

AOD 熱付与技術の開発経緯

Development in AOD Heat Supplying Technologies

大同特殊鋼(株) 星崎工場 中山 傑*・中坪 修一・津野 雅英

1. 緒 言

大同特殊鋼星崎工場は、1974年に20t AOD 炉を設置しステンレス鋼の精錬に使用してきた。以来4年間はこの炉は標準的な単純底吹き操業を踏襲してきたが、1978年に至り、転炉の複合精錬の発展に先んじて酸素の上吹きを併用し、COガスをCO₂に燃焼させ、その燃焼熱を鋼浴の昇温に活用する技術(CB法)を開発した。1988年には、さらに積極的な熱付与を狙ってLNG(天然ガス)-酸素バーナーにより加熱するTop-Heating法(TH法)を開発した。これらの新技術については、そのつど公表^{1) 2)}してきたが、本稿ではそれら技術の開発の動機、経緯および問題点の克服状況を報告するとともに、AODにおける熱付与技術発展の経緯を整理した。

2. 酸素上吹き併用の操業技術(CB法)の開発

2.1 CB法開発の動機

AOD法は、その出現以前のステンレス溶解法(電気炉内脱炭-Cr還元法)に比較して精錬原理に基づいた画期的なプロセスであることは周知のとおりである。しかし、AOD精錬における熱源は溶鋼中の炭素およびメタル成分(Si, Mn, Cr, Fe)の酸化反応熱であり、(1)式に示す熱平衡でプロセスが成立している。

酸化反応する元素のうち炭素のみが除去されるべき不純物であるが、その他は高価なメタルの損失になる。操業的にはメタル還元用Si原単位の増加となって現れる。

$$Q_{in} + Q_M + Q_C + (Q_{add}) = Q_{final} + Q_{rad} + Q_{cool} + Q_{gass} + Q_{slag} \dots (1)$$

ここに Q_{in} :	装入溶鋼の顕熱	Q_{final} :	出鋼溶鋼の顕熱
Q_M :	メタル成分の酸化熱	Q_{rad} :	放散熱
Q_C :	Cの酸化熱	Q_{cool} :	冷鉄源溶解熱
Q_{add} :	付与熱	Q_{gass} :	排ガスの顕熱
		Q_{slag} :	スラッグの顕熱

(1)式によれば、左辺の入熱側に熱付与を行えばメタル成分の酸化の抑制、装入溶鋼温度の低下あるいはAOD精錬における冷鉄源の増加が可能となる。その付与熱源として酸素上吹きに最初に着想した発端はAODから発生するCOガスが炉口上集煙フード内で激しく燃焼している点にあった。もしこの燃焼を炉内で行なわせ、鋼浴にうまく伝熱できれば、AODに冷鉄源のステンレス屑を増加させることができるというのが当初の狙いであった。ただこ

平成 3年11月 5日受付 (Received Nov. 5, 1991)

* Suguru Nakayama (Hoshizaki Plant, Daido Steel Co., Ltd., 2-30 Daido-cho Minami-ku Nagoya 457)

の時期は、転炉における複合吹錬技術が開化する前で類推が可能な実例もあまりなかった。AODにおいて二次燃焼熱が鋼浴にどれだけ有効に伝達できるか確信はなかった。また、本来Crの酸化を抑制すべきAOD法において、酸化の助長の恐れのある酸素上吹き適用には少なからず抵抗もあった。しかし、脱炭反応が酸素供給律速である高炭素領域ではメタル分の酸化は抑制されるであろうし、燃焼さすべきCOガスの発生も多い高炭素領域では適用可能と考えた。

2.2 実用試験

このような期待から、1978年に高炭素領域の吹錬に純酸素の上吹きを併用する実用試験を開始した。その概念図をFig.1に示す。上吹きランスの材質は当初、通常のカロライジングパイプを使用したのが溶損が早く炉上スペースの狭い当工場ではランスを長くすることができないのでランス耐用向上には苦心した。各種材質をテストしたが、水冷ランスを使用する自信がなかった当時は、結局アルミナコーティングしたカロライジングパイプを採用し、以来長年使用してきた。

AODにおける酸素の吹精時間は30分強あり、そのうち上吹き酸素の併用は高炭素領域([C%]>0.3%)で実施した。その試験結果をFig.2に通常操業と比較して示す。Fig.2で明らかなようにCB法適用時は脱炭速度と昇温速度はともに増加し、通常法に比較して50%以上の増加が確認された(Table.1)。上吹き酸素流量の最適化については、昇温効率最大かつCr酸化最小になる点として当工場では17Nm³/minと決定した。

2.3 操業結果

昇温効率の向上と脱炭効率の向上といったCB法の熱付与効果の活用としては、AODへの冷鉄源の増量あるいは脱炭吹錬時間の短縮とCr還元用Si原単位の低減が期待できる。さらには熱付与量に見合う分の装入Cの低下による脱炭吹錬時間の一層の短縮を図ることも可能となる。このように、その時点の環境や工場の実情に応じて改善目的を選択できるのが熱付与技術の特徴である。

CB法開発当時はステンレス鋼の需要が減退した状況であったので、従来電気炉で溶製していた12%Cr鋼までAODの対象とする意図があった。高炭素

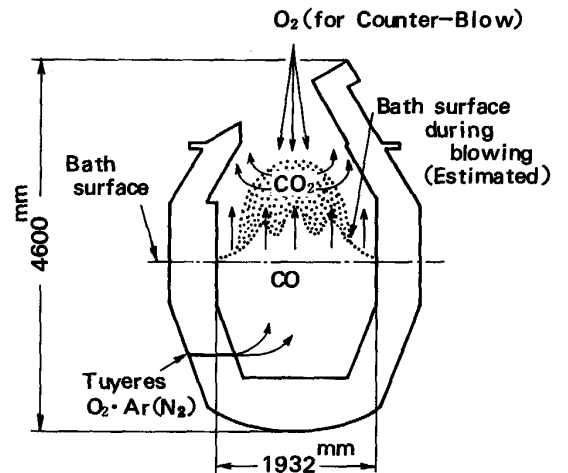


Fig.1. Counter-Blow(CB)process

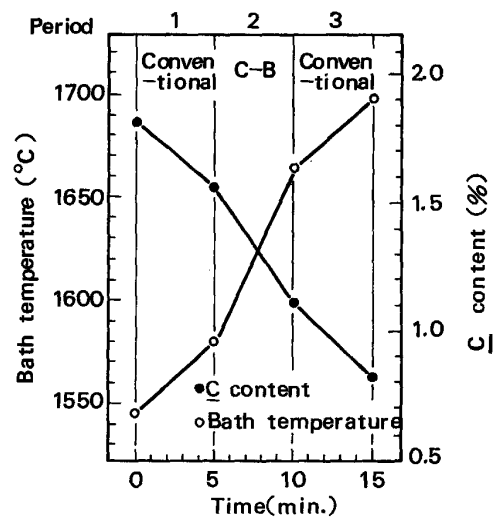


Fig.2. Comparison of decarb. rate and increasing rate of bath temperature

Period	dT/dt °C/min	dC/dt % C/min	dT/dC °C/%C
1	7.0	0.055	127
2	17.0	0.087	195
3	7.0	0.055	127

Table 1. Comparison of dT/dt, dc/dt and dT/dc

クロム合金だけの炭素量確保にも限界があったし、またCrそのものの燃焼量も少ない12%Cr鋼においては熱量不足からAlを燃焼させて不足分を補っていた。CB法による熱付与によって12%Cr鋼もAODで有利に溶製できるようになった。

CB法導入にあたって最も懸念した問題は耐火物への影響であったが、意外にも耐火物の損傷は起こらなかった。操業中に生じた新たな問題としては時折、小規模のスロッピングが起こる程度で特に操業上問題とはならない程度であった。このような経験を経てCB法は標準化され、当社渋川工場や築地工場のAODにも適用され長期間実用に供されてきた。近年は旺盛なステンレス鋼の需要への対応として、昇温効果による脱炭吹錬時間の短縮と、その結果としてのSi原単位の低減を追求する操業をおこなってきた。(Fig.3)

3. 強制加熱技術 (TH法) の開発

多面的に顕著な効果をあげたCB法の導入から10年を経た1988年には星崎工場のステンレス鋼の生産量は増大を続け、AODの一層の能率向上が要求されるようになった。そこでAOD精錬時間のさらなる飛躍的短縮を狙って考えだされたのが、上部からLNGを強制燃焼させ積極的に熱付与を図るTop-Heating法 (TH法) であった。研究所の3t 炉を使った基礎試験を経て、1988年に星崎工場20t 炉に導入した。

燃料燃焼の重要な条件である、

$$m \text{ 値} = \frac{\text{酸素流量}}{\text{理論燃焼酸素流量}}$$

の値については、基礎試験の結果としてLNGの燃焼率が最大になる $m = 1.25$ とした。

m 値を 1.25 として LNG 量を増加した場合の脱炭速度と脱炭効率の変化を Fig.4 に示す。LNG 量の増加にともない脱炭速度は増加するが、実操業では集塵能力の制約から当工場では $\text{LNG}/\text{O}_2 = 35/12 (\text{Nm}^3/\text{min})$ の条件で燃焼させている。TH法の適用により、Fig5 に示すように昇温速度についてもCB法に比較して大幅に向上している。この熱付与効果としてAOD装入 [C%] を 1.6% から 1.3% に低下させAOD吹錬時間の一層の短縮に結びつけた。(Fig.6) なお、TH法導入に際してCB法の長年の課題であったランス耐用向上のため、非消耗水冷ランスを導入し5,000 heats以

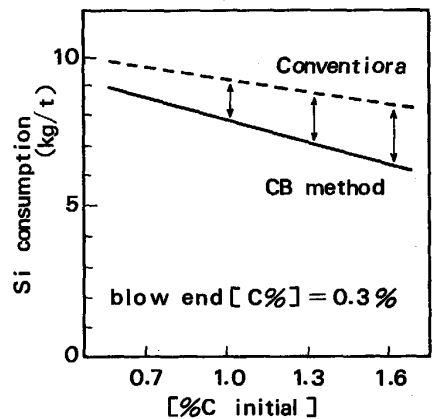


Fig.3 CB effect on Si consumption

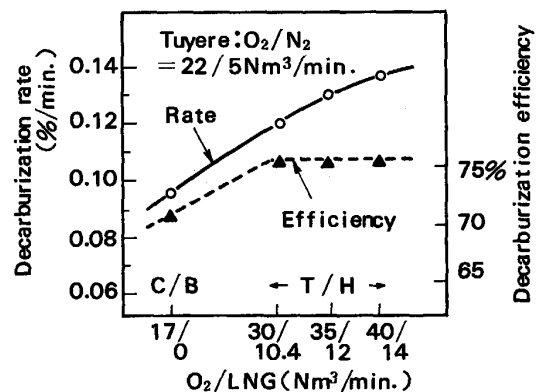


Fig.4 Comparison of decarburization rate and efficiency between CB and TH

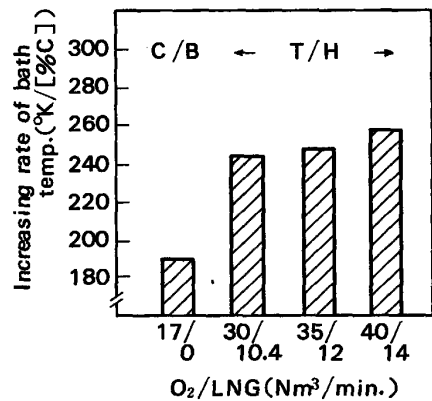


Fig.5 Comparison of increasing rate of bath temperature between CB and TH

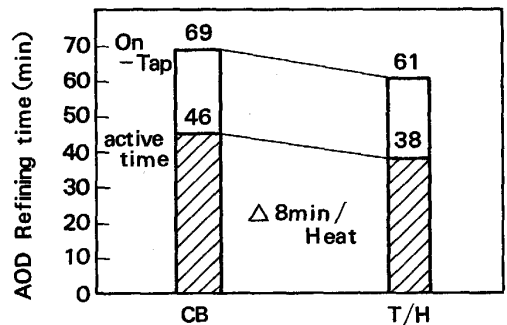


Fig.6 Productivity improvement

上の安定操業が可能となった。また、耐火物においては吹錬時間の短縮により220heatsから270heatsにかえて改善が得られている。

4. 熱収支からみたAOD熱付与技術

Fig.7に通常底吹き法、CB法およびTH法の熱収支を比較して示す。三法の操業条件は装入溶鋼温度は1470℃、出鋼温度は1670℃である。CB法からTH法へと熱付与が強化されるにしたがって、メタル酸化熱量(最終的には還元用Si発熱量)が低減している。このような脱炭効率の向上によりスラグ顕熱、放散熱も低下し総熱量の低減も得られている。しかし、熱付与強化にともない排ガス顕熱は増加している。付与熱の溶鋼への着熱効率 η を(2)式で定義する。

$$\eta = 1 - [\text{排ガス顕熱} / (\text{燃焼熱} + \text{脱炭反応熱})] \quad \dots (2)$$

CB法もTH法も η として50%程度が得られている。また排ガス分析に基づく二次燃焼率は20%程度であり、あまり高くはない。二次燃焼率の向上と着熱効率の改善が課題として残っている。

ここにあげた熱収支図は熱付与技術の唯一の姿ではなく、前述したように操業事情に応じて目的を変えれば違った図になり得る。例えば、当社築地工場の5t AOD炉にもTH法が導入され、小型炉の宿命ともいえる熱量不足が解消できており、また低合金鋼までもAOD精錬の対象に拡大できている。

AODの精錬効率の向上を熱付与という手段で長年に渡って追求してきたが、これ以上の熱付与は排ガス熱量の増加への対応の点で容易ではない。さらなる脱炭効率の改善には新たな面からのアプローチも必要と考えている。

文 献

- 1) 牛山, 矢島, 北川, 畑: 電気製鋼, 52(1981), P20
- 2) 大同特殊鋼: 第100回製鋼部会(1990)

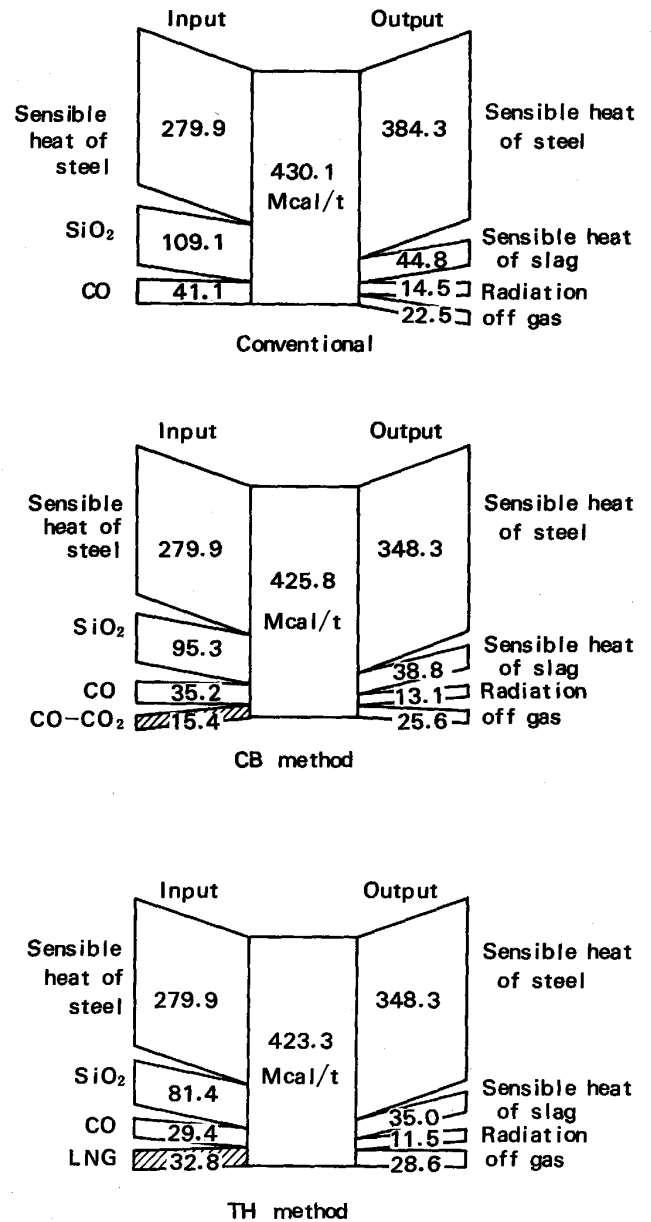


Fig.7 Comparison of heat balance