

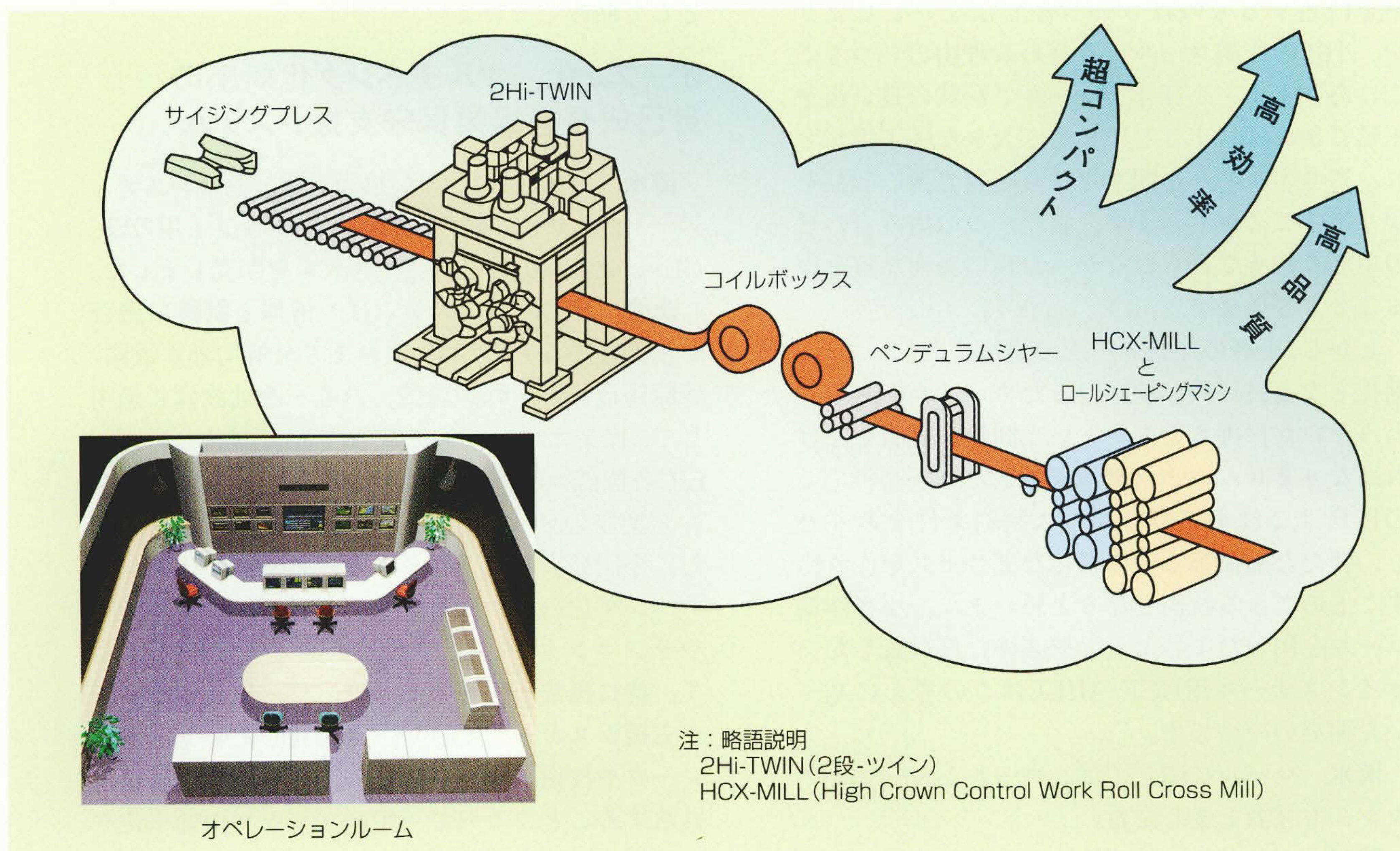
21世紀に向けた最新圧延設備の動向

Latest Trends in Rolling Mill Facilities Toward the 21st Century

清水五雄* Itsuo Shimizu

芳村泰嗣** Yasutsugu Yoshimura

柴垣琢郎*** Takurō Shibagaki



圧延設備における新技術

2Hi-TWIN, HCX-MILL, ロールシェーピングマシンなどの新技術開発, 熱延連続化, EIC(Electric, Instrumentation and Computer)統合, 大容量インバータドライブシステムなどにより, 圧延設備の超コンパクト, 高効率生産, 高品質の実現を目指している。

21世紀が目前に迫って製造業全般に要求されているように, 鉄鋼界でも省資源, 省エネルギー, 対環境性のクリーン化がますます要求されている。また, 生産性の向上という観点から, 高効率化, 無人化工場のニーズも高く, 少ない保守と保全でノンストップ操業ができる圧延設備の建設が求められている。製品品質の面では, 高品質なものを低コストで得たいという気運と, 用途に応じた最適品質, 新材料, 新材質生産の新プロセスの追求の気運が台頭している。

この要求にこたえて日立製作所は, 21世紀に向けた機械, 電気, 計算機一体となった圧延設備の実現へ向けて開発を進めている。

設備面では, 熱間, 冷間圧延設備でワークロールの小径化技術を中心に, 省エネルギー, 高品質化対応, 設備の超コンパクト化の実現を図っている。冷間圧延設備での連続化技術は完成の領域にあると考えるが, 今後要求されると思われる熱間圧延設備の連続化技術でも, 要素技術, システム技術を含めて開発を推進している。電気設備を中心としたシステム技術では, 電源のクリーン化, 省エネルギー, コンパクト化を目的とした大容量インバータドライブシステムの確立を目指している。

さらに, 「EIC統合」協調自律分散システムを中心として, 高機能で連続運転可能(ノンストップ)な圧延設備の実現に向けて製品化を進めている。

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

1 はじめに

粗鋼の生産量は全世界で年間7.5億t(そのうちわが国は1億t)、年成長率2～3%程度で大きな伸びはないが、製造業の世界的グローバル化が進む中で、インフラストラクチャー整備、建築、自動車、家電などの鉄材需要が旺(おう)盛であり、これに呼応して活発な鉄鋼設備投資が行われている。

大きなニーズとしては、(1)省資源、省エネルギー、低コスト設備、(2)品質レベルが高く、操業性の良い、無人化追求設備、(3)少ない保守、保全で、ノンストップ設備がある。

これらのニーズに対応する具体的課題は、(1)限界設計を追求したコンパクトな設備、小径ロール、軽量化、(2)SFR(Schedule-Free Rolling)の拡大、合理的な熱バランス、パワーバランスがとれた連続ライン工程、(3)自動化および操作性の徹底的追求、(4)機械—電気—計算機—計装の総合エンジニアリングによるノンストップ圧延設備などがあげられる。

ここでは、日立製作所がこれまで蓄積してきた技術と新技術を適用して上記のニーズにこたえて開発した製品を中心に、圧延設備の動向について述べる。

2 熱間ストリップ圧延設備

2.1 コンパクト化(ミニミル)への対応

東南アジアでの経済発展は、各国のインフラストラクチャー設備とともに自動車産業や電子情報産業への進出などにも大きく支えられ、低コストで多量の鉄材を必要とすると同時に、高品質のホットコイルも必要とする環境をつくり出している。

米国ニューコア社で採用された薄スラブ連続(連続製造)と熱間圧延の直結ラインは、パイプ材、建材の品質レベルを達成した。しかし、冶金学的問題のために高品質のホットコイルを安定して得るには困難を伴うことから、最近、厚スラブへの見直しの気運も高まっている。

日立製作所は、厚スラブ連続機で得られる高品質のスラブを用いて、薄スラブ連続熱延直結ラインに負けないコンパクトな熱間圧延設備“Hi-HOT”を開発した。すなわち、単にライン長が短いばかりでなく、圧延材の温度低下を抑え、生産量に対して必要十分な速度で生産を可能にする設備である。

Hi-HOTの構成では、粗ミルに2Hi-TWINミルを、仕上ミルに小径作業ロールを用いた6段HC(High Crown)

ミルを採用した。2Hi-TWINミルは一つのハウジングの中に2列のロール群を並べたものであり、1回の圧延機通過によって2回圧延できるようになっている。2列のロール群で板を拘束するために板の曲りを抑制できるほか、圧延方向2列目入側でのデスケリングも省略可能であり、圧延材の温度降下量を小さくすることができる。

一方、仕上ミルでは、板形状制御性の良いHCミルを用いて作業ロール径を小さくした。短い接触弧長の利点を用いて圧延材の温度低下を防止し、圧延速度の適正化を実現するとともに、小径であるために圧延荷重、圧延動力を小さくできる特徴を最大限に生かすことにより、コンパクトなミルサイズで大幅な省エネルギーを実現する。

この結果、加熱炉で加熱された厚さ200 mmのスラブは2Hi-TWIN粗ミルで3パス(TWINミルのため、6回圧延)で約20 mmまで圧延され、コイルボックスで巻き取られた後、小径作業ロールを用いた少数スタンド仕上ミルで、所定の厚みに圧延されたホットコイルを得ることができる。こうして得られるコイルは高品質であるために、最も品質要求の厳しい自動車鉄板への採用も可能である。

このラインでは、年間生産量100万～170万t規模の場合、連続設備からダウンコイラまで全長約180 mと、コンパクトな設備として計画することができる(図1参照)。

2.2 製品品質向上への対応

日立製作所は、板クラウン・板形状を制御するミルとして「HC-MILLシリーズ」を持っている。従来、仕上ミル前段にはHCW(4High Work Roll Shift Type HC-MILL)、後段にはHCMW(6High HC-MILL with

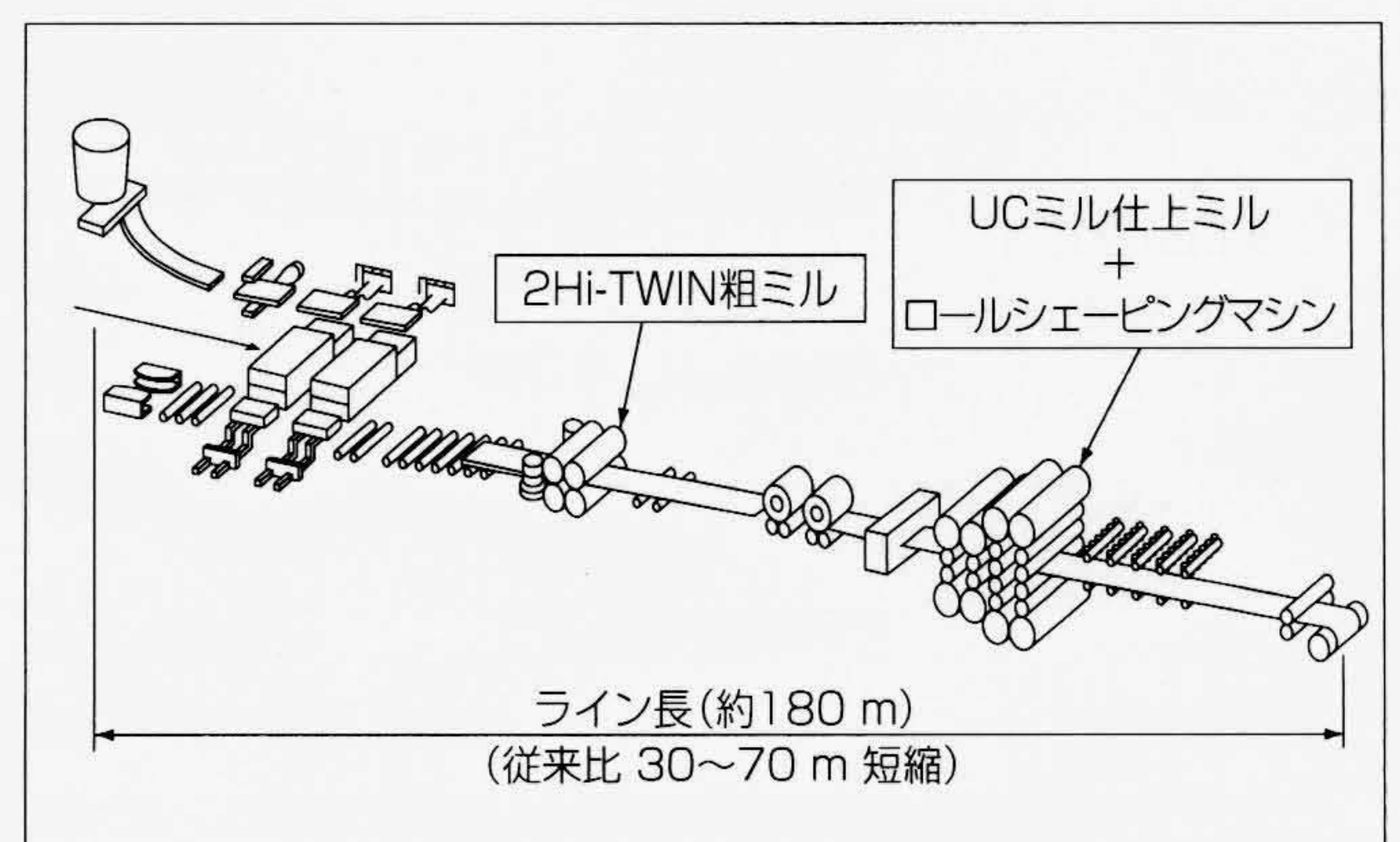


図1 「Hi-HOTシステム」のレイアウト

連続設備からダウンコイラまでのコンパクトな設備レイアウトの一例であり、従来よりライン長で30～70mの短縮としている。

Work Roll Shift), またはHCWを採用してSFR (Schedule-Free Rolling) および高品質圧延を可能とする設備を納入してきた。しかし最近, より薄く, あるいは硬い板の品質改善に対して, 前段での板クラウン制御能力の拡大が望まれるようになってきた。これに対応するために開発したのが“HCX-MILL” (High Crown Control Work Roll Cross Mill) である。

このHCX-MILLは作業ロール単独のクロスミルであり, HC-MILLの機能を追求して開発したものである。上下作業ロールをクロスして板クラウンを変えるアイデアは古くから知られていた。しかし, この技術を4段ミルに適用する場合, 作業ロールと補強ロールとの間に過大なスラスト力が発生するため, これを保持することは機械構造および強度のうえから不可能とされていた。

この課題を避けて実用化に成功したのが, 上下おのこの補強ロールと作業ロールを1組として上下ロール群をお互いにクロスする方式である。しかし, 作業ロールだけ単独にクロスすることが可能となれば構造も簡単となり, 圧延中のクロス角制御も容易に行えるので, きわめて望ましい設備となりうる。

日立製作所は, 従来のHC-MILLでの経験から, ロール間の潤滑を適切に行うことにより, この過大スラスト力を克服できると判断した。各種テストの結果, ロール潤滑には良好で, 板のかみ込み特性を阻害しない潤滑油の開発により, 作業ロールクロスミル“HCX-MILL”の実用化に成功した。

HCX-MILLでは, 熱延タンデムミルの実機適用1号機が日新製鋼株式会社呉製鉄所に, ステッセルミルの実機適用1号機が日本冶金工業株式会社川崎製鉄所にそれぞれ納入され, 現在順調に稼動中である。

2.3 生産効率向上への対応

2.3.1 熱延連続化

熱間ストリップ圧延の重要課題は安定圧延である。2.5 mm厚以下の薄板圧延では, 圧延の作業性を阻害する大きな要因の一つが通板性である。特に, 前スタンドでの板拘束を解かれたテールアウト時に発生する絞り込みが問題となっている。

この問題を解決するための一つの方法として, バーとバーを接合して通板回数を削減する方法, すなわち「熱延連続化」が提案されている。バー間の接合は粗圧延後のバーを仕上ミルの直前で行うのが最も効率的な方法であり, 接合方法は溶接, 誘導加熱+圧着, 圧接, レーザビームなどさまざまである。バーの温度低下を最小にし

ながら, 後続材と先行材の先後端マッチングを行うためにはコイルボックスが用いられるのが一般的である。

2.3.2 ロールシェーピングマシン

熱間ストリップ圧延での省エネルギーを効果的に行う方法として, DHCR (Direct Hot Charge Rolling) 率の向上が重要である。

日立製作所は, これまでDHCR率向上のための設備としてサイジングプレス, HCW, HCMWを開発し, SFRの拡大に寄与してきた。これに加えて, SFRのいっそうの拡大とロール組み替え頻度の低減による生産性向上, および板クラウン制御, 表面品質の改善というニーズにこたえるため, ロールをミルライン内で研削するロールシェーピングマシンを開発した。このロールシェーピングマシンでは, 圧延中に高効率かつ安定な研削を達成するため, 圧延中のロール振動などの外乱を弾性変形によって吸収する新構造を採用し, 従来困難とされていたCBN (Cubic Boron Nitride: 立方晶窒化ほう素) 砥石の適用を可能としたものである。これまでのグラインダに比較して外乱に強く, 砥石の長寿命化およびハイス系ロールの研削も可能である。

一方, ロールシェーピングマシンはロール研削機能のほかにロールのプロファイル測定機能も併せ持っており, オンラインでロールプロファイルを測定することにより, 高精度な板クラウン・板形状制御が可能となった。ロールシェーピングマシンは熱間仕上ミル用だけでなく, 粗ミル用, 厚板ミル用, その他への適用拡大を図ることができる。

現在, 日本冶金工業株式会社川崎製鉄所ではステッセルミルの粗・仕上ミルに, 新日本製鐵株式会社大分製鐵所および東京製鐵株式会社岡山工場では熱延仕上ミルにそれぞれ採用され, 順調に稼動中である。

3 冷間ストリップ圧延設備

3.1 連続式タンデム コールドミル

近年建設される酸洗・冷間圧延, 精整の分野では, 操業効率, 生産性の向上, 省力化や労働条件の改善を目的として高度の自動化と複数工程の直結化を可能とし, 停止することなく(ノンストップ)圧延できる設備が主流となってきた。

上記のニーズにこたえて日立製作所は, 油圧圧下 (HYROP), ユニバーサル クラウン コントロール ミル (UC-MILL), カラーゼルリール, ロールショップ自動直結設備などの機械設備, PL-TCM (Pickling Line-Tandem Cold Mill) など連続システムの実現を支援している。

西暦年	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98
PLC(HISECシリーズ)	DG		DGX				HGX/FX			HFX (EIC統合CTL)		R600
LAN	1M ビット/s		32Mビット/s 10Mビット/s				オープン化(イーサネット*) 制御用LANの低価格化					100Mビット/s
プロセス計算機	V90/50		V90/65				V90/75 V90/35 V90/45 (V90/5シリーズ)			V90/55		RS90/CS200 (マルチベンダ化)
ヒューマンインタフェース	セミグラフィック CRT			IGS			Presto					パソコン化
				AZ(POC, POCS)			AZ/μ					AZ/R X端末, パソコン
PI/Oインタフェース			EIC個別									LAN結合, EIC共有化
システムアーキテクチャ				自律分散								超自律分散

注：略語説明など
PLC(Programmable Logic Controller)
IGS(Industrial Graphic Station)
Presto(Process Engineering Station)
POC(Process Operator's Console)
POCS(Process Operator's Console Station)
PI/O(Process Input and Output)
*イーサネットは、富士ゼロックス株式会社の商品名称である。

図2 EIC共通コンポーネントの変遷
電気制御システムでもマイクロプロセッサなどのコンピュータ技術と、GTO、IGBTなどのパワー半導体技術などによって高機能、高保全、高信頼化が図られている。

これら連続システムの確立により、製品サイズに対するフレキシビリティの向上、操業の安定化、板品質の向上などを可能とした。さらに、マスモデルを用いた「New-AGC(Automatic Gauge Control)システム」を韓国POSCO社と共同開発し、世界トップレベルの板厚精度を達成している。

3.2 ファインスチール用冷間ストリップ圧延設備

最近のステンレス、リードフレーム材、シャドーマスク材をはじめとするファインスチールは、板厚精度、板形状の高精度化だけでなく、表面品質に対する要求がますます厳しくなっている。

これらに対応するため日立製作所は、極小径作業ロールを持つ「UC-1Fミル」を開発した。UC-1Fミルでは、極小径作業ロール採用時に必須となる作業ロールの水平たわみ支持装置を圧延材幅の外側に設置した。この装置を介し、作業ロールのオフセット制御と作業ロール水平ベンダによる水平たわみ制御を実施することにより、ロール軸をストレートに保つことができる。また、圧延材表面品質を従来の板幅内でロール支持する方式に比べて格段に改善した。現在、東洋鋼板株式会社下松工場と日立金属株式会社安来工場で順調に稼動中である。

3.3 高品質表面処理設備

最近のホットAP(Annealing-Pickling)ライン(ステンレス連続焼鈍酸洗設備)には、対象製品の多様化するニーズに適合するフレキシブルな設備が要求されている。日立製作所のホットAPラインでは、鋼種に応じて、スケ

ールブレーカ、ショットブラスト、重研削ブラシ、酸洗タンクを設け、処理条件に応じて最適デスケリング性能が発揮できる操業条件を、モデル計算によって決定する方式を採用している。特にスケールブレーカは、日立製作所が開発したストレッチベンディングとレベラローラ併設を採用し、品質要求の厳しいステンレスに対応した表面品質および形状を得ることができる。

一方、CG(Continuous Galvanizing)ライン(連続溶融亜鉛メッキ設備)で生産されためっき鋼板は、そのすぐれた耐食性と経済性から、自動車部品をはじめ多方面で使用されている。日立製作所のYG(ガスワイピング)装置は、その均一めっき性能の良好さと操業の安定性のために、各所で採用されている。また、入側設備の自動化、オペレータの無人化は長年の強いニーズであったが、コイル先端検出にレーザ検出器を用いてストリップの通板性を安定化改善することにより、無人運転を可能とした。

4 電気制御システム

4.1 電気制御システムの動向

電気制御システムに対するニーズは高機能、高性能重視から操作性、無人化やノンストップ圧延設備の追求に移っており、マイクロプロセッサなどのコンピュータ技術とGTO(Gate Turn off Thyristor)、IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)などのパワー半導体技術の著しい発展の成果を受けて、新しい高機能、高保全、高信頼なシステムが開発されている(図2参照)。

日立製作所は業界に先駆けて、ニューロ、ファジィ、多変数適応制御を積極的に採用し、高性能な板厚制御、形状制御などを実用化するとともに、高性能な全デジタルドライブシステムやGTOインバータドライブシステムを開発し製品化してきた。さらに、最近ではプラントのノンストップ操業を支援する知的操業支援システム“SODAS(Self Organized Diagnosis and Analysis System)”を開発し、設備の高信頼化、省力化に貢献している。

日立製作所の電気制御システムの中核となるEIC統合化システムとインバータドライブシステムの最新の動向について以下に述べる。

4.2 EIC統合化システム

最新のコンピュータ技術と、大容量LANによる通信技術、さらに大画面タッチスクリーンなどを駆使したマルチメディア技術の革新により、高機能、高性能を保持しながらオープン化、ヒューマンフレンドリー化を図り、高信頼・高保全性を持つシステムを開発している。

高速大容量LANでEIC各機能を統合し、協調自律分散システムでリアルタイム性を保証しながらオープンな情報制御を実現させ、この上に高度シミュレーション技術をのせて、多変数適応制御による“New AGC”で世界最高の品質を達成するなど数多くの品質制御を実現している。さらに、最近の高効率化、高信頼化のニーズに対応してオペレータや保全員のノウハウをコンピュータによって支援する知的操業支援システム“SODAS”を開発し、プラントでの異常事態にもノンストップで操業を継続できるシステムを目指している。

4.3 インバータドライブシステム

ドライブシステムでは、保全性や性能の向上のニーズに対応して全交流可変速ドライブシステムを適用する傾向に変わってきた。主機用ドライブシステムとしては、パワー半導体技術の発展で6 kV 6 kAの大容量GTO素子が開発され、最大10 MVAのGTOインバータが実現している。これにより、電源力率が1.0で高調波の発生量の少ないクリーンな電源が提供できる。さらに、3 kV 1 kAのIGBT素子の開発によって最大3 MVAのIGBTインバータが実用化されている。制御の面でも、最新の高性能

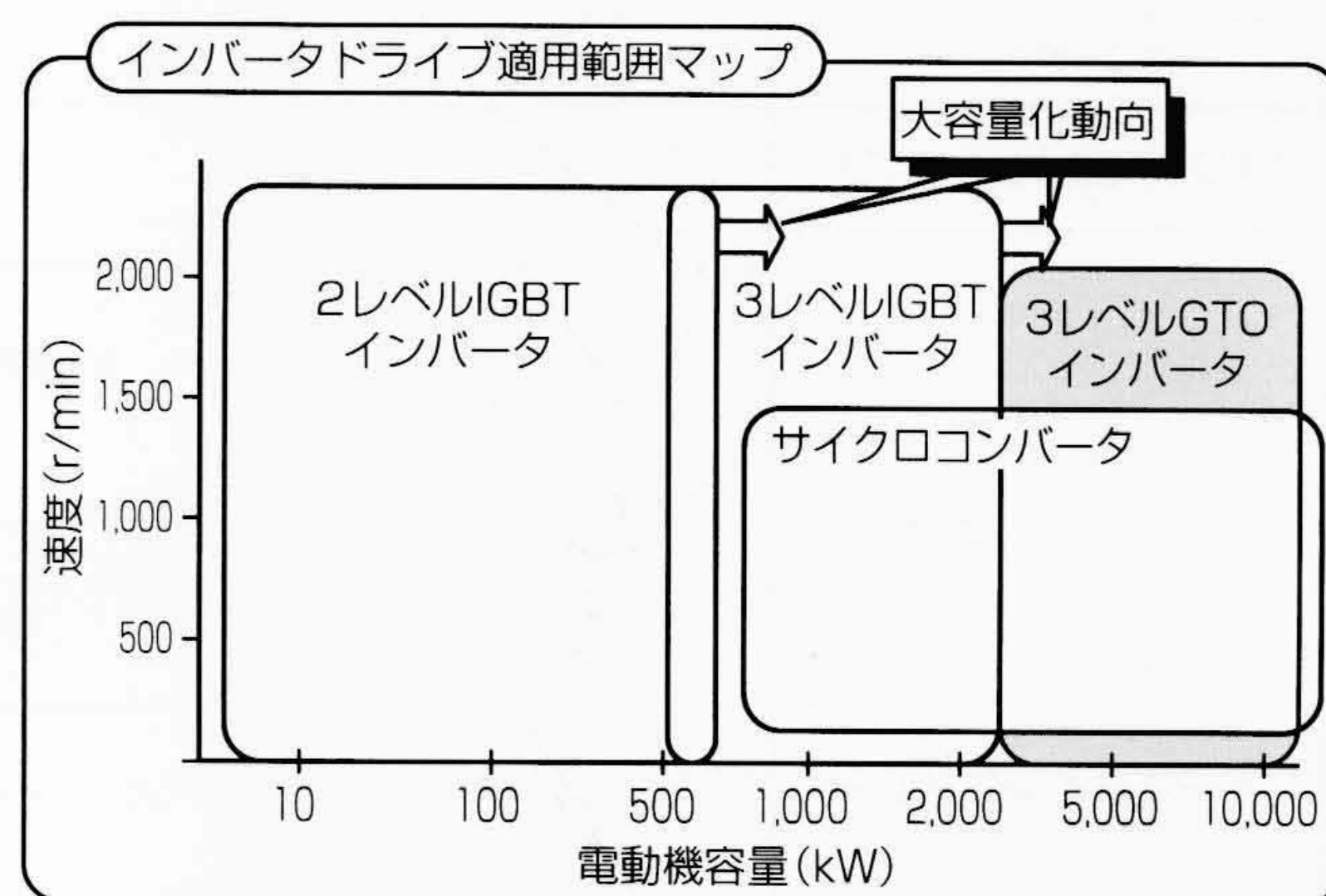


図3 素子大容量化とインバータドライブ適用容量動向
用途に応じて最適な装置が選択できるように、さまざまなドライブシステムをそろえている。

コンピュータを採用した全デジタル制御装置でRAS機能の充実した高信頼なシステムを製品化し、高精度な張力制御などでプラントの品質向上に貢献している。

日立製作所は、ドライブシステムの製品レパートリーの中から用途に応じて最適な装置が採用できる、コストパフォーマンスの高いシステムを提供している(図3参照)。

5 おわりに

ここでは、21世紀に向けた最新の圧延設備の動向と、日立製作所が取り組んでいる新技術について述べた。

今後も、熱間圧延分野ではHi-HOT, HCX, ロールシェーピングマシン、熱延連続化、冷間圧延分野ではPL-TCMなどの工程連続化技術、ファインスチールの圧延では極小径作業ロールUC-1Fミルなどの採用により、生産性および製品品質の向上に貢献できるものと考えられる。

一方、電気設備分野では、EIC統合、大容量GTO, IGBTを採用した高応答インバータドライブシステムや、協調自律分散システム、ニューロ・ファジィ制御などで構成した高度制御システムを適用し、さらに、M(Machine)とEICの統合によってノンストップ圧延設備を目指した「使いやすく、人に優しいシステム」を構築することにより、今後のユーザーニーズにこたえてゆく考えである。

参考文献

- 1) 梶原, 外: 生産効率と品質向上を目指す圧延設備の動向, 日立評論, 75, 6, 388~394(平5-6)