

上下吹き転炉における少量スラグ吹錬の精錬特性 論文

木村 雅保*・松井 秀雄*・伊東 修三*
 齋藤 忠*・副島 利行*・喜多村 実*

Characteristics of Refining Process with a Little Quantity of Slag in the Top and Bottom Blowing Converter

Masayasu KIMURA, Hideo MATSUI, Shyuzo ITO

Tadashi SAITO, Toshiyuki SOEZIMA, and Minoru KITAMURA

Synopsis :

Refining process with a little quantity of slag in the top and bottom blowing converter (LD-OTB) has been found very promising one through the experiments of using low sulfur and low phosphorus hot metal. Desulfurization and dephosphorization of the hot metal was carried out using a 350 t torperdo car after desiliconization practice and phosphorus content was reduced to the level less than 0.02%. The hot metal, charged into 240 t top and bottom blowing converter was refined at a little quantity of slag less than 8 kg/t in burnt line consumption. A little quantity of slag refining process brought us such good features as lowering the critical carbon content (C*) which decarborization rate decreases in the top and bottom blowing converter, increasing manganese content and reducing hydrogen content at turn down.

However, the increase of iron loss into exhaust gas was observed to some extent in spite of the slag volume decrease and the pretreatment of desiliconization might have a tendency toward the shortage of heat in high temperature heat. One of the countermeasures for these two problems was tested by super soft blowing which was the extreme high lance height practice. The super soft blowing was found out very effective not only for preventing the increase of iron loss into exhaust gas with assistance of bottom stirring, but also for compensating the heat by controlling the post combustion of CO gas.

1. 緒 言

近年、転炉を中心とする精錬プロセスは、いつそのの合理化の追求と、鋼材の高級高品質化要求を背景として確実な技術革新を遂げてきた。中でもこの 10 年間、精錬機能を分割することによるプロセスの合理化と最適化の追求は、溶銑の大量脱硫処理と溶鋼処理技術の進歩に代表される。さらにここ 2~3 年、LD 転炉そのものの精錬機能の改善を目的として、従来の転炉に底吹きガス攪拌を付加した上下吹き転炉法の実用化が急速に進められてきた。このように、転炉精錬反応の効率化と機能分割による最近の技術革新には目を見張るものがあるが、脱りんが転炉の重要な精錬機能として残されている限り、依然として大量の精錬用スラグが必要であり、品質・コストの両面において抜本的改善をおこなうまでには至っていない。このため、より合理的な精錬方法を指向する中で、脱りんをその作業に最も適した溶銑段階へ移行し、転炉では造滓剤である生石灰を大幅に削減させた少

量スラグ吹錬（スラグミニマムまたはスラグレス吹錬）によつて、転炉機能を脱炭と昇温のみに簡略化しようとする新精錬プロセスの開発と実用化が進められている。このプロセスが実用化されると、精錬スラグの減少に伴う各種製造コストの低減や、操業性の改善など、その波及効果には計り知れないものがあり、加えて、鋼材の高級化・高品質化指向にも合致した新製鋼プロセスとして大きな期待がかけられている。

当加古川製鉄所においても '70 年代後半より当該技術の開発に着手し、これまでに、高炉鑄床および混銑車における脱珪処理技術^{1)~3)}、ソーダ灰もしくは生石灰系フラックスを用いた混銑車脱りん脱硫処理技術、さらには低りん低硫溶銑による上下吹き転炉での少量スラグ吹錬技術⁴⁾⁵⁾ など、数多くの有益な新技術につき実用化の目途を得た。本報では、低りん低硫溶銑による転炉の少量スラグ吹錬について、その精錬特性ならびに溶銑予備処理と少量スラグ吹錬に関係して派生してくる熱的制約や転炉排ガス中への鉄損失を改善するための超ソフトブ

昭和 58 年 3 月 25 日受付 (Received Mar. 25, 1983)

* (株)神戸製鋼所加古川製鉄所 (Kakogawa Works, Kobe Steel, Ltd., 1 Kanazawa-cho Kakogawa 675-01)

ローの吹錬特性について述べる。

2. 実験プロセスと実験条件

2.1 溶銑予備処理

溶銑の脱珪処理は、その後続く脱りんを効率的に達成させるためにも重要な工程となる。高炉における脱珪処理は、脱珪滓の分離除去がスキンマーにて容易にできる樋脱珪方式を用い、脱珪効率を上げるために適正な樋落差と反応面積を確保した。高炉铸床脱珪により、溶銑中の [Si] はその 90% を 0.2% 以下まで下げることが可能である。しかし、脱りん処理をより確実なものとするためには、ソーダ灰および生石灰系のいずれのフラックスを使用する場合でも、[Si] は 0.15%、好ましくは 0.10% 以下に下げることが望ましく、高炉脱珪能力を補うために混銑車での 2 次脱珪処理を実施した。2 次脱珪処理では、溶銑の温度と [Si] によつて気体酸素の上吹き法と、酸化鉄の吹き込み法を併用した。

脱りん脱硫処理は、350 t 混銑車にソーダ灰もしくは生石灰系フラックスを、窒素をキャリアーガスとして 20~30 の固気比 (kg (flux)/kg (N₂)) で吹き込み、同時に脱りんの促進を図るために酸素の上吹きを併用した。ソーダ灰処理においては、[P] ≤ 0.02%、[S] ≤ 0.005% の低りん低硫溶銑が容易に得られる。

2.2 少量スラグ吹錬

予備処理した溶銑は、240 t 上下吹転炉⁶⁾にて、0.06~0.10 Nm³/t·min の窒素もしくはアルゴンガスによる底吹き攪拌を加え、生石灰原単位 8 kg/t 以下の少量スラグ吹錬をおこなった。

吹錬中の鋼浴成分の挙動は、溶鋼試料をサブランスにて連続採取して調査に供した。超ソフトブローでは、上吹きランスからの送酸速度を 2.4~3.4 Nm³/t·min に変化させると同時に、ランス高さを 2.3~5.6 m に上昇させて、排ガス組成および排ガス中ダストの挙動について調査した。排ガス組成は、OG 炉頂ガスの連続分析結果を用いた。また排ガス中のダストは、OG 集塵水を連続採取し、その粒度別に重量測定と組成分析をおこなった。

3. 実験結果と考察

3.1 少量スラグ吹錬の精錬特性

3.1.1 鋼浴成分の挙動

転炉炉内の精錬反応は、火点におけるガス-メタル間およびスラグ-メタル間反応に支配され、しかも非平衡状態で吹錬が完了すると考えられている。少量スラグ吹錬では、従来に比しスラグ量が著しく減少するため、脱

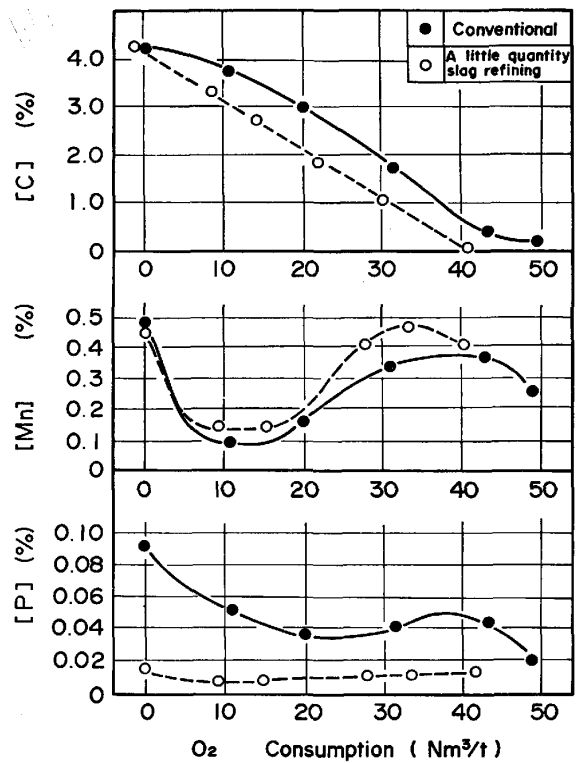


Fig. 1. Changes of C, Mn and P contents in the bath during blowing.

炭反応効率が向上する^{7)~9)}と同時に、Fe, Mn など有価成分のスラグ中への損失量が大幅に減少する^{10)~12)}。Fig. 1 に少量スラグ吹錬時における鋼浴成分の推移を示す。まず、Cの挙動について見ると、予備処理段階で Si はほとんど除去されているので、Si ブローなしで直ちに脱炭最盛期に入り、脱炭速度は酸素の供給速度で一義的に決まり直線的に推移する。低炭素領域では、反応界面へのOの供給律速からCの拡散移動律速に遷移する臨界C濃度 (C*) の存在することが知られている。Fig. 2 には少量スラグ吹錬下で求めた C* を上吹き、上下吹き転炉における従来吹錬法と比較して示した。C* の推定は図中 (a) に示すモデルで近似し、以下のようにおこなった。

脱炭酸素効率, φ , は (1) 式で与えられる。

$$\varphi = a(C - C_0) \quad C_0: \text{限界C\%} \dots \dots \dots (1)$$

また、脱炭速度 dc/dt と φ の間に (2) 式が成り立つ。

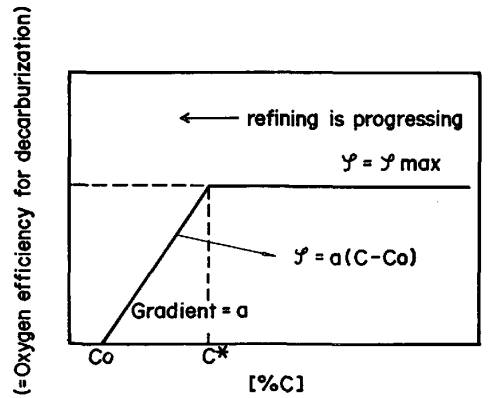
$$\varphi = \frac{11.2}{12} \cdot \frac{W \times 1000 \times 0.01}{F_{O_2}} \cdot \frac{dc}{dt} \dots \dots \dots (2)$$

W: 溶鋼重量 (t), F_{O_2} : 酸素流量 (Nm³/min)

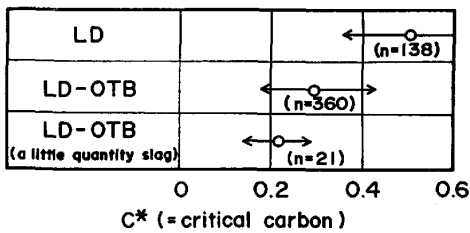
ここで、対数脱炭率 η を (3) 式で定義する。

$$\eta = \{\log(C_{SL} - C_0) - \log(C_E - C_0)\} / \Delta O_2 \dots \dots (3)$$

C_{SL} : サブランス測定 [C] (%), C_E : 吹き止め [C] (%), ΔO_2 : 測定時点から吹き止めまでの酸素量 (Nm³)



a) Assumed relation between [%C] and γ in low carbon region



b) Difference of C* for each blowing methods
Fig. 2. Characteristics of critical carbon.

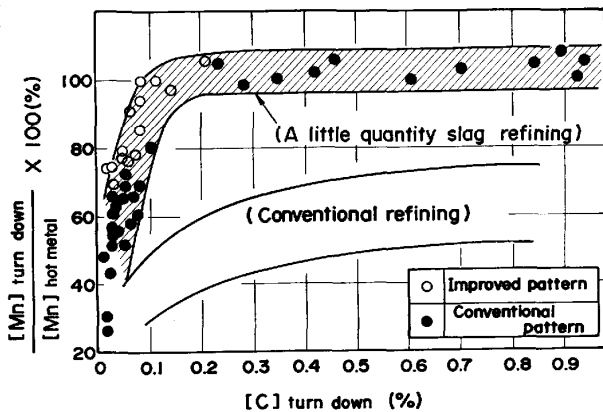


Fig. 3. Comparison Mn yield for a little quantity slag refining to that for conventional refining.

(1), (2)式の積分から(4)式が得られる。

$$\eta = 12a/112W \times 2.303 \dots\dots\dots (4)$$

(3), (4)式から a が求まり, (1)式に代入して C* が求まる。Fig. 2 の (b) に上吹き (大量スラグ), 上下吹き (大量スラグ), および上下吹き (少量スラグ) 各吹錬法における C* の平均値とばらつきを範囲を示したが, 少量スラグ吹錬では明らかに C* が低炭素側に移行し, しかもそのばらつきも小さくなっている。このことは, 少量スラグ吹錬の優位性を示すものであると言えよう。

次に Mn の挙動について見ると, Fig. 1 に示すように, 従来と類似の Mn 隆起が認められるが, 装入[Mn]

	Conventional blowing method	Blowing method improved
Lance height	Base + 300m/m	Base + 700m/m
O ₂ flow rate (Nm ³ /t·min) (from Lance)	2.6 3.2 3.4	2.8 3.0 2.2
Ar flow rate (Nm ³ /t·min) (from bottom tuyeres)	0.065	0.032 0.080

→ refining time → refining time

Fig. 4. Improved blowing method for a little quantity slag refining.

に対する [Mn] の極大値の比が 1.0 に近くなる。Fig. 3 に, 吹き止め [C] と吹き止め [Mn]/装入 [Mn] (Mn 歩留り) の関係を示す。大量のスラグが存在する場合に比べ, 少量スラグ吹錬では著しく Mn 歩留りの改善が図られ, 高炭素領域では 100% に近い Mn 歩留りが得られている。一方, 臨界 [C] 以下の低炭素領域になると, Mn の酸化が急激に進み, 従来の精錬法とは極めて異なつた挙動を示す。ここでは, この低炭素領域における Mn の酸化を少しでも抑制し, Mn 歩留りを改善する目的で上下吹き転炉の優れた攪拌特性と少量スラグ吹錬特性を組み合わせた新しい吹錬方法を検討した。既に明らかなように, $C + 1/2O_2 = CO$ と $Mn + 1/2O_2 = MnO$ の標準生成自由エネルギーは約 1450°C を境として逆転する。従つて, C が優先して酸化する条件を確保すれば, それだけ低炭素領域でも高い Mn 歩留りが達成できる。しかしながら, 従来のように大量のスラグが存在する条件下では, 脱炭酸素効率の向上を図るため酸素の供給速度を落とせば, スラグの酸化ポテンシャルを高め, スラグ中 (MnO) が増加する。このため, 高い Mn 歩留りを確保するためには, ハードブロー吹錬により対処してきた。ところが, 少量スラグ吹錬では, スラグ量が少ないため (MnO) の若干の上昇は Mn 歩留りに大きく影響することがない上に, ソフトブロー化しても底吹攪拌によつてスラグ中 (MnO) は効率よく鋼浴中 [C] で還元され, C の優先酸化を最大限に促進させる吹錬法が可能となる。Fig. 4 に, その吹錬パターンの改善例を示す。この吹錬パターンの採用により低炭素領域でも Mn 歩留りを約 70% 以上に維持することが可能になつた。なお, 本技術は, Mn 鉱石や Cr 鉱石などの炉内還元技術にも応用できる。Fig. 5 に Mn 鉱石の炉内還元を試みた結果を示す。スラグ量が 15 kg/t 以下では, 前述の吹錬技術の改善効果も加わり, 約 70% 以上の高い Mn 鉱石の還元率が得られ, 従来の転炉では考

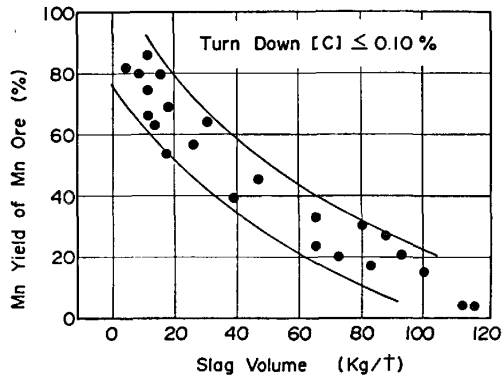


Fig. 5. Effect of CaO consumption on the Mn yield of Mn ore.

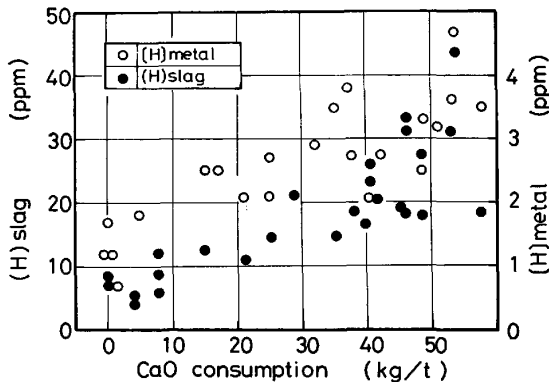


Fig. 6. Effects of CaO consumption on (H) and [H] content at turn down.

えられなかつた 1.00% 以上の高 Mn 吹き止めを容易に達成できることが判明した。

3-1-2 鋼中の水素低減

転炉吹き止め時の鋼中 [H] は、転炉副原料や合金鉄から持ち込まれる水分に大きく依存することが知られている。少量スラグ吹錬では、これら副原料や合金鉄の減少が図れるため、[H] 低減に大きな効果が期待できる¹³⁾¹⁴⁾。Fig. 6 に生石灰原単位と鋼中 [H] ならびにスラグ中 (H) の関係を示す。スラグの (H) 分析は、採取後スラグを空冷させ、ただちにビニール製の密閉容器に保管後、不活性ガス中インパルス炉融解方式を採用し、熱伝導度測定にて定量した。生石灰原単位の減少に伴い、[H]、(H) とともに大きく低減しており、少量スラグ吹錬では 2 ppm 以下の吹き止め [H] が安定して得られる。転炉内へインプットされる水分は副原料によるものが 90% 以上を占めており、スラグには溶鋼より 1 オーダー高い水素が含有されている。図中から明らかのように、一定温度 (≒1680°C) では、水素のスラグ-メタル間の分配比、(H)/[H] は 3~9 の範囲にあり、鋼中 [H] 低減にはとりもなおさずスラグ中 (H) の低減が必要である。通常吹錬における排ガス中の P_{H_2O} を排

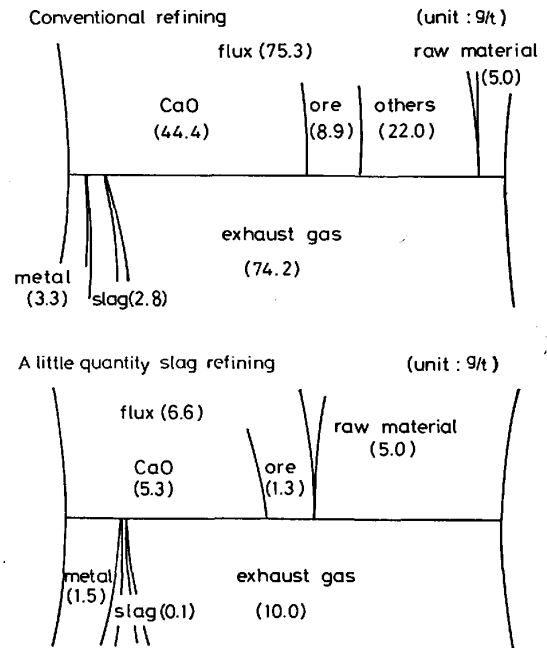
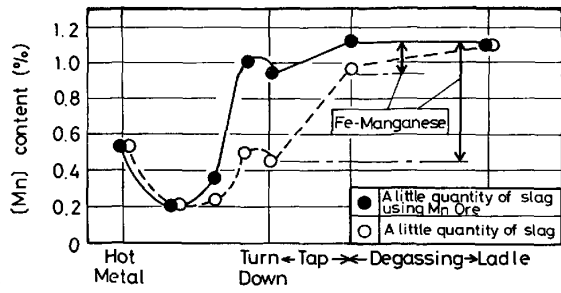


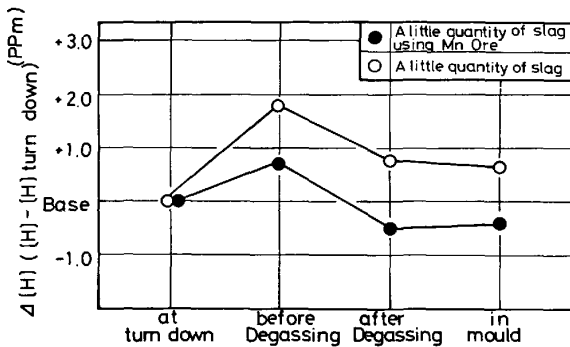
Fig. 7. Hydrogen balance of conventional and a little quantity slag refining.

ガス中の P_{H_2} 、 P_{O_2} の実測値を用い、 $H_2O=H_2+1/2O_2$ の平衡が成り立っているものとして、計算で求めたところ、0.010~0.020 atm のレベルであり、今井ら¹⁵⁾¹⁶⁾の結果から求まるスラグ中 (H) ≒10~20 ppm に対し、今回の結果は 15~30 ppm と若干高目となつている。一方、少量スラグ吹錬で同様に求めた P_{H_2O} は通常吹錬のそれよりも 1 桁低いレベルとなり、ガス-スラグ間の平衡からスラグの脱水素が促進されたものと考えられる。Fig. 7 は、通常吹錬と少量スラグ吹錬の水素バランスの代表例を示したものである。少量スラグ吹錬では、転炉系内に持ち込まれる水素量が通常吹錬の場合の 15% にまで低減されており、これが P_{H_2O} をひいてはスラグ中 (H) と鋼中 [H] の低減に寄与したものと考えられる。

製鋼作業の中でもう一つの [H] のピックアップ要因として合金鉄が挙げられるが、合金鉄は出鋼時または出鋼後に添加されるため、転炉のように CO 気泡の発生による脱水素は期待できない。前述した Mn 鉱石の転炉内還元技術を適用することにより、出鋼以降の工程における合金鉄添加量を低減でき、[H] のピックアップを抑えることが可能となる。Fig. 8 の (a) は [Mn] の調整方法を比較しており、(b) は [H] の工程間推移を従来法と比較したものである。少量スラグ吹錬工程では、少量スラグ化により、1~2 ppm の [H] 低減および合金鉄低減により、約 1 ppm の低減が達成され、従来法に対し、約 2~3 ppm の [H] 低減が可能となる。



(a) Variation of Mn content



(b) Comparison of [H] variation

Fig. 8. Effect of using Manganese Ore on [H] content in the melt.

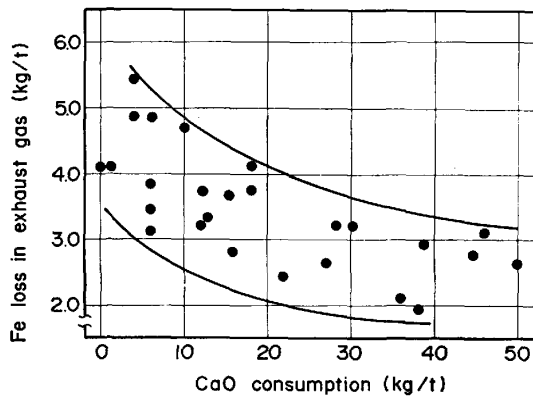


Fig. 9. Relationship between CaO consumption and Fe loss into exhaust gas.

3.2 少量スラグ吹錬における超ソフトブロー

3.2.1 少量スラグ吹錬における鉄損失

少量スラグ吹錬では、発生スラグ量の大幅な低減により、スラグへの鉄損失が減少し大きな鉄歩留り向上が図れる。しかしながら、一方で、従来鋼浴を被覆していたスラグが減少することにより、排ガス中への粒鉄およびヒュームとしての鉄損失の増大が新しい問題となる⁷⁾¹⁰⁾¹⁷⁾。Fig. 9 に示すように、少量スラグ吹錬領域では従来に比べて 2 kg/t 相当の排ガス中への鉄損失増大が認められる。この問題を解決するために、種々の吹錬方法における排ガス中ダストの挙動を調査した。

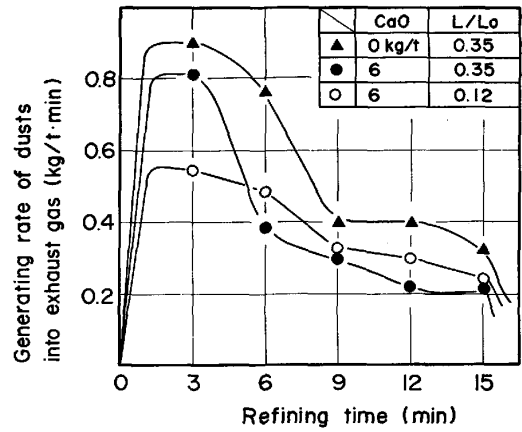


Fig. 10. Typical transition of generating rate of dusts into exhaust gas.

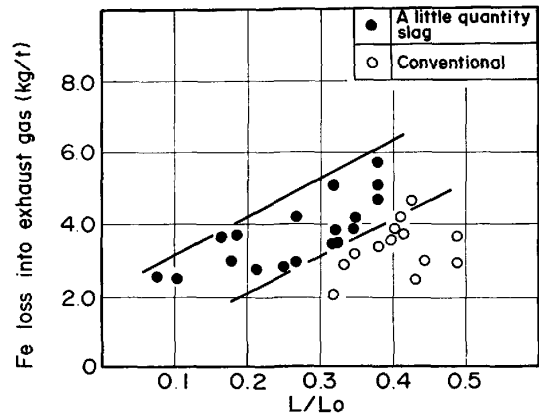


Fig. 11. Relationship between L/Lo and Fe loss into exhaust gas.

Fig. 10 に、 L/Lo を変化させた時の少量スラグ吹錬におけるダストの発生傾向の代表例を示す。ダストの発生傾向は、吹錬初期に多く吹錬後半で減少し、少量のカーブスラグを確保するかあるいは L/Lo を下げた超ソフトブロー化によつて、ダスト発生量の抑制が可能である。Fig. 11 に、少量スラグ吹錬と従来の吹錬における L/Lo と排ガス中铁損失量の関係を示す。排ガス中铁損失は、Fig. 10 に示すダスト生成速度の積分値と分析値とから求めたものである。 L/Lo を 0.2 以下とすることにより、従来吹錬並みもしくは 1 kg/t の損失量の低減をも達成できる見通しが得られた。この発生ダストの生成機構を推察する目的で、その粒度分布を測定した結果が Fig. 12 である。比較のためにここでは上吹き転炉のデータもあわせて示す。上下吹き、上吹きともに 90~180 μ と 3~11 μ の粒度にピークを有する二極型分布を持つことが明らかである。粗粒ダストは O_2 ジェットの湯面への衝突ならびに鋼浴自由表面の増加に伴う飛散粒鉄が主であり、細粒ダストは高温火点で生じたヒュームが主であると考えられる。上下吹き転炉で少量スラグ吹錬

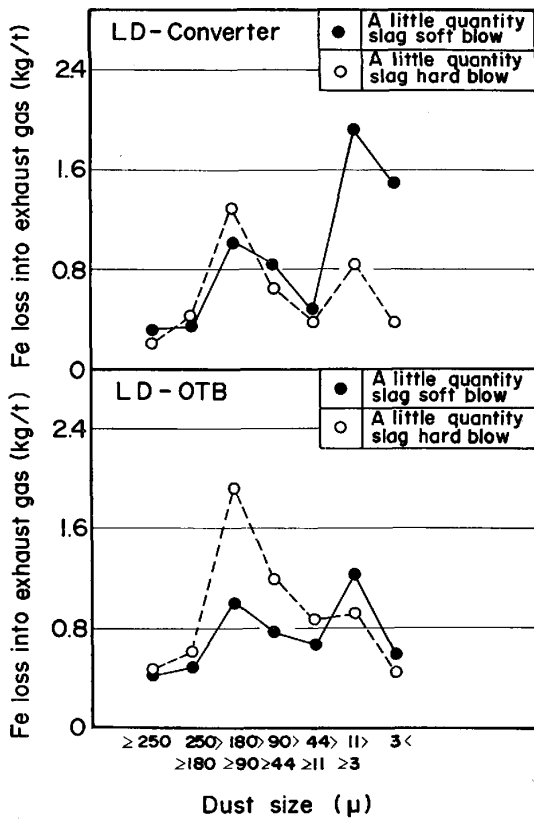


Fig. 12. Distribution of dust size.

をおこなう場合、ハードブローでは浴の攪拌強化による粗粒ダストの増加が著しく、上吹き転炉よりも発生量が増える傾向にある。この粗粒ダストはソフトブロー化を図ることにより、大幅に低減できる。さらに、ソフトブローで観察されたヒュームの増大は、上吹き転炉ではかなり促進される傾向が認められたのに対し、上下吹き転炉では顕著でない。一般に上下吹き転炉では、火点近傍の溶湯の更新が促進されるため、火点温度が低く維持される結果であろう。

3.2.2 少量スラグ吹錬における熱補償

少量スラグのもとでは、 L/L_o を下げた超ソフトブロー化が、スラグフォーミングという操業上の問題を心配することなく容易に達成でき、排ガス中への鉄損失を抑制できると同時に、CO ガスの炉内燃焼制御をも可能にする¹²⁾。ここでは、ランス高さや酸素流量の制御による超ソフトブローを試行し、その熱補償効果について検討した。Fig. 13 は、 L/L_o の変化に伴う排ガス中の $CO_2/CO+CO_2$ (以下、燃焼比と言う) の変化を示したものである。 L/L_o の制御により、燃焼比は約 10% の幅で精度良く制御できる。燃焼比をそれぞれ変化させたヒートごとに熱バランスを求め、入熱量に対する溶鋼頭熱の比、 Q_{steel}/Q_{input} をプロットしたものが Fig. 14 である。ここで入熱のうち、Cの潜熱は排ガス組成をもと

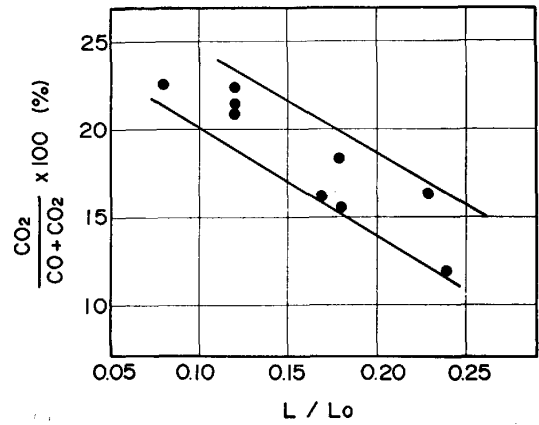


Fig. 13. Influence of L/L_o on $\frac{CO_2}{CO+CO_2}$ in exhaust gas.

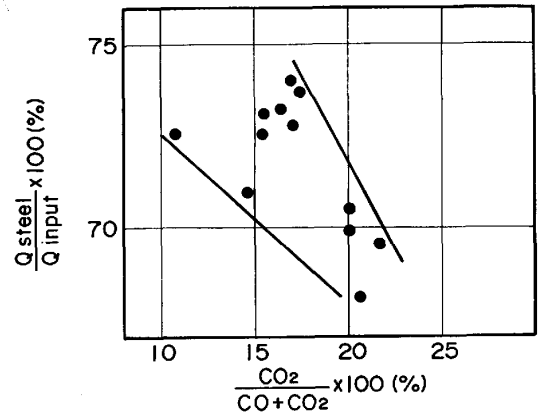


Fig. 14. Relationship between $\frac{CO_2}{CO+CO_2}$ and $\frac{Q_{steel}}{Q_{input}}$.

に、 $C+1/2O_2=CO$ と $C+O_2=CO_2$ の反応熱で評価し、排ガス潜熱は除いた。燃焼比が増加するにつれ、 Q_{steel}/Q_{input} が低下する傾向が認められる。これは、CO の炉内燃焼熱が有効に溶鋼に還元されていないことを示している。超ソフトブロー時の OG ダスト放射部冷却水温度の傾向を調べたところ、 L/L_o の低下すなわち燃焼比の増加に対し、顕著な上昇が認められた。この冷却水中への熱損失を求め、燃焼比に対してプロットしたのが Fig. 15 である。燃焼比の増加に伴い、12 Mcal/t もの熱が排ガス顕熱の増加として逃がっていることがわかった。Fig. 16 に $CO+1/2O_2=CO_2$ の燃焼反応熱に対する排ガス中への熱損失の比率をランス高さについて整理した。ランス高さの増加に対し、熱損失比率は増加する傾向が認められる。すなわち、炉内燃焼によつて形成される放射高温帯が、ランス高さの上昇につれ炉内上部へ移動し、それに伴つて溶鋼への放射伝熱量が減少したためと考えられる。Fig. 17 は燃焼比の溶鋼温度上昇に与える影響を示したものである。各データは、

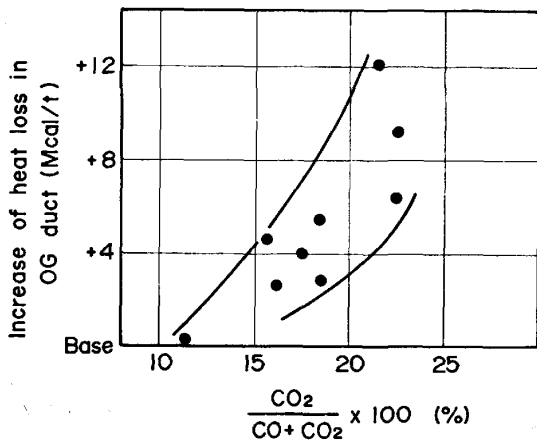


Fig. 15. Increase of heat loss in OG duct to combustion ratio of CO gas in converter.

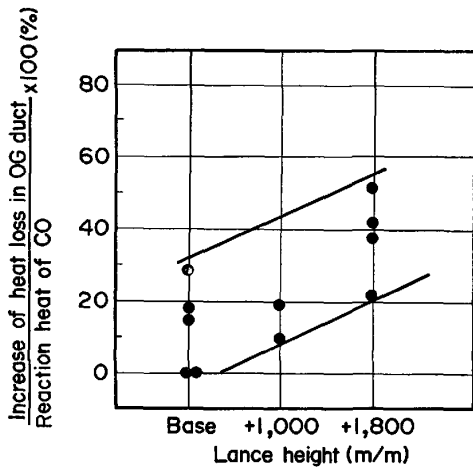


Fig. 16. Influence of lance height on increase of heat loss in OG duct to reaction heat of CO.

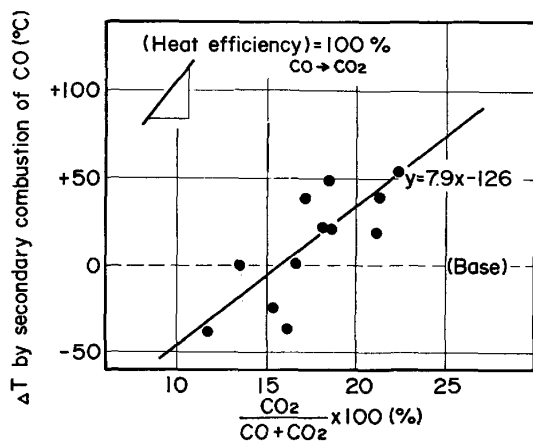


Fig. 17. Effect of secondary combustion of CO on ΔT in molten steel.

すべてランス高さを通常操業から1000mm以上高くし、酸素流量を変化させたものである。これらは溶銑条件、吹き止め条件がまちまちのため、少量スラグハードブローの条件に一致させ、実績の吹き止め温度を修正して

評価した。燃焼比12%のハードブロー時の吹き止め温度を T_B 、修正吹き止め温度を T_A とし、 $\Delta T = (T_A - T_B)$ を燃焼比に対してプロットしてある。燃焼比1%上昇することにより、溶鋼温度は約 7.9°C 高くできる結果が得られた。図中に、 $\text{CO} + 1/2\text{O}_2 = \text{CO}_2$ の燃焼反応熱が100%溶鋼に還元された時の燃焼比に対する ΔT の傾きを示すが、これと比較すると、ランス高さおよび酸素流量による燃焼比制御では、炉内CO 2次燃焼熱の約60%が溶鋼に還元されていることが明らかになった。また、燃焼比が12%になる高いランス高さの操業では、ハードブロー(図中のBase)に対し約 30°C の温度不足が生じているが、これは前述の通り輻射高温帯が炉内上部へ移動し、溶鋼への輻射伝熱効率が低下しているためと考えられる。本報で検討した熱補償技術では、まだ40%の炉内燃焼熱が有効に利用されておらず、新技術の導入、開発により、さらにスクラップ多配合操業への可能性を有している。

4. 結 言

予備処理溶銑(低Si・低P・低S)を用いた少量スラグ吹錬は、多くの技術的可能性を秘めた新しい転炉精錬技術として注目を集めている。本報では、少量スラグ吹錬の精錬特性の中から鋼中の[C]・[Mn]・[H]の挙動と、実用化に際しての課題である排ガス中への鉄損失の抑制ならびに熱補償技術としての超ソフトブローの効果について述べた。

1) 少量スラグ吹錬では、O供給律速からC移動律速に移る臨界C(C^*)は、上下吹き吹錬時の0.29%から0.22%へと低下し、そのばらつきも小さくなる。

2) 少量スラグ吹錬では、高炭素吹き止め域([C]>0.20%)で100%に近いMn歩留りが得られ、低炭素域でも吹錬末期の上吹き酸素の低流量化や底吹き強攪拌化などの対策により、70%以上のMn歩留りが達成できた。さらに、本技術はMn 鉱石の炉内還元にも応用でき、Mn還元率60%以上が達成できた。

3) 転炉内へ持ち込まれる水分の根源であつた生石灰原単位の低減により、溶鋼中[H]およびスラグ中(H)は大きく低下し、2ppm以下の吹き止め[H]が安定して得られた。また、前述のMn 鉱石の利用はMn系合金鉄使用に伴う鋼中[H]の上昇を抑え、従来法に対し約2~3ppmの低減が可能になる。

4) 少量スラグのもとで、酸素流量とランス高さの操作により L/L_0 を低下させた超ソフトブローは、少量のカバースラグ存在下で、排ガス中への鉄損失を通常吹錬のそれ以下に抑制することができる。これは、粗粒ダス

トの飛散が抑えられるのと同時に、上下吹き浴攪拌の強化により、ヒューム発生量の増加を小さくできることに起因すると考えられる。

5) 超ソフトブロー時の、炉内2次燃焼による反応熱の溶鋼への還元率は約60%である。なお、この溶鋼への熱還元効果は、輻射高温帯の位置に依存すると考えられる。

文 献

- 1) 上仲俊行, 高見満矩, 菅原孝幸, 小池幸造, 池田修, 堀 隆一: 鉄と鋼, 68 (1982), S 132
- 2) 上仲俊行, 高見満矩, 堀 隆一, 落合勇司: 鉄と鋼, 69 (1983), S 130
- 3) 喜多村実, 伊東修三, 松井秀雄, 木村雅保, 遠藤勝, 辻 昭教: 鉄と鋼, 69 (1983), S 134
- 4) 喜多村実, 伊東修三, 松井秀雄, 木村雅保: 鉄と鋼, 67 (1981), S 880
- 5) 喜多村実, 副島利行, 伊東修三, 松井秀雄, 平橋英行, 木村雅保: 鉄と鋼, 69 (1983), S 246
- 6) 喜多村実, 小山伸二, 伊東修三, 松井秀雄, 藤本英明: 鉄と鋼, 68 (1982), A 33

- 7) 海老沢勉, 豊田剛治, 田中 久, 石坂 祥, 河井良彦: 鉄と鋼, 68 (1982), S 1033
- 8) 南 昭喜, 殿村重彰, 中村康久, 国友干明, 山本里美: 鉄と鋼, 68 (1982), S 1035
- 9) 栗山伸二, 小倉英彦, 半明正之, 宮脇芳治, 碓井務, 山田健二: 鉄と鋼, 68 (1982), S 1036
- 10) 岡村祥三, 中島英雅, 丸川雄浄, 姉崎正治: 鉄と鋼, 68 (1982), S 192
- 11) 武 英雄, 藤山寿郎, 山本 武美, 永井 潤: 鉄と鋼, 68 (1982), S 1031
- 12) 南 昭喜, 殿村重彰, 中村康久, 桂 肇, 山本里美: 鉄と鋼, 68 (1982), S 1034
- 13) 喜多村実, 伊東修三, 木村雅保, 源間信行, 篠崎薫: 鉄と鋼, 68 (1982), S 191
- 14) 植田嗣治, 丸川雄浄, 姉崎正治: 鉄と鋼, 69 (1983), p. 24
- 15) 今井光雄, 大井 浩, 江見俊彦: 鉄と鋼, 48 (1962), p. 111
- 16) 不破 祐, 萬谷志郎, 福島 勤, 井口泰孝: 鉄と鋼, 53 (1967), p. 91
- 17) 永井 潤, 大森 尚, 山本武美, 橋 林三, 藤山寿郎, 岡野 忍, 小沢三千晴: 鉄と鋼, 67 (1981), S 881

処理溶銑の活用の関連文献

(鉄と鋼 昭和 53 年—昭和 58 年 10 月号まで)

無印は講演概要, (技)は技術報告を表す。

- 溶銑脱 Si によるスラグミニマム精錬プロセスの操業 (スラグミニマムプロセスの開発—5) 佐藤, ほか 66 (1980) 4, S 9
- 溶銑予備処理法を利用した極低 P 鋼の溶製 (生石灰による溶銑予備処理法の開発—4) 山田, ほか 66 (1980) 11, S 733
- 合成 FLUX による転炉高脱 P 技術の開発 (スラグミニマムプロセスの開発—6) 伊藤, ほか 66 (1980) 11, S 761
- 上下吹転炉におけるスラグレス吹錬操業 喜多村, ほか 67 (1981) 12, S 880
- 溶銑予備処理と処理銑の吹錬 (ライムレス吹錬の開発—3) 永井, ほか 67 (1981) 12, S 881
- 溶銑予備処理と複合吹錬の結合と発展 (複合吹錬技術の検討—5) 植田, ほか 68 (1982) 4, S 11
- 溶銑の予備処理ならびにその転炉操業 喜多村, ほか 68 (1982) 4, S 12
- スラグレス脱炭吹錬試験結果 (スラグレス脱炭に関する研究—3) 古垣, ほか 68 (1982) 4, S 15
- 溶銑脱りんによるステンレス鋼・高炭素鋼新溶製法の確

- 立 (溶銑脱りんおよびその適用技術の開発—4) 小野, ほか 68 (1982) 4, S 296
- 溶銑予備処理プロセスの諸反応と複合吹錬 (溶銑予備処理プロセスの開発—2) 丸川, ほか 68 (1982) 11, S 1028
- 溶銑予備処理プロセスによる低リン鋼の量産 (溶銑予備処理プロセスの開発—3) 丸川, ほか 69 (1983) 4, S 142
- 溶銑脱りんをともなうステンレス鋼転炉溶製法 (ステンレス鋼新溶製法の開発—1) 田中, ほか 69 (1983) 4, S 143
- Na₂CO₃ により事前精錬した溶銑の上吹き転炉での脱炭試験(技) 山本, ほか 69 (1983) 6, p. 611
- 八幡製鉄所における溶銑予備処理の現状 田中, ほか 69 (1983) 12, S 958
- 溶銑処理による新製鋼プロセスの建設と操業 (最適精錬プロセスの開発—1) 住田, ほか 69 (1983) 12, S 959
- 予備処理低[P]溶銑を用いた高炭素鋼の転炉溶製 副島, ほか 69 (1983) 12, S 1005