

(87) セミキルド鋼の脱酸と介在物

八幡製鉄所, 技術研究所

工 加藤 健・工 今井純一・工〇梶岡博幸

Deoxidation and Inclusions in Semi-killed Steel Ingot.

Takeshi Kato, Junichi Imai, Hiroyuki Kajioka.

I. 緒 言

セミキルド鋼塊の内部性状の問題点は気泡, 収縮孔および偏析, 非金属介在物に分割でき, これらは脱酸形式注入条件, 鑄型形状によつて左右され, 材質や歩留に関係するので種々と研究されているが, 非金属介在物を取扱つた文献は少いようである. 気泡の分布状況と脱酸度の関係については本大会ですでに発表した, その当時鋼塊より採取したコーナーサンプルのサルファプリント上に多くの黒点(点偏析または異常偏析と呼んでいる)が認められた. これらは異常に大きな介在物で肌に接近している, 場合によつては表面欠陥の原因になると予想され, これを軽減することは清浄なセミキルド鋼塊を生産するに当つて重要であると考えられた.

一方, セミキルド鋼塊の脱酸剤としては Si および Al が常用されているが, 脱酸剤の種類鋼塊性状におよぼす影響については定性的な説明のみ試みられているような現状で, 脱酸剤について検討すべき点は数多く残つていようと思われる. 以上のごとき情勢に鑑みセミキルド鋼の介在物におよぼす脱酸剤の影響について黒点を中心に検討を行なつた.

II. 実験方法

60 t 固定式平炉で熔製した C: 0.11~0.19%, Mn: 0.80~0.90% 熔鋼に凝固時の脱酸度が一定になるように脱酸剤の量を Table 1 に示すごとく変えて取鍋に投入し, 10 t 鑄型に注入して製造したセミキルド鋼塊の一隅より採取したコーナーサンプルを試験の対象とした.

Table 1. Deoxidizer added in a ladle.

Deoxidizer	1	2	3	4
Si (%)	0	0.024	0.059	0.062~0.155
Al (%)	0.062	0.047	0.026	0.007
Si/Al	0	0.5	2.3	>11

注入条件の影響をさけるため注入順序で中央に位するものを試験鋼塊としたごとく, 脱酸剤以外の要因が均一になるようにつとめたが, 現場で実験した関係上ある程度の変動は免れなかつた. たとえば鋼塊性状に最も重要な影響をおよぼす脱酸度は管状気泡発生圏で表示して

100 mm 程度のバラツキがあつた. しかしその実験結果に対する影響は変化範囲が狭いために認められなかつた.

コーナーサンプルは縦断し, サルファプリントを撮り黒点の分布状況を観察した. また中央高さより顕微鏡試料を切り出し, 黒点となる介在物の調査を行い, 検鏡後は電解法による介在物の分析試料とした. 黒点の分布状況は鋼塊肌に平行に 5 mm 間隔の線をサルファプリント上に引き, 直線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その値で表わした.

また, ノズルより流出する熔鋼を試験鋼塊注入後スプーンにより取り, 凝固速度の異なる 2 種の鑄型すなわち 25 mm 手の銅型および 80 mm φ の黒鉛型に注入し, 介在物の発生段階を明らかにするための顕微鏡試料とした.

III. 実験結果

1. サルファプリント上に黒点として現われる介在物
サルファプリントに黒点として現われた部分を顕微鏡で観察し, また黒点となる介在物を標示してサルファプリントを撮つたところ, 黒点の原因としては大きな珪酸塩, 硫化物を含む混合珪酸塩, 酸化物を中心に含んだ硫化物の集合の 3 種の介在物があることが明らかになつた. Si 脱酸より Al 脱酸になると黒点の原因は珪酸塩から硫化物に移るようであり, とくに混合珪酸塩は Al 投入量が多くなると減少するようである.

黒点となる珪酸塩の大きさは Fig. 1 の度数分布に示すごとくで 100~300 μ の介在物が大半を占めていて, 500 μ 以上のものは認められない. 大きな介在物は注入直後では熔鋼の温度が高いので, 鑄型内で浮上し, 鋼塊頭部のスカムとなるためであろう.

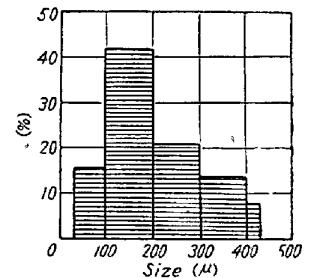


Fig. 1. Frequency of size of inclusion appearing as black spots on a sulfur print.

2. 鋼塊内における介在物の分布
10 t 鋼塊のコーナーサンプルの黒点の分布状況を黒点指数で表示したのが Fig. 2 である. 脱酸度は一定でも使用した脱酸剤の種類により黒点の分布が異なることが認められる. すなわち Al に比し Si 投入量を多くするにつれ, 黒点が多くなり, また黒点の密集する位置が内部に移動し, 最も多く Si を投入した鋼塊では 20 mm の点で最大分布を示している.

脱酸剤として同一量の Si および Al を投入した鋼塊間では熔鋼中の S % が高いほど, 黒点指数が高くなつて

いるが、 $S\% < 0.025\%$ %では $S\%$ の影響は小さいようである。Fig. 2 では $S > 0.025\%$ の鋼塊を区別して示している。

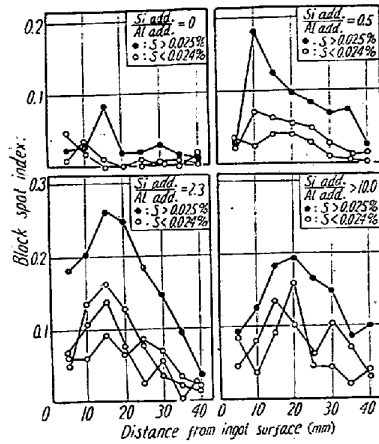


Fig. 2. Distribution of black spots in ingot as a function of black spot index.

3. 黒点の生因
黒点の原因となる珪酸塩に注目すると、 SiO_2 源としては脱酸生成物によるものと耐火物に由来するものが考えられる。

脱酸度を一定にし、Si 投入量を増加すると分析および顕微鏡で観察される SiO_2 は多くなつていて、Si 投入量とともに黒点が多くなるという事実と一致するが、その投入量の増加と介在物中の SiO_2 の増加程度とが一致せず、また Al 単独で脱酸した鋼塊でも Al_2O_3 が現われることがなく珪酸塩が観察される。一方、リムド鋼の介在物は主として耐火物に由来し、キルド鋼では脱酸生成物の影響が強くなるという従来の経験より判断すると、セミキルド鋼においても介在物は耐火物に負う所が大きいようである。

耐火物の熔損については種々な機構が考えられているが、結局熔鋼中の遊離 [O] の影響が最も強いようである。Si は熔鋼の温度低下により脱酸力がいちじるしく上昇するとされているので凝固時の脱酸度を一定とした場合でも取鍋内での熔鋼の脱酸程度は脱酸剤の種類により相違があり、それが耐火物の熔損に関係するのではないかと考え、熔鋼の脱酸程度の脱酸剤による相違を調査した。熔鋼中の遊離 [O] の尺度として[(真空熔融法によるO)-(Al_2O_3 および SiO_2 中のO)] をとり、Si および Al 投入量による変化を示すと Fig. 3 のごとくである。Al 脱酸した鋼では熔鋼中の [O] が低く、フラックス反応による耐火物の熔損が少くなると思われる。またノズルから出る熔鋼には黒点程度の大きさの介在物が含まれているが鋼塊内

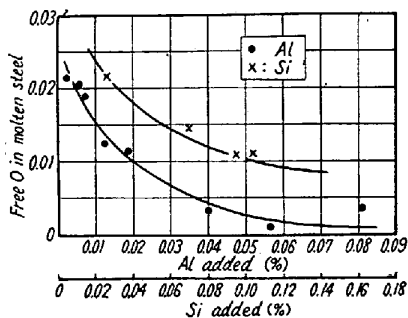


Fig. 3. Influence of deoxidizers added in a ladle on free O in molten steel.

に認められる介在物にくらべ、 FeO, MnO の低い SiO_2 の高い介在物であつた。

以上のことから黒点の生成機構としては耐火物に由来する珪酸塩が凝固時に析出する $MnO(FeO)$ 、さらには硫化物を吸収して、肥大生長し、対流による銕型内の熔鋼の運動と比重の差による介在物の浮上運動の結果、一部は浮上してスカムとなり、残りが凝固進行中のデンドライトに捕捉され、肌近くに分布したものと考えられる。

IV. 結 言

セミキルド鋼塊の性状におよぼす脱酸剤の影響を実用鋼塊を対象に介在物の面から検討した結果、清浄なるセミキルド鋼塊の生産に当りて脱酸剤の選択は重要であることが明らかになつた。主な結果を要約すると、

1. サルファプリント上に現われる鋼塊肌近くの黒点は大きな珪酸塩または中心に酸化物を含んだ硫化物の集合であり、脱酸剤として Si に比し Al を多く投入すると減少する。また、 $S\%$ が低くなつても同じ効果がある。
2. セミキルド鋼の介在物には耐火物が関係して凝固時の脱酸度を一定としても、熔鋼の脱酸度は Si と Al の投入量の比を大きくする方が弱く、それだけ耐火物の熔損が大きくなり、その結果黒点が増加するのである。

(88) 鋼塊における非金属介在物の生成経路に関する研究

大阪大学, 産業科学研究所

工博○青 武雄・理博 徳田 種樹

Studies on the Origin of Non-metallic Substances in Steel Ingots.

Takeo Ao, Taneki Tokuda.

I. 緒 言

著者らはさきに中炭素鋼塊の表面疵、軸受鋼塊の内部の非金属介在物の研究を行い、すでにその一部を発表した。さらに引続き、中炭素小型鋼塊の内部疵の研究も行なつたのでその結果を述べる。

II. 中炭素小型鋼塊の製造条件

実験に用いた造塊条件は、塩基性平炉公称40 t, 装入51 t. 天井はゼブラ式, 壁はクロマグ煉瓦, 炉床はドロマイトを用い, 取鍋, 湯道にはシャモット煉瓦を用いた。ノズル, ストッパーもシャモット質であるが高温焼