

KAWASAKI STEEL GIHO

Vol.11 (1979) No.1

---

Reduction Mechanism of Packed Millscale Bed for Iron Powder Production

(Ichiya Endo) (Shigeaki Takajo) (Shunji Ito)  
(Yoshiaki Maeda)

UDC 620.191.32:621.762.242  
669.046.462

# 鉄粉製造におけるミルスケール充填層の還元機構

Ichiya Endo

Shigeaki Takajo

07\*\*\*\*

必要が生じてきた。ミルスケール還元鉄粉の生産

える。ここで、還元はひとつの座標軸方向に進み、

(4) 境膜拡散と反応との混合律速のとき、

$$t = \frac{r_0^2}{4 D_{ep}} \left[ 1 - \frac{R}{k_r(1+1/K)} \right] \quad (5)$$

これらを(1)式の右辺第3項を無視した式に代入して

$$\alpha = \frac{r_0^2 F}{4 D_{ep}} \quad (6)$$

$$\beta = \frac{r_0 F}{k_r(1+1/K)} \quad (7)$$

$$\gamma = \frac{r_0 F}{\alpha k_f} \quad (8)$$

$$R = 1 - \left( \frac{r_0 - X_0}{r_0} \right)^2 \quad (9)$$

とする。

を得る。ここで、

$$f(r_0, X_0) = 1 - \left( \frac{r_0 - X_0}{r_0} \right)^2 + \left( \frac{r_0 - X_0}{r_0} \right)^2 \cdot \ln \left( \frac{r_0 - X_0}{r_0} \right)^2$$

とする。

(2) 円筒充填層を内側から還元する場合

(1)の場合と同様にして

$$t = \frac{F_1}{4 D_{ep}} r_1^2 g(r_1, X_1) + \frac{F_1}{k_r(1+1/K)} X_1 \quad (11)$$

を得る。ここで、

$$g(r_1, X_1) = \frac{(r_1 + X_1)^2}{(r_1 - X_1)^2}$$

$X_0, X_1$ をそれぞれ $\bar{X}_0, \bar{X}_1$ として、 $r_0 - r_1 = \bar{X}_0 + \bar{X}_1$ を用い、 $\lambda = r_1/r_0, Z = (r_0 - \bar{X}_0)/r_0$ とおくと、(10)、(11)式からZに関する方程式

$$7Z^2 + 7(1-\lambda)Z + 7(1-\lambda) = 0 \quad (12)$$

$K$  : 鉄酸化物の還元の平衡定数(-)

$d_0$  : 鉄酸化物の酸素モル濃度(mol/cm<sup>3</sup>)

$\epsilon$  : 充填層の気孔率(-)

$l, r_0, r_1$  : 充填層の高さ 外半径 内半径(cm)

が得られる。ここで、

$$A_1 = -\frac{\ln \lambda}{1-\psi} - \frac{1}{2}, \quad A_2 = \frac{K(1+\psi)}{2r_0(1-\psi)},$$

$$A_3 = \frac{r_0(\lambda^2 - \psi) - K(\lambda + \psi)}{2r_0(1-\psi)}, \quad K = \frac{4D_{ep}}{k_1(1+1/K)}$$

また、 $\psi = (\theta C_{00} - C_e)/(C_{00} - C_e)$ とする。iは(13)式の解Zを(10)式に代入したつぎの式

$$-F_0 r_0^2 \left( \dots \dots \dots K(1-Z) \right) \dots$$

$X_0, X_1$  : 充填層の内側、外側から還元される距離(cm)

$\theta = C_{01}/C_{00}$  : 内側と外側コークス層との反応ガス濃度比(-)

$\rho$  : 海綿鉄の見掛密度(g/cm<sup>3</sup>)

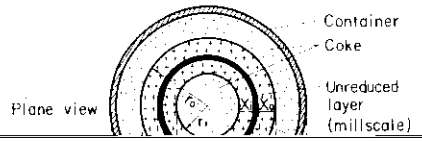
$\lambda = r_1/r_0$  : 充填層の内半径と外半径との比(-)

$P$  : 単位高さあたりの海綿鉄生産速度(g/s·cm)

### 3. 実験方法

### 3-2 鉄酸化物および還元剤の充填方法

鉄酸化物、還元剤、充填形状および還元容器の寸法・材質を **Table 3** に示す。実験 I～III はそれ



7-1-1 四川省地质研究所地质研究所地质研究所地质研究所

徳島大学工学部 徳島市 1-1-1



したがって、還元剤の差異による  $R$  の変化も定性的に説明される。これに関してはのちほど考察する。

ミルスケールが粗粒になると反応性の優劣にかかわらず海綿鉄の  $\rho$  はほぼ等しくなるため  $D_{ep}$  が等しくなり、この結果  $\alpha, \beta$  はそれぞれ等しくなり、直線(b)に示すように石炭コークスとオイルコークスにおける直線は一致する。

ここで、海綿鉄の気孔率  $\epsilon_0$  の  $D_{ep}$  への依存性に

ることから(4)式の適用は妥当性をもつことが明らかである。 $R$  は木炭またはチャー添加により大きく向上している。この効果はチャー添加の場合にもっとも著しい。Fig. 8 では同じ粒度のミルスケールを使用しているため  $d_0(1-\epsilon)$  は等しく、 $D_{ep}$  が異なるので  $\alpha$  に差異が発生するものと考えられる。

これまでの考察では境膜抵抗を無視してきたが、還元初期ではこの抵抗は無視できないと考えられ

Table 4 Reduced distances and gas compositions

| Ratio of radii | Inner radius | Distance reduced from outside | Distance reduced from inside | Position of gas analysis | Gas composition (vol%) | Ratio of reacting gas con- |
|----------------|--------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|----------------------------|
|----------------|--------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|----------------------------|

は2・1節の仮定のほか、

- (1) 境膜抵抗を完全に無視していること、
- (2)  $K$ として少量の $Fe_3O_4$ を無視していること、

また、肉厚は5.5cmを基準とした相対生産速度も示す。

一方、 $L_0=13.5cm$ とし、他のパラメータを前記

ること、

- (4) 内外コークス層から還元される海綿鉄の $\rho$ が等しいとしているため、内外での $D_{ep}$ 、 $k_f$ はそれぞれ等しくしていること、
- (5)  $C_{max}$ 、 $C_0$ として前記した平均値を用いている

て表すと Fig. 11 が得られる。ただし、 $\lambda=0$ での $P/\rho$ の値を基準とした。この図での $P/\rho$ は $\lambda$ および $\theta$ の増加とともに向上し、これは $\lambda$ が大きく $\theta$ が小さいとき顕著である。

充填層が完全に還元されるまでに必要とする最小時間よりも長い保持時間としたことが挙げられる。計算では、2・1節での仮定および4・6節で採用したパラメータの若干の不適切が考えられる。

反応性を有する還元剤を選択すること、臨界値以上ではミルスケール粒度が約80メッシュより微粒になるほど還元率が増大し、臨界値未満では還元率の粒度依存性は逆の傾向を示すが、ミルスケール

る。しかし、 $\bar{X}_1/\bar{X}_0$ の測定値と計算値とがほぼ一致しているため、計算値は妥当な値を示していると考えられる。

このように肉厚を薄くすることにより海綿鉄の生産性が向上するため、実操業における粗還元工程での使用重油量の削減が可能となること、さらに海綿鉄の粉砕性が向上する可能性もあることなどから、鉄粉の製造原価の低下に結びつくものと期待される。

## 5 結 語

粒度が約80メッシュより粗粒になると、いかなる還元剤でもそれらの粒度依存性は認められないこと、ミルスケールのようにFeOを多く含むものでは界面反応と海綿鉄屑の拡散との混合律速により、説明されることなどが明らかになった。

さらに、鉄粉用海綿鉄の生産性向上を目的として、ミルスケール円筒充填層の肉厚と海綿鉄の生産速度との関係を調べた。この還元を前記混合律速として生産速度の計算を行い、一方ではこの速度を測定して計算値との比較をした。その結果、小粗粒実験のみならず実操業に近い大きな径を有

する円筒充填層でも混合律速とする還元機構が適切であると認められた。外半径13.5cmの円筒充填層の内半径を変えて、肉厚を5.5cmから4.5cmと薄くすると、計算では肉厚減少が1cmにつき生産速

度が約26%向上する。これは実験的にもほぼ正しいことが明らかになった。

と、使用還元剤のガス化反応性が重要な因子であり、還元を促進させるには約20%の臨界値以上の

と、使用還元剤のガス化反応性が重要な因子であり、還元を促進させるには約20%の臨界値以上の

## 参 考 文 献

- 1) 森岡：川崎製鉄技報，1 (1969) 1, 65
- 2) V. F. Knyazev and E. A. Krashennnikov : Izv. Akad. Nauk. SSSR. Metaly, (1967) 1, 18
- 3) 小澤：日本金属学会誌，26 (1962) 11, 202

