

© 1988 ISIJ

## 技術報告

川鉄水島新鋼片工場における連鑄-圧延間の  
同期化操業藤本 隆史\*・三浦 隆義\*・中西 輝行\*  
山口 勝\*・山崎順次郎\*Synchronized Operation between Continuous Casting and Rolling  
Processes in the New Billet Mill of Mizushima Works, Kawasaki  
Steel Corp.Takashi FUJIMOTO, Takayoshi MIURA, Teruyuki NAKANISHI,  
Masaru YAMAGUTI and Junjiro YAMASAKI

## Synopsis :

A modernization program for billet, bloom and shape products was completed at Mizushima Works generally aiming at streamlining the complicated crisscross of products from the two continuous bloom casters to the succeeding rolling mills. A new billet mill, which was a significant part of this modernization, was brought into operation in February, 1984. The billet rolling facility has the "roll chance free" function in order to realize continuous and synchronized production between the continuous casters and the new billet mill.

This new factory has remarkably realized labor-saving and rationalization of handling and transporting by several new techniques, such as the highly computer controlled vehicle system and quick roll changing system.

The control of operation and information has been fully computerized over the entire processes from steelmaking to billet shipping.

**Key words :** continuous castor ; billet ; roll chance free ; computer control ; quick roll changing ; reheating furnace.

## 1. 緒 言

製鉄所における素材の製造プロセスは従来の分塊プロセスから大幅な連鑄化へと進み、さらに現状では連鑄鑄片の品質向上を背景に連鑄-圧延間の連続化によるプロセスの合理化が進められている<sup>1)~4)</sup>。

川鉄水島製鉄所では、形鋼、線棒用角ビレット、および知多製造所向シームレスパイプ用丸ビレットなど多様な素材供給をうけもつ条鋼用素材製造プロセス全体を抜本的に合理化すべく、新鋼片工場を連鑄-圧延間の連続化の中核に位置づけたリフレッシュ計画を実行した<sup>5)</sup>。

現在、稼動以来3年を経過し、設備、システム、品質のいずれの面においても極めて順調な操業を続けており本稿では鋼片工場を中心にした設備概要と操業実績について紹介する。

## 2. 連 鑄

連鑄~圧延間の同期化・連続化操業を達成するため、1~3連鑄において、従来オフラインバッチ作業主体の精整作業をオンライン自動化するとともに生産管理システムの再構築・品質保証体制の充実を図った。

## 2.1 連鑄設備

鋼片工場との同期化・連続化操業に対応すべく、水島第1連鑄機を2タンディッシュ8ストランドタイプから1タンディッシュ6ストランドタイプへ昭和58年2月に改造した。本改造は年々厳しさを増す鑄片品質の向上や高熱鑄片直送のニーズを満たすためのものである。主仕様をTable 1に示す。

鑄片の品質向上対策としては、非金属介在物の浮上分離を促進するため、容量50t・鋼浴深さ850mmの大型タンディッシュを採用した。モールドサイズは既設ピンチロールを通過する最大幅の270×340mmサイズへと

昭和62年11月14日受付 (Received Nov. 14, 1987)

\* 川崎製鉄(株)水島製鉄所 (Mizushima Works, Kawasaki Steel Corp., 1 Mizushimakawasakidori Kurashiki 712)

大断面化した。鑄片表面割れ対策としては、モールド直下の冷却方式に気水ノズルを採用し、オシレーション機構をショートレバー方式とした。また計装設備は、CRTによる操業の集中監視・操作を可能としている。

精整作業のオンライン自動化を図るため、搬出ライン設備を設置した。Fig. 1に1連鑄設備のレイアウトを示す。このラインの特長は、

- (1) 圧延順番どおりに鑄片を搬送するため、オーバーヘッドプッシャーによる鑄片ギャザリング方式の採用
- (2) 鑄片を迅速に高温で搬送するため、保温カバーの設置と搬送速度 1 m/s の採用
- (3) 識別管理のための自動刻印機の設置と、オンライン秤量のための秤量機による自動測定などである。

## 2.2 連鑄における品質保証システム

連鑄における品質を保証するため操業異常が発生した場合、計算機がその内容とレベルを自動判定し、その結果により基準検索し切断変更や搬送先変更などを行う。

たとえば、ストランド停止、ストランドごとの鑄込み速度のばらつき、鑄込み異常などの操業変動にも対応できるように、トーチ切断時点に切断命令の自動割り付けを実施し、次工程が要求する順番を保証している。

また、連鑄での鑄込み最終鑄片に対する乱尺発生を極力おさえるため、最終鑄片-1本目をトーチ切断するとき、残良片長が設備やオーダー条件などの許容範囲を外

れる場合、最終鑄片-1本目と最終鑄片とが許容範囲に入る長さ調整した寸法を命令で与え切断している。

## 3. 熱鑄片自動搬送システム (HCCV システム)

連鑄～圧延間の高度な同期化・連続化を達成するために、第1製鋼工場と条鋼圧延工場(鋼片工場・大形工場)間に熱鑄片自動搬送システム (Highly Computer Controlled Vehicle System) を開発・導入した<sup>6)</sup>。このシステムの狙いは、

- (1) 離れた工場間で、あたかも断熱ローラーテーブルで搬送するのと同じ効果が得られる搬送システムとすること
- (2) 鑄片1本ごとのトラッキング管理による品質を保証しながら、小ロットごとの荷姿で大量輸送と同じ搬送能力を有すること
- (3) 複数の連鑄機と複数の圧延工場間で連続化・同期化が達成できること
- (4) 無人搬送と積込み、卸しの自動化による低搬送コストを実現すること

### 3.1 レイアウト

第1製鋼工場1, 2, 3連鑄機と約1 km離れた鋼片工場、大形工場間を結び、搬送台車への積込み、積卸しステーションは連鑄側3箇所、圧延工場3箇所、素材精整1箇所の合計7ステーションとした。搬送能力は台車6台で年間220万tの鑄片輸送が可能である。搬送能力とシステムの信頼性・安全性を確保する目的から実車線と空車線を独立分離させ、制御の簡略化を図った。Fig. 2に全体のレイアウトを示す。

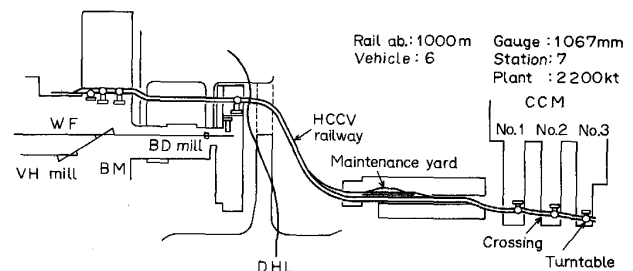


Fig. 2. Layout of HCCV system.

Table 1. Main specification of No. 1 C. C. M.

Item	Before reconstruction	After reconstruction
Machine type	Curved (12.5 mR)	Curved (12.5 mR)
Capacity of tundish	10.5 t×2	50 t×1
Bath depth	550 mm	850 mm
Number of strands	8	6
Mold size	200×220 250×250 250×300	200×220 250×300 270×340
Oscillation	Guide roller type	Short lever type
Secondary cooling zone	Water spray	Mist spray and water spray
E. M. S.	2 seg.	2 seg. 6 seg.
Instrumentation	Analog	D. D. C.

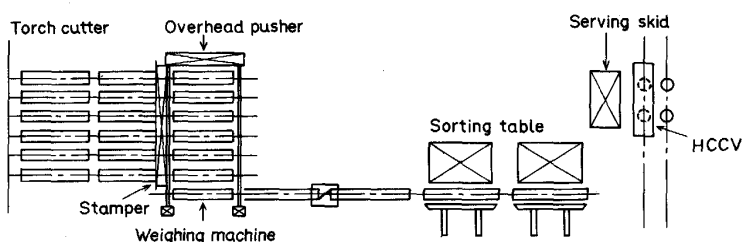


Fig. 1. Layout of discharging line.

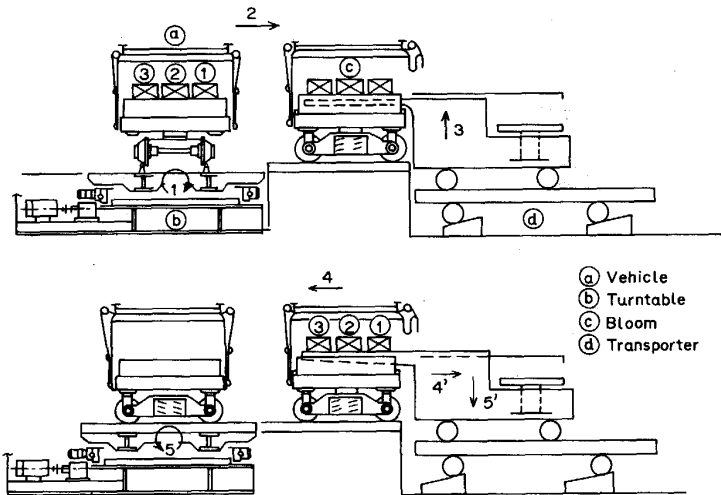


Fig. 3. Motion of vehicle and transporter.

Table 2. Main specifications for vehicle.

Type	Motor car of bogie type
Loading capacity	Max. load : 30 t Max. temperature : 900°C Range of length : 3.4~12.6 m
Traveling speed	High : 250 m/min Middle : 60 m/min Low : 10 m/min
Dimensions	2 500 mm W×2 900 mm H×15 800 mm l Wheel base : 1 440 mm Wheel diameter : 600 mm Buggy interval : 8 000 mm
Motors	DC 27.5 kW×2
Control system	G. T. O. chopper control system

### 3.2 搬送台車

積載搬送可能鑄片はブルーム、スラブ、ビームブランクで、1段積み、平均積載本数1~3本である。台車の特徴を以下に示す。

(1) 積み込み、荷卸しを自動化するために2軸4輪のボギー台車とし、前後のボギー台車をそれぞれ90°旋回させて、台車の姿勢を一定に保ち直行、横行方向に走行ができる。

(2) 搬送時の鑄片温度低下を防止するために、開閉式断熱扉付の保温室を設けた。

台車の主仕様を Table 2 に示す。

### 3.3 ターンテーブル

ターンテーブルはおのおの荷役ステーションに設置し、2基が1対の設備である。ターンテーブル上に定位置停止した台車の前後ボギー台車は同時に90°旋回させて、台車の走行方向を変換させるものである。

台車とターンテーブルを組み合わせた鑄片の搬送と積み込み、荷卸しの動作説明図を Fig. 3 に示す。鑄片(c) (1), (2), (3) を積載した台車(a)はターンテーブル(b)上へ走行してきて、二つのテーブルの旋回中心に台車前後のボ

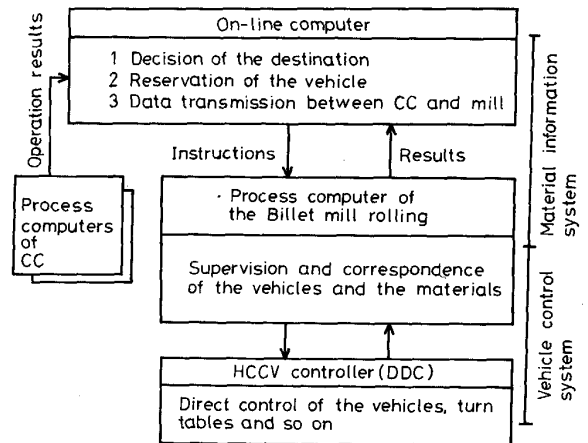


Fig. 4. Configuration of HCCV control system.

ギーをおのおの停止させる。1の動作でターンテーブル(b)を旋回させ台車姿勢を変えずにボギーのみ向きを90°変換させる。荷卸し側の断熱扉を開とし台車を駆動すると動作2に示すようにトランスポートのフォークまで走行する。動作3でトランスポートが上昇して鑄片(c)を積載順どおりに一度に荷卸しする。台車は動作4に示す方向に横行しターンテーブルで停止して、断熱扉を閉じる。動作5でターンテーブルを旋回させ台車は積み込みステーションへ走行する。

以上のように一連の動作を自動化し、台車ごとの搬送スケジュールと実績を管理することにより、鑄片1本ごとに識別し品質保証を確立している。

### 3.4 自動制御システム

自動制御システムの構成を Fig. 4 に示す。物のハンドリングをオンラインコンピューターで、台車効率をDDCで最適化し、プロセスコンピューターにてそのバランスをとることを狙ったものである。したがって、オンラインコンピューター、プロセスコンピューターにて

搬送情報管理システムを構成し、DDCには搬送材料情報を持たせず、台車制御に専念させている。オンラインコンピューターの機能としては、連鑄での合否判定結果による鑄片搬送先の自動変更、円滑な素材搬出を行うための台車予約、現品のトラッキングを行う台車内の荷姿管理がある。一方 DDC の機能には、運転中の台車、走行路の稼働状態を確認するシステム管理、搬送ルートを決する運行管理、走行路の台車存在認識を行う誘導無線制御、およびターンテーブル制御等がある。

HCCV システムの導入により、Fig. 5 に連鑄トーチ切断から加熱炉装入までのトラックタイムを示す、圧延トラブル、1, 3 CC の競合出鋼等により加熱炉に装入できないケースでトラックタイムが長くなっているが、ほとんどは同期化状態で 20 min 以下であり平均 27.1 min と極めて短時間で装入可能となった。

#### 4. ロールチャンスフリー技術

多品種小ロットのニーズに対応し、かつ連鑄～圧延間の同期化操業を達成するための手段を圧延側のロールチャンスフリー機能に求めた。ロールチャンスフリーを達成するための必要条件としては、

- (1) 連鑄能力以上の圧延生産能力

(2) 操業変動による連鑄・圧延間の能力アンバランスの吸収 (オンラインバッファ技術)

- (3) 迅速スタンド交換・ロール組替え

などがあげられる。Fig. 6 に鋼片工場のレイアウトを示す。連鑄能力以上の圧延生産能力をもつために、260 mm φ 以上の太丸棒は粗ミルで仕上圧延を行う。それ以下の細丸棒については粗ミルで中間寸法まで圧延後、仕上ミルで最終寸法に仕上げる 2 ラインの圧延プロセスとしている。オンラインバッファ技術および迅速スタンド交換・ロール組替えについては以下で詳しく述べる。

#### 4.1 オンラインバッファ技術 (連続加熱炉設備)

連続加熱炉は 1 基で、これに付帯する熱鑄片の受入れ・装入設備と抽出設備よりなる。設備仕様を Table 3 に示す。この連続加熱炉は、連鑄と同期化された連続操業形態となりホットチャージ専用の省エネルギー型の炉である。加熱炉内のウォーキングビームを炉長方向に 2 分割し、二つのウォーキングビームの速度・ストロークを任意に制御可能にすることにより装入ピッチと抽出ピッチのアンバランスを吸収し、炉内材料のピッチコントロールを行う。これによりオンラインバッファとしての機能を持たせた。

#### 4.2 迅速スタンド交換 (仕上圧延機)

仕上ミルは高寸法精度で表面疵などのない高品質のビ

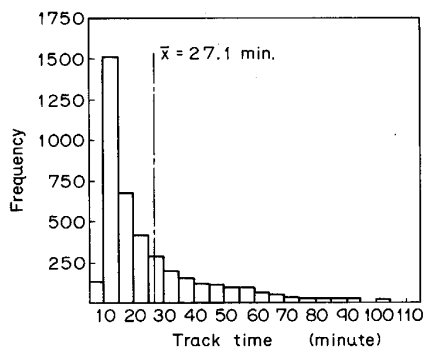
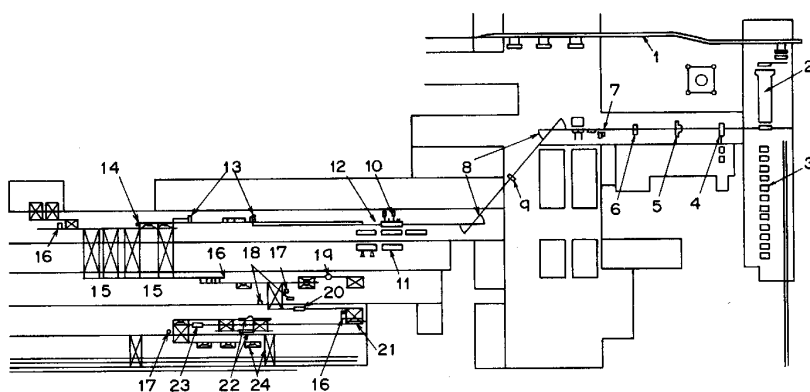


Fig. 5. Distribution of track time.

Table 3. Reheating furnace specifications.

Equipment	Unit	Specifications
Reheating furnace	1	Type : Two separate walking beam type with 6 zones Capacity : 350 t/h with hot charge 200 t/h with cold charge Length of furnace : 33 600 mm Width of furnace : 13 400 mm Fuel : Mixed gas Recuperator : 4 pass air rec. & 2 pass gas rec. Drive of walking beam : Lift No. 1 WB AC 110 kW Lift No. 2 WB AC 200 kW×2 Traverse No. 1 WB 22 kW AC-VV Traverse No. 2 WB 45 kW AC-VV



- 1 HCCV
- 2 Continuous reheating furnace
- 3 Soaking pits
- 4 Roughing mill (BD mill)
- 5 Hot scarfer
- 6 Shear
- 7 BD hot saw
- 8 Turn table
- 9 Hot surface defect detector
- 10 Finishing mill (VH mill)
- 11 Roll changing device
- 12 Profile meter
- 13 VH hot saw
- 14 Automatic stamper
- 15 Cooling beds
- 16 Automatic labeller
- 17 Automatic label reader
- 18 Debarring machine
- 19 Automatic press
- 20 Shot blast
- 21 Surface defect detector
- 22 Automatic conditioning device
- 23 Magnetic particle detection device
- 24 Shipping device

Fig. 6. Layout of the billet mill.

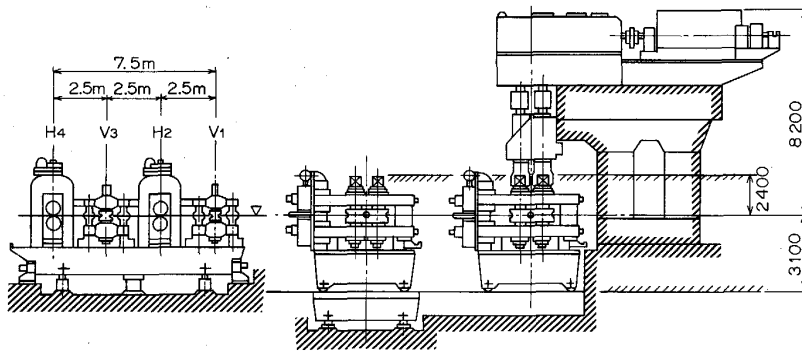


Fig. 7. Schema of finishing mill.

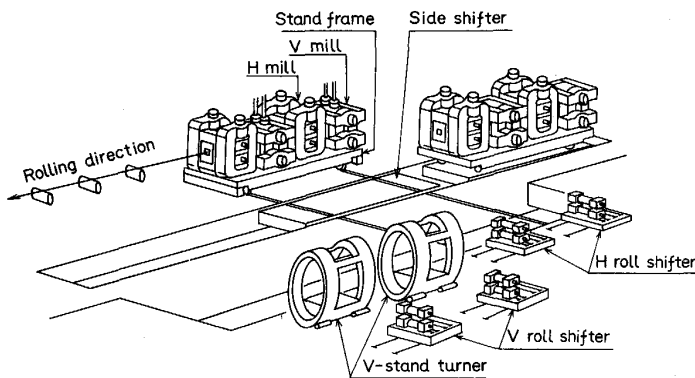


Fig. 8. Layout of the roll shop.

Table 4. Finishing mill facilities.

Equipment	Unit	Specifications
Finishing mill (VH mill)	4×2	Type : Horizontal mill×2×2 Vertical mill×2×2 Roll size : 950 mm φ × 500 mm Screw down : Motor drive Screw up : Hydraulic drive Main drive gear ratio : V1 stand 1/32.464 H2 stand 1/28.277 V3 stand 1/27.388 H4 stand 1/22.958
Main motor of finishing mill	4	V1 & H2 : AC 1 200 kW×272/680 rpm V3 & H4 : AC 1 400 kW×318/795 rpm Control : AC-VVVF, Digital ASR control

レットを安定して圧延できるとともに、5 min 以内に次圧延サイズにロール替えを行う機能をもっている。仕上ミルの主仕様を Table 4 に、概略図を Fig. 7 に示す。

このミルの大きな特徴は次の3点である。

(1)ミルのコンパクト化

ビレットミルとしてはマルチカリバー方式が多いのに対し、1ロール1カリバー方式を採用し、カリバーシフトのためのVミルアウタースタンドを不要とした。これにより同種のミルに比べて最大径950mmの太いロールを使用しているにもかかわらず、スタンド間距離を2.5mまで短縮した。これは従来ミルに比べて約1/2の大きさである。ミルのコンパクト化の結果、スタンド間の材料案内を目的とした中間ガイドを省略でき、中間ガイドの調整が不要になるとともに、ガイドとのすり疵発

生もなく、品質向上も図れる。

(2)ブロックミル化

ミルのコンパクト化により、四つのスタンドをスタンド台車に搭載しブロックミル化した。次圧延サイズ用にロールショップで組み上げられたスタンド台車と圧延中のスタンド台車を入れ替えることで4スタンド同時交換を可能にした。

(3)パスライン一定化

従来は素材寸法・圧延寸法変更による材料芯の変化は、ロール高さを変更することにより対応していた。このため孔型圧延特有のミル入出側、ガイドの高さ調整も必要となり、ロール替えに時間を要していた。ミル前後のテーブルなどの高さを素材および圧延寸法に応じてテーブル昇降設備により昇降させ、材料芯を常に一定に保つことでガイドセットがハウジングに対して常に定位置で行えるようになりガイド高さ調整を不要とした。

4.3 迅速ロール組替え (ロールショップ設備)

ロールショップでは次の圧延サイズに合ったロールをスタンドに組み込み、準備しておく機能をもつ。ロールショップの概略図を Fig. 8 に示す。従来の人手による作業と異なり、ロールショップもオンライン設備と考えて徹底したクレーンレス化・機械化を図った。その大きな特長は次の3点である。

(1)Vスタンドターナー採用

Vロール組替えをクレーンレスで行うため、Fig. 9

に示すターナーにより V スタンドを 90° 回転させて H スタンドと同じ状態にしてロールとガイドを組み替える方式とした。

(2) ガイドのカセット化

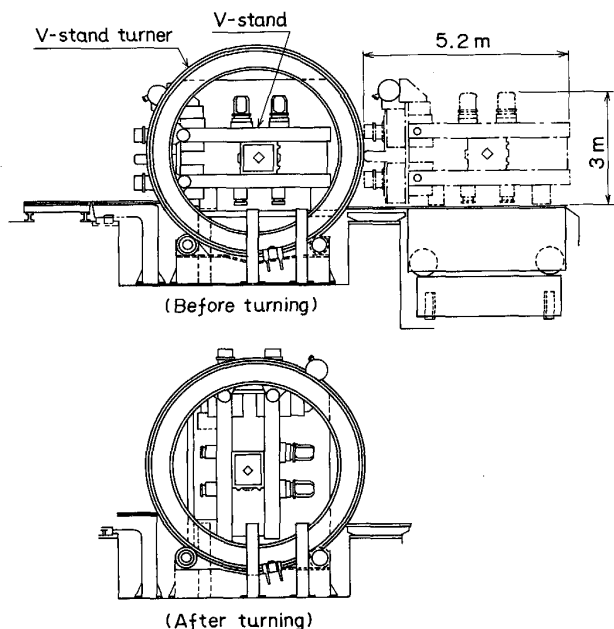


Fig. 9. Vertical mill turning device.

1 ロール1 カリバーおよびパスライン一定としたことによりハウジングに対するガイドのセット位置は常に一定となる。従つてガイドの高さ調整は不要となり、ガイドクランプ装置でワンタッチでハウジングを固定できる。また新旧のガイド交換にガイドチェンジャーを開発し、従来のガイド交換におけるクレーン作業を撤廃した。

(3) オフラインセットアップ

圧延サイズ替え時のセットアップはすべてオフラインで行うことを基本思想として、ロール組替える各スタンドはそれぞれ油圧と電気制御系のオートカプラーを配備してオンラインと同等の機能を有している。

4.4 ロール組替え自動運転

連铸-圧延間の連続化・同期化操業に必要なロールチェンフリー機能を達成するためには各ロール組替え設備を同時並行で完全自動運転する必要がある。オンラインスタンド交換のみならずロールショップも機械化・自動化を図り、高度な自動運転システムを開発した。Fig. 10 にスタンド交換およびロール組替えのフローを示す。

仕上ミル圧延サイズ替え時、あらかじめロールショップで次圧延ロールを組み込んだ新スタンドをスタンド台車ごと交換する (図中①~④)。この間に並行して4スタンドのスピンドル位置設定・パスライン一定のためのミル前後設備の昇降量設定を自動で行っている。交換された圧延完了スタンドはロールショップへ引き込まれ、V スタンドは 90° 転回され H スタンドと同じ状態にした後、4 スタンド同時にロール・ガイドの交換を行う (図中⑤~⑨)。圧上位置設定・ロール開度設定・プリロードキッキングによるロール開度のキャリブレーションも自動化し、スタンド台車を交換するだけでそのまま圧延可能な状態までロールショップで設定を行う。

ロール組替えが完了したスタンド台車は次圧延サイズ替えに備えてミル前で待機する (図中⑩~⑭)。

以上のようにオンラインロール替え・オフラインロール組替えおよび各種の設定を自動化し、オンラインロール替え 4 min 50 s, オフラインロール組替え 57 min を達成した。また粗ミルの圧延をとめることなくオンラインロール替えを実施しており、仕上ミルのロール替えによるダウンタイムは皆無である。

5. 製鋼~圧延同期化操業支援システム

製鋼~圧延間の連続化・同期化操業を達成するためには両工場間の稼動スケジュール調整機能と、連続的に流れる物に対してオンラインでリアルタイムに処理するサポート機能が必要である。Fig. 11 にコンピューターシステム構成を示す。当システムの機能概要を以下に述べ

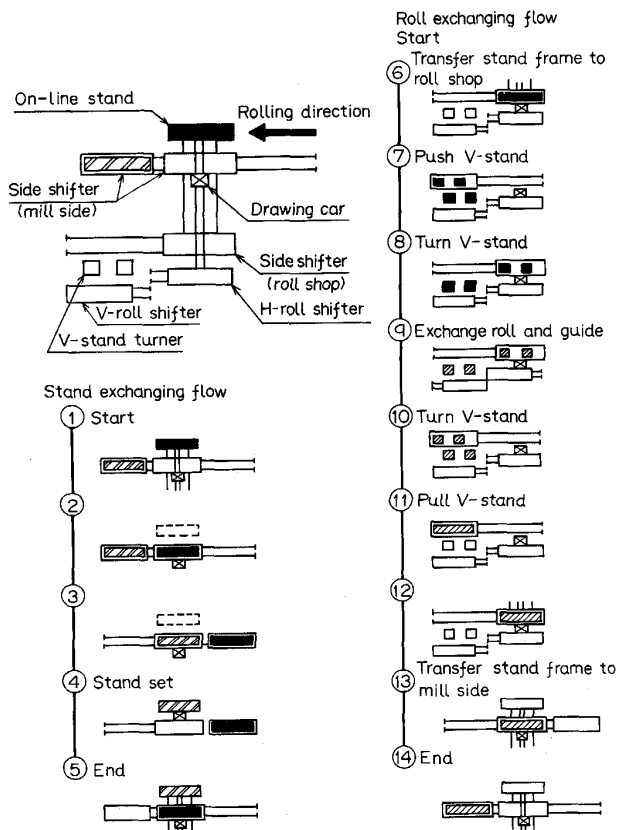


Fig. 10. Exchanging flow of stand and roll.

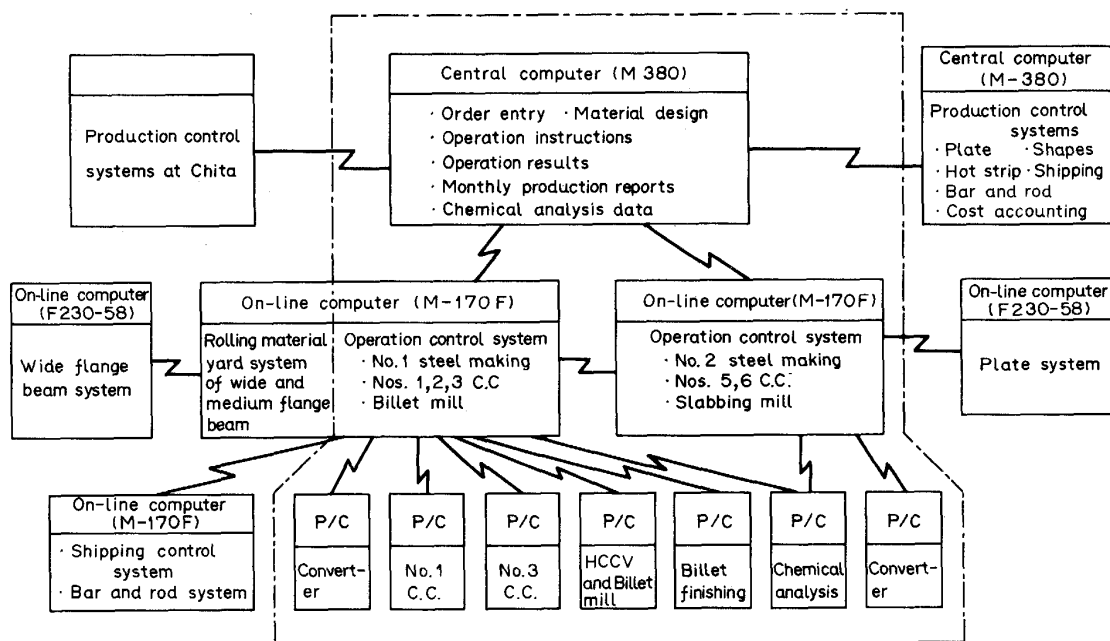


Fig. 11. Configuration and function of computer system for production control.

る<sup>7)</sup>。

### 5.1 製鋼命令作成処理

当処理は各製品系列よりの素材製造依頼情報を受け、製鋼、連铸、分塊、ビレット圧延の各製造命令を作成する処理である。当処理の具体的な機能としては、

(1) 操業指示、品質作り込み指示用の製造仕様項目の決定

(2) 出鋼ヒート未構成チャージの抱き合せ処理

(3) 操業やオーダの変動項目に対応したタイムリーな素材製造依頼情報の修正

(4) 出鋼順、铸込み順、圧延順などの日単位の順位組み結果による操業スケジュールの作成と各命令情報の操業システムへのオンライン伝達

などがある。

### 5.2 工程変動調整

製鋼、圧延間の同期化操業においては、1工程の操業変動がただちに全工程に影響し、大きな攪乱をひきおこす。これに対処するため、操業変動をすみやかに検知して迅速な対応がとれるように、体制面での整備を行うとともに、システム的には操業監視機能とスケジュール調整機能を有している。

操業監視機能としては、連铸機別出鋼状況モニター表示や製鋼・圧延間操業ダイヤグラム表示などの機能を具備している。

また調整機能としては、スケジュール予測機能とスケジュール変更機能を備えている。この機能では、オンラインコンピューターとプロセスコンピューターの操業変

動指示を連動してリアルタイムに行っているため、操業変動に対する迅速な対応が可能となっている。

### 5.3 オンライン合否判定機能

製鋼・圧延間の素材品質をリアルタイムに保証するオンライン合否判定機能は、操業実績による合否判定と分析値による合否判定とに大別できる。前者は、操業実績が指示範囲内にあるか否かを判定し、その結果により操業補正や次工程へ操業指示変更を行っている。具体的に連铸では、

(1) 铸込み異常判定による異常部を回避したトーチ切断命令割り付けや異常部に対するホットスカーフ指示

(2) 重量と長さによる铸片合否判定

などである。一方、鋼片工場では、

(1) 熱間探傷結果による後続材へのホットスカーフ指示

(2) 断面形状測定結果によるビレット合否判定

(3) 重量と長さによるビレット合否判定

などである。

後者は溶鋼の铸込みゾーン別に合否判定を行うとともに、铸片の採取位置により铸片単位の合否判定を行い、その結果を切断処理やホットチャージ中止判定に反映している。また分析値判明が遅れた場合には、命令どおりの切断を行い、素材を製品圧延工場に送らないように搬送先を変更するとともに、分析値が判明した時点で直ちに合否判定を行い、鋼片所在場所へ後追いで情報を伝達し製品の停滞を防止している。

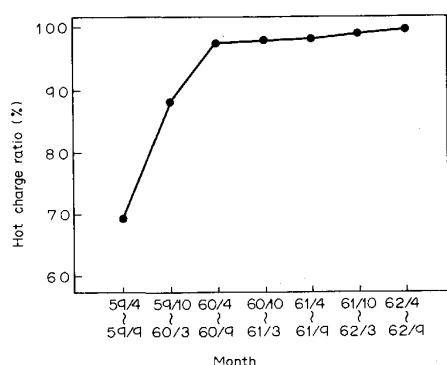


Fig. 12. Transition of hot charge ratio.

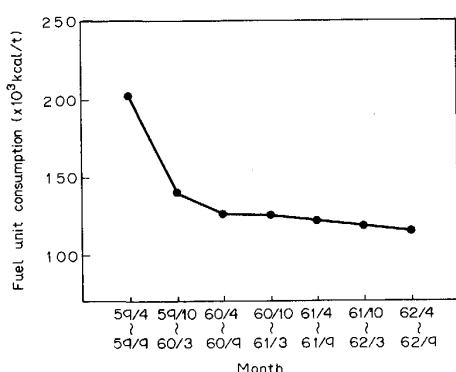


Fig. 13. Transition of fuel unit consumption.

## 6. 操業実績

連铸～圧延間の連続化・同期化レベルの指標として Fig. 12 にホットチャージ命令に対するホットチャージ実施率の推移を示す。稼動当初約 70% に対し、操業安定化に伴いホットチャージ率 99% を達成している。連铸～圧延間を同期化する正確なスケジュール，連続化操業を行う HCCV システム・ロールチャンスフリー技術により，熱片装入温度が 300°C から 720°C まで向上したこと，加熱炉設計において徹底した省エネルギーを指向したことなどにより，保昇熱を除く圧延中原単位  $118 \times 10^3$  kcal/t を達成した。Fig. 13 に圧延中原単位の推

Table 5. Result of stand exchanging time and roll exchanging time (min).

	Stand exchanging	Roll exchanging
Mean time	4.83	57
Minimum time	4.67	42

Table 6. Result of stand exchanging.

Month	Number of stand exchanging	Mean stand exchanging cycle (h)
May	244	2.23
June	252	2.22
July	261	2.19
August	232	2.28

移を示す。また Table 5, Table 6 に仕上ミルのスタンド交換実績を示すように，平均 2.2 h 周期で月間 247 回におよぶスタンド交換を実施しており，ロールチャンスフリー機能を遺憾なく発揮している。

## 7. 結 言

条鋼素材製造プロセスの合理化計画の中核をなし，連铸～圧延間の連続化・同期化操業をめざして建設された鋼片工場について紹介した。稼動以来 3 年を経過し，HCCV システム・ロールチャンスフリー技術・一貫生産管理システムなど計画どおりの機能を発揮しており，高度な連铸～圧延間の連続化・同期化操業を達成している。

## 文 献

- 1) 蜂谷整生，浅野総一郎，上川清太：鉄鋼界 (1983) 7, p. 52
- 2) 蜂谷整生，中島浩衛，山口武和：鉄と鋼, 68 (1982), S 209
- 3) 河野拓夫，島 孝次，藤沢二次夫：鉄と鋼, 67 (1981), S 947
- 4) 原田慎三，稲葉東寛，仲 億，小宮敏明，尾花保雄，小寺 稔：鉄と鋼, 68 (1982), S 213
- 5) 平井信恒，吉原正典，中西輝行：川崎製鉄技報, 17 (1985), p. 3
- 6) 中西輝行，芳村嘉夫，瀬戸恒雄，馬場和史，有光 博，渡部修三：川崎製鉄技報, 17 (1985), p. 32
- 7) 大杉賢三，上田徹雄，谷利修己，羽生正博，中川康弘，板倉仁志：川崎製鉄技報, 17 (1985), p. 23