

討 8 福山における連鑄～熱延の直送圧延

日本鋼管(株) 福山製鉄所 内田繁孝, 谷口 勲, ○和田 勉
竹中正樹 小澤宏一
中央研究所 手嶋俊雄

1. 緒 言

福山製鉄所第5連鑄機はHDR(直送圧延)による省資源, 省エネルギーを目的に2HOTミルラインと直結して建設され, 1984年9月に稼動した。現在10万TON/月以上のHDRを実施しており, 省エネルギーに大きく寄与している。以下にHDRを支えている主要な技術とその操業概要について述べる。

2. レイアウトと設備仕様

Fig. 1に第5連鑄機のレイアウトを示す。2つのストランドで鑄造された鑄片は無人カッターで切断後, 必要に応じてエッジヒーターにて加熱されNo.1スラブカーで搬送ラインに集合される。バリ取り後の鑄片はNo.2スラブカーを介して熱延ミルラインへHDRとして送られる。またこのスラブカーによりスラブヤードへの払い出しも可能なレイアウトとなっている。

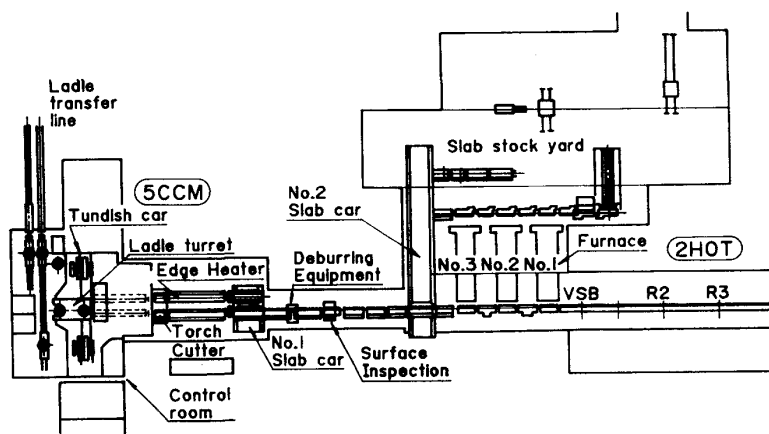


Fig.1 Layout of No.5 slab caster

Table 1に第5連鑄機の, Table 2に2HOTの主な設備仕様を示す。HDR時のスラブ顕熱確保の為, スラブは厚い方が有利であるが, 既設2HOT圧延設備の大改造をせずに全サイズのHDRが可能なこと, 及び既設スラブ連鑄機(220mm t)との整合性を考慮し220mmとした。スラブ巾については2HOTの全巾対応とする為700~1650mmとした。スラブ長さに関しては, 従来, 加熱炉制約で決められていたが, HDRではその制約がないことから最大スラブ長さを14.5m(2HOTのP.I.W:1400に相当)まで可能とした。

又, 当連鑄機は高効率操業とHDRを主目的とした連鑄機である為に高速鑄造設備, 鑄片高温化設備, 品質対応設備に大きな特徴を持っていると同時にシステム化¹⁾及び省力化²⁾をはかっている。

Table 1 Main Specifications of No.5 slab caster

Item	Specification
BOF	No.3 BOF 300T/heat x 1/2
Type of Caster	Vertical Multi-point Bending-Unbending
Number of strands	2
Vertical Zone length	2.45m
Radius of Curvature	8.00m
Machine Length	42.10m (Secondary Cooling Zone 25m, Insulating Zone 16m)
Casting Speed	2.20m/minute (2.50m/minute)
Oscillation Generator	electro-hydraulic servo [Amplitude: 3.7~14.4mm Frequency: 12~400cpm mode: Sinusoidal and non-sinusoidal]
Slab Size	thickness: 220mm width: 700~1,650mm length: 5,900~14,500mm
Nominal Capacity	180,000T/Month (future 250,000T/Month)

Table 2 Specifications of 2HSM

Item	Specification
Capacity	3600 x 10 ³ Tons/Year
Reheating furnace	250Ton/Hr x 3
Mill type	Full continuous
Number of mill stands	4
Rougher	7
Finisher	7
P. I. W.	1,400
Speed	1,484 mpm
Size	Thickness: 10~12.7 mm Width: 600~1641 mm
Max. weight of coil	30 Ton

3. 高速鋳造操業

Fig. 2に220mm厚スラブにおける第5連鋳機と2HOTの生産能率 (TON/Hr) の関係について示す。図から明らかなように2HOTの生産性を阻害することなくHDRを実施する為に、連鋳機は2.0m/分以上の高速鋳造を行なうことが要求される。こうした背景から第5連鋳機は最高2.5m/分、平均2.0m/分の鋳造速度で操業を行なっている。この安定した高速鋳造を支えている技術、設備については、既に発表済^{3)~7)}の為、本報告では省略する。

4. 高温鋳片製造技術

HDRを実施する為には鋳片の高温化が必須であり、Table 3に示す様な鋳片高温化設備を備えている。

Fig. 3に連鋳機内及び機外でのスラブ温度推移の1例を示す。内部割れ防止の為、長辺面は強冷却パターンを採用しており、二次冷却帯出口の表面温度は低くなっている。一方鋳片エッジ部については過冷却を防止する為、油圧モーター駆動によるスプレー巾コントロールを実施している。機内後半の断熱帯では凝固潜熱による復熱とロール間に配置した断熱カバーにより熱放散の防止を図っている為、連鋳機出口でのスラブ表面温度は1000℃を越えている。カッターゾーンにおいてはエッジ部のみ移動カバーにより保温し、エッジヒーターで加熱後、保温カバーで覆われた搬送テーブルにて2HOTへ高速搬送を行なっている。

第5連鋳機でのこれらのスラブ高温化対策に加えて2HOTにおいても粗バーでの放熱を防止する為に、ライン保温カバーをディレーテーブルに設置している。また仕上圧延機直前に2400kWの誘導加熱方式の粗バー加熱装置を配置し、材料全長に渡り効率良くエッジ部を加熱している。仕上ミル出側の板巾方向の温度プロファイルの1例をFig. 4に示すが、これらの対策を講じた結果、HDR材と加熱炉材では差はない。このようにスラブ及び粗バーで適切な高温化対策をとった結果、温度的に最も厳しい1.2mmの薄物までHDRが可能となっている。

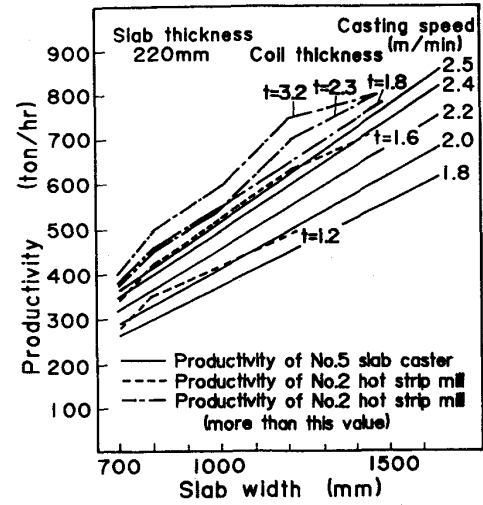


Fig.2 Productivity of CC and Hot

Table3 Measures for high temperature slab discharging

Item		Purpose	Content
in the machine	Secondary Cooling zone	uniform cooling prevent overcooled edge of strand shell	•NKK-Ikeuchi type mist spray •Spray width control
	Insulating zone	prevent heat loss	• upper side : fiber • lower side : castable • narrow side : fiber
after the machine	Cutter zone	prevent heat loss	•cutting torch is located just after machine segment •insulating cover : castable
	Slab edge heater	heat the edge of slab	• length : 32m • capacity : 54000 x10 ³ kcal/Hr(max)
	transfer line	prevent heat loss	•insulating : castable or reflecting board • table speed : max 120m/min • slab car speed : max 210 m/min

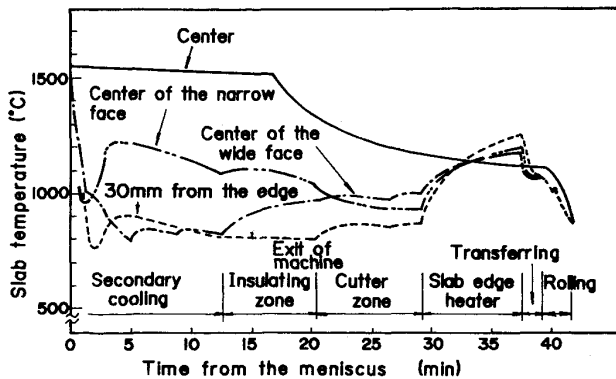


Fig.3 Transition of the slab temperature

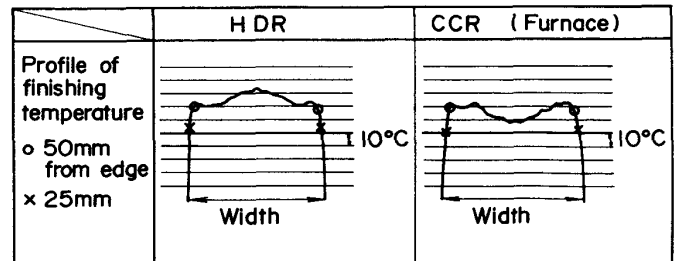


Fig.4 Profile of finishing temperature

5. HDR材の品質

HDRを実施するには無欠陥鋳片の製造が不可欠である為、Table 4 に示す品質対応技術を適用している。特に高速鋳造時においては、浸漬ノズルからの溶鋼吐出量が増加することにより、モールド溶鋼湯面レベルの変動及び溶鋼偏流が起り易く、パウダー巻込みによる品質欠陥が懸念される。そのため、水モデル実験により式-(1) に示すような「モールド湯面変動指数」を導出し、この値が最適になる様な浸漬ノズル角度、吐出口深さ、及び吹込みAr量を選定し、鋳造を行なっている。

$$\text{湯面変動指数} = \rho \cdot \frac{Q_L}{4} \cdot V \cdot (1 - \sin \theta) \cdot \frac{1}{D} \quad (1)$$

ここで、

ρ : 鋼の比重 (kg/m³)

Q_L : 鋳造速度 (m³/sec)

V : 短辺への衝突速度 (m/min)

θ : 短辺への衝突角度 (deg)

D : 短辺での衝突深さ (m)

(メニスカスから)

これらの諸技術の適用により、高速鋳造下においても鋳片の品質は他の連鋳機と遜色ないレベルにあり、最終製品においてもHDR材と加熱炉材との差は認められない⁸⁾

6. 操業実績

Fig. 5 に稼動以降の第5連鋳機の鋳造量及びHDR量の推移を示す。鋳造量は稼動3ヶ月で当所目標である18万TON/月を達成し、現在20万TON/月以上のレベルにある。1985年3月に2HOT仕上ミル(F4~F7)にワークロールシフト装置を導入し、圧延サイクル屯数の拡大を図った結果、HDR量は拡大し、現在10万TON/月以上のレベルにあり、1986年3月にはHDR量15万TON/月を記録した。

第5連鋳機と2HOTのHDR時における操業形態についてFig. 6に示す。福山製鉄所は2基の熱延ミルを有しているが、2HOT傾斜生産を行なっている為、HDR対象とはならない特殊材、高炭素材の圧延も行なっている。一方、連鋳機群の効率的稼動の為には第5連鋳機のフル稼動が必要で、2HOTが加熱炉材

Table 4 Quality improvement measures of No.5 slab caster

Purpose	Measures
Surface quality	1. Very precise mold level control 2. Application of optimum mold powder for high speed casting 3. Optimum design of immersion nozzle 4. Air-mist cooling
Inner quality	1. Clean steel by VSC and RH treatment 2. Large capacity tundish 3. Vertical bending type machine 4. Small roll pitches 5. Soft-reduction
Quality assurance	1. On line quality prediction system 2. Automatic defect detector 3. Roll gap checker

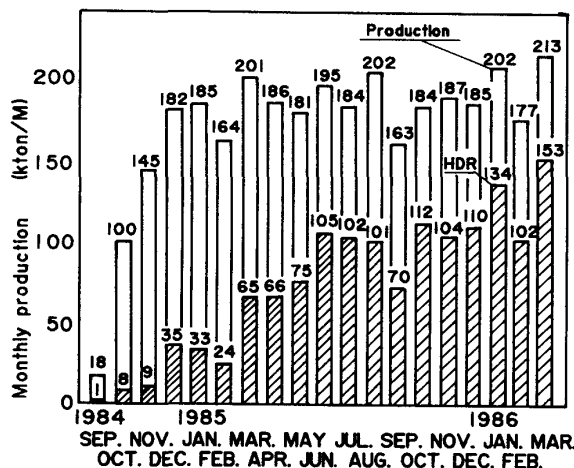


Fig.5 Transition of production and HDR

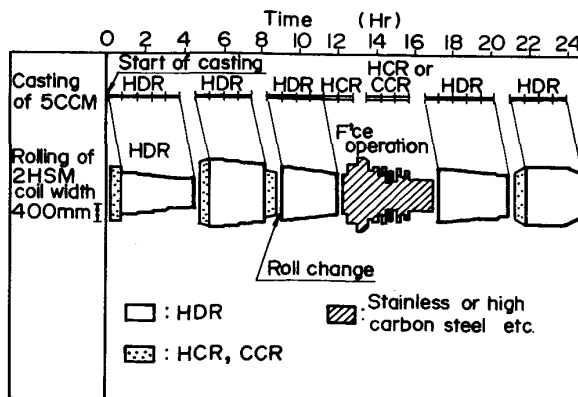


Fig.6 Schedule of casting and rolling

圧延時はHCR材の鋳造を行ない、稼働率の向上を図っている。また、サイクル構成は、Fig. 6に示す如くHDR単味、またはHDR前後に炉材を組み合わせる方法を取っており、HDRと炉材の交互圧延は行なっていない。その理由としてシステム構成が複雑かつ膨大になること及びリジェクト時の対応が困難な為である。しかしながら、今後より効率的なHDR操業を行なうにあたって交互圧延は重要な検討課題である。

最近の操業実績としてTable 5に1986年3月の例を示す。

Fig. 7に2HOT加熱炉の燃料原単位及び第5連鋳機エッジヒーターの燃料原単位の推移を示す。HDR材のエッジヒーターにおける燃料原単位は50千kcal/TON以下のレベルまで低減し、加熱炉材の1/6以下になっている。また2HOT総圧延量に占めるHDRの比率が増加するに従い、全コイル屯当りの加熱炉原単位も148千kcal/TONまで低減した。

一方、HDR工程適中率は現在90%以上となっている。HDRリジェクトの内容をTable 6に示すが、原因は製鋼性、熱延性共に同程度である。

7. 結 言

福山製鉄所第5連鋳機はHDR用高速スラブ連鋳機として稼働後順調に立ち上がり、省エネルギー、省力化、納期短縮等に大きく寄与している。今後は鋳造速度をさらに向上させ、また対象材の拡大を図り、併せて操業改善によるHDRリジェクト率の低減に努め鋳造量25万TON/月及びHDR量18万TON/月体制へ向けて邁進し、製鋼、熱延の総合合理化を積極的に推進していく所存である。

参考文献

- 1) 大西英明ほか：鉄と鋼 '85 - S 3 1 1
- 2) 製鋼部会 鋼92 - 重 -
- 3) 小谷野 敬之ほか：鉄と鋼 '85 - S 1 5 6, 1 5 7
- 4) 宮脇 芳治ほか：鉄と鋼 '84 - S 1 4 3, 1 4 4
- 5) 小谷野 敬之ほか：鉄と鋼 '86 - S 2 6 5
- 6) 水上 秀昭ほか：鉄と鋼 '85 - S 2 4 7, 2 4 8
- 7) 半明 正之ほか：鉄と鋼 '85 - S 2 4 9
- 8) 製鋼部会 鋼90 - 自 - 5

Table 5 Operation results of 5CCM and 2HSM (Mar. 1986)

Equipment	Item	Actual results	Remark
5CCM	Product	213,000 ton	
	HDR ratio	71.8 %	
	Average casting speed	2.04 m/min	
	Index of sequential casting	4.2 CCC/DB	
	Average slab width	1,110 mm	
	Casting time ratio	60.4 %	
	Width change	344 times	
	HDR product	153,000 ton	
2 Hot	Total rolling product	260,000 ton	
	HDR ratio	58.8 %	
	Ratio of thin gauge (2mm under)	15.4 %	
Fuel consumption	Edge heater	46,500kcal/ton	E.H/HDR product
	Reheating furnace	148,000kcal/ton	F'ce/rolling
	Total	175,000kcal/ton	E.H+F'ce/rolling

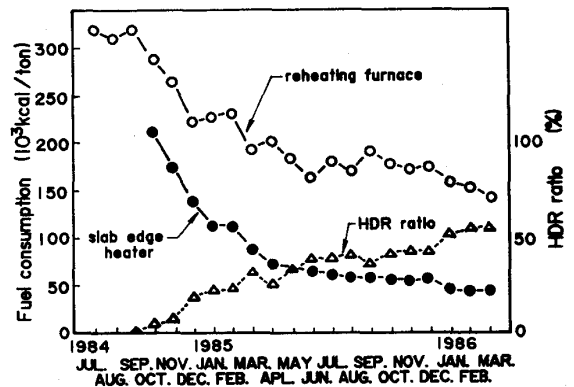


Fig. 7 Transition of fuel consumption

Table 6 Reasons of reject from HDR (%)

section		average	future
5CCM	operation	3.9	2.0
	maintenance	0.8	0.5
		4.7	2.5
2H.S.M	operation	3.1	2.0
	maintenance	1.2	0.5
		4.3	2.5
Scheduling		0.5	0
Total		9.5	5.0

* average---- from Jan. to Mar. 1986