

# 棒鋼圧延～精整間直結化技術(棒鋼自動仕分倉庫システム)の開発

## Development of Direct Manufacturing Technology in-between Bar Rolling and Conditioning Processes

海老原 達郎<sup>(1)</sup>  
Tatsuroh  
EBIHARA

清原 英之<sup>(5)</sup>  
Hideyuki  
KIYOHARA

松本 次男<sup>(2)</sup>  
Tsugio  
MATSUMOTO

坂元 武士<sup>(4)</sup>  
Takeshi  
SAKAMOTO

橋口 哲朗<sup>(3)</sup>  
Tetsuroh  
HASHIGUCHI

佐坂 晋二<sup>(6)</sup>  
Shinji SASAKA

小野 平<sup>(4)</sup>  
Taira ONO

佐藤 雄司<sup>(7)</sup>  
Yuhji SATOH

### 抄 録

品質保証体制の強化、デリバリーサービスの向上、製造コスト低減及び労働環境改善の観点から、棒鋼製造工程において“圧延～精整～出荷完全直結化”のニーズは近年益々増大しており、これらのニーズに対応して、新日本製鐵では高機能立体倉庫を活用した“棒鋼圧延～精整間直結化技術(棒鋼自動仕分倉庫システム)”を開発した。このシステムは新日本製鐵 室蘭製鐵所 棒鋼工場に採用され、1992年12月から稼働を開始し、期待どおりの成果を得ている。本報告では、棒鋼圧延～精整間直結化技術の概要について紹介した。

### Abstract

With views of reinforcing the quality assurance system, improving the delivery service, reducing in the manufacturing cost and improving the labor environment, the need of a “full direct manufacturing process of rolling-conditioning-delivering” in the process for manufacturing bar is becoming more and more pressing in recent years. In order to cope with the need, Nippon Steel has developed the “direct manufacturing technology in-between bar rolling and conditioning processes”, a system for automatic bar assorting warehouse, utilizing a high functional high-rised warehouse. The system was applied to the bar mill in Muroran Works of Nippon Steel and started its operation in December, 1992, realizing the anticipated result. In this paper, the outline of the direct manufacturing technology in-between bar rolling and conditioning processes is introduced.

## 1. 緒 言

近年製造工程における直結化のニーズは、品質保証体制の強化、デリバリーサービスの向上、製造コスト低減及び労働環境改善の観点から益々増大している。特殊鋼棒鋼製造工程も同様であり、特に圧延～精整間は処理速度差など直結化に向けては非常に難しい問題があったので従来は分断されており、直結化のニーズはかねてから高いものであった。

新日本製鐵では、1992年12月から室蘭製鐵所棒鋼工場において、高機能立体倉庫を活用した業界初の棒鋼圧延～精整間直結化システム(以下、棒鋼自動仕分倉庫システムと記す)を開発導入した。棒鋼自動仕分倉庫システムは、圧延と精整工程間に、人工知能(AI)による高効率最適出入庫制御など、高度な各種制御機能を有した高機能自動立体倉庫を配置したものである。圧延～精整工程を完全自動化するとともに、これを活用して従来から確立している“自在出荷

システム”等と結び、加熱から積出しまでのミル全工程を直結化した。

この結果、時々刻々と変化する圧延工程と下工程の処理速度差を吸収するとともに、納期短縮をねらった需要地別単位の精整作業を可能とするなど、円滑かつ弾力的な生産対応を実現したものである。本稿では、棒鋼自動仕分倉庫システムの概要を紹介する。

## 2. 特殊鋼棒鋼の製造工程

特殊鋼棒鋼は、自動車の重要保安部品等に使用されており、高度な品質保証を要求されるため、熱間圧延後冷間にて検査手入(精整)が不可欠である。

従来は、上記精整工程では、圧延と下工程(精整・出荷)の処理速度差が大きいことから、図1、2に示すように、圧延された棒鋼を仮結束・表示して一旦置場に仮置きし、クレーン操作により、1束ずつ上部の鋼材から順に精整を行い、更に、揚港(需要地)ごとに編成して出荷していた。

<sup>(1)</sup> 室蘭製鐵所 製品技術部 部長

<sup>(2)</sup> 三菱製鋼室蘭特殊鋼(株) 品質保証部 課長補佐  
(元 室蘭製鐵所 圧延部 掛長)

<sup>(3)</sup> 室蘭製鐵所 製品技術部 掛長

<sup>(4)</sup> 室蘭製鐵所 圧延部 掛長

<sup>(5)</sup> ニッテツ室蘭エンジニアリング(株) 製鉄機械部 担当部長

<sup>(6)</sup> 室蘭製鐵所 製品技術部 掛長

<sup>(7)</sup> ニッテツ北海道制御システム(株) 電気制御部 課長



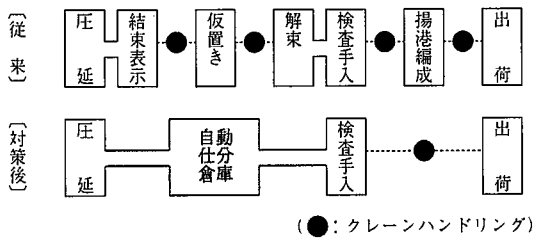


図2 特殊鋼棒鋼の工程フロー

圧延から出荷工程までの直結化は、取扱疵低減による品質保証体制の強化、在庫削減及び納期短縮によるデリバリーサービスの強化、要員省力及び省資源による製造コスト低減、労働環境改善の効果があり、特に、これにより非価格競争力を一段と向上させることができる。

### 3. 棒鋼圧延～精整直結化技術

#### 3.1 圧延～精整～出荷直結化の課題と対応技術

図3に示す圧延～出荷工程の完全直結化の課題の内、最も難しい問題は、(1)圧延～精整間処理速度差の吸収である。精整工程は棒鋼1本ごとの処理のため、圧延に比べて処理速度が低く、単純に圧延と直結するためには多数の精整設備を構える必要があり設備費、要員共に膨大となり現実的には無理とされていた。

そこで、1)圧延～精整～出荷“完全直結化技術”を開発した。これは、圧延と精整工程間に自動仕分倉庫を設置し、無結束、無人運転で入出庫保管し、倉庫のバッファー機能により時々刻々と変化する両工程の処理速度差を吸収するものである。

更に、自動仕分倉庫の自在入出庫機能により、需要地別出荷に適した順序で出庫、精整処理を可能とし、出荷前編成の省略を図った今回開発した棒鋼自動仕分倉庫システムの基本技術は、前述した1)圧延～精整～出荷“完全直結化技術”であり、2)無結束収納保管技術、3)高効率最適入出庫制御技術、4)高温重量物保管技術はこの基本技術をサポートするものである。

#### 3.2 棒鋼自動仕分倉庫システムの概要

室蘭製鐵所棒鋼工場に設置した“棒鋼自動仕分倉庫システム”は圧延ラインと複数の精整ラインを無結束、無人運転にて完全直結化し、更に、出荷前編成の省略を実現したものである。

今回導入した自動仕分倉庫は、表1に示すように立体自動倉庫としては、単位重量・保管容量とも大規模なものである。

新システム導入による鋼材の流れは以下の通りである。(図1参照)

(1) 圧延、切断された棒鋼は、入庫移載機により無結束のまま自動的にカセットに入れられ、ラックビルに保管される。

表1 棒鋼自動仕分倉庫システムの主仕様

項目	仕様	
①製品	サイズ	丸鋼：φ19～120mm 角鋼：42～90mm
	長さ	3.5～8.0m
②ラック数	1800棚	
③単位重量	最大4.0t, 平均3.2t	
④保管容量	5760t	
⑤入出庫t/h	入庫：150t/h, 出庫：110t/h	
⑥入出庫制御	AI適用	

(2) 精整ラインから需要地別(配船別)など、任意の要求形態によりラックビルからカセットに入れられた鋼材を呼び出す。

(3) 出庫移載機により、希望の鋼材が自動的に精整ラインに供給される。

次章では棒鋼自動仕分倉庫システムの主要開発技術内容について述べる。

## 4. 開発技術の概要

棒鋼自動仕分倉庫システムの主要開発技術内容は次の4点であり、以下これらについて概説する。(図3参照)

(1) 圧延～精整～出荷“完全直結化技術”

(2) 無結束収納保管技術

(3) 高効率最適入出庫制御技術

(4) 高温重量物保管技術

#### 4.1 圧延～精整～出荷“完全直結化技術”

この技術は、棒鋼自動仕分倉庫システムの基本技術であり、内容は以下の通りである。

圧延、切断の後に、無結束のまま搬送、収納する自動仕分倉庫を有し自動仕分倉庫の後に検査手入を行う精整ラインを配置することにより、圧延後の仮結束、表示及び天井クレーンによる仮置きを省略し、また精整ラインへの天井クレーンによる給材及び給材後の解束を省略し、更に自動仕分倉庫の自在出庫機能を活用して出荷順を考慮した精整ライン給材を行うことにより精整後の向先別ロット編成を省略する。(図1参照)

これにより、圧延～出荷工程の完全直結化の最大の課題である圧延～精整間処理速度差を吸収することができた。

#### 4.2 無結束収納保管技術

従来棒鋼製品は、図4に示すように、“長尺、多本数”を1ハンドリングとしているため、1ハンドリングごとに仮結束して搬送・保管していた。このため、仮結束・解束作業、及び表示作業が必要、更に結束・表示用の資材も必要であり、コストアップとなっていた。

そこで、無結束収納保管技術を開発した。この技術は、図5に示すように、搬送移載中の疵発生防止を図る“無結束棒鋼移載機”と、ロット境界管理の自動化を図る“カセットNoチェッカー”、“棒鋼高速カウンタ”からなる。

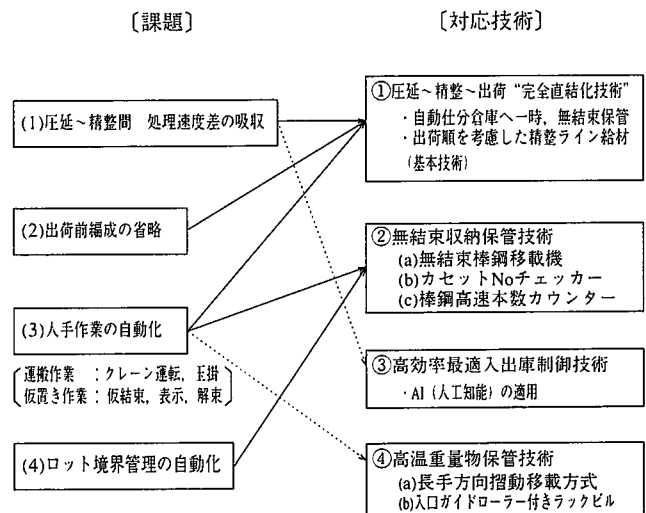


図3 圧延～精整～出荷直結化の課題と対応技術

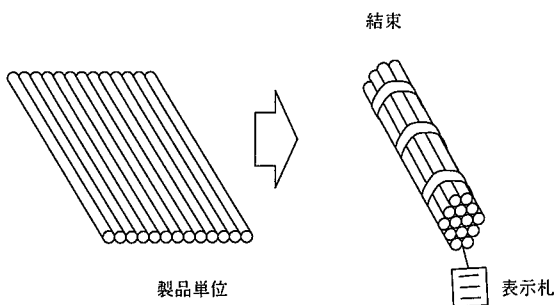


図4 従来の棒鋼製品保管方法

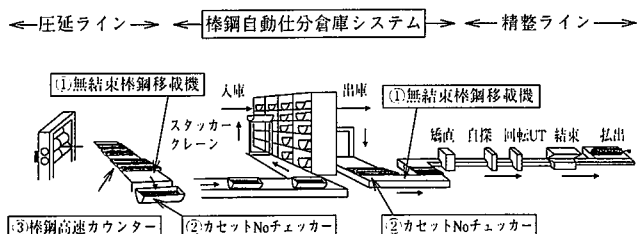


図5 無結束収納保管技術

#### 4.2.1 無結束棒鋼移載機

棒鋼製品は、前述したように“長尺、多本数”を1ハンドリングするため、無結束で搬送、保管するためには、保持枠が必要である。そこで、図6に示すように移載機にてカセットへ移載し、搬送及び自動仕分倉庫へ保管することとした。

この方法の問題点は、カセットへ装入、取出し時に“移載機と棒鋼”、“棒鋼とカセット”の接触による疵が発生することである。

そこで、図7に示すように、“移載機アームを楕円形とすることによりフォーク開閉時のアーム内幅を変え、移載機昇降時に棒鋼とカセット支柱または精整ライン給材受け支柱との接触を回避し、搬送疵発生防止を図る”無結束棒鋼移載機を開発した。これにより、無結束材を搬送疵の発生無く移載することが可能となった。

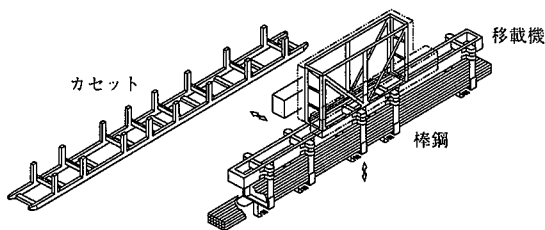


図6 無結束棒鋼移載方法

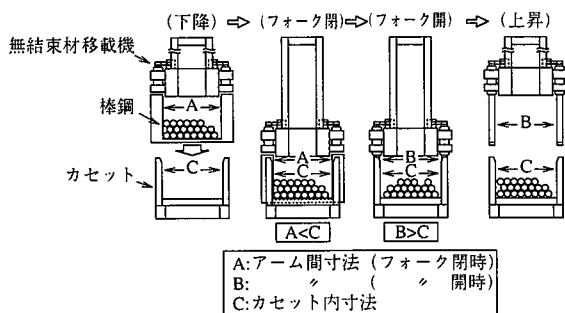


図7 無結束棒鋼移載機

#### 4.2.2 カセットNoチェッカー

無結束収納保管のもう一つの課題は、ロット境界管理の完全自動化である。無結束のため表示の取付けができないので、製品の入ったカセットのデータ管理は、コンピュータトラッキングのみで行う必要がある。この際、万一、トラッキング異常が発生した場合でも、カセットのデータ管理をバックアップできるように、カセットNoチェッカーを開発した。カセットNoチェッカーは、図8のように、カセットにナンバーごとのバーコードプレートを取り付け、そのバーコードプレートを自動仕分倉庫の入出側にて自動チェックするものである。

読取り精度は、6か月の連続運転で100%を達成している。

#### 4.2.3 棒鋼高速カウンター

無結束材のロット境界管理を確実にを行うためには、前述したカセットのデータの管理と共に本数管理も極めて重要である。従来から棒鋼の端面を画像解析し、本数を自動計測する本数カウンターがあったが、棒鋼端面のつぶれ等により誤計数が発生し、信頼性が低かった。

今回、図9に示すように、形状認識法を採用することにより、検出率をアップし、人間のバックアップ頻度低減を図ることが可能となった。

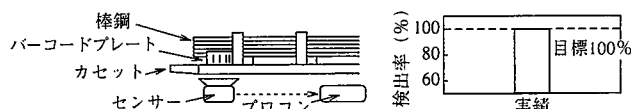


図8 カセットNoチェッカーの設備概要と検出率

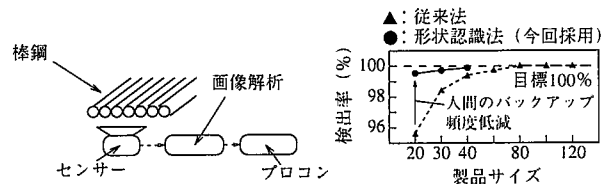


図9 棒鋼高速本数カウンターの設備概要と検出率

#### 4.3 高効率最適入出庫制御技術

棒鋼自動仕分倉庫システムには、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。

高効率最適入出庫制御機能の主なものは、以下の通りである。

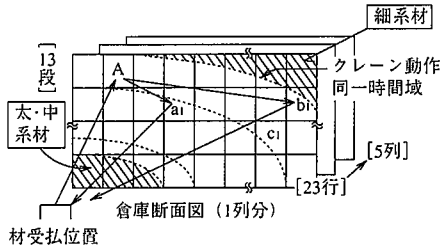
- (1) 入出庫クレーン運行能率の最適化
  - (2) 入庫 t/h の大小に応じた入庫ラック位置の自動選択
  - (3) 将来の在庫量を予測したカセットの自動配置替え
  - (4) 受注～出荷全体物流を先読みした出庫材選択
  - (5) 精整ラインの能率が最大となるような出庫材選択
- 人工知能(AI)の適用例として、上述(1)入出庫クレーン運行能率の最適化の内容を図10に示す。

#### 4.4 高温重量物保管技術

表2に示すように、従来立体倉庫での保管は、常温、低重量物を対象とするものがほとんどであったが、今回自動仕分倉庫へ保管する棒鋼製品は、圧延後1時間程度しか経過していないため温度が300℃程度あり、また、高効率に収納保管するためには、単位重量を4tにする必要があった。

表 2 高温重量物保管技術のニーズ

保管物	温度	従来技術	今回所要
	重量	常温	300℃
出入庫t/h		≤ 2 t	4 t
		≤100 t/h	150 t/h



[基本ロジック] クレーン運行経路は、「最短ルート」とする。(A⇒ai↑)  
 [ A I 制御 ] 出入庫サイクルに余裕があると判断した場合、「遠回りルート」を選択する。(A⇒bi↑)



[ 効 果 ] 出入庫t/hを考慮した、最適クレーン運行経路を自動制御する

図 10 高効率最適出入庫の A I 適用例“出入庫クレーン運行能率の最適化”

高温、大重量物を保管する安価で高効率な自動仕分倉庫を実現するために開発した高温重量物保管技術の内、

- (1) 長手方向摺動移載方式
- (2) 入口ガイドローラー付きラックビル

について、以下に述べる。

#### 4.4.1 長手方向摺動移載方式

図11に示すように、自動仕分倉庫の移載方式には、滑らせながら移載する“スライド移載方式”と、リフトアップして移載する“ウォーキングビーム移載方式”があるが、前者を採用することにより高さ方向の棚スペースを減少し、高保管効率を図った。

また、図12に示すように、自動仕分倉庫の設置方式には、製品長手方向に対し垂直方向にスタックークレーンが走行する“縦置方式”と、同方向に走行する“横置方式”があるが、長尺の棒鋼製品を高t/hで出入庫するのに適した前者を採用し、スタックークレーン台数を削減し省設備費を図った。

以上により、カセットは倉庫(ラックビル)へ格納される際、棒鋼長手方向に摺動しながら移載される。

#### 4.4.2 入口ガイドローラー付きラックビル

長手方向摺動移載方式採用により、カセットはラックビルのスライダと呼ばれる摺動部上を滑りながら、棒鋼長手方向へ移載される。

この方式の問題点は、摺動抵抗が大きいことにより、スライダの磨耗が早く、また、モーター負荷が大となり設備容量が大きくなることである。

そこで図13、14に示すように、ラックビル入口のスライダ1個のみをローラーとすることにより、スライダの磨耗を抑制した。全てのスライダをローラーとする方法もあるが、この場合は、地震時にカセットを保持できなくなる。入口1個であれば移載完了時にはカセットはローラー上を通過し、ローラーと接触していないので、地震時にカセットがずれることはない。

	スライド移載方式	ウォーキングビーム移載方式
構造図	ラック スタックークレーン カセット	スタックークレーン ラック カセット
保管効率	高い ○	低い △

図 11 自動仕分倉庫移載方式の比較

	縦置方式	横置方式
構造図	スタックークレーン → 製品長手方向	スタックークレーン → 製品長手方向
スタックークレーン数	スタックークレーン台数少 ○	スタックークレーン台数多 △
設備費	○	△

図 12 自動仕分倉庫 設置方式の比較

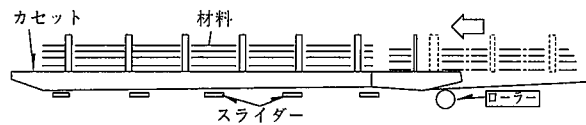


図 13 入口ガイドローラー付きラックビルの設備概要

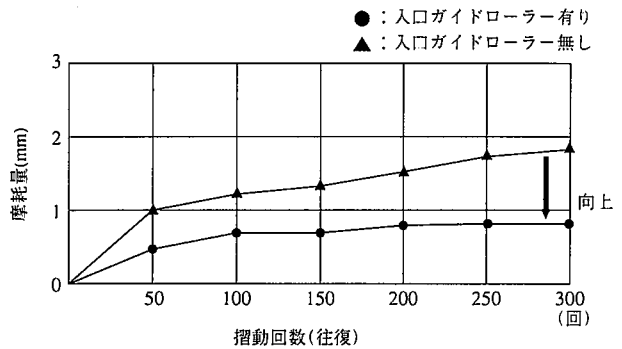


図 14 入口ガイドローラー付きラックビルの効果

## 5. 棒鋼自動仕分倉庫システムの成果

圧延～精整～出荷完全直結化により、図15に示すように、非価格競争力向上、製造コスト低減、労働環境改善を実現することができた。

### 5.1 非価格競争力向上

圧延～出荷工程の完全直結化により、クレーンハンドリングが従来の4回から1回になり、取扱疵が大幅に低減し、品質保証体制の強化を図ることができた。

また、納期を13日から11日へ2日短縮することにより、デリバリーサービスを一段と向上することができた。

### 5.2 製造コスト低減

工程省略に伴い、運搬作業(クレーン運転, 玉掛)・仮置き作業

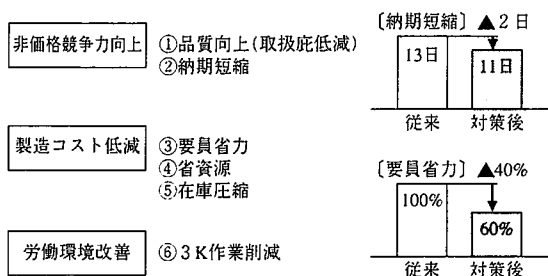


図 15 開発の成果

(仮結束, 表示, 解束, 土場管理)が不要となり, 40%の要員省力及び, 在庫圧縮を図ることができた。

また, 上記作業に伴う資材(結束用フープ, 表示札等)の削減も行うことができ, 製造コストの大幅低減を達成した。

### 5.3 労働環境改善

今回省力を行ったクレーン運転・玉掛作業は, 重筋, 変則作業,

及び危険作業など悪環境作業であり, いわゆる3K作業を大幅に削減し, 作業環境の改善も実施できた。

## 6. 結 言

室蘭製鐵所では, かねてから特殊鋼棒・線製造基盤強化のため, お客様の“欲しい物を欲しい時に”届けられるように, “総合物流一貫管理システム”及び“特殊鋼棒・線自在製造システム”の構築をめざしてきた。

こうした状況下で, すでに“製鋼ロット造分けシステム”, “自在出荷追跡システム”及び“ポールスター(一貫工程管理システム)”等の管理システムを稼働させている。

今回の新システム導入により, これらがより有機的に結ばれ, “棒鋼自在製造体制”が強化されるとともに, 品質保証体制の強化と在庫削減, 物流の効率化及び納期短縮によるデリバリーサービスの強化や, 進捗サービス等の非価格競争力を一段と向上させることができた。