

(314) ESRの簡易熱収支モデルによるスラグ浴温度および溶解速度の計算

神戸製鋼所 中央研究所 ○草道竜彦 石井照朗  
 牧野武久 尾上俊雄 成田貴一

1. 緒言： ESRにおける最適な溶解条件を設定するためには、溶解条件と溶解速度との関係を定量的に把握する必要がある。そのためには操業の操作因子（鋳型直径、電極直径、スラグ重量、スラグ浴への入力電力、鋳型冷却水の流量、冷却水入口温度）およびスラグ・電極材の熱物性値、種々の界面における伝熱係数とスラグ浴温度、および電極溶解速度との関係を明らかにすればよい。そこでESRプロセス全体の熱収支を計算する簡易モデルを作成し、実操業値との比較検討をおこなった。

2. 熱収支モデルの作成： ESRプロセスを模式的にFig.1で表わす。

電極・鋳塊および冷却領域をそれぞれL, M, N個に分割する。スラグ浴領域の温度を一定とし、スラグ浴を囲む分割領域では各領域ごとに代表温度を考へて、分割領域ごとに熱収支式を作成した。例えばスラグ浴領域においては、熱収支は(1)式で表わされる。また発熱速度および伝

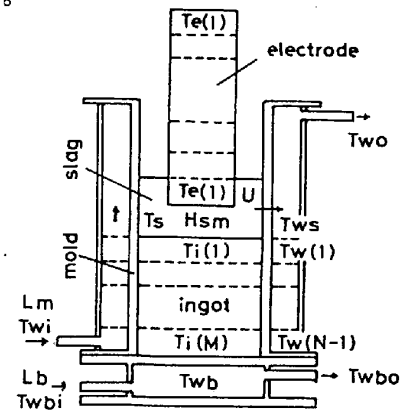
$$C_{ps} \cdot W_s \cdot \delta T_s = \{ Q_{gen} - (Q_m + Q_e + Q_i + Q_a) \} \delta t \quad (1)$$

熱速度は(2)式で表わされる。従って(1)式に(2)式を代入するとスラグ浴

$$Q_{gen} = 0.239 \cdot I \cdot V \quad , \quad Q_m = S_m \cdot U \cdot (T_s - T_{ws})$$

$$Q_e = S_e \cdot H_{SM} \cdot (T_s - T_E(1)), \quad Q_i = S_i \cdot H_{SM} \cdot (T_s - T_i(1)) \quad (2)$$

$$Q_a = S_a \cdot \sigma \cdot \epsilon \cdot ((T_s + 273)^4 - (T_r + 273)^4)$$



の熱収支式はスラグ浴温度および隣接領域の温度を用いて表わすこと Fig.1 Schematic diagram of ESR ができる。他の分割領域についても、同様に熱収支式を導き出せる。また電極溶解速度も電極全体の熱収支を計算することにより表現できる。以上により、スラグ浴内および各分割領域内の温度（L + M + N + 1 個）,ならびに溶解速度を未知数とする、計L + M + N + 2 個の熱収支式が得られる。

このモデルでは、温度分布が時間による変化をおこさない定常溶解期について扱っているのので、各熱収支式の \$\delta T / \delta t\$ 項を 0 とおき、反復法を用いて数値計算した。

3. 計算結果および実操業への適用： 計算には伝熱係数の値が必要であるが、現状では正確な値は知られていない。そこで伝熱係数 \$H\_{SM}\$ および \$U\$ をパラメータとして扱い、ある溶解条件下での実操業値から推定した。270φ ESR の入力電力を変えた場合のスラグ浴温度および溶解速度の計算結果を実操業値とともに示すと Fig.2 のとおりである。本モデルにより、実操業の傾向がよく説明される。なお、温度分布の計算結果の一例を Fig.3 に示した。種々のスラグについて伝熱係数を求めておけば、本モデルの適用による溶解条件設定が可能となるであろう。

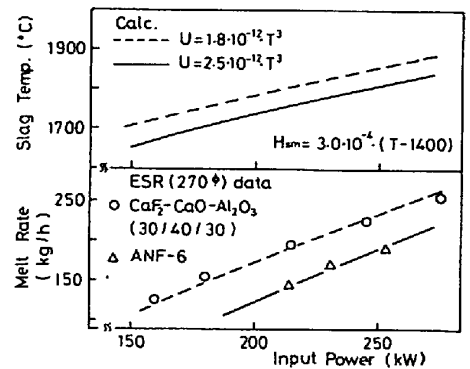


Fig. 2 Effect of Input Power on slag Temperature and Melt Rate

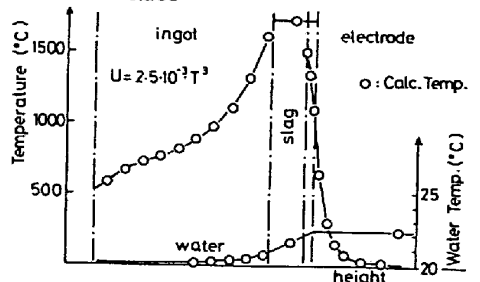


Fig. 3 Temperature distribution (Calc.)

記号： \$Q\_{gen}\$；発熱速度，\$Q\_m, Q\_e, Q\_i, Q\_a\$；鋳型，電極，鋳塊，雰囲気への伝熱速度，\$C\_{ps}, W\_s\$；スラグの比熱，スラグ重量，\$I, V\$；電流，電圧，\$H\_{SM}\$；スラグーメタル間伝熱係数，\$U\$；スラグ浴（鋳塊）-冷却水間の総括伝熱係数，\$S\_m, S\_e, S\_i, S\_a\$；スラグ浴，メタル浴，電極，雰囲気とスラグ浴界面の面積