

溶鉄へのグラファイトの溶解速度*

谷口 尚司**・菊池 淳**・前田 四郎**

Dissolution Rate of Graphite into Liquid Iron

Shoji TANIGUCHI, Atsushi KIKUCHI, and Siro MAEDA

Synopsis:

Experiments on the dissolution of a graphite-rod into liquid Fe-C alloy were made in order to discuss the mass-transfer in the inductively stirred liquid iron.

Average mass-transfer coefficient obtained from the change of concentration of carbon in liquid iron with time, does not almost depend upon temperature, but depends upon the power of the furnace.

Local mass-transfer coefficient obtained from the change in diameter of the rod, varies with the position of the rod, the frequency and the power of the furnace.

From these results, it seems that the flow conditions of liquid iron vary with the above electro-magnetic factors.

1. 緒 言

高周波誘導炉はガス-溶鉄間反応の反応速度の実験によく用いられているが、溶鉄内の物質移動機構が不明確なために、反応速度の解析が困難となっている。

本研究では、物質移動を溶鉄の流れの観点から実験的に考察することを目的として、固体グラファイトの溶融 Fe-C 合金への溶解実験をおこなった。

2. 実験方法

Fig. 1 に実験装置の概要を示した。

Fe-C 合金約 500 g を Ar 気流中で高周波溶解する。浴直上の予熱炉でグラファイト試料* を約 1000°C に予熱し、これを溶鉄中に浸漬して溶解を開始する。所定時間後試料を引き上げて急冷し、その直径変化を測定した。その後、新しい試料を浸漬し、同様の操作を 3~4 回繰り返した。また、試料の浸漬前後に溶鉄を吸引採取し、溶鉄中炭素濃度をクーロン測定法(国際電気製クーロマチック C)により求めた。溶鉄の温度は光高温計により測定した。

高周波コイルは直径 108 mm、高さ 140 mm、巻数 14 回のものである。高周波発振器としては出力 20kW、公称周波数 370 kHz の真空管式発振器と、出力 15 kW、公称周波数 10 kHz の MG 式発振器の二種を用いた。

* 半径 5mm、長さ 80mm の電極用グラファイトで、あらかじめ Ar 気流中で 1600°C に加熱して揮発成分を除去した。

3. 実験結果および考察

$z=0\sim z_s$ 間の平均物質移動係数 k_L (cm/s) は (1) 式で定義した。

$$\frac{V}{A} \frac{d[C]}{d\theta} = k_L ([C]_s - [C]) \dots\dots\dots (1)$$

ここに、[C]: 溶鉄中炭素濃度 (wt%), [C]_s: 平衡炭素濃度 (wt%), θ : 時間 (s), V: 溶鉄の体積 (cm³), A: 試料浸漬部の側面積 (cm²) である。

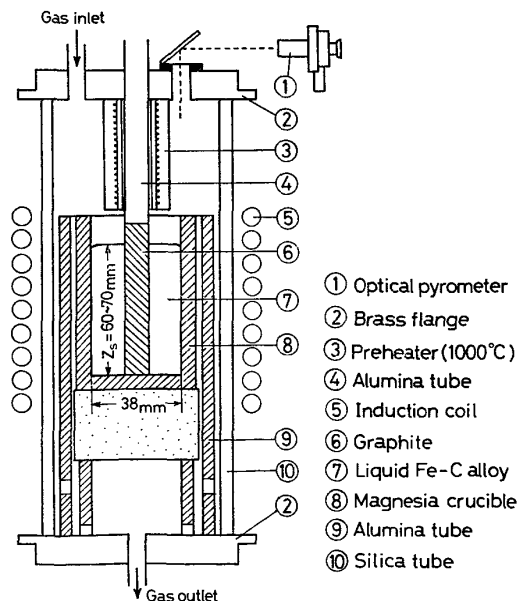


Fig. 1. Scheme of experimental apparatus.

* 昭和 51 年 10 月本会講演大会にて発表 昭和 54 年 3 月 5 日受付 (Received March 5, 1979)

** 東北大学工学部 工博 (Faculty of Engineering, Tohoku University, Aza-Aoba Aramaki Sendai 980)

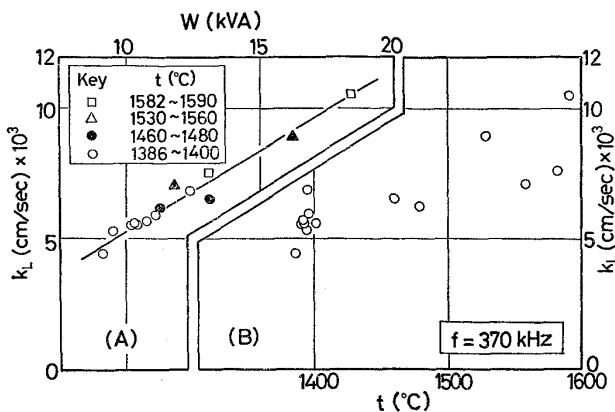


Fig. 2. Average mass-transfer coefficient.

V, A を一定として*1, (1)式を $\theta=0\sim\theta$ 間で積分すると(2)式が得られる.

$$k_L = \frac{V}{A} \frac{1}{\theta} \ln \frac{[C]_s - [C]_0}{[C]_s - [C]} \dots\dots\dots (2)$$

ここに, $[C]_0$ は溶鉄中炭素の初濃度(wt%)である.

Fig. 2 (A)に $f=370\text{kHz}$ の場合について, k_L と出力 W *2 との関係を温度をパラメータとして示した. 図より実験温度 ($t=1386\sim1590^\circ\text{C}$) 範囲内では k_L は温度にはほぼ無関係で W の増加とともに大きくなっている. いま Fig. 2(A) のデータを k_L と温度との関係に点綴しなおすと Fig. 2(B) が得られる. あたかも k_L は温度の上昇とともに大きくなるかのようにみられる. しかしこれはみかけの温度依存性であつて, k_L が大きくなるのは温度とともに出力 W すなわち液の攪拌の程度が大になつたためである.

総括反応速度の温度依存性を検討する際には以上のことを十分考慮する必要がある.

局所物質移動係数 $(k_L)_1$ (cm/s) は (3)式で定義した.

$$N_1 = \frac{\rho_L}{1200} (k_L)_1 ([C]_s - [C]) \dots\dots\dots (3)$$

ここに, N_1 : 局所物質移動速度 (mol/cm²·s), ρ_L : 溶鉄の密度 (g/cm³) である.

*1 1つの試料の浸漬時間は 90 s 以内で, この時間内の炭素濃度変化は 0.25wt% 以下である. また試料半径の平均変化量は 7% 以下である. 本研究では半径変化にともなう表面積の変化は小さいと考え, A として初期の値を用いた.

*2 W は発振器の無効電力を含む出力である. 本研究ではつば周囲の保温状態を種々変えることにより, 温度一定の条件で出力を変化させた.

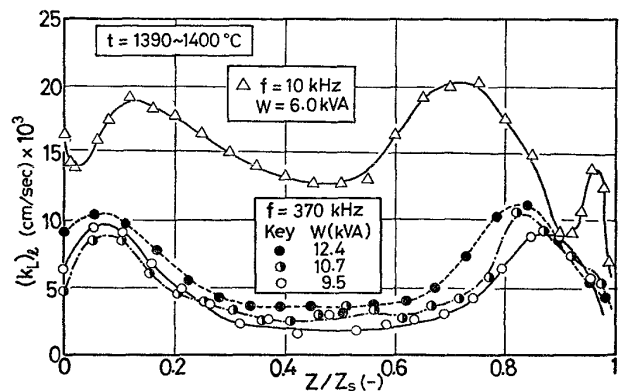


Fig. 3. Local mass-transfer coefficient.

N_1 と試料半径の減少速度 ($= -dr/d\theta$) との関係および(1)式より次式が得られる.

$$(k_L)_1 = \frac{100 \rho_s \ln \frac{[C]_s - [C]_i}{[C]_s - [C]_f}}{\rho_L ([C]_f - [C]_i) (\theta_f - \theta_i)} (r_i - r_f) \dots\dots (4)$$

ここに, ρ_s : グラファイトのみかけ密度 (g/cm³), r : グラファイトの半径 (cm) で, 添字 i, f はそれぞれ浸漬前および浸漬後の値をあらわす.

Fig. 3に $(k_L)_1$ を示した. 図より $(k_L)_1$ はいずれの W および f の場合も試料下端からの距離 z でことなり, その大きさは W, f などの電磁気学的因子によつてもことなつてゐる. これは溶鉄の流動状態がこれら電磁気学的因子によつてことなるためで, したがつて高周波誘導攪拌されている溶鉄内の物質移動を検討するためには高周波誘導炉内の溶鉄の流動機構を明らかにしておく必要がある.

4. 結 言

1) 平均物質移動係数は温度にはほぼ無関係で出力 W に依存することを示した.

2) 局所物質移動係数は周波数, 出力などによつてことなることが示された. これより, それらの電磁気学的因子によつて溶鉄の流動状態がことなることが推定された.

おわりに本実験に御協力いただいた当時四年次学生の加藤洋史殿 (現, アロイ貿易(株)) に感謝します.