

ると、そのときの酸化熱は、Cの燃焼熱の約2.16%に相当し、全原料に対しては常に0.065%のC量に相当する。また、低FeO原料を用いて、成品のFeOが1%増加すると、そのときの還元熱はCの燃焼熱の約0.43%に当たり、全原料に対して常に0.015%のC量に相当することになる。

6. ま と め

焼結過程での酸化鉄の酸化還元熱を算出し、Cの燃焼熱との関係を検討した結果、つぎのことが判明した。

(1) 酸化鉄の酸化還元熱は次式で得られる。

$$\Delta H_{O,R} = (2346.9 \pm 1565.8) \times \Delta FeO \text{ kcal/t}$$

ただし ΔFeO : 焼結前後でのFeOの変化量(%),

+ : 酸化熱, - : 還元熱

(2) 原料中のCの燃焼熱量は一般に次式で得られる。

$$\Delta H_C = (C/R+1) \times (83473 \cdot 2R + 23682 \cdot 6) - (7136 \cdot 0/R+1) \times L - 466 \cdot 8 \times \Delta FeO$$

ただし C; 配合C(%), L; 配合石灰石量(%),

R; 廃ガス中のCO₂/CO, ΔFeO : 原料が還元される場合FeOの増加量(%)

当所燃結工場では R=2.62, L=10, $\Delta FeO=0$ となるから $\Delta H_C = 66956 \cdot 5 \times C - 19712 \cdot 7$ となる。

(3) Cの燃焼熱量に対する酸化還元熱の割合は

$$r = (\Delta H_{O,R} / \Delta H_C) \times 100 \text{ (%)}$$

で得られ、原料FeOより成品のFeOが1%減少すればその酸化熱量は全原料に対して0.065%のC量に相当し、また成品のFeOが1%増加すればその還元熱は全原料に対して0.015%のC量に相当する。したがって ΔFeO が0である操業は熱的見地からすれば最も不利な操業といえる。

文 献

- ELLIOTT, GLEISER: "Thermochemistry for Steel-making"
- 沢村 宏: 理論鉄冶金学

(18) 焼結原料と酸化および還元反応熱の関係について

(鉄鉱石の焼結に関する検討—Ⅲ)

住友金属工業, 和歌山製鉄所

理博 藤井 毅彦・○井関 祥浩

On the Relation of Raw Materials of Sinter to the Reaction Heat of Oxidation- and Reduction-Reactions.

(Study on the sinter of iron ores—Ⅲ)

Dr. Takehiko FUJII and Yoshihiro IZEKI.

1. 緒 言

マグネタイト系鉱石とヘマタイト系鉱石を同一粒度に

整粒し、コークス量を種々変更して焼結試験を行ない、両者およびその混合原料の焼結特性を比較検討し、同時に前報と関連して、FeOの異なる焼結原料と酸化および還元反応熱の関係について考察を行なった。

2. 試料および試験方法

試験に供した鉱石はつぎの2銘柄であり、焼結試験はそれぞれ単味および1:1の混合原料で行なった。

マグネタイト系鉱石: S.F ジェドウェイ 記号(J)

ヘマタイト系鉱石: S.F ズンゲン 記号(D)

混合鉱石: (J); (D)=1:1 記号(JD)

以下すべて記号で示す。両鉱石の化学成分はTable 1のとおりである。

Table 1の鉱石を2~0.125mmにふるい分け、両者をはほぼ同一粒度に整粒した。(J),(D),(JD)のおのおのに対して、同一時に採取した返鉱を30%配合し、石灰石は成品の塩基度を1.2とすべき所要量を配合した。行なった試験方法はつぎのとおりである。

点火時間: 1min, 試料層高さ: 270mm一定,

ダンパー: 開度固定, 塩基度: 1.2, 返鉱量: 30%,

試料重量: 30~35kg, コークス量: 2.5~5.5%

3. 焼結試験結果

試験結果はFig. 1に示すとおりである。

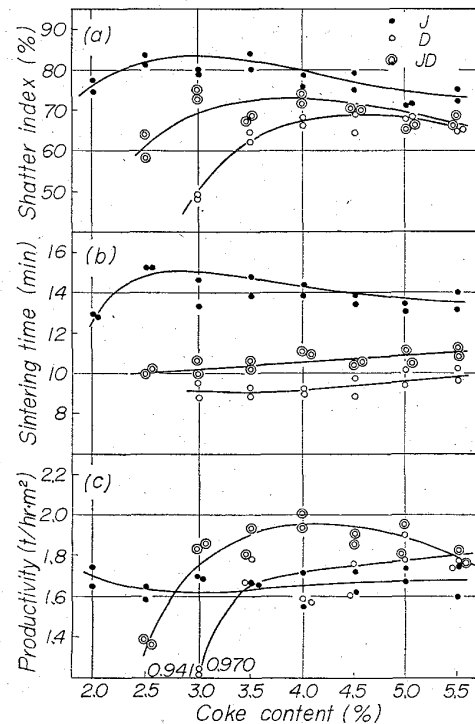


Fig. 1. Characteristic natures of sintering of magnetite-, hematite- ores and their mixtures.

Table 1. Chemical compositions of iron ores used for tests.

Iron ore	T. Fe	FeO	Fe ₂ O ₃	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	S	C·W
(J)	60.46	24.91	58.75	5.21	7.47	1.49	0.66	0.642	0.79
(D)	55.68	3.92	75.24	0.51	13.50	0.22	0.27	0.221	4.00

3.1 成品強度について

(J)の場合は、コークス量が 2.5~3.5% で最大値となり、それ以上になるとコークス量の増加にしたがつて低下してゆく。一方 (D) では 3.0% まで焼結し得ない。3.0% から 5.0% までコークス量の増加にしたがつて強度は向上し、それ以上では低下の傾向を示す。このようにマグネタイト系鉱石とヘマタイト系鉱石では一定強度を与えるに要するコークス量に大きな差のあること

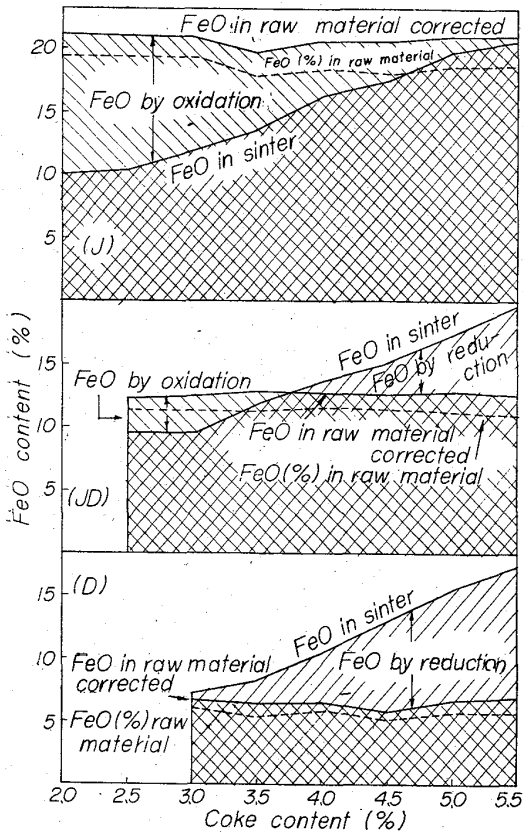


Fig. 2. Relation between FeO(%) in sinter and both coke content FeO(%) in raw materials.

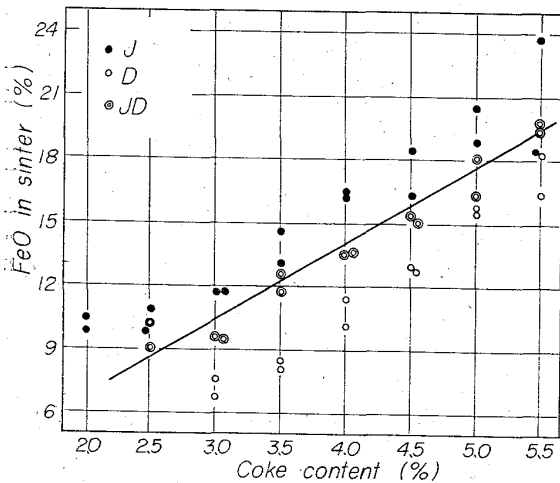


Fig. 3. Relation between FeO(%) in sinter and coke content.

がわかる。(JD)の場合は、その強度値とコークス量の関係は(J)と(D)の中間的な値を示している。成品歩留も強度と同様な傾向を示す。

3.2 焼結時間について

焼結時間は原料の粒度および装入層の厚さに大きな影響をうけるが、これらが同一条件であるときの鉱種と焼結時間の関係を Fig. 1(b) に示している。すなわち、マグネタイト系鉱石はヘマタイト系鉱石より長時間を要し、コークス量増加にしたがつて短縮してゆく。このことは低コークス下でのマグネタイト系鉱石の活発な酸化反応が焼結時間を延長させることを意味している。

3.3 生産率について

(J)は歩留が良好であるが、焼結時間が比較的長いため、これらの中では最も低く、(D)は歩留が低いが時間が短いため(J)より若干良好である。FeO が両者の中間となる(JD)が最も良好な生産率となる。

4. 焼結原料と酸化および還元反応熱の関係について

前報りで導いた鉄鉱石の酸化および還元反応熱とコークスの燃焼熱量の関係を本試験結果と関連してさらに検討を行なった。

4.1 成品 FeO とコークス量および原料 FeO の関係

焼結鉄の成品の FeO は配合コークス量と原料 FeO によつて最も大きな影響をうけるが、Fig. 2 はこれらの関係を示している。(J)では、コークス量 5.5% まで、成品の FeO は原料の FeO より低く酸化反応が行なわれている。特に低コークス下では成品 FeO の約 1/2 は酸化によつて生成されたものである。

一方 (D) では、コークス量 5.5% まで成品の FeO の方が高く、逆に原料が還元されていることを示す。

(JD)ではコークス量 3.5% から 4.0% の間で FeO の増減がなくなる点が存在し、それ以上では酸化によつて FeO は減少し、それ以下では還元によつて増加する。また成品 FeO とコークス量の関係をグラフで示すと Fig. 3 のとおりである。この結果から重回帰分析によつて関係式を導くと、つぎのとおりである。

	(FeO) _s	(FeO) _R	C
<i>r</i>	(0.9559)	(-0.4683)	(-0.8853)
(FeO) _s		0.2953	0.8233
(FeO) _R			-0.2101
C			
<i>s</i>	3.9501	5.0800	1.0405
Mean values	13.7064	12.3800	3.9762

$$F = 32.3 > 5.178 = F_{240}(0.01)$$

$$(FeO)_s = 0.381(FeO)_R + 3.516C - 4.991 \dots (1)$$

ただし (FeO)_s: 成品の FeO(%), (FeO)_R: 原料中の FeO(%), C: 配合コークス量 (C in Coke: 85.9%)

(1)式から成品の FeO に対するコークス量の影響は極めて大きく、原料の FeO の影響は比較的小さいことを示している。

4.2 コークスの発熱量と酸化および還元熱の関係

前報で導いた酸化および還元反応式 (14) ならびにコークスの発熱量の算出式 (12) にもとづいて Table 2 に示した実験諸元を代入し、前述 3 種類の鉱石のおおのこのコークス発熱量と酸化還元反応熱の関係を図示する

Table 2. Precedures and results of sintering test.

		Coke content (%)							
		2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
(J)	R (CO ₂ /CO)	2.3	2.5	2.7	3.3	2.5	3.1	2.8	2.3
	L (lime stone %)	4.5	4.5	4.5	4.4	4.4	4.3	4.3	4.3
	k (index of weight change)	1.096	1.098	1.096	1.088	1.122	1.141	1.146	1.144
	c (carbon %)	1.7	2.1	2.6	3.0	3.4	3.9	4.3	4.7
(JD)	R (%)		5.4	2.3	4.4	2.9	3.5	4.0	2.6
	L (%)		10.33	10.23	10.18	10.10	10.05	9.95	9.87
	k (%)		1.082	1.088	1.122	1.119	1.131	1.142	1.133
	c (%)		2.1	2.6	3.0	3.4	3.9	4.3	4.7
(D)	R (%)			5.5	5.3	4.7	4.5	5.2	4.2
	L (%)			15.1	15.0	14.9	14.8	14.6	14.5
	k (%)			1.120	1.143	1.124	1.133	1.161	1.154
	c (%)			2.6	3.0	3.4	3.9	4.3	4.7

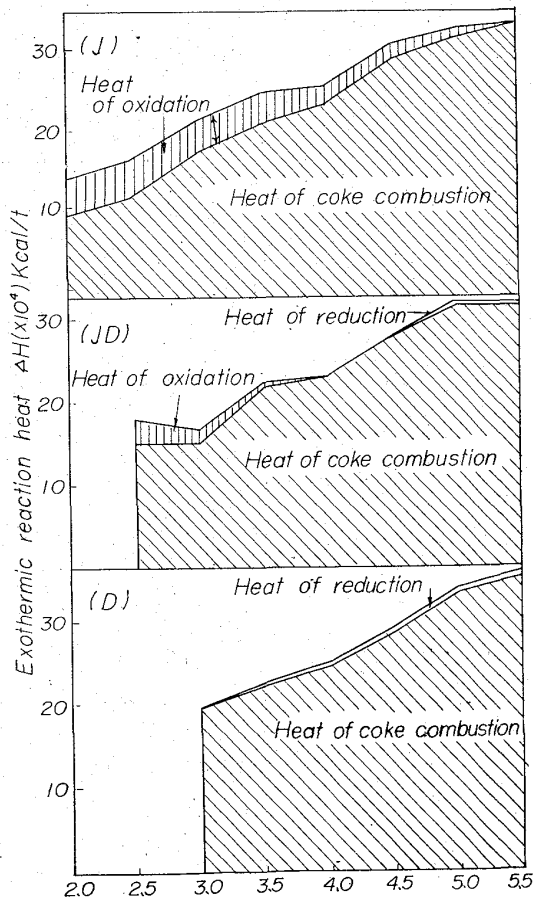


Fig. 4. Relation between heat of coke combustion and heat of oxidation- and reduction-reaction.

と、Fig. 4のごとくなる。同図は原料 FeO によつて、コークス発熱量のうえに加わる酸化還元熱が異なることを示す。なお廃ガス中の CO₂/CO(=R) は Table 2 に示したごとくコークス量によつて大きく変化をうけることはない。したがつて、コークスによる発熱量はコークス量によつて直線的に増加すると考えてよい。

5. 実操業方法への応用について

前報でのべたごとく、当訂実操業における値、R=2.62, L=10, ΔFeO=0 を代入すると、コークスの発熱量は、

$$\Delta H_c = 66956 \cdot 5 \times C - 19712 \cdot 7 \text{ kcal/t} \dots\dots\dots (2)$$

となる。これに対して、成品の FeO とコークス量および原料 FeO 量の関係式として、前述の (1) 式を適用する。すなわち (1) のコークス量 C を、コークス中の炭素を 85.9% (実験に使用したコークス) として炭素量 C に変換すると

$$(\text{FeO})_s = 4 \cdot 093 \times C + 0 \cdot 381 (\text{FeO})_R - 4 \cdot 991 \dots (3)$$

となる。(3) 式より、2~4% の C と、60% までの (FeO)_R の各値から (FeO)_s を求めて、FeO の変化量 ΔFeO を次式より求める。

$$\Delta \text{FeO} = |(\text{FeO})_s - k \cdot (\text{FeO})_R| \dots\dots\dots (4)$$

(ただし k: 重量変化係数, 前報により 1.062 を用いる.)

(4) 式より各カーボン量での求められた ΔFeO に対して、前報の (14) 式から酸化還元反応熱量 ΔH_{o.R} を計算し、ΔH_c との関係を図示すると Fig. 5のごとくなる。同図は (3) 式の成品 FeO とカーボン量および原料 FeO の関係を満たした条件のもとでの酸化還元熱量もカーボン発熱量の関係を各 C 量ごとに示している。同図より一定熱量を保持するときの原料 FeO 量と配合 C 量の関係を一目瞭然に知ることができる。例えば FeO 20% の原料、2.5% の C 量での操業から FeO 12% の操業に変わったとき、同一熱量を確保するためには、理論的に 2.9% の C 量を要することがわかる。

以上熱源的な観点から原料 FeO と配合 C 量の関係を理論式と実験式を統合することによつて求め、直観的に理解できる図式を作成した。

なお、コークス原単位に与える要因は多く、また所要熱量は鉱石粒度および C. W. や Al₂O₃, SiO₂, CaO 等のスラグ成分量によつても異なると考えられ、この点については個々の焼結特性を実験的に調査せねばならない。

6. ま と め

前報で導いた酸化還元熱および配合 C の燃焼熱量の算

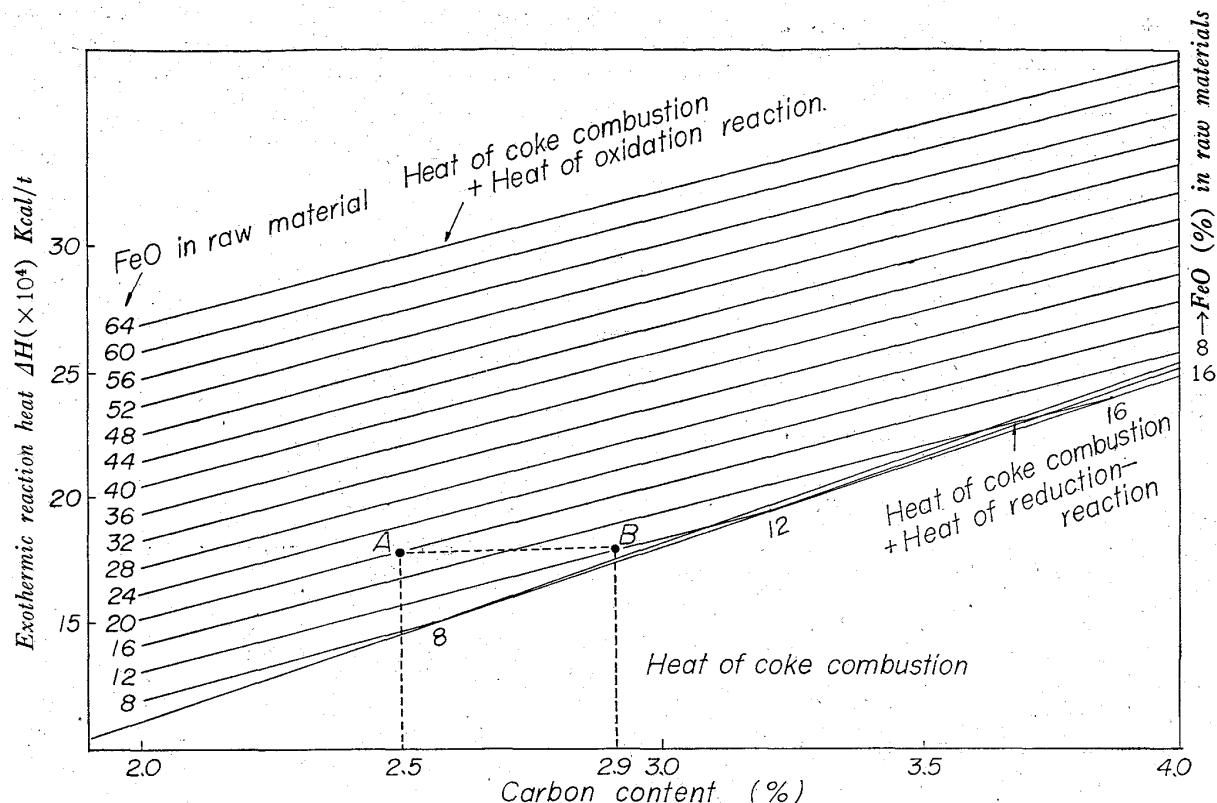


Fig. 5. Diagram of relation between raw material and required carbon content.
 A: Point A shows combustion heat of 25% of carbon plus oxidation heat of raw material of 20% of FeO.
 B: Point B shows that in case of raw material of 12% of FeO, 2.92% of carbon is required to keep same total heat.

出の理論式と実験結果から求めた成品 FeO 量と C 量および原料 FeO 量の関係式を統合して、熱源的な見地から原料 FeO 量と配合 C 量の関係を直観的に理解できる図式を作成した。

文 献

- 1) 藤井, 井関: 鉄と鋼, 52, (1966) 3,

622,785:669,012,52:668,511
 (19) パレット巾方向における層高バラツキと排ガス温度分布のバラツキの関係について

ラツキと排ガス温度分布のバラツキの関係について

(焼結工場の自動化に関する研究—I)

八幡製鉄, 技術研究所

理博 吉田 秋登・守末 利弥

〃 八幡製造所 若山 昌三

〃 技術研究所 〇川口 正

Effect of the Thickness Distribution of Sintered Ore on the Pallet on the Temperature Distribution of the Wastegas in the Wind Box.

(Studies on an automatic control of a sintering plant—I)

Dr. Akito YOSHIDA, Toshiya MORISUE, Shōzō WAKAYAMA and Tadashi KAWAGUCHI.

1. 結 言

焼結工場に自動制御を導入する場合, それによつて実

効あるものにするためには, 制御系の設計にとりかかる前に制御対象の実態を十分把握することが必要不可欠のものとなる. これは焼結工場の自動制御化のみに限らず, いかなる自動化についても言える, いわば自動制御化の鉄則の一つとされ, 重要な意味をもつ.

そういった意味で今回は焼結工場における焼結機自体の自動制御に焦点をしばり, 中でも問題と思われるパレット巾方向の焼結状態のバラツキとその原因の所在を明らかにすることを主目的として, 当製造所洞岡焼結工場を対象に一連の実験調査を計画し, 一部の予備実験をしたので, その実験結果を報告する.

2. 実 験 内 容

2.1 パレット巾方向の層高バラツキおよび end point における温度分布バラツキの測定

焼結状態のバラツキはおおよそ end point の温度分布によつて推定することができる. このバラツキの原因を明確にするために, その最も大きな原因と予想される巾方向の層高バラツキに注目し, end point の温度分布バラツキとの間の関係を調査した. また, 既設の温度検出方法, および制御方式について 2, 3 の点を検討してみた.

2.2 層高および温度分布の測定方法

Fig. 1 に示すように, 巾方向に等間隔に 5 コ (進行方向に向つて左側から, #1~#5 とする) の層高検出板がありおのおのの信号はセルシン発信器によつてリミッタ