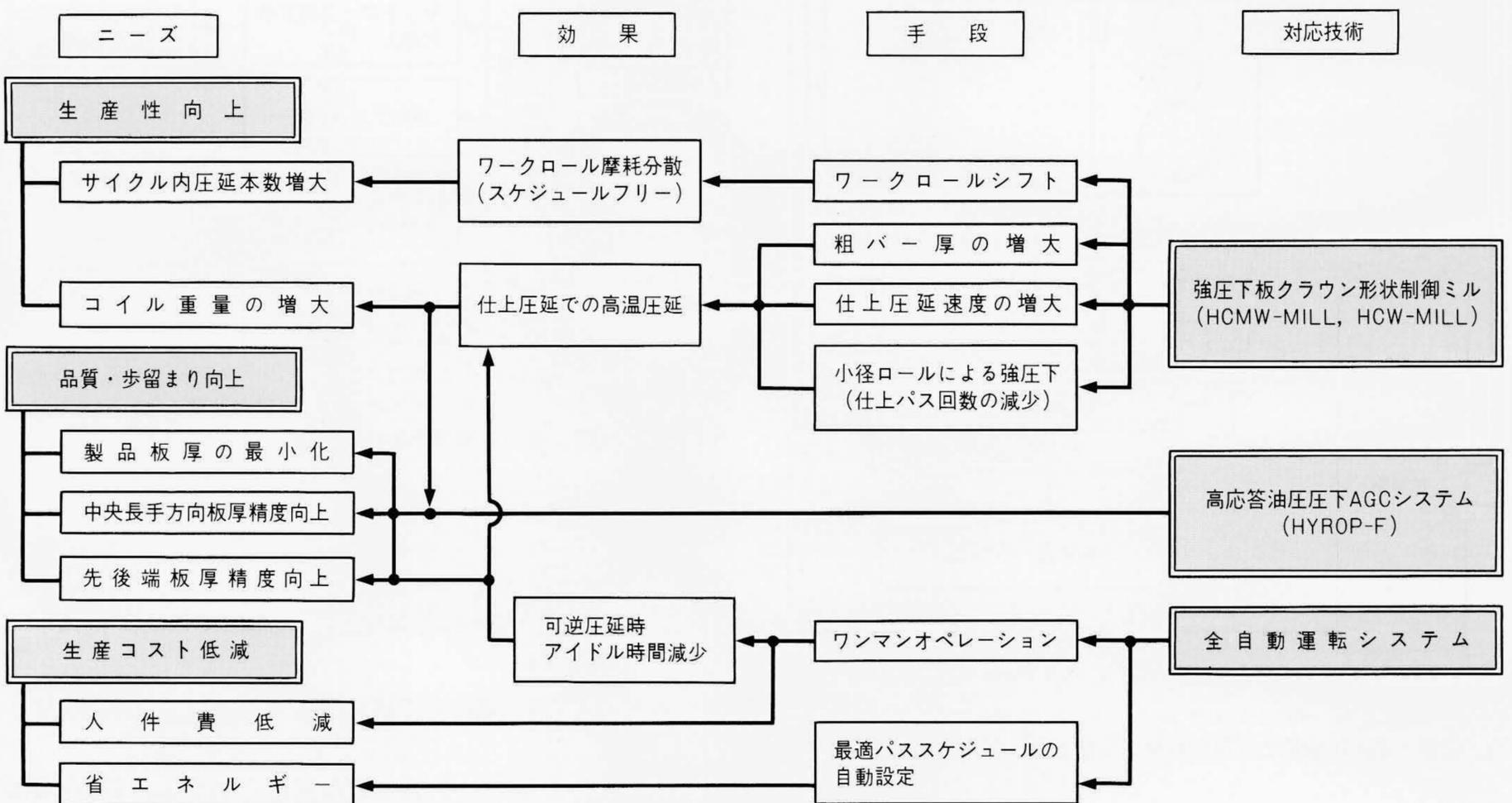


図2 ステッセルミル(仕上圧延機)の配置 1台のHCMW-MILLあるいはHCW-MILLの前後に保熱コイルを装備し、可逆圧延が行われる。



注：略語説明 AGC(Automatic Gauge Control)

図3 ステッセルミル圧延設備のニーズと対応技術 高性能ステッセルミルによって、数多くの問題点が解決される。

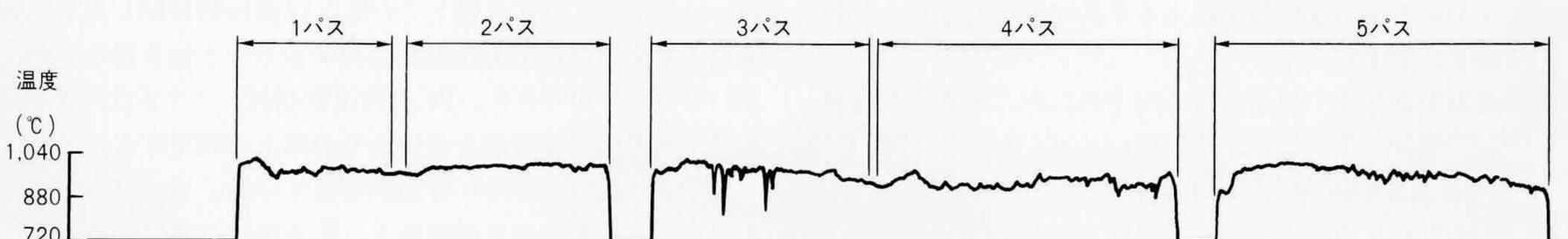


図4 仕上圧延における圧延温度 強圧下、高速圧延によって材料の温度低下防止が図られる。

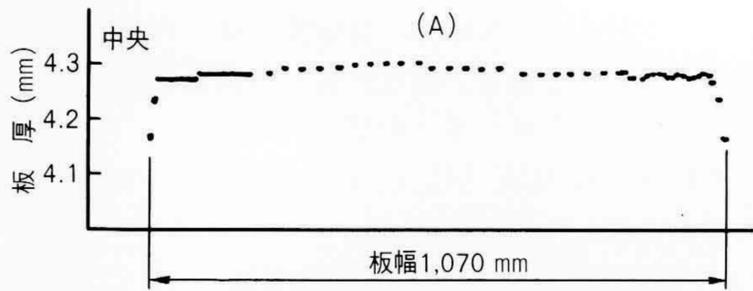


図5 製品板断面プロフィール制御 HCMW-MILL, HCW-MILLによって、デッドフラット材(A), 冷間圧延向け材(B)の自在な製造が可能になる。

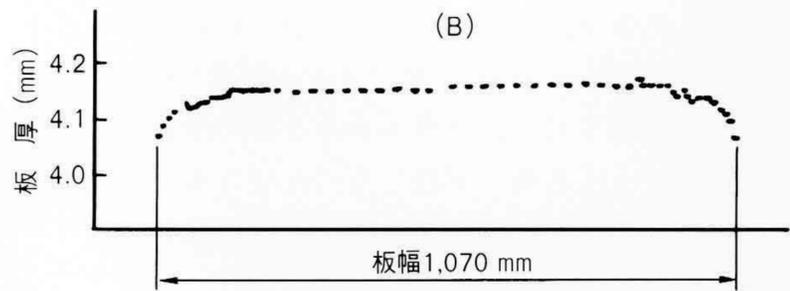
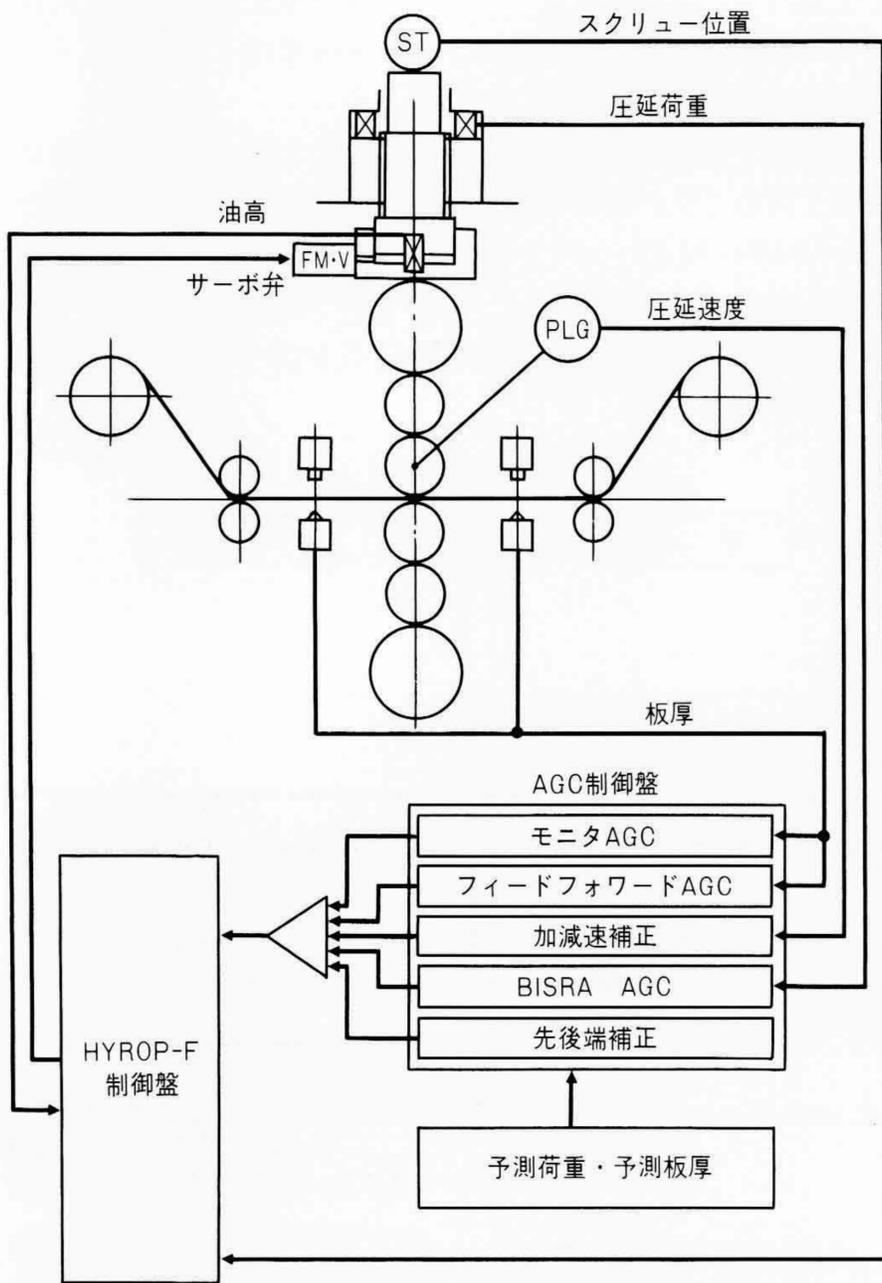


図7 製品板厚精度の一例 ステッセルミルでも、先端から後端まで均一な板厚の生産が可能である。



注：略語説明 FM・V(Force Motor Valve), PLG(Pulse Generator)

図6 油圧圧下, AGCシステム 仕上圧延での板厚精度向上のため、数多くのAGC機能の効果的結合が必要とされる。

mの長さを除き、十分に目標制御範囲に制御することが可能である。

2.3 全自動運転システム

ステッセルミルの全自動運転システムの基本的な考え方を図8に示す。すなわち、

- (1) 多品種少量生産, 製品品質の向上のため, 徹底した全自動運転, 電子化, デジタル化を行い, セットアップ計算機の導入による製品歩留まりの向上を図る。
- (2) 設備投資額を最小にするため運転デスクを統一し, これを集中配置することによって運転室を集約する。

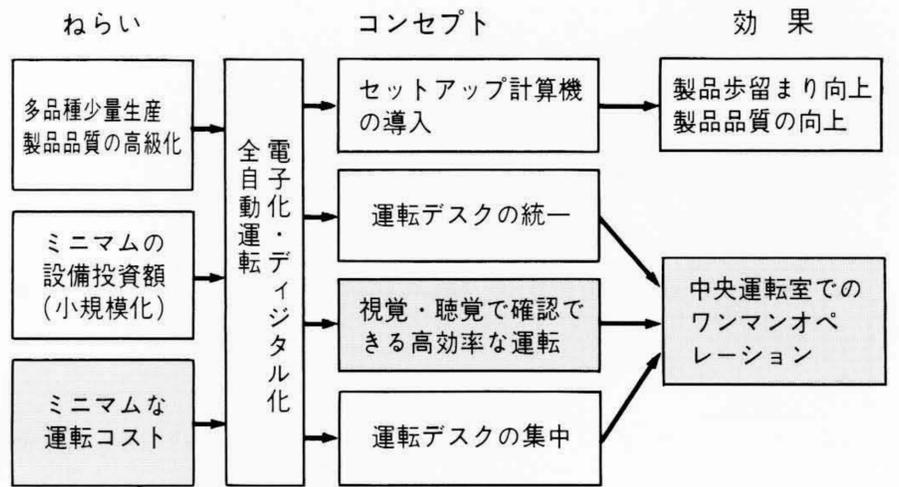


図8 全自動運転システムのコンセプト ステッセルミルの全自動運転のコンセプトを示す。本コンセプトの焦点は電子化, デジタル化による高効率な運転の実現である。

- (3) 運転コストを最小にするため, 音声ガイダンスや大形プロジェクタなどの高効率な運転操作機能によるワンマンオペレーションとする。

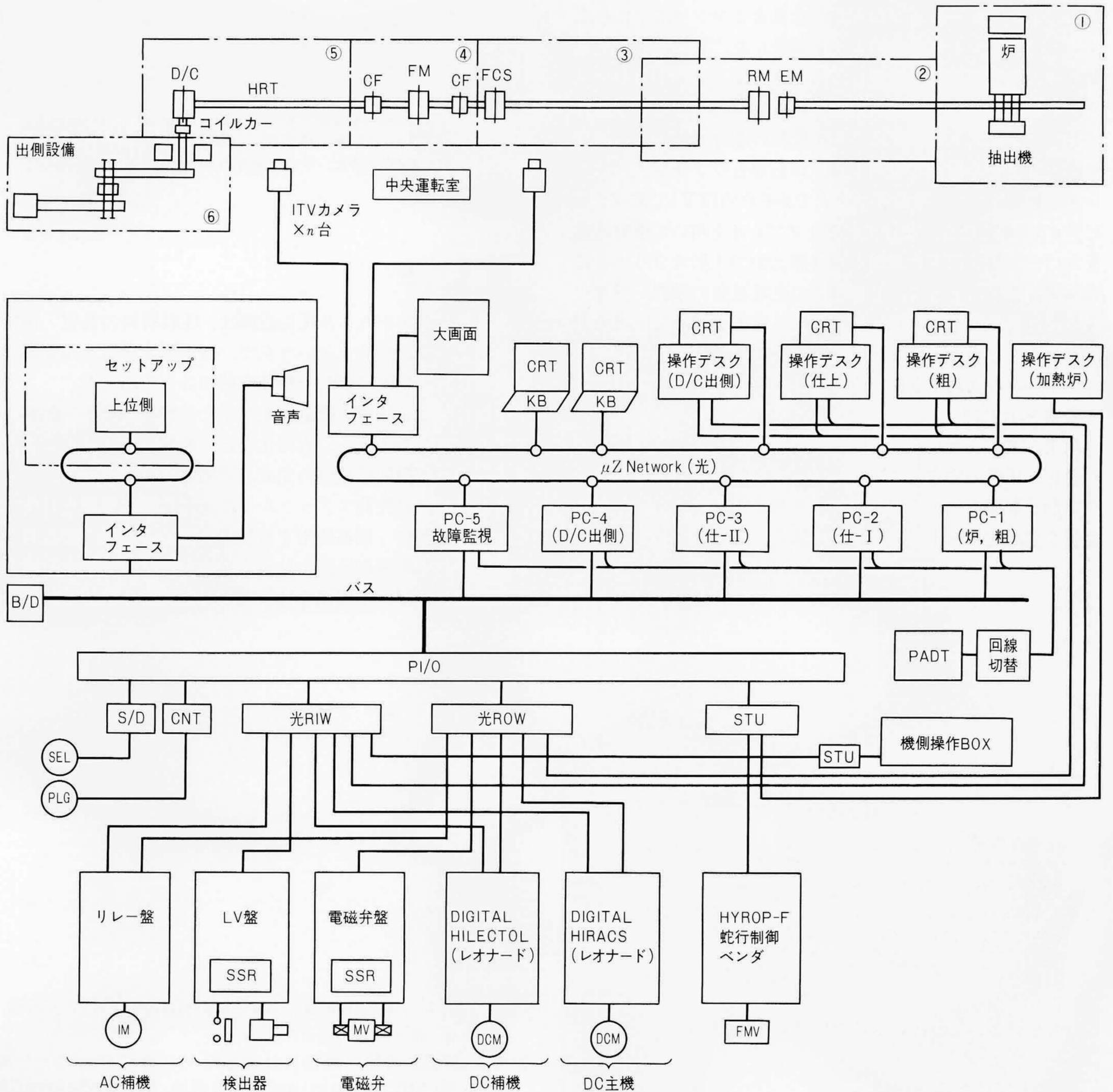
これらの考え方に基づいて構築したシステムシステムの例を図9に示す。

システムは上位セットアップ計算機システム, PC(Plant Controller)自動運転制御システム, プラント駆動システムから成る。ステッセルミルのセットアップ計算機は多品種少量生産を実施するため, データテーブルルックアップ方式と圧延動力配分計算によるセットアップモデル演算方式の二通りのセットアップ方式を備えている。設備稼動初期と安定稼動時期とでそれぞれ最適な圧延機のプリセット値を得るため, 使い分けて使用できる。PC自動運転制御システムはステッセルミルの高効率な圧延と歩留まりの向上を実現するため, 設備全体を数セクションに分割制御している。各セクションごとにそれぞれ単独の自動運転モードを持ち, 更にこれらを結合して全設備を通じた全自動運転が行えるようになっている。

これは、通常の圧延時は全自動運転モードを選択しているが、例えば粗圧延機で材料のかみ込み失敗などを起こした場合に仕上圧延機側はそのまま全自動運転を継続させ、粗圧延機に関しては手動介入による復旧運転を可能とするためである。この分割によって設備としての稼働率が飛躍的に向上できる。本例では設備に対応して自動運転制御システムを(1)加熱炉、

(2)粗圧延機、(3)ディレーテーブルとクロップシヤ、(4)仕上圧延機、(5)ホットランテーブルと巻取機、及び(6)出側設備の6セクションに分割してある。

次に、運転デスクについて述べる。運転デスクでは全設備の運転が可能でなければならない。従来の設備では、これらに必要な操作器具をすべて運転デスク上に並べる必要から、



注：略語説明

- | | | | |
|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| S/D (Synchro to Digital Converter) | ITV (工業用テレビジョン) | ROW (Remote Output Word) | PC (Plant Controller) |
| EM (Edger Mill) | PI/O (Process Input Output) | LV (Level converter) | |
| RM (Roughing Mill) | HRT (Hot Run Table) | B/D (Bus Director) | |
| FCS (Flying Crop Shear) | D/C (Down Coiler) | PADT (Programming and Debugging Tool) | |
| FM (Finishing Mill) | CRT (Cathode Ray Tube) | SSR (Solid State Relay) | |
| CF (Coiler Furnace) | KB (Key Board) | FMV (Force Motor Valve) | |
| RIW (Remote Input Word) | STU (Serial signal Transmission Unit) | CNT (Counter) | |

図9 ステッセルミル制御システム系統図 複数台のプラントコントローラによって、電子化、デジタル化を行っている。

デスクの台数が増大し運転員が多人数必要であった。本システムでは、運転デスクを集約し運転員の数を減らすため、運転モード選択スイッチ、自動起動スイッチ、確認用操作スイッチなどを統一し、運転デスクをCRT(Cathode Ray Tube:画面モニタ)と複数個の押しボタンスイッチによって構成し、CRTの画面表示の切替えとともに、押しボタンスイッチの用途を切り替えて操作、運転できるようにした。この例を図10に示す。すなわち、設備の運転に必要な操作機能を集約し、ワンマンオペレーションが可能になるまでコンパクト化したインテリジェント運転デスクを開発した。更に、仕上圧延機近傍に中央運転室を設置し、各セクションごとの運転デスクを上記インテリジェント運転デスクで統一し、更に1台のインテリジェント運転デスクを圧延材の進行過程に従い操作可能範囲を切り替えて使用する、いわゆるワンマンオペレーションを実現した。運転員が一人であるためITV(工業用テレビジョン)を複数台、及び大形ディスプレイを用いて運転確認をカバーした。ITVの画像を切り替えかつ大形スクリーンに表示することによって、1箇所での圧延状態の確認、視覚による操作性の向上を実現した。更に、音声を用いた圧延の進行や故障などのガイダンスによって、運転員が設備運転操作に集中できる高効率な操作性を得ることができた。図11にその概要を示す。

以上、ステッセルミル圧延全自動運転システムは、製品の均質化、圧延の安定化を実現し、高度制御技術である板クラウン形状制御などとの組合せによる相乗効果によって、製品品質を飛躍的に向上させるものである。



図10 インテリジェント運転デスク CRT(Cathode Ray Tube:画面モニタ)、押しボタンスイッチを用いた運転デスクを示す。



図11 ステッセルミル中央運転室 複数台のインテリジェント運転デスクを切り替えて使用し、ワンマンオペレーションを行っている。

3 結 言

高性能ステッセルミル圧延設備は、圧延材料の品質・歩留まり向上、生産性向上という点で、従来のステッセルミル圧延設備に比べ格段に優れた特性を持つことを述べた。

今後は、この特性・機能を生かすための板クラウン制御システム、省エネルギー、省力化などへのいっそう広い応用を考え、ミニ熱間圧延設備の完成を目指したいと考える。

終わりに、高性能ステッセルミル圧延設備の実現を目指して、設計・製作・調整段階を通じて積極的に推進、御指導をいただいた日新製鋼株式会社殿、日本金属工業株式会社殿及び御採用いただいた関係各社殿に対し深謝申し上げます。

参考文献

- 1) 福井, 外: 熱間帯鋼圧延におけるHC-MILLの応用, 日立評論, 65, 2, 97~102(昭58-2)
- 2) 中西, 外: 熱間板圧延におけるワークロールシフトミル“HCW-MILL”の適用と効果, 日立評論, 67, 4, 275~280(昭60-4)
- 3) 浅川, 外: 圧延機制御システムの新展開, 日立評論, 67, 4, 325~330(昭60-4)