

第 118 回講演大会討論会報告

I. コークス炉における乾留反応と制御

座 長 九州大学機能物質科学研究所
持 田 勲
副座長 新日本製鉄(株)第三技術研究所
坂 輪 光 弘

鉄鋼産業においてコークスとその製造工程で副生するガス、タールは高炉製鉄の主要原材料、エネルギー源であるとともに、同産業の技術的多角化の原点でもある。

従ってコークス炉における石炭の乾留反応の状況を正確に把握、推定、モデル化し、製品品質や生産性の向上、ならびに炉体および環境を保全するために、操業を正しく制御する意義は大きい。

世評、重厚長大産業の代表である鉄鋼産業の長期的凋落を米英鉄鋼業の衰退から予測し、軽薄短小ハイテク産業への転進が唯一の道のごとくに論じられている。鉄鋼産業の利益の大小がその時々々の経済状況に強く影響されるので、産業の多角化は経営安定のために必要であるが、人類が鉄を不要とするのは遠い将来であり、発展途上国の成長を育成する立場をとるならば、むしろ飛躍的な高効率生産の道を開拓することが、最も必要というべきであろう。200年の歴史を持つコークス製造の飛躍もハイテク技術を集中すべき対象のひとつである。

本討論会では、こうした観点から以下の3課題について大学、企業合わせて8件の講演が行われた。きわめて複雑なコークス炉内の石炭乾留反応における化学的物理的過程を正確に把握する試みが語られ、炉内状況の変化が相当に明らかになった。一方依然把握の難しい側面については、乾留反応の入口/出口相関から、シミュレーションモデルを構築し、制御できる因子を明らかにして、省エネルギー、コークス、タール品質の向上に成功した事例が討論された。

1. コークス炉内の乾留反応状況の把握

(1) 乾留反応に伴う物性変化と熱・物質移動の追跡

(2) コークスならびにタール品質の支配因子の解明

2. コークス炉操業管理のためのシミュレーションモデルの構築

(1) 乾留反応進行状況の数学的記述

(2) 炉温の時間的・空間的制御

3. コークス炉乾留法への提言

(1) 石炭の事前処理ならびに装入法の開発

(2) 乾留温度下限の設定

そして乾留反応の総合的把握とプログラム加熱、装入原料の加圧条件および装入法の改善による省エネルギー、コークス強度の均質化、タール品質の維持のための技術開発を模索した。

以下に報告された論文の要旨を述べる。

(討1) 一次元モデル実験および試験炉トレーサー実験によるコークス炉内ガス流れパターンの推定

(成蹊大学工学部 小島紀徳ほか)

まず、内径約 10 mm の石英管に石炭を充填し、一定の温度勾配、昇温速度の下で加熱して、コークス化過程におけるガスの発生方向、流通抵抗を測定した。その結果、乾留中期はほとんどのガスが炉壁側から流出するが、乾留初期と末期には炉心側からも流出する。そしてタール凝縮層よりむしろ溶融層が主たる抵抗であると推定した。

また、1/4 t 試験炉の炉底部からトレーサーガスを炭中側に送入し、そのトレーサーガスの壁側での流量測定を行い、乾留中期に生成するガスのほとんどが溶融層から高温の壁側に流れ、低温の石炭層に至るガスもドア近傍まで達した後、上昇すると推定した。

この発表では、とくに石炭層側に流れるガスおよび水蒸気の流れについて討論された。

(討2) コークス強度発現機構の考察とコークス均質化への提案

(九州大学機能物質科学研究所 光来要三ほか)

高炉に装入可能な中・低温乾留コークスの製造を目的として、溶融石炭の固化直後から 1200°C の高温までのコークスの物性挙動、特に強度を規定する構造因子について解析を試みた。その結果、炭種により大きな差が認められるが、引張強度、ミクロ強度とも乾留温度の上昇とともに増大する。ミクロ強度の増大は、特に 700°C で顕著である。これは元素分析、ハーシュ法による X 線回折の結果から、700°C 付近から顕著に発達する炭素の積層成分に依存していることが認められ、積層成分割合と引張強度との関係は、多孔体の強度推算式で整理された。

また石炭種の差によるコークスの分子構造変化モデルと予熱抽出炭化法による新コークス製造法を提案した。

ここでは分子構造モデルについて討論が交わされた。

(討3) 加圧下における乾留挙動について

(NKK 鉄鋼研究所 鈴木喜夫ほか)

コークス品質の改善及び新乾留プロセスに関する基礎的な知見を得るために、石炭圧密スラブ乾留、荷重下および加圧雰囲気下での乾留プロセスを検討した。石炭圧密スラブ乾留法では、新乾留プロセスとして中低温乾留法を想定して嵩密度の影響を検討し、石炭層の最終到達温度が 600°C 程度でも嵩密度が 1.0 t/m³ を確保すれば通常室炉式コークスに近いドラム強度が得られることを確認した。さらに荷重可変乾留炉を用いて、荷重値、荷重温度範囲等のコークス品質への影響についても検討し、熱間 CO₂ 反応後強度改善のためには、雰囲気圧力をかけることも有効であるとの知見も得られた。

この討論では、荷重圧と雰囲気圧との乾留反応機構への影響度およびその原因について議論された。

(討4) 物質移動を加味した伝熱シミュレーションの実操業への応用

(関西熱化学(株)研究所 馬伏弘恭ほか)

コークス炉内の乾留状況を推定するため、物質移動を加味した一次元伝熱シミュレーションモデルを開発し、炉体延命、乾留所要熱量改善の観点から応用検討を行っ

た。その結果、コーク・ケーキと炉壁とのクリアランスは、嵩密度の増加、乾留温度上昇により減少し、窯詰まりの危険性が增大する。また乾留熱量を低減するには、炉高方向の加熱温度分布の適正化を図る必要がある。一方、広幅コークス炉は生産性の低下を来すことを指摘した。この発表に対して、石炭膨張の取扱いと水分の炉幅方向の移動比率、クリアランス推定に関して討論がなされた。

(討5) 室炉における乾留現象の解析

(新日本製鉄(株)第三技術研究所 有馬 孝ほか)

X線断層撮影装置による乾留進行状況の観察にもとづいてコークスの気孔率推定モデルを作成し、コークス強度推定モデルを開発した。また炭化室内のガス流れを考慮して、副産物の歩留り・性状を推定するタール生成モデルを開発した。そしてモデルを使った操業条件変更下でのコークス品質、幅産物への影響を試算した。

また炉幅の乾留進行状況、生産性および品質への影響についても検討した。

この講演に対して、広幅炉の利害得失が議論された。

(討6) コークスおよび幅産物品質制御に関する理論モデルの開発と実操業への適用

(川崎製鉄(株)鉄鋼研究所 井川勝利ほか)

炭化室内の乾留反応を考慮したコークスおよび副産物品質制御に関する理論モデルを開発した。モデルの特徴は、操業因子と石炭性状因子を同時に考慮する気孔構造指数を定義し、これによるコークス強度評価を行うことと、コークス炉炭化室上部空間での熱分解特性を考慮した2次元伝熱モデルにより副産物評価を行う点にある。

この発表に対して、モデルを用いた実操業における配合管理や炭化室上部温度管理などコークスや副産物の品質安定化のための適用状況が討論された。

(討7) コークス炉伝熱反応シミュレーションモデルの開発とその応用

(三菱化成(株)黒崎工場 吉野良雄ほか)

石炭の熱分解反応として KREVELIN らの逐次反応を考慮した反応モデルを構築した。このモデルに基づき反応熱、物質移動を加味したコークス炉の伝熱、反応シミュレーションモデルを開発し、乾留過程の炉内状況、発生ガス、タール等の経時変化を推定可能とした。次いで種々の操業条件変更時の乾留時間、乾留熱量等への影響を比較検討し、プログラム加熱における最適加熱パターンを探索した。そしてプログラム加熱の実用化を図り、シミュレーションによる予想を上回る乾留熱量低減の効果を挙げた。

また2次分解を受けやすいエチレンの濃度変化が、炉内コークス化の進行のモニターとなることを実証した。

この発表に対して、モデルパラメーターの妥当性について議論され、本討論会で紹介された各モデルについても同様のパラメーターの比較が必要であると認識された。

(討8) 装入原料の水分および嵩密度分布制御による乾留均一化技術

(住友金属工業(株)鉄鋼技術研究所 三浦 潔ほか)

コークス炉の窯内不均一乾留は、冷間実炉大装入試験

装置による嵩密度分布測定と水冷プローブによる燃焼室炉壁温度分布測定結果から、炉上部における装入原料が低嵩密度で炉壁温度が低いことに起因するものと確認した。炉壁温度を一定としたときの理想の装入原料条件をモデル試算し、その条件に近づける方法として炉上部に調湿炭を炉下部に湿炭を配置する調湿炭部分装入法とレベラーの先端に荷重板を備えた荷重レベラーにより炉上部の原料を填圧する方法を実炉にて検討した。そして乾留の均一化に有効であると確認した。また2次元ガス流れ数式モデルにより、乾留途中のコークス炉内の水分移動について考察した。

この講演に対して、とくに調湿炭部分装入法の実用化の可能性について討論が交わされた。

パネルディスカッションでは、現行コークス炉を前提にして、相関解析の効用と限界を明らかにして、今後さらにシミュレーションの予測精度をいかに向上するかの目標と課題とを論じた。これから10~20年の寿命を持つとされている我が国のコークス炉の最大限に利用する方策が広角的に討論できた。さらに現行室炉の限界の明確化とともに、次世代コークス炉の具備すべきイメージが固まりつつあることも認識された。

最後に、ここ数年間までの我が国鉄鋼業の不況はコークス製造技術開発のための研究を相当に萎縮させたが、このところの好況もあってか多数の若い研究者が本討論会に参加してもらえたことは心強い限りである。継続的前進こそ未来を拓く唯一のアプローチであることを特に銘記したい。

II. 偏析制御の現状と将来展望

座長 北海道大学名誉教授

高橋 忠義

副座長 (株)神戸製鋼所鉄鋼技術研究所

安中 弘行

鋼塊や連铸鑄片における偏析の制御は材質向上の基本条件であり、偏析の生成機構の解明およびその防止対策が盛んにおこなわれてきた。連続鑄造では低S、低P化や低温鑄造、電磁攪拌による凝固組織制御が指向されてきており、また鋼塊では、インゴット形状の最適化やホットトップ法による偏析制御がおこなわれている。一方、粉末冶金に代表される急冷凝固法による組織の均一化も広くおこなわれている。

今回は、オスプレー法、大型鋼塊の偏析制御について、また連続鑄造ではおもに圧下による偏析制御について、その将来展望も含めて討論をおこなった。発表件数は9件であり、その主な内容および討論の概要は以下のとおりである。

(討9) オスプレー法の開発

(住友重機械工業(株)産機事業部・商品事業部

井川良雄ほか)

高純度化した溶湯を不活性雰囲気中でアトマイズし、そのまま最終製品に近い形状のものを製造するオスプレー法の現在までの開発状況および将来展望について報告