

(13) 高炉内のかす速度と荷重分布について

70013

名古屋大学 工学部

・ 桑原 一守
 榎 敷

I 前言: 高炉の荷重分布に関する知見は相吊り算の操業限界を評定したり、炉床における粒子の流動を考察したりする上で必要と思われる。荷重分布を考える際にはかす力学についての把握が重要となる。従来の高炉内かす流動に関する研究の中では、昇温充填層として圧力損失を求めた例が多いが、随分非昇温系である高炉に対しては理論的には妥当でない。非昇温的取扱としては M. Hansen の法がある。これは炉内の層高方向に逐次レイノルズ数 (Re) を計算し、その Re を用いて圧力損失を計算してゆく法であるが、圧力損失式に組み入れていくには不便である。本報では炉内かす速度を簡単に推算しうる式を算出し、その式に従って荷重分布を考える。

II 解析と結果: [1] 炉内かす速度 (基礎式導出上の仮定: 1) 高炉を均一径の固定層と考える。2) 流体の流れは半径方向に均一であるとす。3) 溶融帯より上では、微小区間における圧損失 Ergun の式で表わされる。4) 装入物はあるレベルで溶解分離するとし、溶融帯下での圧損失には亀井らの実験式と Ergun 式を著者補正したものを使う。5) 自溶性煉結鉱の配合率が高いような場合を考慮層高方向にかすの質量速度は変化しなるとする。6) 炉内かすは理想気体の式に従うとする。

(基礎式): $(v - RT/Mv)dv/dr + \rho v^2 + (R/M)dT/dr + g = 0 \dots (1)$, (境界条件: $r = r_c; v = v_c \dots (2)$)

但し ρ は溶融帯上では $\rho_1 = (1-\epsilon)/D_p \epsilon \cdot (150(1-\epsilon)/Re_p + 1.75) \dots (3)$ 溶融帯下では $\rho_2 = (1-\epsilon)/D_p \epsilon \cdot (150(v_c^2)/Re_p + 1.75) \cdot \{1 + 0.00397 Re_L^{0.418} (\mu_L/\mu_g)^{0.271}\}$, $Re_L = 8D_p W_m / \{3\pi(1-\epsilon)D^2 \mu_L\} \dots (4)$

(基礎式解法上の仮定): 1) 炉内温度分布は、 $T = a - br \dots (5)$ なる直線的分布の合成であるとす。炉内温度分布の形状は大きくは上下熱交換のもの、熱保存帯のものに分かれるが、前者は傾斜をもち、後者は傾斜をもたない直線的温度分布により十分な近似ができて、2) ρ は、1) の三つの温度帯の中では一定値をとる。実際 Re_p の絶対値が大きき事により ρ_1 の温度依存は少く、また著者補正項の温度依存も少ない。

(基礎式の解): 1) $T = a$ (熱保存帯): $r = r_c + A \ln(v/v_c) - B \ln\{(\rho v^2 + g)/(\rho v_c^2 + g)\} \dots (5)$ 但し $A = RA/Mg$, $B = \frac{1}{2}(RA/Mg + 1/\rho)$.

2) $T = a - br$ (上下熱交換帯): 高炉では $|bR/M| \gg g$ である事を考慮して

$$r = r_c + \frac{a}{b} \left(1 - \frac{v \sqrt{\gamma - \rho v_c^2}}{v_c \sqrt{\gamma - \rho v^2}}\right) + \frac{1}{A \rho} \frac{v}{\sqrt{\gamma - \rho v^2}} \left[\sin^{-1} \left(\frac{\rho v}{\sqrt{\gamma}} \right) - \sin^{-1} \left(\frac{\rho v_c}{\sqrt{\gamma}} \right) \right] \dots (6)$$

但し $\gamma = bR/M$. (6) 式は第一項だけで精度良く近似できる。

(解析解の妥当性): 100% 自溶性煉結鉱使用時の温度分布 $\gamma - g^2$ と圧力分布 $\gamma - g^3$ とから換算したかす速度と計算値を図 1 に比較して示す。計算値は実験値の傾向をよく説明しているものと思われる。

[2] 荷重分布. Jansen 式に従う荷重収支に、 dr 区間内にかかるかすの抵抗力 $v dr$ を考慮して荷重分布を計算した。但し $\xi = 0.25\pi D^2 (1-\epsilon) G (150 \frac{\xi}{D_p} + 1.75) / \rho g$

III 記号: D: 炉平均径, D_p : 平均粒子径, G: かすの質量速度, g: 重力加速度, g_c : 重力換算係数
 r : 炉内半径からの距離, M: かすの分子量, Re : レイノルズ数, R: 気体定数, T: 温度, v : かす速度
 W_m : 溶解生成物の質量速度, ϵ : 空隙率, μ : 粘性係数, suffix: i: 炉内, c: かす, L: 溶解物

IV 文献: 1) 亀井ら: 化学工学, 18(1945)421, 2) B.L. Lazarev et al.: Stal in English, NO6 (1965)429, 3) V.V. Frolov et al.: Stal in English, NO4 (1961)242.

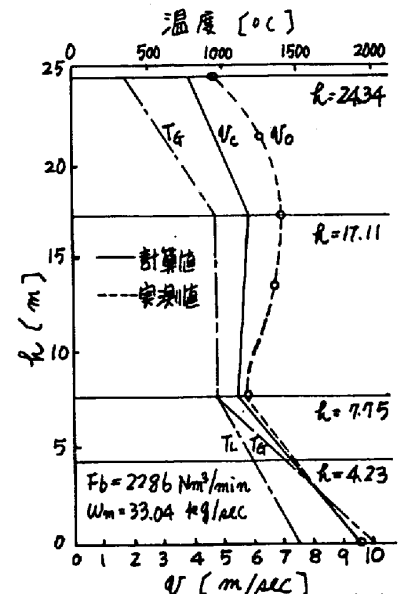


図1. かす速度の層高方向変化