

新日鉄大分製鉄所における高マンガン吹止転炉操業

High Blow-end [Mn] Operation at BOF in Oita Works

新日本製鉄(株)大分製鉄所

熊倉政宣*・古川幹人

井出和夫・堀井和弘

八幡製鉄所

米澤公敏

大分製鉄所

尾花保雄・殿村重彰

1. 緒言

大分製鉄所の精錬工程において昭和61年6月より溶銑予備処理技術(ORP-M)¹⁾を導入し、精錬機能の最適分割による精錬コスト削減及び品質向上を図ってきた。なかでも転炉におけるレスラグ・マンガン鉱石大量使用吹錬による吹止[Mn]の向上は最大のメリット源に位置づけられ、高[Mn]吹止操業技術の確立は低価格鋼材を製造する上で非常に大きな役割を果たすものである。

今回、大分製鉄所では高[Mn]吹止操業実現のために、リアルタイムで溶鋼中の[Mn]を測定する手段として当社開発の「火点スペクトル式Mnセンサー」²⁾を、またスラグの酸化度を低下させるために「粉コークス吹込み設備」を導入した。本論文ではこれらの設備を用い、高[Mn]吹止操業のための指針を得たので報告する。

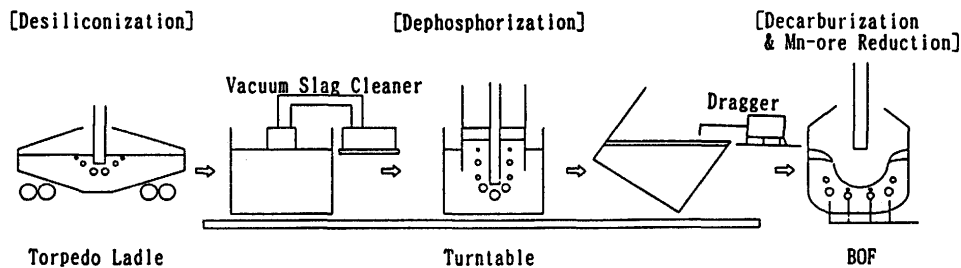


Fig.1. Refining processes in Oita Works

2. 火点スペクトル式Mnセンサー

2.1 設備主仕様

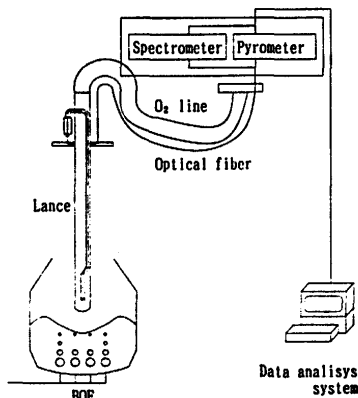


Fig.2. Schematic diagram of Online Analysis System

Table.1 Main specification

Measurement timing	Blowing
Measurement interval	15 SEC
Spectrometer	Two wave length sampling Mn : 403.31 nm Fe : 386.00 nm
Optical fiber length	110 m
Pyrometer	Two-color pyrometer

本システムの概略をFig.2に示す。本システムは火点観測用光ファイバー、分光装置、二色温度計、制御及びデータ解析システムより構成される。吹錬用上吹きランスの酸素導管内にス

ステンレス鋼製のガイドパイプで保護した光ファイバーを設置し、光ファイバーの視野が主孔より火点を観察するようレンズ系を設置する。火点での発光スペクトルは光ファイバーを通して分光装置及び二色温度計に導かれ、火点着火直後から吹錬終了まで連続的に測定が行われる。

2. 2 吹錬中測定結果

本設備を用いて実際に測定した結果をFig. 3 に示す。吹錬全期にわたって良好な測定精度が保たれていることが分かる。またFig. 4 に本設備による測定精度を示す。測定精度は $\sigma=0.04\%$ と良好な結果が得られている。

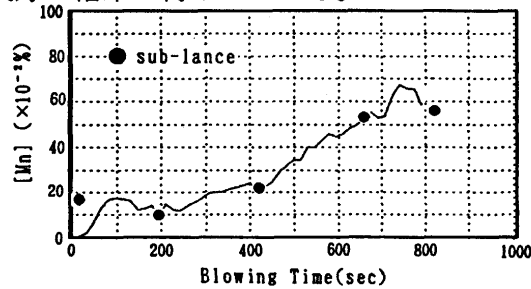


Fig. 3. Result of online analysis during blowing

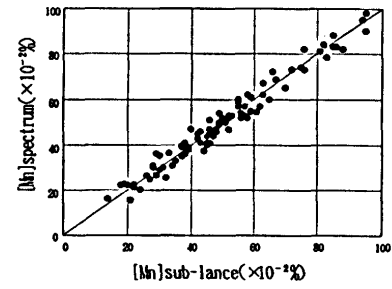


Fig. 4. Analytical accuracy

2. 3 Mnセンサーの適用によるMn還元速度についての一考察

Fig. 5 に装入[Mn]と吹錬中期（吹錬開始から7～10分）におけるMnセンサーによる測定値の傾きから求めた[Mn]の還元速度の関係を示す。装入[Mn]=120 ×10⁻²% までは装入[Mn]が増加するに従って直線的に還元速度が増加するのに対して、装入[Mn]=120 ×10⁻²% 以上では還元速度の上昇が緩やかになっている。この現象は以下のように説明することができる。即ち、装入Mn鉱石が増加すると、スラグへの溶解量が増加し、スラグ中(%MnO)の上昇によりスラグ－メタル間のMnO 還元反応速度が向上する。しかし、装入[Mn]=120 ×10⁻²% 以上ではスラグ中(%MnO)が飽和溶解度レベルとなり、スラグへのMn鉱石の滓化溶融が反応速度を律速しているものと考察できる。

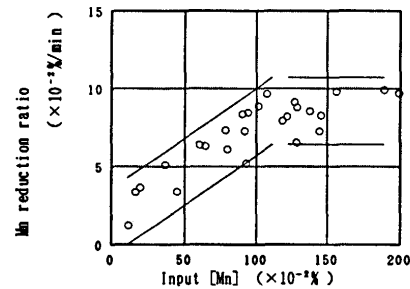


Fig. 5. Relation between Input [Mn] and Mn reduction ratio

3. 粉コークス吹き込み設備

3. 1 設備主仕様

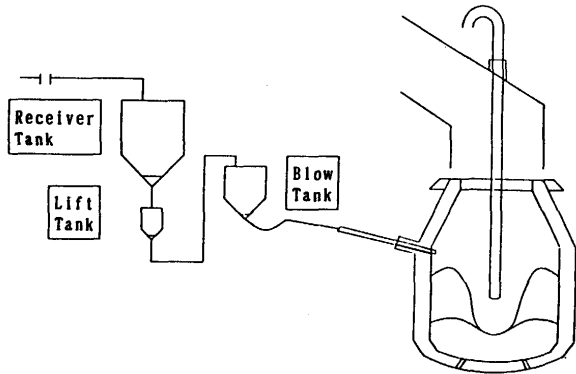


Fig. 6. Schematic diagram of device for charging coke fines

Table 2. Main specification of coke charging device

charging speed	500 Kg/min
amount	MAX 1.5 t/heat
location	Tap Hole
blow tank	2.5 m ³
inner diameter of pipe	65 A
carrier gas	CO ₂

「粉コークス吹込み設備」は吹錬中に熔融スラグの還元剤として粉コークスを炉内のスラグに直接吹込むことによりスラグ中酸素ポテンシャルを低位に安定化させ、Mn歩留向上及び偏差の低減を図るものである。Fig.6に粉コークス吹込み設備の概略図を示す。本システムは受入タンク、リフトタンク、吹込タンク及び吹込プローブより構成される。吹込みはCO₂による流動化方式で出鋼孔から行う。吹込み量はMax 1.5t/ch、吹込速度は300～500Kg/minである。尚、このシステムは既設転炉制御システム(DDC)に接続されており、プロコンからの指令により遠隔かつ自動的に操作を行う事が可能である。

3. 2 粉コークス吹込みによる効果

3. 2. 1 (%T. Fe) 低減効果

Fig.7に吹止[C]-(%T. Fe)の関係を示す。粉コークス吹込みにより、吹止直前まで吹込みを行ったチャージにおいては、吹止[C]=10～18×10⁻²%の範囲で2.3%の(%T. Fe)低減効果が確認された。

3. 2. 2 Mn歩留向上効果

Fig.8に装入MnとMn歩留の関係を示す。粉コークス吹込みによって、装入[Mn]=100×10⁻²%において5.2%のMn歩留向上効果が確認された。

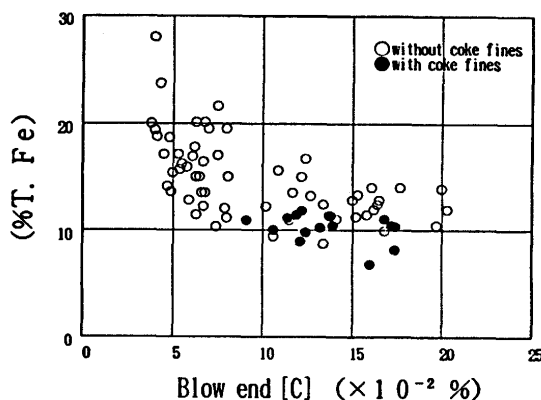


Fig.7. Effect of coke fines on (%T. Fe)

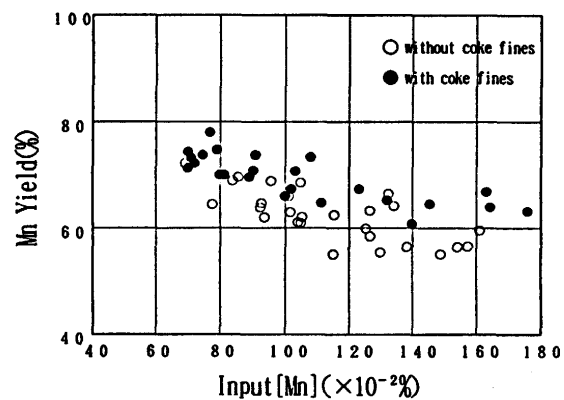


Fig.8. Effect of coke fines on Mn yield

なお、Fig.7.はスラグ分析値ありのデータのみ示している。

ここで粉コークスによるスラグ還元メカニズムについて考察してみる。Fig.9に標準生成自由エネルギー-温度図を示す。図から明らかなように、スラグ中(FeO), (MnO)は固体カーボンにより充分還元可能である。

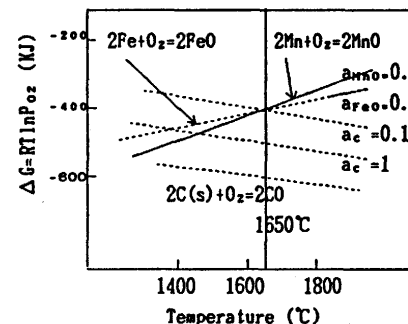


Fig.9. Relation between Gibbs's free energy and temperature

3. 2. 3 粉コークスのカーボンバランス

Fig.10に粉コークスのバランスを示す。吹錬中に吹込を行った場合には全吹込量の約10%がスラグ還元を使用されるが、吹止後に吹込を行った場合には全吹込量の約50%がスラグ還元を使用される。しかし吹止後の吹込みは製鋼時間の延長を招くため当所では吹錬末期から吹止直後にかけて吹込みを実施している。

Fig. 11に実験室規模で粉コークスと塊コークスにおけるスラグ還元効果の比較を行った結果を示す。粉コークスが短時間でスラグ還元に寄与するのに対し、塊コークスは徐々にスラグ還元していることが分かる。これは粉コークスは塊コークスに比べ比表面積が大きく短時間で反応するためと考えられる。実際の操業においては吹錬末期の1～2分間で短時間でスラグ還元を行う必要があるため、粉の方が有利であることがわかる。

Reduction of slag	10		Reduction of slag	10
Oxidized by Top Blow	50 60		Oxidized by Top Blow	15
Carried out by Exhaust gas	30		Carried out by Exhaust gas	15
Others	0～10		Others	20
during blowing			last stage and end of blowing	

Fig. 10. Balance of coke fines

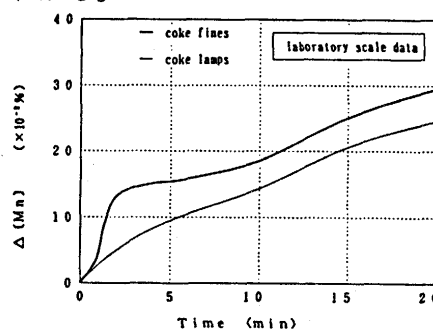


Fig. 11 Slag reduction speed of coke fines and lumps

3. 2. 4 炉内[P] 挙動

Fig. 12に示すように、P 分配はT. Feの低下とともに下がるが、従来操業の延長線上にあり、また溶銑 [P] を規格上限[P] 以下とするレススラグ吹錬前提であることから吹止[P] への影響は軽微である。

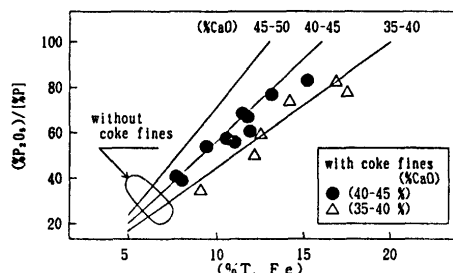


Fig. 12. Phosphorous distribution with coke fines

4. 結言

新規に導入したMnセンサーと粉コークス吹込設備を用いて、吹止[Mn]向上に関する検討を行い、以下の結果を得た。

- (1)火点スペクトル式Mnセンサーを用いて吹錬中Mn濃度をリアルタイムに測定可能であることを確認した。
- (2)粉コークス吹込設備を用い、T. Fe低下及びMn歩留向上効果を得ることができた。
- (3)粉コークスによる吹止[P] への影響は軽微である。

以上により、高[Mn]安定吹止操業技術の確立を図ることができた。

参考文献

- 1) T. Tabuchi, K. Honda, T. Kaneko, K. Shirabe, H. Takamoto, M. Hattori, Y. Takemura, T. Yamamoto :
The 6TH International Iron and Steel Congress, Vol. III, (1990), P. 57
- 2) M. Yamauchi, M. Kanemoto, T. Ohno, K. Chiba, A. Ono :
The 6TH International Iron and Steel Congress, Vol. III, (1990), P. 102