

立方体状の析出物であり大型のものから微細なものまで見られるが、微細なものも AlN のように粒界に連らなつて析出しない。これらの諸元素の添加が AlN による高温延性の低下を回復させるのはこのような析出形態の相違によるものと思われる。

#### 文 献

- 1) 長谷部: 鉄と鋼, 46 (1960) 10, p. 1284~1286
- 2) S. C. DESAI: J. Iron & steel Inst.(U.K.), 191 (1959), p. 250~256
- 3) B. L. BIGGS: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), 192 (1959), p. 361~377
- 4) 谷口, 栗山, 井上: 鉄と鋼, 46 (1960) 3, p. 291~293

### (150) ラジオアイソトープ追跡法による鋼中非金属介在物の起源に関する研究

八幡製鉄所技術研究所

田尻惟一・○島田道彦・森 久

#### Study on the Origin of Non Metallic Inclusions in Steel by Radioactive Tracer Method.

Ichi TAJIRI, Michihiko SHIMADA and Hisashi MORI.

#### I. 緒 言

ラジオアイソトープにより造塊用耐火物を標識して、鋼中非金属介在物の起源を追求する方法は、斎藤などによつて行なわれているが、筆者らも  $^{95}\text{Zr-Nb}$  によつて標識したノズル煉瓦に由来する外来介在物研究の予備実験を行なつたので報告する。

#### II. 実 験 法

ノズル煉瓦の化学組成は、64%  $\text{SiO}_2$ , 29%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 3%  $\text{K}_2\text{O}$  その他のものであり、これを  $800^\circ\text{C}$  3時間素焼する。これに  $^{95}\text{Zr-Nb}$  oxalate 水溶液を 5mm 程度の深さにまで浸透させる。この場合、輸入した  $^{95}\text{Zr-Nb}$  原液を水またはアルカリまたは酸で希釈して浸みこますと、煉瓦表面にいちじるしく富化して均一な標識を行ないえない。そこで原液を錯塩形成剤として、0.5N 蔞酸で希釈すると、偏析程度は、表面より 3mm 深さで表面の 94~96%, 5mm 深さで 91~94% に軽減させることができる。この標識素焼煉瓦を所定の条件で本焼成を行なつた。このノズルを 250 kg 取鍋にとりつけ、製鋼研究室 250 kg 電気炉にて Table 1 に示す鋼を溶製し、上

Table 1. Chemical composition of the ingot.

C%	Si%	Al%	Mn%	P%	S%	O%	N%
0.14	0.023	0.025	0.60	0.012	0.011	0.011	0.0045

注により 185 kg の鋼塊に造塊した。なお鑄型は鉄箱に入れ、発生する放射性粉塵はフィルター付きのエジェクターで吸引することによつて除いた。鋼塊を中心線を通る面で縦断し (A断面)、また底部より 1/10 高さで横断し (B断面)、さらに底部より 1/3 高さで横断し (C断面)、各断面全域を分割して、約  $3 \times 3 \times 2\text{cm}$  の試料片を切り出した。この試料片を厚さ 6cm 以上の鉄製シールドに入れ、東芝製シンチレーションカウンタープロープに密着させて、放射能を計数した。一方使用済みのノズル煉瓦標識部を粉砕し、これを  $3 \times 3\text{cm}$  の薄鋼板に均一に塗りつけたものを厚さ 2cm に積重ねた同一寸法の薄鋼板のいろいろの位置にサンドイッチ状にはさみ、同一幾何学的条件で計数して、 $3 \times 3 \times 2\text{cm}$  の鋼片に均一に標識煉瓦粉が分散しているときの計数値を求めたところ、煉瓦粉 1mg が 490 cpm に相当した。よつて鋼塊より分割採取した試料片の計数値を 490 で割つてやれば、各試片中に存在するノズルに由来する外来介在物の重量を求めることができる。

#### III. 実験結果と考察

鋼塊縦断面の外来介在物の分布を Fig. 1 に、横断面の分布を Fig. 2 に示した。おのおのの円の面積が外来介在物量に比例するように示してある。鋼塊肌部の位置に点線と実線の二重円で示してあるのは、点線の円は皮付きのままの測定値であり、実線の円は皮をむいたのちの測定値である。したがつて点線円と実線円との差は、肌部に存在する外来介在物の量を示していることになる。計算の結果、肌部にノズル煉瓦に由来する介在物が 720 mg 存在している。これは鋼塊内部に残留したノズル煉瓦に由来する外来介在物の量 730mg (鋼塊重量の 0.0004%) にほぼ等しく、いかに多量の外来介在物が、鋼塊表面に付着したかを示している。鋼塊上部表面と下部表面を比較してみると、Top 部上表面が  $1.87\text{mg}/\text{cm}^2$ 、Top 部側面が  $1.97\text{mg}/\text{cm}^2$ 、middle 部側面が  $1.55\text{mg}/\text{cm}^2$ 、bottom 部側面が  $0.20\text{mg}/\text{cm}^2$  であつて、鋼塊上部ほど、その表面に外来介在物が多量に付着したことを示している。つぎに鋼塊内部の外来介在物分布状況について述べる。まず縦方向の分布は bottom 部が 0.00034%、middle 部が 0.00039%、Top 部が 0.00048% で、Top 部が多いがその差はそれほどいちじるしくない。横方向の分布は、表面に近い方から順に

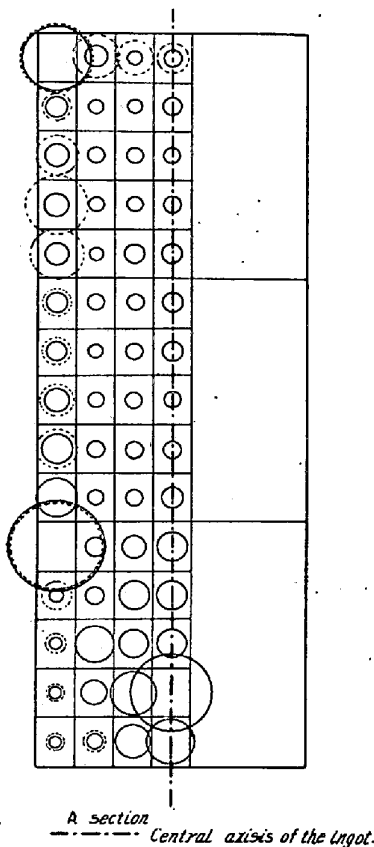


Fig. 1. Distribution of exogenous inclusions in the longitudinal section of the ingot.

する介在物との比を示した。試料数が少なかったため、位置別の比較は困難であるが、ノズル煉瓦に由来する介在物の量は 0.5~1% のオーダーである。ただしこの計算に当つては、FeO, MnO は煉瓦中にほとんど含まれぬため、除外して考えた。

分布状況を Fig. 2 から判断すると、bottom 部のコア部に外来介在物の多い場所がある。一般に鋼塊内の介在物分布は bottom 部の沈デン晶部位に多く、粒度分布についても、沈デン晶部が大介在物であることが常識となつていたので、ノズル煉瓦に由来する外来介在物分布も、全介在物分布状況と類似していることは興味深い。Table 2 に数箇所の試料の介在物分析値と、ノズル煉瓦に起因

0.00054%, 0.00025%, 0.00028%, 0.00060% (中心部) であつて、肌部と中心部に多く、その中間に谷がある。肌部に多いのは、外来介

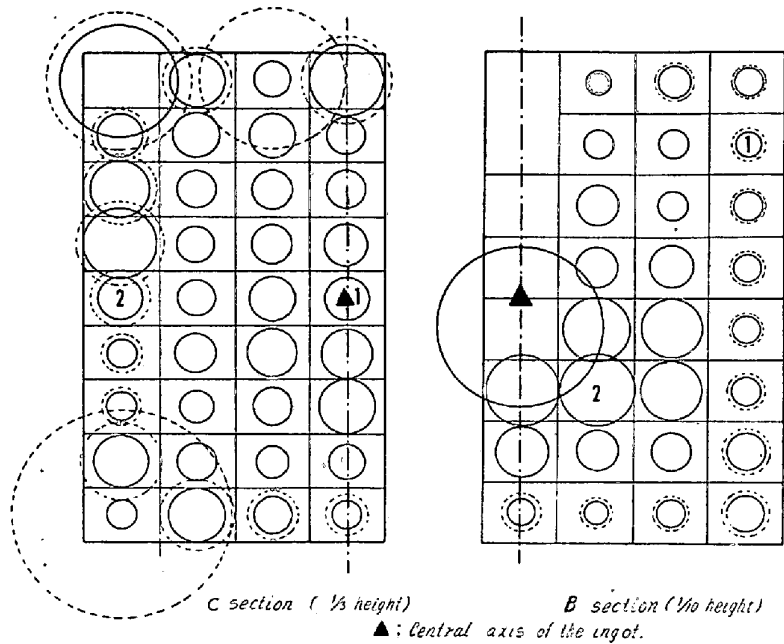


Fig. 2. Distribution of exogenous inclusions in the traverse section of the ingot.

IV. 結 言

<sup>95</sup>Zr-Nb で孔内面を標識せるノズル煉瓦を使用して、184 kg 上注鋼塊中の介在物分布を調査したところ、

- 1) ノズル煉瓦に由来する外来介在物は、全介在物量の 0.5~1% を占める。
- 2) 鋼塊肌部に付着している外来介在物は、鋼塊内部に存在する外来介在物と、ほぼ等量なほど多く、しかも Top 部表面に多い。
- 3) 鋼塊内部の外来介在物の分布は、全介在物分布の常識と一致しており bottom の沈デン晶部位に多い。

Table 2. Ratio of exogenous inclusions originated from the nozzle to total amount of inclusions.

Position of specimens	Chemical analysis of total inclusions				Exogenous inclusions originated from the nozzle (C) %	Ratio of exogenous inclusions to total inclusions (C)/{(A) + (B)} × 100, %
	SiO <sub>2</sub> (A) %	FeO %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (B) %	MnO %		
C-1	0.0116	0.0226	0.0416	0.0182	0.000333	0.63
C-2	0.0112	0.0394	0.0280	0.0197	0.000363	0.92
B-1	0.0112	0.0106	0.0272	0.0127	0.000182	0.48
B-2	0.0146	0.0211	0.0452	0.0257	0.000107	0.79
A-1	0.0098	0.0112	0.0264	0.0122	0.000186	0.51
A-2	0.0108	0.0396	0.0256	0.0182	0.000322	0.88
A-3	0.0120	0.0665	0.0448	0.0267	0.000437	0.77
A-4	0.0108	0.0710	0.0288	0.0187	0.000198	0.50

文 献

1) 斎藤, 他: 鉄と鋼, 44 (1958), 1266

(151) セミキルド鋼塊の非金属介在物

八幡製鉄所技術研究所

加藤 健・〇今井純一・梶岡博幸

Non Metallic Inclusions in Semikilled Steel Ingots.

Takeshi KATO, Junichi IMAI and Hiroyuki KAJIOKA.

I. 緒 言

セミキルド鋼塊の肌近くには、サルファープリントで点状偏析(黒点)が認められ、鋼塊肌はかなり接近して出現しているので、鋼材の用途如何によつては表面欠陥の原因となると予想され、セミキルド鋼塊製造上、これを軽減することは重要なことであると考えていた。

サルファープリント上で黒点となるのは巨大な珪酸塩および硫化物であり<sup>1)</sup>、脱酸剤として Si に比べ Al を多く使用するとこれらの介在物は少なくなること、また造塊用煉瓦中の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含有量を高くした場合にも同じ効果があることを明らかにし<sup>2)</sup>、鋼中 [O%] や耐火物の熔損程度と黒点の関係などより、セミキルド鋼塊の巨大な珪酸塩は耐火物に由来する処が大きいと推定した。しかし、さきに報告<sup>3)</sup>した耐火物の変更試験は 100 kg 試験鋼塊によるものであつたので、60 t 取鍋に高アルミナ煉瓦を使用し、実用鋼塊の介在物について調査を行ない、セミキルド鋼塊の介在物の生成原因を追究した。

II. 実験の範囲

75% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 22% SiO<sub>2</sub> の高アルミナ耐火物で、すべての造塊用煉瓦を製作し、60 t 取鍋を準備した。この取鍋に 60 t 平炉で熔製した C: 0.15~0.20%, Mn: 0.52~1.06% の熔鋼を受け、14 t 扁平型に注入し、試験鋼塊を製造した。脱酸は Si 脱酸および Si+(Al) 脱酸の 2 型式で、前者はほとんど Al を使用せず、Si のみで脱酸し、後者では Si と Al の投入比が 2.0 になるように取鍋に投入した。

試験鋼塊からコーナーサンプルを採取し、サルファープリントや顕微鏡により黒点の分布状況や黒点となる介在物について調査した。また、介在物の生成経路を明らかにするため、鋼塊頭部に浮上したスカム、取鍋下試料煉瓦表面に生成した反応層の分析を行なつた。なお、コーナーサンプルによると管状気泡発生圏は 100~200 mm

程度にバラツいていて、熔鋼の脱酸度は鋼塊ごとによりかなり異なつてゐることが認められたが、Si 脱酸の場合脱酸度によつて黒点はほとんど変化しないことが明らかにされている<sup>3)</sup>ので、その影響は考察しなかつた。

III. 実験結果および考察

1. マクロ観察

サルファープリントの肌に平行に 5 mm 間隔の線を引きそれに接する黒点を数え、単位長さ当りの黒点数を黒点指数とし、黒点の分布状況を表わしたのが Fig. 1 である。比較のため蠟石煉瓦を使用した鋼塊の黒点の分布状況も同図に示した。黒点が分布している範囲は煉瓦の種類により相違はないが、黒点が最高の分布を示す位置や黒点の数は異なるようである。すなわち、高アルミナ煉瓦を使用した場合には同じ脱酸型式で蠟石煉瓦を使用した場合に比べ黒点が少なくなつてゐる。

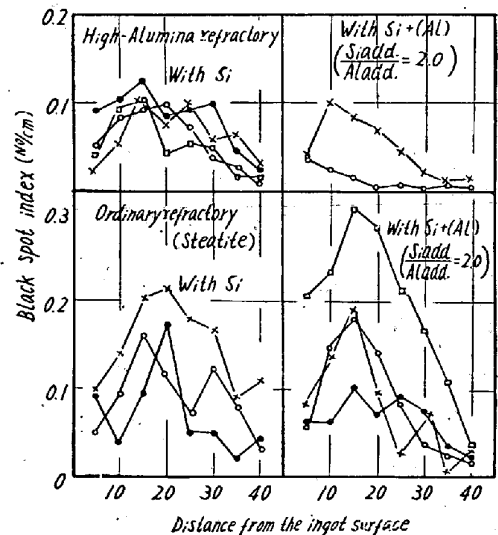


Fig. 1. Distribution of black spots on sulfur-prints when different refractories and deoxidizers were used.

黒点には硫化物が関係してゐて、前述の結果は硫化物の相違とも思われるので、S% の黒点におよぼす影響も調査した。その結果を Fig. 2 に示す。黒点指数としては肌より 40mm までの黒点指数の平均値を選んだ。

同じ脱酸型式および S% とした場合高アルミナ煉瓦を使用した方が黒点が少なくなること

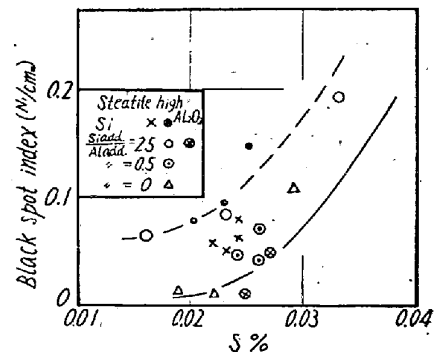


Fig. 2. Influence of S% on black spots on sulfur prints.