

抗は少ない方がよい。また比抵抗が $90 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$ 以下になれば嵩比重の大きい方が消耗量は少ないと考えられる。

IV. 総 括

1) 弧光式電気炉の電極消耗のメーカー別、あるいは品種別の比較試験を行なうときに、とくにその製造鋼種が特殊鋼であるような場合には、製造鋼種が変わるごとに作業条件も異なるので、電極に与える影響もかわってくる。これらの条件をすべて同一にして試験を行なうことは無理で、現場工程を乱さないで、しかも他の要因を完全に分離して試験するには、今回採用したような実験計画がもつとも妥当と考えられる。

2) この方法により、当工場の電気炉で試験した結果は

イ) 従来納入されていた 3 社の製品の消耗には差があり 1 社の製品がほかの 2 社の製品に比し消耗量は少ない。

ロ) 消耗量の大きいメーカーの製品でも嵩比重のみを大きくした場合には影響なかったが、比抵抗を小さくして嵩比重を大きくした場合の消耗は少なく、消耗の少ないメーカーとの差はなくなった。この場合の比抵抗は $< 90 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$ 、嵩比重は > 1.58 が望ましい。

ハ) 炉内においては操業口の消耗がもつとも大きく、出鋼口の消耗はもつとも少ない。

ニ) 電力原単位と電極消耗量とは正相関があり、電力 25 kWh/t 増すと電極は 0.5 kg/t 多く消耗する。

以上の結果はもちろんすべての電法炉に適用するものではなく、炉容量、作業条件などにより異なる結論は出ると思われるが、試験の方法と、その方法により試験した結果の 1 例として報告する。

(70) 電気弧光炉炉床の温度管理

住友金属工業鋼管製造所

谷口 千之・仲谷 正二

江藤 重任・○竹田 進

Temperature Control of Arc-Furnace Hearth Dimensions by Thermo Couple.

Chiyuki Taniguchi, Shoji Nakaya,
Shigeto Eto and Susumu Takeda.

I. 緒 言

電気弧光炉炉体保全の問題として、電気炉炉体の修理後乾燥状況について従来検討を加えてきた所であるが、

測温方法の点で充分でなかった。しかし炉床の損傷状況の常時監視を行なうことは日常必須の条件であり、その実施を可能ならしめるようないろいろ努力してきたのであるが、昨年特殊熱電対パイロテナックスの入手により日常管理の目安が立つた。まず 6 t 容量の電気炉に設置し基礎研究を行ない、本年 4 月 50 t 電気炉の設置とともに日常測定を行ない充分な管理が可能となつたので、ここに報告する。

II. 6 t 容量電気炉における予備実験

従来乾燥時に行なつた測定は Fig. 1 の E として示した位置でかなり炉床外表面に近く炉床内の温度分布を充分に示しているとは考えられず、測定用熱電対もアルメルクロメルで外径 3.2ϕ のものを使用したため熱的応答も充分でなく、炉床の保全から考えても 26ϕ の保護管では、設置近くの損傷がある場合危険であつた。

昨年、特殊熱電対パイロテナックス（外径 6.7ϕ ニッケルクローム鋼保護管、 1.6ϕ アルメルクローム熱電対、絶縁材マグネシヤ）の入手を得て炉床スタンプ材

内部に熱電対の損傷をうけることなく設置でき得るので Fig. 1 に示したように、三電極の下および炉の中心に埋設し炉床内の熱的挙動の監視を行なつた。

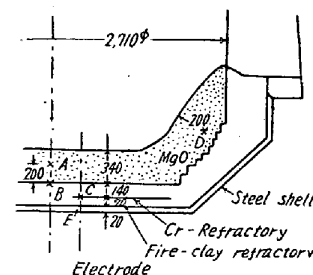


Fig. 1. Relative locations thermocouples on the bottom.

1. 測定結果とその検討

A. 炉床内深さ方向の温度分布より、マグネシヤスタンプの熱伝導率の算出

炉床内の温度分布から熱伝導率を算定する場合温度が定常状態でないと

計算がきわめて複雑になるので、コークス乾燥時の末期に得た結果を用いた。炉床内温度

分布は Fig. 2 のようであり、各部

の熱放散の等価式を示すと、

$$\frac{\alpha}{0.200} (965 - 750) = \frac{1.51}{0.140} (750 - 400) \dots (1)$$

となる。したがって α (スタンプ材熱伝導率) は $3.51 \text{ kcal/m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ と算出し得た。

B. マグネシヤスタンプ内の温度による炉床損傷状況

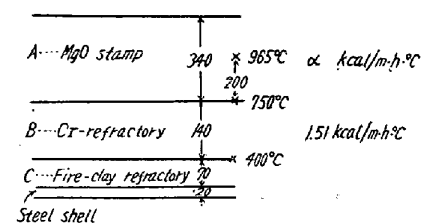


Fig. 2. Temperature distribution in bottom of the arc furnace.

の推定

炉床内部の温度は、炉内の温度変動(冷材—熔鋼)、炉床損傷による厚さの変化などによつて常に変動しているが、炉床内の温度伝導率がきわめて小さいので、熔鋼との接触面から適当な距離を有する位置を測定することによつて、近似的に損傷を知ることができる。今、つぎの仮定をおい損傷を知るための簡便法を示すと、

- a, 炉床内の温度勾配は、つぎの各部ごとに直線的に変化する。A: マグネシヤスタンプの表面 約 90 mm (各出鋼ごとに生ずる急激な温度変化の部分)
B: マグネシヤスタンプの温度の安定な部分
C: クローム煉瓦部分
D: 耐火並煉瓦部分
E: 鉄板枠部分

b, 炉内にある鋼浴温度は周期的に変化するがB以下ではその影響を受けないものとする。

c, 炉床外面の温度は変らない。

このようにして Fig. 2 から計算すると炉床の表面での急激な温度変化は 580°C となる。したがつてスタンプ材の損傷深さを x として各部の熱放散の等価より、損傷深さの推定式が得られる。

$$\frac{\alpha}{A-a-x}(T_H - T_D - t) = k(t - T_C) \dots\dots\dots (2)$$

T_H : 鋼浴温度

T_C : 炉床外面温度

T_D : 急激な温度変化をうける部分での温度降下

t : スタンプ材とクローム煉瓦との境の温度

k : スタンプ材以外の貫流熱抵抗

α : スタンプ材の熱伝導率

A : スタンプ材の最初の厚さ

a : 急激な温度変化を受けるスタンプ材の厚さ

したがつて各数値を入れて x と t との関係を示すと Fig. 3 のようになる。

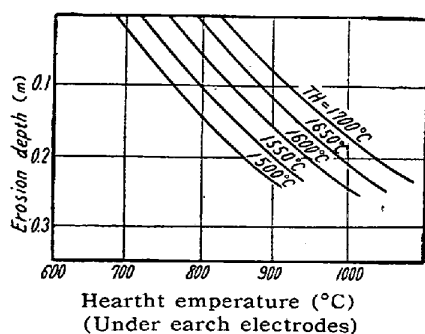


Fig. 3. Relations of hearth temperature VS. erosion depth.

しかし、実際問題としては炉内の温度変化は操作中に一つの正弦波的な温度推移をすると仮定できる。したがつて炉床材のような小さな熱伝導の場合には Ångström の方法 (周期的加熱法) による熱伝導率の測定式を逆算して熱源からの距離の差を有する位置の温度変動量の比で浸食深さを推定することができる。すなわち

$$\log \frac{M}{N} = \sqrt{\frac{\pi}{k \cdot \tau}} (d) \dots\dots\dots (3)$$

M : 炉内の温度変動量 (°C)

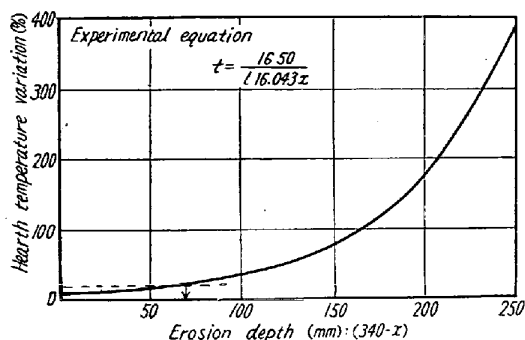
N : 測温位置での温度変動量 (°C)

K : 温度伝導率 (m^2/h)

τ : 周期

d : 測定位置の深さ (m)

ここで各値を入れて、 N と d との関係を示すと Fig. 4 となる。



図中 $1/16.043x$ は $e^{16.043x}$ の誤り

Fig. 4. Determination of erosion depth by Ångström method.

このようにしてわれわれは小容量の電気炉で充分にその目的をはたすことができたので、50 t 容量の電気炉には日常管理として炉床温度の測定を計画した。

III. 50 t 容量電気炉における炉床温度管理

昭和 34 年 4 月以来稼働に入つた当所 50 t 電気炉は前記の点から炉床内 6 カ所にパイロテナックスを設置し日常測定を行なつた。

すなわち 3 電極のそれぞれの下およびとくに損傷の大きい、主口側、補助口側、出鋼口側の土手下でスタンプ材とクローム煉瓦との境界面に設置し、炉床損傷のはじまる温度すなわち 1000°C を炉床修理時期とし、監視警報用の設定温度を 1100°C にとつた。

操業開始以来管理としての目的も充分行ない得て、電極下で 850°C ~ 1000°C, 脚下で 700°C 前後となつてゐる。

IV. 総 括

以上小容量の電気炉で炉床内温度の測定を可能ならしめ、日常測定の確信を得たので 50 t の大容量の電気炉の炉床保全の点から 6 カ所に設置、損傷状況を把握す

ることに成功した。

また保全対策としては、損傷状況による警報設定を 1100°C とすることも決定し得た。

(71) 真空熔解中の鋼におよぼす坩堝材の影響

大阪大学工学部

工博足立 彰・〇水川 清・松宮淳平

Effect of Crucible on the Steel during Vacuum-Melting.

Dr. Akira Adachi, Kiyoshi Mizukawa
and Junpei Matumiya.

I. 緒 言

最近真空熔解の技術が発達し、電磁材料、不銹鋼、耐熱金などに応用されているが、鉄鋼の真空熔解精錬の基礎については、なお研究を要する問題が多く残されている。

真空熔解における脱ガス反応は重要で、とくに脱酸については、酸素は熔湯の炭素と反応して CO となつて除去されるので減少して行くが、熔解に使用する耐火物が酸化物であるため、熔湯との反応や解離によつてふたたび酸素の増加する傾向がある。いずれにしても真空熔解においては、坩堝材の熔湯におよぼす影響を無視することはできない。そこでいろいろの坩堝を用いて軟鋼を真空熔解した結果について考察した。

II. 実験方法

Table 1 に記した組成の軟鋼 50 g を半熔融アルミナ坩堝、純マグネシア坩堝およびジルコニア坩堝を用い、高周波炉により 1550° と 1650°C で熔解して 5~120mn 保持した結果について考察した。なお熔け落ち後の炉内圧は約 10^{-3} mmHg 程度であつた。

Table 1. Chemical composition of the material melted. (%)

C	Si	Mn	P	S
0.04	0.18	0.23	0.005	0.007
Cu	Al	O	N	H
0.16	0.52	0.0040	0.0065	0.00006

III. 実験結果および考察

真空熔解にともなう酸素、炭素、アルミニウムおよび珪素含有量の変化を示すと Fig. 1 のようになる。

i) 付随元素量の変化

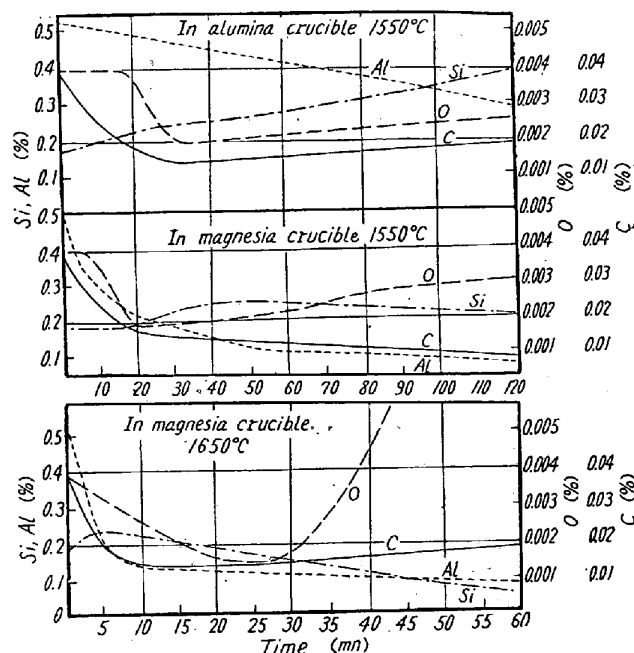


Fig. 1. The change of chemical composition during vacuum-melting.

酸素は最初減少しないが、その後急に 0.002% 以下に減少し、以後ふたたび増加する。

炭素量は酸素量の約 10 倍で、マグネシア坩堝 2 h のときのみ 0.006% に減少しているが、その他の場合は 0.01~0.02% の間で一定している。

Al はいずれの場合も保持時間とともに減少しているが、アルミナ坩堝の場合の方がその減少割合は小さい。

Si はアルミナ坩堝では 2 h まで一様に増加している。マグネシア坩堝では 1550°C 1 h までは増加し以後は減少しているが、1650°C では最初は増加し、5 mn 以後では一様に減少している。

Al および Si の蒸発除去の可能性をその蒸気圧、熔鉄中における活量係数の値および熔解による熔鉄の蒸発減少量より計算してみると、Al は 0.52% から 1550°C 2 h で 0.5%, 1650°C 1 h で 0.497% に減少するのみである。Si は SiO ガスとして除去されるのを考えない場合は 0.18% から 1550°C 2 h で 0.25%, 1650°C 1 h で 0.27% と増加することになる。したがってこれらの元素の減少は坩堝材との反応によつたものと考えられる。

ii) 坩堝材と熔湯の反応

a) アルミナ坩堝

Al_2O_3 の解離の平衡恒数は FISCHER²⁾ によると

$$K_{1600^\circ C} = [\%Al]^2 [\%O]^3 = 1 \times 10^{-12} \dots \dots (1)$$

また FAST³⁾ はこれに対して 1×10^{-13} を与えている。1550°C においてもこれと大差ないとみて、0.004% 酸素に平衡する $[\%Al]$ を計算すると $[\%Al] = 0.004\%$,