

溶鋼の雰囲気からの酸素吸収速度の研究

Absorption Velocity of Oxygen from Atmosphere into Molten Steel

大 井 洋 一 著

要 約

Synopsis :

The rates of oxygen absorption in molten pure iron, and steel containing Al, Ti or Si were investigated in the atmosphere of Ar-O₂ by the modified Sieverts' method.

Under the oxygen partial pressure of 0.2 atm, absorption rate of oxygen in pure iron was 1.5 times that in steel containing Al, Ti or Si.

2. 従来の研究の展望

P_{H_2O} , $P_{H_2O_2}$: ガス中およびガス・溶鉄界面における H_2O 分圧 (atm)

D_O : 溶鉄中のOの拡散係数 (cm²/sec)

溶鉄中のOの濃度, ガス中Oの分圧, Oの溶解度, λ : 溶鉄中の拡散層の厚さ (cm)

が始まるとともに表面に酸化膜を生成する。この

$[O_2]$, $[O]$: ガス・溶鉄界面および溶鉄中のO

酸化膜の生成は、鋼浴中へのOの拡散に比べてガスからの O_2 の供給の方が大のために表面にOが

濃度 (%)

製鋼温度においては界面反応速度はきわめて大

CO_2 分圧 (atm)

Z : ガス側境界膜の厚さ (cm)

このように脱炭反応については研究が行なわれているが、溶鋼の大気酸化を解析するための脱酸剤の酸化速度の定量的研究はほとんどなく、また酸化生成物が脱炭反応に対してはどのような影響を及ぼすかについてはほとんど知られていない。

に、吸収炉の詳細をFig. 2に、外観をPhoto. 1に示した。

装置は Ar および O_2 ガスの精製装置、ガス貯槽、圧力計、ピュレット、系全体を排気する真空ポンプおよび炉の内容積を大にした透明石英製の吸収炉からなる。

3.2 実験方法

実験は次の順序に従って行なう。まず 130g の
研磨した溶解試料を装入したルツボを吸収瓶に設

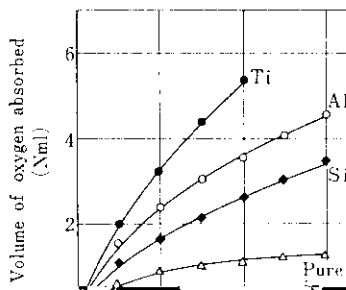
溶錐の O_2 吸収に伴い系内ガス圧は低下するので 1 ~ 2 min ごとにコック H, ついで J を開き水準びんを上げ, ビュレット中の O_2 を系内に 760 Torr になるまで補給する。導入した O_2 量をビュレットの読み差で測り、その時間における吸収の量は

1%合金のときは合金元素による差がわずかで

Table 3. Average absorption rate of oxygen

時間に対して、ほぼ直線的に吸収量は増加している。

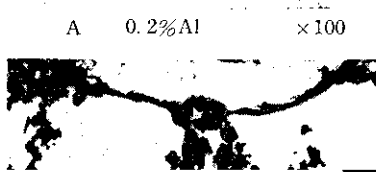
0.2%合金ではTiの場合は1%合金とあまり大きな差はないが、Alの場合の吸収速度は小さくなっている。



Alloy (%)	P_{O_2} (atm)	Absorption rate(mol/cm ² /sec)		
		$J^*_{10} \times 10^7$	$J^*_{20} \times 10^7$	$J^*_{30} \times 10^7$
1.0 Ti	0.2	8.10	8.15	8.72
1.0 Al	0.2	7.81	7.70	8.10
1.0 Si	0.2	7.05	7.64	7.60
pure Fe	0.2	4.75	3.91	3.40
0.2 Ti	0.2	7.81	7.18	6.92
0.2 Al	0.2	5.86	5.44	5.03
1.0 Ti	0.05	1.40	1.17	1.06
1.0 Al	0.05	1.10	0.87	0.73
1.0 Si	0.05	0.73	0.59	0.52
pure Fe	0.05	0.42	0.31	0.23
0.2 Ti	0.05	1.51	1.26	1.11
0.2 Al	0.05	1.18	0.93	0.82
0.2 Si	0.05	0.64	0.53	0.47

$J^*_{10}, J^*_{20}, J^*_{30}$: average absorption rate

0~10 (20, 30) min

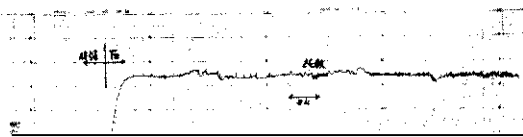




A



Photo. 9 Microstructure of surface oxide film



N_i : 高周波出力 = 8.75 kW

S : 鋼浴の側面積 = 28.6 cm²

γ : 1600°Cにおける溶鋼の密度 = 7.0 g/cm³

成分の mol flux を N_A とすれば,

$$N_{A_z} W \Delta x - N_{A_{z+\Delta z}} W \Delta x + N_{A_{r+\Delta r}} W \Delta z - N_{A_{r,x+\Delta r}} W \Delta z = 0$$

$$\therefore \partial N_{A_z} / \partial z + \partial N_{A_r} / \partial r = 0 \quad \dots\dots\dots (6)$$

この式は、mol flux N_A (mole/cm²/sec) は

$$= \pi r^2 (C_{A0} - C_{At}) \sqrt{4 D_{AB} \bar{v} / \pi r} \quad \dots\dots\dots (12)$$

時刻 0 ~ t の間の吸収量 (moles) は

$$\int_0^t W(t) dt = \pi r^2 (C_{A0} - C_{At}) \sqrt{4 D_{AB} \bar{v} / \pi r} \cdot 1 / \sqrt{4 D_{AB} \bar{v} / \pi r}$$

この原因は、計算では溶鉄表面が酸化鉄と平衡しているとしたが実際には **Photo. 13** のように表面は酸化鉄でおおわれていなかったためと考えら

calculated from diffusion boundary layer theory and experimental observation (wt%O)

Absorption $\frac{DF}{\delta Vt}$ (cal) $;\ln(C_s-C_i)/(C_s-C)$ (obs)

表面は実際には Fe-Fe₂O₃ との平衡 O 分圧にな

5	1.71	0.171	0.0138	0.152
10	3.43	0.343	0.0238	0.282

Table 7 Lennard-Jones parameters of argon and oxygen

Ar	39.944	3.418	124
O	32.0	3.433	113

$\sigma_{Ar-O_2} = 3426(\text{Å})$ (相加平均)

混合ガスを考えれば,

$\rho_{Ar} = 1.683 \times 10^{-3}(\text{at } 16^\circ\text{C}), \rho_{O_2} = 1.429 \times 10^{-3}$

得る。
 ガスの粘度は Sutherland¹⁴⁾ の式によって計算した。

$$\mu = \mu_0 \sqrt{T/T_0} (1 + C/T_0) / (1 + C/T) \dots (22)$$

散であると結論することができるであろう。

吸収速度におよぼす合金元素含有量の影響が小さいことも上記の結論に合致するものである。

ただ個々の合金元素別には若干の差があり、TiとAlではAlの方がTiよりOとの親和力は大であるにもかかわらず、Ti脱酸鋼の方がAl脱酸鋼よりも吸収速度が大であったのは予想外であったが律連過程がOの供給できること、および表面に

を含む場合は毎分0.081%O (15.1Nml/100g steel/min) とAlの場合より大であった。

(2) Al脱酸鋼はOを吸収するとただちに2~20 μ のAl₂O₃粒子からなる皮膜を生じ、さらに時間がたつと黒色のFeO・Al₂O₃と金属鉄の混在した皮膜が次第に発達して表面をおおうようになる。

Ti脱酸の場合はTiO₂およびTi₃O₅を主成分とし、少量の酸化鉄と金属鉄の混在した皮膜を生