
新ビレット工場の建設と操業

Revamping Billet Mill for a Continuous and Synchronized Operation between Steelmaking and Rolling with Roll-Chance-Free Function

平井 信恒(Nobutsune Hirai) 吉原 正典(Masanori Yoshihara) 中西 輝行(Teruyuki Nakanishi)

要旨：

水島製鉄所では、連铸と圧延間の錯綜した物流の合理化を柱とした条鋼素材製造プロセスの合理化計画を完了し、その中核である新ビレット工場が1984年2月に操業を開始した。新工場は、連铸との間で連続化、同期化操業を実現するために「ロールチャンスフリー」の機能を有し、また抜本的な省力と搬送、ハンドリングの合理化が、熱片無人搬送台車(HCCV)システム、迅速ロール交換方式、丸ビレット自動出荷方式などの新技術の開発によって実現している。製鋼からビレット出荷までの全工程はコンピュータでカバーされ、操業生産情報管理がなされている。新ビレット工場の稼動により、省エネ、省力、高歩留、高生産性などに大きな効果を上げてきている。

Synopsis：

A modernization program for billet, bloom and shape products was established at Mizushima Works generally aiming at streamlining the complicated crisscrossing of inprocesses 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 realized drastically labor-saving and rationalization of handling and transporting by several new techniques, such as the highly computer controlled vehicle (HCCV) system, quick roll changing system, and automatic shipment system for round billets. Operation and information processing are fully computerized over the entire process from steelmaking to billet shipping. Operation of the new billet factory has brought much benefit in energy and laborsaving, high yield, higher productivity, and so on.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

平井 信恒^{*2} 吉原 正典^{*3} 中西 輝行^{*4}

Revamping Billet Mill for a Continuous and Synchronized Operation between Steelmaking and Rolling with Roll-Chance-Free Function

Nobutsune Hirai, Masanori Yoshihara, Teruyuki Nakanishi

要旨

水島製鉄所では、連鑄と圧延間の錯綜した物流の合理化を柱とした条鋼素材製造プロセスの合理化計画を完了し、その中核である新ビレット工場が1984年2月に操業を開始した。新工場は、連鑄との間で連続化、同期化操業を実現するために『ロールチャンスフリー』の機能を有し、また抜本的な省力と搬送、ハンドリングの合理化が、熱片無人搬送台車(HCCV)システム、迅速ロール交換方式、丸ビレット自動出荷方式などの新技術の開発によって実現している。製鋼からビレット出荷までの全工程はコンピュータでカバーされ、操業生産情報管理がなされている。新ビレット工場の稼動により、省エネ、省力、高歩留、高生産性などに大きな効果を上げてきている。

Synopsis:

A modernization program for billet, bloom and shape products was established at Mizushima Works generally aiming at streamlining the complicated crisscrossing of inprocesses 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 realized drastically labor-saving and rationalization of handling and transporting by several new techniques, such as the highly computer controlled vehicle (HCCV) system, quick roll changing system, and automatic shipment system for round billets. Operation and information processing are fully computerized over the entire process from steelmaking to billet shipping. Operation of the new billet factory has brought much benefit in energy and labor-saving, high yield, higher productivity, and so on.

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続化へと進み、さらに現状では連鑄鑄片の品質向上を背景に各社競って連鑄～圧延間の連続化(ダイレクトローリングやホットチャージ)によるプロセスの合理化が進められている^{1)~4)}

当社水島製鉄所においてもこのような潮流を是とし、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種多様な素材供給をうけもつ条鋼素材製造プロセス全体を抜本的に合理化すべく、種々の案を検討してきた結果、新ビレット工場を連鑄～圧延間の連続化の中核に位置づけたりフレッシュ案の実施に踏切った。

1981年のはじめからプランニングにとりかかり、1982年7月に設備およびシステムの建設に着手、1984年2月に操業を開始した。

現在、稼動以来半年を経過し、設備、システム、品質のいずれの面においても極めて順調に稼動している。

本稿ではその中核をなす新ビレット工場の設備概要と操業実

績を紹介する。

2 新ビレット工場建設の基本構想

将来の生産品種構成予測から、丸ビレットおよび角ビレットを主力生産品種とするビレットミルとしての機能を有するとともに、大断面丸棒、角棒および形鋼素材(ビームブランク)を圧延する従来からの分塊圧延機能が残るという認識に立って計画の狙いを、

- (1) 連続化、自動化を軸とした徹底的なコストダウンを実現する条鋼素材製造の合理化
- (2) 納期短縮、品質保証体制強化、多様なニーズ(高級化、小ロット化、多品種化など)への対応といった非価格競争力の強化
- (3) シームレスパイプ用素材の生産能力増強
- (4) 上記を実現させる素材部門全体の生産管理システムの全面的リフレッシュ

において、これらを設備、運用、システムが一体となったアプローチで問題解決に取り組み⁵⁾、製鋼～圧延間の総合的にみたコストミニマム指向、最新技術の開発、導入を積極的に行いつつ、

*1 昭和59年10月26日原稿受付

*2 水島製鉄所企画部部長

*3 水島製鉄所条鋼圧延部部長

*4 水島製鉄所条鋼圧延部鋼片課課長

Table 1 Product specifications

Materials	C.C. blooms	Thickness	Width	Length
	Ingot	270 mm × 340 mm × 4 500~12 600 mm 300 mm × 400 mm × 4 500~12 600 mm 400 mm × 560 mm × 4 500~12 600 mm 5~25 t		
Product dimensions	Round billet	110~450 mm		
	Square billet	82~500 mm		
Capacity	First stage	120 000 t/month (at 270 t/h)		
	Second stage	150 000 t/month (at 310 t/h)		

* Mill capacity depends upon continuous casting capacity

現有設備、遊休設備の有効利用も積極的に行うことなどを基本方針とした。

具体的には連続化、同期化操業を達成する手段を圧延側のロールチャンスフリー機能に求め、品質判定をオンラインで行うべく品質保証機器の積極的採用を図り、生産性の面ではマテハンの無人化、運転の自動化を積極的に進め、また操業要員の多能化を設備およびその配置などから徹底的に追求し、起重機専門職の全廃を実施するなど高い生産性を達成してきている。

2.1 生産品種、製造可能寸法、能力

Table 1 に生産品種、製造可能寸法および生産能力を示す。新ビレット工場の生産能力は基本的には連铸 t/h に依存し、冷片処理量で若干の変動幅を持っている。

2.2 設備の基本機能

計画の狙いを実現するための設備の基本機能を以下に示す。

- (1) 生産能力 (t/h) は、連铸 t/h < 圧延 t/h をベースとして、全設備の能力をバランスさせる。
- (2) 連铸～圧延間の材料搬送は、連铸トーチ切断順番通りの材料搬送を行うべく、熱铸片無人搬送台車で行う。
- (3) 加熱炉は、ウォーキングビームを2分割して、装入と抽出

の能力のバランス調整を可能とする。

- (4) 粗ミルは、旧 1 分塊 2 ハイミルの高精度化を図るとともに、230 mmφ以上の太丸棒仕上げ圧延を行えるようにする。
- (5) 仕上げミルは、オンライン迅速スタンド交換 5 分以内、オフラインのロール、ガイドセットアップ 60 分以内により、ロールチャンスフリー機能を達成する。
- (6) 検査手入ラインは、丸ビレットの生産構成から圧延能力の 2/3 倍の能力として各種自動化機器を設置し、オンライン検査手入れを行うとともに、次工程の要求ロット単位に仕分けて出荷できるようにする。
- (7) 全体システム構成は、セントラルコンピュータ (C/C)・オンラインコンピュータ (O/C)～プロセスコンピュータ (P/C) により生産、品質、操業の諸管理とプロセス制御を行わせ、その下位に電気制御と自動化機器、品質保証機器の制御用 DDC を配して、データハイウェイを構成することにより、製鋼から材料搬送、加熱、圧延、精整、出荷までの全工程をカバーするシステムとする。

2.3 レイアウトの決定と特徴

全体レイアウトを Fig. 1 に示し、特長を以下に列記する。

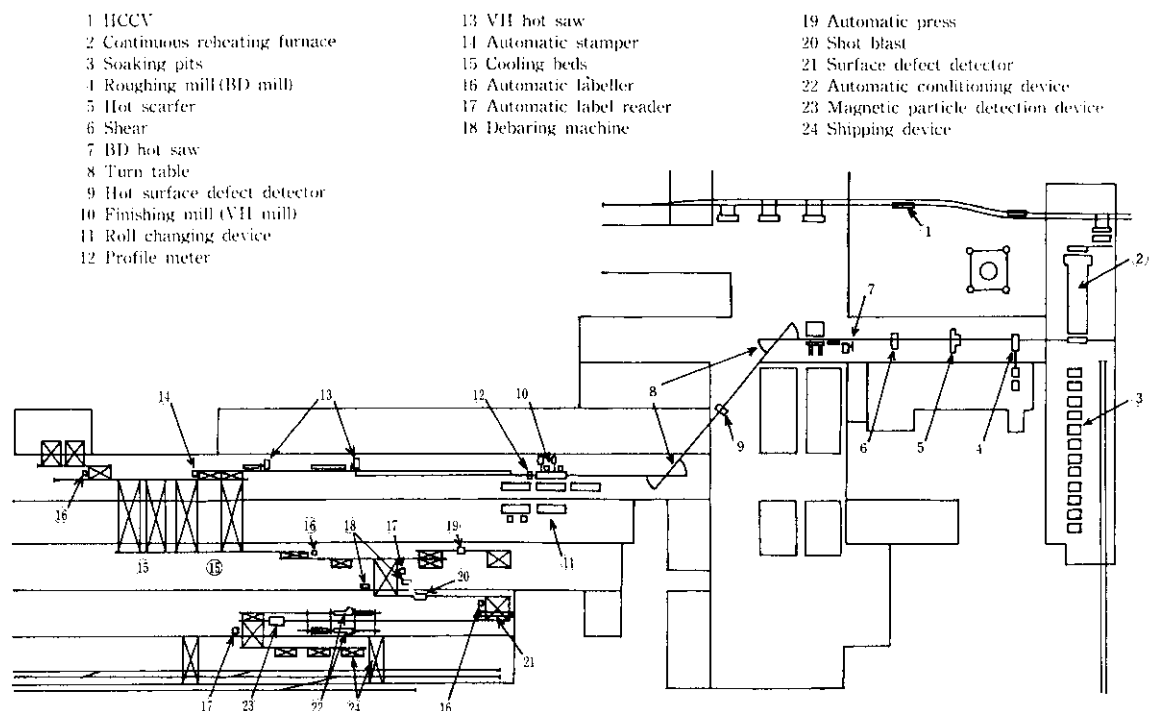


Fig. 1 Layout of the billet mill

- (1) 連鑄～新ビレット工場間約1 kmを保温室を持った熱片無人搬送台車を運行させてブルーム温度降下を防ぎ、かつトーチ切断順を狂わさないことでローラーテーブルで結ぶのと同様の機能を有するブルーム搬送ラインとしている。
- (2) 加熱炉は旧1分塊均熱炉撤去跡に基礎を流用して設置し、連続化を追求すべく入側に材料ヤードを設けていない。
- (3) 粗ミルラインは旧1分塊ミルラインを流用している。
- (4) 仕上ミルラインは旧1厚板ミルライン設備を撤去して基礎を流用して設置し、粗ミルと仕上ミルラインを48度回転するターンテーブルで結び1つのビレット工場としている。
- (5) クーリングベッドは旧1厚板設備を改造流用している。
- (6) 角ビレットは特殊なもの以外、熱片のまま線棒工場へ直送できるラインとしている。
- (7) 丸ビレットはクーリングベッドを経て、旧1厚板#2シャーライン撤去跡に設置された丸ビレット専用検査手入ラインへ搬送され、検査手入とロット仕分けを全てオンラインで行えるようにしている。

基本的には旧1分塊工場を加熱～粗ミルライン、旧1厚板工場を仕上ミル～精整ラインとして活用し、材料は全てオンラインで処理されるレイアウトとしている。また、クレーンレス指向に代表されるハンドリングの自動化、無人化を大幅にとり入れてきている。

3 主要設備概要

連鑄との連続化の達成のためには、操業の安定と品質の安定

という基本的要件が不可欠であり、その手段として完全自動化を目指して、諸設備のメンテナンスフリー、制御精度の向上、自動制御の容易性に重点をおき、設計、製作を進めてきた。

3.1 熱片無人搬送台車 (HCCV)

離れて設置された連鑄～圧延間をより高度に連続化するために採用したのが HCCV (Highly computer controlled vehicle) システムである⁶⁾。その特徴は複数の台車を地上のループアンテナと車上無線局間の IR 交信により自動制御することにより、台車運行制御の信頼性を増すためボギー台車を回動させて走行と横行方向が切換えできる方式とし、複数台車が干渉なく高効率で自動搬送できる設備をしている。Table 2 に HCCV 設備仕様を示す。

3.2 加熱炉とその前後設備

連続加熱炉は、1基で、これに付帯する熱鑄片の受入、装入設備と、抽出設備とからなる。設備仕様を Table 3 に示す。

(1) 連続加熱炉

本加熱炉は連鑄工場と同期化された連続操業形態となるホットチャージ専用の省エネルギー型炉であり、装入と抽出の能力の変動を吸収する調整機能を持っている。以下にその主な特長をあげる。

(a) 2分割ウォーキングビーム方式

炉長方向にウォーキングビームを2分割し、装入側ビームを高速化して装入ピッチと抽出ピッチの変動を吸収し炉内材料のピッチコントロールを行う。

Table 2 HCCV specifications

Equipment	Maker	Unit	Specifications
HCCV	Toshiba	6	Type : Motor car of bogie type with heat-insulation room Capacity : Max. load 30 t Bloom temp. 900°C Buggy : Inside width 1 800 mm Inside length 13 300 mm Speed : Straight 250 m/min Traverse 60 m/min Drive system : Power ; Dual model system (Trolley & battery) Drive ; Gate turn of chopper (Power generation) Transmission control system : Station -station ; Multiplexing Station -vehicle ; Inductive radio

Table 3 Reheating furnace specifications

Equipment	Maker	Unit	Specifications
Reheating furnace	Chugai Ro	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 Recuperater : 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 x 2 Traverse No.1 WB 22 kW AC-VV Traverse No.2 WB 45 kW AC-VV

(b) ウォーキングビームの速度制御

2分割したウォーキングビーム間で鋳片の乗り移りを行うためVVVF制御により任意ストロークの速度制御を行う。

(c) 高効率レキュペレーターの設置

高温鋳片の装入により炉内排ガス損失が大きくなるため、空気レキュペレーターと、ガスレキュペレーターの併用により回収効率の向上を図っている。

(d) スキッドの3重断熱、炉内壁のライニング、予熱帯炉尾部のオールセラミック化による断熱を強化した。

(e) 炉幅方向の温度均一化を狙い全ゾーン軸流バーナーとした。

(f) 抽出時の放散損失減少のため補助扉の設置。さらに計装DDCの採用により、CO-O₂制御、均熱帯テーパー加熱制御、予熱帯間引制御等の機能を有している。

- (2) 炉前設備には材料ヤード、およびクレーン設備を持たずHCCVから直接受入した熱片を受入荷姿のまま加熱炉へ搬送するトランスファー設備を設けている。加熱された鋳片はオーバーヘッドタイプのエキストラクターによりBDミルラインに供給する。Photo 1に加熱炉前面設備を示す。

3.3 粗ミルライン設備

旧1分塊ミルラインを流用し、230 mm ϕ 以上の太丸棒仕上げ圧延が可能なBDミル化を図った。既設ホットスカーファァー、

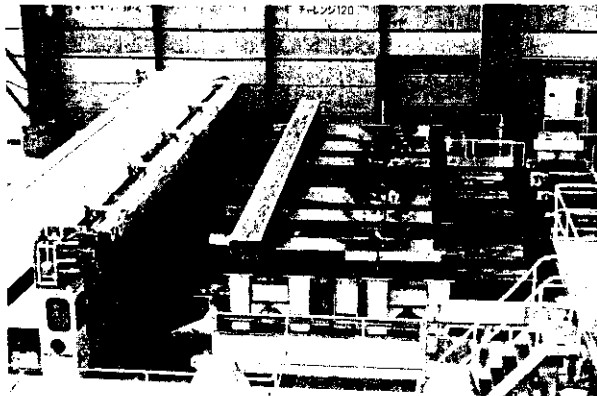


Photo. 1 Equipments before reheating furnace

剪断機はそのまま流用し、丸棒鋸断用のホットソーをライン内に設置し、ターンテーブル2基により仕上ミルと連絡するラインを新設した。粗ミルラインの設備仕様をTable 4に示す。BDミル改造の主な特長は、

- (1) 圧下モーターのデジタル制御により、圧下停止精度を $\pm 1.0 \text{ mm} \rightarrow \pm 0.2 \text{ mm}$ に向上させた。
- (2) プリロード用のモータを設置し0.5 mm/sの低速にて零調を行うように改造した。プリロード能力は400 t、圧下締込みによるレリーズ能力は560 tである。
- (3) BDミルでのスケール発生防止と将来の要求品質レベルの高級化に対応してデスケリング装置を設けている。ミルデスケリング装置は、丸棒圧延用ガイドとの関係からミル後面に設け、圧力120~170 kg/cm²で使用している。さらにインゴット圧延時は2100 mmまで上部ヘッダーが上昇退避する機能を有している。
- (4) 電動のロールスラスト調整装置を設置し、スラスト調整を容易にできるように改造するとともにクリアランスを小さくするため独自のチェッククランプ方式を採用した。
- (5) フィードローラーをまたいでハウジング内に組込まれたレストバー本体にダブルローラーガイドを設置するように改造した。レストバーとローラーガイドはセパレートタイプとし、ローラーガイドの解体組立が容易にできるようになっている。サイズ替時には、専用ガイド交換装置により短時間でガイド交換ができ、多サイズの太丸棒の圧延を可能とした。
- (6) BDミル改造により材料転回を除いた圧下、マニシフト、テーブル運転、デスケリングについて全て自動運転化を図り、鋳片圧延、鋼塊圧延ともに要員1名による自動運転が行えるようにした。

3.4 仕上ミルライン設備とロールショップ

ロールチャンスフリー機能を達成していくために、ロールショップをオンライン設備と考え、さらにオペレーションを簡素化して信頼性を上げていくことが、圧延の安定化と高寸法精度を達成していくとの観点から、従来にないより高度な機械化、自動化に取り組み、狙い通りの機能が達成できた。仕上ミルラインの設備仕様をTable 5に示し、以下にその特長を述べる。

- (1) VH4スタンド搭載の台車を5分で自動迅速交換することにより、ロールチャンスフリー機能を達成している。

Table 4 BD mill line facilities

Equipment	Maker	Unit	Specifications
Roughing mill (BD mill)	Hitachi	1	Type : 2-high reversal mill Roll size : 1 500 mm ϕ x 3 400 mm Lift : 2 100 mm max. Main motor : DC 4 000 kW (30/60 rpm) x 2
Shear	Hitachi	1	Established equipment
Hot scarfer	Union Carbide	1	Established equipment
BD hot saw	Ube	1	Type : Hydraulic slide type Brade dia. : 2 400 mm ϕ Brade rotation speed : 100 m/s Motor : AC 450 kW V-belt drive
Turn table	KHI	2	Type : Rack-pinion type Table length : 28 m Table width : No.1 1 900 mm No.2 750 mm

Table 5 Finishing mill line facilities

Equipment	Maker	Unit	Specifications
Finishing mill (VH mill)	IHI	4 × 2	Type : Horizontal mill × 2 × 2 Vertical mill × 2 × 2 Roll size : 950 mmφ × 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	Fuji Electric	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
Roll changing device	IHI	1	Stand frame on the 4 stands quick change type Construction : Stand frame 2 Side shifter 2 Drawing car 1 V-stand push puller 2 Roll changing rig 2 Guide changer 6
VH hot saw	KHI	2	Type : Hydraulic slide type Brade dia. : 2 000 mφ Brade rotation speed : 100 m/s Motor : AC 370 kW Bevel gear drive

- (2) 迅速スタンド交換を達成しつつ安定した圧延を行うため 1 ロール 1 カリバー方式で最大径 950 mmφ のロールを使用しているにもかかわらず、各ミルスタンド芯間距離 2.5 m と従来ミルの 1/2 というコンパクト化が図れ、中間ガイドレスとしている。
- (3) ロールショップでは、V ロール組替をクレーンレスで行うため、Fig. 2 に示すターナーにより V スタンドを 90 度回転させて 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、大幅な機械化、自動化ができる。
- (4) VH4 スタンドを材料芯一定とすることで安定した圧延が達成できた。具体的には、圧延機に基準線を与えたことになり、サイズにかかわらずハウジング内のロールに対して常に定位置にガイドセットができるようになった。これに伴い仕上ミル前後設備は、圧延サイズごとにパスライン調整を行う設備としている。
- (5) 圧延サイズ替時のセットアップは全てオフラインで行うことを基本構想とし、ロール組替する各スタンドはそれぞれ、油圧と電気制御系のオートカップラを配備して、オンラインと同等の機能を有している。

以上のように従来オフラインクレーン作業となっていたロールショップを機械化し、完全自動化することにより、同期化操業に大きく寄与するとともに、大幅な生産性向上が達成されている。VH ミルラインでは以上紹介した設備の他に、VH ミル入側にトンクシルターと嚙込性を補償するピンチロールを配置し、成品仕上げ鋸断用に 2 基のホットソーで高能率鋸断を行っている。これらの設備は全て完全自動化されており、操業要員としては、最低オンライン側（ミル・ホットソー）3 人、ロール旋削を含むオフラインロールショップ側 3 人で操業が可能な高生産性ラインとしている。Photo 2 に仕上ミルの全景を示す。

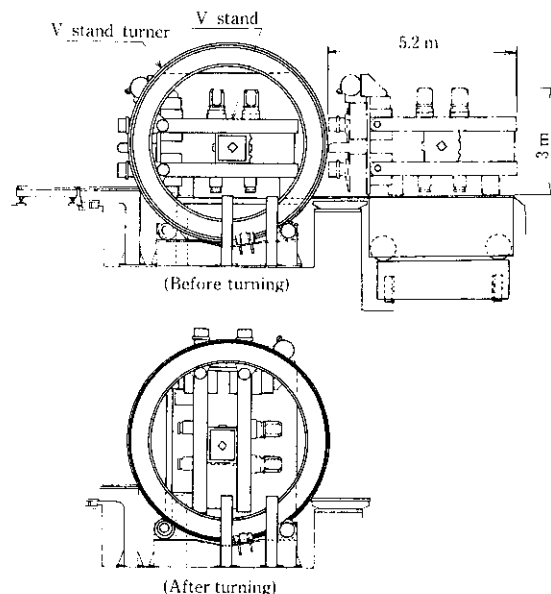


Fig. 2 Vertical mill turning device

3.5 冷却床および精整処理設備

丸ビレットおよび角ビレットは仕上げミルラインのホットソーで鋸断後、ビレット端面にビレット No. を打刻し、冷却床より丸ビレットと角ビレットの 2 つのルートに分かれて精整処理される。精整機器の設備仕様を Table 6 に示す。

(1) 丸ビレット用冷却床

本冷却床は圧延能力にマッチした搬送能力、冷却能力を有し、かつ冷却中の曲がり発生防止を目的としたウォーキング

Table 6 Conditioning line facilities

Equipment	Maker	Unit	Specifications
Cooling bed for round billet	KHI	2	Type : Walking beam (Be able to turn round billet) Size : 12.5 W × 51.5 m Max loading weight : 680 t Traverse stroke : 950 mm
C.B. for square billet	KHI	2	Established equipment from No.1 plate mill
Shot blast	Shintō Tōgyō	1	Type : Billet turning type with 3-rotors
Automatic press	Kojima	1	Type : Hydraulic horizontal press Pressing force : 1 500 t Material : 80 mm~450 mm
Automatic stamper	Narazaki	2	Type : One wheel air hammer type Number of figures : 16
Surface defect detector	Förster	1	Type : Magnetic leakage flux testing type Probe : Holl element 24 channel × 2 head Facility : Depth 0.3 mm Length 5 mm
Magnetic particle detection device	Shimadzu	1	Type : Billet turning type Facility : Depth 0.05 mm
Debaring machine	Noritake	2	Type : Grinder with turning roller
Automatic conditioning device	Noritake	2	Type : Fixed grindstone and reversible car type Grindstone size : 610 mm/203.2 mm × 75 mm Speed : 80 m/s max.
Automatic labeller	Kansai Seiko	3	Type : Swing head type
Label reader	Kansai Seiko	2	Type : Bar code reading type
Online-scaler	Kawatetsu Instruments	4	Type : Load cell type Ingot scaler 30 t BD bloom scaler 10/30 t (Range changing type) VH billet scaler 5 t Conditioning scaler 10 t
Hot surface defect defector	Hara Denshi	1	Type : Eddy current multi-probe fixed type Detection speed : 1.0 m/s Detection zone : 4 surface & 4 edge Number of channels : 84 Facility : Depth 1 mm
Profile meter	Tokyo Koon Denpa	1	Type : 90° swing optical type Source of light : Halogen lamp Measuring range : 60~280 mm (Round billet & square billet) Accuracy : ±70 μm

ビーム式レッペン型冷却床で、出側に水冷装置を有している。

(2) 角ビレット用冷却床

ウォーキングビーム方式で定ピッチに自動搬入され、冷却床上で等間隔にビレットが配列され、冷却中の反り、曲がりほとんど発生しない。

(3) 精整処理設備

精整ラインの特長は Fig. 1 のレイアウトからわかるように、各種品質保証機器と自動化機器とを有機的に結合し、特殊な場合を除いてオフラインに卸すことなく処理されるオンライン精整であり、生産構成に応じた能力バランスで操業されている。もうひとつの特長は、次工程の要求ロット単位に仕分けて出荷できる点にある。

3.6 品質保証機器

同期化、連続化操業は完全な品質保証体制の上に立って達成できる。現品管理、表面品質、寸法形状などを保証するため、各種の品質保証設備を導入して操業を支援すると共に棒鋼線材工場およびシームレス工場に良質なビレットを供給している。品質保証機器の仕様を精整ラインと併せて Table 6 に示す。

(1) ビレット熱間探傷機

主に線材棒鋼用ビレットの表面グラインダー手入の要否を判定することを狙いとして渦流式熱間探傷機を導入した。線材、棒鋼製品に要求される表面品質水準は品種、用途により大きな開きがある。冷間鍛造用棒鋼など表面無欠陥を要求さ

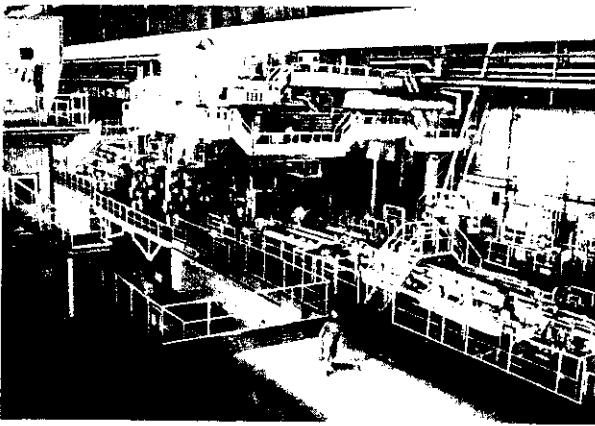


Photo 2 Billet mill line

れる用途ではビレット疵取りで対応することとして、この設備ではBDミル圧延後の中間サイズで深さ1.0 mm以上の疵を検出できるようにしている。

(2) プロフィールメータ

丸ビレットの寸法形状保証を主な狙いにしてVHミル出側にプロフィールメータを設置した。この設備は約2秒間に全周1回のサイクルで全長、全周にわたり径を連続測定する。

(3) 丸ビレット主探傷機と手入用グラインダー

外径110 mm ϕ ～350 mm ϕ までのシームレス用丸ビレットの表面欠陥を自動探傷し、疵をグラインダーで除去する。新ビレット工場稼動まで丸ビレットの手入は当社知多工場で行っていた。これを水島工場に移し、かつ疵検出精度の高い探傷機を設置することにより主に次の2点の改善を図った。

(a) 疵発生状況を早く、精度よく把握し、連铸、圧延工程の製造仕様改善に反映させる。

(b) 有害欠陥をビレットの出荷前に完全に除去することによりチューブの合格率を向上させると共に知多工場内での工程日数を短縮する。

シームレス用ビレットでは品質要求レベルから疵の深さ0.5 mmを保証している。主探傷機（漏洩磁束探傷機）は将来の機械構造用太丸棒鋼を製造する計画に対応するため、疵深さ0.3 mmまで検出可能な仕様としている。探傷機により疵有りと判断されたビレットは、手入台車に移載され、固定手入グラインダーにて、疵部を砥石研削する。特長は、1次検査で探傷されたビレットの疵位置および疵深さ、長さがマップとして、CPUに記憶され手入グラインダーへ情報として伝達されるため、自動研削が可能なこと、および再検査、再手入もオンラインで可能なことである。

(4) 磁粉探傷機

グラインダー手入後の疵残り再検査を目的に手入ラインの出側に磁粉探傷機を設置した。この再検査により製品に有害な欠陥は完全に検出、除去される。さらに将来の高級鋼に対応していくため、主探傷機で検出できない5/100 mm～10/100 mm深さの疵を検出できるようにしている。

(5) 現品識別管理

現品情報の管理はO/CとP/Cにて行われるが、1品ごとの識別のため熱間刻印機、ラベル貼付機、ラベル読取機を有してコンピュータ管理をサポートしている。ラベルにはバーコードが印字されており、次工程でこれを読み取ることにより、情報管理、自動制御が容易になる仕組みとしている。

3.7 丸ビレット出荷設備

精整ライン出側で次工程の要求通りに仕分けられたビレットは、新たに開発された旋回自動吊具、自動ラックを組み合わせた新出荷方式で出荷される。本方式の開発により従来、ワイヤロープ、マグネットなどの吊具を使用し、多数の玉掛要員による人的作業で行っていた出荷作業での安全性、確実性および要員の問題を一挙に解決した⁸⁾。Photo 3に新方式による貨車積状況を、Table 7に設備仕様を示す。

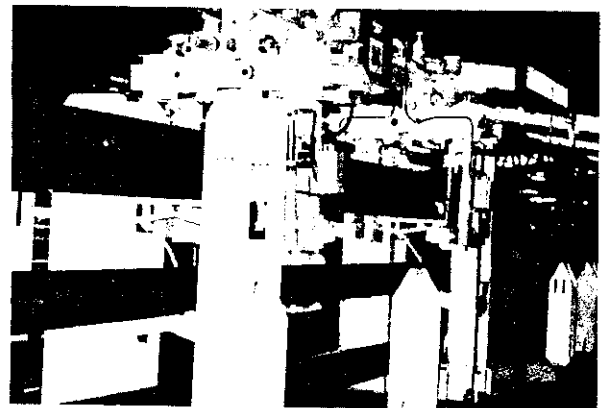


Photo 3 Shipping device

(1) 旋回自動吊具

旋回アーム、チェーンおよび自重を利用したリンク機構を有しクレーンマンのみで操作可能。

(2) 自動ラック

吊具によりビレットをラック内に入れると、材料の自重で次段の万棒が自動的に倒れ、次のビレットを受け入れ可能となる。本出荷ハンドリング方式は、従来困難とされていた丸ビレットパイリング出荷を可能としたもので、ビレット工場の出荷だけでなく、水島出荷岸壁での船積み、知多到着後の荷降し、知多材料ヤードなどへも適用されている。

3.8 ユーティリティ設備概要

新ビレット工場の建設は、既設1分塊と1厚板の両工場を改造、流用したので、工場ユーティリティは設備のみならず配管・配線に至るまで大幅に流用することができ、建設コストの低減に大きく寄与した。新設した機械・電気設備の油圧、給油脂に関しては省力を目的として一括補給ラインを設けると共に、集中監視システムを流用設備も含めて新設し、設備の予防保全に努めている。

Table 7 Shipping device specifications

Equipment	Maker	Unit	Specifications
Shipping device	Narazaki	1	Special lifting machine and rack Lifting weight : 20 t max.

3.9 電気設備概要

操業の連続化、自動化と製品の高級化を高度に達成すべく電気設備の主な狙いを以下のように設定した。

- (1) プロセスコントロールの全面採用による DDC 化
- (2) 広範囲な交流可変速駆動システムの採用
- (3) 高性能、高信頼性の自動運転システムの構築
- (4) センサーの高信頼化

3.9.1 電機品

省エネルギー、高信頼性、高保守性を主眼にした本設備の電機品において、駆動設備は、一部流用品を除き仕上圧延機用主電動機を含め、全交流化を実現させている。

(1) 仕上主電動機

主電動機は、全デジタル (DDC) 制御装置駆動のサイリスタモータ (1 200 kW × 2 台, 1 400 kW × 2 台) であり、4 スタンドのタンデムミルに世界で初めて全機適用されている。本システムの特長は、

- (a) 電動機は圧延機用直流電動機に準拠した高い過負荷耐量、高剛性を有している。
- (b) サイリスタ変換装置は電源に対しては高調波抑制のため 12 相、また電動機はサイリスタモータとして不可避のトルクリップル抑制のため 6 相駆動とし、好結果を得た。
- (c) 直流機と同等の制御特性が得られており、さらに DDC 化したことにより、速度制御精度が向上した。
- (d) 交流化したことにより整流火花の問題は全くなく、また DDC 化により故障診断機能が充実したため、信頼性、保守性が飛躍的に向上した。
- (e) 同等直流機に比し、2% 以上効率が向上した。さらに本装置にはインパクトドロップ補償オブザーバ制御を付加しており、圧延機への材料噛込み時の速度降下を低減し、成品の先端部の寸法精度が向上した。

(2) 補機電動機

新設備は全交流化を果たすため直流電動機の方野に適用可能な過負荷耐量の大きい交流可変電動機を開発・採用した。

- (a) 直流電動機の規格 (JEM1109) に準拠したものとし、定格仕様、取付寸法および軸端寸法を合わせた。
- (b) 駆動制御装置は電流形インバータとし、速度制御が必要なものはベクトル制御付とし、直流機と同等の特性を得た。これにより従来使用実績のない圧下、サイドガイド、ソーゲージ等全ての駆動系に適用できた。

旧 1 分塊設備の直流電動機は MG 方式であったがサイリスタレオナード化し、制御性能を向上させている。このうち粗圧延機用圧下電動機については DDC レオナードとし、圧下駆動機構を変更することなく所定の圧下位置精度が得られている。以上の外に、

- (a) 仕上圧延機群はスタンド交換方式であるが、スタンド単位に 1 台のオートカップラーにより自動連結化した。
 - (b) センサーは一部機種を除きマージンチェックの機能を有し、予防保全化した。
 - (c) HMD, CMD は光ファイバー式を採用し、アンプ部を分離設置したため冷却不要でエアーレス化した。
- などの特長を有している。

3.9.2 制御システム

制御システムは、製品品質向上のための制御機能に対しては

上位計算機にまかせ設備運転制御機能 (例、速度主幹、APC) を DDC 制御とし、徹底的に高速化を指向してきた。以下にその特長を示す。

(1) 高速伝送の採用

上位計算機との大容量の情報伝送は基本的に MODEM 伝送とし、高速を要する情報伝送 (例、トラッキング信号) は PIO 伝送とした。この目的で DDC 側にインターフェースコントローラ (IFC) を設けている。IFC とプラントコントローラ間の情報伝送はマルチコントロールバス (MCB) により情報の共有化を図り、プラントコントローラと DDC 間は高速伝送と耐ノイズ性から光データウェーを採用した。伝送系統を Fig. 3 に示す。

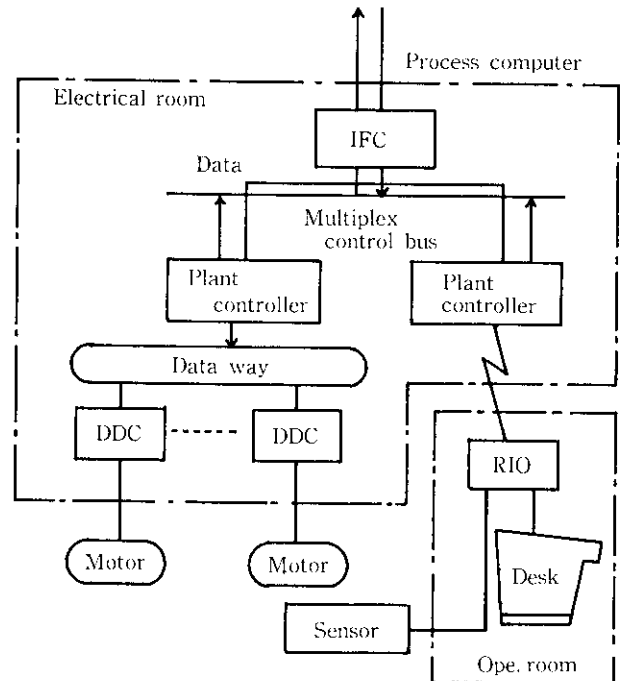


Fig. 3 Flow diagram of transmission

(2) リモート IO の採用

制御システムに必要なプロセス信号は、地域的に分散しているが、制御装置は保守性向上のため集中化されている。当工場においても 4 箇所の電気室に制御装置を集約し、またプロセス入出力用信号ケーブルを大幅に節減するため各運転室に信号を集め、リモート IO によりプラントコントローラに伝送し、効率化を図った。

3.10 全体システム構成概要

新ビレット工場では、連铸との同期化、連続化操業を行いながらビレット 1 本ごとの現品識別、品質保証を高速運転サイクルの条件下で実現するため、膨大な量の情報処理と高速処理という相反する要求を満足せねばならない。このため、Fig. 4 に示すようなコンピュータシステムの階層構成をとっている。

最上位の C/C は、オーダーエントリー、素材計算、製造命令作成、操業品質管理用データベースの構築などを主機能とし、本社、知多工場システムとインターフェイスしている。O C は C/C から製造命令を受け、物のハンドリングに合わせてタイムリーに下位システムに製造命令を与えると同時に、上工程操業実績の下工程へのフィードフォワード、オンライン合否判定などをリアルタイムで行う機能を有する。この結果、P C 以下は、

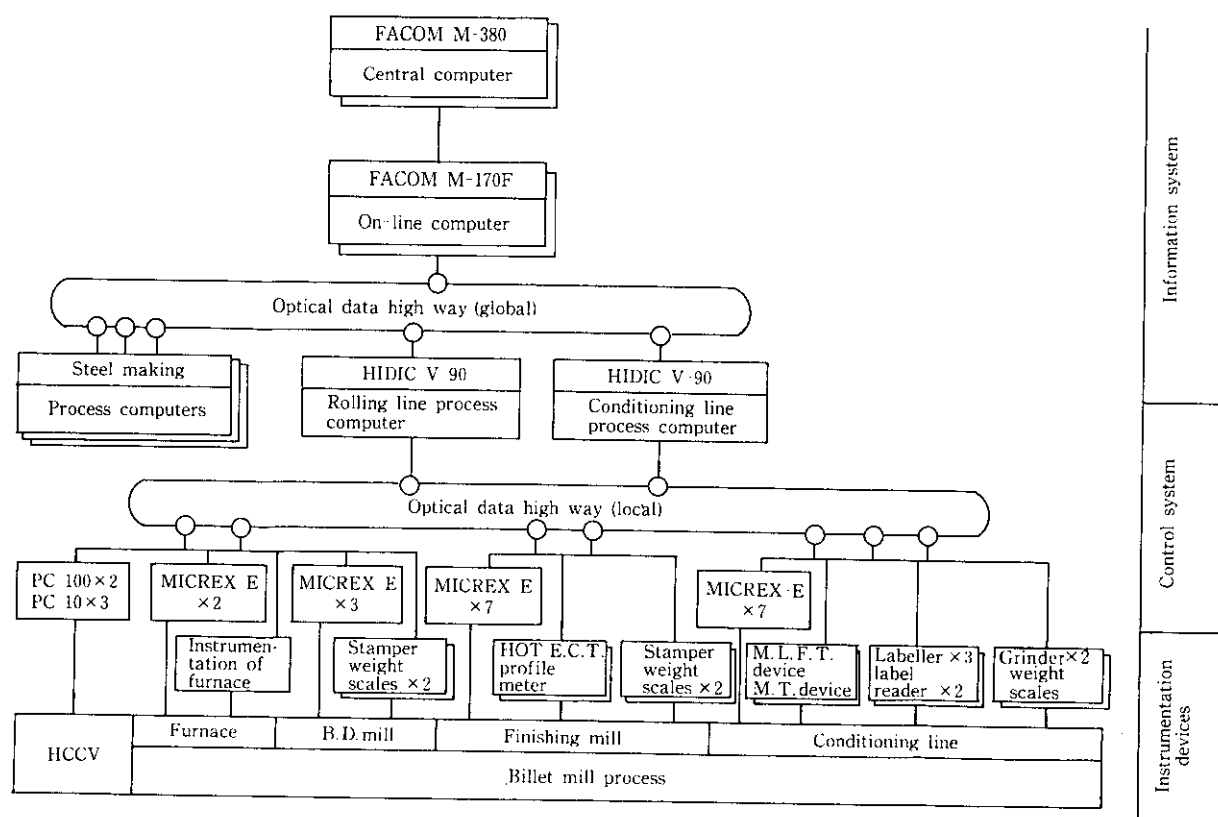


Fig. 4 Configuration of the billet mill information and control system

O/C から与えられた命令を基にプロセス制御に専念させている。P/C はトラッキングをベースとして、各設備制御に必要な設定データを電気 DDC、計装機器に対しセットアップすると共に、操業実績データを収集する。以上の情報ハンドリングは全てビレット 1 本毎独立に実施している。

4 操業状況

新ビレット工場の稼働は当社水島製鉄所にとって初めての大規模合理化（条鋼素材製造プロセスの合理化）のスタートであり、従来ビレットを製造していた他工場から要員、生産対象材を移行し、なおかつ、その供給体制に影響を与えないという制約条件の中で、旧 1 分塊粗ミルラインを 3 直で稼働させながら仕上ミル精整ラインを 3 月 1 直、4～6 月 2 直、7 月から 3 直として立上げてきた。その間、4 月には線材への素材供給を受け持っていた旧鋼片工場を止め、要員を受け入れて教育しながら品種移行を行ってきた。この間建設初期から順次参画させてきたオペレータが操業立上げの核となり、順調な立上げができた。Fig. 5 に立上げ状況として昭和 59 年 3 月から 8 月までの生産量、稼働率、圧延能力を示す。

4.1 稼働立上げ時期における問題点

水島製鉄所条鋼系列では、現在もう 1 つのリフレッシュ計画として、線材ブロックミル化の建設が進められており、その完成までの暫定期間、生産性の低い 82 mm 角がビレットミルの主力品種となっており、この影響がビレットミルの稼働初期トラブルと重なり、助長された形となって現われていた。以下具体例をあげながら発生した問題と対策について述べる。

(1) 82 mm 角サイズは計画時に対象品種とされていなかったが、

移行計画上、やむを得ず対応したため、設備、運転方案、システム面での検討不足の対応に追われ、安定して操業できるまでに 2 箇月を要した。具体的には、工場内各設備の能力アンバランスが引金となり、材料停滞—温度低下—センサー (HMD) 検出不能などという連鎖反応により自動運転を阻害したためであり、運転方案の見直し、レベルアップにより問題点の解消を図ると共に、トラブル発生時のソフトウェアの耐久性の向上を図ってきた。

- (2) ソフトウェアに関するトラブルは、いずれも稼働初期の異常ケースの発生に付随して顕在化してきたものが多く、一件対応による対策で急速に安定化してきた。これに関しては、膨大なシステムを稼働させるときの試運転デバッグ期間をどの程度に設定するかが、効率的なシステム開発を進めていく上での課題であろう。
 - (3) 自動運転のベースとなるセンサーに関しては、生産能率の上がり始めた 5 月頃よりトラブルが多くなり始めたが、振動、水、熱などの影響を受けて発生した問題が多く、調整、取付方法、タイプの見直しなどの抜本的対策により、減少してきている。
 - (4) 新工場の建設は新しい技術開発に挑戦しつつ行ってきたが、開発品に関して負わなければならないリスクは実績として稼働率に現われてきている。不具合部の改善がなされると共に、その効果を発揮してきている。
 - (5) ハードウェアに関しては、強度不足、熱対策不足、スケールの影響など反省しなければならない点が何件か発生したが、既設設備を流用した粗ミルラインは従来の低負荷操業から高負荷操業になってきたことを考慮して、今後よりきめ細かなメンテナンスにとりくんでいくつもりである。
- 稼働後に発生してきたトラブルはほとんど初期トラブルに類

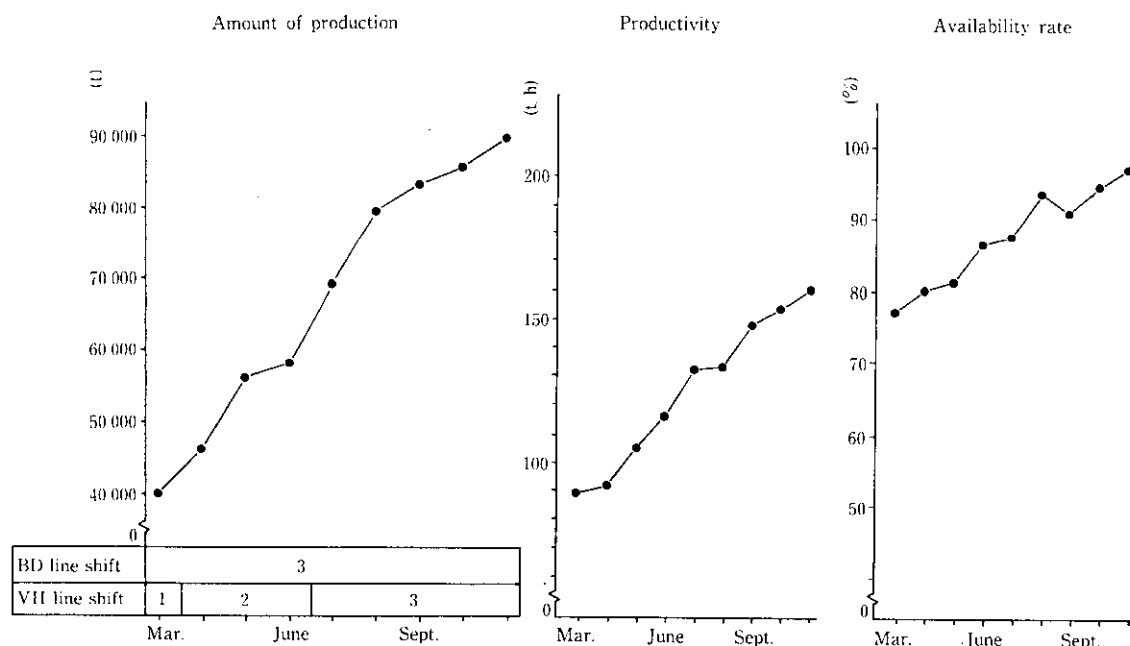


Fig. 5 Production transition

するものであり、半年を経過して安定化してきている状況から順調な立上がりであると評価してよいと考えている。

4.2 操業実績

稼動後半年間の操業は品種移行過程であり、まだ本来の品種構成に至っていないため操業実績に十分な効果が現われていないが、今後の見通しも含めて以下にその状況を述べる。

- (1) エネルギー原単位は低生産性の82 mm 角ビレット主体の操業のため未だ十分な効果を得ていないが、連铸との同期化操業状態にある場合は、当初目標とした 125×10^3 kcal/t の加熱原単位を達成しており、今後の向上の見通しを得ている。
- (2) 歩留はシームレス用丸ビレットで97.4%と当初計画した目標を達成している。
- (3) 寸法精度は公差 $\pm 1.5\%$ に対して、 $\pm 1.0\%$ 以内に十分入っており、精度の良い安定した圧延を当初より維持している。
- (4) 表面疵に関しては、粗ミル仕上げの太丸棒で当初肌荒れ疵が発生したが、カリバー形状とパススケジュールの見直しにより改善されている。仕上ミル圧延の細丸棒はロールの焼き付き疵、スリ疵など全くなく当初から良好な品質を維持している。

- (5) 丸ビレットのオンライン精整は表面疵自動探傷装置が安定しており、知多シームレスパイプ注文歩留の向上に寄与している。

など良好な状況にあり、建設中の新線材ミルが稼動した時点においては、リードタイムの短縮、在庫削減なども含めて目標とした効果が達成できると確信している。

5 結 言

新ビレット工場も稼動以来6箇月を経過し、おおむね順調な操業経過をたどってきた。その間製鋼～圧延間の連続化同期化操業が想像以上に難しいものであることを思い知らされたが、関係者の努力で迅速な対応がとられ、また、生産量の上向き傾向も幸いして計画時のイメージに近い操業ができるようになってきた。今後、設備、システム、運転とも一層のレベルアップを図り、大規模リフレッシュのモデルケースといわれるよう努力する所存である。終りにあたり新ビレット工場の計画建設操業に際してご指導、ご協力を頂いた関係者の皆様に心からお礼を申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 蜂谷整生, 浅野総一郎, 上川清太:「堺製鉄所 連铸-直送圧延法(CC-DR)」, 鉄鋼界, (1983) 7, 52
- 2) 蜂谷整生, 中島浩衛, 山口武和:「熱延材の連铸-熱延直接圧延プロセスにおける設備・技術と操業」, 鉄と鋼, 68 (1982) 4, S209
- 3) 河野拓夫, 島 孝次, 藤沢二次夫:「製鋼圧延直結化プロセス」, 鉄と鋼, 67 (1981) 12, S947
- 4) 原田慎三, 稲葉東寛, 仲 億, 小宮敏明, 尾花保雄, 小寺 稔:「パターン操業技術と多連铸技術(製鋼-圧延直結化プロセスの開発 第1報)」, 鉄と鋼, 68 (1982) 4, S213
- 5) 中西輝行, 大杉賢三, 中川康弘, 谷利修己, 板倉仁志, 上田徹雄:「製鋼-圧延同期化操業支援システムの開発(条鋼素材製造の合理化-1)」, 鉄と鋼, 70 (1984) 13, S1078
- 6) 中西輝行, 芳村嘉夫, 馬場和史, 有光 博, 瀬戸恒雄, 渡部修三:「熱铸件無人搬送台車システムの開発(条鋼素材製造の合理化-2)」, 鉄と鋼, 70 (1984) 13, S1079
- 7) 中西輝行, 瀬戸恒雄, 菊川裕幸, 藤本隆史, 永下山晴美:「VH4 連続スタンドの迅速ロール交換方式の開発(条鋼素材製造の合理化-3)」, 鉄と鋼, 70 (1984) 13, S1080
- 8) 中西輝行, 得丸豊久, 東岡晃二, 上野清博, 上杉周逸:「丸ビレット自動吊具, 自動ラックの開発」, 鉄と鋼, 70 (1984) 13, S1129