

が Mn-oxide である。この介在物中に稀に含まれている灰色の相(T)は腐食試験により silicate(tephroite)と判定された。鋼塊底部の介在物は大部分が Photo. 3 に示すようなもので、その組成、組織は、造塊時に鋼塊表面に浮上するスカムと類似している。腐食試験および微小硬度測定結果によると Photo. 3 中で明灰色部(M)は MnO(FeO)、角張った暗灰色部(H)は hercynite、共晶部(E)は tephroite を含む相である。

IV. 考 察

スライム法によつて抽出される介在物量は、真空溶融法によつて求められる全酸素量に対して、最高5%程度であるが、地金の清浄度と抽出介在物量との間には高度の相関($r^{**}=0.902$)が認められ、同法が、鋼の材質に影響の大きいと思われる比較的大型の介在物の抽出法として有効であることが判る。

スライム法によつてリムド鋼塊から抽出された介在物の形、組成および組織から推定した、これら介在物の生成機構はつぎの通りである。鋼塊頭部および中央部 core の MnO および MnS 二相介在物は、鋼の凝固とともに析出する二次介在物で、その量および分布は鋼塊のリミングアクションおよび偏析と関係している。その析出過程は CRAFTS および HILTY⁴⁾ の相図によつて説明される。鋼塊底部の介在物は大部分がスカムと類似した組成、組織のもので、これは鋼塊の凝固前にすでに存在した一次介在物が、底部のリム層(柱状晶)に trap され集合したものと推定される。この介在物の量、組成はリミングアクションや鋳型投入 Al 量に影響されると思われる。

鋳型で投入する Al 量は、造塊時のリミングアクションの強弱に関係しており、したがつて上の考察からも推定されるように鋼塊中の介在物の分布に影響をおよぼす。実際、さきに Fig. 1 で示したように、Al 量を増すと、鋼塊のリミングアクション、偏析によつて規制される頭部および中央部 core の oxide-sulfide 二相介在物の量が減少しかつその分布が一様になつている。一方鋼塊底部に trap される Al_2O_3 、 SiO_2 を含む介在物はいく分増加し、その組成は Al_2O_3 が高くなつている。

V. 総 括

同一取鍋から鋳型投入 Al 量を変えて造塊した試験用リムド鋼塊2本の非金属介在物をスライム法によつて抽出し、その量および分布を比較した。鋳型で投入する Al 量は鋼塊のリミングアクションを通して鋼塊中の介在物の分布に影響する。その結果鋳型投入 Al 量を増すと鋼塊頭部および中央部 core の oxide-sulfide 二相介在物が減少し、かつその分布が一様になつている。一方鋼塊底部の Al_2O_3 、 SiO_2 を含む介在物が逆に、鋳込投入 Al 量の多い鋼塊で、いく分増加している。しかし、鋳型投入 Al 量を増した場合の、底部の大型介在物の増加は心配したほどのものではない。

文 献

- 1) H. HOFF, H. LESSIG u. G. MASING: Stahl u. Eisen, 76 (1956), 1442
- 2) H. HOFF, G. DUNK u. H. LESSIG: Stahl u. Eisen, 77 (1957), 1210
- 3) 森永孝三, 池野輝夫, 大庭淳, 伊藤幸良: 鉄と鋼

47 (1961) 10, 1520

- 4) W. CRAFTS & D. C. HILTY: Proc. Electr. Furn., (1953), 121

(71) ジルコン・トレーサーによる 造塊用耐火物起源介在物

(耐火物起源非金属介在物の研究—Ⅰ)

八幡製鉄所技術研究所

大庭 宏・〇平櫛 敬資

Zircon-Tracing of Nonmetallic Inclusions Originated from Casting Pit Refractories.

(Study of nonmetallic inclusions from casting pit refractories—Ⅰ)

Hiroshi OHBA and Keisuke HIRAGUSHI.

I. 緒 言

耐火物起源非金属介在物の研究に RI トレーサーの現場使用は衛生上検討の余地があるので非放射性ジルコンによるトレーサー実験を行い、アルミ・キルド鋼の全介在物中ノズル起源介在物は 0.34% であることを前回報告した¹⁾。その後造塊煉瓦全般について同じ方法で実験した結果を報告する。

II. 実験方法

前報¹⁾と同様に通常の造塊煉瓦にトレーサーとしてジルコンを5%添加した煉瓦を使用し、Al-キルド鋼塊中のサンド量と、サンド中の ZrO_2 含有量を分析し煉瓦起源介在物の全介在物中に占める割合を求めた。 ZrO_2 の分析は先ず鋼塊中の介在物分布状態を知るために鋼塊の種々な位置から採取した試料についてそれぞれ行い、同時に分析精度を向上させるため全試料のサンドを集めて大試料とし、煉瓦起源介在物の全介在物に占める割合を求めた。

III. トレーサー煉瓦の品質

試験煉瓦の製造は、ジルコンを混練工程で添加した他は通常煉瓦と全く同一の製造条件によつた。トレーサー煉瓦、およびモルタルの品質は通常煉瓦とほとんど差異なく、使用時の挙動も相異なるものと推定される (Table 1)。なお、 ZrO_2 含有量は通常煉瓦では 0.00~0.36% であるが、トレーサー煉瓦では 2.04~2.85% であつた。

IV. 注入条件

全造塊煉瓦にトレーサー煉瓦を使用する他に造塊煉瓦のうちどの部分が特に影響をおよぼすか調査するため、特定煉瓦のみに使用する実験も行なつた。

したがつて試験鋼塊は造塊用煉瓦のどの部分にトレーサー煉瓦を使用したかによつて分類したが、その組合せは Table 2 に示す A, B, C, D, E の5種類である。これらのうち組合せ E には築造の際のモルタルの他に、注入実験前に行なつた取鍋内張補修用モルタル (約100kg 使用) にもトレーサーを添加した。

試験鋼種は前回と同様 Al-キルド鋼で、特別な注入条件は設けず各煉瓦組合せ毎に3回づつ実験した。注入条件の一例を Table 3 に示す。

Table 1. Properties of tracer refractories.

Prop.	Refr.	Ladle	Sleeve	Stopper Head	Nozzle	Guide	Runner	Mortar
Bulk density		2.20	2.02	1.83	2.21	1.94	2.07	—
Apparent density		2.55	2.66	2.68	2.63	2.64	2.64	—
Apparent porosity (%)		13.6	24.0	31.8	16.0	26.6	21.4	—
Crushing strength (kg/cm ²)		1250	325	54	806	433	495	—
Refractoriness (°C)		1570	1680	>1790	1555	1610	1620	—
Chem. comp. (%)	SiO ₂	66.80	61.12	51.50	64.86	71.37	60.68	89.38
	Al ₂ O ₃	25.92	31.24	26.01	27.30	22.26	32.30	6.75
	Fe ₂ O ₃	1.45	1.44	1.84	3.18	1.36	1.44	1.50
	ZrO ₂	2.66	2.85	2.69	2.55	2.67	2.04	2.55

Table 2. Combination of refractories used for tracer experiment.

Combination	Refr.	Ladle	Stopper	Nozzle	Guide	Runner	Mortar	Parts where a tracer was used
A		Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Or	All casting pit refr.
B		Tr	Tr	Tr	Tr	Or	Or	All except runner
C		Tr	Tr	Tr	Or	Or	Or	Ladle, stopper, nozzle
D		Tr	Or	Or	Or	Or	Or	Ladle alone
E		Or	Or	Or	Or	Or	Tr	Mortar alone

Tr : Tracer refractories. Or : Ordinary refractories.

Table 3. Pouring practice conditions.

Ladle capacity	Nozzle diameter	Pouring method	Ingot size	Tapping temp.	Chemical composition (%)				
					C	Si	Mn	P	S
70 t	45 mm	Bottom	10~20 t	1622°C	0.15	0.20	0.62	0.021	0.021

Table 4. Chemical analysis of nonmetallic inclusions for checking the distribution of sands originated from refractories.

Refr. combinations		A (All tracer)		B (All except runner)			C (Ladle, stopper, etc.)		
Sample		Plate		Plate		Defects in plate	Plate		Defects in plate
Sampling part of ingots		Top	Bottom	Top	Bottom	Bottom	Top	Bottom	Top
Sample numbers		6	6	6	6	3	15	18	3
Sands × 10 ⁻³ (%)		7~9	5~14	6~19	6~11	9~12	4~11	4~12	8~8
Sand composition × 10 ⁻³ (%)	SiO ₂	3~5	1~3	1~7	2~6	2~3	1~8	1~8	2~3
	Al ₂ O ₃	2~3	1~7	2~6	2~7	3~6	1~7	2~7	2~4
	ZrO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refr. combinations		D (Ladle)				E (Mortar)			
Sample		Plate		Defects in plate	Bloom crop end	Plate		Bloom crop end	
Sampling part of ingots		Top	Bottom	Top & Bottom	Top	Top	Bottom	Top	
Sample numbers		24	24	6	2	9	12	15	
Sands × 10 ⁻³ (%)		4~15	5~35	10~16	2~7	5~32	3~14	2~12	
Sand composition × 10 ⁻³ (%)	SiO ₂	1~9	1~20	2~7	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	
	Al ₂ O ₃	1~4	2~7	2~9	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	
	ZrO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	~0.06	

Note : n. d. = No data available.

Table 5. Estimation of inclusions originated from refractories.

Refr. combination	A	B	C	D	E	D	E
Sample weight (g)	Plate 4935				Plate 1152	Bloom crop end 352	
Sand weight (g)	1.1202 (0.0227%)				0.2039 (0.0177%)	0.0306 (0.0087%)	
ZrO ₂ (%)	1.4×10^{-6}				2.8×10^{-6}	2.3×10^{-6}	
Refr. content in inclusion	0.20				0.53	0.87	

V. 介在物試験結果

介在物試験は超音波探傷と介在物分析を行なった。試験材は厚さ 30mm に圧延された厚板成品、および分塊で切捨てられる鋼塊 Top の切捨材から採取した。厚板成品試料は鋼塊の Top および Bottom に相当する部分から切出した 30×100×1500mm の板を用いた。

1. 超音波探傷試験結果

試験材の長さ方向に沿って連続探傷した。試験結果は通常作業による成品と大差なかつた。特に欠陥の大きい個所はマークして介在物分析を行なった (Table 4)。

2. 煉瓦起源介在物の分布調査結果

酸溶解法で介在物を抽出し、その中の ZrO₂ を分析した。分析試料は試験材のつぎの個所から採取した。

分析試料	厚板成品	分塊切捨部	分布調査用試料: 試験材長手方向の両端から 100mm の位置と中央
			欠陥個所試料: 超音波探傷の欠陥個所

試料重量は各個所から 100g 切出し、二分して分布調査用と煉瓦起源評価用に供した。

分布調査用試料の分析は、試料 50g から抽出した約 1mg の介在物について ZrO₂ 分析を行うが、分析限界 $2 \times 10^{-5}\%$ であるための煉瓦起源に換算すると約 10% 以下の場合には検出できなかつた。

分析結果 (Table 3) によると、厚板成品では該当するような介在物は皆無であり、僅かにモルタル実験 (煉瓦組合せ E) の切捨材に煉瓦起源を約 15% 含むサンドが認められた。

3. 煉瓦起源介在物の割合

分布状態調査後、残りの試料を使用して煉瓦起源の割合の評価を行なった。試料重量が大である程分析限界は向上するので、煉瓦組合せ A, B, C, D の厚板試料、組合せ E の厚板試料、および分塊切捨試料の 3 試料に大別した。なお、試料重量と煉瓦起源推定限界の関係は、試料 500g の場合約 1%, 5000g の場合約 0.1% である。分析および評価結果を Table 5 に示すが、A, B, C, D の厚板試料、すなわちモルタルを除く造塊用煉瓦起源は 0.20% と推定される。なお、モルタル補修材起源は 0.53%, 鋼塊切捨部は 0.87% である。

VI. 総括

前回に続いて非放射性性ジルコン・トレーサーによる煉瓦起源介在物の実験を Al-キルド鋼で造塊用煉瓦について行い、鋼中サンドの分析結果からつぎの結論をえた。

1. Al-キルド鋼中に占める造塊用煉瓦起源の割合は 0.20% であつた。

2. 築造用および補修用モルタルの介在物中に占める割合は煉瓦より大きく 0.53% であつたのでモルタルに

留意する必要がある。

3. 耐火物起源が 10% 以上含まれるサンドは鋼塊本体には認められず、トップ切捨部に僅か 1 試料が認められた。

4. したがって煉瓦起源の割合が低いこと、および鋼塊トップ切捨部に ZrO₂ を含む介在物が認められたことから、造塊用煉瓦の侵食生成物の大部分は溶鋼表面に浮上するものと推察される。

文献

1) 大庭 宏, 平橋敬資: 鉄と鋼, 47 (1961), No. 10 p. 1400~1402

669/94.241.4-412:620.192.43
: 669.775

(72) リムド鋼塊の S の偏析について

八幡製鉄所技術研究所

工博 加藤 健・○松田亀松・徳重 勝

Segregation of the Sulphur in Rimmed Steel Ingots.

Dr. Takeshi KATO, Kamematsu MATSUDA and Masaru TOKUSHIGE.

I. 緒言

リムド鋼塊は分塊歩留がよく安価でありまた清浄な外殻をもち表面性状がよい等の利点を有している反面、鋼塊内質、特に頭部近くに濃厚な偏析を伴い、局部的に著しく不均質な成品を得るおそれがあり、最近の設備近代化に伴って鋼塊が大型化する傾向にある現在では、リムド鋼塊頭部の濃厚偏析は特に重要視されてきている。

当所では数年前よりこの問題に関して研究を進め、その軽減を計る目的で鋼塊形状、脱酸法、蓋置時間あるいはトラックタイム等との関係を明らかにしてきた。本報告はリムド鋼塊頭部の S の濃厚偏析におよぼす鋼塊形状の影響について調査した結果について述べたものである。

II. 鋼塊リム部面積と偏析

リムド鋼塊コア一部は清浄なりム部の占める体積の大きい程偏析が増加するので蓋を早期に置きりムの厚さを小さくすることが偏析軽減に有効であると考えられてきている。注入後 liquid core より逐次採取した試料について S の変化を求めると、S は時間の経過と共に増加することが認められ、またソ連における研究にも 6.5~7t 鋼塊について注入終了後 5 分で重い蓋を置いた場合のほうが 13 分後に置いたものより S の濃厚偏析が底部側に移動し、偏析度も小となることを明らかにしており、この考えを強く推し進めたものとしてキャップド鋼が考えられるのである。当所における各種のリムド鋼塊について、鋼塊中央高さ位置の断面におけるりム部の鋼