

(50) 塩基性平炉における炉内脱酸について

(低炭素キルド鋼の地疵に関する研究—Ⅳ)

日本鋼管, 川崎製鉄所

○北村洋二・長 昭二・楯 昌久
 〃 技術研究所 大久保益太

On the Furnace Deoxidation in the Basic Open Hearth Process.

(Studies on sand seam in low carbon killed steel—Ⅳ)

Yōji KITAMURA, Akiji CHŌ, Masahisa TATE
 and Masuta ŌKUBO

I. 緒 言

低炭素キルド鋼の地疵に関する研究として、前報(鉄と鋼, 第49年(1963)第3号, 514~516頁)において精錬法および造塊法の地疵におよぼす影響について報告したが、本報告ではとくに精錬末期の炉内脱酸剤として、Si-Mn および FMnM を使用し脱酸後の溶鋼中の [O], 鋼滓中の (TFe) の変化および脱酸効果を調査した。なお比較のために鏡鉄, Fe-Si, Fe-Al, 粉末カーボンによるデーターを附記し以下に調査結果を報告する。

II. 調査方法

1. 調査対象鋼種およびその製鋼条件

前報告 I の Table I および溶製条件の項参照

2. 調査項目

1) 各種脱酸剤使用時の溶鋼中の [O], と鋼滓中の (TFe) の変化

2) 脱酸用合金鉄別の脱 [O] 状況の比較

3) 脱酸効果

a. レードル試料の介在物組成

b. レードル試料の介在物量と組成の関係

c. レードル試料の介在物組成と鋼塊の地疵の関係

d. レードル試料の全 [O] 量

III. 炉内脱酸時の [O], (TFe) の変化

1. Si-Mn および FMnM による炉内脱酸時の [O] および (TFe) の変化

脱酸剤添加後一定時間を出鋼し、レードル [Mn] % を等しくするために歩留を考慮して、溶鋼トン当り純 Mn 量として Si-Mn は 5kg, FMnM は 5.7kg 添加し、添加後の [O] および (TFe) の変化を調査した結果を Fig. 1 に示す。この図は添加直前の [O], (TFe) をそれぞれ 100 として示したものである。Si-Mn 法と FMnM 法を比較した場合、添加後の時間の経過に対応して次のことがいえる。

1) 溶鋼中の [O] は Si-Mn 法と FMnM 法を比較すると前者の方が脱 [O] 率は大きく、しかも反応が速いことが判る。すなわち Si-Mn の場合は添加後約 7min で最低値を示すのに対して FMnM の場合は約 9min かかっている。Si-Mn の場合は 11min 頃より [O] は増加の傾向を示しているが、FMnM の場合は添加後時間の経過とともに減少している。

2) 鋼滓中の (TFe) は FMnM の場合、[O] の変化と同様に時間の経過に対応して低下して行くが、Si-Mn の場合は溶鋼中の [O] の変化と鋼滓中の (TFe) の

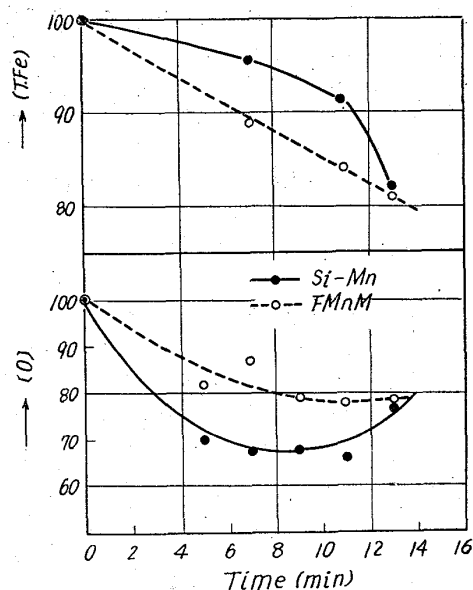


Fig. 1. Change in [O], (TFe) after Si-Mn and FMnM addition.

変化が時間的に一致せず [O] が低い値を示している時期でも (TFe) は比較的高い値を示している。これは溶鋼のボーリングの時期と関係があり、FMnM の場合は添加後もボーリングが続行するために [O] と (TFe) ともに一定の割合を保ちながら減少すると考えられるが、Si-Mn の場合は添加後しばらくの間ボーリングが停止する現象が生じ、これにより [O] と (TFe) 間の変化に時間差が生ずるためと考えられる。

3) 脱酸後の介在物組成を調査するために脱酸剤添加後 7 min および 11 min 後の炉内採取試料について X 線マイクロアナライザーにより同定を行なった結果は、Si-Mn 法, FMnM 法の場合いずれも介在物内の組成偏析は少なく均質なものであり、その組成は Si-Mn の場合は SiO_2 飽和の SiO_2 -MnO-FeO 系であり、FMnM の場合は MnO 飽和の MnO-SiO₂-FeO 系であることが判明した。また生成された介在物の融点は 1620~1630 °C 程度と推定され、溶鋼内では完全に溶融状態で存在しているものと推定でき、時間の経過に対して介在物の大きさが減少して行くことが確認された。

4) レードル成分のバラツキを Si-Mn 法と FMnM 法について比較すると、レードル [Mn] は Si-Mn の場合 $\sigma=0.05\%$ であるのに対し FMnM の場合は $\sigma=0.03\%$ である。またレードル [Si] は Si-Mn で $\sigma=0.03\%$, FMnM で $\sigma=0.01\%$ でいずれの場合も Si-Mn の方がバラツキが大きく、添加後の炉内における冶金反応の不安定性を示すものと考えられる。

2. Fe-Si による炉内脱酸時の [O] および (TFe) の変化

Fe-Si を炉内に一定量添加し脱酸を行なった時の脱酸直前および脱酸 10 min 後の [O] および (TFe) は、平均値として脱酸前 [O]=0.040%, (TFe)=15.2% から脱酸 10 min 後においては [O]=0.028%, (TFe)=13.2% まで低下し、平均脱 [O] 率は 40%, (TFe) の減少率は 13% と比較的脱酸度の高い値を示し、しかも溶鋼中の [C] が低下してもこの効果を持続する点が特長であ

る。また脱酸7min後の炉内採取試料について介在物組成を調べた結果 SiO_2 飽和の $\text{SiO}_2\text{-MnO-FeO}$ 系であり、 Si-Mn 法と比べてその組成は MnO 含有量がかなり少ないものであることが判った。Fe-Si を炉内に添加した場合鋼滓の流動性の改善、添加された Si による発熱など上述した脱酸効果の他に精錬作業上有利な点が多い。

3. 鏡鉄による炉内脱酸時の [O] および (TFe) の変化

鏡鉄を脱酸剤として添加し脱酸直前および10min後の脱酸状況について調査した結果、平均値として脱酸前の $[\text{O}] = 0.043\%$ 、 $(\text{TFe}) = 13.8\%$ から脱酸後 $[\text{O}] = 0.038\%$ 、 $(\text{TFe}) = 13.1\%$ と変化したにとどまり、脱酸効果は上述した Fe-Si などに比べてその効果は少ない。これは鋼滓中の (TFe) の減少が少ないためと考えられる。

4. 粉末カーボンの吹込による炉内脱酸時の [O] および (TFe) の変化

粉末カーボンを鋼製パイプにより直接溶鋼中に吹き込んだ場合の脱酸について調査した。吹込開始と同時に $[\text{C}] + [\text{O}] \rightarrow \text{CO} \uparrow$ による鋼滓の著しい膨張が認められ、同時に鋼滓の流動が停止される点が大きな特長であり、吹込5min後においてこの状態が最高に達し、約10min後に吹込前の状態に戻ることが認められた。吹込直前と吹込5min後の $[\text{O}]$ を比較すると平均値として $[\text{O}] = 0.041\%$ から 0.030% まで低下し脱酸が行なわれたことを示している。また鋼滓中の (TFe) は吹込前後を通して特に一定の傾向を示さず、鋼滓の脱酸は行なわれていない、さらに吹込10min後においては $[\text{O}]$ は吹込前の状態に戻り、しかも急速に脱炭が進行し脱酸効果が消滅することが確かめられた。この方法による脱酸の長所は脱酸生成物が気体である点にあるが、精錬末期に行なうならば溶鋼中の $[\text{C}]$ が変動し、作業時期の判定がむず

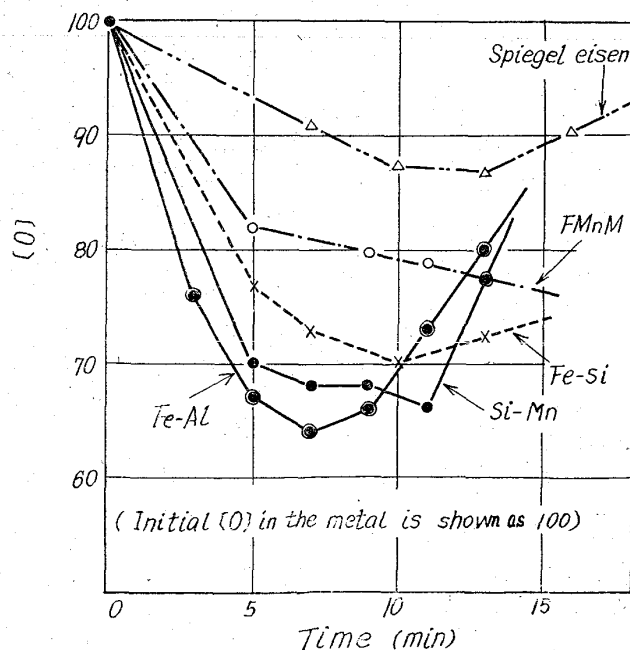


Fig. 2. Elimination of [O] in the metal after addition of various deoxidizing agents to bath.

かしいことおよび鋼滓中の (TFe) が減少せず、鋼滓の脱酸が行なわれない点が短所と考えられる。

5. 脱酸用合金鉄別の脱 [O] 状況の比較

以上脱酸剤別に炉内脱酸時の変化および特長を述べたが、添加後の時間の経過に対する溶鋼中の [O] の変化を集約して示すと、Fig. 2の通りである。実際作業としては出鋼鋼種の規格成分を満足する範囲内で上述した脱酸剤の使用量を定めて使用した結果から脱 [O] 率を比較すると、Fe-Al, Si-Mn, Fe-Si, FMnM, 鏡鉄の順に減少することが明らかになった。また脱 [O] 効果の持続性の面から見れば、Fe-Si, FMnM が比較的良好である。

IV. 脱酸効果

炉内脱酸法として各種脱酸剤による溶鋼中の [O]、鋼滓中の (TFe) の変化および脱酸生成物について説明したが、これらの炉内脱酸方法の差異と鋼塊の脱酸状況を鋼塊の地疵 (平均総長さ) ならびに介在物 (SiO_2 および Al_2O_3) などを具体的脱酸効果の特性値として取り上げ以下脱酸方法別に述べる。

1. レードル試料の介在物組成

介在物中の (FeO+MnO) の値は本報告Ⅲで述べられている通りほぼ一定値を示し Al_2O_3 と SiO_2 の割合が決まればその組成を近似的に推定することが可能である。したがって介在物組成として Al_2O_3 および SiO_2 の値を用いて以下述べることにする。

2. レードル試料の介在物量と組成の関係

介在物の量と組成の関係は Fig. 3 に示す関係がある。この図のタテ軸は Al_2O_3 、 SiO_2 の分析値をモル数に換

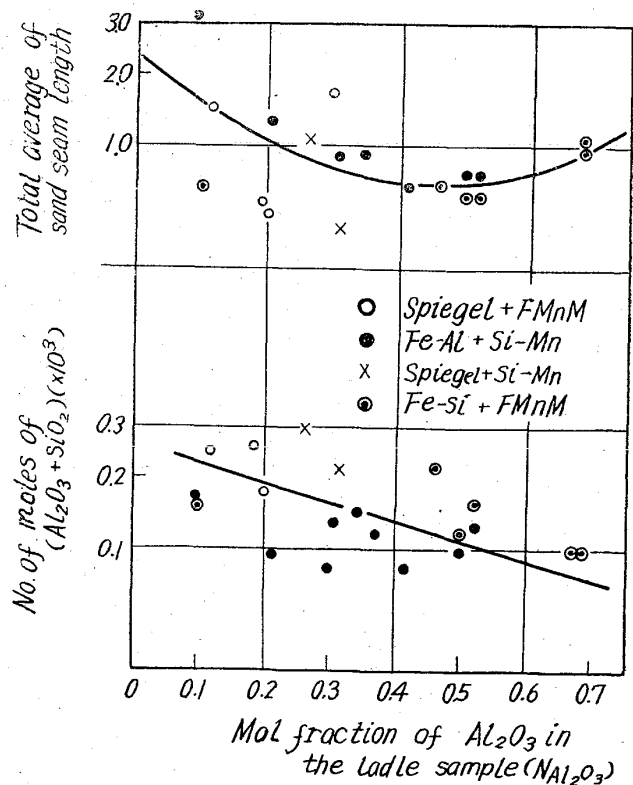


Fig. 3. Relations between $N_{\text{Al}_2\text{O}_3}$ and No. of moles, total average of sand seam length.

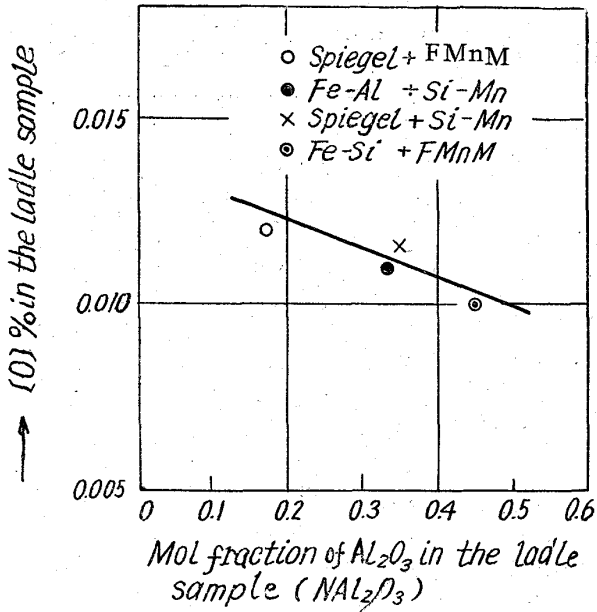


Fig. 4. Relation between $NA_{12}O_3$ and $[O]\%$ in the ladle sample.

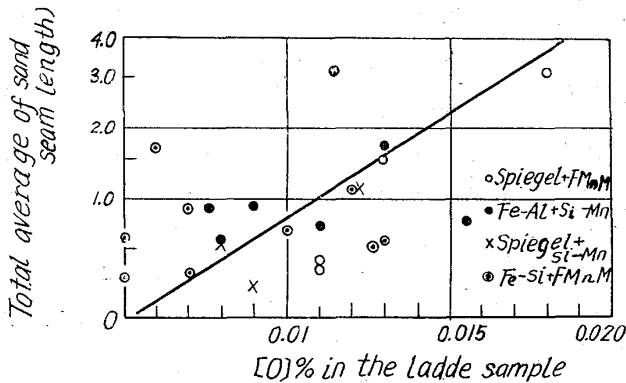


Fig. 5. Relation between $[O]\%$ and sand seam length.

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