

Table 3. Fluidization indices and rate constants for various distributors. ($u=57$ cm/sec)

Distributor	Fluidization index (kg/m ² cps)	Rate constant (min ⁻¹)
150 mesh screen	25.7	8.34×10^{-3}
40 μ sintered plate	9.90	9.09
10 μ sintered plate	4.06	9.00

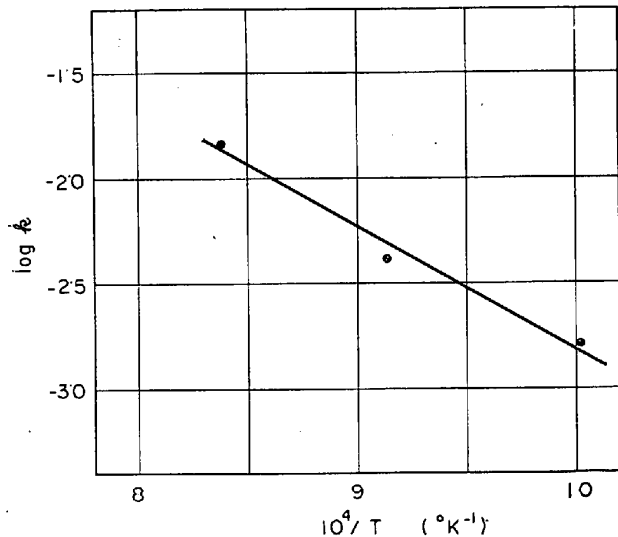


Fig. 5. Effect of temperature on reduction rate of iron sand by fluidized bed reactor.

k を求め、 $\log k$ vs. $1/T$ をプロットして温度依存性を調べた。その結果を Fig. 5 に示す。これより見掛けの活性化エネルギーを算出すると 26.1 kcal/mol となった。

6. 結 言

- (1) 100~200メッシュの淋代砂鉄の流動 H₂ 還元を行なったところ、還元率 80% 程度まで反応は時間と比例して進行し、見掛け上 0 次反応を示した。
- (2) 流動性は反応速度と関係があるが、本実験では流動性指数の向上が必ずしも反応速度の増加をもたらすとは限らないように思われた。
- (3) 流動層のガス流速と反応速度との間に直線関係がみとめられた。
- (4) 目皿の孔は流動性指数と関係があり、目皿の孔の密な方が流動性指数は良かった。

文 献

- 1) J. F. DAVIDSON, et al.: "Fluidized Particle", (1963)
- 2) R. D. MORSE, et al.: Chem. Eng. Progress, 47 (1951), p. 119
- 3) W. W. SHUSTER, et al.: Chem. Eng. Progress, 48 (1952), p. 455
- 4) 竹田: 化学工学, 21 (1957), p. 124
- 5) 平木, 吉田, 国井: 化学工学協会第 4 回シンポジウム前刷, (1965), p. 38

(26) 回転流動層における鉄鉱石の還元について

茨城大学, 工学部 工博○相馬 胤和
The Reduction of Iron Ore in Fluidized Rotary Bed.

Dr. Tanekazu Sōma.

1. 結 言

近来高炉はますます大型化し、能率も強化されているが、良質の原料を必要とすることから、将来の原料事情を考え種々の直接製鉄法が研究され、一部は実用化されつつある。その最も魅力ある方法として流動法¹⁾²⁾が採用され、わが国でも多くの報告³⁾⁴⁾がされているが、問題はガス利用率の低さにあるようである。ただ流動法でもガス流量に対し鉱石量の多いものでは比較的利用率が高い⁵⁾。

筆者はさきに固定層の還元を行ない⁶⁾、ガス利用率が主としてガスの接触時間により決定されることを述べたが、流動層に適用する場合、流動層における空隙をいかに評価するかが不明なので実測をしたいと考えていたが、流動層の装置は条件を種々に変えて実験をするにはいろいろと困難があり実行できずにいた。

前報⁷⁾において、回転層における鉄鉱石のガス還元にて、鉱石粒にかかる回転による遠心力が重力の加速度に近づくと急速にガス利用率が改善されるが、これは回転により流動層が形成されるものと考え、この前後の回転数により種々の条件で実験を行ない、ほぼ流動層が形成されることを知りこれを回転流動層と呼ぶ。この流動層においてもガス利用率はガスの接触時間により決定することを確かめたので報告する。

2. 装置および方法

装置および方法は前報⁷⁾と同様だが、回転反応管には内径 45 mm, 長さ 1000 mm の 18-8 ステンレス鋼管を使用し、ベルト駆動では管が振動するので、ギヤードモーターにプーリーをつけ、その上に直接反応管を乗せて駆動し、安定な回転を得ることができた。

H₂ 還元では炉の前後の流量の差から、また CO 還元では流量と CO₂ の分析値から還元率を計算したのは前報⁸⁾⁹⁾と同様である。温度は 900°C で還元を行なった。

鉱石は自溶性焼結鉄 2 種 (A, B) を使用したが、A は B に比しとくに高還元率での還元速度が低かった。その分析値を Table 1 に示す。

内径 45 mm の管壁では回転数 200 rpm のとき遠心力と重力が釣り合うので、この前後の回転数および回転せぬときの比較を行なった。また常温において鉱石粒の運動を撮影した。

3. 実験結果および考察

3.1 回転数の影響

Table 1. Chemical composition of self-fluxing sinter (A & B).

	T. Fe	FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Mn	T. O ₂
A	58.22	12.83	5.55	6.52	3.14	0.41	23.59
B	56.69	8.84	5.42	9.67	2.06	0.13	23.38

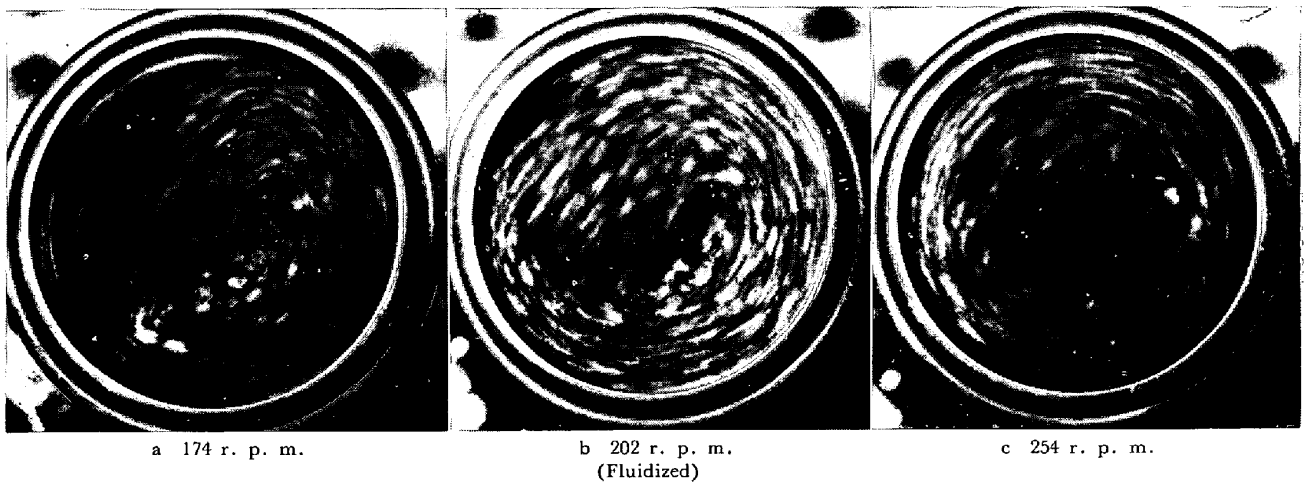


Photo. 1. The motion of ore in rotary bed (room temperature) sinter 1~2 mm, filling ratio 1/2. 45 mm ϕ I.D. pipe.

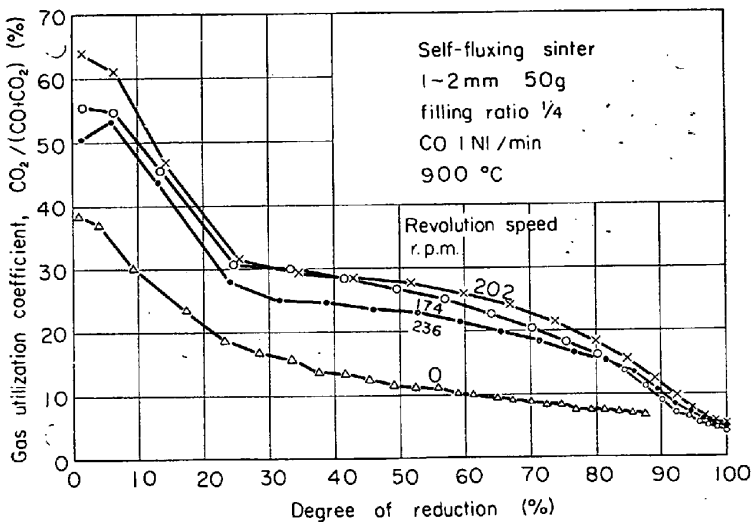


Fig. 1. The influence of revolution speed on the curve of gas utilization coefficient.

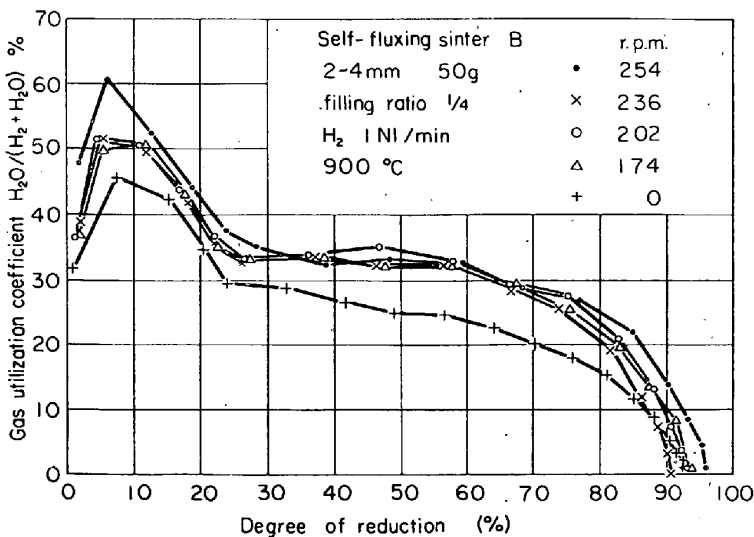


Fig. 2. The influence of revolution speed on the curve of gas utilization coefficient.

焼結鉱 B, 1~2 mm, 50 g, 充填率 1/4, CO 1 NI/min, 900°C にて回転数を 0, 174, 202, 236 rpm に変化させたときの CO 利用率曲線を Fig. 1 に示す。

図より 202 rpm のときのガス利用率が最高で、その前後の回転数では共に利用率が低下しているのがわかる。

つぎに焼結鉱 1~2 mm, 充填率 1/2 のときの粒子の運動を常温において撮影した写真を Photo. 1 に示す。ここで a は 174 rpm で左上方に空間があるが、b は 202 rpm では全空間にわたり、c の 254 rpm では中心に空間があいている。国井氏は通常の流動法においても、空間における粒体の分布にむらがあることを指摘しているが、疎密のむらがあることをゆるせば 202 rpm では、ほぼ流動化しているとしてもよからう。

この流動化する回転数は条件により多少異なり、鉱石粒が大きくなるほど、また充填率が低くなるほど回転数の高い方にずれる傾向がある(2~4 mm, 充填率 1/4 で約 230 rpm)。これは鉱石と管壁との摩擦に影響しているものと考えられるが、170~250 rpm においてはいずれの場合でも利用率にあまり大きな差は認められない。

また H₂ 還元では Fig. 2 に示すように回転数による差が CO 還元に比し少ないのは H₂ の拡散速度が速いためと考えられる。

3.2 充填率の影響

前報において低速回転では充填率が低下すると利用率も低下することを述べ、これは回転層の上部の空間をガスが吹き抜けるためと考えたが、今回も 0~160 rpm では同じことがいえる。しかし 200 rpm で流動状態になると充填率の差はなくなり、230 rpm では逆に充填率の低いほうが利用率が高いデータもでてくるが、これは充填率 1/2 では Photo. 1 c のように真中に穴のあく状態だが、1/4 では管壁のすべりのためちようど流動化の条

件になつたものと考えられ、いずれにしても、流動化したときには充填率の差はなくなるものと考えられる。

3.3 同一接触時間のガス利用率曲線

H₂ 流量を 1, 2 NI/min に変え、焼結鉱 B の重量を 50, 25, 12.5 g に変え、200 rpm にて還元を行なつたときのガス利用率曲線を Fig. 3 に示す。ここで 2 組の線群は、それぞれ鉱石重量/ガス流量が一定の条件となるので、流動化したときは鉱石のみのしめる容積で計算した接触時間で計算すれば、同一の接触時間では同一のガス利用率曲線を示すという固定層のときの条件を満足する。

3.4 回転流動層と固定層との比較

H₂ 1 NI/min で、焼結鉱 B 50, 25, 12.5 g を 200 rpm で流動還元したとき、35 mm φ の堅型の還元炉で固定層として鉱石重量、H₂ 流量をひとしくしたときの同一還元率まで到達する時間の比を、固定層に対する流動層の効率として到達せる還元率に対しプロットすると Fig. 4 のようになる。

図より 12.5, 25 g では効率はほぼ 100% となるが、50 g においては還元率 30~40% でやや低下し、それ以後も 100% には回復しない。これは 12.5, 25 g では接触時間が短いため固定層においても層厚うすく、層の方向にトポケミカルな反応がめだたないので、流動層と同じ利用率を示し、流動層の接触時間を鉱石のしめる容積のみで計算すれば、固定層でも流動層でも同一接触時間では同一のガス利用率が得られることがわかる。しかし接触時間が長く、ほぼ平衡に達するようになると、ガス利用率曲線は固定層ではトポケミカルな平衡階段を示すのに対し、流動層では鉱石の混合を伴うため化学量論的な平衡階段を示す。そこでガス利用率曲線が平衡階段を示すような理想的な反応速度を想定し、その比をとると Fig. 4 に点線で示すような理論効率曲線が得られる。

これと 50 g のときの効率曲線を比較すると、絶対値はかなり違うが非常に似た傾向を示しているので、鉱石重量が増大するとますます点線に近づくものとする。

普通の流動層も含め、流動層においてガス利用率を上げるためには、鉱石量/ガス流量を増大するとともに、流動化による鉱石の混合のため失なわれる向流還元の条件を多段流動層により得ることが必要と考える。

4. 結 言

回転炉における管壁での回転の遠心力を重力の加速度と釣合せることにより、回転流動層を形成することができる。

この回転流動層はガスの運動エネルギーで流動化をしていないので、鉱石量とガス流速を自由に変えられ、流動層のガス利用率の試験法としては絶好のものであり、実用的には鉱石量を増大することにより流動法の欠陥であるガス利用率の低さを取り除くことができる。

流動層において、ガス利用率は鉱石のみの容積にて計算したガスの接触時間により主に決定され、接触時間の

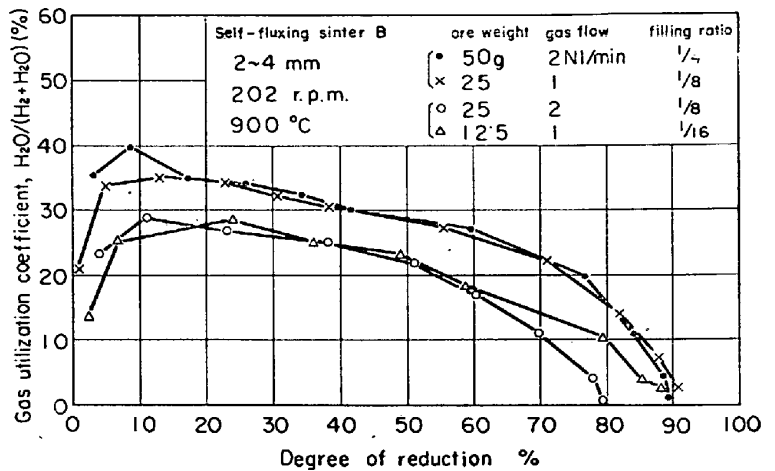


Fig. 3. The influence of gas utilization coefficient at constant contact time.

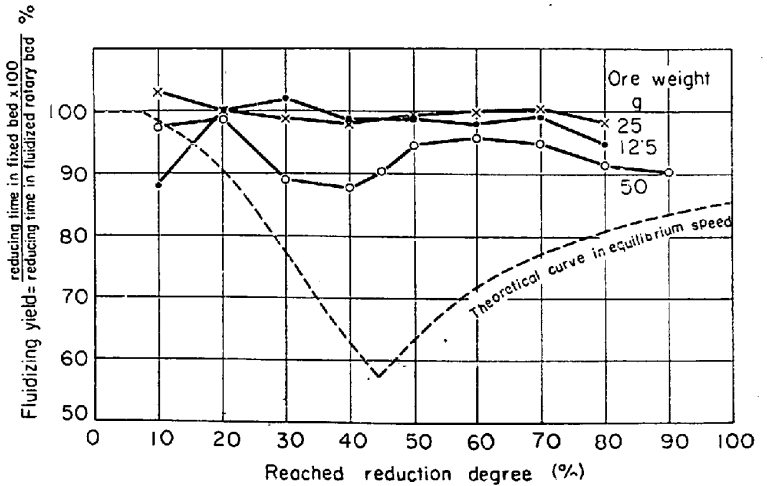


Fig. 4. The relation between reducing speed in fluidized rotary bed and in fixed bed.

短い範囲では固定層のそれと同じ条件のときのガス利用率とも同一である。

流動層においては鉱石の混合が行なわれるので、接触時間を長くしたときのガス利用率曲線は化学量論的平衡階段を示すと考えられる。

文 献

- 1) 遠藤, 松下: 鉄と鋼, 46 (1960), p. 64
- 2) A. M. SQUIRE: Proc. Blast Furn., (1957), p. 32
- 3) 田中, 森川: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 16
- 4) 山道: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 649, 747, 877
- 5) H. H. ERANT, et al.: Physical Chemistry of Process Metallurgy, Part 2, Interscience Publishers, (1959), p. 647
- 6) 相馬: 茨城大学工学部紀要, No. 6 (1966), p. 1
- 7) 相馬: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 1636
- 8) 相馬: 鉄と鋼, 51 (1965), p. 1753
- 9) 国井: 流動化法, (1962) 日刊工業新聞社, p. 127