

この目的のために底吹きガス量の大幅な流量制御が可能な羽口を開発した。これは、ステンレス細管の集合羽口 MHP (Multiple Hole Pluge) で比較的大きなガス圧力 30~40 kgf/cm<sup>2</sup> で底吹きガス量は、0.01 Nm<sup>3</sup>/min·t ~0.15 Nm<sup>3</sup>/min·t まで制御を行い、低炭素鋼と高炭素鋼を上吹き酸素によるコントロールのみでなく、底吹きガス量の流量制御で溶製している。また、ガス種については、Ar, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> を適用している。

Fig. V. 5 に MHP の羽口の流量特性をまた、Fig. V. 6, 7 に底吹きガス量によるスラグ中の (T.Fe) のコントロールと高炭素域での脱りん特性を示す。

その後 250 t, 300 t 転炉 (福山製鉄所) 250 t 転炉 (京浜製鉄所) と NKK の転炉すべてが上下吹き転炉化が進み各工場、溶製鋼種に合わせて比較的小流量の底吹きガス量で大きな効果を得ている。

さらに近年では溶銑予備処理法 (脱けい, 脱りん) が導入され<sup>5)</sup> 転炉での脱りん機能が分化されるようになった。この結果、転炉吹錬では従来、高炭素域での脱りん確保のために必要であった弱攪拌が不要となった。また、吹錬中のスラグ量を 20 kg/t 程度の最小限に止めたいいわゆるレススラグ吹錬が可能になり、このレススラグ吹錬の優位性を利用した最大効果を得るために、鋼浴の強攪拌化の方向に吹錬方法が変わってきた。現在、底吹きガス量の最適化、羽口構造の改善による炉底寿命維持等を含め全量レススラグ吹錬におけるより効果的な上下吹き転炉操業の開発を進めている。

文 献

- 1) わが国における酸素製鋼法の歴史 (日本鉄鋼協会編) (1982)
- 2) 板岡 隆, 川和高穂, 河井良彦, 楯 昌久, 橋 克彦, 和田 敢: 日本鋼管技報 (1979) 82, p. 29
- 3) 第 100-101 回西山記念技術講座 (日本鉄鋼協会編) (1984), p. 201

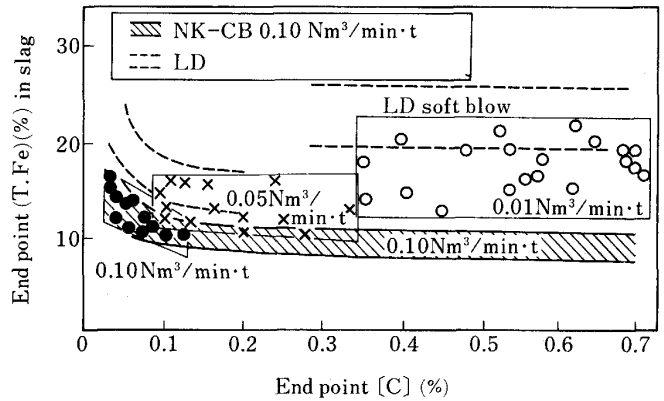


Fig. V. 6. Relation between [C] and (T.Fe) at high carbon rang with multiple hole pluge.

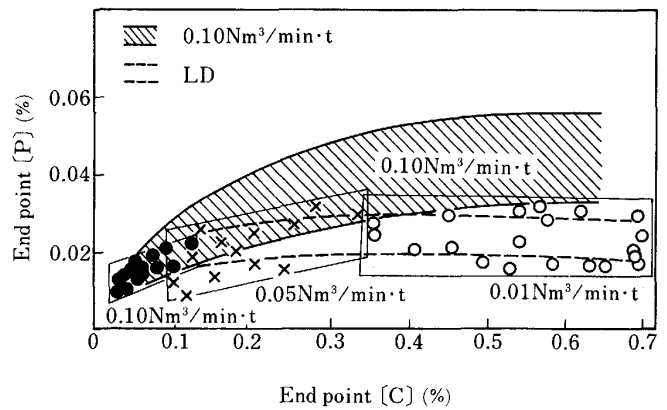


Fig. V. 7. Dephosphorizing effect of high carbon range with multiple hole pluge.

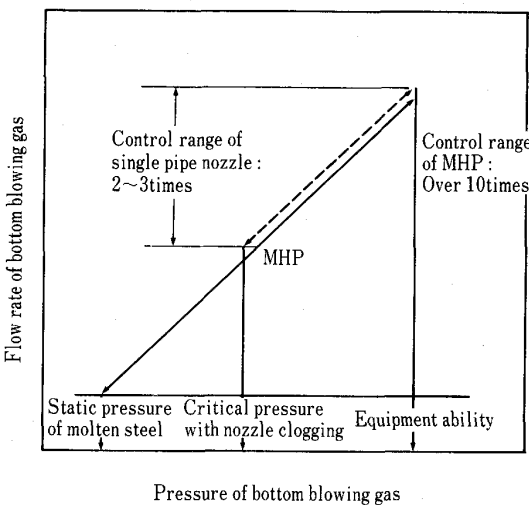


Fig. V. 5. Controllable range of bottom blowing gas with multiple hole pluge.

VI. 日新製鋼(株)の場合

技術部 高橋 浩

1. 複合吹錬への期待

1.1 普通鋼プロセス

呉製鉄所は日新製鋼の普通鋼・特殊鋼のメルティングセンターの役割を果たしている。この銑鋼一貫の生産体制を整えたのが、2基の転炉 (当時 60 t, 現在 90 t) が完成した 1965 年であった (3 基目設置は 1966 年)。その後 1980 年に 150 t (現在 185 t) 1/1 基炉体交換式転炉を 2 製鋼工場として建設し、既設の 1 製鋼と共に二つの製鋼工場が稼働する体制となった。この 2 製鋼に新熱間圧延設備 (2 熱延) と直結するレイアウトで新連続鋳造設備 (2 連鋳) を 1982 年稼働させ、2 製鋼は普通鋼の大量生産、1 製鋼は高炭素鋼・低合金鋼を中心とした

小ロット・多品種の生産とその性格が明確となった。

2 製鋼の転炉が普通鋼の大量生産ラインとしての役割を果たしていくためには、以下の二つの課題を解決する必要がある、複合吹錬の効果への期待は大きかった。

#### (1) 生産性の向上

転炉-連铸-熱延と直結しているため、転炉の生産性が連铸以降の工程能力を左右する。このため転炉の出鋼間隔 (Top to Top) 短縮と併せて、転炉寿命を延長し炉体交換及び寿命末期の転炉耐火物の熱間補修などの休止時間を短縮する必要があった。

#### (2) 品質の安定

鑄片の表面品質を安定させ無手入化を図り、加熱炉への熱片装入比率を上げることが連铸-熱延の直結化メリットとなる。このため2 製鋼連铸材は全量 RH 脱ガス処理としているが、基本条件として転炉の精錬の安定が必要であった。

### 1.2 ステンレス鋼プロセス

周南製鋼所は日新製鋼のステンレス鋼の一貫製造工場であり、その製鋼工程は電気炉-転炉-VOD をつなげた LD-VAC (Vacuum) 法を採用している。このステンレス製鋼法の特長は、①転炉の高速脱炭性を生かして電気炉の原料配合面および操業面において自由度を高くできること。②転炉で高炭素域の粗脱炭、VOD で仕上げ脱炭をおのおの分担することにより、鋼中クロムの酸化を抑制しながら脱炭を行うことができること。③脱炭工程を、転炉、VOD に分けるため高能率の生産性を追求できることなどである。

しかしながら転炉での粗脱炭中、特に比較的低炭素域で大量のクロムの酸化が生じ、この対策として上吹き条件をハードブロー化すると炉口部への高融点スプラッシュ付着により作業性および歩留りが低下するため、この対策には限界があった。また、転炉精錬終了時の成分・温度の的中(精錬の再現性)という点でも課題があり、攪拌を強化し脱炭効率と精錬の再現性を高めることができる複合吹錬のニーズはステンレス鋼精錬の分野でも大きかった。

## 2. 複合吹錬の導入

### 2.1 呉製鉄所

普通鋼の大量生産プロセスであり日新製鋼のメインラインとなった2 製鋼の転炉を複合吹錬化することは、当時羽口トラブル等想定されるリスクが大きいとの判断から、これに先がけ1982年12月、余力のあった1 製鋼の90t 転炉1基を複合吹錬炉として改造し、技術評価を行うことにした。選択した方式は、底吹きガス流量の安定および使用ガスコスト等を総合的に判断してLD-OB法とした。

一連の試験操業の結果、脱りん性能の向上等攪拌力強化の効果を裏付ける冶金特性が得られたほか、底吹き流

量は  $0.05 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$  以上で操業条件(上吹き条件、目標 [C]、温度等)によって決めるべきであること、およびスラグ中の全鉄(以下(%T. Fe))低減により耐火物の溶損量が大幅に低減でき転炉寿命延長の可能性あることを確認した。また懸念していた羽口寿命、羽口トラブルについても、主力工場である2 製鋼への導入可能レベルと判断し1984年10月2 製鋼の185t 転炉をLD-OB方式の複合吹錬転炉に改造した。

### 2.2 周南製鋼所

ステンレス精錬への複合吹錬導入を目的に1980年から開発研究に着手した。ステンレス精錬は、クロム酸化による発熱反応のため溶湯温度は  $1800^\circ\text{C}$  以上の高温に達し、したがって耐火物特に底吹き羽口周辺の損耗速度減少のための技術確立が最大のポイントであり、この点を精力的に検討した。この結果以下の知見を得た。

①底吹きガス種は  $\text{O}_2$  は使えず Ar,  $\text{N}_2$  とする。②羽口あたりのガス流量が少ないほど周辺耐火物を含み羽口の損耗は少ない。③クロムの酸化は低減し、底吹き流量が比較的少量の  $0.06 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$  という条件でもスラグ中( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ )は約14%低下する。④次工程のVODにおいて脱窒が可能のため鋼種によっては、底吹きガスとして安価な  $\text{N}_2$  の使用が可能である。⑤吹錬終了後から出鋼までの底吹きガス攪拌により鋼中[C]と[%O]が低下するためVODでの脱炭負荷を軽減できる。

これらの開発研究結果<sup>1)2)</sup>を基に1984年4月ステンレス精錬への不活性ガス攪拌による複合吹錬を本格的に実施することになった。

## 3. 組合せ技術の開発

### 3.1 呉2 製鋼でのダイレクトタップ技術

転炉精錬において、吹錬終了から出鋼までは温度条件等耐火物にとって最も過酷な状態である。この時間を短縮することにより底吹き羽口を含む転炉寿命延長を図ることが複合吹錬の特徴を最大限に発揮させることになり、この点が2 製鋼への複合吹錬導入の成功を左右する重要なポイントであった。攪拌強化による吹錬の再現性向上と併せて、プローブを含むダイナミックコントロール精度の向上により、吹錬終了後直ちに出鋼するダイレクトタップ技術を確立し、約3minの出鋼間隔短縮による生産能率向上を果たした。またダイレクトタップ技術による実質的な転炉吹止め温度の低下、攪拌強化による(%T. Fe)の低下等の効果および耐火物技術の改善などの総合的な結果として、転炉寿命が目覚ましく向上し、1987年3月に5113回、8月に5238回と連続して複合吹錬転炉寿命世界一を記録した<sup>3)</sup>。

### 3.2 呉1 製鋼での溶銑予備処理との組合せ技術

1 製鋼は高炭素鋼を中心とする小ロット材を製造しており、その精錬工程の合理化を図るため1984年4月

脱りん・脱硫を目的とする溶銑予備処理設備を設置した。0.20% 程度以上の高炭素吹止め材への複合吹錬の適用は通常溶銑を使う場合、脱りんが進行せず一般に好ましくないが、脱りん銑を使う場合は以下の特長がある。

①5~10 kg/t の石灰分しか使用しない転炉精錬では、通常のスラグ量の場合に比べ (%T. Fe) が上昇するが、複合吹錬により 15% から 10% に低減できる。②この結果転炉での Mn 歩留りは 70~80% から 90% に上昇する<sup>4)</sup>。③少ないスラグ量での精錬は OG ダストとしての鉄ロスの増加を招くが、複合吹錬により 2 割程度改善できる<sup>5)</sup>。

以上、溶銑予備処理を施した脱りん溶銑の転炉精錬においても複合吹錬は有効であり、日新製鋼の特殊鋼の品質安定に大きな威力を発揮している。

### 3.3 周南ヒートサイズの増大

周南製鋼所では、1987 年 4 月転炉工程以降の設備改造を行い最大ヒートサイズを 50 t から 75 t に増大させた。このとき転炉炉容の変更は行わなかったため鋼浴深さが約 500 mm 増し、スプラッシュ量の増加およびクロムの酸化増などが懸念された。そこで、上吹き、底吹き、底吹き羽口位置等を考慮した周南転炉特有の「有効攪拌動力」<sup>2)</sup> を定義することにより、攪拌の有効性の差を定量化し、これを指標に精錬の最適化を図り、ヒートサイズ増大後も安定した精錬を可能とした。この複合吹錬の効果は、鋼浴深さの深い新炉時に顕著であることおよび羽口寿命の点から、周南では新炉から約 50% の実施率で複合吹錬を実施している。

## 4. ま と め

日新製鋼の転炉は、普通鋼を集中生産している呉・2 製鋼、高炭素鋼を中心とした呉・1 製鋼、ステンレス

鋼の精錬を行っている。周南とおのおのが異なる特徴をもち、各特徴を発揮する上で複合吹錬が重要な役割を果たしている。

日新製鋼普通鋼のメインラインである呉・2 製鋼の場合、現在 90% 以上のダイレクトトップ実施率およびコンスタントに 4 500 回以上を記録している転炉寿命などによる総合的な高能率生産のほか、直結している 2 熱延への熱片装入体制確立のための鑄片無手入率向上等に与えた複合吹錬の影響は大きい。また呉・1 製鋼の場合は、2 製鋼への複合吹錬導入の技術評価を行った後、脱りん溶銑の吹錬において鉄の酸化およびダストとしての損失を低減すると同時に高炭素鋼・低合金鋼を主体とする日新製鋼の特殊鋼の品質安定に寄与している。一方周南においては、ステンレス鋼精錬の脱炭において宿命的な課題であるクロムの酸化損失を極力減少させることによりコスト低減、品質安定を果たしたほか、ヒートサイズ増大の狙いを達成するための大きな要因となった。以上のように日新製鋼においては、普通鋼からステンレス鋼の精錬に至るまで、複合吹錬は十分その特性を発揮し、転炉法の機能拡大に果たした役割は大きいと評価している。

## 文 献

- 1) 甲斐 幹, 星 記男, 上館良興, 山上哲也: 鉄と鋼, **70** (1984), p. 680
- 2) 楠野春彦, 重松直樹, 小林芳夫, 栗原健郎, 星野和夫, 近間次雄: 日新製鋼技報 (1988) 59, p. 34
- 3) 原 隆康, 中村 一, 俵 正憲, 山上哲也: 材料とプロセス, **1** (1988), p. 248
- 4) 安井 潔, 高橋 浩, 星 記男, 宮川保重: 日新製鋼技報 (1986) 53, p. 47
- 5) 平賀由多可, 安井 潔, 中村 一, 竹岡正夫, 山上哲也: 鉄と鋼, **73** (1987), S1015