

(56) 圧延用鋼塊の下注ぎ真空鑄造について

日本鋼管, 川崎製鉄所

北村 洋二・田中 駿一
○撰待 吉雄・門間 玄悟

Studies on Vacuum Casting of Rolling Ingot by Bottom Pouring Practice.

Yōji KITAMURA, Shunichi TANAKA
Yoshio SETTAI and Gengo MONMA

I. 緒 言

近年各種産業の発達に伴って鉄鋼材料の品質に対する要求は著しく高度なものとなりつつあり, それに対応して製鋼技術の進歩も目ざましいものがある. 特に真空造塊法はその顕著な脱ガス効果のため鋼質改善におよぼす効果が大きく, 最近に至つて急速に普及し, わが国においても多数の生産設備が稼働するに至っている.

真空造塊法にはいわゆる Bochumer 法をはじめとしていろいろの方法が開発され実用化されているが, 当社でもこの新技術の効果に着目し綿密な検討を行なつた結果, 作業性および低建設費の点から Bochumer 法が最適であると判断した. しかしこの方法が大型鍛造用鋼塊には極めて有効であることはすでに衆知の事実であつたが, 当社製品のごとく大量生産の圧延用鋼塊に対する効果についてはまだ不明の点が多かつたので, テストプラントを設置して試験操業を行ない, この疑問点の解明を試みた.

昭和 35 年 11 月川崎製鉄所平炉工場に処理能力 6 t の試験設備が完成し¹⁾, これによつて上注真空鑄造, 下注真空鑄造, 取鍋脱ガス, 取鍋注入脱ガスの各種操業を行なつた結果, 脱ガス効果は勿論のこと圧延用鋼塊においても介在物地疵の減少, ひいては製品歩留の向上が得られることが判明した^{2,3,4,5,9)}. ただ取鍋脱ガス法は温度降下が大きいため作業的に難点があり, 上注真空鑄造法は鋼塊の表面性状に問題あがりかつその処理量が少ないため大量生産の圧延用鋼塊には不適當であつた. 結局美麗な鋼塊表面と, ある程度の大量処理が要求される当社のような場合には, 下注法による真空鑄造が最も目的に適つているという結論に達したので, この方式で生産規模の設備の新設に着手し, 昨年 6 月に完成した.

Bochumer 法を大量処理に利用するための下注真空鑄造のアイデアはすでに諸文献^{6,7)}に報告されているが, それらはいずれも実験の域をはず, あるいは作業上の問題点のために不可能であるとしていて生産規模で操業している例はまだ報告されていない. しかしわれわれはこれまでの試験操業の結果から十分な成算に基づいて設計した結果, 新設備はいろいろの問題点を解決して現在順調な操業を続けている.

今回は, この工業規模による真空鑄造の効果を確認するためにいろいろ調査した結果をまとめて報告する.

II. 設備⁸⁾および操業法の概要

本設備は排気系として能力 145 kg/hr の旧設備の 4 段スチームイジェクター^{1,10)}をそのまま用い, これに 6 t 鋼塊 5 本立定盤を収容し得る 3800 φ × 3900 (内容積 42m³) の真空タンク 2 基を連結させて 1 ch (60 t) の

溶鋼を処理できるようにしたもので, そのため建設費はかなり低廉に抑えることができた. 真空計としては NR C 製 α トロン圧力計 1 個と Heraeus 製ダイヤフラム式圧力計 2 個を併用している. 中間取鍋容量は 3 t である.

真空処理を行なう溶鋼は塩基性固定式 60 t 平炉で下注キルド鋼として溶製されるもので, 通常チャージと比べ出鋼温度が 1650~1670°C とやや高目となつている他は何ら異なる所はない. 主な鋼種の成分は Table 1 のようなものである.

鑄込前のタンク内の様子は Al シール板を用いない以外は通常の真空鑄造の場合と同様である. 鑄込前の到達真空度は 0.1~0.2 mmHg, 鑄込中の平衡真空度は 0.2~0.6 mmHg である. 真空度変化の一例を Fig. 1 に示す. 鑄込温度 (中間取鍋内) は 1540~1590°C, 鑄込速度は 2.8~4.0 t/min である. 注入管内径は 100 mm φ, 湯道煉瓦内径は 60 mm φ, 鑄型は 6 t 角型で底部 680 × 680, 上部 626 × 626, 高さ 2300 mm でこれらは普通鑄造の場合と全く同じのものである. 全体の作業サイクルは約 6hr となつている.

III. 鋼塊品質

1 脱ガス効果

1 チャージを折半して真空鑄造 (以下 VC という) と

Table 1. Chemical compositions of steel for vacuum casting (×10⁻²%).

Kind of steel	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Use
A	43 ~48	15 ~35	150 190	15 ~30	15 ~23	15 ~23	Oil casing pipe
B	<14	55 ~95	33 ~58	105 145	47 ~62	—	Boiler tube
C	10 ~16	10 ~25	30 ~60	—	—	—	Boiler tube
D	30 ~35	30 ~55	135 170	—	—	—	High tensile strength steel
E	43 ~50	15 ~30	50 ~85	—	—	—	Mechanical construction steel

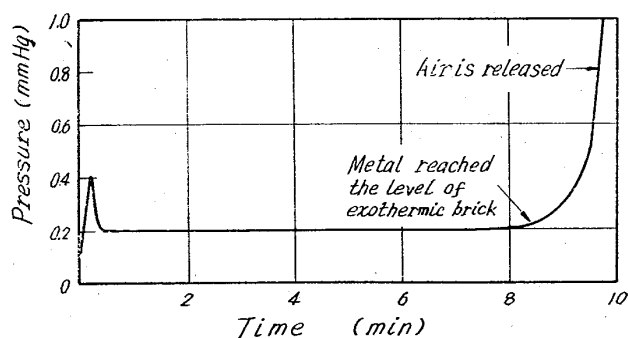


Fig. 1. Typical change of pressure during. (Measured with α-tron pressure gage)

Table 2. Reduction of hydrogen content by vacuum casting.

Kind of steel	Hydrogen content (cm ³ /100 g)		Ratis of hydrogen reduction (%)
	AC	VC	
A	9.94	2.23	77.5
D	7.98	3.93	50.8
D	7.97	2.29	71.2
D	7.73	3.36	56.5
D	7.68	3.96	48.5
E	6.93	2.35	66.0
E	7.35	3.78	48.6

Table 3. Comparison of defects detected by super sonic test.

Ranking of defect	Pieces of test billet		VC (air cool)
	AC (air cool)	AC (slow cool)	
	* 123	p 138	267
A	67%	98%	100%
B	13%	1%	0%
C	10%	1%	0%
D	9%	0%	0%
E	1%	0%	0%

* Billet size is 115mm ϕ \times 1800mm
 ** "A" means the absence of defect

普通鑄造 (以下ACという) に注ぎ分け, その鋼塊頭部から石英管吸上げにより試料を採取して比較した結果が Table 2 である. これからわかるように水素は 50~70% 除去されており, この結果は試験設備における数値^{3,5)} とよく一致していて鋼材の白点防止には十分であると思われる. 鋼種 E 2 チャージについて折半して VC と AC に注ぎ分け, さらに AC 材については分塊圧延後空冷とピット徐冷に折半して 3 種類の鋼片, すなわち AC 材 (空冷), AC 材 (徐冷), VC 材 (空冷) の各鋼片の超音波探傷検査を行なつて比較した結果が Table 3 で, 真空鑄造により白点による欠陥が完全に防止できるので徐冷が不要となつた.

その他の酸素, 窒素などについても試験設備の場合と同程度^{3,5)} の脱ガスが行なわれている.

2 介在物

鋼片に圧延後, 鋼塊の頭部・中部・底部相当位置からドリル穿孔によつて試料を採取し, 酸法によるサンド分析を行なつた結果が Fig. 2 である. 真空鑄造によりサンド量が減少する傾向にあることは明らかで, Al₂O₃ と SiO₂ では SiO₂ の方が減少し易い. これは従来の結果^{3,5)} と同様で, 真空

Table 4. Inspection results of rolled products (medium size tube)

Kind of steel	Grade	Size	Pouring method	% of acceptance without conditioning	% of inside defect
A	API-PX-CS	177.8 ϕ	AC	12.9	10.9
			VC	39.5	5.3
	API-N-UTN	60.3	AC	50.5	8.4
			VC	60.8	3.3
C	JIS-STPT42	48.6	AC	52.4	4.8
			VC	85.0	0.3

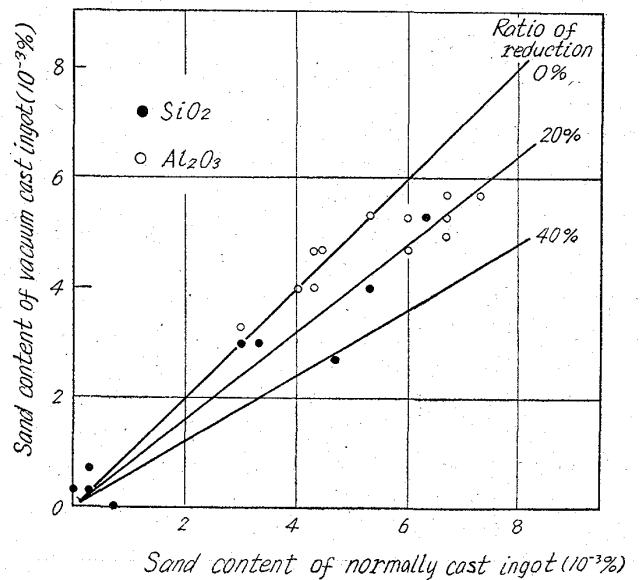


Fig. 2. Oxide sand content of vacuum cast ingot.

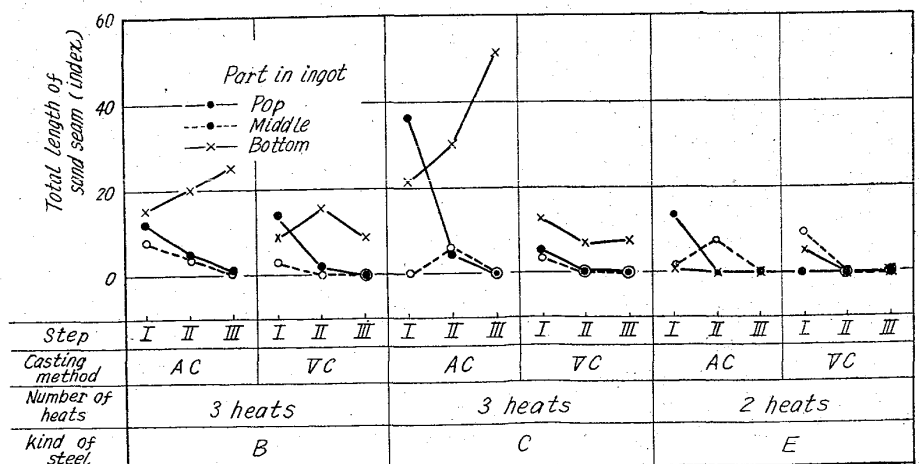


Fig. 3. Results of sand seam test showing the effect of vacuum casting.

下におけるC脱酸の進行によつて SiO₂ は還元されるものと思われる. 鋼塊内位置別に見てもサンド量の挙動は

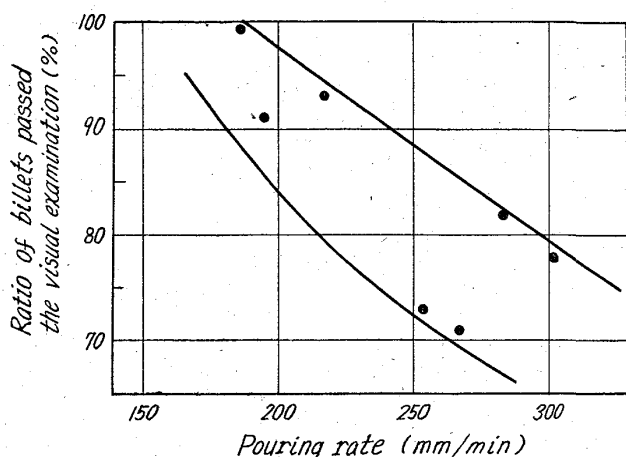


Fig. 4. Effect of pouring rate in vacuum on the surface condition of rolled billets.

一定しないので、ここでは平均値で示してある。

3 地 疵

丸鋼片に圧延後、鋼塊の頭部・中部・底部相当位置別に JIS 三段削法による地疵調査を行なった。操業初期においては作業の不慣れのために造塊耐火物に起因すると思われる地疵が多かったが最近に至つて漸く安定して Fig. 3 のごとき結果が得られており、従来の結果^{2,3,5,9)}が再確認された。

4 圧延成績

(1) 鋼片検査成績

真空鑄造の工業化に当つて上注法でなく下注法を採用した理由の一つは鋼塊表面性状にあつた。すなわち上注真空鑄造では散乱溶鋼の鑄型への付着のために、表面旋削をせずにそのまま圧延工場へ供給される素材の場合には検査合格率が普通チャージよりも低下する傾向を示し、特に高 C 高 Mn 材において問題があつた。

ところが下注法においても同様な問題が発生した。この場合は勿論飛散溶鋼のためではなく、鑄型内溶鋼の沸騰(二次脱ガス作用)による表面殻(二重肌状)のためであつた。したがつてこれが問題となる高 C 高 Mn 鋼種は鑄込速度を遅くし、受皿上での脱ガスを十分行なわせて鑄型内沸騰を抑えることによつて解決した。鋼種 D における鑄込速度と検査合格率との関係を Fig. 4 に示す。

(2) 管用鋼塊の圧延成績

これまで述べて来た鋼質改善の効果が製品圧延成績にどのように影響しているかを示すため、管用鋼塊の製品検査成績の一例を Table 4 に掲げる。いずれも VC 材は無手入合格率が向上し、内面下良率が減少している。

V. 結 言

川崎製鉄所平炉工場に設置された下注真空鑄造設備は昨年 6 月より稼働を開始したが、果して所期の効果をあげているかどうかを調査するために確性試験を行なった。その結果、ガス含有量、地疵、介在物などの減少の目的を十分に達成し、製品化工程の迅速化と製品歩留の向上に大きく寄与していることが明らかとなつた。

この方式による真空鑄造は世界でも稀なものと考えられるが、大量生産鋼種を十分な作業性を以て処理する方法として低建設費のほか、いろいろの利点を有しており、

今後さらに普及発展しうるべきものであると信ずる。

文 献

- 1) 第 13 回真空冶金分科会資料 (1962. 3)
- 2) 第 14 回 " No. 103, (1962. 7)
- 3) 大久保, 他: 鉄と鋼, 48 (1962), 11, p. 1338~1340
- 4) 大久保, 他: " , 49 (1963), 3, p. 463~465,
- 5) 大久保, 他: 日本鋼管技報, Oct. (1963), 27., p. 259~270
- 6) ペトロフ: スターリ, Feb. (1962). p. 113~117
- 7) L. Szöke: Neue Hütte, 7 (1962), 2, p. 94~102
- 8) 第 16 回真空冶金分科会資料 (1963. 12)
- 9) 北村, 他: 学振 19 委 3 分第 72 回資料 No. 72. (1963. 4)
- 10) 小原: 日本鋼管技報, Jan. (1963) 25, p. 73~78

(57) キャップド鋼塊の性状について

富士製鉄, 室蘭製鉄所

北川一智・工博○佐藤 進・泉 総一

On the Capped Steel Ingots.

Kazutomo KITAGAWA, Dr. Susumu SATO
and Soichi IZUMI

I. 緒 言

キャップド鋼塊はリム層を持ち、かつ偏析がリムド鋼塊に比較して少ないため、ブリキ用または薄板用として最近大量に用いられるようになってきており、その重要性は増しつつある。この鋼種は、リムド鋼とほとんど同じ組成の湯を使用するが、造塊方法が異なるため、鋼塊性状はリムド鋼塊とかなり異なっているものと考えられる。このような観点から、キャップド鋼塊の性状を調査したので、その結果について概要を報告する。

II. 調査内容

調査鋼塊のデimeションは、Table 1 に示すような 3 種類で、鋼塊およびスラブで切断して調査した。切断方法は、鋼塊は、長辺に平行な中心面で、スラブでは巾方向の中心で長さ方向に切断した。蓋打時間は、本調査では、1'~9' の範囲にわたっているが、通常は 3' 程度である。溶鋼は、塩基性平炉および上吹転炉で溶製したもので、取鍋組成の範囲は、Table 2 に示すようなものである。鋼塊の調査内容は、偏析、鑄造組織、非金属介在物、リム層の諸点である。

偏析の調査は、サルファープリントおよびチェック分析により行なった。使用ドリルは、切断鋼塊では、径 20 mm スラブでは 12 mm である。鑄造組織を出すための腐食液は、ゲー氏液を使用した。

III. 調査結果

(1) 偏 析

Photo. 1 (a) に縦割 B 鋼塊 (蓋打ち 1' 53") のサルファープリントをほぼ同一単重、同一短辺厚さのリム