

ステンレス鋼溶製における複合脱炭プロセスの確立

Improvement in Production of Stainless Steel by Combined Decarburization Process

川崎製鉄(株)千葉製鉄所 大杉 仁*・錦織正規・鷲尾 勝
西川 廣・浜上和久・久我正昭

1. 緒言

川崎製鉄・千葉製鉄所第1製鋼工場では、Cr鉱石熔融還元プロセス¹⁾および脱ガス処理によりステンレス鋼を溶製している。脱炭炉では、生産性向上や、脱炭精錬中に生ずるCrの酸化ロスを低減すべく種々の技術開発、改善^{2),3)}を重ねてきたが、低炭域においてCrを酸化させずに優先的に脱炭を進行させることには限界があり、低炭域における脱炭を真空中送酸機能を有する2次精錬設備を用いて行なう、より合理的な複合脱炭プロセスが望まれていた。このような背景のもと当社では、K-BOPにおける底吹き希釈脱炭と脱ガスにおけるトップランス酸素上吹き法(KTB法)からなる複合脱炭プロセス(K-BOP-KTB法)によるステンレス鋼溶製技術を確立した⁴⁾。今回、K-BOP-KTBプロセスにおいてその操業条件を最適化することにより、更なる脱炭効率の向上による精錬コストの削減、品質向上が得られたので報告する。

2. 千葉製鉄所におけるステンレス鋼溶製プロセス

千葉製鉄所第1製鋼工場におけるステンレス鋼の溶製プロセスフローをFig.1に示す。Cr鉱石の熔融還元プロセスとして2基の上底吹き転炉(K-BOP)を用い、1基を熔融還元炉、他の1基を脱炭炉として使用している。脱炭精錬方法としては、熔融還元炉から出鋼された含Cr粗溶鋼を脱炭炉(K-BOP II)で中炭素濃度域まで脱炭し、脱ガスにおいてKTB法により減圧下での仕上げ脱炭を行なう。

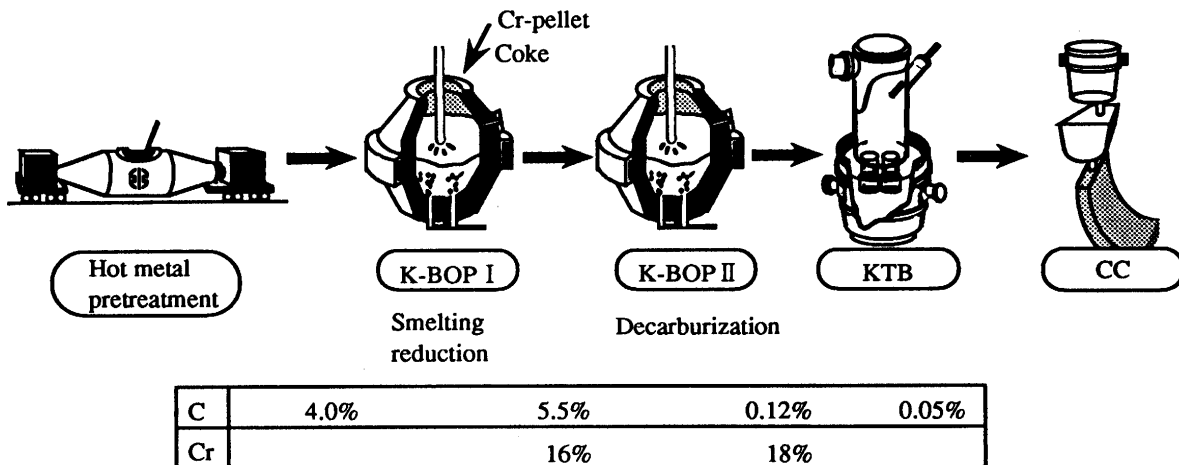


Fig.1 Process flow of stainless steelmaking at No.1 Steelmaking Shop in Chiba Works (SUS304 grade)

3. K-BOP-KTBによる複合脱炭プロセスの概要

3. 1 KTB設備概要

当所No.1脱ガス装置に設置したKTB設備の模式図および主仕様をFig.2に示す。

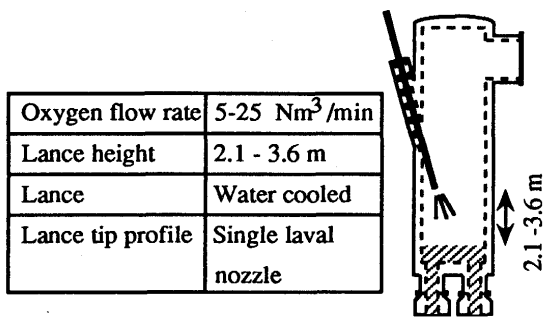


Fig.2 Schematic illustration of KTB

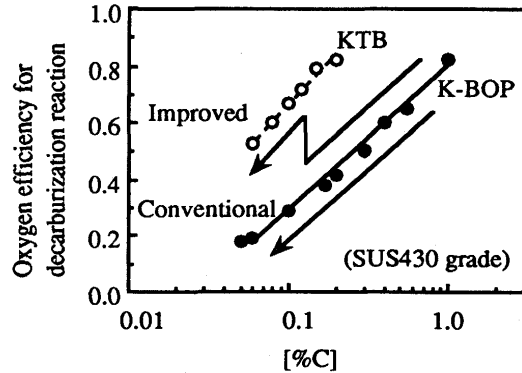


Fig.3 Relationship between carbon content in molten steel and oxygen efficiency for decarburization reaction

3. 2 KTB法による脱炭酸素効率の向上

Fig.3にK-BOPにおける底吹き希釈脱炭時とKTBによる真空中脱炭時の鋼浴 [%C] と脱炭酸素効率の比較を示す。従来法ではK-BOPで目標[%C]値まで送酸脱炭精錬を行っていたので、低炭素濃度域において脱炭酸素効率が著しく低下していたが、KTBによる真空中送酸脱炭を組み合わせた複合脱炭プロセスを開発し、脱炭精錬機能を分離したことにより低炭素濃度域での脱炭酸素効率が向上し、合理的なステンレス鋼の脱炭が可能となった。

4. KTB操業条件最適化による脱炭酸素効率の向上

4. 1 KTB送酸条件の影響

脱ガス処理初期、KTB送酸条件による脱炭挙動への影響を調査するため、KTBランス高さおよび送酸速度を変更して操作を行なった。その結果をそれぞれFig.4, Fig.5に示す。また、これらの条件を総括して計算鋼浴へこみ深さで整理した結果、Fig.6に示すようにKTBによる上吹き送酸条件をソフトブロー化することにより、脱炭酸素効率が向上することを見いだした。

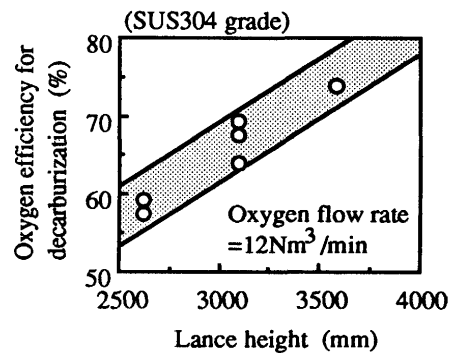


Fig.4 Effect of lance height on oxygen efficiency for decarburization

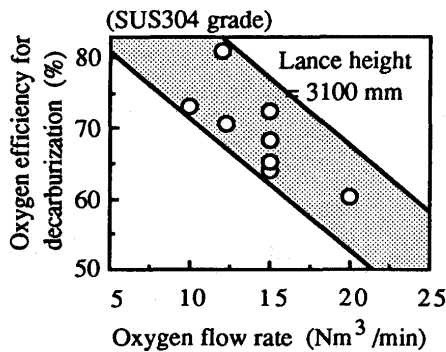


Fig.5 Effect of oxygen flow rate on oxygen efficiency for decarburization

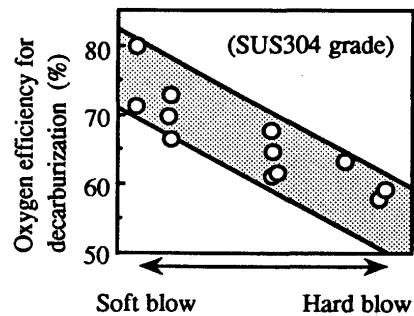


Fig.6 Effect of blowing condition on oxygen efficiency for decarburization

4. 2 脱炭酸素効率向上のメカニズム

脱ガス処理初期における脱炭反応に伴う溶鋼のフォーミングによって、真空槽内におけるバルクのCO発生領域はFig.7の概念図に示すように増大しているものと考えられる。このときに上吹き送酸条件をソフトブロー化することにより、メタル成分の酸化および未反応酸素の損失が防がれ、結果として脱炭酸素効率が増したものと考えられる。現在は、精錬目標の[N]範囲が比較的高い鋼種については、脱炭速度の低下しない作業範囲において送酸速度を低下し、またランス高さを高くしてソフトブロー指向の送酸脱炭を実施している。

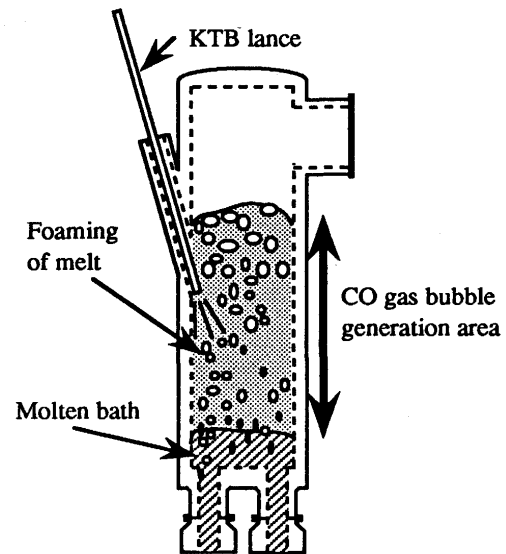


Fig.7 Schematic illustration of decarburization mechanism when molten metal is foamed by CO bubble generation

5. 複合脱炭プロセス確立による効果

5. 1 還元用FeSi原単位の比較

KTB操作条件を最適化することにより、脱ガスにおける脱炭量の増加が可能となった。その結果、SUS304の場合、K-BOPの出鋼[%C]はFig.8に示すように0.12%程度まで上昇でき、K-BOPにおける還元用FeSi合金鉄の使用量もFig.9に示すごとく、従来と比較して約30%低減することが可能となった。

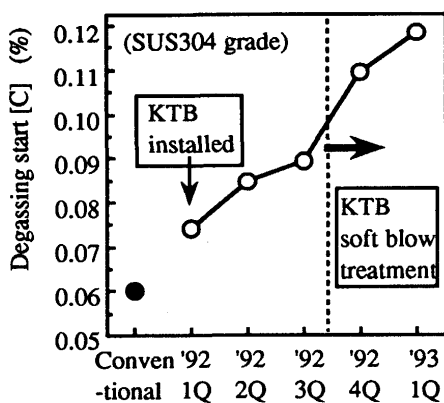


Fig.8 Trend of [C] content at the start of degassing treatment

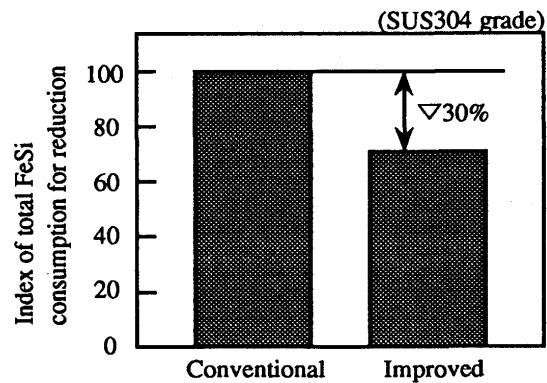


Fig.9 Comparison of total FeSi consumption for reduction between conventional and improved process

5. 2 KTBによる脱ガス槽内地金溶解操業

従来のRH脱ガスでは、溶鋼のスプラッシュによる槽内の地金付着が多く、その溶解のために電極加熱を実施していた。しかし、その槽内付着地金の落下や電極折損による成分不良、さらには地金の成長による槽閉塞等のトラブルが発生していた。

今回KTB設備を導入し、上吹き送酸脱炭を開始したことにより、槽内での2次燃焼が促進され槽内付着地金が著しく減少した。さらに槽内付着地金の減少を図るべく、真空処理中送酸脱炭終了時にランス待機位置で送酸し、ランス孔付近の地金を溶解するとともに、処理間に専用治具を使用して槽上部の地金を溶解する作業を工程化した。その結果、RH槽内付着地金は問題ないレベルとなり、電極加熱の完全廃止による省エネルギーを図れ、更に槽内地金付着による操業上のトラブルは皆無となった。

5. 3 SUS304の品質向上

K-BOP-KTBプロセスを確立し、ステンレス鋼の脱炭精錬に際して酸素の反応効率が向上したことにより、メタルの酸化が抑制され、また、地金溶解操業でRH槽内の酸化性付着地金が大幅に減少したので、鋼中全酸素(total oxygen)のヒートによるばらつきが減少し、平均値としては従来の49.5ppmから42.8ppmまで低下することができた。その結果、SUS304においてはヘゲ疵の発生率が、Fig.10に示すように従来の30%まで減少し、品質が飛躍的に向上した。

6. 結言

ステンレス鋼の溶製において、K-BOPでの底吹き希釈と脱ガスにおけるトップランス酸素上吹き法(KTB法)による真空中送酸脱炭を組み合わせた複合脱炭プロセスを確立し、またKTBの操業条件を最適化することにより、合理的なステンレス鋼の脱炭精錬が可能となった。

その結果、還元用FeSi合金鉄の使用量を削減できるとともに、酸素の反応効率の向上、槽内地金付着の解消により、鋼中全酸素が低下して、品質も飛躍的に向上した。

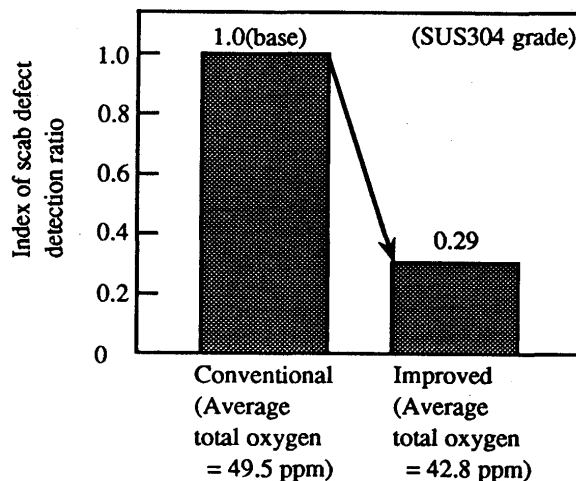


Fig.10 Comparison of the scab defect detection ratio of coil between conventional and improved process

参考文献

- 1) 田岡ら ; 鉄と鋼, 76(1990)11, 1863
- 2) 田岡ら ; 材料とプロセス, 2(1989)1, 289
- 3) 近藤ら ; 材料とプロセス, 2(1989)1, 290
- 4) 錦織ら ; 川崎製鉄技報, 25(1993)2, 79