75 (1950) p. 227

7) S. I. POPEL: Izvest. V. U. Z. Chernaia met.
(1963) No. 12, 5

662,14-42:621,746,622:621,780,62,3

(116) 地疵の生成におよぼす不活性雰 囲気造塊の影響

愛知製鋼

小田昭午・〇堀 英世・森 甲一・加藤智也

The Effect of the Teeming in the Prote-
ctive Atmosphere on the Origin of
Sand Seams.

Shogo ODA, Hideyo HORI,
Kōichi MORI and Tomoya KATŌ.

I. 緒 言

鋼材に発生する地疵の生成原因の一つに、造塊過程において溶鋼のうける空気酸化が一般に考えられている。著者らは鋼材に発生する地疵の研究の一環として、不活性雰囲気造塊および大気造塊を実施し、鋼材の地疵発生傾向、ガス含有量および酸化物型介在物に対する溶鋼の空気酸化の影響を調査した。本報ではその実験結果を報告する。

II. 不 活 性 雰 囲 気

不活性雰囲気造塊を行なう場合、雰囲気調整のため取鍋脱ガス用真空タンクを利用した。その概略図を Fig. 1 に示す。タンク内の空気は高純度 N₂ ガス (日本酸素製、純度 99.995% N₂) で十分置換した。N₂ ガス置換の結果を Table 1 に示す。真空タンクの注入口シール板には、アルミニウム板あるいは薄鉄板を用いた。タンク内の N₂ ガス置換終了後も casting の終るまで絶えず少量のガスをタンク内に送入して空気の混入を防止した。

Fig. 1. Assembly of teeming in protective atmosphere.

III. 実 験

本実験の実験鋼種として、空気酸化を受けやすいと思われる合金肌焼鋼クロム鋼 22 種 SCr22 を選んだ。10 t 塩基性電気炉で溶解し、出鋼後取鍋に脱酸および結晶粒度調整用 Al を 500 g / t 添加して、以後の各種雰囲気での造塊に供した。実験は 3 回行ない。造塊法としてはいずれも上注法を採用した。なお取鍋- casting 間の距離は、不活性雰囲気造塊の場合はタンクの構造工 850 mm、大気造塊の場合は 850 mm および 250 mm で行なつた。

IV. 実 験 結 果

(1) 鋼 塊 鑄 肌

3 回の実験を通じて不活性雰囲気造塊した鋼塊の肩部表面には、タンクの注入口シール板の材質や casting 速度に

Table 1. Results of nitrogen replacement in tank.

Exp.	1 st Exhaust		1 st Supply		2 nd Exhaust		2 nd Supply		3 rd Exhaust		3 rd Supply	
	t	p	t	p	t	p	t	p	t	p	t	p
1	15	4	1 1/2	130	7	30	2	125	8	14	9	≧760
2	20	5	1 5/6	88	5	16	1 1/2	120	7	13	12	≧760
3	14	4	2	94	5	15	2	120	6	15	10	≧760

Note; t: Spent time (sec.) P: pressure after exhaust or supply. (mmHg)

Table 2. Gas contents.

Exp. No.	Atmosphere Gas	1		2		3	
		O (%)	N (%)	O (%)	N (%)	O (%)	N (%)
Nitrogen		0.0041	0.0109	0.0039	0.0118	0.0040	0.0116
	Air-1	0.0041	0.0111	0.0044	0.0112	0.0042	0.0103
	Air-2	0.0043	0.0112	0.0044	0.0116	0.0039	0.0101

Note; Air-1: Ladle-Ingot Case Distance 850mm

Air-2: Ladle-Ingot Case Distance 250mm

無関係に常に砂噛みを発生した。一方大気造塊した鋼塊には全く認められなかった。不活性雰囲気造塊の場合は塗型剤の燃焼が全く起らず、そのために砂噛みが発生したと思われる。

(2) ガス含有量

各雰囲気で造塊された供試材のガス含有量を Table 2 に示した。いずれの成分も造塊雰囲気の影響は認められなかった。

(3) 地疵発生傾向

3 回の実験の各雰囲気造塊鋼塊を 100mm ϕ に圧延し、top 部から bottom 部にかけて 4 コの試験片を採取して JIS G0556 の地疵肉眼試験法により試験した。試験結果の一例を Fig. 2 に示す。試験の結果チャージ間および鋼塊内相互位置間の地疵発生傾向の差は認められたが、造塊雰囲気による地疵発生傾向の差は認められなかった。

したがって造塊時の溶鋼の空気酸化は、鋼材に発生する地疵の生成に対して影響を与えないか、あるいは地疵試験の測定値に影響しない程小さいと考えられる。

(4) 非金属介在物

(i) 酸化物

試験材より温硝酸法により酸化物を定量した結果を Table 3 に示す。酸化物は Al_2O_3 と SiO_2 が主成分であるが、铸造雰囲気と酸化物組成および量の間には何等の傾向も認められず、したがって溶鋼の空気酸化は鋼中の酸化物に対して殆んど影響を与えないと考えられる。

(ii) 清浄度

清浄度試験の結果清浄度と造塊雰囲気の間には何等の関係も認められなかった (Fig. 3)。

Note: T, TM, MB and B denote the top, the top side of middle bar, the bottom side of middle bar and the bottom in the ingot respectively.

Fig. 2. Effect of teeming atmosphere on the occurrence tendency of sand seams (Exp. No. 2)

Table 3. Amounts of oxide inclusions.

Exp. No.	Atmosphere	Oxide inclusions (%)				
		SiO_2	Al_2O_3	MnO	FeO	Cr_2O_3
1	Nitrogen Air	0.0021 0.0024	0.0061 0.0054	0.0002 0.0002	0.0052 0.0003	0.0002 0.0001
2	Nitrogen Air	0.0022 0.0023	0.0047 0.0052	0.0001 0.0002	0.0055 0.0050	0.0001 0.0001
3	Nitrogen Air	0.0021 0.0024	0.0042 0.0036	0.0002 0.0003	0.0006 0.0004	0.0002 0.0003

Fig. 3. Relation between the teeming atmosphere and cleanliness.

V. 結 言

造塊過程で溶鋼のうける空気酸化が鋼材の地疵発生傾向、ガス含有量および酸化物にどのような影響を与えるかを調べるため、不活性雰囲気造塊および大気造塊を行なつて比較検討した結果、

(i) 鋳込時の溶鋼の空気酸化が地疵生成の一原因と一般に考えられているが、本実験結果では不活性雰囲気造塊と大気造塊の地疵発生傾向には有意差は認められず、したがって地疵の生成に対して溶鋼の空気酸化は影響しないと考えられる。さらに肌焼鋼以上の炭素含有量の鋼材の地疵の生成原因については、鋳込時の溶鋼の空気酸化は考慮しなくても差支えないようである。

(ii) 不活性雰囲気造塊の場合、大気造塊に較べてその鋼材の酸素含有量、酸化物の組成および量に差は認められない。

(iii) 不活性雰囲気造塊の場合、常に鋼塊肩部表面に砂噛みを発生した。これは塗型剤が燃焼しないため発生したと思われる。

文 献

- 1) 高尾, 他: 鉄と鋼, 49 (1961), p. 1156
- 2) 前川, 中川: 鉄と鋼, 41 (1955), p. 581
- 3) 前川, 中川: 鉄と鋼, 43 (1957), p. 1098
- 4) 前川, 中川: 鉄と鋼, 43 (1957), p. 1216
- 5) 石原, 他: 鉄と鋼, 44 (1958), p. 326

(117) 大型鋼塊における巨視的非金属
介在物の生因について

神戸製鋼所, 中央研究所

工博 成田貴一・○富田昭津・村上康雄

On Origin of Macroscopic Nonmetallic
Inclusions in Heavy Steel Ingot.Dr. Kiichi NARITA, Akitsu TOMITA
and Yasuo MURAKAMI.

I. 緒 言 PP1843~1845

大型鋼塊の造塊に関する研究の一環として, 本研究においては鍛造用大型鋼塊においてしばしば問題となる砂疵欠陥をとりあげ, その防止対策上の見地より砂疵を構成する巨視的非金属介在物(以下単に介在物と記載する)の生成経路について 2, 3 コの検討のおこなった。以下その実験結果をかんたんに報告する。

II. 実験方法

大型鋼塊における砂疵, すなわち巨視的介在物の生因を把握するため, 塩基性電弧炉溶製の炭素鋼を対象とし, 出鋼前後, 取鍋内鎮静中, 真空造塊後の鋳型内の各時期について溶鋼, スラグまたはスカム, 耐火材などの試料を採取し光学顕微鏡の観察, 電子顕微鏡の観察, 化学分析, X線回折, 電子線回折などによって造塊過程における巨視的介在物の生成経路とその挙動を調べた。

III. 実験結果および考察

出鋼から造塊過程を通じて内生的および外来的介在物の生成経路を考えると, (1) まづ出鋼に際しては, ばげしい溶鋼の運動にともなつてスラグが溶鋼中に分散され混入するとともに, (2) 取鍋耐火材が機械的に侵食され, とくに溶鋼流の激突する部分では耐火材の侵食と溶損が顕著におこる。また (3) 出鋼時, 大気と接触する溶鋼の表面積が著しく拡大されるので溶鋼の大気酸化も顕著に進行し, (1) および (2) 式の反応にしたがつて直接または間接的に溶鋼中の Mn および Si などの脱酸素元素が酸化され, MnO, SiO₂ などの酸化物を生成するとともに溶鋼中の Mn および Si は酸化消耗される。

すなわち Fig. 1 にしめしたように出鋼時溶鋼中の Mn および Si が急激に減少するとともに溶鋼中の ΣO は増加する。

また溶鋼中に混入して分散した耐火材の機械的侵食物や炉中スラグ, ならびに溶鋼中で生成された脱酸生成物などは相互に反応して複雑な化学組成をもつた化合物に変化するが, 前者のようにして混入分散した粒子は比較的に大きく, Stokes の法則にしたがつて浮上分離する。この際, 溶鋼中の脱酸生成物の 1 部はこの粒子に吸着されて浮上し, 取鍋内のスラグ層に移行する。したがって受鋼後取鍋内で鎮静中に溶鋼中の ΣO ならびに ΣOxide は Fig. 1 にしめしたように急激に減少すると考えられる。そして溶鋼の運動が着着くとともに溶鋼の大気酸化も無視し得る程度になり, これらにもとづく介在物の生成は漸次少なくなる。いま取鍋内における溶鋼の対流の影響が無視し得る程度になつたとすれば, Stokes の法則にしたがつて大きな粒子から順次浮上し, 比較的微細

Fig. 1. The behavior of chemical composition of molten metal in ladle and mold during from tap to cast.

な酸化物だけが溶鋼に残る。たとえば 60 t 取鍋内の溶鋼深さを約 170cm, 酸化物の平均密度を 3 と仮定すれば, 鋳込作業が開始される時点においては少なくとも約 60 μ 以上の粒子は浮上し終つており, 溶鋼中に残るものは約 60 μ 以下の微細粒子であると考えられる。

一方この間に取鍋耐火材または耐火材表面の変質層と溶鋼中の活性元素または酸化物との反応が徐々に進行する。すなわち大抵の鋼種の溶鋼はその成分組成上, 一般に平衡濃度以上の Mn を含んでいる。溶鋼中の Mn と SiO₂ との反応については W. KRINGS, E. KEHREN, F. KÖRBER らの研究があり, (3) 式の反応の平衡恒数は (4) 式で表わされる。

$$\log K = \log \left[\frac{\% \text{Mn}}{\% \text{Si}} \right] \cdot \frac{(\text{SiO}_2)}{(\text{MnO})^2} \\ = 31177/T - 2.757 \dots (4)$$

反応は溶鋼中の Mn 量を減少せしめようとする方向, すなわち耐火材またはその変質層と反応して平衡に達しようとする方向に進行する。このようにして生成された MnO および大気による溶鋼の直接酸化または間接酸化によつて新たに生成された MnO, (Fe, Mn)O あるいは既成の MnO および FeO 系ケイ酸塩などがさらに耐火材やその変質層の SiO₂ 成分と反応してこれを侵食し, MnO, FeO, SiO₂, Al₂O₃, MgO および CaO などを成分とする低融点の鉄・マンガノ・ケイ酸塩, マンガノ・アルミノ・ケイ酸塩や CaO, MgO などを成分とする複雑なケイ酸塩を形成する。これらの反応は便宜的につぎのように表わすことができる。

取鍋耐火材の変質層は前溶解における取鍋スラグによって侵食された層であり、Fig. 2 の SiO_2 - CaO - Al_2O_3 三成分系平衡状態図に示したような組成範囲の低融点ケイ酸塩を形成する。

またこの種の変質層の化学分析結果によれば MgO を 2~5% 含有しており、したがってこれを考慮すればその融点はかなり低くなり、約 1200°C ~ 1400°C 程度であると推定される。一方真空造塊においては普通の大気造塊の場合に比較して当然出鋼温度が高く、 casting 温度も 1530°C ~ 1590°C の範囲であり、したがって (7) 式の反応によって生じた耐火材表面の変質層は融出し、溶鋼圧の

Fig. 2. Chemical composition of ladle refractories in SiO_2 - CaO - Al_2O_3 system.

Table 1. Results of Chemical analysis of sand marks in heavy ingot.

Specimen	position in ingot	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	CaO (%)	MgO (%)	Fe_2O_3 (%)	MnO (%)
A	Out side	50.50	5.91	7.52	1.31	9.13	24.12
B	"	12.33	51.96	12.63	3.84	13.31	4.01
C	"	11.36	53.54	9.57	2.20	13.59	5.46

Fig. 3. The behavior of slag composition in ladle.

影響の比較的小さい取鍋上部では漸次剝離し、スラグ層に浮上分離する。また同時に取鍋耐火材のスラグ線に相当する部分でも溶融スラグによる侵食がかなり顕著におこるので Fig. 3 に示したように出鋼後時間の経過とともにスラグ組成が変化し、 SiO_2 および Al_2O_3 分が増加し、 CaO および MgO が減少する傾向が見られる。

鎮静後、鋳型内に溶鋼を鋳込む場合、取鍋の下部および底部、とくにノズル周辺では、はげしい溶鋼の流れにともなつて耐火材の変質層あるいは融化層が溶鋼とともに鋳型内に導入される。真空造塊法では鋳込みの際、真空タンクの Al 封板を溶解してタンク内に設置した鋳型内に溶鋼が鋳込まれるわけであり、しかもこの間、大気による溶鋼の酸化は真空造塊の機構上ほとんどおこらないので鋳型内に導入される介在物は、(1) 取鍋耐火材の変質層の溶損に由来するマンガノ・ケイ酸塩、鉄・マンガノ・ケイ酸塩およびマンガノ・アルミノ・ケイ酸塩あるいはこれらに CaO や MgO などのスラグ成分を含んだ複雑な化合物、(2) 比較的微細な脱酸生成物、および (3) 真空造塊に際して溶鋼中に導入された Al と (1) あるいは (2) の既成の酸化物との相互反応によって新しく生成された化合物、すなわち Al_2O_3 、アルミノ・ケイ酸塩、アルミナスピネルあるいはこれに CaO や MgO などを含んだ複雑な化合物、などである。

これらの介在物とくに (1) および (3) に属する化合物のうち、巨視的なものは鋳型内溶鋼中においても短時間内に浮上してスカムを形成するが、比較的微細な介在物は溶鋼中にとどまり溶鋼の凝固とともに捕捉される。

(1) および (3) に属する巨視的介在物でも浮上の過程で凝固速度の比較的速い鋼塊外周部あるいは内部においては樹枝状晶の先端で捕捉されて鋼塊内にとどまる場合もあり、巨視的欠陥の母胎となる。Table 1 はこのような過程によつて生成したと考えられる砂疵欠陥の化学成分組成をしめしたものであり、時として鍛造材において 1~5mm の欠陥を形成することがある。

すなわち大型鋼塊に現出する巨視的介在物とくに鍛造材の致命的欠陥となるような巨視的介在物は耐火材の化学的侵食に付随しておこる機械的侵食または溶損によるものであり、その組成ならびに型態は溶鋼または取鍋内スラグによる侵食程度、真空鋳造時に導入される Al 量(鋳造鋼塊の大きさによつて Al 量は異なってくる) および鋼塊の凝固速度などに左右される。

62/039.85: 620.192.45

(118) トレーサー使用による(造塊用耐火物起源) 非金属介在物の研究

トピー工業、技術部

○和 野 裕・桑 島 英 明

Study on Nonmetallic Inclusions in Steel with Cr_2O_3 Tracer. *pp. 1843-1848*

Yutaka WANO and Hideaki KUWAJIMA.

I. 緒 言

従来、放射性または非放射性トレーサー使用による造塊用耐火物起源非金属介在物の研究^{1)~7)}は、内外において種々行なわれてきたが、そのほとんどは耐火煉瓦を使用して対象を取鍋内のみとか、あるいは湯道のみとかに限定して行なつたものであり、造塊工程全般にわたつて行なつたものはあまり見当たらないようである。

以上の観点から RI 追跡法を実施する予備段階として、取鍋、注入管および定盤湯道煉瓦の各目地モルタル中に非放射性トレーサーとして、 Cr_2O_3 を使用して造塊工程における外来介在物の侵入起源を調査するために行なつたものであるが、若干の成果を得ることができたので、以下その概要を報告する。

II. 実験方法

Cr_2O_3 をトレーサーとして約 10% 含有するモルタルを T 社にて製造し、それを通常操業と同一条件で取鍋、注入管および湯道煉瓦の各目地に使用し、塩基性 15 t 電弧炉により溶製した鋼塊 (420 kg) 各部からサンドを抽出し、サンド中の Cr_2O_3 含有量より、各設定箇所起源の介在物比を推定した。供試鋼は 6 ヒートであるが、操業条件は可及的に同一になるように設定した。なお造塊用耐火物としては、取鍋はロウ石質、定盤、注入管、ストッパーおよびノズルはシャモット質煉瓦で、これら耐火煉瓦中の Cr_2O_3 は痕跡程度である。設定方法としては、次の要領で行なつた。

(i) 取鍋、第 1 定盤の注入管および第 2 定盤湯道半面にトレーサーモルタルを使用 (3 ヒート)

(ii) 取鍋、第 2 定盤の注入管および第 1 定盤湯道半面にトレーサーモルタルを使用 (3 ヒート)

試料採取鋼塊は定盤中央部のものより選び、サンド抽出および清浄度試料は圧延後の頭部 (T)、中部 (M)、底部 (B) の 3 カ所より採取した。サンド抽出は学振温硫酸法で行ない、清浄度測定は学振第 3 法 (点算法) によつた。

III. 実験結果および考察

1. Cr_2O_3 の溶鋼による還元について

追跡子として使用した Cr_2O_3 は融点約 2300°C を有するかなり安定な酸化物であるものの、溶鋼含有成分によつて還元され鋼中合金成分となり、トレーサーとして

Table 1. Chemical composition of tracer mortar* used.

Composition (%)									
SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	Cr_2O_3	lg. loss
66.91	15.24	0.44	0.80	tr.	0.32	0.23	0.64	10.91	4.32

* Sieve analysis results of specimen powders, range of 1,000 to 500 μ was 2~4% and 500 μ under was 98~96%.

Table 2. Chemical composition of steel and casting condition of ingotmaking practice.

Heat No.	Chemical Composition of steel (%)						Casting Condition				
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Tapping temp. (°C)	Pouring temp. (I) (°C)	Pouring temp. (II) (°C)	Amount of Al used. (kg/t)	Times of ladle used
1	0.33	0.195	0.134	0.023	0.010	0.26	1590	1560	1550	0.303	1
2	0.34	0.222	0.137	0.025	0.011	0.25	1580	1540	1525	0.364	2
3	0.34	0.171	0.126	0.025	0.007	0.25	1580	1545	1525	"	5
4	0.33	0.202	0.127	0.018	0.011	0.24	1590	1540	1505	"	6
5	0.33	0.198	0.124	0.023	0.012	0.26	1590	1545	1515	"	7
6	0.33	0.202	0.135	0.028	0.015	0.22	1580	1520	1510	"	8

Table 3. Free energy of reaction between Cr_2O_3 and various elements in steel.

Reactions	ΔF_T (cal)	ΔF_{1843} (cal)	Remarks
$\text{Cr}_2\text{O}_3(\text{S}) = 2\text{Cr} + 3\text{O}$	+189,960-84*33 T	+34,540	
$\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3(\text{S}) + 4\text{H}_2(\text{g}) = 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{Fe}(\text{l}) + 2\text{Cr}$		$\Delta F_{1843} = +26,840$	
$\text{Cr}_2\text{O}_3(\text{S}) + 3\text{H}_2(\text{g}) = 3\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 2\text{Cr}$	+93,210-40*83 T	+17,960	的場の式より算出したもの
$\text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{CO}(\text{g}) = 2\text{Cr} + 3\text{CO}_2(\text{g})$	-9*72-23*88 T	-44,021	CHIPMAN " (9)
	-38,050+20*72 T	+34,951	
$\text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{C} = 2\text{Cr} + 3\text{CO}$	+164,430-106*89 T	-32,568	
$2\text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{Si} = 4\text{Cr} + 3\text{SiO}_2$	-8,400-23*34 T	-51,416	
$\text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{Mn} = 2\text{Cr} + 3\text{MnO}$	+14,760-6*39 T	+2,983	
$\text{Cr}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} = 2\text{Cr} + \text{Al}_2\text{O}_3$	-212,340-6*50 T	-224,319	

Table 4. Cr content of molten steel (before tapping) and rolled steel.

Heat No.	Cr content of molten steel (%)	Cr content of rolled steel		
		aM	bM	cM
1	0.07	0.08	0.08	0.08
2	0.13	0.13	0.13	
3	0.09	0.11	0.11	0.11
4	0.08	0.10	0.09	0.09
5	0.09	0.09	0.09	0.09
6	0.09	0.10	0.10	0.10

Notice : a...Tracer mortar were used for ladle.

b...Tracer mortar were used for ladle and runners.

c...Tracer mortar were used for ladle and pouring stools.

M...Middle portion of ingot.

の歩留り低下も十分考えられる。

このことについて検討の結果、Table 3 および 4 から明らかなように追跡子としての Cr_2O_3 は溶鋼成分である C, Si, Al および CO などによつて還元され鋼中合金成分となつているものと推定された。 Cr_2O_3 は Table 5 に示されるように大部分取鍋スラグ、スカムなどに浮揚混入するか、あるいは溶鋼中に還元されてロスになるかして、その歩留りはかなり低下したものと推察される。しかし鋼中に入つても還元されないところの微量の Cr_2O_3 は明確に検出し得てトレーサーとしての機能を十分果したものと考えられる。

2. サンド抽出結果

採取したおのおの試料を温硫酸法により溶解し、サンドを抽出して分析に供した。これらのサンド中の Cr_2O_3 含有量から、それぞれのトレーサー設定個所起源の介在物比を推定し一括して表わしたものが Table 6 である。

算出要領は次によつた。

取鍋 起源介在物 (Cr_2O_3) = a
 定盤湯道 " " = b - a
 注入管 " " = c - a

ただし、この耐火材由来の介在物比は全介在物絶対比ではなく、上記 3 カ所起源介在物相対比であり、いわば係数比である。しかしながら Table 6 にて明らかなように、各耐火材由来介在物の比率は明りような傾向を示

Table 5. Chemical composition of slags (in ladle) and scums.

Heat No.	Chemical Composition of slags		
	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	Cr_2O_3 (%)
1	27.60	6.70	0.445
2	24.40	5.10	0.059
3			
4	27.50	6.80	0.515
5	24.00	4.60	0.591
6	26.80	7.16	0.153
1 a	11.42	0.071	0.530
b	16.79	3.59	0.234
c	13.60	0.084	0.173
2 a	15.76	4.23	0.293
b	26.64	0.941	0.265
c	9.16	0.042	0.243
3 a	17.74	0.075	0.178
b	25.56	0.840	0.768
c	18.46	2.34	0.115
4 a	32.60	13.04	0.127
b	38.20	19.90	0.632
c	44.20	13.70	0.552
5 a	58.00	13.92	0.234
b	41.00	10.60	0.175
c	40.60	13.66	1.102
6 a	86.80	12.30	0.053
b	29.00	12.70	1.339
c	32.00	18.40	0.472

し相対比でもそれぞれについて十分比較検討でき、本実験の試みは達成され得たと考えられる。

本実験に使用したトレーサーモルタルには相当量の Cr_2O_3 を含有せしめたため、耐バースティング性、可塑性および接着性などの点で耐スポーリング性が通常操作において使用されている珪石質モルタルよりも若干劣り、したがって侵食量はそれだけ増加したものと考えられるが、実際操作を通して別に異常は認められなかつた。

しかしいずれの試料にも J. CHIPMAN⁽¹⁰⁾、岩本⁽¹¹⁾らの指摘するようにトレーサーモルタルから由来した $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ と推定される介在物が認められた。Table 6 か

Table 6. Ratio of non-metallic inclusions to weight of Cr_2O_3 originated from each of situations luting tracer mortar used.

Heat No.	Ratio of inclusions to total content of Cr_2O_3 originated from ladle.*		Ratio of inclusions to total content of Cr_2O_3 originated from casting runners.		Ratio of inclusions to total content of Cr_2O_3 originated from pouring stool.**		Remarks
	Cr_2O_3 (g)	%	Cr_2O_3 (g)		Cr_2O_3 (g)	%	
1	1.661×10^{-3}	83.55	3.27×10^{-4}	16.45	$(-) 3.0 \times 10^{-5}$	0	*Wall, bottom, nozzle, stopper-head and sleeves were luted with tracer mortar. ** Trumpet and sleeves were luted with tracer mortar.
2	6.165×10^{-3}	80.63	1.263×10^{-3}	16.52	2.18×10^{-4}	2.85	
3	2.939×10^{-3}	64.95	1.586×10^{-3}	35.05	$(-) 5.66 \times 10^{-4}$	0	
4	1.456×10^{-3}	53.08	1.274×10^{-3}	46.44	1.3×10^{-5}	0.48	
5	5.078×10^{-3}	71.68	2.006×10^{-3}	28.32	$(-) 2.0 \times 10^{-5}$	0	
6	2.909×10^{-3}	67.93	6.51×10^{-4}	15.20	7.22×10^{-4}	16.87	
Average	3.368×10^{-3}	70.30	1.185×10^{-3}	26.33	5.62×10^{-5}	3.37	

ら明らかなように各ヒートとも取鍋に使用したモルタルから由来する Cr_2O_3 すなわち介在物が最も多く大半を占め (53~84%, 平均約 70%) 次いで定盤湯道からのもの (15~46%, 平均約 26%) で注入管由来のものは最も少なかった。 (平均約 3.4%) 注入管由来の数値がマイナスで出ているのはとりまおさずそこからくる介在物が取鍋からくる介在物に比し無視しうる程度であるということを示しているものと推察される。ヒート No. 6 の 1 ヒートのみ約 17% と高い数値を示しているが、これは恐らく注入の際湯が Trumpet に直接当りそこに使用している Cr_2O_3 が機械的に剝離欠損し多量に湯の中に混入したためと思われる。A. M. SAMARIN⁷⁾の研究によれば Ca^{45} をトレーサーとして調査した結果、湯道からくる介在物は少なくむしろ取鍋煉瓦からくる介在物が多く鍋煉瓦の品質向上の重要性を強調している。

FEDOCK¹²⁾は Co トレーサーを使用して調査した結果、ノズル周辺 460~560mm の半径範囲内の耐火物による介在物が鍋煉瓦に起因する介在物中最も多量であると述べている。本実験に使用したのはモルタルであつて煉瓦を使用した研究結果とまったく同様に考えることはできないが、モルタルであれ、また煉瓦であれその使用量から考えるとかなりの類似性があるのではないかと推察される。

つまりモルタルにしる、あるいは煉瓦にしるその使用量は取鍋が最も多く、したがって溶鋼との接触面積も最も大きくこの点から考えても取鍋由来の介在物が最も多いということは当然であるといえよう。以上の取鍋内についてのみ考えれば、M. P. FEDOCK の指摘しているように上部の壁、スリーブに使用した耐火材からくる介在物とはたとえ侵食されたとしても、その浮揚性の容易なことから介在物として入っていく程度は少なく、最も浮揚分離しがたい下部、特に底部の耐火材からくる介在物が多いのではないかと考えられる。

定盤別による差異はその差による温度降下が約 10°C ~ 30°C であり、抽出したサンド量についての検討の結果、明確な差は認められなかった。

3. 清浄度測定結果

やはり取鍋と湯道にトレーサーを使用した b が清浄度も悪く、 a 、 c とこれに続いている。 c が a に比し清浄度がよいということは前節において考察したごとく、 c つまり注入管よりの介在物がほとんど無視しうるほどのものであることを示唆しているものと推定される。鋼塊内位置別による介在物はサンド抽出および清浄度ともに鋼塊底部が最も悪く、次いで中央部、頭部の順となつている。またヒート No. 別によるサンド抽出量と清浄度との関係を見ると、ほぼ比例関係がある。一般に地疵と清浄度との間には明確な関係は認められなく、微視的介在物と地疵とはその生因が必ずしも一致しないといわれているが¹³⁾、本研究では地疵試験は行なわなかつたのでこの点については不明であるものの、サンド量 ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Cr}_2\text{O}_3$) と清浄度との間にはほぼ関係があることが認められた。なお、定盤別による差異は明らかでなかつた。

IV. 結 言

造塊用耐火物 (モルタル) 起源非金属介在物を調査するために、 Cr_2O_3 をトレーサーとして約 10% 含有するモルタルを通常操業と同一条件で取鍋、注入管および湯道煉瓦の各目地に使用して製造した鋼塊各部より介在物を抽出し、介在物中の Cr_2O_3 含有量から各設定個所起源の介在物比を推定した。以上判明した事項を要約すると次の結論を得た。

1. 取鍋使用モルタル起源介在物が最も多く大半を占め (平均約 70%), 次いで定盤湯道起源のもの (平均約 26%) で、注入管由来のものは最も少なかった。 (平均約 3.4%) したがって取鍋および定盤湯道に使用するモルタルには十分留意する必要がある。

2. トレーサーとしての Cr_2O_3 は大部分溶鋼中に C, Si, Al および CO などによつて還元されて loss になるか、あるいは取鍋スラグ、スカムなどに浮揚混入しトレーサーとしての歩留りはかなり低下したものと推定されたが、本研究の試みは十分達成され有効であつた。

文 献

- 1) 斎藤他: 鉄と鋼, 44 (1958), p. 1266~1273
- 2) J. CADEK: Iron & Coal, 13 (1961), January,

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 II) (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

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 角の汙紙にしみこませたものを調製し, 各鋳型に投入する ^{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。各鋳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, 並ガラスと硼砂をほぼ 1:1 の割合に混合したものに $^{140}\text{La}_2\text{O}_3$ 粉を混合溶融し, 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鋳型に投入し, 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附着させて採取した。なお注入終了より約 10min 後とふた置前に鋳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 線上にスキャン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. スカマがまきこまれた割合の算出法

5cm 角の汙紙に浸みこませた ^{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, 鋳型に投入した ^{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, 鋳型に投入した ^{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, 成品スラブの表面に実際に計数したときの平均計数率を OC とすれば, 鋳型に投入した ^{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。

(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
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—V)

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, 成品ビ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。