

669,041,57; 622,782,6
 (19) キルン内の原料移動および温度
 分布
 (ロータリーキルンによる
 砂鉄予備還元の研究—Ⅰ) 1241~1242
 東北電化工業大間々工場

伊与田隆蔵・○荒川 秀雄

Travel of the Material and Distribution
 of Temperature through a Rotary Kiln.
 (Study on the prereduction of iron sand
 with a rotary kiln—Ⅰ)

Ryūzo IYODA, and Hideo ARAKAWA.

I. 緒 言

前報において 46 m 長の試験用ロータリーキルンの諸元, ならびに動的解析を目的とした諸測定法について述べ, 実際の測定結果数例について報告した. 今回は第 1 報中予定した検討項目の中, キルン内の原料移動および温度分布について詳細な報告を行なう.

II. 原料移動の一般則

回転円筒内の固体粒子の通過に関しては古くから多くの研究がなされている¹⁻⁵⁾. これらは何れもセメントキルンを対象とした幾何学的な検討が多い. 米国鉱山局報告は次の式を与えている.

$$t = f \times 1.77 L \sqrt{\theta} / Pdn \quad (1)$$

ただし,

- t: 炉内通過時間(mn) L: 炉の長さ(ft)
- θ : 原料の安心角(deg.) P: 炉の傾斜角(deg.)
- d: 炉の内径(ft) n: 回転数(rpm)
- f: 圧縮に対する係数

キルン回転毎の原料移動距離を D とし, 上式を変えて $f=1$ として次式をえる.

$$D = Pd / 1.77 \sqrt{\theta} \quad (2)$$

(2) 式を大間々の 2 号試験キルンに適用して, $d=190$ cm, $\tan \theta=1/40$ $n=0.9$ rpm, S = 毎分原料移動距離とすると,

$$S = 138 \cdot 1 / \sqrt{\theta} \quad (\text{cm/mn}) \quad (3)$$

Fig. 1 は実際に稼動中の試験キルンより採取採取されたスポットサンプルについて実測した炉内原料安心角 θ の変化 3 例と, この値を (3) 式に適用して求めた原料移動速度 v の変化 1 例を示した. v に対して θ は平方根の逆数として利くので, 提示した 3 例の v はほとんど一致する. この速度 v の積算から炉内全長の通過時間を概算すると約 3.1 時間となる.

また上の結果の中, 測定 2~3 を例に採取試料より実測した嵩比重変化と, 原料投入量 103 kg/mn より, キルン内原料の最大深さ (H) とキルン断面における面積占有率 (α) の変化をセグメントディメンジョンより求め Fig. 2 に示した. 原料はキルンの両端部に多く保持されることが解る.

III. 原料移動の実体

以上はキルン原料粒子が一樣に揃っている場合には適用できるが, 本解析のうよに原料が細い砂鉄と比重のことなる還元炭材が混合されたときは, 個々の粒子についてその移動軌跡は複雑となる. 筆者はこれを解明するため, 断面をも観察できるドラム形の容器と, 長さ 1.7 m

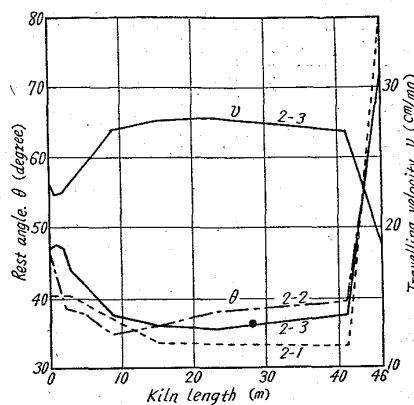


Fig. 1. Variation of rest angle (θ) and travelling velocity of kiln material.

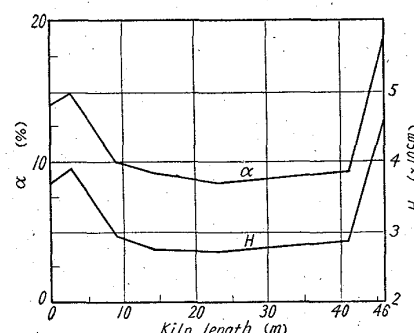


Fig. 2. Variance of α and H along the rotary kiln.

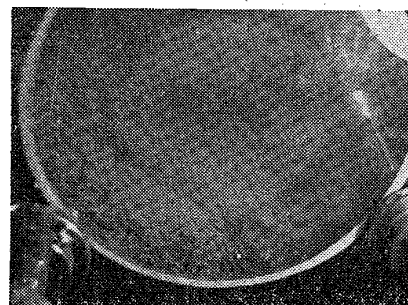


Photo. 1. Size segregation of kiln material in a glass cylinder.

の長円筒キルン模型を透明原料で作し, いろいろな原料を装入回転して粒子の挙動を観察した. その結果混合原料は円筒断面において強い帯状の粒度偏析を起し, 一般にいわれている⁶⁾ような偏析状態にはならないことを知った. Photo. 1 は比重小さく粒度の大きな還元炭材が原料層の周辺に帯状に偏析を起した状態を示す.

また混合原料はキルンの軸方向に直角に縞をなす偏析を生ずることがある. 長円筒模型に原料を流して縞状偏析の発生原因を検討した. その結果縞状偏析は上の帯状偏析が起ると, 粒子間に移動速度の差を生じて発生することが解った. これらの現象は実際のキルンが原料を滞留したまま停止したときの炉内原料の実測調査により裏付けされた.

IV. 原料温度分布

Fig. 3 は数例の測定について記録された炉内原料温

546.72-31:542.941
 (20) 水素ガスによる酸化鉄粉の還元
 (低温ガス還元法による鉄粉の製造—Ⅲ)

大阪府立大学工学部 62200
 工博 河合正雄・工博 木村 弘・○寺峰禎次
 金属材料研究所 片瀬 嘉郎

Reduction of Fine Iron Oxide by Hydrogen.

1242~1244
 (On the manufacture of iron powder from iron oxide by gas reduction at low temperature—Ⅲ)

Dr. Masao KAWAI, Dr. Hiroshi KIMURA,
 Teiji TERAMINE and Yoshiro KATASE.

I. 緒 言

酸化鉄粉の低温ガス還元について、第2報¹⁾では H₂ ガス、NH₃-cracking ガスおよび C₃H₈-cracking ガスによる還元で、温度による還元速度の変化ならびに還元機構について報告したが、本報では H₂ ガス還元について、さらに詳細な実験を行なったので、H₂ ガスによる酸化鉄粉の還元速度および還元機構について報告する。

II. 実験装置および実験方法

還元装置は第1報²⁾と同様の熱天秤と反応管内を真空とする真空ポンプおよび H₂ ガス清浄装置からなっている。

試料は市販の試薬一級 hematite を 100~150メッシュに篩分けし、これを 110°C に数時間乾燥して用いた。実験操作は試料を反応管内に吊した後反応管内を真空とし、あらかじめ還元温度より約 50°C 高く加熱した上下可動式加熱炉を引き上げて試料を加熱し、試料の温度が所定の還元温度に保たれてから反応管内に H₂ ガスを流入し、反応管内の圧力が常圧となると直ちに一定流量の H₂ ガスを流して還元を行なった。

H₂ ガスの流量は 100cc/mn, 200cc/mn および 300cc/mn とし、いづれの流量についても還元温度は 400~550°C の間は 25°C 間隔で、550~600°C 間は 10°C 間隔とし、600~700°C の間は再び 25°C 間隔で実験を行なった。

III. 実験結果および考察

前述のごとく H₂ ガス流量は 100cc/mn, 200cc/mn および 300cc/mn とし、還元温度範囲は 400~700°C で温度間隔を 10°C あるいは 25°C として実験したが、その中 H₂ ガス流量を 300cc/mn, 還元温度 425°C, 500°C, 600°C および 700°C の場合の還元率と還元時間の関係曲線の一例を Fig. 1 に示す。Fig. 1 から判るように一定温度では、還元速度は還元の初期に早く還元率と還元時間の間にはほぼ直線関係があるが、還元の進むにつれて曲線の曲率は次第に鈍化しながら 100% 還元に漸近してゆく。また還元温度の上昇につれて還元速度も増加することは前報その他従来の研究結果と同様である。

最初の球状酸化鉄粉の半径を r_0 、密度を d_0 とし、還元時間を t 、還元速度定数を k とすると、前報で述べたごとくそれらの間には次の関係がある。

$$r_0 d_0 \{1 - (1 - R)^{1/3}\} = k \cdot t \dots\dots\dots (1)$$

R: 還元率

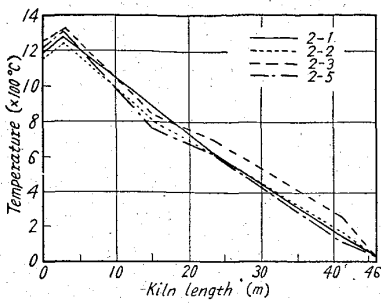


Fig. 3. Distribution of temperature of raw material in the rotary kiln.

度分布である。原料温度により、乾燥帯、予熱帯、還元帯の3区分をするが、本例の場合その境界地点は41 m および 16 m 附近と思われる。しかしながら上に述べた原料中の偏析が強く起っている場合は、キルンからの熱伝達が原料

に対し撰択的となり、キルン断面における部分加熱が発生する。第1報で触れたようにこのような温度不均一は温度記録に現われない。実際に採取試料の水分は投入後相当遠い距離まで検出されている。このような部分加熱は還元帯初期まで持続されることがあるが、還元帯に入ると反応生成ガスの逸出で原料が沸騰状態となり、炉壁のコーティングも攪拌を促すので偏析による部分加熱は少なくなる。排出口付近では原料層自由面がバーナー輝焰、炉壁より強い輻射を受け、海綿鉄粒子の軟化溶着を起す。測定の結果この過熱は 100~300°C に達した。炉内の伝熱は低温部で伝導、高温部で輻射が支配的であるが、両者が等しくなる地点は熱伝導の式より推定すると 25 m (投入側より 45%) 附近の地点である。

V. 結 言

砂鉄還元ロータリーキルンの解析項目の中、原料の移動と温度分布について、実測を基に検討を行ない次の事項を指摘した。

- (1) 原料が比重、粒度の異なる混合系である時、キルン内の移動は帯状、縞状の偏析によつて乱される。一般に粒径の大なるもの程移動速度は大きい。
- (2) 偏析のため原料層への伝熱が偏り、層内に部分加熱を生ずる。
- (3) この現象は以後の検討項目に総て影響を持つので重要で、砂鉄還元では還元剤粒度の管理が必要である。

文 献

- (1) SULLIVAN & alli.: U.S. Bur. Mines. Tech. Paper, (1927), p. 384.
- (2) BAYARD, Chem. & Met. Eng., 52, (1945) 3, p. 100.
- (3) J. H. PERRY, Chemical Engineers' Handbook, (1950) p. 1612.
- (4) H. GYGI, 3rd International Symp. on the Chem. of Cement, (1952).
- (5) I. WARNER, Rock Prod., 56 (1953) 5, p. 72; 56 (1953) 8, p. 128.