

(90) キルド鋼の非金属介在物に関する研究 (III)

(Research on the Non-metallic Inclusions of the killed Steel (III))

Yosaku Koike, et alii.

富士製鉄釜石製鉄所研究所

工〇小池与作・犬塚家親・工 堀籠健男

I. 緒 言

第2報においては Al 処理した鋼中非金属介在物、特に酸化物系の Al_2O_3 系及び Al_2O_3 の高い Mn-Fe Silicate 系砂疵の生成過程につき、(a) 顕微鏡の形態、及び化学成分に基く考察、(b) 下注法の湯道内の metal の砂疵に関する実験並びに考察、(c) 沈澱晶の砂疵生成に及ぼす影響の理論的検討等を行つた。

これ等の砂疵は主に溶鋼中に既に肉眼的大きさのものとして析出していたもので、溶鋼凝固の際に大型のものを析出したり、又は顕微鏡的サイズの Al_2O_3 や SiO_2 が鑄型内で凝集して砂疵となる機会は少ないことを述べた。

一般に上注鋼塊においては砂疵は鋼塊底部に発生する機会が多いのであるが、これは鋼塊の凝固条件、注入中の溶鋼流による巻込み、その他の条件により肉眼的介在物が完全に浮上除去されなかつたことが大きな原因と推定される。

鑄型底部の冷却速度が酸化物系砂疵浮上の難易に及ぼす影響、これ等酸化物系砂疵の溶鋼中における状態及び砂疵分布と鋼塊の結晶構造との関係等を研究し砂疵発生の機構を明らかにする目的で 500 kg 鑄型を使用し鋼塊底部の冷却条件を種々変えて注入した鋼塊につき各種の調査をなし、検討を加えた。

II. 実験方法

(1) 造 塊

Fig. 1 に示すような三種類の 500 kg 鑄型につき実験した。

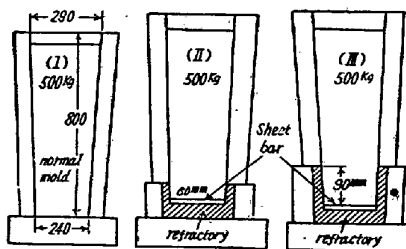


Fig. 1.

(I) は普通のもの、(II) は鑄型の底部及び下部約 50 mm を シヤモット煉瓦にて内張りしたものであり、(III) 鑄型底部及び下部 90 mm を煉瓦にて内張り鋼塊の冷却速度をおそくしたものである。

鑄型の寸法は図に示すとおりであり底部には耐火物が溶鋼の衝撃により機械的におかされないように厚さ 10 mm のシートバーを敷いた。鑄型内溶鋼中を浮上した介在物のある程度鋼塊上表面近くに残留させるため押湯はつけなかつた。

注入方法は全部上注法によるものである、次の2回の試験を行つた。

(a) 第1回

C 0.45%, Si 0.25% キルド鋼、(I)(II) の鑄型につき比較実験。小鋼塊に対し注入温度は低めとし (1525 °C) 介在物が浮上しにくい条件を与えた。これは鋼塊のまま調査した。

(b) 第2回

C 0.6%, Si 0.25% キルド鋼、(I)(III) の鑄型につき実験。各一本の鋼塊は注入温度 1550 °C とし、これは billet に鍛造したものにつき調査した。別に注入温度を更に下げ注入速度を特に小さくして鋼塊を鑄込み、これは鋼塊のまま調査した。

(2) 鋼塊試験

試験鋼塊は鋼塊のまま切断、又は 150 mm 角 billet に鍛造した後、砂疵検査及び砂疵の顕微鏡試験及び学振法による清浄度の比較を行つた。又 sulphur print による偏析状況及び macro etch による鋼塊の結晶構造を調査し、結晶構造と鋼塊内における砂疵分布との関係等につき検討した。

III. 実験結果

(1) 砂疵試験

第1回試験の鋼塊については中心部より縦断し、鋼塊頭部より 1/4, 2/4, 3/4, 4/4 の部分に等分し、各部分につき中心部よりシヤバーにより約 0.8 mm づつ切削し、その都度肉眼的介在物発生位置、形状、大きさの概要を記録した。Table 1 はその成績を示したものである。

普通鑄型 (I) による鋼塊を A、鑄型底部に煉瓦を内張りした (II) による鋼塊を B とした。又これ等砂疵は Al_2O_3 の高い Mn-Fe-Silicate 系と Al_2O_3 系のものに区分することが出来る。high Al_2O_3 系のもは Table 1 より明らかなごとく、鋼塊の底部 4/4 と 3/4 の部分では A 鋼塊は B 鋼塊よりもはるかに多く、

Table 1.

Inspected position in ingot	Ingot A					Ingot B				
	High Al ₂ O ₃ type			Al ₂ O ₃ type		High Al ₂ O ₃ type			Al ₂ O ₃ type	
	rate of occurrence of s.m.	mean value of s.m. number	number of s.m. whose dia. is 0.3 mm up	rate of occurrence of s.m.	number of s.m.	rate of occurrence of s.m.	mean value of s.m. number	number of s.m. whose dia. is 0.3 mm up	rate of occurrence of s.m.	number of s.m.
from top surface to 15 mm depth	10/10	4.0	4			10/10	3.5	6		
to 1/4 of ingot	5/15	0.3	1	0/15		4/15	0.4	1	0/15	
to 2/4 of ingot	9/15	0.8	0	0/15		10/15	0.9	1	1/15	1
to 3/4 of ingot	15/15	4.2	2	0/15		15/15	2.4	3	0/15	
to 4/4 of ingot	15/15	2.7	6	3/15	3	12/15	1.2	0	0/15	

Notes: (1) rate of occurrence of s. m. = number of occurrence of sand marks/number of inspection
 (2) s. m. = sand mark

0.3 mm dia. 以上の high Al₂O₃ 系介在物も A 鋼塊にのみ認められた。鋼塊の上半部 3/4, 4/4 の部分では鋼塊頭部の上表面部分を除いて A, B は鋼塊共に介在物は少なくその程度に差がない。又両鋼塊共に鋼塊頭部上表面直下の部分には大形球形の砂疵が多数存在していた。又 Al₂O₃ 系砂疵は A 鋼塊には底部 4/4 の所に最大 1 mm 程度のもの 3 ヶ, B 鋼塊には 2/4 の所に 0.7 mm 程度のもの 1 ヶがあつた。

両鋼塊とも砂疵は主に鋼塊の側表面より 45~50 mm 以内の所に発生していた。砂疵が多いのは低温注入によるものであろう。第 2 回試験の鍛造品についての砂疵検査結果は鑄型 (I) による鋼塊 A には底部に 2 ヶの砂疵が認められたが、(II) による鋼塊 C には全然認められなかつた。砂疵の数が少ないのは第 1 回試験の場合に比して注入温度が高かつたことによるものであろう。又注入速度、注入温度を低下した鋼塊 C には第 1 回試験と同様な砂疵があつた。Al₂O₃ 系砂疵の発生割合は第 1 回試験の場合よりもやや大であつた。

(2) 砂疵の顕微鏡的形態

(i) 第 1 回試験鋼塊 (C 0.45%, Si 0.25%) の段削にて発見された略々球状の砂疵を顕微鏡で調べたものを Fig. 2 (1)(2) (図省略) に示した。本図よりこの介在物がほとんど真の球形に近いこと及び 500 倍の写真より high Al₂O₃ 系の Mn-Fe-Silicate であることが判る。

この写真に示したようなものは熔鋼中で完全に熔融していたものと考えられる。

又不規則な片状の砂疵を顕微鏡で調べたものを Fig.

2 の (3) に示した。これは Al₂O₃ 系のもので明らかに熔鋼中で熔融状態になつたものである。

(ii) 第 2 回試験鋼塊 (C 0.6%, Si 0.25%) においては鍛造したものは前述のごとく砂疵は極めて少なく、その形態は明らかでない。然し注入速度を極力おそくした鋼塊については縦断顕微鏡試験の結果は第 1 回試験と同様 Fig. 2 (1)(2)(3) に示すような砂疵が発見された。(図省略, 会場で掲示)

第 1 回及び第 2 回試験の killed 鋼は夫々 210g/t 及び 500g/t の Al を ladle に添加したものであり、従つて凝固に伴う Silicate の析出は極めて微量であり、この実験鋼塊の high Al₂O₃ 系砂疵の主な原因はノズルストッパー等の耐火物の熔損粒と [Al] との反応生成物と考えられる。

(3) 試験鋼塊の macro 組織及び sulphur print

第 1 回試験の鋼塊 A, B について macro etch により結晶構造を調査した。その結果を Fig. 3 に示した。

(I) による普通鋼塊 A の底部 4/4 の所では chill 層 5~7 mm, 柱状晶 18~20 mm, 粗大樹枝状晶 20~30 mm 程度であつた。

又 (II) による鋼塊 B の底部 4/4 の所では煉瓦を内張りした部分では chill 層 2~4 mm, 柱状晶 7~8 mm, 粗大樹枝状晶部が極めて僅かであつた。B 鋼塊底部は A 鋼塊底部に比して相当除冷されていることがわかる。

又この実験では柱状晶の長さや砂疵発生位置とは直接関係はないものと考えられる。sulphur print により偏析状況についても調査した。又 (II) による B 鋼塊に

は底部に小さい二次 pipe が発生していた。(I) による C 鋼塊には底部の二次 pipe はほとんど認められなかった。

IV. 総 括

砂疵の発生機構を明らかにし、これを防止する目的で C 0.45~0.60%, Si 0.25% の炭素鋼につき特殊鋳型を使用し、又造塊条件を種々変えて造った 500 kg 実験用鋼塊を調査し、検討を加えた。

(1) 鋳型底部を煉瓦で内張りし、その冷却速度を小さくした鋼塊は底部の砂疵を減少した。又注入温度、注入速度が著しく低い場合に砂疵発生傾向が大である。これ等のことより注入時鋼塊底部の熔鋼粘性の増加速度が砂疵の浮上除去に大きな関係がある。

(2) この実験で認められた砂疵は high Al_2O_3 系のものが大部分で Al_2O_3 系のものは少ない。Al 添加量が 500g/t の第 2 回試験の鋼塊では 210g/t の第 1 回試験の鋼塊よりも Al_2O_3 系砂疵の割合が多い。

(3) High Al_2O_3 系のものは熔鋼中で完全に熔融していたものが多く耐火物磨損粒と [Al] との反応生成物であり、 Al_2O_3 系のものは主に [Al] の酸化によるものと認められる。

(4) 柱状晶の長さや砂疵発生位置との間には直接の関係は認められなかった。

(91) 砂かみの生成に関する二、三の考察 (Some Considerations on the Occurrence of Sand Marks)

Jumpei Watanabe; et alius.

日立製作所日立工場 製鋼部

工〇渡 辺 準 平

伊 藤 幸 雄

I. 緒 言

鍛鋼品の廃却になる原因は日本鍛鋼技術委員会によれば 45 種に分けられている。この中で製作工程の最終段階である機械加工の際に発見されて廃却の原因になるものに砂かみがある。これは耐火材、スラグまたは砂等が機械的に混入したものおよび熔鋼と耐火煉瓦の反応生成物いわゆるスカムの混入によるものとされている。

この報告は最近発生した鍛鋼品の砂かみの性状を調査しその発生原因と生成の過程を考察したものである。その結果従来の文献を肯定するものもあるほかにその発生

原因が全く新しいものも発見されたので報告する。

II. 現 場 作 業

調査の対象とした鋼塊はすべて塩基性電気炉で精錬されたもので鋼種は炭素鋼および特殊鋼で一定していない。電気炉の炉床はマグネシウムクリンガーを苦汁をバインダーとしてスタンプしてある。

取鍋およびトラフの内張煉瓦はシャモット質および燧石質を使用し目地に使用するモルタルは大体同成分のものを使用した。16t 以上の大型鋼塊の場合にはトラフを使用しそれより小型の鋼塊の場合は取鍋から直接鋳込まれる。

III. 調査結果と考察

(1) 熔鋼表面のスカムおよび鋼塊表面の附着物について

鋳込中の熔鋼表面のスカムおよび鋼塊採取時に表面に附着している異物を分析した結果 SiO_2 , MnO および Al_2O_3 を主成分とするものと CaO および MgO を 10% 程度含有するものがある。

前者は SiO_2 , MnO とともに炉内の還元スラグよりも多量でとくに Al_2O_3 が激増している。またスラグの中に多い CaO をほとんど含んでいないし、煉瓦中にほとんど含まれていない MnO を含有している。したがってこのスカムは K. Daeves¹⁾, C. B. Post²⁾ および塩谷周三氏³⁾ らのいうように熔鋼中の遊離の MnO と取鍋およびトラフの内張煉瓦中の SiO_2 による反応生成物であると思われる。FeO の増加は熔鋼の空気による酸化と Fe による SiO_2 の還元によるものと考えられる。これらの反応生成物は取鍋およびトラフの中で比重差によつて熔鋼表面に大部分は浮揚するものと考えられるが場所によつてはノズルを通して鋳型内にまで運ばれ、鋳込中に時間の経過とともに増加して来ることはしばしば観察されることである。

つぎに後者は炉内の還元スラグの影響をうけていると考えられるが出鋼直前の炉内スラグが直接関係するということではなくて M. P. Fedock⁴⁾ も述べているように煉瓦の表面変質層、とくにノズル周辺のものに侵蝕されて混入したものと考える。したがって内張煉瓦の古いほど CaO および MgO は増加すると考えて差支えない。新しい内張煉瓦の場合でも $CaSi$ で取鍋脱酸を行う場合にはスカム中に CaO が見出されることが報告されている。

(2) 鋼塊内部に発生した砂かみについて