

耐火物侵食量の監視技術など広範な技術開発により、その技術的課題を解決してきた。神戸製鋼所独自のこうした上下吹き転炉技術をもとに、実用化以後安定したオンライン操業を続けている。

さらに、上下吹き転炉技術の開発とあいまって、溶銑予備処理技術の開発と実用化により、転炉精錬に要求される機能は主に脱炭と昇温に集約されることになり、上下吹き転炉法の底吹きガスによる攪拌強化がますます重要な技術要素になっている。今後、こうした新製鋼プロセスをいかに、極低炭素鋼を含む高純度鋼の溶製に際しても、転炉機能を最大限に発揮できる上下吹き転炉技術の探索を続けていきたい。

文 献

- 1) 中西恭二, 鈴木健一郎, 別所永康, 仲村秀夫, 馬田 一: 鉄と鋼, **64** (1978), S168
- 2) 梅田洋一, 青木健郎, 松尾 亨, 増田誠一, 植田嗣治: 鉄と鋼, **68** (1982), A25
- 3) 河合良彦, 川上公成, 碓井 務, 豊田剛治, 長谷川輝之: 鉄と鋼, **68** (1982), A29
- 4) 村上昌三, 工藤和也, 甲谷知勝, 大河平和男, 平居正純, 甲斐 幹: 鉄と鋼, **68** (1982), A37
- 5) 斎藤健志, 中西恭二, 加藤嘉英, 野崎 努, 江見俊彦: 鉄と鋼, **68** (1982), A41
- 6) 喜多村実, 副島利行, 伊東修三, 安井 強, 松井秀雄, 林 務: 鉄と鋼, **66** (1980), S827
- 7) 喜多村実, 小山伸二, 伊東修三, 大神正彦, 宮下隆夫, 高田仁輔: 鉄と鋼, **66** (1980), S830
- 8) 成田貴一, 牧野武久, 松本 洋, 彦坂明秀, 勝田順一郎, 高木 弥: 鉄と鋼, **67** (1981), S937
- 9) 喜多村実, 伊東修三, 松井秀雄, 藤本英明, 小山伸二: 鉄と鋼, **68** (1982), A33
- 10) 副島利行, 小林潤吉, 松本 洋, 松井秀雄, 藤本英明, 中根義信, 源間信行, 佐藤哲郎: 鉄と鋼, **71** (1985), S989
- 11) 永井信幸, 川手剛雄, 喜多村実, 伊東修三, 藤本英明, 小山伸二: 鉄と鋼, **67** (1981), S808

V. NKK の場合

京浜製鉄所 長谷川輝之

1. トーマス転炉の稼働

NKK における転炉底吹き吹錬の歴史は、トーマス転炉 (現在、川崎ミュージアムに寄贈展示) の稼働から始まったといえる¹⁾。1938年にドイツから導入したトーマス転炉、20t 炉 3基は、その後1940年、1941年に各1基ずつ増設され、合計5基となった。

Fig. V. 1 にその概要を示す。底吹きであるがゆえに反応効率が良く、低炭素鋼を溶製しやすいことまた、低 [N] 対策としての底吹きガスの酸素富化操業等、種々の改善により順次鋼種の拡大が行われてきた。1942年には、NKK 全生産量の 32% (全生産量 920 千 t/年) を占めるに到った。戦後、原料事情から一時休止していたトーマス転炉は、1949年より4基再稼働をはじめ、その後さらに鋼の品質、耐火物 (特に炉底) の改善が行

われたが、平炉、電気炉製鋼法に比べて必ずしも優位な状況ではなかった。そのような中で当時ヨーロッパにおいて発展しつつあった上吹き転炉 (LD 転炉) の優位性に着目し、現地調査、5t 鍋における試験を経て、1958年トーマス転炉 2基を LD 転炉に改造し稼働を開始した¹⁾。その後 LD 転炉の品質、操業の良さからトーマス転炉の休止、平炉の LD 転炉へのリプレース、新製鉄所の建設 (水江, 福山, 扇島) が進み、1970年に平炉は完全に休止した。

2. 上吹き転炉操業の改善

純酸素上吹き LD 転炉の稼働は、上吹きという溶鋼の攪拌不足にもかかわらず、その効率的な操業と鋼の品質の良さはいうまでもなく、ランスノズルを中心とした吹錬方法の改善、耐火物の改良等により製鋼法の主流となっていった。

NKK ではトーマス転炉における底吹き強攪拌の経験から LD 転炉の溶鋼の攪拌不足に起因するスラグメタル反応の不均一性に注目して大きく以下の二つの方向で各種試験を実施してきた。

その一つは上吹き酸素ランスを巡回させることにより火点を移動させ、石灰等の副原料の滓化を促進し脱りん特性を向上させ、さらに吹錬中の [Mn], Fe の過酸化を抑制させるいわゆる巡回ランス式転炉法 (LD Process with Circulating Lance, LD-CL) である。他の一つは溶鋼、スラグの攪拌を直接底吹きガスにより行う上下吹き吹錬法 (NKK Combined Blowing, NK-CB) である。

Fig. V. 2, 3 はそれぞれの概要図である。

3. 巡回ランス式転炉法²⁾

LD-CL 法は研究所での試験後、1977年 80t 転炉 (水江製鉄所)、1979年 250t 転炉 (扇島) に適用された。ランスの巡回速度は 0~15 rpm, 火点の巡回半径と炉体径の比 (偏心率) は 0~0.4 まで変更可能であり、通常

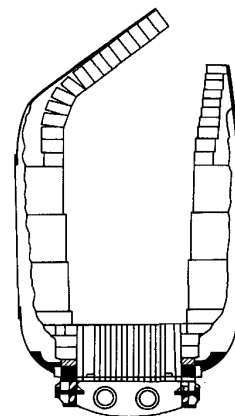


Fig. V. 1. Out line of Thomas converter.

回転数 4~15 rpm, 偏心率 0.18~0.36 の範囲で操作を行っている。

LD-CL 法は火点の有効利用という点で、前述の鋼浴の過酸化抑制に加えて、石灰の滓化促進に優れており、高炭素域での脱りん特性が改善され、京浜製鉄所の比較的高炭材の多いシームレス素材の溶製にその効果を十分発揮した。

4. 上下吹き吹錬法の開発

一方、転炉内の溶鋼を直接攪拌をするという目的での開発は研究所の小型試験炉で進められており 1975 年には Fig. V. 4 のようにポーラスプラグを炉底に設置し、その位置も含めた底吹き方法の改善により脱炭反応等の

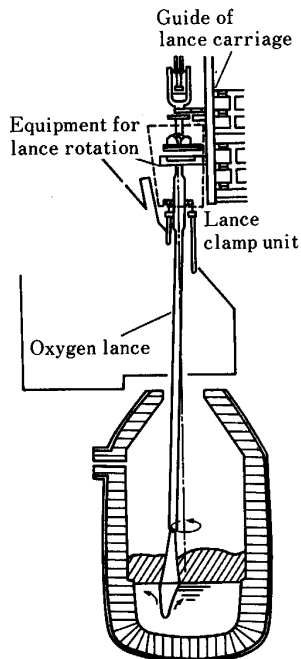


Fig. V. 2. Schematic diagram of LD process with circulating lance.

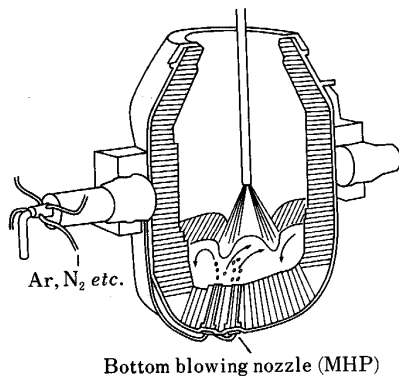


Fig. V. 3. Out line of top and bottom blowing process with multiple hole pluge, MHP.

冶金特性に大きな効果を確認していた。その後トーマス転炉から発展した底吹き転炉 (Q-BOP) が開発され、1977 年に川崎製鉄が導入し、その冶金特性が明らかになるに従い、上吹き転炉の欠点がより明確になってきた。特に低炭素域での攪拌不足による溶鋼の過酸化防止、脱りん特性の改善を目的として、上吹き転炉に底吹きガスを付加した上下吹き転炉法が検討されてきた³⁾。この方法は造滓コントロール、脱炭と攪拌の一部を上吹きランスの送酸で行い、攪拌の大部分を底吹きガスで与えるというプロセスである。

5. 上下吹き吹錬法の導入

NKK においては低炭素鋼比率の比較的高い福山製鉄所において 1979 年より実機レベルでの試験を開始した⁴⁾。先の研究所の上下吹き小型試験炉の結果をベースに底吹きガス量、羽口の位置形状等を水モデル、鍋の溶鋼での羽口試験を実施した。その後実炉 170 t 転炉 (福山第一製鋼工場) で 4 孔の羽口をもった上下吹き転炉への改造を行った。底吹きガスも Ar, N₂, O₂, その他のガス種、羽口タイプも種々取りそろえた。数日ごとに羽口交換を実施しその冶金特性、操業性等について試験操業を実施した。その中で上下吹き吹錬では高炭素域での脱りんが困難なこと、また粉体原料の吹込み、羽口保護のためのプロパンガスの適用は NKK の各工場の鋼種特性から必ずしも最適でないことが、結論づけられた。その結果 NKK では、トーマス転炉での底吹き技術に対する十二分な経験を活かし、底吹きガス流量をいかにするか、炉底耐火物の溶損も考慮した羽口形状はどうあるべきかに主眼をおいて研究を進めてきた。

そして以下の点を目差した開発を行った。

(1) 低炭素域では、底吹きガス量を増大させ溶鋼の過酸化防止とスラグメタル反応の促進による脱りん特性をあげる。

(2) 中炭素域では、底吹きガス量を最少におさえスラグの滓化率とスラグ中全鉄分 (以下 T. Fe) を高目に制御し脱りんを促進する。

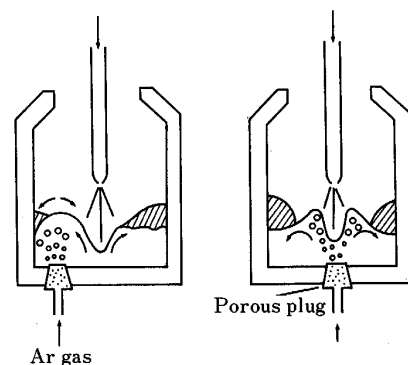


Fig. V. 4 Experimental configurations of top and bottom blowing process.

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/cm² で底吹きガス量は、0.01 Nm³/min·t ~0.15 Nm³/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, N₂, CO₂ 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⁵⁾ 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

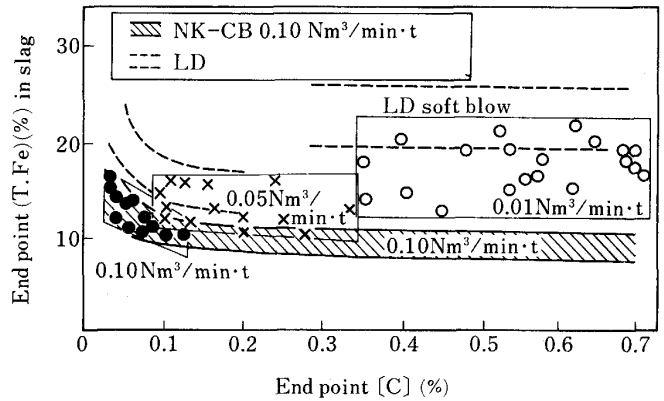


Fig. V. 6. Relation between [C] and (T.Fe) at high carbon rang with multiple hole pluge.

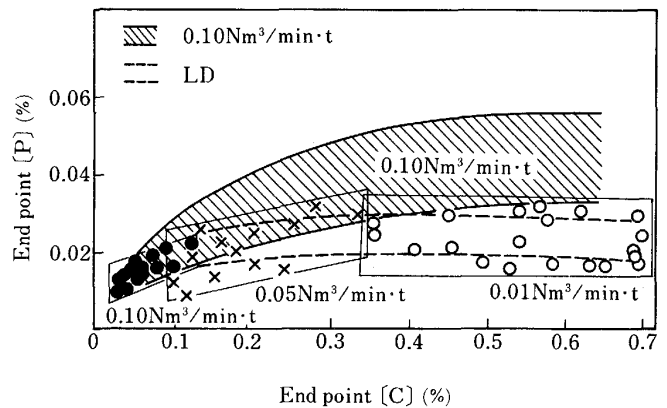


Fig. V. 7. Dephosphorizing effect of high carbon range with multiple hole pluge.

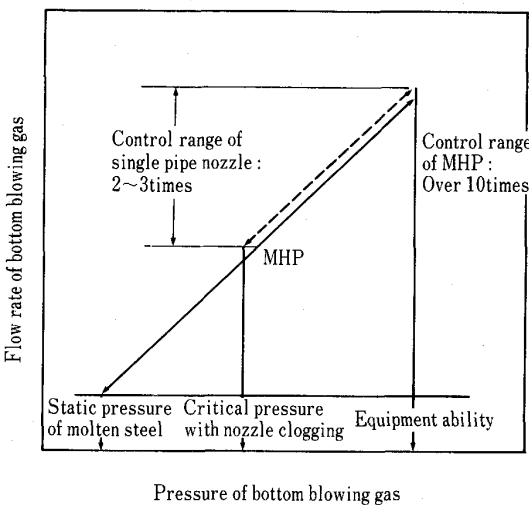


Fig. V. 5. Controllable range of bottom blowing gas with multiple hole pluge.

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