

福山第5連鋳機における高生産操業

High Productivity Operation of the No. 5 Continuous Caster at Fukuyama Works

NKK 福山製鉄所 高岡 隆司*・田中 久・水岡 誠史
 高杉 英登・久保田 淳
 福山研究所 鈴木 幹雄

1. 緒言

福山第5連鋳機は連鋳比率の拡大及びHDR操業による省エネルギー等を目的として、昭和59年9月より操業を開始した。¹⁾稼働当初、定常最高速度2.2m/min、月間生産能力180千トンであったが高速用モールドパウダー^{2) 3)}、モールド湯面制御技術等の種々の技術改善^{4) ~ 9)}により、2.7m/minの高速鋳造下においても品質面に問題を発生させることなく安定操業が可能となり、省エネルギー、生産性の向上に大きな効果を上げてきた。しかしながら、平成2年7月以降の福山製鉄所への傾斜生産に伴い、更なる生産能力の増強が必要となった。その為、鋳型内電磁攪拌(以下M-EMSと称す)コントロールの最適化・ノズル閉塞防止対策などによる連々鋳指数の向上、鋳造準備時間短縮などによる非鋳造時間の短縮を図った結果、月間300千トンの生産が可能となった。本報ではこの高生産を可能にした各種増強対策について述べる。

2. 設備概要

福山第5連鋳機の稼働当初の設備仕様をTable 1 に示す。

3. 生産性向上のための増強対策

生産性向上のための増強対策の概要をTable 2 に示す。この中でM-EMSコントロールの最適化・ノズル閉塞防止対策は連々鋳指数の向上に、鋳造準備時間短縮は非鋳造時間の短縮に大きな効果を上げた。以下にこれら3点の対策について述べる。

Table 1 Main original specification of No. 5 slab caster

Item	Specification
Type of caster	Vertical multi-point bending-unbending
Number of strands	2
Machine length	42.10m Secondary cooling zone 25m
Slab size Thickness	220mm
Width	700~1650mm
Length	5900~14500mm
Tundish capacity	65Ton
Casting speed	2.20m/min
Nominal capacity	180 000t/month

Table 2 Countermeasure of step-up in production

Item	Countermeasure
Elevation of casting efficiency	1) Optimum control of Mold Electro-magnetic Stirrer(M-EMS) 2) Prevention of speed reduction by increasing tundish capacity at ladle change (65Ton→80Ton) 3) High speed slab cutting 4) Buildup of secondary cooling
Shortening of noncasting time	1) Elevation of sequence of casting (Prevention of Al ₂ O ₃ clogging submerged entry nozzle) 2) Shorter preparatory time for casting 3) Extension of pitch of periodical maintenance

平成 4年 1月16日受付 (Received Jan. 16, 1992)

* Takashi Takaoka (Fukuyama Works, NKK Corporation, 1 Kokan-cho Fukuyama 721)

3-1. M-EMSコントロールの最適化¹⁰⁾

連続鋳造におけるモールドパウダーの巻き込みの有無は、浸漬ノズル吐出流を起源とする溶鋼表面流速に大きく左右されると考える。¹¹⁾ 当所においては鋳型短辺近傍湯面変動量の推定指数であるF値を導入し、F値が一定の範囲になる様にスラブ巾と鋳造速度によって、浸漬ノズル角度を決定している。F値は短辺に衝突した吐出流の上向き反転流の保有する運動量と短辺面に沿って上昇中の流れの減衰度を関数近似する事により求められた湯面到達時の流れの保有する運動エネルギーを表すパラメーターで、Fig1に示す式で表される。¹²⁾

このF値は浸漬ノズル角度、鋳造速度及びスラブ巾によって決まるため、最適なF値で鋳造するには連々鋳の構成制約が厳しかった。そこで、M-EMSの適用により、スラブ巾や鋳造速度の規制を緩和した。実際の操業においては、Fig2に示すような計算機制御システムを用いM-EMSの自動運転を行っている。¹³⁾ すなわち、鋳造中に浸漬ノズルの型式、スラブ巾、鋳造速度の情報を5秒おきに収集しF値を算出する。そして、このF値をもとにF値が大き過ぎる時には減速(EMLS)を、F値が小さ過ぎる時には加速(EMLA)を自動運転するようになっている。Fig3にM-EMS適用前後の鋳造可能範囲を示す。M-EMSの適用しない場合はF値が2.4~4.0の範囲で鋳造可能としていたが、M-EMSを適用することによってF値が5.6までの範囲が鋳造可能となった。

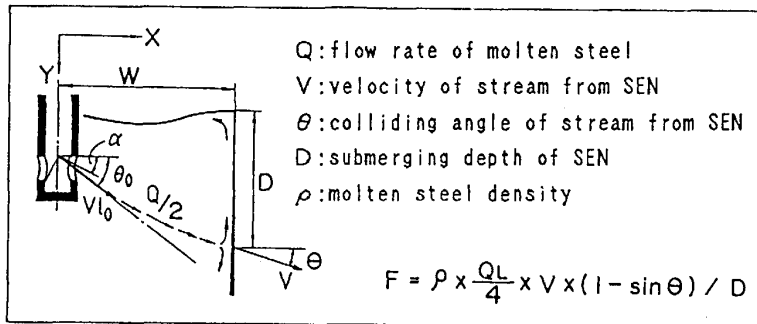


Fig1 Calculation of F value

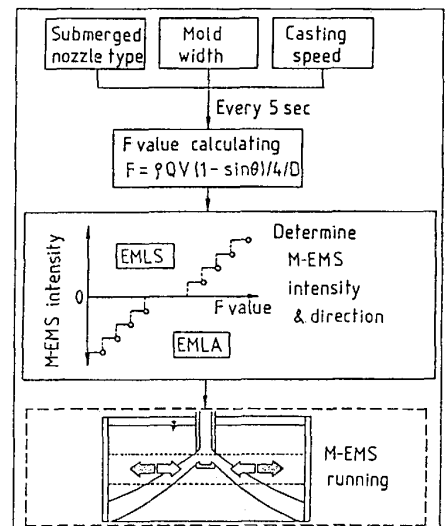


Fig2 Block diagram of M-EMS computer control

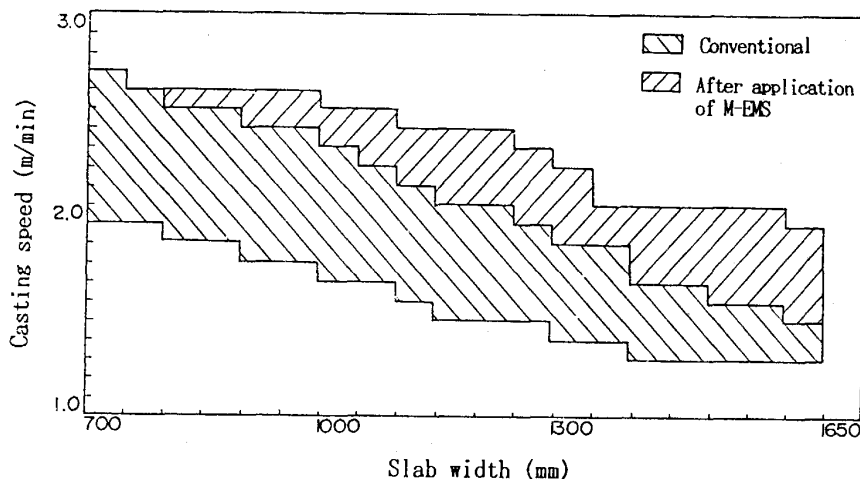


Fig3 Limits of casting before and after application of M-EMS

3-2. ノズル閉塞防止対策

低炭Alキルド鋼を鑄造するにあたり、 Al_2O_3 による浸漬ノズルの閉塞は流量制御不能等の操業トラブル及び鑄片品質の悪化を招く要因となる。そこで、ノズル閉塞防止対策としてタンディッシュスライティングノズル用上ノズル（以下上ノズルと称す）及び浸漬ノズルの改善を行った。

3-2-1. 上ノズルの改善¹⁴⁾

Fig4に改善前後の上ノズルの構造を示す。従来の上ノズルにおいてはArガス吹き込みの不均一及び鉄皮とレンガ間からのガスリークが問題となっていた。そこで、改善品においてはArガス吹き込みの均一化を図る為、非ポーラス部を設け多層式とした。また鉄皮とレンガ間からのガスリーク対策として製造工程における鉄皮とレンガのセット方法を熱間での焼バメからモルタルを使用した冷間方法に変更した。更に材質面においてはポーラス材質の小気孔径化を図り、同時にポーラスレンガの粒度構成の均一化を図る為、原料として粒度構成の小さな破碎粒や Al_2O_3 の球状粒を使用した。

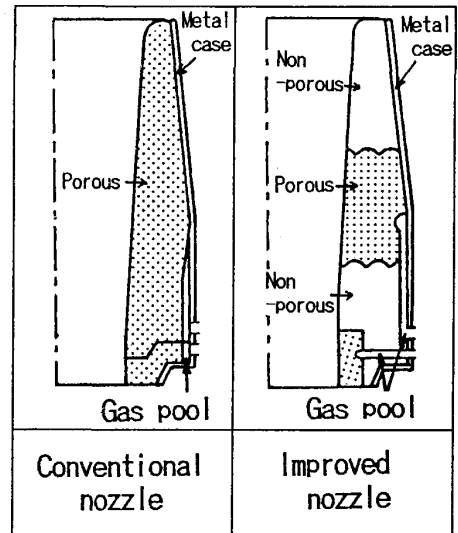


Fig4 Configuration of insert nozzle

Table3 Chemical compositions and properties of submerged entry nozzle

		Conventional nozzle	Improved nozzle
Chemical Composition (wt %)	C	27.7	18.1
	Al_2O_3	45.8	-
	SiO_2	25.3	-
	ZrO_2	-	52.7
	CaO	-	24.8
Apparent Porosity (%)		12.7	16.1
Bulk Density (g/cm^3)		2.3	3.03
Modulus of Rupture(kg/cm^2)		127	112

3-2-2. 浸漬ノズルの改善¹⁵⁾

Table3に浸漬ノズル材質の化学成分及び物性値を示す。改善した材質においては付着物の主成分である Al_2O_3 と反応し低融点化合物を生成させ付着物の積極的な溶融を促すCaO成分を採用した。また、鋼中Alと反応して付着起源となるCO、 SiO ガスの発生を抑制するために材質中の SiO_2 、Cを低減した。Fig5にノズル構造を示す。改善品はCaO- ZrO_2 材質をノズル内孔部、吐出口周辺部に配置した構造となっている。Fig6に吐出口直上50mmの位置における4点の平均 Al_2O_3 付着量と鑄造時間の関係を示す。改善品は従来品の約1/4の Al_2O_3 付着量となり、大幅に低減した。

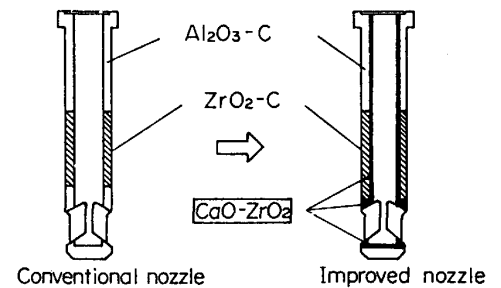


Fig5 Configuration of submerged entry nozzle

3-2-3. 鑄造準備時間短縮¹⁶⁾

鑄造準備時間の短縮は非鑄造時間の短縮に大きく寄与する。ここでの鑄造準備時間とは前チャンスのモールドへの溶鋼注入終了から次チャンスのモールド注入開始までの所要時間のことである。当所においても鑄造準備時間短縮を目的として稼働以来、下記に示す様な各種改善を行ってきた。

- 1) パウダー集塵機設置によるモールド清掃の簡素化
- 2) 制御シーケンス変更によるモールド巾替、ダミーバー挿入及びシール作業の開始タイミングの早期化
- 3) モールド掻き疵防止用の保護鉄板自動投入装置設置によるダミーバー挿入時の作業性改善

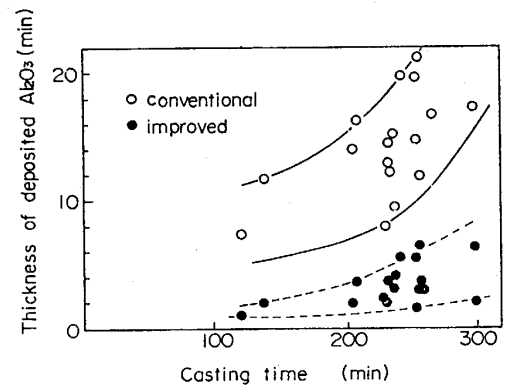


Fig6 Relation between casting time and thickness of deposited Al_2O_3

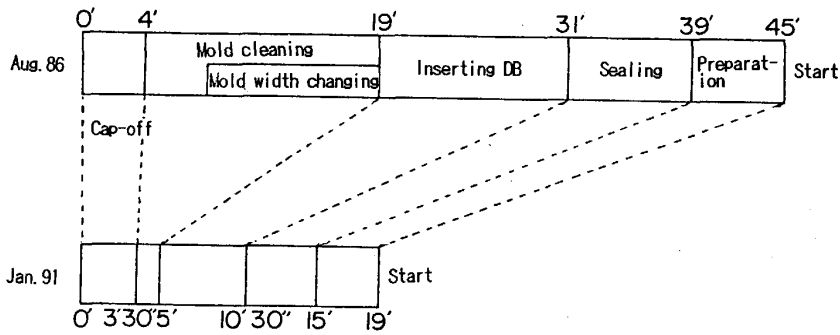


Fig 7 Operation at time of casting preparation

4) シール材の削減及びシール方法の改善

Fig 7に示すように、これらの改善により稼働当初45分であった鑄造準備時間を19分まで短縮することができた。

4. 結 言

福山第5連鑄機の稼働以降の連々鑄指数、純鑄造時間率、及び月間生産量をFig 8に示す。純鑄造時間率とは鑄型内注入中時間の暦時間に対する割合のことである。M-EMSの適正化及び上ノズル・浸漬ノズルの改善により、 Al_2O_3 によるノズル閉塞が防止されMAX 8 CC/TDまでの連々鑄が可能となり、連々鑄指数が向上した。また、鑄造準備時間短縮、モールド及びセグメント寿命の向上による定修ピッチの延長等により純鑄造時間率は80%以上を維持している。また、生産量についても1990年8月に月産300千TONをクリアして以来、その後も高生産を維持している。

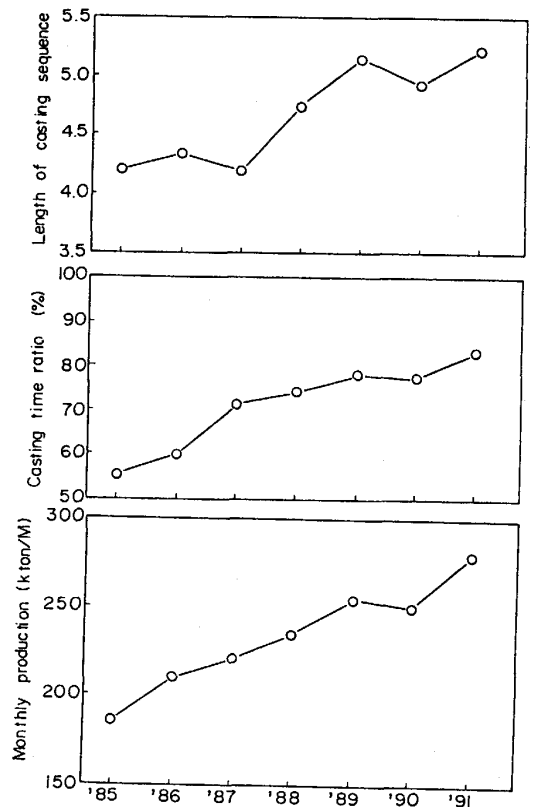


Fig 8 Transition of length of casting sequence and casting time ratio and monthly production

文 献

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| 1) 内田ら 日本鋼管技報 No. 113(1986) | 9) 鈴木ら 鉄と鋼 Vol. 78(1992) |
| 2) 宮脇ら 鉄と鋼 Vol. 70(1984)-S143 | 10) 久保田ら CAMP-ISIJ Vol. 3(1990)-1101 |
| 3) 宮脇ら 鉄と鋼 Vol. 70(1984)-S144 | 11) 久保田ら CAMP-ISIJ Vol. 2(1989)-301 |
| 4) 白山ら 日本鋼管技報 No. 120(1988) | 12) 手嶋ら CAMP-ISIJ Vol. 1(1988)-155 |
| 5) 小谷野ら 鉄と鋼 Vol. 71(1985)-S156 | 13) 久保田ら CAMP-ISIJ Vol. 3(1990)-257 |
| 6) 小谷野ら 鉄と鋼 Vol. 72(1986)-S265 | 14) 新井ら CAMP-ISIJ Vol. 1(1988)-1282 |
| 7) 舟之川ら 鉄と鋼 Vol. 72(1986)-S977 | 15) 高岡ら CAMP-ISIJ Vol. 4(1991)-1287 |
| 8) 水上ら 鉄と鋼 Vol. 72(1986)-A175 | 16) 高岡ら CAMP-ISIJ Vol. 4(1991)-305 |