

## 窒素造塊法に関する研究 (I)\*

高尾善一郎\*\*・下瀬 高明\*\*\*・斎藤 克己\*\*\*\*

STUDIES ON THE INGOT MAKING PROCESS IN  
NITROGEN ATMOSPHERE (I)

Jenichiro Takao, Takaaki Shimose and Katsumi Saito

This paper compares results of the nitrogen blowing process with the ordinary and floating boards process for prevention of molten steel from oxidation in pouring process. Results obtained are summarized as follows:

- 1) Floating boards are not much effective.
- 2) Nitrogen is effective.
- 3) Oxidation of molten steel in ingot molds cannot be neglected from consideration of scum formation in ingot molds.

## I. 結 言

大型鍛材の機械加工中に往々問題となる地疵の原因はサンドとゴーストの両者に尽きるといつてもよい。これが防止対策としては種々の方法が考えられるが溶解作業および鍛錬作業の管理もさることながら造塊作業の再検討こそ急を要する問題であろう。その一環として最近各所で浸漬型白金-白金ロヂウム熱電対を現場测温に採用して溶解ならびに造塊作業の温度管理を実施している。高温鑄込を行う場合は欠陥としてゴーストおよび偏析をとめないやすくこれに反して低温鑄込を行う場合は欠陥としてサンドをとめないやすい。斯る地疵を減少するためには前述のごとくあらゆる方面より総合対策を講じなければならぬがまず浸漬型白金-白金ロヂウム熱電対を十分活用して鋼種に応じた目標鑄込温度の確立が先決であろう。相当低温鑄込を狙う場合はサンド生成防止対策を考慮しなければならない。鋼塊中のサンドの成因としては後述のごとく種々の原因が考えられるがこれらの中造塊作業時における熔鋼の空気による酸化が相当有力な因子であろうことは想像に難くない<sup>1)2)3)4)5)6)</sup>。熔鋼の空気による酸化としては

- イ. 出鋼時熔湯の空気による酸化
  - ロ. 鍋下熔湯の空気による酸化
  - ハ. 懸堰内および懸堰下熔湯の空気による酸化  
……上注法
  - ニ. 注入管内熔湯の空気による酸化……下注法
  - ホ. 鑄型内熔湯の雰囲気による酸化
- 等が考えられる。さて、出鋼時熔湯の空気による酸化防止対策としては古く取鋼を傾斜して受湯する方法が試みられ<sup>7)8)</sup>熔湯の酸化防止対策として有力なる方法である

が鋼の清浄度にはさして影響がなく清浄度はさらに複雑な因子に支配されるようである<sup>9)</sup>。つぎに鍋下、懸堰下(上注法)および注入管内(下注法)熔湯の空気による酸化防止対策としては二、三の実験室的検討はあるが<sup>10)</sup>現場作業ではこれが防止対策はほとんど講ぜられていない。ただ最近瑞典において Casperson レードルを電気炉に取付け熔鋼を高純度の窒素気流中に出鋼することが行われているようで斯のごとき方法によれば鋼塊の珪酸塩介在物を減少せしめることができるようである<sup>11)12)13)</sup>。また真空造塊法が造塊作業法として工業的規模において実施されるようになり注目されるが、若干趣旨を異にする<sup>14)15)16)</sup>。さらに懸堰内および鑄型内熔湯の空気および雰囲気による酸化防止対策としては前者に対しては、矽、矽殻等による被覆、後者に対しては鑄型内面のタール塗布、矽、木片、浮板、松脂等の投入被覆、前記の真空造塊法が実施せられている。本実験においてはさらに熔湯の空気による酸化防止対策としての窒素および浮板の効果を検討した。まず鑄型内熔湯の雰囲気による酸化に対する影響を検討したので以下報告したい。

## II. 実 験 結 果

(1) 下注鋼塊について: 塩基性 10 t 電気炉にて熔製せる F 5 註1)について窒素吹込法、普通法、浮板使用法を比較検討した。使用鑄型は Fig. 1 に示す 1.1 t 底大ガスマン型下注鑄型で窒素吹込法の場合は Fig. 2 に

\* 昭和 31 年 4 月本会講演大会にて講演

\*\* \*\*\* 神戸製鋼所研究部

\*\*\*\* 神戸製鋼所技術部

註 1) C 0.34~0.38, Mn 0.30~0.60, Si 0.15~0.35, P, S &lt; 0.025, Cu &lt; 0.30

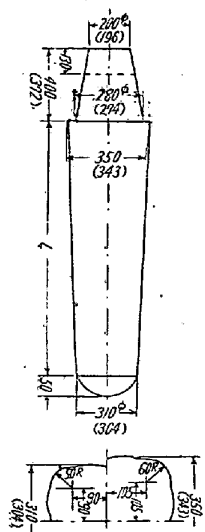


Fig. 1. Dimensions of test ingot.

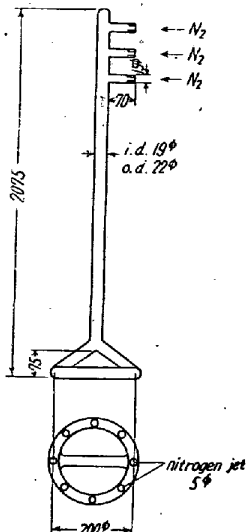


Fig. 2. Nitrogen blowing apparatus.

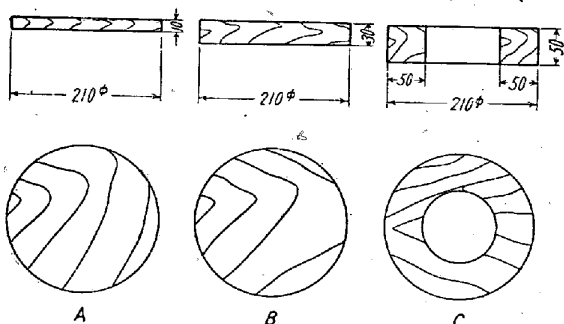


Fig. 3. Floating boards.

示すごとき窒素吹込装置を注湯に先立ち鑄型内に挿入し底部の窒素放出部を鑄型底部に位置せしめ注湯開始後鑄型内湯面上昇とともに窒素吹込装置を漸次上昇せしめ押湯部に至らしめた。浮板使用法の場合の浮板は Fig. 3 に示すごとき松板を乾燥使用した。A, Bは可及的鑄型内熔湯表面と鑄型内雰囲気とを遮断する意図で SE5937 について、また C はソ連法<sup>註2)</sup>17) を検討する目的で SE5944 について実験した。Table 1 に造塊条件を示す。造塊時窒素吹込法、普通法鋼塊のスカム生成状況を比較検討した。浮板使用法の場合は板の燃焼による黒煙のためスカムの生成状況を観察することができなかつた。普通法に比較し窒素吹込法の場合鋼塊の下部 2/3 はスカム生成量が軽減するのが認められたが上部 1/3 は大差がなかつた。鋼塊表面状況を Photo 1, 2 に示す。窒素吹込法

註2) ソ連では環状浮板の使用によりスカムの減少を図っているという事でこれは浮板の燃焼焔の作用でスカムが中央部に集まることを利用したものらしい。更にソ連では  $CCl_4$ ,  $NH_4Cl$  の如き  $Cl_2$  瓦斯を出す薬品を鑄型内に投入使用して好成绩を取っているという事である。

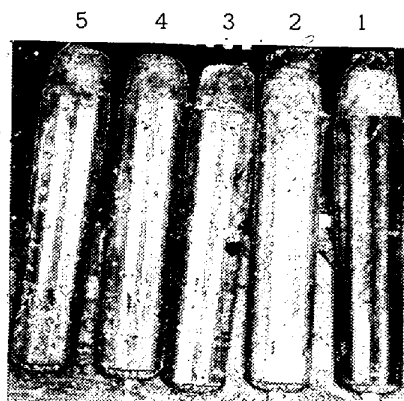


Photo. 1. SE 5937 1st mold plate (white marks show the positions of scums adhered.)

1. Nitrogen blowing process
2. Ordinary process
3. Ordinary process
4. Floating boards process (A)
5. Floating boards process (B)

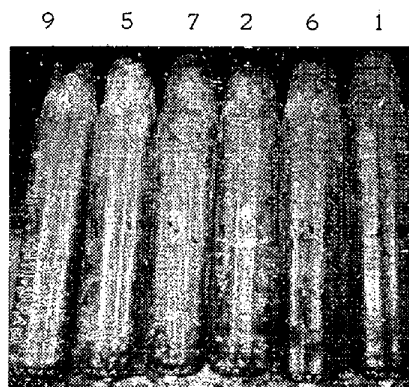


Photo. 2. SE 5944 1, 2, 5 1st mold plate, 6, 7, 9 2nd mold plate.

1. Nitrogen blowing process
6. Nitrogen blowing process
2. Ordinary process
7. Ordinary process
5. Floating boards process (C)
9. Floating boards process (C)

は普通法、浮板使用法に比較し鋼塊表面状況は圧倒的に美しく普通法と浮板使用法との間に大差がないことが分る。鋼塊表面状況を良好にするため普通鑄型内面にはタールを塗布するがかかる場合の鑄型内部熔湯表面雰囲気中の酸素含有量分析例を Table 2 に示した。

同表から相当量の酸素が雰囲気中に含有されていることがわかる。かかる組成の雰囲気内へ窒素を吹込めば湯熱による上昇気流により雰囲気中の酸素含有量が漸減し熔湯表面は窒素にて被覆されるであろう。

(2) 上注鋼塊について：塩基性 10 t 電気炉にて熔製せる SKF 6<sup>註9)</sup> について窒素吹込法、普通法を比較検討

註3) 浸漬型白金—白金ロヂウム熱電対により测温。

Table 1. Pouring conditions of the test charge (the bottom pouring process)

		Charge No.	S E 5937	S E 5944
Tapping temperature	Note 3)	Before tapping	1640°C	1648°C
		In ladle	—	1593°C
Killing time			4'00"	5'07"
Pouring temperature	Note 4)	1 st Mold plate	1565°~1558°C	1552°C
		2 nd Mold plate	1555°~1558°C	1547°~1542°C
Pouring velocity		1 st Mold plate	4'57"	5'00"
		2 nd Mold plate	4'08"	7'27"
Times of durability for molds			1	4
Preheating temperature of molds		Top	60°C	80°C
		Bottom	80°C	60°C
Amount of nitrogen consumed (l/mn)	Note 5)	1 st Mold plate	1141	859
		2 nd Mold plate	—	859

Ingot No.	Mold plate	No.	Process	
			1	Nitrogen blowing process
1 st mold plate		2	Ordinary process	Ordinary process
		3	" "	" "
		4	Floating boards process (A)	Floating boards process (C)
		5	" " " (B)	" " " (C)
		6	Ordinary process	Nitrogen blowing process
2 nd mold plate		7	" "	Ordinary process
		8	Floating boards process (A)	" "
		9	" " " (B)	Floating boards process (C)

註4) 光高温計により測温。

註5) 窒素使用量は尙検討すべきであるが自製すれば2円/1000l 程度である。

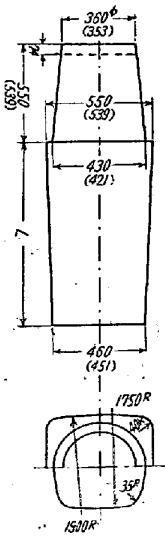


Fig. 4. Dimensions of test ingot.

した。使用鑄型は Fig. 4 に示す 2 t 上注鋼塊で窒素吹込法の場合は Fig. 5 に示すごとき窒素吹込装置を注湯に先立ち押湯上部に設置し懸堰下溶湯の空気による酸化

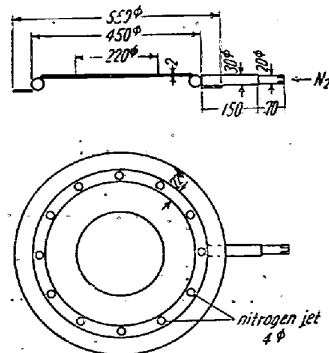


Fig. 5. Nitrogen blowing apparatus.

を防止するとともに Fig. 6 に示すごとき窒素吹込装置により鑄型内溶湯の雰囲気による酸化を防止するようにした。OD 7176 においては Fig. 5, 6 の窒素吹込装置を同時に使用せずそれぞれ別々の鋼塊について行つた。Table 3 に造塊条件一覧表を示す。

上記の上注法の場合スカム生成量は圧倒的に少なくなり顕著な効果が認められた。

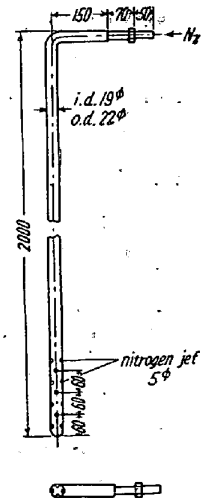


Fig. 6. Nitrogen blowing apparatus.

Table 2. Chemical composition of the atmosphere in ingot molds.

W 5353 (50C)							
Mold plate No.	Position of gas sampling <small>Note 6)</small>	Chemical composition of gases (%)				References	
		CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	Others		
1 st mold plate	1/3	3.4	11.0	6.8	78.8	Ordinary process	
	1/2	3.0	8.0	8.4	80.6		
	2/3	3.4	3.6	14.0	79.0		
2 nd mold plate	1/5	4.4	3.6	27.2	64.8	Wood throwing process <small>Note 7)</small>	
	3/5	2.0	2.0	28.2	67.8		
	4/5	3.8	0.4	22.8	73.0		
W 5365 (SF 45)							
Mold plate No.	Position of gas sampling	Chemical composition of gases (%)				References	
		CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	Others		
1 st mold plate	1/4	0.4	14.0	4.4	81.2	Ordinary process	
	1/2	0.8	14.4	3.2	81.6		
	3/4	0.8	10.0	7.0	88.5		
	9/10	0.8	3.2	15.2	80.8		
2 nd mold plate	1/5	6.0	6.4	14.0	73.6	Wood throwing process	
	1/2	2.6	1.6	24.8	71.0		
	3/4	1.2	0.4	22.4	76.0		
	Hot top	1.0	0.6	23.4	75.0		
W 5371 (surface-hardening steel)							
Mold plate No.	Position of gas sampling	Chemical composition of gases (%)					References
		CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	
1 st mold plate	1/4	2.8	8.0	6.2	1.2	5.6	Ordinary process
	1/3	2.2	3.4	13.2	2.8	23.8	
	1/2	1.2	1.8	17.4	2.8	41.2	
	3/4	0.6	1.4	17.6	3.2	57.2	
2 nd mold plate	1/4	5.2	2.0	31.6	6.0	28.2	Wood throwing process
	1/3	3.0	1.4	32.8	9.2	34.2	
	3/4	1.0	0.6	24.6	4.2	60.0	
	4/5	0.6	0.6	19.6	3.2	71.2	
3 rd mold plate	1/4	4.2	5.2	10.2	2.8	16.6	Rosin throwing process <small>Note 8)</small>
	1/2	1.4	1.8	16.0	2.2	44.4	
	3/4	0.6	0.8	15.2	3.6	63.6	

註6) 試料採取位置は鋼塊底部より

註7) 溶湯表面雰囲気中酸素含有量を低下せしめる目的で型内へ木片を投入した。

註8) 註7) と同様の目的で型内へ松脂を投入した。

## III. スカムに関する二; 三の考察

スカムの成因としては<sup>18)19)</sup>

イ. 出鋼時溶滓の混入

ロ. 樋, 取鍋煉瓦の侵蝕

ハ. 出鋼時溶鋼の空気による酸化

ニ. 鍋下溶鋼の空気による酸化

ホ. 懸堰煉瓦の侵蝕 } 上注法の場合  
懸堰下溶鋼の空気による酸化 }ヘ. 注入管およびランナー煉瓦の侵蝕 } 下注法の場合  
注入管内溶鋼の空気による酸化 }

ト. 鑄型内溶鋼の雰囲気による酸化

等が考えられる。したがってこれらの因子より生成されるスカムは組成的に考えて FeO-MnO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> CaO-MgO の6元系鋼滓と考えると差支えないであろう。

Table 3. Pouring condition of test charge (top pouring process)

Charge No.		OD 7176
Tapping temperature	Before tapping	1625°C
	In ladle	—
Killing time		4'25"
Pouring temperature <small>Note10)</small>	Ingot No. 1	1506°/1515°C
	Ingot No. 2	1504°/1520°C
	Ingot No. 3	1498°/1515°C
	Ingot No. 4	1510°/1525°C
Pouring velocity	Ingot No. 1	4'03"
	Ingot No. 2	4'00"
	Ingot No. 3	3'59"
	Ingot No. 4	4'10"
Times of durability for molds		3
Preheating temperature of molds	Top bottom	80°C 90°C
Amount of nitrogen consumed(l/mn)	Ingot No. 2	643
	Ingot No. 4	629
Ingot No.	1	Ordinary process
	2	Nitrogen blowing process <sup>Note 11)</sup>
	3	Ordinary process
	4	Nitrogen blowing process <sup>Note 12)</sup>

註9) C 0.45~0.65, Mn 0.50~1.00, Si<0.35, P, S<0.030, Cu<0.30, Ni 1.00~3.00, Cr 0.50~1.50, Mo 0.10~0.30

註10) 浸漬型白金—白金ロヂウム熱電対使用.

註11) Fig. 5 の窒素吹込装置を押湯上部に設置し窒素吹込.

註12) Fig. 6 の窒素吹込装置を鑄型内部に挿入し窒素吹込.

Table 4. Chemical composition of the scum adhered to surface of ingots.

Pouring process	Position of sampling	FeO	MnO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
Nitrogen blowing process	Top <sup>Note 13)</sup>	2.84	14.35	42.35	27.20	—
Ordinary process	Top	4.62	33.32	59.75	3.45	0.16
	Bottom	5.15	33.32	49.50	2.35	0.16
Wood throwing process	Top	5.86	33.70	47.75	3.20	—
	Bottom	6.21	33.20	48.00	0.75	0.48

註13) 窒素吹込法の場合は鋼塊表面部に殆どスカムは附着していなかつた. 極く少量附着 (Photo 1 鋼塊 1, Photo 2 鋼塊 1\*6 参考)

もしスカムの成因がイ以下への因子によるところ大なりとすれば窒素吹込法の鋼塊下部表面状況は普通法に比較し大差がないはずである. しかるに両者の間には前記のごとく格段の差が認められるゆえスカムの成因としてはトの鑄型内溶湯の雰囲気による酸化が相当有力と考えてよい. すなわち窒素吹込法の場合鑄型内溶湯の雰囲気による酸化が防止される結果溶湯表面のスカムは組成的に FeO, MnO 含有量の少ない SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-CaO-MgO 系鋼滓となり普通法の場合は溶湯の雰囲気による酸化のた

め FeO, MnO 含有量の相当高い FeO-MnO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-CaO-MgO 系鋼滓が生成されていると考えてよいのではなからうか. Table 4 に SE 5944 の鋼塊表面部に附着していたスカムを採取分析せる結果を示したが普通法, 浮板使用法に比較し窒素吹込法の場合 FeO, MnO 含有量が低値を示していることは上記の考察を裏書しているものと思う. FeO-MnO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-CaO-MgO 系鋼滓の粘性を支配する因子は<sup>20)21)</sup> FeO, MnO 含有量であろうから, 両者の間には当然粘性の差がある

はずで粘性の大なる窒素吹込法の場合はスカムは中央部に集合し粘性の小なる普通法の場合は鑄型内に拡がりその一部は鋼塊表面に附着するであろう。鋼塊下部および中央部表面状況の両者の差は斯る原因によるものと考えられる。鋼塊上部 1/3 は窒素吹込法、普通法の両者のスカム生成量に大差がないと前述したがもしこの場合両者の組成が同一なりと仮定すれば鋼塊上部表面状況に大差を生ずることはないはずである。したがって窒素吹込法の場合鋼塊上部 1/3 で生成せると認められたスカム状のものは窒素の冷却効果によりスカム周辺部溶湯表面に生成せる鉄の凝固被膜であろう。事実鋼塊上部でこのスカム状のものを採取して見たところ金属鉄であつた。以上のべた事実から窒素吹込法により鑄型内溶湯表面に生成されるスカム量が減少するならば極端なる低温鑄込を行つた場合でも溶湯の空気による酸化を防止し得て<sup>22)</sup>冒頭へのべたごとき大型鍛材の地疵の主要原因であるゴーストおよびサンドを防止することができるであろう。

#### IV. 結 言

鑄型内溶湯の雰囲気による酸化防止対策としての窒素および浮板の効果を鋼塊表面状況より検討しつぎの結論を得た。

- 1) 浮板は大した効果がない。
- 2) 窒素は著効がある。
- 3) スカムの成因としては鑄型内溶湯の雰囲気による酸化を重視しなければならぬ。

なお本実験の進行に御援助をいただいた当社研究部分析課平野坦氏および鑄鍛部溶解課藤井成美、奥野茂、緒方小一郎の三氏に感謝する次第である。(昭 31~6月寄稿)

#### 文 献

- 1) 越谷粕蔵: 鉄と鋼, **35** (昭24) p. 401/5, p. 434/40
- 2) 中川義隆・曾我政雄: 鉄と鋼, **38** (昭27) p. 289/96
- 3) 中川義隆・曾我政雄: 鉄と鋼, **39** (昭28)

- p. 111/18
- 4) 前川静彌・中川義隆・曾我政雄: 鉄と鋼, **39** (昭28) p. 493/500
- 5) 前川静彌・中川義隆: 鉄と鋼, **40** (昭29) p. 1110/15
- 6) 前川静彌・中川義隆: 鉄と鋼, **41** (昭30) p. 581/7
- 7) P. Bardenheuer, G. Henke: Mitt. K. W. Inst Eisenforsch., **21** (1939) S 243/60
- 8) T. E. Brower, J. W. Bain, B. M. Larsen: Trans. A.I.M.E., vol. 188 June (1950) p. 851/61
- 9) 前出 8) p. 861
- 10) 前出 6)
- 11) A. Hultgren: Jernkontorets Annaler vol. 129 No. 11 (1945) p. 633/71
- 12) A. Hultgren: A.I.M.E., Tech. Pub. No. 2418: Metals A., Tech. 1948 vol. 15 Aug.
- 13) 芥川 武: 19委 3407: 鋼中非金属介在物に関する文献抄録 p. 5/7 (昭和 29 年 7 月)
- 14) Iron Age, Feb. 17 (1955) p. 91/4
- 15) Steel, Nov. 14 (1955) p. 120/3
- 16) A. Tix: St. u. Ei., **76** (1956) S 61/8
- 17) 福島政治: 最近のソ聯における製鉄事情 (昭和29年 1 月鉄鋼協会関西支部講演会講演)
- 18) C. B. Post, G. V. Luerssen: Trans. A.I.M.E., vol. 185 (1949) p. 15/26
- 19) M. P. Fedock: J. of Metals Feb (1954) p. 125/7
- 20) C. H. Hertty Jr., J. E. Conley, M. B. Roger: St. u. Ei., **51** (1931) S 1174
- 21) C. B. Post, G. V. Luerssen: 前出18) p. 22
- 22) C. B. Post, G. V. Luerssen: 前出18) p. 26