

(89)

Ca インジェクション法における脱硫反応機構に関する一考察

(Ca インジェクションによる鋼質改善-2)

神戸製鋼所 中央研究所 成田貴一 富田昭津 ○松本 洋 小川兼広

1. 緒言

溶鋼中にCa-SiあるいはCaC₂を吹込むCa インジェクションでは脱硫効果が著しい。そこで脱硫反応機構を解明し最適操業条件を決定する手がかりとして、[S]の拡散律速を仮定して理論数式モデルを検討したところ実操業データと良く一致した結果が得られたので報告する。

2. 数式モデルの概要

伝熱計算によれば浸漬ランス中を通過する際のArの温度上昇はわずかである。Ar気泡の大きさはLeibson¹⁾らの式より、浮上速度はRosenberg²⁾らの式より求めた。Engh³⁾の式を使つて粉体を伴ったArジェット

の軌跡を求めたところ、約6倍量のArを流した場合に相当する水平到達距離の得られることがわかった。さらに粉体の表面張力と溶鋼-粉体の界面張力との差を無視すると、使用した粒度分布のCaC₂では約35%の粉末が溶鋼中に突入せずにAr気泡内に残留する結果が得られた。また気泡内のArの速度分布を求めるとCaC₂

粉末は図1のような状態で気泡内に分布すると考えられる。0.4mm以下の直径のCa液滴は溶鋼の表面張力のために浴面まで気化せずに浮上する。Ar気泡中のCaも浴面下35cmの位置まで気化しない結果が得られたので、過熱などを考慮して浴面で気化するものとした。

3. 計算結果

上記の結果をもとにしてⅰ)気泡、液滴とも球形とする。ⅱ)気泡、液滴の合体および崩壊はない。ⅲ)溶鋼中のSは均一である。ⅳ)Sの拡散律速である。ⅴ)気泡径はすべて同一である。という仮定のもとに、Ar気泡中のCaとSとの反応にはRanz-Marshall⁴⁾の固体球まわりの物質移動係数を、またCa液滴とSとの反応には城塚らの物質移動係数を適用して脱硫速度を計算した。その結果を図2に示したが塩基性取鋼による実操業データと良く一致した結果が得られた。なお図2の計算結果では塩基性被覆スラグによる脱硫効果が補正されている。またモデル式は次式で示される。さらに当モデル式によって各種操業条件の影響について考察した。

$\frac{[S]}{[S]_{\text{initial}}} = e^{-At}$ 但し $A = k_s \frac{6h}{d_p} + 6k_l \frac{\ell \cdot M}{U \cdot d_1 \cdot \rho_p \cdot V}$ であり、 k_s および k_l は次式から求まる。

$$Sh_s = \frac{k_s \cdot d_p}{D_s} = 2 + 0.6 Re^{1/2} \cdot Sc^{1/3}, \quad \frac{Sh}{Sh_s} = \frac{1}{Sh_s} \frac{k_l \cdot d_1}{D_s} = \sqrt{1.0 + 1.9 \frac{u_w}{u_{\infty}} \cdot Sc} \cdot \frac{u_w}{6u_{\infty}}, \quad \frac{u_w}{u_{\infty}} = 1.0 - \frac{4}{3} \sqrt{\frac{2}{\pi Re}} \frac{2+3K}{1+(\gamma \cdot K)^{1/2}}$$

ここで t : 時間、 h : ガス・ホールドアップ、 d_p : Ar気泡径、 d_1 : Ca液滴の平均径、 ℓ : ランス浸漬深さ、 M : 単位時間あたり溶鋼中に突入する粉体のCa換算量、 U : Ca液滴の浮上速度、 ρ_p : Ca液滴の密度、 V : 溶鋼の体積、 D_s : Sの拡散係数、 k_s, k_l : 固体球および液滴まわりの物質移動係数、 K : Ca液滴と溶鋼の粘性の比、 γ : Ca液滴と溶鋼の密度の比、 Sh : シャーウッド数、 Re : レイノルズ数、 Sc : シュミット数、 Sh_s : 単一球形粒子のまわりのシャーウッド数、 u_w : Ca液滴の界面速度、 u_{∞} : 上昇Ca液滴と溶鋼の相対速度

1) I. Leibson et al: A. i. ch.

E. J., 2(1956)P296

2) B. Rosenberg: TMB Rept., 727(1950)

3) T. A. Engh et al: Scand. J. Met., 1(1972)P103

4) W. E. Ranz et al: Chem. Eng. Prog., 48(1952)P141

5) 城塚ら: 化学工学, 33(1969)P168

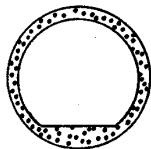


図1 Ar気泡中の粉末の分布

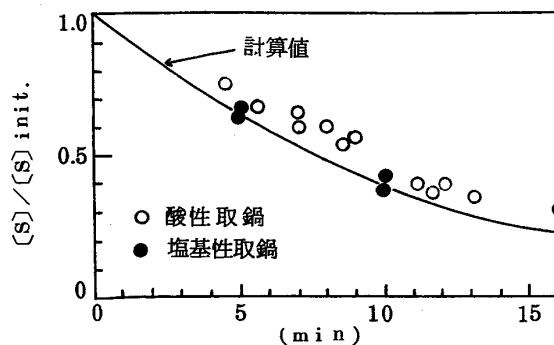


図2 Caインジェクション中のSの推移