

要旨 CO₂ガスを溶鋼表面に吹きつけて、脱炭反応速度の実験を行い、流体力学的考察からガス側物質移動律速を結論した。

実験方法 高周波電気炉(15kw, 20kc)を用い、マグネシウムに電解鉄500gを溶解し黒鉛を加え所定の%にある。ガス-メタル界面はマグネシウムリングにより変化させた。浴面上30mmに固定したアルミ管を通して純CO₂ガスを(100~500cc/min)吹まつた。試料採取によりその時間的变化を求めた。温度は1600℃である。

実験結果 下図に脱炭速度と界面積の関係を示す。これから、1)流量が大まかには脱炭速度は大きい、2)界面積が5~6cm²までは界面の増加と共に脱炭速度は大きくなるがそれ以上ではあまり変化しない、3)界面積が5~6cm²までの所で、脱炭速度は界面積に比例しないことがわかる。これらはいずれもガス側抵抗の特徴を示すものであり、以下の解析はガス側物質移動に着目して行った。

考察 ガス側における物質移動の式と導くにあたり次の仮定を置く。1)ガス相中で反応は起らない。2)界面においてCO₂, CO, Cは平衡している。3)界面に達したCO₂はCとのみ反応する。4)境界層内は温度均一とする。軸対称二次元Wall-Jetにおける境界層方程式および境界条件は

$$\text{運動の式} \quad \rho u(\partial u/\partial r) + \rho v(\partial u/\partial y) = \partial/\partial y(\mu \partial u/\partial y)$$

$$\text{連続の式} \quad \partial(\rho u r)/\partial r + \partial(\rho v r)/\partial y = 0$$

$$\text{物質kの連続の式} \quad \rho u(\partial C_k/\partial r) + \rho v(\partial C_k/\partial y) = \partial/\partial y(\rho D \partial C_k/\partial y) \quad C_k = \text{CO}_2, \text{CO}$$

$$\text{境界条件} \quad y=0; \quad u=0, \quad v=U_i \quad C_k = (C_k)_i$$

$$y \rightarrow \infty; \quad u=0 \quad C_k = (C_k)_0$$

これから界面の半径がRの場合の平均のfluxとして

$$(\bar{p}v)_R = -1.84(3\rho\mu U_i/r_c)^{0.5}(R/r_c)^{-1.2}f(0)$$

が導かれる。これは単位面積あたりの脱炭速度がRの-1.2乗に比例することを示すもので、実験結果とはほぼ一致し、ガス側物質移動律速を結論する。

[記号]

- A; 界面積
- C_k; k物質の質量分率
- D; 拡散係数
- f; 無次元化流れ関数
- r_c; 基準半径
- u; r方向流速
- U_i; r=r_cにおけるu_r (u_r=u/r)
- v; y方向流速
- μ; 粘性係数
- ρ; 密度

[添字]

- i; 界面位置
- 0; bulk位置

