

RH 真空脱ガスにおける酸素上吹き法による溶鋼の脱炭

Decarburization Behavior of Molten Steel by Oxygen Top Blowing in RH Vacuum Vessel

川崎製鉄(株)千葉製鉄所 鈴木 一*・多田 睦・荒谷 誠
 亀山 恭一・西川 廣・濱上 和久
 朝穂 隆一

1. 緒言

川崎製鉄は冷延鋼板の焼鈍プロセス連続化に伴う近年の極低炭素比率の増加に対応するため、千葉製鉄所第3製鋼工場において真空脱ガス槽内に酸素を上吹きするKT B法(Kawasaki Steel's new top oxygen blowing degassing method)を開発し、1988年より工程使用している。また同所第1製鋼工場においてはステンレス鋼溶製に際し低炭素領域においても高価なクロムを酸化ロスすることなく効率良く脱炭できるプロセスとしての活用が確認できた。

本報告ではこれらKT B法を極低炭素鋼溶製や低炭素ステンレス鋼溶製に適用した場合の操業結果について報告する。

2. KT B法による極低炭素鋼の溶製^{1) 2)}

Fig. 1にKT B法の概念図を示す。酸素は真空槽内に挿入された水冷ランスを介して環流中の溶鋼に供給される。極低炭素鋼溶製にKT B法を導入した目的は次の2点である。

- (1) 脱炭反応が酸素供給律速であるリムド処理前半に真空槽内に酸素を上吹きし脱炭反応を促進させる。
- (2) 脱炭反応により発生するCOガスを真空槽内で2次燃焼させ、その反応熱により溶鋼の熱補償を行う。

2. 1. KT B法による脱炭速度の向上

真空脱ガスにおけるリムド処理中の脱炭は見掛けの脱炭速度定数 K_c を用い次式の様に近似できる。

$$[C] = [C]_i \exp(-K_c \cdot t)$$

$[C]$: 到達C濃度, t : 脱炭時間

$[C]_i$: 脱炭処理開始時の初期C濃度

Fig. 2にリムド処理中のKT B法と従来法の平均的な脱炭曲線を示す。見掛けの脱炭速度定数をKT B処理区間である脱炭処理初期で比較すると、酸素を上吹きしない従来法では 0.21 min^{-1} であるのに対し、KT B法では 0.35 min^{-1} まで増加する。この結果KT B法においては初期 $[C]$ 濃度を大幅に上昇させても従来法と同程度の脱炭時間で極低炭素鋼の溶製が可能となった。またFig. 3にKT B法を用いた場合の操

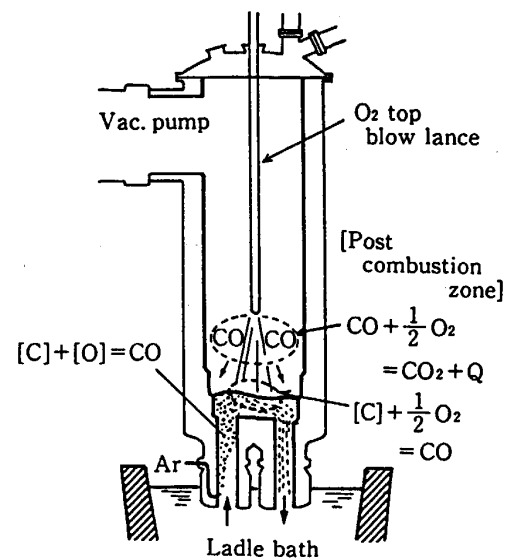


Fig.1 Schematic illustration of KT B

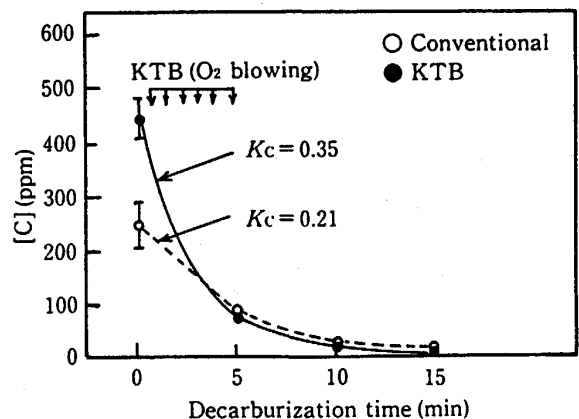


Fig.2 Transition in carbon content during decarburization period

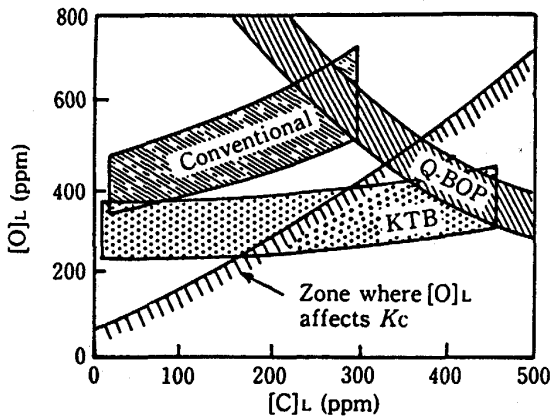


Fig. 3 Oxygen content at blow end in Q-BOP and changes in oxygen content during vacuum decarburization treatment

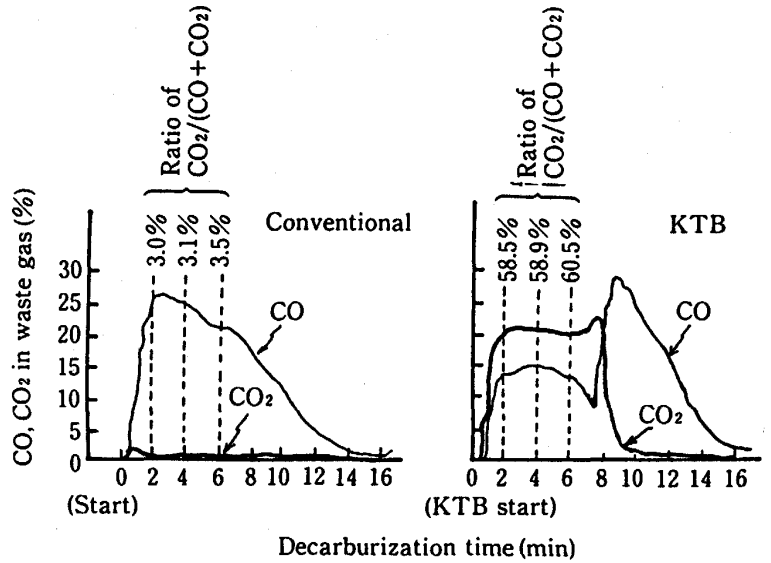


Fig. 4 Component of waste gas during decarburization

業範囲を示す。転炉出鋼[C]の上昇は初期の鋼中酸素濃度を低下させるため従来法では脱炭速度定数の低下を招く。しかしKTB法では真空槽内に酸素が供給されるため、真空脱炭開始時の鋼中酸素が低い状態でも脱炭速度の低下を防止することができる。従って、従来法に比較してKTB法では処理時間を延長することなしに吹止[C]を約0.015%上昇させることが可能となった。

2. 2. K T B 法による熱補償

Fig. 4 に脱炭処理中の排ガス分析結果を従来法とKTB法で比較して示す。従来法では脱炭処理中に2次燃焼はほとんど起こらないが、KTB法ではCOが多量に発生する脱炭処理前半においても2次燃焼率は約60%と高い。

Fig. 5 に転炉出鋼から連続铸造のタンディッシュにいたる鋼浴温度を従来法とKTB法で比較して示す。KTB法では真空脱炭処理中の温度降下が小さいため、転炉出鋼温度を従来法に比較して約26℃低下させることができた。KTBによる熱補償は主として

- (1) COガスの2次燃焼反応熱の溶鋼への着熱
- (2) 2次燃焼帯の槽内耐火物の温度上昇による断熱効果

によるものと考えられる。

2. 3. K T B 法の工業的効果

極低炭素鋼の溶製にKTB法を適用することにより従来法と同程度の真空処理時間で転炉出鋼Cの上昇や転炉出鋼温度の低下が達成できたばかりでなく、真空脱ガスにおけるFeMnを高価なLC

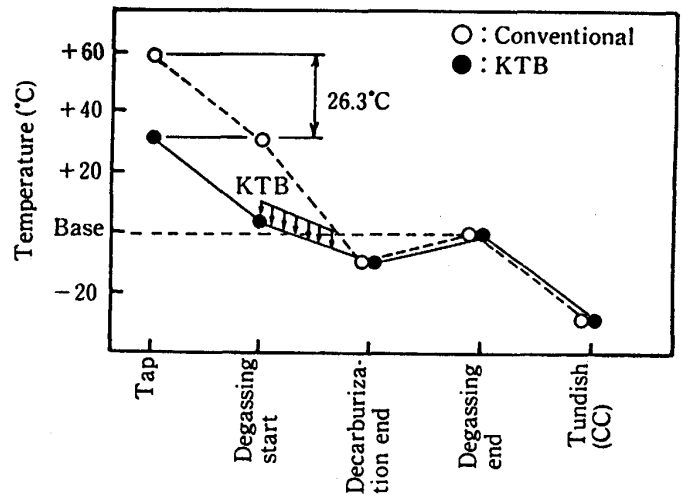


Fig. 5 Effect of KTB on the reduction of tap temperature

(低炭素) FeMnから安価なHC(高炭素)FeMnに変更することが可能となった。

3. KTB法による低炭素ステンレス鋼の溶製³⁾

第1製鋼工場では2基の上底吹き転炉(85t, K-BOP)を用い、クロム鉱石溶融還元プロセスによりステンレス鋼を製造している。Fig. 6にプロセスフローを示す。2基のK-BOPの内、1基は溶融還元炉として、他の1基は脱炭炉として用いる。溶融還元炉に脱燐溶銑を装入し炉上より半還元クロムペレットと、熱源及び還元剤としてのコークスを連続的に投入しクロム含有ステンレス粗溶鋼を製造する。出湯されたクロム粗溶鋼は除滓後脱炭炉に装入され所定の炭素濃度まで底吹希釈吹錬により脱炭される。その後真空脱ガスにて目標Cまで脱炭後、脱ガス、成分調整を行い、連続铸造される。また一部の高クロム鋼や極低炭素鋼はVODで2次精錬される。

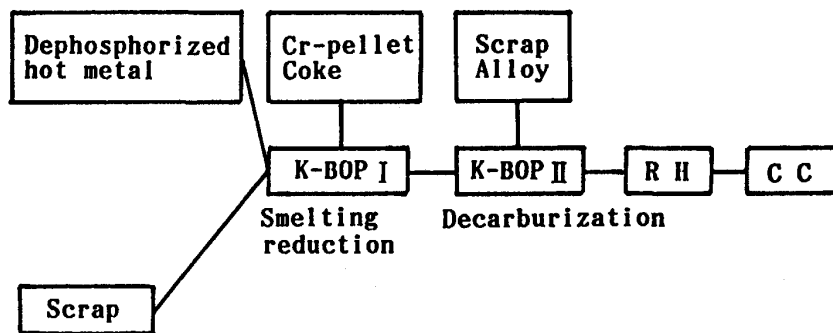


Fig.6 Process flow of stainless steelmaking at CHIBA WORKS

Fig. 7にSUS430(16%Cr鋼)をK-BOPにより[C]=0.12%まで脱炭した後、真空脱ガスでKTB法により[C]=0.06%まで脱炭した場合の脱ガス中の成分変化を示す。約12分間のKTB送酸により[C]=0.07%まで脱炭されKTB送酸終了後の処理により目標の[C]=0.06%となる。

脱炭中の鋼中クロム酸化ロスは全く認められなかった。また脱炭反応によるCO気泡発生に伴い、従来法に比較して脱窒反応の促進が認められた。一方、真空脱ガス処理終了時の鋼中酸素は50ppm程度であり、KTBを使用せずK-BOPで目標[C]まで脱炭する従来法と同程度であった。

Fig. 8にKTB法(真空脱ガス)と従来法(K-BOP)での低炭領域における酸素バランスを示す。K-BOPの希釈脱炭では脱炭酸素効率は38%で、脱炭外酸素は鋼中クロムを酸化する。一方KTB法の脱炭酸素効率は65%とK-BOPによる従来法に比較すると高く、残りの30%は槽内の2次燃焼に費やされ、鋼中クロムは酸化されない。

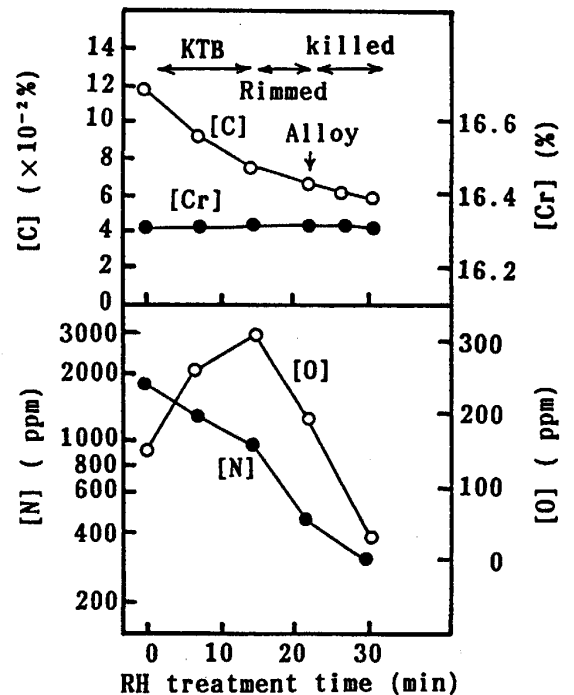


Fig.7 Changes in chemical compositions during RH treatment (SUS430)

以上よりKTB法はクロム酸化ロスを発生させることなく低炭域まで効率良く脱炭できるプロセスであることが分かった。

またKTB法の採用により、Fig. 9に示すように16%Cr低炭素ステンレス鋼の脱炭炉出鋼[C]を従来法の0.06%から0.12%に上昇させ、クロム酸化ロスを還元回収するためのFeSi原単位を約30%削減することができた。

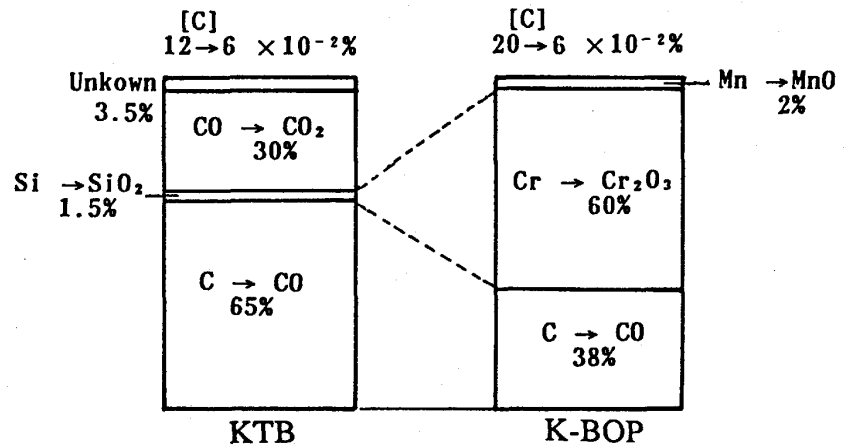


Fig. 8 Comparison of oxygen balance between KTB and K-BOP (SUS430)

4. 結 言

真空脱ガスにおける酸素上吹き技術のKTB法を開発し、以下の結果を得た。

- (1) 極低炭素鋼の溶製に関し、脱炭反応が酸素供給律速となるリムド処理前半に真空槽内の鋼浴に酸素を供給し脱炭反応を促進することができる。
- (2) その結果転炉出鋼[C]を従来法に比較して約0.015%上昇させることが可能となり、歩留りや転炉耐火物損耗を改善することができた。
- (3) 槽内の2次燃焼による反応熱が鋼浴へ着熱するとともに槽内耐火物温度上昇による断熱効果によりKTB法は熱補償効果に優れ、真空処理中の温度降下が小さい。この効果により従来法に比較してKTB法は出鋼温度を約26℃低下できた。
- (4) KTB法を低炭素ステンレス鋼(16%Cr鋼)の低炭域での脱炭に適用し、K-BOPの希釈脱炭と異なりクロム酸化ロスを全く発生させずに目標[C]まで脱炭できることがわかった。

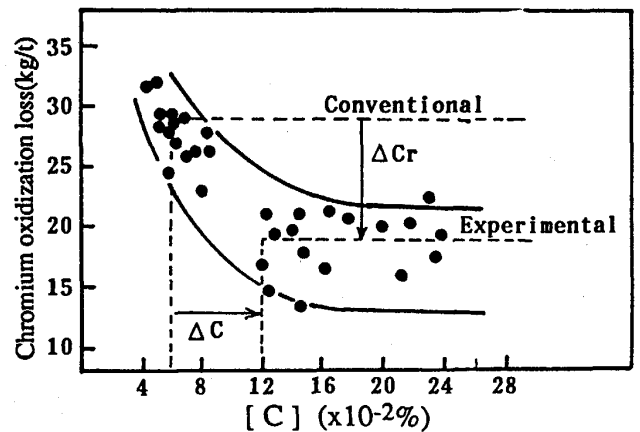


Fig. 9 Relation between carbon content in molten steel and amount of chromium oxidized

参考文献

- 1) 亀山恭一, 西川 廣, 荒谷 誠ら: 川崎製鉄技法, 23(1991), p. 136
- 2) 西川 廣, 近藤 寛, 岸本康夫ら: 鉄と鋼, 76(1991), p. 1940
- 3) 多田 睦, 田岡啓造, 野村 寛ら: 材料とプロセス, 3(1990), p. 107