
千葉製鉄所第3連続铸造設備における自動化

Automatic Control of Chiba No.3 Continuous Casting Plant

森脇 三郎(Saburo Moriwaki) 伊藤 進(Susumu Ito) 佐藤 国浩(Kunihiro Sato) 柿原 節雄(Setsuo Kakihara) 樋口 和也(Kazunari Higuchi) 中村 勝美(Katsumi Nakamura)

要旨：

千葉製鉄所第3連続設備において、定常操業の自動化はもとより、非定常時の操業の自動化および付帯設備の自動化を実施した。とくに、今回の自動化を完成し、省力効果のみならず、操業の安定、品質の向上等の効果を発揮している。(1) 高铸造速度における幅変更制御 (2) 注入の開始・終了 (3) スラブハンドリングクレーン (4) 品質保証システム

Synopsis：

Full automatic operation of continuous casting contributes greatly to attain a high product quality, a stabilized operation and a high productivity of slab. This paper outlines an almost full automatic control system developed at No.3 CCM of Chiba Works, and a variety of related technologies including the following: (1) Width change during high speed casting (2) Start-finish control of casting (3) Computerized slab handling crane (4) Quality assurance system

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

千葉製鉄所第3連続铸造設備における自動化

Automatic Control of Chiba No. 3 Continuous Casting Plant

森脇三郎*
Saburo Moriwaki

伊藤進**
Susumu Ito

佐藤国浩***
Kunihiro Sato

柿原節雄****
Setsuo Kakihara

樋口和也*****
Kazuya Higuchi

中村勝美*****
Katsumi Nakamura

Synopsis:

Full automatic operation of continuous casting contributes greatly to attain a high product quality, a stabilized operation and a high productivity of slab.

This paper outlines an almost full automatic control system developed at No. 3 CCM of Chiba Works, and a variety of related technologies including the following:

- (1) Width change during high speed casting
- (2) Start-finish control of casting
- (3) Computerized slab handling crane
- (4) Quality assurance system

1. 緒言

連铸設備の自動化は、省力効果のみならず、品質、操業の安定効果があり、さらに、労働環境の改善、安全性の向上など、付加効果も大きいため、従来から各社とも、自動化に積極的に取り組み、その効果を報告している¹⁾。しかし、連铸設備の部分的な自動化を達成しているにすぎず、レードル注入開始から、铸込み、スラブハンドリングクレーンに至るまで、非定常作業を含めた完全自動化の達成には至っていない。

連铸操業の自動化のうちで、とくに、铸造スタート、タンディッシュ交換または、铸造中のスラブ幅変更などの非定常作業は、従来から、熟練オペレーターの判断による手動操作を必要とし、自動

化の妨げとなっているのが一般的である。また、省エネルギーの面から、スラブを熱片状態で次工程に発送する傾向が近年ますます著しくなっているが、熱片状態のスラブをハンドリングするスラブヤードクレーンに対し、クレーン運転士の環境改善が必要であり、さらに、物流管理を確実に実行できるシステムの必要性からコンピューターと結びついたクレーン自動化が要求されている。

当所第3連铸設備では、従来当社で開発した自動化技術の採用と、あらたな開発により連铸操業の完全自動化が達成されたので、以下にその概要を述べる。

2. 自動設備の概要

自動化にあたり、

* 千葉製鉄所製鋼部第二製鋼課掛長
*** 千葉製鉄所設備部設備技術室主任(課長補)
***** 千葉製鉄所設備部設備技術室主任(掛長)
〔昭和56年11月14日原稿受付〕

** 千葉製鉄所製鋼部製鋼技術室主任(掛長)
**** 千葉製鉄所製鋼部第三製鋼課
***** 千葉製鉄所設備部西整備課掛長

- (1) 取鍋内バブリング処理からスラブハンドリングまで、全工程にわたり、自動化を達成すること。
 - (2) 鑄込みスタート、終了およびタンディッシュ交換などの非定常作業の自動化を行い、取鍋からの注入開始押釦を押すことにより、以後はすべて、自動的に操業できること。
 - (3) スラブハンドリングクレーンの自動化を達成し、スラブ在庫管理、物流管理をコンピューターによる自動システムとすること。
- を主眼とし、各種設備の自動化を達成した。

2-1 コンピューターシステム

本連続铸造設備のコンピューターシステムは、Fig. 1 に示すように、制御用マイクロコンピューター（以下 μ/C ）プロセスコントロール用コンピューター（以下 P/C）および、製鉄所全体の生産管理を行うラインコンピューター（以下 L/C）から成り立っている。

これら各種のコンピューターを有機的に接続し、モールドパウダー投入コントロールから、スラブ

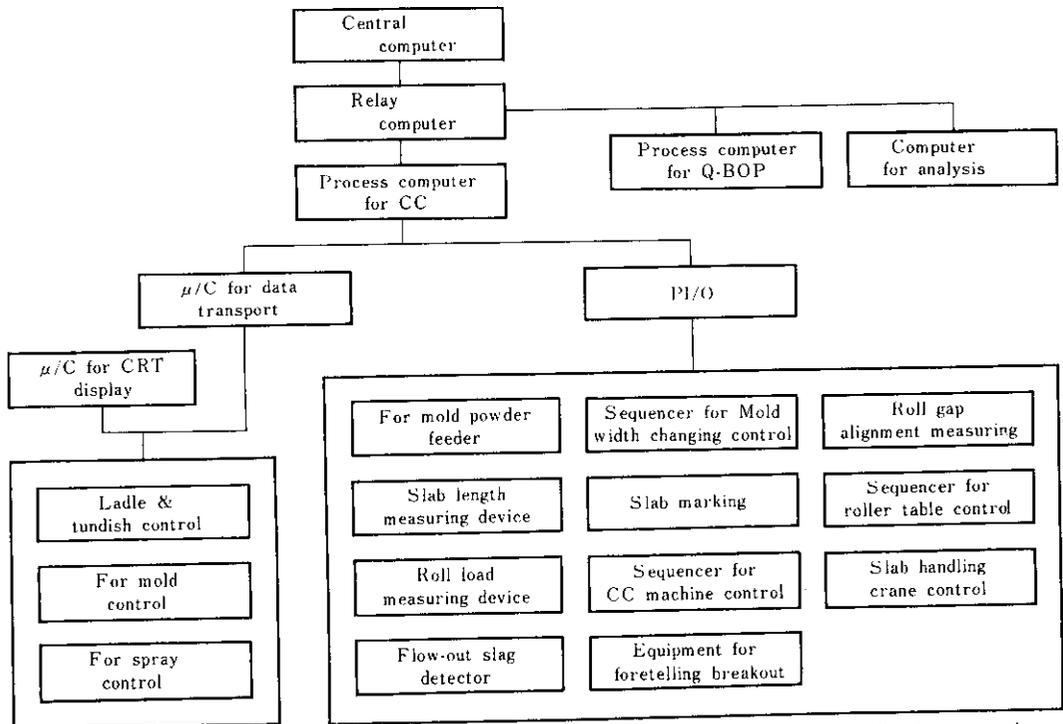
ハンドリングクレーンに至るまで広範囲にわたり自動化および、データーの収集を行っている。

2-2 自動化項目

底吹き転炉から出鋼された溶鋼は、一部真空脱ガス処理を行っているが、大部分は、ガスバブリング処理を実施している。バブリング処理における自動化項目を Table 1 に示す。测温、サンプリングはもちろん、取鍋内溶鋼の酸素測定により、Al 線投入量を自動的に算出し、安定した脱酸調整を可能ならしめている。とくに、Al 線投入に関しては、従来問題が多かったドラム方式から、Fig. 2 に示すルーズコイル方式に変更した。

Table 1 Automated items for molten steel treatment

1	Sampling
2	Temperature measurement
3	Remote connection/disconnection of bubbling gas pipe
4	Al-wire feeding control by dissolved oxygen measurement



CC : Continuous casting
 μ/C : Micro-computer

Fig. 1 Schematic diagram of computer control system at No.3 CCM

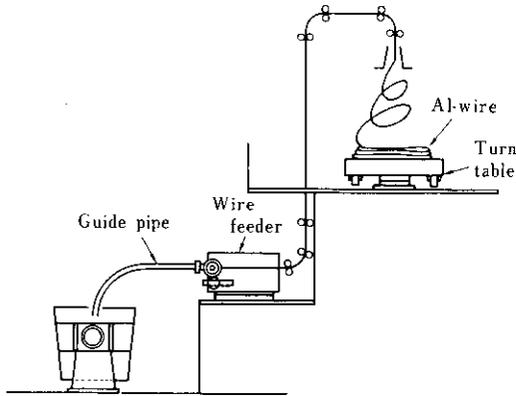


Fig. 2 An outline of Al-wire feeding system in Chiba No.3 CCM

Table 2 に、連鑄機の操業関係の自動化項目を示す。今回とくに、取鍋注入開始から以後を全て無人操業可能とするため、レードルスライディングノズル関係のケーブルおよび、ガスの自動着脱装置をはじめ、消費量分布に追従できるモールドパウダー投入装置、鑄込みスタート、タンディッシュ交換などの非正常作業の自動化、スラブ幅の鑄造中高速変更装置など、各種の自動化を達成した。

Table 3 に、スラブ搬出、精整関係の自動化項目を示す。別報²⁾に示したように、第3連鑄設備は、スラブの温片発送を主軸にしたレイアウト

Table 2 Automated items in continuous casting

1	Gas bubbling on the swing tower
2	Connection/disconnection of pipes and electric cables between ladle and swing tower
3	Tundish preheating
4	Exchange of tundish car
5	Mold powder feeder
6	Long nozzle setting and slag detector
7	Steel bath level control in tundish
8	Slab width change during casting
9	Casting start and stop
10	Steel bath level control in mold
11	Slab surface temperature control
12	Pressure control of secondary cooling water
13	Hydraulic pressure control on pinch roller
14	Breakout prediction system
15	Tension free strand casting
16	Roll gap presetting
17	Mold taper control during casting

となっており、当社開発の熱片マーキング装置、トーチカットスラグ除去装置などスラブ温片発送に必要な設備が設置されている。これらの設備はプロセスコンピュータ (P/C) と接続され、自動化されている。

メンテナンス関連の自動化項目を Table 4 に示す。今回とくに、連鑄機履歴のコンピューターファイル蓄積をはじめ、ロールギャップ・アライメント測定値の P/C によるデータ処理、作動油管理など、各種データの処理をコンピューター化することにより、操業指針、メンテナンス指針を迅速に示せるシステムとした。

以上の各種自動設備を駆使することにより、第3連鑄設備の安定操業が実現できた。

3. 主要自動設備

第3連鑄設備の自動化項目のうち、とくに、鑄込み中および鑄込み間のモールド幅変更装置、自動鑄込みシステム、熱片スラブハンドリングクレーン、品質保証のための自動化の各項目について、その概要を述べる。

3.1 モールド幅変更の自動化

近年、鑄造中のスラブ幅変更技術の開発³⁾により、連鑄機の鑄造能力が著しく向上した。とくに、多種類の幅のスラブを連続して鑄造する場合に本技術は有効であり、連鑄ホット圧延のスケジューリングのため、連鑄スケジュールを広幅から狭幅へと順次変更するようにしている。

Table 3 Items for slab handling and slab conditioning

1	Slab cutting
2	Table roller control for slab handling and piling
3	Slab marking
4	Torch cut slag removal
5	Slab handling by slab yard crane
6	Warm scarfing machine for fin free slab

Table 4 Items in machine maintenance

1	Roll gap measuring and data logging
2	Spray nozzle check
3	Roll load measuring
4	Various data logging of operation

一方、連铸スラブでは、鋳込初期、鋳込末期あるいは鋳造速度を極端に低下させた場合などにスラブ幅が減少し、次工程におけるコイル幅不足などの原因となる。この対策としても本装置が活用され、幅不足の問題を解決している。

モールド幅変更の制御システムを Fig. 3 に示す。本装置では、従来当社で開発した技術³⁾を以下のように改良している。

(1) モールド短辺駆動の上下独立制御

幅変更中の短辺姿勢を任意にコントロールできるように、上・下部の駆動機構をたがいに独立させた。この結果、幅変更中のモールド短辺面と鋳片短辺面の接触状態を良好に保つことが可能となり、モールド短辺を高速で移動しても、短辺抜熱量が通常操業とかわらない状態を維持できる。

(2) 短辺サポートロールの設置

高鋳造速度におけるモールド短辺直下部のバルジング防止のため、短辺サポートロールを設け、

幅変更中も常に鋳片に接触するようなサポートロール位置制御を行っている。

(3) 全自動システム

幅変更量、タイミング、モールド短辺姿勢制御方法など、各種操業データを P/C からシーケンサーにインプットし、全自動で幅変更を行っている。

鋳造中のスラブ幅自動変更の実施例を Table 5

Table 5 An example of slab width change data during casting

Slab width change	From 1300mm to 1260mm
Mold taper	1.1%/m (constant)
Ratio of shrinkage	1.4%
Casting speed	1.4m/min
Narrow face drive speed	6mm/min
Taper control during casting	Required

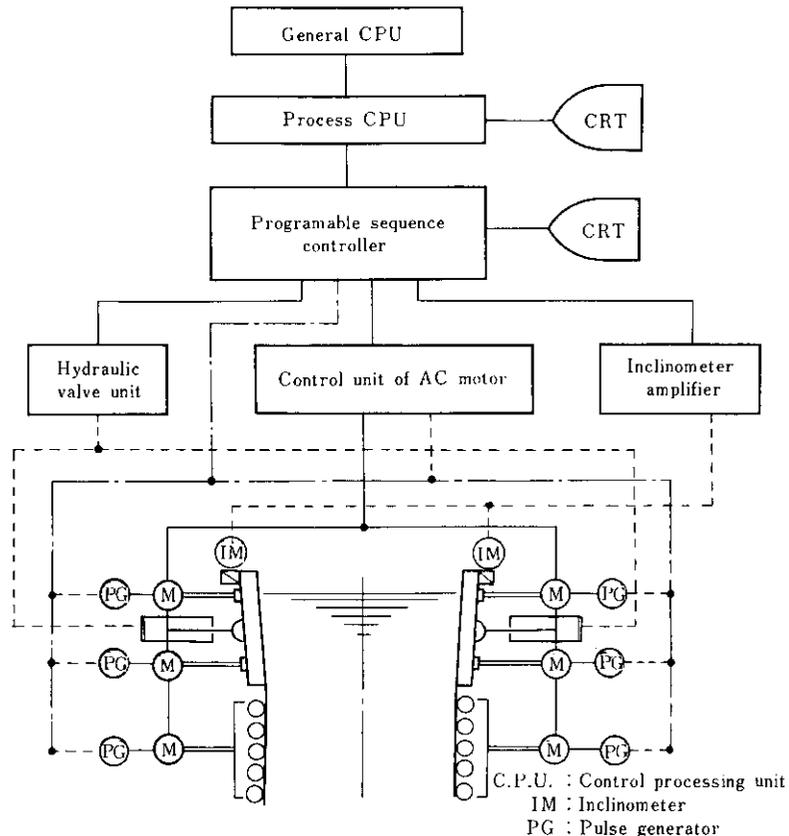


Fig. 3 Principal configuration of slab width change

に示す。モールド短辺姿勢制御の採用により、高
 鑄込速度下でも高速幅変更が工程化されている。

3.2 完全自動鑄造システム

連鑄作業において、定常鑄込み時の取鍋、注入、
 タンディッシュからモールドへの注入の自動化は
 すでに達成されていたが、鑄造初期などの非常
 常作業を含めた完全自動化は、きわめて困難な課
 題の一つであり、今まで自動化を達成した例は
 見られなかった。

本連鑄設備の建設にあたり、取鍋注入開始押
 入を押すことにより、以後は自動的に操業でき
 る自動鑄造システムを開発した。本システムの開
 発により、非常部鑄片の品質安定と操業安定が
 達成されている。

本システムの基本構成は、Fig. 4 に示すよう
 に、マイクロコンピュータ、P/C を中心にした制
 御システムである。Table 6 に示す各種の制御
 項目を、既存の技術と今回あらたに開発した新
 技術とを組み合わせることにより、自動化でき
 た。

一般に、鑄造開始時にはタンディッシュス
 ライディングノズルの閉塞、シール洩れ、ブ
 レークアウト、オーバーフローなどのトラ
 ブルを引き起こすことなく十分な強度をも
 つ凝固殻を形成しながら溶鋼の注入、鑄
 片の引抜きを行わなければならない。し
 たがって、モールド内の溶鋼上昇速度の制

御が最も重要である。本システムでは、モ
 ルド内溶鋼レベルが、タンディッシュから
 の溶鋼注入量とモールドからの鑄片の引
 抜き量の差によって決まることから、モ
 ルド内溶鋼レベルの上昇速度を測定し、
 次式によりタンディッシュスライディ
 ングノズル開度制御を行うシステムとし
 た。

$$A = \frac{S \rho_s}{\alpha \rho_l \sqrt{2gh}} \left(\frac{\rho_l}{\rho_s} L + V \right)$$

ここで、 A : タンディッシュスライディング
 ノズル開口面積

S : モールド断面積

ρ_s : 鑄片の密度

ρ_l : 溶鋼の密度

α : 流量係数

g : 重力加速度

h : タンディッシュ内溶鋼ヘッド

L : モールド内溶鋼レベル上昇速度

V : 鑄造速度

すなわち、タンディッシュからモールド
 への注入開始から、ピンチロール起動開
 始までは、 $V = 0$ として制御され、ピン
 チロール起動開始から定常鑄造レベル
 に達するまでは上式に従って制御され
 る。

一方、鑄造終了時には、タンディッ
 シュ内溶鋼レベルの低下のため、ス
 ラグ巻き込みが起り、鑄片品質を著
 しく阻害する。このスラグ巻き込み

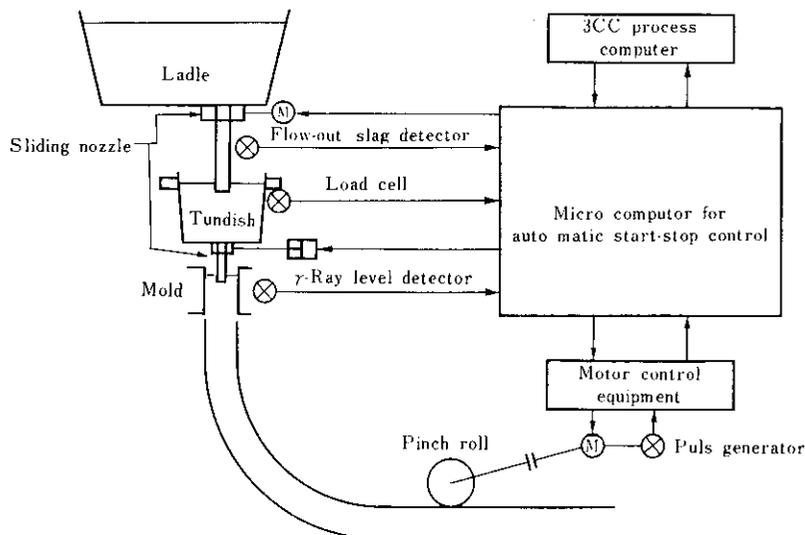


Fig. 4 Configuration of automatic start-finish control system

Table 6 Control items in full automatic control system

○ Developed in the past
 ◎ Developed this time

Items	Dynamic condition (casting start)	In steady state	Dynamic condition (ladle exchange)	Static condition	Static condition	Dynamic condition (tundish exchange)	Static condition	Static condition	Dynamic condition (casting end)
Closing of ladle sliding gate(Slag detector)			○						○
Steel bath level control in tundish	○	○	○	○	○		○	○	
Closing of ladle sliding gate						◎			◎
Programed bath level rising control in mold	◎					◎			
Steel bath level control in mold		○	○	○	○		○	○	
Start of withdrawal	◎					◎			
Acceleration and deceleration of withdrawal speed	○					◎			◎
Stop of withdrawal						◎			◎
Withdrawal speed control		○	○	○	○		○	○	

← 1st charge →
← mth charge →
← Last charge →

の防止をはかるため、铸造末期のタンディッシュ内容鋼レベル変化に合わせた铸造速度制御を行うオートストップシステムも工程化している。

これらオートスタート、オートストップの実施例を Fig. 5 に示す。

本システムは、铸造中のタンディッシュ交換作業時にも利用されており、铸造作業の完全自動化が達成されている。

3-3 スラブハンドリングクレーンの自動化

クレーン運転の省力、作業環境の改善、ヤード内スラブ地番管理による物流管理、在庫管理の自動化のため、2台のスラブハンドリングクレーンのコンピューターによる無人運転化を下記の仕様で行った。

- (1) クレーン型式：80 t スラブリフター付旋回マスト型天井クレーン
- (2) クレーン台数：2台
- (3) 走横行位置検出：シンクロレゾルバー
- (4) 停止精度：走行±33mm、横行±13mm

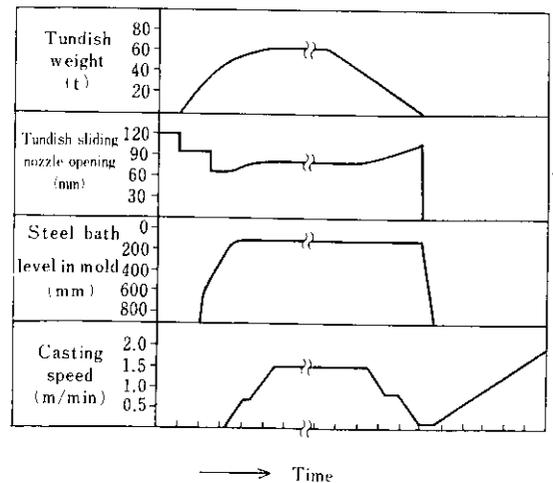


Fig. 5 An example of automatic start-finish result

- (5) 電送方式：誘導無線方式

とくに本クレーンは、走行、横行、巻上げなど

3-4-3 トーチカットスラグ除去残りの検出

トーチカットスラグは、製品表面欠陥となるため、除去装置を設けているが、設備のトラブルを早期に発見するとともに、次工程に対する品質保証のため、Fig. 8に示すスラグ除去残り検出装置を設けている。

4. 結 言

第3連铸設備では、従来、当社で自動化した設備と、今回新たに開発した自動設備の導入により、レードル注入からスラブ搬出までの完全自動化を達成した。

とくに、非正常作業の自動化により、非正常部の铸片品質の向上、操業の安定など多くの効果が得られている。

今後は、熱片探傷装置の開発を行うとともに、

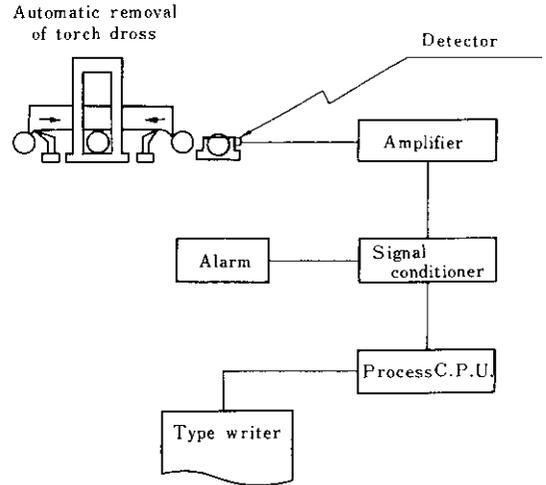


Fig. 8 Configuration of torch cut dross detection

メンテナンスを含めた総合的な省力をさらに追求する予定である。

参 考 文 献

- 1) たとえば, T.UEDA, Y.OHKITA, A.YOSHIDA, TOKAZAKI, and M.TUKUDA: The Sumitomo Search 22 (1979)
- 2) 三枝, 教土ほか: 川崎製鉄技報, 14 (1982)1,
- 3) 飯田, 前田, 江本, 山崎, 下戸, 平田, 上田, 高橋: 川崎製鉄技報, 12 (1980) 3, 110