

Fig. 1. Relations between [Mn] reduction rate and its factors.

ここで

- y マンガン歩留 (%)
- x_1 [Si] (%)
- x_2 スラグ塩基度
- x_3 スラグ量 (kg/pig.t)
- ** 危険率 1% で有意
- * 危険率 5% で有意

各要因の 1σ の増加に対するマンガン歩留の変化を求めると、

[Si] に対しては +9.0%
 塩基度に対しては +0.9%
 スラグ量に対しては -4.4%

となり、[Si]、スラグ量、塩基度の順に影響度は大であることがわかった。

なお、この結果の適用度を過去の月平均のデータによりチェックした所、マンガン鉱石を配合した時も適用できることが確認できた。Table 3 に最近の通常操業の実績と前記回帰式による計算結果を示している。

Table 3. Comparison between the actual result and calculated result of Mn reduction rate at No. 1 B. F.

Date	Dec. '58	Jan. '59	Mar. '59
Actual results	55.0	64.7	64.3
Calculated results	55.0	64.7	65.1

IV. 結 言

以上の試査で下記の成果を得た。

(1) マンガンの歩留に対しては [Si] の還元状態すなわち溶銑温度およびスラグ量の変動が大きく影響していること、また塩基度は実際の操業範囲ではほとんど影

響しないことが判明した。

(2) マンガン歩留をその要因から定量的に求める回帰式を作製できた。

(3) 回帰式はマンガン鉱石を使用するか否かに拘らず適用できることができた。

(33) 脱炭速度におよぼす温度、熔鋼深さ、気相との接触面積、廻転の影響

(脱炭反応の速度論的研究—Ⅳ)

住友金属工業、和歌山製造所 理 藤 井 毅 彦
 Effect of Temperature, Depth of Molten Steel, Free Surface, and Rotation to the Rate of Decarbonization.

(Kinetics of decarbonization in molten steel—Ⅳ)

Takehiko Fujii.

I. 緒 言

前報¹⁾においては雰囲気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、 $C > 0.10\%$ の場合は、脱炭速度は気相の酸素量が一定ならば熔鋼中炭素含有量にかかわりなく一定であるが、気相中酸素量が増大すると大きくなること。および $C < 0.10\%$ 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脱炭速度におよぼす温度、熔鋼深さ、気相との接触面積、廻転の影響を検討した結果について述べる。

II. 脱炭速度におよぼす温度の影響

実験方法は前報と全く同様である。まづアルゴン雰囲気中で電解鉄を熔解し、それに適当量の加炭を行なう。つぎに雰囲気酸素 8% に調節したのち、試料を 15 分毎に採取し、約 3 h の熔解を行なつた。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より炭素の分析を行ない、それをもとにして全炭素量の減少を時間に対してあらわした。その結果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前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。この測定結果より見掛けの脱炭速度を計算すると 1550°C の場合は 0.0594 g/mn であるのに対し、1600°C では 0.0700 g/mn、1650°C では 0.0800 g/mn である。

この見掛けの脱炭速度から真の脱炭速度を計算するには前報において述べたごとく、坩堝壁 (MgO) と熔鋼中の炭素の反応による脱炭速度を差引かなければならない。

測定結果によるとアルゴン 100%の気相の下における各温度の平均脱炭速度は温度にかかわらず 0.0274 g/mn である。したがって各温度における真の脱炭速度を計算するには見掛けの脱炭速度から熔鋼中炭素の坩堝壁 (MgO) との反応による脱炭速度の平均値 0.0274 g/mn を差引いた。

この真の脱炭速度の対数と $1/T$ の関係を示すと Fig. 1 のように直線的関係を示し、これから脱炭反応の見掛けの活性化エネルギーを計算すると 34.6 kcal/mol ($1550 \sim 1600^\circ\text{C}$) となる。

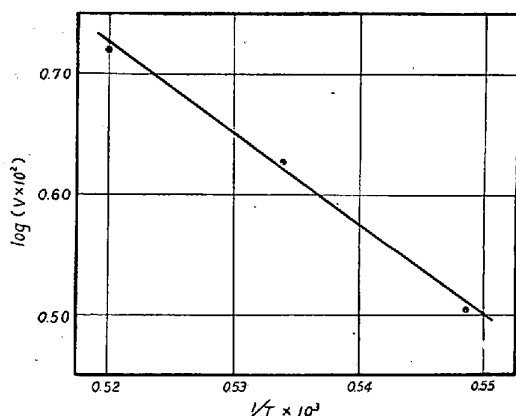


Fig. 1. Log V vs. $1/T$ in a high-frequency induction furnace. Argon 92% oxygen 8% apparent activation energy 34.6 kcal .

III. 脱炭速度におよぼす熔鋼深さの影響

実験の方法は前と全く同様であるが、熔鋼の重量を変えて実験を行ない脱炭速度を測定した。すなわち内径 60 mm 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) 熔解し、適当量の加炭を行なった後、気相酸素 8% の際の脱炭速度を 1600°C の一定熔鋼温度の下で測定した。その結果は Fig. 2 に示すごとく、全炭素量の減少をあらはす直線の傾斜は熔解重量、したがって熔鋼の深さに無関係に一定である。これらの直線の傾斜から見掛けの脱炭速度ならびに真の脱炭速度を計算した。真の脱炭速度の二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雰囲気酸素量を 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

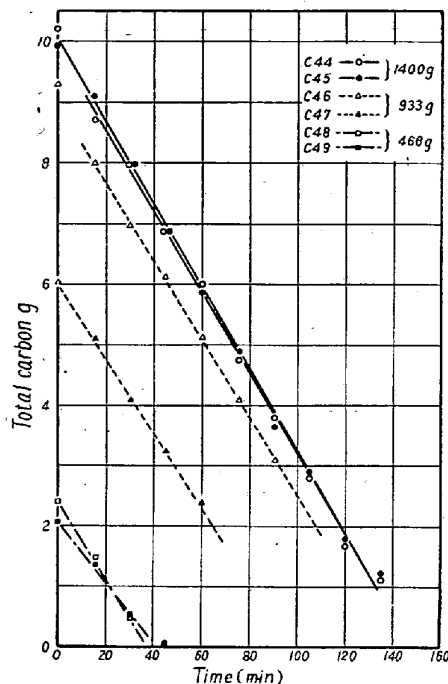


Fig. 2. Effect of metal depth to the apparent rate of carbon oxidation in a high-frequency induction furnace. Argon 92%, oxygen 8%.

1600°C の熔鋼温度で測定した。その結果真の脱炭速度の平均値は気相酸素 8% の場合と異なり、熔鋼の深さに逆比例してわずかではあるが増加している。

本実験においてはつぎのごとく考える。

(1) 気相の酸素量が増加しても前報に示すごとく、熔鋼中の酸素量は一定であるから、熔鋼中炭素と坩堝壁との反応による脱炭量は一定である。

(2) 熔鋼は高周波により攪拌されているが、常に 1 気圧 + 静圧の圧力を受けているから熔鋼相内では CO 気泡は発生しない。したがって熔鋼相内に拡散した酸素は主として坩堝壁に到り、そこで熔鋼中から拡散してきた炭素と反応して脱炭反応が進行する。

このような考えのもとに、熔鋼と気相の接触面の単位面積からの脱炭量を $x \text{ g/mn}$ 、気相酸素が熔鋼相内部に拡散したのち、坩堝壁にいたりおこる脱炭反応の坩堝壁の単位面積当りの脱炭量を $y \text{ g/mn}$ とする。そして測定結果から連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 1 の通りになる。

すなわち気相酸素が増加しても、気相と熔鋼の接触面における脱炭反応量を増加せず、坩堝壁における脱炭反応量が増加する。したがって気相酸素が増加して接触面で反応し得ない酸素は熔鋼相中に入り、拡散して坩堝壁に達し、そこで熔鋼中の炭素と反応する。

Table 1.

Atmosphere O ₂ %	Rate of decar- bonization from unite area of free surface x g/mn	Rate of decar- bonization from unite area of crucible wall y g/mn	x : y
8	0.001376	0.000029	47 : 1
16	0.001379	0.000118	11 : 1

IV. 脱炭速度におよぼす気相との接触面積の影響

熔解重量ならびに熔鋼と坩堝との接触面積を同一にして、気相と熔鋼の接触面積を考えるために熔鋼の上に坩堝材と同じ純マグネシア製のリングを絶えず接触しながら熔解を行ない脱炭速度を測定した。

リングの内径は 40 mm φ, 30 mm φ, 20 mm φ の三種類であり、内径を変えることにより気相と熔鋼の接触面積を変えた。

気相の酸素含有量は 8%, 16% の両方につき実験を行い熔解重量は 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。

得られた測定結果から計算した真の脱炭速度と気相と熔鋼の接触面積の関係は Fig. 3 に示すごとく、正確には直線関係は得られないが、近似的に脱炭速度は接触面積に比例する。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と首肯できる。

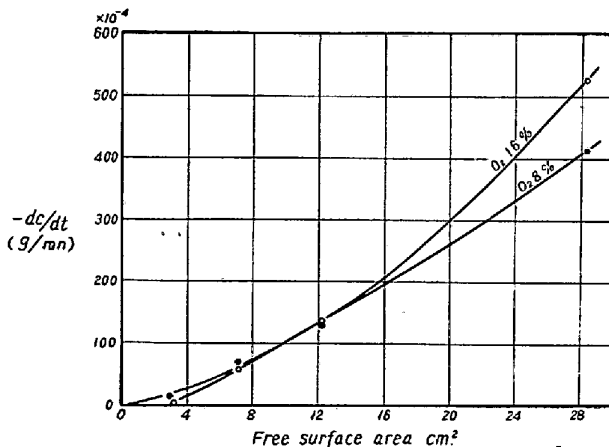


Fig. 3. $-dc/dt$ vs. free surface area in a high-frequency induction furnace. 1600°C.

V. 脱炭速度におよぼす廻転の影響

本高周波炉は前報において述べたごとく、熔解中に廻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% の下に熔解して、温度 1600°C の下に廻転し、脱炭速度におよぼす廻転の影響をしらべた。

廻転は 170 廻転と 340 廻転にわけたが、廻転をあたえ

ると熔鋼の表面は paraboloid of revolution を形成する。

廻転をあたえる時に形成される paraboloid of revolution の表面積を計算し、真の脱炭速度と表面積の関係を求めると Fig. 4 の通りに直線関係が得られる。図中実線は廻転の際の表面積と脱炭速度の関係をあらわし、破線は前述の実験結果であり静止の際の表面積と脱炭速度の関係をあらわす。両直線が一直線にならないのは、廻転の際は遠心力による脱炭反応を抑制する力が働くものと考えられる。

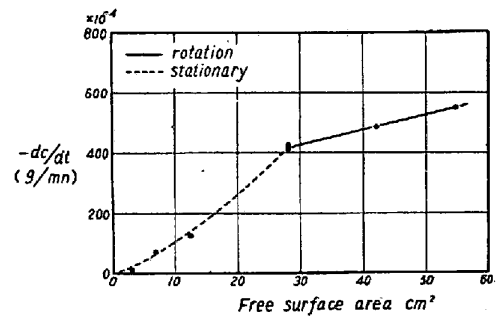


Fig. 4. $-dc/dt$ vs. free surface area by rotation in a high-frequency induction furnace. 1600°C argon 92% oxygen 8%.

VI. 結 言

雰囲気調節することのできる高周波炉を用いて、脱炭速度におよぼす温度、熔鋼深さ、気相との接触面積、廻転の影響を検討した結果つぎのことが判明した。

1) 脱炭速度と温度は直線関係有し、温度が上昇すると脱炭速度は大きくなる。

2) 脱炭速度と温度の関係から計算した見掛けの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、坩堝壁と熔鋼中炭素との反応による脱炭量を差引いていないために小さいことが判明した。

3) 気相酸素が 8% から 16% に増加しても、気相と熔鋼の接触面でおこる脱炭反応量は増加しないが、酸素が熔鋼中に拡散し坩堝壁に達しておこる脱炭反応量が増加する。そして気相酸素 16% の場合は熔鋼の深さが小さくなると脱炭速度は僅かであるが増大する。これは熔鋼の静圧が坩堝壁でおこる脱炭反応に影響をおよぼすためと考えられる。

4) 脱炭速度と気相と熔鋼の接触面積はほぼ直線関係を示す。この事実は大部分の脱炭反応が熔鋼表面でおこると考えることにより首肯できる。

5) 廻転をあたえた場合の脱炭速度は paraboloid of

revolution の表面積と直線関係にある。しかし廻転の場合の脱炭速度は遠心力により CO 気泡の発生がおさえられ、静止の場合のその表面積に相当する脱炭速度より小さい。

文 献

- 1) 昭和 34 年 4 月本会講演大会にて発表

(34) 鋼浴酸素への水添加によるダストの減少について

(酸素製鋼におけるダストの除去— I)

富士製鉄, 広畑製鉄所 工 渡 辺 省 三

〃 欧洲連絡事務所 工 土 肥 正 治

〃 広畑製鉄所 工 小 沢 幸 正

On Decrease of Dust by Addition of Water to Steel Bath Oxygen.

(Removal of dust in oxygen steelmaking — I)

Shozo Watanabe, Sōji Dohi, Yukimasa Ozawa.

I. 緒 言

広畑製鉄所においては、現在 $4,500 \text{ m}^3/\text{h}$ 酸素発生装置によつて $27 \text{ m}^3/\text{t}$ 程度の酸素製鋼を実施し、製鋼能率の向上、燃料原単位の低下などにいちじるしい効果をあげている。しかし、酸素製鋼の強化とともにダスト発生量も激増しているが、かかる多量のダスト発生は天井や前裏壁の塩基性煉瓦のバースチングを促進してその寿命を短縮させ、あるいは蓄熱室の格子積を閉塞したり、煙道に推積して製鋼能率を低下させ、さらに鉄分損失を増大するなど作業上種々の好ましからざる結果を生ずる他に、付近の市街地に対する影響もあり、そこで、除塵設備としてベンチュリースクラバーの設置計画を進めるとともに、鋼浴酸素に水を添加することによつて熔鋼と酸素の反応界域の温度上昇を防ぎダスト発生を減少させる方法を種々研究してみた。その結果、鋼浴酸素水添加はダスト減少にかなりの効果はあるが、除塵機の完全代用とはなし難いようであり、また冷却効果によるランスパイプ消耗率の減少、あるいは少量の水添加では鋼浴の攪拌、沸騰が盛になり製鋼能率が増加するから酸素の代用とすることの可能性が考えられる。

II. 作業方法の概要

当所の平炉は傾注式全塩基性天井 7 基で実装入 215 t 、燃料は C ガス、重油の混焼方式あつて、通常作業として鋼浴酸素は受鉄直後から熔落までの溶解期ライムボイル

をランスパイプ 4 本で 1 本当り酸素流量 $400 \text{ m}^3/\text{h}$ 約 $1^\circ 30'$ の吹込を実施し、つぎに熔落より精錬前期の 1 次ベッセマーを熔製鋼種によりランスパイプ 1~3 本で 1 本当り $400 \text{ m}^3/\text{h}$ 約 $25'$ の吹込を行ない、引続いて精錬後期の 2 次ベッセマーをランスパイプ 2 本で 1 本当り $600 \text{ m}^3/\text{h}$ の鋼浴吹込を出鋼前まで約 $15'$ 実施しており、平均製鋼時間は $6^\circ 20'$ 位である。なおランスパイプは内径 $3/4"$ 、内外面などもカロライズならびにセラミックコーティングを施してある。また現在鋼浴酸素への水添加は作業床下の $14 \text{ kg}/\text{cm}^2$ ポンプから各炉までの給水管を通り、炉前で酸素に添加されてゴムホースおよびランスパイプを経て鋼浴中に吹込まれるようにしてある。

III. 作業結果の概要

(1) 予 備 実 験

鋼浴酸素吹込によりダストが発生するのは、熔鋼と酸素の反応界域の温度が $2,000 \sim 2,400^\circ$ もの高温に達し、熔鋼の沸騰、攪拌、蒸発等が激しくなるためであるから、酸素に水を添加して反応界域の温度を下げればダスト発生を減少させることができるものと考えられるので、まず 50 kg 高周波炉で予備実験を行なつた。その結果最も懸念された熔鋼中に水を吹込むことによる危険性はほとんどなく、ダスト発生が減少する傾向のあることが認められた。そこで実際平炉について鋼浴酸素に水を添加することとし、昨年 4 月より一部平炉において主としてダスト発生のもっと多いライムボイル期の水添加試験を継続している。

(2) ダスト発生状況におよぼす各種要因の影響

① 水添加量: 少量の水添加ではダストは減少せずにかえつて増加するが、その理由としてはつぎのごとき要因が水添加による冷却効果に打ち克つて作用するためと考えられる。すなわち (A) 一定量の酸素の他にさらに水が添加されるからランスパイプを通過する流速が増大し、鋼浴の攪拌、沸騰が激しくなる。(B) 水が水蒸気となつて発生ガス容積が増大し、鋼浴の沸騰を盛にする。(C) 水の分解により酸素源が増加する。したがつてこの場合は鋼浴の温度上昇が容易となり、製鋼能率も増加するから、水添加を以て酸素不足の場合の代用とすることの可能性も考えられる。

また逆に冷却効果が強すぎる場合は鋼浴沸騰が減少してダスト発生はいちじるしく少なくなるが、同時に鋼滓が凝固して製鋼時間が延長する。製鋼能率に影響をおよぼすことなくダストを効果的に減少させるための水添加量は水、酸素重量比 $1 \cdot 0$ 付近が最も適当であり、ライムボイル期でもダスト発生は出鋼前の 2 次ベッセマー期程