

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った。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って目的の 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って 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った。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っ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> の添加によっ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って非金属介在物、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

ない。熔鋼の凝固過程における水素の溶解度には相当大きな変化があつて白点防止を保証するためには少くも $\alpha$ 鉄中の最高溶解度以下でなければならない。すなわち2.8cc/100g (0.00025%) 以下を必要とする。鋼と水素との関係について発表された研究、論文は夥しい数におよんでおりあるものは白点を防止し得ると謳い、あるものは水素を低減すると唱えているがそこにはきわめて大きな犠牲が払われあるいは実用性の乏しいものと言わねばならない。製鋼過程における温度と圧力が然らしめることは想像に難くない。鋼中の水素溶解度におよぼす圧力の影響として有名な Sieverts の法則がある。熔鋼の水素含有量が0.00050% の場合に水素を析出せしめるには温度を1500°C とすれば Fig. 1 より圧力は約 50

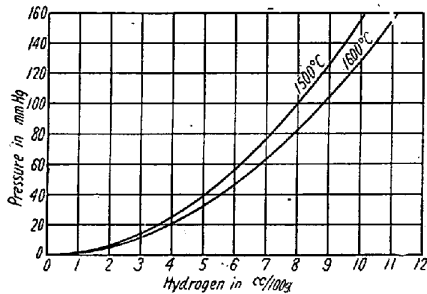


Fig. 1. Relation between solubility of hydrogen and pressure at 1500 and 1600°C (according to  $\log V = \log \sqrt{P_{H_2}} - 1745/T + 0.888$ )

mmHg 以下となつていなければならない。この圧力は以上のごとき前提に対して脱水素を行うに必要な最高圧力である。そして白点生成を防止するために水素を0.00025% 以下にするには10mmHg 以下にしなければならないことが明らかであり確実に防止するにはさらに圧力を低下させる必要がある。同時に圧力低下によりCの還元能力が高められ酸素が除かれる。76mmHg の場合は [O] が 1/10 となり、10mmHg において [C]-[O] 平衡は [Si]-[O] 平衡の下に位する。1mmHg においては [O] は 1/760 に減ぜられる。実際に鋳型内へ注入された熔鋼がC反応により沸騰しているのが観察される。この際窒素も除去されるはずである。真空鋳造はこれらの点を利用し真空容器内で熔鋼を処理するもので一般の製鋼法では得られない有効な脱ガス法とすることができる。

III. 真空鋳造によるガス含有量の低下

真空鋳造の最も大きな機能は水素その他のガスを低減することにある。造塊時熔鋼と空気との接触によるガスの吸収が防止される以外に真空にさらされることによつて熔鋼中のガスを積極的に除去することができる。50%

以上 60% 程度の水素が除去され真空度平均 4 mmHg において脱水素前の水素量如何にかかわらず 0.00020% となつている。真空度を 2~30 mmHg に変化させ試験したが 1600°C における

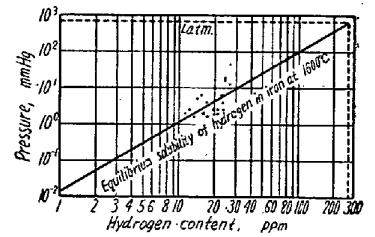


Fig. 2. Hydrogen contents after vacuum treatment.

熔鉄の水素の平衡溶解度にほぼ一致しこの短時間の真空処理は実際にもとめられる最高度のものでありきわめて効果的に脱水素の行われていることがわかる。(Fig. 2)

酸素は平均 30% 少くなり 0.0027% である。この短い鋳造過程に平衡が完全に実現されるとは思われぬが鋳造条件の脱酸におよぼす効果を認めることができる。脱酸反応の際生成される CO 気泡中へ N<sub>2</sub> が拡散し脱窒素効果も期待されるが当社の場合ほとんど除去されていない。

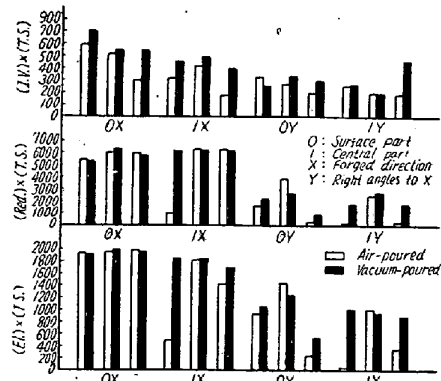


Fig. 3. Effect of heat treatment, forging and casting condition of Ni-Cr-Mo steel on ductility.

IV. 機械的性質におよぼす影響

Ni-Cr-Mo 鋼について鋼種、熔解、大きさを同じくする鋼塊からの鍛造片の中心部および表面層から縦方向ならびに横方向に機械的試験値をもとめ鋳造条件別に靱性を表わすように Fig. 3 に示した。また Fig. 4 は供試材の生れは同じであるが別個の鍛造熱処理工程を経ている。ついで Cr 鋼についても同様の試験を行つて

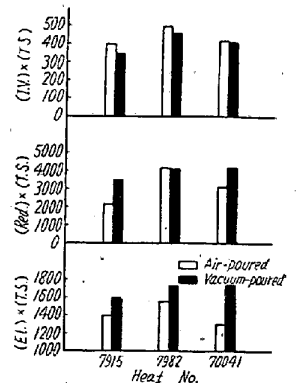


Fig. 4. Effect of heat treatment forging and casting condition of Ni-Cr-Mo steel on ductility. Same melt as in Fig. 3 but different samples and conditions.

いるがこれらからみて機械的性質に影響をおよぼすのは本質的に鍛造、熱処理過程であり真空鑄造によつていちじるしく向上せしめることは期待できないにしても普通鋼に比較して均一化されていると言えよう。

#### V. 超音波試験におよぼす影響

製造工程における欠陥の早期発見と製品の検査に超音波試験が行われている、透過性、欠陥反射などから3等

Table 1. Ultrasonic tests of the vacuum and air casting steel (Ni-Cr-Mo steel)

Grade	V. C. (Sept. to April.)	A. C. (Oct. to Jan.)	A. C. (May to sept.)
A	100%	83%	70%
B	0%	2%	6%
C	0%	15%	24%

級に分けAは同試験からみて品質を保証し得るもの、Cは不良もしくは工程進行を保留すべきものに属する。鑄込条件による相違が歴然と現われ真空鑄造は超音波試験に関してはほぼ絶対的である。

#### VI. その他の影響

押湯部の凝固面は真空鑄造では凹形となりしかも収縮引けが浅くなる。V状をなすものは望ましくないが大気中で鑄造した鋼塊には現出し勝ちであり10~20%歩留りが向上される。また鋼塊が大きくなるにしたがつて中心部の多孔性が顕著になる。ロール材製造において中心孔穿孔の際検鏡によつて認められあるいは超音波試験によつて存在が確められる。以前4t以上の鋼塊には10%以上の発生率をみたが鑄型、押湯の設計および水冷定盤使用によつていちじるしく減少せしめた。しかし完全に防止するとは断言できない。これに対して真空鑄造鋼には出現せず二次パイプを減少させ正常凝固と押湯効果を確実にするということができる。

従来は白点の生成を防止するために鍛造工程に続く焼鈍に多大の犠牲を払っていたがNi-Cr-Mo鋼につき1/2に短縮して試験したが欠陥を生じなかつた。大気中におけるものはしばしば短縮を計つたが好結果を得られなかつた。Cr鋼についても30%短縮し試験を実施している。その他鑄造条件による偏析、組織の影響を観察している。

#### V. 結 言

真空鑄造の実用化に成功し品質的に予想以上の利益が齎された。真空処理は製鋼過程に新しい分野を開拓するものと考えられる。全面的に同法を採用するため排気系に若干の増加、改造を加え真空槽の増加によつて連続数本の鋼塊を鑄込み得るよう次期計画を進めている。

## (54) 鋼の真空熔解鑄造に関する研究 On the Vacuum Melting and Casting of Steel

S. Maekawa, et alii.

日本製鋼所室蘭製作所研究部

理博○前川静弥・理 中川義隆・曾我政雄

### I. 緒 言

研究部に設置された実験用小型真空熔解鑄造装置を使用して真空および大気熔解せる鋼塊の特性を比較検討しているが、ここでは数種の炭素鋼について行つた結果の概要を報告する。

### II. 装置の概要

- 1) 名 称…外熱式真空熔解鑄造装置
- 2) 主要部
  - i) 25KW 真空管式高周波発振装置
  - ii) 真空熔解装置
  - iii) 操作台

(図および写真省略)

発振はサイクロン方式により出力を調製し零より25KWまで連続的に行うことができ、熔解量は最大5kg操作はすべて操作台によつて運転が可能で真空度は $1 \times 10^{-5}$  mmHg、材料が熔けるまで $1 \times 10^{-2}$  mmHg、熔解後は $1 \times 10^{-3}$  mmHg、所要時間はもちろん鋼種によつて異なるがおおむね3時間である。

### III. 試 験 結 果

まず真空熔解時における諸現象の基礎資料を得る目的でC量の種々異なる炭素鋼を熔製し、さらにその鋼塊と同一成分で大気熔解せる鋼種との比較の一例を述べる。

1) 真空および大気熔解せる各種成分歩留をTable 1に示す。

すなわち、低圧のためC-O平衡関係が移動し、CはOと反応するためいちじるしく低下し、その傾向は特に最初装入材料中のO量の多い場合にいちじるしい。またSiは真空熔解では減耗がないが、大気熔解では酸化して減耗がはなはだしい。Mnは蒸発し易いため真空熔解時損失が大である。

2) 各種ガスの差異

各種ガスの差異をTable 2に示す。

真空熔解せるものの $H_2$ と $O_2$ とはきわめて低値で大気熔解の場合の1/10程度以下で、また $N_2$ は大気熔解の場合の1/3程度である。

3) 非金属介在物および結晶粒度

サンド分析、顕微鏡的介在物、および結晶粒度、測定