

鑄造開始時の高速立ち上げ法によるスラブ品質の改善

Improvement of First Slabs Quality by Increase of Acceleration of Casting Speed at the Initial Stage of Casting

住友金属工業(株) 鹿島製鉄所 荒井和弘*・笹目欽吾・谷 潤一
関野一人・渡辺吉夫

1. 緒言

近年のユーザーニーズの高度化に伴い、連鑄スラブに要求される品質レベルも厳しさを増している。中でも非正常スラブは不可避的要因による品質劣化のため、製品品質の悪化はもちろんのこと、高級鋼においては他用途転用に伴うスラブオーダー率低下や余剰スラブの発生等の問題を抱えている。

鹿島製鉄所では、非正常部の品質改善対策として、鑄造終了部については一定速度終了技術を開発し品質向上に効果を上げている¹⁾²⁾。一方、鑄造開始部については鑄造速度の高速立ち上げ法を開発し品質改善に取り組んだ。その結果、鑄造開始部スラブ(以下ボトムスラブ)の大幅な品質改善を達成できたので、その概要について報告する。

2. 高速立ち上げ法

2.1 開発背景

ボトムスラブの品質劣化の原因としては、

- ①取鍋珪砂およびタンディッシュ吹き付け材、耐火物の溶鋼への懸濁
- ②モールド内への初期注入温度低下による介在物の浮上分離阻害
- ③スタート時の湯面変動によるパウダー巻き込み

が考えられ、従来より種々の対策を試みてきたが満足すべき品質レベルには至らなかった。そこで、モールド内への溶鋼注入温度を定常部の状態に近づけることを基本思想とし、熱供給速度向上が最も有効であると考へ鑄造開始時の立ち上げ加速度向上に取り組んだ。

2.2 概要

Fig.1に本法の鑄造速度立ち上げパターンを従来のパターンとともに示す。従来立ち上げでは、鑄造開始直後の速度保持部から定常鑄造速度に到達するまでの時間が長い。この間、低スループットにてモールド内溶鋼温度が低い状態で鑄造が行われ、ボトムスラブ品質悪化の原因となっていた。高速立ち上げ法では、加速度の増加により低速鑄造領域の減少を図り、モールド内溶鋼温度を確保することを目的としている。現状の高速立ち上げ条件(加速度 $0.80\text{m}/\text{min}^2$)では、定常速度まで45秒で到達し、定常速度到達時の鑄込長も 2.3m から 0.9m へと大幅に短縮された。

2.3 操業安定化対策

立ち上げ加速度を増していく際に懸念された操業安定性の問題と対策をTable1に示す。鑄造開始時に発熱パウダー(発熱源:金属SiまたはCaSi)を適用した時の溶融層厚は、Fig.2に示すように開始初期から十分な厚みが確保されており、パウダー

Table 1. Measures for operation stability.

Problems	Measures
Insufficient mold powder inflow caused by higher acceleration	<ol style="list-style-type: none"> ① Application of exothermic mold powder to keep sufficient thickness of slag pool at the initial stage of casting ② Application of eddy current type mold level control to reduce mold level fluctuation at the initial stage of casting

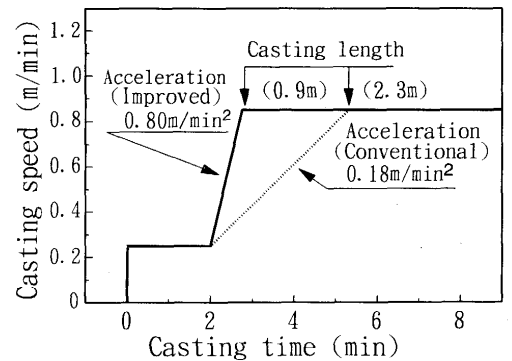


Fig. 1. An example of acceleration pattern of casting speed at the initial stage of casting.

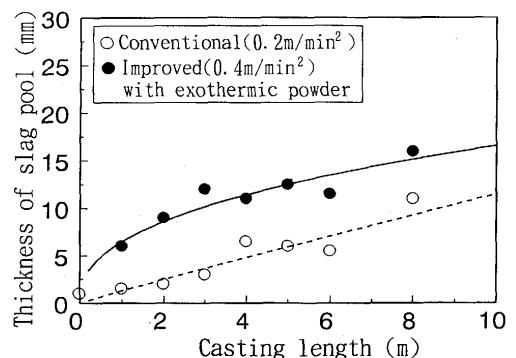


Fig. 2. Transition of slag pool thickness at the initial stage of casting.

流入不良の懸念は解消された。一方、RIレベル計制御の場合、モールド湯面変動は高加速度になるにつれて増大し、パウダー流入不良が発生する可能性がある。

これに対し、渦流レベル計制御を適用した場合は、Fig.3に示すように加速度が増加しても湯面変動量は変わらないため、安定したパウダー流入が得られ加速度の増加が図れた。

以上の対策により、当初懸念された加速度増加時のパウダー起因によるトラブルは発生しておらず、操業は安定している。

3. 効果

3・1 モールド内温度上昇

モールド内溶鋼温度に及ぼす立ち上げ加速度の影響を調査するため、モールド内溶鋼温度の連続测温を実施した。

Table 2に测温条件、Fig.4に結果を示す。测温結果から加速度 0.80m/min^2 下の加速終了時点と同一鑄込長位置でストランド間の比較をすると、両者間に約 5°C の温度差がある。

連続鑄造における鑄型内では溶鋼注入流が浸漬ノズルから出た直後に液相線温度近傍まで急激に低下するという現象が報告されており³⁾、液相線温度近傍でのわずかな温度差が、後述する介在物浮上分離に影響を与えるものと考えられる。

3・2 内部品質

内部介在物レベルの改善効果を調査するため、鑄込開始時の加速度をストランド毎に変え、鑄造方向の介在物分布を調査した。サンプル採取位置をFig.5に示す。スライム法により介在物を抽出し定量評価した。介在物の形態別個数分布をFig.6に示す。この結果から、介在物の鑄造方向分布について以下のことがわかった。

- ①塊状介在物と球状介在物において、高速立ち上げ材の介在物個数はスラブボトムから 1500mm 位置付近で急激に減少する。一方、従来加速度材においては急激な変化は無く、 6000mm 位置付近までなだらかに減少する。
- ②クラスター状介在物においては、高速立ち上げ材、従来加速度材共に、鑄造速度が定常状態に到達する位置に概ね対応する所で、定常部並の介在物個数まで減少する。

なお、加速度増加時において球状介在物の顕著な増加傾向は認められず、パウダー巻き込みは起きていないと判断される。

以上のことから、最ボトムから 2000mm 位置以降の清浄性は、定常部のレベルまで改善できる事がわかった。

3・3 表層部品質

Fig.7にボトムスラブの表層部改善状況を示す。高速立ち上げによってスラブ表層部のピンホール発生領域は大幅に減少した。その結果、Fig.8に示すようにボトムスラブ冷延材の製品表面疵が減少しており、高速立ち上げ法はスラブ表層部の品質改善にも有効なことが確認された。これは、溶鋼流速増加による初期凝固シェル界面の洗浄効果によると考えられる。本改善により、従来困難であったボトムスラブのDHCR化も一部可能となった。

3・4 余剰スラブ低減

高速立ち上げ法を始め各種非常部品質改善対策を推進した結果¹⁾²⁾⁴⁾、介在物厳格材に対するスラブのオーダー適用率

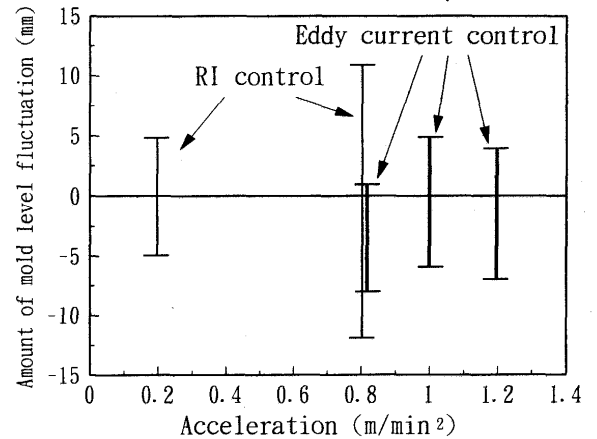


Fig. 3. Relation between acceleration and amount of mold level fluctuation.

Table 2. Temperature measurement conditions.

Strand	Acceleration (m/min^2)	Mold width (mm)	Casting Speed at steady state (m/min)	Liquidus temperature ($^\circ\text{C}$)
A	0.80 (Improved)	1400	1.3	1537
B	0.20 (Conventional)	1400	1.3	

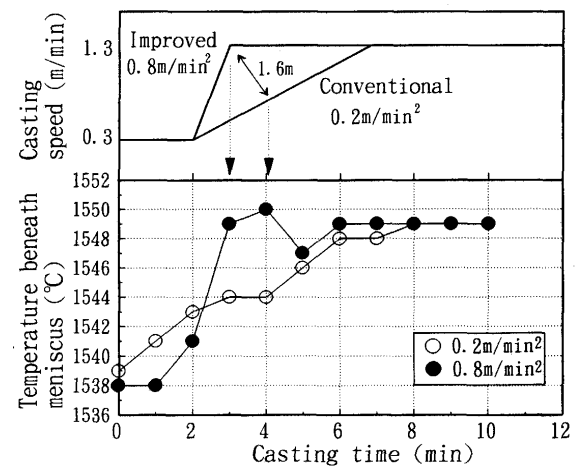


Fig. 4. Transition of temperature beneath meniscus at the initial stage of casting.

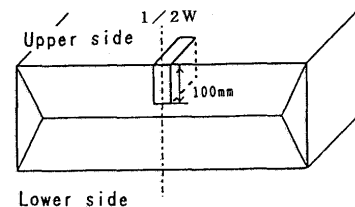


Fig. 5. Sampling position for evaluation of inclusions in slabs.

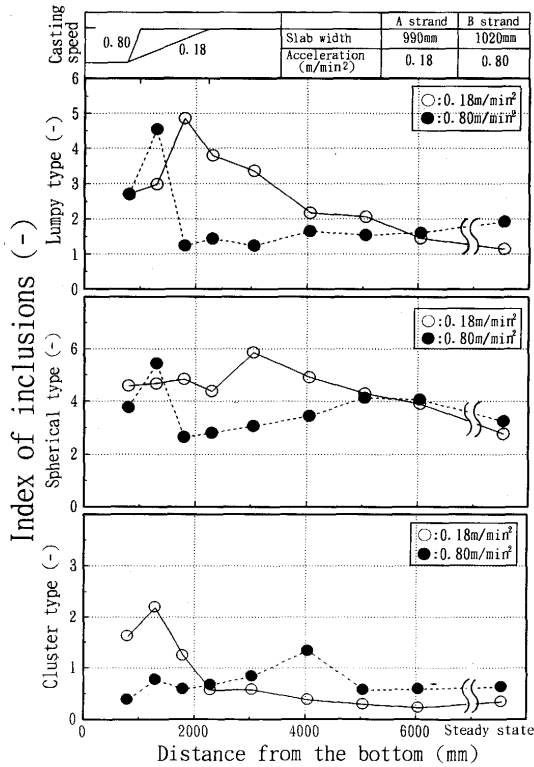


Fig. 6. Distribution of inner inclusions amount along casting direction.

が向上した。特に従来より他用途への振替が困難であった熱延系ハイテン材での改善効果が大きい。一例として、介在物重要管理材に対する非正常スラブ(ボトム部, 取鍋交換部, トップ部)の使用適用率推移をFig. 9に示す。各種品質改善対策に加えて、トップ, ボトム部については、クランプ切り捨て長さを適正化することで介在物厳格材へのオーダー化可能率をほぼ100%にする事ができた。

4. 結言

非正常スラブの品質を改善するため、鑄造開始時の高速立ち上げ法を開発した。その結果、ボトムスラブの大幅な品質改善を実現した。本法に加え各種非正常部品質改善対策を推進し、介在物厳格材に対する非正常スラブのオーダー適用率が向上した。

文献

- 1) 佐藤 敦, 神田和俊, 関野一人, 横井利昭, 吉田憲治, 戸崎泰之: 鉄と鋼, 79(1993), T17
- 2) 荒井和弘, 有本輝美, 荒井克彦, 浜名孝年, 豊田 守: 材料とプロセス, 6(1993), p.260
- 3) C.Offerman: Scand.J.Metall., 10(1981), p.25
- 4) 笠井宣文, 宮崎 修, 山副広明, 吉井正憲, 篠塚多佐之: 材料とプロセス, 7(1994), p.325

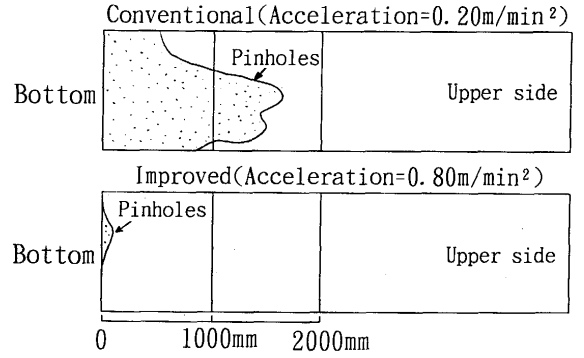


Fig. 7. Comparison of surface quality of first slabs between two methods. (Ultra Low Carbon Steel)

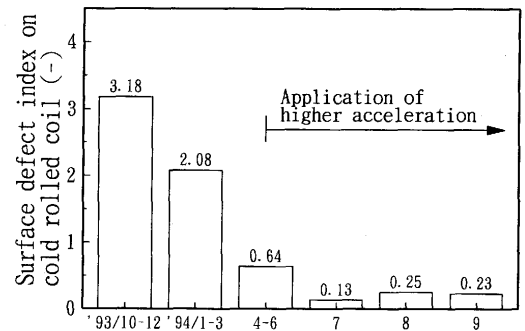


Fig. 8. Transition of surface defect index on cold rolled coil. (Ultra Low Carbon Steel)

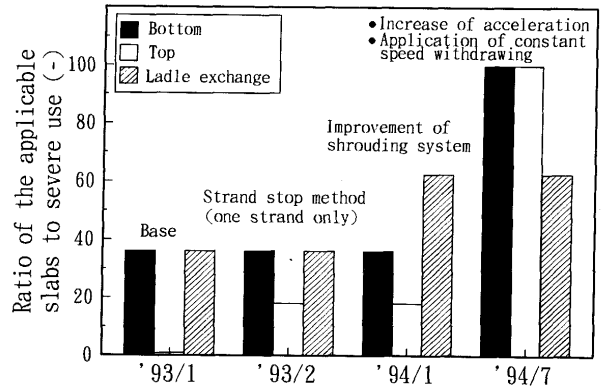


Fig. 9. Transition of the ratio of the applicable slabs to severe use in the total unsteady stage slabs.