

また、Photo. 3 f に見られるように、腐蝕同定の結果 Calcium ferrite はガラス状スラグ近辺にわずかしら認められなかつたが、Magnetite 中に CaO を固溶した Calciferous magnetite²⁾ がかなり多数認められている。

5. 結 言

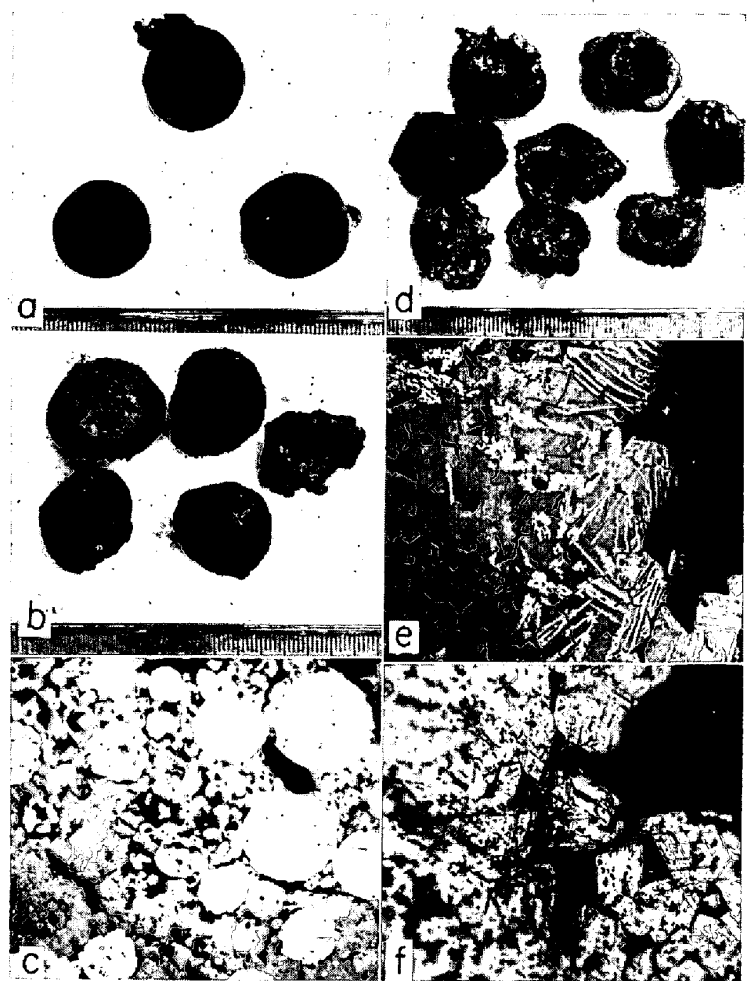
LD-OG 転炉の塵ガス中のダストを捕集した転炉スラジは成分的には貴重な製鉄原料といえる。

しかし、各粒子の平均粒径は約 0.5μ と非常に微細であり、焼結原料として使用する場合、トラブルが懸念されるが 4 法による比較添加実験および硫酸滓との比較焼結実験の結果、硫酸滓よりも焼結性は良好であり、添加法によるその焼結性の差はほとんどないという結果を得た。

したがって、その工場の立地条件に応じて Zn の管理を強化して使用すれば、焼結操業に支障をきたすことなく使用することが、可能であるといえよう。

文 献

- 1) 中村: 材料, 14 (1965) 144, p. 772
- 2) 渡辺: 鉄と鋼, 52 (1965) 3, p. 251



a: Macrostructure of green balls. b: Macrostructure of unburnt balls. c: Microstructure of unburnt ball. ($\times 200$ etched) d: Macro structure of burnt ball. e, f: Microstructure of burnt balls. ($\times 200$ e, unetched. f, etched with HCl (1:1) at 60°C)

Photo. 3. Macro and microstructures of green ball, unburnt and burnt figure of converter sludge.

622, 785, 5

(33) 焼結機における二層操業について

日立造船, 技術研究所

工博○山根 寿巳・灰谷 政彦

Two Layers Operation in Sintering Machine.

Dr. Toshimi YAMANE and Masahiko HAITANI.

1. 結 言

焼結を行なうに当たって焼結原料に燃料として添加するコークスの節減を直接目的とする操業法は 2, 3 あり、その主なものは Mixed firing 法と 2 層操業法である。前者はコークスの一部をガスあるいは液体燃料でおきかえようという思想で焼結混合原料の焼結が 1/3 行なわれるまで焼結層の上にかぶせたバーナ・フードから燃焼炎を吹きつけて焼結混合原料中に混入するコークスの量を約 1/3 節約している¹⁾。後者は普通の焼結法の上層と下層に混入するコークス量を変えて上層には普通の操業で添加するのと同じコークス量を添加し、下層に添加するコークス量を少なくし、上層の燃焼熱で下層が予熱される熱量を利用する²⁾。Salzgitter における実際操業の例

では、層厚の上の層 1/3 に 8%* のコークスを添加し、全層厚の 2/3 である下層には 5%* のコークスを添加して良好な結果を得ていると報告されている³⁾。この 2 層操業法を実際に採用するには給鉄系統を上層用・下層用の 2 系列にするなどの方法により装置的には実現されるが、これに対する基礎的な研究データはまだ報告されていない。そこで本報告では 2 層操業法に対する基礎的なデータを得るために小形テストパンにて行なつた実験結果について報告する。

2. 実験方法および試料

Fig. 1 は小形焼結テストパンを示す。300 mm ϕ の焼結面積を有する火格子の上に 1 m^2 当たり 25 kg の割合で床敷として 8~20 mm の焼結鉄を敷き火格子を保護さ

* この報告の%は原料粉鉄鉱石 100 kg に対して添加したコークスの kg を % なる記号にて表示したものであるから返鉄、石灰石などを含めた普通の % の定義に基づく表示法では、それぞれ 4.9% と 3.2% に相当すると考えられる。

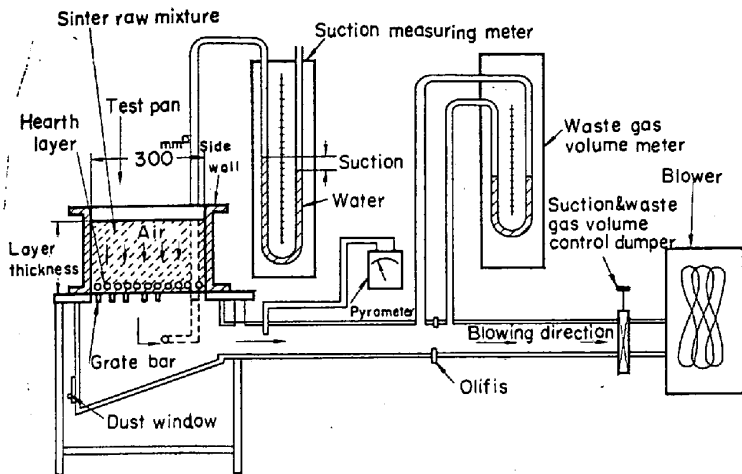


Fig. 1. Test apparatus.

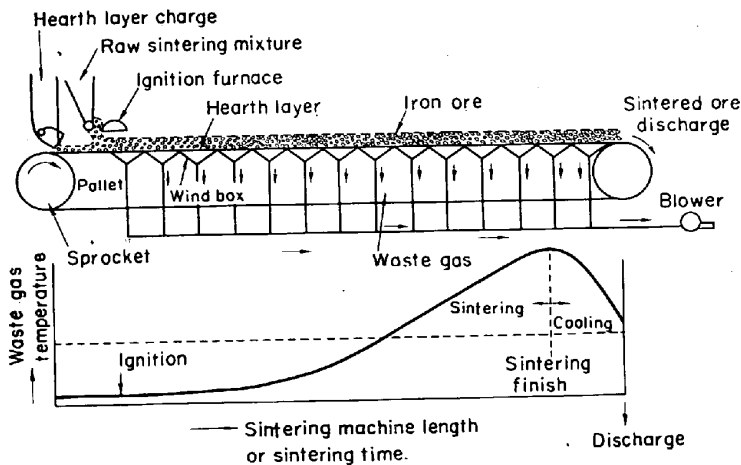


Fig. 2. The relation between waste gas temperature and operation of a Dewight-Lloyd sintering machine.

Table 1. Chemical compositions of fine iron ore. (wt%)

Total Fe	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO
59.46	3.77	8.56	2.66	Tr	0.18

Table 2. Size distribution of fine ore (wt%).

mm	10~6	6~3	3~1	1~0.5	0.5~0.27	0.27~0.1
%	0.6	3.0	39.9	14.6	27.0	14.5

Table 3. Chemical compositions of coke and its calorific value (wt%).

C	S	Ash	Cal/g
81.01	0.68	17.29	5450

せた。その床敷の上に粉鉱石 100 kg, 返鉱 40 kg, 石灰石 7.5 kg の割合に水分 4.7% およびコークスを添加して均一に混合機で混合した焼結生原料を積み上げた。この積み上げた層の上に木炭粉を薄く敷き、木綿をその上におき送風機で空気を下に吸引しながら木綿に点火して焼結生原料中のコークスに点火させる。吸引圧力風量調節ダンパーを開閉しながら吸引圧力を所定の値に一定に保ち、排風温度の変化を測定する。

排風温度は Fig. 2 に示すように焼結層が下層に近づくにつれて高くなる。その最高温度を示す時が焼結完了と考えてよく、それ以後は冷却期に入る。Dewight-Lloyd 型の焼結機の操業は Fig. 2 に示すようにこの焼成過程に合わせて排鉱側から第 2 あるいは第 3 番目のウインドボックスの排風温度が最高になるように操業を行なう。したがって、本実験では排風温度が最高温度になつてから 1 分間焼結をつづけて送風機を止めた。このようにして焼結した焼結鉱を 2m 高さから厚い鉄板の上に 3 回落下を繰り返して 8 mm 以下, 8~20 mm 20 mm 以上のフルイ目に自動フルイ機でフルイ分けた。8 mm フルイ目以下の粒度の焼結鉱は返鉱にし、8~20 mm フルイ目の焼結鉱の一部は床敷として取扱い、その残り 20 mm 以上を焼結鉱として取り扱った。

生産量は、

$$\text{生産量 (t/day)} = \frac{\text{焼結鉱製品重量 (t)} \times 24\text{hr} \times 60\text{min}}{\{0.09(\text{m}^2) \times \text{焼結時間 (min)}\}}$$

から求めた。

本実験に用いた粉鉱石は Table 1 に示す化学組成を有するヘマタイト系の鉱石である。

この粉鉄鉱石の粒度分布は Table 2 に示すとおりである。

また、コークスの発熱量ならびにその分析値は Table 3 に、その粒度分布は Table 4 に示すと

おりである。

石灰石は CaCO₃ として 69% 程度を有するものを使用した。

3. 実験結果およびその考察

この実験で使用したヘマタイト系鉱石の普通の焼結(一層操業)に対する適正コークス添加量は 4.3% であつた。そこで本研究では上層に添加するコークス量として、この 4.3% を採用した。焼結鉱の生産量には吸引圧力、層厚、焼結原料に混入する石灰石、返鉱およびコークスの量や水分などが影響する。生産量と焼結鉱の品質に影響をもつこれら全因子の影響を完全に解明するには多数の実験を必要とする。

本研究ではこれらの因子は焼結機における実用数値や筆者らの行なつた値などを参考として各値を採用し、下

Table 4. Size distribution of coke (wt%).

mm	> 6	6~3	3~1	1~0.5	0.5~0.27	0.27~0.1
%	3.3	8.3	40.6	18.0	24.6	5.2

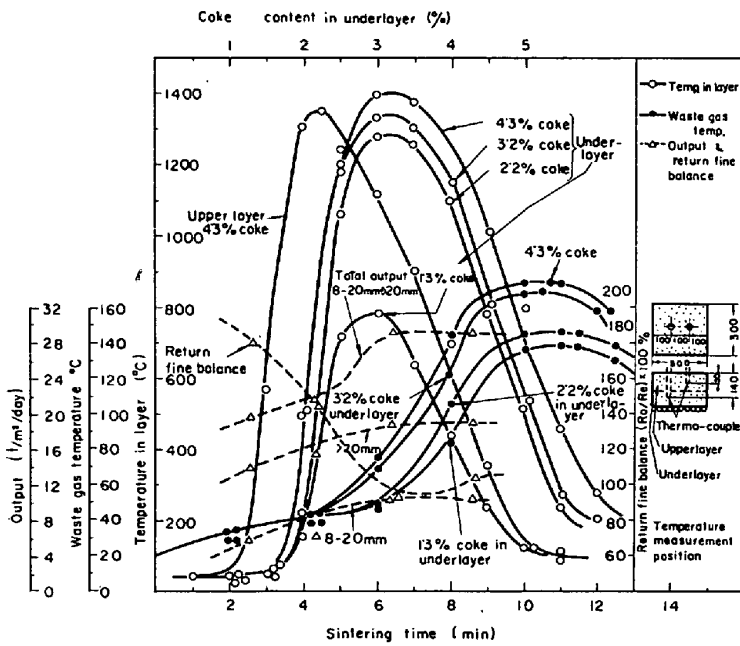


Fig. 3. Output-coke content in underlayer, return fine balance-coke content, in underlayer, waste gas temperature-sintering time, and temperature in layer-sintering time curves by changing in coke content in underlayer. Sintering condition : suction 1000 mm W. G., Coke content in Upperlayer 4.3%, Upperlayer & underlayer thickness 100 mm respectively, sinter raw mix : Return fine 40 kg + Raw iron ore fine 100 kg + Lime stone 7.5 kg, Humidity : 4.7%.

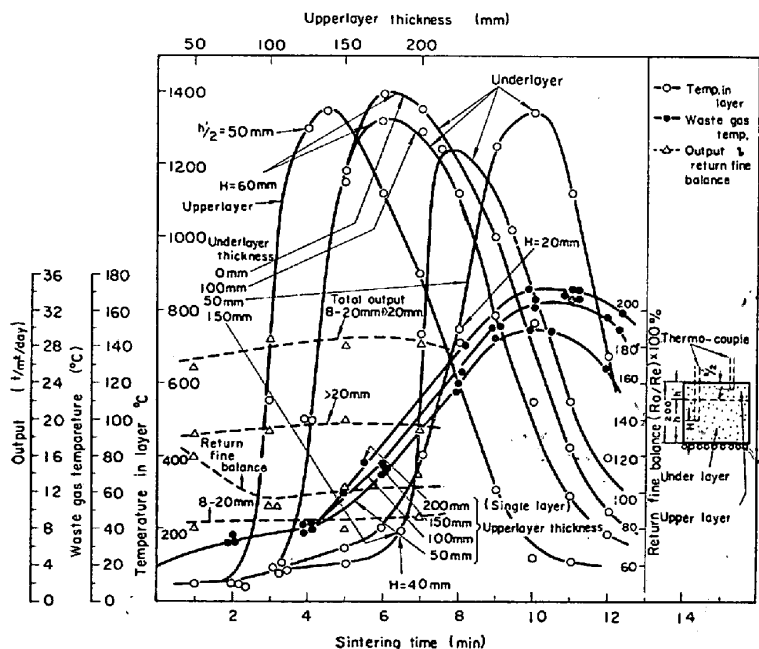


Fig. 4. Output-upperlayer thickness, return fine balance-upperlayer thickness, waste gas temperature-sintering time, and temperature in layer-sintering time curves by changing in underlayer thickness. Sintering condition : Suction 1000 mm W. G., Coke content in upperlayer 4.3%, coke content in underlayer 3.2%, Total thickness of both layers 200 mm.

層に混入するコークス添加量, 下層の層厚をかえた場合, および上層と下層を合わせた全層厚を変えた場合の生産量, 排風温度, 層内温度, 焼結後の焼結鉄の品質などについて調べた. なお, 本研究は小形テストパンで行なつたため, この実験結果がそのまま実際の大型焼結機に適用できるとは考えられないが, 実験結果で示される傾向は実際の焼結機に適用できるものと考えられる.

3.1 下層中のコークス添加量を変えた場合

全層厚の1/2の上側(上層)のコークス添加量を4.3%に一定にして, 下層に添加するコークスを1.28, 2.2, および3.2%と変え, 上層と下層の層厚をそれぞれ100 mm, 合計200 mm, 吸引圧力を1000 mm W. G. に一定にして焼結を行なつた結果を Fig. 3 に示す. Fig. 3 は下層に添加するコークス量を変えることによる生産量の変化を示したものである. 全生産量は下層に約3%添加するあたりで最大になり, レタンバランスもほぼ100%を保っている. この3%以下に下層のコークス添加量を減少すると焼結鉄が弱いため8 mm以下の粒度の焼結鉄が急激に増大しレタンバランスは大きくなつてゐる. 排風温度は Fig. 3 に示すように下層コークス量が高くなるほど最高排風温度は高くなつてゐる. 焼結中の層内温度を Fig. 3 に示す. 温度測定は Fig. 3 の右側に示す位置で行なつた. 上層は4.3%コークス添加で最高温度1350°Cあたりを示している. 下層は4.3%コークス添加(1層の普通操業)で最高1400°C, 2.2%コークス添加までは1200°C以上の最高温度を示すが, 1.3%コークス添加では800°Cにも達していない. 以上のような実験結果から操業上の適正コークス添加量としては上層を4.3%にすれば下層は3%あたりと考えられる.

3.2 上層と下層の厚さの比を変えた場合

上層と下層の厚さを合わせたものは200 mm, 上層に添加するコークス量を4.3%, 下層に3.2%, 吸引圧力を1000 mm W. G. に一定にして上層と下層の厚さの比を1:0(全層が上層)1:3, 1:1, 3:1に変えて焼結した場合の生産量, 排風温度および焼結層内温度の変化を Fig. 4 に示す.

Fig. 4 でレタンバランスは上層100 mm, 下層100 mmの時にほぼ100%に近い値を示しており, 上層が50 mmのように薄い場合は熱量不足のため, レタンバランスは高くなつてゐる. 全生産量は上層が50 mmの薄い時を除けば他の場合はほとんど変わらない. Fig. 4 の最高排風温度も上層が50 mmの場合のみ, やや低くその他はほとんど同じと見なして良い. 焼結層内温度は, 下層が150 mm(上層50 mm)の場合に最高温度が約1250°Cで他の場合に比して低くなつてゐる. 以上のような事実から全層厚が200 mmのような場合には4.3%コークスを添加する上層は100 mm以上あれば焼結の目的

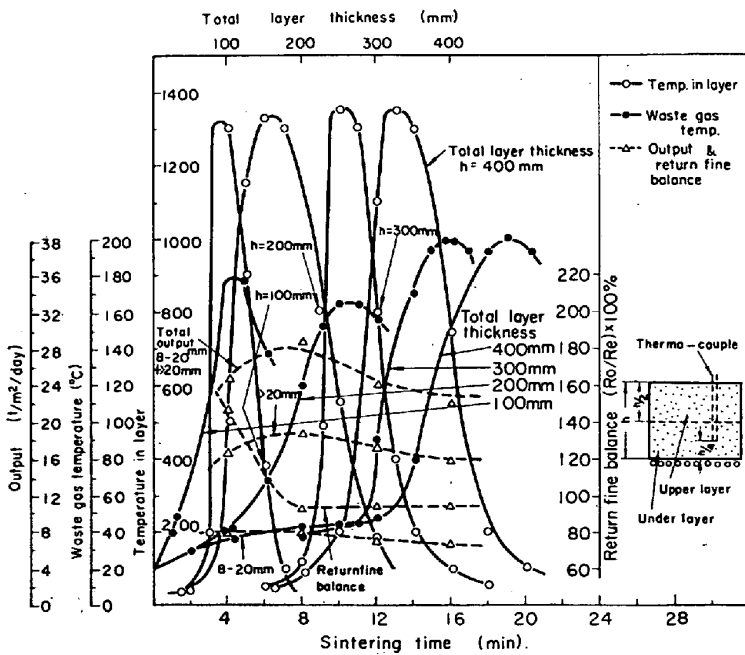


Fig. 5. Output-total layer thickness, return fine balance-total layer thickness, waste gas temperature-sintering time, and temperature in layer-sintering time curves by changing total layer thickness. Sintering condition : Suction 1000 mmW.G., coke content in upperlayer 4.3%, Coke content in underlayer 3.2%, Ratio of thickness of upperlayer and underlayer 1 : 1.

Table 5. Compression test results* of sintered ore.

Compression depth (mm)	Compression load (kg)		Sieve pass size of sintered ore before compression test
	1 layer sinter**	2 layer sinter***	
10	100	100	>20
20	250	250	
30	380	350	
10	160	150	8~20
20	350	300	
30	500	500	

* Inside size of iron vessel for test : 77 mm φ × 135 mm height.

Iron cylinder for compression : 73 mm φ

** Coke content in raw sinter mix : 4.3%

*** Upper layer coke: 4.3%, Under layer coke: 3.2%

を達するように思われる。

3.3 全層厚を変えた場合

前述の実験により上層と下層の厚さはほぼ 1 : 1 以上上層を厚くすると良いと思われたので、両者の厚さを 1 : 1 にして、全層厚を 100~400 mm に変え、吸引圧力 1000 mmW.G., 上層中のコークス量 4.3%, 下層のコークス量を 3.2% に一定にして焼結した。全生産量は Fig. 5 に示されるように 200 mm の全層厚で最大を示しているが 100 mm の場合は Fig. 5 の排風温度の変化からもわかるように 5 min で焼結が完了し、全層が冷却し

ないまま落下試験を行なうためレタンバランスの値が高くなる。つまり 8 mm 以下の焼結鉱の生成量が多くなる。400 mm のように層厚が厚くなると生産量が低下するのはどの種類の鉱石の焼結においても一般的傾向である。これは焼結完了までの時間が単位層厚に対して層厚が厚くなるためである。Fig. 5 は下層の下から 1/2 の厚さの点における温度を示す。

測定位置の高さにより曲線は左側あるいは右側にずれるが全層厚が 100 mm のように薄い場合を除いて最高温度は 1350°C あたりに達している。

3.4 二層操業法による焼結鉱の品質について

以上述べた実験結果から本実験に用いたヘマタイト系鉄鉱石を焼結するためには、上層と下層の厚さの比を 1 : 1 にし、上層に添加するコークス量は 4.3% にすると下層のコークスは約 3%, 全層厚は 200~300 mm 程度が適正であることがわかった。そこで上層 100 mm, 下層 100 mm, 上層のコークス添加量 4.3%, 下層のコークス添加量を 3.2%, 吸引圧力 1000 mmW.G. にして焼結を行なった。この二層操業法による焼結鉱の顕微鏡組織は 4.3% のコークスを添加した一層操業による焼結鉱の組織と二層操業で焼結した上層と下層のそれぞれの焼結鉱の組織を比べて著しい差はなく、白地のヘマタイトと灰色のマグネタイトと黒地のボイド(穴)により成り立っている。

焼結鉱の圧縮強度を比較するため、内径 77 mm φ 内側の高さ 155 mm の円筒に高さ 155 mm まで焼結鉱をつめ、上から 73 mm φ の先の面の平たんな円柱棒で焼結鉱を圧縮して圧縮した深さが 10~30 mm になった時について圧縮力を求めた。その結果を Table 5 に示す。

Table 5 からわかるように一層操業と二層操業による焼結鉱の圧縮強度は多少のパラッキはあるが、ほとんど同じとみてよい。

4. 結 言

以上述べた諸実験結果をまとめると次のようになる。

- (1) 二層操業によりコークスの節減が期待できる。
- (2) 上層に 4.3% コークス添加した場合には下層に添加するコークス量は 3% 前後であり、一層操業の全層の 4.3% 添加に比して、かなりのコークス節減が可能である。
- (3) 上層と下層の厚さの適正值は 1 : 1 のあたりのようである。
- (4) 二層操業によつて焼結した鉱石は品質的に見て一層操業によるものとほとんど同じである。

文 献

- 1) H. RAUSH and K. MEYER: Stahl U. Eisen, 78 (1958) 9, p. 600
- 2) H. WENDEBORN: Stahl U. Eisen, 21(1951) Nov. 8, p. 1212
- 3) 山根: 日立造船技報, 22 (1961) 1, p. 67
- 4) 山根, 灰谷: 未発表