

第 87 回講演大会討論会報告*

I. 高炉燃焼帯の挙動

東京大学生産技術研究所 工博

座長 館 充

日本鋼管(株)本社

副座長 村上 惟司

この討論会はあらかじめその内容が発表された基調講演に基づいて重点課題を選び、この課題に関する小講演の発表を受け、これらをめぐって参加者が自由に討論するという形で行なわれた。基調講演および小講演の題名、発表者名は次のとおりである。

基調講演:

下村泰人: 高炉燃焼帯の挙動¹⁾

小講演:

- (1) 稲谷稔宏・○福武 剛・浜田尚夫・近藤幹夫・岡部俠児: レースウェイについての模型実験
- (2) 近藤真一・○中村正和・杉山 喬・鶴野建夫: モデル実験炉によるレースウェイ研究
- (3) 赤松経一・羽田野道春・○福田充一郎・竹内正幸: 羽口前レースウェイに及ぼす諸因子の影響
- (4) ○下間照男・佐野和夫: 羽口先燃焼帯の解析について
- (6) ○稲谷稔宏・福武 剛・浜田尚夫・近藤幹夫・岡部俠児: レースウェイの形状とレースウェイ内のスラグの化学組成におよぼす高炉での重油吹込の影響
- (6) 鴨志田友男・○福島 勤・安藤 遼: 羽口先燃焼帯における 2, 3 の現象

各講演の要旨は次のとおりである。

基調講演 燃焼帯に関するこれまでの諸研究を 1) 燃焼帯の定義とその観測の方法, 2) 主としてモデル実験による燃焼帯の深さと送風条件(とくに送風量)との関係の解析, 3) 燃焼帯の深さおよび帯内ガス組成・温度分布への送風温度, 送風組成の影響, 4) 燃焼帯における反応(とくに銑鉄中 Si 含量との関係), 5) 燃焼帯におけるコークスの燃焼量と高炉の生産性, の各項において概観し, 燃焼帯の状況と炉の上部におけるガス分布・装入物分布との相互作用, およびその銑鉄最終組成との関連を, 今後解明すべき基本的課題として指摘している。

小講演(1) 低温の 2 次元モデルによつてレースウェイ内でのコークスの運動, レースウェイおよびその近傍におけるガス圧分布ならびに低融点合金の下降運動などの観測を行ない, 1) レースウェイ内循環コークス数はレースウェイ容積の 1.4 乗に比例する。2) レースウェイへの固体粒子の供給は羽口先端直上部付近の垂直方向圧力勾配の小さい部分に限られる。3) 低融点合金(融体)の流入によりレースウェイが縮小する。という結果をえた。

小講演(2) 燃焼炉に冷風を吹込んでコークスを燃焼させ, レースウェイを保存したまま冷却させて, レース

ウェイの奥行(深さ), 幅, 高さ, 送風条件, コークス粒径などとの関係を調査して次の結果をえた。1) 奥行と送風速度およびコークス粒径との関係を力学的モデルによつてよく表現しうる。2) 幅は奥行の増大につれてほぼ比例的に大きくなるが, 高さは奥行と逆相関になるため, 線速度がある範囲をこえるとレースウェイ容積がほぼ一定になる。

小講演(3) 半径 3050 mm の扇形断面モデル炉に 900°C の熱風を送入してコークスを燃焼させ, コークス性状および送風条件のレースウェイ(大きさおよび形状)への影響を調べ, 次の結果をえた。1) 微粉の多い普通コークスおよび強度の小さい成型コークスの場合には, レースウェイ内圧力と深さが大きくなり, 形状は三角形(吹抜け型)となつて, 炉上部で強い炉壁流を生じる。2) レースウェイ深さへの酸素添加の影響は, ボッシュガス量にたいする正の相関として説明しうる。3) 荷下がりとはほとんどレースウェイ上部でおこる。

小講演(4) 1) 羽口先と粒度様のコークス充填層とみなす。2) 羽口先(レースウェイ深さ方向)におけるガス(上昇)速度分布についての等価回路として送電線の回路を採用しうる。3) $C + O_2 \rightarrow CO_2$, $CO_2 + C \rightarrow 2CO$ 反応はいずれもガス境界移動律速(1 次反応), などの仮定のもとに, 燃焼帯内の物質および熱収支に関する数学モデルをつくり, これにより帯深さ方向のガス組成・温度分布の計算値が実測値とよく一致することを示した。

小講演(5) 川鉄千葉 1, 2 高炉のレースウェイ内から採取したスラグ試料の組成が, 重油吹込の有無によつて顕著に相異し, かついずれもコークス灰分組成と比べて CaO/SiO_2 が大きいことから, 燃焼コークスの灰分がすべてそこでスラグに入ると仮定して, レースウェイへ流入する(装入物由来)スラグの割合を計算し, 重油吹込時は 71%, 非吹込時は 27% という結果をえた。この結果は重油吹込時にレースウェイ深さが減少するという観測とあわせて, 小講演(1)の結果とよく一致する。なお重油吹込時には重油の優先的燃焼のため, ガス中酸素濃度は羽口先端部付近で急減するという観測結果をえた。

小講演(6) 1) 試験高炉燃焼帯近傍におけるコークス灰分の組成変化, および実高炉羽口先より採取したコークス試料と装入コークスとの灰分組成の差, さらには実験室の実験の結果からみて, レースウェイ内で生成される SiO だけをメタルに入る Si 源とは考えにくい。2) 試験高炉燃焼帯付近のメタル試料の Si の動向からみて, 帯内に入つたメタルは酸化されるが, 他方低温モデル実験の結果によれば, メタルやスラグの帯内への流入は壁づたいのもの以外は考えにくい。3) 燃焼帯で燃焼するコークスの灰分の滓化は羽口レベル付近で行なわれるとみられるが, 羽口先端から 1.5m 付近のスラグ粒内にも灰分組成に近い相がみられる。

講演および討論は 3 回に分けて行なわれたが, 以下に

* 本報告は昭和49年4月3, 4, 5日に行なわれた第87回講演大会における討論会のまとめです。

は一括して主要な論点と代表的発言を紹介する。

1. モデルの相似性とレースウェイの形成機構

1) 2次元モデルの相似性—2次元モデルでもガス流れやレースウェイの形状が3次元的となるような配慮をしてあれば、その限りで一応問題はない。ただしガス流れの拡がりについては問題がないとはいえない。

2) コールドモデルの高温系への相似性—i) レースウェイ形成機構とも関係し、相似条件は明らかでない。ii) 形成機構についていえば、レースウェイ内ガス圧と外部コークス層荷重との釣合によって形成されるとするこれまでの力学モデルは不十分である。レースウェイ内でのコークスの運動を考慮して、ガスと静止コークス層とが流動状態にあるコークス層を介して釣り合うとみるべきである。

3) ホットモデルの実炉への相似性—i) 実験結果を無次元量間の関係として解析することによって相似性を成立させうる。ii) 相似条件の厳密な実現は難しいからできるだけ原形に近い条件で実験を行なうべきである。

2. レースウェイの形状と下方へのガス流れ

コークスの粒度や強度が適正であつて球形のレースウェイが形成される場合には下方への流れがあるが、三角形の場合にはそれがない。なおレースウェイ内でのコークスの粉化の原因は、レースウェイへの降下による熱衝撃と送風ジェットの効果による摩耗であろう。

3. レースウェイ内ガス上昇速度分布

i) レースウェイ上部におけるコークス充填密度は不均一とみられるので、小講演(4)における速度分布の仮定には問題がある。ii) この仮定は1次元分布に関するものであり、ガスの旋回を考慮していない点でも十分のものとはいえない。

4. レースウェイ内への融体の流入

i) 重油吹込の有無によりスラグ流入割合に大きな差があるという計算結果は、熱の効き具合の影響をうけやすい SiO_2/CaO を基礎としたため、 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO}$ を基礎とすれば両者の差は小さい。吹込時の流入率は過大にすぎる。ii) 流入率の値は変動するもので、絶対値には問題がある。しかし実炉で羽口先に生降りがみられることからみて、レースウェイ内にスラグが存在するとみえることは妥当である。ii) レースウェイ内へは液体が流入しにくいという実験結果をえているが、試験高炉と実高炉とはレースウェイの占有面積比が異なるという事情があり、一般に後者の方が液体の流入が起こりやすい。

5. レースウェイと溶解帯高さ、レースウェイの最適な大きさ

i) 重油吹込の有無により燃焼帯温度、発生ガス量が異なるはずであるが、それによつて溶解帯はどのように変わるか。ii) この場合には重油吹込時の方が溶解帯が羽口により接近するとみられる。iii) レースウェイの最適な大きさはガス流と溶解帯の構造との関係の観点から検討すべきである。iv) 吹込重油の燃焼室という意味である大きさが必要である。v) 荷下がり条件からみて小さすぎではならないが、しかし球状の適正な形のものでなければならない。

6. コークスの燃焼と高炉の生産性

これについては基調講演者が座長の要請に応じ、大要

つぎのように発言した。「現在の高炉では燃焼帯におけるコークスの燃焼能力が生産性を規定するという状態でない。生産性は他の要因によつて規定される」

以上のように、討論は、燃焼帯の研究方法を別とすれば、帯の形成機構とコークス性状の役割、帯内でのガス速度分布、帯とその近傍での固・液相の流れ、帯と溶解帯との関係など、総じてこの帯の力学的、流体力学的機能をめぐつて行なわれ、化学反応や高炉の生産性との関係などについての論及は不十分であつた。しかしこれらの諸問題が討論参加者の関心を集めたのは、それらが諸反応の進行状態の検討にさきだつて明らかにされるべき諸条件に関するものという意味でも、それらが高炉全体の機能にとつて決定的な意味をもつ溶解帯のあり方にかかわるものという意味でも、当然のなりゆきであつたというべきであろう。

提起され論議された諸問題には、今後の研究によつて解明されるべきものが多いが、この討論会を通じて、燃焼帯の容積、その形状とコークス性状およびガス流れとの関係、帯およびその近傍における気・液流分布、などの法則性について、新しい認識がえられたことは大きな成果であつた。

なおここにいちいち紹介できなかつたが、討論参加者から、燃焼帯の最適大きさや溶解帯との関係などの重要な問題提起、この種の研究そのものの方法論、小講演や討論全体の適切な評価などに関する発言があり、討論を活発に進めることができた。ここに付記して深謝の意を表明したい。

II. 鉄鋼製錬における界面現象

名古屋大学工学部金属工学科 工博

座長 坂尾 弘

1. 討論会の趣旨と計画

鉄鋼製錬反応は、ほとんどの場合、異相間における不均一反応であり、界面の挙動が非常に重要な役割を果たしていると考えられる。しかしこのような観点から研究が行なわれるようになったのは比較的最近のことでありそれも気体-液体の系を対象としたものが多かつた。

そこで今回は主として液体-液体の系を対象として、界面の性質や構造、界面における反応、界面を通しての物質移動、実際操業にみられる界面現象などを問題にとりあげて討論会を計画した。

応募講演のうちから、討論会が基礎から応用へと一つの筋書に沿つて進行するように考えて、つぎの4篇を選んだ。

(討2) CaO-SiO_2 系スラグ-溶鉄界面を通しての Fe の移行に伴う接触角と界面張力の変化

九州工業大学

○向井 楠宏

〃 大学院(現三菱重工(株)) 古河 洋文

〃 大学院 土川 孝

(討3) 溶鋼のスラグによる脱硫のさいに見られる界面現象について

大阪大学工学部 荻野 和巳

〃 ○原 茂太

(討4) 連鑄鑄型内における熔融フラックスへの固体