

川崎製鉄技報

KAWASAKI STEEL GIHO

Vol.2 (1970) No.3

ステンレス鋼造塊におけるスライディング・ノズルの使用について

On Operation of sliding Nozzle in Stainless Steel Ingot Casting

岩岡 昭二(Shoji Iwaoka) 谷口 光次郎(Kojiro Taniguchi)

要旨：

ステンレス鋼の造塊工程に、加圧鑄造方式を採用するに当って、取鍋からの注入方式に、従来のストッパー・ノズル方式にかわって、スライディング・ノズル方式を採り入れた。1968年10月、40t取鍋4基に装置して以来、1969年の1年間で1180回のステンレス鋼の注入を行なってきた。この間事故発生率は約1.9%であり、それらのほとんどが装置の取付不良から生じていた。装置および耐火物については、充分信頼できることが確かめられた。

Synopsis：

In order to improve the pressure pouring process in the stainless steel ingot casting at Nishinomiya Works, a sliding nozzle was adopted for use in conjunction with the 40t ladle in October 1968, instead of the conventional ladle stopper, 1,180 heats of stainless steel were teemed by use of this sliding nozzle in 1969. The rate of accidents to the heats was 1.9%. Most of the accidents were caused by unsuitable setting of the parts. The equipment and refractory themselves were found very reliable.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

ステンレス鋼造塊における スライディング・ノズルの使用について

On Operation of Sliding Nozzle in Stainless Steel Ingot Casting

岩 岡 昭 二*

Shoji Iwaoka

谷 口 光 次 郎**

Kojiro Taniguchi

Synopsis :

In order to improve the pressure pouring process in the stainless steel ingot casting at Nishinomiya Works, a sliding nozzle was adopted for use in conjunction with the 40t ladle in October 1968, instead of the conventional ladle stopper, 1,180 heats of stainless steel were teemed by use of this sliding nozzle in 1969.

The rate of accidents to the heats was 1.9%. Most of the accidents were caused by unsuitable setting of the parts. The equipment and refractory themselves were found very reliable.

1. 緒 言

近年、連続铸造、加圧铸造さらには真空脱ガス処理などの技術が急速に発達して来た。これにともなって、造塊作業には、高温出鋼、長時間注入という非常に苛酷な条件が要求されるようになって来た。このような条件下で従来のストッパー・ノズル方式によって溶鋼の注入を行なうと、ストッパー事故が多発することが予想される。

ステンレス鋼製品（熱延、冷延板、帯）の製造工程の簡素化、合理化のために、1968年11月、わが国で最初の加圧铸造設備を当工場に設置し、稼動に入った。それに伴い、ストッパー事故の防止、加圧装置の建設費削減、加圧铸造後の残湯の処理などの問題を解決するために、スライディング・ノズル付取鍋の採用に踏切った。40 t 取鍋にスライディング・ノズルを取付て、実用化を計った結果、所期の目的を果たすことが出来た。

本稿では、当社で採用したスライディング・ノズル方式の概略を説明し、また、ここ1年間の使

用経験を報告する。

2. スライディング・ノズル方式の機構

2.1 概 要

スライディング・ノズル方式によって溶鋼を取鍋から铸型に注入するという考えは目新しいものではなく、1884年 David D. Lewis が U.S Patent を取っている。しかし当時は、適当な耐火物が得られず、実用化に至らなかった。その後、1961年に西独 Benteler Stahl Werks でスライディング・ノズル方式による溶鋼の铸込実験が行なわれ、1964年には連続铸造用22 t 取鍋の全てがスライディング・ノズル方式に転換されている。一方米国では、1967年に National Steel Co. が 230 t 取鍋でブランドテストを行ない、実用化の見通しを得たといわれている。

スライディング・ノズルのノウハウを所有しているのは、スイス Interstop 社が代表的であり、この他に米国の Metacon 社がある。両社とも基

* 西宮工場製造部製鋼課課長

** 西宮工場製造部製鋼課掛長

本的な機構に、大きな違いはないようである。今回当社が採用したのは Interstop 社の方式で、装置部分を住友機械㈱が、耐火物部分を東芝セラミック㈱が共同開発したものである。

2.2 装置の構成

スライディング・ノズル方式の機構は、すでに各種文献で紹介されている。^{1)~3)} その概略を 図 1 に、注入状況を 写真 1 に示した。

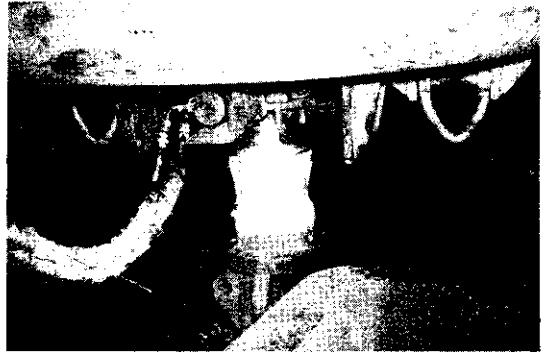
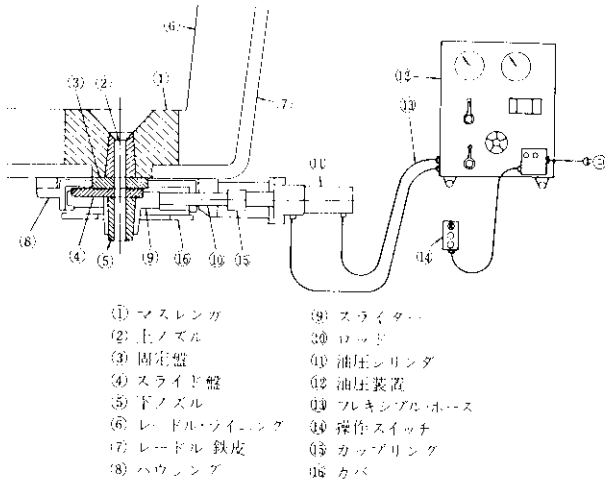


写真 1 スライディング・ノズルの注入状況



- ① マスレンガ
- ② 上ノズル
- ③ 固定盤
- ④ スライド盤
- ⑤ 下ノズル
- ⑥ レードルライニング
- ⑦ レードル鉄皮
- ⑧ ハウリング
- ⑨ スライダー
- ⑩ ロッド
- ⑪ 油圧シリンダ
- ⑫ 油圧装置
- ⑬ フレキシブルホース
- ⑭ 操作スイッチ
- ⑮ カップリング
- ⑯ カバ

図 1 スライディング・ノズル装置の概略

本装置は、大きく分類すると、本体部、耐火物部、油圧装置部および治具部より構成される。溶鋼流の開閉は取鍋側に固定された固定盤③と上ノズル②に対し、下ノズル⑤、スライド盤④の組込まれたスライダー⑨を摺動させることにより行なわれる。スライダーを閉じて、上ノズルとマスレンガ①のノズル孔に、ダライ粉またはグラファイト粉などの充てん材をつめた状態で受鋼する。

受鋼後、取鍋を鋳型上に移動し、油圧シリンダ⑪とスライダーから出たロッド⑩とをカップリング⑬で接続する。手元の操作スイッチ⑭により油圧装置⑫から油圧を送って、上下ノズル孔を一致させて注入を行なう。

2.3 型 式

ノズル口径に従い、3種類のもので製造されている(表 1)。いずれも機構ならびに注入操作は

表 1 スライディングノズルの種類

型 No.	ノズル径範囲 (mm)	標準径 (mm)
1	< 30	25
2	< 60	45
3	< 110	80

同一であるが、ノズル径の相違によって装置全体の大きさが異なっている。

2.4 耐火材

スライディング・ノズル方式の生命とする所は、固定盤とスライド盤の両者のスライド面の平滑度にある。

これらが適正に製作組立てられていないと溶鋼の漏洩を起すことになる。また組立てには治具を用いて正確に行なう必要がある。

上、下ノズル、固定盤およびスライド盤に用いられる耐火材としては、現在表 2 に示す 4 種類があり、いずれも国産である。通常、使用個所のすべてに同一材質のものを適用しているが、各部の機能、特徴に応じて材質を変えてもさしつかえない。

3. スライディング・ノズル方式取鍋使用経過

3.1 ストッパー・ノズル方式との比較検討

西宮工場に設置された加圧鋳造モールドは 6 t × 4 基であるため、40 t 電気炉の出鋼量の一部は普通造塊する必要がある。その場合 1 チャージの

表2 耐火物の性質

特 性	産 品 名	FINNEX-K	HYMUL-K	CORANDEX-K	ZIRIARD-K
材 質		Silicon nitride	Mullite	Corandum	Zircon
化 学 成 分 (%)	Al ₂ O ₃ Zr ₂ O ₃ Si ₃ N ₄	— > 80	> 80 —	> 95 —	— > 65
見掛気孔率		< 27	< 22	< 20	< 22
嵩 比 重		> 220	> 249	> 280	> 355
1390°Cでの曲げ強さ (kg/cm ²)		> 100	> 90	> 130	> 70
圧 縮 強 さ (kg/cm ²)		> 1000	> 1000	> 1000	> 1000
1000°Cの熱膨脹 (%)		< 0.50	< 0.6	< 0.8	< 0.5
荷重2kg/cm ² でT ₂ となる軟化点(°C)		> 1600	> 1600	> 1600	> 1600

溶鋼を処理する方法として、次の2通りが考えられる。

- (1)出鋼時に、加圧铸造用、普通造塊用と別々の取鍋を用いる。
- (2)1取鍋で受鋼し、加圧铸造と、普通造塊の両者に順次注入する。

前者には、歩留低下、製鋼時間の延長、取鍋数の増加、煉瓦原単位の上昇のほか、品質、作業性にも不利な点が多い。このため比較的有利な後者の方法を採用した。後者の場合にも、従来のストッパー・ノズル方式のままでは、注入中のストッパー・ノズルの溶損が問題となり、スライディング・ノズル方式を検討した。この2方式の比較検討結果を表3に示す。

スライディング・ノズル方式の耐火物コスト、

表3 スライディング・ノズルとストッパー・ノズルの比較

項 目	スライディング・ノズル	ストッパー・ノズル
P C 操 作 の 安 全 性	問題なし	ストッパー・ノズル破断の恐れあり
耐火物の費用	ストッパータイプに比べ1ヒートあたり8000円の費用増	注入管のより長いものが必要となり1ヒートあたり約3870円のコスト増
鋼塊歩どまり	ノズル開孔時の吹湯量は1チャージの約1%になる	問題なし
P C 装置の注入タンク容量	小	大
注入タンクの建設費	低	高

捨湯量などの欠点は今後十分に改善出来ると推定した。

最も懸念された、加圧铸造中のストッパー事故については、スライディング・ノズル方式を採用することにより防ぎ得ると判断された。

さらに、加圧铸造設備の一部である加圧タンクの容量は、設置場所からの制約、ランニングコストの切下げなどの面から、極力小さくする必要があり、ストッパー・ノズル方式では、満足出来なかった。

3.2 耐火物材質の選択

スライディング・ノズル方式の採用を決定するに先立って、1968年9月に試験出鋼を行なった。すなわち、40t取鍋1基にスライディング・ノズルを装着し9チャージの試験注入を試み、注入状況、その他の資料の採取と同時に、耐火物材質によるノズルの侵蝕状況のちがいを調査した。

注入完了後、ノズル孔径の測定を行なった結果を表4に示す。窒化硅素質(商品名FINNEX-K)がSUS-27によって侵蝕され易い、他はいずれも

表4 ノズルの侵蝕状況

溶 鋼	ノズル	ノズル径 (mm)			
		18 Cr		18-8 Cr-Ni	
		注入前	注入後	注入前	注入後
耐火物	FINNEX-K	45	47	45	60
	HYMUL-K	45	50	45	48
	CORANDEX-K	—	—	45	48

ノズルタイプ No.2, 注入重量 21 t

大差がなかったため、価格が最も安価なHYMUL-Kを採用して現在に至っている。

3.3 組立て所要時間

所要工数は、表5に示すように、普通ストッパーを組立てる場合とほぼ同じである。実際にはスライダはあらかじめ製作してあるので、注入後の取鍋から使用済みのノズルを取りはずし、新品を組付後モルタルの乾燥を行なうと、当工場の作業条件では1~1.5hを要する。出鋼数の多い転炉作業では問題となるであろう。また、ノズル type 1, 2の耐火物、組込スライダ、油圧シリンダなどの部品は1人で取扱えるが、type 3になると重量が増し取扱いの面で問題を生じるようである。

3.4 使用実績と事故発生率

40 t 取鍋4基にスライディング・ノズルを取付け、加圧鑄造ヒートに適用しており、1969年の1年間には1,180回のステンレス鋼の注入を行なった。なお、鋼全量を普通造塊する場合は、ストッパー・ノズルを付した鍋を使用している。

加圧鑄造するのは1チャージの約半量であり、スライディング・ノズルで通常鑄型に鑄込むのは、その残量約21 tである。通常鑄型に注入する

表5 スライディング・ノズルとストッパーノズルの組立時間の比較

スライディング・ノズル			ストッパー・ノズル		
作 業	作業員 (man)	時間 (min)	作 業	作業員 (man)	時間 (min)
スライダ組立	1	20	ストッパー・スリーブ組立	1	60
レードル・ノズル取付け	1	10	ノズルおよびストッパー・ヘッドの調整	1	10
固定盤取付	1	15	レードルへのストッパーの取付け	2	20
モルタル乾燥	—	30	レードルからストッパーの取はずし	1	10
スライダ取付け	1	15			
スライダ取はずし	1	5			
レードル・ノズルと固定盤の取はずし	3	10			
合計時間(min)		105	合計時間(min)		100
合計工数(man·hr)		1.6	合計工数(man·hr)		2.0

ここ1年間の事故発生件数は、表6に示すが、その内容を分析すると次のようである。

(1) 装着不良

1年経過後装着不良頻度がやや増加したので、その原因を調査したところ、ハウジング関係の歪によるものが1, 2件認められたが、大半は、組立時のカバー締付力不適正によって開閉動作が不十分になったためであった。従来の造塊作業に比

表6 スライディング・ノズル使用上の事故

事故回数	年 月	1969												計
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
事故内容	1) 組立不良	—	—	—	—	3	1	—	—	1	—	5	3	13
	2) 操作ミス	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	3	
	3) 装置の故障	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	
	4) 耐火物の損傷	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0
	5) その他	—	—	—	—	—	1	—	—	—	3	—	2	6
	計	1	0	0	0	3	2	0	0	1	3	7	6	23
発生率(%)		1.9	—	—	—	4.0	2.4	—	—	0.7	2.1	4.3	4.2	1.9

ときのノズル開閉回数は、1出鋼について高々5~6回となるので、スライディング・ノズルの使用条件は比較的緩やかである。現在取鍋に装着しているノズルは、type 2 (ノズル口径55mm)である。また、油圧ユニット2基を各注入デッキに設置している。

し機械組立作業が多く、作業員の訓練と質的な検討を十分に行なう必要がある。

(2) 操作ミス

注入管とノズルとの芯合せがうまく行かずに、注入中に湯が切れ、注入管中で凝固させたという事故である。

(3) 装置の故障

油圧配管につまりを生じ、シリンダーの作動速度が異常に遅くなったことがあった。その他装置上、大きな問題はなかった。

(4) 耐火物の事故

現在までの所、耐火物による事故はなかった。

(5) その他の事故

注入温度が適正でなく、注入中、溶鋼流が細くなったことがあった。

3.5 捨湯量

スライディング・ノズルを使用して注入する場合、ノズル内での溶鋼の凝固を防ぎ開孔を容易にするため、上ノズル内にドライ粉または黒鉛粉などを充てんする。取鍋外に突出した下ノズルが、開孔後しばらく溶鋼の熱をうばうため、正常な注入流になるのに時間がかかる。

このため、鋼種および造塊法によって注入速度を正確に管理する必要がある場合には、開孔直後の溶鋼を捨湯する必要がある。この時の捨湯量は一元的には定められない。一般に溶鋼温度を高めれば、注入流の安定が早く、捨湯量は減少する。

また、作業員のノズル開閉動作によっても火きく左右されるので、作業員の習熟も捨湯量削減の大きな要因となる。

当工場でスライディング・ノズル採用初期（のべ出鋼数30チャージ）の捨湯量は平均 620kgであった。現在では、500kg 以下になるよう管理し、平均 350kgを得ている。

最近、他社において、普通鋼関係で注入速度およびCの混入防止をきびしく管理する必要のない場合に、上ノズルへ固形充てん材を装入し、初めから鑄型に注入する方法を採用しているところがある。この方法は捨湯の低減およびノズル開孔の作業性改善に有効と考えられるので、当社でも、今後種々実験を行ない、採用を計っていきたいと考えている。

3.6 注入速度

ノズル開閉の微調整が油圧シリンダーの操作により容易であるため、注入速度は従来のストッパー・ノズル方式の場合より制御しやすい。ただし構造上いったんノズルを閉じて次に開くまでの時

間が長いと、開放直後の出鋼流が定常状態になるまでの時間も長くなる。これは、上ノズル内の溶鋼の冷却が、ストッパーノズルの場合より早いためと考えられる。特殊鋼などでは流れが乱れると鋼塊下部にへげなどの欠陥を発生しやすいので、取鍋の定盤間の移動時間は、短かくしなければならない。

スライディング・ノズル方式は流量の制御が容易であるから、普通のストッパー・ノズルに比しやや大きい径のノズルを使用すれば注入初期の溶鋼流の乱れを少なく出来ると思われたので、ノズル口径60mm (type 2) を使用してみた。ところが、注入末期の鋼塊にノロ入りが生じやすくなることが判った。これは、この型式の装置の大きさと、加圧鑄造設備の加圧タンク容量との関係で、ノズル孔の位置が取鍋中心に移ったこと、および口径増による流量増加とが重なったためと考えられる。

この仮説は、東芝セラミック㈱で行なった模型実験によって確かめられた。すなわち、ノズル孔の位置が取鍋中心にあると注入中取鍋内の溶鋼残量の比較的多い時点から、鍋中に渦を生じ、スラグが吸い込まれやすくなることが観測された。また、この実験から、スライディング・ノズルを普通のストッパー・ノズルと同様に取鍋側壁に近づけて装着することにより、この傾向が軽減することも確かめられた。

4. まとめ

加圧鑄造設備の稼動に伴って採用したスライディング・ノズル装置は生産工程に組入れて以来現在まで1,180回以上使用された。その間、耐火物の取付技術になお未熟な点があるが、装置および耐火物上の事故はほとんどなく、信頼できることが確認された。

今後の課題としては、

- (1) 多頻度開閉操作の確認
- (2) Type 3 (ノズル口径最大 110mm) の作業性改善
- (3) 耐火物コストの切下げおよび取付工数の削減のため、ノズルの反復使用

(4) 捨湯量および注湯速度の管理の強化
などがあげられる。

本稿の発表を心よくお認めいただいた住友機械工業株式会社および東芝セラミック株式会社に厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) E. F. Wondris and K. E. Caine: J. Metals, 20 (1968) 6, (9)
- 2) 鉄連第37回特殊鋼部会発表資料, 殊37-15-共11, 12, 13 (1969)
- 3) 中川, 大貫, 前田, 堀: 鉄と鋼, 55 (1969) 11, 110

