

室蘭製鐵所棒線工場の物流改善

Advanced Technology in Material Flow in Muroran Bar Mill and Wire Rod Mill

河合 立芳^{*(1)}
Rippo KAWAI
小野 平^{*(5)}
Taira ONO

小幡 晃久^{*(2)}
Akihisa OBATA

宮本 祐嗣^{*(3)}
Hirotsugu MIYAMOTO

水野 正道^{*(4)}
Masamichi MIZUNO

抄 録

新日本製鐵(株)室蘭製鐵所の棒鋼/線材工場ではユーザーニーズに応え、製品の識別管理レベルの向上、取扱いの改善による表面品質向上、連続処理化/自動化によるコスト削減等の物流改善を図りミルの競争力を向上させてきた。そこで、ビレット一本追跡システム、棒鋼自動仕分倉庫システム、棒鋼製品用No.3自動探傷ライン、線材自動立体倉庫を最近の物流改善事例として紹介した。いずれも大幅な省力化、品質改善に寄与している。

Abstract

The Nippon Steel Corporation Muroran Bar Mill and Wire Rod Mill have improved their competitive power by reforming materials flow to reduce cost using continuous processing and automation and they have improved its surface quality by reforming handling, and they have improved the level of management of identifying products to respond to user needs. This paper introduces a billet book tracking system, the automatic bar assorting warehouse, the No. 3 automatic finishing line for bar products and the automated warehouse for wire rods as recent detailed embodiments of the reforms of material flow. All have greatly contributed to reducing labor and improving quality.

1. 緒言

室蘭製鐵所の棒鋼工場は1974年に、線材工場は1969年に稼働を開始し、自動車関連、産業機械関連、土木建築関連などに使用される、主に特殊鋼棒線材に関し、時代の先端をゆく新機能を充実させ、常に生産性、コスト、新商品開発を追求してきた。最近数年間は、物流改善及びそれに伴う要員合理化のための設備投資に取り組んだ。整流化、直行直結化、自動化、取扱疵抑制、在庫削減などをキーワードとして、本稿ではこの物流改善に焦点を絞り、以下に示す設備の概要を紹介する。

- (1) 棒鋼線材用ビレット一本追跡システム
- (2) 棒鋼自動仕分倉庫システム
- (3) 棒鋼製品用No.3自動探傷ライン
- (4) 線材自動立体倉庫

2. 棒鋼線材用ビレット一本追跡システム

2.1 概要

室蘭製鐵所では、自動車用弁ばね、軸受、歯車用鋼、足周り用鋼などの重要保安部品用に代表される特殊棒線材を製造しており、特

に品質保証及び品質改善のニーズから製品の製造プロセスの履歴追跡が課題であった。例えば転炉では1チャージ270tの粗鋼が製造され、6ストランドの連続鑄造機によりブルームに鑄造され、分塊ミルで120本のビレットに圧延されるが、置き場管理も含めこれらのトラッキング(追跡と実績管理)が必要となった。従来、この作業は特定の鋼種については人手で行っていた。

1994年10月、分塊圧延ラインの冷却床に熱間鋼材に印字可能な自動マーキング装置を導入し、全ビレットの端面にチャージ番号、ビレット番号などを記入するようにした。このマーキングは、下工程の棒鋼・線材工場のビレット精整ライン給材床に設置されたカメラを介してプロセスコンピュータに読み込まれ、物流の異常がチェックされる。ビレット手入れラインではショットブラストによりマーキング情報が消滅するため、手入れ完了材には再度ラベルを貼付している。このラベルは圧延時加熱炉給材床上で再度圧延プロセスコンピュータ経由で読み込まれ、識別管理及びトラッキング情報として製品情報に取込まれる(図1参照)。このシステムは、品質向上活動の武器として、また、品質異常があった場合の調査などに有効に活用されている。

本章ではこのシステムの内容について紹介する。

*⁽¹⁾ 室蘭製鐵所圧延工場 グループリーダー
室蘭市仲町12 ☎050-8550 TEL: 0143-47-2368
*⁽²⁾ 室蘭製鐵所圧延工場 マネジャ

*⁽³⁾ 室蘭製鐵所圧延工場
*⁽⁴⁾ 室蘭製鐵所製品技術部 グループリーダー
*⁽⁵⁾ 室蘭製鐵所製品技術部 マネジャ

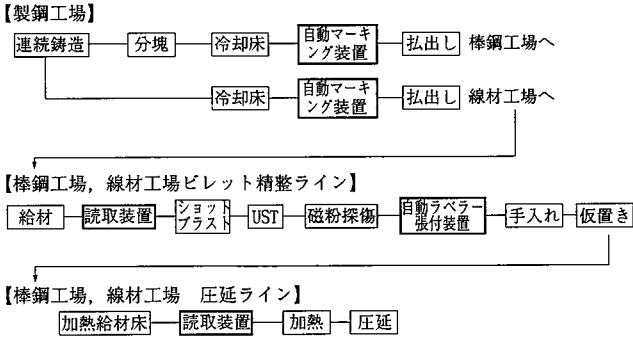


図1 ビレット一本管理システム設置位置

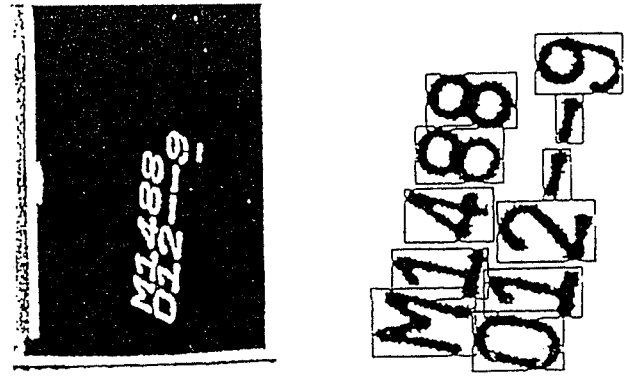


図2 読取装置による文字切出し例

2.2 ビレット一本追跡システム技術

2.2.1 自動マーキング装置

ビレット端面へのマーキング方式としては、1)ステンシルマーカ、2)打刻、3)ラベル貼付、4)金札取付(リベット)、5)ジェットマーカが考えられたが、以下の使用条件を考慮した結果、ジェットマーカ方式を採用した。

- (1)ビレットの温度範囲が広い(常温～600℃)
- (2)ビレットの曲り、捻じれ、端部凹凸に対応
- (3)20文字程度の情報量が必要
- (4)19sのタイムサイクルに対応
- (5)読取性(機械、人間)
- (6)省力性、メンテナンス

マーカに関する技術としては、ビレット温度により最適塗料吹付量を制御する機能、端面の画像処理によりビレット端面位置認識を行い端部の曲り、捻れ、不揃いなどのばらつきに対応する追従機構を開発し装備した。

マーキング内容を表1に示す。

2.2.2 自動ラベラー

ビレット検査ラインでショットブラストにより文字が不鮮明になるため、対策として自動ラベラーをライン出側に設置し、超音波検査(UST)結果も付加している。ビレットの曲り、捻れ、停止位置、磁粉液、UST探傷水などの外乱に対し安定した貼付を行うために、レーザーセンサーを用いた端面位置検出技術を開発した。

2.2.3 読取装置

読取装置は、自動マーキング装置による文字とラベル印字文字の2種類を認識する必要があり、これに対応する確実な文字の切出し(図2参照)と高精度な文字認識ロジックを開発した。文字切出しに関しては端面の凹凸、ビレットの転回、出入り、曲り、捻れ、また文字認識に関しては文字のぼけ、欠け、誤認識などの課題があった。これらの対策として、1)全方位照明技術、2)距離・転回補正を含む文字切出しアルゴリズム、3)ぼけ、欠けに対応した文字認識技術、4)特徴文字の開発を行い対応した。

表1 マーキング内容

マーキング内容	桁数	説明
チャージ番号	6	鑄造部位判別のキー
ビレット番号	3	
仕分記号	3	鑄造先端部・後端部
チェックデジット	1	誤読の判定用
鋼片規格	7	オペレーター用で自動読取非対象

2.2.4 関連システム

(1)ビレット一本追跡システム

チャージ番号とビレット番号をキーとした一貫管理ファイルを作成し、各ラインから一貫管理ファイルにトラッキング情報が集まるようにした。このシステムをベースにすることで、品質改善などに必要な情報を迅速に整理して供給することが可能となった。

(2)チェック照合システム

各読取機設置ポイントではビレット端面情報とトラッキング情報の突き合わせを行い、高精度の識別管理を実施している。端面情報にはエラーチェック用情報(チェックデジット)を導入し、誤読取が発生してもほとんど認識可能となっている。尚、鋼片規格名は非読取対象情報であり、オペレーターに対する参考情報として印字している。

2.3 ビレット一本追跡システム導入の成果

このシステムの稼働により30名以上の省力化を実現した他、各ラインにおける識別管理機能の強化、クレーム調査時間短縮、品質改善に対する貢献などの効果を発揮している。

3. 棒鋼自動仕分倉庫システム

3.1 概要

品質保証体制の強化、デリバリーサービスの向上、製造コストの低減及び労働環境の改善の視点から、圧延とその後続くオフライン精整の完全直結化を検討し、そのために処理速度差、サイズ順、鋼材温度などの連続化阻害要因を吸収する機能を計画した(図3参照)。そして1992年12月に、棒鋼自動仕分倉庫システム(表2参照)を稼働させた。工場内の物流は大幅に改善され、例えば精整ラインでのクレーンの使用は原則として製品の最終払出しのみとなるなど効果をあげている。本章ではこの設備の概要について報告する。

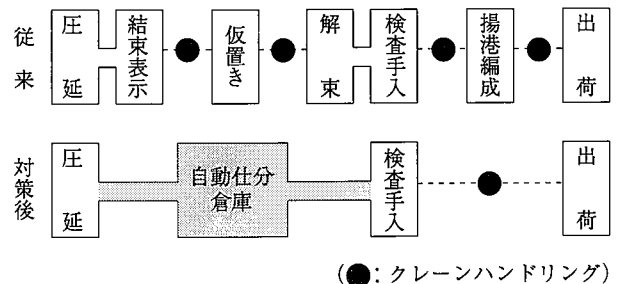


図3 棒鋼工場圧延～出荷までの作業工程

表2 棒鋼自動仕分システム主仕様

項目		主仕様
製品	サイズ	丸鋼：19～120mmφ 角鋼：中42～90mm
	長さ	3.5～9.0m
ラック数		1 800棚
格納単位重量		最大4.0t, 平均3.2t
保管容量		5 760t
入出庫量		入庫：150t/h, 出庫：110t/h
入出庫制御		人工知能適用

3.2 圧延～精整～出荷直行化技術

3.2.1 無人直結化技術

圧延後所定の長さで切断された棒鋼は仮結束、表示を行い、クレーンによりヤード内に仮置きされ、精整順番を待ち、検査設備へ給材、解束という手順を踏んでいた。これを4t単位に無結束のまま無人自動仕分倉庫内に格納するシステムを構築した(図4参照)。これにより、圧延と精整の処理能率差、検査のための降温、精整順番待ちなどのバッファ機能が担保され、更に無人運転化したことにより大幅に生産性が向上した。

3.2.2 無結束格納化技術

自動仕分倉庫内に格納する時に、従来は仮結束していたものをカセット内に格納することで無結束化を図った。これは、解束の手間及び結束資材の削減にも寄与した。この実現のためには、1)無結束棒鋼移載設備(図5参照)、2)バーコード式カセットナンバーチェッカー、3)棒鋼高速カウンターを設置し、従来からの高精度な圧延ライントラッキングシステムに加え、自動仕分倉庫内の識別管理に充分な配慮を行っている。

3.2.3 高効率入出庫制御技術

人工知能(AI)による高効率最適入出庫制御など、高度な各種制御機能を導入することにより、コンパクトな倉庫規模で高効率な入出庫を実現している。主な制御機能を以下に示す。

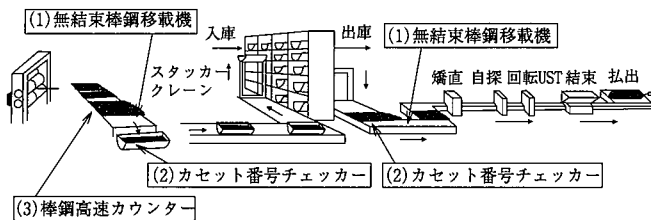


図4 無結束収納保管技術

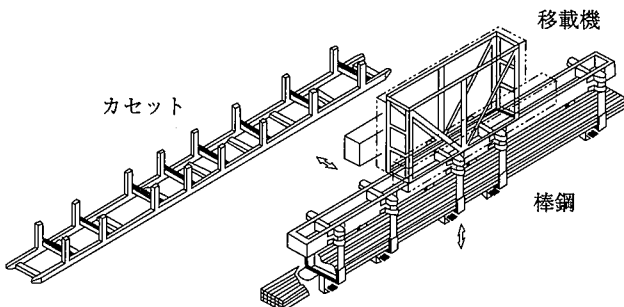


図5 無結束棒鋼移載装置

- (1)入出庫クレーン運行能率の最適化
- (2)入庫t/hに応じた最適入庫ラック位置の自動選択
- (3)将来の在庫量を予測したカセットの自動配置替え
- (4)受注～出荷全体物流を先読みした出庫材計画

3.2.4 高温重量物保管技術

圧延後の棒鋼製品温度は300℃程度あり、格納単位重量は収納の効率性から4.0t単位にする必要があった。また、長さは3.5～8.0mである。これに対応するため開発した最適システムの特徴を示す。

1) ラックによる長手方向摺動移載方式

棒鋼製品が格納されたカセットは、長手方向にスライドして移載する方式の採用により、リフトアップして移載する場合より高さ方向の棚スペースを節約できた。また倉庫内にカセットを格納するためのスタッカークレーンには、棒鋼製品の長手方向に対し垂直方向に動く“縦置き方式”と同方向に動く“横置き方式”があるが、長尺材を高効率に処理するのに適した前者を採用しスタッカークレーン台数を削減した。

2) 入口ガイドローラ付ラックピル

カセットがラック内のスライダと呼ばれる摺動部上を滑る際の問題点は、スライダの摩耗と摺動抵抗でモーター負荷が大きくなることである。これはラックピルのスライダ入口の一個のみをローラー化し解決した。これにより地震時でも安定した格納ができる。

4.3 棒鋼自動仕分倉庫システムの成果

このシステムの稼働により人手が介入することがないため、作業の信頼性向上のみでなく、棒鋼製品の追跡性も上がり、高精度な識別管理、在庫管理が達成され、納期管理にも貢献した。また、クレーン玉掛け作業、仮結束作業、仮表示作業、解束作業、ヤード管理作業が不要となった。また、これら作業に伴う結束フープ、表示札、玉掛ワイヤーなどの資材削減もでき、製造コストの大幅低減に寄与した。

4. 棒鋼製品精整No.3 自動探傷ライン

4.1 概要

棒鋼精整ラインの生産性向上対策として、1)剪断機の3機化、2)圧延～精整直結化のための自動仕分倉庫設置、3)オフライン精整の自動化連続化、4)製品出荷の直送化を計画し順次実現してきた。

No.3 自動探傷ラインはこの構想の一環であり、紫外線レーザーとパイプレーザーを用いた自動マグナーを開発した。これは従来の自動探傷機では検出困難であった0.1mm深さの疵検出を特に太径まで安定して可能とした。

本章では1997年2月に稼働したこのNo.3 自動探傷ラインの概要について報告する。

4.2 No.3 自動探傷ラインの内容

4.2.1 ラインレイアウト

機器構成としては、自動仕分倉庫と直結させ、給材床—矯正機—UST—表面疵探傷機—手入床—結束機—払出床となっている。レイアウトの特徴は、処理能力の向上を狙い手入床を2面設置した点と、表面疵検査—手入ラインのループ化により、2回検査をライン内で可能とした点である。No.3 自動探傷ラインの主仕様を表3に、レイアウトをオフライン精整全体レイアウトと共に図6に示す。

表3 No.3 自動探傷ライン主仕様

機械名	項目	主仕様
全体	製品サイズ	19~120mm径
	製品長さ	3.5~8.0m
	搬送速度	80m/s
	処理能力	公称8 500t/月
UST	探傷方式	プローブ回転式 垂直5ch, 斜角10ch
	探傷精度	欠陥径0.3mm×長さ10mm
自動磁粉探傷機	探傷方式	疵出し：磁粉+紫外線レーザー 検出：パイプレシーバー+フォトマル
	探傷精度	疵深さ0.1mm×長さ10mm
結束機		段積整列装置付

2)パイプレシーバーによるセンシング技術

3)疵の周方向位置特定技術

4)磁粉模様形成条件最適化技術

(3)疵検出特性

自然疵を用いた疵検出性能を調査した結果を図8に示す。深さ0.1mmの疵に対しても十分な検出力を有している。また、軸受鋼では漏洩磁束回転型自動探傷機で問題となっていた探傷ノイズ問題が解消された。

4.3 No.3 自動探傷ラインの成果

No.3 自動探傷ラインの完成により、角鋼などを除き全て連続ラインで処理可能となり、従来の非連続ラインに比べ大幅な物流改善による省力化を達成した。また、オフラインの処理能力向上により精整待ちの仕掛り在庫も減少した。

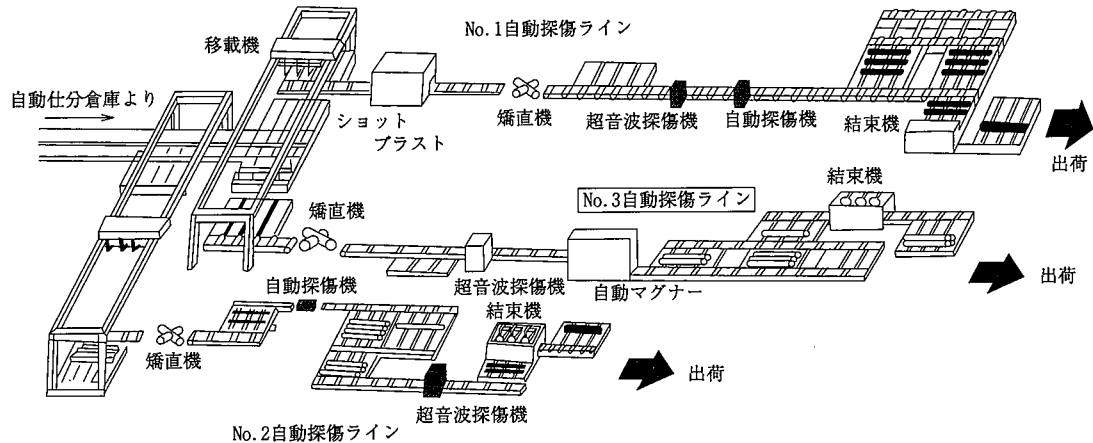


図6 No.3 自動探傷ラインレイアウト

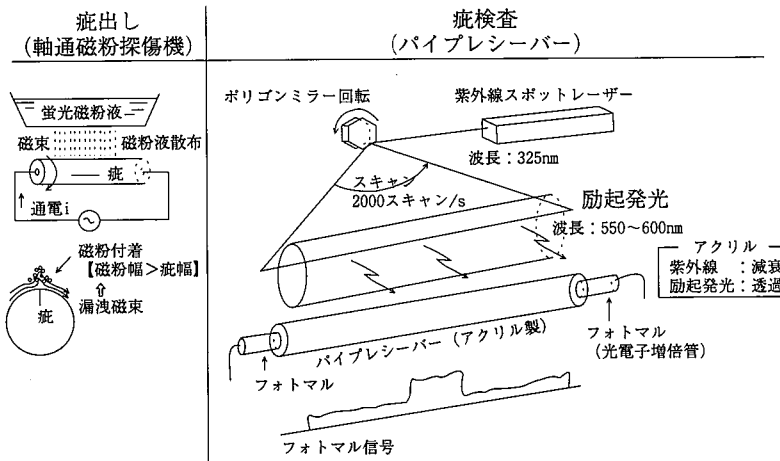


図7 表面疵自動探傷機の原理

4.2.2 表面疵自動探傷機

(1)疵検出原理

本取組みで新たに開発した図7に示す検出技術は、磁粉探傷法をベースに、目視検査で使うブラックライトの代わりに紫外線レーザーを棒鋼長手方向にスキャン照射し、疵部に付着した磁粉が励起発光した光をパイプレシーバーで集めフォトマルで検出する探傷技術である。

(2)自動検出の基本技術

疵自動検出を支える要素技術には以下のものがある。

1)紫外線レーザーの高精度スキャン照射技術

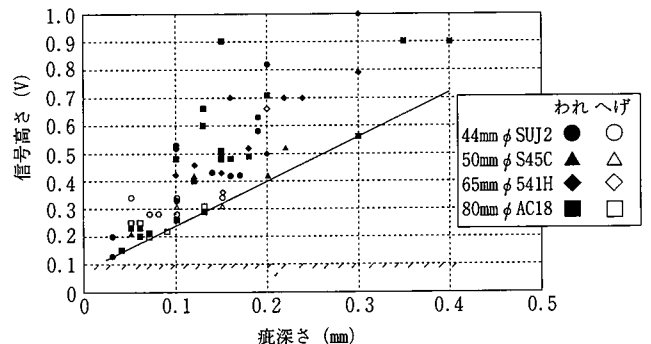


図8 疵検出性能

5. 線材自動立体倉庫

5.1 概要

従来、線材製品は圧延後パワーアンドフリーコンベア上で精整結束された後、出荷渡しのためクレーンあるいはラムリフトを用いて製品ヤードに仮置きされ、出荷からの要求によりその都度払出されていた。1995年3月に立体倉庫を設置し、パワーアンドフリーコンベアラインからAGV(Automatic Guided Vehicle)により直結した。これによりハンドリング回数が低減し、省力化及び表面品質の向上が図られ、コイル単位の識別管理の更なる厳格化も実現している(表4参照)。本章ではその概要について報告する。

5.2 圧延～出荷までの直行化技術

5.2.1 圧延～立体倉庫直行化技術

製品ヤード内のコイル位置は、従来からx, y, z座標で全てコンピュータ管理され、コイル確認作業などは合理化されていたが、未だ合理化の余地を残していた。更にコイルは2～3段積まれ、下積材の払出しのための山はねなどによる疵発生が問題となっていた。

写真1、表5に示すAGVを導入し、パワーアンドフリーコンベア出側から立体倉庫まで無人でコイルを搬送するようにした。途中、梱包、焼鈍などへ搬送するためクレーン受け渡し用のステーションをヤードの各スパンに設置した。これによりヤード管理も大幅要員削減が可能となり、製品の段積み解消とハンドリング回数の減少により表面疵の発生も抑制された。

5.2.2 立体倉庫の格納方式

立体倉庫内にコイルを格納する方法として、1)ラックにカンチレバーを設置しコイル串刺し型に吊る方式、2)ラックにコイル置台を設置してコイルを置く方式、3)コイル一個単位をパレットに入れ、このパレットをラックに格納する方式がある。これらから保管効率、保管時のコイルの安定性、メンテナンス性、投資額などを比較し、3)のパレット方式を採用した。結束圧が低いコイルを安定して格納するため、各パレットには写真2に示すように転倒防止用スタンプを設置している。

5.3 線材立体倉庫の効果

線材立体倉庫の完全無人化運転による省力化とハンドリング疵の発生防止に効果を発揮した。更に立体倉庫については、結露、錆の発生が少なく、安定したデリバリーの実現が可能となった。

表4 線材立体倉庫主仕様

項目	主仕様
ラック数	2 160棚
格納単位重量	2.5t
保管容量	4 300t
入出庫量	110t/h
入出庫制御量	80t/h

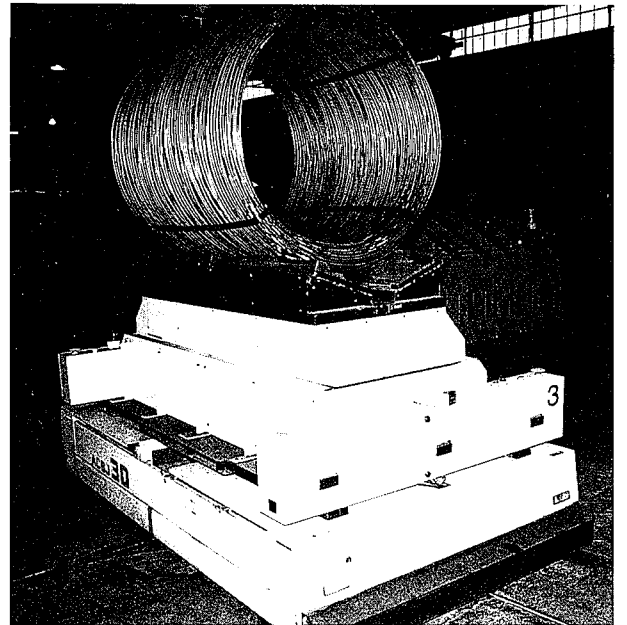


写真1 AGV概観写真

表5 AGVシステム主仕様

項目	仕様
搬送重量	最大3t×1コイル
AGV速度	3.6km/h
AGV台数	6台
搬送能力	110t/h
駆動方法	バッテリー48V(充電周期: 8h), 搭載電動機
安全装置	非接触式(光)センサー 接触(バンパー)センサー, 他

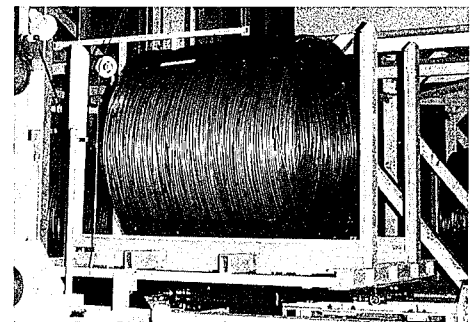


写真2 カセット内コイル格納状況

6. 結言

室蘭製鐵所では、製鋼から出荷にいたるまで自動化、連続化が図られており、更にブルーム、ピレット、製品と一貫したトラッキングシステムも完備し、厳格な品質コントロールを行っている。ここに紹介したものはその一端であるが、これらは特殊鋼棒線材製品の製造には欠かすことのできない装備であり、この実現には多くの需要家との経験が生きている。今後も更なる品質、コスト、新商品、デリバリーの向上をめざし、特殊鋼棒線材の室蘭を築く所存である。