

川崎製鉄技報
KAWASAKI STEEL GIHO
Vol.17 (1985) No.1

新ビレット工場の品質保証

Development of On-Line Quality Assurance System in the New Billet Mill

山中 栄輔(Eisuke Yamanaka) 山崎 順次郎(Junjiro Yamasaki) 中川 康弘(Yasuhiro Nakagawa) 柴山 卓真(Takuma Shibayama) 三浦 隆義(Takayoshi Miura)

要旨：

水島製鉄所で条鋼用素材製造プロセスの合理化，連铸－圧延の同期化操業を目的としてブルーム連铸機のリフレッシュと新ビレット工場の建設を行った。ここに導入した品質保証システム，品質保証機器についてその概要を紹介した。製造仕様の自動設計，オンライン品質合否判定，品質保証検査設備，完全ピース管理，などの機能をそなえ，オンラインで品質を完全に保証できる体制を確立した。1984年2月稼動後，導入された設備とシステムが円滑にその機能を発揮し，操業の順調な立上りを支援すると共に，次工程での製品合格率の向上を達成し，新鋭設備にふさわしい高品質を提供するに至っている。

Synopsis：

To rationalize the manufacturing process of materials for longitudinal products and achieving synchronous operation between CC and rolling processes, a new billet mill has been constructed with the aim of modifying of No.1 and No.3 bloom casters at Mizushima Works. This paper reviews the outline of the sophisticated quality assurance system for the mill. The system whose functions are automatic designing of production specifications, on-line quality judgement with advanced NDI installations, and piecewise tracking and control forms a complete on-line quality assurance system. Since its commercial commissioning in February 1984, the full functioning of the system has greatly contributed to the smooth rating up of the mill and to the production of high-quality round and square billet, which has resulted in the significant improvement in the ratio of qualified products in the succeeding processes.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

山中 栄輔^{*2} 山崎 順次郎^{*3} 中川 康弘^{*4} 柴山 卓真^{*5} 三浦 隆義^{*6}

Development of On-Line Quality Assurance System in the New Billet Mill

Eisuke Yamanaka, Junjiro Yamasaki, Yasuhiro Nakagawa, Takuma Shibayama, Takayoshi Miura

要旨

水島製鉄所で条鋼用素材製造プロセスの合理化、連鋳-圧延の同期化操業を目的としてブルーム連鋳機のリフレッシュと新ビレット工場の建設を行った。ここに導入した品質保証システム、品質保証機器についてその概要を紹介した。製造仕様の自動設計、オンライン品質合否判定、品質保証検査設備、完全ピース管理、などの機能をそなえ、オンラインで品質を完全に保証できる体制を確立した。

1984年2月稼動後、導入された設備とシステムが円滑にその機能を発揮し、操業の順調な立上りを支援すると共に、次工程での製品合格率の向上を達成し、新鋭設備にふさわしい高品質を提供するに至っている。

Synopsis :

To rationalize the manufacturing process of materials for longitudinal products and achieving synchronous operation between C C and rolling processes, a new billet mill has been constructed with the aim of modifying of No. 1 and No. 3 bloom casters at Mizushima Works.

This paper reviews the outline of the sophisticated quality assurance system for the mill. The system whose functions are automatic designing of production specifications, on-line quality judgement with advanced NDI installations, and piecewise tracking and control forms a complete on-line quality assurance system.

Since its commercial commissioning in February 1984, the full functioning of the system has greatly contributed to the smooth rating up of the mill and to the production of high-quality round and square billet, which has resulted in the significant improvement in the ratio of qualified products in the succeeding processes.

1 緒 言

水島製鉄所の条鋼用素材製造プロセスの合理化、品質保証体制強化を目的として、大形工場、旧鋼片工場など三工場に分散していたビレットの圧延を一工場に集約し、連鋳-ビレット圧延の同期化、連続化操業を達成するため、ブルーム連鋳機のリフレッシュと新ビレット工場の建設を行った。

連続した製造プロセスの同期化操業は、各プロセスで品質を造り込み、かつこれをオンラインで評価する完全な品質保証の仕組みを持つことにより達成できる。連鋳-新ビレット工場では溶鋼、ブルーム、ビレット各々の製造プロセスにおいてこれを実施し、一貫品質保証体制の確立をはかった。

本稿ではこの体制の中に組み込んだ製造仕様設計、品質合否判定、品質保証検査設備、完全ピース管理、などの機能と特徴および製造されたビレットとシームレスパイプの品質実績の概要を述べる。

2 品質保証の狙いと仕組み

連鋳-ビレットミルの連続操業は完全な品質保証体制の上に達成され、設計通りの品質を造ることが最大の狙いである。それには各プロセスで高品質を製造、維持できる設備とこれに適

切な操業条件を指示する製造命令および製造された品質を評価し、検査する仕組みが必要である。特に連続操業においては品質不良によるリジェクトは操業停止を招く恐れがあり、製造段階での造り込みが不可欠である。設備上で配慮した点は3.1項に詳述する。

製造仕様の設計、命令伝達、オンライン合否判定をセントラルコンピュータ（以下C/Cと記す）、オンラインコンピュータ（以下O/Cと記す）プロセスコンピュータ（以下P/Cと記す）の3階層のコンピュータで支援する。各コンピュータが持つ役割りをFig. 1に示す。製造仕様はC/Cで自動設計しO/Cを経由してP/Cに伝達する。実績情報はこの逆のルートでC/Cの管理解析D/Bに蓄積する。品質実績はO/Cによるオンライン合否判定と熱間探傷機などによる直接的な現品検査の2段階で評価、判定する方法をとった。これに従って、合否判定システムを開発するとともに、ブルーム熱間探傷機、ビレット熱間探傷機などの品質保証設備を積極的に導入することにした。

またこれらの仕組みを有効に機能させるため現品と情報を完全にトラッキングしピース管理を行う。現品には刻印およびラベル貼付を行い、次工程にビレットが搬送された場合など、トラッキング範囲を外れたときにも確実に現品を認識できる仕組みとする。

更に知多製造所で造管するシームレスパイプでは受注-出荷のリードタイム短縮と通算歩留り向上が大きな課題である。こ

^{*1} 昭和59年10月26日原稿受付

^{*2} 水島製鉄所管理部条鋼管理室主査(課長)

^{*3} 水島製鉄所電気計装部電気計装技術室主査(課長)

^{*4} 水島製鉄所管理部条鋼管理室主査(掛長)

^{*5} 水島製鉄所管理部条鋼管理室主査(掛長)

^{*6} 水島製鉄所条鋼圧延部条鋼技術室主査(掛長)

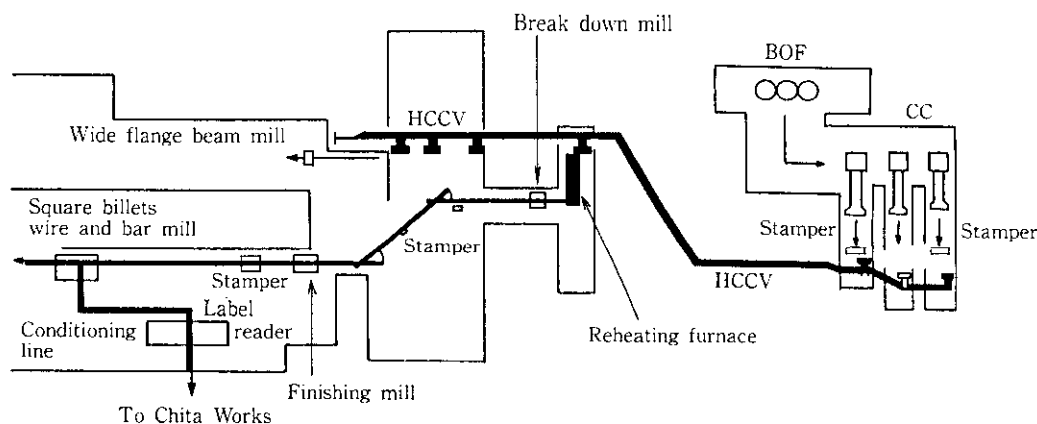


Fig. 2 Tracking area of bloom and billet

の管理は非常に重要な意味を持つ。更に同期化、連続操業の中で次工程圧延ロットを崩さずに発送するためには現品の完全なピーストラッキングとピース毎の搬出順序の保証が必要である。連铸～新ビレット工場ではトーチカッターでブルームが切断された時点から P/C によるトラッキングを開始し、熱片高速搬送台車(HCCV)、加熱炉、ミルライン、冷却床、精整ライン、払出しテーブルまで、ライン上はすべてコンピュータによるピーストラッキングを実施している。トラッキングの範囲を Fig. 2 に示す。

更に現品には刻印機による表示とラベル貼付を併用し完全を期している。表示桁数をつぎに示す。

ブルーム：トーチ切断後に熱間刻印(英数字7桁)

ビレット：ホットソー切断後に熱間刻印(英数字7桁)、冷却後ラベル貼付

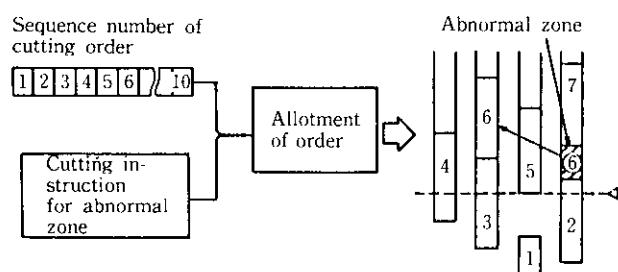


Fig. 3 Allotment of order for cutting

こうして完全に一品管理を実施しても複数のストランドを有するブルーム用連铸機では铸込トラブルなどにより各ストランド間のトーチ切断完了時刻が異なり、ブルームの搬出順が逆転するケースが発生する。

この逆転を防止し設計された順にブルームを搬出するために Fig. 3 に示す切断方法を採用した。すなわち切断命令では1本毎に採取する順序を指定しておき、トーチカッターまで早く引出されて来たストランドから順番に命令を割付けてゆく、途中、品質不具合や铸込停止ストランドが出た場合はその部分を外して命令を付け、良品が搬出される順序を完全に保証する。連铸搬出ラインのレイアウトを Fig. 4 に示す。

ビレットに関するトラッキングの詳細は別報「新ビレット工場の計測、制御自動化」に述べる³⁾。

3.4 オンライン合否判定

3.4.1 製造仕様の自動設計

受注したオーダの品質要求を満足させるための品質設計は各製品系列で行う。連铸およびビレットミルのシステムではこれを受けて設計された品質を保証するために必要な製造条件を素材製造仕様基準によって自動設計し、製鋼命令および圧延命令を作成する。O/C では命令指示された仕様と実績操業データを照合することにより合否判定を行う。この基準は標準仕様、特殊仕様および実験仕様に分類されている。

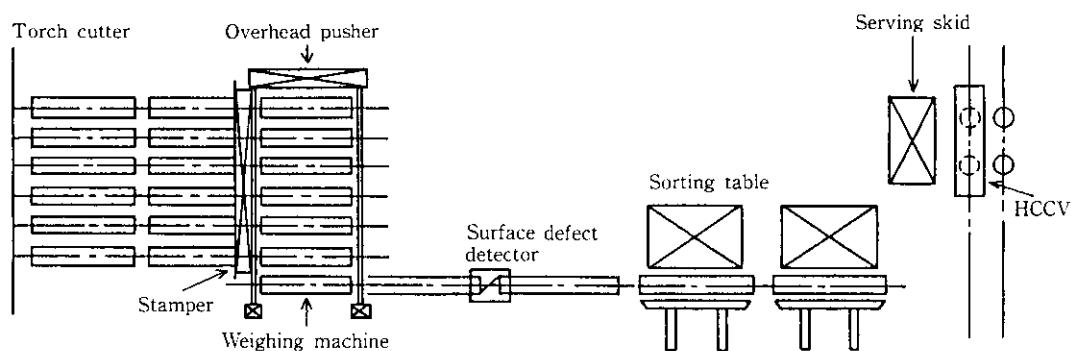


Fig. 4 Layout of discharging line

3.4.2 溶鋼化学成分の合否判定

化学成分の目標値と管理限界値を製鋼命令によって指示する。同時に最大 57 種類まで指示可能である。

- | | |
|-------------------------|-------|
| (1) 元素数 | 32 種類 |
| (2) Ni+Cr, Mn/S などの複合項目 | 9 種類 |
| (3) 炭素当量 (算出式, 管理限界値) | 16 種類 |

O/C ではこの管理限界値と分析 P/C より電送されてきた実績分析値を照合する事により次の 4 項目の判定を行う。

- (1) 取鍋代表分析
- (2) 取鍋最終分析
- (3) 取鍋内偏析 (代表と最終の差を一定限界内に管理する)
- (4) 連々継目判定 (隣接するヒートの分析値も管理限界内に入っていることを保証する)

判定の結果, 管理限界を外れた場合はトーチ切断長さの変更, チェック分析指定, などの処置を O/C が決定し, P/C に指示する。

3.4.3 連鑄および新ビレットミル操業合否判定

操業システムにおいては P/C が, 自身が持っている操業基準値および製造命令として伝達された管理限界値と操業実績データを照合し, 限界を外れたときに異常品として検出する。検出された異常情報を O/C に伝達し品質異常材として特別管理すべき範囲および現品の処置方法を決定する。連鑄操業で判定する項目を **Table 1**, ビレットミル操業で判定する項目を **Table 2** に示す。

更にこの判定結果を次工程にリアル電送し, 連鑄ブルームでの表面異常の場合はビレットミルでホットスカーファーに指示を出すなど, 次工程の操業指標として使用する。オペレータが発見した異常は, 異常コードを端末機よりマニュアル入力することにより管理範囲, 現品の処置方法を自動決定する。

3.5 品質保証・検査設備

連鑄と圧延間の連続化プロセスにおける品質保証は,

- (1) 熱間表面品質の管理
 - (2) 冷間表面品質の管理
 - (3) これら品質情報のビレット 1 本毎のトレーサビリティの確立と手入れ装置とのドッキング
- が, 重要な課題である。

熱間表面に関しては, **Fig. 5** に示すように, ブルーム段階での表面探傷とビレット中間段階での表面探傷に分けられ, それぞれの段階での疵性状とブルーム表面性状に合わせた探傷方法を適用している。ブルーム段階では連鑄特有のオシレーションマークと表面温度の大きな変動という制約の中で, 比較的粗大な欠陥を検出することを目的として熱間ショットブラストと光学的探傷法を採用した。これによりブルームでの疵発生水準の把握と連鑄操業へのフィードバックを行う。

ビレット中間段階での熱間表面は, 圧延された表面でかつ温度が 850℃ 以上安定していることから, 連絡テーブルに熱間渦流探傷機を適用している。本装置による探傷は, 特に棒線向け角ビレットの無手入仕分けを目的として, 1.0 mm 深さ以上, 開口 0.1 mm 以上, 長さ 10 mm~120 mm のシーム疵, スケール疵, へげ疵を検出することをねらいとしている。

次に, 冷間探傷装置として, 知多向けのシームレス用ビレットおよび熱間圧延大型棒鋼を探傷するために, 全自動漏洩磁束探傷法と磁粉探傷法を採用した。漏洩磁束探傷装置で自動疵マ

Table 1 Main items of quality judgement on continuous casting operation

Process	Items
Tundish	1) Temperature of molten steel in tundish 2) Weight of molten steel in tundish 3) Type of air sealing between ladle to tundish 4) Type of refractory lining in tundish
Mould	1) Casting speed 2) Deviation of metal meniscus 3) Type of mould powder 4) Type of immersed nozzle 5) Oscillation cycles and pattern
Secondary cooling and pinch roll zone	1) Flow rate of mould spray water 2) EMS conditions (Amp. Hz) 3) Roller apron gap
Torch cutter discharge line	1) Bloom weight 2) Bloom cutting length

Table 2 Main items of quality judgement on billet mill operations

Process	Item
Furnace	1) Total heating time 2) Holding time on high temperature of bloom surface 3) Holding time on high temperature of bloom core 4) Maximum surface temperature during heating 5) CO concentration in waste gas 6) O ₂ concentration in waste gas
Break down mill line	1) Bloom weight 2) Bloom cutting length
VH mill line	1) Billet weight 2) Billet cutting length

ーキング実施後, グラインダ研削し, 再度磁粉探傷装置により研削残りや見逃しの発生を防止し万全を期している。

以上の探傷装置で探傷された疵情報は, ビレット 1 本毎の品質情報として, P/C からデータ収集されホットソー切断後のプロセス実績情報として C/C に伝送され, トータル 5 000 キャラクター/ビレットのデータベースがつけられている。

3.5.1 ブルーム熱間表面探傷⁴⁾

連鑄熱間表面探傷装置を, 第 1 連鑄機搬出ラインに設置した。

Table 3 は, 本探傷装置が検出する欠陥とその大きさを示す。へげ, あばたのような面状の欠陥, 縦割れ, 横割れのような線状の欠陥, ブローホール等の点状の欠陥がすべて探傷対象である。

本探傷装置の主要仕様を **Table 4** に示す。Table 3 の欠陥に対応すべく, 1 024 ビットのフォトダイオードアレイを用い, 走査速度を 2 ms/scan とした。ライン速度が 22 m/min であるた

め、一走査線がブルーム表面 0.73 mm (長手方向) に相当する。Fig. 6 に探傷装置の構成を示す。探傷面はブルームの 4 面すべてであり、検出ヘッドは各面個別に設置している。検出ヘッド内部には、投光用のプロジェクタシステムおよび探傷用のカ

メラを内蔵している。

信号処理部には、オペレータが介入して探傷することを考慮して次の機能を持たせた。

(1) ブルーム表面の背景信号の圧縮処理と欠陥部の強調処理。

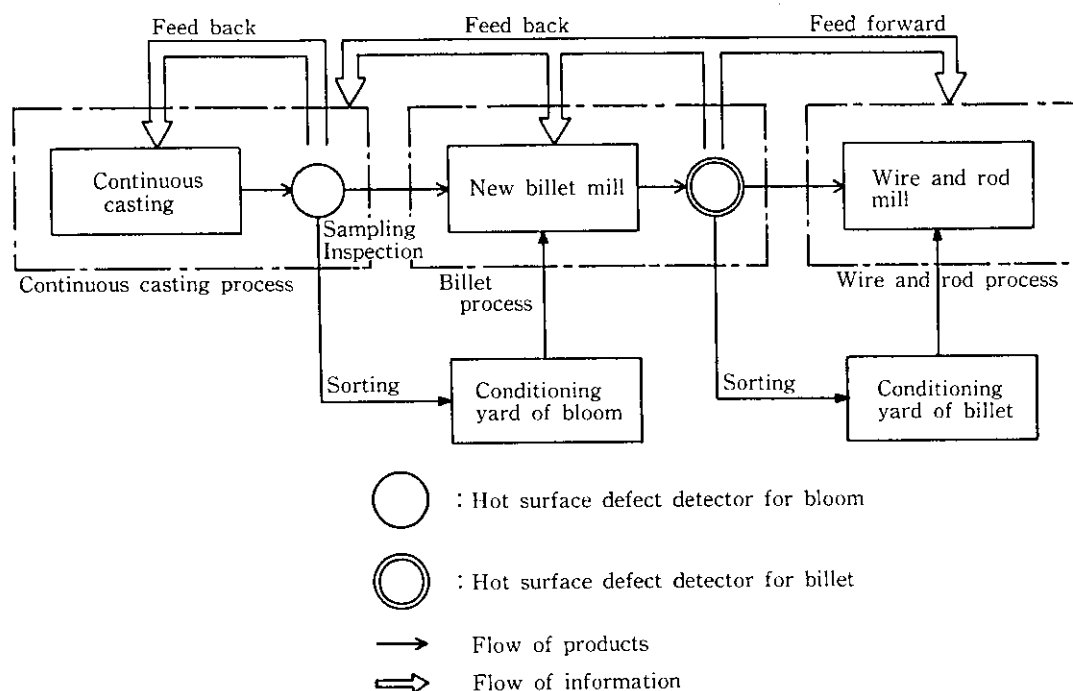


Fig. 5 The position of the hot surface defect detectors in the quality assurance system

Table 3 Defects to be detected by optical method in delivery line in No. 1 continuous casting machine

Defect	Detection target (minimum size)
Rough surface	100 mm length
Scab	50 mm diameter
Crater	20 mm length
Depression	100 mm length
Cavity	200 mm diameter
Transverse corner crack	2 mm depth, 30 mm length
Scratch	1 mm depth, 100 mm length
Blowhole	3 mm diameter
Longitudinal crack	30 mm length
Cross crack	30 mm length

Table 4 Specifications for hot surface flaw detector at the No. 1 continuous casting machine

Item	Specifications
Line speed	22 m/min
Image sensor	Linear array image sensor 1 024 elements
Scanning period	2 ms
Field of view	400 mm
Signal processing	Image enhanced
Image display speed	½~1 time as fast as line speed

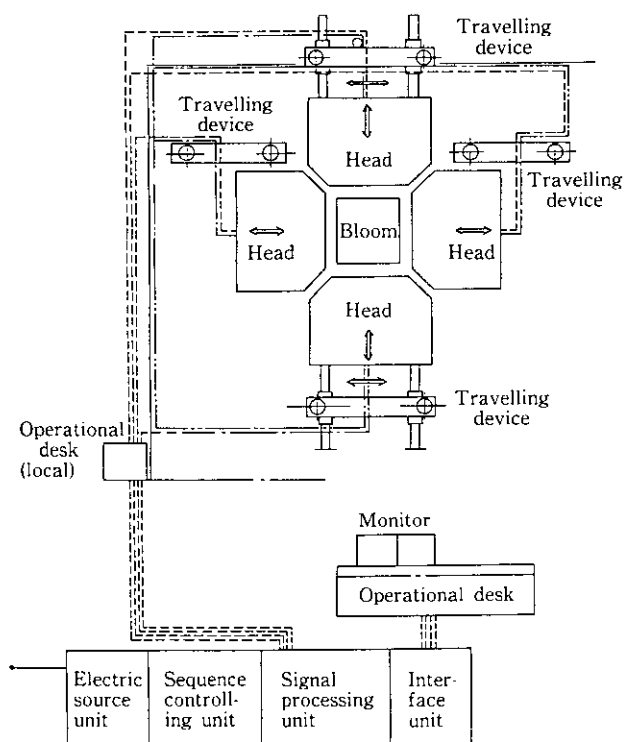


Fig. 6 Schema of hot surface defect detector for bloom

(2) オペレータが判断しやすいよう画面の低速再生。

熱間ショットブラストの投射量は、 $36 \sim 40 \text{ kg/m}^2$ に設定した。この値以下では、表面にスケールが残存し、またこの値以上になるとショット粒痕跡が大きくなり、いずれも探傷信号のS/Nの低下を招く。

Photo 1は、熱間ショットブラストを施したのちのブルーム表面を本探傷装置で撮影し、信号処理した画面である。ブルームの背景信号がほぼ一様化され、欠陥部が黒く強調されている(Photo 1の矢印)ことがわかる。この画面をオペレータが観察し、欠陥の有無を判断する。

熱間表面探傷の要、不要は連铸命令作成時点で鋼片単位に付与される。P/Cはこの命令に基づき、探傷の必要な鋼片をトラッキングし、鋼片単位にショットブラスト装置、探傷装置を制御する。

探傷結果は、当該鋼片のホットチャージ可否、非探傷鋼片の処置および操業の継続の可否、などの判断に使用する。

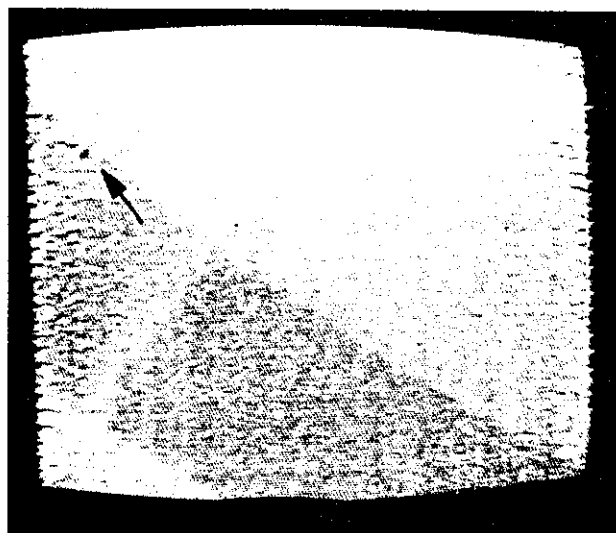


Photo. 1 An enhanced display of CRT in the detector (the surface of bloom after shot blasting)

3.5.2 ビレット熱間表面探傷

本探傷装置は、別報「新ビレット工場の建設と操業⁹⁾」においてその概要を述べるが、その特徴はブルーム熱間表面における固定ヘッドプローブ方式によるシーム疵検出である。探傷方法としては、回転プローブ方式も合わせて検討したが、構造の複雑さとコーナ探傷の回転プローブでの困難さ、装置のライン組込みの困難さから、固定ヘッド方式を開発した。本方式の問題は

- (1) プローブの疵形状に対する検出特性の安定性の確保
- (2) 疵のプローブ下通過位置による検出特性
- (3) 疵とプローブの通過角度の出力特性

等、従来シーム疵に対する固定プローブでの検出限界をクリアすることになった。これらの問題は角型プローブの形状の決定とチャンネル数の決定に関わり、実験を通して検証することにより固定ヘッドプローブでも十分熱間圧延表面のシーム疵探傷が可能であることが分かった。

Fig. 7はコイル形状と人工疵の出力特性を示すが、 l と l' の比が $8:4:8$ 型プローブが固定ヘッド方式には最適であることが分かった。Fig. 8は本プローブの疵進入角度と信号出力の関係を示すものであるが、本プローブではほぼ進入角度によらない安定した出力特性を示すことが分かる。次にFig. 9はプローブの有効検出幅を決定するプローブの特性データである。 1.0 mm 深さの疵に対して $\pm 7.5\%$ の出力変動を許容する範囲は $\pm 6 \text{ mm}$ であり、これをプローブの有効検出範囲とし、コーナを含めて1つのユニットを21チャンネル、トータル84チャンネルの、マルチチャンネルの固定ヘッド方式の熱間渦流探傷装置を開発した。

Fig. 10は本探傷装置の全体図である。本装置の前後にはピンチローラを配し、入側にはエアシリンダによるセンタリング装置を設置している。校正方法は、オフラインの校正位置でステンレス表面の 1 mm 深さの人工疵により複列往復作動方式を用いて全自動四面校正を行う。プローブの冷却は浄水循環方式で所要水量 350 l/min である。探傷スピードは 1.0 m/min である。

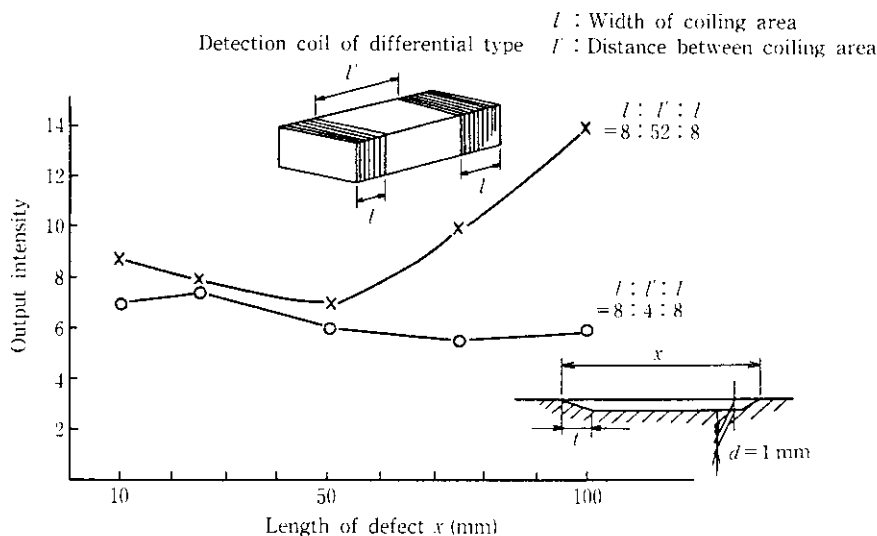


Fig. 7 The output characteristics and the dimension of detection coil (by artificial defect)

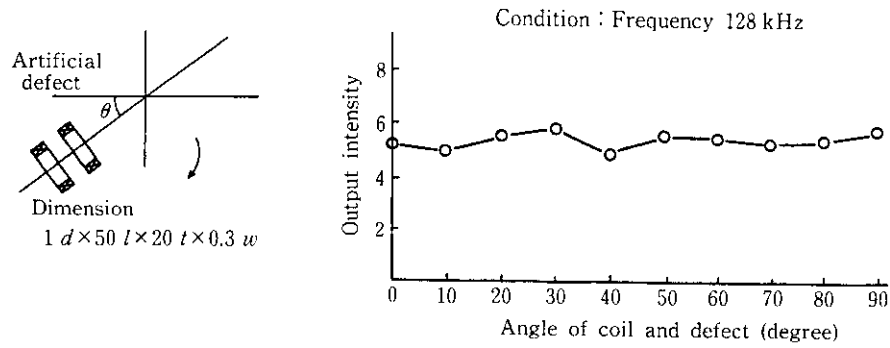


Fig. 8 Relation of the signal intensity and the angle of coil and defect

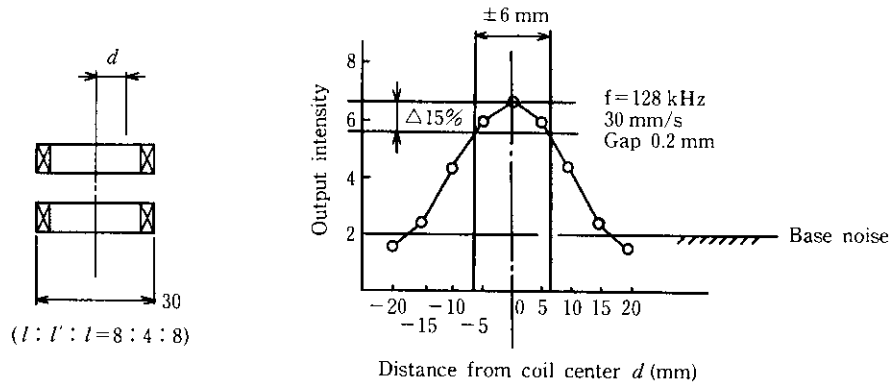


Fig. 9 Effective area of detection coil in the width direction

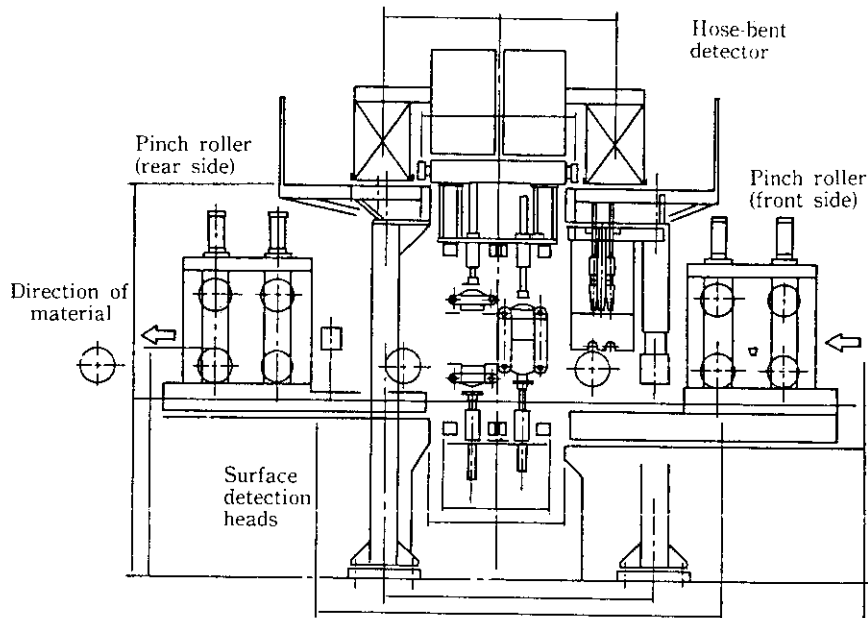


Fig. 10 Front view of hot eddy current testing device

Fig. 11 は、熱間における人工疵による探傷性能を平坦部、コーナ部について位相角によって調査したものであるが、位相 80° 近辺にコーナ、平坦部とも最適位相が存在することが分かる。Fig. 12, 13 は、これらの S/N 特性評価をしたときのチャンネルからの位相検波後のアナログ出力と位相平面上の信号軌跡である。これらのチャートから位相面でバックグラウンドノイズとなっている搬送中のノイズは、疵信号とはほぼ同一位相を持っていることが分かる。探傷中のビレットのスムーズな搬送が

重要であり、位相検波や位相フィルターによるバックグラウンドノイズの抑制に限界があり、安定した搬送方法の実現とプローブユニットの完全なビレットへの倣い方法の実現が重要であることを示唆している。本装置では、先に述べたように前後にピンチロールを配して搬送中に伝わるロール振動を抑制した。一方、倣い装置はエアサーボ方式を採用し、材料振動または曲り形状に対してプローブユニットの完全な倣いが可能のように装置を構成している。

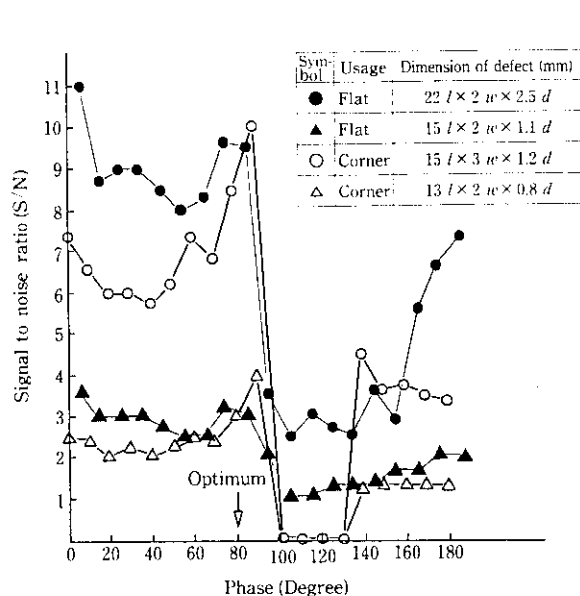
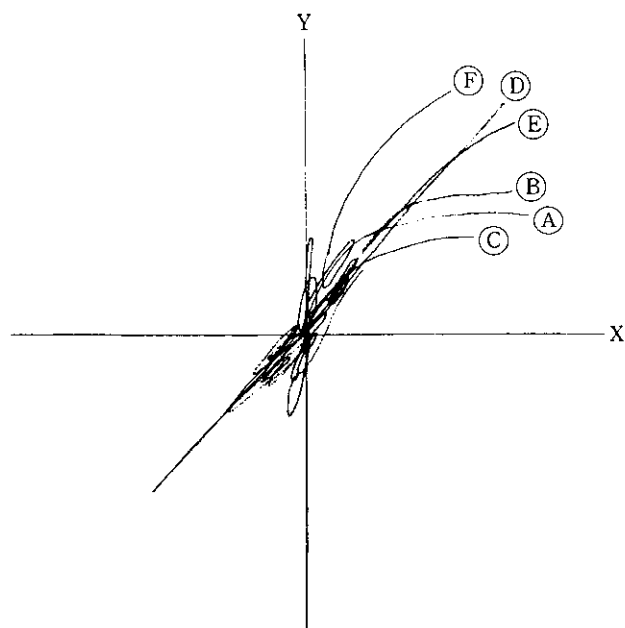


Fig. 11 Detectability of hot eddy current testing device (flat surface and corner)



Ⓐ~Ⓕ: Corresponding to Fig.12

Fig. 13 Analog output of hot eddy current testing device indicated on gaussian plane

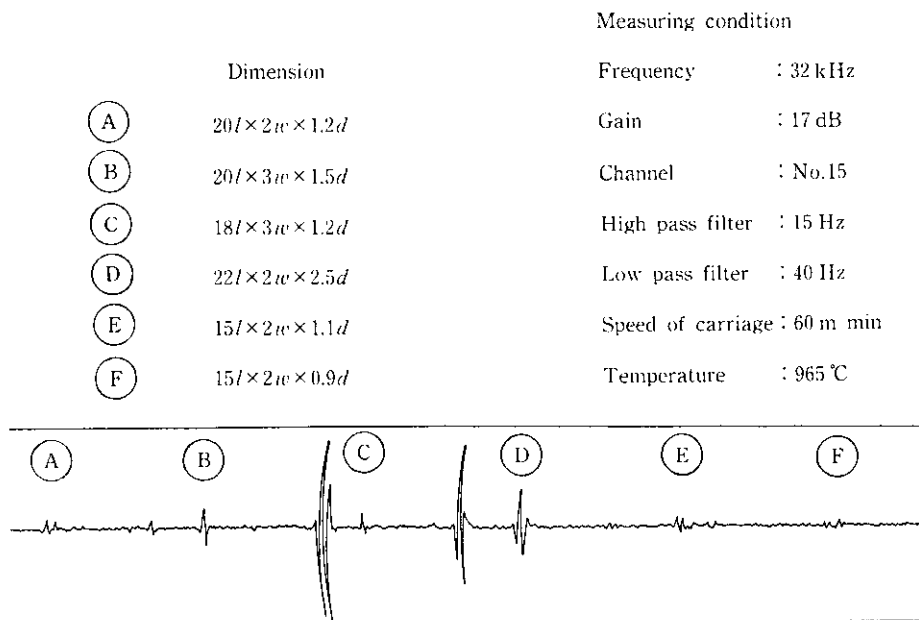


Fig. 12 Analog output of hot eddy current testing device (after phase detection)

本装置による探傷レベルの決定はO/Cによって大中小の傷判定レベルが鋼種規格毎に決定されP/Cを経由して探傷機側のマイコンに伝送される。探傷装置は搬送テーブルからの信号を取り込み、50 mm ピッチでピレット長さ方向に探傷し、シフトレジスタを介してP/Cに探傷結果を伝送する。P/Cは、全チャンネルの疵ステータスを50 mm 毎に走査し、ピレットの疵マップを作成する。Fig. 14はP/CからCRT画面に出力された4面4コーナーの探傷結果の表示画面の一例である。これらの疵情報はVHミル圧延前の探傷結果であり、ピレットがホットソーで鋸断されたあとは、ピレット1本毎の品質情報としてトラ

ッキングする。

3.5.3 冷間表面探傷

冷間における表面探傷は、丸ピレット全量を対象とし、品質保証の最終段として位置づけられ、次の特徴を有する。

- (1) へげ、縦割れを中心とした微細疵(5 mm $l \times$ 0.3 mm d)を検出するため、検出端にホール素子を用い高密度配置した。
- (2) 探傷をセンサー部、研削をアクチュエータ部とする自動手入れシステムとした。
- (3) 精整設備で処理される全丸ピレットを探傷するため、探傷速度の高度化をはかった。

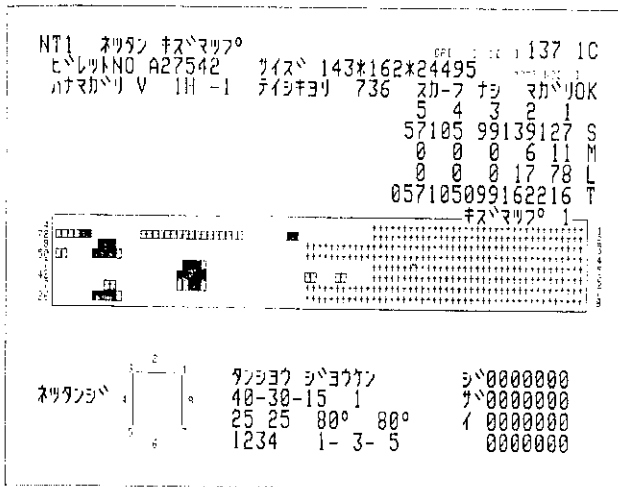


Fig. 14 CRT display of the result of hot eddy current testing device

設備としては、漏洩磁束探傷方式の自動磁気探傷機を一基、および研削装置後に、走間磁粉探傷装置を一基設置した。各装置の仕様を Table 5、6 に示す。

Table 5 Specification of defect detecting device by magnetic leakage flux testing method

Item	specification
Detection method	Magnetic leakage flux testing method
Magnetizing method	AC magnetizing (3 kHz)
Detectability	0.3 mm(depth), 5 mm(length) for scabs and longitudinal cracks
Detecting device	Hall element
Distribution of device detecting	Pitch: 5 mm Number of device: 24 (on each head) Direction: longitudinal direction of billet
Detection coverage	120 mm/rev.
Rotating speed of turning roller	0.5 m/s-1.2 m/s
Capacity	80 000 t/month
Marking on defects	Three level (large, middle, small)

Table 6 Specifications of magnetic particle testing device

Item	Specifications
Method	Axis plod method Encircling coil method
Detectability	0.2 mm (depth), 5 mm (length) for scabs and longitudinal crack
Magnetization	6 000 A for axis plod method 10 000 AT (Ampere turn) for encircling coil method
Automatic position control of contacting rollers (electric poles)	4 step due to diameter of bilite

Fig. 15 は自動磁気探傷装置の全体図である。本装置はガントリータイプで、処理能率向上とダウン時の危険分散のため2台の探傷台車をもつ。検査材の丸ビレットがターニングローラ上で回転し、探傷台車が横行することで、スパイラル状に丸ビレット表面を走査する。ターニングローラの回転を PLG で検出し、横行速度を周波数制御し、さらに端面部ではその場回転をすることで、丸ビレット表面全体を探傷している。ガイドによってヘッドを材料に強制的に追従させることにより、最高 1.2 m/s のビレット回転周速を得て月間処理量 80 000 t を可能にしている。検出端には、微細化した疵を検出するために、小型で温度係数が小さくかつ高感度のホール素子を 5 mm ピッチで 24 ch (各台車) 配した。多チャンネル化により生じる素子の感度差は、校正時に補償している。感度校正は、専用のマイコンを伴った信号処理装置により自動化した。これによりオペレータの負荷を軽減すると同時に、校正作業自体の精度向上を図った。

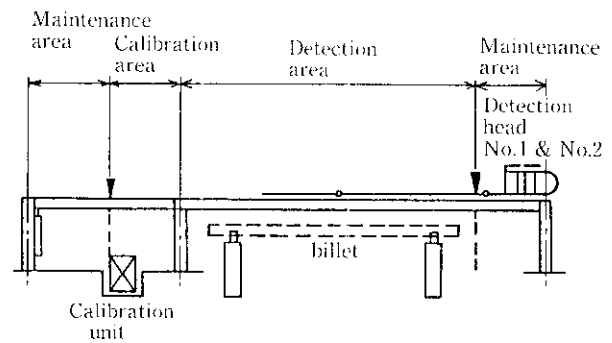


Fig. 15 Front view of magnetic leakage flux testing device

探傷結果はビレット直上にマーキングするとともに、疵信号を P/C に伝送し、疵の深さ (大中小 3 区分) と疵の位置を 2 次元に展開して表示した「疵マップ」を作成している。Photo 2 にその一例を示す。ビレット全体を径方向に 2 分割 (1, 2), 長手方向に 4 分割 (A, B, C, D) したものの 1 両面を表示している。この疵マップ作成においては、スリップ等起因する位置誤差を補正するため、ビレット 1 回転ごとの基準位置を示す「原点マーク」(幅 3 mm × 長さ 200 mm の蛍光塗料によるマーク) をビレット上に書き込み、それを探傷中にビレット下面から検出している。原点マークを基準として、本疵マップは次工程の研削装置に伝送され、研削装置を自動駆動 (位置決めと

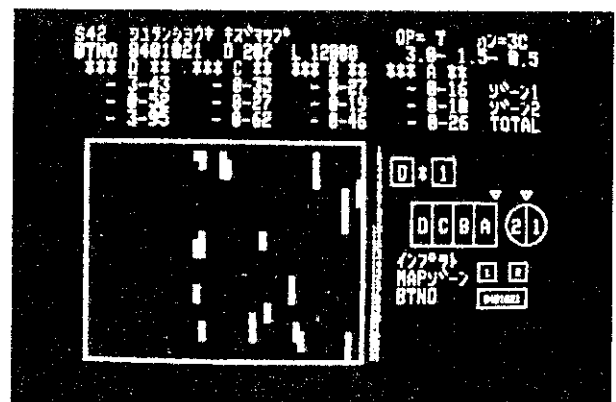


Photo. 2 An example of defect map

研削パス回数) し、全自動手入れシステムを形成している。マーキングについては、疵深さに応じ大中小3区分とし、色分けした。また、直上に打つために、マーキングガンを直流駆動化して応答性を改善し、さらに径と回転周速の補正を加え±5 mmの精度を得ている。

本装置の検出能力についての一例を Fig. 16 に示す。へげ、縦割れについては、当初設定の0.3 mm 傷深さを検出している。本装置で得られた疵マップはビレット1本毎に、1000キャラクタの情報として、C/Cへ蓄積されている。

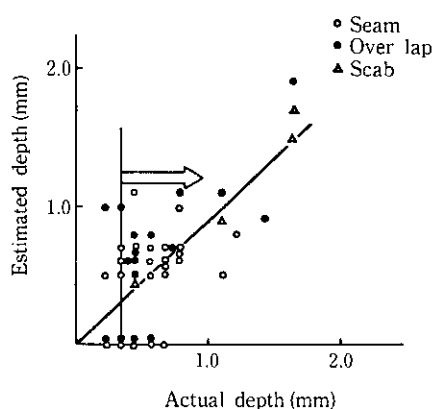


Fig. 16 Detectability of magnetic leakage flux testing device

4 品質実績

4.1 表面品質の概要

Table 7 に新ビレット工場製丸ビレットの表面品質の概要を大形工場製との比較、および、表面品質改善内容を示す。

新ビレット工場製丸ビレットでは圧延起因の欠陥はほとんど発生せず、高張力鋼やNb, V 含有鋼に発生していたブルーム起因の欠陥も減少している。

4.2 ブルーム表面疵に起因する欠陥

Fig. 17 に浸漬ノズル形状の違いによる線状疵の発生傾向を示す。ノズル内径の変更により、ブルームのブローホール欠陥

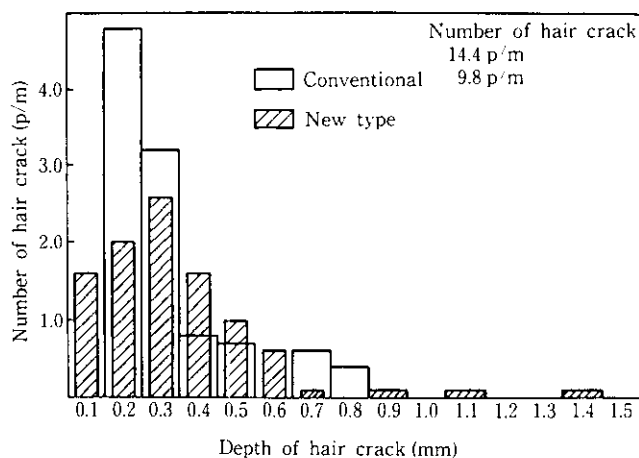


Fig. 17 Influence of immersion nozzle type on the distribution for depth of hair crack

に起因するビレットの線状疵が減少している。この傾向は、造管後のパイプで欠陥となって現われる0.5 mm 以上深さの疵についても同様にみられる。

また、ビレットの縦割れ、およびへげ欠陥についても、ノズル内径の大径化により減少した。これは、浸漬ノズルからの吐出流速が小さくなるとともに、吐出流の侵入深さが浅くなった結果、ブルームの縦割れおよびノロカミ欠陥が減少したためである。

4.3 圧延疵

新ビレット工場においては圧延疵の発生を防止するために種々の対策を実施しているが、これを以下に示す。

- (1) ローラーガイド化によるガイド疵を主とするかき疵の減少
- (2) VH ミル連続圧延化
- (3) ウォーキングビーム式シフトトランスファーの採用

4.4 丸ビレット表面不良率

ブルーム表面疵に起因する欠陥および圧延疵の発生防止を図った結果、新ビレット工場製丸ビレットの表面欠陥による不良率は Table 8 に示すように、旧ビレット工場製に比べて減少した。表面品質の良好なブルームを受けて、ホットチャージ後一部の鋼種を除いてホットスカーフなしで圧延しても問題なく製

Table 7 Comparison of surface defect of round billet and content of improvement about quality

Source	Surface defect	Billet mill	Wide flange beam mill	Improvement on billet mill
Surface defect of bloom	Longitudinal crack	No crack	Occurs on high tension steel	Improvement of immersion nozzle type in continuous casting
	Hair crack and scab	Average 10 number/billet	Average 14 number/billet	Improvement of immersion nozzle type in continuous casting
	Transverse crack	No crack with bloom of small cross section	Occurs on medium carbon, Nb content, or V content steel	Decrease of transverse crack by reduction of cross section area on bloom
Rolling	Scratch	No defect	Average 0.35 number/billet	Continuous rolling
	Over lap	No defect	Average 0.04 number/billet	
	Overfilled	No defect	Average 0.03 number/billet	

Table 8 Comparison of surface defect of round billet for mill (investigation term 59/2-7)

Mill	Nonconformance index of round billet
Wide flange beam mill	60
Billet mill	6

造可能である。

4.5 シームレスパイプの造管成績

4.5.1 表面手入れ率

Table 9 にシームレスパイプの表面手入れ率のビレット工場による差を示すが、新ビレット工場製のものは表面手入れ率が大幅に減少している。

旧ビレット工場ではビレットを一部酸洗後、残りを黒皮目視でビレット疵手入れを実施していた。

それに対して、新ビレット工場では、ビレット全数について3章に示す冷間 NDI 装置および自動グライング設備により検査と手入れが行われている。

Table 9 Conditioning index of surface defect of seamless pipe (investigation 59/2-7)

Mill	Conditioning index of surface defect of pipe
Wide flange beam mill	100
Billet mill	48

4.5.2 表面不良率

Table 10 にシームレスパイプの表面不良率を示す。新ビレット工場化により、ビレット表面の検査と手入れ方法が改善され表面手入れ率とともに表面不良率が減少している。

Table 10 Nonconformance index of surface defect of seamless pipe (investigation term, 59/2-7)

Mill	Nonconformance index of surface defect of pipe
Wide flange beam mill	100
Billet mill	41

4.6 棒鋼・線材向け角ビレットの品質

角ビレットにおいても先述の素材疵および圧延疵防止対策により良好な表面品質が得られており、冷間圧造用鋼、SC・合金鋼等の表面品質の向上を実現している。

また新ビレット工場製のビレットは、切断長さのバラツキが小さく、後工程（棒鋼工場）での全長均一加熱に有利なこと、およびビレット断面寸法自体のバラツキが小さいことによって、高寸法精度の丸棒の製造に寄与している。

5 結 言

連铸との同期化操業を追求して建設された新ビレット工場の品質保証システムおよび品質保証機器の機能、得られた成果について概要を記述した。これらの新鋭機器とシステムが円滑にその機能を発揮し、連铸圧延間連続化操業の順調な立上りを支援している。更にシームレスパイプの内外面欠陥の減少にみられるように、製造ラインにおける高品質の造り込み、ブルームおよびビレットの表面欠陥を高精度に検出、手入除去する仕組みの開発、などの成果により次工程に対して新鋭設備にふさわしい高品質を提供するに至っている。

今後は製造技術の向上、設備改善、新技術の開発に努力し、更に水準の高い品質保証をめざすと共に工程日数の短縮、指定尺率の向上、寸法、重量のバラツキ減少、など幅広い意味での品質向上をはかってゆく所存である。

参 考 文 献

- 1) 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) 1, 23-31
- 2) 永井 潤, 児玉正範, 蓮沼純一, 高柴信元, 坂本 実, 浜田信之: 鉄と鋼, 69 (1983) 12, S983
- 3) 山崎順次郎, 中西輝行, 中路 茂, 馬場和史, 菊川裕幸, 藤本隆史: 川崎製鉄技報, 17 (1985) 1, 13-22
- 4) H. Yamane, M. Ogawa, S. Nakaji, J. Hasunuma and S.

- Deshimaru: "Scan Conditioning", First International Conference on Surface Conditioning and Detection of Surface Defects, MEFÖS LULEÅ (Sweden), June (1984)
- 5) 平井信恒, 吉原正典, 中西輝行: 川崎製鉄技報, 17 (1985) 1, 3-12
- 6) 新庄 豊, 中西恭二, 大宮 茂, 大西正之: 鉄と鋼, 70 (1984) 4, S212