

最近の圧延設備の動向

Recent Trends of Advanced Technologies for Rolling Mills, Processing Lines and Electrical Equipment and Systems

ここ2、3年の間に、鉄鋼の設備投資は急速に増加してきた。特に自動車鋼板製造用の圧延設備、表面処理設備、連続焼鈍設備、ステンレス鋼板用の圧延設備、連続焼鈍酸洗設備などのいわゆるファインスチール関係の設備投資が著しい。これに対して日立製作所は、HC-MILLファミリーのUC4-MILL、電子部品材用UC-MILL、プロセスライン用6MB・5MB、全連続式冷間圧延設備、老朽設備の最新仕様のミルへの再生、プロセスラインの新技术、交流可変速駆動の実績、最新の制御装置、鉄鋼周辺設備のFA化、材料試験材の加工と処理の自動化など、高品質の製品の生産、高効率化、歩留り向上、自動化などのよりいっそうの高度化を求めるユーザーのニーズに対して新技术を開発した。

藤野伸弘* Nobuhiro Fujino

杉山徳治** Tokuji Sugiyama

清水五雄*** Itsuo Shimizu

1 緒 言

1985年の五か国蔵相会議以後の急激な円高により、日本の鉄鋼業は大きな打撃を受け粗鋼生産も1986年度(昭和61年度)には9,634万tに落ち込むなど鉄鋼不況を迎えたが、鉄鋼各社の懸命な経営の合理化と内需拡大の効果によって、粗鋼生産も3年連続で1億t台を超える状況となり、各社の業績も大幅に回復してきた。このような背景のもとに設備投資も増大してきている。特に、自動車、電気機械、建材などの生産増による薄板の需要増、自動車鋼板の亜鉛めっき鋼板への置換による亜鉛めっき鋼板の急激な需要の増加、設備機器のメンテナンスフリー化、建材への適用拡大、OA機器への利用拡大などによるステンレス鋼の需要増、電子部品材の需要増など、いわゆるファインスチールの大幅な需要の増加に対応するための設備投資が行われるようになった。すなわち、連続亜鉛めっき設備、連続焼鈍設備、冷間圧延設備、連続焼鈍酸洗設備などが、新設、老朽設備のリプレイスとか設備集約といった形で新たに設けられている。

これらの設備に対しては、

- (1) 製品の高品質化：板厚精度、形状、めっき厚みの均一化、機械的性質の一様化
 - (2) 省力化：要員削減、自動化、操作性の向上、保守性の向上
 - (3) 製品の多様化：取り扱い鋼種の拡大、薄物化
- などが要求され、21世紀を見据えた競争力ある設備とすることを目標としている。日立製作所はこれらに対し、実績ある技術をベースにさらに改良と新技术の適用を行い、優れた設

備を提供するため努力している。

以下にこれらの例をあげ、最近の技術動向について説明する。

2 HC-MILLファミリーの拡張

1971年に開発されたHC-MILLは、冷間圧延機への適用に始まり、調質圧延機、熱間圧延機など各種圧延機、鉄鋼、銅合金、アルミニウムなどの各種金属の圧延に用いられてきており、その台数は250台を超えている。この実績に甘んじることなく、日立製作所は常にユーザーのニーズにこたえるため開発を続け、図1に示すようにHC-MILLファミリーを拡大してきた。その数例を以下に述べる。

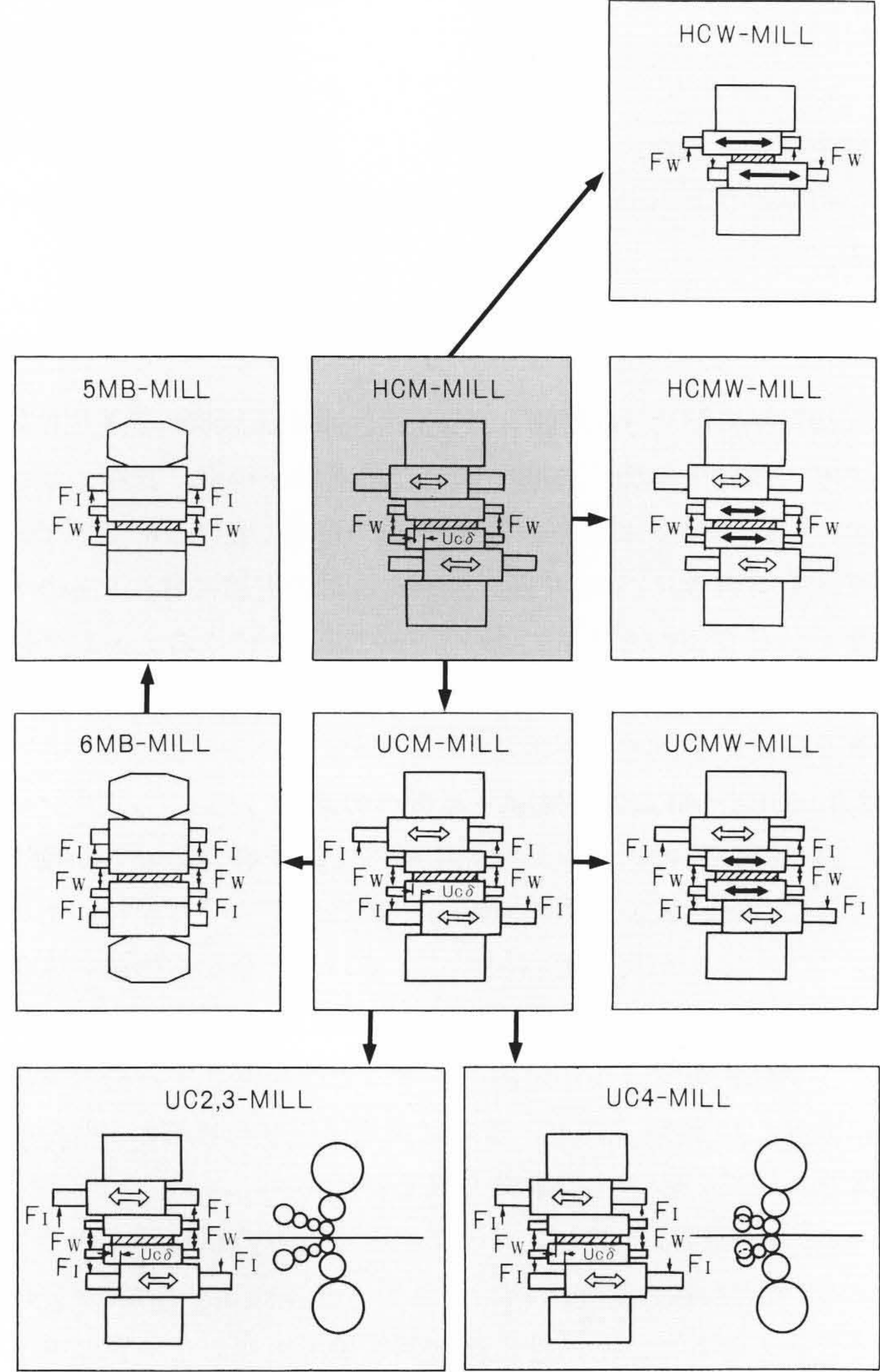
2.1 UC4-MILLの特殊鋼圧延機への適用

特殊鋼、特にステンレス鋼の圧延では圧延材の硬さが硬いことに加え、表面光沢の点から小径の作業ロールを持つセンジミアーミルが長年用いられてきており、今なお根強い人気を持っている。UC4-MILLはUC-MILLの形状制御性を持ち、かつ小径作業ロールが使用できることを特徴とする特殊鋼用に開発したミル¹⁾であり、すでに実用に供され目的どおりの成果をあげている。その数例を表1に示す。

この圧延機はほぼセンジミアーミル並みの極小径の作業ロール(最大板幅の7%、センジミアーミルは5~6%)が使用できるとともに、その使用径範囲が最大板幅の7~15%と2倍に広げられており、圧延材ごとに要望される適正なロール

* 日立製作所 機電事業本部 ** 日立製作所 日立工場 *** 日立製作所 大みか工場

HC-MILL	ロール形式	中間ロール	WRシフト	ロールベンダ		WR径/板幅	適用	
				WR	IMR		熱間圧延	冷間圧延
HCM	6H	シフト	—	○	—	0.25>	—	通常材
HCW	4H	—	○	○	—	0.3>	通常材	通常材, タンデム前段
HCMW	6H	シフト	○	○	—	0.25>	通常材, 特殊鋼	通常材, 特殊鋼 タンデム前段
UCM	6H	シフト	—	○	○	0.2>	—	通常材, 特殊鋼
UCMW	6H	シフト	○	○	○	0.2>	通常材, 特殊鋼 薄物	通常材, 特殊鋼
UC2	6H	シフト	—	○	○	0.2~0.1	—	中硬材
UC3	6H	シフト	—	○	○	0.09~0.07	—	高硬材
UC4	6H	シフト	—	○	○	0.15~0.07	—	高硬材
6MB	6H	固定	—	○	○	0.25>	—	通常材
5MB	5H	固定, 上	—	○	○	0.25>	—	通常材



注：略語説明 IMR (中間ロール), WR (作業ロール)
Fw (WRベンダ力), FI (IMRベンダ)

図1 HC-MILLファミリー 1976年に開発されたMC-MILLは種々の用途に合わせHCW, HCMW, UCM, UCMW, UC2, UC3, UC4, 6MB, 5MBと発展してきた。

径を選べる仕様とすることも可能である。

2.2 UC-MILLの電子部品材の圧延への適用

エレクトロニクスの発展で半導体, CRTなどの電子機器用部品の需要が増加するに従い, これらの部品に使用されるリードフレーム材, シャドーマスク用材料, フレキシブルプリントボード用銅はくなどの高精度の圧延材の用途が増してきている。これらの特殊材の製造に表2に示すようなUC-MILLが使用され, 高精度の製品を高速で生産している。これはUC-MILLの形状制御性が格段に良いことと, それにより安定操業に寄与していることがわかる。

2.3 プロセスライン用調質圧延

プロセスラインに用いられる調質圧延機にHC-MILLを使っている例²⁾もあるが, 一般的にはまだ安価な4H圧延機が使用されてきた。しかし, 最近の自動車鋼板用の連続焼鈍設備や連続亜鉛めっき設備では, 板の平坦度に加え軟質の鋼板の端部まで一様な調質圧延効果を与えることが要求される。このためには, 上下の作業ロールの間隙(げき)の輪郭を圧延材の端部に至るまでその断面に合わせることが必要で, これを実現するために開発したのがHC-MILLの基本特性を持ち, 構造の簡単な“6MB”, “5MB”と称するシフトロールのない6段ミル, 5段ミルである。前者はすでに報告済み²⁾であり, 後者は本号の別論文「連続溶融亜鉛めっき設備の新技术」で述べる。

もちろんこれら“5MB”, “6MB”を熱間圧延機, 冷間圧延機に適用できることは言うまでもない。

2.4 UC-MILLの熱間圧延機への適用

熱間圧延で製造する鋼板の厚みを薄くし, 冷間圧延鋼板の一部と置換しようという試みがなされている。このためには作業ロール径を小さくすることが不可欠で, かつ形状よく圧延できることが肝要で, 熱間圧延機のような作業環境でこれを実現できる圧延機はUC-MILLだけであると考え, 実用化するため検討を進めている。本号別論文「UC-MILLによるホットストリップミルの高機能化」を参照願いたい。

今後ますます多様化するニーズにこたえ, HC-MILLファミリーを増やすため努力していきたい。

3 冷間圧延設備

3.1 連続式タンデムコールドミル

1968年にセンジミアールミルの全連続式タンデムコールドミルが, 1970年に4Hミルの全連続式タンデムコールドミルが日本で世界で初めて開発された。以来その適用は緩やかであったが, 最近この方式の利点(安定操業, 運転要員の削減, 生産性の向上, 歩留りの向上, 品質の向上など)が認められ³⁾, ほとんどの新設のミルにはこの方式が採用されるようになった。酸洗設備と結合したPL-TCM(Pickling Line-Tandem Cold Mill)とかCDCM(Continuous Discaling Cold Mill)と称する

もの、さらに焼鈍設備と結合した設備もすでに稼動中である。新設のほかに、既設の設備の連続化、酸洗設備との結合などの改造が盛んに行われるようになった。全連続式タンデムコールドミルの年ごとの増加状況を図2に示す。同図に示すよ

表1 UC4-MILLの納入例 多段ミルの作業ロールに匹敵する極小径の作業ロールのUC4-MILLを実用化し、特殊鋼の圧延に使用している。

納入例	ロール寸法 (mm)	最小板厚 (mm)	圧延速度 (m/min)	稼動年
A	φ60/φ300/φ700/長さ800	0.05	600	1989
B	φ60/φ300/φ700/長さ800	0.08	600	1990

表2 電子部品材の圧延に使用されているUC-MILL 小形・高速UC-MILLが、数多くの電子部品材の圧延に使用されている。

納入例	ロール寸法 (mm)	圧延速度 (m/min)	圧延材	用途	稼動年
A	φ135/φ300/φ700×長さ800	700	銅 銅合金	高品質 銅はく圧延	1983
B	φ135/φ300/φ700×長さ800	500	SUS	高品質 高硬度材圧延	1983
C	φ135/φ300/φ700×長さ800	800	銅 銅合金 SUS	高品質 銅はく圧延 高硬度材圧延	1985
D	φ135/φ300/φ700×長さ800	700	銅 銅合金	高品質 銅はく圧延	1985
E	φ135/φ300/φ700×長さ800	800	銅 銅合金	高品質 銅はく圧延	1986
F	φ135/φ300/φ700×長さ800	800	特殊材	高品質 高硬度材圧延	1988
G	φ135/φ300/φ700×長さ800	800	銅 銅合金	高品質 銅はく圧延	1991 (予定)

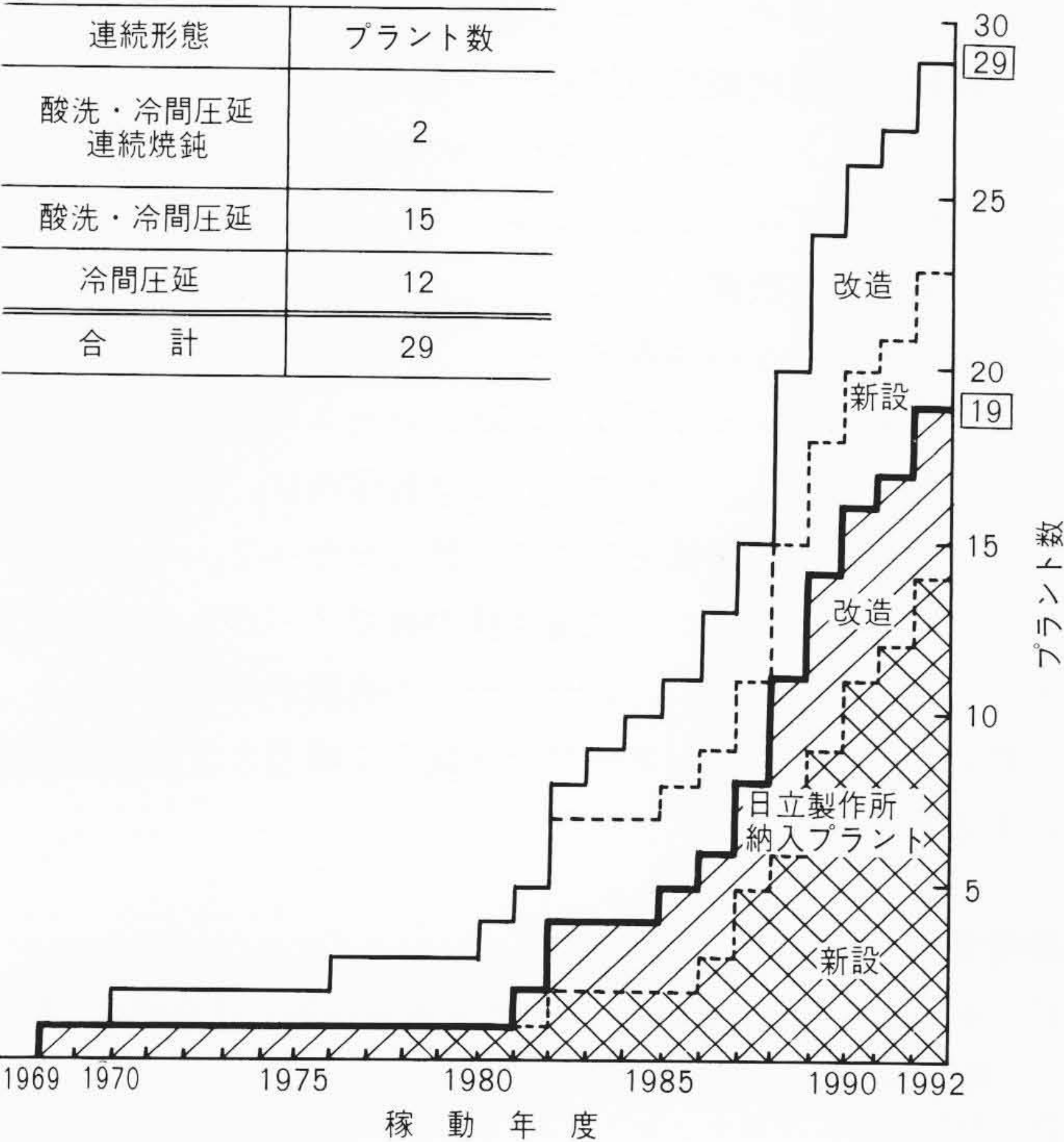


図2 世界の全連続式タンデムコールドミル 全連続式タンデムコールドミルは、1980年代に入り急速に増加してきた。

うに、各ユーザーによって日立製作所は数多くの受注実績を持っているが、これはHC-MILLがその特性から全連続ミルに最適のミルであることによると考える。本号別論文「連続式冷間圧延設備」で日立全連続タンデムコールドミルの詳細を説明する。なお、現在日立製作所圧延機部門の機械・電気技術者の総力を結集した最新鋭の全連続式タンデムコールドミルを建設中であるが、これについては機会を改めて述べたい。今後薄板材の多様化、高品質化および操業の安定化、自動化のニーズはますます増えるものと予想され、これに対し関係者の総力をあげて新技術開発に努力し、これらのニーズにこたえていきたい。

3.2 老朽設備の更生

1955年から1970年ごろの間に建設された設備はそろそろ老朽域に達しつつあり、すでにリプレースされているものもある。ここでは1988年に完了したセンジミアーミルの改造例について述べる。これは表3に示すようにミルハウジングと基礎を流用し、その他の機器は最新の技術を取り入れたものに作り替え設備仕様を一新したものである。このような大幅な改造が可能となったのは、後述する交流可変速駆動などの最新技術のたまものである。

4 精整設備

表面処理鋼板やステンレス鋼などのいわゆるファインスチールの需要増に従い、連続亜鉛めっきラインやステンレス鋼用の焼鈍酸洗ライン(APライン)の新設がここ数年の間に急激に増えてきた。これらの設備には、従来の設備よりもよりいっそうの品質向上、取り扱い材料の範囲の拡大(例えば薄物化)、自動化などが要求されている。これに対して日立製作所は、亜鉛めっきラインのめっき厚みの均一化を図る技術、ポット内軸受けの長寿命化をもたらす新しい軸受け、およびAPラインの脱スケール性を向上させる処理装置の改良などの新技術を開発した。これらの詳細を本号別論文「連続溶融亜鉛めっき設備の新技術」と「ステンレス鋼板用高速焼鈍・酸洗ライン」で説明する。

表3 古いセンジミアーミルの改造例 三十数年前に稼動したセンジミアーミルを本体だけを流用し、圧下装置、駆動電動機、制御装置を更新し、最新仕様のミルに再生した。

No.	項目	改造前ミル仕様	改造後ミル仕様
1	稼動年	1958年	1988年
2	圧延速度 (m/min)	100/200	240/600
3	コイル質量(最大) (kg)	4,000	19,000
4	成品板厚 (mm)	0.25~5.0	0.1~5.0
5	圧下形式	フォローバルブ方式	HYROP-F方式
6	ミル用電動機	DC560 kW×2台	AC3,000 kW
7	リール用電動機	DC560 kW×2	AC2,000 kW
8	圧延機	ZR-22-50	同左流用(除圧下装置, デフレクタロールなど)

5 電気設備

圧延設備、精整設備などに使用される電気設備は規模的にも大きなシステムであり、高度の技術が要求され常に他の産業分野をリードする技術開発を行ってきている。

一方、ユーザーのニーズも鉄鋼製品のより高度な品質に加え、操作性の向上、保守性の向上、運転その他の情報のビジュアル化など多方面にわたっている。

5.1 駆動システム

交流可変速駆動の進歩は著しく、精整設備用の中・小形電動機から圧延機用大形電動機までその適用が拡大されつつある。日立製作所では、全範囲をカバーするシリーズを完成させており、特に大形では先に発表した形鋼ミル用のサイクロコンバータ方式の5,000 kW交流可変速電動機に引き続き8,400 kWのホットストリップミル仕上げスタンド用電動機を納入した。これは増設のF7スタンド用で他の6スタンドの直流電動機とよくマッチングして所期の成果を収めている。

冷間圧延設備への交流可変速駆動の適用は、古いセンジミアミルの2×560 kWの電動機を3,000 kWに交換することから始まった。この場合旧電動機の基礎を流用することが要求され、交流可変速電動機のコンパクトさがこの要求を可能にした。次いで合計5,500 kWの可逆式冷間圧延機用の電動機を完成し、引き続き合計3万7,400 kWの5スタンドタンデムコールドミル用の電動機を完成し、工場テストで予期以上の性能を確認後目下据え付け中である。特に大容量・高応答交流可変速ドライブシステムについては、本号別論文「大容量・高応答交流可変速ドライブシステム」で説明する。

5.2 制御システム

制御装置として、情報処理可能な32ビット高速マイクロコンピュータ、32 Mビット/秒、100 Mビット/秒等の高速LANなどの超高速処理ハード技術の定着化、およびインテリジェントな超高精細CRT、大画面などのヒューマンフレンドリーなマンマシン技術のシステムへの取り込みが積極的に行われている。それにより少人員で運転しやすい設備を実現するとともに、ワンマンオペレーションを確実に可能にしつつあり、重厚長大産業の美感遊創化へ積極的に取り組んでいる。システム技術としては、これらを背景にEIC(電気-計装-計算機)統合化システム、自律分散システムなどから合理的なシステムへと移行している。自律分散システムについては本号別論文で紹介するが、その他については機会を改めて述べたい。

制御技術としては前者のハード技術に支えられ、製品の品質化ニーズを支えるため、板厚精度、張力精度向上を目的とした多変数適応制御、形状精度向上のためのファジィ制御、AI応用設備診断など現代制御理論およびAI応用制御に積極的に取り組んでいる。ファジィの具体的応用例については、本号別論文「冷間圧延設備における新制御技術」で説明する。

これらを支える膨大なソフトについても生産性を上げ信頼性を高くするために積極的に取り組んでいる。EWS(Engineering Workstation)を利用して、運転法案から中間言語を介することなくソフトを自動生成し、かつ運転状況が同一レベルで高速にモニタできるシステムを完成させており、すでに実プラントに適應して効果をあげつつある。

6 鉄鋼周辺設備のFA化

鉄鋼業で製品生産設備の自動化は大いに進んでいるが、周辺の作業はいまだに人力に頼っている例が少なくない。鉄鋼製品にはその品質を証明するため、製品の一部から抽出した鋼材で試験片を目的とする試験に合った形に加工したり、それらを所定の試験機に供給するという膨大な作業が人手によって行われていた。

そこで日立製作所は、熱間圧延材から冷間圧延された薄板までの広範囲の試験材を受け入れてから所定の試験片加工機までの搬送、供給、加工機での加工、加工後の試験片の保管、保管場所から試験機までの搬送、試験片の識別、試験、試験記録の作製などの一連の作業のほとんどを自動化した。本号別論文「製鉄所における自動材料試験システム」にその詳細を説明する。

今後、このような生産設備以外の作業の自動化が要求されると思うが、ユーザーの指導を得ながらこれらに取り組んでいきたいと考えている。

7 結 言

以上、主としてファインスチール関係の最近の設備と技術動向について説明したが今後の動向として、

- (1) 連続化の適用範囲の拡大
- (2) ミニホットプラントのニーズの増加
- (3) 圧延トラブルの少ないミル
- (4) 作業環境の改善
- (5) よりいっそうの品質向上
- (6) ニアネットシェイプなどの新プロセスの導入

などがあげられる。これに対し日立製作所は、本稿では触れなかった熱間圧延設備を含め各分野にわたって、いっそうの技術開発を行っていく。設備規模の面でメーカーだけでは対応できないものが多く、ユーザーとの連携が必要である。

終わりに、今後ともユーザー各位のご協力とご指導をお願いする次第である。

参考文献

- 1) 小林，外：UC-MILLによる形状制御技術，日立評論，70，6，639～644(昭63-6)
- 2) 貝原，外：プロセッシングラインにおける高精度形状制御技術，日立評論，70，6，645～652(昭63-6)
- 3) 安藤，外：製鉄研究，320，57～67(1986)