

- p. 73~80
- 3) J. CADEK: *Steel & Coal*, 20 (1963), September, p. 552~560
 - 4) 永見, 他: *鉄と鋼*, 44 (1958), p. 1365~1372
 - 5) 大庭, 他: *鉄と鋼*, 47 (1961), p. 1400~1402
 - 6) 大庭, 他: *鉄と鋼*, 48 (1962), p. 490~462
 - 7) A. M. SAMARIN & V. GRIGORYAN: *Izvest. Acad. Nauk. SSSR. Otdel Nauk*, 91
 - 8) 的場, 他編: *新制金属講座 (鉄鋼製錬 I)* (1957), p. 187
 - 9) J. CHIPMAN: *Basic Open Hearth Steel-making 1951*
 - 10) J. CHIPMAN: *J. Iron & Steel Inst. (U.K.)*, 180 (1955), 97
 - 11) 足立, 岩本: *学振 19 委 7170 (介在 87)*
 - 12) M. P. FEDOCK: *J. Metals*, 6 (1954), February, p. 125~127
 - 13) 小池, 他: *鉄と鋼*, 42 (1955), p. 372~375

669.141.241.4-4/2:620.192.45:621.039.85

(119) スカムのまきこみによるリムド鋼の介在物について

(製鋼工場における RI の利用—Ⅵ)

八幡製鉄所, 技術研究所

理博○森 久・松尾 翠・縄田義訓

〃 戸畑製造所 pp/848-1851
柳原保典・増本誠二

Nonmetallic Inclusions of Rimmed Steel Ingot Originated in Ingot Scum.

(Tracer application of RI to steel works—Ⅵ)

Dr. Hisashi MORI, Midori MATSUO,

Yoshikuni NAWATA, Yasunori YANAGIHARA
and Seiji MASUMOTO.

I. 緒 言

リムド鋼を注入したのち溶鋼表面に浮上してくるスカムを除去する作業が一般に行なわれているが, これには 2 つの目的がある. 第 1 はスラムを除去することにより, 溶鋼を大気に接触させて空気酸化によるリミングアクションの促進をねらい, 第 2 には浮上したスカムがリミングアクションによつてふたたび溶鋼にまきこまれ, 鋼塊内に介在物として残留することをおそれるためである.

この第 2 の問題に関して, BAARE¹⁾ は $^{140}\text{La}_2\text{O}_3$ をスカムに投入し, 成品ピレットの放射能分布状況が UST による介在物分布状況と対応していることを見出し, スカムのまきこみによる介在物を重視している.

筆者らは, スカムのまきこみによる介在物の有害の程度を判定するためには, まきこまれる重量を推定する必要があると考え, BAARE らの実験法にならつて試験を進めるとともに, 放射線計測の技術を応用してスカムがまきこまれて成品中に残留する割合を算出し, さらにアイソトープ希釈分析法などにより浮上したスカム重量を定量し, これを相乗してスカムがまきこまれて成品内に残留する重量を推定しようと試みた.

II. 実験方法

1. スカムの ^{140}La による標識法

第 1 の方法として $^{140}\text{La}_2\text{O}_3$ 粉を希塩酸に溶解し, 30~100 メッシュのスカム粉を焼結した多孔質の大豆粒以上の粒にしみこませたのち乾燥した. なお ^{140}La 原液から少量の液を分取して 5cm 角の沓紙にしみこませたものを調製し, 各鑄型に投入する ^{140}La 量 (3~7mC) に対して既知の比 (約 1/2,000) の標準線源を調製した. 各鑄型に投入した標識スカム量は, それぞれ約 200g である. 第 2 の方法として, 並ガラスと研砂をほぼ 1:1 の割合に混合したものに $^{140}\text{La}_2\text{O}_3$ 粉を混合溶解し, 凝固後大豆粒以上の粒度に砕いた.

2. 標識スカムの投入と試料採取

注入終了後所定の時期に, ひしゃくで標識スカムを鑄型に投入し, 木棒でスカムをよくかきまぜて浮上しているスカムに溶解させたのち, 所定の時間々隔で鋼棒の先端にとりつけた鋼片にスカムを凝固付着させて採取した. なお注入終了より約 10min 後とふた置前に鑄型内のスカムをできるだけ完全に採取した.

3. スラブの放射能分布ならびに内部欠陥の測定

底部未切断のままのスラブ表面の縦方向中心線, 1/4 線, 3/4 線上にスキヤニング用台車にとりつけたシンチレーションプローブをおき, 順次計数率を測定した. この場合 RI を含まない鋼片上にプローブをおいてバックグラウンドを計数し, また前述した ^{140}La 標準線源を所定の厚さの鋼板にはさんで計数した. UST による欠陥検査は, クラウトクレマー社製 USIP-9 型 2MC 探傷器で, スラブ巾方向に 5cm 間隔, 長さ方向は 20 cm 間隔で探傷した.

4. スカムがまきこまれた割合の算出法

5cm 角の沓紙に浸みこませた ^{140}La を, シンチレーションプローブの下にブロック状に積重ねた鋼板にはさんでプローブの真下におき, プローブ先端との距離 x を変化させて計数したときの計数率を, x における局所計数効率 $EL(x)$ と定義する. 同じ ^{140}La 線源をプローブの真下だけではなく深さ x の層の無限面積 (実際には直径 30cm の範囲内が有効) に敷きつめた場合の計数率を測定し, これを x における全面計数効率 $ET(x)$ と定義する. $ET(x)$ を x について x_1 から x_2 まで積分したものを積分全面計数効率 $IET(x_1 \sim x_2)$ と定義すれば, これは同じ ^{140}La 線源を x_1 から x_2 の深さ範囲の単位厚さごとに無限面積にしきつめたときの計数効率となる.

さて, 鑄型に投入した ^{140}La の 1/M 量の ^{140}La 標準線源を, プローブの真下の x_s なる深さにおいて計数したときの計数率を $SC(x_s)$ とし, 鑄型に投入した ^{140}La の 1/N 量をスラブ内の深さ x_1 から x_2 の巾 A cm 長さ B cm の体積中の $5 \times 5 \times 1$ cm の N コの体積素片 (この数 N は $A \times B \times (x_2 - x_1) / 25$ となる) のそれぞれに配置したとすれば, そのときのスラブ表面の計数率は, $SC(x_s) \times M \times IET(x_1 \sim x_2) / EL(x_s) \times N$ となるはずである. したがって, 成品スラブの表面を実際に計数したときの平均計数率を OC とすれば, 鑄型に投入した ^{140}La 全量のうち成品スラブ内の深さ $x_1 \sim x_2$ 巾 A cm 長さ B cm の体積中に均一に分布した ^{140}La の割合 $X\%$ は, $OC \times EL(x_s) \times N \times 100 / SC(x_s) \times M \times IET(x_1 \sim x_2)$ とな

る。このように、まきこまれたスカムが分布する場所を仮定すれば、スカムがまきこまれて成品中に残留する割合 $X\%$ を算出することができる。

5. スカム生成量の定量法

注入終了より i 時間後に採取したスカム試料を粉砕したのち磁選して、ある重量 W_i を ^{140}La 標準線源と同一の幾何学的条件で計数したときの計数率を S_i とすれば、注入終了より i 時間後のスカム生成量 X_i は、 $SC \times M \times W_i / S_i$ として算出できる。SC と M の意味は前述した。このようなアイソトープ希釈分析法が適用できるために、条件として、(1) 鑄型に投入した ^{140}La は浮上したスカムに均一に混合すること、(2) 浮上した溶融スカム相以外の系に移行する ^{140}La 量——たとえば鋼塊内にまきこまれる ^{140}La 、鋼塊頭部のリムに凝固付着する ^{140}La 、試料として系外に持去られる ^{140}La など——は投入 ^{140}La 全量に比べて無視できるほど小さいことが必要である。条件 (2) が成立しないときは、 X_i として過大な値が算出されることになるので、アイソトープ希釈法による値は、真の値の上限を保証するものと考えられる。

つぎに鑄型内からできるだけ完全に採取したスカムを、ジョークラッシャーで粉砕後磁選して実秤した。この方法は直接法としての利点はあるが、鑄型内のスカムを完全に採取することは不可能であること、鋼にまきこまれたスカムはクラッシャーによつても分離できないことなどの理由で、真のスカム生成量の下限を保証するものと考えらるべきであろう。

III. 実験結果と考察

実験条件と結果の概要を Table 1 に示したが、すべて上注鋼塊を対象にした。実験 I と II ではビレットに、その他はスラブに圧延されたが、これらの放射能分布と UST の探傷結果を Fig. 1 に示す。図の横軸はクロップつきのスラブ下端を原点としたスラブ長さであり、ト

ップクロップも含めたスラブ長さを図中に記入したが、トップクロップは極めて高い放射能を有するため、その放射能は図に記していない。また、UST における欠陥波高値を F_1 、底面波高値を B_1 とし、 $F_1/B_1 < 25\%$ のときの評点を 1、 $25\% \leq F_1/B_1 < 100\%$ のときを 2 点、 $F_1/B_1 \geq 100\%$ を 3 点、 $B_1 < 10\text{mm}$ を 4 点、 $B_1 = 0$ を 5 点として各巾方向について集計し、巾方向の探傷点数に対する割合を算出し、欠陥%として図の縦軸に示す。

1. スラブの放射能分布と UST 欠陥分布

Fig. 1によると、放射能分布状況はさまざまであるが、大別すると、(1) 鋼塊ボトム部に著しいピークが認められる場合は、試験 II・VII・IX・X・XIII・XV の 6 例であり、(2) ボトム部にピークらしきものが認められる場合は III・V・VI・XIII・XII・XIII の 6 例であり、(3) ボトム部にピークが認められない場合は I・IV の 2 例のみである。このことから、まきこまれたスカムが鋼塊ボトム部に多くトラップされる場合が多いことがわかる。一方 UST による探傷結果をみると、試験スラブはリムド鋼としては欠陥の少ない部類に属することがわかる。スラブボトム部末端の欠陥はメカニカルパイプによることが多いので、これを除外して考えてみても、放射能分布と UST 欠陥分布との対応は認め難く、BAAREらの結果とは一致していない。

リムド鋼塊内の酸化物系介在物はボトム部に多く存在することはよく知られており、また前報で述べたごとく、注入終了より約 5min からふた置きまでの間に凝固はしていないが湯動きがほとんどない粘度の高い相がボトム部に生成してゆくことがわかっている。これらのことから、浮上したスカムは、リミングアクションによる溶鋼流によつて鋼塊内にまきこまれ、脱酸生成物粒子と全く同様な挙動にしたがい、注入終了後順次鋼塊底部に滞留する粘度の高い相にトラップされたまま残留するものと考えられる。

まきこまれたスカムも他の介在物と同じ挙動にしたがい

Table 1.

Test No.	State of tagged ^{140}La	Period of ^{140}La addition min. from end of pouring	Composition of steel		Ingot		Pouring metal temp. °C	Ratio of absorbed scum to total scum %	
			C %	Mn %	Weight t	Height cm		A*	B**
I	La_2O_3 in glass	15	0.07	0.45	5.0	180	—	—	—
II	"	3	0.08	0.41	5.0	180	—	—	—
III	La aq. soln. to sinterd scum	15	0.08	0.33	18.3	250	1560	0.33	0.66
IV	"	0	0.08	0.33	18.3	250	1550	0.27	0.65
V	"	0	0.07	0.35	11.1	235	1544	0.20	0.48
VI	"	0	0.07	0.35	11.1	235	1543	0.18	0.43
VII	"	0	0.08	0.36	11.1	235	1566	0.25	0.60
VIII	"	0	0.07	0.33	12.1	255	1525	0.30	0.72
IX	"	0	0.09	0.35	12.1	255	1559	0.19	0.47
X	"	0	0.08	0.30	11.1	235	1555	0.20	0.48
XI	"	0	0.08	0.32	11.1	235	1530	0.15	0.37
XII	"	0	0.08	0.32	11.1	235	1530	0.21	0.51
XIII	"	0	0.08	0.38	11.1	235	1530	0.18	0.44
XIV	"	0	0.08	0.38	11.1	235	1539	0.27	0.64
XV	La_2O_3 in glass	0	0.08	0.38	11.1	235	1539	0.27	0.64

*A: Calculated by an assumption that absorbed scum distributed in whole unsolidified volume of ingot.

**B: Calculated by an assumption that absorbed scum distributed on plane of half-thickness of slab.

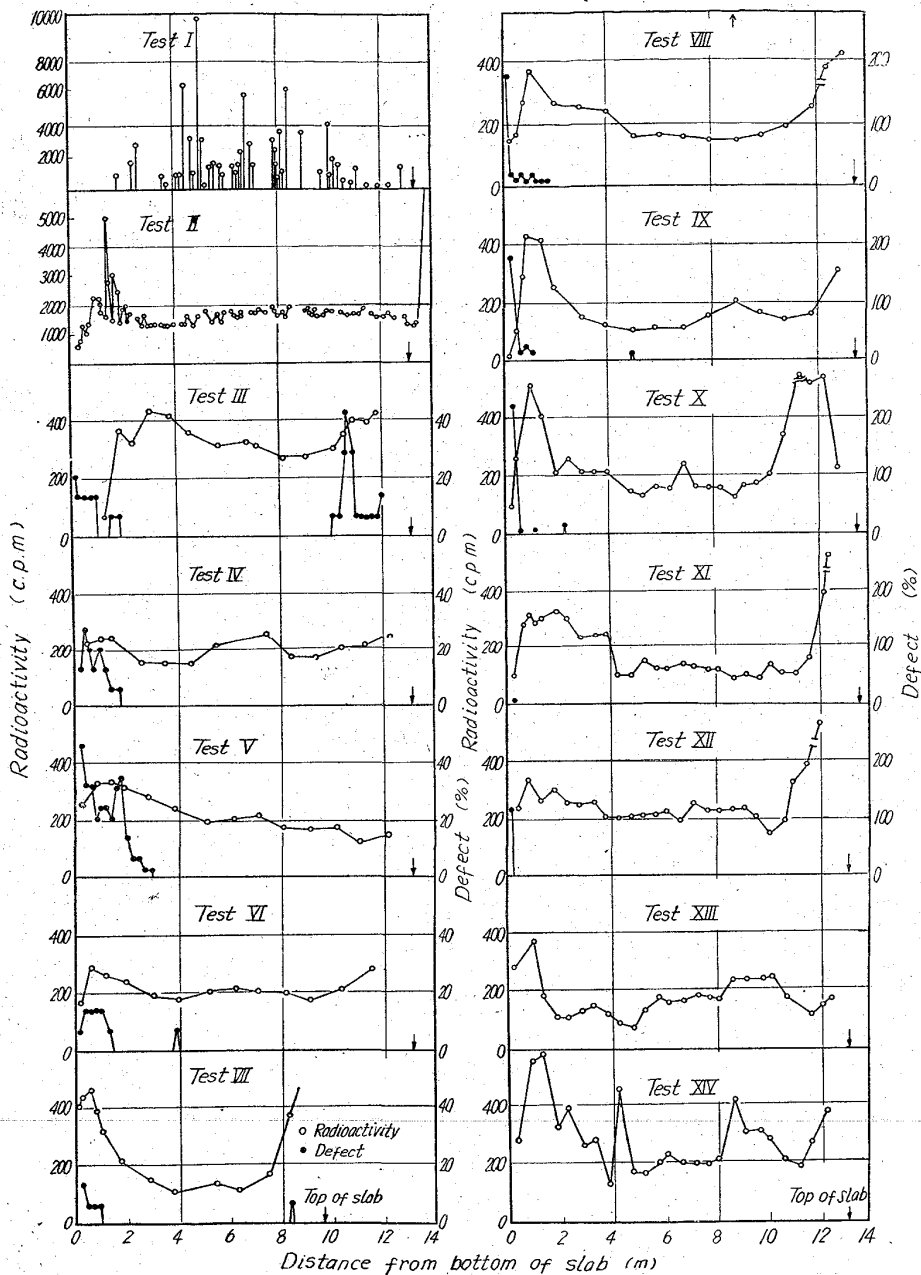


Fig. 1. Distribution of radioactivity and defect by ultrasonic test along the longitudinal direction of the slab.

うと考えれば、介在物の多い鋼塊については、放射能ピークと UST 欠陥が対応することになり (BAARE らの場合)、介在物の少ない鋼塊については、放射能ピークは検出されるにせよ、介在物が少ないため UST 欠陥としては検出されない (筆者らの場合) 結果になると推測される。

なお、 $^{140}\text{La}_2\text{O}_3$ をガラスに混合溶融したものを投入した場合は試験 I・II・XIV のみであるが、試験 I のみは、点状に放射能の高い点が鋼塊のミドル相当部に分散している。点状に分散した理由は、試験 I で使用した $^{140}\text{La}_2\text{O}_3$ の粒度が大きかったため、スカムに均一に溶解せず、そのままの形で鋼塊内に分散したためであろう。試験 II と XIV では 3μ 以下の粒度の $^{140}\text{La}_2\text{O}_3$ を使用したためか、焼結したスカムに ^{140}La 溶液を浸みこませたものを投入

した試験の結果との有意差は認められない。

2. スカムの生成量

アイソトープ希釈法によつて求めたスカム生成量の 1 例を、Fig. 2-A に、直接秤量法によつて求めた 1 例 (試験鋼塊以外の他の鋼塊を対象とした) を Fig. 2-B に示す。Fig. 2-A は原点を通らない直線とみなされ、Fig. 2-B は原点を通る直線とみなされるが、注入終了時にすでにスカムが浮上している状況から判断して、Fig. 2-A の傾向が正しいと考える。スカム生成量は、予想のごとくアイソトープ希釈法で求めたものの方が大きい、注入終了より 20min までに溶鋼 t 当り 0.5 ~ 3kg のスカムが生成することがわかる。

3. スカムがまきこまれた割合

まきこまれたスカムが分布する範囲の仮定として、(1) ^{140}La 投入時の未凝固容積内に鋼塊短辺方向に均一に分布する、(2) 鋼塊の中心軸を通る長辺方向縦断面にのみ分布する、という 2 通りの仮定をたてて、スカムのまきこみ % を算出し結果を Table 1 に記入した。鋼塊内の介在物分布の常識から、より可能性の小さいと考えられる仮定 2 にしたがつて求めた値のほうが、仮定 1 によつて求めた値より大きい、なおかつスカムのまきこみ % は、0.7% 以下という極めて小さな値にすぎないことがわかる。

4. スカムがまきこまれて

成品内に残留する重量

前述した結果から、最も厳しい仮定として、スカムのまきこみ % を 0.7% とし、スカム量を溶鋼 t 当り 3kg とし、ボトムのコア部に偏在するスカム量をスラブ平均の 3 倍とすると、まきこまれたスカムがスラブボトム部に残留する量は、鋼の重量の 0.006% にすぎないことになる。リム鋼塊ボトム部のコア部の酸化物系介在物量は、0.2% 程度であるから、スカムのまきこみによる介在物は、酸化物系介在物の 3% を占めるに過ぎないことになる。成品の欠陥の原因となるものは大介在物であり、3% 以下という割合だけでスカムのまきこみは無害であると結論することは早計であろうが、スラブのスキヤニング結果では、スラブ全面にわたつて異常に高い放射能を示す点——大粒度のスカムがまきこまれた点—

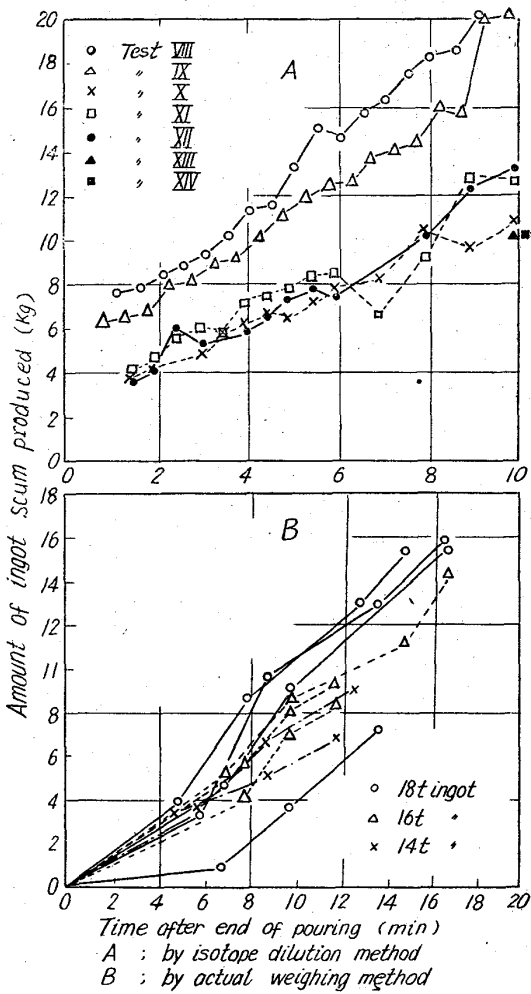


Fig. 2. Relation between amount of ingot scum and time after end of pouring.

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——良好なり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、り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

¹⁴⁰La 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 0.5~3kg 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

1) 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)

日本鋼管, 技術研究所 No. 64282
大久保 益太・榊井 明
川崎製鉄所 楯 昌久

On the Function of Sand Seam Distribution.

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

Masuta OKUBO, Akira MASUI, and Masahisa TATE.

I. 結 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き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 150t 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

ブロッキング: 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