

討 4 焼結原料装入方法の改善

日新製鋼(株)呉製鉄所 清水三郎 竹内紀政 尾内武男
 魚 充夫 ○山本毅洋則

1. 緒言

当社は、焼結ベットの通気性・コークス燃焼性を改善するため 生石灰添加、コークス粒度改善、2次ミキサー増設等の設備操業改善を実施してきた。この結果 600 mm前後の高層厚操業が可能となり 原単位低減および品質向上を図ることができた。しかし 高層厚操業にともない、層高方向の品質のバラツキ増加および下層部の品質悪化が顕著になってきた。このため 装入部における粒度・コークス偏析の強化を図り、さらに高層厚化を指向するためS57.10より実物大装入装置により 種々の装入方法を検討してきた。本報告では 現在までの試験結果と実機における装入方法変更テスト結果について報告する。

2. 実物大装入装置による最適装入方法の検討

焼結原料の最適装入方法を検討するため、呉1焼結機装入部を幅方向のみ1/4に縮小した実物大装入装置を製作した。実機原料を2次ミキサー出側で抜き出し、設定した条件のもとで装入装置により装入したのち 層高別にサンプリングし 粒度・コークス分布および試験鍋による焼成テストを実施した。

Fig. 1 (A) Baseは、現状の原料装入方法であり この改善策として (B) 3分割装入 (C) 2分割装入 (D) 分割なし の装入テストを実施した。

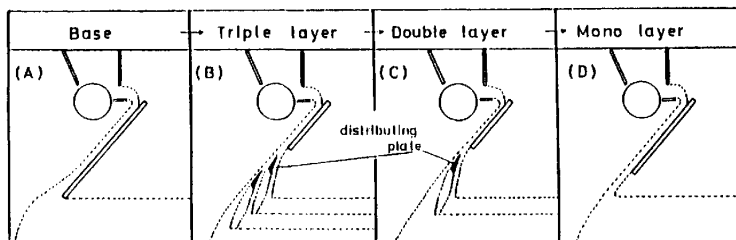


Fig.1 Comparison of feeding method

2.1 基礎テスト

3分割・2分割装入は 従来の装入方法と異なり プレート先端からの落下軌跡中に分級板をセットするため、装入・焼成テストにさきだち

基礎テストとして Fig. 2 に示す落下軌跡つまりプレート長さ(L)、角度(θ)および分級板位置(X, Y)を変えた場合の粒度偏析の変化を調査した。その結果、(Fig. 3 にはプレート長さ(L)、角度(θ)の影響を示す)

- ①分級板位置(高さ; Y)を変化させても、粒度偏析に顕著な効果はみられない。
 - ②プレート長さ(L)を長くすると、粒度偏析は強化される。
 - ③プレート角度(θ)は、プレート長さほど顕著な効果はないが、角度を小さくすると粒度偏析は強化される。
- 以上の結果から プレート長さを極力長くし $L = 1000 \text{ mm}$, $\theta = 55^\circ$ で3分割・2分割の装入・焼成テストを実施した。

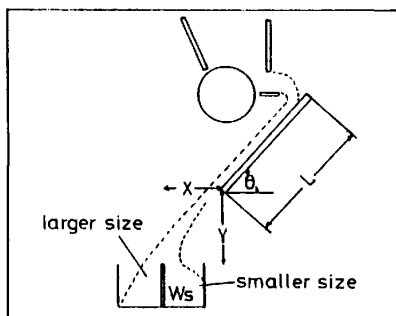


Fig.2 Investigation method of particle size distribution

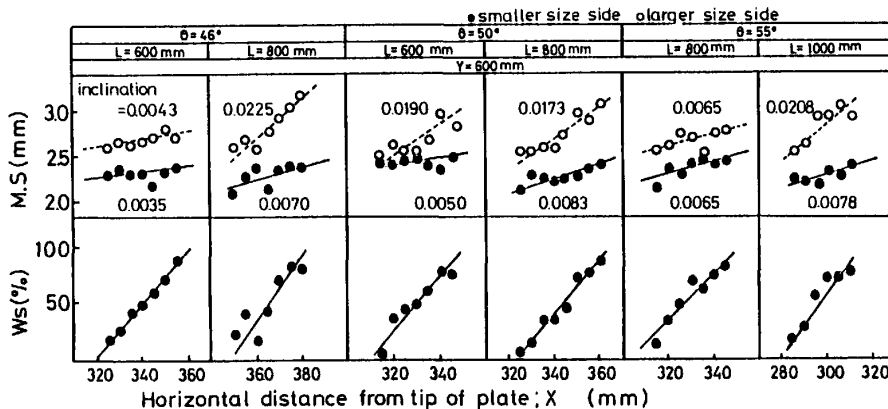


Fig.3 Comparison of particle size distribution in respective feeding condition

2.2 装入・焼成テスト結果

基礎テストの結果をもとに、3分割，2分割，分割なしの装入・焼成テストを実施した。その結果を Fig. 4 および Table. 1 に示す。

2.2.1 3分割装入

(1) 上層：中層：下層 = 1：1：1

ベースの粒度偏析に対し、3分割1：1：1の装入の場合、分割した各層が装入面において粒度偏析し各層の下層側に(Fig. 4 斜線部に示す部分)粗粒が偏析した。このため各分割境界で粒度・コークス量の断層が発生すると同時に下層部には過度の粗粒鉱石・コークスが偏析した。焼成結果は上・中層の粗粒偏析、断層により強度が低下し、またカーボンの下層部過剰偏析によりヒートパターンがブロード化し被還元性の悪化を招いた。

(2) 上層：中層：下層 = 1：2：1，1：2：3

上層への分割量を少なくして粗粒の逆偏析を減少させると、強度は向上するがやはり下層部カーボン過剰偏析により被還元性は悪化する。

2.2.2 2分割装入

3分割装入では、断層の発生が焼結性に悪影響をおよぼしていたので、分割数を減らした2分割装入を実施した結果、やはり強度が低下した。

2.2.3 分割なし

分割装入は断層の発生とカーボン過剰偏析により狙った効果が得られなかった。そこで、従来の装入状態に対しプレート先端の原料の滞留量を減少させ、装入面における偏析強化、軽装入を狙った分割なしの装入テストを実施した。この結果、粒度・カーボン偏析が強化され、強度、RDIはほぼ一定で被還元性が向上した。

以上のテスト結果から断層の発生しない分割なしの装入方法が効果的と判明したが、試験鍋で評価していない軽装入の効果も含めて焼結性の変化を調査するため実機装入方法変更テストを実施した。

3. 実機装入方法変更テスト

現状の装入方法はプレート上の原料付着等による幅方向の装入量の変動をプレート先端に滞留する原料で吸収しているが、プレート先端を装入表面から離して装入テストを実施した際装入量の変動は、顕著に装入表面形状、装入密度および焼結性の変動となった。このため、まず試験プレート用材料の選定を行った。

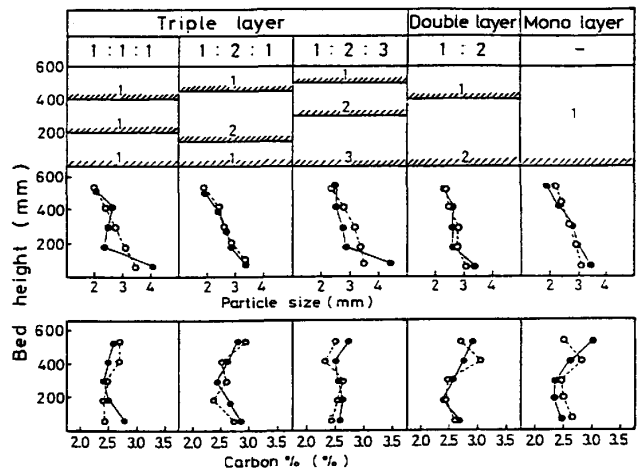


Fig.4 Particle size and carbon distribution in respective feeding condition (○Base ; ●Segregation feeding)

Table.1 Results of pot test in respective feeding condition

	Triple layer									Double layer			Mono layer		
	1:1:1			1:2:1			1:2:3			1:2			Base	Segregation	dif.
	Base	Segregation	dif.	Base	Segregation	dif.	Base	Segregation	dif.	Base	Segregation	dif.			
Charged density (-)	1	0.85	-0.15	1	0.87	-0.13	1	0.83	-0.17	1	0.88	-0.12	1	0.83	-0.17
S I	85.2	84.5	-0.7	80.6	81.1	0.5	83.0	80.7	-2.3	84.0	82.2	-1.8	80.8	80.4	-0.4
R D I	39.0	39.1	0.1	38.9	39.8	0.9	33.6	33.1	-0.5	34.7	35.8	1.1	32.1	32.4	0.3
R I	72.2	70.5	-1.7	74.1	72.1	-2.0	69.7	68.6	-1.1	68.7	71.0	2.3	66.6	68.5	1.9

3.1 試験プレート材料特性調査

プレート用材料としてセラミックA、B、C、鉄板、ゴム、溶融玄武岩を選定し以下の特性調査を実施した。(セラミックA、B、Cは品位、形状が異なる。各テストプレートの寸法はすべて300mmW×500mmLである。)

3.1.1 摩擦による抵抗の比較

(1) 動摩擦

各プレート角度30°で5mm以下の川砂3kgを流し、鉛直方向600mm落下時の水平方向の位置分布をFig.5に示す。また、Wrはプレート上に残った川砂の割合である。

○シュート先端からの落下距離 ; X

セラミックA	セラミックC	ゴム	セラミックB	鉄板	溶融玄武岩
(251mm)	(241mm)	(227mm)	(202mm)	(172mm)	(152mm)

○落下テスト後のシュート上残存割合 ; Wr

セラミックA、C	セラミックB	ゴム	鉄板、溶融玄武岩
(0.1%)	(0.6%)	(2.1%)	(5.3%)

(2) 静止摩擦

各プレート上に5mm以下の川砂3kgをセットしプレート角度を変化させた時の累積落下量の分布をFig.6に示す。

○静止摩擦抵抗

セラミックA、C	セラミックB、ゴム	溶融玄武岩、鉄板
----------	-----------	----------

3.1.2 付着量調査

各プレート角度30°で、焼結原料700kg/1枚流した時の付着量と付着原料粒度をFig.7に示す。

○付着量

セラミックA、C	セラミックB、ゴム	鉄板、溶融玄武岩
----------	-----------	----------

3.1.3 実機付着量、摩耗量調査

多量の焼結原料を流した場合の付着量および摩耗量を調査するため各プレートを実機装入部にセットした。この結果をFig.8,9に示す。

(1) 付着量 (Fig.8)

セラミックA、C、ゴム	セラミックB	鉄板	溶融玄武岩
-------------	--------	----	-------

(2) 摩耗量 (Fig.9)

付着量の多い鉄板、溶融玄武岩の摩耗量は正確に把握できないが、付着量の少ないプレートの摩耗量は以下のとおりである。

セラミックC、A	ゴム	セラミックB
----------	----	--------

以上のテスト結果から、セラミックA、CのうちセラミックCを使用した300mmW×500mmLの試験プレートを製作し、2台焼結機にセットして装入方法変更テストを実施した。

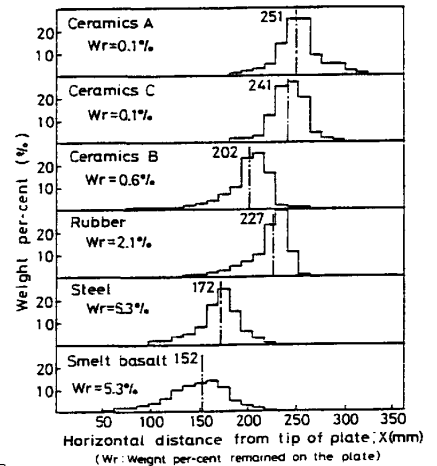


Fig.5 Comparison of frictional resistance

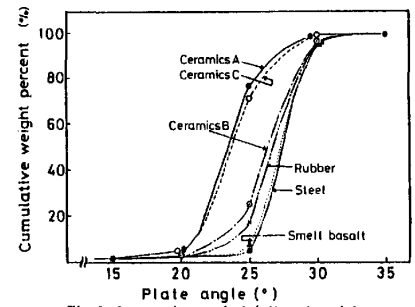


Fig.6 Comparison of frictional resistance

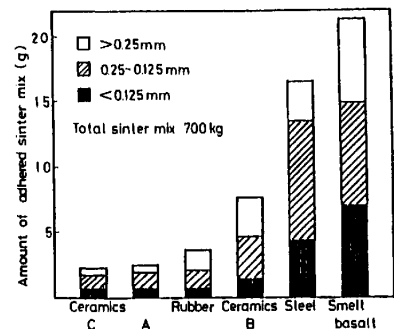


Fig.7 Comparison of amount of adhered sinter mix

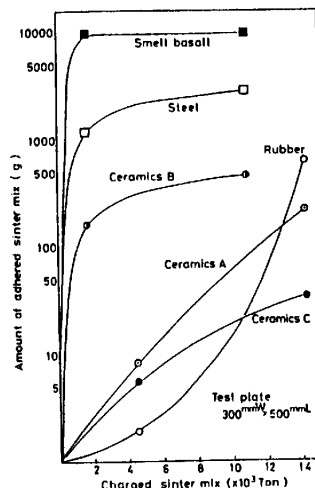


Fig.8 Comparison of amount of adhered sinter mix

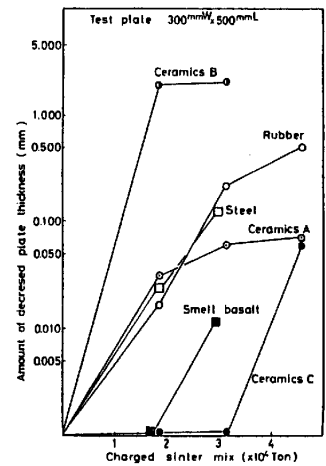


Fig.9 Comparison of amount of decreased plate thickness

3.2 装入方法変更実機テスト結果

3.2.1 テスト方法

Fig.10に示すように2焼結装入部にセラミック製のプレートをセットし条件1~4の装入方法変更テストを実施した。条件1は極力軽装入を狙い、条件2、3はプレートを装入面より離し、条件4では、さらにプレート角度を小さくした。

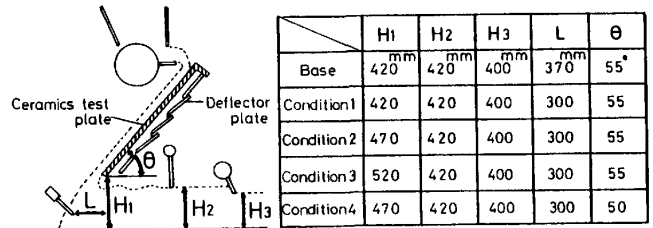


Fig.10 Testing condition

3.2.2 テスト結果

(1) 粒度・カーボン偏析 (Fig.11)

条件1では粒度偏析は強化されているが、条件2、3、4においては上層が若干粗粒化している。しかしカーボン偏析は条件1、2、3、4の順に著しく強化されている。

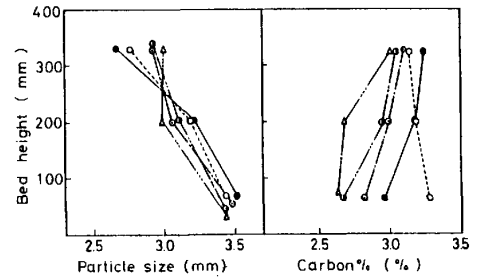


Fig.11 Particle size and carbon distribution in respective feeding condition

(2) 焼成状況 (Fig.12, 13)

Fig.12に各装入条件の下層部ヒートパターン、Fig.13に排鉱側の風速分布を示す。装入方法変更によるカーボン偏析の強化により、下層部ヒートパターンは低温、シャープ化し、下層部通気性向上により、排鉱側での風速の上昇も大きい。

(3) 焼成結果 (Table.2)

各装入条件での原単位、焼結性の変化をTable.2に示す。条件2、3、4で若干歩留が低下しているが、軽装入、カーボン偏析の強化により、強度を維持して配合コークス量低減が可能となり、この結果 R D I、被還元性が向上した。

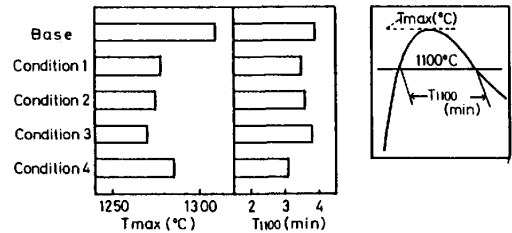


Fig.12 Comparison of heat pattern (lower layer) in respective feeding condition

(4) 設備上の問題点

今回の実機テストは短期間のためプレートクリーニング装置を設置せず付着・摩耗の少ないセラミックプレートを取り付け装入テストを実施したがセラミック目地およびプレートサイドへの付着発生により装入状態は変動した。今後この種の装入方法の採用に当たってはプレートクリーニング装置、プレート材質、装入状態の検出方法、フィードバック方法をさらに検討し実機化する必要がある。

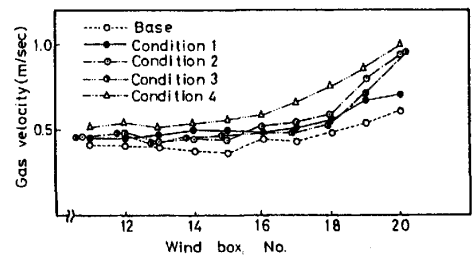


Fig.13 Comparison of gas velocity distribution in respective feeding condition

4. 結言

焼結原料の装入方法改善のため実物大装入装置により、最適装入方法を検討した結果、プレート先端を装入面から離れた装入方法が効果的と判明した。この装入方法の効果をさらに実機で確認するため、付着、摩耗の少ないセラミックプレートを実機に取り付けテストした。この結果、コークス原単位低減、R D I、被還元性向上の効果を確認したが、実機化に当たっては、設備面の再検討が必要である。今後は、これら検討を行ったのち1焼結装入部の改造を実施する考えである。

Table.2 Operating result in respective feeding condition

	Base	Condition1		Condition2		Condition3		Condition4	
			diff.		diff.		diff.		diff.
F F S (mm/min)	15.8	16.0	0.2	16.5	0.7	16.5	0.7	16.4	0.6
Product yield (%)	66.9	67.2	0.3	65.1	-1.8	64.7	-2.2	64.5	-2.4
Coke consump.(kg/t)	52.1	50.0	-2.1	49.8	-2.3	48.3	-3.8	47.9	-4.2
R D I	32.3	32.0	-0.3	30.9	-1.4	31.1	-1.2	29.0	-3.3
R I (%)	64.0	65.6	1.6	66.4	2.4	66.8	2.8	67.5	3.5
M S (mm)	20.2	21.1	0.9	21.9	1.7	20.5	0.3	21.7	1.5
S I	88.1	87.9	-0.2	89.0	0.9	88.4	0.3	88.2	0.1
FeO (%)	6.23	5.34	-0.89	5.89	-0.34	5.56	-0.67	5.26	-0.97
Bed height (mm)	400	400	-	400	-	400	-	400	-
Charged density(kg/m ³)	2.30	2.09	-0.21	2.21	-0.09	2.20	-0.10	2.22	-0.08
Coke breeze (%)	3.49	3.36	-0.13	3.24	-0.25	3.13	-0.36	3.09	-0.40