

出されたる析出物は  $M_6C$ ,  $M_{23}C_6$ ,  $CrMoN_2$  であり、その他は存在しないか、あるいは存在しても微量のために検出されなかつた。

また、Ti を加えたる 16-25-6 合金試料 #D 5 にても同様の実験をおこないたる結果、 $M_2Ti$  の存在が非常に顕著に認められた。一方、通常の 16-25-6 合金にて現われる  $M_6C$ ,  $M_{23}C_6$  も存在していることが判つた。

### (3) 撰択腐蝕の結果

撰択腐蝕結果の実例については、講演の際に示し、ここでは全般的な傾向について述べる。撰択腐蝕によつて着色される  $M_6C$  と思われる析出物は析出の極く初期にはほとんど現われないうが、やがて粒界に認められる様になり、時効が大いに進行した後では粒内にも多量に認められる。しかし、これらの着色析出物の量は通常の腐蝕液(HCl,  $HNO_3$ , グリセリン)にて見られる組織の析出物の量より少ないが、これは  $M_6C$  以外の化合物も存在していることによるものと思われる。

### (4) 結論

かように 16-25-6 合金の析出物は  $M_6C$ ,  $M_{23}C_6$ ,  $CrMoN_2$  が主であり、また含 Ti 16-25-6 合金では、上述の化合物の他に  $M_2Ti$  が顕著に現われてくることが確認されたが、この  $M_2Ti$  は  $Cu\ k\alpha$  にても明瞭に検出される点から  $Fe_2Ti$  よりも  $N_2Ti$  であろうと想像される。

## (83) 鋼塊の凝固過程に関する研究 (I)

(大型鋼塊の固液両相境界線附近における熔鋼の化学的变化)

Study on Solidification Process of Ingots (I)  
(Variation of Chemical Properties of Molten Steel Adjacent to the Boundary between Liquid and Solid Metal in Large Ingot)

Y. Nakagawa, et alii.

日本製鋼所 室蘭製作所

製鋼部 松本 茂樹・守川平四郎

研究部 前川 静弥・○中川義隆

### I. 緒 言

鋼塊に現出する「ザク疵」「ゴースト」砂疵等種々の欠陥の軽減法に関する研究は従来多数報告されているがその大部分は熔鋼とすでに凝固完了せる鋼塊を取扱つている。最近この種の調査研究方法がかなり進歩して鑄込直前における熔鋼の諸性質や状態および鋼塊の諸欠陥に関

する実態を相当詳細明確に把握し得るようになったにもかかわらず、軽減方法に関してはまだ適切合理的な方法を確立し得ない実情である。その理由の一つとして液状の熔鋼が凝固を開始して完全に固態に達するまでの過程についての調査研究の不充分なことが挙げられる。

筆者らは鑄型内に注入せられた熔鋼が完全に凝固するまでの諸現象について種々実験をおこなつているが茲では凝固過程においてとくに固液両相附近の熔鋼の化学的变化について調査した結果を取まとめて報告する。

## II. 実験方法

### (1) 要 旨

凝固過程において特殊試料採取器を用い鑄型内熔鋼を所望の位置(固液両相境界附近および押湯上部より採取して  $H_2$ ,  $O_2$ ,  $N_2$ , 等のガス, 酸化物ならびに C, Si, Mn, P, S 等一般化学成分の変化を調査した。

### (2) 鑄型内熔鋼試料採取器および採取方法

凝固過程における熔鋼試料の採取方法には多くの難点はあるが種々試作試験の結果 Fig. 1 に示す採取器によつて容易にその目的を達し得るようになった。

なお予備試験により種々の熔鋼の組成、温度、鋼塊の大きさ等について本採取器の熔鋼内における最高保持時間(銅板が熔融して石英管内に熔鋼の侵入するに要する時間)を求めて置けば所望の位置における熔鋼を確実に採取し得る。例えば 9~20ton 鋼塊押湯部の温度  $1510\sim 1480^\circ C$  で熔鋼表面下  $1\sim 2.5m$  の位置の場合は 35~75秒熔鋼中に保持すれば充分である。採取した熔鋼はただちに水冷して  $H_2$  分析試料に、また残部をその他の分析試料に供した。

### (3) 分析方法

採取せる試料は真空熔融法で全酸素を、真空抽出法で水素を、温硝酸法で  $SiO_2$  および  $Al_2O_3$  を、ヨードアルコール法で MnO および FeO を、蒸溜法で窒素を、また通常の化学分析法で C, Si, Mn, P および S をそれぞれ測定した。

## III. 実験結果の概要

### i) 化学成分の変化

鑄込直後より凝固過程における熔鋼の化学成分変化の一例を Fig. 2 に示す。全実験を通じて P, S および C の液相への濃縮はかなり大きく Si および Mn は軽微

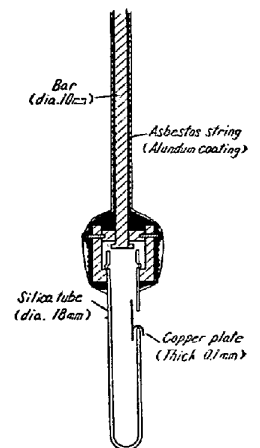


Fig. 1. Sampling vessel

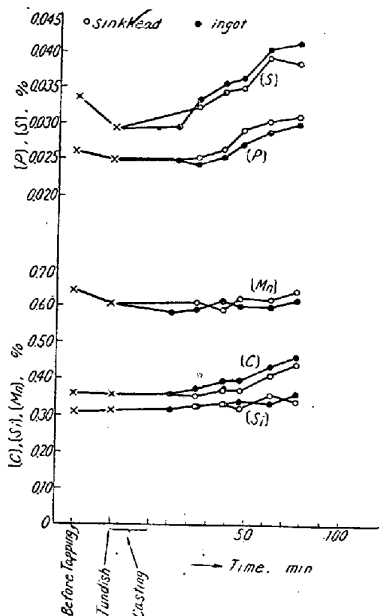


Fig. 2. Variation of chemical compositions in molten steel during solidification process.

である。

ii) 酸化物の変化

全酸素量は鑄込直前よりも増加していて凝固の進行とともに液相へ濃縮する傾向にある。MnO および SiO<sub>2</sub> は一般に増加し温度降下にもなう低温脱酸の進行により両者の新たな生成が推定されるが前者の増加は後者に比較して著しい。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は鑄込直前に比較して著しい高値を示し液相への濃縮は顕著であるが凝固後期にはかえって減少の傾向を示す。(図省略)

iii) H<sub>2</sub> および N<sub>2</sub> の変化

H<sub>2</sub> の変化は Fig. 3 に示すごとく凝固にもなう液相への濃縮が著しい。

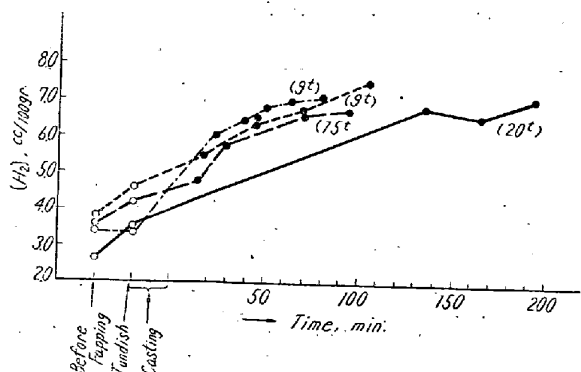


Fig. 3. Variation of hydrogen content in molten steel during solidification process.

また、押湯部も逐次 H<sub>2</sub> 量が増加しその量は鋼塊内部と略々同程度である。N<sub>2</sub> の濃縮傾向も認められるが顕著ではない(図省略)

IV 結 言

以上の結果を括約すると

イ) 鑄型内熔鋼の凝固進行にともない各種化学成分およびガス等は液相中へ濃縮する。したがって固液両相境界附近における熔鋼には局部的にこれら諸元素の濃縮部分を生ずることが考えられる。

ロ) 従来明らかにされている硫化物に起因する「ゴースト」以外に例えば O, Si, Mn, 等の局部的濃縮によつて新なる脱酸反応による酸化物系介在物の生成、あるいは H<sub>2</sub> または N<sub>2</sub> 等の濃縮による「気泡」や「ザク疵」等の発生が充分予測される。

ハ) 以上の結果よりこれらの現象に対して鑄込終了後凝固温度における種々の対策が必要である。

(84) 大型鋼塊の凝固及び偏析に関する研究 (I)

(bar test 法による鋼塊凝固速度の直接測定)

Studies on the Solidification and Segregation of Larger Steel Ingots (I)

(Direct Measurements of Solidification Rate by Bar-Test

S. Onodera, et alii.

日本製鋼所室蘭製作所

工 守川平四郎・工〇小野寺真作

理 荒木田 豊

I. 緒 言

大型鋼塊の凝固および偏析の機構は諸家の研究にもかかわらず依然として不明の点が多く、鋼塊内部の性状あるいは欠陥の改善が単なる経験の集積に頼らざるを得ない場合が屢々ある。

熔鋼の凝固に関する物理的特性値、凝固時の非金属介在物の挙動、異種物質によるモデル実験結果等を詳細に知り得、また凝固後の実際鋼塊の内部を微細に観察し得ても、それがただちに differential freezing の現象の解明および偏析のコントロールに連がるとはいえない。吾人が鋼塊の実際凝固過程について実証的なものを把握する必要を痛感する所以である。

以下この研究では、鋼塊の実際の凝固に即した観察、測定、計算によつて凝固および偏析の物理的機構をさらに明瞭にせんとするものである。

まずこの第1報では、所謂 bar test 法によつて鋼塊の軸心に沿つた凝固速度を直接かつ非破壊的に測定した