

(32) 高炉における高焼結配合試験

住友金属工業, 和歌山製鉄所

○重盛富士夫・岡村祥三・清水英男

Practice on Blast Furnace with High Sinter Burden Proportions.

Fujio SHIGEMORI, Shyōzō OKAMURA and Hideo SHIMIZU.

1. 緒言

焼結鉄の高炉生産性あるいは燃料原単位等におよぼす影響については、今日まで多くの試験結果が共同研究会等で発表されているが、その結果は各社によりかなり異なっている。当所においても昭和39年2月20日より第1高炉を対象として、焼結配合率 50, 75, 100%の計画的な配合試験を行なったので、この結果を報告し、高炉装入物評価を行なううえの一助としたい。

2. 試験条件

(1) 試験の対象は第1高炉 (1350m³) とし焼結配合率を 50, 75, 100%の3期間に分けて試験する。焼結バランス上、第2高炉 (1657m³) の焼結配合率は 90, 70, 50%の配合とする。

(2) 使用原料の影響を除くため、第1高炉には、第1コークスおよび第2焼結の成品を使用することとし期間中コークス、焼結での原料配合はほぼ一定とした。

(3) 原料バランス上生ずる生鉄石の銘柄変更は第2高炉で行ない、第1高炉は試験期間中変更しない。

3. 試験結果

3.1 焼結鉄およびコークスについて

Table 1 に試験期間中の焼結、コークスの性状を示す。第2焼結で①期に若干 Fe が低いが、これは硫粉の

一部にオーストラリア B grade を使用したため、焼結鉄性状はほぼ不動と考えて良い。

コークス性状も①期で F.C がやや高いが試験期間中変動はないと考えて良い。

3.2 高炉操業実績

Table 2, Table 3 に試験期間中の原料配合実績および操業実績を示す。

3.2.1 出鉄量と燃料比

各期における出鉄量および燃料比の差異を Table 4 に示すが、差異は 90% の信頼限界にある。

試験期間での焼結配合率と出鉄量および燃料比との関係は次式で示される。

No. 1 BF. $P = 0.00325S \cdot R + 1.374$

$F \cdot R = -0.76S \cdot R + 581$

No. 2 BF. $P = 0.00241S \cdot R + 1.400$

$F \cdot R = -1.24S \cdot R + 638$

P: 出鉄量 (t/d/m³)

F·R: 燃料比 (kg/t-p)

S·R: 焼結鉄配合率 (%)

第2高炉は原料条件が各期間で相異しているため、結果に対する信頼度は第1高炉の結果より小さいが、ほぼ同様の傾向を示した。

試験期間中のカーボンバランスの結果では、第1高炉において、ソリューションロス①期で 119.5kg/t-p のものが③期では 107.4 kg/t-p に低下している。また炉頂ガスの CO/CO₂ は 1.54 が 1.40 に低下しており、燃料比の低下の原因は炉内還元性が良好であったことによることを示している。

焼結配合率の影響を云々する場合焼結鉄と代替される

Table 1. Characteristics of sinter and coke.

Furnace No.	Period	Sinter				Coke							
		Fe(%)	FeO(%)	Reduction ratio (%)	Shatter index (%)	Size (%)		Ash (%)	V·M (%)	F·C (%)	S (%)	Drum index (%)	
						mm -5	mm 5~10					D ₁ ⁵⁰	D ₁ ¹⁵
No. 1 BF	①	59.32	9.85	—	82.1	6.9	15.3	8.8	1.0	90.2	0.58	33.4	93.5
	②	59.89	10.44	—	81.7	7.3	15.8	9.5	0.8	89.8	0.56	34.2	93.0
	③	59.61	10.33	—	81.8	5.9	15.3	9.3	0.8	89.9	0.55	31.1	92.4
No. 2 BF	①	58.92	11.64	56.8	81.1	5.2	20.8	9.2	0.8	90.0	0.56	—	—
	②	59.27	11.58	56.9	82.5	6.2	18.6	9.5	0.8	89.8	0.55	—	—
	③	59.20	11.66	59.6	81.4	6.5	21.6	9.4	0.8	89.8	0.55	—	—

Table 2. Burden proportion.

Furnace No.	Period	Burden proportions (%)						Burden (kg/t-p)				
		Sinter	Algar-robo	Asso-mang	Goa (L)	Eagle-Mt	Redi	Acari	Open hearth slag	Converter slag	Manganese ore	Lime stone
No. 1 BF	①	50	30.0	15.5	4.5				43	19	12	66
	②	74.6	14.5	6.1	4.8				42	18	12	37
	③	100.0							41	17	12	0
No. 2 BF	①	89.7	5.1				5.2			57	7	17
	②	70.4	13.6	4.5	3.6	5.9	1.3	0.7		44	14	38
	③	51.4	28.3	15.3	5.0					37	16	59

Table 3. Operation results.

Period	No. 1 Blast Furnace			No. 2 Blast Furnace			
	① 2/20~2/28	② 2/29~3/8 3/24~4/1	③ 3/9~3/23	① 2/20~2/28	② 2/29~3/8 3/24~4/1	③ 3/9~3/23	
Sinter proportions	%	50.0	74.6	100.0	89.7	70.4	51.4
Iron production	t/d	2001	2155	2185	2675	2483	2526
Coke rate	kg/t-pig	494	478	464	475	501	519
H. oil rate	kg/t-pig	51	48	43	51	41	50
Ore/coke	-	3.144	3.242	3.404	3.294	3.105	2.913
Blast volume	Nm ³ /min	2069	2081	2071	2494	2441	2499
"	Nm ³ /t-pig	1440	1414	1342	1342	1357	1425
Blast pressure	g/cm ²	1131	1245	1303	1249	1240	1232
Blast temperature	°C	974	976	964	944	986	1033
Top gas pressure	g/cm ²	570	588	575	592	581	590
Top gas temperature	°C	216	227	255	254	258	286
Top gas CO ₂	%	16.2	17.1	16.6	16.6	15.9	15.5
" CO	%	25.0	24.1	23.2	24.4	25.5	26.4
" H ₂	%	2.9	2.8	2.4	2.9	2.6	2.9
" CO/CO ₂	%	1.54	1.41	1.40	1.47	1.60	1.70
Dust	kg/t-pig	19	20	18	15*	11*	10*
[C] in pig iron	%	4.47	4.59	4.67	4.62	4.53	4.53
[Si] in pig iron	%	0.58	0.54	0.52	0.54	0.57	0.57
[Mn] in pig iron	%	0.84	0.77	0.74	0.73	0.84	0.86
[P] in pig iron	%	0.187	0.179	0.176	0.191	0.192	0.193
[S] in pig iron	%	0.030	0.026	0.018	0.021	0.036	0.037
(SiO ₂) in slag	%	34.34	34.20	34.09	33.77	33.67	32.85
(CaO) in slag	%	41.52	41.35	41.31	42.44	40.91	41.43
(MgO) in slag	%	4.83	5.80	6.96	5.54	5.20	4.52
(Al ₂ O ₃) in slag	%	12.50	11.88	11.52	11.66	13.09	13.83
Slag volume	kg/t-pig	290.7	314.5	329.7	313.4	299.7	272.0

* Only dust-catcher

Table 4. Variation of fuel ratio and production.

Furnace	Period	Fuel ratio (kg/t-p)		Production (t/day)	
		F·R	Difference	F·R	Difference
No. 1 B F	①	545 ± 12*	0	2046 ± 33	0
	②	523 ± 8	-22	2197 ± 55	+151
	③	506 ± 12	-39	2263 ± 54	+217
No. 2 B F	①	526 ± 5	-49	2681 ± 38	+151
	②	552 ± 8	-23	2608 ± 64	+78
	③	575 ± 14	0	2530 ± 55	0

* Confidence limits 90%

生鉱石の鉱状が問題であるが、この試験ではアソマン (還元率 38.4%) アルガロポ (還元率 46.7%), ゴアル (還元率 84.8%) を代替鉱石とした。代替鉱石の鉱状によつて焼結鉱のメリットは大きく変つてくる。厳密に言えば今回の試験結果はある特定の条件下におけるものであり、人造鉱石と天然鉱石の差異を一般的傾向として示すに止まるが、今回代替にした鉱石はごく一般的なものであり、焼結鉱と一般生鉱との差異と考へても大きく誤りはないと考へる。

3.2.2 送風圧について

風圧について見れば、焼結配合率が増加するにつれ高くなる。第1高炉において①期は平均 1.131 kg/cm² のものが③期では平均 1.303 kg/cm² となつている。一方 ore/coke は 3.14 から 3.40 と 0.26 上昇している。

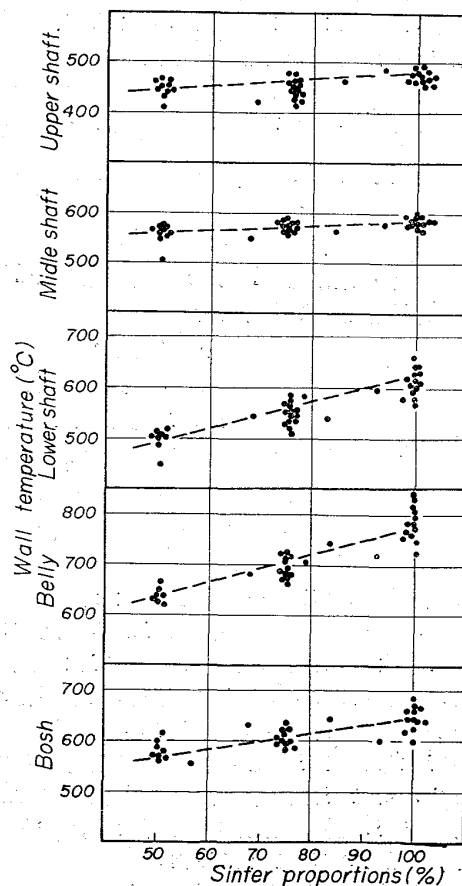


Fig. 1. Variation of wall temperature.

ore/coke の上昇による風圧の上昇分は 0.175 kg/cm^2 と考えられ、風圧の上昇は ore/coke の上昇によるためと考える。

焼結配合率を増加すると炉内ガス分布が均一化されることは河西等の論文¹⁾にも見られるが、これを考慮すると風圧の上昇は若干大きい。この原因は近年生鉄の整粒が良好になつてきているのに対し(当所では10~30 mm 90%以上を目標としている)焼結鉄の粒度範囲は大きな巾を持つているため、炉内通気性の改善に寄与する程度が小さくなつてきているためと考えられる。また焼結鉄の還元後強度が生鉄に較べ小さいことも一因であろう。

3.2.3 炉壁に与える影響について

Fig. 1 に示すごとく焼結配合率の上昇と共に朝顔、炉腹およびシャフト下段の炉壁温度の上昇があつた。

この原因は炉内還元性の好転の結果高温帯が上昇すると、炉壁付着物が自溶性焼結鉄の性質から安定した付着層になりにくいためと考えられる。第1高炉では昭和40年5月より炉壁保護の目的で焼結配合率を約50%にして操業を行なつている。

3.2.4 鉄中[S]について

炉内脱硫率は焼結配合率の上昇と共に上昇した。①期では脱硫率 93.5% が③期では 95.8% であつた。鉄滓量の増加 (290.7kg/t-p → 329.7kg/t-p) と鉄滓中 MgO の上昇 (4.83% → 6.96%) が原因と考える。

4. 結 言

和歌山第1高炉を対象とし焼結配合率の高炉操業におよぼす影響を調査したが、出鉄量、燃料比への影響はほぼ予想通りであつた。ただ炉壁におよぼす影響は現象の把握に止まりその機構の解明は今後の課題である。

文 献

- 1) 河西, 実松: 鉄と鋼, 45 (1959), p. 491

662.749.2; 669.162.2
(33) 貯骸使用による高炉操業について

八幡製鉄, 八幡製造所

光井 清・斧 勝也

〇佐々木 盛治

〃 堺製鉄所 奥田 康介

On Blast-Furnace Operation with Yard Coke.

Kiyoshi MITSUI, Katsuya ONO,

Seiji SASAKI and Kosuke OKUDA.

1. 結 言

高炉の改修等によるコークス生産量と出鉄量のアンバランスから、コークスを一時貯えてのち使用する場合が起きる。このような貯骸の使用については一般に貯骸の成分変動の影響を最小にするよう高炉操業が行なわれている。しかし貯骸を多量に使用した場合の溶鉄成分の変動についてはこれまであまり定量的に検討されていないようである。そこで東田第1高炉(内容積 894m³)において50%までの貯骸使用試験を行ない、貯骸使用上の問題点を明らかにすることにした。

2. 貯骸の成分変動が溶鉄成分に与える影響の推定

2.1 水分変動の影響

貯骸は降雨等によつて水分の変動が非常に大きくなりこのため高炉操業に与える影響はかなり大きくなることと考えられる。いま東田第1高炉の操業条件(コークスベース 6000 kg/charge, 鉄鉄生成量 11,500 kg/charge)を例にとつて溶鉄中の [Si], [S] の変動を推定してみる。コークス中の貯骸使用割合を z% とし、その水分変動が Δx% ある場合について考えてみる。

2.1.1 [Si] の変動

水分変動によつて装入コークス量が増減し、そのためによる造滓量の変化によつて [Si] が変動する。

(1) コークス量の変動によるもの

$$\Delta \text{Coke} = 6,000 \times \Delta x / 100 \times z / 100 = 0.6 \Delta x \cdot z \dots\dots\dots (1)$$

$$\Delta \eta = 0.6 \Delta x \cdot z / 11.5 \dots\dots\dots (2)$$

ただし

ΔCoke: 1回装入当りのコークス量の変動 (t/charge)

Δη: コークス比の変動

[Si] 1% の変化がコークス比 75 kg/t-p に相当すると仮定すればコークス量の変動による鉄中 [Si] の変化 Δ[Si]₁ は次式で示される。

$$\Delta [\text{Si}]_1 = \Delta \eta / 75 = 6.96 \Delta x \cdot z \times 10^{-4} \dots\dots\dots (3)$$

(2) 灰分変動によるもの

コークス量の変動により装入コークスの灰分量が変化し、このため造滓量が変り鉄中 [Si] の変動になつて表われる。いまコークス中の灰分を 11%, 造滓量 10kg/t-p のコークス比におよぼす影響を 2.5 kg/t-p とすると装入灰分量の変動による鉄中 [Si] の変動 Δ[Si]₂ は次式で示される。

$$\Delta [\text{Si}]_2 = -0.6 \Delta x \cdot z / 11.5 \times 0.11 \times 2.5 / 10 \times 1 / 75 = -1.91 \Delta x \cdot z \times 10^{-4} \dots\dots\dots (4)$$

したがつて貯骸の水分変動による鉄中 [Si] の変動 Δ[Si]_w は次式のようなになる。

$$\Delta [\text{Si}]_w = \Delta [\text{Si}]_1 + \Delta [\text{Si}]_2 = 5.05 \Delta x \cdot z \times 10^{-4} \dots\dots\dots (5)$$

2.1.2 [S] の変動

コークス装入量の変動により装入 S, 造滓量, スラグ組成, [Si] 等が増減し、それに応じて鉄中 [S] が変動する。この関係を当所で開発した脱硫モデル式¹⁾を利用して求めてみる。

$$(S) / [S] = (\text{CaO}) \cdot f \dots\dots\dots (6)$$

ただし

$$\log f = 0.382 [\text{Si}] - 0.08 (\text{SiO}_2) - 0.038 (\text{Al}_2\text{O}_3) + 0.07 (\text{MgO}) - 0.0012 V_s + 0.127 T_s + 2.394$$

V_s: 造滓量 kg/t-pig

T_s: 装入硫黄 kg/t-pig

[]: 鉄中成分 %

(): 鉄滓中成分 %

コークス装入量の変動によつて、硫黄の分配比がどのように変化するかを第6式から求める。いま貯骸を使用したことによつて f が f' に変化した場合、鉄滓成分が大きく変動しない範囲では f と f' との関係は次式で示される。

$$\log f - \log f' = 0.382 \Delta [\text{Si}]_w + 0.127 \Delta T_s = 5.91 \Delta x \cdot z \times 10^{-4} \dots\dots\dots (7)$$