

低く 21 mmHg の平衡値に近かった。

VI. 結 言

1550°C における CaO-SiO₂-Fe oxide 3 成分系合成鋼滓および塩基性平炉鋼滓中への水蒸気の溶解平衡実験を行なった結果次の点が明らかになった。

1) 水素吸収速度は大で 10mn 間で平衡値の 2/3 が吸収され 60mn 間で平衡に達した。

2) 水素溶解度と水蒸気分圧の平方根の間には零点を通る直線比例関係があり水蒸気 1 気圧における飽和溶解度は合成鋼滓は 50~100 ppm, 塩基性平炉鋼滓は 128 ppm である。

3) 1350~1550°C の間では温度の上昇とともに溶解度は増加の傾向にあり水蒸気の鋼滓への溶解熱は 13 kcal/mol であつた。

4) 水素溶解度は CaO/SiO₂=1 以上では塩基度の増加に比例して直線的に増加し, CaO/SiO₂ の 1 の増加に対して 4~5 ppm 溶解度が大になる, CaO/SiO₂ が 1 以下では (FeO)t が 24 mol% では SiO₂ の増加ととも

に溶解度は増加するが 33 mol% では特に増加を示さなかつた。

5) 実験値と現場鋼滓との比較を行なった結果塩基性平炉および電弧炉では CaO/SiO₂ の 1 の増加に対する水素の増加は 5.6 と 5.3 ppm で実験値に近い結果を示した。酸性平炉鋼滓の水素含有量は極端に低く 5 ppm 前後にすぎない。

脱炭反応進行中は鋼滓面の水蒸気分圧は炉内雰囲気の水蒸気分圧の 1/3 以下になつていと推定される。脱炭反応が停止すると鋼滓中の水素量は炉内雰囲気の水蒸気分圧に対する平衡値に近くなる。(昭和36年8月寄稿)

文 献

- 1) J. H. WALSH, J. CHIPMAN, T. B. KING, and N. J. GRANT: Trans. Amer. Soc. Metals, Nov 1956 p. 1568~76
- 2) J. W. TOMLINSON: J. Soc. Glass Tech., 40 (1956) 25T
- 3) L. E. RUSSELL: J. Soc. Glass Tech., 41 (1957) 304T
- 4) 今井, 中山, 大井, 江見: 鉄と鋼, 45 (1959), p. 1080

セミキルド鋼の脱酸と非金属介在物*

(セミキルド鋼についての研究—III)

加藤 健**・今井純一***・梶岡博幸***

Deoxidation and Inclusions in Semi-Killed Steel Ingots.

(Studies on semi-killed steel ingots—III)

Takeshi KATO, Junichi IMAI and Hiroyuki KAJIOKA

Synopsis:

Numerous black spots are usually observed on sulphur prints along the skin layers of semi-killed steel ingots, which probably may develop into surface defects under severe processing of semi-killed steel products.

Using 10 ton slab ingots, investigations were carried out into the effects of deoxidizers on these black spots.

The main results obtained are as follows:

- (1) The substances of these black spots consist of crowds of sulphides to be accompanied with blow holes and of large silicates, the greater part of which contains some sulphides.
- (2) These black spots can be reduced by using aluminium as the main deoxidizer instead of silicon, although this result may be also attained by the decrease of sulphur content of molten steel.

* 昭和34年11月本会講演大会にて発表 ** 八幡製鉄所技術研究所, 工博 *** 八幡製鉄所技術研究所

(3) The large silicates have much relations with ladle refractories. When silicon is used as deoxidizer, it can catch a greater amount of oxygen, as the temperature of molten steel drops during the period from tapping to solidifying, whereas in case aluminium is used, the content of residual aluminium in molten steel cannot be expected to be high because of its strong deoxidizing power to combine with more oxygen while cooling. It is presumed, therefore, that in order to get the same condition of blow holes in ingots, the oxygen content of molten steel in ladle should be lower, and accordingly the ladle refractories are the less damaged when aluminium is used as deoxidizer than when silicon is used.

I. 結 言

セミキルド鋼塊の非金属介在物に関する研究は少ないようであるが、他の形式の鋼塊に比べて介在物に関する問題が少ないといふわけでもない。

先にセミキルド鋼塊の脱酸と気泡状況および鋼片の表面欠陥の関係について報告したが^{1,2)}、その際の試験鋼塊のサルファープリント上には鋼塊の肌付近に多くの黒点が認められた。この黒点は気泡偏析および異常に大きな介在物であつて、成品が苛酷な加工を受ける場合には表面欠陥の原因となることが明になつた。

従つてこの黒点の状況を更に詳細に調査し、かつその防止軽減法について研究することは極めて重要であると考えて、本実験を開始した。本報はそのうちこの黒点の実体の調査結果と、脱酸剤のそれにおよぼす影響とにつ

いてまとめたものである。

II. 実験の経過

予備的な調査によつて、この黒点の実体としては、硫化物の他に珪酸塩介在物が問題となることが明らかになつた。セミキルド鋼では脱酸に Si を主体として用い、補助的に Al を使用するのが普通である。上述の珪酸塩介在物は単純に脱酸生成物とは考えられないようにも思われたが、先ず脱酸剤として使用する Si と Al の割合を種々変えて実験して見ることにした。

すなわち 60 t 固定式平炉で C: 0.11~0.19%, Mn: 0.80~0.90% の溶鋼を溶製し、取鋼における脱酸剤として Si と Al の添加割合を Table 1 に示すごとく変化せしめ、これから注入された約 10 t の偏平鋼塊の一隅より縦に採取したコーナーサンプルを試験の対象とし

Table 1. Ladle analysis, deoxidizer added, and teeming conditions of ingots tested.

No. of samples		7	10	11	6	8	9	1	2	3	4	5	13	12	
Ladle analysis	C %	0.15	0.17	0.15	0.13	0.15	0.14	0.11	0.14	0.15	0.13	0.16	0.19	0.15	
	Mn %	0.89	0.93	0.93	0.90	0.89	0.80	0.88	0.89	0.86	0.81	0.80	0.54	0.58	
	Si %	0.016	0.002	0.020	0.023	0.024	0.022	0.067	0.049	0.053	0.040	0.080	0.08	0.10	
	P %	0.028	0.023	0.017	0.018	0.016	0.017	0.014	0.023	0.026	0.011	0.016	0.017	0.016	
	S %	0.029	0.022	0.019	0.026	0.026	0.024	0.016	0.023	0.033	0.021	0.020	0.023	0.025	
	O %	0.012	0.009	0.010	0.013	0.006	0.013	0.016	0.019	0.017	0.019	—	—	—	
Wt. of steel tapped (t)		70.850	72.050	69.350	76.250	73.050	76.650	72.900	74.400	78.000	76.400	72.400	79.750	76.200	
Tapping temperature (°C)		1635	1635	1620	1625	1615	1625	—	—	1620	1625	1585	—	—	
Alloys added	in Fce.	Fe-Mn (kg)		500	500	500	500	500	500	500	500	500	—	—	
	in Ladle	Fe-Mn (kg)		600	620	620	600	570	550	500	350	400	450	520	150
		Si-Mn (kg)		0	0	0	100	100	100	250	250	250	250	200	500
		Al (kg)		43	43	43	35	35	35	22	20	18	20	4	6
Cokes (kg)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	16	48	
Si added (%)		0	0	0	0.024	0.025	0.024	0.062	0.061	0.058	0.059	0.062	0.113	0.155	
Al added (%)		0.061	0.060	0.062	0.046	0.048	0.046	0.030	0.027	0.023	0.026	0.006	0.008	0.007	
Si/Al		0	0	0	0.52	0.52	0.52	2.06	2.26	2.52	2.27	10.3	14.1	22.2	
Mould	B10*	B10	B10	B10	B10	B10	B10	B10	B10	B10	B10	B10	B10	B10	
Wt. of ingot (t)	9.750	9.750	9.750	9.780	9.750	9.750	9.700	8.650	8.900	9.050	9.600	8.050	8.050		
Height of ingot (mm)	1950	1950	1950	1952	1950	1950	2025	1790	1840	1870	1950	1580	1580		
Teeming temperature (°C)	1580	1580	1575	1580	1555	1565	—	1568	1555	1565	—	—	—		
Teeming rate (mm/s)	9.1	7.7	9.4	10.7	7.9	10.8	10.4	11.8	11.5	10.5	—	—	—		

* for 10 t slab ingot.

た。

注入条件の影響をさけるため注入順序で中央に位する鋼塊を試験対象としたごとく、脱酸剤以外の要因は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。溶製記録の概要を Table 1 に併記した。鋼塊性状に最も重要な影響をおよぼす脱酸度は一定にすることが最も困難であつたが、先の気泡に関する実験結果¹⁾から Si と Al の添加量の効果を求めて、Si と Al の添加割合を変えても脱酸効果が一定になるようにした。脱酸度は結果的には先の報告¹⁾に示したごとく、管状気泡発生範囲で適確に示されるが、本実験では、その範囲で表示して 100mm 程度のバラツキがあつた。しかし変化範囲が狭いので、その実験結果におよぼす影響は認められなかつた。

コーナーサンプルは縦断してサルファープリントをとり、黒点の分布状況を観察し、かつ中央高さより検鏡試料を切出して顕微鏡によつて黒点となる介在物の調査を

行ない、その後これを電解法による介在物分析試料とした。

黒点の分布状況は鋼塊肌に平行に 5mm 間隔の線をサルファープリント上に引き、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、その値で表した。

なお、試験鋼塊注入後、取鍋下より、凝固速度の異なる 2 種の鑄型すなわち 25mm ϕ の銅型および 80mm ϕ の黒鉛型に注入し介在物の発生段階を明かにするための試料とした。

III. 実験結果

(1) 黒点の分布

コーナーサンプルのサルファープリントを観察すると管状気泡発生範囲には若干のバラツキはあるが、脱酸剤として Si を少なくし、Al を多くしたグループのものの黒点減少している傾向が明かに認められる。黒点は高さ方向に群をなして現れているが、各グループの代表試料の中央部サルファープリントの写真を Photo. 1 に示した。前述の黒点指数によつて黒点の分布状況を示すと Fig. 1 のごとくであり、脱酸剤として添加した Si% と Al% の比(以下 Si/Al と記す)の大きいほど黒点が多く、かつより内部にまで分布し

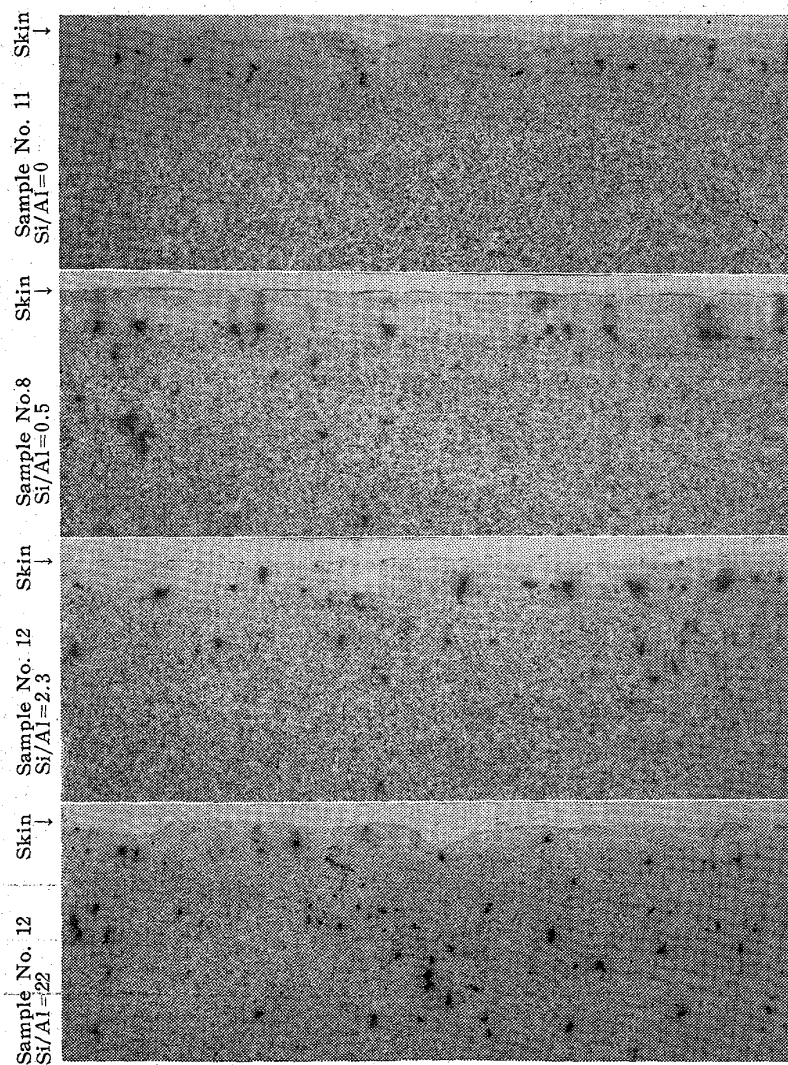


Photo. 1. Sulphur print of the skin layer at a middle height of semi-killed steel ingots. $\times 1$ (2/3)

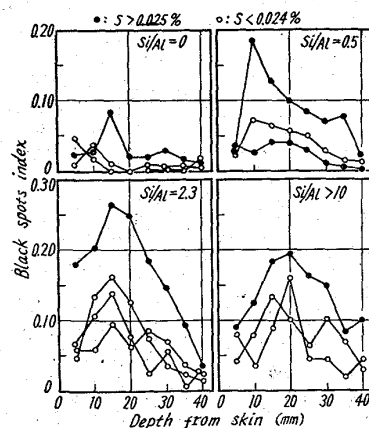


Fig. 1. Distribution of black spots.

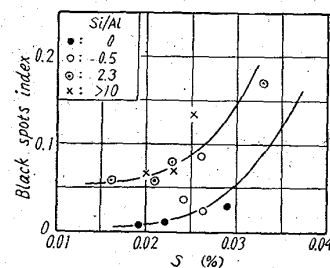


Fig. 2. Relation between black spots index and the sulphur content.

ている傾向が伺われるが、黒点の発生範囲は大抵鋼塊の肌から 40mm 付近までである。

Fig. 2 に示したごとく、黒点は S% の高いものに多く、特に $S > 0.025\%$ ではその影響が大きいようなので、Fig. 1 では $S > 0.025\%$ のものは別の印で記した。

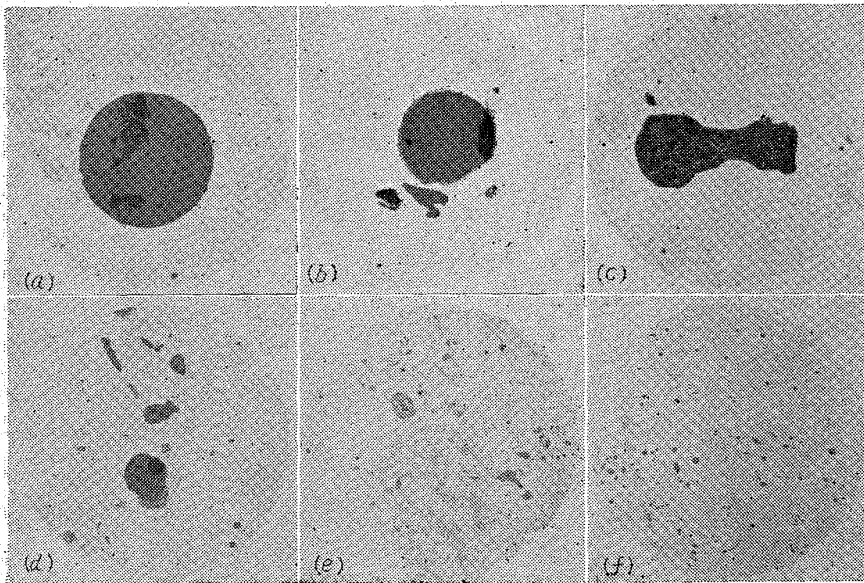
なお、脱酸度も黒点に関係すると思われるが、本実験では脱酸度が一定になるようにした。しかし脱酸度を結果的に最も適確に表すと考えられる管状気泡発生範囲には、前述のごとく多少のバラツキは免れなかつたが、この範囲では黒点状況と脱酸度との間に一定の傾向は認められなかつた。

(2) 黒点として表れる介在物

サルファープリント上に現れた黒点の個所を試料上に求めて検鏡し、また黒点となるのではないと思われる介在物を標示してサルファープリントをとつて調査した結果、黒点の原因としては Photo. 2 のごとき介在物が挙げられる。これらは大略次のごとく分類される。

(i) 大きな珪酸塩 (100 μ 以上)……Photo. 2(a)

(ii) 内部または外縁は硫化物を含む大きな珪酸塩またはその小さなものの集合……Photo. 2(b)(c)(d)



×100 (1/2)

Photo. 2. Nonmetallic inclusions resulting in black spots.

Table 2. Kinds of nonmetallic inclusions observed as black spots on sulphur-prints of samples.

% Si added/ % Al added	No. of black spots observed	Silicate		Sulphide	
		Silicate	Silicate including sulphide	Sulphide including oxide	Sulphide
0	7	0	0	43%	57%
0.5	11	36%	27%	36%	0
2.3	11	40%	30%	20%	10%
22.0	22	23%	46%	27%	4%

(iii) 内部に酸化物を含む比較的大きな硫化物の集合……Photo. 2(e)

(iv) 小さな硫化物の集合……Photo. 2(f)

表面気泡に続く気泡偏析は勿論黒点として現れるが、それは (iii) (iv) が大部分で、気泡をともなわない黒点は (i) (ii) が大部分であり、かつ小さな珪酸塩の集合よりも、大きな珪酸塩単独の場合の方が遙に多い。

硫化物を外周に含む珪酸塩は一般に球形であつて比較的肌から遠目の所 (25~30mm) に存在する 경우가多く内部に硫化物を含む珪酸塩は一般に異形であつて、より肌近く (10~20mm) 存在する場合が多い。

Si/Al の異なる各グループの代表的鋼塊のコーナーサンプルについて黒点となる介在物をそれぞれ 10~30 個観察し、それを種類別にすると Table 2 のごとく、Si/Al の小さいほど黒点の主因が珪酸塩から硫化物に移行するようである。

また最も多く黒点の現れた試料について黒点となる珪酸塩の大きさの分布を Fig. 3 に示した。100~300 μ のものが大半を占め、500 μ 以上のものは認められず、30 μ 以下のものもない。大きな珪酸塩は浮上するものと考えられるが、小さな珪酸塩は黒点として認められないものか、あるいは黒点となる珪酸塩が特別のものであるかいずれかであらう。

(3) 顕微鏡的介在物

黒点の原因となるような介在物の認

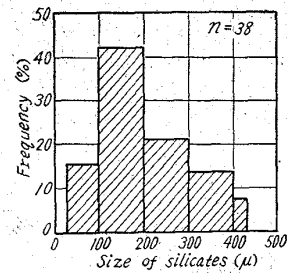


Fig. 3. Size of silicates observed as black spots on the sulphur print.

められる頻度は小さく、10cm²当りに数個の程度であるから、任意の視野を撰んだ場合にそれが認められる確率は極めて小さく、一般には普通の微細な介在物が認められるのみであるので、これらの微細介在物状況についても検討を加えた。

試験鋼塊のコーナーサンプルの中央高さから鋼塊肌部を含む 30mm×50mm の研磨面を有する試料を採取し、調査面を等間隔に分ち、110 倍で 384 視野を検鏡し、認められる介在物を酸化物系と硫化物系に分けて点算法によってそれぞれの面積率を求めた。

酸化物系の介在物としては珪酸塩系とアルミナ系に大別され、両者は研究者によつて種々分類されてはいるが、ここでは珪酸塩とアルミナの2種に分割した。Fig. 4 に示したごとく Si/Al の大きい場合ほど珪酸塩が増加しているのは当然のことであるが Si/Al の小さいものでは Al 添加量が増加しているにもかかわらず、アルミナ系介在物との関係は明確でない。この程度の Al 添加量では顕微鏡下に認められるアルミナの量はほとんど問題にならず、多くは珪酸塩に含まれて析出しているのではないと思われる。

Si/Al を変えた場合の珪酸塩介在物の大きさの割合を各グループの代表例について Fig. 5 に示した。Si/Al の増加とともに介在物が大きくなっていることと、Si/Al の大きいものでは異常に大きな珪酸塩介在物が別の分布状況を示して現れることが認められる。この異常に大きな介在物はその大きさから見て前述のごとき黒点の原因となり得るものである。硫化物は Si/Al の変化によつて大きさにはほとんど変化なく、いずれも 45μ 以下であり、Si/Al の小さいほどいわゆる I 型 (eutectic type) が多く、Si/Al の大きい場合には I 型 (round type) が多い。その量は Fig. 6 に示したごとく Si/Al の増加とともに硫化物は減少し、珪酸塩と硫化物の混合介在物が増加している。また S% の高いものでは大きな硫化物が認められる場合があり、かつ S% が増加すると同じ Si/Al でも I 型が増加する傾向も認められる。

電解法による分析の結果は Fig. 7 に示したようにリムド鋼の湯道スラグ³⁾に類似した組成を有するものと、キルド鋼の注入時の酸化を受けた試料⁴⁾と類似した組成を示すものがあるようであり、両者の境界は Si/Al で 0.5~2.3 の中間に位するようである。また Si/Al の増加とともに SiO₂ の増加と Al₂O₃ の減少が認められたほか Si を全然添加しない場合でも 0.005% 程度の SiO₂ と 0.02% 程度の Si が存在することも認められた。

(4) 巨大珪酸塩

上述の Si/Al の大きい場合に別の分布を示して現れ

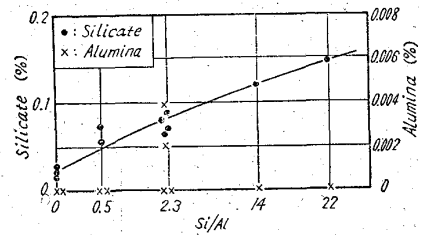


Fig. 4. Area ratio of inclusions relating to deoxidizer.

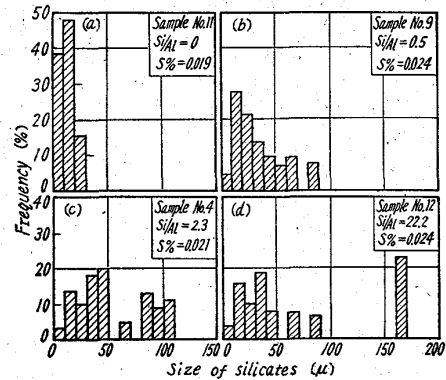


Fig. 5. Size of silicates relating to the ratio Si/Al added.

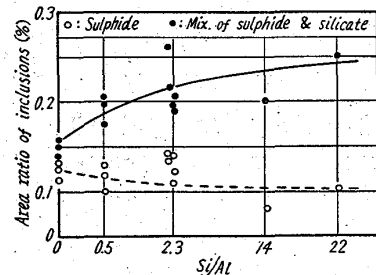


Fig. 6. Area ratio of sulphide inclusions relating to deoxidizer.

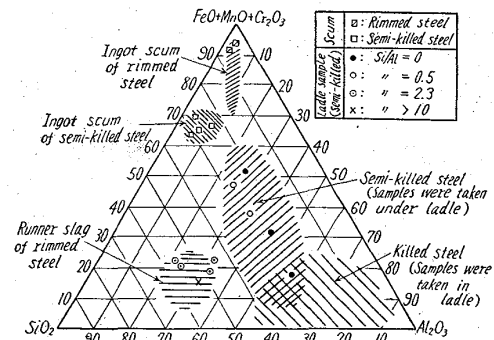


Fig. 7. Composition of silicate inclusions in semi-killed steel relating to the ratio Si/Al added.

る異常に大きな珪酸塩の起源を知る一助として、凝固速度の速い銅型と、遅い黒鉛型とに採取した試料を検鏡して、コーナーサンプルの検鏡結果と比較した。介在物の

Table 3. Size of inclusions and cooling rate.

No. of sample			No. 2						No. 3					
Kind of inclusions			Silicate			Sulphide			Silicate			Sulphide		
Mould of samples			Cu	G	I	Cu	G	I	Cu	G	I	Cu	G	I
Size of inclusions	Medium	Max. dia. μ	50	50	50	10	20	35	60	60	70	10	25	30
		Mean dia. μ	20	19	23	6	11	14	14	13	25	6	8	11
	Very large	Max. dia. μ	370	220	100	—	—	—	270	220	120	—	45	100
		Mean dia. μ	153	130	85	—	—	—	270	138	100	—	40	88

Cu: Cu mould (25mm ϕ), G: Graphite mould (80mm ϕ), I: Ingot (corner sample)

大きさを普通のものと、異常に大きいものに大別して結果を示すと Table 3 のごとく、普通の介在物は凝固速度の速い銅型から黒鉛型、コーナーサンプルとなるにつれて大きくなるが、異常に大きな珪酸塩は逆に銅型が最も大きく、黒鉛型、コーナーサンプルとなるにつれて小さくなつており、この大きな介在物は注入する溶鋼中にすでに存在していて、凝固までの時間が長い場合ほど浮上する結果ではないかと推察される。

IV. 考 察

上述のごとく、セミキルド鋼塊の肌付近のサルファープリントに認められる黒点は脱酸剤として添加する Si と Al の割合 (Si/Al) が大きいと多くなり、また S% が高いと多くなることが明にされた。それが珪酸塩 (明かに硫化物を含むものもある。) と硫化物 (酸化物を含むものあり) であることも確認されたが、先ず珪酸塩について検討を加える。

Si/Al を小さくすれば珪酸塩が減少することは、脱酸生成物を考えれば当然のことである。しかしそれのみでは説明出来ない点も多いようである。すなわち黒点の原因となる珪酸塩は巨大なものが主であり、しかもこの巨大な珪酸塩は Si/Al の大きい場合に一般の介在物とは別の分布を示して現れ、しかも注入される溶鋼にすでに存在していることが明にされている。

取鍋内に存在し得る介在物は、ストークスの法則を適用すれば、2・300m 高さの 70 t 取鍋で、保持時間を 5 mn とした場合 100 μ 程度である。

キルド鋼あるいはリムド鋼の珪酸塩介在物の起源として造塊用煉瓦を挙げている報告は多く、両者の中間の脱酸度であるセミキルド鋼でも当然、これら煉瓦に起因する介在物を一応考えるべきであらう。巨大な珪酸塩が耐火物によるものであるとすれば、上述の実験結果はよく説明される。

しかし本実験では Si/Al を変えたとはいえ、鋼塊の

気泡状況が同じになるように取鍋で脱酸している。すなわち鋼塊の状況から見る限りでは脱酸度が一定とされている。それにもかかわらず Si/Al の大きい場合ほど、巨大珪酸塩が多いということについては次のごとく考えている。

取鍋で Si を主として脱酸した場合、溶鋼に残った Si による凝固までの過度降下に伴う脱酸の進行の度合が、Al を脱酸剤として用いた場合の溶鋼中に極めて僅か残る Al によるそれよりも大きいので、鋼塊の気泡状況が同じになるように Si を主として脱酸に用いた場合は、Al を主として脱酸に用いた場合に比べて、取鍋中では溶鋼の free O% が高い。従つて Si/Al の大きい場合は、鋼塊で同程度の脱酸度としても、取鍋中の溶鋼が耐火物を侵食する度合が大きく、黒点が増加するものと考えられる。この点については後報で再検討する予定である。

かくて注入流に入った珪酸塩は凝固までにさらに溶鋼組成と平衡する組成に順次変化することは、銅型試料で認められた介在物は FeO、MnO が少ないものであつたが、コーナーサンプルでは FeO、MnO が多く含有された珪酸塩となつていることからうかがえる。

さらに温度低下に伴つて珪酸塩は析出のため肥大成長し、一部は鋼塊頭部に浮上してスカムを形成し、残りが鋼塊中に留つて黒点の原因となると考えられる。

次に硫化物について考えて見るに、O は S の溶解度を低下させるので、脱酸の弱い場合、あるいは Si/Al の大きい場合にはより多くの硫化物が析出すると考えられるし、また珪酸塩中には溶鋼以上に S が分配されるので珪酸塩もサルファープリント上に黒点として現れることになる。リムド鋼でもセミキルド鋼でもスカム中の S% は鋼中 S% より遙に高い。

気泡偏析といはれる気泡に伴われる黒点は前述のごとく硫化物の集合であるが、これも基本的には硫化物を含んだ珪酸塩の生成と同様に考えられる。同時に析出する

ものが酸化物でなく気相であるため、硫化物として気泡とともに存在しているものであらう。

上述の巨大な介在物は脱酸形式を問わず存在するはずである。しかしリムド鋼ではリミングアクションのために肌付近には存在せずにコア部に球状の大きな珪酸塩が認められるのみであり、またキルド鋼ではほとんどの酸化物は取鍋内で除去され、温度降下に伴い析出される珪酸塩は小さく、鑄型内での肥大成長も小さいので、このような巨大な珪酸塩は認められないようである。かく考えればここにいう肌近くの黒点はセミキルド鋼塊特有のものであることがわかる。

この介在物は肌に近く存在するだけに、成品が苛酷な加工を受ける場合には欠陥の原因となる。従つてセミキルド鋼の用途如何によつてはこの発生を防止しなくてはならない。

そのためには S% を極力低下せしめること、少くも 0.025% 以下とすべきこと、および脱酸剤として Si を極力少く用い Al を主として用うべきことが本実験で明かにされた。

しかしながら Al を主として脱酸に用いる場合には脱酸度が不安定となり易いことは $Al-O$ の量的関係あるいは前報の結果¹⁾ から当然考えられる所であり、しかも上述の介在物に関しては耐火物の演ずる役割も大きいことが推察されたので、耐火物の材質あるいは脱酸度の影響についてもさらに検討を加えるべきであらう。

V. 結 言

セミキルド鋼塊の介在物におよぼす脱酸剤の影響について実用鋼塊を対象にして検討した結果、介在物状況におよぼす脱酸剤の選択の重要性を明かにしたが、主な結果を要約すると、

(1) サルファープリント上に現れる鋼塊肌近くの黒点は大きな珪酸塩(明かに硫化物を含むものもある)または硫化物(酸化物を含むものあり)の集合であつて、S% を低下せしめれば減少する他、脱酸剤として Si に比べて Al を多く添加すると減少することを明かにした。

(2) この珪酸塩は単なる脱酸生成物ではなく、耐火物が関係しており、Si を主体とした脱酸と、Al を主体とした脱酸とでは、鋼塊における脱酸度を一定としても取鍋中溶鋼の酸素量が異なるので、耐火物侵食状況が異なることが上記脱酸剤変更の効果の主要な原因であると推察した。

なお、本実験は製鋼部および冶金管理課の関係各位の絶大な御協力によつて実施されたものである。

(昭和36年9月寄稿)

文 献

- 1) 加藤 健: 鉄と鋼, 43 (1957) 10, p. 1104
- 2) " " " " 11, p. 1200
- 3) S. KIENOW, et alii: Stahl u. Eisen, 76 (1956), 1416
- 4) E. PLÖCKINGER: Stahl u. Eisen, 76 (1956), 810

高圧窒素中における高 Cr 鋼の熔製ならびに 316L 型鋼の耐熱特性について*

岡本正三**・田中良平**・藤本六郎***・内藤武志***

On the Manufacture of High-Chromium Steels in High-Pressure Nitrogen
Atmosphere and the Heat-Resisting Properties of Type 316 L Steels.

Masazō OKAMOTO, Ryōhei TANAKA,
Rokurō FUJIMOTO and Takeshi NAITŌ

Synopsis:

An experimental study was made on the fundamental phenomena occurring in melting and casting of various high-chromium steels in high-pressure nitrogen atmosphere and on the

* 昭和36年4月本会講演大会にて発表 ** 東京工業大学, 工博 *** 東京工業大学