

タンディッシュにおける成分調整試験

Experiments on Changing the Composition of Steel in the Tundish

新日本製鉄(株) 室蘭製鉄所

橋本康裕*・鈴木功夫・井上 隆

菅原 健・山中 敦

室蘭技術研究部

前出弘文

1. 緒言

需要家の小ロット多品種生産に対する要求は、年々拡大する傾向にある。通常の転炉～二次精錬～連铸プロセスにおける小ロット鋼種の製造には不可避免的に余材発生を伴い、製造コスト増の原因となっている。このような背景から、連铸タンディッシュでの成分調整による小ロット製造技術について検討した。本報では、室蘭製鉄所第3連続铸造設備(No. 3CC)にて実施した、タンディッシュ誘導加熱を適用した成分調整試験結果について報告する。

2. タンディッシュにおける小ロット製造試験

fig.1 に本試験プロセスの概要を示す。タンディッシュ内成分調整のベース溶鋼(以下母溶鋼)には、通常の転炉～二次精錬工程を経由した溶鋼を使用する。よって、精錬工程における溶鋼処理は従来のままで対応が可能であるとともに、従来プロセスのスケールメリットを享受できる。小ロットの製造に際しては、母溶鋼をタンディッシュに20～30T分湯し、合金添加、成分調整の後、再铸造を行うというものである。

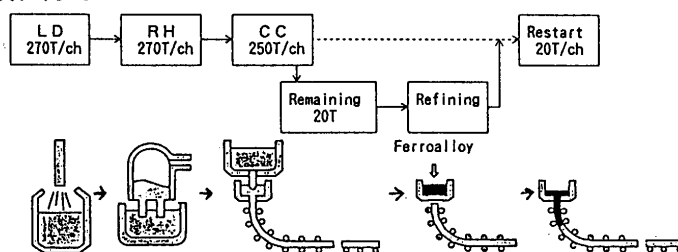


Fig.1 Small-lot production process by changing the composition of steel in the tundish

3. タンディッシュ誘導加熱技術

3. 1 設備概要

本技術を可能とするものとして、タンディッシュ誘導加熱を開発設置した。加熱方式としては、風冷式中間溝型誘導加熱装置を採用している。Fig.2 にタンディッシュ誘導加熱装置の概要、Table.1 に主仕様を示す。合金鉄の溶解に必要な熱量の補償、攪拌の付与が可能である。

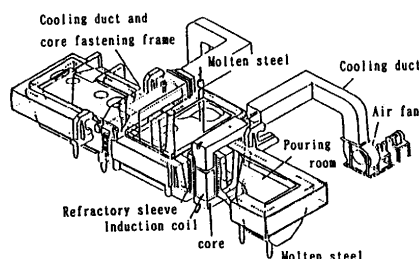


Fig.2 General view of tundish induction heater

Table.1 Specifications of tundish induction heater

Item	Specification
Type	Middle channel type
Maximum input power	1000kw × 2
Heating capacity	4.2 °C/min (Holding)
Control method	Tap changing

3. 2 添加合金鉄の溶解能力の検討

誘導加熱の昇温能力 ΔT ($^{\circ}\text{C}/\text{min}$) は
最大投入電力2000(kw)、昇温効率 $\eta = 0.6$ 、
TD内溶鋼重量20(T) とすれば、

$$\Delta T = \frac{2000(\text{kw}) \times 0.6}{0.24(\text{kWh}/\text{T}, ^{\circ}\text{C}) \times 20(\text{T}) \times 60\text{min}} \quad \dots(1)$$

$$= 4.2^{\circ}\text{C}/\text{min}$$

一方、W(Kg)の合金鉄を溶解するのに必要な熱量は、

$$Q(\text{Kcal}) = 335(\text{Kcal}/\text{Kg}) \times W(\text{Kg}) \quad \dots(2)$$

合金添加による溶鋼温度低下量 T ($^{\circ}\text{C}$) は、

$$T = \frac{335(\text{Kcal}/\text{Kg}) \times W(\text{Kg})}{200(\text{kcal}/\text{T}, ^{\circ}\text{C}) \times 20(\text{T})} \quad \dots(3)$$

(1) 式と(3) 式から求めた、タンディッシュ合金添加量と必要加熱時間の関係をFig. 3 に示す。合金添加からの加熱時間を10分間とすると、最大で0.5Tの合金鉄の溶解が可能である。

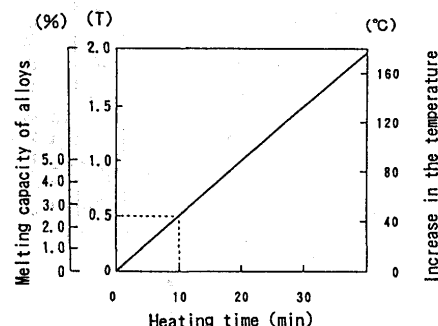


Fig. 3 Relation between heating time and melting capacity

4. 実機試験結果

4. 1 タンディッシュ内溶鋼の成分均一性

タンディッシュ内溶鋼の流れ、攪拌状況、添加元素の均一混合時間を調査するため、タンディッシュ内溶鋼の多点同時サンプリング試験を実施した。

(1) 試験条件

- 1) 取鍋内溶鋼をタンディッシュへ注入終了後、タンディッシュ内残湯が20Tになった時点でストッパーを全閉。
- 2) タンディッシュ誘導加熱を実施（出力最大）しながら合金鉄(Fe-Ni:0.30%相当)を添加
- 3) 合金鉄添加完了後、Fig. 4 に示す位置で同時多点サンプリングを実施。

(2) 成分推移測定結果

Fig. 5 に添加完了後の各点における成分推移を示す。この結果、合金鉄は短時間で溶解し、添加完了後約3分で均一化することを確認した。

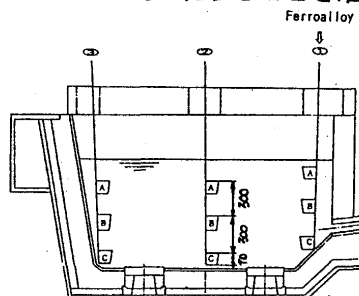


Fig. 4 Sampling positions of molten steel in the tundish

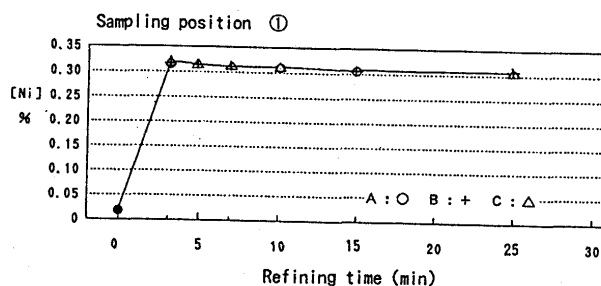


Fig. 5 Change in the composition at the each sampling position

4. 2 溶製試験結果例

(1) 溶製状況

母溶鋼および溶製鋼種の目標成分をTable.2 に示す。タンディッシュへの分湯量は22TとしC=0.03%、Mn=0.30%の成分変更のため加炭材7.0Kg およびFe-Mn70Kg を添加した。タンディッシュにおける溶製パターンをFig.6 に示す。タンディッシュ分湯終了から再铸造までの溶製時間は10分で完了した。

Table.2 Chemical compositions of the base metal and the small-lot

	C	Si	Mn	P	S	T. Al
Base	0.250	0.200	0.450	≤0.030	0.020	0.035
Aim	0.280	0.200	0.750	≤0.030	0.020	0.035

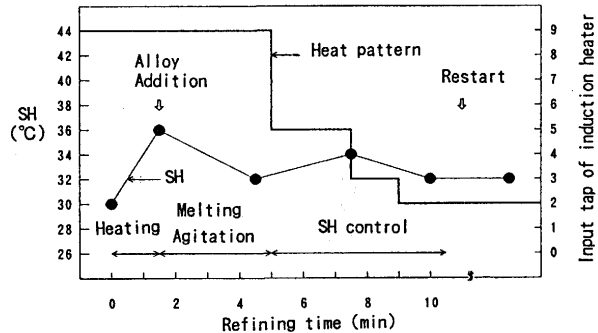


Fig.6 Refining pattern in the tundish

(2) 成分推移

添加成分の推移をFig.7 に示す。C、Mnともに添加後約3分で均一化し目標レベルに到達している。

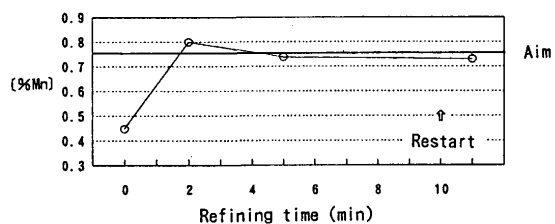
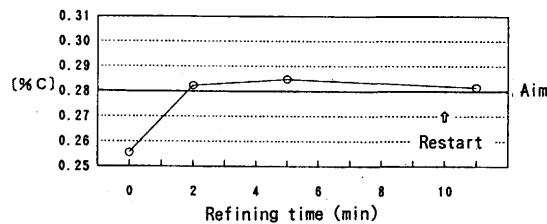


Fig.7 Change in the additional compositions

(3) 成品の清浄度

成品における清浄度測定結果をFig.8 に示す。介在物レベルについても通常材と同等レベルであることを確認した。

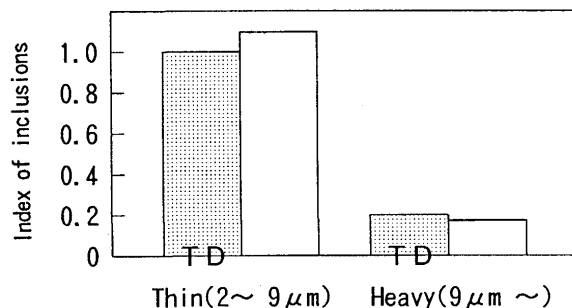


Fig.8 Comparison of microscopic testing for non-metallic inclusions (ASTM-A)

4. 3 タンディッシュ内溶鋼の清浄度

合金鉄多量添加試験（添加量合計約600Kg）を実施した場合のタンディッシュ内溶鋼中 T. [O] の推移をFig. 9 に示す。溶鋼中の T. [O] はいずれの鋼種においても母溶鋼のレベルによらず溶製時間の経過とともに低下する傾向が見られる。これは、誘導加熱の適用による攪拌効果、溶鋼のスーパーヒートの確保により脱酸生成物の浮上が進行するためである。

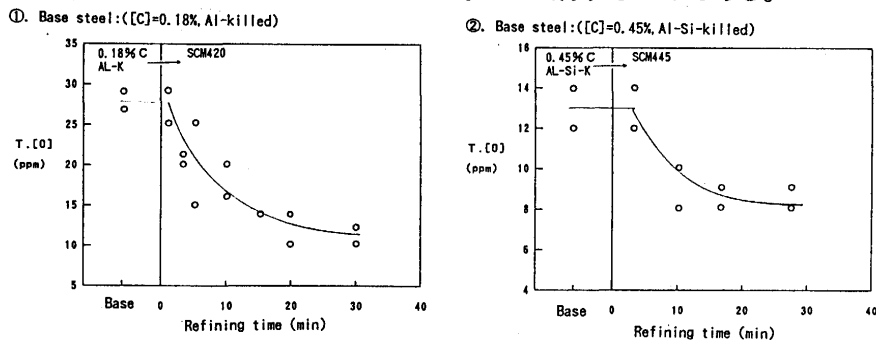


Fig.9 Transition of T. [O] during the refining

4. 4 ガス成分への影響

タンディッシュ小ロット材の溶製においては、静止溶鋼を加熱し合金添加するため、合金鉄や耐火物からの水素ピックアップ量が増加する傾向がある。Fig. 10にタンディッシュの乾燥条件と水素ピックアップの測定結果の例を示す。水素ピックアップの低減には、タンディッシュ耐火物からの水分吸収防止が重要である。また、合金鉄添加に伴い大気からの窒素ピックアップの傾向がある。Fig. 11にタンディッシュ保温材の条件による窒素ピックアップ量の比較を示す。窒素ピックアップの低減には、大気からの吸窒防止が重要である。

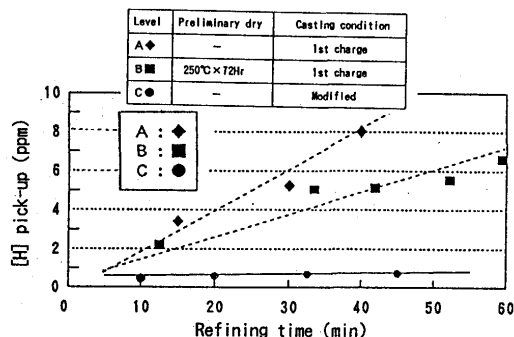


Fig.10 Relation between the tundish condition and [H] pick-up

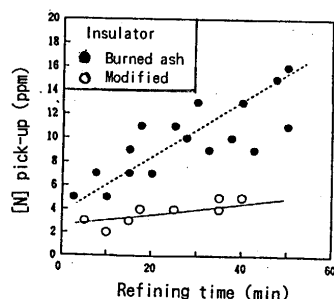


Fig.11 Relation between the tundish flux and [N] pick-up

5. 結言

タンディッシュにおける20~30Tの小ロット成分調整試験の結果、以下の知見を得た。

- (1) タンディッシュ誘導加熱装置による加熱・攪拌効果により、添加合金は短時間で溶解し均一混合する。
- (2) タンディッシュ内溶鋼の上向き流及び加熱保持の効果により、脱酸生成物は浮上分離され清浄性が確保できる。
- (3) ガス成分への影響を試験した結果、水素についてはタンディッシュ耐火物からの水分吸収防止、窒素については、大気中からの吸窒防止対策によりピックアップを防止することが可能である。