

(論文)

第7 線材工場の新仕上圧延・精整ラインの設備概要

市田 豊*・宮脇新也*・本屋敷伸一**・葛西丈次***・藤本知司***・新館忠博***

*鉄鋼カンパニー・神戸製鉄所・条鋼圧延部 **鉄鋼カンパニー・神戸製鉄所・条鋼技術部 ***鉄鋼カンパニー・神戸製鉄所・設備部

Overview of the New Finishing Block Mill and Coil Handling Line at the No.7 Wire Rod Mill

Yutaka Ichida・Shinya Miyawaki・Shinichi Motoyashiki・Taketsugu Kasai・Tomoji Fujimoto・Tadahiro Niidate

An advanced finishing block mill and coil handling lines for the No.7 Wire Rod mill in the Kobe Works were commissioned in January 1999 for the purpose of producing the wire rod with the highest customer satisfaction. This modernization includes 8-strand block mill, 4-strand sizing mill, laying head, loop conveyor, loop collector, and automated warehouse. The mill is capable of controlled rolling, precision tolerance rolling, controlled cooling, and optimized coil handling .

まえがき = 第7 線材工場は 1969 年の稼働開始以来、当社の高級線材生産の主力工場として操業を続けてきた。この間、1978 年に仕上ブロックミルの改造をおこなったほか、1993 年に加熱炉更新、圧延電気設備更新、精整設備改造、プロセス計算機導入などの設備新鋭化工事をおこなってきた¹⁾。しかし、ユーザーズのいっそうの高度化や他社線材工場の新鋭化の進展などの理由により、製品品質に大きな影響を与える仕上圧延ラインを抜本的に改造・更新する必要が高まってきた。

このため、「顧客満足度 No.1 の線材の提供」をコンセプトに、1997 年 1 月に第7 線材工場のリフレッシュ工事に着手した。1997 年 11 月に、まず線材立体倉庫を中心とした新精整ラインの操業を開始、引き続いて 1999 年 1 月に新仕上圧延ラインの操業を開始した。これら一連の設備は世界最高水準の設備であり、現在順調に稼働中である。

本稿では、第7 線材工場の新仕上圧延ラインと精整ラインの設備概要を紹介する。

1. 新仕上圧延設備の特徴

1.1 基本構想

第7 線材工場の仕上圧延ラインは 1978 年に高速ブロックミル(最高仕上圧延速度: 5.5mm で 100m/s)への改造を実施している。しかしこの設備では高度化・多

様化するユーザーズに対応するには限界があり、以下の観点から仕上圧延ラインを全面的に更新することとした。

- 1) 制御圧延に対応できる仕上圧延機の設置
- 2) 中間サイズ、精密圧延に対応できるサイジングミルの設置
- 3) 多様なパターンで圧延後の線材を冷却することができる製品冷却コンベアの設置
- 4) ハンドリングきずの減少や物流効率の向上が可能となる線材立体倉庫の設置

これらの設備により世界最高水準の造り込み体制が整い、品質やユーザーサービスの大幅な向上が可能となる。また、線材の 2 次、3 次加工工程を含めたトータルコストの削減をねらった新製品の製造も可能となる。

1.2 基本仕様

第1 表に新仕上圧延ラインの基本仕様を記す。

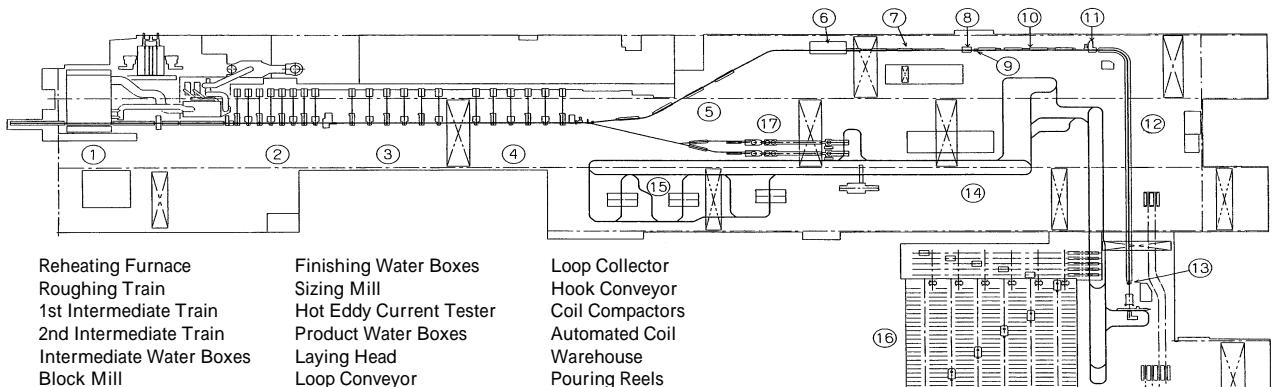
1.3 設備配置と特徴

第1 図に仕上圧延ライン新設後の第7 線材工場のレ

第1 表 新仕上圧延ラインの基本仕様

Table 1 Basic specifications of new block mill line

Billet Size	155 × 12 000mm
Billet Weight	Max. 2 200kg
Product Size Range	5.5 to 22mm
Nominal Capacity	45 000t/month



第1 図 工場レイアウト

Fig. 1 Layout of No.7 wire rod mill

アウトを示す。新設備の配置については、以下の特徴がある。

- 1) 既設中間列圧延機以降の主要設備間の距離や冷却コンベアの必要長さを考慮し、かつ建屋・土木基礎コストを最小限に抑えられるレイアウトを種々の方面から検討した結果、既設ミルラインに隣接するコイルヤードに新ラインを設置することとした。
- 2) 既設中間列圧延機とブロックミル間の距離は、十分な冷却能をもたせた水冷設備を配置できる長さを確保した。
- 3) ブロックミルと巻取設備間も同様に、十分な冷却能をもたせた水冷設備を配置できる距離とし、そのほぼ中央にサイジングミルを配置した。
- 4) 冷却コンベアは既設建屋のスペース制約から巻取後に90度曲げた構造とした。
- 5) 既設フックコンベアラインを延長し、既設の外観検査場や結束機で集束後のコイルを処理できるようにした。
- 6) ハンドリングきずの低減や物流効率の向上をねらって圧延ライン直結型の立体倉庫を設置した。すなわち、既設精整ラインを経たコイルはフックコンベアからおろされることなくそのまま立体倉庫へ搬送される。

2. 主要圧延設備の概要

2.1 既設線材圧延設備

既設線材圧延設備は、シングルストランドミルで1969年に稼働を開始している。粗列(8スタンド)と第1,第2中間列(それぞれ6スタンド)の圧延機は水平・垂直交互配置であり、自動車向けを中心とした高級線材の生産に適している。細径材を生産する仕上ブロックミルラインのほか太径パーインコイル用のポーリングリールラインも有する。今回の新仕上圧延ライン設置に先だって、ウォーキングビーム式加熱炉の導入、圧延電気設備の更新、プロセス計算機の導入などを中心とするリフレッシュ工事を1993年に竣工させている。

2.2 ブロックミル

今回設置したブロックミルは、後続するサイジングミルへ母材を供給する圧延機として使用するほか、ブロックミル単体だけで線材を仕上げることが可能である。この設備の特徴を以下に記す。また、外観を写真1に、設備仕様を第2表に示す。

- 1) 制御圧延を可能とする超高負荷型仕様の圧延機とした。また、とくに負荷の高い最初の2スタンドは247mmというブロックミル用としては最大級のロール径を採用した。その結果、圧延機入口材料温度はJIS SCM435 相当で750 という低温圧延が可能設備となっている。
- 2) 超高速ミルとして仕上圧延速度120m/sが可能である。
- 3) 表面きず低減のため全スタンド入口にローラガイドを設置している。また、偶数スタンド(丸カリバスタンド)の入口ローラガイドはローラ回転監視装置



写真1 新ブロックミル
Photo 1 New block mill

第2表 ブロックミルの設備諸元
Table 2 Specifications of block mill

Type	8-stand Ultra Heavy Duty No Twist Mill	
Roll Size	Stand 21, 22	247mm
	Stand 23-25	228mm
	Stand 26-28	170mm
Main Drive	AC 7 000kW	

を設け、回転不良の早期発見が可能となっている。

- 4) ガイド取替え時間が短縮できるようすべての入・出口ガイドの取付けに油圧クランプ方式を採用している。
- 5) ロール交換作業や圧延調整時間の短縮のためサーボモータによるロール隙間調整機構を採用している。

2.3 サイジングミル

精密圧延、中間サイズ圧延に対応するため4スタンドからなるサイジングミルを設置した。この設備の特徴を以下に記す。

- 1) 制御圧延に対応した設備とするため、軽減面率圧延を実施するサイジング部(2パス)の直前に通常の減面率圧延のレデュース部(2パス)を設けたレデュース・サイジングミルとした。この方式はサイジングミルの特徴を残したままトータルの減面率が十分に確保できるため、低温圧延による材料の結晶粒微細化が期待できる。
- 2) 前半のレデュース部2パスはブロックミル同様に超高負荷型仕様の圧延機であり、ロール径は247mmである。
- 3) 後半のサイジング部2パスは軽減面率圧延を実施する。ロール径とスタンド間距離はともに150mmである。スタンド間距離を接近させることによりガイドレス圧延が可能である。また、ロール隙間調整によりフリーサイズ圧延が可能となり中間サイズの製造に対応できる。
- 4) 各スタンド間の速度差は多段式増速機により変速が可能である。これによって入側母材サイズの集約化ができサイズ替え時間の短縮が図れる。
- 5) サイジングミル全体がカセット構造となっており、ロール交換はスタンドごと予備と取替えるクイックチェンジ式である。予備スタンドは2セットあり、オフラインの整備室でロール交換がおこなわれる。

6) ブロックミルと同様、回転監視装置付きローラガイドを含む各ガイド類は油圧クランプ方式で取付けられる。また、ロール隙間調整はサーボモータによる遠隔操作が可能である。

サイジングミルの外観を写真2に、設備仕様を第3表に示す。

2.4 水冷設備

制御圧延対応のため、新圧延ラインでは水冷能力の大幅な強化をおこなった。水冷設備は以下の3箇所に分かれる。

既設中間列圧延機～ブロックミル間：中間水冷帯
 ブロックミル～サイジングミル間：仕上水冷帯
 サイジングミル～巻取設備間：製品水冷帯

各水冷帯とも3または4ゾーンの水冷ボックスを配置した構造で、その長さや配置方法は、十分な冷却能を有すること、同時に均一な冷却が可能であること（とくに強水冷時に表層部の過冷却が発生しないこと）という観点から決定した。また、冷却効率や通材性の観点から、材料が通過する水冷管の内径は材料径に見合ったものとするのが好ましい。そのため、各水冷ボックスともスライド式とし、複数の内径の水冷管を迅速に交換して使用できるようにした。

2.5 巻取設備

高速圧延実施時に安定したリングパターンをえることは品質・操業両面からきわめて重要なことである。今回の巻取設備の特徴を以下に記す。

- 1) 設備能力としては120m/sに対応する高速型のレイングヘッドを採用した。傾斜角度は15/20度の可変式で、材料へのかききず防止の観点から、レイングヘッド手前の傾斜部には5段のターンダウローラを配置した。また、先後端の落下位置制御や後端の昇降速制御を導入し操業の安定化を図っている。
- 2) リングパターン安定化のために重要な役割を果たすピンチロールは上下ロール圧下方式でピンチ圧力の制御やピンチ時の仕上圧延機間との張力制御が可能である。ピンチロールはカリバ付きローラで、サイズ替え時の時間短縮のためシフト機構を導入した。
- 3) 細径材を高速圧延すると、ピンチロールを抜けたあとの最尾端がレイングヘッド内で「むち打ち」状態となり、リングパターンが非常に乱れることが一般的に知られている。そのため傾斜型のピンチロールを採用し、ピンチロールを可能な限りレイングヘッド側に近接させることにより、むち打ち発生部の長さの低減を図った。また、むち打ちが生じてもリングパターンが極端に悪化しないことを狙って、レイングヘッド出側に円盤型の拘束ガイドを設置した。

巻取設備（レイングヘッド）周辺の状況を写真3に示す。

2.6 コイル制御冷却設備

巻き取った後のコイルは制御冷却設備で連続的に冷却される。このときの冷却速度は線材の機械的性質やスケール性状を決定する重要な因子である。今回の新圧延ラインの制御冷却設備は、ますます厳格化・多様化するユ



写真2 新サイジングミル
 Photo 2 New sizing mill

第3表 サイジングミルの諸元
 Table 3 Specifications of sizing mill

Type	4-stand Ultra Heavy Duty Reducing Sizing Mill	
Roll Size	Stand 29, 30	247mm
	Stand 31, 32	156mm
Main Drive	AC 4 500kW	



写真3 新レイングヘッド周辺
 Photo 3 New laying head

ーザニーズに対応するため以下の特徴をもつ設備とした。

- 1) 徐冷から急冷までの広範囲な冷却速度をフレキシブルに制御でき、かつ均一な冷却ができるよう、全10ゾーン、総長さ約100mというトップクラスの徐冷カバー付き冷却コンベアとした。また、これを既存建屋内に無理なく配置できるレイアウトとして、巻取後にコイルを90度転回させる曲コンベアを設置した。
- 2) コンベアはローラ方式とし、徐冷材を考慮してロー

ラ径は 120mm と堅牢なものとした。

- 3) 冷却ブロー容量は最大級のものとし、均一冷却が可能な垂直型衝風ノズルを採用した。また風量はVVVF (可変電圧・周波数) 制御により任意に調整可能とした。

2.7 コイル集束設備

- 1) 集束設備はツーアームマンドレル方式とした。サイクルタイムは30秒と非常に高い処理能力をもつ。
- 2) 集束装置まわりでのコイルへのすりきずを防止するため、コイルが機器と接触する部位に溶射加工による表面硬化を適用した。また、マンドレル動作中に後続のコイルを集束装置内に一時集積するアームについて、開放時にアームとコイルとの接触を極力なくすよう、従来のアイリス方式(アームを水平方向に抜き取る方式)でなくフラップ方式(アームを垂直方向に開く方式)を採用した。
- 3) ツーアームマンドレルにより水平状態に転回させたコイルはコイル台車により抜き取られ、フックコンベアに摺動することなく載荷される。

以上の巻取からコイル集束までの設備仕様の概要を第4表に示す。

3. 計電装設備概要

新圧延ラインは、計電装設備についても高品質線材の製造に最適なものを選択・採用した。新圧延ラインのシステム構成を第2図に示す。

3.1 計電装設備

制御設備は、EI (E: 電気制御, I: 計装制御) 統合を

おこない、「マルチCPUを構成した大容量・高機能のプラントコントローラ(DDC: Direct Digital Controller)」, 「高速伝送が可能でステーション間の有機的結合を可能とした統合制御ネットワーク」, 「分散配置したリモートIO装置」および「マンマシンインターフェイス」より構成されている。新設DDCと下位シーケンサ間の制御には、融通性に富み、使用するシステムの種類を問わないオープン化した通信ネットを介して通信をおこなっている。

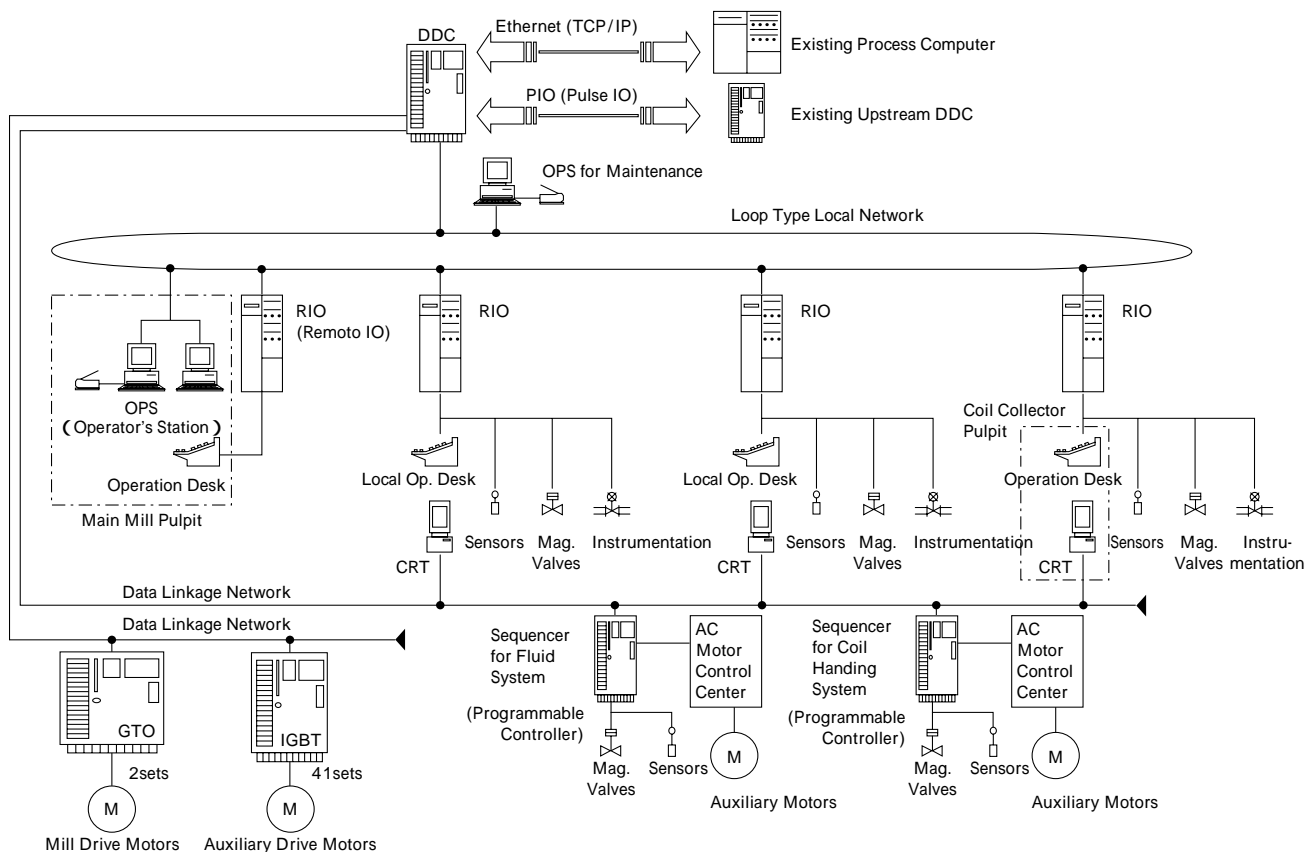
また、新設DDCと既存の上位プロセス計算機(プロコン)との間の通信には、イーサネットとTCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)を組み合わせ、オープン化かつマルチベンダ対応が可能な制御システムを構築した。また、既設中間列圧延ライン用DDCとはデジタルIOにて圧延タイミング信号の高速通信制御をおこなっている。

各設備のドライブ設備については、主機、補機とも交

第4表 巻取, コイル制御冷却, 集束設備の諸元

Table 4 Specifications of pinch roll, laying head, loop conveyor and loop collector

Pinch Roll	Type Roll Dia . Drive	Roll Pass Shiftable-inclined Type 300mm AC 170kW
Laying Head	Type Ring Dia . Inclination Angle Drive	Auger Plate-inclined Type 1 225mm 15/20 degrees AC 320kW
Loop Conveyor	Type Cooling Zone Roller Dia .	Roller Conveyor 10 Zones 120mm
Loop Collector	Type Outer Dia . Inner Dia .	Two Arm Mandrel with Coil Transfer Car 1 350mm 900mm



第2図 新仕上圧延ラインのシステム構成図

Fig. 2 Configuration of control system for new block mill line

流可変速制御装置を全面的に採用している。主機電動機には、速度制御精度の向上による製品の品質化が期待されることから、速度精度と応答に優れ、出力トルクリップルが極小である大容量型 GTO (Gate Turn Off Thyristor) インバータ装置を採用した。

また、中容量の補機電動機には同様の効果が期待できる IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) インバータ装置を採用した。さらに、これらの装置はドライブ専用バスで新設 DDC とインターフェイスされ、制御精度の向上を図っている。

3.2 プロセス制御

今回の新圧延ラインでは、高精度の圧延材温度制御が以前にも増して重要となっている。そのため、各水冷帯における水冷制御やループコンベアでの冷却制御は、ビジコン・プロコン-DDC の各階層別に機能を分担させ、高速かつ高精度で所定の条件に合致した冷却ができるシステム構成としている。また、これら冷却制御の精度向上のために必須となる圧延材のトラッキングについては、上位プロコンと新設 DDC の両方で並行してトラッキングを進めるといった方法を採用している。この方法では、両者がもつ圧延材の情報を相互につき合わせながら確認できるため、高精度のトラッキングが可能である。

4. 新精整設備の特徴

精整設備に関して、線材立体倉庫およびそれともなう新出荷パースの設置をおこなった。前述の新圧延設備を設置した建屋は、従来、コイル置き場として使用していたため、コイル保管能力確保の必要から立体倉庫は圧延ラインに先立って 1999 年 11 月に稼働させた。

4.1 基本仕様

立体倉庫の基本仕様を第 5 表に示す。また、設備配置を第 3 図に示す。

4.2 設備の特徴

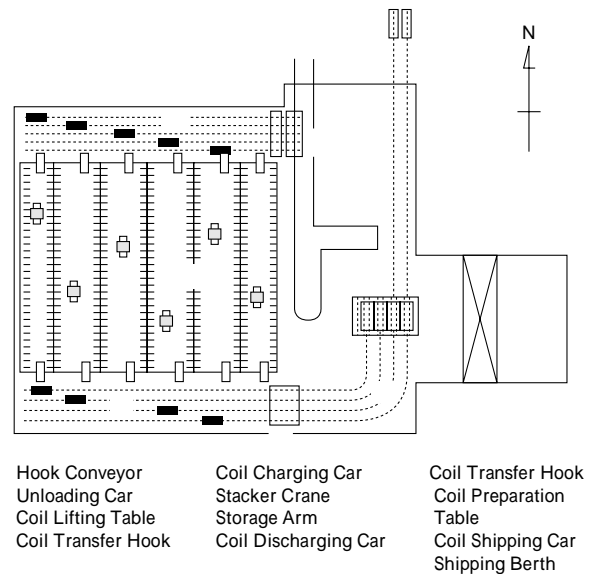
今回設置した立体倉庫は以下の特徴をもっている。

- 1) 設置場所は第 7 線材工場のミルエンドとし、フックコンベア上のコイルを直接入庫させる圧延ライン直結式の立体倉庫である。このような設備配置は業界初の試みであり、物流の効率化はもちろん、ミニマイズされたコイルのハンドリング回数により取扱い

第 5 表 線材立体倉庫の諸元

Table 5 Specifications of automated coil warehouse

Coil Storage Capacity		9 300 ton
Number of Coil Storage Arms		4 650
Handling Capability	To Warehouse	120 t/h
	From Warehouse	200 t/h
	Total Handling	300 t/h



第 3 図 立体倉庫設備配置

Fig. 3 Layout of automated warehouse

きずの大幅な改善が図れる。

- 2) 出荷パースとも直結した立体倉庫であり、荷揃えなどの作業が不要となる。
- 3) 圧延ラインからの入庫および出荷パースへの出庫はすべて自動化されており、完全無人運転が可能である。
- 4) 保管能力は 9 300 トンと最大級で、一部需要家へのコイル直送が可能な体制となる。
- 5) 倉庫の建屋は密閉構造とし、結露によるコイルへの発錆の防止を図っている。
- 6) コイル保管能力を確保するため、同一ロットの 1 トンコイルは 2 コイルを一つの単位として扱い、保管棚の有効利用を図っている。
- 7) 万全のすりきず対策を講じた設備とした。コイルは関連機器と擦れ合うことがないように、すべて垂直に

第 6 表 立体倉庫設備諸元

Table 6 Specification of coil handling equipment

Coil Reception Side	Unloading Cars	Capacity	Max 2 400kg
	Coil Lifting Tables	Coil Support	Tilting Table
		Number of Equipment	5
		Lifting Speed	Max . 16m/min
Coil Transfer Hooks	Coil Charging Cars	Number of Equipment	5
		Hook Speed	Max . 80m/min
Coil Storage	Coil Storage Arms	Number of Equipment	5
		Number of Equipment	6
		Type	Cantilever Type
	Stacker Cranes	Number of Equipment	4 650
		Speed	120m/min
		Lifting Speed	40m/min
Coil Discharging Cars	Capacity	Max 2 400kg	
	Coil Support	Side Support Arms	
Coil Shipping Side	Coil Transfer Hooks	Number of Equipment	6
		Number of Equipment	6
	Coil Shipping Cars	Hook Speed	Max . 80m/min
		Number of Equipment	4
Coil Shipping Cars	Speed	90 or 30m/min	
	Number of Equipment	4	

もち上げ、垂直に置くという動作によりハンドリングされる。

5 立体倉庫の概要

立体倉庫内の各設備の概要を入庫設備，保管設備，出庫設備に分類して以下に記述する。設備諸元を第6表にまとめて示す。

5.1 入庫設備

入庫設備はフックコンベアで搬送される線材コイルをオンラインで受け取り，庫内へ移送する設備である。計5系列あり，処理能力は最大圧延能力に見合った120t/hである。

フックコンベア上のコイルは5カ所の脱荷ポイントのいずれかに導かれ，各ポイントでの整列台車により脱荷されたあと，仮置台に置かれる。1トンコイルの場合はここで同一ロットの次材を待ち受ける。フックコンベアから脱荷する際のコイル転倒防止（とくに1トンコイルの転倒防止）には万全を期し，整列台車にはコイル高さに応じて移動する転倒防止アームを設置するとともにコイルを傾動させてもち上げる構造とした。また，仮置台も傾動可能な構造とし，コイル内径部にフック式の入側移載機が挿入されてからコイルを水平状態に戻す構造とした。入側移載機に載せられたコイルは，立体倉庫プロコンの指示により所定のスタッカクレーンの位置に配された入庫台車まで搬送される。

5.2 保管設備

コイルの保管方法は，構造的に簡単なカンチレバー式の鋼製の棚腕木にコイルを吊す方式とした。1本の棚腕木には2トンコイルが1束，または1トンコイルが通常は2束吊され，保管能力の確保を図っている。棚腕木は上下：13段，南北：30間口，東西：12列の計4650棚である。

東西方向の2列ごとに1台のスタッカクレーンが配されている。計6台あるスタッカクレーンは入庫台車上のコイルを抜き取り，最高13段ある各棚腕木にコイルを格納する役割を担う。また，出庫時にはその逆の動作により棚腕木に吊されたコイルを出庫台車まで搬送する。スタッカクレーンでのコイルの転倒も大きなトラブルにつながる可能性が高いため，左右2対の転回式アームによりコイルを水平方向に常に支えながらハンドリングする方式を採用している。また，保管設備全体を収納する建屋（立体倉庫の母屋）に関して，入出庫設備にかかわる開口部面積を極力小さくするなど，密閉構造化とする



写真4 立体倉庫内

Photo 4 Inside of automated coil warehouse

よう工夫した。これにより外気と庫内の遮断が可能となり結露によるコイルの発錆が防止できる。立体倉庫内の状況を写真4に示す

5.3 出庫設備

出荷対象コイルは，出荷プロコンの指示にしたがって，スタッカクレーンにより棚腕木上から出庫台車に移される。そのうち，4系列あるフック式出側移載機により集荷台上に仮置きされ無人運搬台車により既設あるいは新設出荷パースに直接搬出される。この新設出荷パースは，船舶，トラック兼用のもので立体倉庫専用パースとして設置した。立体倉庫の出庫能力は船舶への出荷能力に見合う200t/hとした。

むすび＝第7線材工場の新仕上圧延設備，新精整設備は順調に稼働している。今後これらの設備を極限まで有効利用して，新製品開発，さらなる品質改善，操業成績の向上に努めていく考えである。未筆ながら今回の新設備の建設，立ち上げに種々ご協力いただいた関係各社のかたがたへ厚くお礼を申し上げる。

参考文献

1) 小林敏彦ほか：R&D 神戸製鋼技報，Vol.44，No.1(1994)，p.95.