

(15) 流動還元実験パイロットプラントの操業条件

金属材料技術研究所

田中 稔, 尾沢正也, 神谷昂司  
森中 功, 桜谷和之, 北原宣泰

1. 緒言 — 金材技研においては昭和48年以降, 内径25cmの段, 室併用実験パイロットプラントを用いて水素による高温加圧流動還元実験を行っている。すでに装置, 方法および結果の概要について述べたが本報告においては多段化に重要な溢流管内鉱石流下の安定化条件, 熱収支, 反応面からみたガス循環量と給鉱速度の設定条件などについて述べる。

2. 溢流管内鉱石流下の安定化条件 — 流動還元における多段化は熱回収, ガス利用率向上のために必要である。このため重要な溢流管内鉱石流下の安定化条件として矢木, 鞭らの報告がある。これは管内粒子フルード数と管内流入ガス量を制御する一定値以上に保つことを条件としている。著者らはこの安定領域内においてしばしば閉塞を経験したので, この解明のため溢流管内流入ガス量と安定化条件の関係を知るためガラス模型による実験を行い次式の条件を満足する必要があることが分った。

$$V_f \left( u_0 \frac{Q}{A} \right) - \frac{F}{Q \rho_s (1 - \epsilon_f)} > u_{mf} \quad u_0: \text{管内流速}, V_f: \text{管内ガス流入効率}, \alpha: \text{管下端オ}$$

キラス断面面積,  $Q$ : 管断面面積,  $F$ : 給鉱速度,  $\rho_s$ : 鉱石密度,  $\epsilon_f$ : 流動時の空隙率,  $u_{mf}$ : 最小流動化流速。この条件下においては管内粒子は流動化状態を保ちながら順調に流下した。

3. 熱収支, 反応面からのガス循環量と給鉱速度の設定条件 — 還元温度 860~900℃ に保てば水素供給量 ( $Q_{H_2}$ ) に比例して生産性 ( $P$ ) は増大し, 現在までに平均還元率 ( $\bar{R}$ ) 95% 程度の成品を  $P = 55 \text{ t/m}^2 \cdot \text{day}$  で得られた。さらに加圧して  $Q_{H_2}$  を増せば  $P$  の増加は可能と思われる。しかし本装置は内熱式であるため所定温度を保持するには熱収支から  $Q_{H_2}/F$  に制限があり,  $\bar{R} > 95\%$  でガス利用率約23%以上は得られなかった。この問題解決のためには(1), 上段温度を高くして  $FeO$  まで還元率を上げる。(2), 窒素を添加してガス循環量中の  $Q_{H_2}$  を下げ  $Q_{H_2}/F$  を小にする。方法がある。(1)は鉱石の予熱, 上段へ酸素吹込みなどにより可能であり, 下段の反応熱の減少と管内水蒸気濃度低下による成品還元率の向上, 上段におけるガス利用率増加が考えられるが, この装置では行わず(2)の方法による実験を行った。この結果を表に示す。水素と窒素の比熱差による熱収支の改善と  $Q/F$  の低下によりガス利用率27%までの上昇が得られた。しかし  $\bar{R}$  は約92%まで低下した。この原因を解明するために下段オキ室の成品中の粒子の還元率分布を求め還元曲線を得た(鉄と鉄 62(1976)4: S19)。この結果管内に供給された粒子は  $R_0 = 30\%$  まで即時に還元し, 以後一次反応に従うが  $R_0 = 90\%$  まででは還元速度は大きい, これ以上で急減することが分った。還元速度式として次式が得られた。

$$1 - \bar{R} = \frac{1 - R_0}{1 + K'E} - \frac{1 - R_a}{1 + K'E} Q^{-\frac{\tau_a}{E}} + \frac{1 - R_a}{1 + K'E} Q^{-\frac{\tau_a}{E}}$$

$K'$ :  $R_0 - R_a$  見かけの速度定数  
 $K''$ :  $> R_a$   
 $\tau_a$ :  $R_0$  までの時間  
 $E$ : 平均滞留時間

実験プラント操業結果

| NO                |                    | 1    | 2    |
|-------------------|--------------------|------|------|
| 実給鉱量              | kg/h               | 155  | 122  |
| 炉内圧               | atm                | 8    | 8    |
| ガス循環量             | Nm <sup>3</sup> /h | 294  | 250  |
| ガス H <sub>2</sub> | %                  | 94.3 | 95.6 |
| 温度                | 入ガス                | 1150 | 1150 |
|                   | 下オキ室               | 842  | 873  |
|                   | オキ室2               | 859  | 889  |
|                   | 上段                 | 590  | 610  |
| 還元率               | 下オキ室               | 84.8 | 82.5 |
|                   | オキ室2               | 91.0 | 92.0 |
|                   | 上段                 | 15.5 | 14.1 |
| ガス利用率             | 炉内                 | 5.8  | 6.4  |
|                   | 下オキ室               | 30.5 | 30.5 |
|                   | オキ室2               | 2.9  | 4.3  |
|                   | 上段                 | 3.4  | 3.2  |

次に流動層を水平に  $n$  分割し, 管内の水蒸気濃度勾配を求めて検討した結果, 下段オキ室の炉上部に反応速度の低い領域が存在し, これが成品の平均還元率を低下させていると考えられた。従ってこの領域を少なくするためにはオキ室とオキ室2の容積を変えることによりオキ室の  $Q/F$  を大にし管内の平均還元ポテンシャルを高くしてオキ室とのガス利用率の平均化をはかることが必要と思われる。