

Table 1. Examples of producing states of SiO<sub>2</sub> caused by solidification.

Position of samples	No. 1		No. 2		No. 3		No. 4		No. 5	
	SiO <sub>2</sub>	Si	SiO <sub>2</sub>	Si	SiO <sub>2</sub>	-Si	SiO <sub>2</sub>	Si	SiO <sub>2</sub>	Si
Directly before starting slow cooling	0.020	0.36	0.018	0.30	0.014	0.40	0.028	0.65	0.030	0.51
Slow cooling part	0.017	0.36	0.018	0.30	0.012	0.40	0.027	0.65	0.030	0.51
Boundary part	0.023	0.36	0.024	0.30	0.018	0.40	0.033	0.65	0.033	0.51
Quantity of SiO <sub>2</sub> produced	0.0045		0.0060		0.0050		0.0055		0.0030	
Ratio of experimental value of SiO <sub>2</sub> to theoretical value of SiO <sub>2</sub>	33		41		42		62		29	

するがOの濃化はかなり顕著であつて、状況いかによつては、そのとき溶鋼中に共存する Si の脱酸限以上の O 量となることは当然予想される。

このため SiO<sub>2</sub> の生成の現象がおきるものと考えられる。実際の鍛造用大型鋼塊においては、凝固時間が長く、凝固速度も著しくおそい部分があり、本実験結果のごとき理由により、凝固過程において新しい脱酸生成物が生成し、これが砂疵や非金属介在物の有力な要因をなすものと考えられる。

669.14-912.62, 746.62.620  
192.45  
(92) 凝固速度と偏析との関係についての予備的実験結果 632p2

(鋼塊の凝固に関する研究—II)

日本製鋼所室蘭製作所 1431~1432  
前川 静弥・中川 義隆・O百瀬 昭次

Results of Preliminary Experiments on the Relation between Solidifying Rate and Segregation.

(Studies on the solidification of ingots— I)

Shizuya MAEKAWA, Yoshitaka NAKAGAWA and Akitsugu MOMOSE

I 緒 言

前報<sup>1)</sup>にて Fe-S, Fe-P 系における S および P の偏析と凝固速度との関係について報告したが、本報では同様の装置を用い Fe-O, Fe-N 系について行なつた結果を報告する。

II 実験方法

1 要 旨

実験は Fig. 1 に示すような装置により行なわれ、坩埚内の溶鉄を高周波コイルを上昇させることにより底部より凝固せしめ、このときの凝固速度と残存溶鉄中への合金成分の濃化状況を調べた。

2 実験装置

- i) 高周波溶解炉……………10kW, 400kC, 真空管式
- ii) 使用坩埚……………径30mm, 長さ150mm  
高アルミナ製 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 99.30  
SiO<sub>2</sub>: 0.56)
- iii) 溶解材料……………母材, 電解鉄
- iv) 高周波コイル昇降装置…0.2~1.0 mm/mn の範

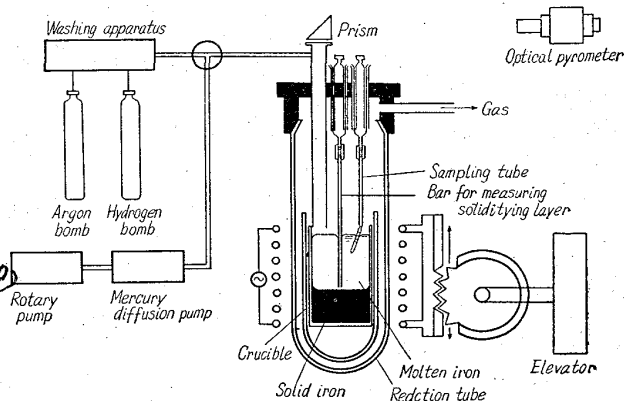


Fig. 1. Experimental apparatus.

囲で調整作動可能

V) 測温計……………光高温計, Pt-PtRh 熱電対補正

3 実験順序

(1) 酸素の場合

酸素の場合には坩埚雰囲気ガスなどからの酸素の侵入が問題となる。そのため坩埚 SiO<sub>2</sub> はをほとんど含まない高アルミナ製のものを用いた。この坩埚を用い、十分精製されたアルゴン気流中で電解鉄を 1600°C で溶解保持し、溶鉄中の酸素量の変化を約 1 h にわたつて調べたが著しい変化は認められなかつた。但し坩埚は割れやすいので昇熱溶解は特に注意し、約 1 h 40mn を費し徐熱した。一方雰囲気調整用アルゴンガスの脱酸は、約 500°C に加熱したマグネシウム削屑を用いた。

実験は、電解鉄 550 g (約 500ppm の酸素を含む) をアルゴン気流中で溶解し、1600°C で約 30mn 間保持し脱水素した後、高周波コイルを種々の速度で上昇せしめ、凝固速度を調整しながら溶鉄を坩埚の底部より凝固せしめる。その際溶鉄の温度は光高温計により表面温度を 1590°C に保持した。しかしこの方法では凝固の進行にともない温度勾配が大となり実験上の支障となるので、その影響が少ないと思われる全体の約 1/3 のところまで、凝固が進行した際にそのまま冷却した。凝固開始後 10mn 間隔で径 3 mm の不透明石英管により溶鉄表面下約 20mm の位置から約 2 g の溶鉄を採取し溶鉄の酸素の分析試料とする。ついで同様の石英管を用いて凝固位置を測定する。

一方固体鉄中の酸素の分析試料は得られたインゴットを縦断しサルファープリントと凝固位置の測定結果とを参考にして採取した。

(2) 窒素の場合

窒素の場合一番問題になるのは溶鉄中からの放出である。そこでこれを防止するために雰囲気ガスとしてアルゴンと窒素の混合ガスを用い放出を防止した。

実験順序は電解鉄 550 g を酸素の場合と同様アルゴン気流中で溶解後、水素約 500 ml/mn, 窒素 30 ml/mn の混合ガス雰囲気中で約 2 h 保持し脱酸を行なう。ついでアルゴン約 500 ml/mn, 窒素 30 ml/mn の混合ガス気流中で 1 h 保持し脱水素を行ない、終了後コイルを上昇させて凝固を開始させる。以下酸素の場合と同様である。

III 実験結果および考察

Photo. 1, Photo. 2 (略) は凝固後のインゴットの縦断面のサルファープリントおよびマクロ組織について酸素の場合の一例を示した。これから高周波による攪拌がかなり強力に行なわれ固液界面が凝固の進行方向に対して垂直であつたことが推定される。また凝固もほぼ連続約に行なわれたことが予想される。

実験から溶鉄中の成分濃度  $C_X^L$  (X:合金元素を示す) 固体鉄中の成分濃度および凝固速度の各値が得られ、その結果成分の濃化の度合を示す実効分配係数  $K_X = C_X^S / C_X^L$  と凝固速度  $U$  との関係が求まる。Fig. 2 および Fig. 3 は酸素の実効分配係数  $K_O$  と  $u$ , 窒素の実効分配係数  $K_N$  と  $u$  との関係をそれぞれプロットしたものである。図中の各点は本実験による実測値である。

一般に凝固速度が有限の場合には濃化は不平衡に進行し、実効分配係数は平衡分配係数  $K_X^*$  (HENRY の法則に従う稀薄溶液においては一定) からずれて凝固速度の函数として次式<sup>2)</sup>で表示される。

$$K_X = \frac{K_X^*}{K_X^* + (1 - K_X^*)e^{-\sigma/D_X}}$$

ここで  $\sigma$  は拡散層の厚さ、 $D_X$  は成分原子の拡散速度

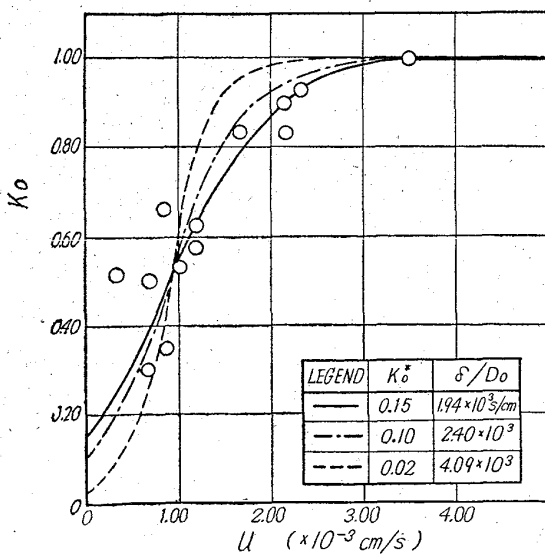


Fig. 2. Relation between the distribution coefficient of oxygen and solidifying rate.

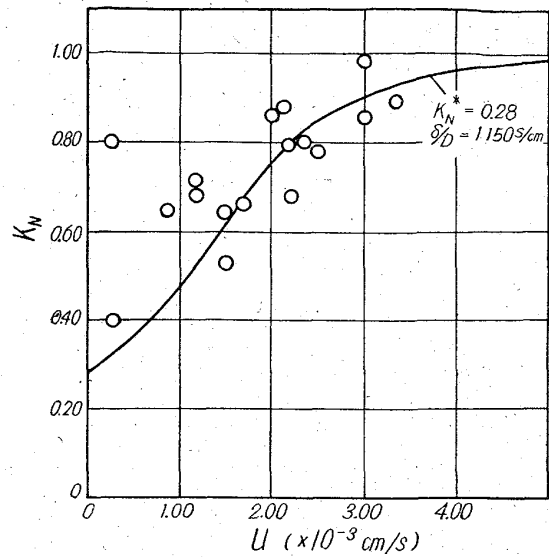


Fig. 3. Relation between the distribution coefficient of nitrogen and solidifying rate.

をそれぞれ示す。いま酸素の場合について、本実験結果が(1)式を満たすものとして実測値を満足するような曲線を求めてみると Fig. 2 に示す実線のごとくなり  $K_O^*$  の値は 0.15 になる。これは従来の研究から得られた値 0.02<sup>3)</sup>, 0.10<sup>4)</sup> よりも大になっている。また二本の破線は  $K_O^*$  が 0.02 および 0.10 の場合について(1)式を用い本実験結果を最も満足すると思われる曲線を求めたものを示している。これから  $K_O^*$  として従来の測定値を採用し本実験結果の関係を求めることは不可能であることがわかる。また(1)式から逆算して  $\sigma/D_O$  の値を求めると  $1.94 \times 10^3 S/cm$  となる。

一方窒素の場合は、従来の研究から得られた  $K_N^*$  の値 0.28<sup>3)</sup> と(1)式から本実験結果を満足する曲線が Fig. 3 に示すごとく得られる。これから  $\sigma/D_N$  の値を求めると  $1.15 \times 10^3 S/cm$  となる。以上の実験結果から Fe—O, Fe—N系における偏析を防止するための凝固速度を推定すると酸素の場合は 1.2 mm/mn, 窒素の場合は 1.8 mm/mn 以上の速度で凝固させることが必要と思われる。また  $\sigma/D_O$  および  $\sigma/D_N$  の値はいずれも  $10^3$  のオーダーのものと思われる。

IV 結 言

前報に引続き Fe—O, Fe—N 2 元系について凝固過程における酸素および窒素の偏析が凝固速度とどんな関係にあるかを調べた。その結果 Fig. 2 および Fig. 3 に示すごとく偏析を防止するためには酸素の場合は 1.2mm/mn, 窒素の場合は 1.8mm/mn 以上の速度にせねばならぬことが示された。また  $K_O^*$  の値として従来の値より大きい 0.15 を得た。一方(1)式から  $\sigma/D_O$ ,  $\sigma/D_N$  の値を求めるとそれぞれ  $\sigma/D_O = 1.94 \times 10^3 S/cm$ ,  $\sigma/D_N = 1.15 \times 10^3 S/cm$  となりいずれも  $10^3$  のオーダーのものである。(文献省略)