

Title	熔融CaO-SiO ₂ -Fe ₂ O ₃ およびCaO-SiO ₂ -Fe ₂ O ₃ -Al ₂ O ₃ 系スラグに対する高精度の粘度推算式
Author(s)	飯田, 孝道; 喜多, 善史; 小鴨, 一之; 田中, 敏宏; 原, 茂太
Citation	材料とプロセス : 日本鉄鋼協会講演論文集. 13(4) P.902-P.902
Issue Date	2003
Text Version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/11094/26426
DOI	
rights	©日本鉄鋼協会
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

(131) 熔融 CaO-SiO₂-Fe₂O₃ および CaO-SiO₂-Fe₂O₃-Al₂O₃ 系スラグに対する高精度の粘度推算式
 Equations for accurate prediction of the viscosities of molten CaO-SiO₂-Fe₂O₃ and CaO-SiO₂-Fe₂O₃-Al₂O₃ slags

大阪大学大学院工学研究科 ○飯田孝道, 喜多善史, 大学院生 小嶋一之
 田中敏宏, 原 茂太

1. 緒言

CaO-SiO₂-Fe₂O₃-Al₂O₃ 系スラグは、鉄鉱石の焼結過程や高炉内での還元過程で生じる融液相の基本系であり、この系の熔融スラグの粘度管理は極めて重要である。これらのスラグに対して飯田らが以前に提案した高精度の粘度推算式¹⁾を適用するためには、両性酸化物(Fe₂O₃, Al₂O₃)の固有係数を定式化する必要がある。そこで本報では CaO-SiO₂-Fe₂O₃ 系スラグの粘度測定値を用いて両性酸化物 Fe₂O₃ の固有係数 $\alpha^*_{Fe_2O_3}$ を定式化し、粘度推算を行った。さらに $\alpha^*_{Fe_2O_3}$ を用いて Al₂O₃ の固有係数 $\alpha^*_{Al_2O_3}$ を決定した。

2. 粘度推算式

工業用の多成分系スラグ・ガラスに対する飯田ら¹⁾の高精度の粘度推算式は次のように表される。

$$\mu = A \mu_0 \exp\left(\frac{E}{Bi^{(j)}}\right) \quad (1) \quad Bi^{(j)} = \frac{\sum(\alpha_i W_i)_B + \alpha^*_{Fe_2O_3} W_{Fe_2O_3}}{\sum(\alpha_i W_i)_A + \alpha^*_{Al_2O_3} W_{Al_2O_3} + \alpha^*_{TiO_2} W_{TiO_2}} \quad (2)$$

$$A = 1.745 - 1.962 \times 10^{-3} T + 7.000 \times 10^{-7} T^2 \quad E = 11.11 - 3.65 \times 10^{-3} T$$

ここで、 μ_0 は粘度 μ の熔融スラグを単分子系と仮定したときの粘度、 $Bi^{(j)}$ は修正した塩基度指標、 α は固有係数、 W は質量%、 α^* は両性酸化物に対する修正した固有係数、 T は絶対温度、添字 (j) は修正して用いた α^* の数、添字 i は成分、添字 A, B は酸性酸化物、塩基性酸化物(またはフッ化物)を表す。

3. Fe₂O₃ の修正した固有係数

粘度の計算値と測定値の相対的差異を比較検討するために、次のパラメーター δ_n , Δ を用いる。

$$\delta_n = \frac{(\mu_n)_{cal} - (\mu_n)_{mea}}{(\mu_n)_{mea}} \times 100, \quad (\%) \quad (3)$$

$$\Delta = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |\delta_n|, \quad (\%) \quad (4)$$

Table 1 に示した組成・粘度範囲の合成スラグの粘度測定値²⁾に対して、 $\delta_n = 0$ となる Fe₂O₃ の固有係数値 ($\alpha^0_{Fe_2O_3}$) を求め、 $\alpha^0_{Fe_2O_3}$ を Bi と $W_{Fe_2O_3}$ の関数として回帰分析し、 $\alpha^*_{Fe_2O_3}$ として次のような関係式を得た。

$10 \leq W_{Fe_2O_3} \leq 30$ のとき (試料数 N=11)

$$\alpha^*_{Fe_2O_3} = -1.35Bi - 0.0187W_{Fe_2O_3} + 2.65 \quad (5)$$

$30 < W_{Fe_2O_3} \leq 50$ のとき (N=11)

$$\alpha^*_{Fe_2O_3} = -0.554Bi + 0.00110W_{Fe_2O_3} + 1.27 \quad (6)$$

$\alpha^*_{Fe_2O_3}$ を用いて求めた粘度推算値は、これらの試料の粘度測定値をそれぞれ $\Delta = 10.1\%$ および 16.8% でよく再現している。

Table 1 The ranges of chemical compositions and measured viscosities of molten CaO-SiO₂-Fe₂O₃ slags.

Chemical composition / mass%			$\mu_{mea} / Pa \cdot s$
CaO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	1500°C
25.0	30.0	10.0	0.100
∫	∫	∫	∫
45.0	55.0	30.0	0.799

Chemical composition / mass%			$\mu_{mea} / Pa \cdot s$
CaO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	1500°C
20.0	15.0	30.0	0.030
∫	∫	∫	∫
40.0	45.0	50.0	0.282

4. 計算値と測定値の比較

30.0~45.0% CaO, 30.0~45.0% SiO₂, 7.4~33.4% Fe₂O₃, 1.7~6.0% FeO の組成を有する安河内ら³⁾ および 11.3~41.2% CaO, 24.2~35.3% SiO₂, 23.5~64.4% Fe₂O₃ の組成を有する角田ら⁴⁾ の粘度測定値を用いて、上で求めた粘度推算式から計算値を求め、これらから算出した Δ の値を Riboud らと Urbain らの値と併せて Table 2 に示す。安河内らの試料は、Table 1 に示した成分以外に FeO を含み、またそのうちの 1 つおよび角田らの試料のうちの 2 つの Fe₂O₃ 含有量は Table 1 の組成範囲外である。しかし、著者らの粘度推算式では Δ が約 22% 以下となり、この値は測定値の不確かさの範囲内と推察され、高精度の推算値が得られている。さらに、CaO-SiO₂-Fe₂O₃-Al₂O₃ 系スラグ(11 試料) の測定値を用いて $\alpha^*_{Al_2O_3}$ を定式化し ($\alpha^*_{Al_2O_3} = 11.7Bi + 0.0326W_{Al_2O_3} - 12.2$)、 Δ 値として 19.5% を得た。

Table 2 Values for the global delta Δ obtained from viscosity data of molten CaO-SiO₂-Fe₂O₃ slags at 1500°C.

	Yasukouchi et al ³⁾			Sumita et al ⁴⁾		
	Present work	Riboud	Urbain	Present work	Riboud	Urbain
Δ (%)	15.5	36.4	2319	22.1	81.1	4231
N	4	4	4	6	6	6

Table 2 に示す。安河内らの試料は、Table 1 に示した成分以外に FeO を含み、またそのうちの 1 つおよび角田らの試料のうちの 2 つの Fe₂O₃ 含有量は Table 1 の組成範囲外である。しかし、著者らの粘度推算式では Δ が約 22% 以下となり、この値は測定値の不確かさの範囲内と推察され、高精度の推算値が得られている。さらに、CaO-SiO₂-Fe₂O₃-Al₂O₃ 系スラグ(11 試料) の測定値を用いて $\alpha^*_{Al_2O_3}$ を定式化し ($\alpha^*_{Al_2O_3} = 11.7Bi + 0.0326W_{Al_2O_3} - 12.2$)、 Δ 値として 19.5% を得た。

参考文献 1) T.Iida, H.Sakai and Y.Kita : *J. High Temp. Soc.*, 25 (1999) 93. 2) 原 茂太: JULAI プロジェクト第 2 回研究討論会資料(1997). 3) 安河内ら: 鉄と鋼, 85(1999), 571. 4) 角田ら: 日本金属学会誌, 44(1980), 94.