

の設定に反映され、数学モデルの推定精度が高められた。

ゾンデの測温値、W型融着帯の形成、炉芯部へのコークス粉の堆積メカニズムについて討議された。炉芯部へのコークス粉の堆積に関しては、高炉内ガス流れの変化による融着帯形状の変化、すなわち融着帯が低下することにより炉芯コークス温度が低下してガスの浸透性が悪化するため、レースウェイ部で発生したコークス粉は炉芯部よりレースウェイ近傍で補獲されると述べた。

(討4)は高炉内容物を採取してコークス、焼結鉱および融体の挙動を調査、解析した報告である。コークス強度の低下の主要因はソリューションロス反応であり、CSR指数がソリューションロスを介して炉内温度分布を変化させること、羽口レベルにおける半径方向のコークス粒径、コークス温度、アルカリ分布に対応関係のあることを示した。さらに、羽口風速と炉芯コークスの-3mm粉率の調査から、炉芯通気性を確保するために最適な風速のあることを示唆した。

焼結鉱では、サンプリング調査とシミュレーションから還元粉化は炉頂から約5m以内で終了し、還元率はシャフト中段で20%と低く、下段では80%に達することを示した。

さらに、高炉2次元半径方向モデルにSi移行モデルを導入してSiとFeOの分布を推算した。これらの結果を羽口レベルで採取した溶銑滓の分析結果と比較するとともに、高炉内のSi移行の鍵が羽口近傍の狭い範囲にあることを示した。

本報告に対して3者からのコメントと質問があつた。焼結鉱のRDIと炉内滞留時間、装入物分布との関係に対して、出銑比、すなわち送風量レベルに合わせてRDIを管理する必要があると述べた。また、Si、FeOの還元反応速度、および滴下帯と炉床部の伝熱に関する数学モデル上の取扱い方法の今後考慮すべき点が討論された。

(討5)は隣接した羽口からゾンデを挿入し、羽口衝風を害することなくレースウェイを側面から3次元的に観測した報告である。(討3)と同じように、ゾンデの推力の変化から炉芯とレースウェイの境界を測定するとともに、ガスを採取して分析し、レースウェイ内では気相中の酸素が他の相へ、他の領域では逆方向の反応が生じていることを示唆した。また、温度分布の測定では理論燃焼温度に近い2100~2200°Cの高温を計測している。

さらに、羽口への鉄鉱石吹き込み時の現象を小型燃焼炉の実験で調査し、実炉の測定結果と比較した。その結果、小型燃焼炉で鉄鉱石を吹き込んだ場合のSi低下は温度低下によりSiO₂ガス発生が抑制されるためであること、レースウェイ近傍のFeOによる脱けい反応の低Si化への寄与は小さいこと、およびレースウェイ間のスラグ、メタルは出銑滓成分にほぼ等しいが、レースウェイ内のFeOは著しく高いことを報告した。

本発表に対して、斜行羽口ゾンデの利用法、酸化鉄吹

込みによる低Si化に対してコメントと討論がなされた。中でもSiの移行のメカニズム、FeOの脱けい効果に多大な関心が寄せられるとともに、(討4)と合わせて、Siの移行挙動に関して一つの光が投げかけられたといえよう。

全講演発表後、日新製鋼(株)設備計画室喜多川専門部長より高炉建設の経験をふまえたコメントをいただいで締めくくつた。

以上、討論内容の概略を記した。約10年前高炉の解体調査が我が国製鉄各社で行われ、稼動していないとはいえ、炉内状況が実在の姿として明らかにされるとともに、この結果に基づいて高炉の数学モデルが大きく進歩した。これらの成果は鉄鋼協会の高炉内反応部会報告としてまとめられている。その後、高炉内容物のサンプリングやコールドモデル、ホットモデルあるいは小型反応炉の実験、さらには高炉下部高温域のセンサーの開発と調査により、稼動時の炉内状況が我々の目の前に着実にイメージ化されてきた。これらの各種センサーから得られた情報が数学モデルと組み合わせられ、2次元から3次元へと、あるいは未知パラメーターの解明を経て、より高度なモデルへと進展している。これらのモデルは、高炉内状況を推定して操業指針を与えるとともに、操業の安定化、新しい操業技術の開発にも活用されてきており、今後更に発展してゆくものと期待される。

最後に、本討論会のために貴重な炉内観察のビデオテープを快く提示いただいた、日本鋼管(株)、新日本製鉄(株)、川崎製鉄(株)の各社に謝意を表するとともに、講演いただいた各氏、ならびに討論に参加された会場の諸兄に厚くお礼申し上げる。

II. 合金溶鋼の脱りん

座長 東京大学工学部

佐野 信雄

副座長 日新製鋼(株)

長谷川 守弘

従来、合金溶鋼の脱りんはほとんど未開拓の分野であつたが、数年前に斬新な着想による還元脱りん法が発表されて以来、還元脱りん法のみならず強塩基性フラックスによる酸化脱りん法の研究も各方面において精力的に行われ、この分野の研究開発は急速に進展した。これには近年ステンレス鋼あるいは高Mn鋼の使用用途の拡大が、従来に増して指向され、あるいは今後共鋭意指向されるであろうことが背景としてあげられる。

また、最近熔融還元法あるいは転炉への鉱石添加による合金鋼の溶製法が開発途上にあるが、混入するりんの除去技術が並行して開発されるならば、使用する炭材の制約条件がなくなり好ましい。

このような状況下において、現時点における合金溶鋼

の脱りん技術のレベルを把握し、研究ならびに開発における問題点を整理して今後の本技術の発展に寄与するべく、本討論会は企画・開催された。

8 件の講演の概要は、すでに本会誌「鉄と鋼」、72 (1986)、2 A21~52 に掲載されているので、ご参照願いたい。以下に講演および討論の要旨を記す。

(討 6) 石炭系フラックスによるステンレス粗溶湯の酸化脱りん条件の検討

(川崎製鉄(株)鉄鋼研究所 大沼啓明ほか)

CaO-CaF₂ 系フラックスによるステンレス粗溶湯の酸化脱りんの可能性を脱りん平衡計算と実験室実験により検討した。その結果、フラックス組成に応じて脱りん率が最大となる a_0 (酸素の活量) 値が存在し、この値は処理温度が高いほど高値に移行する、との結果を得た。また、実機 (50 t) においてインジェクション法により 13Cr-2.8~3.2C 溶湯の脱りん処理を行い、上述の知見と同様の結果を得るとともに、最大 27% の脱りん率を得た。これに対し、攪拌などの操業条件を考慮に入れた場合の適正 a_0 域の拡大の可能性、脱りん率に及ぼすフラックス原単位の影響、平衡計算における仮定の妥当性などについて質疑があつた。

(討 7) CaO 系フラックスによる含クロム溶鉄の脱りん

(日本鋼管(株)中央研究所 碓井 務ほか)

15Cr 溶鉄を CaO-NaF 系フラックスにより脱りんし、[C]≒2% でも約 50% の脱りん率を得た。一方、CaO-CaF₂ 系の場合 [C]≒6% でのみ CaO-NaF 系と同程度の脱りん率が得られた。 a_0 を Fe-C-Cr-O 平衡を仮定し計算し、両フラックスのフォスフェイト・キャパシティーを推定した。

また、溶鉄の温度、[Si]、およびフラックス中の NaF を Cr₂O₃ 濃度の影響を報告した。これに対し、媒溶剤の差違による脱りん率の差違の理由、CaO-NaF 系の場合高 C 域でも高い脱りん率が維持できた理由、脱りん生成物について、など多岐にわたる質疑がなされた。

(討 8) AOD 炉における Li₂CO₃-CaO-CaF₂-FeO 系フラックスによる含クロム溶鉄の脱りん反応の解析

溶鉄の C 濃度とフラックスの酸素ポテンシャルの脱りん反応に及ぼす影響を明らかにするため、主たる仮定として、スラグ-メタル界面において CO 気泡が発生するサイトとしないサイトが存在するとのモデルに基づき、数値計算を行った。結果は実験室データと比較的良く一致した。また、実機データについても各成分の挙動をほぼ説明し得た。さらに、スラグを高酸素ポテンシャルにして処理する方がりんの優先酸化が促進されること、[C] の影響する理由などにつき 2~3 の知見を得た。これに対し、計算に用いた $\gamma_{P_2O_5}$ 、 $\gamma_{Cr_2O_3}$ などの熱力学的数値の推定の妥当性、脱りん率に及ぼす [C] の効果、

本フラックスの耐火物への影響、および処理時間と復りん挙動の関係などについて質疑があつた。

(討 9) ステンレス粗溶湯の脱りん

(住友金属工業(株)中央研究所 松尾 享ほか)

BaO-BaCl₂(BaF₂) 系フラックスに酸化剤として Cr₂O₃、Fe₂O₃ などをスラグが固化しない範囲で添加すれば、[C]≦2% のステンレス粗溶湯でも 60% の脱りん率が得られた。このように BaO 系が CaO 系よりも良好な脱りん率が得られた理由は BaO が強塩基性であること、かつより高い Cr₂O₃ 溶解度を持つことにより、スラグが固化せずスラグ-メタル反応が良好に進行したためと考えられる。また、処理後スラグの X 線回折結果に基づき、ハライドの役割について報告した。これに対し、還元脱りんと酸化脱りんの優劣についての見解、実機実験でフラックスとともに C を添加した理由、スラグの最適酸素ポテンシャル、脱りん生成物について、など多くの質疑がなされた。

(討 10) 炭酸バリウム系フラックスによる含クロム溶湯の脱りん

(株)神戸製鋼所鉄鋼技術センター 山本浩太郎ほか)

BaCO₃-BaCl₂ 系フラックスは酸化力の比較的弱い CO₂ を発生するので Cr 酸化物の生成の抑制という点で好ましい。C の併用はスラグの固化防止の手段として有効である。BaCl₂ の役割とその最適配合割合をスラグの X 線回折結果などに基づき報告した。また Na₂CO₃ 添加の効果について言及した。これに対し、同一系フラックスによる実験データに基づき、脱りん反応には Cl は関与していないとの見解が提出された。また、座長より液相中でのりんの存在形態と固相中でのそれは必ずしも同じと考えるべきでないとのコメントがあつた。この他、脱りに及ぼす攪拌条件の影響、酸化剤の影響あるいは Na₂O の効果につき、質疑がなされた。

(討 11) 高クロム合金および高マンガン合金の脱りん

(新日本製鉄(株)第三技術研究所 片山裕之ほか)

[Cr]=18~55% の高 Cr 溶湯、[Mn]=15~60% の高 Mn 溶湯を対象に、広範囲の実験—CaC₂-CaF₂ 系フラックスによる還元脱りん、BaCO₃ 系、LiCO₃ 系、および Na₂CO₃ 系フラックスによる酸化脱りん—を実施した。処理溶湯の成分の自由度と脱りん能の点から、高 Cr 溶湯には CaC₂-CaF₂ 系、高 Mn 溶湯には BaCO₃ 系が最適との結果を得た。後者については酸化度の調整がポイントである。この他、還元脱りん後のスラグの処理法にも言及した。これに対し、高 Cr 溶湯の還元脱りんに関し、実機でのりんの分配比などについて質疑があつた。また、高 Mn 溶湯の酸化脱りんに関し、Ferro-Mn (Mn≒75%) の脱りん、媒溶剤としての MnO を [Mn] の酸化によらない方法、脱りに及ぼす [C] の影響など、多くの質疑があつた。

(討 12) ソーダ系フラックスによる溶融 Fe-Cr-C,

Fe-Mn-C 合金の脱りん

(鉄鋼短期大学 国定京治ほか)

Na_4SiO_4 を主とするソーダ系フラックスを用いて標記合金の脱りんを行い、脱りに及ぼすフラックス組成、温度、溶湯成分の影響を調査した。また、熱力学的検討により、ソーダ系フラックスは CaO 系フラックスと比較し、脱りに適することを明らかにした。これに対し、溶湯温度が高いほど、最大脱りん率の得られる $[\text{C}]$ 濃度が低値側に移行する理由、含 Cr 溶鉄の場合 $[\text{Cr}] \geq 11\%$ で平衡りん濃度が低くなる理由などについて、質疑がなされた。

(討13) Ca , CaC_2 による高クロム鋼の脱りん

((株)日本製鋼所室蘭製作所 竹之内朋夫ほか)

Ca , または CaC_2 を単独添加した時の脱りに最適な $[\text{C}]$ 濃度範囲をはじめ、適切な処理条件を明らかにした。また、実験室的に得た知見にもとづき、合せ湯法で工業的に $[\text{P}] \leq 0.010\%$ の 18-8 ステンレス鋼の製造が可能であることを報告した。これに対し、最適処理条件は、処理規模により異なるか、実機でインジェクションを行った場合のフラックス原単位、脱りん速度などについて質疑があつた。

全講演の終了後、座長が、脱りんにおける Po_2 の意味、および酸化脱りんにおいて Po_2 が生成する Cr 化合物により決まるとの考えをベースとした各フラックスの脱りんの可能性などについて最新の研究結果を報告し、まとめとした。また、副座長が若干のコメントを行った。

以上の講演と討論の要旨の報告により明らかなごとく、使用されたフラックスの組成はされざまであり、適切なフラックスの選定がキーポイントであることがうかがえる。今回の討論により、酸化脱りんに関し、スラグの Po_2 を比較的低い値とすること、かつ $[\text{C}]$ 濃度に応じた適切な Po_2 の選択と制御の重要性が、ほぼ共通の認識となつたことは収穫といえる。また、酸化、還元脱りんとも、媒溶剤、とくにハライドの役割について種々の知見が報告され、かつ活発な討論がなされたことは有益であつた。討論を通じ、ハライドの $\gamma\text{P}_2\text{O}_5$ に及ぼす影響をはじめとして熱力学的データの不足が浮きぼりにされたといえる。今後のデータの蓄積が望まれるところである。

最後に、講演者、討論者をはじめ本討論会にご参加いただいた各位に深く感謝するとともに、本討論会が今後合金の脱りん法をより洗練された技術として発展させる上に極めて有意義であつたことを強調して、本討論会の概要報告を終える。

III. 圧延における計測制御

座長 川崎製鉄(株)千葉製鉄所

北尾 斉 治

我が国の鉄鋼圧延における計測制御技術には古い歴史があり、新しいニーズを次々に解決しながら発展してきた。近年は、省エネルギー・省力・歩留向上などのより徹底したコストダウンや需要家のより厳格な品質要求に応えるために、従来になかつた技術開発がなされ成果を生んでいる。点の計測から面の計測を可能とする知能センサー、ロボットに代表される自動化機器、品質精度を高める新しい制御理論の適用、コンピューターを駆使し多品種小量生産を可能とする新しいオートメーション等々である。これらの技術は技術進歩が速く技術分野も広範囲であるが、今回の討論会では代表的な実例を報告願ひ、技術の実態を展望するとともに今後の方向について討論した。

参加された討論講演は以下の6件である。

(討14) 圧延における計測と制御の動向

((株)東芝重電技術研究所 安部可治)

(討15) 熱延仕上圧延機新張力制御方式の開発

(日本鋼管(株)京浜製鉄所 林 美孝ほか)

(討16) 非干渉制御による大形仕上圧延機自動厚み制御の開発

(新日本製鉄(株)君津製鉄所 福谷和彦ほか)

(討17) 新しい制御技術を用いた圧延板厚制御方法

((株)神戸製鋼所 北村 章ほか)

(討18) 新鋼片工場におけるプロセス制御システム

(川崎製鉄(株)水島製鉄所 山崎順次郎ほか)

(討19) マイクロコンピューターによる圧延計測制御

(住友金属工業(株)鹿島製鉄所 荒井 攻ほか)

(討14) は、安部可治氏に依頼した基調講演である。計測制御対象である圧延機とドライブシステム、計測の進歩、制御装置、圧延における制御について実例を交え幅広く動向を概括いただいた。要旨は以下のとおりである。

圧延機の進歩により計測制御は方法・手段の多様性が増加した。ドライブシステムは精度・応答が向上し、マイクロコンピューターがセンサーの信号処理を容易にした。圧延における制御では、制御装置の発達と共に高速化・高度化が計れるようになった。制御ロジックの面では従来の制御に加えゲインのセルフチューニングや非干渉制御が効果をあげており、今後適応制御・多変数制御・知識工学の応用などが期待できる。

この講演に対して、知識工学の圧延制御への適用と、潜在化した物理量のセンシングの、将来動向に関する質問、複雑な制御系におけるセンサー故障等による全体システムへの影響についての質問があり、講演者から具体例を入れた見解が述べられた。

次に個々の実例の講演に移つた。

(討15) は、熱間仕上圧延機において極厚広幅材ではルーパレス圧延、他の材料ではルーパ最適制御による圧延を行うために開発された張力制御に関するものであ