

表わし面積率平均値を対数目盛でとると Fig. 2, 3 同様高度に有意な直線相関関係が成立し、各等級間には面積率について一定の関係があることがわかった。

#### IV. 結 論

Point counting 法により、学振法及び ASTM (A 及び B 法) 制定の非金属介在物標準図について介在物面積率を測定し、その各等級の分類が如何なる数量的関係にあるかを検討すると共に、本測定法による面積率平均値の精度を検討した。

1. 2.5 mm 網目により 10 回の測定を行つた学振法及び ASTM-A 法標準図では、面積率の少ないところでは相対誤差が相当大となるが、面積率の多いところではかなり良好な精度が得られる。

2. 同じ網目で 20 回の測定を行つた視野の広い ASTM-B 法標準図では上述のものよりはるかに良好な精度が得られた。

3. 本法による測定値は個人間の誤差が比較的僅少である。

4. 何れの標準図も面積率平均値の対数と番号(等尺)との間には高度に有意な直線相関関係が成立する。

5. 学振法標準図ではとくに B type の連鎖状のものと分散型のもので同番号でも面積率に著しい差異があり、実際の見地からの考慮が余り加味されておらず合理的とはいえない。ASTM-A 法標準図にも同様の矛盾があるが、学振法程顕著ではない。

6. ASTM-B 法標準図については 3 名の別個に行つた測定値がかなりよく一致し、何れも面積率(対数)と等級(等尺)の間には直線関係が成立する。

尙本測定の遂行は大阪大学工学部実習学生平田泰弘君の勞に負うところ多大であつたことを附記し感謝の意を表する次第である。

#### 文 献

- 1) 学振第 19 小委員会第 3 分科会第 46, 47 回会議事録
- 2) R.T. Howard, M. Copen, A.I.M.E. (1947) 413
- 3) 河井; 住友金属 5 (1953) 128, 日本學術振興会提出報告 19 委-2644 June (1952)

## (111) キルド鋼の非金属介在物に関する研究 (I)

### Research on the Non-metallic Inclusions of Killed Steel (I)

Yosaku Koike, Lecturer, et alius.

富士製鉄株式会社釜石製鉄所 工〇小池 与作  
野田 左兵衛

#### I. 緒 言

高級キルド鋼に於ける非金属介在物、特に肉眼的な大きさのものは高温加工、冷間加工、熱処理又は仕上等に於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出来ないが一般には廢材の原因となる程顕著な悪影響を示す場合は少い。又肉眼的な介在物でも極めて小さいものは鋼種によつてほとんど廢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勿論重要な問題とされている。

ここでは主として 4~5 号の鋼塊より圧延した高級炭素鋼材に於けるこれ等非金属介在物の防止を目的として行つた 2, 3 の研究結果について報告する。

#### II. 実 験 結 果

##### 1. 顕微鏡的非金属介在物

###### (1) 学振法による測定値

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、硫化物又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、造塊更に鋼塊の大きさ圧延比等が重要な要因となる理である。これ等の諸条件を次の通り変えてその影響を調査した。

(a) 脱酸用 Al 添加量; 0.57 kg/t, 0.43 kg/t, 0.22 kg/t

(b) 注入法; 上注法, 下注法

(c) 鋼塊の大きさ; 4.8 号, 3.7 号

(d) 鋼塊の部位; 鋼塊の頭部と底部の比較

取鍋下試料; 鋼塊試料と取鍋下試料の比較

(e) 圧延比; 150 mm 角と 100 mm 角の比較

顕微鏡試料は 150 mm 角及び 100 mm 角ピレットの中心部で圧延方向に平行な面につき調査した、又取鍋下試料は学振法に準じて試験した。結果の概要は次の通りである。

(i) 鋼塊の頭部は底部に比して A 型の清浄度は大差がないが、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て底部が不良であり、平均厚さも幾分底

部が大であつた。

(ii) 取鍋下試料とピレット試料とを比較すると A 型は清浄度も平均厚さもピ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、平均厚さはピレット試料の方がやや大きくなつている。

(iii) 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概ね同様とした場合、清浄度、平均厚さ共に著しい変化を認めないが、この点については更に研究を要する。

(iv) 下注法と上注法を比較した場合の成績は A 型、B 型共に顕著な差異を認めなかつた。

(2) 顕微鏡試料に於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 1 に示した。

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ていることの出来る介在物の最小の大きさはストークスの法則で求められる。即ち 70 車 取鍋内の熔鋼の深さを 2600 mm, 出鋼より注型開始までの保ち時間を 15 mn, 注入終了までの時間を 45 mn とすれば、最小の直径は 24 $\mu$  となる。この値と Table 1 の成績

より概ね次の様な結論が得られる。

(i) 比較的急冷された取鍋下試料に於ける B 型の最大粒径は 12~18  $\mu$  でこれは前の計算に示す様に注入まで取鍋内熔鋼中に suspend することが出来るものである。主に Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 系のものであり、熔鋼中で既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 $\mu$ ×60 $\mu$  でこれを球形に換算すると 21 $\mu$  dia. となる。これは前の計算によれば熔鋼中に suspend していることが出来るものであるが MnS の析出温度、析出過程等より考えてその大部分は可成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) ピレット試料に於いても B 型の最大粒径は 15~18 $\mu$  で取鍋下試料の場合と差異がなく冷却速度により粒径に大きな変化がない。

(iv) ピレット試料に於いては A 型は 10 $\mu$ ×300 $\mu$  程度で大部分は硫化物であり注型終了まで熔鋼中に suspend していることが出来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 1 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熔鋼を注入した鋼塊のピレット試料に

Table 1.

Ingot position	Billet samples		Ladle samples		Notes	
	A w×l ( $\mu$ )	B dia ( $\mu$ )	A w×l ( $\mu$ )	B dia ( $\mu$ )		
67 Mt	200×10	12	20×6	8	Al added 0.57 kg/t	
67 Mb	300×5	15				
73 Mt	250×12	12	60×5	5		
73 Mb	100×10	10				
74 Mt	150×15	10	60×6	6		
74 Mb	230×10	5				
59 Mt	300×7	15	50×5	12		
59 Mb	150×7	10				
60 Mt	300×5	5	50×5	10		
60 Mb	150×10	15				
27 b	150×7	9				Al added 0.43 kg/t
85 t	200×10	7				
21 m	100×12	10				
21 t	100×15	7				
0.4 Tt	120×15	18	0	(No. 1) (No. 2)	Al added 0.22 kg/t	
0.4 Tb	90×20	9				10 12
0.4 Mt	150×15	12	0	(No. 1) (No. 2)		
0.4 Mb	90×10	15				12 9
0.5 Tt	90×20	12	0			
0.5 Tb	200×10	15				10
0.5 Mt	100×20	12	0			
0.5 Mb	90×15	12				18

A: A type inclusions

B: B type inclusions

l×w: (length)×(width) unit  $\mu$

d: Diameter unit  $\mu$

M: Middle part of the ingot

t: Ingot top

b: Ingot bottom

於けるA型介在物の大きさの最大値も一般に小さい。

(3) 清浄度の値と砂疵発生率

上注法による鋼塊を圧延したピレットについて調査した2,3の例をTable 2に示した。何れも鋼塊底部のピ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 2 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

Table 2

Charge No.	Cleanliness				Cleanliness order	Notes
	Cleanliness		Mean value of thickness			
	A	B	A	B		
27-1	0.8	2.3	3.6	3.1	①	Al added 0.43 kg/t
27-2	1.0	1.7	4.0	3.3	①	
04-1	0.6	0.9	4.0	5.0	②	
13-1	0.9	2.0	4.0	5.3	③	
85-1	0.8	2.4	5.5	5.0	②	
85-2	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	Al added 0.57 kg/t
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	

疵発生傾向が多いようである。何れも極限された試料面についての調査であり更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のと硫化物系のものがあり脱酸方法、造塊方法、鋼塊の大きさ、耐火物の影響その他の条件により左右される。

(1) 砂疵の分布

鋼塊内に於ける砂疵の分布を多数の鋼塊について調査することが困難であつたため鋼塊の頭部中部底部に相当するピレットにつきしらべた。

(i) 上注法による鋼塊

150 mm 角ピレットより長さ約 150 mm の試料を採取し、これを中央より縦断した後シェバーにて1mmづつ切削 20~40 箇の面につき砂疵の発生状況を記録しその分布を調べた。砂疵の殆んど発見されない試料も多いのであるが、ここではある程度砂疵の認められた例を示した。Table 3 は Al 添加量 430 g/t の鋼塊についての調査概要である。Table 3 中 No. 1, No. 2 は注型の初期、中期、末期の各鋼塊につき鋼塊の頭部、底部に相当するピレットの砂疵をしらべたものであり同一溶解の鋼塊でも砂疵の発生分布に可成りの相違がある。

Table 3.

Charge No.	Ingot No.	Rate of occurrence of sand marks (Number of occurrence of sand marks/ number of inspection)				Notes
		Ingot top	2/4 from top	3/4 from top	Ingot bottom	
No. 1	A	—		9/21	11/22	
	B	0/22			2/22	
	C	2/21			1/22	
No. 2	1	1/21			1/21	
	5	—			9/20	
	12	1/20		1/19	10/20	
No. 3	A	0/18			4/40	Teeming velocity 2150 kg/mn 4.8 $\frac{1}{2}$ ingot
	D	0/20			11/40	Teeming velocity 1020 kg/mn 4.8 $\frac{1}{2}$ ingot
No. 4	E	0/17			0/17	Teeming velocity 1720 kg/mn 4.8 $\frac{1}{2}$ ingot
	G	1/16			5/16	Teeming velocity 1610 kg/mn 3.7 $\frac{1}{2}$ ingot
No. 5	H	0/20	1/20	3/35	18/38	Teeming velocity 1840 kg/mn 4.8 $\frac{1}{2}$ ingot
No. 6	P	0/34	0/25	2/25	15/43	Teeming velocity 1030 kg/mn 4.8 $\frac{1}{2}$ ingot

又 No. 3, No. 4 は夫々同一溶解のものについて注入速度、鋼塊の大きさを変えたものについて調べたものである。これによると注入速度の大なるものが砂疵発生の傾向は少く、又 4・8号 鑄型の方が 3・7号 鑄型より幾分砂疵発生の傾向は少い。No. 5, No. 6 は疵の比較的多いものについて鋼塊各部の砂疵分布の状況を調査したものである。以上の調査を要約すると酸化物系砂疵の分布は 150mm 角ピレットの圧延方向に直角な断面に於いては表面より 25mm までの所に発生するものと 25mm より以内中心部に発生するものがある。この2つの group の砂疵は後に示す如くその状況が異なる。又鋼塊の縦方向の部位について見れば酸化物系のは特に  $Al_2O_3$  系で鋼塊中心部に発生するものは鋼塊の底部に多く中央部、頭部には比較的少い。

又 Al 添加量 0・22 kg/t の鋼塊について調査した場合は鋼塊中心部の  $Al_2O_3$  系砂疵は一般に減少していた。

#### (ii) 下注法による鋼塊

下注法による鋼塊を圧延したピレットについて調査した結果は中心部の  $Al_2O_3$  系砂疵は底部に多いようであるが上注法の場合程明瞭ではなかつた。

#### (2) 砂疵の顕微鏡的調査並びに化学成分

$Al_2O_3$  系のものと耐火物系のものの2種類が認められた。

### (112) Al 処理鋼の非金属介在物に就いて (Study of Non Metallic Inclusions in Aluminium-Treated Steel)

Hisashi Takata, Lecturer et, alii.

株式会社神戸製鋼所 工 高尾善一郎・野田忠夫  
研究部 工 国井和扶・理成田貴一・工〇高田寿

## I. 緒 言

鋼の結晶粒度の微細化に対する Al 処理の問題は、多くの研究に依つて、その有用性が明らかにされ、又 Al 処理鋼の通有性として、鋼を汚染することが知られている。我々はさきに結晶粒度の微細化を目的とする溶鋼の Al の挙動に就いて報告し、Al の微細化作用は主として鋼中の AlN が主因であること、其の臨界量は  $925^{\circ}C$  に於いて  $(Al)_{AIN}=0\cdot008\%$  であることを報告した<sup>1)</sup>。従つて微細化をするに満足な最低量以上の Al 添加は、溶鋼の凝固し終るまでに酸化損失となつて、鋼材を汚染することになる。この理想的な Al 処理をするには、Al の歩留が一定になる様な諸条件を考察して現場的解決が必要となる。我々は汚染に依る所謂サンドを防止する見地から Al 処理鋼の所謂サンドの特殊性に就いて検討したので報告したい。

## II. Al 処理鋼材のサンド組成の通有性

肉眼的サンド部を摘出して Brom-Ester サンド分析法に依つて残渣の微量分析を実施し、サンドを構成する介在物の化学的組成を検討した。その1例を示すと Table 1 の様で、珪酸質、硫化物、窒化物は極めて少く、Al rich の介在物が主であることを知ると共に、Oxide 型 Al と Complex-oxide 型の Fe とのモル比が 2:1 の規則的な関係にあり、又顕微鏡的にも黄褐色を呈する結晶質で、HF 試薬に対しても蝕刻され難い性質から、この介在物は主として  $FeO-Al_2O_3$  なる化合物、即ち Hercynite で構成されていることを知つた。これは Mn, Si にて仕上脱酸された溶鋼中に添加された Al は、既に存在している silicate を還元して、spinel が形成されることもあらうし、或いは凝固脱酸等にも関

Table 1. Composition of sand in the Al-treated steel products

Number	Sampling position	(Fe)FeO wt %	(Al) $Al_2O_3$ wt %	(Al)AIN wt %	(Si)SiO <sub>2</sub> wt %	(S)sulphide wt %	(P)phosphide wt %
101	sand portion body	・0098 ・0033	・0113 ・0034	・004 ・0040	・0013 ・0011	・005 ・005	・0091 ・0042
102	sand portion body	・0072 ・0024	・0074 ・0028	・0040 ・0030	・0017 ・0014	・007 ・006	・0076 ・0039
103	sand portion body	・0092 ・0048	・0110 ・0067	・0021 ・0030	・0017 ・0013	・009 ・005	・0110 ・0031
104	sand portion body	・0068 ・0040	・0076 ・0050	・0030 ・0040	・0023 ・0015	・012 ・011	・0071 ・0038
105	sand portion body	・0086 ・0070	・0096 ・0079	・0050 ・0040	・0022 ・0015	・010 ・008	・0052 ・0042