

(84) 転炉における吹錬終から出鋼終までの溶鋼温度降下について

(転炉における吹錬終から注入に至る溶鋼温度降下について—I)

八幡製鉄, 戸畑製造所

森田 重明・○平原 博
堺製鉄所 田 中 功

On the Temperature Drop between End Point of Blowing and Tapping at LD Process.

(On the temperature drop between point of blowing and teeming at LD process—I)

Shigeaki MORITA, Hiroshi HIRAHARA and Isao TANAKA.

1. 緒 言

鋼塊の内外面の性状に与える溶鋼温度の影響は極めて大なるものがあり, 溶鋼温度の管理を強化することは品質向上を計る上に重要な要素となる. この報告は戸畑転炉工場における溶鋼温度調査の第I報として吹錬終から取鍋内にいたる溶鋼温度の挙動を調査したものである.

2. 温度測定の方法と測定位置

温度測定に当たってはすべて浸漬型熱電対(線径 0.5 mm PtRh 13%)を使用, 電子管式温度記録計で記録.

2.1 吹錬終温度および出鋼温度(炉前にて測温)

転炉を炉前に傾け, 炉口から約 2 m 奥の浴面下約 500 mm の位置へ検出端を挿入して測定.

2.2 取鍋内溶鋼温度(炉裏にて測温)

溶鋼表面はほぼ中央の深さ約 600 mm の位置へ検出端を挿入して測定.

3. 調査対象

今回の調査対象となつた鋼種およびデータ数は下記の通りであり, 成分はほぼ一定である.

70 t 転炉 低炭リムド鋼 237 ヒート

130 t 転炉 低炭リムド鋼 80 ヒート

4. 転炉々内における溶鋼温度

吹錬終から出鋼までの温度変化は炉壁への伝導熱, 溶鋼表面からの輻射熱および添加合金の顕熱, 反応熱などによつて起こるが, これらの因子を現場で action の取れる要因と結びつけて考えると, 次の要因に絞られる.

4.1 経過時間

炉壁および溶鋼表面からの熱損失量は経過時間に比例して多くなると考えられるので他の要因をほぼ一定として経過時間単味の温度降下に与える影響を調べるとFig. 1 に示すごとくなり, 70 t 転炉, 130 t 転炉ともに高度に有意な相関関係が認められた. すなわち 70 t 転炉では $3.15^{\circ}\text{C}/\text{min}$, 130 t 転炉では $2.72^{\circ}\text{C}/\text{min}$ の温度降下が認められる.

70 t 転炉と 130 t 転炉の差は溶鋼量に対する炉壁との接触面積の比などに起因しているものと思われる.

4.2 冷却材投入量

冷却材としてはピレット屑を使用しているが温度降下にはその顕熱, 潜熱, および boiling 効果が影響し冷却材投入量に比例して温度降下量は大きくなるはずであ

る.

Fig. 2 には経過時間で修正して冷却材投入量と温度降下の関係を示した. 図に示すごとく冷却材 100 kg 当り 70 t 炉では 6.26°C , 130 t 炉では 1.84°C の割合いで温度は降下するが, いずれも理論計算(顕熱および潜熱による温度変化のみを考慮すれば冷材 100 kg 当たり 70

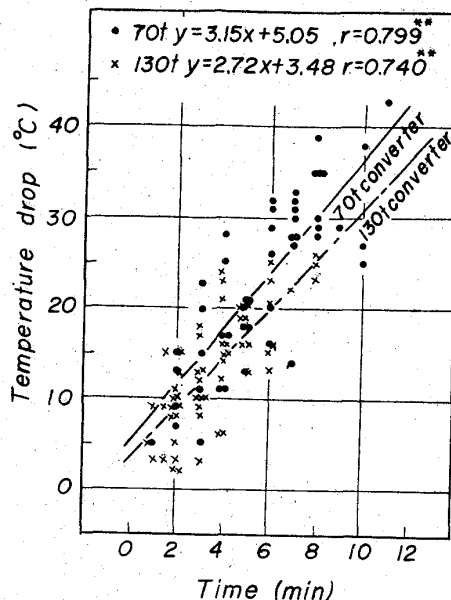


Fig. 1. Rate of temperature drop in vessel.

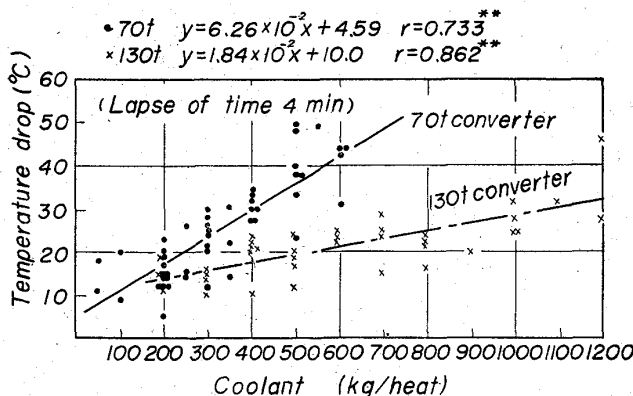


Fig. 2. Temperature drop with coolant in vessel.

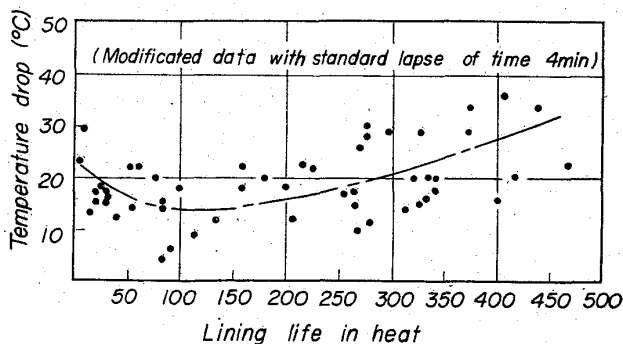


Fig. 3. Effect of lining life on temperature drop in 70t converter.

t 転炉で 2°C, 130 t 転炉で 1°C 程度である。) による値よりもかなり大きい値となつている。このことは冷材による溶鋼の boiling, 炉の傾動などの影響と考えられるが、この影響は炉容が小さいほうが大きい。

4.3 炉回数

溶鋼と内張り煉瓦の接触面積は炉回数と共に増加するが一定時間内の溶鋼の温度降下は Fig. 3 に示すごとく炉回数 100 回~150回で極小値が現われるようである。

炉回数が初期では煉瓦の昇熱が十分行なわれず、煉瓦への伝導熱損失が大となるが、煉瓦の昇熱にしたがつて熱損失は減少する。一方溶鋼と煉瓦の接触面の増大、炉口の拡大、および煉瓦の変質による熱伝導率の増大などにより熱損失量は増加するので炉回数 100 回~150回程度を境に温度降下は炉回数とともに増加すると考えられる。この現象は転炉吹錬における全冷却能の関係とよく一致している。

なお 130 t 転炉では炉回数によつて装入量を変更しているなどの関係上 70 t 転炉で見られるような傾向は認められなかつた。

5. 出鋼時における溶鋼温度降下

出鋼時の溶鋼温度は出鋼中の輻射熱損失、添加合金の顕熱および反応熱、転炉および取鍋煉瓦への伝導熱損失などで変化するが、本調査の対象となつた鋼種は成分的に一定であることから添加合金はほぼ一定と考えられる。したがつて要因として次のものを取りあげた。

5.1 出鋼所要時間

出鋼時における温度降下には出鋼所要時間が最も影響を与え Fig. 4 に示すごとく出鋼時の温度降下との間には高度に有意な相関々係が見られる。なおここで出鋼開始時と完了時の溶鋼温度を出鋼温度の測定値および取鍋内溶鋼温度の測定値から経過時間で修正して推定しその温度差を出鋼時の温度降下量とした。

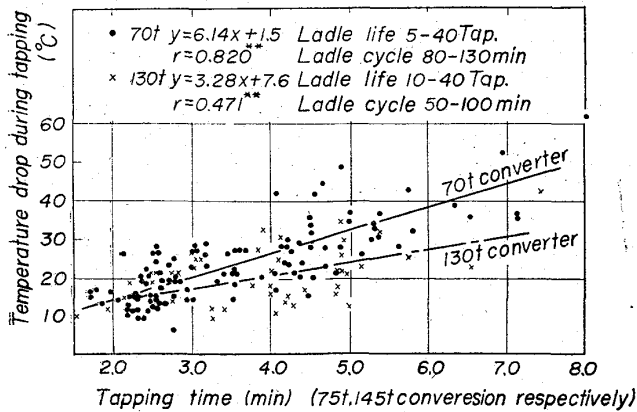


Fig. 4. Effect of tapping time on temperature drop during tapping.

Table 1. Comparison of temperature drop during tapping.

Works	Coefficient	Converter capacity
Amagasaki ¹⁾	4.04°C/min	30 t
Fuji Hirohata ²⁾	7.26°C/min	80 t (conversion)
Yawata Tobata 1	6.14°C/min	70 t (conversion)
" 2	3.28°C/min	145 t (conversion)

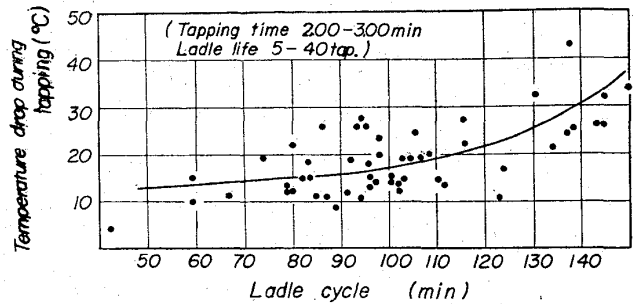


Fig. 5. Effect of ladle cycle on temperature drop during tapping in 70t ladle.

(取鍋内における単位時間当たり温度降下量は取鍋一注入間の温度降下調査から 70 t 取鍋 2°C/min, 130 t 取鍋 1°C/min とした.)

Fig. 4 に示す通り単位重量当たりの出鋼流表面積の大きい 70 t 転炉の方が出鋼所要時間の影響を受け易いのは当然である。また 70 t, 130 t 炉ともかなりバラツキがあるのは前に述べた要因以外にデータとして掴み難い出鋼流の特性などが影響しているものと考えられる。なお参考までに他社の計算結果と比較して示すと Table 1 の通りである。

5.2 取鍋使用サイクル

受鋼時の取鍋内張り煉瓦の温度は煉瓦を通しての伝導熱損失と密接な関係があり、受鋼時の溶鋼温度降下に与える影響を大きいと考えられる。Fig. 5 には 70 t 転炉における取鍋使用サイクルと出鋼時の温度降下との関係を出鋼所要時間で層別して示したが、使用サイクルが長くなると温度降下量が大きくなるという傾向が認められる。

しかし 130 t 転炉では取鍋使用サイクルのバラツキが小さく大部分が 50~100min に入つているため傾向らしいものは認められなかつた。なお取鍋使用は 70 t 転炉で 3 鍋, 130 t 転炉で 2 鍋で回転している。

5.3 取鍋使用回数

取鍋使用回数が進むにしたがつて内張り煉瓦は溶損して薄くなるが温度降下との間には何ら傾向は認められなかつた。また後で述べるごとく重回帰分析の結果でも取鍋使用回数については初期、末期で 1°C~2°C 程度の差しかないようである。

5.4 重回帰分析

次に出鋼完了時の取鍋内溶鋼温度を推定するために出鋼開始時と完了時の溶鋼温度差を算出する回帰式を求めた。要因としては前に述べた通り、出鋼所要時間、取鍋使用サイクル、取鍋使用回数を取りあげた。解析結果は次の通りである。

a. 70 t 転炉

データ数 237 ヒート

回帰式

$$\Delta T = 4.272 x_1^{**} + 0.042 x_2 + 0.068 x_3^{**} + 1.171 \dots \dots \dots (1)$$

ΔT = 出鋼時の溶鋼温度降下 °C

x_1 = 出鋼所要時間 min (75 t 換算)

x_2 = 取鍋使用回数

x_3 = 取鍋使用サイクル min

669.184.244.66:669.184.28:621.039.85

(1)式からわかる通り ΔT は出鋼所要時間と、取鍋使用サイクルではほぼ決定されるようであるがこの回帰式は高度に有意で寄与率は50%程度である。なおこの式からの推定値は $\pm 5^{\circ}\text{C}$ に56%, $\pm 10^{\circ}\text{C}$ に84% 適中する。(1)式は取鍋使用サイクルを直線回帰で求めたが Fig. 5 にも示す通りその影響は曲線となつてゐるため Fig. 4 に示す単要因(出鋼所要時間)回帰式のバラツキ ($\sigma=5.3^{\circ}\text{C}$) より大となつてゐる。

よつて現場的にはむしろ取鍋使用サイクルで層別して出鋼所要時間で ΔT を推定した方がより正確に ($\pm 5^{\circ}\text{C}$ に62%, $\pm 10^{\circ}\text{C}$ に91% 適中) 推定できるようである。

b. 130 t 転炉

130 t 転炉についても回帰式を求めたが、特性値そのもののバラツキが比較的小さく ($\sigma=7.5^{\circ}\text{C}$) 有意な式は得られなかつた。

5. 結 言

70 t 転炉と 130 t 転炉について吹錬終から取鍋内までの溶鋼温度の挙動を調査し、ある程度その実態を把握することができたが、出鋼時の溶鋼温度降下についてはさらに検討を進め、最終的には吹錬終から注入までの溶鋼温度推移について体系的に把握すべく現在調査中である。なお今回の調査結果をまとめると次の通りである。

- 1) 転炉々内における溶鋼温度の経過時間による降下速度は 70 t 転炉で $3.2^{\circ}\text{C}/\text{min}$, 130 t 転炉で $2.7^{\circ}\text{C}/\text{min}$ である。
- 2) 冷却材による温度降下は冷却材 100kg 当たり、70 t 転炉で 6.3°C , 130 t 転炉で 1.8°C である。
- 3) 出鋼時の温度降下は出鋼所要時間、取鍋使用サイクルではほぼきまり、70 t 転炉では $\pm 10^{\circ}\text{C}$ に84% 適中する回帰式を求めることができた。

文 献

- 1) 尼鉄: 第 28 回製鋼部会 (1964)
- 2) 富士広畑: 第 13 回 LD 技術懇談会 (1964)

(85) 転炉内のエマルジョン状スラグの浮上分離

(製鋼工場における RI の利用—VIII)

八幡製鉄所, 技術研究所

理博 森 久・松尾 翠・繩田義訓
○谷沢 清人・山手 実

Separation of Slag Emulsion from Molten Steel in LD Converter.

(Tracer application of RI to steel works—VIII)

Dr. Hisashi MORI, Midori MATSUO,
Yoshikuni NAWATA, Kiyohito TANIZAWA
and Minoru YAMATE.

1. 緒 言

転炉吹錬終了時においては、スラグは溶鋼中にエマルジョンとして懸濁してゐるであろう。このスラグエマルジョンが注入までに完全に浮上分離しないと、転炉鋼塊の外來介在物の 1 因になるであろう。

そこで、 $^{140}\text{La}_2\text{O}_3$ をトレーサーとして、スラグの浮上分離におよぼす諸要因の影響を調査したので、その概要を報告する。

2. 実験方法

2.1 実験対象工場

低炭素リムド鋼を対象として、戸畑第 2 転炉工場の公称 120 t 転炉(製出鋼量は約 150 t)で実験した。

鋼塊単重は 11~19 t であつた。

2.2 $^{140}\text{La}_2\text{O}_3$ によるスラグの標識と試料採取

$^{140}\text{La}_2\text{O}_3$ 約 7mC を 2 個の鋼製カプセルにスラグ粉と共に封入したものを、スクラップとともに転炉内に装入した。吹錬終了後炉内より約 1 kg のスラグを採取し、また造塊において、注入終了より約 2 min 後に、各鋼塊より約 1 kg のスカムを採取した。

2.3 試料の放射能計数

スラグおよびスカム試料は、それぞれ小型のジョークラツシャーで粉碎して混入してゐる鉄を磁選分離したのち、80mm ϕ \times 100mm のブリキ罐に入れて、神戸工業製 SA-230 型シンチレーションカウンターで数回計数をくりかえし、各種の補正¹⁾を行なつて真の計数率を求めた。

これから、スラグの比放射能に対するスカムの比放射能の比を求め、スカム中のスラグに起因する割合を求めた。

2.4 実験方法に関する問題点

上述した実験法を採用した理由は、スカムの比放射能を測定することによつて、各鑄型に注入された溶鋼に含まれるスラグ起源介在物量が求められると考えたからである。鑄型に注入された溶鋼中の転炉スラグ量は、スカムの比放射能にスカム重量を乗じ、これをスラグの浮上率で除したものであるはずであるから、スカムの比放射能から注入された溶鋼中のスラグ量を求めるためには、スカム重量とスラグ浮上率を知るか、もしくは一定値とみなせることが必要である。

ところが、前報²⁾でもふれたように、溶鋼 t 当たりのスラグ重量はチャージおよび鋼塊ごとに変動しており、またスラグ浮上率は 90% 以上と想像されるものの、リミシングアクションの強さや注入温度などによつて変動するであろう。また、スラグはリミシングアクション初期にほとんど浮上してしまうためか、2 min 後に採取したスカムの比放射能は、8 min 後に採取したスカムのその約 2~3 倍であつた。ところが、試料採取は注入終より 2 min 後に行なつたものの、実際作業において採取時期がある程度不正確になることはさげられなかつた。

以上のごとく、実験法には、いくつかの問題点があることに留意されたい。

3. 実験結果と考察

溶鋼内に懸濁してゐる転炉スラグ濃度の時間的变化は、1 次脱酸生成物の浮上の場合³⁾と同様に、(1)式にしたがうものと考えられる。

$$C_t = C_0 \cdot \exp(-kt) \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 C_t : 吹錬終から t 時間後の溶鋼中スラグ濃度

C_0 : $t=0$ におけるスラグ濃度

k: みかけの浮上分離速度係数

C_0 の値は吹錬条件やスラグ組成によつて変動するで