

討 9

スラブ熱片装入の現状と製鋼での諸対策

日本鋼管 京浜製鉄所 橋 昌久 内堀秀男
榊井 明 ○栗林章雄

1. 緒言

連続鑄造鑄片の熱片装入は最近のエネルギー価格の上昇に伴い、その重要性が非常に大きくなって来ている。さらに将来の製鋼-圧延工場の直結化、と言う観点からも、その1ステップとして不可欠である。当社においては、京浜製鉄所鶴見製鋼工場（昭和51年5月休止）で他社に先がけ、厚板向連続鑄造スラブの熱片装入を実施し（4万T/月）、省エネルギーに大きく寄与して来た。さらに扇島の新製鋼工場では、新熱延工場の稼動に伴い連鑄スラブの熱片装入を開始し、昭和55年8月には5万T/月のペースに達している。連鑄鑄片の熱片装入実施にあたっては、熱片を運搬処理する設備と共に、スラブの品質の向上及びその品質保証が不可欠である。本報告では、これら熱片装入のための諸対策について言及した。

2. 熱片装入設備

2-1 連続鑄造機及びスラブ搬出設備

京浜製鉄所には、スラブ連鑄機が3基あり、熱延向熱片装入は、いずれの連鑄機からも可能であるが薄板向スラブは、主として2号機（ノ連-神戸、カービリーニア型）、3号機（デマグ-日造、S型）で鑄造しており、この2基が、熱片装入の主力となっている。

鑄造したスラブは、切断後、自動バリ取り機で切断バリの除去を行い、熱片トレーラー（75T）で、熱延工場に輸送されているが、将来熱片装入量が増加した場合には、連続鑄造～熱延工場間に専用の地下式台車を新設し、加熱炉前へ台車で直接輸送する予定である。

2-2 スラブ自動バリ取り機¹⁾

スラブ切断時に発生する切断バリは、圧延時に鋼板の表面疵の原因となりやすいため、切断後除去する必要がある。当所では、機械式のバリ取機を開発し使用している。概略の機構を図1に示す。スラブは一旦停止させた後、刃を上昇、前進させてバリを除去する様になっている。本装置の特徴として、刃は、スラブの巾方向に対し約5°の角度を持っており、各々自由な5枚に分割されていて、スラブの反りや、バリの形状異常に対しても、常に失敗なく、バリ取りが行われる様に工夫がなされている。このバリ取り機の作動は、完全自動で行われ、無人化されている。そのため、万一バリ取りに失敗した時の保証回路、スラブ渋滞の防止回路が組込まれている。以上の自動バリ取り機による、オンラインバリ取りは、現在熱片装入材全量に対して適用されており、熱片装入に対して、着実な役割を果たしている。

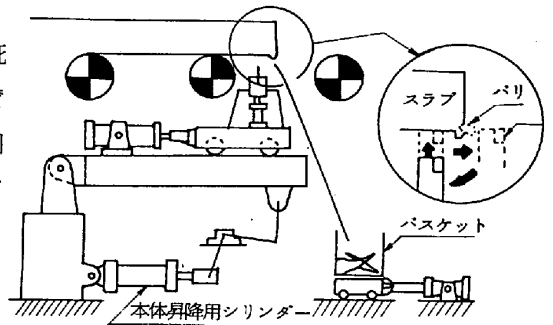


図1. バリ取り装置の全体図

3. スラブの表面性状の改良経過

熱片装入実施のためには、スラブの表面性状を良好に保つ事が不可欠である。薄板向連鑄スラブに発生する表面欠陥は、鑄造鋼種により、大きく2種類に大別できる。すなわち、 $C \leq 0.06\%$ 、 $Mn = 0.25 \sim 0.35\%$ の低炭Alキルド鋼における、ノロカミ、表層下介在物、 $C = 0.08 \sim 0.12\%$ 、 $Mn = 0.40 \sim 0.60\%$ の中炭素Alキルド鋼における、縦ワレ、横ワレなどのワレ疵である。当所においては、以下に述べる表面性状の向上対策を実施して、熱片装入量の拡大を図っている。

3-1 渦流式湯面コントロール²⁾による表面性状の改善

当社で開発した渦流式モールド湯面センサーを、モールド内湯面検出に使用して自動注入を行ない、スラブの表面性状向上に著しい効果が得られている。この渦流センサーを用いた湯面制御システムではモールド内の湯面変化は±3mm以内に制御され、極めて安定した注入が可能となる。

これによるスラブ表面性状の改良の一例を図2に示す。冷延鋼板用スラブの主欠陥であるノロカミ疵は、渦流式自動鑄込により、最も良好な結果が得られている。この原因としては、渦流式自動鑄込方式が、最も湯面レベルが安定しているためと思われる。

図3には、モールド注入方式の違いによる、冷延鋼板での表面欠陥発生状況を示す。熱片装入時では特に注入方式の差は顕著であり、渦流式自動鑄込では、手動鑄込にくらべ、冷延鋼板での欠陥率は半減している。

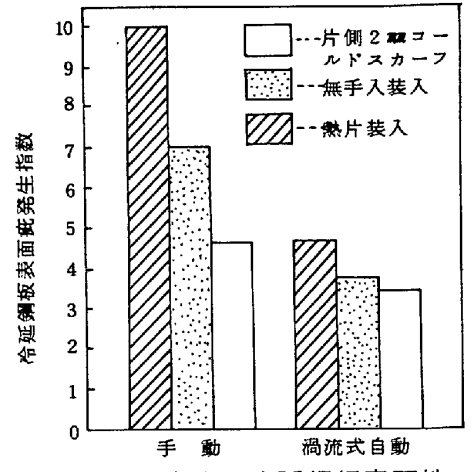
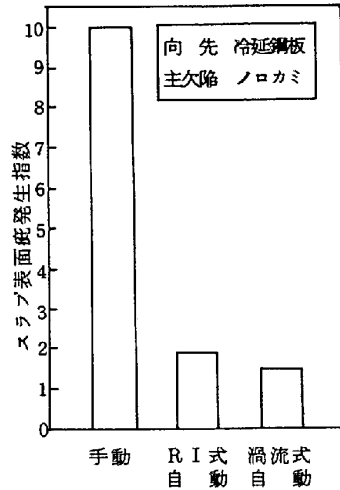


図3. 注入方式が冷延鋼板表面性状に及ぼす影響

3-2 介在物低減による鋼板表面性状の改善³⁾ 図2. 注入方式がスラブ表面性状に及ぼす影響

介在物、特にスラブ表層近くの介在物は、鋼板での表面疵に結びつきやすい。この介在物を低減するためには、介在物の発生を防止する事が必要であり、その対策として、

- ① 取鍋～タンディッシュ間のエアースील
- ② 取鍋ロータリーノズルの、on-off自動注入
- ③ タンディッシュノズルの内挿化

を実施している。又発生した介在物の浮上分離の有効であり

- ① 大型タンディッシュの採用(40T)
- ② タンディッシュ内2重堰
- ③ ガス吹込ストッパー

を実施し著しい効果が得られている。これら諸対策の組合せによる効果の一例として、低炭Alキルド鋼での介在物減少例を図4に示す。

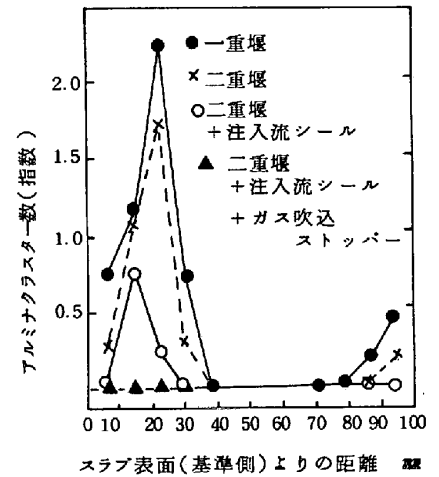


図4. 低炭Alキルド鋼における介在物分布

3-3 オシレーション条件の変更による、ノロカミ疵の低減⁴⁾

スラブのノロカミ疵は、モールドパウダーの特性値に強く影響されるが、オシレーション条件の変更により、モールドパウダー消費量を多くして、熔融スラグの更新を早める方法でも、ノロカミ発生の低減が、可能である。オシレーション条件のうち、振動数を少くして、ポジティブストリップタイム(t_p)を増加させる事が有効である。図5に、 t_p を変化させた時のパウダー消費量Qと、スラブ表面疵発生率の関係を示す。Qの増加に伴い、ノロカミは減少し縦ワレは殆ど変化が認められない。

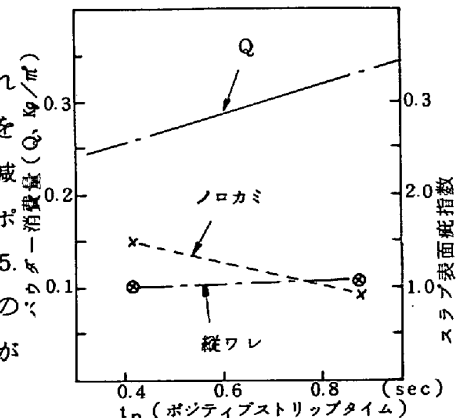


図5. t_p のパウダー消費量及びスラブ表面疵に及ぼす影響

3-4 コーナー横ワレの防止

コーナー横ワレは、オシレーションマークの谷に添って、スラブの

基準、反基準、両コーナー部に発生する疵で、深さ5 mm以内のデンドライト樹間割れである。軽微な割れの底部には、凝固ワレを伴っている事から、この割れは、鑄型内でその要因が作られていると判断される。そこで鑄型短辺テーパー及び、鑄型振動条件を変更して試験を行ない、コーナー横ワレの発生状況を調査した。モールドテーパーを弱くする事により、コーナー横ワレが減少する事は既に報告されている通りである。⁵⁾ モールド振動条件については、図6に示す通り、ネガティブストリップタイムを減少するに伴ないコーナー横ワレ発生個数が減少することが明らかである。これは、ネガティブストリップタイムの減少によりオシレーションマーク深さが浅くなり、モールド、シェル間の摩擦力により生ずる。引張応力に対するオシレーションマーク部の切欠効果が減少したためと思われる。

3-5 低硫化するによる縦ワレ疵の低減

横ワレ疵と同様、中炭素鋼においては、縦ワレ疵が発生しやすく、熱片装入の障害となりやすい。スラブの縦ワレ疵を防止するには、モールドテーパー、モールドパウダー、オシレーション条件、一次、二次冷延条件、を適正化する事が一般的であるが、素鋼S値を低くする事も、熱間脆性を防止するため、縦ワレ疵防止に著しく効果がある。このため、熱片装入時は、 $S \leq 0.015\%$ を目標としており、鋼板の表面性状の安定化に効果を上げている。

4. 異常鑄片のチェック体制

4-1 熱間自動疵検出装置

熱延向スラブの熱片装入では、製品における表面検査が、不可能となる場合が多いので、異常鑄片を事前にチェックする体制が必要である。このチェック方法としては、熱間自動疵検出装置が有効である。鋼板での表面欠陥に結びつくスラブの有害疵としては、開口している横ワレ、縦ワレ、ノロカミの大きいもの、などがあり、この内、現在縦ワレ疵の熱間自動検出装置については、実用化をほぼ完了している。図7に、疵検出システムを示す。本方法の原理は、スラブ表面を超高圧水銀灯にて照射し、その陰画像をリアレーカメラにより電気信号に変換し、この電気信号をフィルタリング処理した後、2値化して、モニターテレビに表示すると共に、有害な縦ワレ疵発生の際警報を行うものである。写真1に縦ワレの代表例を示す。又、写真2には、この疵の2値化した画像を示す。

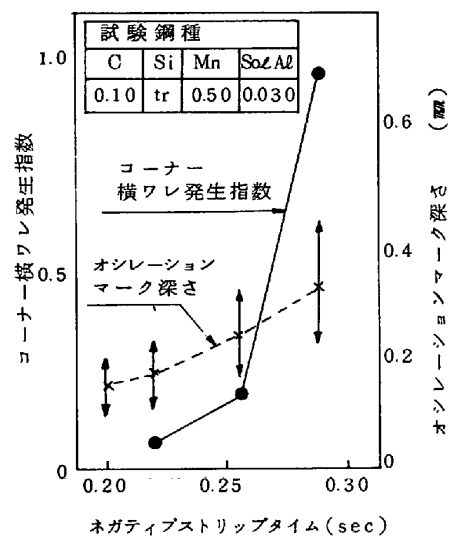


図6. ネガティブストリップタイムとオシレーションマーク深さ及びコーナー横ワレとの関係

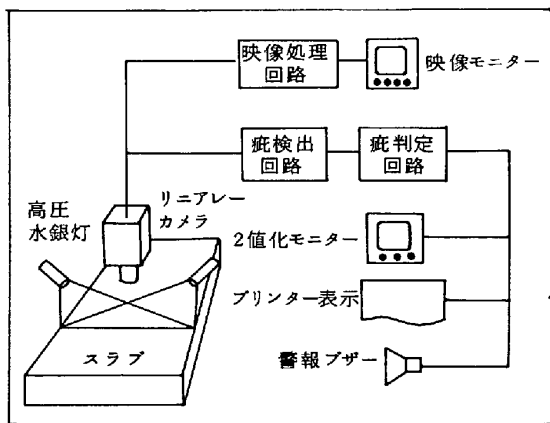


図7. 熱間自動疵検出装置



写真1. 縦ワレの代表例

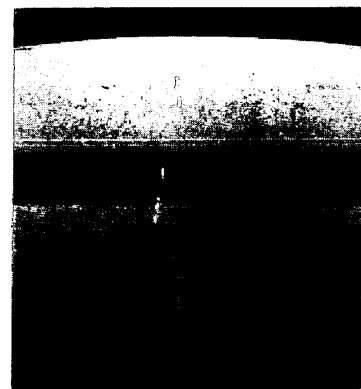


写真2. 縦ワレの

2値化画像

本装置は、表面温度約800℃の熱片スラブを、オンラインで、縦フレ疵を検出する事が可能であり、スラブ熱片装入における、有力な武器となっている。

4-2 製鋼での操業条件によるチェック

溶鋼の成分異常、連続鑄造における、鑄造温度、鑄造速度などの鑄造条件の異常の場合も、熱片装入を中止し冷片化する事を基準化している。その基準を表1に示す。

表1 製鋼条件による熱片装入中止基準

項目	内容	理由
溶鋼成分	低炭素ALキルド鋼:素鋼TA ₀ ≤ 0.010	スラブ プロ疵
	中炭素鋼 : 素鋼S ≥ 0.025	スラブ 縦フレ疵
溶鋼温度	TD内温度 ≤ (凝固点 + 10℃)	スラブ ノロカミ疵
モールド湯面変動	湯面変動が長時間続く	スラブ ノロカミ疵 縦割れ疵
モールド内湯暴れ		スラブ ノロカミ疵 縦割れ疵
低速鑄造	TDノズル詰り等による低速鑄造	スラブ ノロカミ疵
モールド湯面制御	自動湯面制御不能	スラブ ノロカミ疵

5. 熱片装入の実績

扇島地区の熱延工場は、昭和54年4月に操業を開始した。これに伴い同年8月より熱片装入を開始し、順次対象鋼種の拡大を図り、

55年8月には、5万T/月(熱延装入量の約20%)のペースに達している。又熱片装入の予備テストを兼ねて、熱片装入化に先立ち、スラブの黒皮無手入装入を実施している。熱片装入と合わせたこれら熱延向無手入装入量は、鍛接管向、溶接管向、亜鉛鉄板向、冷延鋼板向などを主体に、現在約8万T/月に達している。

一方、厚板向についても、40kgクラス、及び、シリマン系50kgクラスについては全て黒皮無手入装入が適用されており、一部設備工事完了後、熱片装入化の計画である。以上の黒皮無手入及び熱片装入の実績を図8に示す。

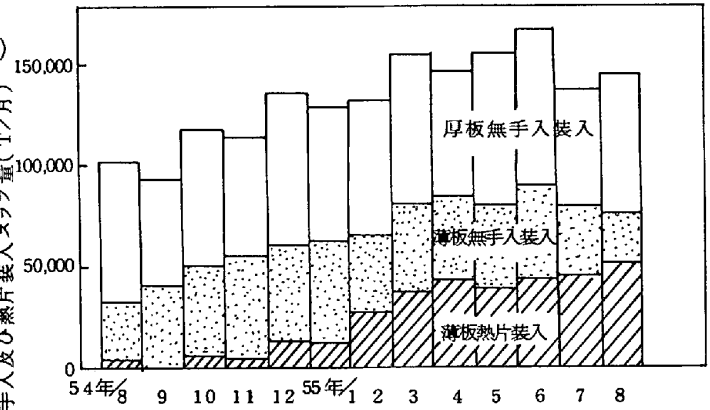


図8. 無手入及び熱片装入量推移

熱片装入スラブは、鑄造→切断→バリ取り後、熱延スラブヤードに、直ちにトレーラーで輸送され、山積されて、圧延タイミング待ちを行う。現状における、切断完了～装入開始までの平均所要時間は、約4時間であり、この時のスラブ温度は、内部で700℃以上であり、加熱炉の熱量原単位の約30%にあたる10万kcal/Tの熱エネルギー節約となっている。

6. 結言

当所では、昭和55年の熱延工場稼働以来、スラブ熱片装入の拡大を図っており、スラブ表面性状の改善、熱間自動疵検出装置の開発などの諸対策を実施し、現在熱延向として、5万T/月ペースの熱片装入を実施している。さらにスラブの黒皮無手入圧延も熱延向、厚板向共に実施しており、これらを合計すると、月間15~17万T、すなわち、全スラブの約45%が完全無手入で圧延されるに至っている。

今後はさらに、スラブ熱片装入の拡大を図ると共に、スラブ装入待時間の短縮、装入待スラブの保温など、さらに省エネルギーに努力する所存である。

〔参考文献〕

- 1) 楯、小倉 他：鉄と鋼、VoL66(1980) S852
- 2) 石黒、中島他：鉄と鋼、VoL65(1979) S123
- 3) 楯、田中、他：鉄と鋼、VoL64(1978) S209
- 4) 日本鋼管京浜：第74回製鋼部会
- 5) 日新、呉：第54回製鋼部会