

(65) 溶鋼の脱炭に関する基礎的研究

(高炭素領域での脱炭反応への Stefan-Maxwell 拡散方程式の適用)

京都大学 工学部 エ博 盛 利貞
 八幡製鉄(株) 八幡製造所 清水高治
 住友金属工業(株) 中央技術研究所 ○姉崎正治

1. 緒言

Fe-C系溶鋼の高炭素領域での脱炭が、酸化性ガスの気相内拡散が律速するものとして、Stefan-Maxwell の多元系拡散方程式¹⁾を Ar-CO₂-CO三元系ガスでの脱炭に適用し、実験結果と比較した。

2. 計算式

Stefan-Maxwell の式を Ar-CO₂-CO系に展開し、(i) $D_{Ar-CO_2} = D_{Ar-CO} = D_{CO_2-CO}$ 、(ii) 気液接触界面における $P_{CO_2} = 0$ の仮定を入れると(1)式を得る。

$$-dc/dt = P \cdot D_{Ar-CO_2} / (RT_f d) \cdot \ln(1 + P_{CO_2}) \quad (\text{mole} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}) \quad (1)$$

ただし $-dc/dt$: 脱炭速度 P : 全圧 (atm) P_{CO_2} : 気相バルクの CO₂ モル分率

D_{Ar-CO_2} : Ar-CO₂ 二元系での相互拡散係数 ($\text{cm}^2 \cdot \text{sec}^{-1}$) d : 有効境界膜厚さ (cm)

T_f : 境界膜温度 (°K) (表1で仮定した気相バルクの温度 T_b と試料温度 T_s との代数平均)

R : 気体恒数 $82.1 (\text{cm}^3 \cdot \text{atm} \cdot ^\circ\text{K}^{-1} \cdot \text{mole}^{-1})$

また、 $d = d/sh$ (d : 試料代表長さ (cm), sh : Sherwood 数) であるから sh^2 ²⁾ および D_{Ar-CO_2} ³⁾ を計算で求め、(1)式に代入することによって脱炭速度 $-dc/dt$ が算出できる。

3. 検討結果

実験条件、実験結果、および計算結果を表1にまとめた。ただし実験装置は脱炭実験の場合と同じである。検討結果として、

(i) 高炭素領域での脱炭の律速段階は気相内の物質移動過程である。

(ii) この領域に Stefan-Maxwell の拡散方程式を適用して脱炭速度を推定したが表1に示すとおり、No.5を除いて実測値と計算値との比は0.65~1.40で種々の物性値の仮定にもかかわらずよく一致した。

(iii) 推定値から考えられることは脱炭速度の温度依存性は極めて小さいようである。(No.2,13,14およびNo.10,11,12の比較)

表1. 実験条件、実験結果計算結果

番号	試料温度 (°C)	全ガス流量 (cc/min)	平均ガス組成			脱炭速度 $10^4 (\text{mole} / \text{cm}^2 \cdot \text{sec})$	計算結果					
			Ar	CO ₂	CO		$T_b = 15^\circ\text{C}$	400°C	800°C	15	400	800
1	1620	304	0.955	0.020	0.025	2.00	1.75	1.57	1.45	1.14	1.28	1.37
2	"	319	0.785	0.098	0.117	9.83	8.30	7.47	6.90	1.18	1.32	1.42
3	"	338	0.594	0.184	0.222	19.74	15.11	13.52	12.58	1.31	1.46	1.57
4	"	185	0.767	0.091	0.142	6.91	7.60	6.78	6.30	0.91	1.02	1.10
5	1570	67	0.341	0.291	0.368	6.55	21.76	19.42	18.03	0.30	0.34	0.36
6	"	301	0.857	0.070	0.073	5.84	5.99	5.34	4.95	0.98	1.09	1.18
7	"	538	0.924	0.044	0.032	4.52	3.91	3.50	3.24	1.16	1.29	1.39
8	"	268	0.962	0.021	0.017	1.18	1.82	1.63	1.51	0.65	0.72	0.78
9	"	282	0.915	0.049	0.036	2.68	4.21	3.76	3.48	0.64	0.71	0.77
10	1530	299	0.862	0.077	0.061	4.82	6.52	5.82	5.38	0.74	0.83	0.90
11	1620	301	0.840	0.078	0.082	6.11	6.64	5.95	5.56	0.92	1.02	1.10
12	1670	302	0.838	0.076	0.086	6.07	6.51	5.86	5.43	0.93	1.04	1.11
13	"	319	0.784	0.098	0.118	9.77	8.33	7.47	6.99	1.17	1.31	1.40
14	1720	319	0.784	0.098	0.118	9.71	8.38	7.52	7.04	1.16	1.29	1.38
15	1530	282	0.935	0.034	0.031	4.68	7.12	6.38	5.86	0.66	0.74	0.80
16	"	305	0.865	0.069	0.066	10.65	14.26	12.78	11.74	0.75	0.84	0.91

* 試料は 6g-一定, ** No.15,16のみ O₂

- 文献 1). R.B.Bird, W.E.Stewart and E.N.Lightfoot; Transport Phenomena. John Wiley & Sons, Inc. New York. (1966) chap.18. 2). R.L.Steinberger and R.E.Treybal; J.A.I.Ch.E. 6 (1960) 227.
 3). E.T.Turkdogan; The Chipman Conference. M.I.T. (1965) 77. 4) 鉄と鋼 55(1969) 3, p.134