

及び御協力頂いた製鋼，圧延，検定，研究技術員各位に  
対し厚く感謝の意を表す。（昭和 28 年 6 月寄稿）

文 献

- 1) L. Reeve: J. of the Iron & Steel Inst. Vol. 160 (1948) p.169.

## I 形鋼に於ける表面気泡疵について II)

(気泡の防止について)

(昭和 28 年 4 月本会講演会にて講演)

遠藤 鐵 夫\*・青山 芳 正\*

## SUBSURFACE BLOWHOLE DEFECTS OF I-BEAM STEELS (II)

(Prevention of Subsurface Blowholes)

*Tetsuo Endo and Yoshimasa Aoyama*

### Synopsis:

A subsurface blowhole is a defect which has been encountered in almost every heat of killed steel and become the cause of rejection, especially in I-beam steels rolled directly from the small ingot in one heat without billeting. Its distribution is not equal in all ingots of one heat, nor in all ingots of one teeming group, nor in all portions of one ingot. Of course, insufficient deoxidation is the most powerful cause of the subsurface blowhole, but the above irregular distribution shows that the most important cause of the subsurface blowhole comes not from our melting practice, but from our pouring practice. The effect of the following variables on the subsurface blowhole was investigated from the standpoint of operation control, such as the life of ingot moulds, various coatings, teeming rate, ingot size, mixed water in coating etc.

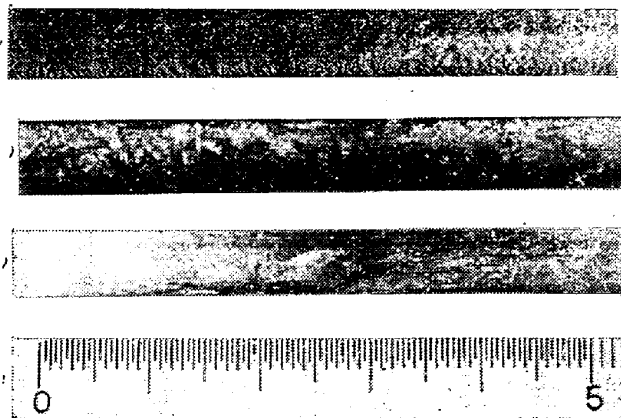
### I. 緒 言

I 形鋼用中炭素鋼塊に発生する表面気泡がスズ割，ヘゲ等の疵になることは第 1 報に於て確認されたが，当所の如く小形鋼塊を直接圧延する工場にあつては，表面気泡の害は分塊経由の作業に比べて頗る大きいものがある。従つて小形鋼塊に於ける表面気泡の防止は頗る重要な問題であるが，実際作業の流れの中にあつて，これを管理することは極めて困難である。本報は気泡発生条件を作業管理の立場から研究したものである。

### II. 表面気泡による疵

I 形鋼に於ける表面気泡疵はその発生位置によつて形状を異にするが，最も多く現われるのはフランジ端部のスズ及びスズ疵の集合した肌荒れ，スズ割などである。(写真 1, 2, 3 参照)スズ疵はフランジ外側面にも現れるが酸洗しないと明瞭には認め難い。これらスズ疵に次ぐものとしてはフランジ内側面及びウェーブに現れるヘゲ疵

がある。(写真 4 参照)



- 上 写真 1. スズ疵  
中 写真 2. 肌 荒  
下 写真 3. スズ割

(何れもフランジ端部のもの)

\* 尼崎製鋼所

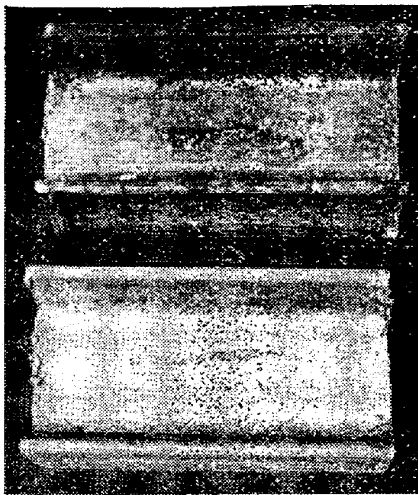


写真4 ヘゲ疵

これらの疵は当然機械的性質を害ひ、甚しいものは曲げ試験によつて割れるものもあり、又密集気泡及び鋼塊クラックを伴う気泡列によつて成品の大割れを生ずることもある。スズ疵の中、軽度のものには機械的性質には殆んど影響がないが、このような疵を発生する条件は当然避けるべきであるし、且美観を害ふ疵 (Schönheitsfehler) として防止しなければならない。

### III. 実験方法

実験鋼種は塩基性平炉で熔製した中炭素キルド鋼で、成分及び作業の概要は第1表、第2表の如くであり、使用鑄型の寸法は第3表の如くであつた。

第1表 実験鋼種

鋼塊単重	用途	C%	Mn%	Si%
100kg	管	0.08~0.11	0.45~0.50	0.25以下
300	I形鋼	0.29~0.32	0.50~0.55	0.15以下
300	丸鋼	0.32~0.34	0.45~0.50	0.15以下
700	丸鋼	0.32~0.34	0.45~0.50	0.15以下

第2表 作業概要

平爐	鹽基性平爐 容量 100t, 70t	配合	屑 鐵 銑	55~65% 35~45%
調質劑	Fe-Mn 200~300kg を 爐内に、3kg/t を 鍋内に投入す	脱酸劑	Fe-Si Al	形鋼 2.0kg/t 管材 3.3kg/t 1.0
注入温度 (第1定盤)	1465~1470°C (光高温計, 補正せず)			
注入速度 (第2定盤)	5~7mm/sec (300kg 鋼塊)			

本実験に於ける対象はキルド鋼塊の表面下数 mm までに現われる表面気泡で、その数量化には鋼塊の各面に

第3表 鑄型寸法

鋼塊単重	底部邊長	頭部邊長	高さ	定盤本数
100kg	114mm	104mm	1400mm	120
300	170	150	1800	64
700	250	230	1800	48

巾 25mm, 深さ最大 3mm 程度のチップングを頭部から底部まで通し、底部より 5cm ごとの区間に割り、その区間内に現れた気泡を 1mm 以下, 1mm~3mm, 3mm 以上の三種類に分けて勘定し、鋼塊位置による気泡の分布状態を調べると共に、底部頭部二区間づつを除いて平均気泡数を算出し、該鋼塊の気泡指数とした。

### IV. 鋼塊内に於ける気泡の分布

気泡指数としては上述のように底部頭部 10cm づつを除いた 5cm 区間当りの平均気泡数を考えたが、この平均気泡数と全体の気泡のバラツキとがどのような関係にあるのを確かめておく必要がある。そのため鋼塊の4面に各 2本づつのチップングを行い、各チップングすぢ間のバラツキ及び長さ方向に対するバラツキを調査した。

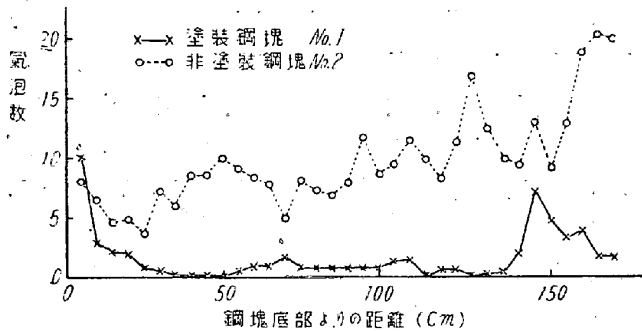
300kg 鋼塊の瀝青塗装を行つたものと然らざるものについて同一定盤から採つた例を挙げると第4表の如くである。バラツキとしては①塗装有無間②同一処理鋼塊間③同一鋼塊の面間④同一鋼塊同一面内のチップングすぢ間の種類のバラツキが考えられ、定盤位置、定盤番号、チャージを異にすれば、更にそれらのバラツキが加わるものと考えられるが、我々の実験に於ては大体、定盤位置、定盤番号、チャージを同じくして鋼塊処理間 (塗装その他) の差を見るのが目的であるから、精度は少し劣つても、チップングの手数をも考へて各面1本計4本のチップングを行うこととした。第4表から明らかな如く、鋼塊処理間の差であれば、4本でも略々検出し得る。

又同一チップングすぢ内に於ける気泡分布の代表例は第1図の如くで、気泡数は底部と頭部で著しい増加を見せている。この部分には定盤の清掃、乾燥状態、鋼塊頭部の作り方など種々のファクターが入るし、又この部分は圧延で当然切捨てられるので平均気泡数の算出には除外した。勿論頭部、底部の少ないもの、鋼塊中部に於て急激な増加減少を示しているものなど種々の形式があるが、大部分は上記のものと同様にしてある。この上下2区間づつを除くと残余は大体に於て底部から頭部にかけて漸増の傾向にある。例えば第4表の塗装鋼塊1と非塗装鋼塊5の気泡分布が第1図の如くで、頭部に

第4表 氣泡指數の例

塗 装		有					無			
鋼塊番號		1	2	3	4	5	6	7	8	
A面	1	0.97	3.03	1.32	0.45	6.65	8.85	10.97	10.74	
	2	0.45	2.39	1.42	0.81	5.13	9.40	9.74	13.42	
B面	1	0.42	2.03	1.61	0.32	5.58	8.40	6.45	9.84	
	2	0.87	2.00	1.42	1.00	4.90	7.90	7.23	14.88	
C面	1	1.16	1.48	1.19	1.81	5.71	10.12	8.94	15.75	
	2	1.68	1.68	1.87	2.55	6.42	9.20	8.61	15.49	
D面	1	1.06	2.62	0.97	2.00	4.74	17.87	18.52	12.68	
	2	2.48	3.94	0.61	1.97	5.39	14.90	11.58	17.42	
平均		1.14	2.27	1.30	1.36	5.56	10.82	10.25	13.80	

向つて氣泡数の増加が見られる。



第1圖 氣泡の分布状態

V. 鑄型新舊程度の影響

この氣泡の特徴は所謂同一条件と目される鑄塊間に於いても、更に又同一鑄塊に於ても位置によつて氣泡の分布に著しい差の見られる点である。従つてチャージによる変動因子(成分、脱酸状態、加炭の有無など)以外にも有力な因子があると推定される。試験鑄塊は同一チャージ、同一定盤内対称位置から採つたが、これのみを以てしてはチャージ外の有力因子と考えられる鑄型内面状況の差を消すことは出来ない。この鑄型内面状況を数量化することは頗る困難なので、一応鑄型の新旧を以つてこれを表わすこととし、新旧鑄型による造塊を行つた。その結果は第5表の如く旧鑄型の氣泡が著しく多かつた。

VI. 各種塗裝劑の影響

上述の如く鑄型の内面状況は著しい影響を持つので、かなりの本数を比較しなければならない。しかしながら1本の鑄型を取つて上半部に塗裝を施し、下半部を無塗裝のまま造塊し、上下の氣泡指數を比較すれば調査本数

第5表 新舊鑄型の影響(氣泡指數)

試料番號	新鑄型	舊鑄型	試料番號	新鑄型	舊鑄型
1	2.0	11.4	9	1.7	7.0
2	1.4	4.4	10	1.6	7.1
3	1.3	3.8	11	1.6	6.7
4	0.4	5.3	12	2.5	9.4
5	3.0	4.3	13	1.3	11.6
6	0.9	0.7	14	1.5	12.5
7	1.3	2.2	15	2.0	2.8
8	2.3	1.9	16	0.7	1.3
			平均	1.6	5.8

(註) 1. 鋼塊は 700kg にして鑄型塗裝は行わず。  
2. 新鑄型の使用回数は 2 回目であつた。

をかなり減らすことが出来る。本節の実験は何れもこの方式で行つたが、だゞこゝで注意しなければならないことはⅢで述べた如く氣泡数は概して鑄塊上半部の方が大きいという事である。従つて氣泡減少率を算出する場合には實際より幾分低目に、氣泡増加率を算出する場合には實際より幾分高目に出ると考えられる。

酸化促進剤の影響—鑄型内壁が汚ないと氣泡が増すことは当然であるが、どの程度の氣泡増加率を示すかを見るために、酸化鉄粉及びスケール粉を鑄型の上半部に塗つて無塗裝の下半部と氣泡指數を比較した。第6表がその結果であるが、スケール鑄塊に1本だけ氣泡の減少したものがあつて諒解に苦しむが、その他は何れも大巾の増加を示している。又酸化鉄、スケール粉は塗裝が困難で均一を欠き、氣泡数は著しいバラツキをしている。

酸化防止剤の効果—上記の実験によつて鑄型の内面状況が有力な因子であることが分つたので、鑄型の上昇湯面及び鑄型内壁に接する部分の酸化及び冷却を防止し、酸化膜の捲き込み、湯のかぶりによる氣泡発生を阻止するため、瀝青塗料、アルミニウム粉、ボイルド油、砒砂

第6表 酸化促進剤の影響 (氣泡増加率)

試料番號	スケール	酸化鐵	試料番號	スケール	酸化鐵
1	+404	+91	7	+257	+895
2	+503	+756	8	+394	+109
3	+57	+667	9		+61
4	-15	+47	10		+239
5	+164	+835	11		+117
6	+724	+227	12		+72
			平均	+311	+343

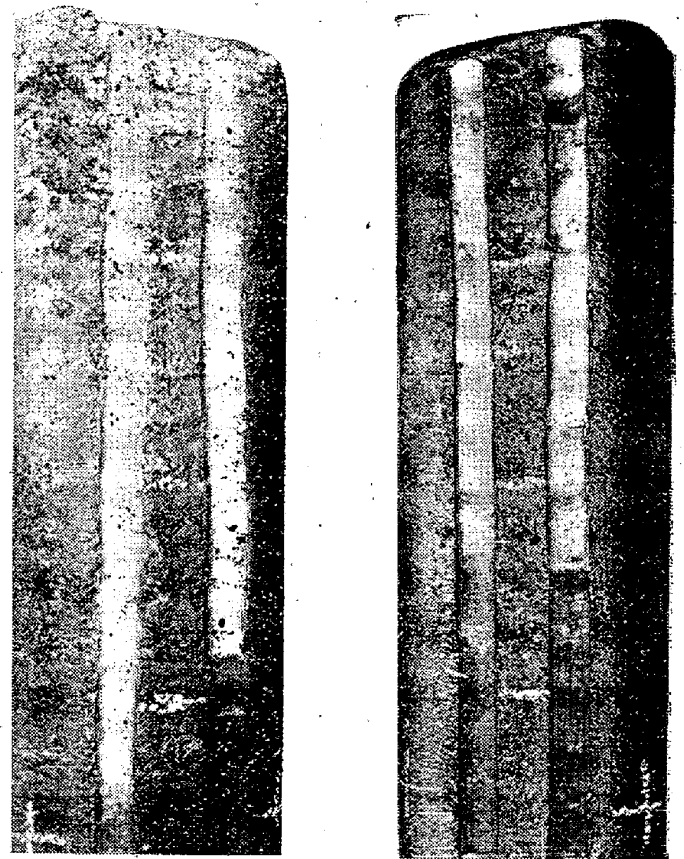
(註) 1. 氣泡増加率 = [(上部塗裝部の氣泡指數) ÷ (下部非塗裝部の氣泡指數) - 1] (%)  
 2. 實驗鋼塊は 300kg とす。

などの塗布実験を行つた。この場合にも、塗布は鑄型の上半部に行い、無塗裝の下半部と比較した。

結果は当然予期される如く酸化防止剤の使用によつて氣泡は大巾に減少する。上記4種類の塗裝剤の順位はこれらのデータからは判定不可能であるが、普通作業に於ては煙、悪臭の出る難点にあるが、瀝青塗料が実用的であらう。尙酸化鐵塗裝鋼塊及び瀝青塗料塗布鋼塊のチップングすぢに現れた氣泡狀況は写真5の如くである。

VII. その他の造塊條件

以上は直接、鑄型の内面狀況を問題にしたものであるが、上昇湯面の酸化状態を問題にする場合には上昇湯面(鋼塊寸法)及び注入速度、注入温度が問題となつてくる。第8表は同一熔鋼を700kgと300kgとに注ぎ分けた結果で、700kgは第1定盤で、300kgは第2定盤で注入したものである。注入温度の低下した第2定盤(300kg)の氣泡が多いはずであるが、鋼塊寸法のために第1定盤(700kg)の方が多くなつてゐる。



酸化鐵塗布 瀝青塗料塗布  
 寫眞5 氣泡の發生狀況

第8表 700kg, 300kg 比較實驗

チャージ	A		B	
	700kg	300kg	700kg	300kg
鋼塊單重	700kg	300kg	700kg	300kg
塗裝の有無	有	有	有	有
試料個數	8	8	8	8
定盤	1	2	1	2
注入時間	4'45"	4'57"	7'00"	6'40"
氣泡指數	1.8	0.7	5.1	2.2

第7表 酸化防止剤の効果 (氣泡減少率)

試料番號	1	2	3	4	5	6	7	8	平均
ボイルド油	-96.2	-84.1	-89.4	-78.8	-88.0	-85.0	-75.9	-100.0	-87.2
Al	-98.3	-77.4	-98.3	-100.0	-98.3	-88.9	-91.5	-94.0	-93.3
硼砂	-88.2	-96.3	-88.9	-93.3	-87.7	-86.1	-88.4	-87.7	-89.6

瀝青塗料の氣泡減少率

	-64.2	-91.4	-87.5	-97.5	-88.1	-95.6	-88.6	-61.3
	-98.7	-93.3	-86.7	-94.2	-91.8	-100.0	-54.1	-76.6
	-37.0	-94.7	-88.7	-73.3	-11.8	-93.0	-96.4	-74.0
	-91.4	-98.3	-100.0	-18.2	-88.7	-63.6	-93.0	-86.3
							平均	-80.6

(註) 1. 氣泡減少率 = [(上部塗裝部の氣泡指數) ÷ (下部非塗裝部の氣泡指數) - 1] (%)  
 2. 實驗鋼塊は 300kg 鋼塊とす。

チャーチBはチャーチAに比し、300kg, 700kg 共に気泡数が多いが、これは成分、脱酸状態に幾分の差はあるが、その最大原因は注入速度である。注入中の観察によれば、上昇速度の遅いチャーチは湯面に酸化被膜を生じ、これにたびたび湯のかぶるのが見られた。このような個所は凝固後、鋼塊肌に皺を生じ、チッピングすると多数の気泡が発見された。

その外、鑄型内壁に対する水分の影響、塗料混入水分の影響についても調査したが、前者の悪いのは勿論で、後者も悪いが、混入水分が少量で高温鑄型に塗布する場合にはさほどの影響は見られず、従つて圧搾空気中の水分も鑄型温度が低くなければさほど気に病む必要はないと思われる。しかし水分量が多かつたり、塗装温度が低い場合には頗る悪い影響がある。

第 9 表 塗料混入水分の影響

混入水分(%)	0	5	10
試料個数	8	8	8
平均気泡減少率	-85.44	-85.74	-85.49

(註) 平均気泡減少率は上部塗装部と下部非塗装部との気泡数の比較で、算出方法は前述の如し。

又実際問題として多数の小形鋼塊鑄型の内面をその程度ブラシで清掃することは非常な労力を要するが内面の汚ない鑄型に塗料を塗ると荒れた肌に過剰に残留した塗料が鋼塊表面に滲炭を起すと共に肌を著しく不良にした。従つて鑄型は使用開始から内面を絶えず手入し、使用中止の場合にも塗装を行つて格納する必要がある。

尙管材に於ける気泡疵調査のために同一熔鋼から気泡数の異なる鋼塊を作つたので参考のため掲げておく。

第 10 表 鑄型条件の影響

鋼塊 單重	塗装	鑄型 新舊	試料 個数	平均気 泡指数	備 考
100	有	新	8	0.7	上昇湯面にスケール撒布
100	無	舊	8	9.6	

### VIII. 結 言

以上の調査結果を要約すれば次の如くなる。

(1) キルド鋼塊の表面下数 mm までに現われる表面気泡の分布は同一チャーチ、同一定盤、同一鋼塊内に於てもかなり不規則である。

(2) 同一鋼塊に於ては頭部、底部各 10cm の間で気泡の激増を見る外、底部より頭部に向つて漸増の傾向にある。

(3) 上昇湯面の冷却酸化によつて生ずる湯のかぶりは鋼塊皺を生じ、密集気泡群を発生する。

(4) 新鑄型は旧鑄型に比し気泡の発生が非常に少ない。

(5) 鑄型内面に対する酸化鉄、スケール等の附着は気泡を激増する。

(6) 鑄型内を上昇する湯面及び鑄型内壁に接する部分の冷却酸化を防ぐためにボイルド油、瀝青塗料、アルミニウム粉、硼砂等を塗布すれば気泡は激減する。

(7) 注入速度の低下は気泡を増加する。

本調査に於ては気泡の全数を取扱い、気泡の大きさ別に対する考察は行つていないが、この大きさと気泡の密集度(平均数は少なくとも密集していれば大きな疵となる)が大きな問題であるがデータが未整理なつて本報告では触れなかつた。

尙残された問題としては次のものがある。

- (1) 定盤内、定盤間変動
- (2) 注入速度、注入温度の影響
- (3) 熔鋼成分、差物、脱酸剤の影響
- (4) 塗装時の鑄型温度
- (5) 塗装から注入までの時間
- (6) 多数鑄型の迅速且確実な塗布方法

(昭和 28 年 6 月寄稿)