

討 6 焼結操業における還元崩壊性の制御因子に関する検討

川崎製鉄(株) 千葉製鉄所 大島位至 原田崇試 老山大輔 渡辺実
技術研究所○佐々木晃 国分春生

1. 緒 言

近年、高炉プロセスにおいてはスラグ比の低減、ガス利用率の向上、焼結プロセスにおいては副原料使用量の低減といったコスト削減の意味から、焼結鉱の低SiO₂、低FeOが指向されてきた。このような背景は近年の減産傾向とともに焼結鉱品質、特にRDIを悪化させる方向に作用してきており、RDI制御技術の確立が重要な課題となっている。そのため原料および操業の両面からRDIの変動原因に関する調査と対策を進めてきた。本報では、これらの調査より原料および操業の両面において得られたRDI制御のための評価指数の有効性とプロセスへの応用例を示す。

2. 原料面におけるRDI制御因子

Fig.1にイスコール鉱石の配合割合およびRDIの推移図を示す。イスコール鉱石の増配に伴いRDIは悪化し、イスコール鉱石がRDIに悪影響を及ぼす鉱石であることを示している。

Fig.2に転炉滓配合比とRDIとの関係を示す。転炉滓の増配とともにRDIが改善されることを示している。このように原料特性がRDIに大きな影響を及ぼすため、原料配合段階でRDIを低位に安定させる配合を行なうことが望まれる。そこで代表的な焼結原料銘柄37種について粒度別化学成分を調査し、それらのベッド平均のRDIに及ぼす影響を重回

帰分析により求めた。その結果、細粒(-250μ)中のSiO₂および中間粒(2mm~250μ)中のAl₂O₃が有意性の高いものとして抽出された。そこで新たにこれら2因子を説明変数としてRDIに対する重回帰式を求め、定数項を除いた指数、Rpointを(1)式のように定めた。

$$R_{point} = -6.41 \cdot (-250 \mu SiO_2) + 255 \cdot (2mm \sim 250 \mu Al_2O_3) \quad (1)$$

ここで

-250μSiO₂: -250μ粒子中SiO₂量の全重量に占める割合(wt%)

2mm~250μAl₂O₃: 2mm~250μの粒子中Al₂O₃量の全重量に占める割合(wt%)

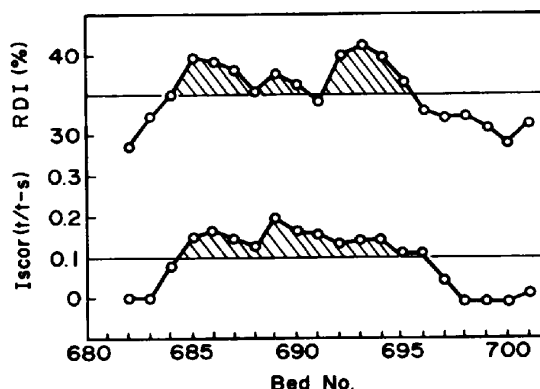


Fig.1. Changes of RDI and Iscor ore blending ratio at Chiba No.3 sintering plant

なお、Rpointの小さい銘柄ほどRDIは小さい値を示す。Table 1に一部の原料銘柄についてのRpointを示す。

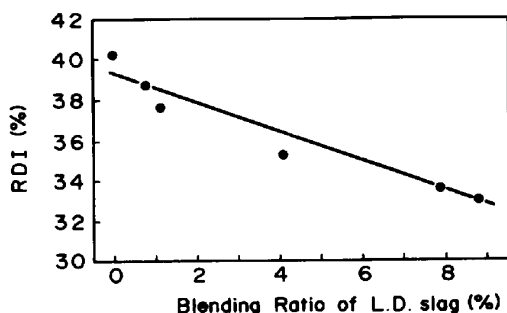


Fig.2. Effect of LD slag on RDI at Chiba No.4 sintering plant

Table.1. Rpoint of ores

Ore	-250μSiO ₂ (%)	2mm~250μAl ₂ O ₃ (%)	Rpoint
Newman	3.1	0.9	-17.5
Carol	2.6	0.04	-16.7
Hammersley	1.4	0.9	-6.7
MBR	0.2	0.2	-1.0
Iscor	0.2	0.6	0.3
Serpentine	6.0	0.6	-36.8
LD slag	4.1	0.9	-23.8
Dolomite	0.1	0.2	-0.4

Rpoint の小さい、つまり RDI に有利な銘柄としては副原料では蛇紋岩、転炉滓、また鉱石ではニューマン、キャロルなどが挙げられる。一方、Rpoint の大きい、つまり RDI に不利な銘柄としてイスコール、MBR などの鉱石を挙げることができる。以上の Rpoint による評価は経験上の原料評価とも良く一致しており、Rpoint が原料評価指数として有効であることがわかる。また配合原料の Rpoint については各銘柄毎の Rpoint を加重平均することにより得られる。Fig. 3 に配合原料の Rpoint および実績 RDI の推移図を示す。両者は良く対応しており原料特性の RDI に及ぼす影響が大きいことを示している。そのため原料配合に起因する RDI 変動を抑える意味から、RDI に不利な原料銘柄の使用制限、あるいは転炉滓などの副原料の適正な使用を行ない、現在では配合原料の Rpoint がほぼ一定となり、RDI の安定化に寄与している。

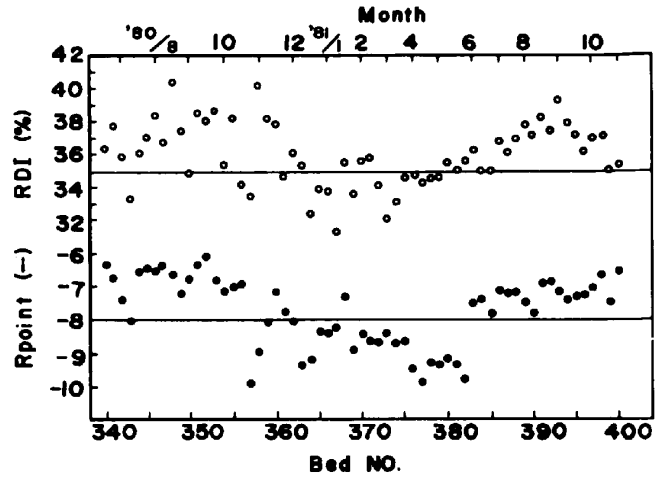


Fig. 3. Changes of RDI and Rpoint with time at chiba NO.4 sintering plant

3. 操業面における RDI 制御因子

3.1 コークス燃焼特性の RDI に及ぼす影響

操業面での RDI 制御については従来から主にコークス配合比の調整により対処してきた。Fig. 4 に同一原料ベッド使用時の配合原料中カーボン量と RDI との関係を示す。配合原料中カーボン量の増加とともに RDI が改善されることを示している。Fig. 5 に RDI, コークス配合比およびコークス平均粒径の推移図を示す。この図はコークス平均粒径の上昇により、RDI を悪化させないでコークス配合比を低減できた例を示しており、コークス粒径の増加が RDI の改善に有効であることがわかる。このようにコークス量のみならずコークス粒径も重要な RDI 制御因子であり、コークス原単位低減の意味から現在ではロッドミルによるコークスの破碎を停止し、平均粒径 1.5 mm で操業を行なっている。

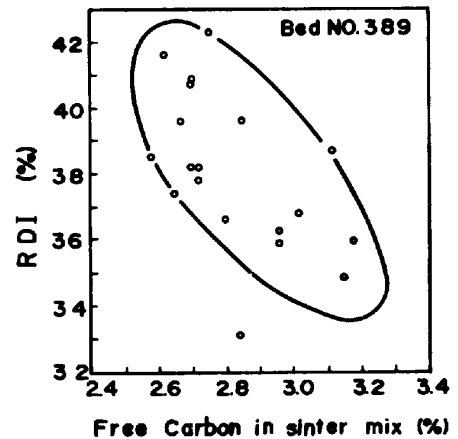


Fig. 4. Relation between free carbon in sinter mix and RDI

以上示したようなコークス量およびコークス粒径の RDI に及ぼす影響を熱履歴の面から明らかにするために、コークス量、コークス粒径および吸引風速を変化させた焼結鍋試験を実施した。この実験からコークス量の増加は主に層内最高温度を上昇させ、コークス粒径の増大は冷却速度を上昇させることによって RDI を改善することが明らかになった。また吸引風速を上昇させても RDI は改善されなかった。これは冷却速度が増加する一方、層内最高温度が低下し、両者の RDI に対する効果が相殺したためである。

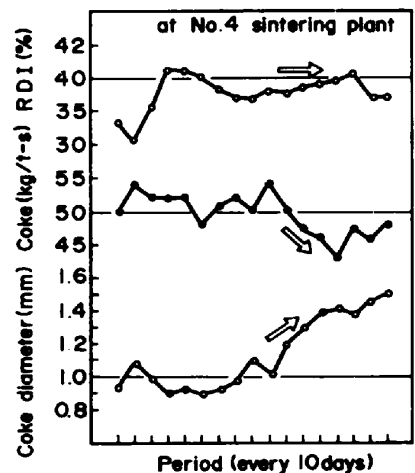


Fig. 5. Effect of coke diameter on RDI

このように熱履歴の RDI に及ぼす影響は、層内最高温度お

よび冷却速度によりほぼ説明可能であり、現在ヒートパターンに基づく品質管理を目的として実機での層内温度測定¹⁾、ならびに数式モデル²⁾による解析を進めている。

一方、この実験から単位風速あたりの燃焼前線進行速度、 FFS/Q が上述したようなコークス量およびコークス粒径の影響を統一的に説明できる指数であることがわかった。 FFS/Q は燃焼前線進行速度と吸引風速とを関係づける指数であり、以下に示すようにコークスの存在条件によってほぼ決定される指数である。すなわち、Fig. 6, 7に示すように、 FFS/Q はコークス量およびコークス粒径の増加により減少し、吸引風速によって変化しない指数であり

これが小さいほど RDIは改善される。

操業下での FFS/Q の評価については、風速分布モデル³⁾を適用することにより可能となる。なお、本モデルはFig. 8に示すように機長方向4点の吸引風速測定値から風速分布

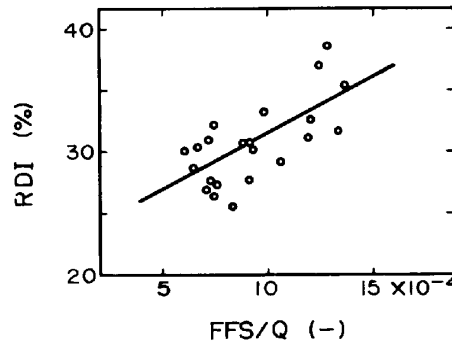


Fig. 7. Relation between FFS/Q and RDI

布、燃焼帯分布形状および FFS/Q などを出力すること

ができる。実機での微粉鉍石多配合テストにおける FFS/Q とRDIとの関係をFig. 9に示す。鋼試験結果と同様に FFS/Q が小さいほどRDIが改善されている。同様の結果は他の実機テストにおいても得られており、RDIの制御指数として FFS/Q が有効であることを確認できた。

以上のようにコークス量およびコークス粒径などのRDIに及ぼす影響は、ヒートパターンを特徴づける層内最高温度と冷却速度によってのみ説明されるだけでなく、コークスの燃焼特性を代表する指数 FFS/Q によっても説明可能である。これは、燃焼特性指数 FFS/Q がコークスの量、粒径などの存在状態と風量分布とを介してヒートパターンを決定づける指数であるためと考えられる。

特に最近の操業においては焼結鉍製造コスト低減の意味からコークス源が多様化してきており、結果的にコークスの量や粒径などの変動を引き起こしている。こうした状況下において両者の効果を統一的に評価できる指数 FFS/Q は、RDI制御を行なっていく上で有効であり、風速分布モデルによりオンラインでの算出を行なっている。

3.2 焼成の均一化によるRDIの安定化

焼結層内巾方向での焼成の均一化はより高度の品質制御を行なっていく上で重要である。

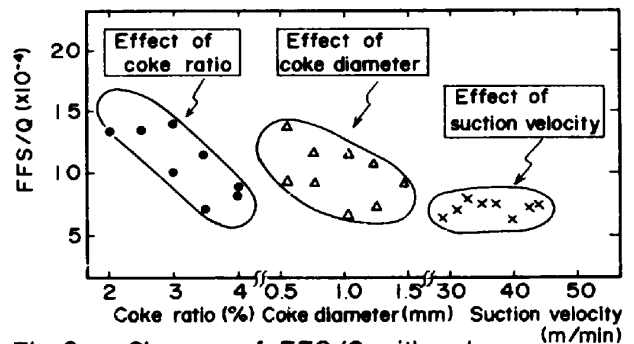


Fig. 6. Changes of FFS/Q with coke ratio, coke diameter and suction velocity

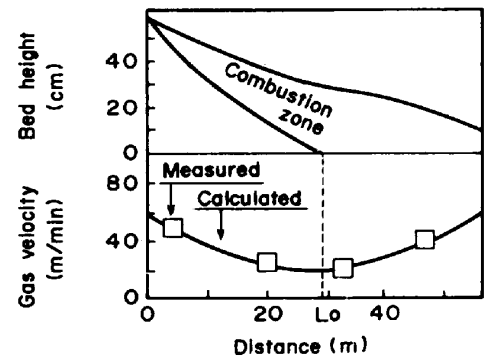


Fig. 8. Calculated gas flow distribution

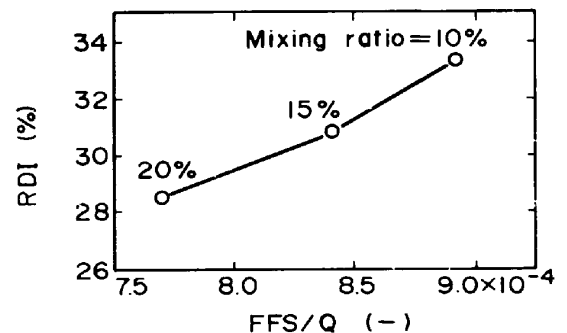


Fig. 9. Relation between FFS/Q and RDI

Fig.10 に R D I が悪化した時期にパレット抜きをして得られた焼結層断面での R D I 分布を示す。目視により通気良好と判断される部分では R D I は低く、逆に通気不良と判断される部分では R D I が高い値を示している。このように通気の不均一は結果的に高 R D I 領域を出現させる原因となり、R D I 低位安定の意味からも通気の均一化に留意する必要があることを示している。

当所では排ガス温度が最高となるウィンドボックス位置での巾方向の温度分布から通気の均一性を判断し、ドラムフィーダーの巾方向でのゲート開度を微調整することにより通気の均一化を図っている。

4. 結 言

当所においては従来より R D I の変動原因に関する調査を原料および操業の両面から進めてきた。この中で、原料面では粒度別化学成分の R D I に対する重回帰分析から得られた指数 R point を、また操業面ではコークスの量、粒径などの R D I に対する影響を統一的に評価できる、単位風速あたりの燃焼前線進行速度 FFS/Q を評価指数として見出し、実操業での R D I 制御に役立てている。

参考文献

- 1) 安本俊治, 田中周: 川崎製鉄技報, 13(1981), P. 540
- 2) 児子精祐, 木村充蔵, 一宮正俊, 安本俊児, 中島一鷹, 笠原工: 鉄と鋼, 68(1982), P. 2182
- 3) 国分春生, 佐々木晃, 渡辺実, 三木克之, 竹原亜生, 大島位至: 鉄と鋼, 68(1982)4, S40

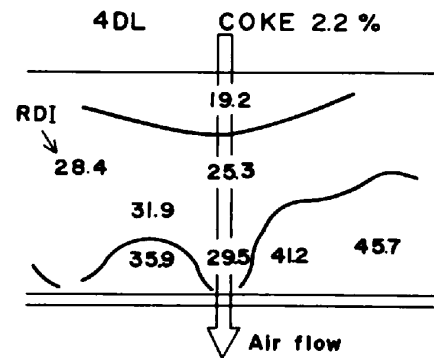


Fig.10. Schematic diagram of air flow in sinter bed