

論 文

UDC 669.187.25 : 669.046.541 : 669.046.542 : 669.15'24'26-194 : 669.15'26-194 : 669.14.018.8

アーク炉におけるステンレス鋼溶製時の
酸末キャッチ・カーボンについて*

小野 清雄**・杉浦 三朗**・田中 功***

Control of Carbon Content after Oxygen Blowing in Oxidizing
Period of Stainless Steel Melting in Arc Furnace

Kiyoo ONO, Saburô SUGIURA, and Isao TANAKA

Synopsis:

The process analysis of the oxidizing period was carried out by using a 2 ton arc furnace. The changes of and the relationship among C, Si, Mn, Cr, Fe in the melt and the bath-temperature during oxygen blowing were analyzed.

A method of controlling the carbon content after oxygen blowing was established by using a mathematical model obtained according to that analysis.

The controlling accuracy of carbon content obtained by that mathematical model was twofold better than that of conventional method.

The greatest merit of the controlling method by means of the mathematical model lies on the fact that even an unexperienced operator can control the carbon content after oxygen blowing easily and accurately. Furthermore, an operator-guide-control-system by a computer can be introduced into stainless-steel-melting.

(Received Jan. 16, 1974)

1. 緒 言

アーク炉の製鋼作業は、複雑なため作業者の判断によつて行なわれる部分が多い。しかし、最近アーク炉製鋼でも、作業者の判断のかわりに、計算機を利用してより合理的な作業指示を作業者に与え、製鋼プロセス全体をいわゆるオペレーター・ガイド・システムでコントロールしようとする試みが、とくにステンレス鋼の溶解でなされつつある。それを実施するに当つては、まず全溶解プロセスを解析し、その数式モデルを作成する必要がある。今回は、その一かんとして酸化期の解析を行ない数式モデルを作成し、その実作業への適用合理化を試みた。

アーク炉におけるステンレス鋼溶製時の酸素吹精後の溶鋼のカーボン含有量のコントロール、いわゆる酸末キャッチ・カーボンは、一般に熟練度が要求される重要な作業である。すなわち、酸素吹精を過度に行ない脱炭過剰の状態にすれば、Cr, Mnなどの有用元素を不必要に酸化損失させることになり、炉内耐火物の消耗も大きく

なる。逆に脱炭不足で目標カーボン値まで吹精できなかった場合は急きよ溶製鋼種の変更を行なうか、または再吹精を行なわなければならない。この再吹精は、作業時間の延長となるばかりか、Cr, Mnなどの損失は非常に多くなり、炉内耐火物も非常に消耗することになる。

従来から、このキャッチ・カーボンの作業は、作業者の勘に負うところが大きく、酸素吹精中の炉内状況の観察などの判断にたよつていたが、この作業方式では、作業者の熟練度が非常に要求されるため、往々にして、脱炭過剰あるいは脱炭不足が発生する。

このような作業の合理化という観点から、今回、当中央研究所の2tアーク炉を用い各種のステンレス鋼を試験的に溶解し、その酸化期のプロセス解析を行なつて、その解析結果から導き出した数式モデルにより酸素吹精後のカーボン・コントロールを行なう方式を見出した

* 昭和48年4月本会講演大会にて発表
昭和49年1月16日受付

** 大同製鋼(株)中央研究所

*** 大同製鋼(株)高蔵製作所

ので簡単に以下に報告する。

2. 試験溶解方法

試験的に Cr 系および Ni-Cr 系の各種ステンレス鋼を、100 チャージ近く 2 t アーク炉 (最大装入量約 3 t) で溶解した。その試験溶解法の概要を、Fig. 1 に示す。

サンプリングは、溶け落ち後完全除滓前に No 1 メタル試料を酸素吹精後に No 2 メタル試料およびスラグ試料を採取した。なお No 1 採取時の温度は、予備試験を除き Fig. 1 に示した範囲におさえた。No 2 サンプル採取時の溶鋼温度測定は当研究所で開発した W/Mo 消耗型熱電対 (測温誤差 1% 以下)¹⁾ を使用した。

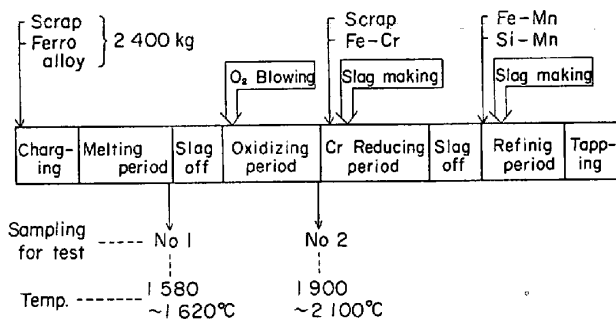


Fig. 1. Melting process of stainless steel for the experiment by the 2 t (nominal-capacity) arc furnace.

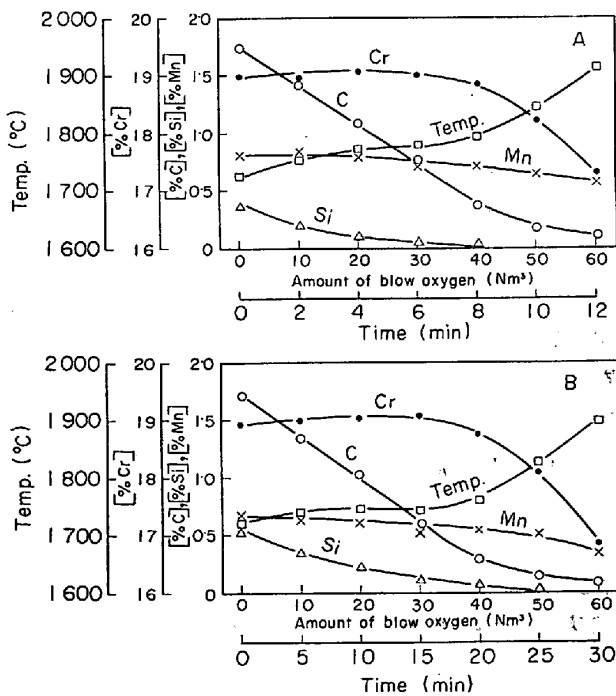


Fig. 2. Changes of [%C], [%Si], [%Mn] and [%Cr] in steel bath and change of bath temperature during O₂ blowing (O₂ input rate; A: 5Nm³/min, B: 2Nm³/min).

この試験溶解の酸素吹精条件は次のとおりである。

- (1) 酸素吹精ランスパイプ径 1/2 inch
- (2) 酸素圧 7~8 kg/cm²
- (3) 酸素吹精速度 4~6 Nm³/min

なお、酸素吹精速度は後述するように予備試験の段階で酸素吹精速度の影響をみるために上記の値よりも低速で吹精試験したチャージもある。

3. 解析結果と考察

3.1 予備試験結果

本試験に先だつて、予備試験の一つとして、酸化期の成分および温度の挙動におよぼす酸素吹精速度の影響を調査した。試験は、酸素吹精前の溶鋼成分、温度をある同一レベルにできるだけ抑え、酸素吹精速度を変化させ酸素吹精中にサンプリングと測温とを実施する方法で、試験溶解は、溶鋼の成分・温度レベルを変え 10 数チャージ実施した。Fig. 2 にその結果の 1 例を示す。Fig. 2 の A は酸素吹精速度が 5 Nm³/min であり、B は 2 Nm³/min である。したがつて、A は B の 2.5 倍の酸素吹精速度である。

Fig. 2 の横軸には、酸素吹精時間と酸素吹精量とをとつて示したが、酸素吹精速度が大きい A の方が B に比べ当然の結果であるが、各成分および温度の変化速度が速くなっている。しかし、酸素吹精量対比でみた場合、両者の差はあまりない。換言すれば、酸素吹精速度が変化しても、酸素吹精量に対応する溶鋼成分および温度の挙動は同様である。更にこの両試験チャージの結果にも表われているように酸素吹精末期の C, Cr と温度との挙動に明確な関連がみられる。すなわち、C の急激な直線的減少から緩慢な減少へと移り変わり始めるときから、Cr は急激に減少し、それとともに溶鋼温度は急激に上昇し始める。

このような予備試験の繰り返しから、酸素吹精後のカーボン・コントロールは、溶鋼中の各成分、とくに C, Si, Mn, Cr および Fe の酸化に消費される酸素量を定量的に求め、酸素吹精末期の C-Cr-Temp. の関係を求めることにより行なうことができると推測されたので、第 2 章で述べた本試験を実施し、以下に記述する解析を行なつた。

3.2 Cr の酸化挙動

酸素吹精時の Cr の挙動は、Fig. 3 に示すように、C の挙動と強い相関を有している。すなわち、酸素吹精前の溶鋼の Cr 含有量の高低にかかわらず、Cr の減少は、C が低くなるに従つてその割合が大になる。この関係を一般的に表わした図が Fig. 4 である。

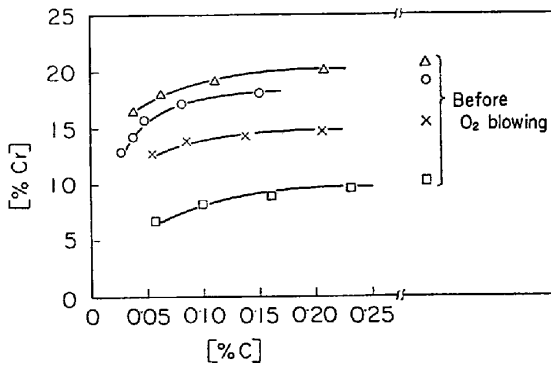
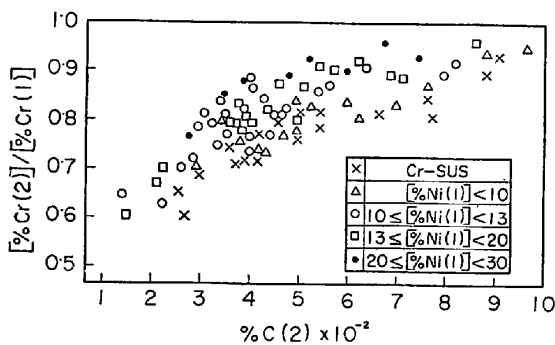


Fig. 3. Changes of chromium content and carbon content in molten steel during O₂ blowing.

Fig. 4 は、横軸に酸素吹精後の溶鋼中の C%, [%C(2)]; 縦軸に {酸素吹精後の溶鋼中 Cr%/酸素吹精前の溶鋼中の Cr%}, [%Cr(2)]/[%Cr(1)]; をとり、試験データを酸素吹精前の溶鋼中 Ni%, [%Ni(1)]; により 5 段階に分けプロットした。この図から、酸素吹精後の溶鋼中 C% と酸素吹精前後の溶鋼中 Cr% 比との間には明らかに相関があることがわかる。また、Ni レベルの影響としては、酸素吹精前の溶鋼中 Ni% が高くなるに従って、酸素吹精後の溶鋼中 C% に対する酸素吹精前後の溶鋼中 Cr% 比は高くなっている。これは、Ni が溶鋼中の C の活量を上げるために Ni レベルが高くなれば、脱炭されやすく Cr の酸化減少が抑えられることを示している。

しかし、Fig. 4 に示す関係は、 $10 \leq [\%Ni(1)] \leq 13$ の範囲のデータにみられるように、ばらつきが大きく相関関係式を求めても無意味であった。このばらつきの原因として、酸素吹精前の溶鋼中の C%, Si% 溶鋼温度などの影響を考え、これらについて検討した結果、C, 溶鋼温度などの影響はあまり認められず、Fig. 5 に示すように酸素吹精前の溶鋼中の Si, [%Si(1)] の影響が大であ



[%M_E(1)]: Each content (wt%) of the elements (M_E) in steel bath before O₂ blowing (sample No. 1).
 [%M_E(2)]: Each content (wt%) of the elements (M_E) in steel bath after O₂ blowing (sample No. 2).

Fig. 4. Relation between [%Cr(2)]/[%Cr(1)] and [%C(2)].

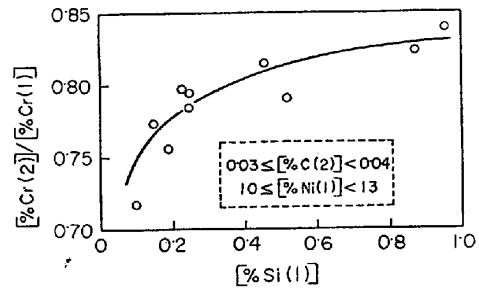


Fig. 5. Relation between [%Cr(2)]/[%Cr(1)] and [%Si(1)].

ることがわかった。すなわち、[%Si(1)] が高いほど Cr の酸化減少が抑えられることがわかった。これは、Si の酸化発熱のため Cr の酸化が抑えられるためであると考えられる。

以上の Cr の酸化挙動に関する解析結果から、酸素吹精前後の溶鋼中の Cr% 比に影響する因子として酸素吹精前の溶鋼中の Ni% と Si% および酸素吹精後の溶鋼中の C% を考慮し、次に示す関係式を統計的に導出した。

$$\frac{[\%Cr(2)]}{[\%Cr(1)]} = 1 - 0.427 \exp(-11.3[\%C(2)] - 0.0156[\%Ni(1)] - 0.329[\%Si(1)]) \dots \dots (1)$$

ここで、

- [%Cr(1)]: 酸素吹精前の溶鋼中の Cr% (≤30%)
- [%Ni(1)]: " Ni% (≤30%)
- [%Si(1)]: " Si% (≤1.5%)
- [%Cr(2)]: 酸素吹精後の溶鋼中の Cr%
- [%C(2)]: " C% (≤0.15%)

(1) 式を変形すれば、

$$[\%Cr(2)] = [\%Cr(1)] \{1 - 0.427 \exp(-11.3[\%C(2)] - 0.0156[\%Ni(1)] - 0.329[\%Si(1)])\} \dots \dots (1)'$$

となり、この (1)' 式から酸素吹精後の目標 C さえ設定すれば、酸素吹精前の成分から酸素吹精後の Cr% を推定することができる。

3.3 Mn の酸化挙動

Mn の酸化率と Cr の酸化率の関係を Fig. 6 に示す。Mn の酸化率は Cr のそれに比較して大きく、Mn の酸化されやすさを明確に示している。

さらに酸素吹精前と吹精後の [%Cr]/[%Mn] の関係を Fig. 7 に示す。この関係について HILTY ら²⁾が次式を求めている。

$$\frac{[\%Cr(2)]}{[\%Mn(2)]} = 1.52 \frac{[\%Cr(1)]}{[\%Mn(1)]} \dots \dots (2)$$

ここで、[%Cr(1)], [%Cr(2)]: (1) 式に同じ

[%Mn(1)]: 酸素吹精前の溶鋼中の Mn%

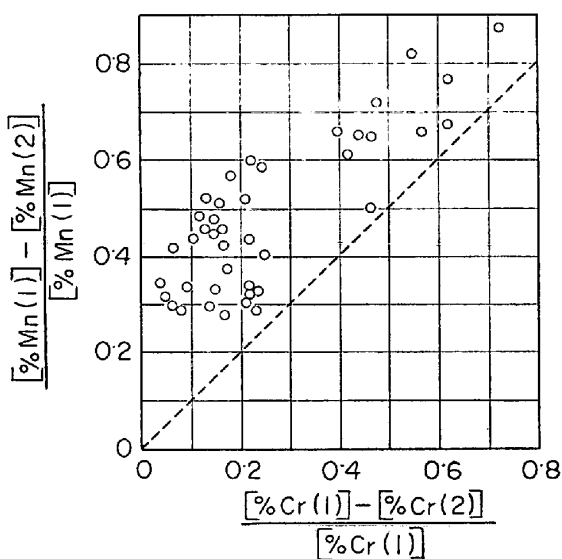


Fig. 6. Relation between oxidation-ratios of Cr and Mn.

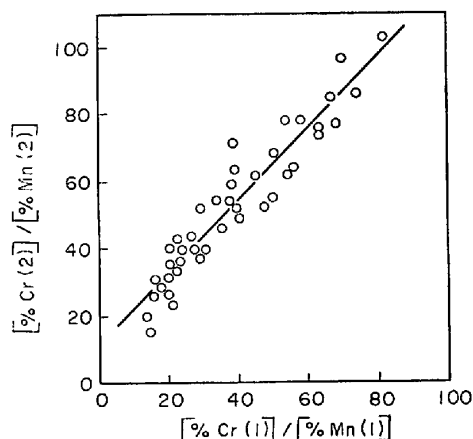


Fig. 7. Relation between [%Cr(2)]/[%Mn(2)] and [%Cr(1)]/[%Mn(1)].

[%Mn(2)] : 酸素吹精後の溶鋼中の Mn%

当試験のデータは, HILTY らの式と完全に一致していないが, [%Cr(1)]/[%Mn(1)] ≤ 40 の限定領域ではよく一致している. 当試験のデータは, 次式で表わされる.

$$\frac{[\%Cr(2)]}{[\%Mn(2)]} = 1.08 \frac{[\%Cr(1)]}{[\%Mn(1)]} + 10.9 \dots (3)$$

(3)式を変形すれば

$$[\%Mn(2)] = \frac{[\%Mn(1)] \cdot [\%Cr(2)]}{1.08[\%Cr(1)] + 10.9[\%Mn(1)]} \dots (3)'$$

となり, (1)'式とあわせて, この(3)'式から酸素吹精後の溶鋼中の Mn% を推定することができる.

3.4 Fe の酸化

酸素吹精時に Fe も相当量酸化されスラグ中へ移行する. したがって Fe の酸化に消費される酸素量を無視す

ることはできない. HILTY らは, ステンレス鋼溶製時の酸化期の Fe 酸化量に関する研究を行なっており, その結果として, Fe の酸化は溶鋼中の Cr, Mn の含有量に依存するとして, 次の式を求めている.

$$\log \left(\frac{\%Cr + \%Mn}{\%Fe} \right)_{in\ Slag} = 0.812 \log \left[\frac{\%Cr + \%Mn}{\%Fe} \right]_{in\ Metal} + 1.238 \dots (4)$$

この関係式は, 溶鋼中の Fe 含有量の増加 (溶鋼中の Cr 含有量と Mn 含有量の減少) に伴ってスラグ中の Fe 含有量が増加することを示している.

今回, この HILTY らの研究結果を参考にし, Fe の酸化に関する解析を行なった. Fig. 8 に酸素吹精後の溶鋼中の Cr%, [%Cr(2)] と酸素吹精後のスラグ中の Fe%, (%Fe(2)) との関係を示す. この図から明らかなように溶鋼中の Cr 含有量が減少するとスラグ中の Fe 含有量が増大することがわかる.

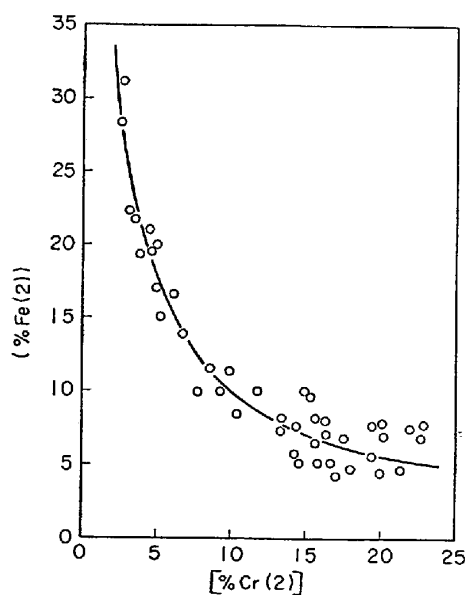
この結果から, 次に示す関係式を統計的に導出した.

$$(\%Fe(2)) = \frac{96}{[\%Cr(2)] + 1.2} + 1.4 \dots (5)$$

ここで, [%Cr(2)] : (1)式と同じ

(%Fe(2)) : 酸素吹精後のスラグ中の Fe%

なお, (5)式は Mn の項を考慮していないが, 通常, ステンレス鋼では Mn 含有量は Cr 含有量に比較して非常に少なく, その影響は無視しうるものであつた. (5)式により (1)'式を併用して, 酸素吹精後のスラグ中の Fe% を推定することができる.



(%Fe(2)) : Fe content (wt%) in each slag after O₂ blowing.

Fig. 8. Relation between (%Fe(2)) and [%Cr(2)].

3.5 [%C]-[%Cr]-Temp.(°K) の関係

HILTY ら⁴⁾は、ステンレス鋼溶解において酸素吹精時の溶鋼中の C%, Cr% とそれに対応する溶鋼温度との間に関係式が成立することを明らかにしており、さらに SIMKOVICH ら⁵⁾と TURNER ら⁶⁾は、Ni レベルの補正項を考慮した式をそれぞれ求めている。これらの式はそれぞれ次のとおりである。

HILTY ら

$$\log \frac{[\%Cr]}{[\%C]} = -\frac{13800}{T(^{\circ}K)} + 8.76 \dots\dots\dots (6)$$

SIMKOVICH ら

$$\log \frac{[\%Cr]}{[\%C]} = -\frac{13800}{T(^{\circ}K) + 4.21[\%Ni]} + 8.76 \dots\dots\dots (7)$$

TURNER ら

$$\log \frac{[\%Cr]}{[\%C]} = -\frac{14457}{T(^{\circ}K)} + 9.1019 + 0.01496[\%Ni] \dots\dots (8)$$

本試験データの [%C]-[%Cr]-Temp.(°K) の関係を Fig. 9 に示す。Fig. 9 において、Ni レベルにより4段階に区別して、データをプロットした。この図からもわかるように、Ni レベルの増大とともに同一温度に対応する [%Cr]/[%C] の値は増大する。これは公知のごとく Ni が溶鋼中の C の活量を増大するためである。

本試験データから求めた関係式は、次式で示される。

$$\log \frac{[\%Cr(2)]}{[\%C(2)]} = -\frac{8975}{T(^{\circ}K)} + 6.377 + 0.00911[\%Ni(2)] \dots\dots\dots (9)$$

ここで、[%C(2)] : (1)式と同じ

[%Cr(2)] : “

[%Ni(2)] : 酸素吹精後の溶鋼中の Ni%

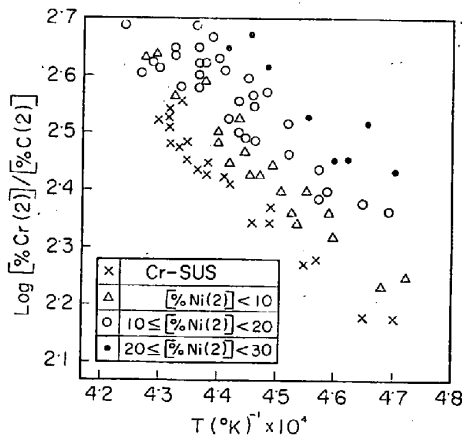


Fig. 9. Relation between [%Cr(2)]/[%C(2)] and temperature after O₂ blowing.

T(°K) : 酸素吹精後の溶鋼温度 (°K)

なお、(9)式と(6)~(8)式の係数が異なっているが、これは、実験方法、とくに炉容量などが相異しているためと考えられる。

4. 数式モデル

本試験の解析結果から作成した数式モデルは、吹精に要する酸素量の計算式と酸素吹精後すなわち酸末の溶鋼温度計算式とから構成されている。吹精酸素量計算式は、吹精酸素の消費に関する元素として C, Si, Cr, Mn, Fe を考慮した。また、酸末溶鋼温度計算式は、Ni レベルを考慮した C-Cr-Temp. の関係式を用いた。以下に、作成した数式モデルについて述べる。

なお、ここに記述する数式モデルは、当中央研究所の 2t アーク炉におけるものであるが、他のアーク炉についても、各式の係数を変えることにより、そのままこの形式の数式モデルを採用することができる。

4.1 吹精酸素量計算式

ステンレス鋼では酸化期に溶鋼に吹き込まれる酸素はおもに溶鋼中の C, Si, Cr, Mn および Fe の酸化に消費される。これらの酸化損失量を知れば、それらの酸化に消費される酸素量は化学量論的に計算で求まる。

今、C, Si, Cr, Mn および Fe の酸化損失量 (単位 kg) をそれぞれ ΔC, ΔSi, ΔCr, ΔMn および ΔFe とすれば、それらに対応する消費酸素量 (単位 Nm³) [O₂]_C, [O₂]_{Si}, [O₂]_{Cr}, [O₂]_{Mn} および [O₂]_{Fe} は、それぞれ次のようになる。

- [O₂]_C = 0.93ΔC (C + ½O₂ → CO) …………… (a)
- [O₂]_{Si} = 0.80ΔSi (Si + O₂ → (SiO₂)) …………… (b)
- [O₂]_{Cr} = 0.29ΔCr (Mn + ½O₂ → (MnO)) …………… (c)
- [O₂]_{Mn} = 0.20ΔMn (3Cr + 2O₂ → (Cr₃O₄)) …………… (d)
- [O₂]_{Fe} = 0.20ΔFe (Fe + ½O₂ → (FeO)) …………… (e)

したがって実際の吹精酸素量は、これらの消費酸素量の和と炉個有の酸素効率とから次式で表わすことができる。

$$[O_2] = \frac{1}{\mu} ([O_2]_C + [O_2]_{Si} + [O_2]_{Cr} + [O_2]_{Mn} + [O_2]_{Fe}) = \frac{1}{\mu} (0.93\Delta C + 0.80\Delta Si + 0.29\Delta Cr + 0.20\Delta Mn + 0.20\Delta Fe) \dots\dots\dots (10)$$

ここで

[O₂] : 吹精酸素量 (Nm³)
μ : 酸素効率

一方、溶鋼中の或る成分の酸化量は、次式で表わすことができる。

$$\Delta M_E = W_1 \frac{[\%M_E(1)]}{100} - W_2 \frac{[\%M_E(2)]}{100}$$

$$\approx \frac{W_1}{100} [\%M_E(1)] - [\%M_E(2)] \dots \dots \dots (11)$$

ここで、

- ΔM_E : 溶鋼中の成分 M_E の酸化量 (kg)
- $[\%M_E(1)]$: 酸素吹精前の溶鋼中の成分 $M_E\%$
- $[\%M_E(2)]$: 酸素吹精後の溶鋼中の成分 $M_E\%$
- W_1 : 酸素吹精前の溶鋼重量 (kg)
- W_2 : 酸素吹精後の溶鋼重量 (kg)

したがって、酸素吹精前後の溶鋼重量を近似的に等しいとし、本実験での調査に基づき酸素吹精によつて生成するスラグ重量を酸素吹精前の溶鋼重量の 0.13 倍に相当するとすれば、Fig. 2 に示されているように通常作業では酸素吹精後の溶鋼中の Si が trace になるので、(10)式、(11)式および第 3 章で述べた解析結果((1)'式、(2)'式、(5)式)とから、吹精酸素量計算式として次式を導出することができる。

$$[\text{O}_2] = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{W_1}{100} \left\{ 0.93 ([\%C(1)] - [\%C(2)]) \right.$$

$$+ 0.80 [\%Si(1)] + 0.29 ([\%Cr(1)] - [\%Cr(2)]) + 0.20 ([\%Mn(1)] - [\%Mn(2)])$$

$$- \frac{[\%Mn(1)] \cdot [\%Cr(2)]}{1.08 [\%Cr(1)] + 10.9 [\%Mn(1)]} \left. \right\} + 0.20 \cdot 0.13 \left(\frac{96}{[\%Cr(2)] + 1.2} + 1.4 \right) \dots (12)$$

ただし、

$$[\%Cr(2)] = [\%Cr(1)] \{ 1 - 0.427 \exp(-11.3 [\%C(2)]) - 0.0156 [\%Ni(1)] - 0.329 [\%Si(1)] \} \dots (1)'$$

(12)式に(1)'式を代入した式の右辺の変数は、酸素吹精後の目標 C% である $[\%C(2)]$ を除いて、すべてが酸素吹精前の information である。したがって、酸素吹精前の溶鋼重量と溶鋼成分値が判明すれば、酸末目標カーボン値に対する所要吹精酸素量は(1)'式を代入した(12)式で求めることができる。

なお、当中央研究所 2t アーク炉の酸素効率(μ)は、1.10(110%) である。 μ が 1 以上になる理由は、酸素吹精時に空気の炉内への侵入があり、その酸素が、溶鋼成分の酸化に寄与するためと考えている。

4.2 酸素温度計算式

(9)式の温度を $^{\circ}\text{C}$ 単位に変換し変形すれば次式が求まる。

$$T(^{\circ}\text{C}) = \frac{8975}{\log [\%C(2)] - \log [\%Cr(2)] + 6.337} + 0.00911 [\%Ni(2)] - 273 \dots \dots \dots (13)$$

ここで、 $T(^{\circ}\text{C})$: 酸素吹精後の溶鋼温度 ($^{\circ}\text{C}$)

さらに、本試験の調査により酸素吹精前後の溶鋼中の Ni% の関係は、(14)式で示される。

$$[\%Ni(2)] = 1.063 [\%Ni(1)] \dots \dots \dots (14)$$

したがって、(13)式に(1)'式と(14)式を代入すれば、吹精酸素量計算式と同様に、酸末目標カーボン値と酸素吹精前の information である酸素吹精前の溶鋼成分値から酸末目標カーボン値まで脱炭されたときの溶鋼温度を推定できる計算式が得られる。

5. コントロール方式

得られた数式モデルを利用した酸末キャッチ・カーボンの方式は次のとおりである。まず、(12)式で求めた酸素目標カーボン値まで脱炭するに要する酸素量により吹精を行なう。酸素吹精が完了したらすぐに W/Mo 消耗型熱電対により溶鋼の測温を行なう。そして、その後の酸素吹精の続否を溶鋼の実測温度 (T_m) と(13)式から求めた計算温度 (T_c) とから判断する方式である。この判断は、各計算式の精度、W/Mo 消耗型熱電対の精度、成分規格のカーボン値と吹止カーボン目標値との関係を考慮し次のように行なう。

- (1) $T_m \geq T_c - 20^{\circ}$ ならば酸素吹精を停止する。
- (2) $T_m < T_c - 20^{\circ}$ ならば $T_m = T_c - 20^{\circ}$ に達するまで酸素吹精を続行する。

次に、本コントロール方式による当中央研究所 2t アーク炉における実施例を示す。

酸素吹精前条件:

- 溶鋼重量 $W_1 = 2500 \text{ kg}$
- 溶鋼成分 $[\%C(1)] = 1.88\%$, $[\%Si(1)] = 0.40\%$,
 $[\%Cr(1)] = 20.78\%$, $[\%Mn(1)] = 0.83\%$,
 $[\%Ni(1)] = 8.80\%$

酸素吹精後条件:

- 酸末カーボン目標値 $[\%C(2)] = 0.055\%$

これらの条件と 2t アーク炉の酸素効率 $\mu = 1.10$ とから、吹精酸素量 $[\text{O}_2]$ を求めると 75.5 Nm^3 となった。酸素吹精後の鋼浴温度を求めると $T_c = 1989^{\circ}\text{C}$ となった。

以上の計算から、 75.5 Nm^3 の酸素を吹精し、溶鋼温度を W/Mo 消耗型熱電対により実測した結果、 $T_m = 2010^{\circ}\text{C}$ であつた。この結果は、 $T_m \geq T_c - 20^{\circ}$ に該当するので、酸素吹精完了とした。このときの溶鋼中の実分析カーボン量は、 0.051% であつた。

以上説明したように、このコントロール法の本質は、まず吹精酸素量で酸末カーボン値をコントロールし、そのコントロールの状態を溶鋼温度の測定でチェックする

ことにある。

6. 適用試験結果

Fig. 10 に作業者の目視による従来法の酸末キャッチ・カーボンの目標値と実績値の関係を示し、Fig. 11 に本方式によるその関係を示した。なお、これらの図は両者とも当中央研究所 2t アーク炉における実データを示したものであり、これらの試験では酸素吹精前の除滓を実施していない。

従来法では、実績値は目標値に対してばらつきが大きく、しかも低めすなわち目標値に対して脱炭過剰サイド

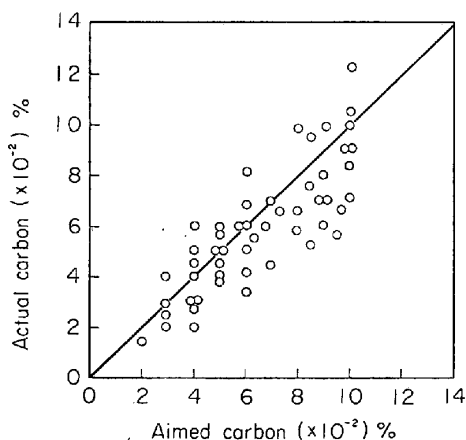


Fig. 10. Accuracy of carbon control by the conventional method.

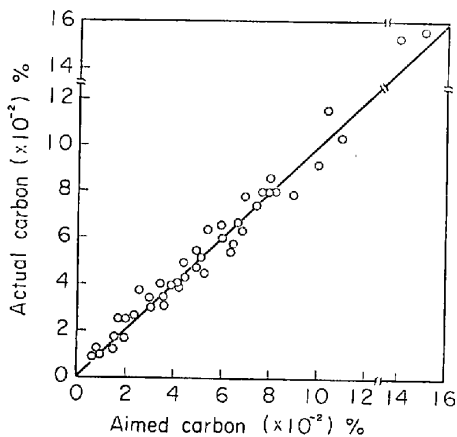


Fig. 11. Accuracy of carbon control by the presented method.

にばらついている ($\bar{x} = (\text{目標値} - \text{実績値}) = +0.005\% \text{C}$, $\alpha = 0.013\% \text{C}$, $n = 52$). これに対して、本方式によるばらつきは小さく従来法の約 1/2 以下 ($\bar{x} = -0.001\% \text{C}$, $\alpha = 0.005\% \text{C}$, $n = 43$) であり、良好な結果が得られた。

7. 結 言

ステンレス鋼溶解時の酸化期の C, S, Mn, Cr, Fe および温度の挙動に関するプロセス解析を大同製鋼(株)中央研究所の 2t アーク炉を利用して実施した。それにより、酸素吹精後のカーボン・コントロールすなわち酸末キャッチ・カーボンの数式モデルとして、吹精酸素量計算式および酸素吹精後の溶鋼温度計算式を作成した。

これらのモデル式は、吹精酸素量と酸素吹精後の溶鋼温度を、酸素吹精前の溶鋼中の C, Si, Mn, Cr, Ni の分析値と溶鋼重量および酸素吹精後のカーボン目標値とから求める式である。そしてこの数式モデルを利用して酸素吹精後のカーボン・コントロールを行なった結果を熟練作業者の目視で行なう従来法のそれと比較した場合カーボン・コントロール精度として従来法の 2 倍以上の良好な結果が得られた。

最後に、本研究の公表を許可して下さった大同製鋼(株)藤原達雄取締役研究開発本部長、本研究の遂行に当ってご指導いただいた同じく滝波欽一中央研究所研究第二部部長、同じく楢山太郎研究第二部次長、また有益なご助言をいただいた同じく渡辺一雄中央研究所第 13 研究室室長の皆様に厚く謝意を表します。

文 献

- 1) 渡辺, 近: 電気製鋼, 42 (1971) 3, p. 207~211
- 2) D. C. HILTY and T. F. KAVENEY: *Elect. Furn. Steel Conf. Proc.*, 25(196)7, p. 110~122
- 3) D. C. HILTY, G. W. HEALY and W. CRAFTS: *J. Metals*, 5(1953) 5, p. 649~653
- 4) D. C. HILTY, H. P. RASSBACH and W. CRAFTS: *JISI*, 180(1955), p. 116~128
- 5) A. SIMKOVICH and C. W. McCOY: *Trans. Met. Soc. AIME*, 221(1961) 4, p. 416~417
- 6) T. N. TURNER and G. H. GEIGER: *Elect. Furn. Steel Conf. Proc.*, 26(1968), p. 114~118