

の要求、コークス炉老朽化による製鉄能力の低下、及び地球環境問題、等により、高出銑比低還元材比操業下での低コークス比 (CR) 高微粉炭比 (PCR) 操業が求められている。

(5) 発生物資源化対応技術の開発

製鉄所で発生するダスト・スラッジのリサイクルは既存設備で実施されてきたが、2000年には新日鐵君津で回転炉床炉 (RHF) によるダスト処理設備が実機化され、2002年には高水分のスラッジを処理する2号機が実機化されている。

また、国内で発生するプラスチックのリサイクル問題に、省CO₂の視点からも積極的に取り組み、高炉吹込み・コークス炉での利用を実施している。

1.1.2 石炭・コークス部門

最近10年のわが国のコークス製造は、ひとつの転換期にあったと考えられる。コークス生産量はバブル崩壊後の鉄鋼需要低迷に伴う減産基調の環境から、中国での鉄鋼需要増大に牽引されたコークス需要増へと変化し、また、ガス需要の変化、地球環境問題への対応など、従来とは異なる外的要因の影響も受けた10年間であった。コークス炉の稼動状況をとってみても、都市ガスの天然ガス化に伴いガス製造各社所有のコークス炉が相次いで休止し、1996年にはガス会社によるコークス製造の歴史に幕がおろされるという変化があった。コークス製造の面では、鉄鋼需要低迷期には鉄鉄製造コスト削減を目指して、安価な非微粉炭の使用増大や、高炉への微粉炭多量吹き込み操業を支えるためのコークス製造が指向されていたが、近年では、高炉の高出銑比操業を支えるコークスの製造が重視される環境へと変化し、さらに地球環境問題への対応から廃プラスチックのコークス原料化といった新技術も実用化されるようになった。また、設備投資面では、コークス炉炉体の老朽化に対応した延命技術への投資から、コークス炉の新増設といった大型投資も行われる環境に変化しつつある。以下では、わが国における主要なコークス関連技術の最近の進歩を概説する。

コークス原料の配合技術においては、非微粘結炭増使用技術の発展が重要である。コークス用原料炭に占める非微粘結炭の使用比率は1990年代初頭の約20%程度から、至近では約50～60%にまで増大し、原料コストの低減に寄与した。このような非微粘結炭使用拡大は石炭事前処理技術の進歩によるところが大きく、事前加熱によりコークス炉装入石炭の水分を低減させる調湿炭法や微粉炭塊成化 (DAPS) 法の設備がわが国のほとんどの炉団で採用されるに至った。

コークス製造コスト削減の観点から、省エネルギー技術、省力化技術の導入も進められた。上述した石炭調湿プロセスによる省エネルギーに加え、コークス乾式消火設備 (CDQ)

の導入も進み、現在ではCDQで消火されるコークスは国内全生産量の80%以上となっている。コークス工場の省力化は移動機や計測設備を中心に進められ、全移動機の無人化や自動運転システムの高度化により操業サイクルタイムを6分にまで短縮した事例が報告されている。

鉄鋼需要の低迷期にあつて、コスト低減に加えて重視されたのが、炉命延長技術である。わが国のコークス炉はその多くが1970年前後の高度成長期に建設されており、最近20年間は新設もなく、炉令は平均で約33年、最高では40年と、従来、コークス炉の寿命と言われていた35年を超える炉団も現れている。コークス炉の更新には多大な投資が必要となることもあって炉寿命の延長が重要課題と認識され、補修技術、炉体診断技術、操業管理技術の高度化が行われた結果、老朽化に伴う休止炉団を生むこともなく現在までほぼ順調な操業を継続できている。

コークス製造に影響を与えた外的要因としては、環境問題が挙げられる。粉塵やガス漏れなどの有害排出物抑制に高度の対策が求められたことに加えて、CO₂排出抑制に代表される地球環境問題への対応も求められた。こうした背景のもと、コークス炉での廃プラスチック原料化技術が2000年に実機化され、容器包装リサイクル法に基づいて収集される廃プラスチックのリサイクルが達成されている。

以上のような実設備、実操業面での技術の進歩に加えて、次世代炉の研究開発も活発に推進された。日本鉄鋼連盟により国家プロジェクトとして1994～2003年度に研究が行われたSCOPE21 プロセスは、室炉式コークス炉の資源対応力強化、高生産性、環境対応力強化などを目指したもので、50t/d規模のパイロットプラント試験により生産性2.4倍、非微粘炭使用割合増大などの成果が得られた。新コークス製造技術については諸外国でも研究や実機化が進められ、EUでは単室構造の超広幅炉 (炉幅850 mm) であるJCR (Jumbo Coking Reactor) の研究が1996年まで実施された。炉幅600 mm程度の広幅炉はドイツにおける新設炉としては一般的な炉形式となり、2003年稼動の新設炉においても採用された。また、この炉においてはCDQに代わり、有害物質の排出を大きく低減した高効率湿式消火方式CSQ (Coke Stabilization Quenching) が新たに開発、採用された。アメリカでは有害排出物の低減を目指し、副産物非回収のピーハイブ炉を改良して炉内発生のコークス炉ガス、タールの燃焼熱を回収する熱回収炉が1998年に実機化された。コークス化に関する基礎的な研究としては日本鉄鋼協会の研究会を中心に活発な産官学共同研究が行われ、軟化熔融機構に関する自己溶解モデルなど、石炭の粘結性に関する基礎的知見が深められた。

以上のような技術の動きの後、2003年に至って、中国の

鉄鋼需要の伸びに端を発したコークス供給不足と、既存のコークス炉の老朽化に伴う稼働率の低下に対応するため、約20年ぶりとなるコークス炉の新設計画が発表された。現時点で建設に入っているものは、既存炉の増設ないしは、休止炉の基礎等を流用した部分的炉更新であるが、SCOPE21技術を採用した全面的新設の検討も開始されており、従来培ってきたコークス製造技術を活用して新しい時代の要求に応えるコークス炉の建設が実現していくものと、大きな期待がもたれている。

1.2 焼結用低品位鉱石の多量使用と生産性向上技術

1.2.1 褐鉄鉱多配合操業

最近の焼結鉱製造にあっては、豪州産の褐鉄鉱（低品位高結晶水鉱石）であるピソライト鉱が多量使用されるようになった。また、直近では微粉比率の高い褐鉄鉱であるマラマンバ鉱の使用比率が上昇しつつある。現在、鉄鉱石焼結原料の半分近くが褐鉄鉱となっており、焼結鉱の歩留まりおよび生産性の低下の克服が大きな課題となっている。

焼結鉱製造における褐鉄鉱の悪影響因子として、造粒工程における原料粒子内への吸水量の増加や結晶水分量の増加による吸熱反応量の増加、結晶水分解や熱割れによる気孔の内包、および同化反応を起こしやすいことに起因する接着結合や通気性の悪化が挙げられる。褐鉄鉱の配合増加にともない焼結パレット内での原料充填密度は低下する。これは褐鉄鉱のもつ結晶水と多孔質構造に起因しており、パレット内での焼結物の充填は粗な状態で、焼結ケーキ内では空隙構造に大きな変化が起こる。焼結層には重力や風力が高さ方向にかかっており、焼結過程で生成した融体は下方に移動し、また溶融同化状況に応じて焼結層は軟化収縮して、通気空隙を閉塞させる作用も働いている。従って、溶融同化が過剰になり過ぎると通気のための空隙が収縮閉塞し通気性が悪化するの、適正な焼結ケーキ構造を維持するように焼結化反応は制御される。また、褐鉄鉱にしる、微粉鉱にしる融体との同化性が良好であり、その結果、同化後の融体流動性が急激に低下する特徴（難焼結性と言われる）があり、これが歩留まりと生産性を悪化させるゆえである。

一方、高炉操業にあっては高微粉炭比操業に加えて、直近では低還元材比・高出銑比操業が目指され、焼結鉱品質への要求も極めて高いものになっている。このような高い品質要求は、より焼結鉱の歩留まりおよび生産性の低下を助長する傾向があり、その改善技術が強く求められている。

改善技術として、悪化した焼結融体の流動性を高める目的で、FeO成分を含有する磁鉄鉱系鉄鉱石、ミルスケールお

よび製鋼スラグなどを配合して、褐鉄鉱配合率上昇に努力がなされた。さらに、種々の原料複合造粒技術、原料装入分布制御技術および焼結層通気改善技術が開発実用化され、褐鉄鉱石の多配合操業に寄与している。

1.2.2 焼結原料の造粒技術

造粒バインダーとして、生石灰を焼結機上で副生する技術、ペーパースラッジなど有機系バインダーの添加技術が開発された。また、新たに微粉の分散作用が重要との認識の基に分散剤の添加技術も開発された。

造粒設備に関しては、ドラムミキサーによる造粒処理だけではなく、原料粒子間での水分分散をより確実にする高速攪拌ミキサーが普及し、造粒粒子内の結合を強固にするためディスクペレタイザーが普及している。別個の原料を独立して配合し造粒を行う複合造粒処理方法が6製鉄所に普及した。改善目的は還元粉化性や被還元性などの品質改善を主体とするものや生産性改善を主にするものなど幅広く、目的に応じて原料が選択分割される。原料の分割選択銘柄は種々異なり、CaO成分ばかりでなく Al_2O_3 成分、炭材成分、粒度分布およびバインダー能などが指標とされる。また、造粒処理設備フローも、高速攪拌ミキサーおよびドラムミキサーで造粒処理を行う分割造粒法や、高性能篩で分級処理を行い篩下部分を高速攪拌ミキサーおよびディスクペレタイザーで、より確実な擬似粒子形成を計る選択造粒法がある。

1.2.3 焼結層の分布制御および通気改善技術

焼結層高さ方向にあっては、ヒートパターン、通気抵抗や荷重が異なり、高さ方向のどの場所にあっても、強度と層通気確保の両立が必要であり、燃料や溶剤成分などの高さ方向成分分布制御法、焼結層を強制的に穿孔する方法、および上層部からの荷重を軽減する方法など、焼結層高さ方向に対応した層構造制御技術が開発され、効果を発揮している。

高さ方向における原料分布制御の視点は、充填密度、フリーカーボン濃度、CaO成分濃度、FeO成分濃度、粒度、および雪崩現象など幅広く複数の制御因子が意識されるようになり、また焼結層の上層部と中・下層部で独立して制御できる複合システム化がはかられるようになった。装入装置もスリットを活用したもの他に、磁力やローラーを活用したものが登場した。

最近の褐鉄鉱多配合における焼結層の通気性は、単純な擬似粒子径の低下による通気性の悪化ではなく、焼成時に焼結層内の通気網空隙を確保する柱構造の軟弱性に起因する軟化収縮によるもので、空隙確保のための強制的な穿孔を行う通気棒や通気板の挿入技術が実施されている。さらに、焼結ケーキの重力荷重を軽減するために磁場をかけ磁気浮揚力で焼