

(a)

(b)

(a) ore: 14~20 mesh, coke 8~14 mesh

(b) ore: 14~20 mesh, coke 14~20 mesh

Photo. 2. Variation of the thickness of ore layer using two size of the coke burden, where the size of ore is constant.

なるため前の場合よりは水分量に依る分布の変化は弱まる。

#### d) 炉芯径による影響

羽口水準に炉芯の大きさに相当した円板を置いて炉下部における装入物の降下状況を調べた。各層は炉芯の頭部に達するとW字型となり、同一層でも一部は先に羽口水準に降下する事が判る。この部分は炉芯の大きい場合は炉壁に近い部分で、小さい場合は中心に近い部分である。然しこの炉芯の大小によつてはシャフト部分の分布はほとんど変化を示さない。炉芯の高さは羽口水準における炉芯面積が大きい程高くその頂部はいずれも丸い。しかし実際の炉内では高温のため炉芯表面は半熔融状と思われ模型より更に高い炉芯が形成されていると推察される。

#### e) 炉頂装入装置による影響

a)~d) はいずれもセントラルパイプなしの装入装置であつたが、装置が異ると分布型が如何に異なるかを調べるためステラー型および逆V型各装入装置を用い実験した。

i) ステラー型はセントラルパイプによつて鉍石が炉の中心に分布し難く、中心部は僅かの塊鉍を含んだコークス層によつて占められ、かつ壁際にもあらい鉍石とコークスが分布し炉内の装入物の層はM字型を呈している。(Photo. 3)

逆V型(山型)装入装置はシリンダーの上下により鉍石はシリンダーの中を、コークスは外側を通して装入し、鉍石を中心部にコークスを炉壁部に分布せしめるものでガスを炉壁際に多量に上昇せしめんとする装置で、小型

熔鉍炉に用いられる。

### V. 結 言

以上熔鉍炉模型により装入物分布は種々の条件を変える事により変化させ得る事が判つたが、このうち炉頂装入装置が分布型を根本的に支配しており、このうちダブルシリンダーを有するステラー型が比較的好ましい分布型を示すと考えられる。



Photo. 3. Typical distribution of stähler equipment.

## (2) チタン滓処理による鋼質改良に関する研究 (II)

(大型鋼塊のゴースト部に対する二、三の検討)  
Studies on Improvement of Steel Quality by TiO<sub>2</sub> Slag Treatment (II)  
(Some Considerations on Ghost Zone of Large Ingot)

H. Hirano, et alii.

神戸製鋼所, 研究部

工 高尾善一郎・工 下瀬高明・工O平野 坦  
理 先浜 昭・宮本 醇

### I. 結 言

大型鋼塊を使用して製作する鍛鋼品の廃却原因の中製鋼並びに造塊と関連性を有するものは鋼塊特性即ち鑄塊組織、非金属介在物、各種元素の偏析、cavity および blow hole 等によるものと考えられるが各種耐火材、鋼滓等の機械的混入によると思われる外来介在物以外に鋼塊が大型になれば宿命的に危険性を増大すると考えられる凝固脱酸並びに脱硫生成物等に対する対策も又重要であると考えられる。かかる見地から塩基性及び酸性 23 t 鋼塊を供試材として大型鋼塊内部のゴーストに関連して分析、sulphur print, macro etch および非金属介在物の形態変化に関連した現象を観察しゴーストに関して 2, 3 の考察を加えたので以下報告する。

### II. 実 験 結 果

供試材は塩基性及び酸性 23 t 鋼塊で試料採取位置は Fig. 1 に示す通りである。この試料を中央部より切

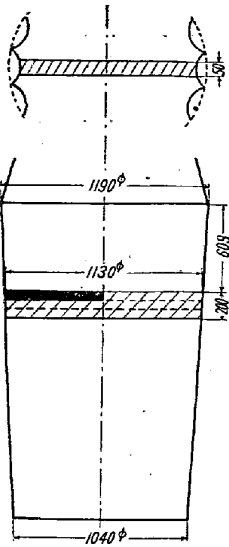


Fig. 1. Sampling method from test ingot.

断し更に3分割して供試材とした。  
 1) 分析, sulpher print および macro etch によるゴーストの検討  
 供試材より分析試料を採取するために供試材の上下両面を塩化銅アンモン—硫酸溶液および過硫酸アンモンアルコール溶液にてそれぞれ腐蝕し、上下両面の相対するゴースト部に刻印を打ちこの部分のみを旋盤にて削り出して分析し近傍の健全部と比較検討した。削り出した試料形状は直径4 mm, 長さ50mmの丸棒である。Table 1 に全酸素、全窒素、燐および硫黄分析値を示す。これより全酸素、全窒素に関してはゴースト部と健全部との間には差異が認められない。また燐に関してもはなはだしい偏析は認められず硫黄のみに著しい偏析が認められる。即ち Table 1 A<sub>3</sub>-2 および 2' に示すごとく, sulpher print の黒点に相当する部分のみに硫黄の偏析が多くその周辺部は健全部と何等異なる所が無い。つぎに sulpher print のゴースト部と macro etch (過硫酸アンモンアルコール溶液使用) の一次晶との関係を検討した所 Photo 1, 2 (省略) に示すごとく前者は後者の会合部にフェライトの細かい網で圍繞せられた微細粒と対応している事

が認められた。鋼塊外側部は sulpher print が極めて緻密であり鋼塊中心部に至る程粗鬆となり一次晶内部に析出しているものが少く境界部に析出しているものが多くなっている。sulpher print において大きな黒点となつている部分以外に太い黒線をなす偏析部は一次晶の境界部と正しく対応している事は Photo 3, 4 (省略) より明らかである。かかる現象は鋼塊外側部でも認められる。上記の sulpher print および macro etch によるゴースト部の観察事項よりゴースト部には FeS-MnS 系硫化物が偏析している事は明らかであり斯る偏析部の硫化物の形態を明らかにする事はゴーストの成因を考察する上に極めて重要であると考えられる。かかる見地から種々問題はあつたが quantometer (大阪工業奨励館) により満俺の偏析状況を前記の酸性 23 t 鋼塊について検討した。実験結果を Table 2 に示す。これからゴースト部は満俺が高いように思われるが quantometer は試料の表面状況により相当分析値が左右される上アークの直径が相当大きいので微量分析により満俺の偏析を求めた方が妥当であると思われる。従つて直径 2mm のドリルを使用してゴースト部と健全部の試料を採取し満俺偏析状況を比較検討した。なお同時に硫黄偏析状況を調査した。実験結果を Table 3 に示す。満俺の微量分析は JIS 法により N. B. S. 標準試料と共に分析して精度を検討した。硫黄の微量分析法は Vaughan 法により行つた。前表よりゴースト部に満俺および硫黄が相当偏析している事は明らかである。

2) 大型鋼塊内部の非金属介在物の形態: 前記の酸性 23 t 鋼塊を供試材として鋼塊外周部, ゴースト部および

Table 1.

Sample No.	Σ O <sub>2</sub>	Σ N	P	S	References
A <sub>3</sub> — 1	0.0057	0.0022	—	—	ghost part
A <sub>3</sub> — 3	0.0057	0.0018	—	—	〃
A <sub>3</sub> — 2 (surrounding part of ghost)	—	—	0.032	0.029	〃
A <sub>3</sub> — 2' (central part of ghost)	0.0044	—	—	0.054	〃
A <sub>3</sub> — 6	0.0058	0.0027	0.030	0.029	〃
A <sub>3</sub> — AA	0.0071	0.0027	0.030	0.029	sound part
A <sub>3</sub> — AB	0.0046	0.0015	0.031	0.029	〃
A <sub>3</sub> — AC	0.0053	0.0014	0.028	0.030	〃
B <sub>1</sub> — 1	0.0026	0.0029	—	—	ghost part
B <sub>1</sub> — 3	0.0026	0.0034	—	—	〃
B <sub>1</sub> — 6 (central part of ghost)	—	—	0.028	0.029	〃
B <sub>1</sub> — 6' (surrounding part of ghost)	0.0051	—	—	0.019	〃
B <sub>1</sub> — 7	0.0026	0.0032	—	—	〃
B <sub>1</sub> — BA	0.0025	0.0020	0.024	0.022	sound part
B <sub>1</sub> — BB	0.0033	0.0027	0.022	0.025	〃
B <sub>1</sub> — BC	0.0026	0.0031	0.019	0.023	〃

Table 2.

Sample No.		Mn (%)
No. 1	1 (sound part)	0.638
	2 ( " )	0.635
	3 ( " )	0.635
	1 (ghost part)	0.630
	2 ( " )	0.758
	3 ( " )	0.725
No. 2	1 (sound part)	0.715
	2 ( " )	0.705
	3 ( " )	0.745
	1 (ghost part)	0.700
	2 ( " )	> 1.00
	3 ( " )	> 1.00
No. 3	1 (sound part)	0.668
	2 ( " )	0.600
	3 ( " )	—
	1 (ghost part)	0.840
	2 ( " )	0.920
	3 ( " )	—

Table 3.

Sample No.		Mn (%)
1	sound part	0.66
2	"	0.67
1	ghost part	0.64
2	"	0.73
3	"	0.75
4	"	0.77
5	"	0.71
1	sound part	0.019
2	"	0.023
3	"	0.018
1	ghost part	0.077
2	"	0.030
3	"	0.031
4	"	0.076

中心部の各位置より試料を切出し非金属介在物の形態変化を観察した。Photo 5~9(省略)に各部位の代表的な非金属介在物の形態を示した。柱状晶部に位置する非金属介在物(主として硫化物)はゴースト部に位置するものに比較して遙かに小さく斯る傾向は前記の Photo 1 にも認められる。即ち溶鋼に対し溶解度の極めて小さい硫化物の分布は結晶内樹枝状晶の発達速度および一次晶の大きさと密接な関係がある事が明らかである。さらに鋼塊中心部ではもちろんゴースト部と同様な非金属介在物も多数認められるが上記写真の一部にも示すごとく硫化物が一次晶粒界に網状に析出しているのが相当認められる事は注目に値する。斯る硫化物の析出状態が鋼塊の位置により変化する事は快削鋼その他の場合においても認められかつ析出状態の相異が鋼質に影響する所大であ

ると考えられる。Photo 10(省略)は中心部非金属介在物と組織との関係を示し非金属介在物の存在する部分以外は Widmanstätten 組織を呈している事が分り Photo 11~12(省略)はゴースト部における硫化物を核としてフェライトが析出している状態を示す。

### III. ゴーストに関する二、三の考察

1) ゴースト部の偏析について: ゴースト部と健全部との間には全酸素, 全窒素, 磷に関しては著しい偏析は認められず満俺および硫黄の偏析が認められる。この偏析は sulphur print で黒点となつている部分に認められその周辺部は健全部と何等相異しない。FeS-MnS 系状態図から明らかなごとく温度降下に伴つて析出した MnS の高い硫化物は結晶内偏析として主として粒内の樹枝状晶間に存在しその結果 FeS の多くなつた低融点の FeS-MnS 系硫化物が固体鉄に対して溶解度が無いために一次晶粒界に析出し立体的な結晶発達と共に黒点状乃至帯状に境界部に析出するものと考えられる。

2) ゴースト部の発生位置および析出形態について。

鋼塊外周部は中心部に比較し急冷されるために Fe-Mn-S 間の反応が高温の平衡状態のまま即ち Mn と未反応の FeS 系硫化物が均一に分散したまま凝固するので結晶内偏析が多く緻密な sulphur print を示すが FeS は一部一次晶の境界部に析出する。鋼塊外周部と中心部との中間のゴースト部では可成り徐冷されるために FeS-MnS 系状態図に近い状態で凝固が進行し結晶内部では MnS の多い硫化物が結晶内偏析として現われ一次晶境界部には FeS を主体とした FeS-MnS 系硫化物が析出する。この部分は凝固に方向性のある外周部の柱状晶部と中心部の自由晶部との中間に位し結晶核の発生および結晶の生長が不均一であるため硫黄偏析が黒点状または網状に現われるのではないかと考えられる。中心部ではゴースト部よりも自由晶が均一に発達ししかも冷却速度が遅いために満俺の脱硫反応が進行し MnS の生成が促進されるが満俺の脱硫力は余り強力でなくしかも鋼に添加された程度の満俺では FeS が相当残りこれが一次晶の境界部で網状を形成すると考えられる。

### IV. ゴーストに対する対策

前章迄の検討結果より大型鋼塊における地疵を伴うゴーストの消滅対策としてつきのごとき方法が考えられる。

1) 脱硫をさらに強力に行い硫黄の絶対量を下げる。鋼塊が大型になればなる程脱硫は重要となる。

2) Ti, V 等の特殊元素の添加により 鑄塊組織を改善すると共に硫化物系介在物の形態を改変分散すると共に無害化を計る。前報および続報するチタン滓処理材においてチタンの添加により硫化物系介在物の形態が改変せられ鋼塊内部に一様に分散し大型介在物にならないため超音波試験の成績が良好となつたのは斯る対策の成功した一例といえよう。なお V の添加に対しては現在当所で検討中である。

3) 前項迄は主として硫化物系介在物の性状ならびに分布状況に重点を置いて考察した地疵を伴うゴーストの消滅乃至は軽減対策について説明した。斯る欠陥の原因の一部は酸化物系介在物による所も大きいようである。大型鋼塊中で問題になる酸化物系介在物の大部分は矢張り外来介在物 (exogeneous inclusion) であり一部が内来介在物 (indigeneous inclusion) と考えられる。いずれも造塊過程で生成せられたものであるからこれらを消滅ないしは軽減するには造塊作業の検討が重要とならう。

4) 非金属介在物の立場から見たゴーストの消滅ないしは軽減対策について説明したが大型鋼塊では中心部は必然的に粗鬆となり完全に鍛錬する事は困難であるから斯る粗鬆部を軽減する造塊法の検討が不可欠であらう。

## V. 結 言

大型鋼塊のゴースト部に關連して分析, sulphur print, macro etch および非金属介在物の形態観察等を行いゴースト部の偏析, 発生位置および析出形態について若干考察を加え, これらの検討結果からゴーストの消滅ないしは軽減対策について説明した。

### (3) チタン滓処理による鋼質改良に関する研究 (III)

(大型鋼塊のゴースト部に対するチタン滓処理の効果)

Studies on Improvement of Steel Quality by TiO<sub>2</sub> Slag Treatment (III)

(Effect of TiO<sub>2</sub> Slag Treatment on Ghost Zone of Large Ingot)

T. Shimose, et alii.

神戸製鋼所, 研究部

工 高 尾 善一郎・工 下 瀬 高 明  
工 平 野 坦・工 官 本 醇

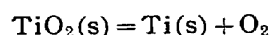
## I. 結 言

前々報においてチタン滓を電気炉滓に若干添加して鋼滓中 TiO<sub>2</sub> の鋼塊組織におよぼす影響を添加法としての長所, 鋼塊の硫黄偏析, 脱酸, 脱窒, 結晶粒度, 機械的性質の諸点について調査し間接添加法が直接添加法に比較し優れている事を説明しさらに前報において大型鋼塊のゴースト部に關連して分析, sulphur print, macro etch および非金属介在物の形態観察等からゴーストの発生原因および防止対策について説明したがこれらの結果を参照してさらに溶鋼中チタンの熱力学的性質について考察し脱硫に対するチタンの効果を実測し斯るチタンの硫化物系介在物に対する効果を狙つた塩基性電気炉鋼滓のチタン滓処理操業を 10 t 塩基性電気炉についてふたたび繰返し行い大型炉における再現性について実験したので以下報告する。

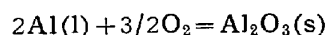
## II. 実 験 結 果

1) 溶鋼中チタンの熱力学的性質: チタン滓をアルミニウムで還元してチタンを溶鋼へ還元せしめようとする場合塩基性鋼滓中に存在する遊離の酸化物が還元せられる危険がある。還元量は鋼滓の流動性とも密接な関係があり操業上適当な処置が必要であるが TiO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, FeO 等の Al による被還元性について検討した。

### (a) TiO<sub>2</sub>

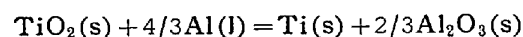


$$\Delta F^0 = 217,600 - 41 \cdot 9T \dots\dots\dots (1)$$



$$\Delta F^0 = 400,000 + 76 \cdot 6T \dots\dots\dots (2)$$

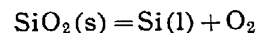
(1), (2) 式より



$$\Delta F^0 = -49,067 + 9 \cdot 17T$$

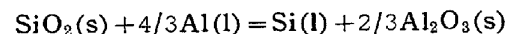
$$\Delta F_{1600}^0 = -31,892 \text{ cal}$$

### (b) SiO<sub>2</sub>



$$\Delta F^0 = 214,300 - 47T \dots\dots\dots (3)$$

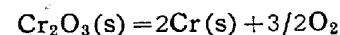
(2), (3) 式より



$$\Delta F^0 = -52,366 + 4 \cdot 07T$$

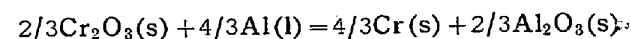
$$\Delta F_{1600}^0 = -44,733 \text{ cal}$$

### (c) Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



$$\Delta F^0 = 265,050 - 60 \cdot 4T \dots\dots\dots (4)$$

(2), (4) 式より



$$\Delta F^0 = -89,967 + 10 \cdot 8T$$