

## 第 90 回講演大会討論会報告\*

### I. 高炉内における装入物とガス分布について

新日本製鉄(株)名古屋製鉄所

座長 嶋田 駿作

高炉内における装入物の分布及び物理的・化学的性状はガス流れに大きな影響を与え、その結果高炉操業成績を大きく左右するので、近年この研究が大がかりに行なわれるようになってきた。

しかしガス流れは炉頂での装入物の分布のみならずシャフト部での融着帯の形成、レースウェイの形成条件、羽口より下部における溶銑滓の流下及び排出の条件によっても影響される事が認められ、これらの研究はその部分ごとに製鉄部会、学振 54 委などにも発表され、今 58 回講演大会においても 2、3 の講演がなされている。

この意味において、このようなテーマで討論された事は時機を得たものと思われる。

討 1. 高炉炉頂の装入物、ガス分布とベルレス装入装置による分布調整

新日本製鉄(株)室蘭製鉄所

田代 清・加瀬 恣  
金山 有治・○奥野嘉雄

討 2. 高炉炉下部のガス流速分布に及ぼすレースウェイ形成条件の影響

川崎製鉄(株)技術研究所

福武 剛・○近藤 幹  
岡部 俠児

討 3. 高炉の炉況に及ぼすガス分布の影響について

日本鋼管(株)福山製鉄所 樋口 正昭

の 3 つの討論はガス分布についての多面的な問題の提起となり活発な討論が行なわれた。

各発表の詳細についてはすでに前刷が出ているので省略するが、その概要について述べると

(討 1) 室蘭製鉄所 No. 1 BF に取り付けられたベルレス装入装置による分布調整の例を述べムーバブル・アーマーを装着する高炉と同等またはそれ以上の操業効果が期待できると考えられている。まず実寸大のモデル分布試験装置でシュート角度と施回数との組合せにより各種の分布パターンが精度よくつくられることを確かめ、実炉での操業結果と対比した。

(討 2) ガス流速分布を決定する要因としてシャフト部では ore/coke の鉱石粒径の分布が支配的であり、炉下部では送風量、羽口径、コークス粒径などのレースウェイ形成条件、温度分布と溶融帯の形状、コークスの粒度偏析炉床液面高さなどが複雑な影響を及ぼすとし、この中で特にレースウェイ形成条件を変えて冷間模型により炉下部のガス流速分布を求め、これまでの研究により推

定されたガス流分布との対応関係を考察したものである。

(討 3) 福山製鉄所各炉を例にとり各種センサーの開発と測定点の増加により炉内ガス分布の状況を充分把握することができるようになり、ガス分布と炉況との関係を明らかにし、炉内ガス分布のコントロールによつて操業成績を向上した。しかし適正ガス流れとは炉壁の損傷あるいは大幅な炉体熱損失を生じない水準で、しかも装入物との熱交換及び反応が有効に行なわなければならないという相反関係にある両者を満足させなければならないので、今後更に炉口部のガス流速計とか、内部での情報をもたす計測装置の開発によつて精度を高め、羽口ごとの流量コントロール法の開発が必要で、これらが可能になれば一層進んだ操業が可能であろうと述べた。

以上の報告に対し

住友金属(株)小倉製鉄所 横井 毅

新日本製鉄(株)堺製鉄所

(株)神戸製鋼所中研 稲葉 晋一

の諸氏より質問及び討論があり、更に東大生産研鈴木氏から東大試験高炉との対比において討論が行なわれた。それらの討論を要約すると、

(1) コークスの圧損は焼結鉱の 1/10 でありシャフト上部においては物性の差によつての影響は少ないが、炉下部では影響がある。

(2) 成型コークス装入によつて分布が異なってくるが、ムーバブル・アーマーその他のアクションで、普通コークス装入と同じように分布させても炉体下部の熱負荷は異なってくる。しかし分布のコントロールによつてコークス性状の異なつたものでも効率を良くすることは可能である。

(3) ガス分布により炉体熱負荷が変る。炉体を保持しながら良い操業成績をあげるため実際の操業では両者を勘案しながら行なっている。

などの装入物の物性と炉体熱負荷に関する討論が行なわれた。

又東北大・高橋愛和教授はガス分布の研究は高炉の解体調査によつて急速に進んだと考えられる。焼結とペレットのガス分布に対する影響についてただされたが、ムーバブル・アーマーなどによる分布コントロールによりある程度のカバーは可能であるとの論議もあつたが、この問題は次回の討論会にゆずることとした。

名古屋大学・鞭教授は今回の討論を参考にこれまで行なつてきた数式モデル解析に加え、更に展開したいと述べた。

東北大学・大谷正康教授はガス分布の問題は大規模試験が必要であり、一部コールド・モデルによつても試験可能であるが、大学における研究は困難な面もある。今後ガス分布の問題は学振においても極力取上げてゆきたいとの発言があつた。

これらの討論をまとめるとガス分布の問題は多くの要因が複雑に交絡しているため、各部分ごとの研究は進展しているが、高炉全体系としてのとらえ方は今後の問題

\* 本報告は昭和50年10月1, 2, 3日に行なわれた第90回講演大会における討論会のまとめです。

である。センサーの開発も残された問題である

今回のテーマの問題は高炉操業成績、炉体保持などの基本に大きく影響する事であるので今後の研究の大きな課題として参会者が認識した。

## II. ESR 法の精錬と鋳塊の品質

名古屋大学工学部金属工学科 工博

座長 井 上 道 雄

本討論会は特殊精錬法の一つとして近年注目されている ESR 法 (エレクトロスラグ再溶解法) における精錬反応の物理化学および非金属介在物の挙動に重点をおいて企画された。応募された論文は次の三編である。(これらの概要については、「鉄と鋼」61 年 10 号を参照されたい)。

- 討 4. ESR における脱酸および脱硫について (新日鉄生産技研; 梶岡博幸, ○石川英毅, 坂口庄一八幡製鉄所; 副島 薫)
- 討 5. ESR 処理中の水素の挙動について (鋼管技研; ○榊井明, 笹島保敏, 山村 稔)
- 討 6. ESR 再溶解時の物質移動について (名大工; 小島 康, 井上道雄, 野村正一, 名工試: 加藤誠)

第 1 の講演では石川氏が ESR の反応機構を解明する目的で 5 t ESR 炉を用いて行なった種々の試験溶解の結果から、交流 ESR 炉における酸化脱硫の挙動と Al キルド鋼および Si キルド鋼における酸素の挙動についてまとめた結果を報告した。ESR 鋼塊の  $Q$  と Al, Si との脱酸平衡を仮定してメタルプールの温度を見積ると、Al キルド鋼では  $1800 \sim 1900^\circ\text{C}$  となり、Si キルド鋼では  $1700^\circ\text{C}$  となる。このように ESR の脱酸を平衡論的に整理すると、両者に差が出てくるがこの点については後述の討論者からも意見が述べられ討論の対象となった。次に ESR における S の物質収支から酸化脱硫率を求め、ESR においては酸化脱硫が大きな役割をもつこと、例えば  $\text{CaF}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$  系スラグでは 80% 以上に及ぶことを明らかにした。また小型るつぼ実験を試み酸化脱硫速度とスラグ組成との関係を求め、 $\text{CaF}_2$  60% スラグでの酸化脱硫速度  $0.01 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{min}$  が実用 ESR 炉の値とかなりよく一致することを述べた。

これに対し、成田貴一氏 (代理佐藤氏) (神鋼中研)、小口征男氏 (川鉄技研)、山口国男氏 (大同洪川) から質問ならびにコメントが寄せられた。主な討論内容をまとめると脱酸平衡値として示された値の意義、酸化脱硫の効果についての 2 点で、成田氏、小口氏はそれぞれ自身の実験結果の一部を紹介し、Al キルド鋼における脱酸平衡や、酸化脱硫の機構に関連して、スラグ中の  $\text{FeO}$  の寄与や塩基度と気相の酸素ポテンシャルの影響について意見を述べた。また山口氏は実操業の ESR 鋼塊の調査結果から Al 及び酸素の分布、操業条件及び塩基度と酸素値との関係について意見を述べた。これまでのところではメタルプールの脱酸平衡を考慮して ESR 鋼塊の酸素値を追跡することは WAHLSTER からも試みているが、操業規模の大小や操業条件を考えると必ずしも適当ではないようである。なお酸素の挙動については (討 6) でもふれ

ているが、榊井氏 (鋼管技研) から空気酸化、つまり気相からの酸素 pick up についての研究結果の一部が紹介された。

第 2 の講演では、榊井氏が実験用 ESR 炉 (mold size:  $180\phi \times 1400$ ) を用いて種々の水蒸気分圧のもとで、 $\text{CaF}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO}$  系スラグによる再溶解時の鋼塊の水素値を追跡した結果、水素の挙動を支配する要因を整理して、その律速過程がガス-スラグ境界層の  $(\text{OH}^-)$  の移動速度によるとみなして、水素吸収の数式モデルを提出した。またこのモデルによる計算値が HOLZGRUBER らの大型炉の実測値をかなりよく満足することを示した。

これに対し、森一美氏 (名大工)、井口泰孝氏 (東北大工)、山口国男氏 (大同洪川) 及び中村泰氏 (新日鉄基礎研) から討論が行なわれた。これらの要点は、モデル式の前提となる水素移行の律速過程の適否、メタルプール中の  $H$  の値の正確な把握および実操業規模の大型炉への適用性についてである。第 1 の点については、森氏がガス例の物質移動、あるいはガス-スラグ界面反応が律速になり得るとは考えられないかとただしたが、榊井氏は本実験条件下では考えられる各素過程を検討した結果、本モデルの有用性を述べたが、実験条件いかによつては、界面反応その他の素過程を含めた混合律速となる可能性もあると説明した。井口氏は溶鋼からの石英管吸上げ試料による  $H$  定量結果に比し凝固鋼塊から切出して求めた  $H$  値について、ESR 程度の急冷条件下でも  $H$  の逸出が避けられず低値を示すのではないかという疑問に関して、自身のガス-スラグ-メタル間の水素の移行に関する研究結果の概要を紹介し、二、三の意見を述べた。その中で興味があることは、実験条件が異なるにもかかわらず、鋼浴中の  $H$  吸収がスラグ中の  $(\text{OH}^-)$  の移動により律速されると考えて、スラグ中の  $(\text{OH}^-)$  の物質移動係数を求めると  $10^{-3} \text{ cm}^2/\text{sec}$  のオーダーとなり、榊井氏の結果とほぼ同様の値になること、およびスラグ中の  $(\text{OH}^-)$  の拡散が従来考えられていたものよりかなり大きいと考えられるということである。また山口氏は実操業の面から水素の挙動に関連して、ガス-スラグ界面での HF の生成の影響や、スラグ温度、溶解速度などの影響およびスラグの前処理の重要性について意見を述べた。中村氏は自身の実験例からこのモデルによる  $H$  値の予測が有効であると述べ、実操業への適用についてもかなり有望であると感想を述べた。今後、水素定量の試料採取の困難さがあるが、できるだけ多くの実測値による本モデルの裏付けが望まれる。

第 3 の講演は小島氏より、小型直流 ESR 炉 (max.  $2700 \text{ amp. mold size } 110\phi$ ) を用いた実験結果にもとづき、物質移動の立場から主として酸素の挙動について発表された。実験に使用した鋼種ならびに大きさは、炭素鋼 (S48C)、40 及び  $50 \text{ mm}\phi$  で  $\text{CaF}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$  (15, 30%) スラグで再溶解したものである。本講演では、小型炉の場合は電流密度が大型炉より高いので、スラグによる精製効果よりも汚染の効果が大きくあらわれ、結果としてかえって鋼塊の酸素濃度が高くなる傾向のあることを指摘し、それぞれ正極性、逆極性の場合の、メタルプール-スラグ界面、あるいは電極先端溶融部とスラグ界面を通しての酸素の物質移動を物理化学的立場から考察した。すなわち正極性ではメタルプールへの酸素の移