

川崎製鉄技報

KAWASAKI STEEL GIHO

Vol.18 (1986) No.1

焼結機の漏風防止対策とその効果

Countermeasures for Prevention of Air Leakage at Sintering Machine and Their Effect

高島 暢宏(Nobuhiro Takashima) 高橋 博保(Hiroyasu Takahashi) 菅原 実
(Minoru Sugawara) 田中 邦宏(Kunihiro Tanaka) 小松 広和(Hirokazu Komatsu)

要旨：

千葉製鉄所第4焼結工場における焼結機の漏風防止対策として、エアーシールバーとエアーシールボックス間およびエアーシールバーとスライドヘッド間への新型シール取り付けなどの設備面への改造を行うとともに、操業面でも高FeO操業の実施による排鉱部の排ガス温度上昇などを図った。その結果、ブロー電力や加熱炉燃焼ガス量の低下などのメリットが得られただけでなく、主排ブローの能力を増加させることなく、増産操業が可能になった。また、漏風防止対策の効果を評価するために、漏風量の有効な把握方法についても検討を加えた。

Synopsis：

Countermeasures for prevention of air leakage at the sintering machine were executed in both equipment and operation in Chiba No.4 Sintering Plant. For example, improvement were made, on the equipment side, by attaching a new type seal between air seal bar and slide bed and, on the operation side, by switching over to high-FeO sinter operation to raise the temperature of the exhaust gas at the discharge end. As a result, great advantages were obtained not only in the costs reduced of electric power and furnace fuel but also in an increase in productivity without increasing the capacity of the main blower. In addition, a useful means of finding out the air leakage volume was investigated to evaluate the effects of countermeasures for prevention of air leakage.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

Countermeasures for Prevention of Air Leakage at Sintering Machine and Their Effect



高島 暢宏
Nobuhiro Takashima
千葉製鉄所 製鉄部製
鉄技術室



高橋 博保
Hiroyasu Takahashi
千葉製鉄所 製鉄部製
鉄技術室 主査(課長)



菅原 実
Minoru Sugawara
千葉製鉄所 製鉄部原
料処理課 課長



田中 邦宏
Kunihiro Tanaka
千葉製鉄所 設備技術
部機械技術室 主査(課
長)



小松 広和
Hirokazu Komatsu
千葉製鉄所 保全部製
鉄整備課 掛長

1 結 言

最近の焼結工場では、排熱回収設備の設置を中心とした省エネルギーが進み、焼結操業上も、各製鉄所内のエネルギー事情を反映したコストミニマム操業が実施されている。現段階において、省エネルギーに関する大きなテーマとして残っているのは、漏風量の低減である。漏風量を低減させることは、ブロワーの省電力、脱硝加熱炉燃焼ガス削減などの省エネルギーに直結するばかりでなく、生産性の向上など種々の操業改善につながる。

今回、千葉製鉄所第4焼結工場設備および操業の両面から漏風防止対策をとり、顕著な成果を得たので報告する。

2 焼結工場の設備構成と用役コスト

第4焼結工場の設備構成を Fig. 1 に示す。排ガス処理工程には脱硫および脱硝設備があり、成品焼結鉱の冷却工程には排熱回収設備がある。したがって、粉コークス原単位、ブロワー（主排風+脱

要旨

千葉製鉄所第4焼結工場における焼結機の漏風防止対策として、エアースीलバーとエアースीलボックス間およびエアースीलバーとスライドヘッド間への新型シール取り付けなどの設備面への改造を行うとともに、操業面でも高 FeO 操業の実施による排鉱部の排ガス温度上昇などを図った。その結果、ブロワー電力や加熱炉燃焼ガス量の低下などのメリットが得られただけでなく、主排ブロワーの能力を増加させることなく、増産操業が可能になった。また、漏風防止対策の効果を評価するために、漏風量の有効な把握方法についても検討を加えた。

Synopsis:

Countermeasures for prevention of air leakage at the sintering machine were executed in both equipment and operation in Chiba No. 4 Sintering Plant. For example, improvement were made, on the equipment side, by attaching a new type seal between air seal bar and slide bed and, on the operation side, by switching over to high-FeO sinter operation to raise the temperature of the exhaust gas at the discharge end.

As a result, great advantages were obtained not only in the costs reduced of electric power and furnace fuel but also in an increase in productivity without increasing the capacity of the main blower.

In addition, a useful means of finding out the air leakage volume was investigated to evaluate the effects of countermeasures for prevention of air leakage.

硫+脱硝)電力、脱硝加熱炉での燃焼ガス使用量ならびにクーラー回収蒸気量を総合した用役コストがミニマムになるように、焼結操業は実施されねばならない。漏風量変化の用役コストミニマムに及ぼす影響は Fig. 2 に示すように、漏風量低減がコストに大きな影響を与えることがわかる。

一方、当焼結工場では、設備保護のために、次に示す制約条件がある。

- (1) 排ガス系設備の酸腐食対策として、EP (Electrostatic precipitator) 入側排ガス温度を 115°C 以上にする。
- (2) ダクト強度およびブロワー特性から、主排風ブロワー入口の負圧を 1950 mm H₂O 以上にしない。

また、排風量変動に対しては、主排風ブロワーと直列にある脱硫ブロワー回転数の調節により、主排風ブロワー吐出側圧力をコントロールして対処している。したがって、排風量低減効果がブロワー電力の低下に効率良くつながる。

* 昭和60年11月5日原稿受付

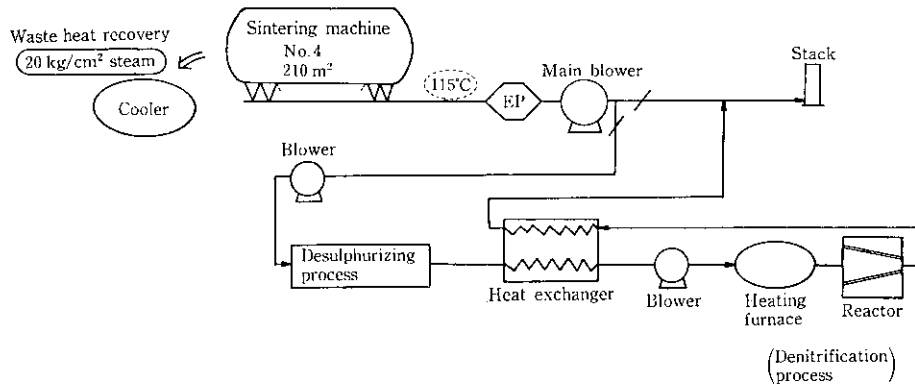


Fig. 1 Chiba No. 4 Sintering Plant

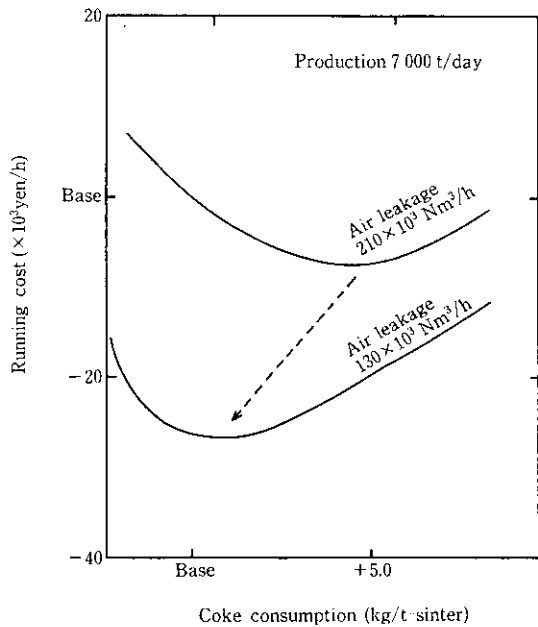


Fig. 2 Change of running cost by decrease of air leakage

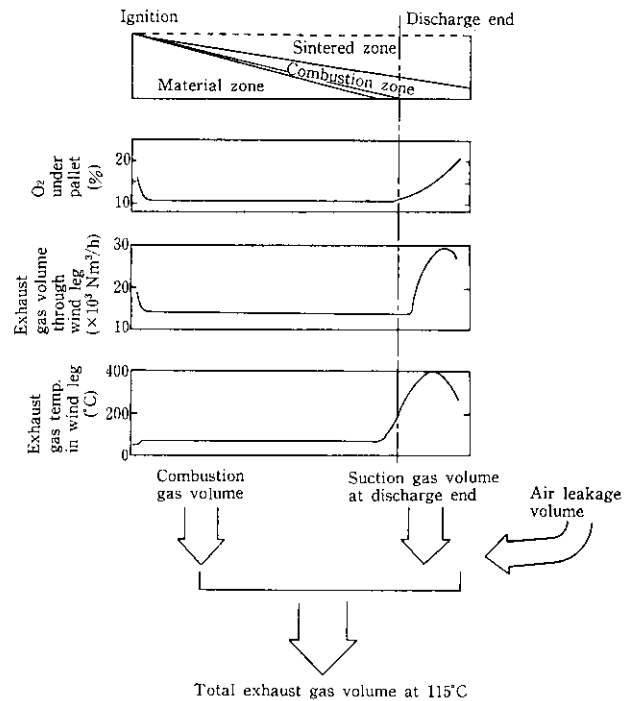


Fig. 3 Exhaust gas distribution

3 焼結操作における漏風量の考え方

3.1 排風量の構成

Fig. 3 に示すように、排ガス風量は3つに区別できる。

- (1) 焼成風量……ストランド内の熱伝達と粉コークスの燃焼に必要な風量（焼結過程に必要な風量）
 - (2) 排鉱部吸引風量……ストランド上で焼結鉱を冷却している風量
 - (3) 機械的漏風……機械的間隙から吸引される風量
- (1), (2), (3) のそれぞれの排ガスの特徴を Table 1 に示す。

Table 1 Classification and characteristics of exhaust gas

Symbol	Classification of exhaust gas volume	Temperature (°C)	O ₂ content (%)	Factors
Q _A	Combustion gas volume	60~70	11~12	Production quantity (Amount of sinter mix)
Q _B	Suction gas volume at discharge end	300~500	15~21	Burn through point
Q _C	Mechanical air leakage volume	0~30	21	Gap or opening area

ここで、排鉱部吸引風量は、排ガス温度を 115°C 以上にするために、焼成風量と機械的漏風とのバランスより決められ、BTP（焼成完了点）の位置により制御される。したがって機械的漏風の低減により、相乗効果として、排鉱部吸引風量は低減される。また、コークス配合比を増加させた場合も、排鉱部の排ガス温度上昇により、吸引風量は低減する。

以下、機械的漏風に加えて、排鉱部吸引風量も焼結操作における漏風とみなして、その合計を漏風量として定義した。

3.2 漏風量の把握方法

焼結過程に必要な焼成風量の理論的考察はなされているが^{(1),(2)}、柴田らは、

$$V_0 = C_s / C_g \dots\dots\dots (1)$$

V₀: 単位原料重量当たりの焼成風量

C_s: 固体比熱 (kcal/kg·deg)

C_g: ガス比熱 (kcal/kg·deg)

の関係を導き、Heat wave を層の上端から下端まで動かすのに必要な風量は、層厚および吸引圧によらず一定で、それは焼成する前

から決まっていると述べている。言い換えると、実機操業範囲で C_s/C_g はほぼ一定と見なせるので、パレット上に装入した原料重量に比例して、焼成風量は変化する。

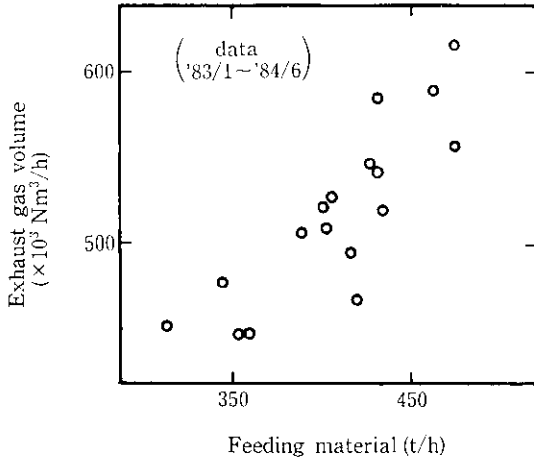


Fig. 4 Relation between feeding material on pallet and exhaust gas volume

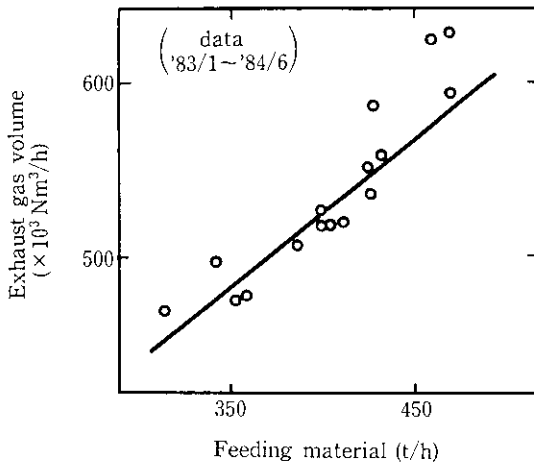


Fig. 5 Relation between feeding material on pallet and exhaust gas volume with correction of exhaust gas temperature and air temperature

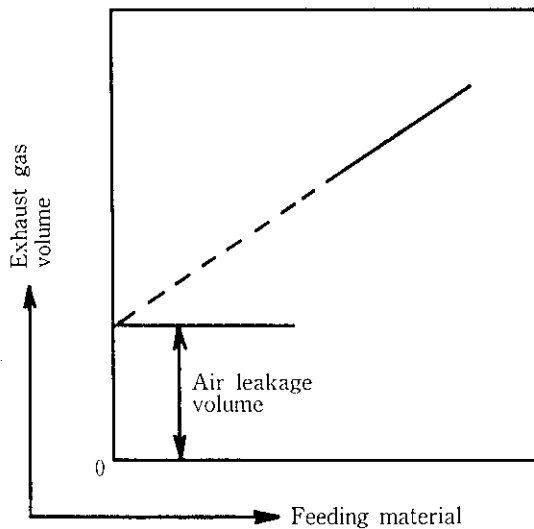


Fig. 6 Definition of air leakage volume

この考えを基に、第4焼結工場の実機操業結果を整理したのが、Fig. 4である。データは、昭和58年1月から昭和59年6月までの月間平均値である。Fig. 4から、季節による吸引大気温度の変化および排ガス温度変化による排気部吸引風量の変化を補正したのがFig. 5である。排風量は装入原料重量と正相関の関係にある。この直線の切片と勾配は、それぞれ漏風量と焼成風量原単位とみなせる (Fig. 6 参照)。つまり、この直線に沿った変化は増減産に伴う必然的な変化であり、漏風量の変化はこの直線の y 軸方向のずれで把握される。

4 漏風防止対策

焼結機における漏風防止対策の考え方と実施内容について述べる。

4.1 移動装置の機械的漏風

移動装置には、次のような特徴がある。

- (1) 102台のパレット(吸引部分は40台)は、連続的に動作しており、パレットに通常取り付けであるエアシールは、スライドベットの床上を、吸引部分で60mスライドする。
- (2) パレットに取り付けてあるサイドウォールは、隣りのサイドウォールと接触しながら動作するために、摩擦しやすい。また、約1時間周期に点火装置内に入り、上部に熱を受ける(1000°C)のために、熱応力が繰り返しかかることになり、熱変形を起こしたり、クラックが生じやすい。
- (3) 微粉鉄鉱石や微粉焼結鉱が多い雰囲気中を移動する。

したがって、漏風防止対策として、第1に考えなければならないことは、

- (1) パレットの車輪、エアシールおよびスライドベットの相対的な位置関係が基準値内になるように調整する。
- (2) サイドウォールの分割部分を少なくするとともに、熱応力と熱変形に強い材質および構造を開発して、クラック発生をなくし変形を少なくする。

ことであり、一方で、それらの変位に対する設備診断技術を確立し、かつメンテナンスが容易な構造に改造して、早期に、無駄のないメンテナンスを実施することである。

しかし、これだけでは、漏風量のあるレベル以下に抑えるのは困難である。第2には、どうしても存在する小さな間隙に対する対策が必要であり、新しいシール装置を開発して設置しなければならない。新しいシール装置が、漏風防止に有効であるには、次の条件を満たすことが要求される。

- (1) 微少な変位の変動に対して、安定な接触性を維持できるシール、つまり柔軟で迅速な動作が可能なシール材質、シール構造で、漏風の方向を考慮したシールタッチ方法であること。
- (2) シール設置場所の雰囲気に適していること、つまり多少のダストが噛み込んでシール動作に影響がないこと、雰囲気温度に耐える材質であること。

4.2 固定部の機械的漏風

固定部(排ガスダクトなど)での漏風は、大部分が腐食穴あきによる。この対策としては穴あき箇所を補修するしかないが、技術的には腐食穴あきの発生頻度を低下させることが重要である。鉄皮内表面温度を露点以上に保持するための排ガス温度管理と局部的に温度が上がらない部分に対する耐腐食性ライニングを施すことが、漏風防止対策の中心になる。

4.3 ストランド上で焼成に寄与しない風量

ストランド上を通過するが、焼成には寄与しない風量の大部分は、前述した排鉱部吸引風量であるが、その他にサイドウォール壁近傍などの通気の不均一性に起因する風量がある。排鉱部吸引風量は、4.2 で述べた腐食穴あき防止対策の排ガス温度確保のために必要であるが、その風量を低減させるために、排鉱部の排ガス温度を上昇させることは漏風防止に有効な手段である。

また、通気の不均一性に対しては、サイドウォール壁近傍の原料を圧密充填したり、パレットの幅方向および機長方向での均一原料装入や均一着火により、通気抵抗を均一にすることが重要である。

4.4 漏風防止対策の実施内容

第4焼結工場で、昭和59年9月以降に実施した漏風防止対策を列挙すると以下のとおりである。

- (1) 機械的漏風対策 (Fig. 7 参照)
 - (a) エアーシールバーとエアーシールボックス間へのシール取り付け
 - (b) エアーシールバーとスライドベッド間のシール取り付け
 - (c) エアーシールボックスとパレット間へのシール取り付け
 - (d) サイドウォール一本化
 - (e) サイドウォール端面、パレットとの接触面へのシール取り付け
 - (f) 排ガスラインへの腐食防止対策
- (2) ストランド上を通過する漏風防止対策
 - (a) 排鉱部の排ガス温度上昇 (高 FeO 操業への移行²⁾)
 - (b) 給鉱部改善 (ドラムフィーダー、サブゲート制御)
 - (c) 圧密充填装置の有効活用 (サイド押えローラー等)
 - (d) ラインバーナーによる均一着火³⁾

以上の漏風防止対策を Fig. 8 にまとめて示した。

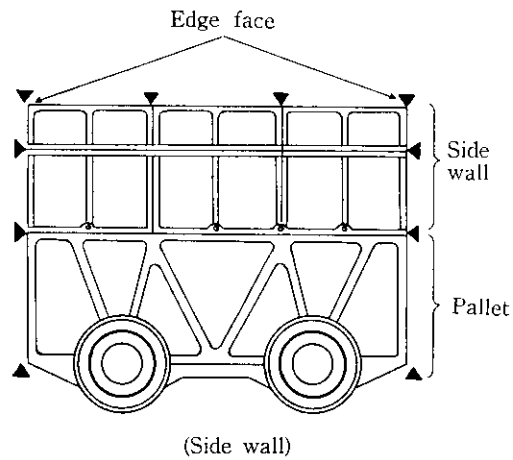
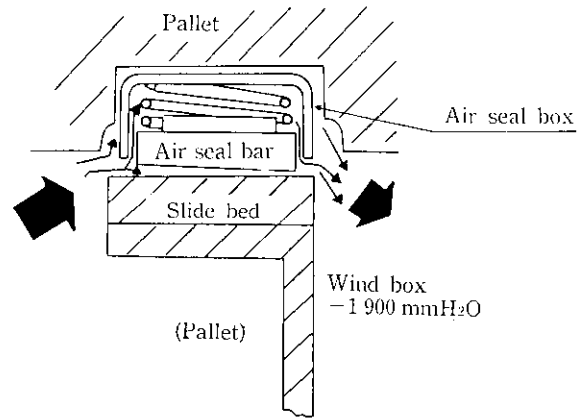


Fig. 7 Example of countermeasure for prevention against air leakage

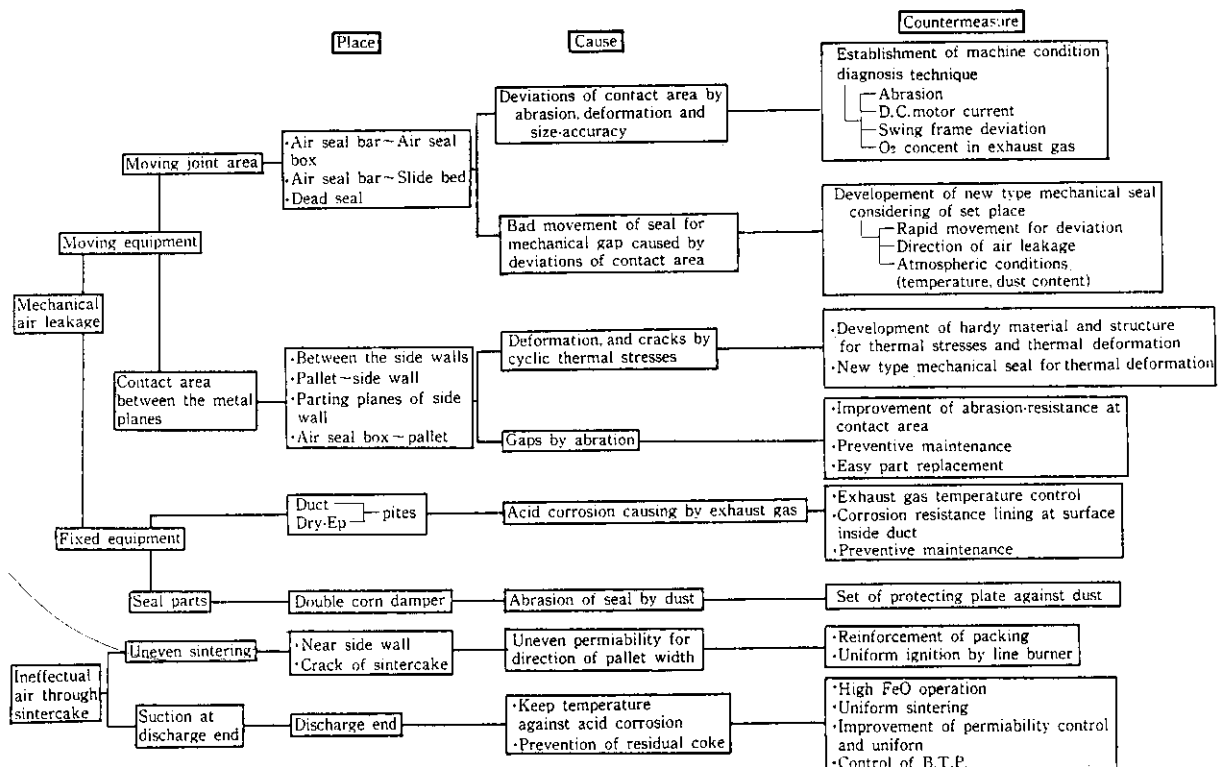


Fig. 8 Concept diagram for prevention of air leakage

5 漏風防止効果

5.1 漏風量の低減

パレットとサイドウォールに施した新しいシール方法の漏風防止効果を確認するために、#8 ウィンドレグ（焼結機中央）での排ガス O₂ 濃度を測定した結果を Fig. 9 に示す。なお、測定センサーは、掘場式磁気式 O₂ 計を使用した。明らかに、漏風防止対策を実

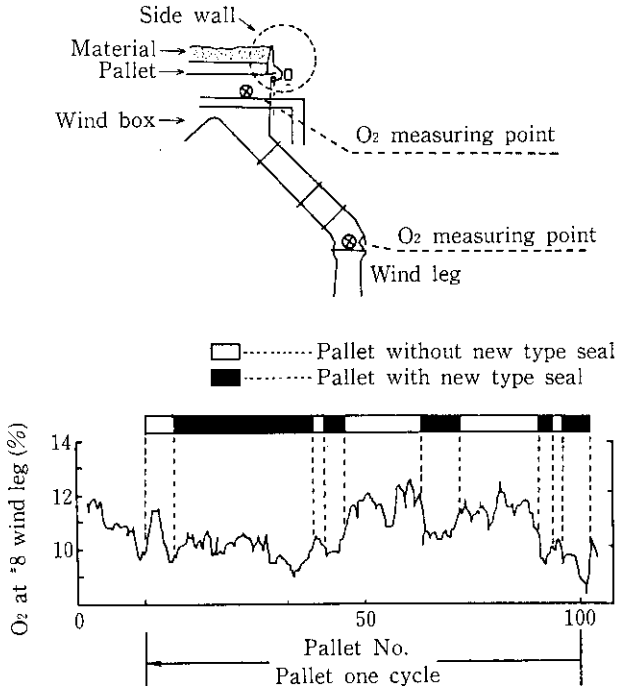


Fig. 9 Effect of new type air seal

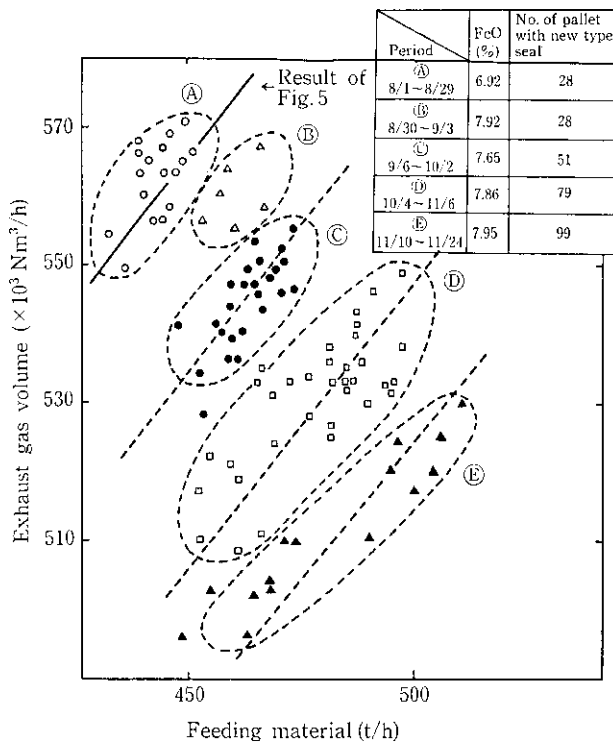


Fig. 10 Change of relation between feeding material on pallet and exhaust gas volume by air leakage decrease

施した部分の O₂ 濃度の低下が顕著であり、効果があったことがわかる。

漏風防止対策の実施経緯と、各段階別の装入原料重量と排ガス量の関係を Fig. 10 に示す。各データは日間平均値である。各期間で、(A) と (B) は高 FeO 操業への移行を示し、(C)~(E) は改造型パレットおよびサイドウォールの使用台数の推移を示す。第4焼結工場ではパレットを 102 台使用しており、(E) の段階ではほぼ全数にわたって改造を施したことになる。

ベース期間の (A) は Fig. 5 の直線関係上にあり、(B)→(E) に従ってこの直線の傾きが一定のまま y 軸方向に平行移動している。これは、3.2 で示したように、焼成に参与しない漏風量が低減したことを示しており、その低減量は $79 \times 10^8 \text{ Nm}^3/\text{h}$ (排ガス総量の 14% に相当) である。

5.2 漏風量低減の効果

Fig. 10 に示した期間と 85 年 1 月、2 月にかけての漏風量低下の推移を Fig. 11 に示す。(E) 期間以後、漏風量は低く維持されている。

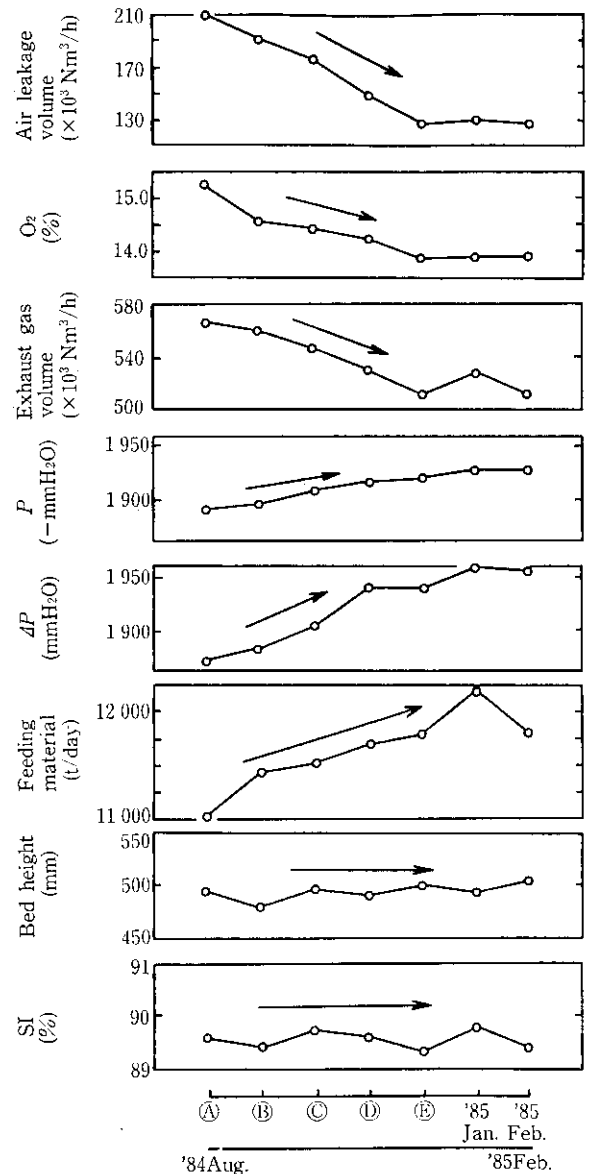


Fig. 11 Transition of sintering operation with air leakage volume

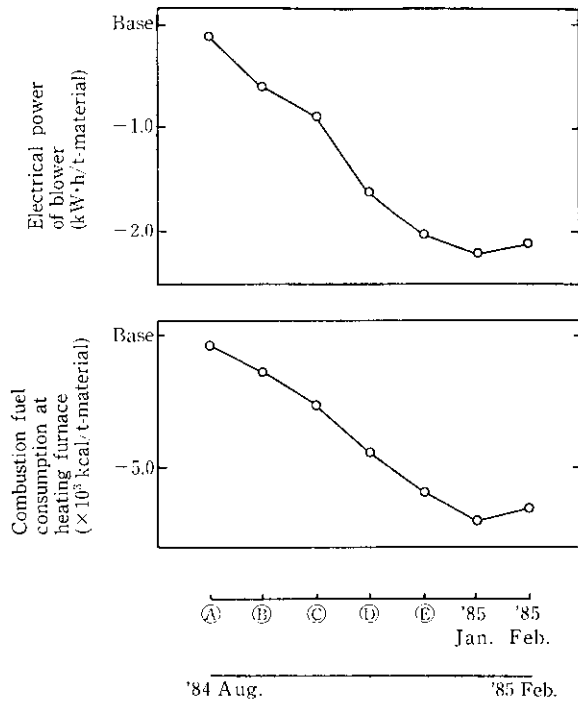


Fig. 12 Transition of fuel consumption and electrical power (main+desulphurizing+denitrification)

漏風量低減に伴う変化として、排ガス O₂ 濃度、排ガス風量、主排ブロー入口負圧、主排風機の吸引側と吐出側の圧力差の推移を同図に示している。漏風量低減に対応して、O₂ 濃度は 13% 台まで低下し、排ガス風量低下や圧力変化も、主排風機のブロー特性曲線に沿った変化になっている。また同図に、装入原料重量、層厚、シャッター強度の推移を示す。漏風量低減に伴い、層厚一定で増産が可能になったことがわかる。ブロー（主排+脱硫+脱硝）電力原単位と加熱炉Mガス原単位の推移を Fig. 12 に示す。単位原料重量 (t) 当たり、それぞれ 2 kW·h、6 000 kcal の低減効果となった。

6 結 言

千葉製鉄所第4焼結工場において、パレットやサイドウォールなどの設備面を中心に漏風防止対策を実施するとともに、操業面でも高 FeO 操業や給鉱部のきめ細かな改善を実施することにより漏風量を大幅に低減させた。

その効果として、電力コスト、加熱炉燃料コスト等で大きなメリットを得るとともに、主排風機の能力アップを図らずに増産操業が可能になった。

参 考 文 献

- 1) 浜田尚夫, 小坂橋寿光, 岡部俠児: 鉄と鋼, 58 (1972) 12, 1567
- 2) 柴田充蔵, 和島正巳, 相馬英明, 松岡 宏: 鉄と鋼, 70 (1984) 2, 178
- 3) 才野光男, 高橋博保, 高島暢宏, 菅原 実, 佐藤幸男, 荒谷復夫: 鉄と鋼, 71 (1985) 4, S27
- 4) 二上伸宏, 中村 勝, 田中邦宏, 佐藤幸男, 竹原亜生, 篠崎佳二: 鉄と鋼, 70 (1984) 12, S757