

新設の千葉製鉄所第3連続铸造設備

Introducing No. 3 Continuous Slab Caster at Chiba Works

三 枝 誠*
Makoto Saigusa

数 土 文 夫**
Humio Sudo

福 永 一 朗***
Ichiro Hukunaga

守 脇 広 治****
Hiroji Moriwaki

斉 藤 貞 之*****
Sadayuki Saito

安 川 登*****
Noboru Yasukawa

Synopsis:

A No. 3 continuous slab caster was constructed at Chiba Works, Kawasaki Steel Corp. as part of the No. 3 Steelmaking Shop where two Q-BOP converters are in operation.

Following its start in April, 1981, the caster has been operating satisfactorily. This machine has the 3 meter vertical portion, progressive bending-unbending profile, and the small roller pitch with divided rollers. All these are designed to produce excellent internal quality slabs at high speed casting. The slab conditioning equipment is installed for a quick test scarfing so as to charge the slabs in hot condition to the heating furnace.

In case of the Q-BOP steels, hydrogen content is apt to be rather higher than that of LD; therefore, the surface defect of slabs was a possible problem, but this defect is solved by the improvement of Q-BOP operation itself.

1. 緒 言

千葉製鉄所第3製鋼工場は、純酸素底吹転炉2基を有している。当工場に昭和54年11月より第3連続铸造設備の建設を開始し、18箇月後の昭和56年4月2日に稼動を開始した。以後順調な立上りを示している。

本連続铸造機の铸造対象鋼種は、主として一般ホット、コールド材、およびメッキ用素材である。

本連続铸造機は、高速铸造込み時にも優れた内部品質のスラブを得るため、垂直・漸次曲げ、漸次矯正プロフィールとし、分割ローラーを採用することに

よりローラーピッチの縮小をはかった。また、スラブの温片装入を行うために、トーチカットスラグ除去装置、迅速テストスカーフ設備などを有する精整ヤードを設けた。

以下に設備の概要と操業状況について紹介する。

2. 第3連続铸造設備建設の基本思想

本連続铸造機の建設にあたり、「次工程に無欠陥スラブを供給する」ことを基本思想とし、下記の重点項目を設定した。

(1) 高能率のマシンで、かつ高品質スラブの铸造を可能とする。

* 千葉製鉄所製鋼部部長
*** 千葉製鉄所設備部設備管理室主査(部長補)
***** 千葉製鉄所企画部企画開発室主査(課長)
〔昭和56年11月14日原稿受付〕

** 千葉製鉄所製鋼部第三製鋼課課長
**** 本社設備計画部主査(課長)
***** 千葉製鉄所企画部企画開発室主査(掛長)

- (2) 無手入れ、温片装入を指向する。
- (3) 自動化、省力に徹した設備とする。
- (4) 計装設備の充実を通じて、操業管理、メンテナンス管理を充実させる。
- (5) 将来増設予定の設備との効率的な連結を配慮する。

Table 1 に、高能率、高品質を達成するため実施した対策を示す。Table 2 には、無手入れ、温片装入に必要な設備を示す。

Table 1 Particulars for achieving high productivity and high quality

For high quality	For high productivity
1) Vertical-bending profile	1) Dummy bar top charge
2) Small roller-pitch by divided roller	2) High speed casting
3) Large capacity tundish	3) Automatic mold width change during casting
4) Shrouding between ladle and tundish	4) Quick change stand
5) Automatic level control of tundish and mold	5) Tundish immersion nozzle change system during casting
6) Automatic control of slab surface temperature	
7) Automatic mold powder feeder	

自動化、省力および計装については、別途報告¹⁾する。

3. 設備概要

3-1 レイアウト

Fig. 1 に本設備のレイアウトを示す。第3連続機の各ヤードは、将来第4連続機のヤード、クレーンを共用するように設計した。また、スラブヤードは、温片発送を中心とするレイアウトとした。さらに、スラブ精製ヤードには、ケーソン式スラブ冷却設備と、ウォームスカーファを設置し、迅速にテストスカーフを行うとともに、一部表面手入れ材の処理を可能としている。

Table 2 Auxiliary equipment for assuring slab surface free of conditioning in the cooled state

1) Hot slab marker
2) Torch dross removal equipment
3) Hot slab scarfer
4) Slab cooler for quick scarfing test
5) Equipment for quick sulfur print

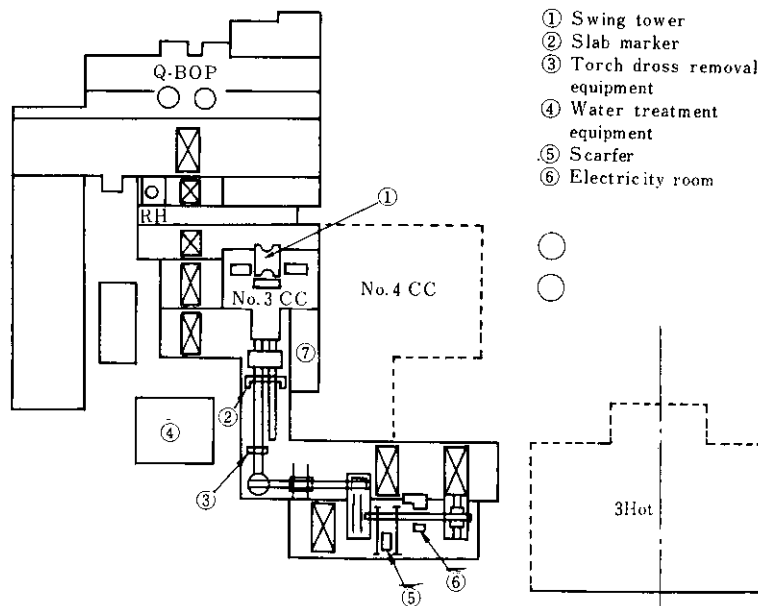


Fig. 1 General layout

また、本レイアウトは将来第4連铸機および第3ホットストリップミルが設置された場合に、効率的につながるよう配置した。すなわち、第4連

铸機は、第3連铸機の北側に隣接して設置し、ヤードの共有、電気室の集約を可能にするとともに、第4連铸スラブの精整も、今回設置する精製ヤードで処理できるように配慮した。第3ホットストリップミルに対しては、熱片スラブを供給できるよう考慮した。

Table 3 Principal specification of Chiba No.3 slab caster

Item	Specification
Furnace	230t Q-BOP
Machine type	Vertical-progressive bending-progressive unbending
Number of strands	2
Strand distance	6 200mm
Length of vertical portion	3 000mm
Metallurgical length	36.5m
Casting velocity	2.2m/min for 230mm thick slab 1.7m/min for 260mm thick slab
Casting radius	9 350mm
Casting floor level	FL+13 700m
Pass line	FL+800mm
Mold length	900mm
Roller type	Combination of divided and full face rollers
Slab size	230t×(800~1 900)mm×(5 000~9 000*)mm 260t×(800~1 900)mm×(5 000~9 000*)mm * 12 000 in future
Machine maker	Hitachi Shipbuilding & Engineering Co., Ltd.

3.2 連铸機の特徴

本連铸機の基本仕様を **Table 3** に、主要設備の特徴を **Table 4** に、連铸機の断面図を **Fig. 2** に示す。

Table 4 Main features of some facilities

Item	Specifications
Swing tower	Ladle weight measuring with 4 load cells
Tundish	Capacity Max. 75t Bath depth Max. 1 400mm
Mold	Soft clamp type mold Automatic width change Watt link type oscillation with max. frequency of 200 cycle/min
Segment change	Segment extracting crane
Dummy bar	Short dummy bar Top charge system

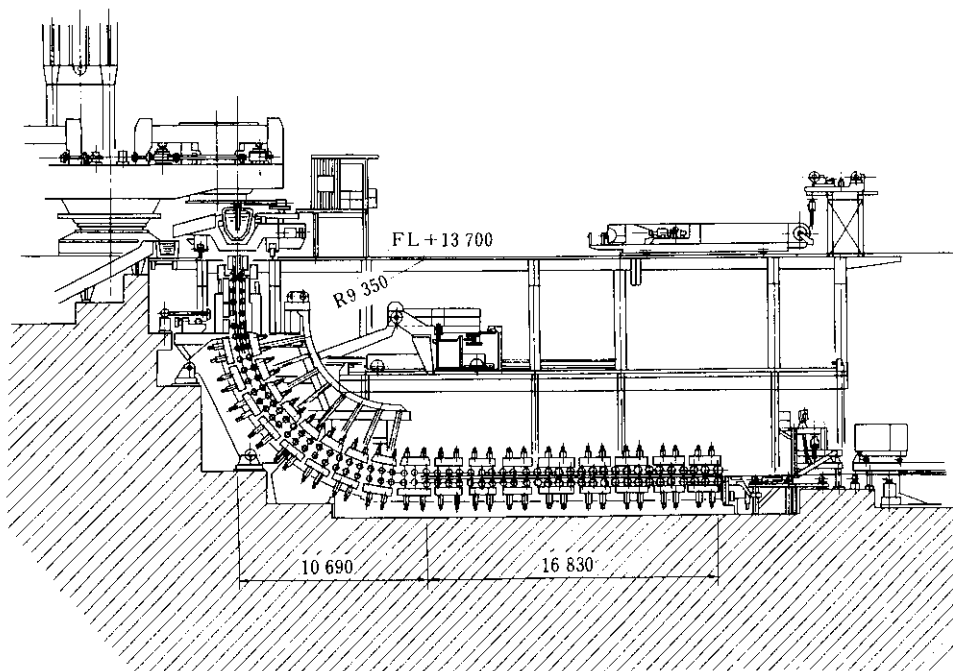


Fig. 2 Cross section of No.3 caster

3-2-1 ロールプロフィール

Fig. 3 にロールプロフィールを示す。

Fig. 4 には垂直曲げ機と全湾曲型機の铸込み速度による介在物集積への影響を示す。垂直曲げ機では、高速铸造時にも介在物集積量を低く抑制できる。Fig. 5 には垂直部長さと介在物量の関係を示す。

示す。本図から明らかなように、3 m の垂直部長さの採用により、完全垂直型機とほぼ同等の介在物量の減少が達成できる。以上の理由により、本機では3 m の垂直部を有する漸次曲げ、漸次矯正プロフィールを採用するとともに、鑄片の内部割れを防止するため、分割ロールによる小ロールピッチのマシンとした。分割ロールは、12 セグメン

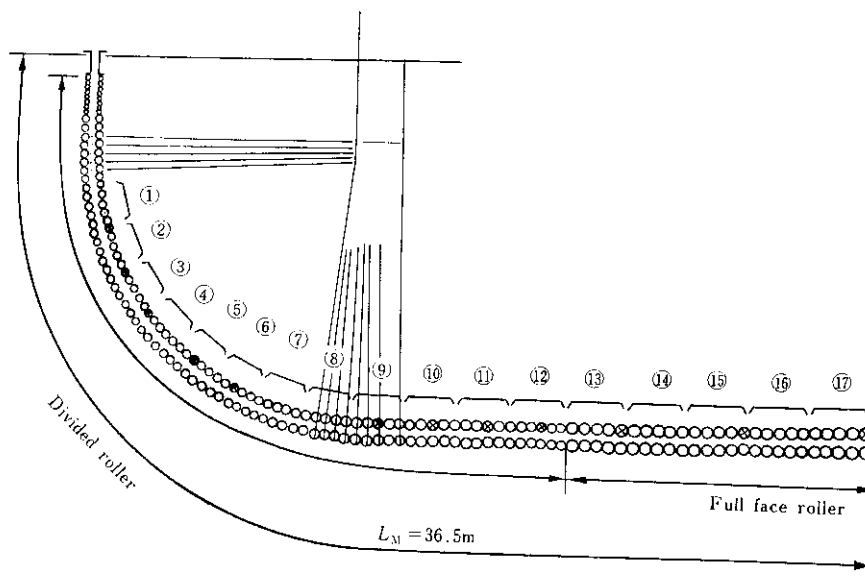


Fig. 3 Roller profile

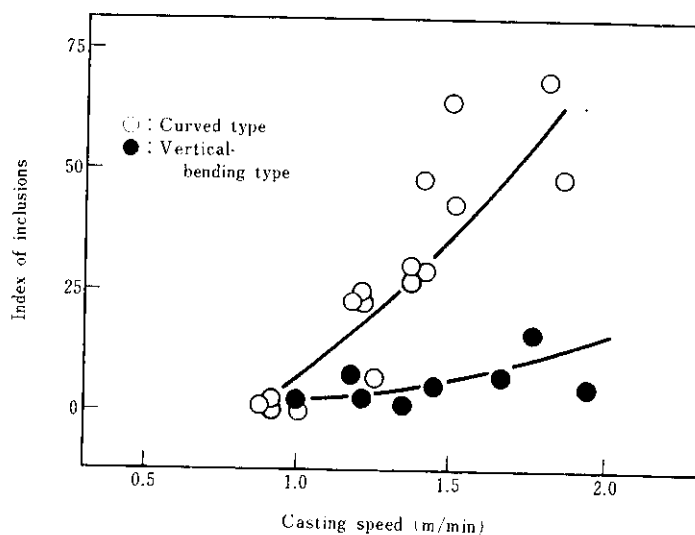


Fig. 4 Influence of casting speed on index of nonmetallic inclusions in accumulating zone

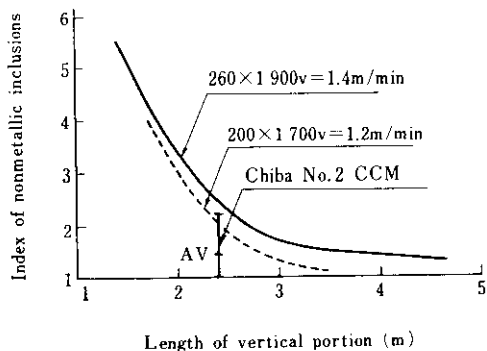


Fig. 5 Influence of the length of vertical portion on index of nonmetallic inclusions

トまでのすべての非駆動ロール、駆動ロールに適用している。

また、ロールピッチの決定にあたっては、弾塑性およびクリープを考慮した計算モデル³⁾を用いてバルジングによる内部ひずみを計算し、最大ひずみが0.3%以下になるようなピッチを採用した。この計算結果を Fig. 6 に示す。

3-2-2 大容量タンディッシュの採用

従来、高速鋳造の際でも、レードル交換時には溶鋼レベルの下降によるタンディッシュ内スラブ

のまき込みを防止するため、鋳込み速度を下げて操業していた。しかし、本連鋳機ではレードル交換時も、鋳込み速度を落とすことなく操業が続行できるように、十分な溶鋼深さを有する大容量タンディッシュ（最大溶鋼量 75t 溶鋼深さ 1400mm）を採用した。

また、補修を迅速に行うため、タンディッシュ直立のままタンディッシュスライディングノズルのレンガ交換が可能な、スライディングノズル作業台車を設置した。

3-2-3 モールド幅変更装置

Fig. 7 にモールド幅変更装置の概略図を示す。本装置においては、鋳造中幅変更速度を上げることが可能なように、モールド短辺の上下支持点を独立に駆動し、幅変更中に短辺テーパの変更が行える設備とした。

また、サポートロールの短辺部も独立した駆動が可能で、高速鋳造時の鋳片の短片支持に極めて有効である。

3-2-4 ダミーバーの上部挿入方式

鋳込み間隔短縮のため、前チャージ鋳片を引き抜き中に、モールド上部よりダミーバー挿入が可能な「ダミーバー上部挿入方式」を採用した。本

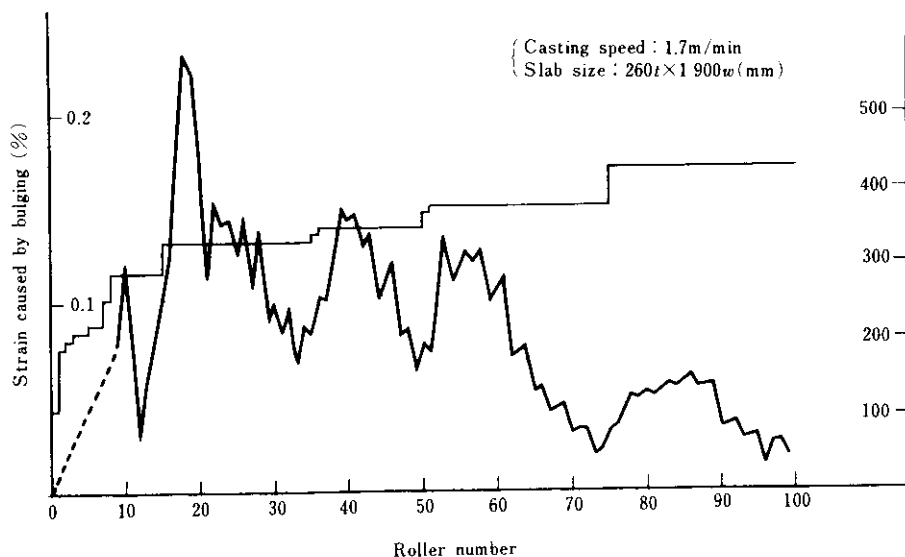


Fig. 6 An example of calculated inner strain caused by bulging at Chiba No.3 caster

方式は当社では、はじめての試みである。

3-2-5 2次冷却水設備

水処理関連設備は、「2次冷却用の全スプレーノズルが詰らないような水質を確保する」ことを基本方針とし、従来のスプレー冷却水を(a)2次冷却水系、(b)トーチテーブル以降の機械外部冷却水系の2系統に分離した。したがって、スケールスルース、スケールピット、水処理設備は2系列設け、2次冷却水は現在考えられる最良の水質を確保し、ノズル詰りがおきないようにした。また、高度の処理が必要な2次冷却水量が減少したため、建設費およびランニングコストを低減できた。

なお、スケールピットにおいては、完全自動のスケールピットクレーンを採用し、無人でスケールを、ホッパー内に払い出せる。

Table 5 Main specifications of slab delivery and slab conditioning equipment

Item	Specification
Slab marking	Automatic slab marker - stencil type
Removal of torch dross	Automatic torch dross removal - knife edge type
Slab cooling	Caisson slab cooler
Slab piling	Piler and traverser
Hot/cold scarfing	2 face scarfer
Slab handling	Full automatic crane with slab lifter

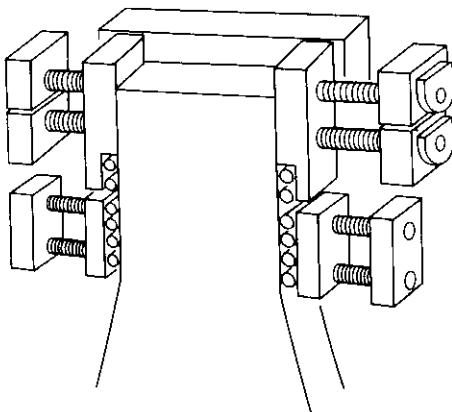


Fig. 7 Schema of mold width change equipment

3-3 搬出精整設備仕様

搬出精整設備の主仕様を Table 5 に、スラブのフローを Fig. 8 に示す。

トーチカッターで所定の長さに切断したスラブは、マーキング、トーチスラグ除去、秤量完了したのち、パイラー・トラバーサーでパイリングし、スラブリフター付自動クレーンを用いてスラブ台車上かスラブヤード内の所定地番に積み上げる。一方、テストスカーフ用のスラブおよび手入れを要するスラブは、テーブル付台車により、手入れラインに供給する。手入れされたスラブは、スラブヤードに移送後同チャージのスラブとともに、スラブ台車上に積載し、次工程へ輸送する。

3-3-1 スラブマーカー

熱片でスラブを搬送するため、鮮明な文字が描けるステンシル方式を採用した。本設備は、当社開発のスラブマーカーを改良したものである。

3-3-2 トーチカットスラグ除去設備

概略図を Fig. 9 に示す。従来のトーチカットスラグ除去設備では、迅速かつ十分な信頼性を有するスラグ除去は困難であった。一般には、スラグ

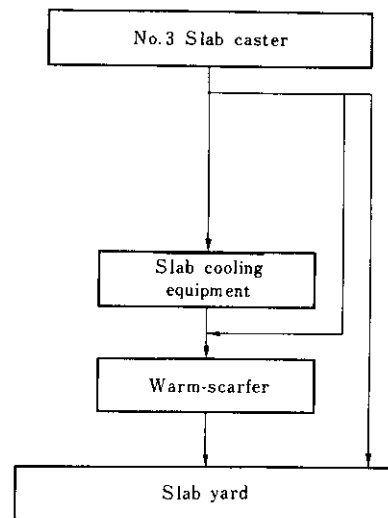


Fig. 8 Schematic flow of cast slabs to yard

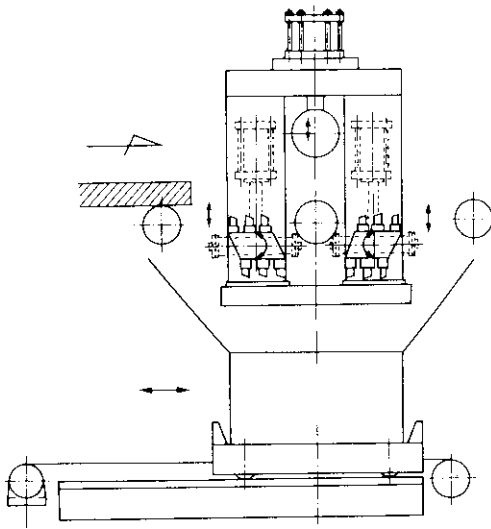


Fig. 9 Schema of torch dross removal equipment

除去方法として吹管方式と刃物方式が用いられているが、本設備では、スラグに水を噴射することにより刃物方式ではほぼ完全にスラグ除去が可能となった。また、刃物上に除去されたスラグが残留しないように、刃物が回転し、刃物に付着したスラグを水で洗い流す方式を採用した。

3-3-3 スラブ品質保証システム

次工程に対し、温片で無欠陥スラブを供給するためには、操業条件の異常、マシンの異常などによる異常スラブの識別体制が重要である。以下にその概要を述べる。

(1) 操業異常時の鋳片の自動検出

casting中、モールド内湯面の急変など、品質に悪影響をおよぼす種々の操業要因に対し、該当異常スラブを自動的に識別できるシステムを設けた。

(2) 迅速チェックスカーフシステム

割れ感受性の高い鋼種を、無手入れ温片装入するためには、迅速なチェックスカーフ体制が必要である。このため、ケーソン式スラブ冷却装置と2面式スカーファ設備を設けた。本設備により、トーチ切断終了後、45分以内にチェックスカーフ結果が明らかとなり、無手入れ温片発送が可能である。一方、テストスカーフの結果、表面手入れを必要とするスラブについても2面スカーファ

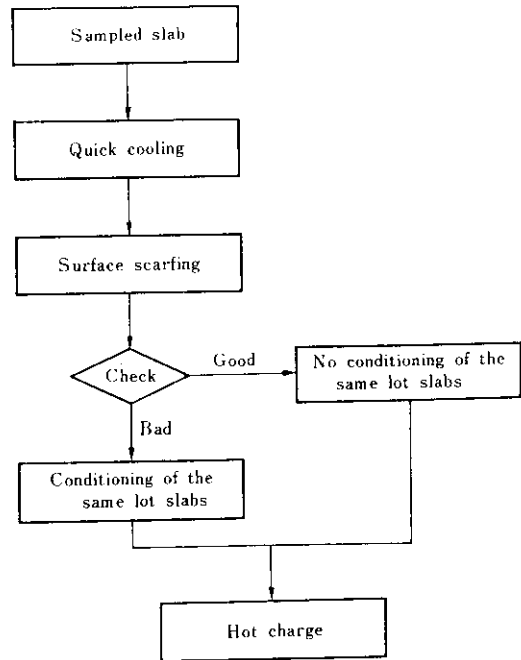


Fig. 10 Configuration of check-scarfing system

により熱片で表面手入れを行い、温片で次工程に発送することができる。ただし、熱片で表面手入れを行った場合には、スカーフィングフィンが発生し、温片装入の妨げとなるが、フィン発生防止装置の設置により上記の問題を解決した。Fig. 10にチェックスカーフシステムのフローを示す。

(3) 迅速S-プリント

スラブの品質を保証する上で、機械状態不良に起因するスラブ内部欠陥の検出は必要ではあるが、容易でない。本連铸機においても、ロール荷重測定、ロールギャップ、アライメント測定などの設備を設け機械状態の監視を行っているが、最終的にはスラブS-プリントにより内部品質をチェックしている。

スラブ精整ヤードに、研磨、研削装置、暗室を設置し、トーチ切断終了後迅速にS-プリントを行って、連铸機へのフィードバックを行うとともに、スラブ品質保証の手段として、有効に活用している。

3-4 VVVFの採用と省エネルギー

本機では電源にすべて交流を使用した。従来直

流モーターを用いて制御していた可変速部分には、VVVF制御 (Variable Voltage Variable Frequency) を用いた。交流モーターの採用により、メンテナンス性の向上と、電気効率の向上による省エネルギーとをはかった。

さらに、省エネルギーを目的として、下記の設備においても VVVF 制御を採用している。

- (1) 環境集塵機の主排風機
- (2) 精整設備用電気集塵機の主排風機
- (3) 2次冷却水給水ポンプ (幅方向水量や吐出圧力の調節可)

4. 操 業

操業開始以後、主要設備の機械的トラブルもなく、順調な立ち上がりを見せており、ホットラン開始から、1週間は1個班操業、更に3週間2個班

操業の後、完全3個班操業を開始した。

一方、自動設備関係も、ほぼ順調に稼動を開始し、モールドパウダー投入装置、レベルコントロール (タンディッシュ、モールド) は言うに及ばず、今回あらたに開発したオートスタート、オートストップを含む非定常時の自動作業、トーチカットスラグ除去装置、熱片スラブハンドリング用自動クレーンなどの各設備も、順調に稼動している。

Fig. 11 にホットラン開始以後の生産量の推移を示しているが、自動化の早期達成により、非常に良好な立ち上がりが見られる。

特に本設備の铸造対象スラブは、前述のように熱・冷延鋼帯向素材が中心であり、Fig. 12 に示したように、狭幅材が多く、铸造能率が低いにもかかわらず、良好な立ち上がりを見せているのは、铸造中のスラブ幅変更操作などの自動化の早期達成に負う所が大きい。

Fig. 13 に铸込み中スラブ幅変更作業の回数の推移を示す。

本装置は、別報¹⁾で述べるように、連铸スラブ特有の、铸込みスタート部、铸込み終了部等のスラブ幅減少を補償するためにも有効に用いられている。

また、ベンディング部、アンベンディング部にはロードセルを設置し、铸込み中にロールに作用する荷重を連続的に測定している。本機では分割ロールを採用しているので、端部の軸受だけでなく、中央部の軸受にも、ロードセルを設置し、ス

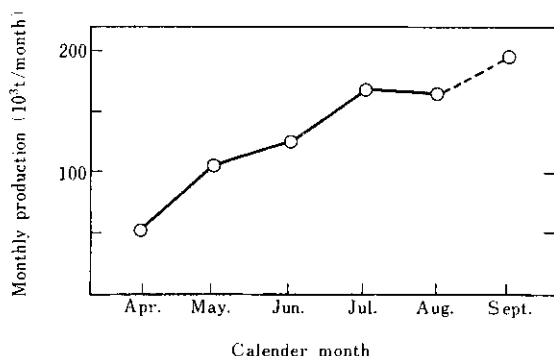


Fig. 11 Trend of monthly production of No.3 CCM in 1981

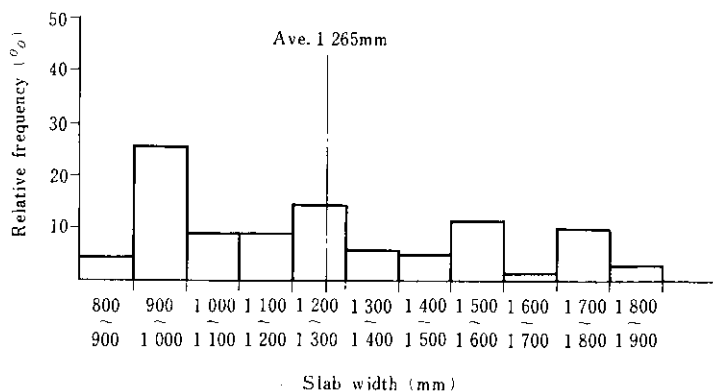


Fig. 12 Distribution of slab width

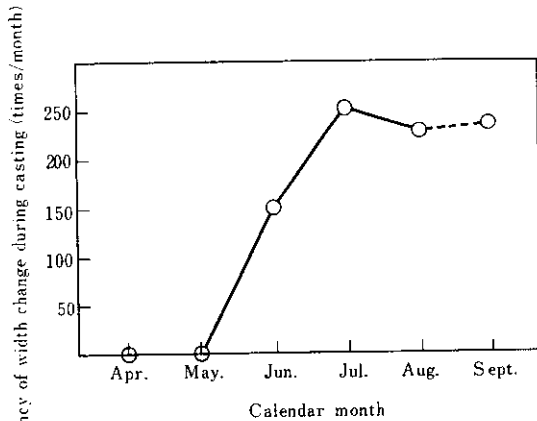


Fig. 13 Trend of width change frequency in 1981 during casting

ラ幅方向の荷重分布の測定も可能である。このロードセルにより、定常鋳込み時に作用する荷重、異常荷重を測定し、ロール強度のチェックを行うことによって、ロール寿命の延長、操業条件の改善に役立てている。測定結果の1例を Fig. 14 に示す。本図から定常鋳込み時には、ほぼ静鉄圧に相当する力が作用し、コールドボトム、コールドトップ通過時には通常の2～3倍の荷重が作用することがわかる。また、幅方向の荷重の分布は定常時には等分布荷重にほぼ等しい測定値を示している。

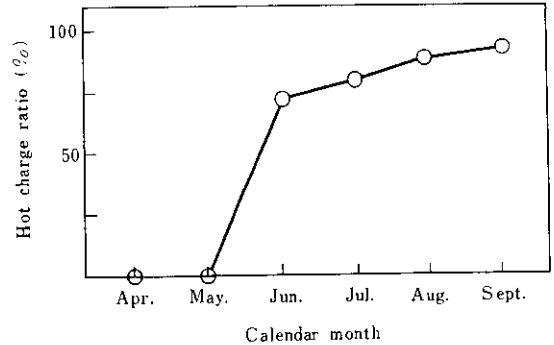


Fig. 15 Trend of successfully hot charred ratio of slabs at Chiba No.3 CCM

5. 品 質

国内初の底吹き転炉鋼の連続鋳造化のため、特に水素に起因する表面欠陥の発生を懸念したが、転炉操業法の改善⁴⁾により鋼中水素の低減のみならず、高いAI歩留りを得ている。

5-1 表面品質

上述の転炉操業法の改善により、ブローホール系表面欠陥の発生が防止でき、出鋼後の取鍋内Arパブリング材で従来設備による表面品質と全く遜色ない製品が得られている。

Fig. 15に温片装入率の推移を示しているが、温片装入率は各製品品質確性試験を完了後、大幅に

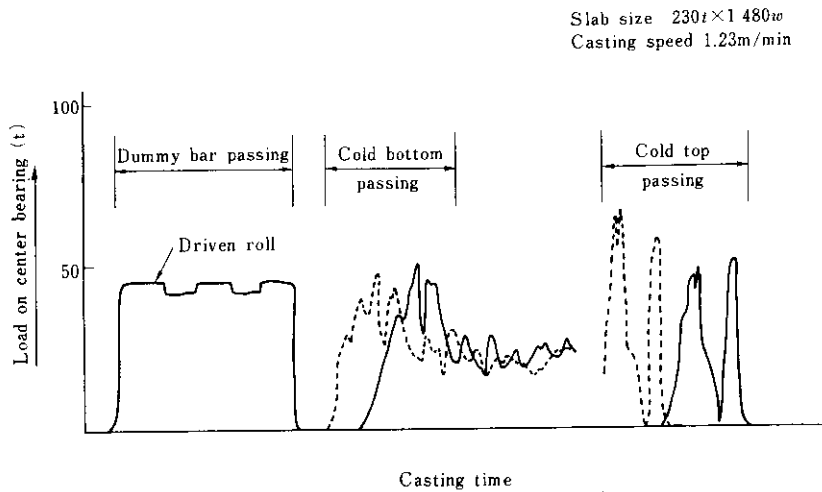


Fig. 14 Measured load on center bearing during casting

増加しており、省エネルギーに大いに貢献している。

5-2 内部品質

本設備は、メニスカス部より、3mの垂直部を有する連铸機であり、非金属介在物の分布は、当所No.2連铸設備の分布⁵⁾と全く同一の傾向を示し、介在物集積帯も見られない。

Photo. 1にSプリントの例を示すが、内部割れはもちろん、中心偏析についても、漸次曲げ、漸次矯正プロフィールおよび小ロールピッチの操業により全く問題はない。

特に、大型タンディッシュの採用は、操業の安定ばかりでなく、品質上も铸込速度安定によるクレーター位置の固定化、タンディッシュ内の介在物浮上効果、タンディッシュスラグのモールド内への巻き込み防止など、好ましい効果をもたらし、製品品質の向上に寄与している。

6. 結 言

各種の高能率、高品質対策を具備した垂直-曲げ型第3連铸設備は、稼動開始以後極めて順調に立ち上がり、操業、品質ともに安定した好成績を取めている。

一方、自動化設備も早期に立ち上がり、安定操業に寄与している。

今後さらに、高品質、高能率を追求し、所期の目標である温片装入率90%を達成できると考えている。

Photo. 1 Sulfur print of continuously cast slab with casting speed of 1.5m/min and thickness of 260mm

参 考 文 献

- 1) 森脇, 柿原, 佐藤ほか: 川崎製鉄技報 14 (1982) 1,
- 2) 上田, 浜上, 越川, 白石, 垣生: 川崎製鉄技報 12 (1980) 3, 79
- 3) 斉藤, 渉谷: 鉄と鋼 66 (1980) 4, S163
- 4) 森下, 山田, 馬田, 教土: 鉄と鋼 67 (1981) 12, S222
- 5) 垣生, 吉井ほか: 川崎製鉄技報 12 (1980) 3, 62