

## III. 結 言

ステンレス鋼の生産溶製過程における [S] の挙動を調査した結果、

- (1) S の分配比  $(\%S)/[S\%]$  は普通炭素鋼に比べて低い  $(\%S)/a[S]$  では変らない。
- (2) スラグ組成が一定ならば、鋼浴温度は高いほど sulphur capacity は大となる。
- (3)  $N_{CaO}/N_{SiO_2}$  で表わした 塩基度が一定ならば、 $Cr_2O_3$  は sulphur capacity を減少せしめ、 $MgO$  はやや増加せしめる。また他のスラグ組成が一定ならば、 $FeO$  は S の分配比  $(\%S)/a[S]$  を減少せしめる。
- (4) 過剰塩基と sulphur capacity の間にも、直線的関係が見られる。
- (5) 出鋼前スラグの  $A(O^{2-}) = (N_{FeO})(N_{SiO_2} + N_{Cr_2O_3})/N_{CaO}^2$  が大なる場合には、出鋼 %S は増加する。

## 文 献

- 1) E. T. TURKDOGAN: J. Iron & Steel, Inst. (U.K.), 147. (1955)
- 2) P. HERASYMENHO & G. E. SPEIGHT, J. Iron & Steel Inst. (U.K.), 169. (1950) 166
- 3) J. CHIPMAN: Met. Progress, (1952) Dec. p. 97.

## (76) 塩基性電弧炉の還元期における酸素の挙動

日新製鋼呉工場

荒木 茂昭・〇丸橋 茂昭

Some Observations on the Oxygen in Reducing Period of a Basic Electric Arc Furnace.

Shigeaki ARAKI and Shigeaki MARUHASHI

## I. 緒 言

従来より高級鋼の溶製には、もっぱら電弧炉が使用されてきたが、これは拡散脱酸を応用した精錬の可能な電弧炉の還元精錬が、清浄な鋼の製造に適したものであると考えられているからである。しかし拡散脱酸は強制脱酸に比較して反応時間の点で欠点があり、この反応に長時間を要するという点は、電弧炉の還元精錬では H の吸収の問題と対立する。したがって還元精錬においては、この H の吸収の防止と清浄性の確保とをいかにバランスせしめるかが重要な点となつてゐる。

さらに従来の 2, 3 の報告によれば、電弧炉における拡散脱酸は、実質的な意味では無視できる程度で、鋼浴中

酸素は浴中成分、とくに C によりほとんど決定され、[O] はこれらの平衡値以下には低下しないといわれる。

以上の諸点を考える時、電弧炉の還元精錬の意義を、酸素分析法、試料採取法の進歩した現在再検討しておくことは必要なことであろうと考えられる。以下の報告は以上の諸問題の解決に近づく前提として 30 t 炉における生産溶解について [O] の挙動を調査したものである。

## II. 調 査 概 要

試料は酸化期終了後除滓前、除滓終了後還元期に入つてより 15 分、30 分および 45 分の各期に溶鋼試料 (ボムブ法)、スラグ試料を採取した。同時にその時の溶鋼温度をも測定した。

溶製鋼種は出鋼 C が 0.20~0.55%, Mn: 0.50~0.70% にわたる構造用炭素鋼である。これらの溶解中初期の強制脱酸としての Fe-Mn の添加以後、最終炉内脱酸としての Fe-Si 投入前 (除滓後 45 分) までは、各反応の平衡を乱さないという意味で造滓材以外の添加材は極力さけるようにした。酸素分析は真空溶融法である。

## III. 調 査 結 果

## (i) 鋼浴およびスラグ成分の時間的变化

大部分の溶解例において [O] は、還元期に入つて 15 分までに急激に低下し、30 分までにほぼ C-O 平衡値 (1600°C) に到達する。この時間以後の [O] の変化はきわめてわずかであるか、あるいはほとんど変化しない。

スラグ中の T. Fe の変化は [O] の変化と平行してゐるように見える。[C] は除滓後の加炭により急激な変化をする以外、この時期ではほぼ一定である。

Mn は還元期初期の投入によつて、スラグ中に MnO として 1~5% 程度入るが、その後 [O] の減少につれ (あるいはスラグの還元操作によつて) スラグより鋼浴中に除々に戻る傾向である。例えば [Mn] の 15 分後、45 分後に採取した試料間の差は 0.05~0.10% 程度であり (MnO) については 0.5~1.0% である。

[S] は還元期に入つて除々に低下し 15 分と 45 分の試料では 0.002~0.01% 程度の脱硫が認められる。一方 (S) は大部分は時間経過とともに増加する (max. ~0.2%) が中には、ほとんど増加しないものも認められた。

## (ii) 鋼浴成分と [O]

(1) C-O 反応について Fig. 1 は C-O 反応の平衡への接近が時間とともに変化する様子を示す。この場合平衡値は  $f_O^S \cdot f_C^S \cdot f_C^O$  [%O][%C] で示し、Mn の相互作用は考慮していない。

酸化期終了後の鋼浴中の C-O 平衡値は、還元性スラ

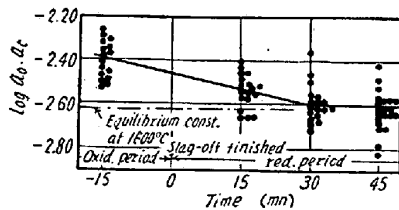


Fig. 1.  $\log a_o \cdot a_c$  vs. furnace time in reducing period.

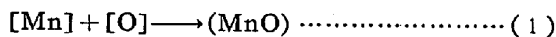
グの生成により時間とともに減少し、ほぼ 30 分で  $1600^\circ\text{C}$  の平衡値に近づく。その後 45 分までにわずかにこの平衡値より下るように見える。また各期の平衡値のバラツキについてみると、還元期終期にいたり、ややバラツキが大きくなる傾向である。

これらの還元各期の平衡値は酸化期末の平衡値の高いほどその値は大であるのは当然であるが、その他鋼浴成分とくに  $[\text{Mn}]$  によつてもいく分か影響されている。すなわち 15 分後、30 分後および 45 分後の  $\log K_c (=a_o \cdot a_c)$  とその時の  $[\% \text{Mn}]$  との関係をプロットすれば明らかに  $[\% \text{Mn}]$  の大なるほど  $\log K_c$  は小となる傾向が認められる。とくに  $[\% \text{Mn}] \geq 0.65$  以上になると還元期末期の平衡値は  $1600^\circ\text{C}$  の平衡値よりも減少し得るように見える。

また各期の  $[\text{C}\%]$ 、あるいは  $[\text{O}\%]$  と  $\log K_c$  の関係をも検討したがとくに傾向は認められない。

(2)  $\text{Mn-O}$  反応について 各期の  $\text{C-O}$  平衡を検討した場合に明かなように、還元期の  $[\% \text{O}]$  と  $[\% \text{Mn}]$  には相関のあることが予想されるのであるが、実際にはこの間の関係を検討してみるときわめて明瞭な直線関係が認められた。

鋼浴中  $\text{Mn}$  および  $\text{O}$  の反応は次式で示される。



平炉の精錬過程では、(1) 式の反応はかなり平衡状態に近いことが知られており、D. W. MURPHY & R. S. MILTENBERGER の報告にも (1) 式の平衡定数の温度関数は実験値と生産溶解のデータとは、よく一致することが示されている。電弧炉においても  $[\text{Mn}]$ 、 $[\text{O}]$  の関係は還元期の初期、終期のデータとも同一線上にならび、また良好な相関を示していることから (1) 式は一見平衡状態にあるように見える。しかし得られた実際のデータからは  $\log K_{\text{Mn}} (= (\text{N}_{\text{MnO}}) / [\% \text{Mn}] [\% \text{O}])$  と  $1/T$  の関係はバラツキが多くて明瞭でない。したがって調査の範囲の温度による  $\log K_{\text{Mn}}$  の変化を無視すれば、当然  $\text{Mn}$  の分配比  $(\text{N}_{\text{MnO}}) / [\% \text{Mn}]$  は  $[\% \text{O}]$  に比例するはずである。実際のデータについてこの関係を示したものが Fig. 2 である。

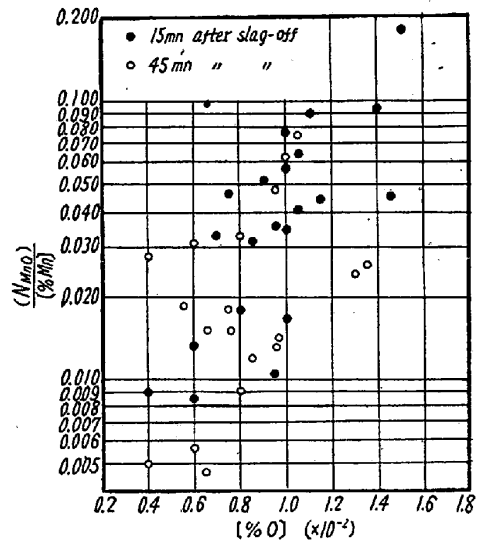


Fig. 2. Effect of oxygen content in the bath on manganese partition.

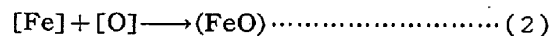
また (1) 式の平衡値はスラグ成分によつても影響され、還元期の初期、終期ともに塩基度の増加とともにその値は大となる。

$$\log ((\text{N}_{\text{MnO}}) / [\% \text{Mn}] [\% \text{O}]) = 0.275 \\ \times (\text{N}_{\text{CaO}} + \text{N}_{\text{MgO}} / \text{O}_{\text{SiO}_2}) - 0.748$$

$$n=36 \quad r=0.646^{**} \quad \text{温度: } 1545 \sim 1610^\circ\text{C}$$

(iii) スラグ成分と  $[\text{O}]$ : とくに  $\text{Fe-O}$  反応について

溶鋼中の  $[\text{O}]$  は  $[\text{Fe}]$  とともに次式の反応により  $(\text{FeO})$  と関連している。



温度一定ならば平衡状態においては、(2) 式の平衡定数、すなわち酸素の分配比  $(\text{FeO}) / [\text{O}]$  は一定となる。もちろん還元期には連続的にスラグは還元されているから、(2) 式の反応も決して平衡状態ではないが、スラグ中の  $\text{T. Fe}$  と  $[\text{O}]$  の関係は経験的に認められているところである。

実際のデータについて見ると、還元期初期、終期と

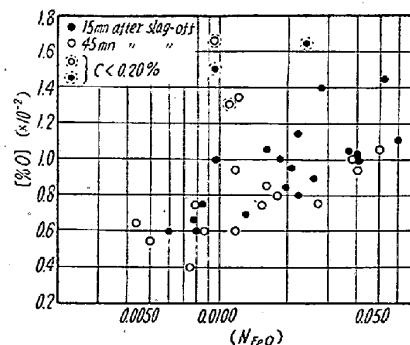


Fig. 3. Effect of iron oxide in the slag upon oxygen content of the bath.

もに ( $N_{FeO}$ ) の大なるチャージほど [%O] も大である (Fig. 3). すなわちスラグ中の FeO 量がモル分率で 0.005 (あるいは T. Fe では 0.5%) 以上では ( $N_{FeO}$ ) の増加とともに [%O] は直線的に増大する.

(2) 式の反応の平衡恒数の温度関数は純 FeO 滓,  $SiO_2$  あるいは CaO 飽和滓, などについて測定されている. 一般に平衡分配比は温度の上昇により減少することが知られている. 還元期におけるこれらの関係について検討してみると,  $\log((N_{FeO})/[\%O])$  と  $1/T$  の関係はバラツキがいちじるしく明らかでない. また分配比 ( $N_{FeO})/[\%O]$  はスラグ成分自身の変化によっても変動することは良く知られている. すなわち塩基度 ( $\%CaO/\%SiO_2$ ) が 2.5 以上では  $a_{FeO}$  は塩基度が増加すると減少する, あるいは平衡 [%O] は減少する.

還元期のこの間の関係を調査してみると, 還元期の初期, 終期をとおして次式が得られる.

$$\log \frac{(N_{FeO})}{[\%O]} = 0.256 \left( \frac{N_{CaO} + N_{MgO}}{N_{SiO_2}} \right) - 0.936$$

$n = 37 \quad r = 0.494^{**} \quad \text{温度: } 1545 \sim 1610^\circ C$

#### IV. 結 言

塩基性電弧炉の還元期における [O] の時間的変化, あるいは一般的な [O] の挙動を C-O, Mn-O, Fe-O 反応をとおして調査した. またこれらの反応の鋼浴成分スラグ成分への依存性, あるいは温度との関係を検討した.

### (77) 鑄片の組成および組織の均一性について

(鋼の連続鑄造に関する研究—VIII)

住友金属工業製鋼所

明 田 義 男・〇牛 島 清 人

On the Homogeneity of Composition and Structure of Billets.

(Study on the continuous casting of steel—VIII)

Yoshio AKETA and Kiyoto USHIJIMA

#### I. 緒 言

鋼材が優れていることの重要な要件の一つは, 組成および組織が均一であることである. 連続鑄造鑄片の組成の均一性については, 従来も研究されているが, いずれも断片的ないしは定性的にしか報告されていない. また鑄片が圧延加工を経て均一なる組織すなわち強度が得られるために必要な最小加工比についても諸説があつて, 信頼するに足る定説が得られていない.

本報告においては, まず鑄片の鑄造状態における組成および組織の均一性について系統的な研究を行なつた後, つぎに鑄片が圧延加工を受けることによつて組織すなわち強度を均一化して行く過程について研究を行なつた結果について述べる.

本実験においては, エル—式塩基性電気炉 (公称 8 t) で溶製したキルド鋼を, 垂直型強制住復運動鑄型式鋼連続鑄造機に鑄込み鑄片とした.

### II. 鑄造状態のままの鑄片の組成および組織の均一性に関する実験

Si-Mn ばね鋼を 91 mm  $\phi$ , 130 mm  $\phi$ , 170 mm  $\phi$  の 3 種の寸法の鑄型にそれぞれ 3 溶解ずつ鑄込んだ. 鑄込に要した時間はいずれも約 60 mn である. おおのこの鑄込の前期, 中期, 後期の鑄片について, 表面部から軸心部にいたるまでの組織および組織の均一性を分析または観察した.

分析を行なつた項目は化学成分, ガス含有量, サンド含有量などであり, 観察を行なつた項目は非金属介在物の分布, マクロ組織, サルファー・プリントなどである.

その結果つぎのことが明らかとなつた.

#### 1. 化 学 成 分

鑄込時期による変動はなく, 60 mn という長時間の鑄込中なら化学成分は変化せず均一である. また任意の時期に鑄込んだ鑄片の表面部から軸心部までの化学成分のバラツキすなわち偏析は, 鑄片寸法の増大とともに若干増大するがほとんど分析誤差範囲内であつて, ほぼ均一である.

#### 2. ガス含有量

長時間の鑄込中に含有量の増加が懸念される酸素について分析を行なつた. その結果, 鑄込時期による差はなく長時間の鑄込中もまったく酸素含有量が増大する懸念はないことが明らかとなつた. また任意の鑄込時期における鑄片の内部と外部との差もなく偏析はほとんどないことがわかつた.

#### 3. サンド含有量

バラツキは相当に大きい, 鑄込時期ならびに任意の時期に鑄込んだ鑄片の内部と外部との間にとくに顕著な含有量の差を示す傾向はない. また  $Al_2O_3$  の含有量は明らかに普通造塊法における鋼塊の場合より小である. これは懸壺の下で脱酸剤として投入する Al の歩留がよく, したがつてその投入量が少なくて済むことによるためであると考えられる.

#### 4. 非金属介在物の分布