

に爐内部の温度及びガスの成分又はその壓等或は爐内部より試料を採集してその成分を知り得ば一層熔鐵爐内の反應狀況を知り得ると思ふ。第2回調査の際には出来る丈各種の記録計を備えて間斷なく計測し、凡ての現象を捕え勞少なく効多きものにし度いと考える。最初述べた

様に多數の人々の犠牲的努力に依る協力で出来た調査に拘らず効果の少なかつたこと眞に恥づべきである。終に記録を整理し種々操業因子の表など纏むるに盡力された報告者の一人故鈴木淳友君を偲ぶこと深いものがある。

(昭和24年5月寄稿)

## 電氣爐による鑄鐵熔解法に関する研究

(昭和23—10—30 於大阪第36回講演大會にて発表)

佐藤 忠雄\*・堀川 一男\*\*

### ON THE MELTING OF CAST IRON BY ELECTRIC ARC FURNACE

Tadao Sato & Kazuo Horikawa

Synopsis: The effect of furnace atmosphere on the melting of cast iron by electric arc furnace were investigated. Results obtained were as follows:—The main occurrence of defects of cast iron manufactured by electric arc furnace should be the oxidation of molten metal by the furnace atmosphere at the melting period of raw materials. Si in molten metal is most affected by the furnace atmosphere, because the molten metal is oxidized at relatively lower temperature. The content of FeO in molten slag on the molten metal at the melting period has no effect to the molten metal but the time of slag off and the composition of 2ndry slag shall be taken more attention, for the temperature of furnace is higher. The content of FeO in molten slag is lowest at  $\text{CaO}/\text{SiO}_2=1.2\sim 1.3$  on basic f<sup>cl</sup>, and 0.4 on acid f<sup>al</sup>.

The effect of  $\text{H}_2$  is more obvious as far as the effect of oxide is negligible small.

#### I 緒 言

電氣爐鑄鐵が、キューボラ鑄鐵に較べて種々の缺陷を持つことは、既に廣く指摘されてゐる處であるが、其の原因は主として溶湯中に含有されてゐる酸素に因るものと考へられる。

キューボラ溶解に於ても酸素が溶湯の湯流れを悪くする事及び鑄鐵の黒鉛化を阻止する事は今日までに定説と成つてゐるが、囊に行つた實驗<sup>1)</sup>に於て、キューボラの湯の酸化は溶解帯の雰囲気酸が酸化性の場合に、地金の正に溶解せんとする時期に最も著しいと結論した。電氣爐鑄鐵に於ても同様に、地金の溶ける時期に、爐内雰囲気に依つて起る酸化が最も著しいものと考へる。その理由は、操業時間の大部分が溶解期で占められ又溶滓に因る脱酸は餘り期待出来ぬと言はれてゐるからである。

そこで著者等は鹽基性及び酸性兩操業に於いて溶解期に於ける爐内雰囲気と溶湯の性質との關係について實驗し、溶湯の酸化する時期とその機構を明かにして、電氣爐鑄鐵溶解法の基本的條件を明かにせんと試みた。

#### II 實驗方法

鹽基性電氣爐としてはドロマイト裏張の15t 爐を用ひ、酸性電氣爐としては硃砂50 黒鉛50の割合で混合搗固せる1/2t 爐を使用した。

操業方法は學振報告<sup>2)</sup>と大體同様で、原料としては鑄鐵スクラップ100%を用ひ、除滓を1回行つて白滓を狙つてゐる。

\* 運輸省鐵道技術研究所

\*\* 日本鋼管技術研究所

爐内雰囲気氣の測定は通電後出銑迄約 30 分毎に、爐蓋の下から、内部に石英管を通した銅管を、爐の中心部に挿入し、ガスを導き出して、之をオルザットガス分析装置で分析した。

溶湯及溶滓試料は、溶落後出湯迄約 3 回採取して化學分析を行ひ、各溶解毎に抗張抗析兩試験片を採取して材料試験を行ふと共に顯微鏡組織を検した。

### III 實驗結果並に考察

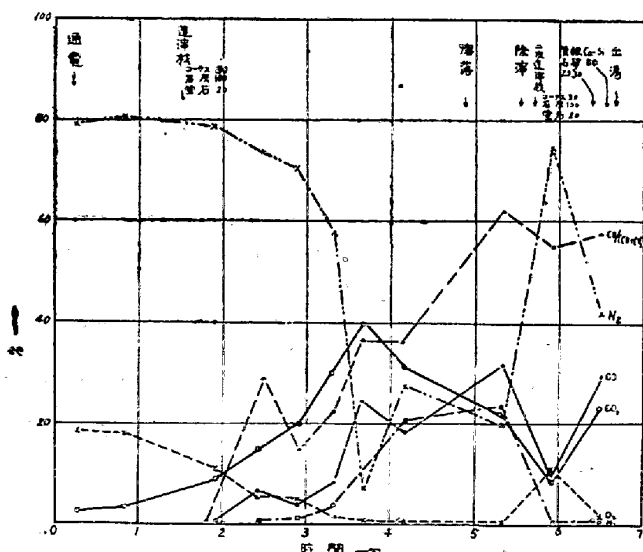
鹽基性電氣爐にて 6 溶解，酸性電氣爐にて 4 溶解合計 10 溶解の測定を行ひ次の如き結果を得た。

#### (1) 爐内雰囲気氣の變化

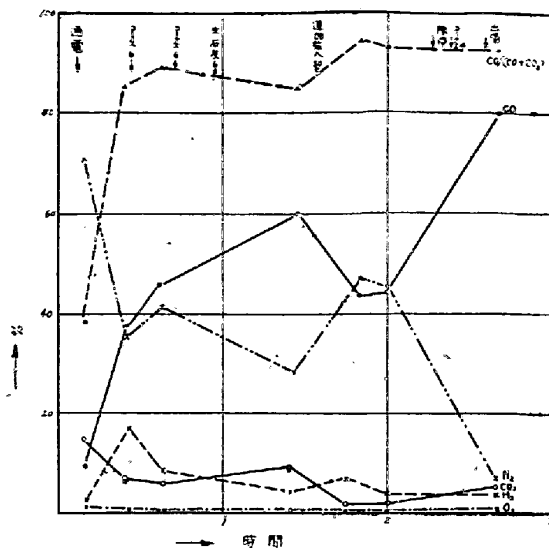
代表的な例を示すと第 1 圖の如く、通電直後は大氣の組成と等しく酸素約 20% 窒素約 80% であるが、時間の経過と共に何れも低減する。約 1 時間目に炭酸ガスが現れ、次第に増加するが溶落より少し前で極大値に達し以後は低下する。一酸化炭素は、炭酸ガスの極大値に達する少し前から出現し、次第に増加するが、或る値に達した後は出銑まで大なる變化を示さない。水素は一酸化炭素の發生と略同時に發生する。尙除滓時には大氣が爐内に侵入して窒素が増加すると同時に一酸化炭素が急激に減少する。此の傾向は操業中に爐蓋を開けた時にも鋭敏に現れる。斯る變化は除滓後の如く温度の充分高い場合は直ちに回復するも、温度の低い場合は回復が遅い。

雰囲気氣の性質を示す目的で  $CO/CO_2+CO\%$  の値を探つた。その姿勢は、溶落附近にて略一定と成り以後は餘り變つてゐない。

同様の結果を酸性爐に就いて示したものが第 2 圖である。此の場合は爐の容量が小さい事と連続操業の爲に、温度の上昇が急速で、而もコークスを装入時多量に使用



第 1 圖 爐内雰囲気氣の變化 (酸性爐)



第 2 圖 爐内雰囲気氣の變化 (鹽基性爐)

してゐるので非常に速かに還元性となる。

$CO/CO_2+CO$  は通電後約 30 分で略一定と成るが各成分の舉動は鹽基性爐の場合と同様の傾向を辿つてゐる。

#### (2) 溶湯の炭素量と爐内雰囲気氣との關係

第 3 圖に示す如く、炭素量は一般に溶落時から出湯時までに極く僅か低下してゐるが、爐内雰囲気氣と各時期に於ける炭素量及び脱炭量の間には明瞭なる關係が現れてゐない。要之爐内雰囲気氣は溶湯の炭素含有量に大して影響を及ぼすものではない事が判る。

#### (3) 黒鉛化度と爐内雰囲気氣との關係

第 4 圖に示す如くであつて、溶落時の G.C./T.C. の値は雰囲気氣が還元性である程大きく、その後出湯迄に變化するが、此の傾向は出湯前に於ても現れてゐる。此の傾向は雰囲気氣が充分還元性な酸性爐に於ては明瞭ではないが、鹽基性爐では極めて明瞭である。

#### (4) 溶湯の Si 量と爐内雰囲気氣との關係

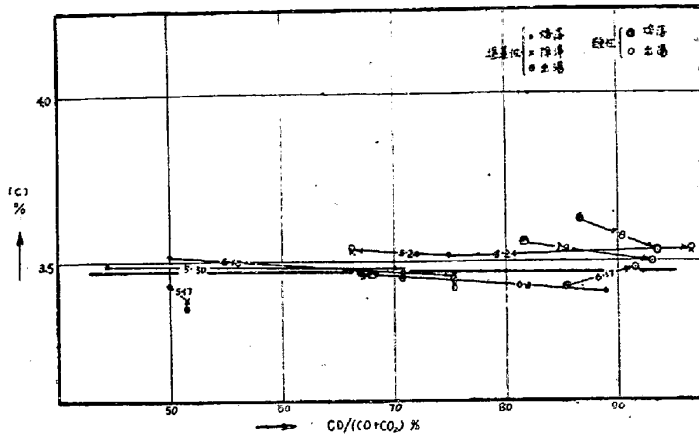
第 5 圖に示す如く黒鉛化傾向と全く同様の關係を示してゐる。即ち爐内雰囲気氣が還元性な程 Si の値が大である。

酸性爐の場合は溶落時も除滓時も殆んど變化無く、何れも高値を示してゐる。

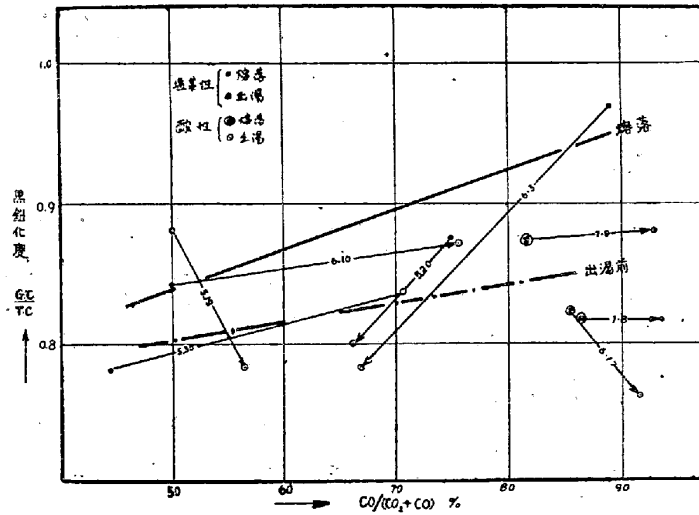
#### (5) 溶湯の Si 量と溶滓の FeO との關係

第 6 圖に示す通りであつて、溶落及び除滓時に於ける FeO が高い場合があつても出湯前には何れの熔解も 1~2% に集つてゐる。この事は出湯前に於ける溶滓中の FeO が 1~2% に納る如く操業してゐる事を示すものである。

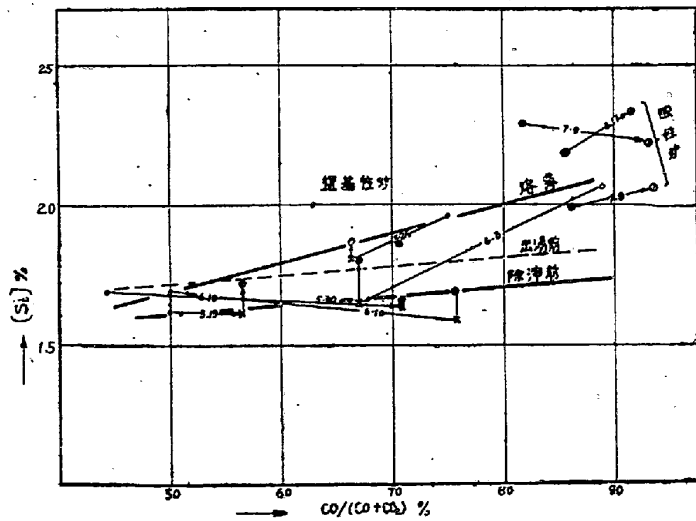
第 6 圖で FeO の高い熔解は、装入石灰量が多くて溶滓中の CaO が高く、爐内雰囲気氣が比較的還元性なもの



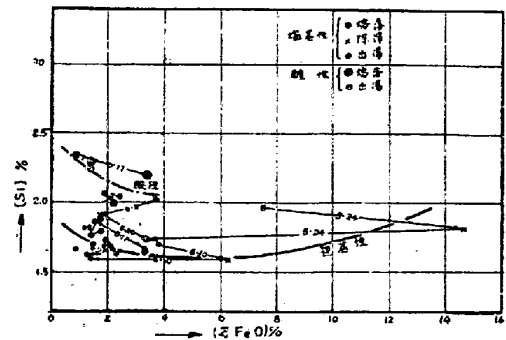
第3圖 溶湯の炭素量と爐内雰囲気との關係



第4圖 黒鉛化度と爐内雰囲気との關係



第5圖 溶湯の Si 量と爐内雰囲気との關係



第6圖 溶湯の Si と溶湯の FeO の關係

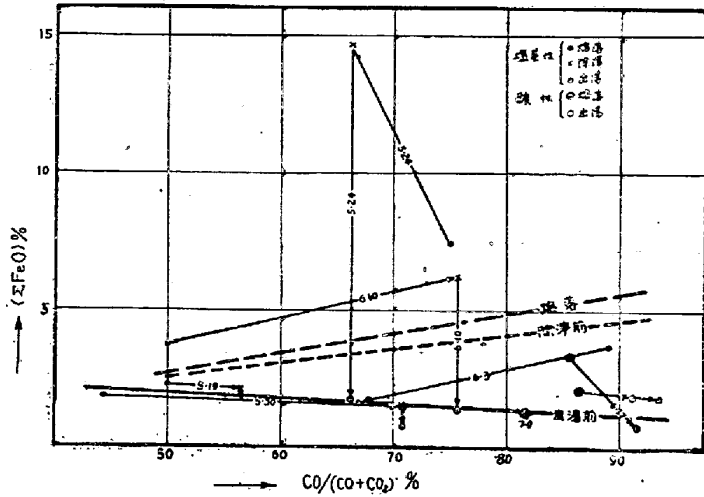
に該当してゐる。前述の如く、爐内雰囲気気の還元性の場合に Si の歩留が良いのにも拘らずその時の溶滓中の FeO が高い事は、比較的低温な溶滓時の溶湯に對しては溶滓成分よりも雰囲気の方が大きな影響を與へてゐると言へよう。出湯前に於ては溶滓中の FeO の大なる程 Si が小であつて第7圖に示す如く出湯前の FeO は雰囲気気の還元性なる程小である。即ち溶湯の温度が上昇するにつれて溶滓成分の影響が大となり、除滓時期と除滓後の二次滓の成分には充分考慮を拂ふ必要があることを示してゐる。

處である。酸性爐では  $CaO/SiO_2$  が約 0.4 で FeO が最低を示してゐる。

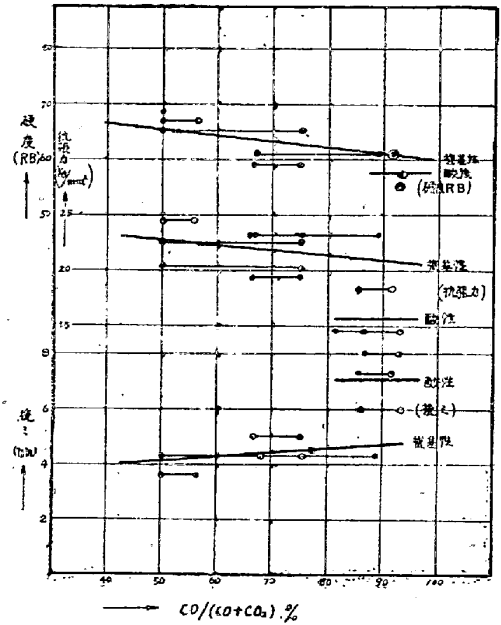
(7) 機械的性質と爐内雰囲気との關係

第9圖は溶滓時の爐内雰囲気気の  $CO/CO_2+CO$  と出湯時の機械的性質の關係を示してゐる。鹽基性爐の場合、還元性の大なる程抗張力及硬度低く撓みが高い。即ち爐内雰囲気気の還元性なる程軟くなれば鑄鐵が得られる事になる。

酸性爐の場合、雰囲気気が何れも完全な還元性であつて、餘りはずきりした關係は認められない。



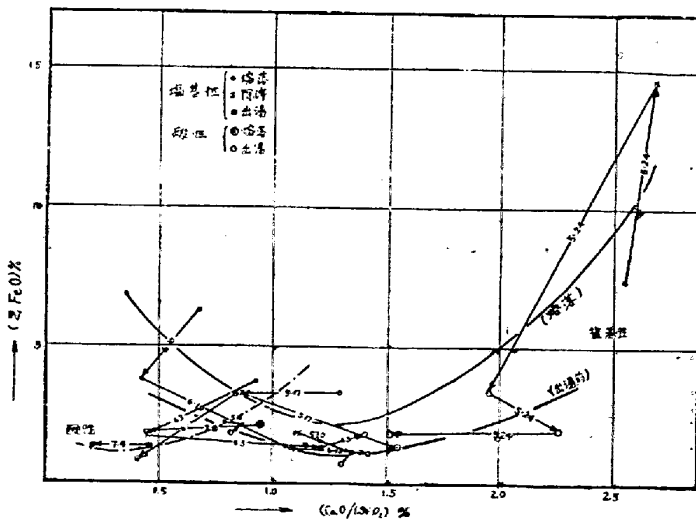
第7圖 溶滓の FeO と爐内雰囲気との關係



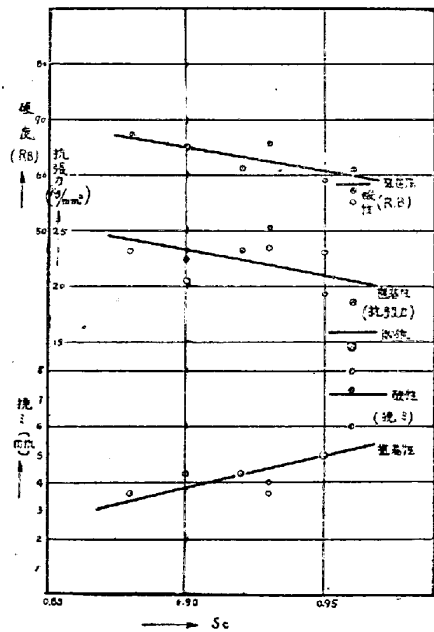
第9圖 機械的性質と爐内雰囲気との關係

(6) 溶滓の鹽基度と FeO との關係

第8圖 に示す如く、鹽基性爐に於いて溶滓時の鹽基度大なる程 FeO が大なる如く現れてゐるが、此の間には本質的な關係は存在しないと思はれる。然し除滓後は一般に鹽基度は 1.2~1.3 位に落着いてゐる。即ち斯る操業を狙つてゐるものであるが、その場合に FeO が最低を示してゐることは溶滓の流動性と關連して興味ある



第8圖 溶滓の鹽基度と FeO の關係



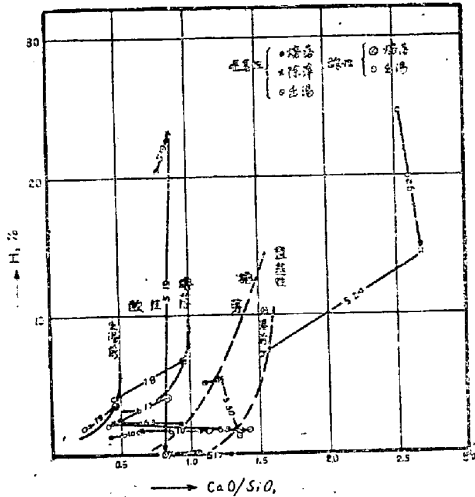
第10圖 機械的性質と Sc の關係

(8) 機械的性質と Sc との關係

第 10 圖の如くであつて、當然第 9 圖と同様の關係を示してゐる。此の場合に、酸性爐では同じ Sc の値に對して撓量にバラつきが認められる。此の原因は、或は水準に在るのではないかと疑ひがあるので、次に爐内ガス中の水素及其影響について調べてみた。

(9) 溶滓の鹽基度と爐内雰圍氣中の水素との關係

第 11 圖に示す如く、溶落時に於ては兩者の間には一定の關係を認め難いが、出湯前に於ては鹽基度の高い程爐内雰圍氣中の水素が高く現れてゐる。

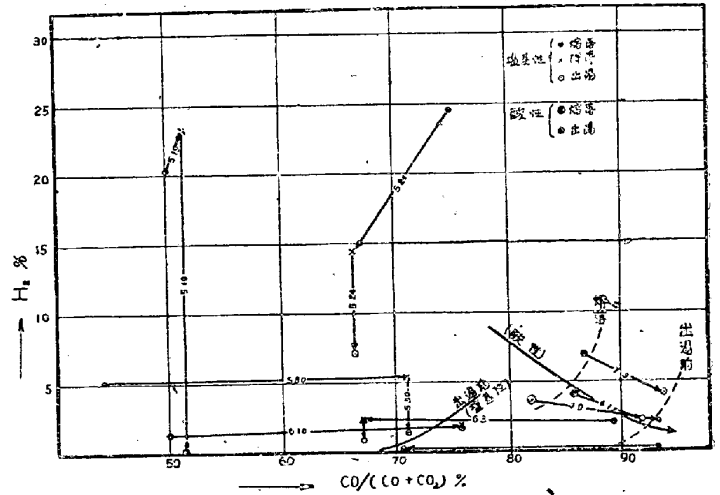


第 11 圖 溶滓の鹽基度と爐内雰圍氣中の水素の關係

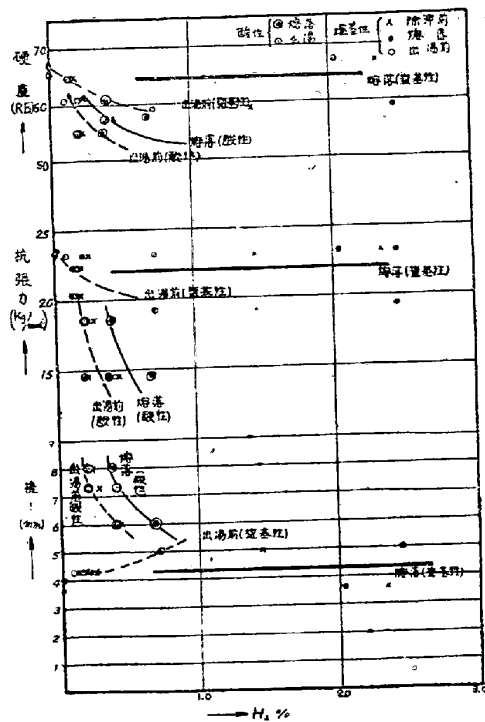
(10) 爐内雰圍氣中の水素と機械的性質との關係

第 12 圖に示す如く、鹽基性爐に於ては、溶落時には關係が認められないが、出湯時は水素の多い方が撓が多く出てゐる。之は水素の多くなる様な爐況では、爐内雰圍氣が強い還元性となる事は第 13 圖に示す通りで、此の影響の方が強く作用したものだと思はれる。

酸性爐の場合は、撓量、抗張力、硬度の何れも水素の多くなる程低下してゐる。即ちこの場合は爐内雰圍氣が略々完全な還元性にあるため、酸素より水素に警戒を要する事が判る。水素は溶湯の酸素が問題とならない様な



第 13 圖 爐内雰圍氣中の水素と雰圍氣の性質との關係



第 12 圖 爐内雰圍氣の水素と機械的性質の關係

場合に於いて初めてその影響を現はすものと考へられる。

IV 結 論

電氣爐鑄鐵がキュボラ鑄鐵に比較して脆いとか硬いとか湯流れが悪いとかの缺陷を示す主なる原因は溶湯中に含有する酸素に因るものと思はれるが、酸素の入る時期は主として地金の溶解期に在ると考へられる。従つて、溶滓による脱酸が容易でない鑄鐵溶解では溶落附近の爐内雰圍氣が決定的な影響を與へる事は當然であり、本實驗の結果、此の推察の正しい事が判つた。従つて爐内雰圍氣を終始還元性に保つことが肝要であり、特に溶落期に注意する必要がある。溶湯の酸化は比較的低温な溶解期に行はれる結果、爐内雰圍氣によつて一番甚しい影響を受けるのは溶湯の Si であるから、Si の舉動に充分注意する必要がある。

溶滓による影響は比較的輕微であり、特に比較的低温な溶落附近の溶滓の組成は餘り影響が無い様である。然し爐温の上昇した後の除滓時期、二次溶滓の成分には充分注意する必要がある。此の場合鹽基性爐では CaO/SiO<sub>2</sub>

が 1.2~1.3, 酸性爐では約 0.4 の場合に FeO が最低となる。

爐内雰囲気氣が充分還元性を保ち溶湯の酸化が殆ど問題とならない場合には水素の影響が明瞭に現れ、爐内雰囲気の水素が鑄鐵の機械的性質を全般的に低下せしめる様である。従つて装入原料等からの水素の侵入を充分防上せねばならない。

本研究は文部省科學試驗研究費の補助を受け、日本鑄造鶴見工場山田、兵東兩氏、鑄物指導所山下氏、東芝足立工場大平、加藤兩氏の御協力を得て遂行し得たものである。茲に深甚なる謝意を表する次第である。尙、本實驗に盡力された萩原、藤井、寺村諸氏の勞を多とする。

(昭和 24 年 1 月寄稿)

## 大型特殊鋼材の軟化焼鈍への等温變態の應用 (II)

(昭和 23 年 4 月本會講演大會講演)

堀 川 一 男\*\*

### FULL ANNEALING OF LOW ALLOY STEEL THICK FORGINGS BY A ISOTHERMAL TRASFORMATION (II)

*Kazuo Horikawa*

#### Synopsis :

In this second report, experiments carried out on thick forgings were given. The form of the forgings was the cylinder, and dimensions were outer dia. 660, inner dia. 480 and length 4500 mm.

The isothermal annealing operation consists in (1) heating the steel to a temperature just above its Ac range (2) cooling in air from  $\gamma$  state to the predetermined subcritical point (3) charging the steel into the furnace kept at the predetermined temperature and keeping the temperature constantly for a given time (4) cooling from that temperature to the atmospheric temperature in air.

The producer gas fired furnace was used.

The results obtained were summarized as follows ;

- (1) The isothermal annealing operation of low alloy steel thick forgings is quite easy.
- (2) The time required for this annealing process is 1/2 or less of the ordinary process.
- (3) The annealed structure is satisfactorily and uniformly softened.
- (4) The isothermal annealing develops the machinability of steel on account of its low hardness.
- (5) This new annealing method has no bad influence upon the heat treating operation after annealing and mechanical properties after hardening and tempering.

#### I 緒 言

第 1 報で述べた基礎實驗の結果、特殊鋼の軟化焼鈍作業に等温變態理論を應用すると、後續熱處理作業及調質後の材力に悪影響を與へる事無く、所要時間の著しい短縮及焼鈍組織の完全軟化を期待し得る事が判つた。

然し小型試験片について成功した事も大型鋼材に應用した場合に失敗する事は屢々經驗するところであるから、本法を現場作業に適用する爲には一應現場的實驗を

施行して確認する必要がある。

以下本報に於ては、此の目的で行つた實驗の結果について述べる。

#### II 實 驗 方 法

##### (1) 供 試 材

鋼種としては、比較的軟化され難い A を選んだ。

\*\* 日本鋼管株式會社技術研究所