

直流アーク炉での底吹き操業

Bottom Gas Bubbling Operation of DC Arc Furnace

(株)中山製鋼所製鋼部
設備部
製鋼部

森川昌浩*
藤田富雄
磯村福義・佐藤明夫・森下利貞

1. 緒 言

当社直流電気炉は、平成3年4月にホットランを行ない、その後順調な操業を継続しているが、平成4年2月より、スクラップの溶解促進、冶金反応の効率的な促進を目的として、新たに不活性ガス（窒素ガス）底吹き操業を開始した。

今回はその第一段階として、電力原単位、耐火物原単位および冶金反応に及ぼす底吹き操業の影響を調査し、若干の知見が得られたので以下にその概要を報告する。

2. 設備の概要

2.1 ガス底吹き設備

Table. 1. にガス底吹き設備の仕様を示す。

使用可能ノズル数は2本、通常バス深さでの操業としたためノズル長は1 348 mm、大流量ガス吹込みの事前テストとして操業したためノズル上端の径を1 58 mmとし、ガス吹込用の内径2 φのステンレス製細管を14本ノズル本体内に内蔵している。

2.3 ノズル取付位置

Fig. 1. にノズル取付け位置を示す。No. 1ノズルは溶鋼攪拌によって排滓時のスラグ流出を妨げないように、またNo. 2ノズルはスクラップの溶け残りの生じやすいEBT側で溶鋼を攪拌し、スクラップの溶解を促進する目的で図のような位置にセットされている。

Table. 1. Specifications of bottom gas bubbling equipment

Item	Specifications
Nozzle	2 pieces
Material	MgO-C (MgO : 74%, C : 20%)
Length	1,348 mm
Diameter	Upper ϕ 158.0 mm, Lower ϕ 255.0 mm
Tuyere	ϕ 2 mm $\times$ 14 pieces (sus-pipe)
Used gas	N ₂
N ₂ flow rate	12 ~ 60 Nm ³ /h
N ₂ pressure	0 ~ 2.1 $\times$ 10 ⁶ Pa
Thermo couple	5 pieces / nozzle

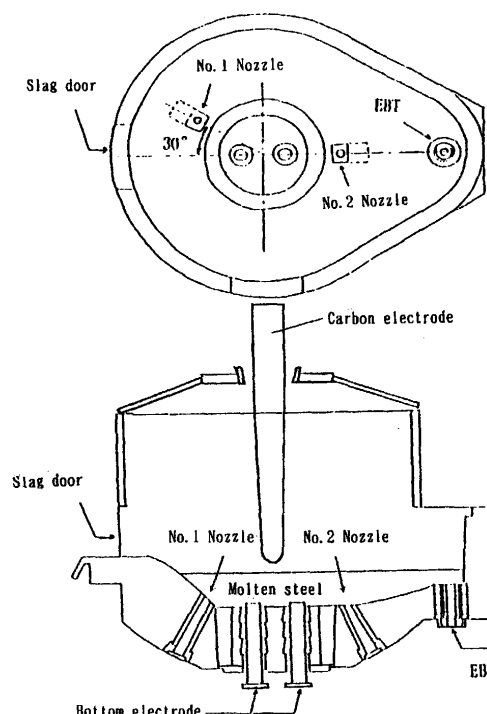


Fig. 1. Schematic drawing of DC-EAF

平成5年3月12日受付 (Received on Mar. 12, 1993)

* Masahiro Morikawa (Steelmaking Dept., Nakayama Steel Works, Ltd., 1-1-66 Funamachi Taisho-ku Osaka 551)

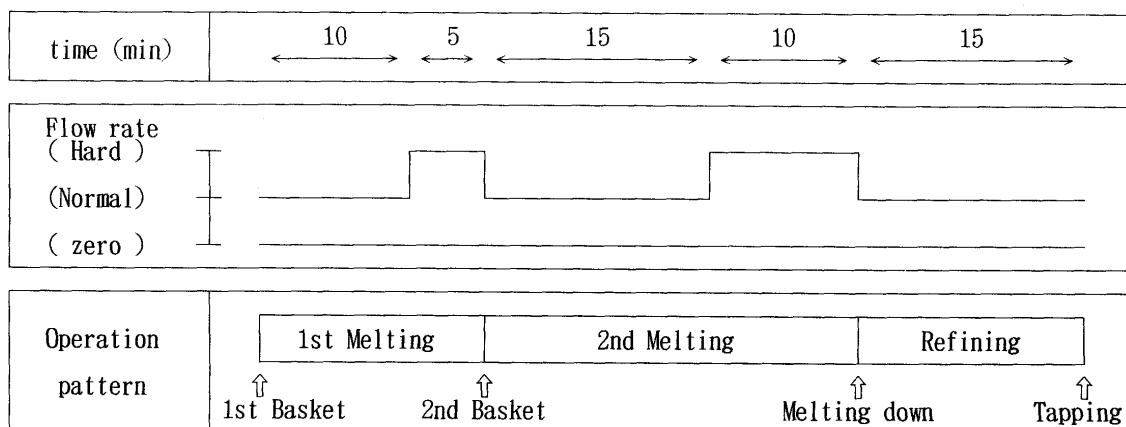


Fig. 2. Operation pattern of bottom gas bubbling

3. 操業方法

3.1 底吹き操業の概念

Fig. 2. に底吹き操業の概念として操業パターン、ガス流量変更時期および各ガス流量での攪拌時間を示した。底吹きガス流量は、下限のガス流量を一定として定常流量と呼ぶこととし、強攪拌を行う場合はガス流量を上げ、強攪拌流量と呼ぶこととした。

この強攪拌流量と定常流量との使用時期は、スクラップの溶解を促進する目的である程度溶鋼バスの形成されている溶解後期に強攪拌流量を使用し、その他の時期は溶鋼中に吹き込む N_2 ガスによる吸熱で溶鋼温度の上昇が悪化することを防ぐため定常流量とした。

3.2 設定ガス流量

Table. 2. に設定ガス流量を示す。

ノズル細管への溶鋼差込み限界時のガス吹込み圧力が 2.0×10^5 Paであることを考慮して、定常流量はガス吹込み圧力が 2.9×10^5 Paとなる $12 \text{ Nm}^3/\text{h}$ とし余裕を持たせた。

強攪拌時のガス流量は上記のように3水準に分割し、それぞれ低流量パターン、中流量パターン、大流量パターンとした。

また、今回は底吹き操業の第一段階として高圧吹込による底吹き操業としたため、ガス流量を抑える目的でノズルに装着する細管数を14本と少数に設定し、この細管数で N_2 ガス・コンプレッサーの最大能力 2.1×10^6 Paの範囲内で達成できる $60 \text{ Nm}^3/\text{h}$ を強攪拌時の最大流量とした。

Table. 2. Setting flow rate

Flow pattern Flow rate(Nm^3/h)	① (Low)	② (Medium)	③ (High)
Normal	12	12	12
Hard	18	30	60

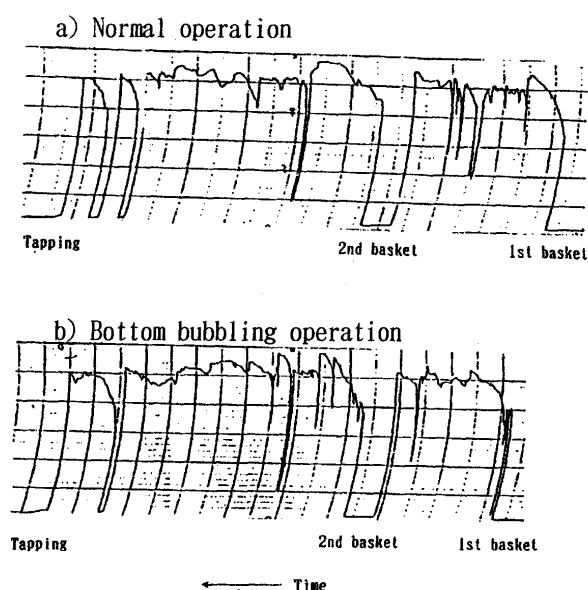


Fig. 3 Condition of power input

4. 操業結果

4.1 エネルギー

4.1.1 電力投入状態

底吹きノズルの取付け位置は、溶鋼バスの最も深い炉体中心の方がガスの吹き抜けが発生しにくく攪拌には有効だが、溶鋼攪拌に伴う湯面揺動でアークが安定して発生しにくくなるため、その影響を少なくする目的でFig. 1. に示すように炉床中心より離れた位置にセットされている。

アーク発生領域は、A C炉が3ヶ所と広い領域であるのに対し、D C炉の場合1ヶ所と狭い領域となっている。このため、炉体中心よりノズル取付け位置までの距離が同一とした場合、A C炉に比べてD C炉の方がアーク発生領域とノズル取付け位置までの距離が長くなり、同一ガス流量での底吹きの場合、D C炉の方がアーク発生領域での湯面揺動が少なくなり、アークが安定する。

Fig. 3. にD C炉での電力投入状態を示す。底吹きによる湯面揺動の影響を受けた場合、電力投入効率は悪化し、電力投入状態を示すチャートは激しくハンチングする可能性が考えられるが、Fig. 3. を見ると分かるように、出鋼前の测温・サンプリング時に止電している以外は安定して電力が投入されていることが分かり、D C炉では底吹きによる電力投入効率の悪化は発生しにくいことが分かる。

4.1.2 電力原単位

Fig. 4. に電力原単位の比較を示す。この図より、強攪拌時のガス流量を増加させるに伴い電力原単位も減少することが分かる。

これは、底吹きガス流量の増加とともに強度が増加し、投入された熱量の未溶解スラップへの伝達がスムーズに行われたことでスラップの溶解が促進され、必要エネルギー量が減少したためであると推定される。

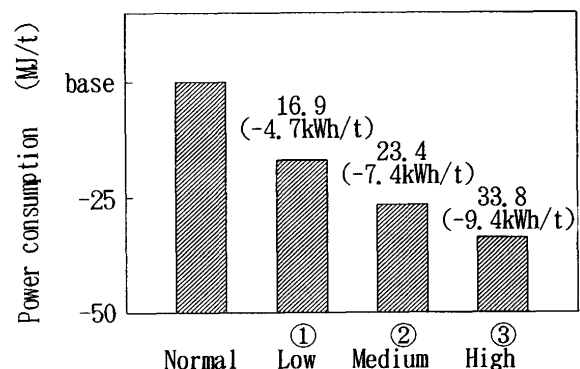


Fig. 4. Influence of N₂ flow rate on power consumption

4.2 精錬効果

4.2.1 酸末 [C] と酸末スラグ中 T.Fe との関係

Fig. 5. に底吹きなしと低流量時の酸末 [C] と酸末スラグ中 T.Fe との関係を示す。

底吹きなしに比べ底吹きを行った方が、平均酸末 [C] = 0.05% の場合 2.9 % の T.Fe 低減が認められた。

これは底吹きによる攪拌効果により、溶鋼中の [C] の移動速度が上昇し、スラグと溶鋼の反応がより平衡状態に近づいた事によるものと思われる。

また、中流量、大流量の場合もほぼ同様の結果となり強攪拌時のガス流量変更による明確な差は認められなかった。

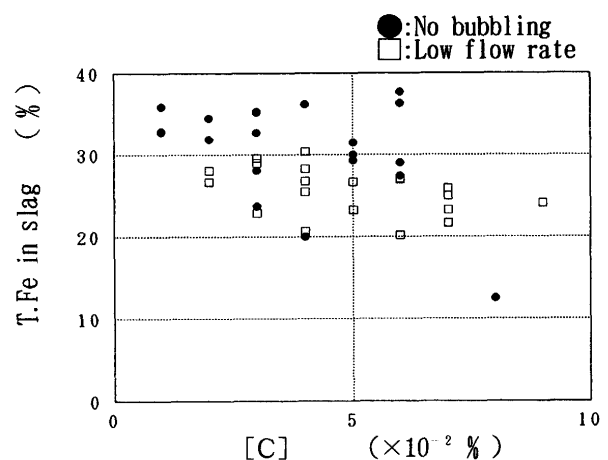


Fig. 5. Relationship between [C] and T.Fe in slag

4.3 ノズル溶損速度

Fig. 6. に強攪拌時のガス流量とノズル溶損速度の関係を
を示す。

強攪拌時のガス流量を増加させるにつれノズル溶損速
度も増加してくる。

但し、その後下記の改善を行うことによって、溶損速度
は 1.5 mm/ch まで減少することができた。

- ① 最低流量の増加（ノズル細管上に形成される
マッシュルームの保持可能な流量）
- ② スリーブ煉瓦の浮上り防止

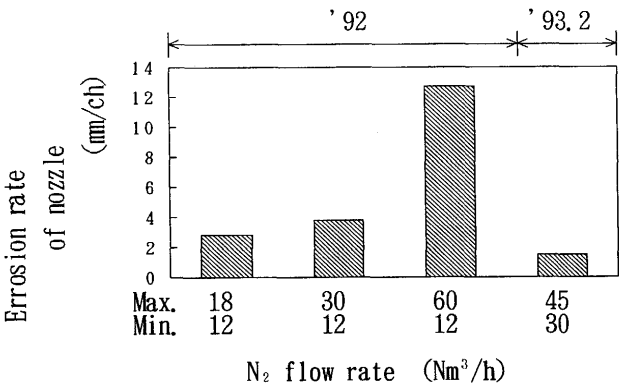


Fig. 6. Relationship between N₂ flow rate
and erosion rate of nozzle

5. 結 言

今回の底吹きテストを実施した結果からは、強攪拌時のガス流量は電力原単位、ノズル溶損速度から判断して18～30Nm³/hの
範囲が適正であった。

今後引き続きガス流量およびガス流量変更時期の更なる適正化と共に、ノズル取替時の作業負荷軽減のためノズルの小
型化も検討し、底吹き操業の適正化及び安定化を図っていく予定である。