

Fig. 5. Variation of Nalcote content with depth from slab surface.

ボトムクロップの放射能がトップクロップよりも著しく高いのは、ナルコートが鋼塊底面にかみこみ移行したためであろう。リムド鋼塊でこの比が最大であるのは、鋼塊スカムを除去したためであり、No. 1 鋼塊の比がNo. 2 鋼塊より大きいのは、No. 1 鋼塊では敷鉄板を使用したためナルコートの溶損量が少なく、したがって押湯部に浮上した量が少ないためである。

スラブ中に残留したナルコート量は、敷鉄板を使用したNo. 1 鋼塊にくらべて、敷鉄板を使用しないNo. 2 およびNo. 3 鋼塊が1桁以上高く、さらにリムド鋼であるNo. 3 鋼塊はキルド鋼であるNo. 2 鋼塊の半分以下であるのは、リミングアクションによつて肌近くに介在物がトラップされる確率が減少したためであり、その代りにスカムとしてスラブの7倍程度の量が浮上している。ただし、分塊圧延時にスケールオフしたナルコート量は測定できなかつたが、Fig. 5 から想像すると、スケール中のナルコート量は成品スラブのそれより1桁程度多い可能性がある。型抜後の鑄型内面に付着残留したナルコート量は微量にすぎなかつた。

一方、型抜後の定盤の溶損をみると、厚さ50mmの敷鉄板を使用したNo. 1 鋼塊では認められないが、敷鉄板を使用しないNo. 2 およびNo. 3 鋼塊では、定盤中央部に若干の溶損がみられた。これらの鋼塊は高さが高く注入速度 (t/min) も大きいので、小型鋼塊の場合の溶損量はより少なくなると想像されるが、ナルコートは熱的ショックによつて剝離する心配は少ないが、激しい注入流によつて溶損されることを示している。

4. 結 言

定盤保護剤の1種であるNALCOTE 起源介在物をRIトレーサー法でしらべたところ、ナルコート起源介在物は、キルド鋼塊のほうがリムド鋼塊にくらべて肌近くに局所的に残留する傾向が大きく、また1次脱酸生成

物にくらべて両鋼種とも肌近くに偏在する傾向が大きいことが、介在物量としては微量であることを認めた。

文 献

- 1) 森, 他: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 1848
- 2) 森, 他: 一部は鉄と鋼, 51 (1965), p. 1973

(160) 取鍋内における一次脱酸生成物の浮上分離速度

(製鋼工場におけるRIの利用—XV)

八幡製鉄, 技術研究所

理博○森 久・谷沢清人・山手 実

Separation Velocity of Primary Deoxidation Product in Ladle.

(Tracer application of R.I. to steel works—XV)

Dr. Hisashi MORI, Kiyohito TANIZAWA and Minoru YAMATE.

1. 緒 言

脱酸生成物の浮上分離速度については、川和ら¹⁾の系統的研究、PLAKINGER による介在物の溶鋼との濡れ性と浮上性との対応²⁾、KOENITZER ら³⁾などの多くの注目すべき研究がみられ、脱酸生成物の種類・残留量・粒度分布などの時間的変化に対する、脱酸剤の種類と量もしくは添加順序、最初の酸素量、鋼浴の温度、鋼浴の搅拌静置時間などの影響が次第に明らかにされてきた。

筆者らは、Al と挙動が類似するメタリック ^{140}La をトレーサーとする新実験法によつて、実用取鍋内におけるLa脱酸生成物の浮上分離速度を、特に出鋼時間に着目しつつ、定量的に検討した。ただし実験法の制約のため対象とする鋼種はリムド鋼に限定された。

2. 実験方法

2.1 メタリック ^{140}La 封入カプセルの調製

1ch について、金属線状の ^{140}La 1~4mC (0.1~0.5 g) を5コの直径20mmのAl球に封入し、これを鋼片と共に薄鋼板で包んだ。あらかじめ調製しておいた $^{140}\text{LaCl}_3$ 水溶液と各カプセルとを、一定の幾何学的条件で放射能計数して、各カプセルの放射能と ^{140}La 液のそれとの比を求めた。つぎに ^{140}La 液の1/Fを分取して、直径5cmの沓紙にしみこませて、 ^{140}La 標準線源とした。

2.2 ^{140}La カプセルの取鍋への添加と試料採取

出鋼中の予定した時期に、これらのカプセルを取鍋内の出鋼流が落ちる近傍に投入した。造塊場で、各鋼塊スカムを注入終から3~4minの間に1kg程度採取した。ただし、代表的な2鋼塊からこの時期にできるだけ完全にスカムを採取し、粉碎磁選して実秤し、目測した採取率で除して、1鋼塊当たりのスカム重量を推定した。

2.3 スカムの放射能測定と注入溶鋼に残留する $^{140}\text{La}_2\text{O}_3$ の割合の算出

各鋼塊のスカム740gを、それぞれ直径8cm・高さ10cmのプリキ罐に入れ、シンチレーションカウンターにより、 ^{140}La 標準線源と比較計数した。その鋼塊について、溶鋼に添加した ^{140}La 濃度に対する注入溶鋼中に残

留した¹⁴⁰La 濃度の割合 X_1 を, (1)式で算出した.

$$X_1 = M_L \cdot M_{Si} \cdot R_i \cdot S / M_i \cdot R_{st} \cdot G \cdot F \cdot 740 \dots \dots (1)$$

- ここで, M_L : その ch. の製出鋼量
- M_{Si} : その鋼塊スカムの推定重量 (g)
- M_i : その鋼塊の単重
- R_i : その鋼塊スカム 740 g の計数率
- R_{st} : ¹⁴⁰La 標準線源の計数率
- S : ¹⁴⁰La 液の計数率/その ch に投入した ¹⁴⁰La の計数率
- G : ¹⁴⁰La 標準線源と同量の ¹⁴⁰La を 740g のスカムにしみこませてブリキ罐に入れたときの計数率/ R_{st}

このような実験法には, 前報⁴⁾で述べたと同様な問題点があることに留意されたい.

3. 実験結果と考察

3.1 実験条件

戸畑 2 転炉工場で, 低炭リムド鋼 (C: 0.06~0.10%) を対象として, 出鋼時間および ¹⁴⁰La 投入時間を変えて 34ch の試験を行なった. 取鍋内の溶鋼量は 140~165 t, 出鋼孔から取鍋底までの落差は約 2.5~5.5m, 出鋼後の取鍋内溶鋼温度は 1550~1590°C (平均 1567°C), 出鋼時間は 1.8~9.1 min, 鋼塊単重は 13~17 t であつた.

3.2 注入期間における浮上分離速度係数

静止浴内での脱酸生成物の浮上分離は 1 次則で表わせないことが明らかにされている¹⁾⁵⁾が, 各 ch について, ¹⁴⁰La 投入から各鋼塊注入中期までの時間とその鋼塊の注入溶鋼中に残留する割合の対数との回帰式を求め, 注

入期におけるみかけの浮上分離速度係数 k を求めた. k は 0.020 ± 0.013 (標準偏差) であつた. この値を, 注入期における転炉内スラグの $k = 0.031 \pm 0.026$ ⁴⁾, 取鍋スラグのまきこみの場合の $k = 0.036 \pm 0.021$ (16ch の平均)⁶⁾, 前回に付着残留した鍋スラグおよび変質煉瓦層のまきこみの場合の $k = 0.038 \pm 0.041$ (24ch の平均)⁶⁾ と比較すると, La_2O_3 のほうがスラグ性の介在物に比べて, 注入期の取鍋内におけるみかけの浮上分離速度係数が小さいことがわかる. この現象は, 取鍋静置時間中に脱酸生成物はほとんど浮上しないが, Si 脱酸生成物は浮上が進行するとする結果³⁾と傾向が似ており, 介在物の粒度分布と溶鋼との濡れ性の差異によるものであるう.

3.3 出鋼中の浮上分離速度

上述した回帰式から, 各 ch について出鋼終から 20 min 後の注入溶鋼中に残留する ¹⁴⁰La₂O₃ の割合を算出し, これと ¹⁴⁰La 投入から出鋼終までの時間との関係を Fig. 1 に示す. 攪拌浴における浮上分離速度は 1 次則に従うことが認められているので, 図の縦軸は残留する ¹⁴⁰La₂O₃ の割合を対数軸にとつた. ¹⁴⁰La 投入から出鋼終までの時間 x_1 が長いほど, 残留する ¹⁴⁰La₂O₃ の割合の対数が直線的に減少するようである. つぎに, 出鋼時間に対する ¹⁴⁰La 投入から出鋼終までの時間の比 x_2 を横軸にとつて Fig. 2 に示す, 出鋼初期に La を投入

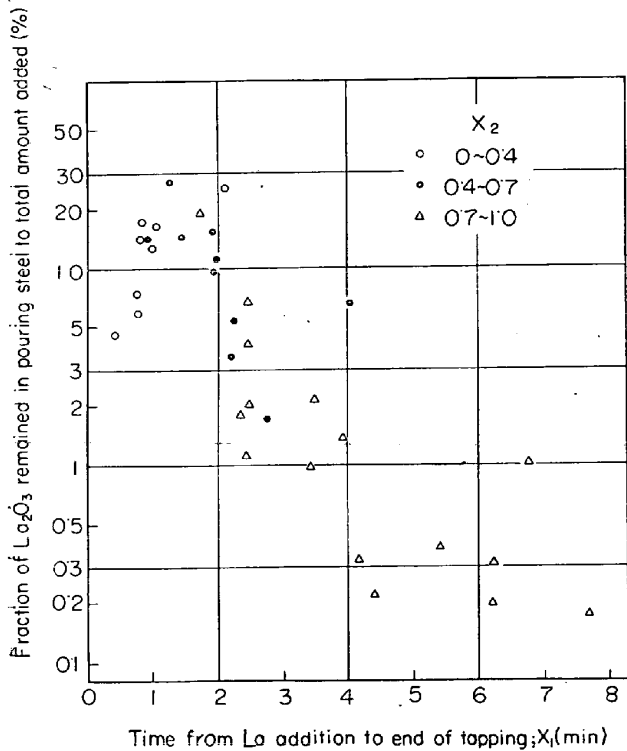


Fig. 1. Relation between time of La addition and fraction of La_2O_3 remained in pouring steel at 20 min from end of tapping to total amount added.

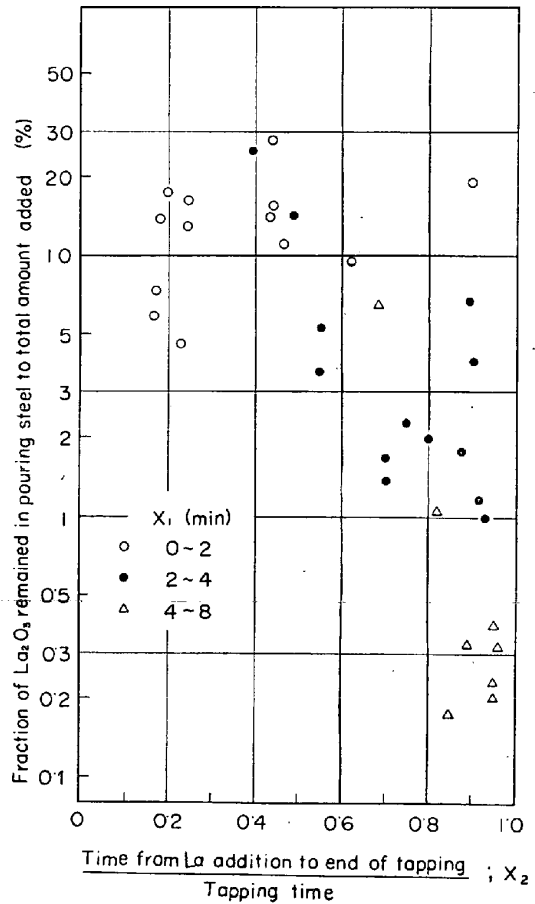


Fig. 2. Relation between time of La addition and fraction of La_2O_3 remained in pouring steel at 20 min from end of tapping to total amount added.

するほど、残留する $^{140}\text{La}_2\text{O}_3$ の割合が減少する傾向がうかがえるが、Fig. 1 よりもバラツキが著しい。

そこで、上述した 2 要因の他に、出鋼速度 x_3 と出鋼中期における取鍋内溶鋼温度 x_4 をとりあげ、出鋼終より 20 min 後の注入溶鋼中に残留する La_2O_3 の割合の対数におよぼすこれら 4 要因の影響について、重回帰分析を行なった結果を Table 1 に示す。ここで出鋼中期における取鍋内温度は、出鋼 (炉内) 温度と出鋼後の取鍋内温度の実測値から、各時期における温度降下を経過時間によって補正し、推定した。まず、 y との間の各単相関係数をみると、 x_1 と x_2 が高度に有意となり、また x_3 と x_4 も有意となっているが、偏相関係数をみると x_1 と x_4 については有意な相関が認められたが、 x_2 と x_3 は相関関係が認められなかつた。これは、 x_1 と x_2 、 x_1 と x_3 および x_2 と x_3 の間に強い相関があるために、このような結果になったものである。

つぎに、Table 1 の回帰式に、製出鋼量を 150 t と仮定して出鋼中鍋内温度 1580°C 、出鋼時間 2、4 および 8 min を代入した結果を、Fig. 3 の A に示す。また、上述した 4 要因のうち、 x_3 もしくは x_2 の要因を除外し、

残りの 3 要因と y について重回帰分析を行なって得た回帰式に、出鋼時間を代入した結果を Fig. 3 の B と C に示す。

Fig. 3 によると、要因のえらび方によってやや異なる結果が得られるが、注入溶鋼に残留する La_2O_3 の割合は、 La_2O_3 投入から出鋼終までの時間 x_1 が長いほど減少し、 x_1 を一定とすれば出鋼速度が大きいほど減少することがわかる。ちなみに、Fig. 3 の A によると、出鋼中

Table 1. Results of regression analysis.

	y	x_1	x_2	x_3	x_4
y	—	(-0.834**) [-0.409*]	(-0.720**) [-0.306]	(0.438*) [0.131]	(-0.349*) [-0.408*]
x_1		—	(0.731**) [0.614**]	(-0.595**) [-0.663**]	(0.159) [-0.072]
x_2			—	(-0.078) [0.654]	(0.156) [-0.138]
x_3				—	(-0.008) [0.138]
x_4	(0.877**)				—

() ; Correlation coefficient

[] ; Partial correlation coefficient

{ } ; Multiple correlation coefficient

Estimate value of square of multiple correlation coefficient

$$\hat{\rho}^2 y \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4 = 0.755$$

Regression equation

$$y = 61.066 - 0.417x_1 - 1.639x_2 + 0.010x_3 - 0.037x_4$$

y ; Natural logarithmus of fraction of La_2O_3 remained in pouring steel to total amount added

x_1 ; Time from La addition to end of tapping (min)

x_2 ; x_1 /tapping time

x_3 ; Tapping speed (ion/min)

x_4 ; Temperature at middle stage of tapping in ladle ($^\circ\text{C}$)

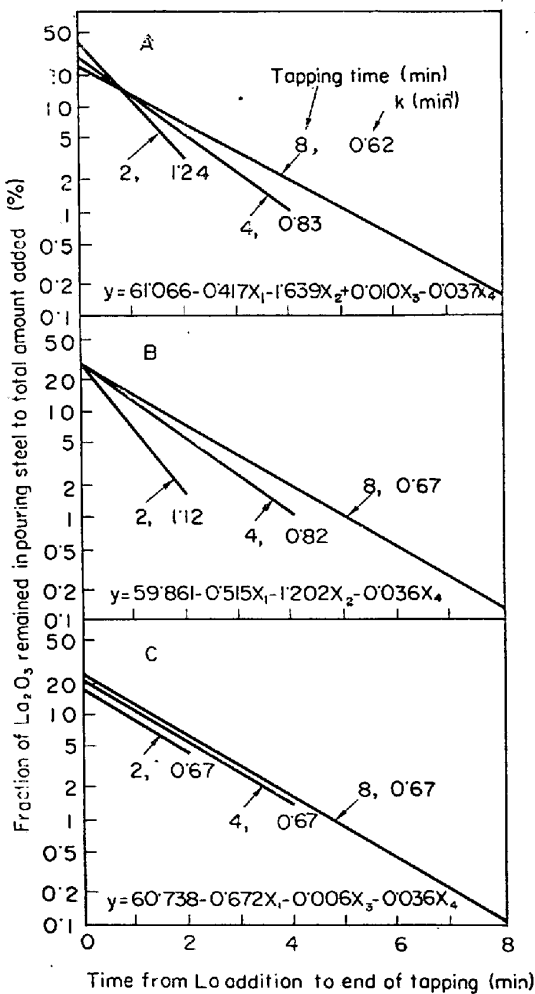


Fig. 3. Relation between time of La addition and fraction of La_2O_3 remained, calculated by various regression analysis. ($x_1 \sim x_4$ are shown in Table. 1)

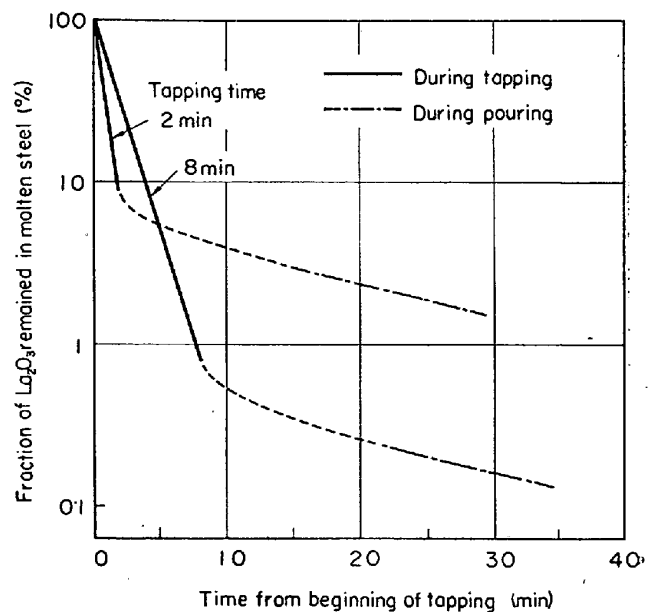


Fig. 4. Separation process of deoxidized product of La in 150 t ladle, when La is added to ladle at beginning of tapping.

の取鍋内における浮上分離速度係数 k は、出鋼時間 2, 4 もしくは 8 min の場合について、それぞれ 0.62, 0.83, 1.24 min^{-1} であり、出鋼速度 v_3 が大きいほど大きくなるが、 k の v_3 依存性の精度については、Fig. 3 にみられるごとく、定量的とはいえない。

3.4 出鋼始から注入までの La 脱酸生成物浮上の経過

Fig. 3 は、出鋼終に La を投入した場合、出鋼終から 20 min 後の注入溶鋼中に残留する La_2O_3 の割合は約 30% であることを示している。これから、この 20 min 間のみかけの浮上分離速度係数を算出すると約 0.06 min^{-1} となり、前述した注入期における $k = 0.020 \text{ min}^{-1}$ にくらべてかなり高い。この原因は、出鋼後しばらくの間は出鋼流による溶鋼の攪拌が持続するために、 k が出鋼中のそれに近いことと、取鍋静置時間中の溶鋼が静止浴に近いと考えると、川和ら¹⁾や河合ら²⁾によつて明らかにされているように、粒度の大きい介在物ほど浮上速度が大きいため、みかけの浮上分離速度係数は時間とともに減少することの、二つの理由によるものと推測される。

以上の結果を総括し、出鋼開始時に La を投入した場合に、 La_2O_3 が浮上する経過を、出鋼時間が 2 min と 8 min の場合について模式的に示したものが Fig. 4 である。出鋼開始から t 時間後に La を投入した場合は、 t 時間の間に出鋼中の浮上分離が行なわれないので、その分だけ各線が上にずれることになる。

また、Table 1 の回帰式によると、出鋼中期鍋内温度が 10°C 低下すると、注入溶鋼中に残留する La_2O_3 の

割合は、約 1.4 倍になる。

4. 結 言

Al と挙動が類似すると考えられるメタリック ^{140}La をトレーサーとして、150 t 取鍋内における転炉リムド鋼中の La_2O_3 のみかけの浮上分離速度係数をしらべたところ、出鋼中は約 0.8 min^{-1} であつて出鋼速度の増加につれて上昇し、注入期では 0.020 \pm 0.013 min^{-1} であり、また出鋼終より 20 min 後の注入溶鋼中の La_2O_3 濃度は、出鋼終のその約 30% に減少し、取鍋内溶鋼温度が 10°C 低下すると約 1.4 倍になる。これらのことから、リムド鋼については、注入溶鋼中の Al_2O_3 を減少させるためには、出鋼時間を長くして Al をできるだけ出鋼初期に投入し、かつ出鋼温度を上げることが望ましいと考えられる。他の鋼種についても脱酸剤添加時期や出鋼時間に着目して検討されることが望ましい。

文 献

- 1) 川和, 他: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 1859, 51 (1965), p. 774, 52 (1966), p. 528
- 2) E. PLÖCKINGER and M. WAHLSTER: Stahl u. Eisen, 80 (1960), p. 659
- 3) J. KOENITZER and R. HAMMER: *ibid.*, 83 (1963), p. 569
- 4) 森, 他: 鉄と鋼, 51 (1965), p. 1930
- 5) 河合, 小林, 他: 同上, 52 (1966), p. 546
- 6) 森, 他: 未発表
- 7) 森田, 他: 鉄と鋼, 51 (1965), p. 1928