

キルド鋼の非金属介在物に関する研究 (I)*

小池 与作**・野田 佐兵衛**

RESEARCH ON THE NON-METALLIC INCLUSIONS
OF KILLED STEEL (I)

Yosaku Koike, Sahei Noda

Synopsis:

The microscopic and macroscopic non-metallic inclusions concerning the practical killed steel-ingot of 5 tons were investigated. The results obtained were as follows.

(1) Microscopic inclusions

(i) The microscopic non-metallic inclusions in the practical ingots changed their appearances corresponding to the positions in them (so-called, top or bottom). The cleanness and thickness of inclusions observed in the practical billets were different from those in the 2 kg sample-ingot taken under the ladle.

(ii) The conditions of the inclusions were not influenced extremely by the change of pouring method (top-poured or bottom-poured) and Al-amount added in the ladle.

(iii) By observation of the maximum sizes of A-type (elongated) and B-type (not elongated) inclusions about both samples, taken under the ladle and from the practical billets, A-type inclusions showed a large difference between both samples, but B-type were nearly the same.

(2) Macroscopic inclusions (streak seams)

(i) When 430 g/t Al was added in the ladle, at top pouring the Al_2O_3 type seams were found at the ingot-bottom and within the end of columnar crystals. These seams decreased, when 220 g/t Al was added in the ladle.

(ii) The tendency of distribution of these seams in the bottom poured ingot was not so clear as the top poured ingot.

(iii) The rate of occurrence of these seams between the ingots of the same charge was influenced by the teeming velocity and other conditions of the ingot-making.

(iv) The rate of occurrence of the seams increased, when the molten steel was viscous by the effect of low temperature or other causes.

I. 緒 言

高級キルド鋼における非金属介在物、とくに肉眼的な大きさのものは高温加工、冷間加工、熱処理または仕上げにおいて材質的な欠陥となる。顕微鏡的な介在物も材質に対する影響を無視することはできないが一般には廃材の原因となるほど顕著な悪影響を示す場合は少ない。また肉眼的な介在物でもきわめて小さいものは鋼種によつてほとんど廃材の原因とならない場合もあるが、高度の材質的要求のあるものではもちろん重要な問題とされている。

酸化物系の介在物はここでは最も主要な問題の一つとなつていのであるがその原因を大別すると、

- (1) 脱酸生成物によるもの
- (2) 注入過程で溶鋼中の脱酸元素が空気により酸化されたもの

(3) 耐火物の影響によるもの

(4) 鋼滓等の混入によるもの

等があげられる。しかして顕微鏡的な介在物は主として(1)に属するものであり、肉眼的な介在物は主として(2)、(3)に属し、(4)はきわめて特別の場合に限られている。

つぎに砂疵の発生経過を考えると

(i) 砂疵の原因となる程度の大きさの介在物が取鍋内溶鋼中にすでに存在しており、これが注型されて生じたもの

(ii) 顕微鏡的な介在物が取鍋内溶鋼中に存在しこれが注型されて鑄型内で凝集肥大したものの

(iii) 取鍋内溶鋼中には砂疵の原因となるほど大きな

* 昭和 30 年 4 月本会講演大会にて講演

** 富士製鉄株式会社釜石製鉄所、研究所

介在物は存在していなかったが、ノズルを出てから肉眼的介在物を発生し鑄型内の温度が低下し浮上し得なかつたもの

(iv) 取鍋内溶鋼中には砂疵の原因となるべき介在物は存在しなかつたが、溶鋼がノズルを出てから、または溶鋼凝固の際顕微鏡的な介在物を析出し、これが鑄型内で凝集肥大して生じたもの

(i), (ii) は砂疵の原因が取鍋内ですでに発生しているものであり、(iii), (iv) は溶鋼が取鍋のノズルを出てから後に原因が起つているものである。この報告は主として 4~5 t の鋼塊より圧延した高級炭素鋼材におけるこれら非金属介在物の防止を目的とし、実用鋼塊ならびに実験鋼塊について行つた研究結果ならびにこれに関連した若干の実験結果をとりまとめたものである。

すなわち第 1 報においては顕微鏡的な非金属介在物が試料の採取法により、また平炉製鋼の精錬末期においていかに変化するかを調べ、これら介在物析出の過程につき推論した。また肉眼的砂疵については大型鋼塊内における分布、同一チャージの鋼塊間における砂疵発生率の差異、上注法と下注法との比較、さらに製鋼作業上のその他の要因につき研究した。第 2 報以下においては砂疵の顕微鏡的形態ならびに化学成分、さらにその発生過程または機構につき研究し、これが防止法につき検討した。

II. 実験結果

1. 顕微鏡的非金属介在物

非金属介在物の状況を主として学振法により調査した。鋼材の清浄度は鋼中に含まれる酸化物、硫化物またはその他の化合物の量により支配されるのであるから溶鋼の酸化精錬、脱酸、造塊さらに鋼塊の大きさ、圧延比等が重要な要因となる理である。これらの諸条件をつぎのとおり変えてその影響を調査した。

- (a) 脱酸用 Al 添加量: 550~200 g/t
- (b) 鋼塊の部位: 鋼塊の頭部と底部の比較
- (c) 試料採取法: 鋼塊試料と取鍋下試料の比較
- (d) 注入法: 上注法, 下注法
- (e) 圧延比: 150mm 角と 100mm 角の比較

顕微鏡試料は 150mm 角および 100mm 角ビレットの中心部で圧延方向に平行な面につき調査した。また取鍋下試料は学振法に準じて試験した。結果の概要はつぎのとおりである。

(1) ビレットおよび取鍋下試料の清浄度

150mm ビレットについて脱酸用 Al 添加量の影響、鋼塊の部位による差異を調査したものを Table 1,

Table 1

Charge No.		Billet sample				Pouring method	Al added in ladle (kg/t)	
		Cleanliness		Thickness (μ)				
		A-type	B-type	A-type	B-type			
64	t	1.7	1.7	5.5	7.3	Top poured	0.57	
	b	1.2	1.8	2.8	6.9			
56	t	1.8	0.8	4.5	5.0			
	b	1.1	1.1	4.1	6.1			
39	t	0.9		4.0	5.2			
	b	1.3	0.5	4.4	6.3			
48	t	1.1	0.8	5.0	6.1			
	b	2.5	6.3	3.5	4.2			
27	t	0.6	1.8	6.6	4.6		Top poured	0.43
	b	0.8	2.3	3.6	3.1			
21	t	0.5	0.5	6.1	5.0			
	b	0.6	0.8	5.6	4.3			
27	t	1.0	1.5	5.0	4.6			
	b	1.0	1.7	4.0	3.3			
85	t	0.7	1.0	4.2	4.8			
	b	0.8	2.4	5.5	5.0			
53	t	1.8	1.9	5.4	5.4	Top poured	0.22	
	b	0.8	2.3	5.3	7.2			
59	t	1.6	2.0	4.3	4.8			
	b	0.8	1.5	5.5	6.7			
60	t	1.4	0.9	4.1	5.0			
	b	1.1	1.3	3.6	7.3			
11	t	2.0	0.9	3.8	5.1			
	b	1.2	1.1	3.6	7.7			

Rem. t: ingot-top
b: ingot-bottom

Table 2 に、またビレット試料と取鍋下試料とによる差異を Table 2 および Table 3 に、さらにまた下注法と上注法による差異の 1 例を Table 3 に示した。また Al 添加の異なる各試料に対する全 Al および Al₂O₃ の分析値は Table 4 のとおりである。Table 1~4 よりおのおのむねつぎの結果が得られた。

(i) Al 添加量 0.57 kg/t, 0.43 kg/t, 0.22 kg/t に変え、その他の造塊条件をおおむね同様とした場合清浄度、平均厚さともに著しい変化を認めない。

Al 添加量の異なる鋼材中の可溶 Al と Al₂O₃ とを分析した結果は可溶 Al は Al の添加量とともに増加するが、Al₂O₃ はほとんど差異がない。また鋼中 Al の量により硫化物の析出形態が異なると称せられているがこの調査の範囲ではその点を明らかにすることはできな

Table 2

Charge No.		Billet sample				Ladle sample				Pouring method	Al added in ladle (kg/t)	
		Cleanliness		Thickness (μ)		Cleanliness		Thickness (μ)				
		A type	B type	A type	B type	A type	B type	A type	B type			
66	t b					0.3	1.4	3.0	2.5	Top poured	0.57	
67	t b	0.7 0.8	0.8 0.9	4.4 4.3	3.7 4.6	0.4	1.0	2.5	2.9			
73	t b	1.0 0.4	1.1 1.1	5.3 3.6	3.7 3.6	0.3	1.0	2.2	2.9			
74	t b	0.6 0.7	0.6 1.9	4.0 4.5	3.2 7.2	0.5	1.1	2.9	2.8			
59	t b	0.7 0.7	0.9 0.9	4.1 3.6	3.3 2.9	0	1.4	0	3.5			
60	t b	0.8 0.7	0.9 1.2	4.4 3.7	4.5 3.8	0	0.7	0	4.3			
01	t b	0.8 0.6	1.2 0.9	5.1 4.0	5.0 5.0	0.4	2.0	3.7	5.4			
13	t b	1.5 0.9	1.0 2.0	5.3 4.0	3.8 5.3	0	1.0	0	3.0			0.43

Rem. t: ingot-top, b: ingot-bottom

Table 3.

Charge No.		Billet Sample				Ladle sample				Pouring method
		Cleanliness		Thickness (μ)		Cleanliness		Thickness (μ)		
		A type	B type	A type	B type	A type	B type	A type	B type	
04	t b t b	1.8 1.4 0.8 1.1	1.5 1.6 0.5 1.8	5.5 4.0 4.9 5.1	5.8 4.9 6.0 5.0	0 0	1.6 1.3	0 0	4.2 4.5	Bottom poured
05	t b t b	2.7 1.4 2.5 1.6	1.4 1.8 1.9 1.9	4.8 5.4 5.8 5.1	4.0 5.1 5.1 5.9	0 0	2.0 0.7	0 0	5.1 6.9	
53	t b	1.8 0.8	1.9 2.3	5.1 5.4	5.4 7.2					
60	t b	1.4 1.1	0.9 1.3	4.1 3.6	5.0 7.3					
59	t b	1.6 0.8	2.0 1.5	4.3 5.5	4.8 6.7					

Rem. Al added in ladle 0.22 kg/t.

Table 4.

Ingot	Total Al (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Al added in ladle (kg/t)
07 b	0.013	0.0026	0.43
27 b	0.027	0.0027	//
64 b	0.031	0.0016	0.57
39 b	0.041	0.0023	//
48 b	0.022	0.0018	//
56 b	0.033	0.0034	//
68 b	0.022	0.0020	//
60 b	0.010	0.0037	0.22
11 b	0.011	0.0014	//
75 b	0.018	0.0022	//
35 b	0.020	0.0018	//

かつた。

(ii) 鋼塊頭部は底部に比してA型の清浄度は大差ないが、介在物の平均厚さは大であり、B型の清浄度は頭部に比し底部が不良であり平均厚さも幾分底部が大きいように思われる。

(iii) 取鍋下試料とビレット試料とを比較するとA型は清浄度も平均厚さもビレット試料の方が大である。B型の清浄度は両者ほとんど差がないが平均厚さはビレット試料の方がやや大きくなっている。

(iv) 下注法によるものは上注法によるものに比してA型、B型ともに著しい差異を認めない。耐火物の影響は後にも示すごとく砂疵発生の原因となるものであるが清浄度に現われる程度の大きさのものとして熔鋼中に分散することは比較的少ないように思われる。

(v) Al 添加量 0.57 kg/t, 0.43 kg/t のものについてはA型の大部分は硫化物でありシリケートはほとんど認められなかつた。Al 添加量 0.22 kg/t のものについてもシリケートはきわめてまれに認められる程度であり、Al による脱酸が支配的であるように思われる。

なお同一の鋼塊を 100mm 角に圧延したビレットについてもおおむね前述と同様の調査を行った。

(2) 精錬末期より造塊までに採取した小鋼塊試料の清浄度

製鋼過程、Mn 投入前より取鍋下までに採取した試料の清浄度を調査した。いずれも 2 kg の小鋼塊を鍛造したのものについて行ったものであるが、Fe-Mn の投入によりA型の清浄度は不良となり、B型の清浄度は良好となる傾向がある。第2取鍋出鋼前は多少清浄度は良好となるようである。ただし出鋼後の取鍋下試料では第1取鍋と第2取鍋との間に差異を認めなかつた。これは出鋼や取鍋鎮静等の影響によるものであろう。

(3) 顕微鏡試料における介在物の最大粒径

前項の清浄度調査試料について介在物の最大の大きさ

をA型、B型別に調査した。清浄度と同様に 40 視野について求めたものを Table 5 に示した。

Table 5.

Charge No.	Billet-samples		Ladle-samples		Al added (kg/t)
	A l × w (μ)	B dia (μ)	A l × w (μ)	B dia (μ)	
67 t	200×10	12			0.57
67 b	250×5	15	20×6	8	
73 t	250×12	12	60×5	5	
74 t	100×10	10			
74 b	150×15	10	60×6	6	
74 b	200×10	5			
59 t	250×7	15	50×5	12	0.43
59 b	150×7	10			
60 t	270×5	5	50×5	10	
60 b	150×10	15			
27 b	150×7	9			
85 t	200×10	7			
21m	100×12	10			
21 t	100×15	7			
04 t	120×15	20			0.22
04 b	90×20	9	0	11	
04 t	130×15	12	0	10	
04 b	90×10	15			
05 t	90×20	12	0	10	
05 b	180×10	15			
05 t	100×20	12	0	18	
05 b	90×15	12			

A: A-type inclusions

B: B-type inclusions

l × w: (length) × (width) unit μ

dia: Diameter unit μ

m: middle part of the ingot

t: Ingot-top

b: Ingot-bottom

理論的な浮上速度より考えて注入までに取鍋内で浮上除去されることのできる介在物の最小の大きさはストークの法則で求められる。

すなわち 70 t 取鍋内の熔鋼の深さを 2,600 mm, 出鋼より注型開始までの保持時間を 15mn, 注入終了までの時間を 45mn とすれば、最小の直径は 24 μ となる。この値と Table 5 の成績よりおおむねつぎのような結論が得られる。

(i) 比較的急冷された取鍋下試料におけるB型の最大粒径は 12~18 μ でこれは前の計算に示すように注入まで取鍋内熔鋼中に懸吊していることができるものである。主に Al₂O₃ 系のものであり、熔鋼中ですでに析出していたものであろう。

(ii) 取鍋下試料でA型の最大は 6 μ × 60 μ でこれを球形に換算すると 21 μ dia となる。これは前の計算に

よれば溶鋼中に懸吊していることができるものであるがこれが硫化物であること、MnS の析出温度、析出過程等より考えてその大部分はかなり低温度で発生し凝固の過程で生長したものと考えられる。

(iii) ビレット試料においても B 型の最大粒径は 15~20 μ で取鍋下試料の場合とほとんど差異がなく、冷却速度により粒径に大きな変化がない。

(iv) ビレット試料においては A 型は 10 μ ×200 μ 程度で大部分は硫化物であり注型終了まで溶鋼中に懸吊していることができない程度の大きさのもので鋼塊内で偏析により生長したものである。

(v) Table 5 より取鍋下試料で A 型介在物が認められない場合は同一溶鋼を注入した鋼塊のビレット試料における A 型介在物の大きさの最大値も一般に小さい。Al 添加量により A 型の大きさに差異を生じたのは一般に認められているように [Al] の量により硫化物の析出形態が異なることが一つの原因と考えられる。

(4) 清浄度の値と砂疵発生率

上注法による鋼塊を圧延したビレットについて清浄度と砂疵との関係を調査した 2, 3 の例を Table 6 に示した。いずれも鋼塊底部のビレットより採取した試料である。砂疵順位は発生度数と砂疵の大きさにより優良なものから順位をつけた。

Table 6.

Ch. No.	Cleanliness				Grade of streak seams	Al added in ladle (kg/t)
	Cleanliness		Thickness (μ)			
	A type	B type	A type	B type		
A	0.8	2.3	3.6	3.1	①	0.43
D	1.0	1.7	4.0	3.3	①	
H	0.6	0.9	4.0	5.0	②	
K	0.9	2.0	4.0	5.3	③	
E	0.8	2.4	5.5	5.0	②	
G	0.8	2.8	4.7	3.8	①	
07	0.9	1.4	3.5	3.2	①	
66	0.4	1.0	3.8	4.0	③	
84	0.5	0.8	5.3	5.7	④	
73	0.4	1.1	3.6	3.6	①	
64	1.2	1.8	2.8	6.7	③	0.57
56	1.1	1.1	4.1	6.1	②	
39	1.3	0.5	4.4	6.3	①	
48	2.5	0.3	3.5	4.2	①	

Table 6 より清浄度と砂疵との間には明らかな関係は認められないが、B 型介在物の厚さの大なるものに砂疵発生傾向が多いようである。この調査では砂疵は主に Al₂O₃ 系のものであつた。いずれも極限された試料面についての調査であり、さらに検討を要するが、顕微鏡

的介在物と砂疵とはその発生原因経過が必ずしも一致していないことがうかがわれる。

2. 肉眼的非金属介在物

肉眼的非金属介在物には酸化物系のもものと硫化物系のもものがあり、酸化物系のもものは脱酸方法、造塊方法、使用耐火物の良否、鋼塊の大きさ等によりその発生状況が異なり、硫化物系の介在物は主として鋼塊の大きさにより左右されるものと考えられる。

以上の要因をできる限り広い範囲に変化して砂疵の発生状況を調査した。鋼塊内における砂疵の分布は多数の実用鋼塊を縦断して調査することが困難であつたため、150mm 角または 100mm 角 ビレットの鋼塊の頭部、中部、底部に相当する各々の部分につき調べた。

(1) 上注法による鋼塊について

4.8 t 鋼塊より圧延した 150mm 角ビレットより長さ約 150mm の試料を採取し、まず中央より縦断した後この縦断面より圧延方向に直角にシェパーにて 1mm ずつ切削し、その都度砂疵発生位置と大きさを記録し、その分布を調べた。20~40 箇の面につき調査した。砂疵のほとんど発生しない試料が多いのであるが、ここではある程度砂疵を発生した鋼塊と 2, 3 の実験鋼塊の例を Table 7 に示した。

Table 7 のチャージ No. 1 よりチャージ No. 7 に示したものは主として Al 添加量 430g/t の鋼塊について試験したものであり、チャージ No. 4, チャージ No. 5 チャージ No. 6 およびチャージ No. 7 の各鋼塊は High Al₂O₃ の特製ノズルストッパーを使用したものである。

チャージ No. 1 およびチャージ No. 2 は注型の初期中期、末期の各鋼塊につき鋼塊の頭部および底部に相当するビレットの砂疵を調査したものであり、同一チャージ内の鋼塊でも砂疵の発生分布にかなりの相違のあることが分る。チャージ No. 3 は注型中期における 2 本の鋼塊について 4.8 t 鑄型と 3.7 t 鑄型を比較調査したものである。この造塊法は他の方法と異なる方法を採用したもので両鋼塊の間に差が現われていない。またチャージ No. 4 およびチャージ No. 5 はそれぞれ同一チャージのものについて注型速度および鋼塊の大きさを変えたものを圧延したビレットについて砂疵の発生率、分布を調査したものである。これらの成績より注型速度の大なるものが砂疵の発生は少なく、また 4.8 t の鑄型と 3.7 t の鑄型では 4.8 t の鑄型の方が多少砂疵発生傾向は少ない。またチャージ No. 6 および No. 7 についてはチャージ No. の異なる 2 本の鋼塊の頭部より 1/4, 2/4,

Table 7.

Charge No.	Ingot No.	Rate of occurrence of streak seams ($\frac{\text{number of occurrence of streak seams}}{\text{number of inspections}}$)				Teeming velocity (kg/mn)	Ingot weight (ton)
		Ingot top	2/4 from top	3/4 from top	Ingot bottom		
No. 1	A	—		9/21	11/22		4.8
	B	0/22			2/22		
	C	2/21			1/22		
No. 2	1	1/21			1/21		4.8
	5	—			9/20		
	12	1/20	1/19		10/20		
No. 3	7	3/35		4/35	16/35		4.8
	8	1/35		2/35	18/40		
No. 4	A	0/18			4/40	2150	4.8
	D	0/20			11/40		
No. 5	E	0/17			0/17	1720	4.8
	G	1/16			5/16		
No. 6	H	0/20	1/20	3/35	18/38	1840	4.8
No. 7	P	0/34	0/25	2/25	15/43	1030	4.8

3/4, 4/4 の部分に相当するピレットについて砂疵の発生状況を調査したものである。

以上段削試験における砂疵発生位置ならびに大きさの調査より鋼塊内の酸化物系砂疵の分布を要約すると 150 mm 角ピレットで比較的表面に近いところにその発生率はきわめて少ないが、Mn-Silicate 系 (耐火物系) のものが発生することがあり砂喰いに近いものと考えられる。Al₂O₃ 系砂疵はピレット表面より 25 mm 以内中心部に発生する機会が多く表面より 10~25 mm までの深さのところにもある程度発生することがある。また High Al₂O₃ 系 (主として耐火物磨損微粒と [Al] との反応生成物) のものはピレットの表面より 25~30 mm 程度までのどころに発生することがある。

また鋼塊の縦方向における部位について見れば Al₂O₃ 系のもは鋼塊底部に多く頭部にはほとんどなく、またきわめてまれにリングゴーストの部分に帯状に偏析していることがある。

耐火物系の砂疵はピレット表面に近く鋼塊の底部を除いては部位によりあまり差異がない。また硫化物系の介在物も Al₂O₃ 系のもはほとんど同じようにピレットの表面よりおおむね 25~30 mm 以内に発生している。すなわちいわゆる Sulphur band と呼ばれるところ以内に多い。また硫化物系のもは鋼塊の部位について見ると酸化物系のもは逆に比較的鮮明な長いものは鋼塊

頭部に多く鋼塊底部には不鮮明な短いものがあるだけである。つぎに Al 添加量 220g/t の鋼塊について調査した結果は鋼塊中心部の Al₂O₃ 系砂疵は著しく減少している。

(2) 下注法による鋼塊について

つぎに下注法による鋼塊における砂疵発生状況を調査したもののうち酸化物系砂疵の発生したものにつきその分布状態を Table 8 に示した。

Table 8.

Charge No.	Rate of occurrence of streak seams*	Max. length of streak seams (mm)	Remarks
600 t	5/15	10	ingot top
"/ b	6/15	15	
643 t	1/15	10	ingot top
"/ b	1/15	20	
058 t	0/16	0	
"/ b	8/16	30	
057 t	0/16	0	
"/ b	2/16	10	
7000 t	7/20	15	
"/ b	0/20	0	

* Number of occurrence of streak seams / number of inspections

下注法による鋼塊においては酸化物系砂疵の発生位置は上注法の場合ほど明瞭でない。

(3) その他の要因について

前項に述べた以外に砂疵の発生に関係ある要因は数多いのであるが、その一つを述べる。注入時ノズルよりの熔鋼流が細くなつた場合はノズルに酸素を吹きつけた後注入を続けるのであるが、かかる場合は砂疵の発生率が高い。酸素をノズルに吹きかけたためにノズル耐火物がおかされ、その微粒が鑄型内に入り砂疵となるか否かを実験的に確かめるため酸素使用の前後における鋼塊間の砂疵発生率を調査した。その結果は両者の間に差異がなく酸素を使用しなければならぬような状態にある熔鋼そのものに原因があることが分つた。

注型の際ノズルに酸素を使用しなければならない状態はつぎのごとき場合に起ると考えられる。

(a) 熔鋼温度の低い場合

(b) 熔鋼の流動性が不良の場合

熔鋼の流動性については現場的な感じとしては脱酸状態と流動性の関係についてはしばしば認められているところであり Howson¹⁾等はキルド鋼において結晶粒度を6~8番の範囲に入れるにはt当り最低12オンス(340g)のAl添加の必要があり、この場合は熔鋼中に Al_2O_3 の膜ができてその粘性が増加するから鑄込温度をわずかに高めにしなければならないといつている。

また実験的、定量的に熔鋼の流動性を左右する要因を調査した2, 3の研究²⁾があるが、これらの研究を総合すると熔鋼の粘性が高くなる原因としてつぎの事柄があげられている。

(a) 熔鋼が過度に脱酸された場合、すなわち熔鋼中に過剰の強力な脱酸剤(Al)が含まれている場合。

(b) 熔鋼が急激に脱酸され、または他の原因で熔鋼中に多量の脱酸生成物がある場合。

(c) 熔鋼中の[FeO]または[FeO]+[MnO]が多すぎるか、また反対に少すぎる場合

1 熔解の熔鋼を2つの鋼に受鋼する場合前鍋は後鍋に比して脱酸素の歩留がよいことから一定量のAlを加えれば前鍋の方が残留Alは高くなる傾向にある。このことは熔鋼の粘性を増し、また注入過程における[Al]の空気による酸化を助長することになる。

現在の製鋼法では上注法と下注法とを問わずノズルスッパやその他の耐火物の熔損粒がある程度造塊時鑄型内に流入することは避けられない。また造塊時熔鋼の空気酸化を完全に防止することもかなりの困難をとまなう。これらの介在物は鑄型内において、できるだけ十分に浮上除去されることが必要で、したがって熔鋼温度は

きわめて重要な要因の一つと考えられる。

III. 結 言

C 0.45%, Si 0.25% 程度のAl処理したキルド鋼の顕微鏡的介在物および砂疵について調査した結果を要約するとつぎのとおりである。

(1) 顕微鏡的介在物

(i) 実用鋼塊においては鋼塊の頭部と底部とで差異があり、また実用鋼塊を圧延したピレット試験片と取鍋下試料(2kg)より採取した試験片との間にはかなりの相違がある。

(ii) 上注法と下注法とにより、また取鍋添加Al量の変化によつて著しい差異が認められない。

(iii) 取鍋下試料と実用鋼塊を圧延したピレット試料とにつきA型およびB型の最大粒径を調査したところA型についてはピレット試料がはるかに大であつたがB型については両者の間に大きな差異はなかつた。B型は大部分熔鋼中ですでに析出していたものと考えられる。

(2) 砂 疵

(i) 取鍋Al添加量430g/t、上注の場合 Al_2O_3 系砂疵は鋼塊底部柱状晶の先端より内部に発生の傾向があり鋼塊頭部にはほとんど発見されない。またAl添加量を220g/tに減少した場合はこの種砂疵の発生率は低下した。

(ii) 下注鋼塊においては Al_2O_3 系砂疵の分布は上注鋼塊の場合ほど鋼塊底部と頭部との差が歴然としていなかつた。

(iii) 同一熔解の鋼塊間における砂疵発生率は注入速度が大なる場合は低く、またその他の造塊条件により大きな影響をうける。

(iv) 熔鋼の注入温度が低いかまたは他の原因により熔鋼の粘性が大きい場合は砂疵発生率が高い。

終りに臨み本研究の実施にあたり種々御指導を賜つた釜石製鉄所幹部の方々に厚く御礼を申し上げる。なお製鋼、圧延等の諸作業は成広製鋼課長、犬塚造塊掛長はじめ製鋼部関係各位の御尽力により遂行されたものでありここに厚く感謝の意を表する次第である。

(昭31~4月寄稿)

文 献

- 1) Howson: The Iron and Coal Trades Rev. (No. 4416~4441)
- 2) 高尾・荒木: 日本鉄鋼協会第41回講演会発表
小池: 鉄と鋼, 39 (1953) 10, 1171