

Fig. 4. Relation between $NA_{2}O_{3}$ and $[O]\%$ in the ladle sample.

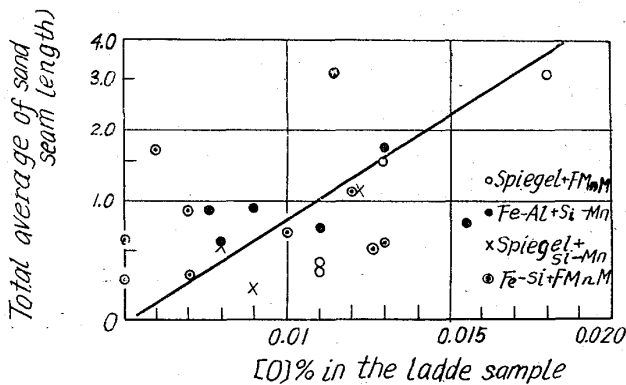


Fig. 5. Relation between $[O]\%$ and sand seam length.

算したものであり、ヨコ軸は Al_2O_3 のモル分率で組成を表示したものである。介在物中の Al_2O_3 が増加すると Al_2O_3 モル分率約 0.7 までの範囲では $(Al_2O_3+SiO_2)$ のモル数すなわち介在物量は減少して行くことを示している。しかしながら Al_2O_3 モル分率 0.7 以上ではこの関係が成立するかどうかはデータがないため不明である。 Al_2O_3 が 0.7 以下の範囲では溶鋼中に存在する介在物組成が Al_2O_3 Rich であるほど、結果として溶鋼中の介在物が少ないということを意味するものと考えられる。また炉内脱酸方法別に介在物組成とその量の関係を見ると、Fig. 3 に示すように鏡鉄法、Fe-Al 法、Fe-Si 法の順に介在物中の Al_2O_3 含有量が増加し介在物全量が減少している。

3. レードル試料の介在物組成と鋼塊の地疵の関係

レードル試料の介在物組成と鋼塊の地疵平均総長さの関係は Fig. 3 に見られる通り、 Al_2O_3 0.5 程度までは Al_2O_3 が増加するほど、鋼塊の地疵平均総長さは減少している。さらに Al_2O_3 含有量が高くなると地疵平均総長さは漸次増加して行く傾向が見られる。以上の関係は

炉内脱酸方法別に見てもあてはまる。

4. レードル試料の全 [O] 量

レードル試料の全 [O] 量と介在物組成の関係は Fig. 4 に示す通り、組成が Al_2O_3 Rich になれば、レードル試料の全 [O] 量は減少している。またレードル試料の [O] と鋼塊の地疵平均総長さの関係は Fig. 5 に示す通り、[O] が増加すれば地疵平均総長さも増加する。

V. 結 言

以上当所塩基性 150 t 平炉における炉内脱酸時の [O] および (TFe) の変化、脱酸生成物、レードル試料の介在物組成と量および鋼塊の地疵という面から調査した結果を集約すると次のようになる。

1. 上述の各種脱酸剤を炉内脱酸に使用したときの [O]、(TFe) の変化は前に述べた通りであるが、実際作業上、溶鋼ならびに鋼滓の脱酸、鋼滓の流動性、脱酸効果の持続性、レードル成分の安定化などの諸点から見ると、Fe-Si、FMnM などが良好と考えられる。

2. 炉内脱酸時の脱酸生成物の組成はいずれも脱酸剤の主成分の酸化物を飽和とする $SiO_2-MnO-FeO$ 系である。

3. 炉内脱酸の効果とレードル試料の介在物および鋼塊の地疵という点から見ると、介在物中の Al_2O_3 モル分率 0.5 までは高い方が介在物量および鋼塊地疵長さも少なくなっている。レードル試料の全 [O] 量についても Al_2O_3 が高い方が低い値を示し本報告 III で得られた結果を実証できた。

(51) 平炉における差物前 [C] と [Mn] を基にした Al による脱酸について

住友金属工業、和歌山製鉄所
玉本 茂・○梨和 甫・荒木 泰治

Deoxidation Control Based on [C] and [Mn] before blocking in Open Hearth Furnace.

Shigeru TAMAMOTO, Hajime NASHIWA and Taiji ARAKI

I. 緒 言

溶製される鋼種のいかんを問はず、目的に応じた適正な脱酸を行なうことは、次の加工工程における疵の発生の多寡、および、製品の優劣を決定する重要な因子であるばかりでなく、造塊作業上の難易に対しても大きな影響力を有している。適正な脱酸を行なうために差物前の [C] と [Mn] によつて [O] を推定し、それに応じて脱酸剤の量、例えば、Al 量を変えて脱酸度の調整を行ない品質と作業の安定を得んとした。

以下に、差物前の [C] と [Mn] を基にした Al による脱酸度の調整を、リムド鋼とセミキルド鋼の場合について述べる。

II. リ ム ド 鋼

当所においては、リムド鋼溶製の場合、圧延歩留の向上と偏析を少なくすることの両面から、キャップド鋼を大中に採用しているが、この場合には取鍋内の脱酸後の

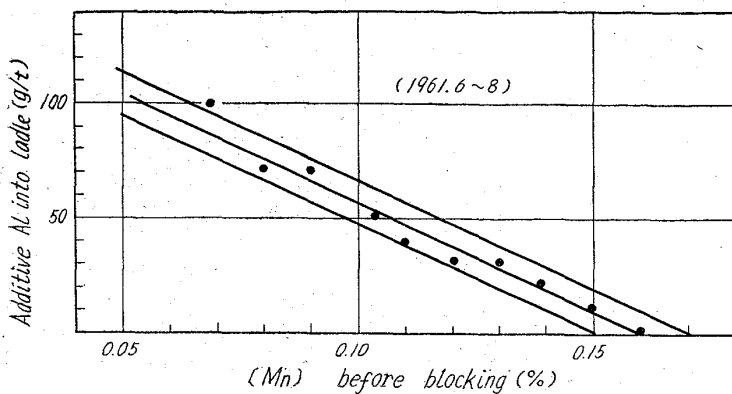


Fig. 1. Relation between [Mn] before blocking and Al g/T into ladle at mold Al addition 0~100g/8t mold, hitting time 5min~8min.

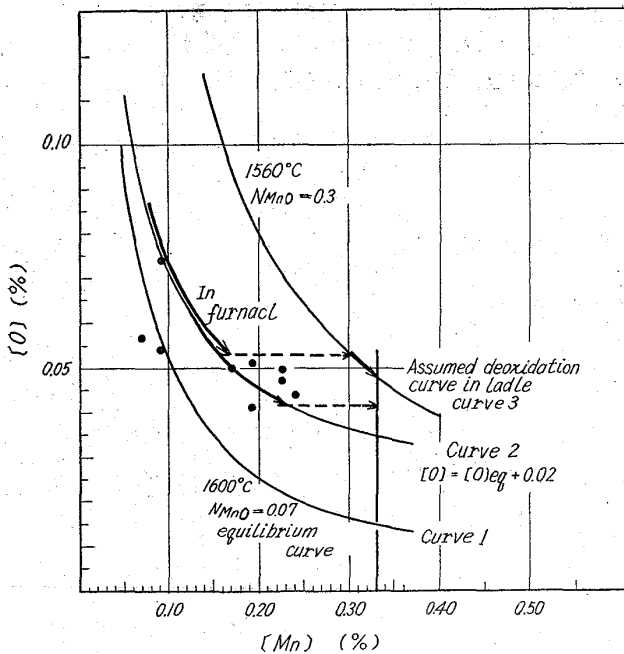


Fig. 2. Relation between [Mn] before blocking and [O], and process of deoxidation in the furnace and ladle for final [Mn] 0.33%.

[O] のばらつきをできるだけ少なくすること、作業上にはいわゆる蓋打時間を一定の範囲に収めることが必要である。そのために脱酸度調整の取鍋追加 Al 基準を操業実績と理論的考察から設定した。

この設定の具体的方法として次の手順をとった。

- (1) 従来、精錬経過より適宜取鍋内に追加していた Al 量のうちどれが適当であったかを実績より調査する。
- (2) 差物前後と取鍋内の脱酸過程の考察
- (3) 以上より、脱酸度調整の取鍋追加 Al 量基準を設定。

1. 差物前の [Mn] 値と取鍋追加量との関係

Fig. 1 に、成品 C=0.08% の極軟リムド鋼で铸型内添加の Al 量が 0~100g/mold (8t)、蓋打時間 5min~8min のチャージより差物前の [Mn] と [O] との関係求めた結果を示す。

2. 差物前 [Mn] と [O] との関係

Mn-O の平衡式

$$\text{Mn} + \text{O} = (\text{MnO}) \quad \log K = \frac{[\text{Mn}][\text{O}]}{N_{\text{MnO}}} = 12770/t + 5.68 \dots \dots \dots (1)^{1)}$$

において極軟リムド鋼の出鋼温度である 1600°C で $N_{\text{MnO}}=0.07$ (スラグ分析値より決定) の場合の平衡曲線 Curve 1 と対比して差物前の [Mn] と [O] をプロットしたものが Fig. 2 である。この実際値と平衡値のずれを 0.0200% とした曲線が図中の Curve 2 であり差物前後の [Mn] と [O] はこの Curve 2 にしたがって変化すると考えた。Fig. 2 の Curve 3 は取鍋内の推定の脱酸曲線、すなわち、鍋中温度 1560°C、 $N_{\text{MnO}}=0.3$ としたときの平衡曲線を示す。差物による [Mn] の上昇を 0.10% と設定すれば、Fig. 2 から差物後の [O]、すなわち、取鍋内で Al による脱酸が行なわれる前

の取鍋中の [O] が求められる。Fig. 2 に矢印にて脱酸過程の例を示した。

3. 差物前の [Mn] と取鍋内追加 Al 量の算出

差物前の [Mn] から炉内差物後の [O] が推定され、また、Fig. 1 の実績から差物前 [Mn]=0.16% のときには追加 Al は必要でないとし、Al が脱酸に働く効率を実績の調査結果から 45% とみて差物前 [Mn] と脱酸調整用の取鍋追加 Al 量を概算すると Table 1 の結果を得る。

4. 脱酸度調整のための取鍋追加量 Al の基準設定

以上の検討結果をもとにして、次のような考慮を入れて計算値を修正し、Table 2 の取鍋内追加量の基準を作成し S. 36. 11. より実施した。

- (1) $[\text{C}][\text{O}] = 0.0024$
- (2) Al 投入量が増せば Al 歩留は上昇する。
- (3) リムド鋼の場合過脱酸となることは絶対に避けねばならない。

5. Al による脱酸度調整の効果

Table 1. Relation between [Mn] before blocking and added Al g/T into ladle.

[Mn] before blocking	≥ 0.16	0.15 S 0.13	0.12 S 0.10	0.09
Additive Al g/T into ladle	0	22 S 67	89 S 155	178

Table 2. Standard of added Al into ladle for rimmed steel (g/charge t).

	[C] before blocking	≤ 0.08	0.09	0.10
[Mn] before blocking	≤ 0.05	220	150	100
	0.06~0.07	150	100	70
	0.08~0.09	100	70	0
	0.10~0.13	70	0	0
	≥ 0.14	0	0	0

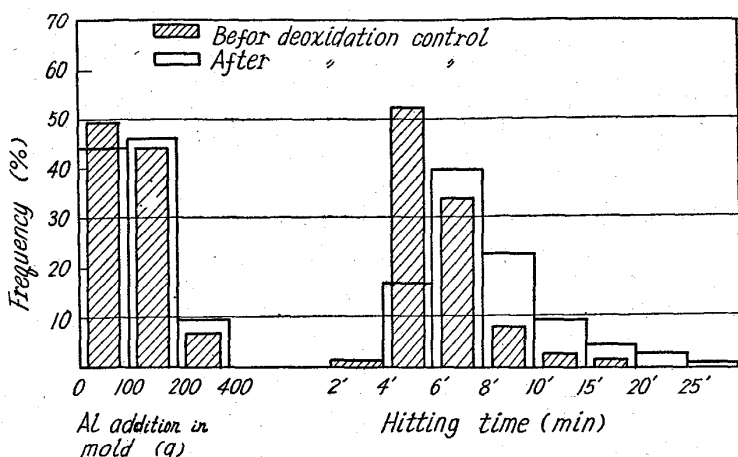


Fig. 3. Variation of pouring practice before and after adaptation of deoxidation control by Al ladle addition standard.

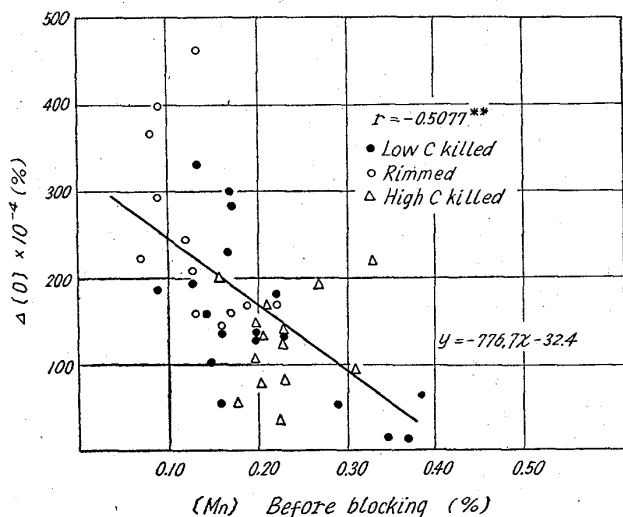


Fig. 4. Relation between [Mn] before blocking and Δ [O] in the furnace.

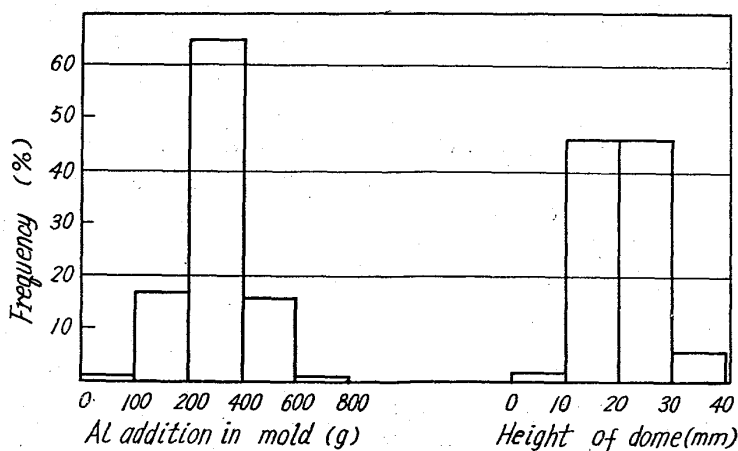


Fig. 5. Variation of pouring practice of semi-killed steel (13~15 t ingot)

Fig. 3 に差物前 [C] と [Mn] を基にした Al による脱酸度の調整を採用する前後の平炉のリムド鋼の造塊概況を示す。これからみて、明らかに蓋打時間のバラツ

キは小さくなり、一定した脱酸度と作業の安定が得られたことが判る。

III. セミキルド鋼

セミキルド鋼の脱酸度をいかにするかは気泡の発生状況、ひいては表面疵や2枚割の発生に大きな影響を有しているため、脱酸度を最も決定的に左右する Si の目標値を設定するとともに、脱酸度の変動に応じて造塊の際に適宜 Al を投入し、頭部の Dome の高さによりその調整の作業上の目安としている。品質と作業の安定を図るためには、この Cap Al 量のある一定の範囲内に留めることが望ましい。このためには脱酸度の変動要因を察知して取鍋内で調整をしておけばよい。この意味で差物前の [C] と [Mn] を基にした Al による脱酸度の調整をセミキルド鋼の溶製に当つて適用することにした。そのためには、

Table 3. Standard of added Al into ladle for semikilled steel (g/charge t).

End point [C]	≤0.09	0.10	0.14	0.18	0.22	0.26	≥0.30
End point [Mn]	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29		
0.08~0.13	270	200	150	100	70	40	0
0.14~0.19	200	130	80	40	0	0	0
≥0.20	130	60	0	0	0	0	0

Table 4. Calculated [O] in the mold based on the deoxidation control standard.

End point [C]	≤0.09	0.10	0.14	0.18	0.22	0.26	≥0.30
End point [Mn]	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29		
0.08~0.13	241	223	219	205	196	195	196
0.14~0.19	233	227	196	196	183	173	161
≥0.20	233	210	186	165	146	136	131

(1) まず、差物前の [C] と [Mn] により [O] を推定し

(2) 鋼浴 [O] の変動を Al で置換える。という方法を採用した。

1. 差物前の [C] と [Mn] による取鍋 Al 量追加基準の設定

(1) 差物前の [C] と [Mn] による [O] の推定

平炉内の [O] は広範囲の [C] にわたる調査の結果、Fig. 4 に示す関係が求められた。すなわち、

$$\Delta [O] = -0.078[Mn] + 0.032 \dots (2)$$

(ただし、[Mn] < 0.30%)

(2) 差物前の [C] と [Mn] による Al 追加基準の設定

差物前の成分が C=0.14~0.17%, Mn=0.08~0.13%, 成品 Si=0.07% のとき、取鍋内に投入した Al 量が 170 g/Tap. T ではば最適の脱酸度を得られるという事実を基にして、差物前の [C] と [Mn]

の変動によるその時の [O] の変動を (2) 式より推定し、これを Al で置換するという考えのもとに取鍋内の脱酸度調整のための Al 量追加基準 (Table 3) を作った。

この基準作成に当つては、Al の投入量増加による歩留の上昇と、過脱酸になるよりはむしろ造塊での脱酸度調整の余地を残すことを考えて計算値に修正を加えた。

2. 脱酸度調整のための取鍋内追加 Al 基準の検討
セミキルド鋼の Si 歩留と鑄型内の [O] についての調査結果より次のことが判明した。すなわち、

$$\text{Si 歩留}\% = -0.56 \times \text{差物前}[O] \times 10^4 + 224 \dots (3)$$

$$\text{鑄型内}[O] = -0.148 \times \text{成品}[Si] + 0.026 \dots (4)$$

この結果をもとにして、取鍋内の追加 Al が Si 脱酸後の [O] に対して働くと考えて鑄型内の [O] を計算すると Table 4 の結果を得た。ただし、この場合 Al 量は、 $2 \times (\text{Al 投入量}) = (\text{Si 投入量})$ として Si に換算して算出した。

Table 4 の計算結果よりほぼ同程度の鑄型内 [O] が得られており Table 3 のセミキルド鋼の取鍋内 Al 量追加基準は妥当であつたといえる。

3. Al による脱酸度調整の効果

Fig. 5 に S. 38. 4 の平炉で溶製したセミキルド鋼の溶製概況を示す。Fig. 5 に見られるごとく非常に安定した成績が得られており、Table 4 に示されたように一定した脱酸度を得ていることを裏付けている。

IV. 結 言

平炉において、脱酸度を変動させる要因としては出鋼前の [O] が挙げられるが、この [O] の変動を差物前の [C] と [Mn] によつて把握し、それに応じて取鍋内の投入 Al 量を変化させることにより一定した脱酸度を得ることができた。

文 献

- 1) Basic open hearth steel making (AIME) 1951.

(52) 平炉における溶落 [C] の管理

八幡製鉄所、製鋼部

山田 清太・坂本 正博・森玉 直徳
○芹野 文男・杉原 祥弘

Control of Melt Down Carbon in Open Hearth Furnace.

Seita YAMADA, Masahiro SAKAMOTO
Naonori MORITAMA, Fumio SERINO
and Yoshihiro SUGIHARA

I. 緒 言

製鋼工場における各工程間の流れを科学的に管理し、工程間の円滑化を計る目的で原料入荷から鋼塊の出荷に到るまでの全工程をモデル化するために次のように分類して考える。

- (i) 原料ヤードの在庫管理
………平炉における装入待ち時間の最小化
(ii) 溶銑輸送鍋保有数の決定

………溶銑注入遅延の防止

(iii) 製鋼時間の要因解析

………正確な出鋼時刻の予測

(iv) 造塊と平炉間に介在する諸問題の検討

………① 最適出鋼計画の立案および出鋼調整

………② 最適取鍋保有数の決定

(v) 鑄型に関する諸問題の検討

………① 最適鑄型保有数の決定

………② 最適鑄型発注量の決定

以上の中、(i), (ii) および (iv) については、すでに発表されている。残る (iii) の製鋼時間の要因解析の一端として溶解期燃焼基準の設定と溶落 [C] (以下 M. D [C] と称す) の管理について検討を行なつた。

II. 要 因 解 析

1. 特 性 要 因

平炉における製鋼作業において M. D. [C] は大きな指標となつており、精錬作業におよぼす影響は非常に顕著である。ゆえに M. D. [C] に影響をおよぼす要因を解明して、その標準化を計る意図の下に特性要因図を作成した。勿論、M. D. Temp と M. D. [C] をあわせて考えるべきであるが、その第一段階として、M. D. Temp. を一定 (予備試験の結果、M. D. Temp. は 1500°C とした) と仮定して、M. D. [C] に関する要因を求めた。その要因図を Fig. 1 に示す。

M. D. [C] を特性値とする要因の中、特に影響の大きなものとして、銑鉄比、前装入鉄石量、溶解期酸素量、前溶解時間、後溶解時間を取上げて直線回帰を行なつた。

2. 予 備 試 験

入熱量、酸素吹込量を一定にして C と Temp. の関係を求めた。この C-Temp. 図により昇熱曲線を求め、溶落温度決定の判断資料とした。その結果、第一製鋼工場では鋼浴温度が 1500°C になればいかなる鋼種も完全に溶解していると判断された。したがつて鋼浴温度が 1500°C に達した点をもつて溶落と判断した。またその昇熱曲線を利用して、M. D. Temp. を 1520°C に補正した M. D. [C] の値を利用して M. D. [C] 管理図を作成した。その算出方法は、

$$\text{MD}[C] \text{補正值} = \text{MD}[C] \text{実績値} - 0.8(\text{MD 温度} - 1520^\circ\text{C}) \dots (1)$$

3. 直 線 回 帰 式

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5 \dots (2)$$

y; M. D. [C] % × 100

a_n ; 偏回帰係数

x_1 ; 銑鉄比 (%)

x_2 ; 前装入鉄石量 (kg/t)

x_3 ; 溶解期酸素量 (m³/t)

x_4 ; 前溶解時間 (min)

x_5 ; 後溶解時間 (min)

としてデータを解析し、偏回帰係数を求める。

4. 解 析 結 果

38 年 1 月のデータを解析して求めた回帰式を (3) 式に示す。

$$y = 265.93 + 0.65x_1 - 0.94x_2 - 4.93x_3 - 0.34x_4 - 0.27x_5 \dots (3)$$

寄与率は 65.0% と高く推定可能なことを示している。