要約版

川崎製鉄技報
KAWASAKI STEEL GIHO
Vol.28 (1996) No.4

無人コイル搬送を実現した新熱仕工場

Fully Automated Coil Transfer System at Hot Finishing in Chiba Works

駒見　祐司(Yuji Komami)　吉永　茂樹(Shigeki Yoshinaga)　竹中　久雄(Hisao Takenaka)

要旨：
千葉製鉄所リフレッシュの一環として第3熱仕工場を1995年4月に立ち上げた。工場内のコイル搬送は天井クレーン・スタッカークレーン・ループカー・直線台車を使い完全自動化・無人化を実現した。工場外輸送を担当するキャリアの自動クレーンゾーンへの進入時安全対策も実施した。リードタイム短縮のため酸洗・スキンパスラインと直結・同期運転できる全自動梱包ライン，高い品質要求に対応出来る連続式スキンパスラインを建設した。これらにより1／4以下に省力，99.93%以上の自動化率を実現した。

Synopsis：
Kawasaki Steel started the operation of No.3 hot finishing plant in April 1995, as a part of Chiba Works modernization plan. The operation of the works was finally automated. Coils are carried by a fully automated machines, such as over head traveling cranes, stacker cranes, loop cars, shuttle cars. Safety system for coil carriers, entering the automated plant, was developed. To shorten production time, a fully automated coil packaging line, linked with a pickling line and a skin pass mill, was introduced for synchronized operation. For ensuring high product quality, a continuous skin pass mill was constructed. The new plant realized reduction of labor costs to less than a quarter of those before modernization and automatic operation ratio of more than 99.93%.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

無人コイル搬送を実現した新熱仕工場*

川崎製鉄技報
28 (1996) 4, 243-248

Fully Automated Coil Transfer System at Hot Finishing in Chiba Works

駒見 裕司
Yuji Komami
千葉製鉄所 企画部システム・能率室 主査(課長補)

吉永 茂樹
Shigeki Yoshinaga
千葉製鉄所 制御技術部制御技術室 主査(掛長)

竹中 久雄
Hisao Takenaka
エンジニアリング事業本部 製鉄・プラント事業部 鉄鋼技術部製鉄技術室 主査(課長)

要旨

千葉製鉄所リフレッシュの一環として第3熱仕工場を1995年4月に立ち上げた。工場内のコイル搬送は天井クレーン・スタッカークレーン・ループカー・直線台車を使い完全自動化・無人化を実現した。工場外輸送を担当するキャリアの自動クレーンゾーンへの進入時安全対策も実施した。リードタイム短縮のため酸洗・スキンパスラインと直結・同期運転できる全自動梱包ライン，高い品質要求に対応出来る連続式スキンパスラインを建設した。これらにより1／4以下に省力，99.93%以上の自動化率を実現した。

Synopsis:

Kawasaki Steel started the operation of No.3 hot finishing plant in April 1995, as a part of Chiba Works modernization plan. The operation of the works was finally automated. Coils are carried by fully automated machines, such as over head traveling cranes, stacker cranes, loop cars, shuttle cars. Safety system for coil carriers, entering the automated plant, was developed. To shorten production time, a fully automated coil packaging line, linked with a pickling line and a skin pass mill, was introduced for synchronized operation. For ensuring high product quality, a continuous skin pass mill was constructed. The new plant realized reduction of labor costs to less than a quarter of those before modernization and automatic operation ratio of more than 99.93%.

1 緒 言

川崎製鉄千葉製鉄所では1995年4月に第3熱仕工場（3熱仕）を稼動させた。3熱仕は，第3熱間圧延工場（3HOT）でエンドレス圧延される高温コイルの受け取り，3熱仕内の酸洗・スキンパスラインへのタイムリーなコイル搬送，熱仕処理，梱包，出荷を行う，自動化・設備信頼性向上・リードタイム短縮をコンセプトとして建設された工場である。具体的には

(1) 3熱仕工場内および工場間輸送要員の究極の省力化
(2) キャリア・パレットによる高効率なコイル物流
(3) 酸洗ライン・スキンパスラインに直結・同期化した自動梱包ライン
(4) コイル全長にわたる高い品質要求に応えるスキンパスライン
(5) 世界最高速の酸洗ライン[1]

を実現させた。本報告では(1)～(4)項について述べる。

2 熱仕工場の概要

Fig. 1 に3熱仕工場に関わるコイルの流れを示す。3HOTから受入れたコイルは冷却後立体倉庫に配替されるが，冷延工場に直接送られるものもある。**Fig. 2** に3熱仕工場の全体レイアウトを，**Table 1** に主たるラインの生産能力を示す。

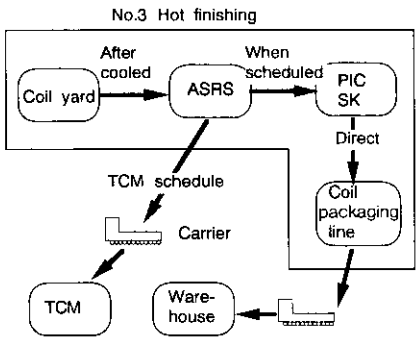

Fig. 1 Coil flow

3熱仕工場の機能は3HOTコイルの受入，冷却済コイルの立体倉庫配替，熱仕ライン（酸洗・スキンパス・梱包）および冷延工場への処理タイミングに合わせた送り，他工場からのコイル受取である。冷却済コイルは一旦立体倉庫に保管し，熱仕ラインへ装入している。これにより3HOT出側コイルの受取ピークが熱仕ライン装入を阻害しない構成とした。

3HOTの出側には1段式ループカー（Loop 1）と移載機よりなる搬送設備を配置した。3HOTのエンドレス圧延時に発生する高負荷の搬送要求に対応でき，高温コイルに安定して耐えられる搬送設備である。コイルヤードは空冷場と水冷場に分けた。ダウンエンドコ

* 平成8年11月7日原稿受付

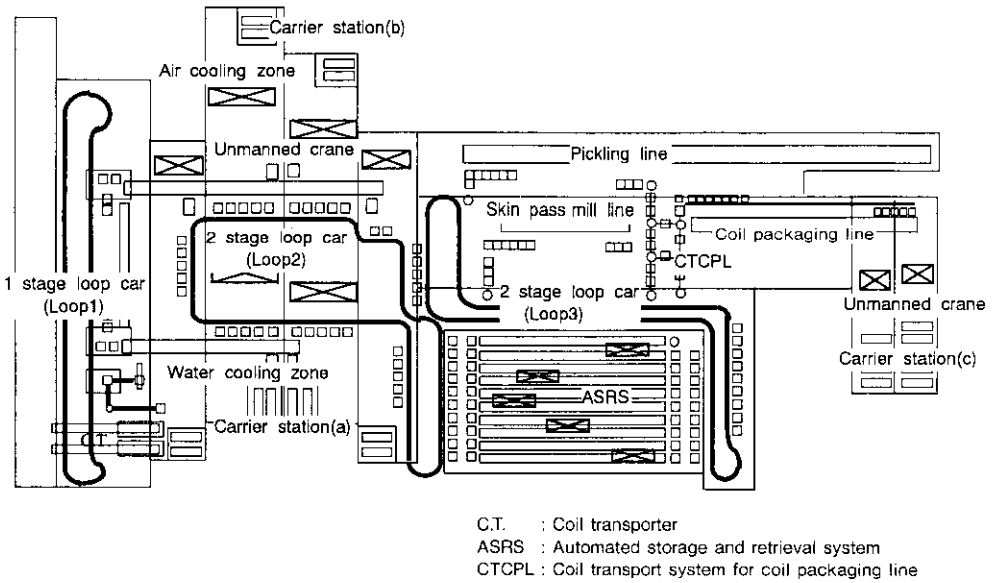

Fig. 2 Layout of No.3 hot finishing

Table 1 Line capacity (t/month)

Hot strip mill line	370 000
Pickling line	105 000
Skin pass mill line	80 000
Coil packaging line	100 000

ンベヤで各ヤードに運ばれたコイルが自動クレーンにより所定の置場に運ばれ冷却される。

コイルの流れに従い立体倉庫と酸洗ライン・スキンパスミルライン・コイル梱包ラインよりなる熱仕ラインを配した。冷却が完了したコイルは自動クレーン・2段式ループカーを介して立体倉庫に運ばれ保管される。一部のコイルは，冷延工場に向け水冷場より直接キャリアパレットステーション(a)に置かれたパレットに積まれる。

熱仕ライン向けのコイルは熱仕ラインの処理タイミングに合わせ立体倉庫より2段式ループカー（Loop 3）を介して酸洗ライン・スキンパスミルラインに運ばれる。冷延工場の処理タイミングに合わせ立体倉庫より2段式ループカー（Loop 2）・天井クレーンを介しキャリアパレットステーション(a)に置かれたパレットに積まれるものもある。

酸洗ライン・スキンパスミルラインで処理されたコイルはコイル梱包ラインに直送され，シッピングヤードの自動クレーンでキャリアパレットステーション(c)に置かれたパレットに積まれ，製品倉庫にキャリアで運ばれる。酸洗ライン・スキンパスミルラインから立体倉庫，立体倉庫からコイル梱包ラインへの搬送を行う機能もある。

他の工場からのコイルの受取はキャリアパレットステーション(b)に置かれたパレットから行う。

3 コイル搬送設備・保管設備

Table 2 にコイル搬送設備の仕様を，**Table 3** にコイル保管設備の仕様を示す。3 HOT の出側，3熱仕内，冷延工場・製品倉庫への輸送まですべてのコイル搬送を自動化した。

Table 2 Coil handling equipments (unit)

Coil yard	Coil transporter	5
	1 stage loop car	7
	Up-end conveyer	1
	Down-end conveyer	2
	Crane	6
	2 stage loop car	7
Automated storage and retrieval system	Stacker crane	5
	1 stage shuttle car	19
	Turner	1
Finishing line	2 stage loop car	5
	2 stage shuttle car	1
	1 stage shuttle car	12
	Turner	8

Table 3 Coil storage equipments (skid)

Air cooling zone	1 377
Water cooling zone	474
Automated storage and retrieval system	2 080

3.1 設備の特徴

3.1.1 ループカー

搬送対象コイルの温度が高い3 HOT の出側には1段式ループカーを，その他には2段式ループカーを採用した。3熱仕の各搬送設備には複数設備間でのコイル乗り継ぎを可能にする，単体設備として高い搬送能力を実現するという2つの要求が課せられた。2段式ループカーはコイルを一旦固定スキッドに仮置することにより両課題を解決した。

Photo 1 に2段式ループカーを示す。直線で200 m／min，曲線で100 m／min[2]（最少旋回半径4.5 m）での高速走行が可能である。また **Fig. 3** に走行中での再加速制御を示す。高能率な運転を行うために前方ループカーの走行位置により自ループカーの走行パターンを最適化している。前方ループカーが走行した場合には目標点をP1よりP2に変更し，走行しながら走行・停止パターンを再計算しその速度までの再加速を行っている。

3.1.2　立体倉庫スタッカークレーン

スタッカークレーンのコイル搬送方式は，搬送サイクルタイム半減・2段式ループカーとのコイル受渡しのため，パレットレス方式[3]とした。スタッカークレーンのキャリッジ内に前後進・旋回可能なフォーク装置を設置し，コイルの内径を突き刺して搬送している。

フォークをコイル内径に正しく挿入するためにコイル外径による高さ制御，ラックの傾きを実測しての走行方向位置制御を行っている。

立体倉庫のラック台座の角度・ストッパー形状は関東大震災の揺れでもコイルをズリ落とさない形であることを実験により確認した。

3.1.3　天井クレーン

天井クレーンはコイル2重置き検知[4]・コイル位置／幅確認[5]のセンサを持っている。従来問題となっていた反射板の清掃を無くすため，水冷設備のあるコイルヤードクレーンは超音波方式の2重置き検知センサを，環境の良いシッピングヤードクレーンはレーザー光線方式の2重置き検知センサを持っている。

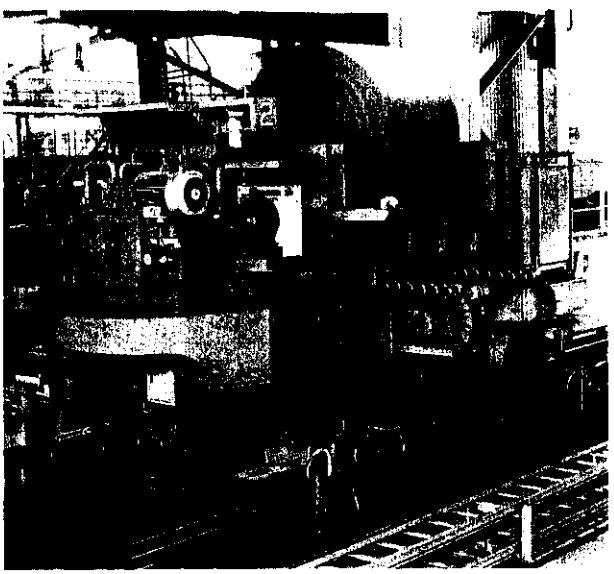

Photo 1　2 stage loop vehicle

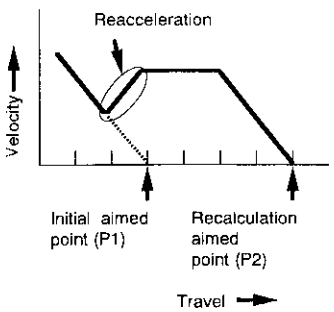

Fig. 3　Loop car speed control

コイル位置／幅確認センサはコイルの中心位置／コイル幅を検出し，他工場の手動クレーンで任意に置かれたコイルの天井クレーンでの自動受取を可能にした。コイル位置／幅確認センサはレーザー光線をコイル幅方向に発射しコイル部と背景部の段差を画像処理し，コイル幅を認識している。キャリアパレットステーション(b)より受け取るコイルのID確認にも使用している。

3.2　制御の特徴

3熱仕工場の作業にはタイミング制約が強い，時間当たりのコイル搬送数がエンドレス圧延などの操業により大きく変わる3 HOTコイルの受入・熱仕ライン装入とタイミング制約が弱い冷却済コイルの立体倉庫配替・冷延工場送りの2種がある。この2種の作業をスケジューリングすることにより全体の搬送を成り立たせている。

無人化を行うために制御単体として信頼性が高く，コイル形状・設備原因のトラブルが発生してもオペレーターの介入負荷の小さい仕組みとした。

3.2.1　制御分担

Table 4 に各計算機の制御分担を示す。セントラルコンピュター（C／C）～オンラインコンピューター（O／C）～プロセスコンピューター（P／C）システム間の特徴として，冷却完了に連動してリアルタイムにP／Cで輸送命令を作っている。また3熱仕内の地番管理もP／Cで行っている。PLCシステムではループカーの衝突回避制御，設備トラブルを解析するトレースバック監視も行っている。

3.2.2　C／C・O／Cシステム

酸洗ラインおよびスキンパスラインの操業順の決定とパレットに積まれた後のコイルの輸送管理を担当している。

3.2.3　P／Cシステム

Fig. 4 にP／Cシステムの構成を示す。信頼性を高めるために計算機は2重化した。また開発機も設置した。大容量データの地番管理を行うためにディスク付高速計算機を採用した。高応答性が必要な搬送命令作成・トラッキングを行うために主メモリ計算機を採用し，I／O処理はフロントエンドプロセッサーを採用した。O／C・他系P／Cとの通信は高速・高信頼性・大容量データ伝送が可能なTCP

Table 4　Assignment of control works by computers

Central computer	(1) Planning of hot finishing lines (2) Control of quality data
On line computer	(1) Scheduling of hot finishing lines (2) Processing of coil handling base data (3) Scheduling of inter works coil transportation (according to cold tandem mill schedule)
Process computer	(1) Coil tracking (2) Real time scheduling of From-To (3) Scheduling of inter works coil transportation (after coil cooled) (4) Machine states control (5) Coil cooling states control
PLC	(1) Operation of From-To order (2) Sending of From-To result (3) Check relations between From-To order and machine state (4) Interlock control (5) Micro tracking (6) Trace back

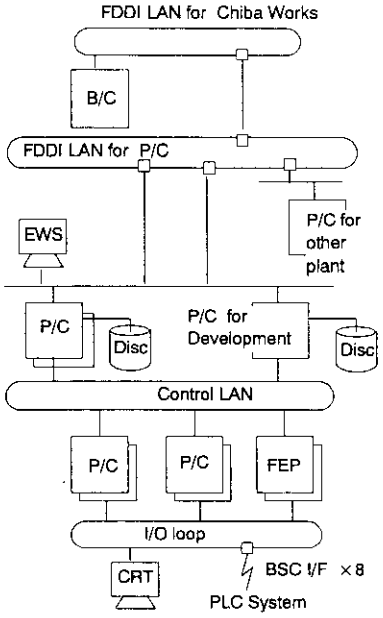

Fig. 4 P/C System

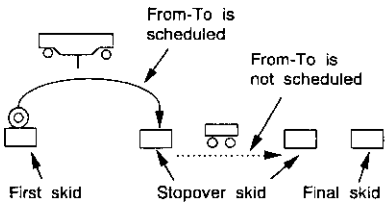

Fig. 5 Scheduling of From-To

／IPベースの伝送を採用した。下位との通信は保守性を考慮しBSC伝送を採用した。

工場内のコイル搬送命令は**Fig. 5**に示すように1搬送設備単位ごとに作成している。各搬送命令は最新の設備情報および搬送完了実績をもとに作られる。前方設備状態を見てのFrom-To命令の作成，故障設備を回避する／故障復帰設備を使用する命令の作成が随時自動で行われる。このためPLCには命令バッファーを持たせていない。

また，P／Cは，工場間のコイル輸送命令のうち，パレットの向先決定とパレット内の積み位置決定を行っている。どちらも最新のコイル情報をもとに輸送優先順の高いコイルを高効率に積んでいる。

信頼性向上のため搬送命令作成機能はPLCコントロールループ単位に分けた。プログラム異常の影響が他のプログラムに影響しない作りとした。

3.2.4 PLCシステム

Fig. 6にPLCシステムの構成を示す。対P／Cインターフェイス(I／F)用PLC・マスターPLCは2重化した。レスポンス向上・トラブル時の危機分散のためにコントロールループ数は7ループとした。トラブル解析用のトレースバック専用ループを1ループ設けている。

PLCシステムは各システムの処理遅れ・伝送遅れをカバーし搬送設備の能力を上げるために，機械的1サイクル動作完了直前にP／Cに実績を上げている。P／C搬送命令作成が早すぎた場合に起こる設備状態の不整合は対P／C，I／F用PLCによりチェックを実施し，不整合時には命令の再作成を要求している。

ループカーの衝突回避制御用に専用のPLCを持っている。常時各

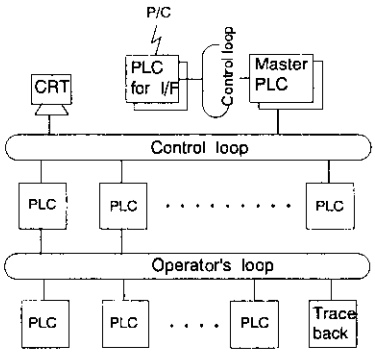

Fig. 6 PLC System

ループカーの距離・速度を監視し，車間距離＜停止距離＋αとなった時点で緊急停止を掛ける仕組みとした。

4 工場間輸送設備

自動化した3熱仕に有人運転のキャリアを進入させるための安全対策をとった。**Fig. 7**にキャリアが自動クレーンゾーンに入る安全対策を示す。キャリアの運転手からの進入要求が無線を介しPLC・P／Cに伝えられる。これを受けP／Cは自動クレーンの搬送命令をキャリア進入範囲外のものとした後，シャッターを開けている。PLC単体でもキャリア進入中に自動クレーンがキャリア進入範囲に入った場合に走行を緊急停止させる仕組みとした。

5 梱包ライン

酸洗ライン・スキンパスラインと直結した梱包ライン[6]とするため，すべての作業を自動機器に置き換えた。**Table 5**にコイル梱包ラインの仕様を，**Fig. 8**に設備配列を示す。外周紙巻・外周紙折・バンディ

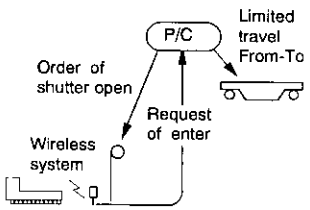

Fig. 7 Safety system for carrier

Table 5 Coil packaging line specifications

Production capacity (coils／h)	24	At paper packing
Product type	Paper packing	Full automation
	Steel packing interior—paper exterior—steel	Partial automation
	Banding	Full automation

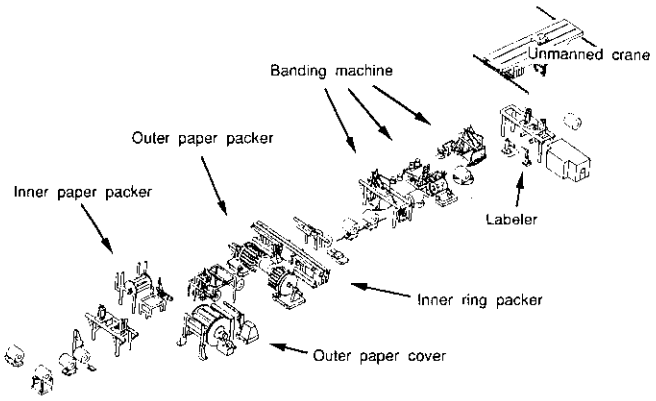

Fig. 8 Coil packaging line

Table 6 Skin pass mill specifications

Production capacity			(t/month)	80 000
Production materials				Hot rolled coil Pickled coil
Max. line speed			(m/min)	500
Strip	Thickness		(mm)	0.8 — 8.0
	Width		(mm)	600 — 1 900
	Yield point		(MPa)	400
Coil size	Entry	inside dia.	(mm)	610, 762
		outside dia.	(mm)	2 200
		max. weight	(t)	32
	Delivery	inside dia.	(mm)	610, 762
		outside dia.	(mm)	2 200
		max. weight	(t)	32
Tension between bridle rolls			(t)	40.0
Skin pass mill work roll dia.			(mm)	510 — 560
Rolling force			(t)	1 200
Bender force			(t)	± 90
Tension leveler work roll dia.			(mm)	80
Number of tension leveler rolls				3
Welder				Multi spot welder

ングマシンの信頼性向上を図るとともに，内周紙装着[7]・内径リング装着の自動化を実現した。内周紙装着の自動化のために，コイル内径に紙の剛性を利用して梱包紙を密着させる，端部の接着にホットメルトを使うなどの開発を行った。内径リング装着の自動化はバンディング時に内径リングを押さえることにより実現できた。

6 スキンパスミル

Table 6 にスキンパスミルの仕様を示す。コイル全長にわたり加工性・形状・寸法を保証できる自動運転設備[8~10]である。圧延圧力・ベンダー力・テンションレベラー伸び率・圧延速度設定の他に不良部切捨て長さなども上位計算機より指示されている。

Fig. 9 に設備・センサーの配列を示す。ライン入側にはコイル尾端検出器・バンドカッター・コイル尾端カットシャーよりなるプレパレーションラインを持っている。ライン出側には自動サンプル採取器・バンディングマシン・コイルIDマーキング装置を持っている。

7 自動化と省力化の状況

Fig. 10 に3熱仕工場における自動化の水準を示す。いずれの設備

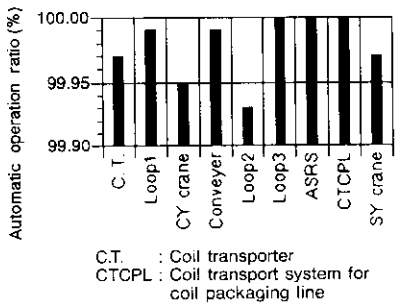

Fig. 10 Automatic operation ratio

Table 7 Number of operators (man/shift)

	93/12	96/03
Coil yard control	3	1
Crane and lift	22	0
Carrier	15	7
Pickling line	10	3
Skin pass mill line	5	2
Coil packaging line	6	1
Total	61	14

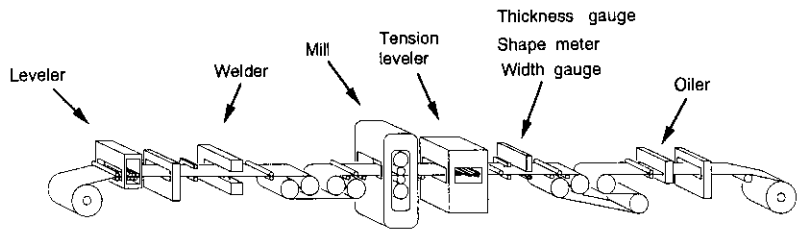

Fig. 9 Skin pass mill

も99.93%を越える高い自動化率（自動搬送完了数／搬送命令数）を実現した。またTable 7に工場内および工場間輸送のオペレーターの数を示す。リフレッシュ以前と比べ1／4以下に省力化を達成できた。クレーン・リフトを含むコイル搬送においては無人化を実現した。

8 結　言

3熱仕工場は1995年4月に立ち上がり，

（1） 3熱仕工場内および工場間輸送要員の1／4以下の省力化を達成した。

（2） 99.93%を越える高い自動化率を達成した。

（3） コイル形状などによる工場内コイル搬送トラブル発生時に，一人のオペレーターで対処できる仕組みを実現した。

（4） キャリア・パレットによる高効率・シンプルな工場間コイル物流を実現した。

（5） 酸洗ライン・スキンパスラインに直結・同期化可能な梱包ラインを実現した。リードタイムを短縮し，梱包仕掛かり用の立体倉庫の置場を削減した。

（6） コイル全長にわたり高い品質要求に応えるスキンパスラインを実現した。

参考文献

1) 小山善弘，相原正樹，貞野　作：川崎製鉄技報，28(1996)4，238
2) 鈴木良明，菅田英二，吉村　孝：「コイルヤード総合物流管理システムの開発」，川崎重工技報，(1985)90，12
3) 川崎製鉄(株)，奥村機械製作(株)：特開平5-105208
4) 佐々木義信，酒井吉勝，桧垣義道，則松康文：「高温コイル搬送システムの開発」，三菱重工技報，31(1994)5，318
5) 星名博光，村田五雄，國光　智，岡井　隆，吉川博文：「搬送機器における画像処理技術の開発と適用」，三菱重工技報，31(1994)5，300
6) 須崎健太郎，相原正樹，園山光吉：「千葉3 HOT梱包ライン設備概要」，材料とプロセス，8(1995)2，457
7) 川之江造機(株)：特願昭58-08261
8) 藤原洋一，井上正敏，平田賢二，石川好蔵，堀田悠生：「水島ホット連続式スキンパスミル新設」，材料とプロセス，5(1992)2，595
9) 森安永明，笹田幹雄，伊藤澄彦，井上正敏，菱沼　至，藤原洋一，石川好蔵，中谷　修：「水島ホットNo.1スキンパスにおける品質状況」，材料とプロセス，6(1993)2，441
10) 小山善弘，相原正樹，駒見祐司，歌代洋二，内山貴夫：「No.3スキンパスミルと自動立体倉庫の建設と操業」，材料とプロセス，9(1996)5，1007