

(85) 上昇気泡による脱ガスプロセスの数学的モデル

名古屋大学工学部 工博 鞭 茂

○藤井徹也 内田重男

1. 緒言 本研究は、脱ガスプロセスを上昇気泡による脱ガス、流滴による脱ガス、表面更新による脱ガスの3種の基本的なプロセスに分けて考察し、これらの解析結果を種々の脱ガス装置の操作条件の決定の基礎資料とする目的で着手した一連の研究の一つである。ここでは、とくに、(1)垂直円管内を溶鋼と気泡が混相流となって上昇する場合の脱ガス(例、R.H.の上昇管)、(2)鋼浴内部を気泡が上昇する場合の脱ガス(例、取鍋脱ガス)について、H、C、Oの脱ガス率と操作条件の関係を求めるために数学的モデルを展開して数値計算を行なった。

2. 理論と結果

(1)溶鋼と気泡が上昇する場合の脱ガス。溶鋼と気泡の垂直円管内混相流では、上昇に伴う気泡の圧力減少、溶解ガスの気泡への物質移動、気泡の温度上昇などにによりガス流量が急激に増加し、それに伴って溶鋼の流速も増加する。解析にあたり次の仮定をする。気泡の合体は起こらないとし、その形状は上昇中変化するが球形とする。脱ガス過程は、溶鋼中より界面への物質移動と界面での反応、および界面より気泡内への物質移動の3段階が考えられるが、溶鋼側での物質移動が律速であるとする。

$$\text{溶鋼側物質収支: } dC_{ec}/dz = -k_{ec} A a (C_{ec} - C_{eci}) / Q_s \quad (1) \quad dC_{eh}/dz = -k_{eh} A a (C_{eh} - C_{ehi}) / Q_s \quad (2)$$

$$dC_{eo}/dz = -k_{eo} A a (C_{eo} - C_{eoi}) / Q_s \quad (3)$$

$$\text{ガス側物質収支: } dC_{gh}/dz = k_{gh} A a (C_{gh} - C_{ghi}) / 2Q_g - (C_{gh} / Q_g) (dQ_g / dz) \quad (4)$$

$$dC_{gco}/dz = k_{gc} A a (C_{ec} - C_{eci}) / Q_g - (C_{gco} / Q_g) (dQ_g / dz) \quad (5)$$

$$\text{理想気体の状態方程式: } dP/dz - (P/T_g)(dT_g/dz) + (P/Q_g)(dQ_g/dz) - aRT_g C_1 / Q_g = 0 \quad (6)$$

$$\text{ただし } C_1 = 0.5 k_{eh} (C_{eh} - C_{ehi}) + k_{ec} (C_{ec} - C_{eci})$$

$$\text{ガス側熱収支: } \{C_2 / (T_g - T_s)\} (dT_g/dz) = \{C_{ph} C_{gh} + C_{pco} C_{gco}\} (dQ_g/dz) + \{C_{ph} (dC_{gh}/dz) + C_{pco} (dC_{gco}/dz)\} + k_{ec} A / Q_g \quad (7)$$

$$\text{ただし } C_2 = C_{gh} C_{ph} + C_{gco} C_{pco} + (Q_{go} P_0 / RT_{go} Q_g) C_{pAr}$$

$$\text{溶鋼と気泡の混相流エネルギー収支: } dQ_g/dz = \{AK(u_{eq} + Q_g v_r + Q_g u_g) / u_{gs} (u_{eq} + Q_g v_r)\} (dP/dz) - A g / u_g - u_g / \pi A \quad (8)$$

$$\text{ガス流量と気泡の直径との関係: } dD/dz - (D^3 / 3Q_{go} D^2) (dQ_g/dz) = 0 \quad (9)$$

以上の連立微分方程式を電子計算機を使って数値計算した結果の一例をFig.1に示す。図には溶鋼のC、Hの濃度の位置的变化、および脱ガス率におよぼすHの初濃度の影響が示してある。上昇管上部では、溶鋼の上昇速度と界面積が増加し、溶鋼内濃度と気泡内ガス濃度は減少する効果が考えられる。

(2)鋼浴中を気泡が上昇する場合の脱ガス。完全混合状態の鋼浴中を球形気泡群が上昇するプロセスで、吹込ガス量と鋼浴の平均濃度の時間的变化との関係について解析した。

A: 上昇管断面積[cm²], a: 単位体積当りの界面積[1/cm], C_{ej} , C_{gh} : 溶鋼, 気泡中j成分濃度[mole/cm³], C_{eji} : j成分液側界面濃度[mole/cm³], C_{pj} : j成分比熱[cal/mole·°K], v_r : 気泡相対速度[cm/sec], D: 気泡直径[cm], g: 重力加速度[cm/sec²], k_{ec} : 熱伝達係数[cal/cm²sec·°K], K: 単位換算係数[g/sec²cm (C_{ec}/C_{eco}) atm], k_{ej} : 溶鋼側j成分物質移動係数[cm/sec], Q_s , Q_g : ガス, 溶鋼流量[cm³/sec], Q_{go} : Arガス吹込量[cm³/sec], T_g , T_s : ガス, 溶鋼温度[°K], z: Ar吹込口より上方への距離[cm]

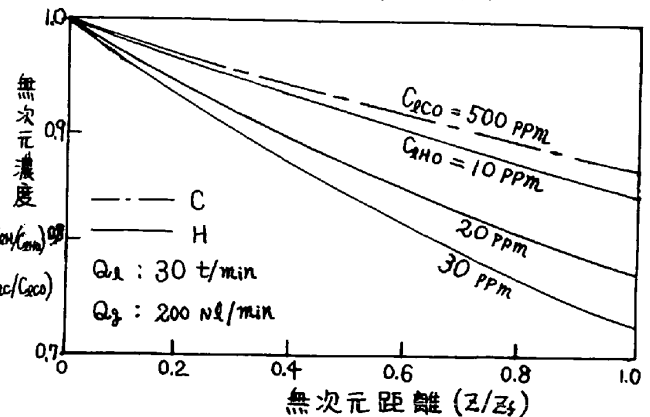


Fig.1