

討10 鹿島製鉄所における厚板用連铸スラブの熱片直送

住友金属工業(株) 鹿島製鉄所

植田嗣治 ○橋尾守規

加藤裕勝 渡部忠男

中央技術研究所

松井健一

1. 緒言

鹿島製鉄所は3基の連铸機を有しており、その生産量の40~45%を熱片状態で圧延工場に直送している。このため、加熱炉燃料原単位は著しく低減し、省エネルギーに大きく寄与している。従来、この熱片の主体は、冷延用ALキルド鋼であったが、近年、厚板用40k級鋼スラブの熱片比も拡大しつつある。

本報では、主として、厚板用40k級鋼スラブの熱片直送化技術について概述する。

2. 厚板用連铸スラブの熱片直送の現状

鹿島製鉄所における連铸材の熱片直送は、薄板、厚板、形鋼用として、月間約15万トンを実施している。最近の連铸材総熱片直送量の推移をFig.1に示す。全体の約60%は薄板用であるが、厚板用スラブも全体の約20%を占めており、最近の増加は著しい。¹⁾

また、最近の厚板用スラブの熱片直送量の詳細な推移をみると、Fig.2に示すように急増しており、月間約3万トンを実施している。これは、铸込条件の改善と熱間探傷技術の開発、オンライン化(N₁CC)に負うところが大きく、熱片対象の許容成品板厚も逐次増大している。

厚板用スラブの熱片直送フローチャートをFig.3に示す。熱片直送の可否は、铸込条件と熱間探傷によって判断される。熱片直送は、スラブをできるだけ高温に維持する必要があるため、この熱片の流れに沿った綿密な工程計画と、実績に対する迅速な情報伝達が重要である。

3. 厚板用連铸スラブの熱片直送化技術

低炭ALキルド鋼の場合と異なり、厚板用40k級鋼スラブの熱片直送化に際して問題となるのは、縦割れである。従って、縦割れを低減すると同時に、熱間で縦割れを探傷することが、熱片の安定拡大に不可欠となる。

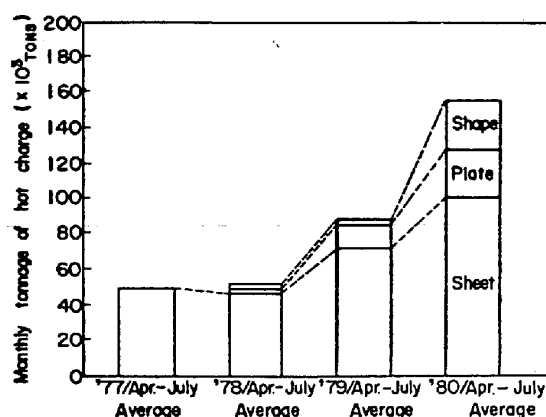


Fig.1 Transition of hot charge tonnage.

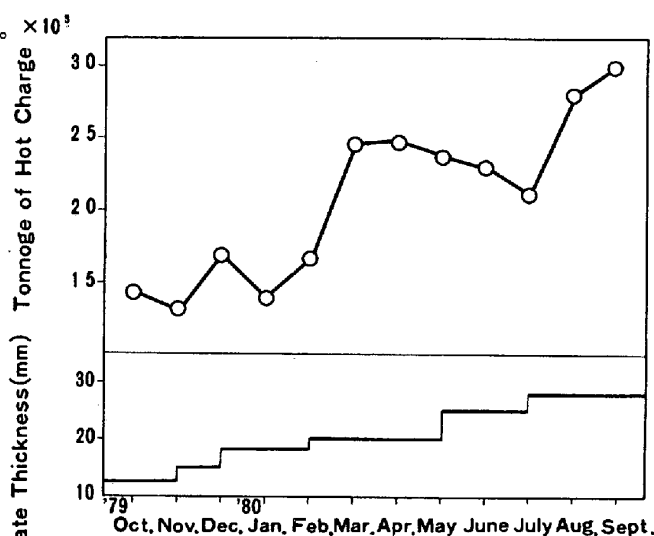


Fig.2 Transition of hot charge tonnage and plate thickness.

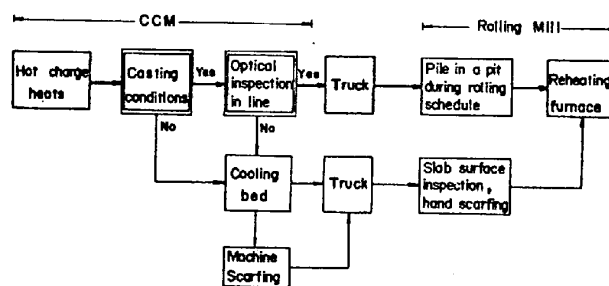


Fig.3 System of "Hot charge" for plate.

3.1 厚板用連铸スラブの縦割れ低減技術

当所は、連铸マシン特性および品質上の要請から、二次冷却に関しては、一貫して強冷却操作を基本としている。このため、40k級鋼スラブのコーナ縦割れ等の欠陥は皆無であり、熟片直送をする上での唯一の障害は、縦割れにあるといえる。これは、Fig.4に示すように、縦割れ感受性の大きい成分域 ($\%C = 0.11 \sim 0.15$) を汎用していることに基づくものである。

縦割れは、初期の不均一凝固とシェルへの応力付加に起因するため、その低減対策は、初期凝固の適正コントロールに向ける必要がある。

その1つは、マシン上部アライメントの管理にある。モールドとファーストローラエプロンの芯ずれは、シェルに応力を付加することになるため、通常、0.5mm以下の芯出し精度が必要である。第2に、モールド湯面変動の最小化管理にある。湯面変動は、シェルの不均一凝固を助長するため、通常 ± 3 mm ($\Delta l \leq 6$ mm)程度に制御する必要がある (Fig.5)。当所では、早くから、自動铸込システムを完成させており、この精度を維持している。第3にパウダー管理がある。パウダーのモールド内容融特性を改善するため、粉末から顆粒化をはかり、縦割れは半減している。ただし、顆粒とはいえ、適正物性が必要であり、Fig.6に示すように、消費量管理を1つの指標として判断している。このように、パウダー性状は縦割れ低減に非常に重要であるが、同時にパウダーを均一にモールド湯面に添加する技術もまた重要であり、Fig.7に示す自動供給機が開発適用されている。

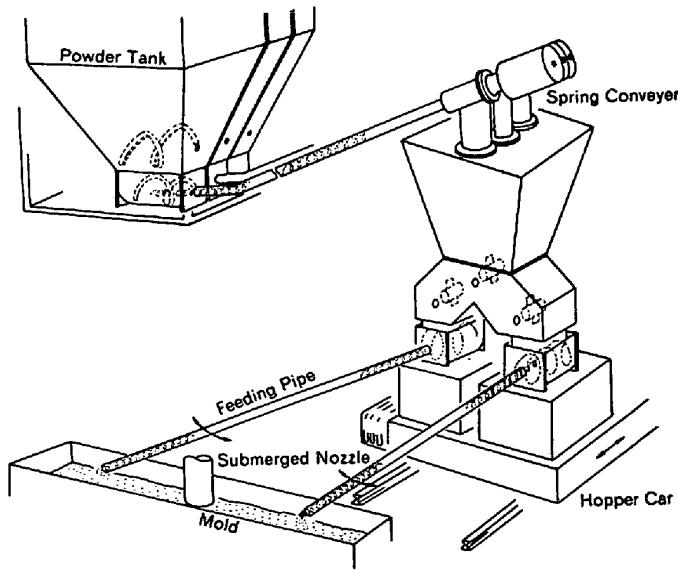


Fig.7 Automatic powder feeding control system.

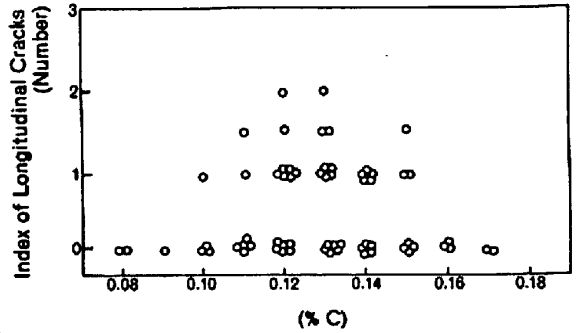


Fig.4 Effect of carbon content on longitudinal cracks of slabs for plate.

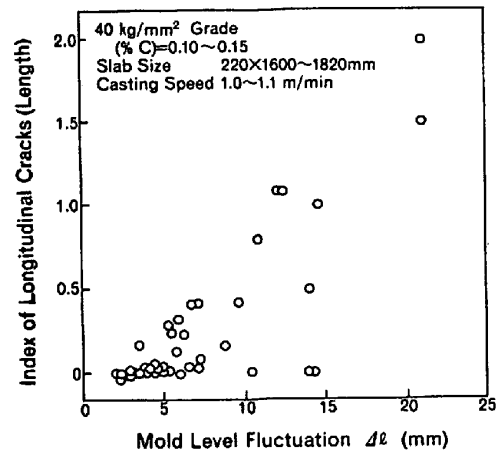


Fig.5 Effect of mold level fluctuation on longitudinal cracks of slabs for plate.

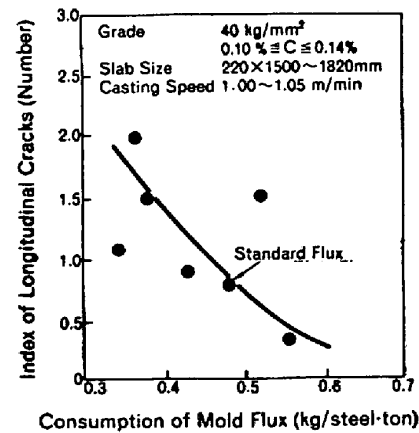


Fig.6 Effect of mold flux consumption (Granular) on longitudinal cracks of slabs for plate.

3.2 連铸スラブの熱間探傷技術開発⁴⁾

成分的に縦割れ感受性の大きい40k級鋼を熱片直送するためには、(3-1)の対策によって、鋳片の表面性状を良好に維持すると同時に、良好熱片であることを保証する必要がある。

一般に、強冷却鋳造時に発生する縦割れを詳細観察すると、その近傍は凹みを伴っている。この凹部に外部照明をあてると、凹部に輝度の差を生ずる(Fig 8)。すなわち、

$$\frac{Q_N}{Q_D} = \frac{W_0 + W_1}{W_0} = 1 + \frac{W_1}{W_0} \quad \dots\dots\dots (1)$$

Q_N ; 健全部輝度 Q_D ; 凹部輝度

W_0 ; スラブ自身が発する熱輻射強度

W_1 ; 照明により生ずる散乱光強度

W_1 は照明強度に比例し、照明を強くするほど、凹部の陰影像は明瞭になる。このように、縦割れを直接観察するのではなく、凹部の陰影像によって、間接的に探傷が可能である。こうした考え方に基づいて開発された光学探傷システムをFig 9に示す。連铸機(№1CC)から出た未切断熱間スラブ表面を水銀灯で照射する。発生した陰影像を3台のITVカメラで分割撮像し、アナログ処理を施して、縦割れ信号だけを抽出する。3台のカメラの信号を合成してグラフィックプリンターに縮尺図示する。この結果で、熱片直送の可否およびスラブの切断長補正が可能となっている。Photo 1~Photo 3に、本設備による縦割れの検出状況を示す。

本設備で検出した縦割れと冷間での表面縦割れとの対応結果をFig 10に示す。縦割れ長さにして50mm以上のものは検出可能である。

本設備はまた、縦割れが自動記録されるため、鋳込異常を定量的に把握することが可能である。このように、本技術は、単に熱片表面の品質保証を可能にしたばかりか、鋳込条件への迅速なフィードバックの手段としても不可欠になっている。

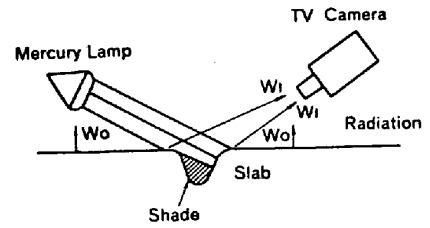


Fig. 8 Schematic diagram of taking reflection image of slab surface defects.

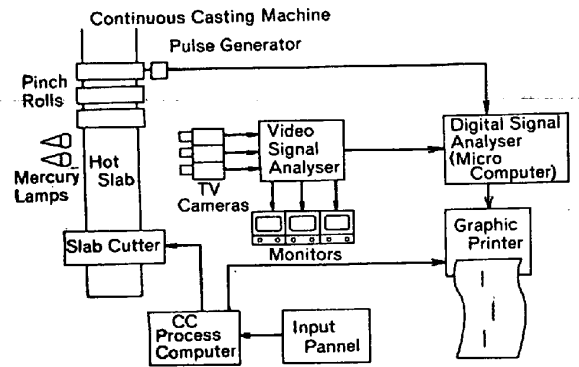


Fig. 9 Schematic diagram of TV inspection system for hot slabs.

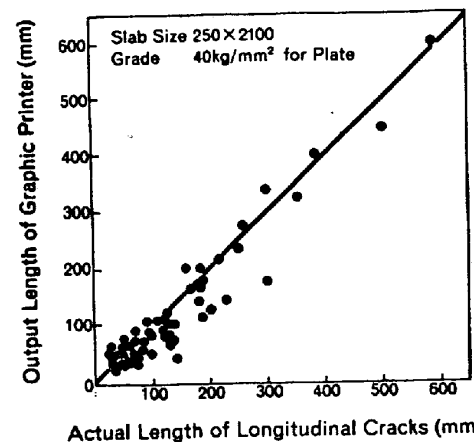


Fig. 10 Relation between actual length of longitudinal cracks on the cast slab and the length indicated by graphic printer.

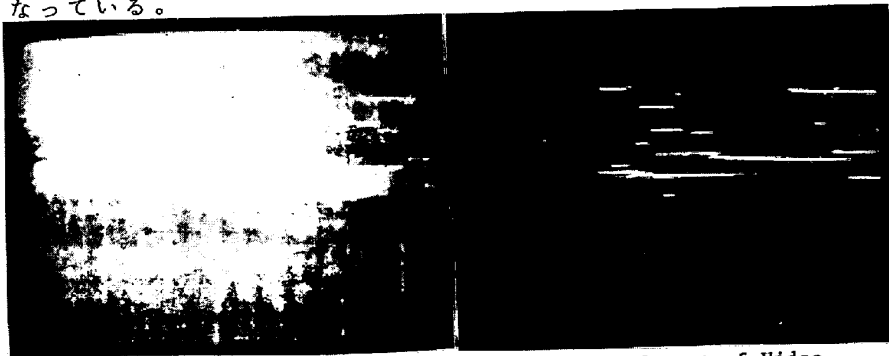


Photo 1. Original image.

Photo 2. Output of Video signal analyser.

Photo 3. Signal of graphic printer.

4. 熱片直送化に伴なうシステム，設備改造

当初の冷片搬送一本立てのシステムから，冷片＋熱片の2本立てシステムに改造された。特に，熱片ロット集約，熱片情報および熱片スラブトラッキングには大きな改造が加えられている。

また，熱片直送化に伴なって，熱片のハンドリング，関連設備の防熱，保温ピットの新設等のいくつかの設備改造も実施されている。

5. 熱片直送の効果

連铸熱片の加熱炉装入温度は，厚板用スラブの場合，400～500℃である。これら熱片装入により，冷片装入時に対して， $7\sim 10\times 10^4 \text{ kcal/steel}\cdot\text{ton}$ のエネルギー節約が可能である。

6. 結 言

鹿島製鉄所連铸機の熱間直送量は，現状，月間約15万トンであり，その約20%を厚板用40k級鋼が占めている。厚板材については，铸込条件の改善による安定したスラブ品質と熱間探傷によるスラブの表面品質保証によって，今後更に拡大しつつある。

近い将来，鹿島製鉄所全体として，連铸材の熱片比率は，50k級鋼を含め，70%を目標としており，より大きな省エネルギー効果が期待されている。

(参 考 文 献)

- 1)橋尾，越後，加藤，中塚，松井；鉄と鋼，66(1980)11，S857
- 2)橋尾，木村，加藤，渡部；鉄と鋼，65(1979)4，S121
- 3)杉谷，中村；鉄と鋼，65(1979)12，P.1702
- 4)橋尾，渡部，中塚，相馬，広島，松井；鉄と鋼，65(1979)11，S826