

(123)

数学的モデルによるD-H脱ガスプロセスの解析

名古屋大学 大学院 O三沢啓典
名古屋大学 工学部 工博 韮原 巖

1. 緒言 真空脱ガス操作を合理的に行なうのに有用な基礎資料を求めるために、本研究では、D-H脱ガスプロセスに対して、数学的モデルを展開し、脱ガス率、真空槽内圧力、溶鋼濃度、排ガス組成などの時間的变化を求め、操作条件が脱ガス速度及ぼす効果を検討した。

2. モデルの概要 1サイクルを3つの期間にわけて考える。(i)吸上げられた溶鋼が一定厚さ δ で真空槽底部を流る期間、(ii)一定の気・液界面積で吸上げる期間、(iii)真空槽内の溶鋼を排出する期間、解析に当り次の仮定をする。(i)溶鋼は取鍋内、真空槽内ともに完全混合。(ii)脱ガス過程は溶鋼側の物質移動が律速する。(iii)溶鋼の吸上げ、および、排出速度はそれぞれ一定。(iv)吸上げ初期においては溶鋼は真空槽底部を一定厚さ δ で流る。(v)操業中溶鋼温度は一定。次に上述の各期間で溶鋼側とガス側の物質収支を行なって基礎式を求める。

3. 基礎式 期間(i)では： $Q_{in}C_{in} - k_L A(C - C_i) = d(CV_m)/d\theta \dots (1)$, $\delta k_L A(C - C_i) - SP/RT = d(PV_g)/RTd\theta \dots (2)$, 期間(ii)では： $Q_{in}C_{in} - k_L A_i(C - C_i) = d(CV_m)/d\theta \dots (3)$, $\delta k_L A_i(C - C_i) - SP/RT = d(PV_g)/RTd\theta \dots (4)$, 期間(iii)では： $-Q_{out}C - k_L A_i(C - C_i) = d(CV_m)/d\theta \dots (5)$, $\delta k_L A_i(C - C_i) - SP/RT = d(PV_g)/RTd\theta \dots (6)$, なお期間(i)で $A = A_1\theta/\theta_1 \dots (7)$, 期間(ii),(iii)で $V_m = Q_{in}\theta \dots (8)$, 期間(iii)で $V_m = Q_{in}\theta_2 - Q_{out}(\theta - \theta_2) \dots (9)$, 各期間を通じて $V_g = V_R - V_m \dots (10)$, 式中の δ は化学量論係数でH,Nの場合 $1/2$,Oの場合1。

4. 界面濃度の算出 H,Nの場合：気相の分圧と平衡しているとみなすと Sievertsの法則により、界面濃度は $C_i = K\sqrt{P} \dots (12)$ の形で与えられる。

Oの場合： $C + O = CO$ (8)の反応が界面で進行することによりOが除去されると考え、界面へのC,Oのfluxが等しいことにより $k_L([C] - [C]_i) = k_O([O] - [O]_i) \dots (13)$, CとOの等モル反応であるから $[C]_0 - [C] = [O]_0 - [O] \dots (14)$, 界面で平衡しているとする仮定から $[O]_i/[C]_i = K_{CO} \dots (15)$ 以上より

$$[O]_i = -\frac{1}{2K_{CO}}[C]_0 - [O]_0 - (1 - \frac{K_{CO}}{K_{CO}})[O] + \sqrt{\frac{1}{4}\left\{\frac{K_{CO}}{K_{CO}}[C]_0 - [O]_0 - (1 - \frac{K_{CO}}{K_{CO}})[O]\right\}^2 + \frac{K_{CO}}{K_{CO}}K_{CO}} \dots (16)$$

5. 計算と結果 4.で述べた界面濃度を用いて基礎式を真空槽内の溶鋼濃度Cと分圧Pについて解く。 C_i が一定とみなせる時は解析解が得られる。しかし、実操業では真空槽内の圧力変動が大きく、脱ガスがかなり進行して、圧力変動が小さくなってこないと C_i を一定とみなすことはできない。本研究では C_i が変化する場合の計算を、Runge-Kutta-Gill法により行なった。本モデルによる計算によって、脱ガス率、真空槽内圧力、真空槽内溶鋼濃度、排ガス組成の時間的变化、数式中の諸パラメーターの効果を明らかにした。(記号) A, A_i : 気相と溶鋼の界面積[cm²], C: 真空槽内溶鋼濃度[mole/cm³], δ : 液相厚さ[cm], k_L : 液側物質移動係数[cm/sec], k_O , k_N , k_H : C, O, H, Nの k_L [cm/sec], Q_{in} , Q_{out} : 溶鋼の吸上げ、排出速度[cm³/sec], V_m : 真空槽内に存在している溶鋼容積[cm³], V_g : 真空槽内のガス容積[cm³], V_R : 真空槽内容積[cm³], θ : 吸上げ開始からの時間[sec], θ_1 , θ_2 , θ_3 : それぞれ期間(i),(ii),(iii)が終る時間[sec], T: 温度[°K], P: 真空槽内圧力[atm], R: ガス定数[cal/°C·mole]

(添字) o: 初期, i: 界面, n: nサイクル目

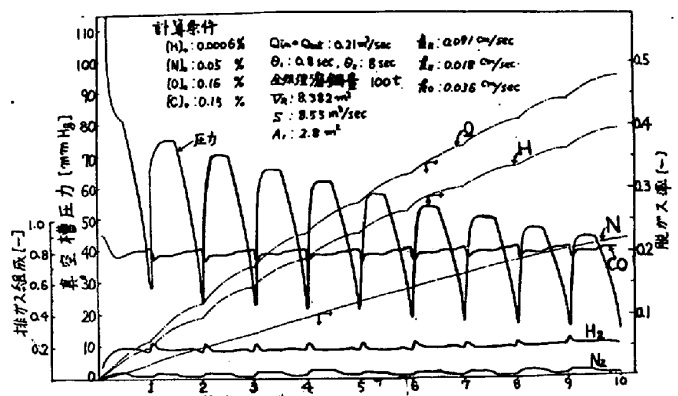


図1. 真空槽圧力、排ガス組成、脱ガス率変化