

Fig. 3. Effect of the [S] in ladle on cleanliness of sample from the slab top.

有のリミングアクションによつて一部はスカムとなつて浮上するためと思われる。しかし、添加 Al が限度を超えるとリミングアクションは弱くなり、スカムの浮揚性が悪くなるのみならず添加した Al の脱酸生成物そのものも多量に鋼塊中に残留することになる。これは鋳型 Al による鋼塊の汚染作用である。それゆえリミングアクション効果はリムド鋼では重要な現象である。これに対して底部清浄度との関係はあまり認められない。

鋼塊頭部側に存在する硫化物は FeS が多く、底部側の酸化物は MnO-FeO その他の硬度の高いアルミナ系シリカ系が存在する。

(4) 清浄度と取鍋各元素の重相関

取鍋の [S] および [O] と清浄度との重相関を求めた結果、次の(1), (2) の回帰式を得た。(1)式は頭部試料、(2) 式は底部試料のものである。

$$\text{頭部試料清浄度} = 0.064 + 5.96[S] + 3.06[O] \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{底部}'' = 0.018 + 0.66[S] + 1.55[O] \quad \dots \dots \dots (2)$$

ただし、[S], [O] はそれぞれ取鍋溶鋼中の元素ペーセントを表す。回帰式から頭部清浄度に一番大きく影響するのは [S] であり、底部では [O] であることがわかる。しかし、[O] の効き方の絶対値は底部の方が低い。

IV. 総括

本調査に供した極軟リムド鋼は、セミキルド、キルド鋼にくらべて取鍋[C]値は相当に低く、[O] 値は逆に相当に高いのが特徴である。脱酸投入物はセミキルド、キルド鋼に比べていちじるしく少ないから、鋳型で強烈な攪拌作用、すなわちリミングアクションを生じ鋼塊内でいちじるしい偏析を起す。しかしセミキルド、キルド鋼のように鋳型に搬入された介在物および凝固とともに生成する介在物が鋼塊内に全部残留することはなく、リムド鋼の場合にはリミングアクションによつてそれら

の一部は洗い流され、スカムとなつて系外へ出たり、また偏析となつて現われる。したがつてリミングアクションの良否によつてリムド鋼塊中の介在物の分布、場合によつては量がいちじるしく変化する。なお取鍋添加物の挙動のリムド鋼とセミキルド、キルド鋼との差は不明な点が多く、今後の検討を俟たねばならない。

V. 結言

小型鋼塊試料で酸素法と鉱石法の違いによつて非金属介在物の量の差が認められるのは出鋼前のみであり、取鍋試料では脱酸剤投入の影響を受け、現状の操業下では明確な差は認められなかつた。同一鋼塊形状の場合、スラブでの介在物の量、形状、組成を決定づけるものは溶鋼中の [S], [O] および [Mn] である。スラブ内の介在物はいわゆる偏折部には硫化物が多く、底部リム層近傍には酸化物の占める割合が多い。介在物の量は偏折部の方方が底部よりも多い。鋼塊頭部側に存在する硫化物は FeS が多く、底部側の酸化物は MnO-FeO、その他の硬度の高いアルミナ系、シリカ系が存在する。介在物の点から見れば鋳型溶鋼中の酸素はリミングアクションを行わせるに必要な最少の量に抑え、かつ硫黄量を下げることが望ましい。硫黄量は 0.020% 以下にまで下げないと、その効果は著しいものではない。

*669,141,291.4-412,620,193.45
~0.620.70*

(70) リムド鋼鋼塊中の非金属介在物の分布について

(スライム法による鋼中非金属介在物の研究—II) *P. 458 ~ 260*

富士製鉄室蘭製鉄所研究所

森永孝三・大庭 淳・○伊藤幸良

Distribution of Nonmetallic Inclusions in Rimmed Steel Ingots.
(Study on nonmetallic inclusions in steel by slime method—I)

Kōzō MORINAGA, Atsushi ŌBA
and Yukiyoshi ITOH.

I. 緒言

鋼中非金属介在物の組成、成分およびその成因を調べる目的で、スライム法 (Schlammverfahren)^{1,2)} と呼ばれる電解抽出法によつて、鋼塊中の介在物の研究を計画した。最初にスライム法の適用の可能性を検討するため、リムド鋼の 10t 鋼塊について予備試験を行ない、電解残渣からの介在物の選別法として、水簸法と湿式磁選を採用し 0.02~0.03mm 以上の介在物の抽出が可能であることが判つた。この予備試験の結果については前回報告した³⁾。

ついで、鋳型投入 Al 量の異なる試験用リムド鋼鋼塊 2 本について介在物の量および分布を比較する目的で、スライム法による介在物の抽出を行なつた。実験結果によると両鋼塊ともに、頭部および中央部の core では (Mn, Fe)O および (Mn, Fe)S の二相介在物が多く、鋼塊底部には Al₂O₃ および SiO₂ を含んだ介在物が多い。鋼塊別にみれば、鋳型投入 Al 量の多い鋼塊の方が頭

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ゐるが、鋼塊底部の Al_2O_3 よび SiO_2 を含む介在物がいく分増加している。しかし、鋳型投入 Al 量を増した場合の鋼塊底部の大型介在物の增量は心配されたほどのものではない。

II. 電解実験

供試鋼塊は塩基性平炉で精錬された低炭素リムド鋼で同一取鍋から鋳型投入 Al 量を 50 g/t (鋼塊 No. 3272-4) よび 100 g/t (鋼塊 No. 3272-5) として造塊した。なお、取鍋で Fe-Mn および少量の Al を添加している。この 2 本の鋼塊を縦断し、その切面において、頭部、中央部および底部から各 3 コ合計 18 コの試片を切り出し、スライム法によつて介在物を抽出した。電解装置および電解条件は前報³⁾で報告した通りで、18 コの試片を 6 連にして 3 回で電解した。電解終了後、電解槽底部に沈積した陽極残渣を、先ず水築装置によつてスライム分を除き、ついで湿式磁選によつて炭化物、電解鉄片を分離後介在物の単離を行なつた。

抽出された介在物はほとんどが球形で、鋼塊頭部および中央部 core の試料からは 0.02~0.03 mm までの小さな介在物が多量に分離され、鋼塊底部ではこの種の小型介在物は少なく、比較的大型の介在物が抽出された。Photo. 1 に鋼塊 No. 3272-5 の頭部 core から抽出された介在物の一部を示す。上のようにして抽出された介在物の量および鋼塊内における分布を Fig. 1 に示す。一般に鋼塊頭部および中央部 core で介在物が多く、鋼塊別にみると鋳型投入 Al 量の多い鋼塊 No. 3272-5 の方が頭部および中央部 core の介在物は減少し、一方

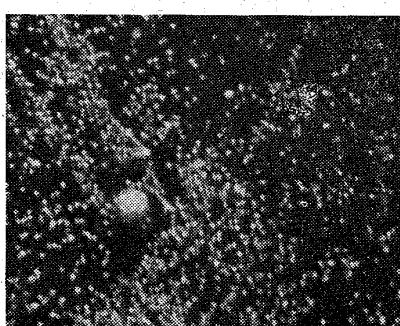


Photo. 1. Inclusions isolated from top of the ingot (No. 3272-5). $\times 20$ (2/3)

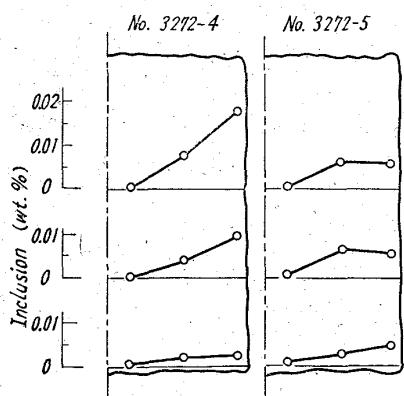


Fig. 1. Distribution of nonmetallic inclusions in the ingots.

Table 1. Composition of isolated inclusions.

Ingots	Position in ingots	Composition (%)			
		Al_2O_3	SiO_2	(Mn, Fe)O	(Mn, Fe)S
No. 3272-4	Top	2.54	6.16	39.19	22.11
	Middle	1.86	3.54	45.75	48.85
	Bottom	16.17	17.62	56.62	9.59
No. 3272-5	Top	2.52	4.34	37.38	55.76
	Middle	4.90	4.63	35.78	54.69
	Bottom	20.40	17.72	52.46	9.42

底部の介在物が増している。各鋼塊で抽出された全介在物量は鋼塊 No. 3272-4 が 2029 mg/38.4 kg (0.00528 wt. %), 鋼塊 No. 3272-5 が 1326 mg/35.8 kg (0.00370 wt. %) である。

III. 抽出介在物の組成、組織

抽出介在物の X 線回折によると、鋼塊頭部および中央部 core の介在物は $\text{MnO}(\text{FeO} \text{を固溶})$ よび $\text{MnS}(\text{FeS} \text{を固溶})$ が主成分で、微量の tephroite ($2\text{MnO} \cdot \text{SiO}_2$) を含んでいる。鋼塊底部の介在物は、tephroite, hercynite ($\text{FeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) よび $\text{MnO}(\text{FeO})$ が主成分である。

X 線回折に供した試料の化学分析結果は Table 1 のごとくで、X 線回折結果とよく一致している。

つぎにこれら抽出介在物の一部の顕微鏡試料を作成し、観察した結果、鋼塊頭部および中央部 core の介在物は Photo. 2 に示すように、 $\text{MnO}(\text{FeO})$ よび $\text{MnS}(\text{FeS})$ の二相介在物が大部分であり、前報³⁾でも述べた通り、明白色部 (MS) が Mn-sulfide, 明灰色部 (MO)

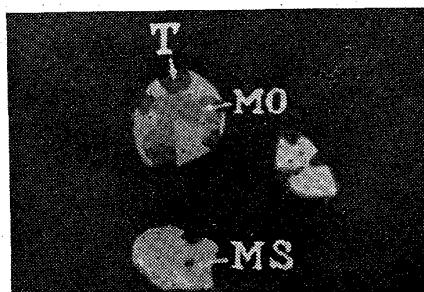


Photo. 2. Microstructure of the two-phased inclusions isolated from top of the ingot. $\times 400$ (2/3)

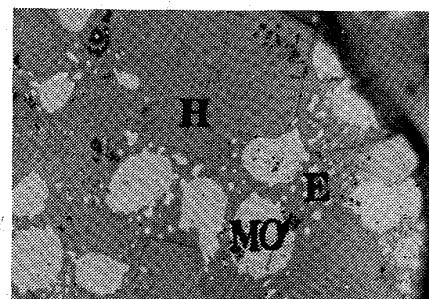


Photo. 3. Microstructure of the three phased inclusion isolated from bottom of the ingot. $\times 400$ (2/3)

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(MO)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 ($r^{**}=0.902$)³⁾ 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 より 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關係しており、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つつその分布が一様になつてゐる。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 が高くなつてゐる。

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ゐる。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—II)

八幡製鐵所技術研究所

大庭 宏・○平櫛 敬資
Zircon-Tracing of Nonmetallic Inclusions Originated from Casting Pit Refractories.

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

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ザ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 100 kg 使用)にもトレーザーを添加した。

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。