

電縫鋼管製造設備の新技术

Newly Developed Techniques for Electric Resistance Welded Pipe Mill

近年の電縫鋼管の用途の多様化と拡大、及び高品質化が望まれ、これらにこたえるため新しい電縫鋼管製造設備を完成した。

本設備は、中径電縫鋼管、大形角コラム製品などの多目的造管設備としての新技术を十分採り入れたもので、最近、日立製作所が納入した丸一鋼管株式会社堺工場の設備、及び日本鋼管株式会社京浜製鉄所のスパイラルルーパについて、その概要と特長について紹介する。

山口輝雄* Teruo Yamaguchi
 高倉芳生* Yoshio Takakura
 可児保宣* Yasunobu Kani
 松根 巖** Iwao Matsune
 中間敦司** Atsushi Nakama

1 緒 言

電縫鋼管は溶接、成形技術の著しい進歩と素材コイルの品質向上とあいまって、熱間帯鋼の最大幅まで造管が可能となりその用途も拡大の一途をたどってきている。

また、昭和56年6月1日新耐震設計法の施行でビルなどの耐震強度の強化から、これまでのH形鋼よりも強度の高い大形角コラム(角形鋼管)が脚光を浴びてきている。

このたび、丸一鋼管株式会社堺工場へ納入した設備は、中径電縫鋼管と大形角コラムなどの多目的造管設備としての最新鋭設備である。昭和57年12月に営業運転を開始し、現在好調な稼働を続けている。

ここに本設備の概要について紹介し参考に供したい。

なお、表1に本設備の製品仕様を、表2に設備仕様を、図1に本設備の配置を、表3にその構成をそれぞれ示す。

2 新 技 術

2.1 電縫鋼管の成形方式の比較

電縫鋼管の成形で、現在一般に使用されている成形方式¹⁾は下記のとおりである。

- (1) シングルラディアス方式(図2参照)
- (2) ダブルラディアス方式(図3参照)
- (3) ダブルベンド方式(図4参照)

図2, 3, 4に、各成形方式の代表的フラワーを示し、表4に、それらの成形性の比較を示す。

2.2 丸鋼管と角鋼管兼用の新しい成形方式

丸一鋼管株式会社に採用した成形方式は、ダブルラディアス方式を基本に、ブレイクダウンでの管サイズ兼用範囲の大

表1 製品仕様 多目的造管設備で生産可能な製品寸法を示す。

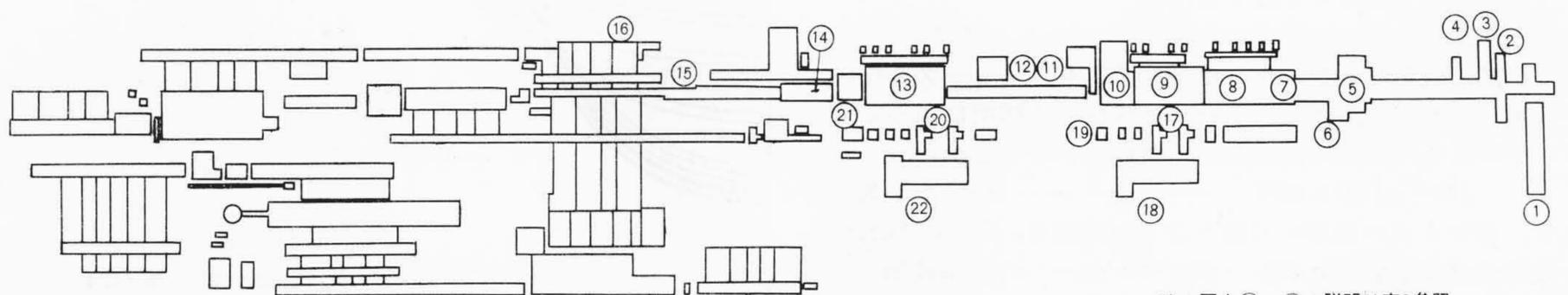
種類 諸元	丸鋼管	角形鋼管	
		角鋼管	短形角管
外径	165.2~508mm (6~20in)	140~400mm (5½~16in)	177.8×101.6~508×304.8mm (7×4in~20×12in)
管肉厚	4.5~16.0mm	4.5~16.0mm	4.5~16.0mm
管長	5.0~16.0m	5.0~16.0m	5.0~16.0m

表2 設備仕様 多目的造管設備の設備仕様を示す。

諸 元	仕 様	
取扱いコイル	帯 幅	500~1,650mm
	外 径	1,200~2,350mm
	内 径	610~762mm
	重 量	最大 36,000kg
ライン速度	入側設備	0~60m/min
	成形設備	0~40m/min
	搬送設備	0~60m/min

表3 多目的造管設備及び精整設備の構成 図1の機器名称を示す。

No.	機 器 名 称
①	コイルトランスファ
②	ベイオフリール
③	レベラ、ピンチローラ
④	アップカットシャー
⑤	サイドトリマ
⑥	スクラップチョッパ
⑦	プレフォーミングスタンド
⑧	ブレイクダウンスタンド
⑨	フィンバスタンド
⑩	ウエルドプレッシャ及びプルアウトスタンド
⑪	空冷ゾーン
⑫	水冷シャワー
⑬	サイジングスタンド
⑭	コールドソー
⑮	ランアウトテーブル
⑯	精整設備
⑰	成形ロール組替装置
⑱	成形ロール組替用パレット台車
⑲	ウエルドプレッシャヘッドロール組替用旋回台
⑳	成形ロール組替装置
㉑	タークスヘッドロール組替用旋回台
㉒	成形ロール組替用パレット台車



注：図中①~⑲の説明は表3参照

図1 多目的造管設備及び精整設備の配置 多品種小量生産設備として配置の合理化を図った。

* 日立製作所日立工場 ** 日立金属株式会社安来工場

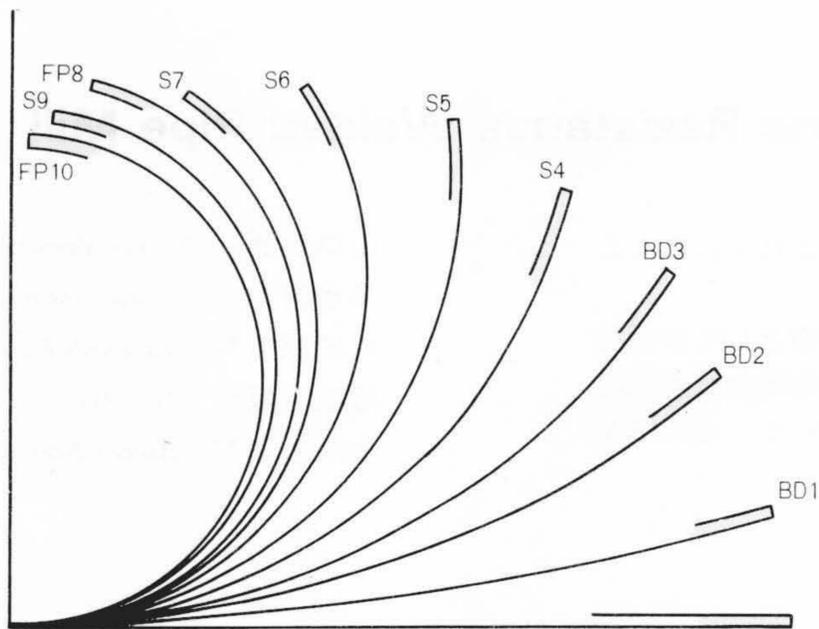


図2 シングルラディアスフォーミングフラワーの一例 昔から多く採用されているフラワーである。

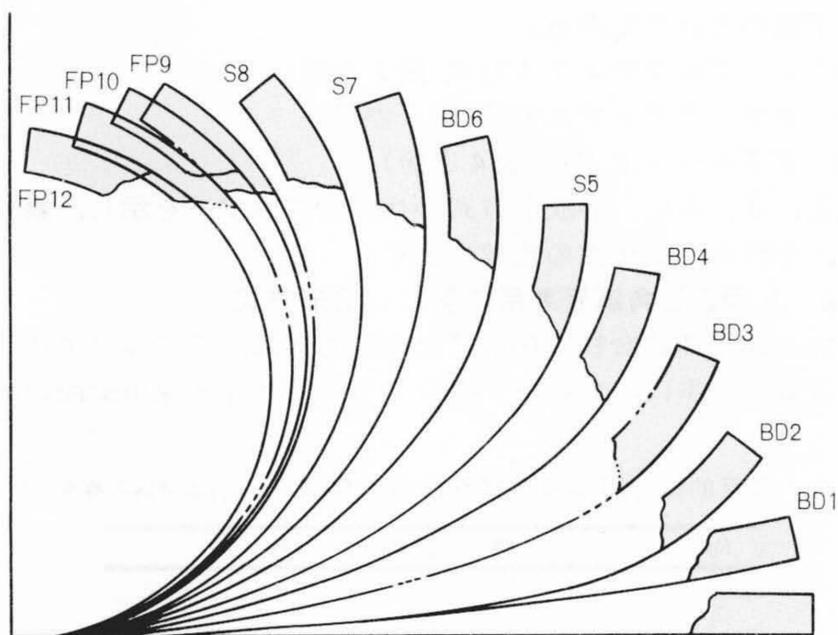


図3 ダブルラディアスエッジフォーミングフラワーの一例 本設備に採用されたフラワーで、現在最も一般的なものである。

幅な拡大を目的として、新しい考えを取り入れたものである。従来のダブルラディアス方式では、エッジ部曲げの領域とセントラ部曲げの領域の割合を、各パス共に一定に保つ方式が通例であるが、今回、図5に示すように、エッジ部曲げの領域を積極的に増していくダブルラディアスエッジフォーミングを採用した。すなわち、従来のダブルラディアス方式では、帯幅の狭い管を成形する場合、ブレイクダウンでエッジ部曲げの領域に帯板が掛からないため、管サイズ兼用範囲が、概して次式の範囲に制限されていた。

$$(D-d)/D \leq 20\% \dots\dots\dots(1)$$

ここで D : 兼用する最大管外径
 d : 兼用する最小管外径

しかし、このダブルラディアスエッジフォーミングによって、エッジ部の成形が難しい小さな管サイズも、ブレイクダウンで成形可能となり、更に、ケージスタンドの採用によって、フィンパスへの帯板の流れを自然な形にしたことから、

$$(D-d)/D \approx 50\% \dots\dots\dots(2)$$

まで、管サイズの兼用が可能となった。図6, 7に、代表的な成形スタンド配列とブレイクダウンロールの兼用範囲の例を示す。

もう一つの新しい考え方として、図8に示すように、パスラインの設定に、管中心一定方式を取り入れたことが挙げられる。一般に、10inクラス以上の電縫鋼管成形には、エッジ部

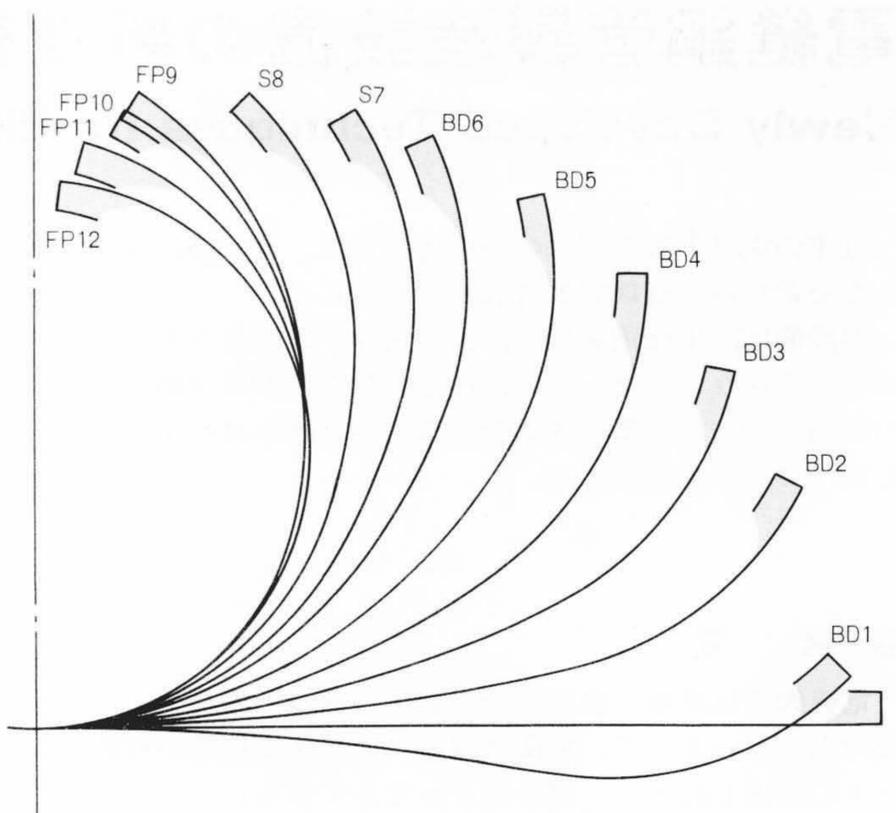
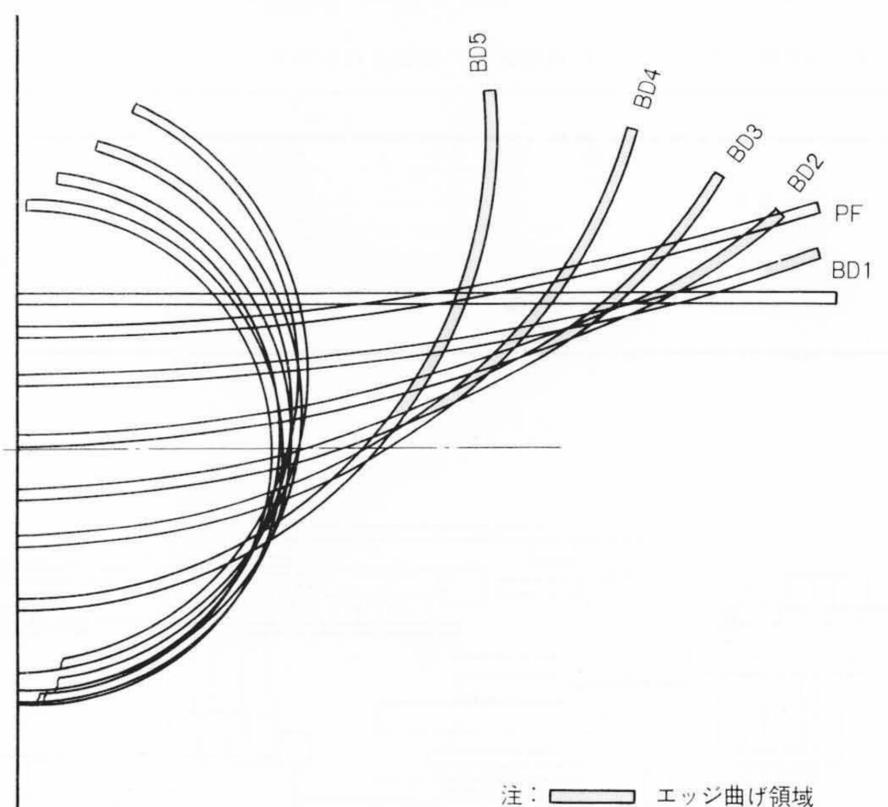


図4 ダブルベンドフォーミングフラワーの一例 最近採用されつつあるフラワーで、エッジ部の成形性が優れている。

表4 フラワーによる成形性比較 各方式を比較して、本設備にはダブルラディアス方式の改良方式が採用された。

項目	シングルラディアス方式	ダブルラディアス方式	ダブルベンド方式	
エッジの成形性	●エッジベンドの領域角度	×	小	大
	●エッジの成形	×	○	◎
ブレイクダウンでの諸性能	●サイズ兼用	◎	○	○
	●スタンド数	3	3	4
	●板厚兼用	◎	○	○
	●圧下調整	○	○	△
	●フープの横揺れ	○	○	△
	●ロール摩耗	○	○	△
	●成形荷重	○	○	○
フィンパスでの諸性能	●エッジ増肉	×	○	○
	●スタンド数	3	3	3
	●成形荷重	×	○	○
溶接部品質	●厚肉管	×	○	◎
	●薄肉管	○	○	◎



注: エッジ曲げ領域

図5 ダブルラディアスエッジフォーミング(ダウンヒル)のフラワー 本設備には、ブレイクダウンでの管サイズ兼用範囲の拡大を図るため、ダブルラディアス方式よりも優れたダブルラディアスエッジフォーミング方式が採用されている。

の伸びを抑え、溶接性を確保するために、ブレイクダウンからフィンパスまでの間で、管底の位置を下げていくダウンヒル成形が採られ(図8参照)、また、フィンパス以降のスタンドのロール軸位置の調整量の増加及びケージロールの位置調整量の増加を少なく抑える意図から、管中心一定方式のパスラインを採用した。この方式により、軸位置の調整量が、管底一定方式に比較して、約50%少なく抑えることができた。鋼管の寸法出しを行なうサイジングロールについては、従来から行なわれている方法であるが、角鋼管は、図9に示すように丸鋼管から成形する方法を採用している。角鋼管を専用に造管する場合には、スタンド数を少なくできることから、帯板から直接角に曲げてゆく方法(ダイレクトスクエア)も採られる例もあるが、しかし、本設備のように丸鋼管、角鋼管の両方を造管する場合、丸鋼管から角鋼管を成形する方法がサイジングロールの交換だけで、丸鋼管、角鋼管の作業切替えが可能であることから、ほとんどのラインに採用されている。

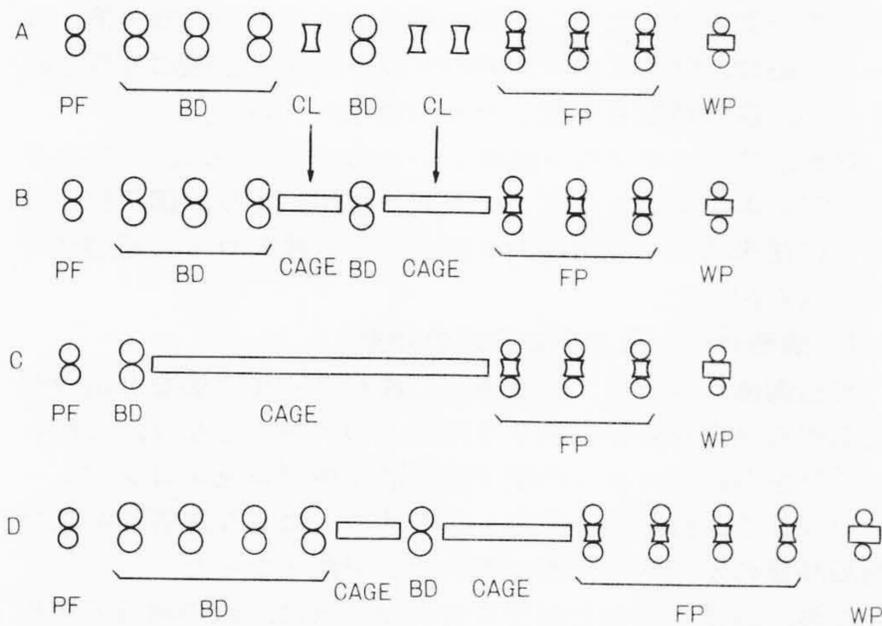


図6 成形スタンド配列の一例 本設備には配列Dが採用されている。

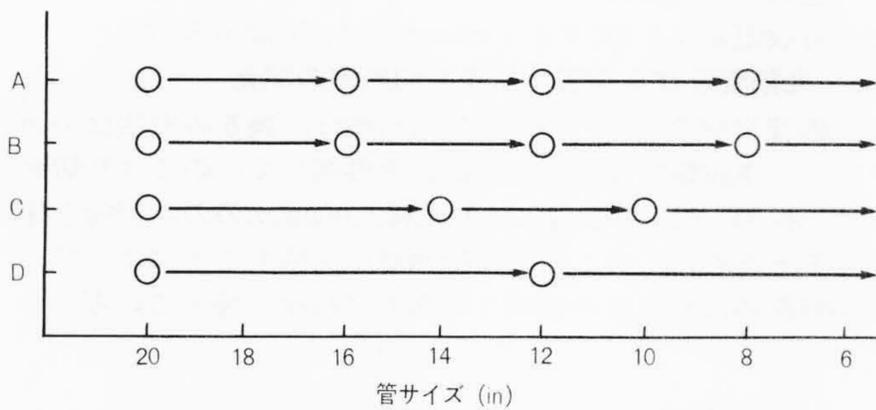


図7 ブレイクダウン成形ロールの兼用範囲 本設備に採用されたスタンド配列Dの兼用範囲がいちばん広く、ロール組替頻度の低減につながっている。

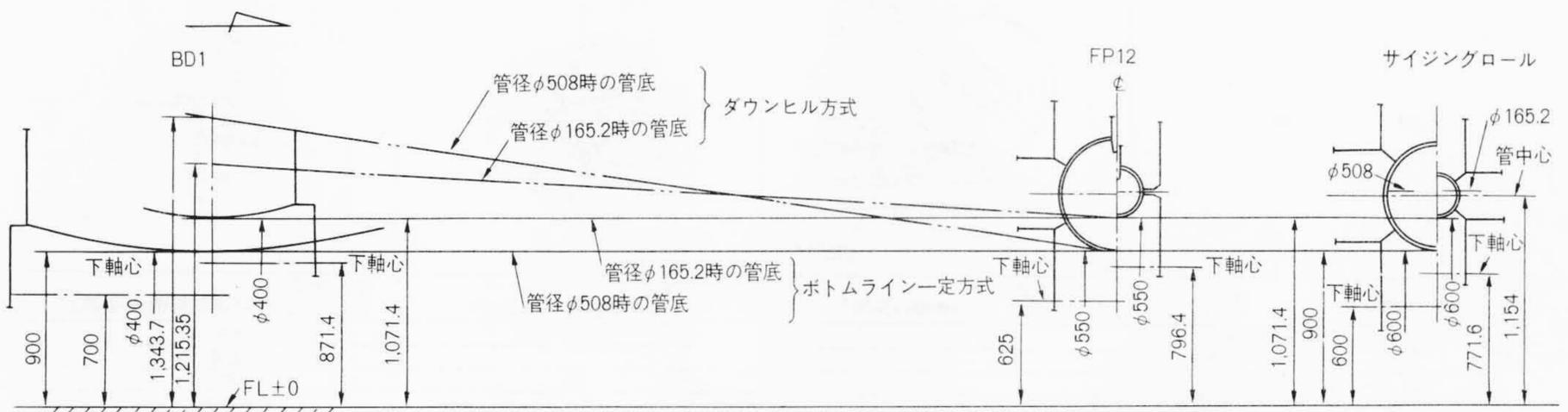


図8 管中心一定方式 管中心一定の成形方式を採用した場合の造管パスの一例を示す。

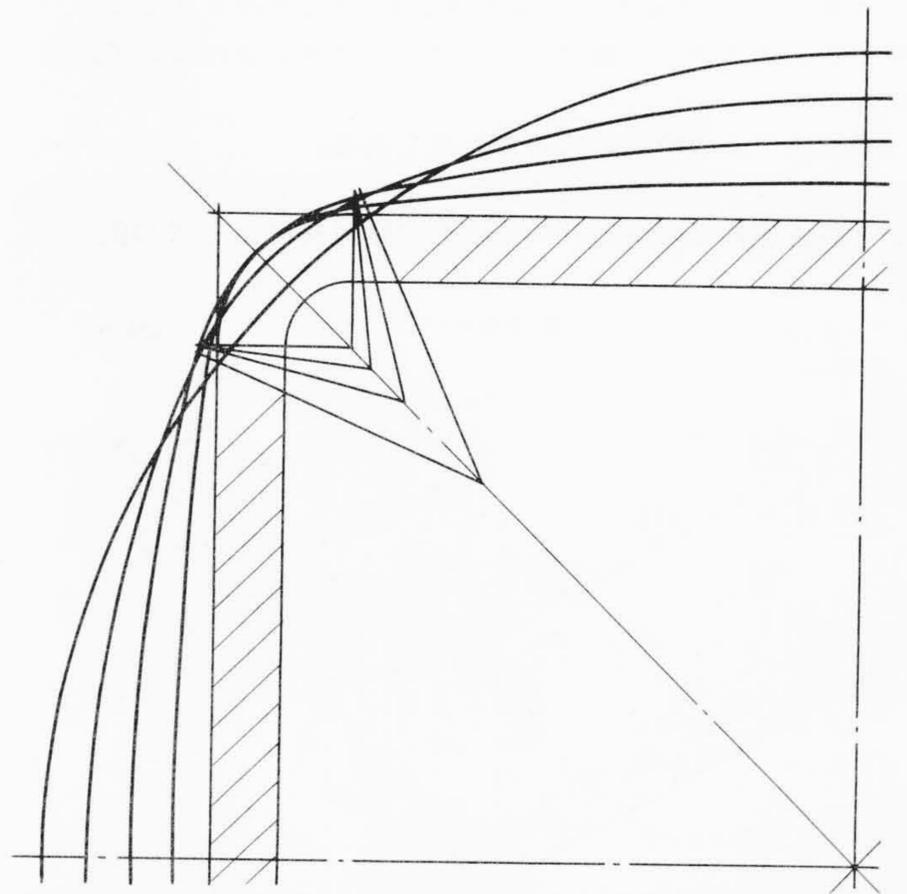


図9 角鋼管成形フラワー 丸鋼管から順次角鋼管に成形してゆく過程のフラワーを示す。

2.3 少量多品種生産への対応した成形ロール組替システムの構成

本設備での製品品種は丸鋼管をはじめ、角鋼管及び短形角鋼管と多種にわたる。この場合ネックとなっていた設備の稼働率向上を図り生産量を上げるため新しい成形ロール組替システムを完成させた。

従来はインナースタンド方式などに見られるように、あらかじめロールが組み込まれ、ロール位置設定が完了したインナースタンドを組み込む方法が多く採用されるようになっていた。しかし、これらの方法ではインナースタンド、及びその内部に組み込まれる交換部品(メインシャフト、メタルチョック、ベアリングなど)を新たに準備する必要が生じ、その設備費と、これら部品の保守点検及び保管スペースが必要となり、更にインナースタンド内への成形ロール組替は造管設備の稼働中に組替調整を行なうので造管設備の運転員と成形ロール組替作業員をそれぞれ確保する必要が生じる。このため、省力化に対して不合理な面が伴っていた。

これらを解決するため、メインシャフト、メタルチョック、ベアリングなどの部品は、本体のものを利用して成形ロールだけを組替するシステムを採用した。

本システムは、特に成形ロール組替頻度の多い、フィンパ

スタンド、スクイズロールスタンド、プルアウトスタンド、サイジングスタンド及びシェーピングスタンドについて採用した。

本システムの特徴は次のとおりである。

- (1) 成形ロール以外、組替部品の準備が不必要
- (2) 設備運転員の成形ロール組替作業兼務による省力化

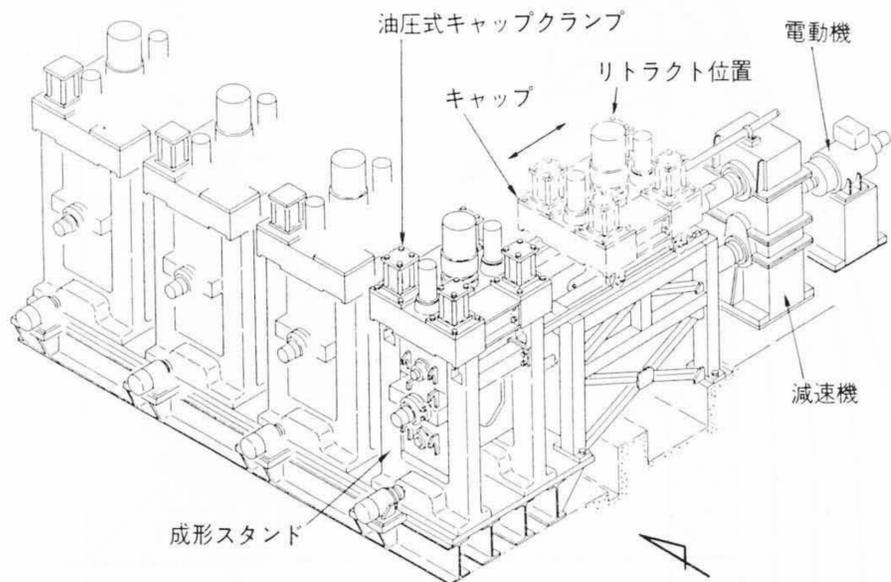


図10 成形スタンドの構成 新技術を取り入れた成形スタンドの構成を示す。

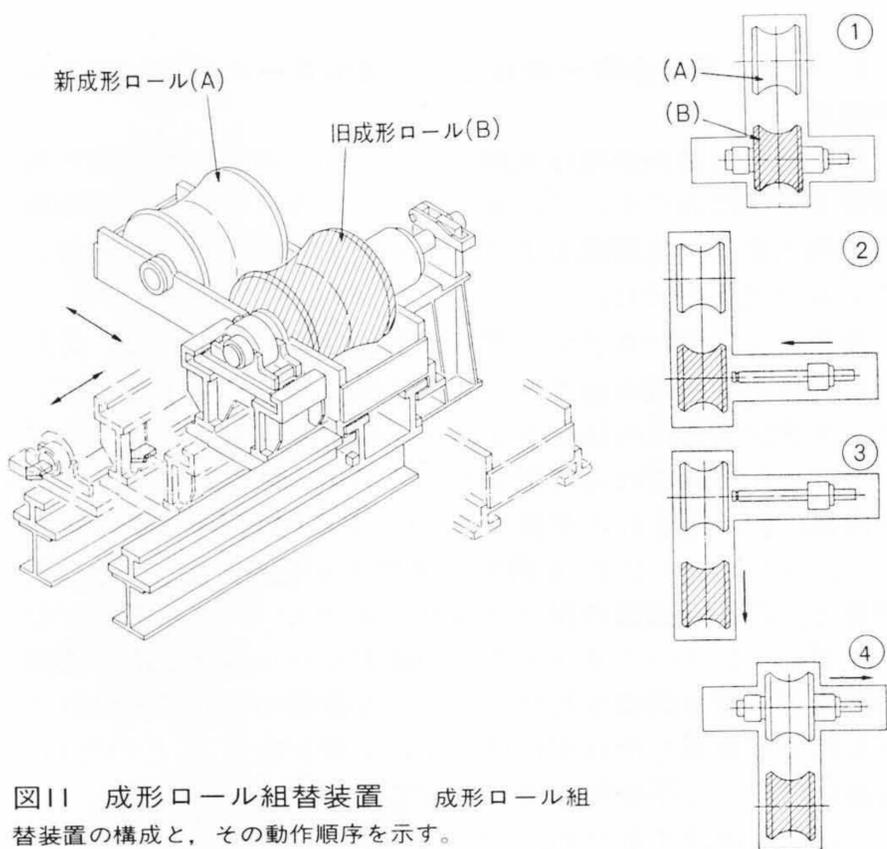


図11 成形ロール組替装置 成形ロール組替装置の構成と、その動作順序を示す。

- (3) 成形ロール組替は専用組替装置による遠隔操作化
- (4) 成形ロールの搬送は、専用クレーンにより自動化
- (5) プロセスコンピュータによる成形ロール圧下位置設定の自動化

本システムの主要素となる成形スタンド構成を、図10に示す。スタンド構造はオープントップ方式である。まず、成形ロール組替時は油圧式キャップクランプ機構の開放とともに、キャップを上昇させて成形ロール組替に支障のない位置まで駆動側へリトラクトさせる。次に専用クレーンにより成形ロール組替品をつり上げ、成形ロール組替装置へ搬送及び装着して、図11の方法により新成形ロールとの組替を行なう。その後、各成形ロール組立品を、再び順次専用クレーンによって本体スタンド内へ搬送、及び装着してキャップクランプ後、次の造管作業に準じた成形ロール位置に自動圧下設定を行ない、一連の組替作業を完了させる方法である。

また、前述の管中心一定方式のパスライン採用により、サイジング及びシェーピングスタンドのサイドロール位置が一定高さ位置となるため、従来の高さ設定作業が省略可能となった。更に、サイドロールのパス高さは常に正確に確保されるため、造管精度も安定したものになっている。

なお、ブレークダウン成形ロールのフラワーは、ダブルラディアスエッジフォーミング方式の採用により、図7に示すように従来に比べ兼用範囲を拡大して、成形ロール組替頻度の削減を図った。

2.4 成形ロール圧下自動設定の効果

製品鋼種、鋼管径、帯鋼肉厚、成形ロール寸法など鋼管製造工程の組合せ条件は約2万種以上のデータとなり、これらの条件を各成形ロールの圧下位置設定用プロセスコンピュータを介して、自動位置設定を行なうことにより造管作業及び製品品質の安定化と大幅な省力化が可能となった。

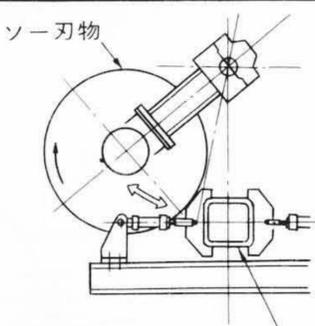
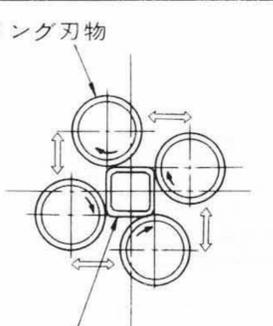
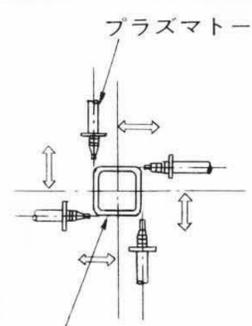
なお、設備の運転と保守に便利なように、次の項目の監視を行なっている。

- (1) 運転条件の監視
- (2) 各設定値などのCRT(Cathode Ray Tube)表示

2.5 丸鋼管及び角鋼管兼用走間切断機の開発

丸鋼管及び角鋼管の兼用走間切断機は、表5の方法に分類される。本設備では最小製品鋼長を勘案して、のこぎり切断方式を採用した。本設備には最大径2,000mmののこ刃物を採用するとともに、のこ刃面に特殊処理を施すことによって、被切断面のばり発生の低減と寿命の延長化を図っている。

表5 走間切断方式の比較 本設備には切断能力が優れ、適用実績の多いコールドソーが採用されている。

項目		コールドソー方式	ミーリング カッタ方式	プラズマ カッタ方式
概要	機 構	ソー刃物  切断材	ミーリング刃物  切断材	プラズマトーチ  切断材
	環 境	単純 (スイング機構の採用)	複雑 (切込量制御機構必要)	やや複雑 (トーチ材料間隙制御機構必要)
特徴	音 量	大	小	中
	切 断 能 力	大	大	中
	鋼管への適用実績	丸鋼管 多数 角鋼管 多数	あり 少数	あり 少数
設 備 費	安価	高価	安価	

本機の開発により、従来の倍尺切断することなく、最小鋼管長5.0mまで可能となり、次工程の精整ラインの合理化が可能となった。

2.6 精整設備の概要

精整ラインは設備費の低減とトラッキングの単純化を図るため、丸鋼管用と角鋼管用の各ラインを分離するとともに、精整機器をタンデムに配置した。

鋼管のトラッキングは搬送中に順序が変わらないという前提で物流の単純化と塗装、結束など、製品ライン及び出荷作業を効率的に行なえるよう2系列とした。

3 成形ロール

3.1 成形ロールの設計

ロール構造の設計については、図12に示すブレイクダウンの2分割ヨーク式トップロールを採用した。一般に、中大径の電縫鋼管の成形には、ヨーク式トップロールのほうが、ロール径を小さくできることから、使用されている。従来の一体形ヨーク式トップロールでは、ロール幅を十分に取りにくく、エッジ部の成形性の点で問題であったため、本設備では2分割ヨーク式の採用によってトップロールの幅を広くし、エッジ部の成形性を向上させた(図12)。

4 スパイラルルーパ

製鉄用各設備にルーパを設置する目的は、コイルの接続、切断のある入、出側設備と中央部の処理設備を分割し、中央部の連続処理を可能とすることである。それにより生産能力のアップ、歩留まり向上が図られるほか、中央処理部分の運転が安定し、製品の品質が均一安定化するというメリットがある。

大径及び中径電縫鋼管設備では、厚板を処理できるルーパ

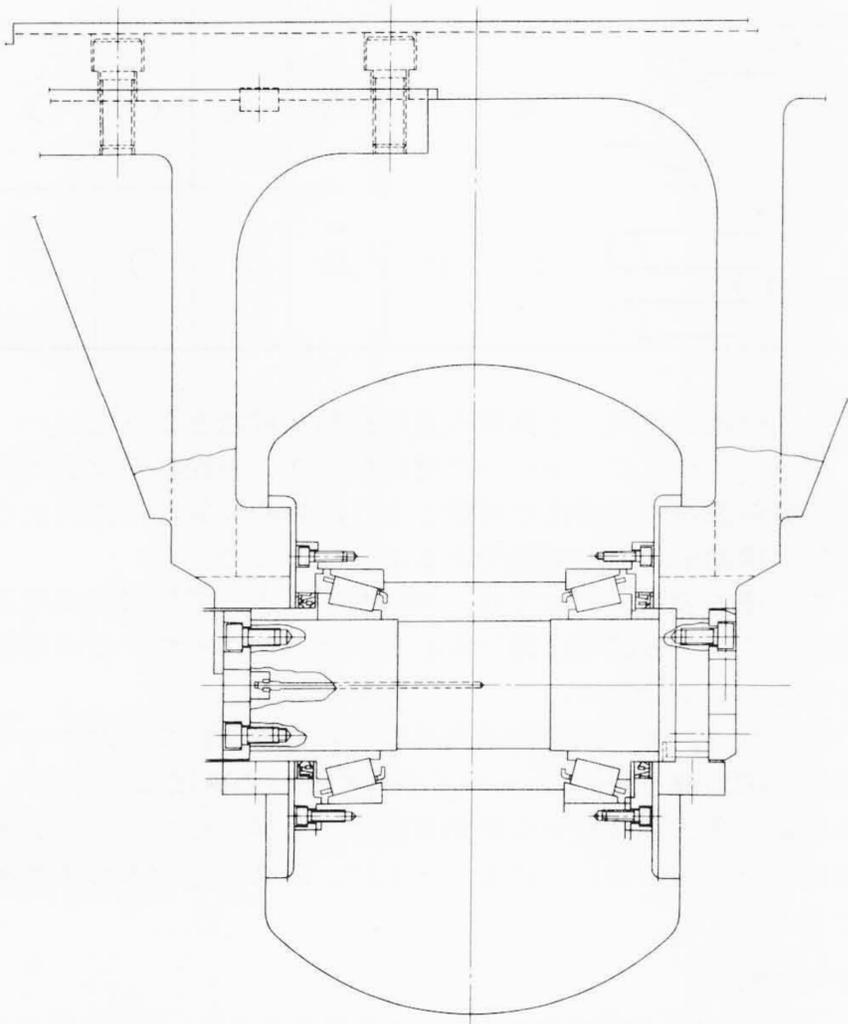


図12 ブレイクダウンスタンド用2分割ヨーク式トップロール
本設備に採用されたブレイクダウンスタンド用2分割ヨーク式トップロールの構造を示す。

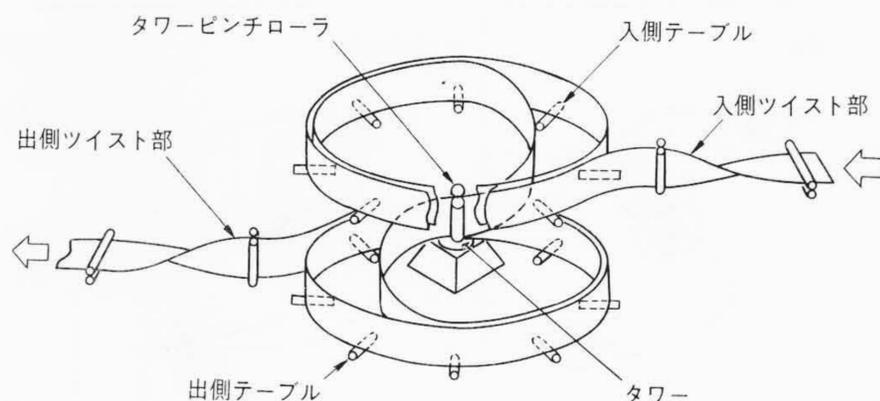


図13 スパイラルルーパの概観図 ストリップがスパイラルルーパに蓄積されている状態を示す。

がなかったため、従来からルーパなしの単一コイル挿入が普通であった。スパイラルルーパは独特なルーピング機構により、容易に大容量の蓄積量が得られ、またループ部の曲げ半径が大きくとれるので、厚板の処理にも適しており、電縫鋼管設備などに適用され始めた。次にその概要を紹介する。

4.1 スパイラルルーパの機能及び構成

図13にスパイラルルーパの概観を示す。ストリップは入側ツイスト部で90度ねじられ、垂直状態でスパイラルルーパに進入し、入側テーブル、出側テーブル上に端部を保持されて蓄積され、再び出側ツイスト部で水平になって次工程に送られる。ストリップのルーピングはタワーとタワーピンチローラの回転により行なわれ、タワー1回転で、入、出側テーブルに各1巻ずつ、コイルが蓄積される。図14にスパイラルルーパの運転サイクルを示す。蓄積のときはタワーは正回転し、コイル巻数が増え、払出しのときは逆回転し、コイル巻数が減少する。このように、スパイラルルーパでは大きなコイル状に巻かれて蓄積されるため、容易に大容量の蓄積量が得られることになる。また、ストリップが最も強く曲げられる部分は中央のS字部であり、大きな曲げ半径となるため10mmを超える厚板の処理も容易となる。更に、スパイラルルーパの利点の一つは、通板性の良いことである。スパイラルルーパではストリップを完全に払い出すことが可能であるので、通板は入、出側のツイスト部とタワーのS字部だけをガイドでストリップを案内することにより自動通板も可能である。一般にルーパは通板操作が不要のように考えられる場合もあるが、電縫鋼管のように板厚範囲が広い場合は、コイル接続用溶接機の能力限界の点から、ダミー材を使うよりコイルの先端通板を行なったほうが、ずっと能率が良い場合がある。また、定期修理時はストリップのないほうが良いため、このような場合スパイラルルーパは非常に能率の良いことが実機の操業でも実証された。

4.2 スパイラルルーパの実機への適用

表6に大径電縫鋼管設備に適用されたスパイラルルーパの仕様を示す。また、図15に日本鋼管株式会社京浜製鉄所納めのスパイラルルーパを示す。本機は納入後既に2年近く経過するが、好調な操業運転を続けており、あらためてスパイラルルーパの優れたルーピング機能を実証した。また、通板性も所期どおりで、人力の介入は不要であり、作業性の良い設備となっている。本設備の蓄積量は480mと非常に大きく、入側のハンドリング時間に余裕をもたせることが可能である。

表7に現在実用化されている各種のルーパについての比較を示す。蓄積量が大きく、通板性に優れたスパイラルルーパは、現状の設備連続化のニーズにこたえられるものであり、特に電縫鋼管、鍛接鋼管などをはじめあらゆる設備にも多く採用されてゆくものと期待される。

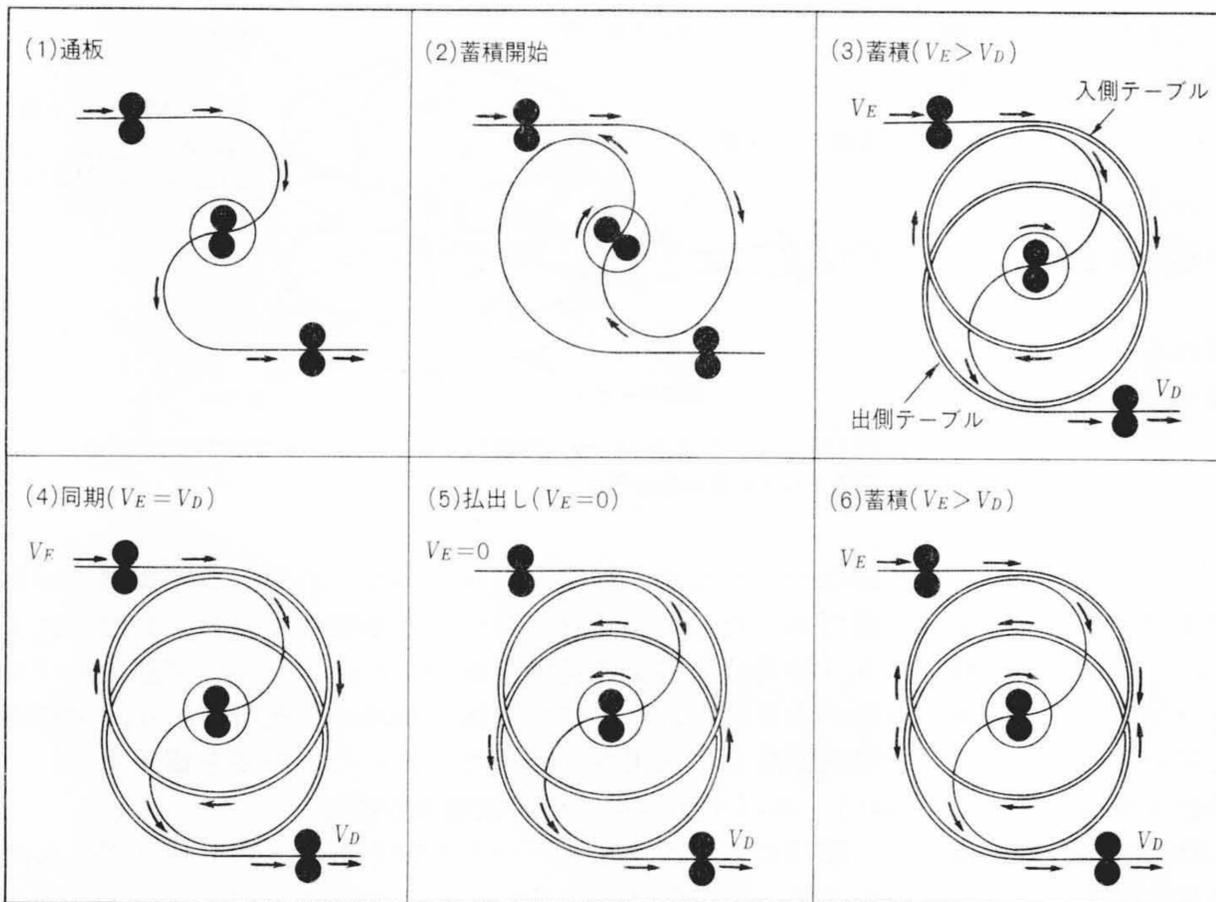


図14 スパイラルルーバ運転サイクル
通板から始まって蓄積、同期、払出し運転のサイクルを示す。

表6 スパイラルルーバの仕様の一例 中径電縫鋼管設備に適用されたスパイラルルーバの仕様を示す。

No.	諸元	仕	様
1	電縫鋼管サイズ	3~12B	3½~16B
2	ストリップ	材質	熱間圧延軟鋼
		板厚	2.1~15.9mm
3	速度	入側	Max.210m/min
		出側	Max.70m/min
4	蓄積量	Max.480m	Max.380m
5	ルーピング径	16,800mm	18,000mm

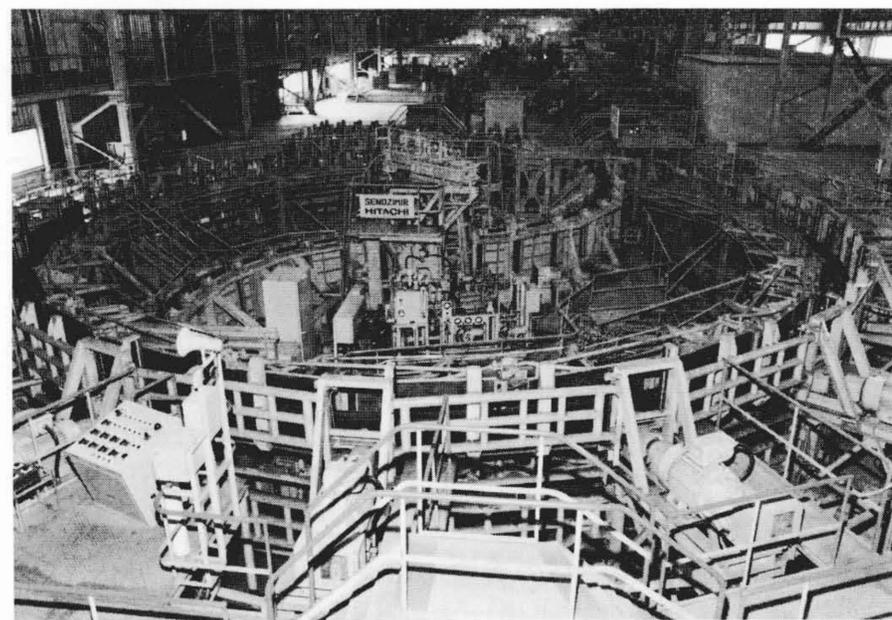


図15 大径電縫鋼管用スパイラルルーバの外観 日本鋼管株式会社京浜製鉄所で稼働中のスパイラルルーバを示す。

5 結 言

電縫鋼管製造設備の概要、機器の紹介などに関しては既に多くの文献が発表されているので、ここでは重複を避け新技術を駆使した丸一鋼管株式会社納め中径電縫鋼管と大形角コラムなどの多目的造管設備の概要、及び日本鋼管株式会社納めスパイラルルーバ設備について重点的に論述した。

新しい成形スタンド構造と成形ロール組替システムによって大幅な設備費増加を伴うことなく、組替時間の短縮とあい

表7 各方式のルーバ比較 スパイラルルーバは、他の特殊ルーバよりも大形機に適しており、また通板性も優れている。

No.	方式	項目	大形機	スペース	蓄積量	通板性	ストリップ損傷	
							エッジ	表面
1	センジマー		○	100	大 ○	○	○	○
2	ギルド		○	110	中 △	×	△	△
3	ケント(FLOOP)		×	-	中 △	×	○	○
4	従来法横形		○	250	中 △	×	○	○

まって稼働率の向上と操業人員の抑制が可能となった。

また、スパイラルルーバの完成により、中径鋼管及び大径鋼管製造設備の連続化が可能となり、製品歩留まりの向上と大幅な稼働率向上が期待できるようになった。

この種の設備については、ユーザーによって独自の使用方法があり、一般論では論じられないだけにユーザーとの密接な協力が必要である。

終わりに、丸一鋼管株式会社殿から造管技術などについて懇切な御指導を得、またスパイラルルーバの採用については、日本鋼管株式会社殿から終始有益な御意見を頂いた。今後とも御指導をお願い申し上げるとともに、深謝の意を表わす次第である。

参考文献

- 1) 伊藤, 外: 冷間成形ロールの生産技術の進歩, 塑性と加工, Vol. 20, No. 255, 906~910(1979-10)
- 2) 小西, 外: 新中径電縫管工場の設備と操業, 日本鋼管技報, Vol. 102, 33~42(1984)