

Table 2. Nozzle wear of test nozzles.

Nozzle type	Rimmed steel	Semikilled steel	Killed steel	
Normally designed nozzles	15.0	10.1	10.0	
Specially designed nozzles	A	22.9	11.3	11.2
	B	23.5	11.5	14.7
	C	20.0	12.0	14.0
	D	22.4	11.5	10.0
	E	16.5	10.0	10.0
	F	12.0	9.0	9.1

Test number:  $n=6$ .

Table 3. Results of ingot defects using test nozzles.

Steel type	Nozzle type	Test number of ingots	Splash	Double skin	Longitudinal cracking
Rimmed steel	Normally designed	2700	0.95	0.99	0.015
	Specially designed	300	0.98	1.00	0.013
Semikilled steel	Normally designed	1260	0.17	0.85	0.014
	Specially designed	144	0.14	0.83	0.000
Killed steel	Normally designed	456	0.04	0.20	0.010
	Specially designed	192	0.02	0.19	0.000

リムド鋼では特殊ノズルの方が大きく、セミキルド鋼、キルド鋼については目立つた差はない。

リングを有さないで、かつ材質も同じ SiC 質である特殊ノズル A, B と普通ノズルを比較すれば、特殊ノズルの方が各鋼種共にノズル減りが大きい。これは特殊ノズルがテーパーを有しているためと考えられる。

リングを有する特殊ノズル D, E, F については、各鋼種について SiC 質、シリマナイト質、ジルコニア質の順序でノズル減りが小さい。

以上に示した如くリングの有無、ノズルベースとノズルリングの材質を適当に組合せることによりノズル減りを調節することが出来、ノズル形状変化の防止、安定した溶鋼の流れを計ることが出来る。また注入速度のコントロールもなし得ることが考えられるが、この点については現在検討中である。

### 3. スプラッシュ、二重肌、縦割れについて

Table 3 に各種の特殊ノズル全般と普通ノズルのスプラッシュ、二重肌、縦割れの比較を示す。この表より特殊ノズルと普通ノズルの優劣は、試験数が少ないので云い難いが、特殊ノズルの方がセミキルド鋼、キルド鋼についてはスプラッシュ、二重肌の減少がみられ、リムド鋼では差が見られない。分塊疵、鋼片疵についての結果は大きな差が認められなかった。

### 4. ストッパー止り状況およびノズル割れについて

ストッパー止りは特殊ノズルと普通ノズルとの間に差はなかった。ノズル割れについて特殊ノズルの場合、リングをはめ込んだための割れを心配したが、この危険は

全くなかった。

## IV. 結 言

1. ノズルの入口側にテーパーを有し、出口側に短い直線部を有する特殊ノズルは普通のノズルにくらべ安定した流出性能を有する。特にキルド鋼、セミキルド鋼においてはその効果は大きい。

2. ノズルの出口側に硬質のリングをはめ込むことはノズル減りを調節でき、ノズル形状変化の防止に役立つ。したがって安定な溶鋼流を得るノズルの設計およびひいては注入速度のコントロールの一助をもち得ると考えられる。

3. スプラッシュ、二重肌等の値について特殊ノズルと普通ノズルを比較するとその差は小ではあるが、セミキルド鋼、キルド鋼については特殊ノズルの方が良好であった。

## 文 献

- 1) 小池: 鉄と鋼, 44 (1958) 2, p. 122~128
- 2) 小池: 武藤: 鉄と鋼, 45 (1959) 4, p. 404~409
- 3) 小池, 武藤, 大久保: 鉄と鋼, 46 (1960) 5, p. 556~560

## (82) ステンレス鋼鋼塊の回転鑄造の研究

住友金属工業中央技術研究所

兼鋼管製造所 ○田 上 豊 助

鋼管製造所 小 谷 良 男

## Studies on Rotary Casting of Stainless Steel Ingots.

Toyosuke TANOUÉ and Yoshio KOTANI.

## I. 緒 言

Ti 入りステンレス鋼は N と親和力の強い Ti を含有するため、製鋼途上の Ti 添加時や Ti を含む溶鋼が空気に接触する出鋼時や鑄込時に溶鋼中に TiN が生成析出し、その浮上残存物が鋼塊に地きずとなつて現われ製品の歩留を低下させることがいちじるしい。この窒化物に基く砂きずを減少させるためには TiN の生成をできるだけ少なくしようとする製鋼操作、(1) C, Ti の目標成分の低下、(2) 原料の配合 Cr の低下、(3) 酸素吹精脱炭量の増加、(4) N 含有量の低い合金鉄の使用、(5) 脱窒剤の添加、(6) Ti の取鍋中添加、(7) アルゴン雰囲気造塊などのほかに、生成した TiN 介在物を造塊過程において積極的に取り去つてやるプロセスを製鋼操作に取り入れてやる必要がある。

Ti 入りステンレス鋼鋼塊は鋼塊外殻部に大型の砂きずを多量発生するが内殻部には砂きずの発生が少ないという特性を有している。このような鋼塊の造塊には回転鑄造法が効果的であろうと考えられたので、まず 50 kg 鋼塊用小型実験装置により予備の実験を行ない、次いで 210 kg 中型装置、2 t 大型装置による試験を順次実施して、砂きず分離効果の確認と生産への実用化を検討した。回転鑄造とは中心軸の周りに回転している鑄型の中に溶

鋼を注入し、比重の軽いインクルージョンに求心力を作用させて凝固の遅い鋼塊中心方向へ移動させ、浮上力と相俟って鋼塊本体から除去しようとする方法である。試験の結果、回転鑄造法は砂きずの減少に顕著な効果があり、製造歩留を大巾に向上させ得ることが確認されたので、8t 電気炉用鑄造設備 (2t 鋼塊 4 本分) を製作設置して生産操業に採用することにした。

II. 試験内容

まず 50kg 用小型鑄造装置を製作して高周波電気炉製 18-8-Ti ステンレス鋼について回転速度、回転時間を変えた 50kg 鋼塊 11 本を鑄造し、砂きず、清浄度、マクロ組織、成分偏析などを調べた。予期された効果が明瞭に確認されたので、ついで 210kg 用中型鑄造装置 (Fig. 1) を製作して工業化のための中間試験を行なつ

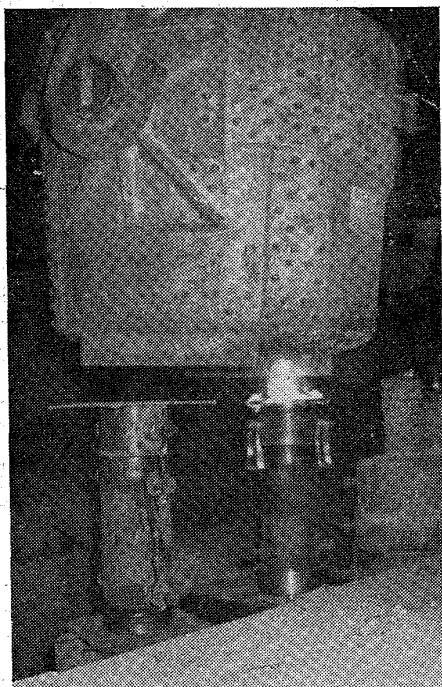


Fig. 1. Rotary casting of a 210 kg ingot.

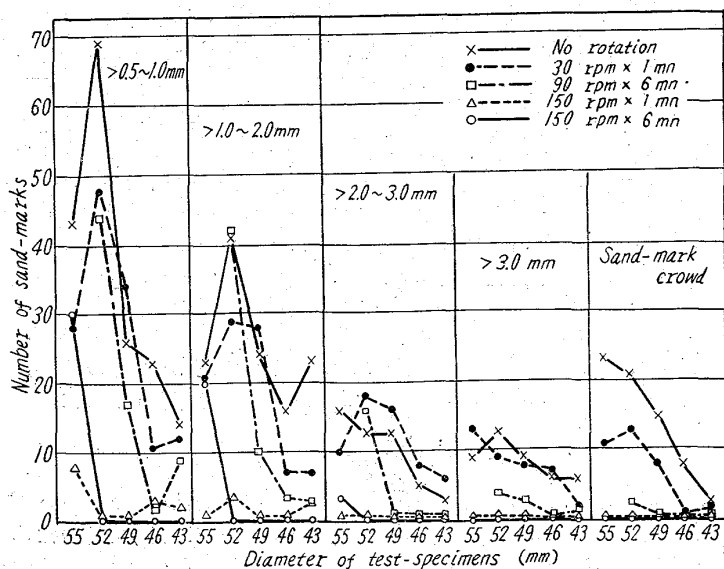


Fig. 2. Effect of rotation speed on the sand-mark value.

た。8t アーク炉製 18-8-Ti 2 チャージ、18-8-Mo-Ti 1 チャージについて鑄造試験を行ない、鋼塊、鍛造丸鋼およびユジーン製管機で製管した鋼管について砂きずその他の材質試験を行ない効果を再確認した。この結果工業化を推進することとなり、生産用鋼塊用の装置を試作して 18-8-Mo-Ti 2 チャージについて鑄造試験を行ない、製管用丸鋼の外削量の減少、製品鋼管の材質の確認ならびに装置および操業面を検討するための試験を行なった。本試験の結果、製管用丸鋼の製造歩留を約 15% 向上せしめ得ることが判明し、8t アーク炉 1 チャージ分 (2t 鋼塊 4 本) の鑄造設備を製作設置して Ti 入りステンレス鋼の生産に使用することになった。

なお、加工性改善のためランセル・アンプ (稀有土属元素) を添加した高合金鋼塊に発生する白雲状砂きずの分離についても試験を行ない、同様に効果を確認した。

III. 試験結果

1. 砂きず

Ti 入りステンレス鋼の砂きず分離効果については 50kg 鋼塊で 0 より 150 rpm まで回転速度を変えた場合、回転速度が大になるほど砂きずの発生は漸次少なくなり、150 rpm 程度の速度で鑄造した場合、砂きずが顕著に少ない鋼塊を製造し得ることが判明した。試験結果の一部を Fig. 2 に示す。鋼塊のサイズの相違による回転速度の選択は次式により決定すればよい。

$$w = k / \sqrt{r}$$

w.....回転速度 rpm, k.....定数 1,185, r.....鋼塊半径 mm

210kg 鋼塊で 120 rpm, 2t 鋼塊で約 60 rpm の速度で鑄造した鋼塊について、丸鋼および鋼管で砂きず試験を行なった結果においても、砂きず減少に対する顕著な効果が認められた。鋼管についての試験結果の一部を Table 1 に示す。

2. ミクロ・インクルージョン

顕微鏡的な微細介在物については砂きず (肉眼的介在物) の素因になるような B 系介在物を減少させる効果が認められる。

しかし分散して存在する C 系介在物については減少の傾向は見られない。

3. 成分偏析, 組織

Ti 入りステンレス鋼の合金成分や不純物が回転鑄造により鋼塊中心部に富化する傾向は認められない。成分偏析のためにフェライトや banded structure が中心部に多く発生する傾向も見られない。一般の静止鑄造鋼塊の場合には窒化物の偏析のため鋼塊上部外殻部に N のいちじるしい正偏析が現われるが、回転鑄造鋼塊には N の偏析が見られない。

4. 鋼塊肌, 収縮孔, その他

鋼塊肌は静止鑄造鋼塊に比すれば捲込みが少なく美麗である。鑄込中、湯面中心は約 100mm 凹んでいる。押湯内で湯面の周辺高さが高くなるが、押湯重量を増加する必要はない。一次収縮孔や二次収縮孔が増大して中心部が悪くなる傾向は見られない。鋼塊組織の特長として柱状晶が鑄型壁に

Table 1. Comparison of sand-mark values for pipes (out. diam. 59mm, in diam. 47mm) between rotary-cast ingots and ordinarily-cast ingots.

Kinds of specimen	Marks of specimen	Diam. of specimen mm	Sand-mark value			Sand-mark crowd		Kinds of specimen	Marks of specimen	Diam. of specimen mm	Sand-mark value			Sand-mark crowd	
			Total number	Total length	Max. length	Num-ber	Total area				Total number	Total length	Max. length	Num-ber	Total area
Rotary casting	1A	58	1.7	0.9	0.5	0	—	Ordinary casting	2A	58	17.0	29.3	5.0	10	309
		57	0	0	0	0	—			57	7.9	6.6	2.0	3	147
		56	0	0	0	0	—			56	8.1	7.2	2.0	1	127
		55	0	0	0	0	—			55	0	0	0	0	—
		54	0	0	0	0	—			54	1.8	2.7	2.0	0	—
	1B	58	0	0	0	0	—		2B	58	35.4	56.6	7.0	16	384
		57	0	0	0	0	—			57	22.0	25.1	4.0	7	341
		56	0	0	0	0	—			56	6.3	4.5	1.0	3	88
		55	0	0	0	0	—			55	9.9	13.1	3.0	0	—
		54	0	0	0	0	—			54	6.3	5.4	2.0	0	—
	1C	58	0.9	0.5	0.5	0	—		2C	58	30.2	37.0	4.0	12	314
		57	0.9	0.5	0.5	0	—			57	9.7	10.2	3.0	4	137
56		0	0	0	0	—	56	5.4		8.1	4.0	0	—		
55		0	0	0	0	—	55	1.8		2.7	2.0	1	28		
54		0	0	0	0	—	54	2.8		3.7	2.0	1	127		

Table 2. Results of sand-mark test and hot-twist test for N155 added with La-Ce.

Casting methods	Heat number	La-Ce added kg/t	Marks of specimen	Diam. of specimen mm	Sand-mark mm								Sand-mark crowd		Hot-twist test	
					0.1 ~0.5	>0.5 ~1.0	>1.0 ~2.0	>2.0 ~3.0	>3.0 ~4.0	>4.0 ~5.0	>5.0 ~6.0	>6.0	Num-ber	Total area mm <sup>2</sup>	Temper-ature °C	Number of twist to fracture
Rotary casting	9633	4	1	55	13.7	5.5									1000	6
				40	1.3										1100	17
Rotary casting	9633	4	2	55	1.8	0	0.9								1200	19
				40	8.8										1250	9
Ordinary casting	9634	4	1	55	10.0	20.9	4.5	0.9	0	0	0	2.7	24	222	1000	5
				40	22.5	16.3	2.5								1100	11
Ordinary casting	9634	4	2	55	10.0	6.4	1.8	0.9					7	665	1200	17
				40	20.0	6.3	3.8								1250	7
Ordinary casting	9635	0	1	55	2.7	3.6	0.9								1000	4
				40	6.3	0	0	0	1.3						1100	6
Ordinary casting	9635	0	2	55	3.6	3.3	3.6	0.9	0	0	0	0.9			1200	9
				40	8.8	7.5	1.3								1250	6
Ordinary casting	9635	0	2	20	7.5	2.5	0	2.5								6

垂直に発達すること（静止鑄造の場合は少し上向きに発達する）、中心部に自由晶帯の発達が增大することなどの傾向が見られる。

#### 5. ランセル・アンプ添加高合金についての試験

加工性の悪い高合金の加工性改善のため、ランセル・アンプなど稀有土属元素の添加が行なわれるが、この添加は独特の白雲状砂きずの発生をもたらす。その発生状況は Ti 入りステンレス鋼に類似しており、回転鑄造の効果が期待されたので、N155 および G18B について

試験を行なった。試験結果の一部を Table 2 に示す。予期された通り砂きず減少の効果が明らかに認められ、加工性については N155 に顕著な向上が認められた。

#### V. 結 言

Ti 入りステンレス鋼の砂きずを減少させ製造歩留の向上を計るため、回転鑄造の試験を実施してその砂きず減少に対する顕著な効果を確認した。工業化推進のため実験を行ない生産操業への実用化に入つた。本鑄造法の採用によつて Ti 入りステンレス鋼の品質が向上し、大

巾な歩留向上が得られた。

また稀有土属元素添加により発生する白雲状砂きずの減少に対してもその効果を確認され、砂きず発生のため足踏みしていた稀有土属元素の使用に対して実用化の道を開かれた。

no. 62083  
621.746.534.019:669.14-412

p. 481~482

(83) 下注鋼塊の二重肌防止に関する  
模型実験とその適用について

住友金属工業小倉製鉄所

永野幸男・〇垣見 昇・古賀敬造

Model Experiment on Preventing Double Skin of Bottom-Poured Steel Ingot and Its Applications.

Yukio NAGANO, Noboru KAKIMI and Keizō KOGA.

I. 緒 言

下注鋼塊に発生する二重肌の主因が造塊時の湯踊りであることは、注入時の状況および鋼塊の観察などにより従来から指摘されて来たが、防止対策を講ずるに当り、まづ湯踊りの原因を究めるために模型実験を行なった。その結果、溶鋼とともに注入管中に捲込まれた気泡が支配的因子であることが判つた。

ついでこの影響を防ぐ手段として splash can を用いた実験を行ない、一応の基礎条件を調査した上で現場において実用試験を行ない、成果を確認した。

II. 模型実験

1. 装置および実験方法

本実験は Fig. 1 に示すときアクリライト板を用い、当所の下注 650 kg 型注入設備の 1/5 模型を製作し注入管より水を流して鑄型内の踊りの状況を観察した。

2. 踊りの状況

(1) 注入初期

注入された水は、注入管中で捲き込まれた空気により

白濁状を呈し、これが湯道を通つて鑄型内に入つて行くが、空気を包含した水は注入管に最も近い鋼塊に多量に集まり、注入管から遠くなるほど泡は入らなくなる。

そして空気を含んだ注入管に近い鑄型の中では、このため水の踊りが激しい。

(2) 注入中期および末期

所定の注入高さの約 1/3 迄は、上記のように気泡を捲込んだ水が湯道を通つて鑄型内に入つて来るが、以降は気泡は注入管内に留まつて鑄型に流れて行なくなる。したがつて注入管に近い鑄型内の水の踊りもない。

3. 踊りの防止に関する splash can の使用実験

実験で確かめられた踊りの生因に対し、これを排除する方法および鑄型内に入らない方法は、現設備では簡単に解決し兼ねるので、捲込まれた空気に対し、鑄型内で影響の少なくなる対策を講ずる必要がある。

通常、上注鋼塊鑄込時に使用する splash can を、空気の影響を受ける注入前の鑄型に使用した実験の結果は当然のことながら can の外部では水の踊りが見られず、良好であつた。

III. 実用試験

1. 試験方法

(1) 対象鋼種ならびに試験数量

低炭素リムド鋼, 10チャージ

(2) 鋼塊ならびに定盤配置

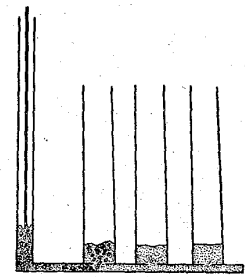
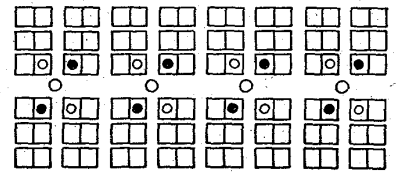


Fig. 1. Model test apparatus (schematic).



● Splash can was used  
○ Splash can was not used

Fig. 2. Position of test ingots on a stool.

Table 1. Results of ingot-surface defects inspection.

Ch. No.	Splash can was used					Splash can was not used			
	Can thickness (mm)	Number of ingots	Double skin		Depth of scarfing (mm)	Number of ingots	Double skin		Depth of scarfing (mm)
			Length from bottom (mm)	No. of defective ingots			Length from bottom (mm)	No. of defective ingots	
2810	0.5	8	187	3	6.7	8	397	8	6.4
2804	〃	7	199	3	3.0	8	517	8	7.5
2799	0.7	7	248	5	3.6	7	525	7	7.2
2836	〃	7	277	3	2.8	7	401	7	7.9
2807	0.5	4	305	4	5.1	6	295	6	6.1
2815	〃	8	400	1	3.5	8	415	8	5.1
2828	〃	6	373	5	5.2	6	519	6	5.2
2831	〃	7	450	2	5.0	8	457	8	3.9
2841	〃	8	441	5	3.4	8	475	8	3.8
2846	〃	6	250	6	2.8	6	471	6	5.2
Mean (Total)		(68)	313	(54.4%) (37)	4.1	(72)	400	(100%) (72)	5.8

Note: Double skin length from bottom is shown by the mean value of defective ingots.