

ると地疵の成長メカニズムが説明でき、実際の発生状況とよく一致する。

文 献

- 1) 北村, 楯: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 514
- 2) 北村, 門間: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 516
- 3) 大久保, 榊井: 鉄と鋼, 50 (1964) 3, p. 480
- 4) 北村, 大久保: 鉄と鋼, 50 (1964) 3, p. 423
- 5) 大久保, 榊井: 鉄と鋼, 50 (1964) 11, p. 1851
- 6) P. H. SALMON COX: J. Iron & Steel Insrt. (U. K.) 201 (1963) 10, p. 863
- 7) T. URIE: Unwanted variation in steel composition—cause and effect, West Scotland ISI Conference, (1962) May, p. 45

(118) 地疵分布関数の定数Aにおよぼす製鋼要因の影響

(低炭素キルド鋼の地疵に関する研究—Ⅶ)

日本鋼管, 技術研究所

大久保益太・榊井 明・細田義郎

川崎製鉄所 榎 昌久

Influence of Steelmaking Factors on the Parameter A of Sand Seam Distribution Function.

(Studies on sand seam in low carbon killed steel—Ⅶ)

Masuta OHKUBO, Akira MASUI,

Yoshio HOSODA and Masahisa TATE.

1. 緒 言

第Ⅴ報¹⁾に引続き、当報告では地疵分布関数のAが製鋼要因によつてどのように支配されているかを調べ、第Ⅵ報で検討したBをも含めて、地疵がどのような製鋼要因といかなる関係を持つているかを総合的に検討してみる。さらにその検討結果に基づいて、Al 添加量を一定にしておいた場合に出鋼酸素による地疵の変化、およびAl 添加量の最適量を検討した。また第Ⅲ報²⁾の内容を、以上の結論を用いて再検討し、一層有益な結論が得られたことを示す。

2. 調査要領

第Ⅴ報³⁾と同様な要領で行なつていたので省略する。

3. Aと製鋼要因との関係

第Ⅴ報³⁾で、Aは地疵分布関数の量的因子として取鍋下試料中のサンド量と関係づけられた。しかしその後アクションを大幅にとつたので、いろいろな条件も変わりその関係は成立しなくなつた。その理由は介在物量が直接地疵の量的因子であるAと関係づけられるのではなしに、その介在物の組成によつて地疵に成りやすさが変わり、介在物量は介在物組成を媒介としてAと関係づけられることが判つた。また介在物組成はBによつても表わされることが第Ⅲ報²⁾で判つているので、Aは取鍋下試料の酸素 ($[O]_I$) とBによつて表わされるはずである。またAが介在物組成によつて影響を受けるのは特にBが大きくなつた場合であつて、Bの小さな値の時にはほとんどBの影響がなかつたことから考えて、Aは次式のよ

うに示すことができると思われる。

$$A = m [O]_I (a + B^4)^n \dots\dots\dots (1)$$

ここで a, m, n は定数である。

この定数を約 35 チャージの試験結果を用いて重回帰により求めたところ、この式の寄与率は 72% でおおのこの定数の信頼度は高いものであつた。また a はいろいろな数値を用いた結果、 $a = 1$ が最も良いことが判つた。(1)式の関係は Fig. 1 に示す。

ここで第Ⅴ報³⁾のAがサンド量のみによつてなぜ表現できたかを考えてみると次のようになる。第Ⅴ報³⁾で用いたデータは取鍋添加 Al 量は一定であつたので、第Ⅶ報⁴⁾で報告したBの関係式から考えて、Si, Mn がほぼ一定であるとするときBは出鋼酸素 $[O]_{Tap}$ のみによつて表わされることになる。また $[O]_{Tap}$ と $[O]_I$ との間には Fig. 2 に示すような一定の関係が存在しており、

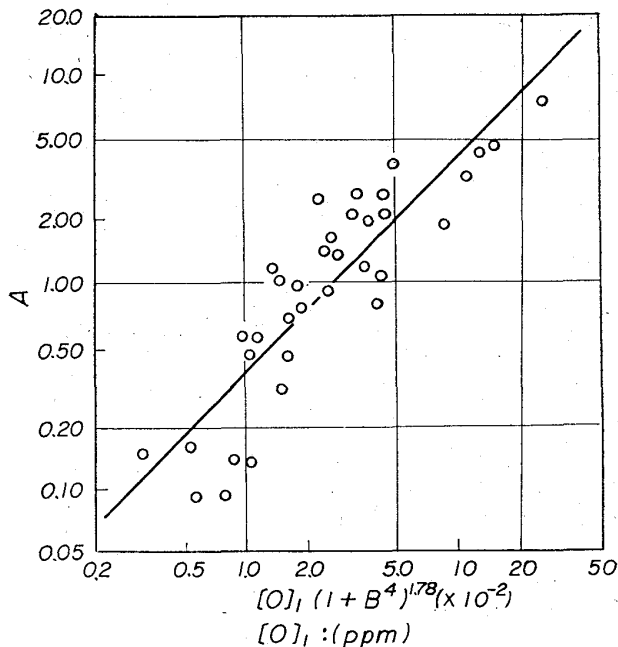


Fig. 1. Relation between A and steelmaking factor.

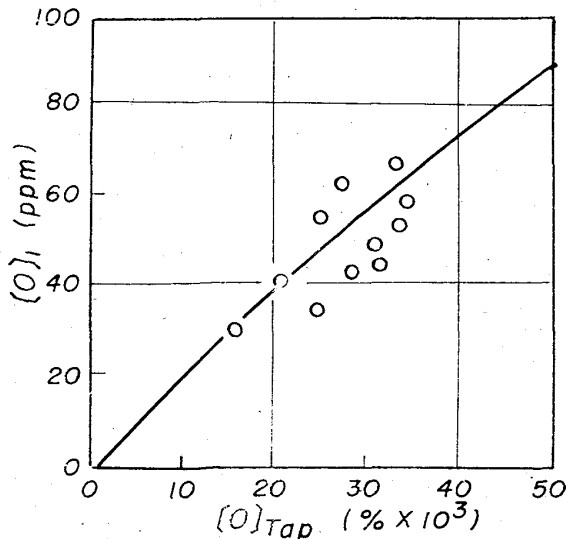


Fig. 2. Relation between $[O]_{Tap}$ and $[O]_I$.

(1)式からAは [O]_l のみによつて表わされることになる。したがつて第V報³⁾のように取鍋 Al 添加量を一定としたような条件下においては、第V報³⁾で示した通りにAは取鍋下サンド量で表わせうことは当報および第VI報¹⁾の報告内容から考えて当然であると思われ、第V報は当報告で報告した関係のある限られた条件でのみ成立するものであることが判る。

4. 地疵に対する製鋼要因の最適条件

第V報³⁾で地疵がAおよびBにより表わされうことを示し、さらに第VI報¹⁾でBは次式

$$\ln(B^4) = \beta_0 + \beta_1[\text{O}]_{\text{Tap}}/[\text{Al}] + \beta_2[\text{Mn}] + \beta_3[\text{Si}] \quad \dots\dots\dots(2)$$

のように製鋼要因によつて表わすことができた。またAは(1)式で示されることが当報告結果からも判つたので地疵の重要な特性値(総長さ、総個数、巨大地疵の数等)は製鋼要因の複雑な式で示すことができる。ここでは地疵総長さ(l)についての最適条件を検討してみる。

lは次式

$$l = 12A/B^4 \quad \dots\dots\dots(3)$$

のように表わされることが第V報³⁾で報告した。またAおよびBは(1), (2)式で製鋼要因との関係が表わされる。ここで Si, Mn がほぼ一定の場合には、l を支配する要因は [O]_{Tap} と [O]_l と [Al] の3者で、前の2者は相互に関係を持つており、ここでは Fig. 2 の関係が存在する場合について考えると、最終的にはlは [O]_{Tap} と [Al] によつて支配されることになる。したがつてアクションは出鋼前の酸素と取鍋添加 Al についておこなえばよい。

まず第1に取鍋脱酸剤としての Al 添加量の最適量を求めるには次式

$$\left(\frac{\partial l}{\partial [\text{Al}]}\right)_{[\text{O}]_{\text{Tap}}, [\text{O}]_l, [\text{Si}], [\text{Mn}]} = 12m[\text{O}]_l \times \frac{(B^4 + 1)^{m-1} \{(m-1)B^4 - 1\}}{B^4} \times \frac{(-\beta_1[\text{O}]_{\text{Tap}})}{[\text{Al}]^2} \quad \dots\dots\dots(4)$$

を0とする点を求めればよいから、

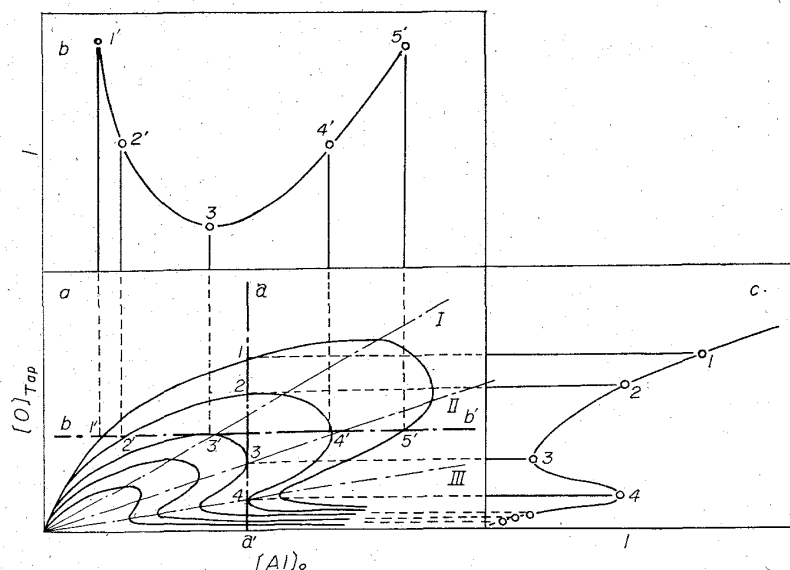


Fig. 3. Relation between sand seam and steelmaking factor.

$$\ln(B^4) = \beta_0 + \beta_1[\text{O}]_{\text{Tap}}/[\text{Al}]$$

$$+ \beta_2[\text{Mn}] + \beta_3[\text{Si}] = -\ln(m-1) \quad \dots\dots\dots(5)$$

が得られる。ただし m < 1 の場合には [Al] はできるだけ少ないほうが良いことになる。われわれの場合には m > 1 であつたのでここでは(5)式が極小を示しているものとして扱う。(5)式より、Mn, Si が一定の場合の最適 Al 量は次式

$$[\text{Al}]_{\text{opt}} = K_1[\text{O}]_{\text{Tap}} \quad \dots\dots\dots(6)$$

のように一次式で示すことができる。

次に取鍋添加 Al 量が一定で、出鋼酸素量の変動した場合の地疵総長さ l の変動を調べる。[O]_{Tap} が変動した場合には、[O]_l も当然変動するはずで、[O]_l を [O]_{Tap} とどのような関係があるかを調べておかねばならない。その間の関係を Fig. 2 の関係で代表させると [O]_l は次式

$$[\text{O}]_l = 2 \cdot 04 [\text{O}]_{\text{Tap}}^{0.97} \quad \dots\dots\dots(7)$$

で表わされる。したがつて、[O]_{Tap} が変動した場合の l の極値は次式

$$\left(\frac{\partial l}{\partial [\text{O}]_{\text{Tap}}}\right)_{[\text{Al}], [\text{Si}], [\text{Mn}]} = 12m \times 2 \cdot 04 [\text{O}]_{\text{Tap}}^{-0.03} \times \frac{(1+B^4)^{0.78}}{B^4} \times \left\{ (0.97 - \beta_1 \frac{[\text{O}]_{\text{Tap}}}{[\text{Al}]} + (0.97 + (m-1) \times \beta_1 \times \frac{[\text{O}]_{\text{Tap}}}{[\text{Al}]}) B^4 \right\} \quad \dots\dots\dots(8)$$

を0とする値を求めればよい。その解は次式

$$\exp\{\beta_0 + \beta_1[\text{O}]_{\text{Tap}}/[\text{Al}] + \beta_2[\text{Mn}] + \beta_3[\text{Si}]\} = \frac{\beta_1[\text{O}]_{\text{Tap}}/[\text{Al}] - 0.97}{(m-1)\beta_1 \times [\text{O}]_{\text{Tap}}/[\text{Al}] + 0.97} \quad \dots\dots\dots(9)$$

で与えられ、この式で [Al], [Si], [Mn] を一定としたときの [Al] と [O]_{Tap} との関係と求めると

$$[\text{O}]_{\text{Tap}} = K_2[\text{Al}] \quad \dots\dots\dots(10)$$

$$[\text{O}]_{\text{Tap}} = K_3[\text{Al}] \quad \dots\dots\dots(11)$$

の2直線 (K₂ < K₃ とすると、(10)式は極大、(11)式は極小を示す) で極値が得られる。ここで K₂, K₃ は β₀, β₁, β₂, β₃, [Mn], [Si], m を含む定数である。

以上の解析結果を定性的に把握するために出鋼酸素量と添加 Al 量を両軸にとつて、等地疵総長さ線を表わすと Fig. 3 のようになる。Al 軸は [O]_{Tap} = 0 であるので地疵総長さは0となり、直線は(6)式を表わしており、出鋼酸素が一定のときに Al 添加量を変えた場合の極小を与える直線である。直線 I, II は Al 添加量が一定の場合に出鋼酸素が変動した場合の極小、極大をそれぞれ与える直線である。等地疵総長さ線は原点で0で、原点より遠ざかるに応じて大きくなる。Fig. 3 の b には、ある酸素で出鋼される場合に、Al 添加量を変えて生ずる地疵総長さの変化を示したものである。また Fig. 3 の c には、Al 添加量が一定としてある場合に、出鋼酸素量が増減したときに生ずる地疵総長さの変化を

示してある。

以上の結果から、地疵総長さを最も低くするためのアクションは、出鋼酸素をできるだけ低下させ、(6)式に基づいた Al 添加量を使用することである。しかし(6)式を用いるためには事前に出鋼酸素量を精度よく推定せねばならないか、さもなければ、チャージ間に出鋼酸素をできるだけ安定化させることである。また(6)式を用いる際に $[O]_{Tap}$ が実際よりずれたり、あるいは $[Al]$ の歩留が変わつたりすることは現場操業として止むをえないが、その際地疵総長さは必ず高いほうへとずれる。そのずれ方は Fig. 3 の b および c の曲線の勾配にしたがつて大きくも小さくもなる。したがつてそれらの曲線の勾配はできるかぎり小さくしておく必要がある。これにはいろいろなアクションのとり方があるが、最も有効なもの(7)式にあつて、取鍋および鑄型でできるかぎり介在物を浮上分離させることである。

5. 第III報の再検討

これまでの報告で、地疵を構成している因子は地疵分布函数の A および B であり、それらのもつ意味あるいは製鋼要因とどのような関係を持つものであるかが判つた。したがつてこの手法を用いれば、過去不明であつた点も明らかとなるはずである。ここでは第III報²⁾で報告した内容を再検討し、その際不明であつた点を考察してみる。第III報²⁾では地疵がどのような因子で構成されているかが不明であつたので、最も地疵の発生する時期に近い取鍋下試料の介在物量と (Al_2O_3/SiO_2) で関係づけたところ、Fig. 4 の a で示されるような関係があつた。しかし (Al_2O_3/SiO_2) はさらに Fig. 4 の b に示すように取鍋下試料の介在物量とも関係が存在していたので、 (Al_2O_3/SiO_2) は介在物組成と量を表わして、そのいずれが地疵へ影響をおよぼしたのかが不明であり、そのアクションの取り方にも不明瞭な点が残つた。しかし第V報以後の研究により、地疵を支配している介在物量と組成を明確に区別できるようになつたので、これを用いて再検討してみる。第III報の条件下では、 (Al_2O_3/SiO_2) と A および B は Fig. 4 の c および d で示すような関係を持つていたことが判つた。すなわち、 (Al_2O_3/SiO_2) と B とでは

$$B^4 = 2 \cdot 4 (Al_2O_3/SiO_2)^{-1.2} \dots\dots\dots (12)$$

の式で表わされ、A との関係は

$$A = 0 \cdot 17 (Al_2O_3/SiO_2)^{-1.7} \dots\dots\dots (13)$$

として表わされる。この式を用いて地疵総長さ (l) を計算すると (計算方法は第V報参照)、次式のようになり Fig. 4 の a の回帰曲線と全く一致する。

$$l = 12A/B^4 = 0 \cdot 85 (Al_2O_3/SiO_2)^{-0.5} \dots\dots\dots (14)$$

これより、Al 添加量の検討は(12)式と(6)式とを用いることによりでき、介在物量として地疵におよぼしている影響は(13)式と(1)式とを用いることにより、介在物組成の影響とは分離して検討できる。

6. 結 言

第VII報に引き続き、地疵分布函数の定数 A について検討し、さらに地疵に対する最適製鋼条件を求めた。また第III報の結果を新しい手法で再検討し、一層明瞭な結果が得られた。当報告の結論をまとめると次のようになる。

(1) A は介在物組成および取鍋酸素の函数として表

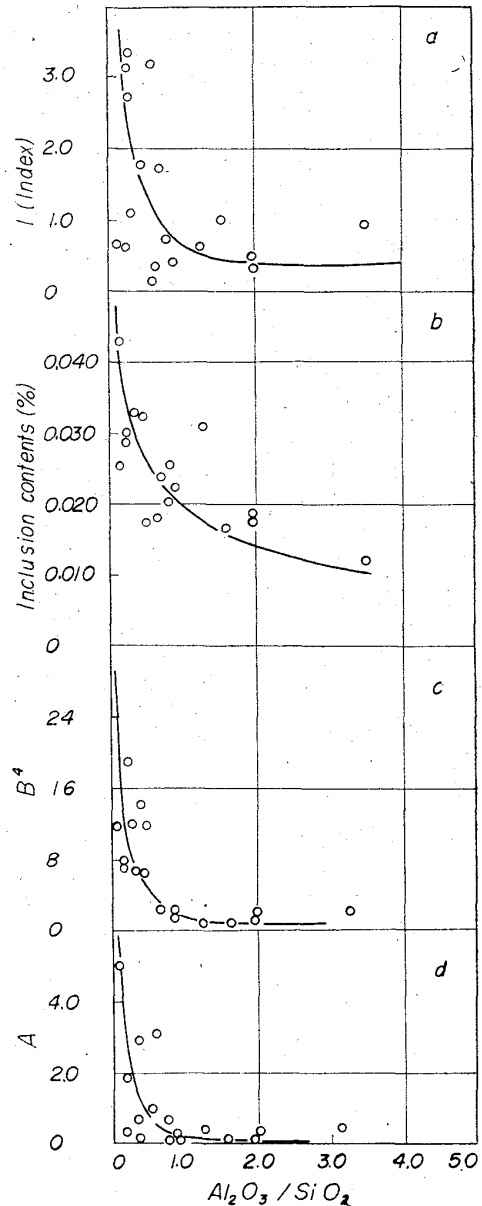


Fig. 4. Relation between sand seam and Al_2O_3/SiO_2 -わされた。

(2) 出鋼酸素量が決めれば、それに応じた最適 Al 添加量が存在し、その間の関係は $[Al]_{opt} = K_1 [O]_{Tap}$ のように 1 次式で表わされる。

(3) 添加 Al 量を一定にして、酸素量変動して出鋼した場合の地疵総長さは一般に極大、極小を有する。

(4) 地疵総長さをできるだけ小さくするには、 $[Al]_{opt} = K_1 [O]_{Tap}$ の関係を保ちながら、出鋼酸素量を低下させることで、Al 添加量を一定としておいて出鋼酸素濃度を下げるだけでは、地疵総長さは小さくならない。

(5) 新しい解析方法を用いると、第III報の Al_2O_3/SiO_2 がどのような内容を持つて地疵を支配しているかがわかつた。

文 献

- 1) 大久保, 榊井, 他: 鉄と鋼, 52 (1966) 4, p.560
- 2) 大久保, 榊井: 鉄と鋼, 50 (1964) 3, p. 480
- 3) 大久保, 榊井: 鉄と鋼, 50 (1964) 11, p. 1851