

脱炭速度におよぼす温度、坩堝壁との接触面積、自由表面積、回転の影響*

(脱炭反応の速度論的研究—IV)

藤 井 毅 彦**

Effect of Temperature, Area in Contact with Crucible Wall, Area of Free Surface and Rotation on the Rate of Decarbonization.

(Kinetics of decarbonization in molten steel—IV)

Takehiko Fujii

Synopsis:

Using a high-frequency induction furnace in which atmosphere could be controlled, effect of temperature, area in contact with crucible wall, area of free surface and rotation on the rate of decarbonization was studied. The following results were obtained.

(1) The rate of decarbonization (this rate is difference between the total rate of decarbonization which is measured and the rate of decarbonization by crucible wall (MgO), and the following rates are the same.) increases linear to temperature (1550~1650°C), and the activation energy calculated from this results is 34.6 kcal/mol.. This value is greater than the values of other investigators, because calculating the activation energy, they do not subtract the rate of decarbonization by reaction of crucible wall (MgO) from total rate of decarbonization.

(2) The rate of decarbonization is constant on condition that the area of free surface of molten steel is constant, and have no connection with the area in contact with crucible wall. By calculating from this results, it becomes clear that in this experiments, the reaction of decarbonization occurs mainly at free surface, and the reaction in molten steel and through boundary layer between molten steel and gas phase of crevices in the crucible wall is extremely small.

(3) The rate of decarbonization increases linear to the area of free surface. This fact indicates that the reaction of decarbonization occurs mainly at free surface.

(4) The rate of decarbonization in case of rotation increases linearly to the area of free surface of paraboloid of revolution. But this inclination of the straight line is smaller than the inclination by increase of free surface in case of rest, because the condition of stir by high-frequency induction power is changed by rotation.

I. 結 言

いて考察を加えた。

II. 脱炭速度におよぼす温度の影響

第3報においては、気相を調節することのできる高周波炉を用いて脱炭反応の実験を行ない、 $C > 0.15\%$ の場合、脱炭速度は気相の酸素濃度が一定ならば熔鋼炭素濃度にかかわらず一定であるが、気相酸素濃度が増大すると大きくなること、および $C < 0.15\%$ になると急速に零に近づくことを述べた。本報においては同一高周波炉を用いて実験を行ない、脱炭反応の機構を明らかにするために、まず脱炭速度におよぼす温度の影響を測定して、活性化エネルギーを計算し、つぎに脱炭速度におよぼす坩堝壁との接触面積、自由表面積、回転の影響を測定して、脱炭反応の進行する場所ならびに量的関係につ

実験方法は第3報と全く同様である。まずアルゴン気流中で 1.4 kg 電解鉄を熔解し、それに適当量の加炭を行なう。つぎに酸素 8%の気相に調節したのち、試料を15分ごとに採取し、約 3 hの実験を行なつた。試料採取中の温度は光高温計で測定しながら 1550, 1600, 1650 °C の一定温度に保持した。そして採取した試料から炭素の分析を行ない、それをもとにして熔鉄 1.4 kg 中の

* 昭和 34 年 11 月本会講演大会にて発表

** 住友金属工業株式会社、和歌山製造所技術部
研究試験課

Table 1. Effects of temperature on the rate of decarbonization in a high-frequency induction furnace.

Ch. No.	Temp. °C	Atmosphere O ₂ %	Steel weight g	Area in contact with crucible cm ²	Total rate of decarbonization g/mn	Rate of decarbonization by crucible reaction g/mn	Rate of decarbonization by gaseous oxygen g/mn
C36	1550	8	1400	136.96	0.0594	0.0274	0.0320
C37	1600	"	"	"	0.0700	"	0.0426
C38	1650	"	"	"	0.0800	"	0.0526

Ch. No.	Temp. °C	Atmosphere O ₂ %	Steel weight g	Area in contact with crucible cm ²	Rate of decarbonization by crucible reaction g/mn
C39	1550	0	1400	136.96	0.0288
C40	"	"	"	"	0.0274
C41	1600	"	"	"	"
C42	"	"	"	"	0.0281
C43	1650	"	"	"	0.0274

全炭素量を時間に対してプロットしてみた。その結果はFig. 1のようにいずれも全炭素量が時間に対して直線的に減少しているのは第3報の実験結果と全く同様である。そして温度が上昇すると直線の傾斜は大きくなり脱炭速度は大きくなる。この測定結果から全脱炭速度（これは第3報において述べたように測定される全脱炭

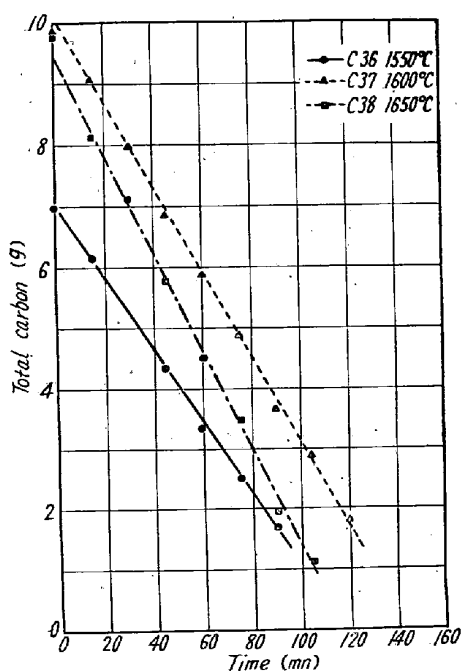


Fig. 1. Effects of temperature on the total rate of decarbonization in a high-frequency induction furnace. Argon 92%, Oxygen 8%.

速度である) を計算した結果は Table 1 の通りである。つぎに坩堝壁 MgO と熔鋼中の炭素の反応による脱炭速度への温度の影響をみるために 1550, 1600, 1650 °C においてアルゴン 100% の気相中で脱炭反応速度を測定した。その結果は Fig. 2 および Table 1 に示されたように、温度による変化は認められない。したがって気相酸素との反応による脱炭速度 (坩堝の MgO と熔鋼炭素との反応による脱炭反応以外の脱炭反応速度をあ

らわすことは第3報に述べた通りである) は Table 1 の全脱炭速度から坩堝壁 MgO との反応による脱炭速度の平均値 0.0274g/mn を差引いたものである。(Table 1) この気相酸素による脱炭速度の対数と $1/T$ の関係を示すと Fig. 3 のように直線的関係を示

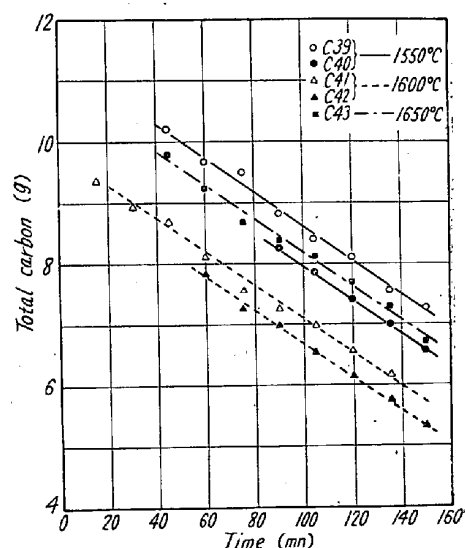
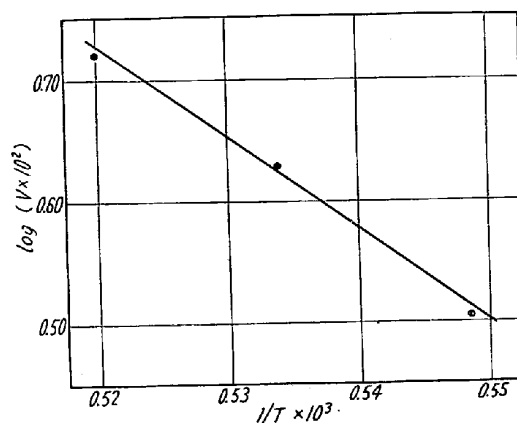


Fig. 2. Effects of temperature on the total rate of decarbonization in a high-frequency induction furnace. Argon 100%.

Fig. 3. $\log V$ vs. $1/T$ in a high frequency induction furnace. Argon 92%, Oxygen 8%. Apparent activation energy 34.6 kcal/mol.

し、つぎの計算式 (1) から脱炭反応の活性化エネルギー E を計算すると 34.6 kcal/mol. ($1550 \sim 1650^\circ\text{C}$) となる。

$$E = [RT_1T_2/(T_2 - T_1)] \ln k_2/k_1 \dots \dots \dots (1)$$

この値は Vallet¹⁾ が slag が存在しない場合に、空気の下で得た値、 28 kcal/mol. ($1550 \sim 1600^\circ\text{C}$)、丹羽ら²⁾ が同様に slag が存在しない場合の空気による脱炭反応から得た値 15 kcal/mol ($1550 \sim 1650^\circ\text{C}$) より大きい。丹羽らの実験にはアルミナ坩堝を用いているが、アルミナはマグネシアと同様に脱炭作用があるといわれている³⁾。しかし丹羽らは気相酸素による脱炭速度とアルミナ壁による脱炭速度を区別していない。また Vallet の値は Fornander⁴⁾ の実験結果から計算したもので、実験に使用した坩堝の材質は不明であるが、おそらく同様に坩堝壁との反応は考慮に入れていないものと考えられる。われわれの場合でもマグネシア壁との反応を含めた全脱炭速度を用いて計算すると 20.7 kcal/mol となる。すなわち Vallet、丹羽らも坩堝壁との反応を差引いたならば、もつと大きい値が得られたものと考えられる。なほ坩堝壁 MgO と C の反応は $1550 \sim 1650^\circ\text{C}$ の間では反応速度は変らないから活性化エネルギーは零である。

III. 脱炭反応の進行する場所に関する実験

気相としてアルゴン+酸素を流しながら行なう本実験において、脱炭反応はつぎの4種類に分けて考えられる。

(a) 自由表面における脱炭反応

気相と熔鋼上部表面の接触面を以後自由表面と定義しここにおいて起る反応を自由表面における脱炭反応としてあらわす。そしてこの自由表面の単位面積よりの脱炭反応の速度を $x \text{ g/cm}^2 \cdot \text{mn}$ とする。

(b) 熔鋼相内の脱炭反応

熔鋼相内は常に1気圧+静圧の圧力を受けており、また C-O の関係は、第3報の Fig. 10 に示すように、 Pco 1気圧の Vacher-Hamilton の平衡曲線よりも下にずれている。したがって熔鋼相内においては CO 気泡は発生せず、この脱炭反応は進行しないと考えた。ただ熔鋼の攪拌による渦流の中心が CO 気泡の発生点にはならないものとした。

(c) 坩堝壁の MgO と熔鋼炭素との反応による脱炭反応

以後この脱炭反応を坩堝壁 MgO との反応による脱炭反応としてあらわす。この反応は熔鋼内の他の元素の存在により異なるはずであり、本実験においても熔鋼中には

Fe と O が共存する。しかし Fe は一定濃度と見做してもよく、また O は第3報の Fig. 10 に示すように $\text{C} > 0.15\%$ の場合は気相酸素濃度にかかわらずほぼ一定である。したがってこの脱炭反応は気相酸素濃度にかかわらず一定であると考えることができる。また熔鋼の攪拌状況によつても、坩堝壁内面の場所によつてもこの反応の速度は異なるはずであるが、本実験においては温度は 1600°C の一定温度であるので、高周波電力は一定で、攪拌状況もほぼ一定であり、また坩堝壁全体の脱炭反応の平均値を取扱うので、場所による速度の差の影響はないものと考えた。

(d) 坩堝壁空孔の気相と熔鋼の界面における脱炭反応

以後この反応を坩堝壁空孔における脱炭反応としてあらわす。熔鋼は表面張力を持つているから、坩堝と接触する場合にはその粗面との間に空孔が生ずる。この空孔内の気相と熔鋼の界面を通して、 C と O が拡散して CO を生成し、脱炭反応が進行する。坩堝壁の単位面積よりのこの脱炭反応の速度を $y \text{ g/cm}^2 \cdot \text{mn}$ とする。

この4種類の脱炭反応の量的関係を明らかにし、脱炭反応の進行する場所を知ることは、脱炭反応の機構を究明する上にきわめて重要なことである。したがってつぎに述べるような3種類の実験を行ない、それをもとにしてこの点に関し

考察を加えた。

1. 脱炭速度におよぼす坩堝壁との接触面積の影響

脱炭速度測定に関する実験の方法は前と全く同様であるが、熔鋼の深さ、したがって重量を変えて実験を行ない脱炭速度を測定した。かくすることにより熔鋼の自由表面積を一定にし、熔鋼と坩堝との接触面積をかえることができる

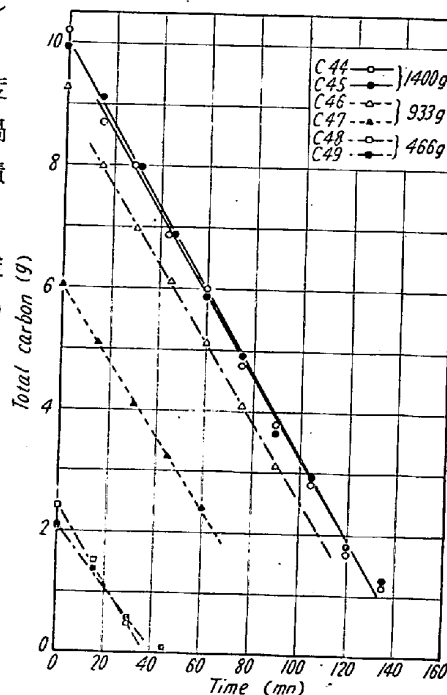


Fig. 4. Effects of metal depth on the total rate of decarbonization in a high-frequency induction furnace.

Argon 92%, Oxygen 8%.

Table 2. Effects of metal depth on the rate of decarbonization in a high-frequency induction furnace—(I) 1600°C, oxygen 8%.

Atmosphere O ₂ %	Steel weight g	Steel depth cm	Area in contact with crucible cm ²	Ch. No.	Total rate of decarbonization g/mn	Rate of decar- bonization by crucible reac- tion g/mn	Rate of decar- bonization by gaseous oxy- gen g/mn	Mean value g/mn
8	1400	7.3	136.96	C44	0.0714	0.0274	0.0440	0.0426
				C45	0.0686	0.0274	0.0412	
8	933	5.2	97.57	C46	0.0624	0.0195	0.0429	0.0419
				C47	0.0605	0.0195	0.0410	
8	466	3.1	58.15	C48	0.0600	0.0116	0.0484	0.0446
				C49	0.0525	0.0116	0.0409	

わけである。すなわち内径 60 mm ϕ の坩堝中で電解鉄を 1400 g (深さ 7.3 cm), 933 g (深さ 5.2 cm), 466 g (深さ 3.1 cm) の 3 段階にわけて熔解し、適当量の加炭を行なった後、気相酸素濃度 8% の下の脱炭速度を 1600°C の一定熔鋼温度の下で測定した。その結果は Fig. 4 に示す通りであり、これらの直線の傾斜から計算した全脱炭速度ならびに気相酸素との反応による脱炭速度は Table 2 の通りである。気相酸素との反応による脱炭速度の 2 熔解の平均値は熔解重量にかかわらず、実験誤差の範囲内で一定の値を示すと考えてもよい。

つぎに同様の実験方法で気相の酸素濃度を 16% に増加し、熔解重量 1400 g (深さ 7.3 cm), 1166 g (深さ 6.3 cm), 933 g (深さ 5.2 cm) の場合の脱炭速度を 1600°C の熔鋼温度で測定した。その結果を図に示すと Fig. 5 の通りである。それより全脱炭速度、気相酸素との反応による脱炭速度を計算すると Table 3 の通りである。気相酸素との反応による脱炭速度の平均値は気相酸素 8% の場合と同様に熔鋼の深さには無関係であると考えてよいであろう。

つぎに上述のように熔鋼相内の脱炭反応は起らないと考え、また坩堝壁 MgO との反応による脱炭反応は気相酸素濃度にかかわらず一定であると考えて、自由表面における脱炭速度 x g/cm²·mn, 坩堝壁空孔における脱炭速度 y g/cm²·mn を計算した。すなわち Table 2, Table 3 の測定結果から聯立方程式を立ててこの値を計算し、その平均値を出すと Table 4 の通りになる。

この計算結果より坩堝壁空孔における脱炭反応はあるとしてもごく僅かなものであり、自由表面における脱炭反応が大部分であることがわかる。なお坩堝壁空孔において発生したごく僅かな CO は、熔鋼は常に 1 気圧 + 静圧の圧力をうけ、熔鋼の $\underline{C}-\underline{O}$ 関係は P_{CO} 1 気圧の

Vacher Hamilton の平衡曲線より下にずれているから、熔鋼中で気泡を生成することはできず、CO 分子として坩堝壁を拡散して外へ出ると考えた方が妥当であろう。

2. 脱炭速度におよぼす自由表面積の影響

気相と熔鋼の接触面積、すなわち自由表面積を変えるために熔鋼の上に坩堝材と同じ純マグネシア製リングを絶えず接触し

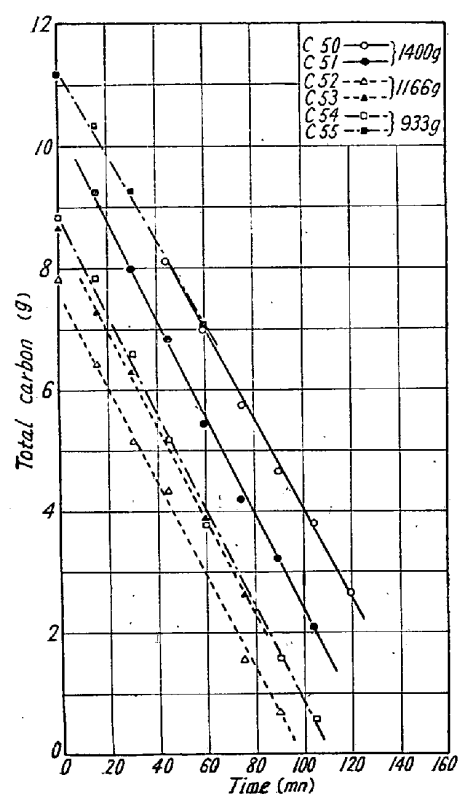


Fig. 5. Effects of metal depth on the total rate of decarbonization in a high-frequency induction furnace.

1600°C, Argon 84%, Oxygen 16%.

ながら熔解を行ない、脱炭速度を測定した。リングの外径は坩堝内面に接触し、リングの内径は 40 mm ϕ , 30 mm ϕ , 20 mm ϕ の 3 種類であり、内径を変えることにより、気相と熔鋼の接触面積すなわち自由表面積を変えた。実験中試料採取により僅かではあるが熔鋼の重量が減少し、熔鋼面が低下するので、しばしば純マグネシアリングを上から押して、熔解中常にリングの下面が熔鋼に接触しているようにした。気相の酸素濃度は 8%, 16%

Table 3. Effects of metal depth on the rate of decarbonization in a high-frequency induction furnace—(I) 1600°C, oxygen 16%.

Atmosphere O ₂ %	Steel weight g	Steel depth cm	Area in contact with crucible cm ²	Ch. No.	Total rate of decarbonization g/mn	Rate of decar- bonization by crucible reac- tion g/mn	Rate of decar- bonization by gaseous oxy- gen g/mn	Mean value g/mn
16	1400	7.3	136.96	C 50	0.0763	0.0274	0.0489	0.0507
				C 51	0.0800	0.0274	0.0526	
16	1166	6.3	117.22	C 52	0.0775	0.0234	0.0541	0.0535
				C 53	0.0763	0.0234	0.0529	
16	933	5.2	97.57	C 54	0.0806	0.0195	0.0611	0.0558
				C 55	0.0700	0.0195	0.0505	

Table 4. Rate of decarbonization due to escape of CO from unite area of free surface and formation of CO on the crucible wall.

Atmosphere O ₂ %	Rate of decarbonization due to escape of CO from unite area of free surface x g/cm ² ·mn	Rate of decarbonization due to for- mation of CO at crucible wall. y g/cm ² ·mn
8	0.0013 ⁷	0.0000 ²⁹
16	0.0013 ⁷	0.0001 ¹⁸

の両方につき実験を行ない，熔鋼重量は1400 g，実験温度は 1600°C である．そしてその他の実験条件は前と全く同様である．

実験により得られた結果の気相酸素濃度 8 % の場合は Fig. 6 に，16 % の場合は Fig. 7 に示す通りである．いずれも全炭素量が熔鋼炭素濃度にかかわらず直線的に減少していることは前と全く同様であるが，リングの径が小さくなり気相との接触面積が小さくなると，直線の傾斜はゆるくなり，全脱炭速度は小

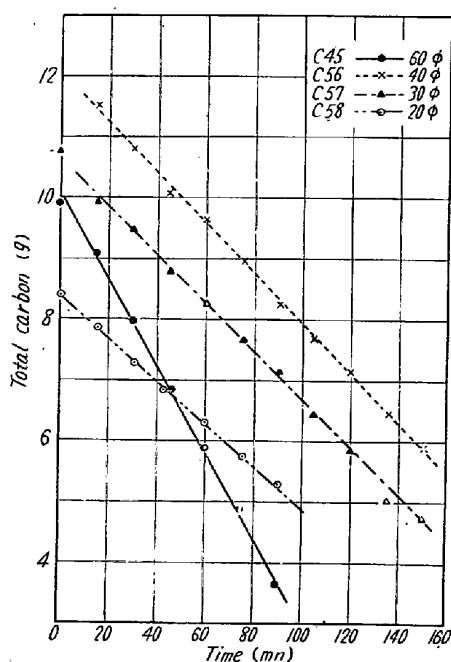


Fig. 6. Effects of free surface of metal on the total rate of decarbonization in a high frequency induction furnace. 1600°C, Argon 92%, Oxygen 8%.

さくなる．この得られた測定結果から全脱炭速度ならびに気相酸素との反応による脱炭速度を計算すると Table 5 (酸素 8 %) Table 6 (酸素 16 %) の通りである．なお本実験においては純マグネシアリングが絶えず熔鋼と接触しているので，この接触部分でも純マグネシアと熔鋼炭素との反応により脱炭反応が進行するわけである．したがって全脱炭速

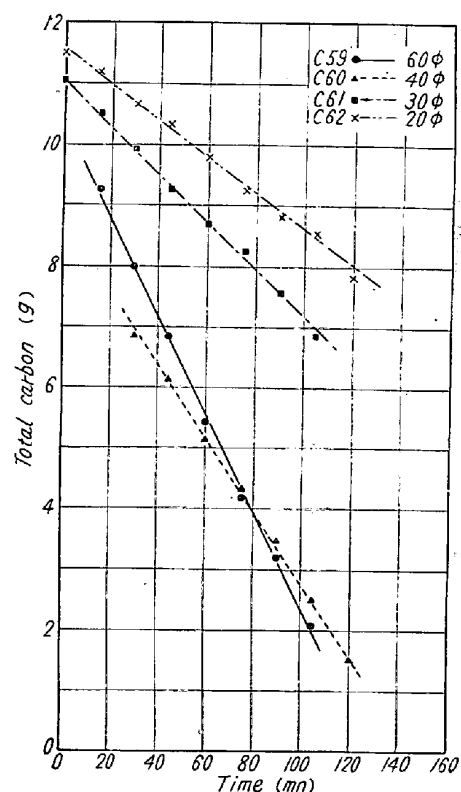


Fig. 7. Effects of free surface of metal on the total rate of decarbonization in a high frequency induction furnace. 1600°C, Argon 84%, Oxygen 16%.

Table 5. Effects of free surface on the rate of decarbonization in a high-frequency induction furnace—(I) 1600°C, oxygen 8%.

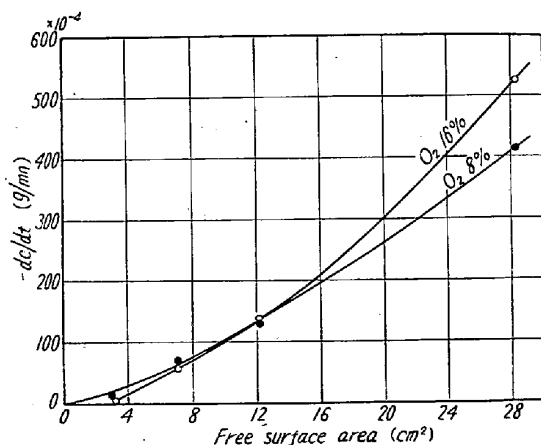
Atmosphere O ₂ %	Steel weight g	Steel depth cm	Ch. No.	Area in contact with crucible cm ²	Ring		Total rate of decarbonization g/mn	Rate of decarbonization by crucible reaction g/mn	Rate of decarbonization by gaseous oxygen g/mn
					Diameter mm ϕ	Free surface cm ²			
8	1400	7.3	C45	136.96	60	28.26	0.0686	0.0274	0.0411
			C56	152.66	40	12.56	0.0432	0.0306	0.0126
			C57	158.16	30	7.06	0.0387	0.0317	0.0070
			C58	162.08	20	3.14	0.0337	0.0325	0.0012

Table 6. Effects of free surface on the rate of decarbonization in a high-frequency induction furnace—(II) 1600°C, oxygen 16%.

Atmosphere O ₂ %	Steel weight g	Steel depth cm	Ch. No.	Area in contact with crucible cm ²	Ring		Total rate of decarbonization g/mn	Rate of decarbonization by crucible reaction g/mn	Rate of decarbonization by gaseous oxygen g/mn
					Diameter mm ϕ	Free surface cm ²			
16	1400	7.3	C59	136.96	60	28.26	0.0800	0.0274	0.0526
			C60	152.66	40	12.56	0.0438	0.0306	0.0132
			C61	158.16	30	7.06	0.0375	0.0317	0.0058
			C62	162.08	20	3.14	0.0300	0.0325	0.0000

度から気相酸素との反応による脱炭速度を計算するには、坩堝の MgO と熔鋼炭素との反応による脱炭反応量にリング表面における反応量を加えて全脱炭速度から差引いた。

気相酸素との反応による脱炭速度と、気相と熔鋼との接触面積すなわち自由表面積との関係は Fig. 8 に示すように、正確には直線関係は得られないが、近似的に脱炭速度は自由表面積に比例する。この事実は前述の計算結果より、大部分の脱炭反応が熔鋼表面で起ると考えることが首肯できる。

Fig. 8. $-dc/dt$ vs. free surface area in a high-frequency induction furnace. 1600°C.

3. 脱炭速度におよぼす回転の影響

本高周波炉は第3報において述べたように、熔解中に回転をあたえることができるようになってきている。したが

って熔鋼 1400 g を気相酸素 8% の下で熔解して、温度 1600°C の下に回転し、脱炭速度におよぼす影響をしらべた。回転は毎分 170 回転と毎分 340 回転とに分けたが回転をあたえると熔鋼の表面は paraboloid of revolution を形成する。

この実験の脱炭反応の進行状況は Fig. 9 に示す通りである。実験の途中直線が急に曲折しているが、これは

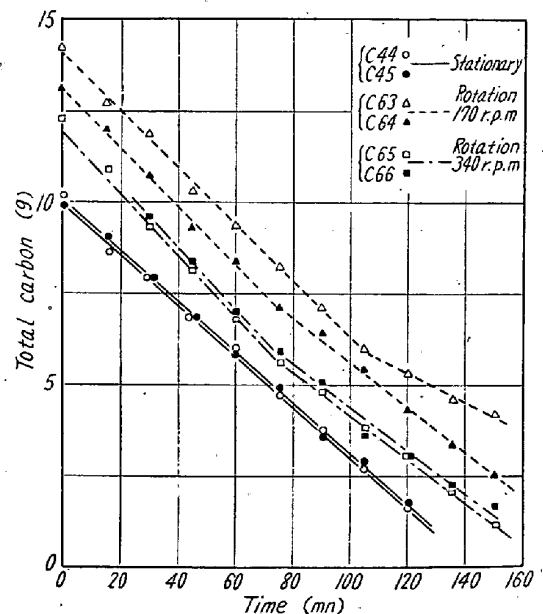


Fig. 9. Effects of rotation on the total rate of decarbonization in a high-frequency induction furnace. 1600°C, Argon 92%, Oxygen 8%.

Table 7. Effects of rotation on the rate of decarbonization in a high-frequency induction furnace. 1600°C, oxygen 8%.

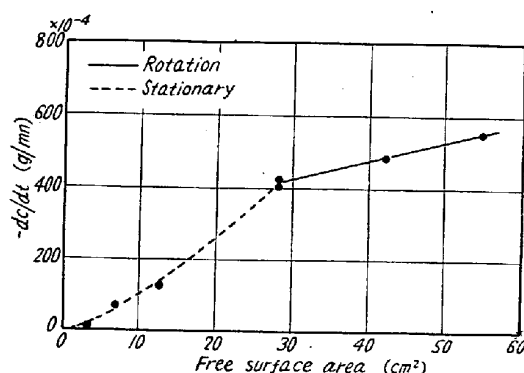
Atmosphere O ₂ %	Steel weight- g	Ch. No.	Rotation R/mn	Steel depth cm	Area in contact with crucible cm ²	Free surface area cm ²	Total rate of decarbonization g/mn	Rate of decarbonization by crucible reaction g/mn	Rate of decarbonization by gaseous oxygen g/mn	Mean values g/mn
8	1400	C44	0	6.8	146.4	28.26	0.0714	0.0274	0.0440	0.0426
		C45		6.8	146.4	28.26	0.0686	0.0274	0.0412	
		C63	170	7.6	162.0	42.06	0.0775	0.0304	0.0471	0.0483
		C64		7.6	162.0	42.06	0.0800	0.0304	0.0496	
		C65	340	8.2	173.3	54.71	0.0875	0.0325	0.0550	0.0550
		C66		8.2	173.3	54.71	0.0875	0.0325	0.0550	

その点で回転を停止したために急に脱炭速度が小さくなったことを示している。これらの直線から全脱炭速度ならびに気相酸素との反応による脱炭速度を計算すると Table 7 の通りである。なお回転をあたえると熔鋼の表面は paraboloid of revolution を形成し、坩堝との接触面積が増大するから坩堝壁 MgO との反応による脱炭量が増大するわけである。したがって Table 7 に示すように、静止のときの坩堝壁 MgO との反応量に回転をあたえたための坩堝との接触面積の増大率を掛けたものを坩堝壁との反応量として全脱炭速度から差引いた。

回転をあたえたまま固めた時に形成される paraboloid of revolution の表面積を計算し、気相酸素との反応による脱炭速度と表面積の関係を求めると Fig.10 の通りに直線関係が得られる。図中実線は回転の際の表面積との関係をあらわし、破線は前述 2. の実験結果であり、坩堝静止の際の自由表面積との関係をあらわす。両直線が一直線にならないのは、回転により高周波による攪拌がおさえられ、また paraboloid of revolution の上部までは攪拌されないために、 $\bar{C}$ の移動速度が小さくなり脱炭反応が抑制されるためと考えられる。

IV. 結 言

脱炭反応の機構を明らかにするために、気相を調節することのできる高周波炉を用いて実験を行ない、まず脱炭速度におよぼす温度の影響を測定して活性化エネルギーを計算した。つぎに本実験における脱炭反応をつぎの 4 種類に分けた。(1) 自由表面における脱炭反応、(2) 熔鋼相内の脱炭反応、(3) 坩堝壁 MgO との反応による脱炭反応、(4) 坩堝壁空孔における脱炭反応。そして (2) は全然起らず、(3) は気相酸素濃度にかかわらず一

Fig. 10. $-dc/dt$ vs. free surface area by rotation in a high-frequency induction furnace.

1600°C, Argon 92%, Oxygen 8%.

定であると考えた。この考えの下に脱炭速度におよぼす坩堝壁との接触面積、自由表面積、回転の影響を測定して、脱炭反応の進行する場所、ならびに量的関係について考察を加えた。その結果つぎのことが判明した。

1) 脱炭速度は温度に対して直線的に増加する。そしてこの関係から計算した活性化エネルギーは 34.6 kcal/mol. である。この値は従来の値よりも大きい、従来の値は計算に際し、坩堝壁 MgO との反応による脱炭速度を差引いていないために小さいことが判明した。

2) 脱炭速度は自由表面積が一定ならば、坩堝壁との接触面積に関係なく一定値を示す。そしてこの測定結果より計算すると、本実験においては自由表面における脱炭反応が大部分であり、坩堝壁空孔における脱炭反応はあるとしても僅かであることが判明した。

3) 脱炭速度は自由表面積に対してほぼ直線的に増加する。この事実は大部分の脱炭反応が、熔鋼自由表面でおこると考えることにより首肯できる。

4) 回転をあたえた場合の脱炭速度は *paraboloid of revolution* の表面積に対して直線的に増加する。しかし回転の場合の脱炭速度は、静止の場合のその自由表面積に相当する脱炭速度より小さいが、これは回転により高周波による攪拌の様相が異なるためと考えられる。

なおこれら諸現象の総合的な考察は最後の報告にまとめて行なうことにする。

本論文は著者が昭和 23 年 4 月住友金属工業株式会社に奉職して以来現在に到るまで長きにわたり、賜った恩師京都大学理学部教授理学博士佐々木申二先生の絶えざる御指導と御鞭撻によつて成つたものであります。ここに謹んで満腔の謝意を表する次第であります。

本実験の遂行にあたりましては住友金属工業株式会社和歌山製造所小田助男所長、高椋正雄技術部長、工学博

士下川義雄研究試験課長の絶えざる御指導と御激励をいただきました。厚く御礼を申し上げる次第であります。

最後に熱心に実験に従事された研究試験課浦知、淡路浩司両君に感謝の意を表する次第であります。

(昭和 34 年 11 月寄稿)

文 献

- 1) P. Vallet: *Iron & Steel* (1955) 463
- 2) 丹羽, 渡辺, 伊藤, 前川, 中川: 学振19委, 4791
- 3) N. A. Parlee, S. R. Seagle & R. Schuhmann: *Transactions of the Metallurgical Society of A.I.M.E.* 212 (1958) 132
- 4) Fornander: *Discussion of the Faraday Society* No.4 (1948) 302

製鋼反応の速度論的研究*

(熔鋼中の CO 気泡の生成と成長について)

丹羽貴知蔵**・下地 光雄***

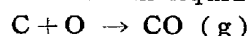
Kinetic Studies on the Steel-Making Reaction.

(On the nucleation and growth of CO bubbles in liquid steel)

Kichizo Niwa and Mitsuo Shimoji

Synopsis:

The reaction of carbon oxidation in liquid iron,



should be rapid in true terms of homogeneous chemical reaction. This can be confirmed by the theoretical reason of the absolute reaction rate theory. The most reasonable view for the rate determining step of the above reaction may be obtained from "diffusion film theory".

1) The thickness of the diffusion layer is briefly discussed in terms of Reynolds' number of liquid iron. The nucleation and growth of CO gaseous bubbles are explained from the point of view of the "theory of heterogeneous phase transformation" and the "theory of diffusion film."

2) If the rate of carbon-oxygen reaction in liquid iron were controlled by the process of "homogeneous one", the rate of this reaction energetically leads to too very large value compared to observed one.

3) The most reasonable process determining CO formation would be a transport of the dissolved carbon (C) and oxygen (O) to the existing surface of CO bubbles.

4) The favorable place of nucleation for CO bubble formation would be in the solid-metal interfaces such as the hearth-metal interfaes.

5) The rate of carbon oxidation in the open hearth has a weak tendency to diminish with decrease of carbon concentration.

* 昭和33年4月本会講演大会にて発表

** 北海道大学理学部教授, 理博

*** 北海道大学理学部助教授, 理博