

Fig. 2. Relation between amount of ingot scum produced (kg) and time after end of pouring.

一は発見されなかつたことをつけ加える。

したがつて、スカムのまきこみが 0.7% 以下であることを考慮すると、介在物の減少対策としては、介在物の浮上を促進すること——良好なリミングアクションを維持することなどが——最も重要であり、スカム除去作業は、リミングアクションの促進を目的とする場合に行なえばよいと考えられる。

IV. 結 言

^{140}La で標識したスカムを、注入終了後に鋳型内に投入し、スラブの放射分布をしらべたところ、ボトム部に放射能ピークを示す例が多く、UST 欠陥と放射能との対応は、欠陥が少ないスラブであつたせいか、認めがたかつた。

スカムがまきこまれてスラブ中に残留する割合を放射線計測技術を応用して求めたところ、スカム全量の 0.7 % 以下にすぎず、アイソトープ希釈法などによつて求めたスカム浮上量は鋼塊 t 当り 0.5~3 kg であることから、ボトム部の酸化物系介在物中にしめるまきこまれたスカムの割合は、3% 以下に過ぎないと推測された。

文 献

- R. D. BAARE, ETAL: Stahl u. Eisen, 82 (1962), p. 1500

2) 森他: 本講演大会論文

(120) 地疵分布函数とその応用

(低炭素キルド鋼の地疵に関する研究—V)

日本钢管、技術研究所

大久保 益太・○梅井 明

〃 川崎製鉄所 植昌久

On the Function of Sand Seam Distribution. pp 1851~1854

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

Masuta OKUBO, Akira MASUI,
and Masahisa TATE.

I. 緒 言

管用低炭素鋼の地疵の成因について、すでに第3報¹⁾として介在物と地疵の関係について報告したが、その結果地疵総長さは介在物の組成および量と深い関係のあることがわかり、さらにその組成および量は脱酸剤と反応する酸素量すなわざ出鋼前の酸素と関係があることを推論した。

しかし地疵総長さを構成している諸因子は非常に複雑であるため、その諸因子を解明した上で脱酸前の酸素がどのように地疵に影響するかを調べないとその関係は解明できない。したがつて当報告ではまず地疵を構成している諸因子を解明するために地疵分布を調べ精度の高い地疵分布函数を求めた。さらにその地疵分布函数を構成している諸因子と製鋼要因との関係を調べ、最終的には製鋼要因を制御することにより、地疵の特性（総長さ、総個数、巨大地疵等）は精度よく制御できる資料が得られたので報告する。

II. 調査要領

(1) 対象鋼種およびその製造条件

(イ) 溶製炉: 塩基性固定式 150 t 平炉

(ロ) 素鋼成分

C	Mn	P	S	Si
0.10~0.16	0.30~0.60	<0.035	<0.035	0.10~0.25

(ハ) 製鋼条件

プロツキング: スピーゲル, Fe-Al, Fe-Si

炉内添加合金: Mn=4.8K/T

取鍋添加脱酸剤: Si=1.9K/T, Al=0.5K/T

出 鋼 温 度: 1630°~1640°C

造 塊 方 法: 下注水張り

鋼 塊 単 重: 6T

(2) 調査方法

(イ) 介在物: 採取時一地疵試験鋼塊と対応した取鍋下試料

分析方法—サンド分析

(ロ) 酸素およびメタル組成: 採取時一出鋼前および上記取鍋下試料（酸素試料のみスプーンより 5mm ϕ 石英管で吸上げ、その後試料鋳型に注入し、他

元素の分析試料とした)

分析方法—Al: 湿式分析

C, Si, Mn, P, S: カントバック分析

(ハ) 地疵: 試験鋼塊一鉄込み順, 5本目, 15本目

計2本

試験片採取位置—各試験鋼塊の頭部,

中央部, 低部のそれぞれ1本

鋼塊寸法—120mm φ

試験方法—旧 JIS GO 556 法に準ずる

4段削地疵試験方法

III. 調査結果および考察

(1) 地疵分布函数

地疵を表わす最も一般的な表現は地疵長さと個数であるが、その間にどのような関係があるかを調べた。測定された地疵をある長さの区間で分類し、その区間に入る地疵個数をその区間の巾で割り、その値(y)をその区間の中央値(x)の値に対しプロットすると Fig. 1 のような関係が得られた。 x および y はそれ長さおよび個数の指數を用いた。横軸は \sqrt{x} を用い縦軸は $\log y$ を用いているので、地疵分布函数は次のように示される。

$$y = Ae^{-B\sqrt{x}} \quad (1)$$

ただし A および B は x には無関係な定数。

(1) 式は地疵分布の密度函数であり、この式を解くことにより(イ)地疵総個数(n), (ロ)地疵総長さ(l), (ハ)地疵長さ a を越える巨大地疵が表われる数(n_a)等の重要な問題が A および B の値のみにより求めることができる。

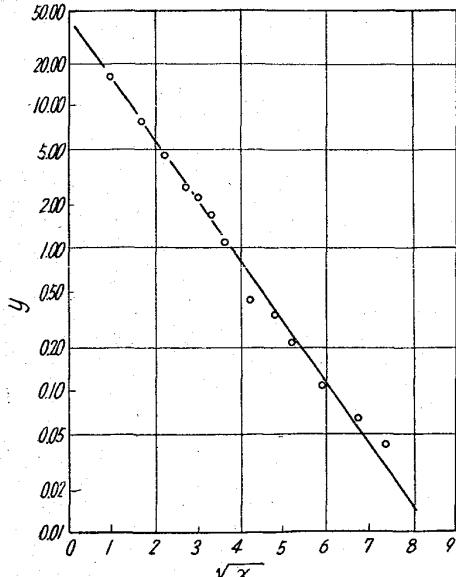
(イ) 地疵総個数(n)

地疵個数は式(1)から式(2)のように示される。

$$dN = Ae^{-B\sqrt{x}}dx \quad (2)$$

したがつて式(2)について $x=0$ から $x=\infty$ まで積分することにより総個数 n は求められる。

$$n = 2A/B^2 \quad (3)$$



x = length of sand seam (index)
 y = number of sand seam (index)
 Fig. 1. Distribution of sand seam.

(ロ) 地疵総長さ(l)

地疵総長さは式(1)より導びかれる式(4)により求めることができる。

$$dl = Axe^{-B\sqrt{x}}dx \quad (4)$$

式(4)を $x=0$ から $x=\infty$ まで積分すると地疵総長さ(l)は式(5)のように求まる。

$$l = 12A/B^4 \quad (5)$$

(ハ) 地疵長さ a を越える巨大地疵の個数(n_a)

長さ a を越える地疵の数は式(2)を $x=a$ から $x=\infty$ まで積分することにより求めることができる。

$$n_a = (2A/B^2)e^{-B\sqrt{a}}(\sqrt{a}B+1) \quad (6)$$

以上地疵の最も重要な問題点である3つの点について地疵分布函数の A および B の定数さえ定まればすべて計算により求められることを示した。したがつて A および B の定数がいかなる意味の値であり、また製鋼要因といかかる関係があるかを知ることができれば、製鋼要因を事前に制御することにより、地疵の全ての因子を制御することができるようになる。

(2) 分布函数の A および B と製鋼要因について

Fig. 1 からも分るように A は $x=0$ の y の値を示している。したがつて A の大小は微小地疵の個数の大小であり、さらに微小地疵の個数は地疵総個数の大半を占めているので、地疵総個数の大小と深い関係を持つ。したがつて A は介在物の量と最も深い関係があると考えられたので取鍋下試料のサンド量との関係を調べた。 A は地疵総長さ(l)と地疵総個数(n)を用いて式(3), (5)より導かれる式(7)により求めることができる。

$$A = 3n^2/l \quad (7)$$

式(7)を用いて各溶解の地疵総個数および地疵総長さより A を求め、その値とその溶解の取鍋下試料のサンド量(Al_2O_3 と SiO_2 のそれぞれの酸素の和を使用)との関係を調べた結果 Fig. 2 のように両対数グラフで直線的に示された。また鍋下サンドと鍋下酸素との間にも関係があるので A は鍋下酸素とも、Fig. 2 と同様な関係があつた。Fig. 2 から A とサンド量($[\text{O}]_{\text{sand}}$)との式を求めるとき、

$$A = 5.35 \times 10^6 \times [\text{O}]^3_{\text{sand}} \quad (8)$$

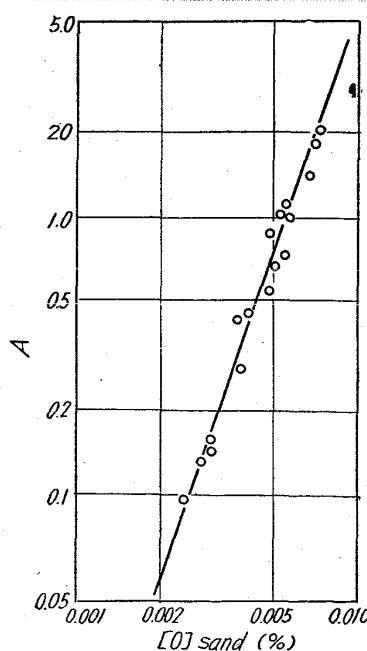


Fig. 2. Relation between
 $[\text{O}]_{\text{sand}}$ and A .

ここで 5.35×10^6 の値は地疵の長さおよび個数の指數のとり方により異なる。

B は Fig. 1 からも分るように地疵の大きさの分布状態を示す値で、

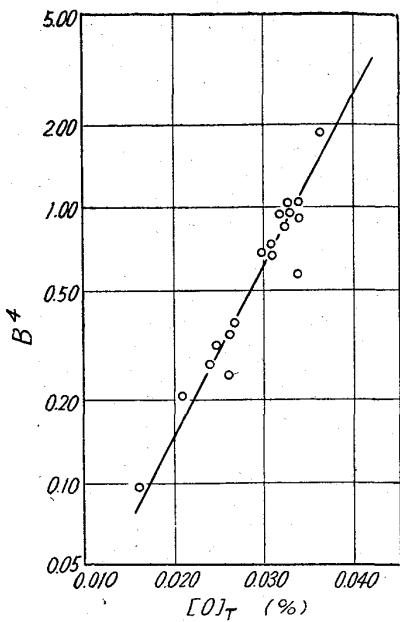
Fig. 3. Relation between $[O]_T$ and B^4 .

Fig. 1 の直線の勾配を表わしている。したがつて大きな地疵になりやすいか否かを B は示しておる、これは介在物の組成と最も強い関係があると思われる。この関係について X 線マイクロアナライザおよび顕微鏡試験からも定性的に認められた。ここで介在物組成は添加脱酸剤の量が一定であるから脱酸前の酸素量によって決められると考えられるので、 B と出鋼前酸素 $[O]_T$ との間の関係を調べた。 B は A と同様に各溶解について式(3), (5) より求められる式(9)により求めた。

$$B^4 = 36n^2/l^2 \quad \dots \dots \dots \quad (9)$$

Fig. 3 の横軸には出鋼前酸素 $[O]_T$ を用い、縦軸には $\log B^4$ を用いて示してある。ここで B を用いず B^4 を用いたのは地疵総長さを求める際に 4 乗することにより誤差が大きくならないようにするためである。

Fig. 3 より B^4 と $[O]_T$ との式を求めると次式のようになる。

$$B^4 = 0.0085e^{143[O]_T} \quad \dots \dots \dots \quad (10)$$

この式から分ることは $[O]_T$ が小さくなると B は小さくなり、大きな地疵の出現率が高くなることを示していると考えられる。すなはち Al_2O_3 に富むと地疵は巨大化するという結果となる。試験の範囲では大きな地疵が現われるのは底部の中心部であり、その地疵を顕微鏡でみると地疵は大きな Al_2O_3 が点々と連なつてゐるものであり、1 つ 1 つの介在物は X 線マイクロアナライザで分析した結果 Al_2O_3 であることも明確となつた。したがつて $[O]_T$ を低くし Al_2O_3 に富みすぎた介在物にすると沈澱晶の生成機構により²⁾ 選択的に介在物が集合し、大型の地疵として現われることも考えられる。しかしこの理論的解明にはさらに多くの資料も必要とし今後の問題としたい。

$[O]_T$ の他に B は SolAl とも関係があり、SolAl が大きいほど B は小さくなつた。

以上 A および B を $[O]_{sand}$ および $[O]_T$ により求められることがわかつた。すなはち地疵を少なくするには $[O]_{sand}$ をできる限り少なくすればよいことがわかる。

$[O]_{sand}$ は $[O]_T$ と不明瞭であるが関係がある。この関係を Fig. 4 に示す。これより出鋼前の酸素をできる限り下げればよいことがわかる。しかし脱酸剤（特に Al）添加量を一定にして $[O]_T$ を下げるとき B の値が小さくなり、式(5)からもわかる通りに地疵には悪い影響を示す。し

かし B は恐らく介在物組成により決まる値と考えられるので出鋼前酸素を下げた場合には添加 Al を少なくし、介在物組成は B の値を下げないように調節すればよい。実際にはこの鋼種には SolAl の規格があり B はおのずと定まつて来る。したがつて地疵を減少するには SolAl を規格に入れるようにしながら出鋼酸素をできるだけ低下されなければよいかと云うことは地疵総長さと許される地疵の大きさにより決まる。すなはち地疵総長さを L 以下、 a を越える大きな地疵の個数を N 以下にしようすれば、式(5)と式(6)に $l < L$ および $n_a < N$ を条件としてつけ、同時に両不等式を満足する A を求め、Fig. 4 を利用して出鋼酸素をいくらまで下げればよいかを求めればよい。

以上求めた式がどの程度の精度で地疵総長さを推定できるか否かを調べた結果 Fig. 5 のようになった。横軸は出鋼前酸素とサンド量より計算して求めた地疵総長さで、縦軸は実測値である。

IV. 結 言

(1) 地疵分布函数を求めた。

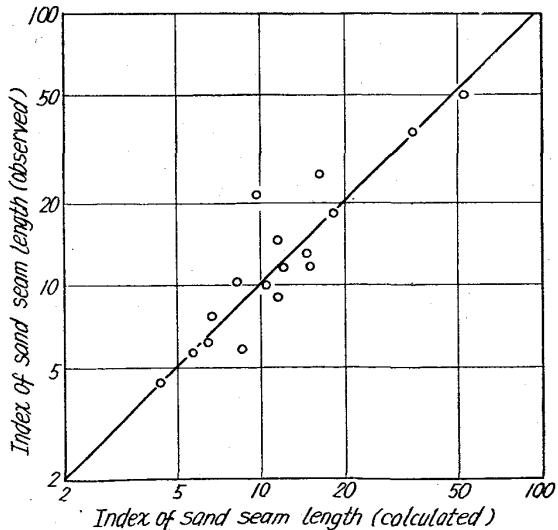


Fig. 5. Comparison between calculated and observed sand seam length (index)

(2) 分布函数を構成する因子AおよびBを求めるところにより地盤の特性は計算できることがわかつた。

(3) AおよびBは製鋼要因から求められることがわかつた。(ただし造塊条件は一定のものとしている。)

(4) 以上から希望する地盤の良鋼を得るために出鋼前の酸素をいくらにすべきかも計算で求められることができた。

文 献

- 1) 大久保, 桜井: 鉄と鋼, 50 (1964), 3, p. 480~482
- 2) P. H. SALMON COX and J. A. CHARLES: J. Iron & Steel Inst. (U. K.), (1963) Oct. p. 863~872

(121) 低 C-Cr-Mo 鋼の鋼塊内部に現出する網状硫化物の生成に関する実験

三菱製鋼, 長崎製鋼所

田代晃一・荒木良平・○轟木透

Study on the Formation of Sulphide Networks at the Center Zone of Low C-Cr-Mo Steel Ingots. pp. 1854~1857

Kōichi TASHIRO, Ryōhei ARAKI
and Tōru TODOROKI.

I. 緒 言

高温高圧用の低 C-Cr-Mo 鋼の鍛造用鋼塊において、熱間強度の点から Al その他の強い脱酸剤を使用せず、しかも S 含量も低いにもかかわらず、鋼塊内部にかなり著しい網状硫化物が発生し、もし鍛造の際加工方法が不具合であると、これらを起点とした亀裂状欠陥が製品に残留することが確かめられた。一般に網状硫化物の生成は粒度調整を目的として Al を添加する場合などに認められる現象で、その主因は Al などの強い脱酸剤により、溶鋼の酸素含有量が減少し、これに伴ない S の溶解度が増大することによるものと説明されている。しかし一般の中炭素キルド鋼では、Al 添加を行なわない場合は炭素鋼、低合金鋼を問はずほとんどこの現象が認められない。したがつてこの低 C-Cr-Mo 鋼の網状硫化物

の生成原因について、1, 2 の実験を行ない、その原因を確かめてみた。

II. 実験方法

一般に鍛造品として溶製される鋼種は、中炭素の炭素鋼および低合金鋼が大多数を占め、かかる鋼種は少なくとも凝固時に包晶反応を有するか、あるいはさらに高炭素となるとオーステナイト (γ 晶) のみで凝固を終る範囲に属するものである。一方問題の高温高圧用 Cr-Mo 鋼は、例えば Table 1 No. 7 に示すように、比較的低炭素の鋼種に属するとともに Cr, Mo いずれもフェライト (α 晶, δ 晶) の安定元素であり、凝固時の δ 晶領域が広がる鋼種に属する。したがつてこれらの凝固様式の相違が鋼塊内部の網状硫化物生成と関連があるのではないかと推測されたので、まず C-鋼により 30 kVA 高周波炉で 6 kg の小型 C-鋼々塊を溶製し予備試験を行なった結果、低 C-鋼 (C=0.08%) においてかなり著しい網状組織が認められたが、中 C-鋼では C 含有量が高くなるとこれが消失することを確認した。したがつて本実験として 120 kVA 高周波炉により溶解を行ない、これを 120 kg の菊型鋼塊に造塊した試料についてさらに実験を行なつた。供試鋼塊の溶製成分を Table 1 に示す。これらの成分により C-鋼および Cr-Mo 鋼について網状硫化物の生成と C 含有量との関係を調べるとともに、併せて一般に網状硫化物生成に大きな影響を持つといわれる Al を添加した場合の影響、および溶鋼の化学成分を同一とし、S 含有量のみを変化させた場合の網状組織の生成に対する影響を調査した。

供試鋼塊は横断面および縦断面について、ダイチャック、サルファープリント、マクロ腐食、ミクロ組織を調査し、さらに C-鋼の一部については中心部の偏析状況を調査した。

III. 実験結果

(1) 成分偏析

供試鋼塊中、No. 1 (低-C), No. 4 (高-S, 低-C) No. 5 (中-C), No. 6 (高-C) のそれぞれについて、鋼塊の成分偏析を調査したがほとんど偏析は認められず、この程度の大きさの鋼塊では、マクロ的な成分偏析はないと考えられ、したがつて鋼塊内部の網状硫化物は偏析による中心部の S の富化に因るものではないことを

Table 1. Chemical composition of tested ingots.

King of Steel	Mark	Chemical composition (%)							
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Al
C-Steel	1	0.06	0.32	0.51	0.018	0.017	—	—	—
	2	0.08	0.17	0.51	0.012	0.023	—	—	0.012
	3a	0.09	0.46	0.45	0.010	0.024	—	—	0.046
	3b	0.10	0.28	0.65	0.009	0.014	—	—	0.155
	4	0.07	0.11	0.55	0.011	0.040	—	—	—
	5	0.18	0.23	0.48	0.014	0.012	—	—	—
	6	0.42	0.26	0.57	0.014	0.013	—	—	—
CrMo Steel	7	0.08	0.36	0.34	0.013	0.012	2.90	1.06	—
	8	0.08	0.36	0.35	0.012	0.012	2.77	1.06	0.015
	9	0.17	0.27	0.47	0.015	0.022	2.04	0.96	—
	10	0.28	0.21	0.53	0.014	0.016	2.00	1.04	—