名古屋第3焼結機における漏風低減対策

坂上 広明*

Improvement of Production by Decreasing Air Leak at Nagoya No. 3 Sintering Plant

Hiroaki SAKAUE

Synopsis : Air leak repairs were carried out to increase a production rate at the No. 3 sintering plant in Nagoya Works of Nippon Steel. 83 vol% of air leaks were found to be localized on pallet trucks and dead plates based on oxygen concentration measurement. Through deliberate repairs of such leakage, the sinter production rate was increased by 5 mass%.

Key words: sintering; air leak; repair; pallet; productivity; oxygen concentration.

1. 緒言

焼結機での漏風増加は焼結鉱の生産量低下に直結する課題である。漏風対策に関する報告は数多くあり^{1,2)}、その対策にあたっての方法論には漏風量の構成を把握し、漏風過多と判定された部位を効果的に補修するという考え方はほぼ確立されている。たとえば秋月ら¹⁾は、パレット台車廻りからの漏風量が全漏風量の81 vol%を占めることを見出し、パレット台車全数に徹底的なシール改良を施すことで、焼結鉱増産など顕著な成果を得ている。ただし焼結機には、排風設備のシール構造や排熱回収設備の有無、設備レイアウトなどの構造差があるため、漏風が発生しやすい部位が異なり、対策とその効果は焼結機ごとに異なる。本報告では、平成18年に新日本製鐵（株）名古屋製鐵所第3焼結機（以下、第3焼結機と呼ぶ）において実施した漏風対策の中で、特に焼結機パレット台車摺動部分の漏風判定方法の考案とその補修の結果得られた成果について報告する。

2. 漏風の定量化

2・1 漏風量の定義

第3焼結機の主排風設備のレイアウトをFig. 1に示す。焼結機の煙突から排出される排ガスは主排風と呼ばれる。主排風は漏風と有効風から構成され、漏風を設備の開口部等から侵入するエア、有効風を焼結原料層の直下で観測される焼成後の排ガスとそれぞれ定義すると式(1)のように示される。

$$(\text{主排風量}) = (\text{漏風量}) + (\text{有効風量}) \cdots \cdots (1)$$

また、原料層直下から煙突に至る主排風設備全体の漏風率および漏風量は式(2)および式(3)のように示される。

$$(\text{全体漏風率}) = (\text{煙突から排出される排ガス } O_2 \text{ 濃度} - \text{有効風 } O_2 \text{ 濃度}) \div (\text{漏風 } O_2 \text{ 濃度} - \text{有効風 } O_2 \text{ 濃度}) \cdots \cdots (2)$$

$$(\text{全体漏風量}) = (\text{主排風量}) \times (\text{全体漏風率}) \cdots \cdots (3)$$

Fig. 1. Nagoya No. 3 sintering plant.

平成20年6月23日受付 平成21年2月23日受理 (Received on June 23, 2008; Accepted on Feb. 23, 2008)

* 新日本製鐵（株）名古屋製鐵所 (Nagoya Works, Nippon Steel Corp., 5-3 Tokai-machi Tokai 476-8686)

Fig. 2. Schematic of sintering machine cross section.

ここで、有効風 O_2 濃度とは原料層直下の排ガス O_2 濃度であり、Fig. 1に示す焼結機の機長方向の平均、すなわち点火炉入側から排鉗部までのパレット台車直下の平均 O_2 濃度とする。さらに、有効風 O_2 濃度は漏風量算出の基点となる値であることから、Fig. 2に示すようにパレット台車の幅方向中央部直下で測定し、漏風影響を受けないよう配慮した。このような定義と前提を置くことで、原料層中の焼成反応に伴う生成ガス量や原料の持ち込み水分量の影響を除外でき、設備の開口部からの漏風量を正確に追求できる。

2・2 漏風量の構成

各部位から侵入する漏風が全体漏風に占める割合を評価するため、主排風設備を以下に示す5つの部位に区分し、各部位への入出の排ガス O_2 濃度測定値の差から部位ごとの漏風率を算出した。漏風量は、これに各部位出側の風量を乗じて算出した。ただし、焼結機の構造上、排ガス O_2 濃度の測定が困難な部位については、風速と断面積の直接測定などにより漏風量を算出した。

以下に、5つに区分した主排風設備の各部位における漏風量を、その漏風算出の手順に沿って記述する。

2・2・1 メインブロワーの漏風

メインブロワーより後流のダクト内は正圧となるため、ダクト内部へ侵入する漏風は基本的には無いと見なされるが、磨耗や腐食によりブロワーケーシングに開口部が形成される場合がある。実際に本調査では、メインブロワー入側と出側に0.2 vol%の O_2 濃度差があり、この値から漏風率が1.2 vol%と算出された。これにメインブロワー出側の風量約15,000 Nm³/minを乗じて、この部位の漏風量を180 Nm³/minと算出した。

2・2・2 メインダクトおよびサイクロンから侵入する漏風

この部位では磨耗や腐食による開口部が漏風の侵入原因となる。本調査では、メインダクト入側とサイクロン出側の O_2 濃度差が0.9 vol%あり、この値から漏風率を5.3 vol%と算出した。ここで、2・2・1で算出したメインブロワー出

Fig. 3. Illustration of measurement of rat hole size.

側風量とメインブロワーの漏風量の差14,820 Nm³/minがサイクロン出側風量であることから、これに漏風率5.3 vol%を乗じて、漏風量を780 Nm³/minと算出した。

2・2・3 ウインドボックスおよびウインドレグから侵入する漏風

ウインドボックス、ウインドレグと呼ばれる固定ダクトにおいては、主排風中のダストによる磨耗や、 SO_x 、 NO_x による腐食で開口部が形成され、そこからエアが侵入する場合がある。この部位では、まずウインドボックスごとに排ガス量と O_2 濃度を測定し、ウインドボックス全体でのガス量平均 O_2 濃度を算出する。この平均値と、全ウインドレグからの排ガスが合流したメインダクト内での O_2 濃度を比較し、その差から漏風率を算出する。本調査では両者の O_2 濃度がほぼ一致したため、この部位での漏風量はゼロと判定した。

2・2・4 原料層の空洞から侵入する漏風

パレット台車とパレット台車の接合部は、メタルタッチにより原料の落下や漏風を防止する構造となっている。焼結原料の噛み込みや摩擦によりメタルタッチ面が減耗すると、サイドウォール近傍の原料が抜け落ちて空洞となり、Fig. 2の右上に示すようなエア侵入が発生する。

Fig. 3に空洞開口面積の測定方法を示す。点火炉入側から排鉗部までの開口面積は合計で約1.0 m²あり、同時に熱線式風速計を用いて開口直上で直接測定した侵入エアの平均流速9.5 m/sを乗じ、温度補正により漏風量を540 Nm³/minと算出した。

2・2・5 パレット台車とウインドボックスとの摺動部から侵入する漏風

Fig. 1に示すように、焼結機の機長方向両端の点火炉入側と排鉗部の2箇所には、デッドプレートと呼ばれるエアシール装置がある。これは、移動するパレット台車底部に、固定されているウインドボックスから金属板を押し当てて漏風を防止する構造となっている。

また、Fig. 2の左中段に示すように、パレット台車の幅

Fig. 4. Analysis of air leakage at No. 3 sintering plant.

方向両端にはエアーシールバーと呼ばれる金属板があり、これをウインドボックスに押し当てて漏風を防止する。

これらは両者とも、エアーシール部分が常時摺動しているため、磨耗等によって漏風の侵入が増加する。これらの部分では、漏風量を直接測定することが困難であるため、他の部位の漏風量を算出した後、全漏風量から他部位漏風量を控除して算出した。

2.2.6 漏風量のまとめ

前項までの漏風量算出結果をFig. 4にまとめる。ここで、全体漏風率および漏風量は、有効風 O_2 濃度の実測値 7.3 vol%と煙突排ガス O_2 濃度 12.3 vol%との差から漏風率が 37.0 vol%、漏風量はこれに主排風量 15,000 Nm³/min を乗じて 5,590 Nm³/min と計算される。2.2.5 項で述べたパレット台車とウインドボックスとの摺動部（以下、焼結機摺動部と呼ぶ）からの漏風量は、この値からその他の部位の漏風量を差し引いた 4,090 Nm³/min と算出される。Fig. 4 の結果から、原料層の空洞（パレット台車間の漏風）と焼結機摺動部からの漏風量が、全漏風量の 83 vol% を占めることが判った。これは、秋月ら¹⁾の漏風調査結果と同様の漏風量構成であり、今後、焼結機の漏風を低位に維持するためには特に焼結機摺動部の管理が重要であると考えられる。

2.3 要補修パレット台車の特定

前項の結果より、漏風対策として焼結機摺動部を重点的に整備すべきであることが判明した。しかしながら、第3焼結機では常時 150 台以上のパレット台車を使用しているのに対し、常備される予備台車は 10 台ほどしかない。このため、パレット台車の漏風を効率的に低減していくには、交換すべき台車を事前に優先順位付けしておく必要が生じた。そこで、パレット台車全数の漏風状態と補修の要否について、以下の手順で評価した。

(1) Fig. 5 に示すようなガスサンプリング管を No. 9 ウインドボックスに設置した。No. 9 ウインドボックスに設定した理由は、事前調査において、排ガス中の水分および

Fig. 5. Schematic of oxygen monitoring equipment.

ダスト量が最も少なく、排ガス温度も 100°C 前後と比較的低温であるため、サンプリング管の閉塞や O_2 濃度計のトラブルを最小にできると考えたためである。

(2) サンプリング管から排ガスを吸引し、Fig. 6 に示すように排ガス中の O_2 濃度を連続モニタリングすることで、サンプリング管の上部を通過するパレット台車の主にエアーシールバーの漏風状態を把握した。

(3) パレット台車の交換台車が限られていることから、交換の要否を判定するための閾値を、排ガス O_2 濃度の平均値 + 3σ (99% の確率に対応する区間 3σ を採用) と設定した。この閾値を上回る台車は補修が必要と判定し、検出 O_2 濃度の高い順に台車交換の優先順位付けを行った。判定精度向上のため、パレット台車全数がサンプリング管の上方を 2~3 周ずつ通過するまで排ガス O_2 濃度を連続測定し、各周で再現性があることを確認した。

3. 漏風低減対策と効果

漏風低減対策として、デッドプレートの減肉・開口部に対しては鋼材溶接等による開口養生を、要補修パレット台車については交換・補修を集中的に実施した結果、約 8 vol% の漏風削減効果と約 5 mass% の焼結鉍増産効果が得られた。対策前後での有効風量と生産量との関係を Fig. 7 に示す。Fig. 7 中①の矢印は、デッドプレート補修の前後の変化を示すが、有効風量が増加せずに生産量だけが增加している。これは、点火炉入側のシール強化により点火炉内の炉圧が安定化し表層原料の着火が均一化したことと、排鉍側シール強化により焼結機末尾部の焼成状態が改善された結果によるものと考えられる。Fig. 7 中②の矢印は、パレット台車交換の効果を示しており、焼結機摺動部のシール性向上により有効風量が増加し、その結果、増産効果が得られたものと考えられる。

上記の成果を踏まえ、その後の操業においても次の 2 点を漏風低位安定化のための重点管理項目とした。

Fig. 6. Oxygen concentration variation with the time at the monitoring point in the No. 9 wind box.

Fig. 7. Production rate recovery after repair of dead plates and pallet trucks.

(1) 定期修繕時において、デッドプレート摺動面の目視点検を行い、不良発生時には補修を行う。

(2) 定期修繕前において、パレット直下 O_2 濃度の全数調査を実施して要補修台車を特定し、定期修繕時にパレット台車の交換・整備を行う。

4. 結言

第3焼結機において、漏風調査および低減対策を実施し、以下の知見と成果を得た。

(1) 全漏風量の83 vol%が焼結機の摺動部分であるパレット台車とデッドプレートから侵入していると判明した。

(2) 固定ウインドボックスにてパレット台車直下の排ガス O_2 濃度を連続モニタリングすることにより、パレット台車全数の漏風状態を把握した。

(3) パレット直下の排ガス O_2 濃度の高い順に台車交換の優先順位付けを行い、パレット台車の交換・整備を効率的に行うことで、漏風を約8 vol%低減するとともに約5 mass%の生産量向上の効果をえた。

文 献

- 1) H.Akizuki, Y.Nakajima, A.Suemori, Y.Yamaguchi, M.Okuyama, and K.Nakashima: *Tetsu-to-Hagané*, **73** (1987), S113.
- 2) M.Nakajima, S.Nunomura, Y.Hoshikuma, T.Funakoshi, K.Yamamoto, and K.Moriya: *Tetsu-to-Hagané*, **79** (1993), T93.