

これに引きつづいて柱状品が晶出成長する。この間マクレ込みのない限り介在物の分布は鑄型に鑄込んだときの溶鋼中における状態に近いと考えられる。ところが柱状品の末端を結晶核として樹枝状品が晶出成長するので、これらの樹枝状品の間介在物が凝集し、しかもこの部分では冷却速度がかなり遅くなっているため介在物の析出、成長がさかんに起こり、比較的大きな介在物ができるとともに、その偏析の程度も大きくなる。鋼塊の中心部に近いところでは、さらに冷却速度が遅く、温度勾配も小さい状態で凝固するために溶鋼中に浮遊する介在物が結晶核となつて自由品を品出するので介在物の凝集偏析の程度は少くなる。つぎに上下における介在物の分布を考えてみると、鑄型の形状が上拡がりになっているため上記の現象も上部の方がいちじるしく、しかも溶鋼中における介在物自体の浮上性も手伝つて上部に比較的大きな介在物が偏析する。したがつて鋼塊の表面と中心の中間部、しかも上部に欠陥の原因となるような介在物が偏在することになる。このような比較的大きな介在物の分布と砂きずのあらわれ方とは實際上ほぼ一致している。また砂きずがゴーストゾーンに沿つてあらわれる傾向も、介在物の生成ならびに溶鋼の凝固過程から考えればけだし当然といふことができる。

#### VI. 砂きず防止に関する二、三の所見 (省略)

#### VII. 結 言

要するに砂きずの発生を防止するためには鋼浴中の酸素、硫黄、リンならびにその化合物をできるだけ少くし大気による酸化を防ぐとともに優秀な耐火材の研究開発が必要である。

### (60) 砂疵(毛疵を含む)防止を目的とした鋼の無酸化鑄造

#### Non-Oxidizing Casting of Steels for Prevention of Sand Marks (Including Hairline Cracks)

日本特殊鋼

工 石原善雄・工 安藤公平・理博○森脇和男

*K. Moriwaki, et alii.*

#### I. 研究の概要

鋼材の砂疵の原因としては製鋼原料中の微滓、脱酸生成物あるいは耐火物の熔損物あるいはブローホールなどが数え挙げられるのであるが、われわれは出鋼後取鍋受湯の際および鑄込の際の溶鋼の空気酸化が主因であると予想して無酸化鑄造を行い好結果を得た。無酸化鑄造に

用いた装置は数種あるが

Fig. 1 に示したものを最も多く使用した。この装置上に軽く取鍋を吊り下げる時、3コのパネの作用によりノズル下、覆蓋、押湯棒は完全に外気から遮断され、かつ取鍋の自重により押湯棒などの耐火物がこぼれ落ちることは無い。鑄造に際してはあらかじめパイプ

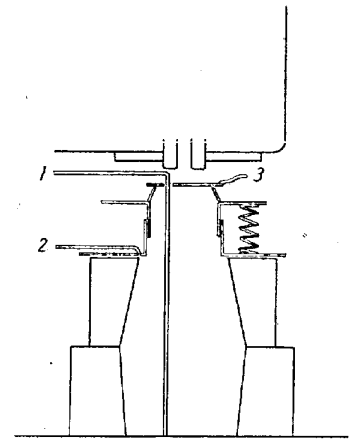


Fig. 1.

(1)を通して  $N_2$  ガスを通じ鑄型内の空気を完全に置換後、ストッパーを開く直前にパイプ (1) および蓋 (3) を取り除きパイプ (2) を通して  $N_2$  を送りながら鑄造を行う。窒素の使用量は置換に  $1m^3$ 、鑄造中に  $1m^3$  の程度である。なお研究はすべて800 kg 鋼塊に一定した。

#### II. 第1回試験熔解

まず最初に砂疵の原因がすでに熔鋼中に存在するものかあるいは鑄造中に発生するものであるかを明らかにするために同一取鍋中の熔鋼を一は  $N_2$  中で完全に酸化をさけつつ、他は通常のごとく空気中にていずれも上注法により鑄造した。使用鋼種は肌焼鋼 SCM 22 であつて丸型 800 kg 鋼塊9本を鑄造し中央の第5本目の鋼塊のみを  $N_2$  中鑄造し他は普通鑄造した。  $N_2$  鑄造の際型内空気の置換中および鑄造中のガス組成はつぎのごとくである。

	$CO_2$	$O_2$	CO	$H_2$	$N_2\%$
置換中	1.61	1.02	ナシ	ナシ	97.37
鑄造中	0.83	2.21	21.27	14.08	61.61

ただしこの際使用したボンベ中の  $N_2$  は  $1.4\% O_2$  を含んでいたため空気の置換は完全であると考えてよい。

1) 砂疵 鋼塊は表面約 10mm 削つた後 (この点は後にふたたび論及する) 150mm  $\phi$  に分塊圧延し、疵検査後さらに 65mm  $\phi$  に圧延し精密なる砂疵検査を行った。試料採取箇所は頭部 (記号 T)、底部 (B)、中央部 (C)、および中央部と頭部の中間すなわち頭部より 1/4 処 (M) の四カ所であつて各カ所より圧延方向に長さ 70mm の試料を採り、65mm  $\phi$  の試料を直径 5mm 削るごとにその表面の砂疵の大きさおよびその数を数へ、直径 15mm にいたるまで計 10 表面について検査した。

No. 5 の  $N_2$  中鑄造のものとその前後の No. 4 および No. 6 のものを比較すると Table 1 のごとくなる。

表中たとえば 7-11・3-3・5. としたの第一数字 7 は砂疵の数が 7 コであり, 第二数字 11・3 は砂疵の全長が 11・3 mm であり, 第三数字 3・5 はその内最大の砂疵の長さが 3・5 mm であることを示す. なお No. 1 および No. 8 鋼塊も同様の検査を行つたのであるがこれらの鋼塊の検査された砂疵の長さの総和を示すとつぎのごとくである. 普通鋼塊 4 本の平均が 352 mm であるに比し窒素中鑄込鋼塊の砂疵は 1/4 に過ぎない. これによつて鑄造中空酸化によつて如何に多くの砂疵素因が誘引されるかが知れる.

鋼塊 No. 1 No. 4 No. 5 No. 6 No. 8  
砂疵全長 417 403 92 240 359

2) 砂疵と酸素量, 清浄度などとの関係

No. 4, 5 および 6 の 65φ の試料については真空熔融法および顕微鏡による清浄度の検査を行つた. 丸棒各部の酸素含有量は Table 3 のごとくである. 表中半径方向における C, M, P としたの丸棒の中心, 半径の中心および周縁部を示す. 本溶解の出鋼時酸素量は 0・0119% であつて, これと丸棒製品中の O<sub>2</sub>% を比較すると如何に冷却および鋼塊脱酸が進行したかが知れ

Table 1. Sand marks in steel bars made by non-oxidizing process and conventional process.

Ingot No.	Position in ingot	60	55	50	45	40	35
4 (in air)	Top	* 7-11・3-3・5	8-13・8-3・5	6-6-3	1-1・2-1・2	OK	2-1・5-1・2
	Middle	14-25・3-3・7	7-6・5-1・5	8-13・5-5	1-0・6-0・6	2-6-5	1-0・3-0・3
	Center	9-10・2-2	9-9・5-3	7-4・3-11	4-2・6-1	3-5・5-4	10-9・2-2
	Bottom	18-35・1-15	11-15・1-5・5	8-16・2-5・6	4-3・7-2・5	8-10・7-3・7	8-4・2-0・8
5 (in N <sub>2</sub> )	Top	7-3・9-1・4	6-3・9-1・5	4-1・5-1	OK	OK	OK
	Middle	9-11・7-4	9-10・6-3・5	1-1・7-1・7	2-0・6-0・3	1-0・3-0・3	OK
	Center	14-9・4-2	4-1・9-0・6	6-2・7-1	5-23-0・8	OK	4-1・3-0・4
	Bottom	8-8・4-3	10-9・1-1・8	5-1・7-0・4	2-0・6-0・3	1-0・4-0・4	2-1・7-1
6 (in air)	Top	16-20・8-3・6	5-10・4-4	4-3・8-1・6	OK	1-0・8-0・8	2-1・5-1
	Middle	9-8・1-1・5	8-12・3-6	4-5・1-3・2	3-1・8-0・8	OK	OK
	Center	12-16・7-3	5-7・2-3・5	5-10・2-3・2	6-5・2-1・4	3-4・1-1・5	2-2・1-1・1
	Bottom	13-15・8-4	7-7・2-2・8	7-5・3-1・3	5-6・9-2・2	OK	2-2・5-1・7
Ingot No.	Position in ingot	30	25	20	15	Sum in each position	Total sum
4 (in air)	Top	OK	2-1・1-0・6	1-0・5-0・5	2-1・9-1・2	29-37・3	295 403・3
	Middle	1-1・6-1・6	5-8・2-3・2	7-6・5-2・5	4-4・7-2・5	50-73・2	
	Center	18-29・6-6	15-36・6-13	18-10・5-1・3	10-18-4・8	103-136・0	
	Bottom	9-12・5-6	13-20・4-3・1	19-24・8-5・5	15-14・1-3・5	113-156・8	
5 (in N <sub>2</sub> )	Top	OK	OK	1-1・1-1・1	1-0・3-0・3	19-10・7	137 91・6
	Middle	1-0・8-0・8	4-1・5-0・5	1-0・5-0・5	2-0・8-0・4	38-28・5	
	Center	OK	3-6・6-4・8	OK	2-0・6-0・3	38-24・8	
	Bottom	3-2・5-2・2	2-0・8-0・4	1-0・6-0・6	8-2・7-0・3	42-27・6	
6 (in air)	Top	OK	6-4・3-18	OK	OK	34-41・6	182 240・0
	Middle	4-6・1-2・8	2-3-1・5	6-3・4-1・2	4-5・4-2・2	40-45・2	
	Center	5-9-4・5	1-0・6-0・6	4-4・5-2・7	5-10・5-5	48-70・1	
	Bottom	5-6・8-2・2	7-14・8-3・5	10-11・1-1・8	4-2・7-1・3	60-83・1	

Note (\*): The figure (i. e. 7) is the number of sand marks, the second (i. e. 11・3) the sum of each length, and the third (i. e. 3・5) is the length of the largest sand mark.

Table 2. Length of Sand marks

Test. No.	Ingot No.	Ordinary casting							Non-oxidizing casting		
		No. 1	No. 3	No. 4	No. 6	No. 7	No. 9	No. 10	No. 2	No. 5	No. 8
2	Length of sand marks (mm)	364	328	390	630	830	445	438	148	105	59
3	Length of sand marks (mm)		No. 3 355	No. 5 384		No. 7 325			No. 4 72	No. 6 19	No. 8 40
4	Length of sand marks (mm)		No. 3 697			No. 7 851			No. 4 129		No. 8 63

Table 3. Oxygen content.

Ingot No.	Position in radius direction	Position in longitudinal direction			
		Top	Middle	Center	Bottom
4	C	•0020%	•0022	•0028	•0024
	M	•0020	•0017	•0038	•0016
	P	—	•0023	•0057	•0029
5	C	•0022	•0025	•0024	•0012
	M	•0017	•0017	•0026	•0038
	P	•0036	•0034	•0030	•0029
6	C	•0042	•0029	•0041	•0045
	M	•0030	•0029	—	•0041
	P	—	—	—	—

た残りの鋼塊部分は 65 mm φ に圧延し前述の試料採取箇所に近いところで砂疵検査を行った。これらの結果の比較においても砂疵は位置により非常に大きな相異を見出したのにもかかわらず介在物および酸素量にはそれ程大きな場所による相異はなかつた。

以上のごとく全酸素量、化学的に分離した非金属介在物量、顕微鏡的清浄度などは普通鋼塊と無酸化鑄造鋼塊との間に大差なく、また同一鋼塊内においてもそれほどいちじるしい相異がない。それにもかかわらず砂疵は鋼塊ごとに大差あり、無酸化鑄造したものはきわめて少

Table 4. Microscopic inclusions.

Ingot No.	Position	A type			B type			Macroscopic inclusions
		Cleanness a	Mean thickness b	a × b	Cleanness a	Mean thickness b	a × b	
4	T	•11	3•56	•40	1•75	4•16	7•26	0×9
	M	•18	3•20	•58	1•54	4•14	6•38	2×1 1×2 0×12
	C	•17	3•20	•54	1•59	4•25	6•75	2×1 0×12
	B	0	0	0	1•73	4•53	7•94	1~0×8
5	T	•07	2•00	•15	1•25	3•98	4•97	Nil
	M	•16	5•33	•85	1•97	4•00	7•88	2×1
	C	•35	5•30	1•86	1•34	4•34	5•82	0×1
	B	•19	4•60	•85	1•84	4•90	9•02	Nil
6	T	•07	3•50	•24	1•58	5•41	8•56	1~0×4
	M	•11	3•00	•33	1•74	4•11	7•15	1~0×8
	C	•31	3•55	1•10	1•52	3•72	5•66	1~0×18
	B	0	0;	0	1•60	5•75	9•20	1~0×4

る。Table 1 の砂疵量は No.5 と No.4 および 6 とは大きな差があるにもかかわらず酸素量はほとんど同じであるこの酸素は熔鋼中に溶解していた酸素の残留したものであつてこれと砂疵とは無関係であることが知られる。

Table 4 は清浄度である。これによると非金属介在物はほとんど B 系よりなりその量は 3 鋼塊大差ない。しかるに表の右端に示すように研磨面において肉眼的に汚点として見えるものの数には大きな差がある。すなわち砂疵の少ない No.5 はきわめて少く砂疵の最も多い No.4 ははなはだ多い。これによつても顕微鏡的非金属介在物もまた前述の O<sub>2</sub> と同様の起源にもとづくものであり砂疵はまた別の原因によるものであることが知れる。

3) 鋼塊 No.9 中の肉眼的介在物、清浄度、酸素量と砂疵の相互関係

第 9 番目の鋼塊はただちに分塊圧延にかけることなく頭部、中心および底部の三カ所より厚さ 20 mm の円盤を切り出し円盤の半径方向に 6 箇所 (B および C) または 7 箇所 (T) の試料を切り出し温硝酸法による肉眼的介在物の抽出、全介在物および全酸素量の定量を行った。ま

い。また同一鋼塊内の分布状態も場所によりいちじるしい相異がある。これは砂疵が前者とは異り鑄造中混入したことを示すものと理解したい。

### III. 確認のための試験鑄造

確認のためにさらに数回の試験鑄造を行った。結果を簡単に被検面にあらわれた砂疵の全長について Table 2 に示す。これによると第 1 回試験と同様に無酸化鑄造したものは普通鑄造に比し数段優れた好結果をあたえた。

### IV. その他の効果

さらにまた窒素中にて鑄込むときはキルド鋼塊の外周に生ずる気泡を減ずる効果がある。すなわち鑄込の際の熔鋼の飛沫が表面酸化を受け鑄型の内面に附着し、これと熔鋼中の炭素との反応によつて生ずる CO ガスは鋼塊外周気泡の主要な原因をなすのであるが N<sub>2</sub> 中にて鑄込むときはこの飛沫が酸化を受けることがないので鋼塊の外周気泡を生ずることがない。通常鋼塊の外周気泡を除くために片肉 10 mm 以上の表面削りとさらにチップングを要するのであるが、窒素中鑄込鋼塊は 7 mm の表面

削りにてほとんど完全に表面疵を除くことができ、製品の歩留を上げると同時に再削りおよびチップングの手法をはぶくことができその効果は大である。

## (61) 鋼の真空鑄造について

### On the Vacuum Casting of Steel

T. Asakuma, et alii.

関東特殊製鋼

工 鈴木登能弥・工〇朝熊利彦・吉留克政

工 中野吉朗・絹川昭夫

#### I. 緒 言

一般に鋼はガスおよび非金属介在物が存在し強度を減少せしめる結果となつている。殊に水素は白点および白点状欠陥の主因をなすものとして古くから知られ鋼の水素吸収防止ないしは水素低減に対して熔解、造塊に多くの注意と努力が払われて来た。然しながら空気中で熔解し造塊する以上は水素の吸収を全面的に回避することは出来ない。一方鋼を真空中で熔解すればガスの少いものが得られることも良く知られているがこれは容量が小さく設備も複雑で大規模に工業的に利用するにはなほ多くの困難がある。Bochumer Verein A.G. は大量の鋼を脱ガスする真空鑄造の工業化に先鞭をつけた。我国においても遠く明治時代にあつて同様の機構をもつ低圧鑄造法が着想されたが残念ながら工業化するには至らなかつた。湿度が殊に悪条件下にある日本としても当然採上げられるべき問題であると考え昭和 30 年 6 月より独自に真空中で鋼塊を鑄造する方法の研究を進め基礎実験および中間試験を経て昭和 32 年 9 月に 20 t 鋼塊に対する真空鑄造設備を完成し脱ガス、材質の向上、熱処理工程の短縮等に多くの成果を挙げている。此等の結果について報告する。

#### II. 真空鑄造法

真空熔解法は大量の鋼を処理するには技術的ならびに経済的に困難な点があるので空気中で熔解した鋼を真空処理して脱ガスするいわゆる真空鑄造法が実用化した。欧米および我国でも此の方向に進みつつありその要求と対象によつて現在つぎの 4 つの方法がある。(1) 取鍋脱ガス法 (Ladle Degassing) (2) 流滴脱ガス法 (Stream Drop Degassing) (3) 鋼塊真空鑄造法 (Vacuum-Ingot Casting), (4) Dortmund 法。

我々は主として特殊鋼鍛鋼品に現われる水素による欠陥を除く目的で (3) の方法を採用することとして研究を行つた。

### III. 鋼塊真空鑄造法の根拠

真空鑄造法の工業化に当つては実験室的規模の適用し難い点が多い。特に同法の心臓部ともいふべき排気系構成決定の根拠が得られなかつたので予備実験及び 1~2 t の中間試験を行い漸く 20 t 鋼塊用の装置を完成した。

(1) 予備実験 熔鋼 150 kg, 油廻転ポンプ 500l/mn をもつて予備実験を行つたが排気能力の不足と気密保持の不完全が禍して鋼流滴下直前の真空度は 5mmHg 滴下開始と同時に 30mmHg となり以後急激に真空度が劣化し従つて脱ガスの行われた形跡がない。かくして記録的には何等見るべきものを残さなかつたが排気能力を不問にしてとにかく大規模に行う場合の基礎を知ることが出来た。その根拠となるものはつぎの如くである。

(a) 排気能力の決定, (b) 気密保持, (c) 排気系の構成。

(2) 中間試験 1~2 t の中間試験によつて排気能力決定の基礎資料を求めることにした。熔鋼を真空タンクへ注入すると熔鋼から発生するガスの為真空度が低下するが如何程のガスが放出され、リークをどの程度に防止出来るかは中間試験によらねばならなかつたのでポンプの荷重としては考慮せずタンクを 2 分で  $10^{-2}$ mmHg に排気する能力があれば操業圧 30mmHg 以下が得られるであらうと言う所から出発してつぎの如き条件を設けた。(a) 鋼塊は 1~2 t とする。(b) 真空タンクの大きさは  $1100\text{mm}\phi \times 1400\text{mm} = 1.33\text{m}^3$ , (c) 到達真空度  $10^{-2}$ mmHg, (d) 到達時間 2mn.

これ等の条件を満足しかつ鑄造を行ひ得る装置として 3000l/mn の油廻転ポンプ 2 台, 400l/sec の油エゼクターポンプ 1 台, 防塵トラップ 1 式, 真空タンク 1 個, 中間取鍋 (1 t) 1 台をつくつた。鑄込速度 1t/mn において最終操業圧は 23mmHg となつたので目標を 10mmHg とするにはポンプの能力を 2 倍以上必要とすることが判つた。そこで更に追加して 15000l/mn とした。2 t 鋼塊に施行し鑄込速度 1200kg/mn で最終操業圧は

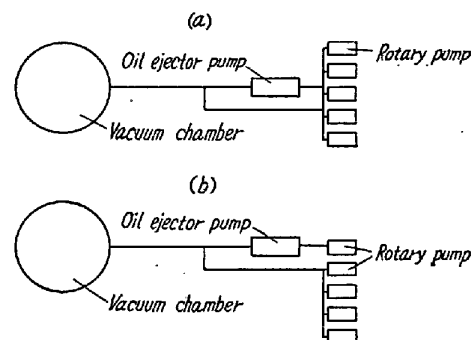


Fig. 1. Pumping system for degassing of steel  
(a) in series, (b) in parallel.