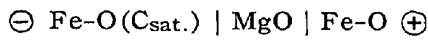


Fig. 3. Relation between oxygen content and e.m.f. at about 1580~1600°C.

は略す。起電力 (mV) と熔鉄酸素量の関係を Fig. 3 に示す。図中●, ○印はそれぞれ MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ルツボを隔壁としたもので, △印は純 Ni, Ni-Fe 合金を MgO ルツボで熔解した結果である。構成電池の起電力はつぎのごとく表わされる。



$$E = -RT/2F \ln p_{\text{O}_2}/P_{\text{O}_2} \dots\dots\dots (1)$$

$p_{\text{O}_2}$ ,  $P_{\text{O}_2}$  はそれぞれ熔鉄, 炭素飽和鉄中の酸素ポテンシャル, いま熔鉄中の酸素濃度を  $\underline{O}\%$  とし,  $1/2\text{O}_2(\text{g}) = \underline{O}$  式と組合せると,

$$E = -1.98 \times 10^{-4} T \log \underline{O}\% / \underline{O}'\% \dots\dots\dots (2)$$

$T = 1,873^\circ\text{K}$ ,  $\underline{O}'\% = 0.001, 0.002, 0.003$  として (2) 式よりもとめたものが Fig. 3 A, B, C 直線である。種々の原因によりばらつきはあるが,  $T$  曲線のごとき関係が認められる。(2) 式を用いて大中氏の結果を計算すれば標準側の  $\underline{O}\% = 0.008$  となり O 直線で示し, 実験結果をも併記した。

種々改良すべき点も認められるが, 本格的実験への足掛りとして有用な資料を与えるものと思う。

つぎに標準酸素極として炭素飽和鉄を用いたがこの真の平衡維持の点で操作上の不便がありこれに対する対策について述べる。先きのべたように D 方法による電池

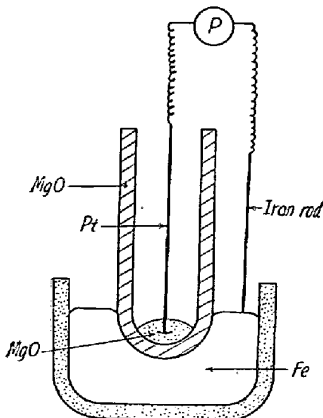
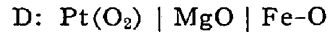


Fig. 4. Cell design.



を構成し Fig. 4 に示すような方法で実験を行つた, これは満足すべきものと思われるが, 実験回数も少く, 今後の問題であり, 検討する価値があるものと思う。

#### IV. 結 言

電気化学的方法により熔鉄酸素量の直接測定に関する 2, 3 の試みをした。予備的実験の域を出ないが, これまでの資料より熔鉄酸素量の直接測定は可能であることを確認した。

### (52) 真空熔解における鋼の化学成分ならびにガス成分の調節法について

#### Control of Chemical Elements and Gases in Steel in the Vacuum Melting Process

T. Tanoue.

住友金属工業鋼管製造所 工 田 上 豊 助

#### I. 緒 言

最近, 真空熔解による純鉄, 不銹鋼, 耐熱鋼などの熔製ならびに真空熔解により熔製した材料の性質に関する研究が多数発表されており, 製品の製造面においてもまた鋼中のガス, 非金属介在物その他微量元素に関する研究面においても真空熔解炉の利用が拡まつている。

当所においても原子炉用鋼材の製造に関する基礎的研究の目的で, 熔解量 5 kg の真空熔解鑄造装置を設置したが, 真空熔解においても化学成分の調整, 脱ガス, ガス成分の添加などについて高度の技術を必要とすることが認められたので, まずこれらの点について熔解上の基礎的実験を行つた。

#### II. 装 置

装置の構造図を Fig. 1 に示す。石英管内の熔解室の上部に鑄造室があり, 外部の巻上ハンドルにより坩堝を押し上げて 1 個または 3 個の鑄型に鑄造する。鑄造室の上部に 5 室に分れた試料添加装置が附属している。排気系は 1250 l/s の油拡散ポンプ, 160 l/s の油噴射ポンプ, 1720 l/mn の油回転ポンプよりなつており,  $1 \times 10^{-5}$  mmHg 以下まで排気することができる。真空度はフィリップス・ゲージおよびガイスラー管で測定する。ガス雰囲気中で熔解する場合には熔解室の下部と鑄造室の側方にあるガス導入口と排出口を使用する。圧力は水銀圧力計で測定する。加熱装置は 35KVA, 約 110K C

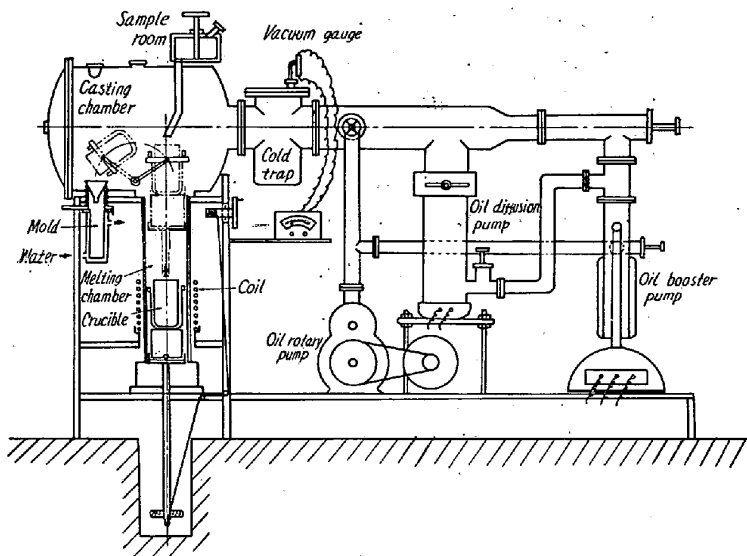


Fig. 1. Vacuum melting apparatus.

の真空管式高周波発振機が附属しており、サイクロンの格子電圧を手動で変化させることにより出力制御を行う。また PbS 放射高温計を有する自動温度調整装置が附属しており、 $\pm 5^{\circ}\text{C}$  の温度範囲で指定の温度に自動的に保つことができる。

真空熔解の際、炉内圧力は原料の熔解開始までは  $10^{-5}$  mmHg を保つが、熔解開始後、原料のガス放出により圧力が上昇して  $10^{-3}\sim 10^{-2}$  mmHg に達する。熔解完了後  $10\sim 20$  mm 経過すればふたたび  $15^{-5}$  mmHg の圧力に下つてくる。

### III. 熔解中における成分変化

真空熔解により目標成分の鋼塊を熔製するためには、熔解中に起る成分元素の含有量の変化を知る必要があると考えられたので、50 kg 高周波電気炉で熔製した 18-8 不銹鋼を真空熔解炉により  $\text{Al}_2\text{O}_3$  坩堝 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  99.9%)

中で再熔解し、熔解後、10, 30, 60, 90, 120, 150, 180mn,  $1600^{\circ}\text{C}$  に保持して鑄造した7個の鋼塊について成分元素を定量し、その変化を調査した。結果を Table 1 に示す。成分元素の中、Mn と Cu の減少が最もいちじるしい。これらは蒸気圧が高いので蒸発により減少する。C の減少もかなりいちじるしい。これは原料の  $\text{O}_2$  や坩堝材との反応によるものと考えられる。大気圧中の熔解で除去し難い Cu が容易に減少することは真空熔解の特性として注目すべき現象であろう。Cr も徐々に減少してくる。Si, P, S はほとんど変化しない。Ni は他成分の減少のため濃度が逆に大となつてくる。18-8, 18-8-Cb, 18-8-Ti の多数の熔解について成分元素の変化率を調べた結果を Table 2 に示す。この成分変化は熔解後の

保持時間が長いほど、熔解温度、真空度が大きくなるほど増加する。また鋼浴の形状によつても異なり、鋼浴上面の面積が大となるほど増加する傾向が見られる。真空熔解においてはこれらの成分変化を考慮して原料の配合を行わなければならない。Mn, Cu, C など変化し易い成分の調節は材質、形状の一定した材料を使用し、鑄込前一定の時期に行うことが必要である。電解マンガンを使用した場合には添加した際、鋼浴の湯面で跳ねて飛散し歩留の変動が大きい。塊状のフェロマンガンを使用する方が歩留は安定する。炉中にアルゴンを導入し、圧力を高めた後添加すれば歩留は安定する。充分洗滌したアルゴンを使用しないと  $\text{O}_2$  含有量が増加することがある。

### IV. ガス成分の調整

$\text{H}_2$  含有量は熔解したのみで 0.0001% 以下まで容易に減少し、特別な脱ガス操作を必要としない。

Table 1. Change of chemical composition of 18-8 stainless steel in the vacuum melting process.

Element \ Time mn	Raw material	10	30	60	90	120	150	180
C	0.05	0.012	0.010	0.008	0.008	0.008	0.007	0.007
Si	0.53	0.46	0.45	0.44	0.45	0.45	0.46	0.46
Mn	1.47	0.01	tr	tr	tr	tr	tr	tr
P	0.009	0.008	0.008	0.009	0.008	0.009	0.009	0.009
S	0.010	0.011	0.011	0.012	0.011	0.012	0.012	0.012
Cu	0.11	0.02	tr	tr	tr	tr	tr	tr
Cr	18.23	17.83	17.54	17.20	17.01	16.90	16.14	15.68
Ni	10.12	10.14	10.22	10.39	10.52	10.71	10.94	11.17

Table 2. Yields of chemical elements in stainless Steels.

Element	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	Ti	Cb
Yields %	<20	87~106	<1	72~106	92~106	<20	80~97	101~114	76~103	98~109

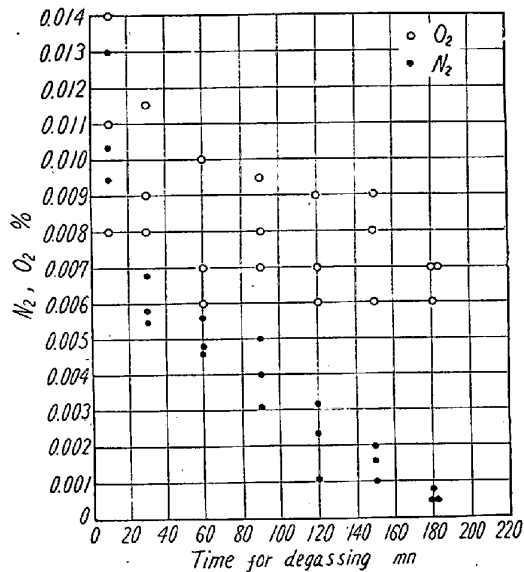


Fig. 2. Change of gases in 18-8 stainless steel during degassing.

N<sub>2</sub> は単に熔解したのみでは充分には低下しない。熔解後、高温で長時間保持すれば漸次減少してゆく。18-8 不銹鋼について脱ガスのための保持時間と N<sub>2</sub> および O<sub>2</sub> 含有量との関係を調べた結果を Fig. 2 に示す。1600°C で 3h 保持すれば N<sub>2</sub> 約 0.020% の材料を再熔解した場合でも 0.001% 以下まで N<sub>2</sub> を低下せしめることができる。C を添加し boil せしめる方法を試験したが効果は見られなかつた。N<sub>2</sub> 含有量の低い範囲で N<sub>2</sub> 含有量を種々変化せしめた試料が必要な場合には、保持時間を調節することによつて目的の N<sub>2</sub> 含有量の試料を得ることができる。

N<sub>2</sub> 含有量 0.01~0.03% の試料を熔製する場合には、炉中に N<sub>2</sub> ガスを導入し、その分圧を変えることによつて N<sub>2</sub> 含有量を調節することができる。N<sub>2</sub> 含有量の高い試料を熔製する場合には窒化マンガン、窒化クロムなどの窒化物を添加することが必要である。真空中で添加した場合は鋼浴湯面で分解するため歩留が不安定である。アルゴンまたは N<sub>2</sub> を導入して圧力を高めた後添加すれば歩留は安定する。

O<sub>2</sub> も真空中で熔解したのみでは充分には低下しない。30mn 保持することにより、原料の 1/2 程度まで減少するが、それ以上保持しても最早ほとんど減少しない。H<sub>2</sub> ガス約 200mmHg を導入して還元する方法を試験したが効果はほとんどみられなかつた。黒鉛または銑鉄を添加して脱酸する方法により原料の 1/4 程度まで減少せしめることができる。C と Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を添加して boiling により除去する方法を試験したが、C のみを添加した場合と大差ない結果であつた。O<sub>2</sub> の高い試料を熔製する

場合には真空またはアルゴン中で熔解し、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を添加する方法がよい。O<sub>2</sub> を炉中に導入する方法は炉の内壁が酸化するので、後の熔解の際の真空度の低下に支障を来す。

## V. 結 言

真空中の熔解においては大気中の熔解の場合とは異つた成分変化が見られる。Mn, Cu, C の減少が最もいちじるしい。これらの成分を調節する場合にはアルゴンなどのガスを炉中に導入し、圧力を高めた後添加すれば安定した歩留が得られる。

H<sub>2</sub> は単に熔解したのみで充分な低下が得られるが、O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> は充分には低下しない。N<sub>2</sub> は熔解後長時間保持することによつて充分減少せしめることができる。N<sub>2</sub> 含有量の調節は熔解後の保持時間の調節、炉内の N<sub>2</sub> 分圧の調節、窒化物の添加により広範囲に行うことができる。O<sub>2</sub> 含有量の減少には C を添加するなど、化学的方法が必要である。O<sub>2</sub> 含有量の高い試料の熔製は Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の添加によつて行うことができる。

## (53) 真空鑄造鋼と普通鋼との比較

(鋼の真空鑄造について—II)

### Comparison of Vacuum Casting Steel and Air Casting Steel

(On the vacuum casting of steel—II)

T. Asakuma, et alius.

関東特殊製鋼

工 鈴木登能弥・工〇朝熊 利彦

## I. 緒 言

真空鑄造法はわが国においてもようやく脚光を浴びるようになった。当社では夙に実験、研究を開始し生産も次第に発展している。その大きな利点はまず第一に鋼中のガスを工業的に低減し得ることに指を屈する。脱ガスを行うことによつて非金属介在物、偏析、組織などにも影響をおよぼし均質なものとなり特に超音波試験に対しては絶対の鋼質が得られる。生産の面でも順調に進み全面的に同法を採用すべき確信を得たのでこれらについて前回に引続き報告する。

## II. 真空鑄造の意義

鋼中の水素および酸素は製品の品質に有害な作用をおよぼす。したがつていかなる製鋼法も鋼中のこれらのガスを最低にするよう努力している。水素についてみれば現在の製鋼法によつて得られる鋼は溶解度を相当に下回っているけれども白点発生限界以下にするとはいい切れ