

Fig. 2. The result of flux control.

i) ポイドメーターの切出量の変動

昭和 38 年 5 月, 6 月にポイドメーターの故障により, 原料切出変動がはげしくなり高炉操業に大きい影響を与えた. 普通鉄石の場合はそれほど大きい問題ではないが, 石灰石のポイドメーターの切出量の変動は重大である. これについては当所熱管理課により各ポイドメーターを再整備すると同時に石灰石切出用として別型式の精度のよいポイドメーターに切替えそれ以降ほとんど問題はなくなった.

ii) 分析精度

当所分析担当者の努力で分析精度については相当に改善されてきている. 昭和 38 年 8 月の X 線分析と化学分析の精度は

	SiO ₂	CaO	所要石灰石量
X 線分析	0.201%	0.202%	0.62 kg
化学分析	0.172%	0.144%	0.50 kg

でありこの程度の誤差ならば 3 コのサンプルの平均値でアクションをうっている現在十分であると考えられる. しかし Fig. 2 の変動原因について調査した結果, 分析の再現精度および管理状況に問題がある点も考えられるので, 現在さらに検討中である.

iii) 配合変更時の変動

配合変更の時は, 原料の成分を正確に握みえないので, どうしても塩基度の変動を避けられないことが多い. また当所は鉄石置場が狭いため, 篩下粉鉄の発生即使用にもとづく度重なる配合変更が塩基度変動の大きい原因をなしていることも明らかになった. この問題については原料計画の面で検討することになっている.

VIII. 結 言

焼結鉄の塩基度を目標値のところで安定さす目的ではじめた石灰石調整は以上のごとくほぼその目的を達したが, やはり原料自体の変動をあらかじめ知りえない現在完全に変動をなくしえないことになる. この意味で各原料の変動特性を調査し, 銘柄別管理を強化することが必要と考えられる.

(22) 焼結鉄の還元粉化について

住友金属工業, 中央技術研究所

工博 渡辺正次郎・○大竹康元・道祖田盾力

On the Degradation of Sinter during Simultaneous Abrasion and Chemical Reaction.

Dr. Shojiro WATANABE, Yasumoto ÔTAKE
and Matoka DCSUODEN.

I. 結 言

焼結鉄の被還元性に関してはすでに多数の報告があり, 最近塊状還元試験¹⁾が一般に行なわれるようになるにしたがい還元過程における焼結鉄の物理的性状の変化が明らかとなつてきた. 還元過程における粉化もその一つであり, 還元試験前後の強度変化, 高温耐圧強度試験あるいは Linder 法による回転還元試験²⁾により検討されつつある.

本報告は焼結鉄の還元粉化に関し, Linder の回転還元試験法の検討および塊状還元試験における温度条件の還元粉化におよぼす影響について検討した結果である.

II. 実験試料および実験方法

使用した実験試料は, D L 焼結工場における現場焼結鉄, タコナイトペレット, アカリ磁鉄鉄, インド赤鉄鉄およびゴア褐鉄鉄の合計 5 種類であり, 実験装置は Linder 法による回転還元試験装置, および学振法の鉄鉄石塊状還元試験装置により, 粉化率は還元試験後試料の -5mm および -1mm の粒度重量(%) でその粗粒粉化および微粒粉化を示した. 還元率は重量減による脱酸素量の割合より求めた.

III. 実験結果

(1) 回転還元試験

Linder 法については各所においてこの改良法が検討されいろいろの実験条件の下で行なわれている. しかしながらその詳しい検討結果の報告がないので主要実験条件について焼結鉄を試料として実験を行なった.

(a) 反応管形状, 試料重量および試料粒度の影響

反応管形状を Linder 法と同様としたもの(A), その反応管部の胴部をつけない内径 60mm の反応管(B), および Linder 法の反応管の胴部に巾 30mm の羽根 3 枚を 120° ごとに取付けたもの(C)について加熱粉化および還元粉化の実験結果は Fig. 1 (a) のごとくであり, 反応管形状が A の場合について試料重量を変化したときの還元粉化は Fig. 1 (b) に示した. Fig. 1 (a) にて反応管形状 C にては摩擦粉化の外に衝撃粉化が加はり, 粉化が大となり, 反応管形状 B では試料と還元ガスとの接触および試料同志間の摩擦が A の場合より大であり -1mm 粒度重量(%) が大となっている. Fig. 1 (a) では摩擦作用および還元進行の大小が粉化に大きく影響していることがわかり, Fig. 1 (b) では試料重量が少ないときは還元率は大であり還元進行に伴う粉化の増加を示している.

次に試料粒度を 10~15 mm, 18~20 mm, 25~38 mm に変化せしめて行なった実験結果では, 粉化率に大きな差は認められなかった.

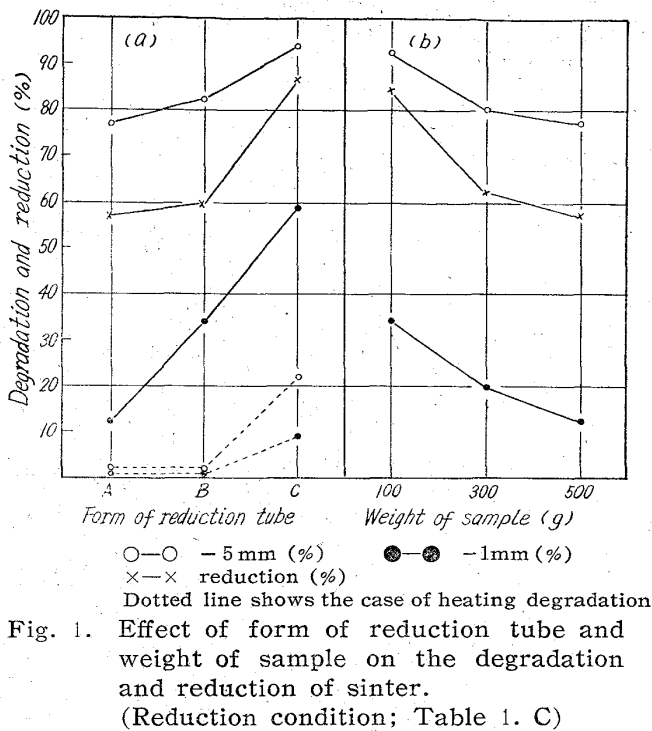


Fig. 1. Effect of form of reduction tube and weight of sample on the degradation and reduction of sinter. (Reduction condition; Table 1. C)

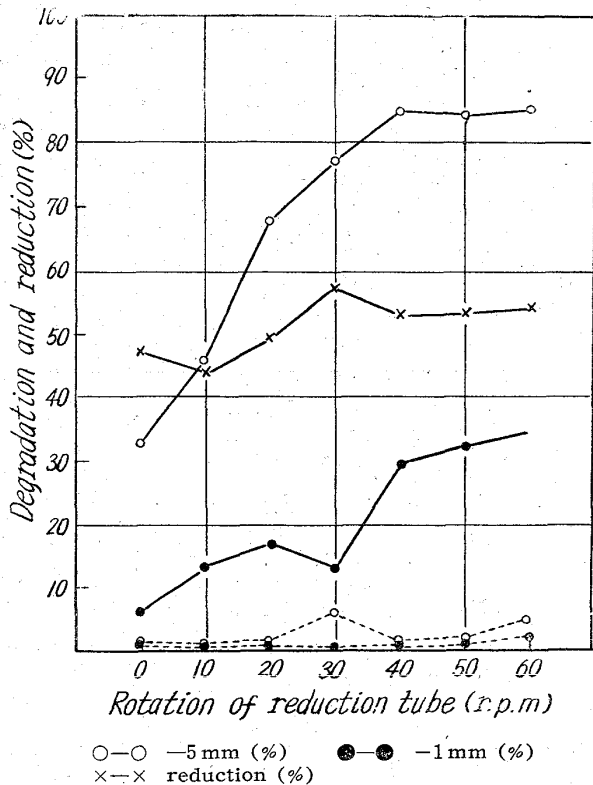


Fig. 2. Effect of rotation of reduction tube on the degradation and reduction of sinter. (Reduction condition; Table 1. C)

(b) 反応管回転数の影響

摩擦粉化の因子として反応管回転数が考えられ、これまで 10~60 rpm の範囲で試験が行なわれている。Fig. 2 は、反応管形状 A にて回転数を変化せしめて加熱粉化および還元粉化を行なった結果である。加熱粉化では回

転数の影響があまり認められないが、還元粉化では、30 rpm 以上で粉化率および還元率が増加している。以下前項の試験結果も参照して反応管形状 A、試料重量 500 g、試料粒度 18~20 mm、回転数 30 rpm の実験条件にて実験を進めた。

(c) 還元雰囲気条件の影響

Linder 法²⁾のごとくガス組成を変化することは実験装置および操作が複雑となるので前項までの実験では加熱粉化の場合は、N₂ ガス 15 l/min、還元粉化の場合は CO 30%+N₂ 70%、15 l/min を使用した。また実験試料と同時にコークスを混合することも実験操作を一層複雑化し、好ましくないのでコークスを混合せずに実験試料 500 g のみを使用した。各実験試料の相対的な粉化性の比較はこれで十分と考えられるのであるが、これらの点を各種実験試料にて比較検討した結果が Fig. 3 であり、還元ガス CO 30%+N₂ 70%、15 l/min に同一粒度のコークス 200 g を混合した場合と CO₂ 5%+CO 28.5%+N₂ 66.5%、15 l/min の還元ガスを使用した場合について実験を行なった。Fig. 3 (a) および Fig. 3 (b) の比較により各実験試料の粉化性には、コークス混合の影響は認められず、コークス混合により -1mm 粒度重量 (%) が幾分増加するようであるが、この場合混合コークス自身約 15~30 g の -1 mm 粒度への粉化があり、機械的な摩擦粉化の増加を裏付けている。なお還元ガスへ CO₂ ガス添加の場合大きな粉化性の変化は認められずこれは後述の温度条件が還元ガス組成の多少の変化に優先しているものと考えられる。

一応本実験における還元粉化は、加熱粉化に還元、炭素析出による崩壊作用が加わり、高炉内での粉化に近似するものと考えられるが、明らかにペレットと焼結鉱の粉化挙動は非常に異なり、ペレットは粉化の割合が極めてわずかであるが、焼結鉱は -5 mm 粒度以下の粉状部分が多く発生し、ゴア 褐鉄鉱と同じ挙動を示してい

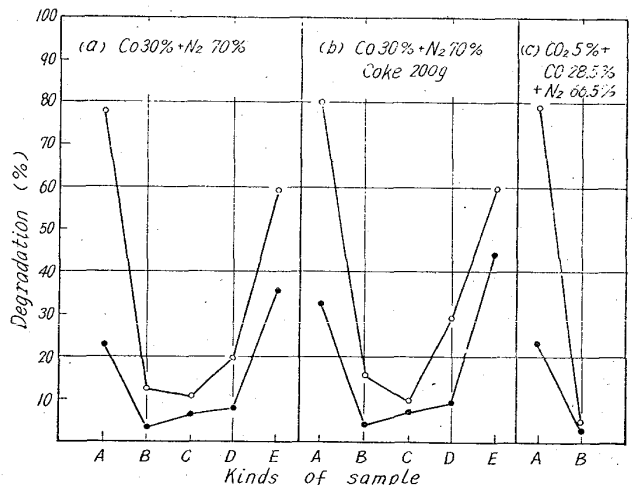


Fig. 3. Effect of coke addition and reducing gas composition on the degradation of sinter, pellet and ores. (Reduction condition; Table 1. E)

A: Sinter B: Taconite pellets
C: Acari magnetite D: Indian remonite
E: Goan mimonite
○—○ -5 mm (%) ●—● -1mm (%)

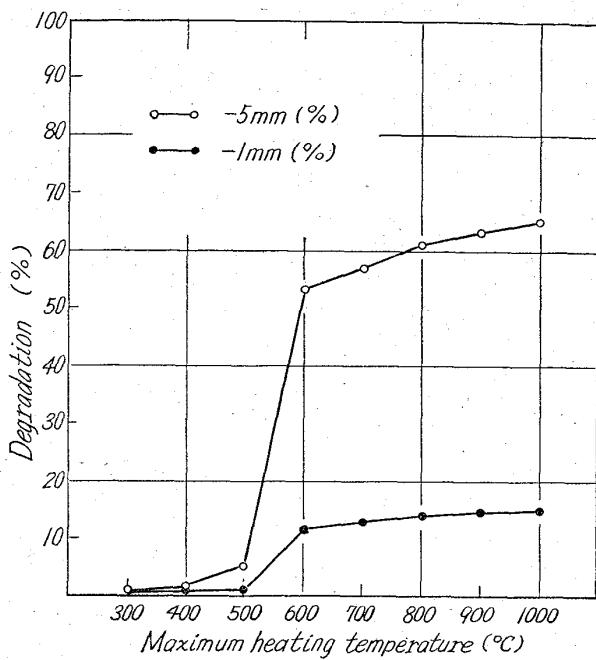


Fig. 4. Effect of maximum heating temperature on the degradation of sinter. (Reduction condition; Table 1. C)

る。インド赤鉄鉱，アカリ磁鉄鉱などの堅固な組織を有する鉄鉱石ではその粉化の程度が減少している。

褐鉄鉱の還元粉化は結晶水の放出による組織の弛緩とそれにつづく還元および炭素析出作用が原因であり，焼結鉱では炭素析出や還元作用の破壊作用の外にその表面状況と大気孔の存在によつて粉化助長されるものと考え

られる。なおペレットはその球状特性から摩耗に強いことは当然考えられる。

(d) 温度条件の影響

次に還元および炭素析出作用におよぼす温度条件を粉化性の面よりも検討した結果の一例は Fig. 4 の CO 30%+N₂70%，15 l/min の還元ガス中にて加熱速度を 200°C/hr とし 200°C より実験を開始し，その最高加熱温度を 300~1000°C とした場合である。明らかに最高加熱温度が 500°C と 600°C の間で粉化が急激に大となつている。このことは他の各種実験試料でもその程度の差はあれ同様であり，この炭素析出作用にもとづく粉化現象は，加熱速度の変化 (200°C/hr, 360°C/hr および 450°C/hr (あるいは還元温度 600°C にて還元時間 (30 min および 60 min)，還元ガス組成 (CO 30%+N₂ 70% および CO 100%) の変化の場合にも認められ，この場合炭素析出量の大小よりもその析出する位置すなわち多孔質な焼結鉱およびゴア褐鉄鉱では，その炭素析出による崩壊作用が大きく表われるものと考えられる。このことは定温還元 (900°C×3 hr) と昇温還元 (200°C→1000°C, 200°C/hr, 4 hr) の還元ガス CO 30%+N₂ 70%，15 l/min の還元条件で行なつた回転還元試験にて焼結鉱とゴア褐鉄鉱の間ではその粉化の差が大であるが他の実験試料では差は大きくなかつた。還元後試料の組織観察によれば，焼結鉱では気孔に沿うての亀裂の発生が認められゴア褐鉄鉱では結晶水の分解に伴つての亀裂の発生が多数認められ，焼結鉱で炭素析出作用の粉化におよぼす影響が大きいものと考えられる。

最近高炉条件に近似せしめた還元試験法の検討⁹⁾が行なわれているが，その中の温度条件のみを変化せしめて

Table 1. Relation between reduction condition and reduction of sinter.

Marks	Reduction condition*			Reduction (%)		Remarks
	Temperature		Time (min)	Method**		
	Range (°C)	Heating rate (°C/hr)		(1)	(2)	
A	900 900	— —	180 300	58.28 —	76.76 90.15	Gakushin's Method
B	25~1000	300	200	41.93	67.78	
C	200~1000	200	240	51.93	84.28	
D	300~ 500 500~1000	300 150	240	55.35	85.95	
E	200~ 800 800~1000	300 100	240	53.79	87.90	Our recommended Method
F	25~ 700 700~1000	350 100	300	67.51	90.85	Linder's Method

* Other reduction condition
Sample size 18~20mm Sample weight 500g
Rotation of reduction tube 30 rpm
Reducing gas Co 30%+N₂ 70%, 15l/min

** (1) rotary reduction method (by Linder's Apparatus).
(2) static lump ore reduction method (by Gakushin's Apparatus).

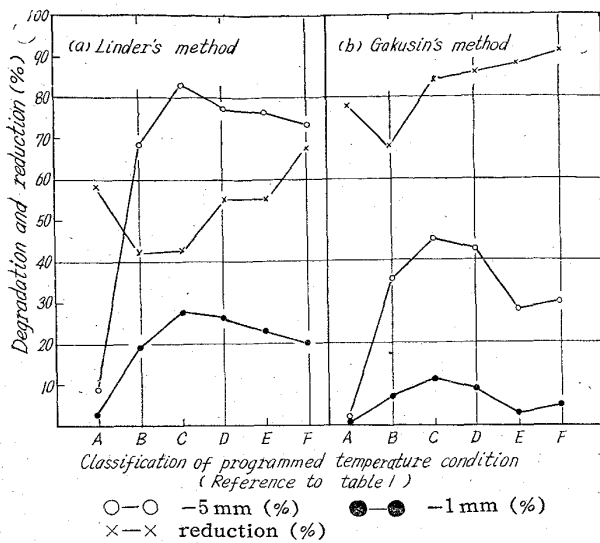


Fig. 5. Effect of programmed temperature condition on the degradation and reduction of sinter.

回転還元試験を行なった結果は Fig. 5 (a) のごとくであり、この場合の還元条件および焼結鉱の還元率は Table 1 に示した。

粉化率は、炭素析出温度範囲の大きい温度条件の場合にその増加が認められ還元率への影響としては 900°C 以上での還元時間の大小が問題となるようである。

以上、回転還元試験条件の実験条件を検討した結果、われわれは Table 1 の mark E の実験条件を基準とした回転還元試験を実施し、粉化および還元強度の検討に使用している。

(2) 塊状還元試験

前項の回転還元試験にて摩擦粉化による還元粉化の増加が認められたが、最も重要なことは温度条件の変化であることがわかった。

学振法の鉄鉱石塊状還元試験法の温度条件 ($900^{\circ}\text{C} \times 3 \text{ hr}$) を Fig. 5 (a) に対応して変化せしめて行なった場合その粉化率の変化は Fig. 5 (b) のごとくであり、相対的にその粉化挙動が温度条件に制約されていることがわかる。特にその還元率は Table 1 に示すごとくであり、学振法の $900^{\circ}\text{C} \times 5 \text{ hr}$ と Linder 法の温度

条件の場合とで一致していることは興味ある点である。すなわち焼結鉱の粉化性を検討する場合、回転還元試験でなく学振法の塊状還元試験法の温度条件を昇温還元とすれば十分であることがわかった。

なお、各種実験試料について定温還元 ($900^{\circ}\text{C} \times 3 \text{ hr}$) と昇温還元 ($200^{\circ}\text{C} \rightarrow 1000^{\circ}\text{C}$, $200^{\circ}\text{C}/\text{hr}$) を行ないその粉化率を比較した結果では、回転還元の場合と比較してその粉化が小であるが還元条件の粉化性におよぼす影響は焼結鉱を除いて大きな変化を示さず、回転還元試験で炭素析出作用のために粉化が大であると考えられたゴア褐鉄鉱で、定温還元と昇温還元の間で差の大きくないことは炭素析出状態で摩擦あるいは衝撃などの外部よりの動的要因が粉化を生ずるために必要であるが、焼結鉱ではこれらの動的要因が存在しなくても炭素析出温度範囲を含む昇温還元にて極めて粉化しやすいことを示唆している。

焼結鉱の還元粉化の問題は、現在の所、高炉操業上さしたる支障は生じていないようではあるが、還元性との関連において基質の強度向上を計る必要があり、焼結鍋による試験焼結鉱にて常温落下強度の向上により回転還元試験における粉化率の減少が得られている。

IV. 結 言

(1) Linder 法の回転還元試験について焼結鉱を試料として実験条件を詳しく検討し、Table 1 の E のとき実験条件を決定し、改良 Linder 法として鉄鉱石、焼結鉱およびペレットの粉化性の比較を行なった。

(2) 還元粉化に対しては温度条件が非常に severe であり、特に焼結鉱は学振法の鉄鉱石塊状還元試験を昇温条件にて実施することにより還元過程における粉化状況が明らかとなる。

(3) 焼結鉱の還元粉化の主要原因は、炭素析出作用によるものごとくであり、還元性との関連において焼結鉱質強度の向上をはかることにより焼結鉱品質の改善が得られる。

文 献

- 1) 的場: 鉄と鋼, 46 (1960) 7, p. 802~803
- 2) R. LINDER: J. Iron & Steel Inst. (U. K), 196 (1958) 7, p. 233~243
- 3) 児玉, 重見, 堀尾: 鉄と鋼, 49 (1963) 10, p. 1299~1300