

# 現場技術報告

## CCにおける溶鋼温度一定化、モールド内流動制御技術

The Technologies to Stabilize the Molten Steel Temperature and the In-mold Molten Steel Flow in Our C.C. Process

新日本製鐵（株）名古屋製鉄所

木村秀明・岡崎照夫・上原彰夫\*

石井孝宣・後藤 修・坂本康裕

### 1. 緒言

表面処理鋼板の需要拡大に伴い、より一層の操業・品質のバラツキ低減を必要とするほど品質の厳格化が進んでいる。この対策として、①タンディッシュ（以下、TDと略す）内溶鋼温度の一定化を可能とする『大容量TDプラズマ加熱技術』と②モールド（以下、MDと略す）内溶鋼流動状況をリアルタイムに把握し、電磁ブレーキモールドなどによるダイナミック制御を可能とする『モールド内可視化技術』を開発し、当名古屋製鉄所第2連続鑄造機に導入した。これらにより、高速鑄造下における操業の安定化・品質の一定化の効果を発揮している。

本報告では、これらの技術の説明とその適用効果について紹介する。

### 2. 名古屋No.2CCの概要

当社、名古屋製鉄所第2連続鑄造機は、Fig.1に示すように、容量60トンのH型TD適用により鍋交換部でも品質上の継ぎ目レスを実現するとともに、2.4mの垂直部と鑄型内電磁ブレーキの導入により、最大鑄造速度2.5m/min、最大鑄造スループット12トン/minの高速鑄造操業を主体とするホット系専用の連続鑄造機である。

この第2連続鑄造機に、さらに、前記のTDプラズマ加熱とMD内可視化装置を導入、実機化した。

### 3. 各技術の概要と適用効果

#### 3.1 大容量TDプラズマ加熱

##### (1) TDプラズマ加熱装置の概要

今回導入したTDプラズマ加熱装置の設備主仕様をTable1に示す。加熱設備は既設のレードル・カー上に搭載した。また、各ストランドの鑄造スループットに合わせ、ストランド毎に独立に出力制御できるように、2本のトーチを設置した。設置位置はH型TDの大型堰出側の上昇溶鋼流動を考慮し、TD2槽目の中央部とした。加熱容量は、鑄造最大スループットと鍋交換部での必要昇熱量などを考慮して、最大出力4.7MWであり、世界最大容量TD加熱設備である。

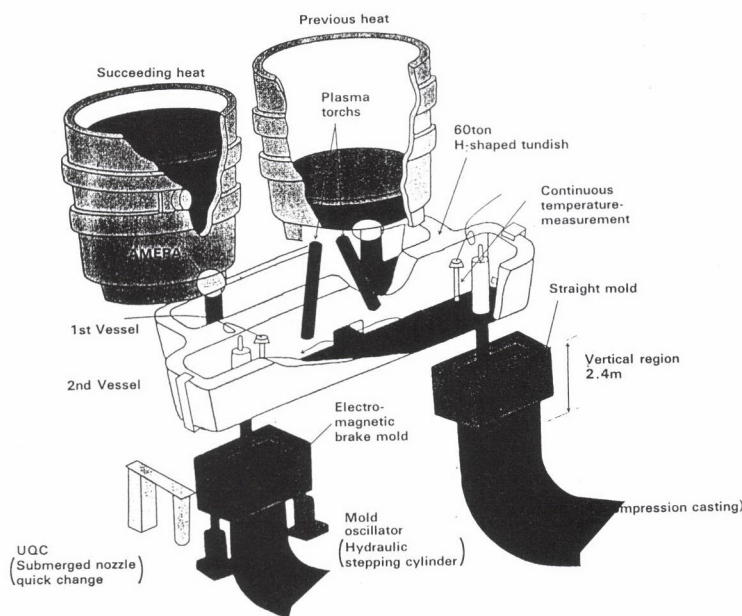


Fig.1. Outline of No. 2 Slab Caster at Nagoya Works.

Table 1. Main specifications of tundish plasma heater.

| Type                 | DC transferred arc                               |
|----------------------|--------------------------------------------------|
| Max. current         | 5000A/torch×2                                    |
| Max. power           | 2.35MW/torch×2                                   |
| Plasma gas flow rate | Ar 2300 ℓ /min×2<br>N <sub>2</sub> 0~30%mixing×2 |
| Cooling water        | 450 ℓ /min×2                                     |

## (2) TDプラズマ加熱の適用効果

TD内溶鋼温度は、連铸操作のみならず铸片品質にも多大な影響を及ぼす。TD温度が低下すると、浸漬ノズル詰まりが進行し、その結果、湯面変動、偏流が大きくなり、また、铸造速度変動も引き起こし、铸片品質が悪化する。TD内プラズマ加熱を適用することにより、TD内溶鋼温度を一定にし、一定温度、一定速度铸造が可能となる。その結果、浸漬ノズル詰まりも低減し操作バラツキ、品質バラツキが大幅に改善される。

名古屋No.2CCにおけるTDプラズマ加熱操作の実施例をFig.2に、操作形態によるTD内溶鋼温度変動量をFig.3に示す。铸造条件に合わせ、プラズマ加熱の出力を制御することにより、チャージ内のTD溶鋼温度変動を5℃以下に抑えることができた。さらに、TDプラズマ加熱を適用することにより、Fig.4に示すように、内部欠陥レベルを約半減できた。

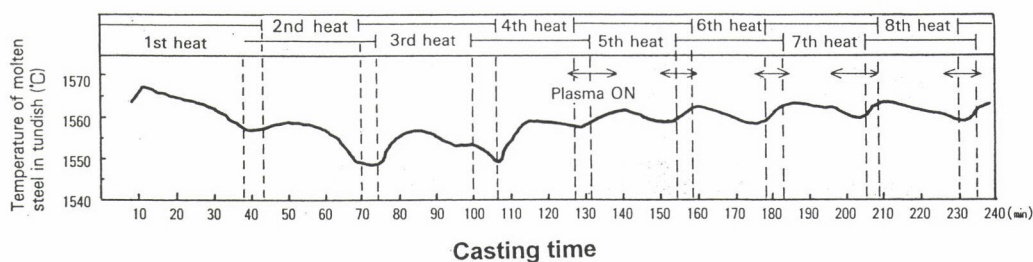


Fig.2. Trends of molten steel temperature in the tundish with and without tundish heating.

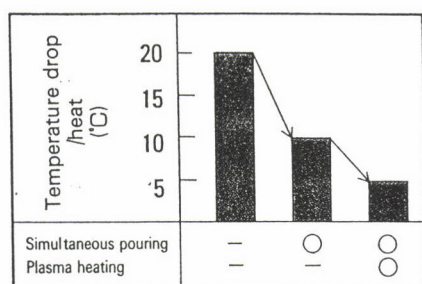


Fig.3. Comparison of temperature drops in a variety of casting operations.

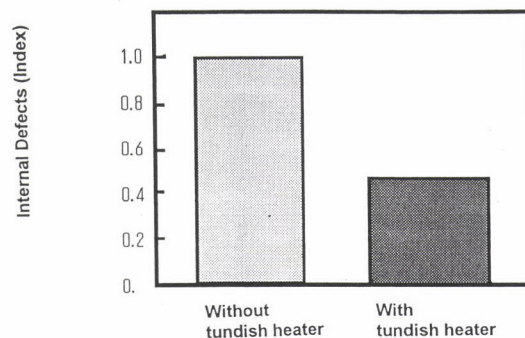


Fig.4. Internal quality caused by inclusions is improved with the precisely controlled tundish heating.

## 3.2 モールド可視化システム

### (1) モールド可視化システムの概要

高速铸造下における操業と品質の安定化には、生産現場で実際に操業に従事しているオペレーター自身が時々刻々の操業変化を的確に把握するとともに、それぞれの铸造品種ごとの最適条件が得られるように、リアルタイムに操業を制御することが重要である。当社は、特に、铸型内溶鋼流動制御がキーテクノロジーであると考え、従来より、その開発と実用化を進めてきた。当所では、約10年前から活用している『オン・コンディショニング・モニターリング・システム』を、さらにグレードアップして、『モールド可視化システム』を構築・実用化した。

このシステムでは、従来の湯面変動量、铸型内溶鋼偏流量、浸漬ノズル詰まり係数に加え、さらに、各種操業実績値から簡易モデル計算に基づいて、ノズル吐出孔からの溶鋼吐出量、メニスカス部での溶鋼流速、モールド下端での短辺シェル厚み、溶鋼浸透深さなどの多種多彩な铸型内溶鋼流動に関する情報がリアルタイムに表示される。現場CRT画面を通して、これらのデータをオペレーターは常時、系統的に把握すると共に、操業状況を即断できる。

また、表示についても、情報をより正確に、より総合的に表示するとともに、単なる数字の表示ではなく、その時点での操業状態が適正なのか、異常なのかを瞬時に判断できるように、色分けしたパターンで表示している。



代表的な表示画面として、次の4機能を有している。

- ① 操業統括画面 (Fig.5に示す)  
モールドにおける品質・操業の中間指標をすべて把握して、現在の操業状況を総合的に判断し、必要なものについて、最適領域に制御する。
- ② 中間指標トレンド画面  
各種の操業指標のトレンド把握により、操業状況を確認する。
- ③ 溶鋼流動画面 (Fig.6に示す)  
品質・操業に影響の大きいメニスカス流速、湯面変動量、偏流を制御する場合に、電磁ブレーキおよび casting speed の最適制御を行う。
- ④ 品質直行ビジュアル画面 (Fig.7に示す)  
各品質要求に対して、一貫製造プロセスとして、最適な製造条件を铸片毎にガイダンスし、最適制御を実施する。

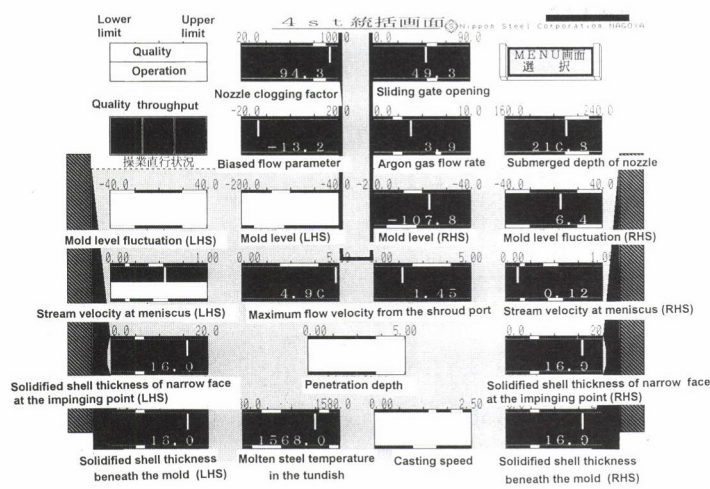


Fig.5. CRT screen image on overall monitoring operation.

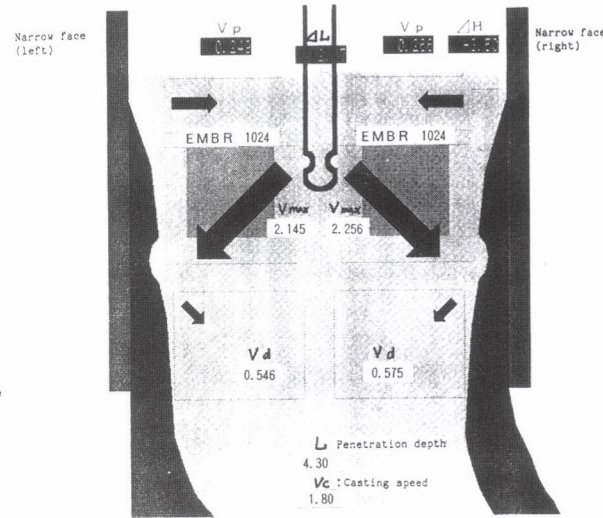


Fig.6. Graphical display on the molten steel flow in the mold.

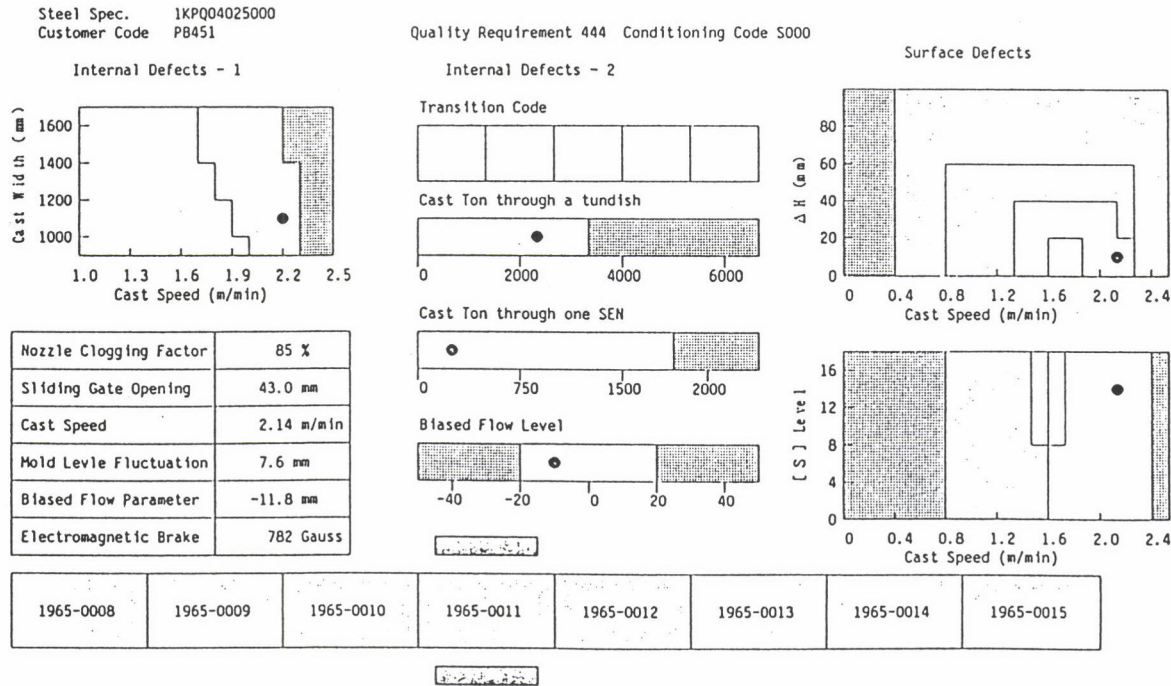


Fig.7. Visual screen of the best casting operation condition for quality throughput.

## (2) モールド内可視化システムの適用効果

モールド可視化技術の導入により、操業異常や品質異常となる兆候を早期に検出することが可能となり、この情報に基づいて、前述のタンディッシュ加熱機能、鋳型内電磁ブレーキ機能、鋳造速度や浸漬ノズルアルゴン流量などの鋳込み制御機能を駆使し、品種別最適操業が可能となる。

さらに、このモールド可視化システムに電磁ブレーキ制御を連結し、これにより、鋳型内溶鋼流動の自動制御が可能となるとともに、流動の一定化を実現できた。この電磁ブレーキによる自動制御により、鋳型内溶鋼流動がダイナミックに制御できるため、偏流などの品質上有害な流れを抑制できた。モールド可視化システムに直結した電磁ブレーキの自動制御の実施例をFig.8に示す。この図から、電磁ブレーキの自動制御により、偏流状態が大幅に抑えられることがわかる。

つまり、鋳型内溶鋼流動の様子を監視するとともに、この監視データに基づいて電磁ブレーキなどのオンライン流動制御を適用することにより、高品位の鋳片を高速鋳造で製造できるようになった。さらには、従来の鋳造速度のマクロ的な適正範囲の制約に加え、この種の高精度・リアルタイム制御を適用することにより品質への有害な事象をダイナミックに抑えるとともに、起きないように予防保全的な対策を打つことができるようになる。

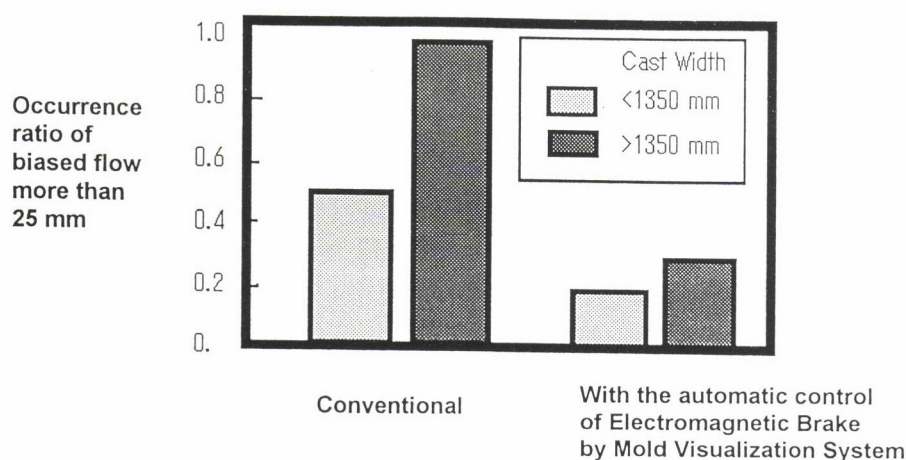


Fig.8. Automatically controlled molten steel flow with this mold visualization system makes the occurrence ratio of harmful biased flow decrease drastically.

## 4.結言

今回紹介した、4.7MWの大容量TDプラズマ加熱設備とモールド可視化システムを名古屋製鉄所第2連続鋳造機に導入するとともに、さらに、このモールド可視化システムと鋳型内電磁ブレーキを連動し、自動制御することにより、一定温度・一定流動操業が可能となった。これらの技術を活用し、高速鋳造下でも高品質の鋳片を安定して製造できる体制を確立し、現在も品質厳格材の安定製造を継続中である。