669.184.244.66 : 669.184.232.142 : 669.012.1−52

(66) LD転炉吹錬における最短時間制御について

70342

名古屋大学工学部大学院　○浅井滋生
名古屋大学工学部　工博　鞭　巌

1．緒言　近年，吹錬時間の短縮とスクラップ比の増大により，高炭素鋼を吹錬する際，未溶解のスクラップが生ずる傾向がある。本研究は，ポントリヤギンの最大原理を使って，未溶解のスクラップが生ずることなく，最短時間で目標の成分と温度を得るためにはどのように送酸速度を変更すればよいかを理論的に考察した。

2．解析　鋼浴の温度と炭素濃度，および，スクラップの質量と温度にのみ着目して，スクラップ融解過程を集中定数として取扱うと4個の基礎式(1)〜(4)が導びかれる[1]。

$dt_s/d\theta = A_3A_5(t'-t_s)/w_s$ --(1) $dt_m/d\theta = \{A_1-A_3(t_m-t')+(t_m-t_s)\cdot(dw_s/d\theta)\}/(w_{mi}+w_{si}-w_s)$ --(2)
$dC_m/d\theta = \{-A_2+(C_m-C_s)\cdot(dw_s/d\theta)\}/(w_{mi}+w_{si}-w_s)$ --(3) $dw_s/d\theta = A_3A_5\{(t_m-t')-A_5(t'-t_s)\}$ --(4)，ただし，
$t' \equiv \{A_4A_7+A_4A_8C_m+A_3A_6A_8(C_m-C_s)\cdot(A_5t_s+t_m)\}/\{A_4+A_3A_6A_8\cdot(1+A_5)\cdot(C_m-C_s)\}$ --(5) $A_1 \equiv (-\Delta H_{co})\cdot\sigma_1\cdot S\cdot\Theta_t/W_{mi}\cdot C_p\cdot T_{mi} = B_1 S/W_{mi}$，$A_2 \equiv \sigma_1\cdot S\cdot\Theta_t/W_{mi}C_{mi} = B_2 S/W_{mi}$，$A_3 \equiv \alpha_1\Theta_t/W_{mi}C_p$，$A_4 \equiv \beta\Theta_t/W_{mi}$，$A_5 \equiv \alpha_2/\alpha_1$，
$A_6 \equiv T_{mi}C_p/(-\Delta H_{Fe})$，$A_7 \equiv a/T_{mi}$，$A_8 \equiv bC_{mi}/T_{mi}$，$C \equiv C/C_{mi}$，$t \equiv T/T_{mi}$，$w \equiv W/W_{mi}$，$\theta = \Theta/\Theta_t$ ---(6)

最短時間制御問題は，評価関数$J=\int_0^\theta d\theta$を最小にすることであるが，ポントリヤギンの最大原理によれば[2]ハミルトニアン$H \equiv -1+P_1 dw_s/d\theta+P_2 dt_s/d\theta+P_3 dt_m/d\theta+P_4 dC_m/d\theta$ ---(7)が導入され，補助変数P_j($j=1\sim4$)は次のように定められる。$dP_1/d\theta=-\partial H/\partial w_s$，$dP_2/d\theta=-\partial H/\partial t_s$，$dP_3/d\theta=-\partial H/\partial t_m$，$dP_4/d\theta=-\partial H/\partial C_m$ ---(8)
また，$\max H=0$の条件から制御変数$S(\theta)$が求められる。ここで，送酸速度の変化によって伝熱係数と物質移動係数が変らない場合[I]と変る場合[II]に大別して考える。[I]では，Sは変数A_1とA_2にだけ含まれており，Hは制御変数に関して線形となるから，制御はBang-Bang型となり，$P_3B_1-P_4B_2>0$で$S=S_{max}$，$P_3B_1-P_4B_2<0$で$S=0$と定まる。[II]では，$\alpha_1=f(S)$，$\beta=g(S)$となるから，HはSに関して線形にならず，$\partial H/\partial S=0$の条件からSが定まる。ただし，制御変数の制約条件から外れるようなSになった場合には，制約条件の上限か下限の値を取る。

3．結果　[I]の計算結果の一例を図1(a)に，[II]を図1(b)に示す。(a)においては，最短時間でn_j($j=1\sim3$)点の状態にするためには，Sを状態m_j点で零とすればよい。(b)においては，k_j($j=1\sim3$)の状態から0へ最短時間で推移させるには，Sをl_jからPへと変化させねばならない。(b)に示した$\Delta\theta$の値はそれぞれの推移に要する時間を表わす。

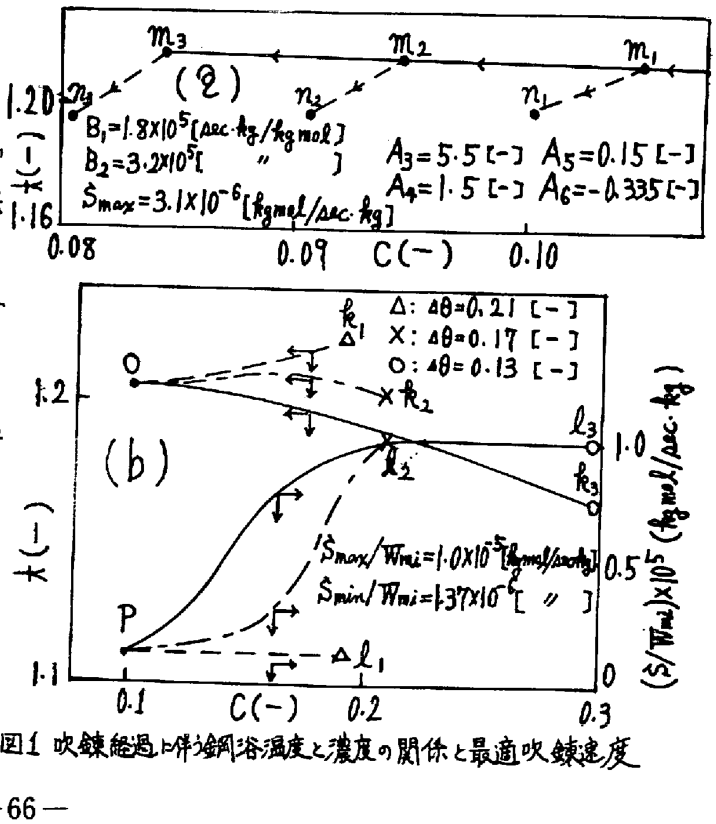

図1 吹錬経過に伴う鋼浴温度と濃度の関係と最適吹錬速度

(記号) a，b：液相線を表わす定数，C：濃度，S：送酸速度，T：温度，W：質量，α_1，α_2：単位温度差当りの浴側とスクラップ側での伝熱速度，β：単位濃度差当りの物質移動速度，Θ：時間

(添字) i：初期状態，m：溶鋼，s：スクラップ，t：吹錬時間

(文献) 1)浅井，鞭：鉄と鋼，56(1970)，5(掲載予定)，2)L.T.Fan：The Continuous Maximum Principle，(1966)，[Wiley]