

で、これを短縮したいという希望が生れてくる。一方、吹錬時間を確保するためには、酸素供給比を下げ、重油の完全燃焼に必要な理論値よりも小さくしなければならない。しかし、酸素供給比を下げた結果、重油の燃焼が不完全になっているのではないかという疑問も生じたので、重油に対する酸素供給比を上げ、しかも吹錬時間を確保するために、重油以外の補助燃料を添加した。

Table 2 は、補助燃料としてコークスを使用した一例である。コークスの添加量を 600 kg としたのは、酸素供給比を重油の完全燃焼に必要な $2.1 \text{ Nm}^3/\text{l}$ 以上とし、しかも適当な吹錬時間を確保するためである。

重油の燃焼効率を比較検討するため、コークスの燃焼効率を次のように仮定した。すなわち、コークスの燃焼効率は単独で使用した場合と変わらないものとして、コークス 100 kg の冷銑溶解力を 500 kg、酸素消費量を 80 Nm^3 とした²⁾。その結果、重油の酸素消費係数はコークスを添加しない場合の 1.52 から 1.64 に増しているが、重油 100 l 当りの冷銑溶解力は向上していないので、酸素供給比を上げたことによつて、重油の熱効率ないしは燃焼効率が改善されたかどうかは疑問である。しかし、加熱時間が 8 分短縮された結果、生産性が向上し、さらに、酸素容量の増大に伴つて重油の燃焼操作が楽になるので、冷材配合率をさらに高めることができると思う。

VII. 結 言

純酸素転炉の補助燃料として重油を使用し、次の結果を得た。

- 1) 冷銑配合率は最大 82% に達し、20 t の軽装入では全冷銑操業が可能であった。本質的には、普通装入量の全冷銑作業も可能である。
- 2) 屑鉄は冷銑に比べると、加熱作業が難しいので、32% までの実験しか行なつておらず、今後検討を要する問題である。
- 3) コークス併用によつて酸素供給比を上げても、重油の燃焼効率が大幅に改善されるとは考えられないが、生産性が向上するほか、重油の燃焼操作が容易になるので、冷材配合率引上げの可能性はある。
- 4) 作業としては冷銑 50~55% がもつともやりやすく、50% 配合の場合には、約 12 l/t charge の重油を必要とし、酸素使用量は約 30 Nm^3 増加する。製鋼能力率は普通操業の約 73% である。

文 献

- 1) 青山芳正, 他: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 395.
- 2) 青山芳正, 他: 鉄と鋼, 48 (1962) 11, p. 1363.
- 3) R. F. RINESCH: Journal of Metals, 14 (1962) 7, p. 497~501.
- 4) B. TRENTINI, et al.: Journal of Metals, 14 (1962) 8, p. 579.
- 5) K. STONE et al.: Iron and Steel Engineer, XL (1963) 6, p. 67.
- 6) L. COOK: Steel and Coal, 187 (1963) 4964, p. 468~470.

(43) 純酸素転炉における低溶銑配合について

住友金属工業, 小倉製鉄所

松永吉之助・古賀 敬造・○中谷 元彦

On Lowering of Hot Metal Ratio in LD Process.

Kichinosuke MATSUNAGA, Keizo KOGA
and Motohiko NAKATANI

I. 緒 言

転炉製鋼法はその精錬過程の本質的な特徴として高溶銑配合が必要であり、通常の操業法においては屑鉄の使用量に制限がある。

屑鉄配合率の限界は、溶銑成分、終点成分並びに必要な出鋼温度などにより異なるが、大体 20~27% 程度で、屑鉄の大量使用については従来いろいろの研究が行なわれてきた。鋼浴から発生する CO ガスを炉内で燃焼させて熱効率を上げる Kaldof 法や Rotor 法の開発もその一つであり、また LD 法においても重油やコークスなどの燃料を使用する方法がいくつか報告されている^{1), 2), 3)}。

当所においても高炉改修時の溶銑不足に対処して、低溶銑配合操業について検討を行なつたが、重油吹込み法では設備にかなりの改造を必要とするので、現有設備で実施できるコークスならびに Fe-Si に添加試験を行なつた。

II. コークス添加試験

(1) 試験方法

純酸素転炉におけるコークスの添加については青山氏など^{2), 3)}の報告があり、その結果を参考として試験を行なつた。

i) 使用コークス

第 1 次試験として高炉用中塊コークスを使用して試験を行なつたが、日常使用を考える場合には需給上の問題があり、市販コークスでは水分が高くかつバラツキも大きいので第 2 次試験として市販コークスによる試験を行ない、あわせて第 1 次試験における問題点の解決を図ることとした。使用コークスの性状は Table 1 に示す通りである。

ii) 冷 却 材

生石灰の滓化促進のためにスケールを 10 kg/t 使用した以外は全部屑鉄を使用した。そのうち自発重量屑は需給バランス上の制限から一定量とし、混鉄率低下による屑鉄量の増加は全部購入 1 級屑を使用した。

iii) 副 原 料

混鉄率が低下した場合も、スラグ量を確保するために生石灰使用量は普通配合の場合と同一量とし、Si の減量分については装入塩基度が 3.5 になるように珪石を装入した。

ただ第 1 次試験ではコークス灰分中の SiO_2 を考慮に入れなかつたため若干のトラブルが見られたので第 2 次試験ではこれを考慮した。螢石は生石灰の滓化状況により、 100 kg/ch を限度として適宜調整使用した。

iv) 対 象 鋼 種

主として 5 t 低炭素リムド鋼を対象として試験を行なつた。出鋼温度は $1610\sim 1620^\circ\text{C}$ 程度である。

Table 1. Properties of coke used.

	Kind of coke	Size mm	Fixed C %	Ash %	V. M. %	Σ S %	Moist %
1 st Test	coke for B. F. merchant coke	10~25	87.0~89.4	9.5~10.1	0.6~1.0	0.48~0.59	3.2~5.7
2 nd Test		10~30	85.6~87.8	10.4~11.4	1.0~1.4	0.54~0.60	9.7~14.4

v) 操業方法

コークスの添加は最も簡単に行える副原料シュートを使用した。シュートの容量の関係から第1次試験では吹錬開始前に生石灰を全量投入し、吹錬開始着火後コークスを投入したが、第2次試験では着火後に生石灰を投入し、さらにその後コークスを投入するようにした。

吹錬は主として普通操業と同一条件で行なつたが第2次試験では若干酸素流量を増加して吹錬時間の短縮を図つた。

(2) 試験結果

第1次、第2次試験の結果は次に示す通りである。

i) 屑鉄配合率の増加

屑鉄配合率の増加の割合は Fig. 1 に示すごとくで、コークスを使用しない場合の 23~24% に対し 25~30 kg/t のコークスを使用して 30~32% まで屑鉄配合率を上げることができた。乾コークス 10kg/t 当りの屑鉄溶解能力は、第1次試験では 2.83%, 第2次試験では 2.65% であつた。今コークス中の C が全部 CO に燃焼すると仮定し、水分の蒸発を考慮して発熱量を計算すると、それぞれの場合 2.94% および 2.79% となり試験結果とよく一致する。したがつて1次、2次試験における屑鉄溶解能力の差はコークス中の水分の差による吸熱量の差に基くものと考えられる。

ii) 酸素使用量の増加

コークス使用量と酸素使用量の関係は Fig. 2 に示すごとくで、酸素原単位は乾コークス 10kg/t 当り 6.5~7.0Nm³/t 増加する。しかしコークスの増加とともに混銑率が低下するので、溶銑の精錬に費される酸素量の減少を補正するとコークスの燃焼に必要な酸素量は乾コークス 10kg/t 当り 8.4~8.8Nm³/t となる。これはコ

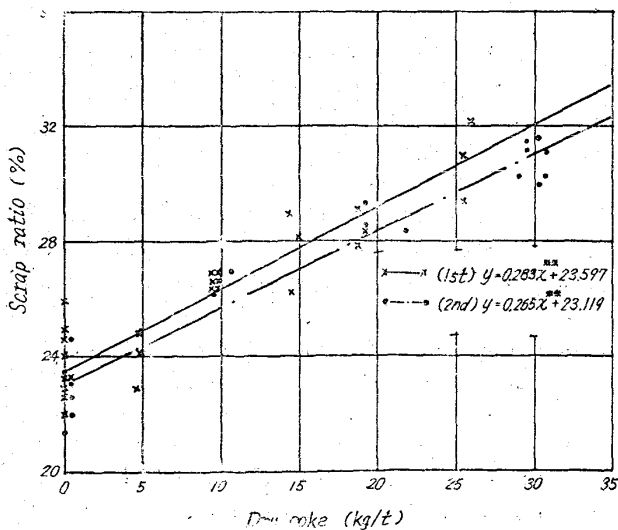


Fig. 1. Effect of coke added on scrap ratio.

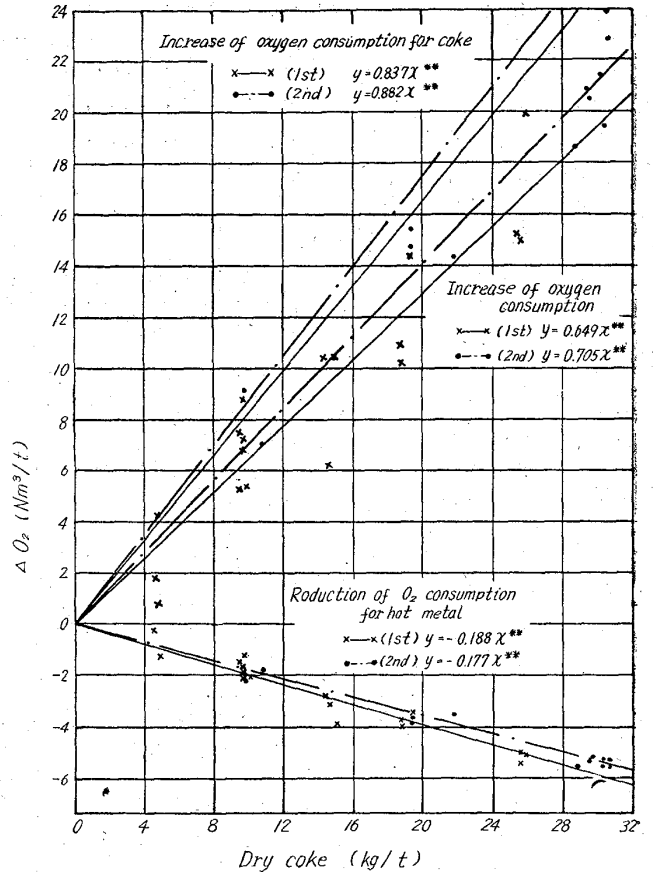


Fig. 2. Relation between difference of oxygen consumption and coke added.

ークス中の C が全部 CO として燃焼すると仮定した場合の酸素所要量 8.46~8.67Nm³/10kg of coke とかなりよく一致しており、添加したコークスはほとんどが CO となるものと考えられる。

iii) 操業上の問題

イ) 製鋼時間の延長

酸素使用量が増加するため吹錬時間は 8300Nm³/hr の酸素流量の場合乾コークス 10kg/t 当り約 2.5 分延長する。その外屑鉄量の増加のためシュート装入を行なつたので装入方法により 2~4 分装入時間が延長した。吹錬時間の延長については、ボイラーを持つ炉では酸素流量に制限があるので吹錬時間の延長は避けられず能率の低下は大きな問題である。

ロ) 吹錬状況

第1次試験では生石灰を吹錬開始前に投入したので装入物の表面をほとんど覆つてしまい、屑鉄配合率が増すにつれて着火が困難となつたが吹錬初期の圧力を上げることによりある程度解決された。しかし第2次試験では生石灰を着火後投入したので炉内における屑鉄の露出も

大して問題にならなかつた。

第 1 次試験ではコークス量が増加すると、終点において、石灰とコークスの混合物が鋼浴部炉壁に付着したりあるいは鋼浴表面に浮いている現象が見られたが、第 2 次試験で装入方法を変更してからはこのような現象は見られなかつた。

ハ) 脱燐率, 脱硫率におよぼす影響

第 1 次試験では塩基度計算にコークス中の SiO_2 を考慮しなかつたこと, その他の理由からコークス量の増加とともに塩基度が低下したため, 溶銑量の減少にもかかわらず終点 [P] は上昇したが, 第 2 次試験ではこれらの問題点に対策を実施した結果, 脱燐率はほぼ一定となり混銑率の低下とともに [P] は低下を示した。

一方 S についてはコークス中に約 0.5% の S を含んでいるのでこれを考慮に入れて脱硫率を計算すると, コークス使用量にかかわらず脱流率はあまり変化していない。しかし装入 S 量が増加するため終点 [S] は上昇しているが (S)/[S] はコークスの増加とともに低下しており, コークスから入った S の一部は直接酸化除去されていることが窺われる。

ニ) 出鋼歩留その他におよぼす影響

屑鉄配合率の増加分に購入 1 級屑を使用したこと, および熱バランス上鉄鉱石を使用していないことなどの理由から試験チャージは普通チャージに比べて出鋼歩留が低かつたがコークス使用量と出鋼歩留の間には明瞭な関係は見られなかつた。また, 造塊では 5 t キャップド鋼に铸込んだが蓋打時間などに特に変わった点は見られなかつた。

III. Fe-Si 添加試験

コークス中の C は炉内では CO にまでしか燃焼しないためその酸素所要量の割合に発熱量は低く, したがって熱源として使用するためには大量の添加が必要であり, その結果酸素原単位の増加により吹錬時間の延長を招く。そこで能率をできるだけ低下させない方法として Fe-Si の添加試験を行なつた。

(1) 試験方法

i) 使用 Fe-Si および添加方法

Fe-Si は一般に使用される 75% Fe-Si を使用した。添加方法としては副原料シュートによるのが最もよいと考えられるが, 炉上バンカーに余裕がなく, また粒度が 20~80 mm のものを使用したので主原料と一緒に装入した。装入の際屑鉄の下に巻き込まれないように仄につめてシュート後端に載せるようにした。

ii) 配合

Fe-Si 添加を行なう場合, total Si 量が極端に多くなるとスラグ量が必要以上に多くなるので混銑率とともに溶銑中の Si 含有量が問題となる。したがって今回の試験では Fe-Si 使用量を 5 kg/t 以下に抑え溶銑成分に応じて適宜調整を行なつた。

Fe-Si の添加量は理論計算より Si の増加による生石灰の増加量を考慮に入れて 1 kg/t 当り約 1% 屑鉄配合率を増し得るものとし, 酸素使用量は同様に 0.9 Nm^3 増加するものとして配合計算を行なつた。

(2) 試験結果

i) 屑鉄配合率の増加

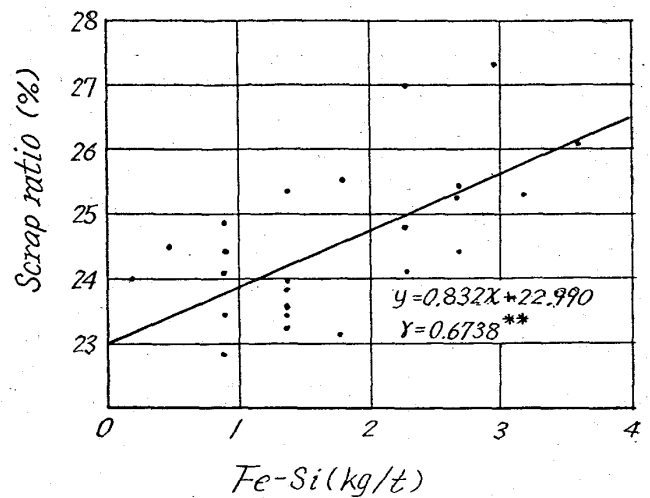


Fig. 3. Effect of Fe-Si added on scrap ratio.

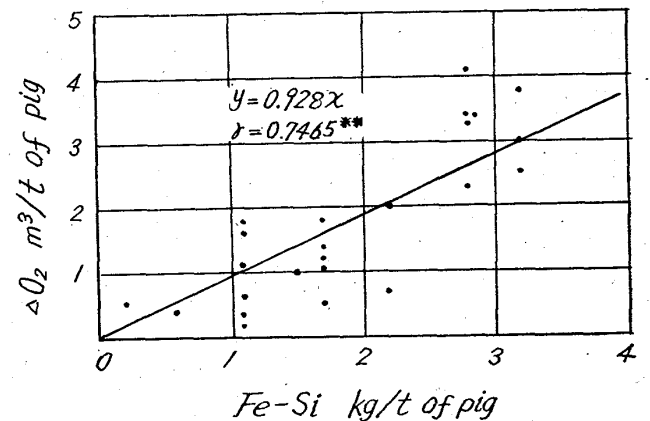


Fig. 4. Relation between difference of oxygen consumption and Fe-Si added.

屑鉄配合率におよぼす影響は Fig. 3 に示すごとく Fe-Si 1 kg/t の添加により屑鉄配合率を 0.83% 上昇させることができた。これは理論値 ($0.99\% / \text{kg Fe-Si}$) に比べやや低目であるが, 溶銑不足のため間歇操作を行なつていたためデータのバラツキがやや大きかつたこと, および理論値の計算における仮定の誤差などによるものと思われる。

また溶銑成分の低下に対しては溶銑配合率を一定とし, Fe-Si 添加により装入 Si 量を同一にすれば同じ結果を得ることができた。

ii) 酸素使用量の増加

Fe-Si 添加時の所要酸素量は Fig. 4 に示すごとく 1 kg の Fe-Si の燃焼に要する酸素量は 0.93 Nm^3 で, 生石灰の増量によるスラグ中 (FeO) の増加に必要な酸素量を考慮に入れた理論酸素量 ($0.92 \text{ Nm}^3 / \text{kg Fe-Si}$) とよく一致している。一方溶銑配合率の低下により必要酸素量は減少するので実際の酸素使用量の増加は $0.42 \text{ Nm}^3 / \text{kg Fe-Si}$ であり, コークス使用時に比べ吹錬時間の延長は 1/4 以下となる。

iii) その他

普通配合に比し極端な装入量の増加を避けたので, 脱燐, 脱硫ならびに出鋼歩留には大きな影響は見られなかつた。また, Fe-Si の装入によつて炉体ライニングの局

部分的な侵食が心配されたが特に異常はなく大した影響はないものと考えられる。

IV. 結 言

溶銑の不足を補うためにコークスおよび Fe-Si 添加試験を行ないほぼ予定通りその目的を達することができた。

コークスはかなり大量の使用が可能であるが発熱量が低く、また酸素使用量の増加により吹錬時間の延長を招く外成品 [S] 上昇の原因となる。また Fe-Si は発熱量も高く所要酸素量も少なくて済むが total Si 装入量の面から大量の使用には問題がある。したがってそれぞれの条件を勘案しながらコストを含めてその使用を検討すべきである。

文 献

- 1) R. F. REINSCH: Journal of Metals, 14 (1962) 7, p. 497~501.
- 2) 青山, 白井, 松永: 鉄と鋼, 48 (1962) 11, p. 1363~1364.
- 3) 青山, 白井, 松永, 小林: 鉄と鋼, 48 (1962) 11, p. 1365~1366.

(44) 素鋼 Mn 含有量の制御について
(純酸素転炉操業の計算機制御—II)

日本鋼管, 川崎製鉄所

板岡 隆・斎藤 剛
伊藤 雅治・○田口喜代美

On the Control of Manganese Content in Steel.

(Computer control of an LD converter operation—II)

Takashi ITOGA, Katashi SAITŌ
Masaharu ITŌ and Kiyomi TAGUCHI

I. 緒 言

第 I 報においては 1963 年 3 月 1 日より稼働を開始した純酸素転炉の計算機制御についてその制御対象と装置の概要についてのべた。すなわち川崎製鉄所の転炉計算制御はプロセス用の on-line のデジタル計算機を用い、吹錬過程と調整過程における鋼の成分および温度などを制御し、鋼質の安定化を主目的とした制御システムであることを強調した。

一方計算機制御を実施する場合に用いる数式モデルの開発はわれわれの最も力を注いだ点である。われわれは各種の冶金反応を基礎とし、主として数多くの実績データの統計的処理により数式モデルを確立した。これらの数式モデルについての開発経過、式の構造および適用結果について本報以下で逐次御報告し、御参考に供したいと思う。本報ではまず、鋼中 Mn 含有量に関する数式モデルおよびその適用結果について述べる。

II. 数式モデルとその開発経過

一般に純酸素転炉における素鋼の Mn 含有量は、終点の Mn% に適当量の Fe-Mn または Si-Mn を加えて調整される。規格値を満足し、かつバラツキの少ない

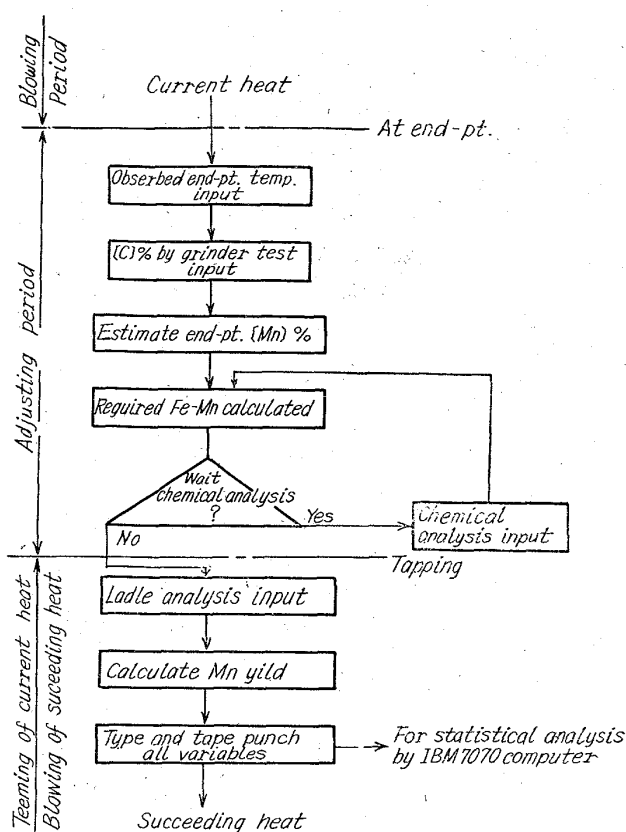


Fig. 1. Flow chart of [Mn] control.

素鋼 Mn 含有量を得るためには次の諸点を解決しなければならない。

- (1) 各ヒートの溶銑 Mn% の正確な分析
- (2) 終点時の Mn% の正確な分析または推定
- (3) 出鋼調整過程における Mn 歩留の把握

これらのうち操業上は (2) が特に問題である。われわれの転炉工場では一般に吹錬終了から出鋼開始までに要する時間は 4~5 分であつて、この間に終点の分析値を得ることは困難である。強いて分析結果を用いるためには 4~5 分/ch の製鋼時間の延長を余義なくされ能率上到底許されない。したがつてこの点を解決するために、われわれは終点 Mn% の推定式を確立し、多くの場合はこの推定 Mn% により Fe-Mn 量を計算するようとした。それを計算制御で行なう場合の Flow chart を Fig. 1 に示す。ただし分析値を使用できる場合は分析値を用いて計算することは当然である。

1. 終点 [Mn] % の推定式

終点時の Mn 含有量の推定要領についてはすでに幾つかの報告があり、定量的関係も一部明らかとなつている。われわれの数式モデルは次にのべるような各要因の影響を勘案の上構成されている。

(1) 溶銑中の [Mn] % の影響^{1),2)}

終点時における Mn% は Mn の反応式および Mn balance から直線関係が導き出され、われわれの工場の場合では次式が得られている。

$$[Mn]_E = 0.20[Mn]_P + 0.09 \dots \dots \dots (1) \text{ 式}$$

ただし、[Mn]_E: 終点 Mn%

[Mn]_P: 溶銑 Mn%