

水島製鉄所における連続鑄造設備の建設と操業について

Construction and Operation of an 8 Strands Continuous Casting Machine for
Bloom at Mizushima Works

川 名 昌 志*

Masashi Kawana

斎 藤 達**

Toru Saito

三 枝 誠***

Makoto Saigusa

五十嵐清之****

Kiyoyuki Igarashi

Synopsis :

Construction of an 8 strand continuous bloom casting machine began in March 1967 and its casting operation started on June 27th 1968 at Mizushima Works.

The machine is so designed as to produce blooms in $200 \times 220 \sim 250 \times 300 \text{ mm}^2$ from the output of 200 tons LD converters for subsequent manufacturing of bars, wire rods and parallel flange shapes.

Capacity of this machine is 50,000 tons per month, and 238 heats were cast in May 1969 with these average yield being 97.3%.

A series continuous casting operations are tried to achieve higher yield.

Hot scarfing machine is installed on-line so as to make surface dressing for high carbon steel bloom in hot state.

All operation of this machine from ladle teeming to hot scarfing is performed by only 15 operators.

1. はじめに

現在、世界各国で稼動している鋼の連続鑄造設備は、建設中のものを含めるとすでに200基を超え我が国でも26基を数えており、ようやく鋼の連続鑄造も本格的に実用化の段階に入った。連続鑄造は造塊技術の革命ともいえるもので、製鋼作業の中でもとくに機械化のおくれている造塊作業を高度に機械化することに成功し、作業環境の改善に大きく寄与するとともに製造工程の簡素化、歩どまりの向上、優れた表面性状、偏析のない均質な鑄片など経済的にも品質的にも大きな利点を有

している。

この鋼の連続鑄造設備が工業的規模で始めて建設されたのが1950年代の初めであるが、当初は実験機の性格が強く設備面、操業面、材質面についての技術の開発・改善が進められてきた。その後も毎年数基の連鑄機が建設されてきたが、1960年以降連続鑄造の利点が広く理解されるにつれて建設基数も大幅に増加した。しかしこの頃までは鑄片サイズは比較的小さいものが多くまた製鋼炉も50 t以下の容量の小さいものが多かった。しかし1965年以降になると分塊設備を持たずに連鑄機のみで全溶鋼を処理する大型製鉄所がいくつか建設され、また150 tを超える大型純酸素上吹転炉に

* 水島製鉄所製鋼部建設班課長

*** 水島製鉄所製鋼部製鋼課長

** 水島製鉄所製鋼部製鋼課課長（現本社渉外課課長）

**** 水島製鉄所製鋼部製鋼課連鑄班長

結びついた大型連鋳機の建設が進められるなど連続鋳造の有利性と同時に信頼性も認識されてきたことがうかがえる。

水島製鉄所においても、第1製鋼工場の建設に当って連続鋳造設備を設置することになり、昭和41年より計画を始めた。この第1製鋼工場は180tのLD転炉3基を有し、最終的には2/3基稼動になり、500万t以上の年産能力を考えている。これに対して50～60万t/年の連鋳機を3基設置して、通常の造塊設備と併せて溶鋼を処理する計画をたてた。その後の連鋳設備の発展はめざましいものがあり、従来連鋳機の能力は50～60万t/年といわれていたものが80～100万t/年にまで大幅に伸び、当初計画を修正せざるを得ないようになってきている。

第1基目の連鋳機としては、H形鋼、棒鋼、線材製品を対象にした円弧型8ス

トランドブルーム連鋳機を設置することとなり、Concast-住友機械の設計・製作により昭和42年3月に着工し、約1年3カ月の工期を経て43年6月27日に初めての注入を行なった。取鍋容量180t 8ストランドの世界的にみても規模の大きい設備であると同時に、当社においての初めての経験であり、設計・製作・操業に当ってもそれぞれ問題があったが、幸いにして順調に操業を行っており、5チャージ目に4ストランドによる完注、11チャージ目に全8ストランドによる完注を達成し、43年9月より2ケ班、44年1月より3ケ班操業を行ない、5月には238チャージの注入を行ない良鋳片歩どまり約97.3%が得られている。

以下に設備の概略と操業経過を報告する。

2. 設備の仕様

この連鋳機は180～200tのLD転炉を対象にし断面寸法が200×220～250×300mm²のブルームを製造するもので、取鍋ストッパーの耐久時間が約1時間と制限されているため8ストランドとした。

また連鋳機種種の決定も大きな問題であった。現在連鋳機としては表2に示すように、垂直型、

表1 分塊一連鋳の比較

設 備 費	造塊一分塊工程	
	ほぼ同じ	
運 転 費	やや安い	やや高い
歩 ど ま り	約84%	約37%
作 業 環 境	非常に悪い (高熱粉塵の下での手作業)	非常に良い (高度に機械化された作業)
品 質	表 面	普 通
	二重肌・ヘゲ	あ り
	割 れ	あり(ただし分塊後手入可)
材 質	ブローホール	あり(ただし分塊後手入可)
	偏 析	あ り
	介 在 物	ときおり大きなものが出る
材 質	ラミネーション	ときおり出る
	機 械 的 性 質	不均一(偏析のため)
注 入 可 能 鋼 種	全鋼種可	な し
		非常に細かく分散
		な し
注 入 可 能 鋼 種	全鋼種可	均 一
		注入不可能なものあり
		リムド鋼
注 入 可 能 鋼 種	全鋼種可	割れやすく急冷し得ないもの
		(高炭素鋼
		クローム、ステンレス)

垂直一彎曲型、円弧型、およびオーバル型などがあり、それぞれ一長一短があり、仕様条件により選択して用いているのが現状である。当所では円弧型を採用したがその主な理由は次の通りである。

(1) 垂直型、垂直一彎曲型にくらべて、設備の全高が非常に低く全地上型を容易にとれるので、設備費が安く、作業環境も非常に良い

(2) 切断設備が故障しても切断をせずに注入を続けて完了することが出来る

(3) 各社共連鋳の注入速度を早めるための努力を払っており将来実現すると考えられるが、円弧型はこのことを前提として設備を作るのにさほど困難ではなく、またあまり高価につかない

(4) 注入する鋼種が通常の普通炭素鋼であるため特別に垂直型を用いなくとも良い

(5) オーバル型は設備全高で円弧型よりもやや小さいが実績も少ないことから操業上に問題が残されている

そのほか計画に当って特に留意した点は次の通りである。

(1) 出来る限り設備の自動化をはかる

(2) 注入準備時間、サイズ交換時間 プレークアウト修理時間の短縮など、設備休止時間を極

表 2 各種連鑄機の特徴

	垂 直 型	彎 曲 型	円 弧 型	オーバール型
設備全高	最も大 (35m)	大 (27m)	小 (10m)	最も小 (5m)
建設費	高	中	小	高
設備	単 純	比較的単純	比較的複雑	複 雑
製品全長	機高に制約される	制 約 な し	制 約 な し	制 約 な し
注入速度	機高に制約される	機高に制約される	制 約 な し	制 約 な し
圧延機との連結	不 可 能	可 能	可 能	可 能
注入可能寸法	いくらかでも可	比較的薄いもの 150mm 以下が望ましい	350mm 以下	200mm 以下
注入可能鋼種	最も割れを起こしにくい	比較的割れを起こしやすい	同 左	最も割れを起こしやすい
作業環境	劣 る	やや劣 る	良	良
事故の際の鋼片の取出	容 易	やや困難	やや困難	困 難
サイズ替	容 易	比較的容易	やりにくい	やりにくい
介在物	浮上しやすい	浮上しやすい	彎曲の内面側に出やすい	同 左
表面割	最も割れにくい	やや割れやすい	やや割れやすい	割 れ や す い
材 質	い ず れ も 同 じ			

力短縮出来る設備とする

(3) 将来第1製鋼工場内に連鑄機を3基設置出来るようなレイアウトにする

(4) 8ストランド機であるために特に人員削減を配慮する

(5) 連続—連続鑄造が可能なものとする

表3に当所連鑄機の概略仕様を示す。

表 3 水島 No.1 連鑄機仕様概略

製 鋼 炉	純酸素上吹転戸 2/3基 (当初 1/2基)
炉 容	180t (最高 200t)
出鋼サイクル	15~20min
注 入 鋼 種	普通炭素鋼 C≤0.85% Mn≤1.56%
ブルーム 寸法	A) 200mm×220mm B) 200 ×300 C) 250 ×250 D) 250 ×300
切 断 長 さ	3,000~10,500 mm
型 式	円弧型, 全地上型
彎 曲 半 径	12.5m
ストランド数	8
設備全高	注入床 FL+13,500mm 搬出バスライン FL+1,300mm
注入サイクル	注 入: 1h } 2h 準 備: 1h }
生産能力	10 チャージ/日 (50,000t/月)
切 断 機	Messer 型 ガス切断機
ホットスカーフ	可能ブルーム寸法≤150mm~300mm
アー	スカーフ代 : 5mm スカーフ速度: 5~70m/min

3. 設備の概略

3.1 レイアウト

No.1 連鑄機は図1に示すように、第2造塊棟と同一棟に受鋼台車線をはさんで反対側に設置されている。将来はこの注入棟を延長することによりNo.2, No.3 連鑄機を設置出来るようにしその先に連鑄用環水設備を配置している。

連鑄設備の配置を図2に示したがレードルクレーンが走る注入棟の一部に FL+13.5m の注入床を設け、中央にモールドを配置しその両翼にタンデッシュ予熱バーナーを設けた。タンデッシュはこの間を、タンデッシュカーで移送される。また注入床には非常用インゴットケースを置くピットを設け、将来取鍋台車を設置した時の取鍋のランニングストッパー事故に対処出来るように配慮した。この注入ヤードに隣接してピンチロールヤードを設け、ピンチロール、ダミーバーテーブルおよびトーチ切断機を設置すると同時にここでタンデッシュの補修が行なえるように配慮されている。このヤードに直角にブルームヤードを設けて、切断されたブルームを搬出すると同時に、冷却床、仮置場、搬出用線路 (将来設置) を設置した。なおここにはオンラインにホットスカーフアーを置き、必要のある場合8ストランドを併せて1基のスカーフアーにより表面疵取を行なえる

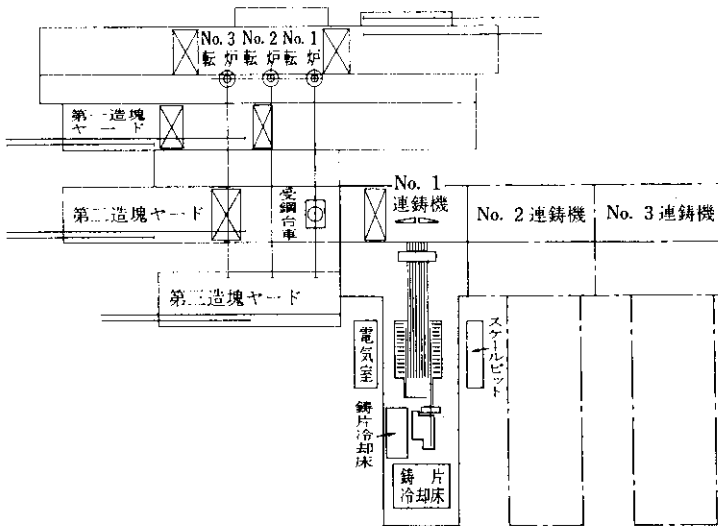


図1 第一製鋼工場レイアウト

取鍋内容鋼の温度を均一にするために Ar バブリングを行なうことが出来る。現在取鍋をクレーンで吊った状態で注入を行なっているが、将来取鍋台車を設置する計画である。

3.3 タンディッシュおよびタンディッシュカー

タンディッシュは図3に見られるように、自重約 16.5 t の 4 ストランド用のもので、通常はストッパーを使用せず、タンディッシュ内の熔鋼高さは、300mm を目標として操作を行なっている。内張レンガは当初

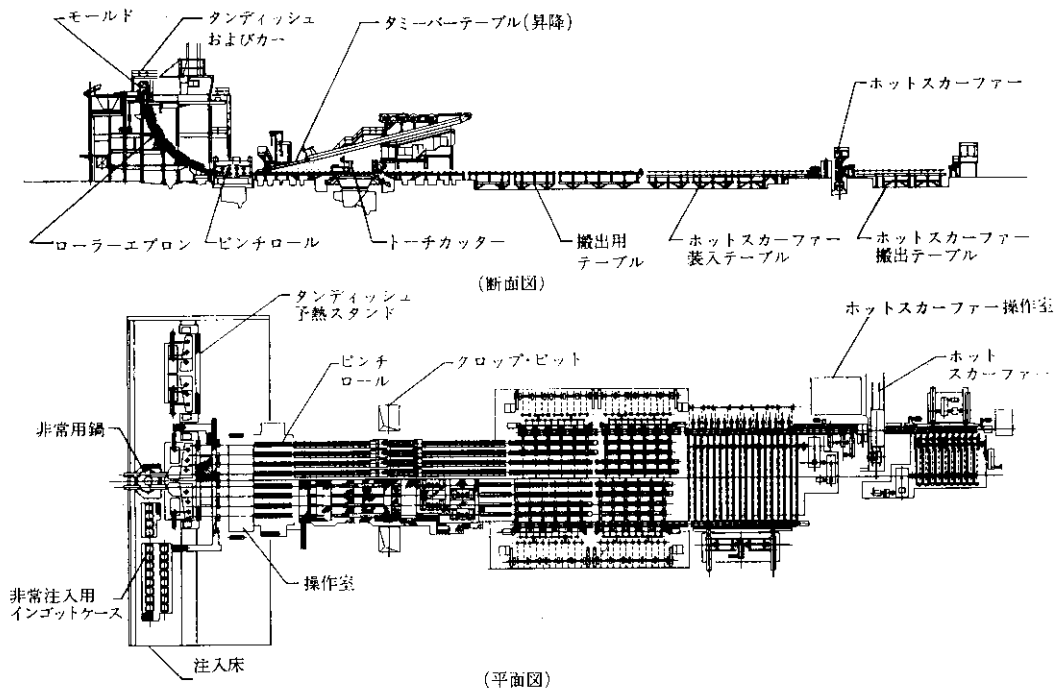


図.2 連続铸造設備配置

ようにした。

3.2 取 鍋

ダブルストッパーの取鍋を用い、各ストッパーは4 ストランド分のタンディッシュを受持っている。取鍋が受鋼台車から連続铸造機に運ばれる間に、

高アルミナ質レンガを用いていたが、その後、部分的に通常の珪酸質レンガに置換えて使用している。

タンディッシュカーは走行出来ると同時に、イマージョンノズルを使用するために昇降が出来るようにし、また注入終了後タンディッシュに残っ

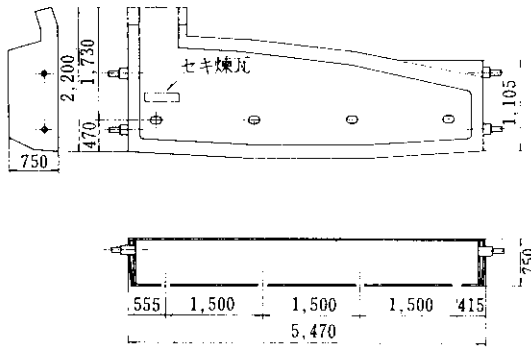


図3 タンディッシュ概略

た溶鋼とスラグを迅速に排出するため、タンディッシュを傾転出来るようにした。

3.4 モールド

構造は図4に示すような組立式プレートモールドで、裏面に切られたスリットを通して冷却水を通して。モールドのオシレーションはストロークが5~15mm、サイクルが50~150cpmで、偏心カムにより得られる上下運動をガイドにより12.5mの円弧に沿った振動に変えている。

モールド内溶鋼面の自動検出のためにシャッター付の鉛容器に収納された Co^{60} とシンチレーションカウンターをモールドをはさんで設置して、ピンチロールのスピードを変えることにより溶鋼面を一定レベルに制御している。プレートモールドの場合線源は通常モールド鋼板に埋込む方式を取っているが、モールド内面の清掃・手入を行なう場合や注入準備の時にはモールド内に手を入れて作業することが多く被爆量がかなり高くなることが考えられたので、このような時にはシャッターを閉じ注入時にシャッターを開く安全な方式を採用した。このような自動制御は引抜速度が早い小断面ビレットの注入を安定して行なううえにぜひとも必要であるが、当設備のように引抜速度が1.0 m/min程度のものに対しては操業上特に必要はない。しかし当所の場合は設備の合理化・人員の削減を狙って液面自動制御機構を設置し、現在8ストランドに対して4名の作業員で作業を行なっている。

これと同様の考え方に基いて、モールド潤滑油供給装置およびモールド内へのAl線供給装置も

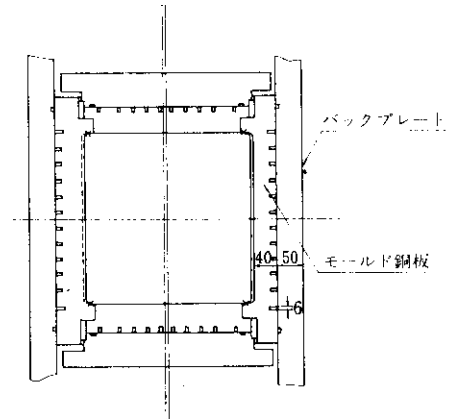


図4 モールド鋼板組立図

ピンチロールの引抜速度に同調して供給量が自動的に変るように設計し、一定溶鋼量に対して常に一定の量を供給するようにした。

3.5 ローラーエブロン

ローラーエブロンは6つのセクションで構成され、モールド直下のものは4面にロールを設置した各サイズ専用のもの、以下の5セクションは上下にのみロールを設置した各サイズに対して共通に使用する共用体からなっている。共用体はサイズにより厚み(ロールギャップ)を調整して使用するため、油圧シリンダーを具備している。なお最終のものはクーリングチャンバーの外にあり水冷を行なっていない。

3.6 2次冷却

2次冷却水はブルーム表面にバランスよく供給することが必要で、これが狂うとクラックが発生し易いとされている。当設備のようにブルームサイズが4種類あり、しかも毎週2回以上のサイズ変更を行なうため、このスプレーノズルの調整は極めて繁雑で人員と時間を必要とするので、共用体ローラーエブロンには、4種のブルームサイズに対するスプレーノズルを別個に設置しバルブの遠隔操作によりワンタッチで選択出来るように設計した。また本設備は彎曲半径が12.5mあり、注入速度が1.0m/min程度にすぎないので、ブ

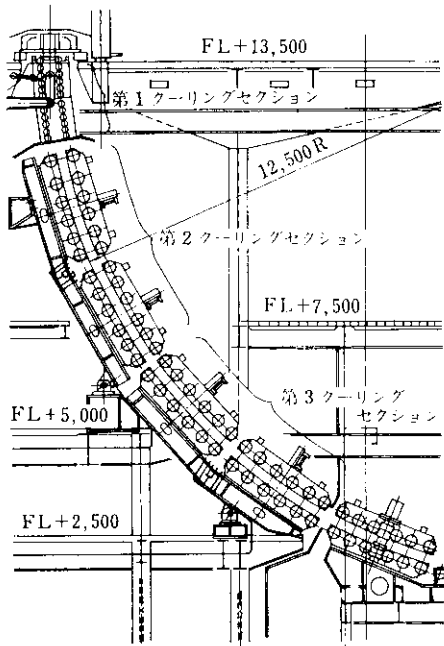


図5 ローラーエプロンと2次冷却系の配置

ブルームがクーリングチャンバーを通過するのに15～20minを要する。このために注入を開始してから最終端がクーリングチャンバーを出終るまで2次冷却水を出しておくことは不経済であるので各ゾーン毎にブルームが通過している間だけ自動的に冷却水を出すよう、自動起動・停止機構を有している。

3.7 ピンチロール

ピンチロールは点検・修理を容易に行なえるように、スタンド間隔を十分に取ったが、注入を安定して行なう上からタンデイッシュをできるだけ小さくしストランド間隔を小さくする必要があり、各スタンドの間によりやうく人間が入って点検が出来るだけのスペースしか取れず、修理をする場合にはハウジングごと取出した上で行なわねばならぬ設計となった。また保守上の問題としてピンチロール付近でスケールが多く落下しこれを取除くことを考えて、ピンチロールの下にピットを設け大量の水を流すことにした。

さらにピンチロールの逆送スピードを10m/minと非常に早くとり、ダミーバーの装入を迅

速に行なうことによって準備時間の短縮を図っている。

3.8 ダミーバーおよびダミーバー・テーブル

ダミーバーはリンク式の構造でありダミーバーヘッド、専用体、共用体の三部分に分れている。共用体は200mm厚用、250mm厚用の2種類があり、厚みによって選択して使用する。このためダミーバー・テーブルは2階構造のものとなっている。専用体は各サイズ毎にそれぞれあり、サイズ交換の時にはこれを同時に交換する。

このダミーバーをモールドまで逆送する作業はかなり繁雑で多くの人員を要するために、自動化されており非常にスムーズに作動している。もちろん注入時のダミーバー・ヘッドのブルームからの分離も自動化されている。

3.9 トーチ切断機

トーチ切断機は西独のMesser-Griesheim社の技術で小池酸素KKの製造になるもので、切断開始時には鉄粉を用いて確実に着火するようにし着火後は鉄粉を使用せずに切断を行なう。すべて自動的に切断するように設計されている。この切断機は図6に示すように、ブルームにクランプしてブルームと同時に移動しながら切断するもので、テーブルローラーを切断することのないようにトーチに固定したチェーン式ローラーを用いている。

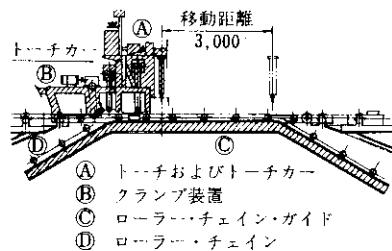


図6 トーチ切断機の概略

3.10 ホットスカーフアー

当連鋳機は月産50,000tのもので、ブルームの表面手入を行なうためには多くの人手を必要とする。とくに高炭素鋼(C0.40～0.80%)の場合常

温でスカフピングを行なうと割れが出るので、グラインダーまたはチッピングによる手入が必要であり、これを行なうことは非常に大変である。このような理由から当所ではオンラインにホットスカフアーを設置しスカフ代 5 mm までの全面スカフを実施している。連铸ブルームは分塊ブルームと異なり端から端までが製品となるために、端から端までスカフする必要があるが、ホットスカフアーとして従来とは異なっていくつかの機能が要求され、設計上も種々の問題があったが、約 2 カ月にわたる試運転を行ないおおむね良好な運転を行なっている。

4. 操 業

4.1 操 業 状 況

(1) 溶 鋼

転炉における吹錬は普通造塊向の場合と特別に変ったことは行なっておらず、ただ出鋼温度を、20~30°C 高目としている。また取鍋投入 Al は 100~250 g/t としタンディッシュにおけるノズル詰りの発生を防止している。なお、注入基準例を表 4 に示した。

取鍋内の溶鋼温度は場所によりかなり異なり特に底部での温度が低く、この傾向は取鍋容量が大きいほど著しいといわれている。当所の連铸機のように、ストランド数の多い大型タンディッシュでストッパーを使用しない場合は注入開始時にノズル詰りを起こし易いが、最初に取り鍋から出て来る溶鋼温度が低いことは非常に不利である。このような理由から操業開始当初は Ar バブリングを行なった。Ar の吹込条件は 圧力 5kg/cm² 流量 200~300 l/min 吹込時間は出鋼温度により 3~10 min の適正な時間を選んでゐる。なお Ar バブリングの方式は

- 取鍋底部にセットされたポーラス煉瓦を通して Ar を吹込む
 - 取鍋に使用しているストッパーと同様のものを取鍋上部から溶鋼中に差込みこれの中を通して吹込む
- の 2 通りを行なったがいずれも温度の均一化に

表 4 注入基準例 (SS-41)

モールド・サイズ (mm)	200×220	250×250	200×300	250×300
基 準				
タンディッシュノズル (mmφ)	19	19	20	21
注入速度 (kg/min)	385	380	400	420
引抜速度 (m/min)	1.15	0.8	0.9	0.75
注入所要時間 (min)	65	65	62	59
オシレーション・スト ローク (mm)	10	10	10	10
モールド冷却水 (l/min)	1000	1000	1000	1200
二次冷却水 (l/min)	350	350	350	350
モールド内 Al 供給量 (g/t)	100	100	100	100

有効であった。

しかしその後実績を重ねた結果、通常の場合、Ar バブリングの必要がないことが確認され現在ではほとんど使用していない。

(2) タンディッシュ

当連铸機の計画を進めるに当っては、常時 8 ストランドを用いて安定した注入を行なえるかどうか最も懸念された問題点であった。これを確認するために操業を開始するに先だって、7 カ月間にわたりタンディッシュ実験を行ない、内張煉瓦、不定型耐火物、ストッパーヘッド、スリーブ煉瓦、ノズルなどの耐火材料の検討、適正溶鋼温度の把握、その他操業上の細かい技術の習得などを行なった。この結果に基づいて内張煉瓦は高アルミナ質 (Al₂O₃ 70%) を用いることとしたが、これにより、煉瓦寿命は 40~50 回に達し、高価な煉瓦を使用したメリットは十分に得られている。しかしその後の実績から、損傷の少ない部所には中アルミナ質、ロウ石質など安価な材料に置換えて煉瓦原単位の低減をはかっている。

タンディッシュの予熱は 1100°C を目標とし保熱時間を 30min 取っている。

稼動当初タンディッシュノズル詰りを防ぐためにタンディッシュストッパーを用いていたが、8 本のストッパーの準備、取付けおよび操作はきわめて繁雑であるばかりでなく経済的にも不利である。幸い操業に習熟するにつれてノズル詰りも起こさず、また溶鋼流のコントロールも行ない得るようになり現在ではストッパーを使用せずに操業を行なっている。

(3) モールド

当初モールドの操作は 8 名の作業員で行なつて

いたが、モールド内溶鋼面自動制御機構が確実に作動することを確認した上で、順次人員の削減を行ない現在4名で作業を行なっている。設備的にはすべて自動化しており、モールド・ピンチロールの自動起動、レベル制御、モールド潤滑油、AI線供給、注入停止などはいずれも自動的に行なえる。しかし溶鋼面に浮上するスカム除去は機械化することが困難であり、人員を削減した場合スカム除去が不十分になることから、表面や材質が劣化してブレイクアウトの発生が増加する恐れがあったので、特定の2ストランドを選定して1名の作業員で注入を行ない、各ストランド各1名の作業員による注入の場合と比較を行なった。その後事故発生率・労働密度の増大なしに安定して操業を行なっている。

磨棒鋼など特に表面が美麗であることが要求されるものに対しては、イマージョン・ノズルを使用しているので、モールド内に定期的に被覆用パウダーを投入しなければならないが、その反面スカム除去の必要がないので4名で十分余裕をもって作業を行なうことができる。

モールドは図4に見られるような組立式プレートモールドであるがその寿命はまだ確認されていない。現在300~350回使用したものがいくつかあるが、モールド下端のみ約1mm摩耗しているだけで他の場所では0.2mm以下であり、ブルーム断面寸法および単重(1m当たりの重量)には変化がみられていない。もちろんモールドの損耗に基づく表面割れ、コーナー割れもいまだ見当らず、モールド銅板の削正を必要とするまでにはまだかなり注入が行なえるようである。

モールド内のAI線の供給を安定して行なえるようになるまでには相当の期間を要した。まずストランド数が多いためにAIコイルおよび供給装置を置く場所が制約され、かなり離れた所に設置せざるを得なかったためにAI線を供給すること自体に問題があり、ガイドチューブ内に引っかかることが多かったが特殊なガイドを開発することにより解決した。

4.2 各作業の所要時間

(1) 注入サイクル

注入時間はブルームサイズによって多少異なるが60~70minを要する。なんらかの事故により数本のストランドの注入を中止することがあるが4ストランドが止ったとしても約120minで200tの溶鋼を注入することが出来る。また準備時間は約40minを要しているが、モールド彎曲半径が12.5mあることを考えるとかなり効率が良いと思われる。したがって注入サイクルは、100~110min/チャージとなるが、転炉の出鋼サイクルをおくらせることは望ましくないので、連铸側でサイクル時間を調整して転炉出鋼サイクルに合わせるようにしているために平均サイクル時間は150~180minになっている。

(2) サイズ交換

サイズ交換はモールド、最上部ローラーエプロン、ダミーバー専用体、ダミーバーヘッドの交換とローラーエプロン共用体の厚み調整の作業からなるが、さらに交換作業を終えた後にダミーバーの装入、2次冷却用スプレー水の点検作業がある。当初不慣れの時には10h以上を要していたが現在約4hに短縮されており、その内容は交換作業3h、点検準備作業1hである。当初の計画では2hで行なうよう考えていたが、ストランド数が8つあることはやはり種々の面で作業時間を短縮しにくいことが多い。

3) ブレイクアウト修理時間

ブレイクアウトはその程度により修理時間はまちまちであるが、おおむね1~2hで行なわれており、次回の注入までに復旧が完了しない場合には、7ストランドで注入を行なった後再び復旧作業をつづけるようにしている。

4.3 操業実績

本連铸機は前述のように昭和43年6月27日に最初の注入を行なった。注入に先立って設備の試運転は十分に行なったが常温での空運転であり実際に注入を行なって荷重がかかると同時に1000°C以上のブルームが通過することによる熱影響を受けることから設備上の欠陥が現われることも考えられ、さらに全く経験のない作業であることから最初の出鋼量を150tに減らすと同時に使用ストランドを2本から始め、順次4, 6, 7, 8本と増

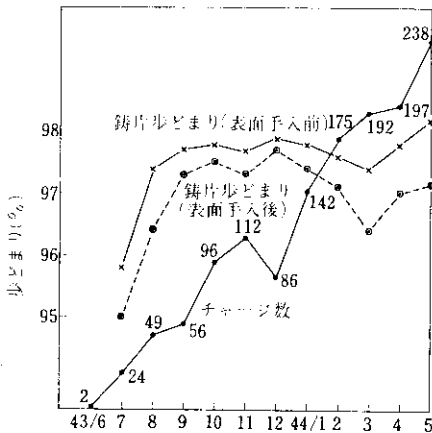


図7 操業実績

やして設備の不良箇所の改良, 注入技術の習得, 技術標準の確立を進めた。幸い, 注入作業はきわめて順調に行なわれ5回目の注入で4ストランドによる150tの溶鋼の完全注入, 11回目で全8ストランドによる完全注入を行なうことに成功した。

これと並行して, ブルームービレット—最終製品について詳細にわたり材質調査を行ない, 材質上の問題がなく従来の造塊—分塊工程材に劣らないことが確認されたものから順次連铸製に切替え連铸の生産量を増やし, 図7に示すごとく, 本年5月には注入チャージ数が月間238回に達している。この間43年9月より2ヶ班, 44年1月より, 3ヶ班操業を行ない, また4月より連続—連続铸造を始め, 5月には60%のものを連続—連続注入を行なっている。連続—連続铸造は,

- a) 歩どまりが上がる
- b) 注入準備作業の回数が減り, 作業が楽になる
- c) 煉瓦原単位が下がる
- d) 連铸機の稼働率が上がる

など数多くの利点がありきわめて効果的であるが, 現在設備上十分な点がありこの程度に止まっている。すなわち連铸機の設置されている注入ヤードにはレールクレーンが1台しかなく, 取鍋をクレーンで吊った状態で注入を行なっているため,

- a) 前取鍋での注入後直ちに吊替えて後取鍋をタンデッシュ上に持ってくるのに5~6minを要する
- b) タンデッシュ内の溶鋼は7~8minで空になりストッパーがないために取鍋の吊替え時間を調整することが出来ない
- c) 転炉の操業度を低下させることは望ましくないで, 出鋼が予定時間より早くなる場合に中断される
- d) いくつかのストランドが注入を中止した場合も同様である

などの理由により連続—連続铸造が出来ないことが起こる。これらの対策として横走行可能な注入用取鍋台車の設置を計画している。

4.4 操業上の問題点

操業開始以来現在に至るまでのおもな事故状況を表5に示した。当初は注入技術が未熟であり, またいわゆる初期事故などにより注入を停止することがしばしばであったが, 操業に習熟した技術標準が確立するに伴って事故の発生も減少して来た。しかしこの間, 次々と新しい試みを行なってきたことにより新しい事故が発生したこともある。以下におもな事故について述べる。

1) 取鍋ストッパー事故

連铸作業にとって取鍋のランニング・ストッパーは最も危険な事故の一つであるが通算すると約1%の発生率となっている。原因としては, ストッパーヘッドの材質不良, ストッパー空冷不良, 注入時間の延長, ストッパー取付不良などがあげられる。このようなランニング・ストッパーの大半は注入開始直後と注入終了直前に起こることが多くやはり注入時間が長くなることがおもな原因といえよう。

2) タンデッシュノズル詰り

当初溶鋼の温度管理が十分行なえず20%以上のノズル詰りがあった。これは目標温度が不適正であったこと, 操業が未熟であったこともあり注入を始めるまで長時間を要し取鍋内溶鋼温度が大幅に低下したこと, タンデッシュの予熱が不適当であることなどの原因による。その他詰ったノズルを酸素により再開孔する技術が未熟であった

表 5 操 業 事 故 状 況

年 月		1968/6	7	8	9	10	11	12	1969/1	2	3	4	5
実 績													
注入開始チャージ数		2	24	49	56	96	112	86	142	175	192	197	238
注入完了チャージ(%)		100	83.5	87.5	98.0	95.8	92.3	95.4	93.8	92.8	95.3	97.0	96.2
注入未完チャージ(%)		0	16.5	13.5	2.0	4.2	7.7	4.6	6.2	7.2	4.7	3.0	3.8
原因	取鍋ストッパー	0	1	2	0	1	5	1	3	2	3	2	5
	タンデッシュノズル詰り	0	2	3	(1)	3	1	2	5	6	3	4	3
	実験	0	0	0	1	2	2	1	3	3	0	0	0
	その他	0	1	1	0	0	2	0	0	2	3	0	1
注入開始ストランド数		4	174	390	427	730	847	653	1097	1367	1478	1545	1866
注入完了ストランド(%)		100	67.8	84.4	97.0	92.9	90.3	92.8	92.2	91.6	90.0	93.1	93.8
注入未完ストランド(%)		0	32.2	15.6	3.0	7.1	9.7	7.2	7.8	8.4	10.0	6.9	6.2
原因 (%)	取鍋ストッパー事故	0	5.2	3.0	0	1.3	5.2	2.3	1.7	2.3	1.6	1.0	1.7
	タンデッシュノズル詰り	0	21.8	6.7	1.6	3.8	3.1	3.5	3.8	4.2	4.7	2.3	1.9
	ブレークアウト	0	1.7	1.3	0.2	0.9	0.7	0.9	0.8	0.9	1.0	0.8	0.6
	オーバーフロー	0	2.3	1.5	0.7	0.3	0.4	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2
	機械的事故	0	0.6	0.5	0.5	0.5	0.2	0.1	0.6	0.1	0.1	0	0.2
	電気的事故	0	0.6	2.6	0.5	0.3	0.1	0.1	0	0.2			
	その他	0	—	—	—	—	—	—	0.6	0.5	2.4	2.7	1.6

こともあるがその後ノズル詰りは1.6%まで減少した。

しかし、その後磨棒鋼など表面を特に問題にされる鋼種の注入量が増加し、イマージョン・ノズルの使用が増したことによりノズル詰りが再び増加した。この場合は酸素による再開孔が出来ずそのストランドは注入を中止せざるを得ないが、現在ノズル詰りは約2%であり、約90%のチャージは全ストランドを用いて注入を行なっている。当連铸機はタンデッシュが大きく、取鍋からの注入点から最も遠いタンデッシュノズルまでは4.8m近くあり、取鍋から最初に入って来る溶鋼は温度が低い上にノズルに達するまでに温度が下り、さらにタンデッシュ内に残っている耐火物のゴミをひろってくるためにノズル詰りを起こし易く、特に最も遠いノズルでこの傾向が強いことを考えるとかなり良い結果といえるが、能率向上のためにもさらにノズル詰りを、減少させることが問題である。

3) ブレークアウト

当初1%以上あったブレークアウトは0.7%程度まで低下したが満足出来る結果は得られていない。この理由として次のようないくつかの点があげられる。

a) サイズ交換をしばしば行なうこと……

連铸機を能率良く、また安定して動かすためには同一サイズのみを铸造することが望ましく、一般にこのようにして操業が行なわれている。しかし当所連铸機で製造されるブルームの用途は広範囲にわたり、いくつかの圧延機に回されるためサイズ交換は平均して8~10回/月 最高14回/月も行なっている。モールドの交換を行なう際、ローラーエブロンとの芯合せを $\pm 0.1 \sim 0.2 \text{ mm}$ 以内の精度に収めないとブレークアウトを起こし易いともいわれている。しかし実際の作業においては出来るだけ短時間でサイズ交換を行なう必要があり、8ストランド中には時折芯出し精度の悪いものも出てブレークアウトの原因となる。

b) 8ストランド注入を行なうこと……

各ストランド間の注入スピードはかなりばらつき、時に $\pm 20\%$ 近く変動することがある。

c) 溶鋼温度が高い場合

などである。いずれにしても連続铸造は非常にデリケートなもので、つねに細心の注意を払わねとブレークアウトが発生することになる。

4) その他

注入を中止しなければならない事故の主なもの以上3点であるが、そのほかにも種々の事故

があり、その大部分は技術の未熟によるもの、および機械的、電氣的初期事故である。

(a) 操作ミス

(b) 判断の誤りおよびおくれ

(c) オーバーフロー

などは技術の未熟によるものであり

(d) リミットスイッチの作動不良（特にトーチ切断機の自動運転、搬出テーブルの自動運転、ホットスカーフアー）

(e) 電気回路上の欠陥（各種接点、サイリスタなど）

(f) 油圧制御回路に用いられているソレノイド弁の作動不良

(g) 溶鋼面自動制御機構上の問題

などがいわゆる初期事故といえる。

以上の経過で現在完注率はストランドについてみると94%，チャージについてみると97%となっている。

5. おわりに

以上報告したように水島製鉄所 No. 1-8 ストランド連铸機はきわめて順調に操業を続けているが、これは水島製鉄所内関連部課の一致協力の結果によるものではあるが、同時に Concast-住友機械工業株式会社のご協力と、稼動に先立って住友金属工業株式会社大阪製鋼所および小倉製鉄所で受けた実地教育のたまものであり、本誌をかりて厚くお礼を申しあげる次第である。

連铸製品の品質については別の機会に詳しく報告するつもりであるが、現在までの実績からみて内部偏析、非金属介在物、ラミネーション、および地疵などの欠陥の少ない良好なブルームが得られている。今後もさらに操業の安定、歩どまりの向上、高級鋼種の開発などに努力を続ける所存である。