

第 103 回講演大会討論会報告

I. 新しい転炉製鋼技術

座 長 名古屋大学工学部

森 一 美

副座長 日本鋼管(株)技術研究所

川 上 公 成

純酸素上吹き転炉法は日本鉄鋼業において世界に先駆けて飛躍的に発達し、その優れた生産性と精錬機能を十分に発揮してきた。さらにその限界能力の追求を目指して、純酸素底吹き法、上吹きに底吹きを併用する方法、ランス旋回法、あるいはスラグ生成を大幅に変えた方法など新しい吹錬技術の開発が積極的に進められている。これらのプロセスでは、気・液・固相の混合相の接触の仕方や流体力学的条件に変更を加えることにより、より優れた冶金反応特性を得ようとするものである。

討論論文の発表者は以下の6氏である。

- | | | |
|------|---------------|-------|
| 討論6 | 九州大学工学部 | 森 克巳 |
| 討論7 | 住友金属(株)中央研究所 | 増田 誠一 |
| 討論8 | 日本鋼管(株)技術研究所 | 河井 良彦 |
| 討論9 | 神戸製鋼(株)加古川製鉄所 | 松井 秀雄 |
| 討論10 | 新日本製鉄(株)八幡製鉄所 | 大河平和男 |
| 討論11 | 川崎製鉄(株)技術研究所 | 斉藤 健志 |

討論論文は6編提出され、うち1編は溶鉄-スラグ間の反応平衡、反応速度に関する基礎研究について述べたものであり、他の5編は旋回ランス式転炉(1編)、上底吹き転炉および底吹き転炉(4編)における新しい吹錬技術の開発および実際の吹錬、冶金特性に関するものである。

主な討論点はつぎの各項目にまとめられる。

- 1) 羽口形状とガス吹き込み特性
- 2) ガスの攪拌動力と均一混合時間
- 3) CとOの関係、脱炭反応
- 4) 溶鉄-スラグ間反応
- 1) 羽口形状とガス吹き込み特性

羽口に要求される点として、(1)その周辺耐火物が侵食されないこと、(2)安定して広範囲の流量でガスの吹き込みが行えること、などがある。従来の酸素と冷却ガス吹き込みを行う二重管羽口に加えて、不活性ガス、 N_2 の吹き込みを行うSA羽口(討9:神鋼)、MHP羽口(コメント:日本鋼管)が報告された。これらの羽口は上記の要求を満足するものであり、底吹きガス流量を低く抑えることにより過度の鋼浴の攪拌を抑制する必要がある高炭素鋼の吹錬が上底吹き転炉においても可能になった。討論では、SA羽口におけるバックアタックの軽減、マッシュルームの生成について質問があり、前者については測定していない、後者については良好なマッ

ッシュルームが生成していると回答した。

2) ガスの攪拌動力と均一混合時間

鋼浴の攪拌強度を表す指標として均一混合時間の測定が多く行われ、ガスの攪拌動力との関係が検討されている。しかし、ガスの攪拌動力の評価法あるいは均一混合時間に対するノズル本数、装置の大きさの影響に関しては研究者により見解が異なっているのが現状である。すなわち、底吹きガスの攪拌動力として静圧変化に伴う膨脹と浮力の仕事の両方を考慮するかあるいは片方のみを考慮するか、またガスの温度上昇に伴う膨脹の仕事をもどの程度評価するかについて今後見解を統一する必要がある。さらに、斉藤(討11)は上吹きガスと底吹きガスの攪拌動力を対等に評価しているのに対し、大河平(討10)は底吹きの場合に攪拌に有効に使われる割合を1とすれば、上吹きでは0.1であることを示した。大河平は、この相違は斉藤らが上吹きガスの攪拌動力を大河平らの約1/10に評価していることによると述べた。

均一混合時間はこれまでに水モデルを用いて多く測定されているが、それらの結果の実機への適用性については上記の攪拌動力の評価法、炉の形状、浴深さなどに関連させてさらに今後検討する必要がある。均一混合時間に対する羽口本数、配置の影響については、大河平は羽口本数の影響は認められず、むしろ配置の影響が大きいことおよび底吹きガス流量が増大するとその影響も少なくなることを示した。これに対して、斉藤は羽口本数の増加に伴い均一混合時間が増大する結果を得ている。この点に関しても質疑応答があつたが、今後の課題として残されている。

3) CとOの関係、脱炭反応

各討論者(討7~討11)により、吹錬中に鋼浴に攪拌を与えることによりスラグと鋼浴中の酸素ポテンシャルが低下することが指摘された。鋼浴の攪拌を強化した場合、反応界面への酸素の供給律速(脱炭第2期)からCの移動律速(脱炭第3期)に移行する臨界C濃度は低くなり(討9,10)、供給酸素は脱炭に優先的に使われることによりスラグ中のT. Feが低くなることが説明される。優先脱炭、スラグ中T. Feを予測しうる指標としてこれまでにISCO(討11)があるが、さらにBOC(討10)が提案された。

底吹き、上底吹き転炉においては鋼浴中のOはC-O平衡($P_{CO}=1\text{ atm}$)より決まる値よりも低く、その原因は吹き込まれた冷却ガスあるいは不活性ガスの稀釈によると説明されてきた。これに対し、大河平(討10)は底吹きガス比率(OBR)が大きいほどC-O値と平衡する P_{CO} が減少することを示し、羽口冷却剤としてのLPGの使用比率がOBRによらず一定であることから冷却ガスによる稀釈効果では説明できないと指摘した。大河平によると、スラグに対して正則溶液モデルを適用し、スラグと平衡する鋼浴中O濃度を計算すると、

実測値におおよそ一致する。これより、鋼浴中 O 濃度はスラグ-メタル間の平衡により決まるとも考えられる。

討 7 では上底吹き転炉 (STB 転炉) を用いたステンレス鋼の吹錬結果が報告された。それによると、低炭素域では脱炭反応は物質移動によつて律速されており、酸素を Ar から分離して上吹きしても Ar ガスによる浴攪拌と稀釈効果によりステンレス鋼の精錬が可能である。

また、Cr 酸化は供給酸素の中で脱炭に消費されなかつた酸素量に応じて進行し、還元、仕上げ精錬も AOD 法と同等であることが明らかにされた。

4) 溶鉄-スラグ間反応

上底吹き転炉においては底吹きガス流量を適量に設定することにより、スラグ中 T. Fe が LD 転炉と比較して低い状態でも脱リンが速やかに進行することが示された (討 7, 9, 10, 11)。河井 (討 8) は旋回ランス式転炉では高旋回条件でスラグ層の攪拌が改善されるため、脱リンが促進されると述べた。増田 (討 7) は、上底吹き転炉において粉 CaO を酸素と共に上吹き添加することにより脱リンがさらに進むことを示した。また、斉藤 (討 11) は底吹き転炉においては粉 CaO のインジェクションが脱リンに非常に有効であり、transitory 反応の寄与が大きいことを示した。これに対して、日本鋼管 (福山) では塊 CaO を投入しても吹き止め時には脱リンがほぼ平衡に達しているとの指摘があつた。これらの脱リン挙動は、スラグの組成と滓化状態、溶鉄-スラグ間反応 (物質移動) 速度、溶鉄とスラグの温度差などの影響が複雑に絡み合っていると考えられ、今後それらを総合して脱リン挙動を考察する必要がある。

森 (討 6) は、酸素、リン、イオウ、マンガンの溶鉄-スラグ間の分配平衡値をまとめ、スラグ中の成分の活量と組成の関係の理論的推算法として正則溶液モデルが有用であることを示した。さらに、溶鉄-スラグ間反応では目的成分の移動の他に FeO および O の移動が同時に進行するため、これらの移動を考慮して速度解析を行わなければならないことを同時脱リン脱硫を例として取り上げて示した。討論としては、森らの相互作用エネルギーの推定値の求め方に関する質問および脱リン反応を表す場合 P_2O_5 より PO_4^{3-} あるいは PO_2^- を用いる方がよいとの意見が出された。これに対して、相互作用エネルギーの推定値は実測値を最もよく表すように試行錯誤的に決定し、脱リン反応の表し方については基本的には同意見であるが、今後さらに実験的検証が必要であると回答した。また、同時脱リン脱硫の場合、それぞれ単独の反応の場合より反応率が增大する理由については一方の反応が起こることによつて他の反応が促進されるように界面の酸素ポテンシャルが変化すると考えが示された。

本討論会における各発表より、溶鉄-スラグ間反応は攪拌動力あるいは均一混合時間のみによつては表せない

ことが明らかである。優先脱炭、T. Fe における ISCO、BOC のように、溶鉄-スラグ間反応についてもその挙動を表す何らかの指標があれば、各鋼種に応じた最適な吹錬が可能となると考えられ、今後この方面の検討が望まれる。

以上、討論会の発表および討論の主要点について述べた。また副座長川上は 3 月 29, 30 日の両日 Pittsburgh で行われた AIME の 65 回 Steelmaking, Conference の特別セッション "Mixed Gas Blowing" (提出論文 17 件) の概要紹介を行つた。新しい転炉製鋼技術は日本、欧州および米国でそれぞれ特徴を持つて急速に発展しつつあるが、今回の討論会は質・量とも極めて有意義かつ高レベルのものであつた。

II. 亜鉛系めつき鋼板およびその製造法

座長 新日本製鉄(株)君津製鉄所

安藤成海

近年自動車車体の腐食問題がカナダ・コードに端を発し、大きな社会問題としてとりあげられて来たが、特に最近では低燃費化から車体重量の削減を計るため、鋼板の薄手化が進められ車体防食問題は、増々重要かつ緊急な問題となつて来た。その結果、各自動車メーカーは従来の冷延鋼板をベースにした考え方ではこの問題に対処できないとの判断から、鉄鋼ミルに対し、所用の性能を備えた防錆鋼板の供給を強く求めて来ている。

これに呼応して各ミルは、既存亜鉛めつき鋼板の改善や新しい合金めつき鋼板の開発等、この分野での研究開発を著しく活発に進めて来ており、当会講演大会においても、昭和 54 年以降、これらに関する論文が多数発表され現在に至っている。本分野の技術は、正に発展の最中にあると言える。

このような背景の下に本討論会がもたれた意義は極めて大きく、かつタイムリーであつたと考える。表面処理鋼板に関する討論会は、鉄鋼協会では初めてでもあり各鉄鋼メーカーはもちろん、大学、自動車メーカー、塗料メーカー等、すべての関係分野から多数の参加者を得て極めて盛況、かつ活発な討論会をもつことができた。

本討論会は、第 1 部 片面溶融亜鉛めつきの製造法 (発表 3 件) 並びに、第 2 部 亜鉛系合金電気めつき鋼板 (発表 4 件) と、分割して行われた。前者は現在、ほぼ開発完了の技術であるとの観点から総合討論に止めたが、後者は発展過程の技術であり、今後につなげるべく、いくつかの問題に関し、テーマ討論の型式をとつた。以下にその概要を報告する。

第 1 部 片面溶融亜鉛めつきの製造法と製品特性

1. (討 12) めつき阻止剤によるライン内焼鈍方式片面溶融めつき法の開発

従来のめつき阻止剤の問題点である。亜鉛はじき性、