

實驗結果から得た焼結機構に関する一考察

(昭和 23 年 4 月日本鐵鋼協會講演大會に於て講演)

山田千春*・高野 廣*・浮田清代志*・奥村昌洋*

SOME OBSERVATIONS ON THE APPLICATION OF MICROSTRUCTURE, YIELD STRENGTH OF SINTER AND SIEVE ANALYSIS OF EACH SIZE OF SINTER AFTER SHATTER TEST.

Chiharu Yamada, Hiroshi Takano, Kiyoshi Ukita & Masahiro Okumura

Synopsis:—

After Sintering experiments using the Greenawalt sintering pan, we can obtain some conclusions about sintering practice, that is;

- (1) It is possible to regulate the sintering conditions such as moisture of raw materials, mixing ratio, sintering time etc, by examinig the microstructure of sinter in the proceed of production.
- (2) Decreasing the lower limit of the size of sinter from 15 mm to 10 mm, we can expect the increase of yield of sinter by 13.6%, and the strength by 10.5%. But in this case, not the latter but the former contains bedding materials in it.
- (3) Comparing the shatter strength of each size of sinter (5~10mm, 11~15mm, 16~50 mm over 50mm), we can find that the smaller, the size of sinter the more the percentage of sinter keeping its own size before shatter test becomes.

結 言

高爐原料としての焼結鐵は、戦前戦後を問はず、その重要性は新たに贅言を加へる必要がない。更に内地鐵石使用の問題が關心を呼んでゐる現在では、却つてその焼

結鐵の質の向上及び生産量の増強が強く要望されてゐる状態である。

我々は、Greenawalt 式小型焼結鍋に依つて、

- (A) 焼結鐵の歩留り
- (B) 焼結鐵の強度

第 1 表 焼結實驗結果

自昭和22-9-19
至昭和22-12-3

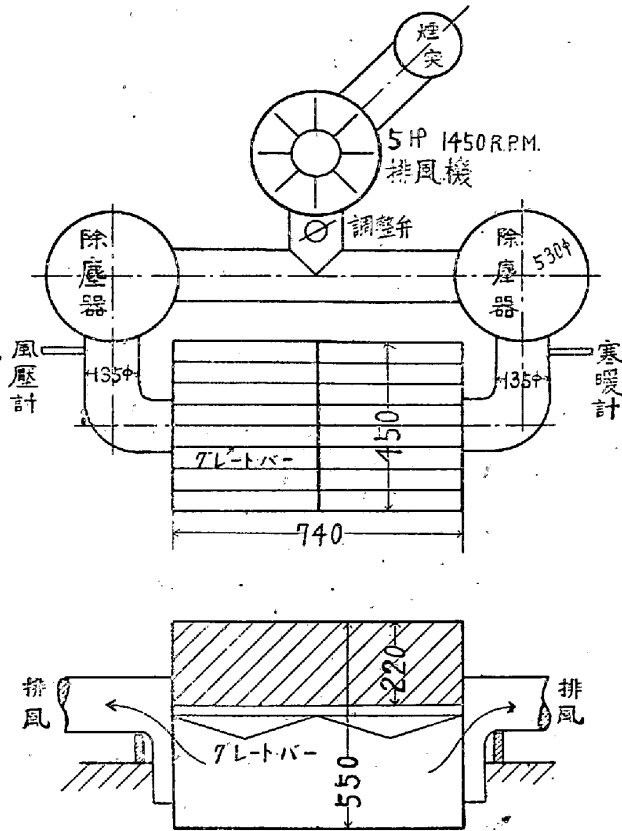
實驗番号	混合原料配合割合(100%)							粉 炭	裝 入 料 計	水 分	焼 結 時 間	燒 結 鐵 量 (床 敷 鐵 量)	灼 熱 減 量	床 敷 鐵 量	10%以上成品の場合				15%以上成品の場合					
	福 鐵 鐵	硫 酸 浮	石 粉	生 石 粉	返 鐵	床 敷 鐵	床 敷 鐵								落下試験前		落下試験後		強 度	落下試験前		落下試験後		強 度
															歩留	歩留	歩留	歩留		歩留	歩留			
No.40	37	10	18	5	75	25	75	15	699	15 (12)	30	640	85	56	421	656	344	536	820	392	612	272	425	693
No.41	"	15	"	"	"	"	"	"	660	15 (17)	"	630	46	"	423	672	356	563	840	395	627	293	465	742
No.42	"	20	"	"	"	"	"	"	710	15 (16)	"	693	24	"	447	642	351	506	790	414	595	291	420	706
No.43	"	30	"	"	"	"	"	"	744	15 (12)	"	693	69	"	399	570	308	444	771	363	522	249	358	683
No.44	"	37	"	"	"	"	"	"	693	15 (14)	"	647	66	"	395	612	322	497	810	355	550	244	377	685
													平均%		平均%	平均%	平均%	平均%	平均%	平均%	平均%	平均%	平均%	平均%
													58		631	509	806	581	409	701				

註1 福鐵鐵・生石粉 燒結率 10~15%
 註2 落下試験前歩留 = $\frac{燒結鐵量}{燒結鐵量 + 床敷鐵量} \times 100\%$
 註3 落下試験後歩留 = $\frac{燒結鐵量}{燒結鐵量 + 床敷鐵量} \times 100\%$
 註4 強度 = $\frac{落下試験後歩留}{落下試験前歩留} \times 100\%$

(C) 焼結鑛の粉化 (主として塊粉の限界) に就いて実験を行い、その結果を検討して見た。

II. 実験要項及び結果

実験鍋……Greenawalt 式の小型焼結鍋である。その寸法及形状を第1圖に示す。



- 註1 試験鍋容量=70 Kg
- 2 7レトバー間隙面積=11.0%

第1圖 小型グリーンワルト式 焼結試験鍋の圖

装入……鑛石は各配合割合に秤量して、充分に混合し、床敷鑛を敷いた上に装入する。

点火……炭を一様に散布してこれに点火する。

斯くして行つた実験結果を第1表に示す。

III. 考 察

A. 焼結鑛の強度に就いて。

高爐操業上から焼結鑛に對して最も強く要求されることは強度である。焼結鑛の強度は (イ). 焼結鑛の多孔性, (ロ). 焼結鑛の結合機構の點から充分な検討を加へねばならない。

焼結鑛の持つ最も重要な性質は被還元性が優れてゐることであり、それは焼結鑛の氣孔率の高いことに依つてゐる。然しこの多孔性は、強度の面から考へる時は、相

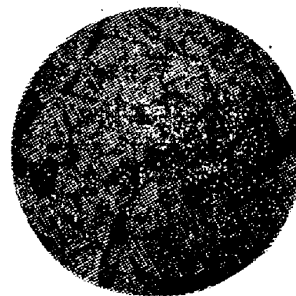
反した性質を有して、強度を低下させることは明かである。そこで我々は、この多孔性による強度の減少を焼結鑛結合の機構、即ち結合子 (binder) の面から検討を加へて見た。バインダーを調べる場合、最も有効な手段としては、焼結鑛の顯微鏡組織と考へて、バインダー機構の中心を顯微鏡組織に求めた。

焼結鑛の顯微鏡組織は他の金屬の組織を見るとときと全く同一の操作で行ふことが出来、熟練さへすれば大體サンプリングから、略 30 分間位で檢鏡出来る即ちこれに依つて生産過程にある焼結鑛が如何なる組織を示してゐるか判斷出来るだけでなく、配合割合、焼結温度、時間、吸引負壓等の焼結作業の重要な要素を調整する手段ともなり得る。

一般に焼結鑛の強度を支配するもの、即ちバインダー機構の問題を顯微鏡組織の面から見れば、

(a). Magnetite の結晶が相互に喰い込んで入れ交つてゐること。或ひは又硝子質の地 (Matrix) の中に Magnetite が嵌め込まれてゐること。

(b) Iron silicate 即ち Fayalite ($2FeOSiO_2$) が Magnetite の結晶間に介在して、これが強力なバインダーとなつてゐること。(参照寫眞) 即ちこの二つの見方がある。(註1. 註2.)



E+ching dil HCl (0.15%) 30sec. x100

この二つの要素の中、(a). の状態は焼結鑛の顯微鏡組織の標準的なもので、この組織が多量に現はれることは最も好ましいのである。又(b). の場合は、學者によつて種々の議論を残しており、且つ Fayalite の定性及び

第2表 焼結鑛顯微鏡試験 (Fayalite の有無)

試料番号	大塊焼結鑛 (50%以上)		中塊焼結鑛 (50~15%)	小塊焼結鑛 (15~10%)	粉状焼結鑛 (10~5%)	摘要
	最大塊径 1.5mm以上	7レトバー間隙 1.5mm以上				
No.40	○	×	-	-	-	
No.41	-	○	○	○	×	
No.42	-	○	○	×	×	
No.43	○	○	○	-	×	
No.44	○	×	×	×	-	
平均値	$\frac{6}{8} \times 100 = 75\%$	$\frac{2}{4} \times 100 = 50\%$	$\frac{1}{3} \times 100 = 33\%$	$\frac{2}{8} \times 100 = 25\%$	$\frac{2}{8} \times 100 = 25\%$	

註: 一 実験者(手落)試料1採取(1ヶ所)
 ○ Fayalite 存在
 × Fayalite 存在せず

定量は相當の困難を伴ふ問題であるが、こゝではFayaliteの存在を認めて考察して見た。即ち Fayalite の有無が(a)の状態と共に、焼結鑛の強度に大きな役割を持つと云ふ考への許に検討して見た。第2表にその結果を示す。これに依れば概観ではあるが、10mm以上の焼結鑛にFayaliteの存在が認められ、小塊→中塊→大塊と大きくなるにつれてFayaliteの存在する率が上昇してゐる。換言すれば10mmを限度とし、大きく固つて出来た焼結鑛程Fayaliteをバインダーとしてゐるとも云へる譯である。且つFayaliteの形状も大塊程その結晶がよく成長して大きく、小塊程針狀形となつてゐることを見てもこの傾向は肯定出来ると思ふ。今回の實驗では試料も少いので、今後更に試料を採取して十分に検討する必要があると思ふ。

B. 焼結鑛の塊粉粒度の限界、並びに粒度別落下試験(Shatter test)に就いて。

(a). 焼結鑛の塊成品の粒度基準を變へた場合の歩留強度への影響 實驗値を第3表に示す。(第2圖参照)尙同表の通り混合原料配合割合を一定にして、大體同一成分同一性質の5の焼結鑛の實驗値をとり、その平均値から次の如き結論を得た。

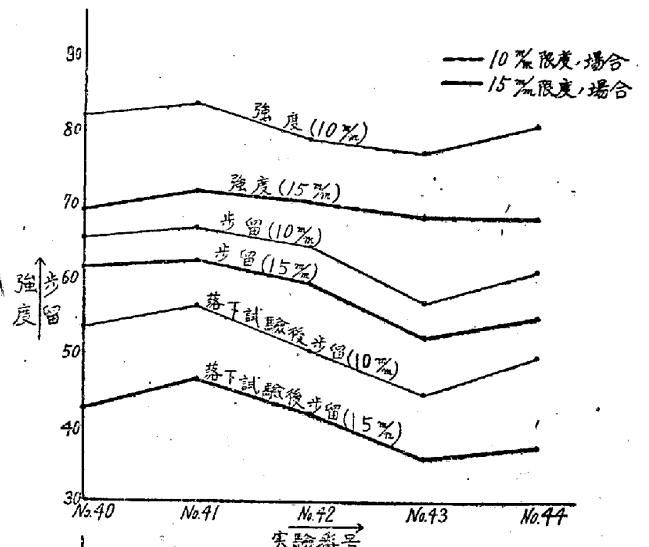
第3表 焼結鑛(床敷鑛を含む)粒度分布表
(落下試験前) Shatter Test 前

粒度別 塊粉割合	大塊塊粉 (50%以上)	中塊塊粉 (30~45%)	小塊塊粉 (15~10%)	粉燒結鑛 (10~5%)	粉燒結鑛 (5%以下)	百分率 合計	備考
No.40	40%	21%	13%	8%	16%	100%	
No.41	37%	25%	13%	7%	16%	"	
No.42	43%	16%	12%	7%	19%	"	
No.43	44%	7%	13%	10%	24%	"	
No.44	32%	22%	15%	10%	19%	"	
平均値	39.7%	18.4%	13.6%	8.9%	19.4%	"	
		71.7%		28.3%		100%	10%限度の場合 塊粉割合
	58.1%		41.9%			100%	15%限度の場合 塊粉割合

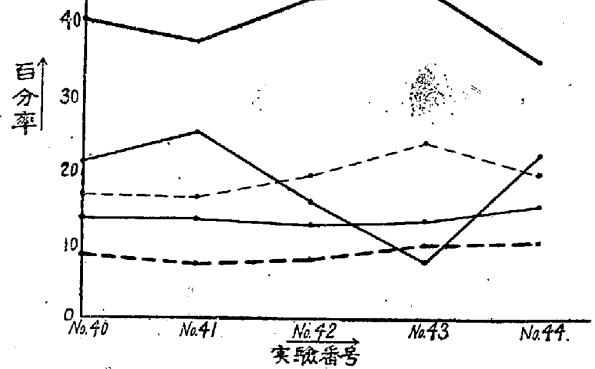
焼結鑛塊成品の最小粒度、即ち返し鑛の粒度の限界を10mmにとれば、歩留63.1%を示すものが、15mmとすれば58.1%に低下しここに5%の焼結鑛生産量の減少を見た。更にこの場合の強度は、10mmの時80.6%を示すものが15mmの時には70.1%即ち略16%程度の減少を示す。

(b). 焼結鑛の粒度分布状況

實驗値を第3表に示す。(第3圖参照) 先づ試験焼結鍋中の成品焼結鑛總量(床敷鑛を含む總量は最大69.0Kg 最少63.0Kg)を、(イ)大塊(50mm以上)、(ロ)



第三圖 焼結鑛粒度分布割合
(第3表=ヨル)



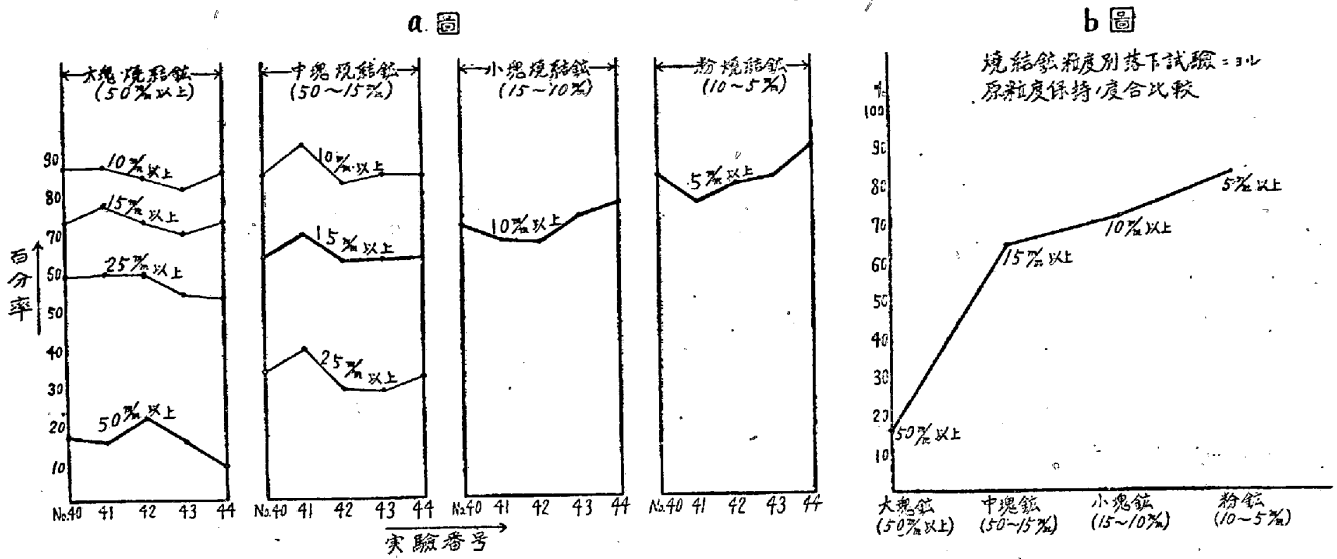
第2圖 焼結鑛歩留及強度の圖
(第1表=ヨル)

中塊(50~15mm)、(ハ)小塊(15~10mm)、(ニ)粉鑛(10~5mm, 5mm以下の2種類)の4段階に節分けて、その各々について、粒度分布の平均値を求めると、大塊39.7%、中塊18.4%、小塊13.6%、粉鑛10~5mmのものは8.9%、5mm以下のものは19.4%となる。ここに10mmを塊粉の限界にとれば、焼結鑛成分は71.7%、従つて返し鑛の發生量は28.3%と云ふことになる。又15mmを限界とすれば、焼結鑛成品は51.8%、従つて返し鑛發生量は41.9%となる。換言すれば10mmと15mmとの限界の相違によつて13.6%の生産最が違つてくる譯である。

(註、前項(a)の場合の生産量の變動は5%であるが、(b)項の場合13.6%を示すのは、焼結鑛總量に床敷鑛を含めるか否かに依る.)

(c). 焼結鑛の落下試験に依る潰裂度合の検討

既述の大塊、中塊、少塊、粉鑛の4段階に分粒した各々について、所定の落下試験(高さ2mより連続4回落下)を行ひ、各々の粒度の潰裂度合を見ると、第4表に示す通り粒度が小さくなればなる程落下試験後原粒度の大



第4圖 焼結鐵粒度別落下試験潰裂度合比較圖 (第4表=ヨル)

ききに留つてゐる率が高いことが判る。これをグラフに畫くと第4圖a, bとなり、小粒度の焼結鐵程潰裂に對して強いことが知られる。但しここに大塊中塊で原粒度のまま保たれてゐる割合でなく、夫々 10mm 以上並びに 15mm 以上に留まる比率を調べると第4圖aに示すやうに 86% 乃至 64% の高率を示してゐる。即ち落下試験に於て、原粒度に留まる比率は小塊ほど高率であるのに反して、10mm 又は 15mm と云ふ最少粒度の一粒を

設けて検討すると、大塊ほど潰裂度が小さいと云ふことになる。これを現場的に見れば最も注目すべきことで焼結鐵の強度を考へる時常に考慮に入れて置く必要がある。

IV. 結 論

(a). 焼結鐵の結合機構を顯微鏡組織の上から検討して、或る程度の判定を下すことは出来、又顯微鏡的に見ることはその取扱ひから云つても迅速であり極めて現場的である。

(b). 實際高爐に使用装入される 焼結鐵は返し鐵の發生率を考へると、驚く程低い歩留りを示するのが普通で、焼結鐵の歩留向上は 焼結鐵塊粉の程度、限界を 10mm に置か 15mm に置かによつて、大いに左右されることを知つた。

尙焼結鐵の粒度が小さい程耐壓力を増して行き、輸送中及び高爐装入後に於て、碎ける割合が減少する事實を、數字的に確めることが出来た。(昭和 23, 12 月寄稿)

第4表 焼結鐵(床敷鐵を含む)
落下試験粒度別潰裂度

No.	大塊焼結鐵 50%以上の場合(100%)			中塊焼結鐵 50-15%の場合(100%)			小塊焼結鐵 15-10%の場合(100%)		平均
	50%以上	25%以上	15%以上	25%以上	15%以上	10%以上	10%以上	5%以上	
No. 40	16.7	58.3	72.7	87.5	33.3	62.9	65.1	76.6	81.9
No. 41	15.6	59.9	77.2	87.7	39.9	69.6	93.0	67.9	77.0
No. 42	22.5	59.5	73.1	84.4	28.6	62.5	82.1	67.4	81.8
No. 43	15.5	53.9	69.7	81.0	28.3	62.3	84.9	73.9	82.9
No. 44	9.5	52.4	72.9	86.2	32.2	63.6	84.6	77.5	90.9
平均	16.0	56.8	73.1	85.4	32.5	64.2	85.9	71.5	82.9

註. 第3第4表より、落下試験を行つた後の粒度の限界を
(1) 10mm を境界とすれば 10mm 以上を保つ焼結鐵の割合 = $(39.7 \times 85.4) + (18.485.9) + (13.6 \times 71.5) = 60.1\%$
(2) 15mm を境界とすれば 15mm 以上を保つ焼結鐵の割合 = $(39.7 \times 73.1) + (18.4 \times 64.2) = 40.8\%$

註1. J. E. Greenawalt "The Sintering Process and Some Recent Developments." Trans.

A. I. M. E, Iron and Steel Division, vol. 131, 1938

註2. G. Schwartz, "Iron-Ore Sinter," Trans. A. I. M. E. Iron and Steel Division, vol. 84, 1929.