

● 討論会 ● まとめ ●

第 122 回 (平成 3 年秋季) 講演大会

高炉の機能拡大技術

座長 九州大学工学部 小野 陽 一
副座長 (株)神戸製鋼所鉄鋼技術研究所
清水 正 賢

コークス炉の老朽化、難焼結性鉱石や微粉鉱石の増大、地球環境保護策の強化、労働力不足など製鉄工程を取りまく厳しい環境変化の中で、高炉には、その生産効率と経済性、投入資源・エネルギーなど総合的観点からの極限追求が求められている。こうした課題への対応として、近年、高炉への微粉炭超多量吹込みや粉鉱石吹込み、酸素高炉プロセスの開発など、環境変化に柔軟に対応できる新技術やプロセスの開発が精力的に進められている。

そこで、本討論会では、21 世紀に向けて、これまでの生産性や経済性のレベルを大きく打破するための高炉の機能拡大技術を集め、その考え方やプロセス構成、実験結果、実用化に向けての課題について討論を行った。

以下に講演要旨と討論の概要を述べる。

(討 1) 反応面からみた次世代高炉の可能性

(北海道大学工学部 石井邦宜ほか)

高炉の生産性向上の観点から、炉内での還元反応の特性に着目し、還元機能を最大限に活用かつ拡大しうる方法と技術的可能性について示した。反応特性からみれば現行高炉は、その炉高を低減することが可能であり、これにより装入原料の強度緩和によるコストメリットが望める。このための鍵は化学保存帯およびウスタイトまでの予熱・還元過程の短縮にあり、 H_2 系燃料を利用した熱保存帯の温度制御と塊成鉱の被還元性改善やホットチャージが有力な手段として考えられる。また、同時に炉下部の溶解能力強化も必要であり、コークスの着熱性改善、高酸素富化など種々の提案がなされた。この発表に対して、シャフト部での適正な H_2/CO 比、生産速度へのホットチャージの効果などについて討論がなされた。

(討 2) 高炉原燃料の多様化技術

((株)神戸製鋼所鉄鋼技術研究所 笹原茂樹ほか)

高炉への微粉炭 182 kg/t-p 吹込み、ペレット使用比率 35 → 70% への短期切替え、3 mm までの焼結鉱使用、粉鉱石と微粉炭の複合吹込みなど、高炉原燃料の多様化に向けての操業および検討結果を報告した。微粉炭超多量吹込みでは、周辺部 O/C の増大による逆 V 型融着帯

形の維持と酸素富化による炉頂温度のコントロールが、また、ペレットおよび細粒焼結鉱の多量使用では装入物分布制御が重要であることを示した。さらに、粉鉱石と微粉炭の複合吹込みでは、レースウェイ内での還元率を高める上で羽口前温度を上昇させることが特に効果的であることを示した。この発表に対して、微粉炭吹込み操業における装入物分布制御および適正な酸素富化率などについて討論がなされた。

(討 3) 高炉における高効率操業技術の開発

(NKK 京浜製鉄所 古屋茂樹ほか)

高炉の生産弾力性、原燃料コスト低減、溶銑品質安定化に焦点を当て、羽口からのフラックス吹込み、熱風弁による円周バランス制御、酸素高炉プロセスの検討結果を示した。フラックス吹込みでは、マグネサイト吹込みがスラグ中 SiO_2 の活量を低下させ Si 低減に効果があること、また円周バランス制御は、溶銑中 Si の安定化や燃料比低減に寄与することを示した。さらに、酸素高炉プロセスでは、シャフト部への予熱ガス吹込みと微粉炭吹込みを併用することにより、出銑比が倍増できることを試験高炉において実証した。この発表に対して、熱風弁制御の方法や低 Si のための最適なフラックスなどについて討論がなされた。

(討 4) 次世代高炉に要求される機能とプロセスイメージ

(新日本製鉄(株)プロセス技術研究所 内藤誠章ほか)

コークス比の低減、生産弾力性拡大の観点から、高反応性のコークスと焼結鉱の使用、および羽口からの予備還元鉱石吹込みについて検討し、次世代高炉プロセスのイメージを提示した。高反応性コークスを使用すると熱保存帯温度が低下し、これに伴う還元平衡 $CO/(CO + CO_2)$ 分率の低下が焼結鉱の還元速度を増大させることを明らかにした。これによる燃料比低減効果として約 30 kg/t が期待できるとしている。また、粉鉱石吹込みでは、炉芯の温度と通気性を適正に維持する上で予備還元が重要であり、一例として、予備還元率 90%、高反応性コークスと焼結鉱の使用、送風温度 1300°C の条件では、230 kg/t までコークス比を低減できると推算した。この発表に対し、焼結鉱のスペック低減および被還元性向上の可能性などについて討論が行われた。

(討 5) 高炉超複合送風技術の開発

(住友金属工業(株)鉄鋼技術研究所 山縣千里ほか)

コークス炉延命、粉鉱石の直接利用、生産性向上、溶銑成分制御を目的に、羽口から微粉炭、粉鉱石、フラックスを複合して吹き込む方法を検討した。粉鉱石・微粉

炭・酸素を同時に吹き込むことにより、レースウェイ内の温度が確保され、粉鉱石の還元反応が進展すること、また、微粉炭と粉鉱石との接触により、未燃チャーのガス化が促進されることを試験高炉および実炉試験で明らかにした。特に、粉鉱石 200 kg/t 吹込みでも燃料比の上昇が少ないことが注目される。さらに、実用化上の課題である粉鉱石の輸送方法として、プラグ輸送技術を開発し、配管摩耗を 1/100 まで低減させている。この発表に対して、粉鉱石吹込みによる焼結鉱強度の管理値緩和、レースウェイ内での粉鉱石の必要還元率などについて討論がなされた。

(討 6) 二段羽口式整型炉による粉鉱石製錬

(川崎製鉄(株)鉄鋼研究所 桃川秀行ほか)

粉鉱石吹込み時に予想される炉床部への未還元融体の降下を防止するため、炉体に二段の羽口を設置し、上部羽口から粉鉱石を吹き込む方法について検討した。燃焼試験炉での実験では、羽口前温度が低いと融体の滴下が困難となるが、送風中酸素濃度を高めることにより上下羽口間での還元と昇温が向上し、安定操業が達成されることを示した。実炉対象のシミュレーション結果では、粉鉱石吹込みにともなう上部 O/C の減少(熱流比の減少)により塊状帯の温度が上昇する。その結果、吹込み鉱石による直接還元の増加分はシャフト部での間接還元の増加分で補われ、ソルロス反応量はほぼ一定であった。この発表に対して、粉鉱吹込み量の限界を制約する因子や上下段羽口の風量バランスなどについて討論がなされた。

(討 7) 高出銑比操業下での炉底管理

(日新製鋼(株)鉄鋼研究所 田中勝博ほか)

高出銑比操業時の炉底れんがの保護方法について検討した。炉底部でのコークスの充填状態に着目した溶銑流れと伝熱解析から、コークスの非充填領域が形成されると炉底部での溶銑流れが強くなり、凝固層が消失しやすいことを示した。また、高出銑比操業時には、炉内ガス流量が増大する(装入物に対するガス揚力が増大する)ため非充填領域が発達して炉底侵食が進むことを示し、その対策として、湯溜まり深さの増大、炉底冷却水温度の管理が重要であると提案した。一方、溶銑環状流に起因した側壁部の保護策として、出銑口から 50~150 度離れた羽口からの Ti 源吹込みが有効であることを示した。この発表に対し、炉底の局所的な管理方法、炉芯の通液性の影響などについて討論がなされた。

以上の講演終了後、「21 世紀に向けて、高炉機能をどう拡大すべきか」のテーマで総合討論を行った。機能拡大に対する各社のコンセプトは、

- ①コークス炉や原料問題に対応できる生産弾力性の強化、
- ②コスト低減と環境対応のためのエネルギーミニマム化、
- ③安定した品質の確保、
- ④ヒューマンフレンドリーなプロセスの構築、に集約され、その効果的な手段

として進められている微粉炭や粉鉱石吹込みなど、原料の直接利用技術について活発な討論が行われた。総合討論の後、東北大学選鉱製錬研究所 徳田昌則教授から、革新的なプロセスを目指す上でのソフトとハードのあり方について貴重なコメントがなされた。

最後に、今回の討論会には非常に多くの方が参加され、活発な討論と本会成功への御協力をいただいたことに深く感謝いたします。

鋼中非金属介在物の諸問題

座 長 豊橋技術科学大学工学部

川 上 正 博

座 長 東北大学選鉱製錬研究所

水 渡 英 昭

副座長 (株)神戸製鋼所鉄鋼技術研究所

小 山 伸 二

近年、鋼材品質特性におよぼす鋼中非金属介在物の影響がクローズアップされ、精錬・ casting 技術は極限への挑戦を続けてきた。さらに、鋼中介在物の評価についても従来の酸素分析、面積率、チャートによる評点等では製品特性を予測できず、共通の物差しがなくなってきた。また、介在物の迅速評価技術の開発が望まれている。

そこで本討論会では、介在物にかかわる諸問題に関する発表を広く求め、活発な討論を行った。以下に講演内容と討論の概要を記す。

(討 8) 疲労強度に及ぼす非金属介在物の定量的評価と介在物評価法

(九州大学工学部 村上敬宜)

疲労強度に及ぼす微小欠陥と介在物の影響の類似性に着目し、人工微小表面欠陥(人工穴、き裂、切欠き)を与えた試験片による疲労試験結果を整理し、疲労限度は材料の硬さと欠陥投影面積の平方根の関数で表された。また、疲労限度はき裂の伝播停留限界で決まり、介在物の種類にはほとんど依存せず、疲労き裂発生と共に介在物は力学的に微小空洞と等価となった。次に、介在物の検鏡結果を極値統計解析して最大介在物寸法を推定し、その値から疲労強度の下限値を予測できた。この報告に対し、介在物形状の影響の取扱い等につき討論があった。

(討 9) 軸受用鋼中の酸化物系介在物の新しい定量的評価法とその応用

(日本精工(株)材料技術研究所 奈良井弘ほか)

画像解析法、EB 法および大被検面積(6 000 mm²) 観察による大型介在物(> 12.5 μm) 計数法の比較検討結果を示した。一定視野面積の画像解析法による介在物粒径分布を極値統計解析して最大介在物径および大型介在