

なっている。

最近では、回復した鉄鋼需要に対応する高出鉄比、地球温暖化ガス排出量の抑制にむけた低還元材比操業下での微粉炭吹き込み技術に視点が移りつつある。POSCO 光陽第3高炉では、2002年5月には出鉄比 3.26t/d/m^3 WVを微粉炭吹き込み 150.8kg/t 、還元材比 472kg/t の条件で達成している。コークスの強度をDI150を86.2%、CSRを71.6%と高く保つとともに、 CaCl_2 散布によるRDI低下(21%)などの原料性状の改善を行っている。炉床活性化のために、ガス流の中心流指数、溶鉄への炭素飽和度、炉芯沈降指数を用いていることが注目される。また、羽口前風速を 210m/s から 270m/s に上昇して炉芯不活性化を防止している。宝山製鉄所では1999年9月に全所平均で微粉炭比 214kg/t 、出鉄比 2.23t/d/m^3 、還元材比 506kg/t を達成している。新日鐵戸畑第4高炉では、2001年10月に出鉄比 2.3t/d/m^3 、還元材比 481kg/t 、微粉炭比 157kg/t を達成している。高出鉄比、低還元材比下での高PCI操業では、装入物分布制御に加えて高強度コークス、小塊コークスの鉬石への混合装入、高反応性焼結鉬の使用などの原燃料品質の改善が必要と考えられている。

1.6 高炉の改修と長寿命化技術

1.6.1 技術の動向

国内では1995年以降の10年間で16基の高炉が改修火入れされた。炉末期でも競争力を維持すべく改修時に最新の技術を適用し、技術のスパイラルアップを図ってきた。高炉改修時に適用された最近の主要技術は炉容拡大、長寿命化、鋳床作業の機械化、及び改修工期短縮である。

1.6.2 炉容拡大

生産要請に対応すべく、多くの高炉で改修時に炉容拡大が図られている。炉容拡大は改修費用抑制のため炉の高さをあまり変えず炉径の拡大で達成されている。操業実績から判断すると、高さが低く炉径が大きいタイプの方が通気の面で優位であり増出鉄には有効である。高炉基礎や櫓の大幅な変更なしで経済的に炉容拡大するケースでは、薄壁化の効果と併せて炉容拡大率は約20%程度となっている。

1.6.3 長寿命化技術

高炉改修に併せて炉寿命の律速部位であるシャフト部と炉底部に対して長寿命化対策をとってきた。

図1.5に国内高炉の炉寿命の推移を示す。1970年代前半迄に火入れした高炉の寿命は5年から7年程度であったが、直近では操業技術の進歩とあいまって出鉄比を低下させること

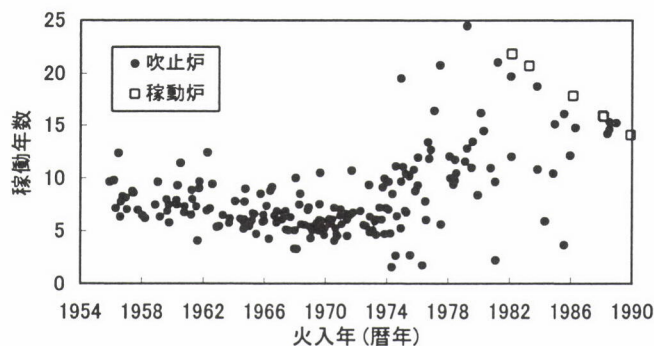


図1.5 国内高炉の炉寿命推移

なく約15年に延長されており、25年に達する高炉も出現してきた。この結果、高炉の累計出鉄量は最高で $15,000\text{t/m}^3$ 超レベルに達している。

- (1) シャフト部の長寿命化対策；1969年にソ連よりステープを導入して以来、耐久性向上のため種々の改善を図ってきた。第4世代ステープではステープにレンガを鋳込むことにより前面レンガを不要とし、高炉の稼動プロフィールの変化をミニマム化することによる操業安定化を図ってきた。直近では更なる冷却強化を目的に銅ステープが採用され、適用範囲も拡大してきている。炉内ガス温度を $1,200^\circ\text{C}$ と仮定すると、リブ先端の最高温度は約 200°C となり、母材強度が維持できる温度レベルにある。ステープ取り替え等の補修技術の進歩も加わり、シャフト部は今後寿命律速部位でなくなることになる。
- (2) 炉底部の長寿命化対策；炉底部の長寿命化対策として、冷却強化とカーボンレンガの材質向上を図ってきた。炉底側壁部では出鉄口下部の最侵食部位で冷却強化型の鋳鉄ステープや銅ステープを採用し、冷凍機による冷却水温度の低減も図っている。カーボンレンガ材質の改善としては、主に熱伝導率向上と細気孔径化による耐溶鉄性向上を指向してきた。高炉吹き止め後の炉底カーボンレンガのコアーサンプリングでは、従来材質では炉内稼動面側約 300mm の部位に脆化層が認められたが、細気孔径化されたカーボンレンガでは溶鉄の浸透や脆化層が認められず、材質改善の効果が確認されている。更に改善を加えたカーボンレンガが現在稼動中であり、今後は一層の炉底寿命延長が期待できる。

1.6.4 鋳床作業の機械化

鋳床作業の省力化及び快適性を狙って、機械化、遠隔操作化を実施してきた。マッドガンと開孔機のハイパワー化により高品質マッドが使用可能となり、出鉄滓作業の効率が向上した。小型モニター画面や大型スクリーンを使用した鋳床機器の計器室からの遠隔操作化が図られ、傾注樋切替え作業の

自動化も採用され始めている。

1.6.5 改修工期短縮

改修期間中の減産を抑制すべく、工期短縮のため重量物搬出装置を使用した大ブロックリング工法が最近採用されている。マンテルを水平方向に3～4ブロック程度に切断してステーブとともにリング状で撤去し、据え付け時は事前にリング状に組み立てた後に槽内に取り込むものである。この大ブロックリング工法採用により、130日程度であった改修工期が90日を切るようになり、60日台を達成した例もある。事前に良好な環境で溶接作業ができることから、溶接品質向上や安全性の面でも大きな効果がある。

1.6.6 まとめ

改修時に炉容拡大、機能改善、工期短縮等の新技術を採用し、生産性や操業安定性向上に寄与してきた。高炉長寿命中で特に成果が著しく、今後は高出鉄比を維持しつつ25年以上の寿命が期待できる。

1.7 コークス炉における非微粘結炭の多量使用技術

1.7.1 現行コークス炉での非微粘結炭の多量使用技術

コークス製造コストの低減およびコークス用原料炭の利用拡大の観点から、非微粘結炭を多量に使用する技術の開発が進められてきた。非微粘結炭の特徴は、文字通り粘結炭と比較して石炭が軟化する温度域での熔融性指数が低いいため、単独の使用では石炭粒子間の接着が不足するため良質なコークスが得られないことにある。このため粘結炭に一部混合して使用するのが一般的である。しかし非微粘結炭を多量使用した場合はコークス強度が低下するため、非微粘結炭を多量使用するためには何らかの石炭の事前処理が必要である。一般にコークスは一種の多孔材料であると考えられるため、その強度は主に(1)基質強度、(2)気孔率、(3)コークス内の亀裂や欠陥に支配される。このため非微粘結炭を配合した場合に影響するこれら要因を改善することで多量使用が可能となり、その手段として石炭の事前処理技術が開発されてきた。以下に具体的な上記要因を改善する事前処理を中心にその技術を紹介する。

まず最初に基質強度の改善に関しては、その改善方法は少ない。石炭に良質の粘結剤を添加しコークス強度向上に応じ非微粘結炭の使用増を図ることが一つの方法であるが、良質な粘結剤の量が限定されるという課題がある。またコークス排出時の最終乾留温度を上昇させることも考えられるが、1,000℃程度に高温乾留されている場合はそれ以上コークス

温度を上昇させても基質強度の改善効果は小さい。

気孔率の改善では、石炭装入時の嵩密度を上昇させることが有効である。石炭の装入嵩密度が上昇すれば、乾留後のコークスの気孔率が低下しコークス強度が向上、換言すれば非微粘結炭が多配合できることになる。嵩密度を上昇させる方法には幾つかあるがその代表的な方法は、①成形炭配合法、②調湿炭法・乾燥炭法である。成形炭配合法は、粉碎した石炭の一部約30%にバインダーを添加した後成形し、高密度の成形炭を未成形の石炭(粉炭部)と混合して装入するものである。成形炭配合では非微粘結炭の多量使用は可能であるが、コークス炉装入時の成形炭偏析に起因する炉壁へのカーボン付着や押し出し時の発塵発煙などの課題をかかえているのが実情である。これに対して調湿炭法や乾燥炭法は石炭の水分を低下させることによって粉体流動性を向上させ装入嵩密度を上昇させる方法である。調湿炭法は搬送や装入時の微粉の発塵を防止するため、水分を5～7%に調整したものを装入する方法である。乾燥炭法は流動床設備で微粉炭と粗粒炭とに分級するとともに水分を2～4%程度にまで乾燥させ、分級した微粉炭はバインダーを添加後成形し粗粒炭とともに装入する方法である。この方式では水分低下による嵩密度向上に加え成形物添加による嵩密度向上が図られ、結果として非微粘結炭の多量使用が可能である。水分を低下させる方法においてもカーボン付着の増加を招くため、その有効な除去技術の開発が望まれている。

コークス内の亀裂・欠陥の改善では、石炭粒子同志の接着性を改善させる方法がある。前記した装入嵩密度向上技術や粘結剤添加がその方法である。また石炭中の不活性成分を微粉碎し乾留過程で発生する亀裂を抑制する分級粉碎法も実施されている。

その他の非微粘結炭多量使用技術としては、排出したコークスを乾式消火する設備(CDQ)内で均熱やスタビライズによりコークス強度が向上する効果を用いる方法がある。

このように非微粘結炭の多量使用を目的として種々の事前処理技術などを単独あるいは組み合わせて実施しており、今後とも前記したコークス強度の支配要因を旨く改善すれば非微粘結炭の多量使用は可能と考えられる。

1.7.2 次期コークス製造技術における非微粘結炭の多量使用技術

次期コークス製造技術として検討されたものに成形コークス製造法やSCOPE21がある。成形コークス製造法は、成形炭を製造するが、成形炭配合法と異なりコークス炉やシャフト炉に成形炭のみを装入してコークスを製造する方法である。高嵩密度の成形炭を装入するためコークス強度は高く非微粘結炭を多量に使用することが可能である。また