

現場技術報告

熱風制御弁を用いた新高炉操業

Advanced Blast Furnace Operation with the Hot Blast Flow Control Valves

NKK京浜製鉄所

脇元一政・中村博巳・石井邦彦

大河内巖・築地秀明*・下御領伸一

1. 緒言

NKK京浜製鉄所では、高炉羽口毎の支管風量を制御する熱風制御弁^{1) 2) 3)} (Hot Blast Flow Control Valves 以下HBFCVと略す) およびその制御システムを開発し実操業へ適用している。

本システムの活用により、合理化を志向した弾力的な操業が可能となるだけでなく、高炉の長寿命化を目的とした操業にも効果を発揮している。

本報では、このHBFCVの適用技術として、1) 炉底熱負荷制御、2) シャフト下部付着物除去について取り上げ、以下に報告する。

2. 概要

2.1 HBFCVの構造

- Fig.1にHBFCVの構造を示す。本バルブの基本仕様は、
- (1) 弁体構造として、構造および軸シール施工が容易なバタフライタイプを採用
 - (2) 弁体材質は高温(1300℃)・高圧(5kgf/cm²)・高流速(250m/s)の熱風に耐え得ることが可能
 - (3) バルブ開度(100~0%)に対し、風量比(100%~36%)の範囲で羽口支管風量比の制御が可能であり、現在、京浜1高炉(4907m³)には、羽口全数(40本)に設置されている。

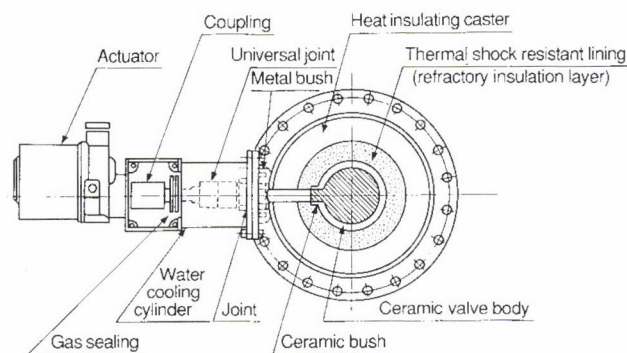


Fig.1. Structure of HBFCV.

2.2 コントロールシステム

京浜1高炉でのHBFCVの設置状況をFig.2に、コントロールシステムの操作画面の一例をFig.3に示す。本コントロールシステムの基本動作機能には、

- (1) 円周のある特定方向のバルブをある一定時間絞る方法
- (2) 一斉または特定方向のバルブを周期的に開閉を繰り返す方法
- (3) 羽口毎に、設定された風量またはバルブ開度に制御する方法があり、これらは全て制御室からの遠隔完全自動制御である。

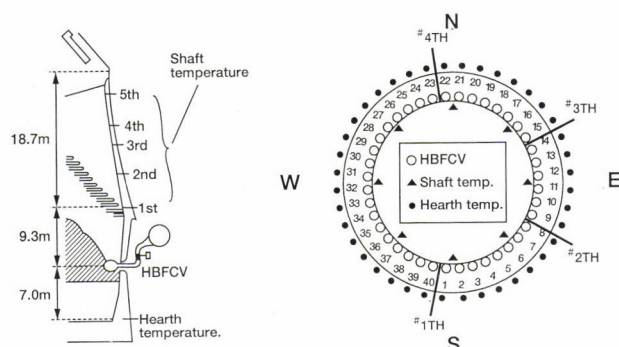


Fig.2. Schematic layout of HBFCV at Keihin No.1 BF.

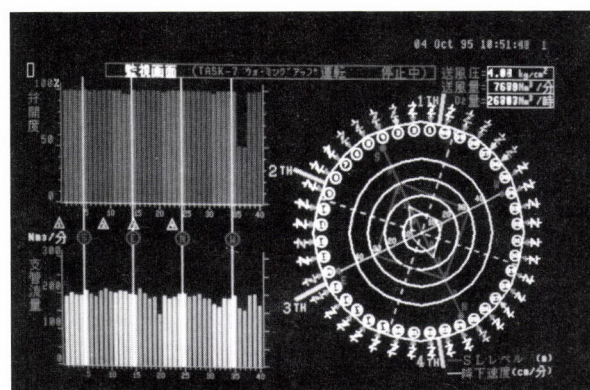


Fig.3. Display view of HBFCV control system.

1995年11月17日受付 (Received on Nov. 17,1995)

* Hideaki Tsukiji (Keihin Works,NKK Corporation,1-1Minamiwatarida-cho Kawasaki-ku Kawasaki 210)

3. 炉底熱負荷制御

従来、高炉の炉底側板温度が上昇した場合、1)炉頂部よりTiO₂源鉱石の装入、2)冷却の強化、3)マッド充填量の増加、4)羽口の閉塞、5)出鉄比の低下等の手段がとられてきた。しかし、これらの方法は燃料比増加等といった高炉操業への悪影響が大きい。これらの問題を解決すべく、当所ではHBFCVを活用した炉底側壁保護操業を実施している⁴⁾。

Fig.4に炉底側板温度上昇時のHBFCVの使用例を示す。温度の上昇している炉底側壁の直上のHBFCV3本を開度50%まで絞ることにより、側板温度の上昇は抑制され、数日後には下降傾向となる。炉底侵食モデルを用い、図中A、B両期間における侵食ラインを推定した結果を、Fig.5に示す。

A期間では炉底脆化層の侵食が進行し、B期間では逆にHBFCV使用による侵食の抑制と保護層の成長を示唆している。(図中斜線部)

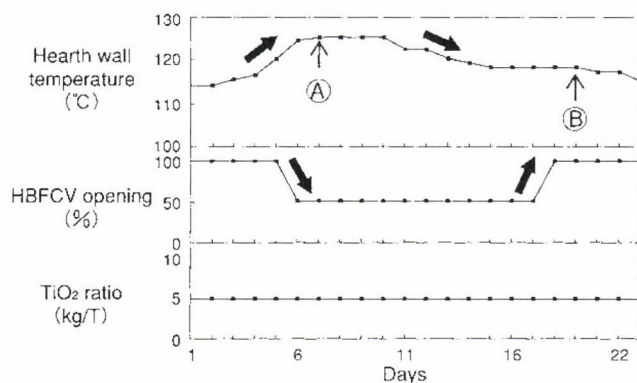


Fig.4. An example of heat load control at hearth wall with HBFCV.

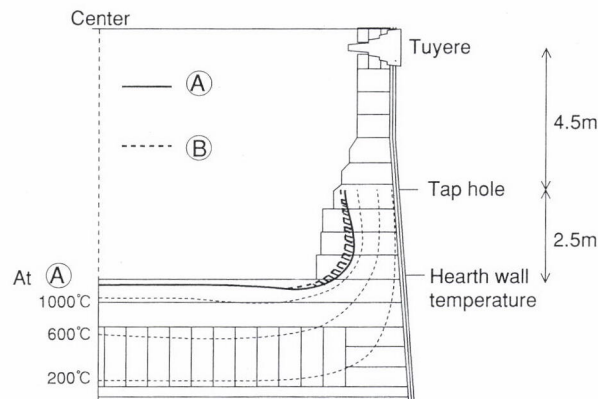


Fig.5. Comparison of erosion line calculated by mathematical model.

物質・熱収支から算出したHBFCV使用時の投入熱量の変化をFig.6に示す。HBFCVの開度を絞ることにより、当該羽口の投入熱量は減少し、結果として炉底側板温度の上昇を抑制しているものと考えられる。当所では、炉底側板温度が所定管理値に達した場合に、本アクションを実施しているが、従来の羽口径の変更あるいは閉塞等の手段と比較しても同等の効果をj得ている。

またFig.7に、炉底側板温度上昇時の投入TiO₂量の実績を従来技術とHBFCV活用技術を比較して示す。

HBFCV使用により、大幅にTiO₂源鉱石の投入が抑制されており、省資源の観点からも、合理化操業に大きく寄与している。

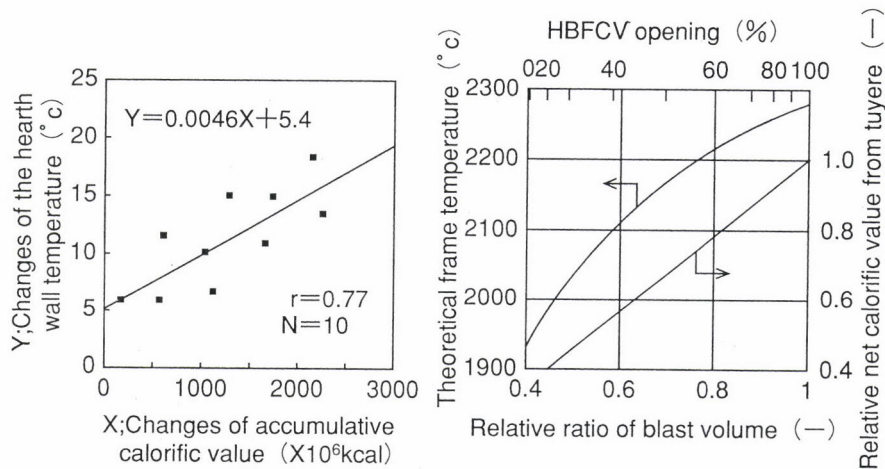


Fig.6. Mechanism of heat load control with HBFCV.

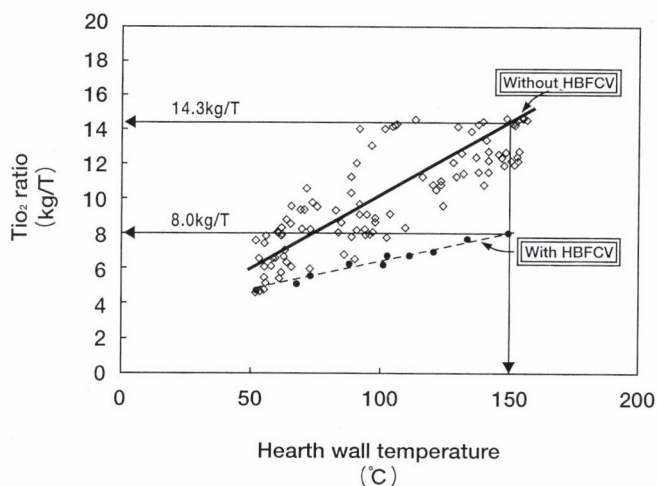


Fig.7. Effect of HBFCV on charged TiO₂ ratio.

4. シャフト下部付着物除去

高炉操業では装入物の降下状態を安定に保つことが重要である。

シャフト部への付着物の生成は円滑な装入物の降下を阻害するため、その生成を防止するとともに、生成した付着物の除去を行うことは必要不可欠である。

さらに、経年劣化による炉体プロフィール悪化時は付着物による操業への影響は大きくなる。

このため、従来は1)周辺部のO/C低下によるガス流の周辺流化、2)炉内熱レベルの上昇、3)スラグ塩基度の低下、等のクリーニング操業を実施し、場合によっては大幅な減尺による付着物除去が必要となる事もあった。

このため、当所では、定常操業継続下で付着物除去を実施すべく、HBFCVを活用している。

その結果の一例をFig.8に示す。

付着物の成長した方向の羽口のHBFCV (3~5本) を風量比70%まで低下させるが、この場合、付着物除去の所要日数は平均13.5日で、HBFCVを用いない場合の19.7日に比較し、大幅に短縮されているのがわかる。

この付着物除去機構について以下に考察した。

2次元数学モデルを用いて、HBFCVを絞った場合の装入物の降下速度と炉内温度分布の結果をFig.9に示す。HBFCVを絞った場合の計算条件として、風量減によるシャフト下部からレースウェイ至る炉壁近傍の装入物の降下速度の減少と、レースウェイ深度の縮小を考慮した。

これより溶融帯と考えられる1200℃~1400℃の範囲は、HBFCVを絞ると、炉壁近傍で上昇している。

すなわち、HBFCVを絞った方向のシャフト下部の炉壁近傍では、降下速度の減少により熱流比が低下し、融着帯根部が上昇し、炉壁付着物の除去が可能となったと推察される。

次に、HBFCVの操作方法の最適化について検討した。Fig.10より、シャフト1段温度が停滞しないうちに（付着物が小さい）HBFCVを使用すると、付着物除去に要する日数は短縮可能であることがわかった。(A<B<C)

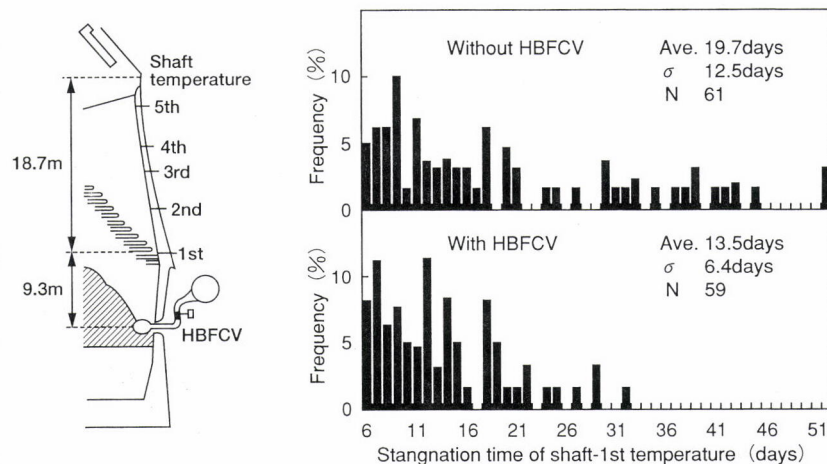


Fig.8. Effect of HBFCV on removal of shaft scab.

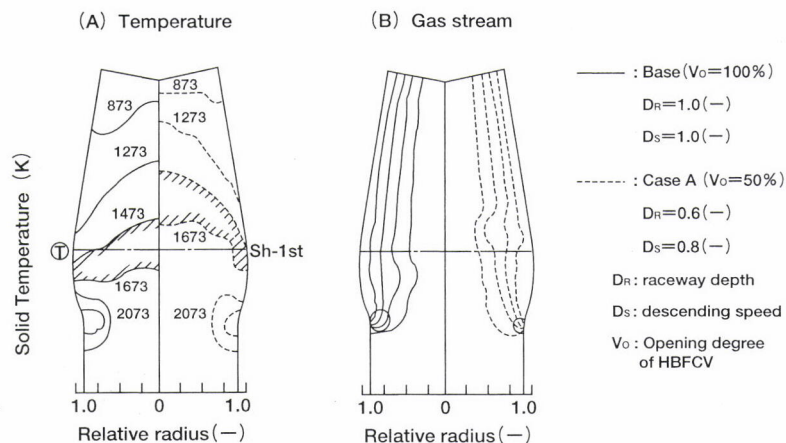


Fig.9. Effect of HBFCV opening on temperature distribution by two-dimensional model.

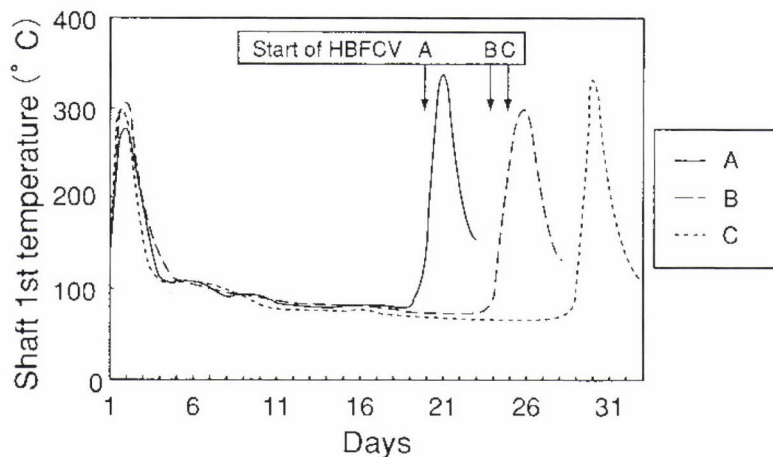


Fig.10. Typical transition of shaft temperature at 1st level with HBFCV for scab removal.

さらにFig.11に、HBFCV使用開始時のシャフト温度とHBFCV使用時間の関係を示すが、両者には良好な負の相関が認められる。

この関係を用いることにより、当所では、シャフト1段温度の推移を管理し、75℃以下で沈静化する場合、HBFCVを操作し約24時間で確実にシャフト温度を上昇させ、炉下部の活性化を図っている。

本方式は、従来技術法での燃料比、銑中Sの上昇といった操業への悪影響もなく、安定操業維持には必要不可欠と考える。

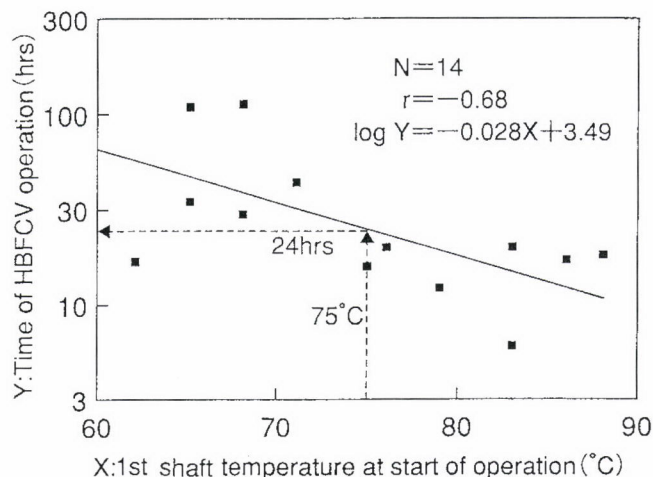


Fig.11. Relationship between shaft temperature at 1st level and operational time with HBFCV.

5. 結言

高炉羽口毎の支管風量を制御するHBFCVおよびその制御システムの実操業への適用技術として

1) 炉底側壁煉瓦保護、2) シャフト下部付着物除去について取り上げ、その効果の検証、最適操作方法の確立を行った。従来法に比較し、高炉操業への影響度、経済的効果の優位性が認められ、京浜1高炉の安定操業に貢献している。

今後、自動制御のため、さらなるシステムのレベルアップを図っていく予定である。

参考文献

- 1) 山岡洋次郎ほか、考案者、日本鋼管ほか、出願人：特公昭63-065730
- 2) 中島龍一、岸本純幸、堀田裕久、石井邦彦、木村亮介、山本修一：鉄と鋼,76(1990),p.1466
- 3) H.Hotta,R.Nakajima,S.Kishimoto and K.Ishii:Ironmaking Proceedings of the AIME,Vol.48(1989),p.565
- 4) 渡辺芳典、服部道紀、山田裕、下村昭夫、石井邦彦、築地秀明：材料とプロセス,Vol.8(1995),p.242