

討 6 連 鑄 ス ラ ブ の 熱 片 装 入

川崎製鉄㈱ 水島製鉄所 山本武美 工博飯田義治 上田徹雄

深井 真 井上利夫 三浦隆義

○中井一吉

1. 緒 言 水島製鉄所においては、5基のスラブ、ブルーム連鑄機の鑄造能力増強により連鑄比率の向上をはかる一方、連鑄々片熱片装入の量的増大および対象鋼種拡大を推進してきた。その結果、現在では連鑄素材供給系列のすべてについて熱片装入が可能であり、月間20~23万tonの熱片装入を実施している。本報では、連鑄スラブの熱片装入を可能とする鑄片品質改善とその効率的な実施を行うための情報物流システムについて報告する。

表 1. 各種表面欠陥の解消対策

欠 陥 名	対 策
表面たて割れ	① 顆粒パウダーの使用と溶融特性の適正化 ② 鑄型振動の高サイクル化 ③ 最適2次冷却パターンの採用
コ ー ナ ー た て 割 れ	① モールドテーパー最適値の設定 ② 低粘度パウダーによるメニスカス部強冷の抑制 ③ モールド内湯面変動の防止
表面、コーナーよこ割れ	① 2次冷却復熱防止パターンの採用 ② 鋼中空素の低減 ③ モールドメッキの改善
の ろ か み ク ラ ス タ ー	① 溶鋼の清浄化 ② モールド内湯面変動量の管理 ③ 高溶鋼過熱度 ④ 鑄造速度の向上 ⑤ Al ₂ O ₃ 吸収能の大きい顆粒パウダーの使用 ⑥ タンデッシュ、殺漬ノズルの形状改善

2 鑄片性状の安定

2-1 鑄片表面性状の安定 連鑄々片の熱片装入を実施するためには、鑄片表面性状の安定が必須であり、これら各種表面欠陥の解消策は表1にまとめて示したように要約できる。特に厚板向スラブに発生しやすい表面およびコーナーたて割れについての解消策は以下のとおりである。1) 整層溶解する顆粒パウダーの使用により表面性状はいちじるしく改善される。⁽³⁾ 2) 低粘度パウダーは鑄型内で緩冷却条件が得られるが、不均一流入を生じやすい。この対策として鑄型振動の高サイクル化を併用することが、均一なスラグ膜厚の供給の点から有効である。3) 表面欠陥発生に対する鋼中C、Sの影響は大きく、特にS含有量の低下は表面性状の安定に有効である。4) 図1に示すように上部弱冷の2次冷却パターンの採用が表面たて割れに有効である。

さて、連鑄鑄造能力の増強を図るには鑄造速度の増大が有効であるが、高速鑄造操業の工程化にもなってパウダーに関する問題が生じてきた。すなわち、鑄造速度の上昇とともに図2に示すようにAl₂O₃クラスタや気泡欠陥は減少するが、表面あるいはコーナーたて割れ発生頻度は増加し、また拘束性ブレイクアウトが多発するといった問題であり、パウダーの溶融特性などに関する検討が必要となった。従来、顆粒パウダーは、顆粒-焼結(半溶融)-溶融の三層を形成し均一かつ様なスラグフィルムの供給が可能であるとの特質が評価されていた。⁽³⁾ しかし、鑄造速度の上昇時や高速鑄造時においては、溶融層厚が減少し、鑄型銅板温度も鑄造速度の上昇にもなう入熱の増加以上の上昇を示すことが確認された。このことは、顆粒層から溶融層への転換に時間を有するパウダーでは、鑄造条件の変

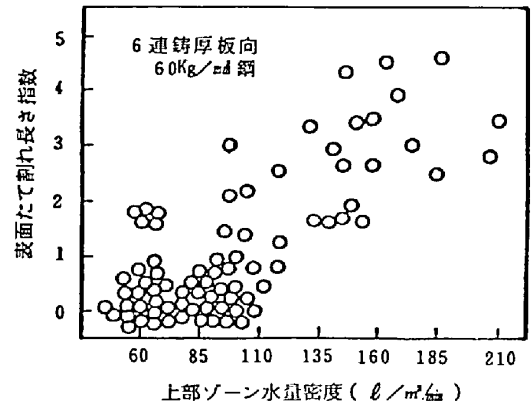


図 1. 2次冷却パターンと表面たて割れの関係

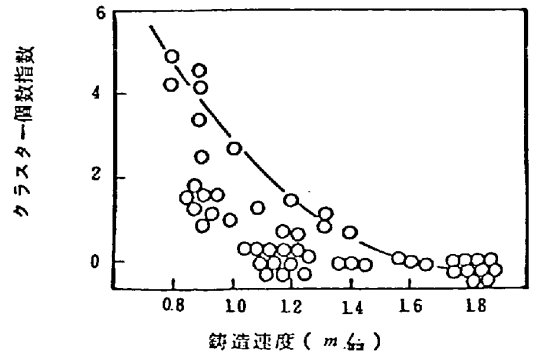


図 2. 鑄造速度とAl₂O₃クラスタの関係

動に対し、スラグフィルムの供給が追従し得ないことを示唆するものであった。微視的な半熔融層の構造が異なれば、速度論的な熔融スラグ層形成能力が異なるものと考え、種々のパウダーについて、微粒炭素粉の配合量や配合方法を変化させ、その熔融機構との関係を実験室的および実機使用テストの観察によって調査した。その結果、半熔融層の構造が図3に模式的に示したように異なることを知った。半熔融層の構造がBタイプのような融着型であるパウダーでは、顆粒間の反応が早く焼結層を形成したあとに熔融に至るのに対し、Aタイプの融滴構造のパウダーでは、顆粒内で基材の熔融が進行し微粒炭素粉の排除とともに融着型の焼結層を経ずに熔融層が形成されるため、熔融スラグ層形成の迅速性において有利であることが確認された。両タイプのパウダーを中炭素鋼の高速鑄造に使用した結果を図4に示すが、基材の物性によらずAタイプの方が有利なことが証明された。また、このタイプのパウダーでは熔融層厚の時系列変動も小さく拘束性ブレイクアウトの防止に対しても有効であった。これらの結果は、半熔融層の構造を含む熔融特性の制御が基材の化学成分や物理的性質の制御同様重要な意味を有していることを示唆するものといえる。

モールドパウダーの改善、さらに鑄造中鑄型短辺テーパ制御によって高速鑄造を工程化している第5連鑄機においても、図5に示すように表面欠陥発生は漸減し、40~50kg/mm鋼の無手入れ率を95~98%に維持し得るに至っている。また、UO、ERWなどのパイプ素材をはじめとする高級鋼についても一部熱片装入の対象としている。

2-2 鑄片品質保証システム 熱片装入対象スラブは、十分に品質保証され、製品において不具合を生じるようなことがあってはならないとの基本的な考え方のもとに、熱片装入可否判定基準を制定し、図6に示す体制で運用している。製造、検査工程における管理基準を明確に設定し、この基準を外れた異常材については熱片装入を中止し、鑄片検査を強化するシステムとしており、特に、その検査が容易でない鑄片内部性状については、内部割れ、非金属介在物などに影響する項目を、ロールラインメントやロール間隔の自動測定値などの設備要因を含め、鑄造方案細目にわたり設定管理するとともに、迅速サルファープリントによる鑄片内部性状の監視を

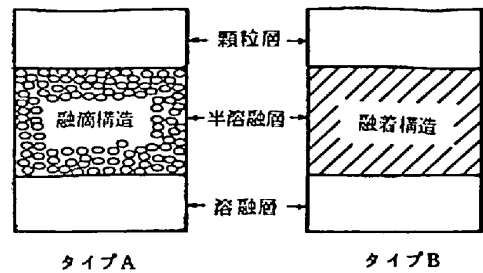


図3. 顆粒パウダー-熔融構造の比較

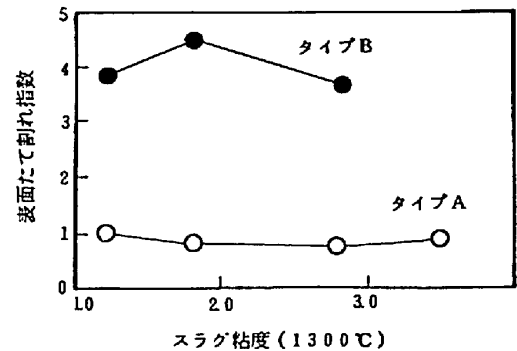


図4. パウダー熔融特性のたて割れにおよぼす影響

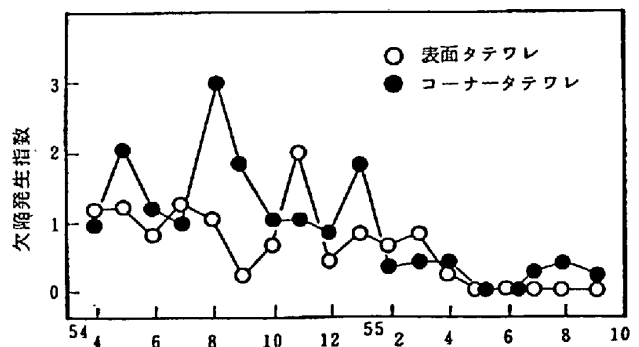


図5. 水島5連鑄における表面欠陥発生推移

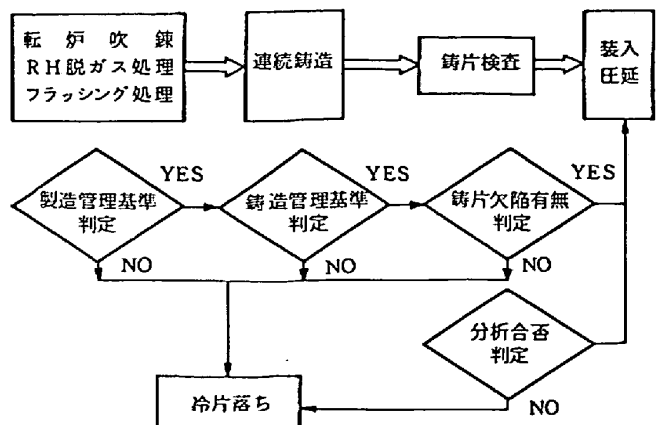


図6. 熱片装入可判定体制の概念図

迅速サルファープリントによる鑄片内部性状の監視を

施している。

さらに、高張力厚板材のU T成績に影響する鋼中水素⁽⁴⁾、溶鋼清浄度の指標である酸素、窒素などのガス成分についても、一部鋼種については、その合否判定基準に組み入れ品質保証を万全なものとしている。

3. 熱片装入システムの現状

3-1 物流システム 図7に示すように水島製鉄所における連铸スラブの輸送経路は、ブルームの熱片輸送経路とも複雑に交叉しており、熱片輸送には一部のディーゼル台車輸送を除いてT.T(Track and Trailer)と呼ばれるスラブ、ブルーム兼用の熱片輸送台車を無線指令により効率的に運用している。図7に示した経路は熱片輸送台車優先となっており、輸送所要時間は5~10分である。

熱片装入に不可欠な鑄片のマーキング作業は図8に示す熱間スラブスプレイマー⁽⁵⁾により自動化され、また製品でかみ込み疵としての残存が懸念されるトーチカットスラグも自動除去され⁽⁵⁾、ほとんど作業員の介入する余地のない物流システムとなっている。

3-2 情報処理システム 連铸工場におけるスラブ切断から圧延工場搬入までの物流速度は、熱片装入工程化によりいちじるしく短縮された。このため、既設の情報処理システムでは、スラブ情報が物流速度に追従し得なくなり、情報処理の簡素化、迅速化が必要となった。厚板工場に関する情報処理システムの改造内容を図9に示すが、この改造により厚板工場では情報処理時間は約4時間短縮され、30分で圧延可能となった。また、熱延工場についても、同様の改造により約2時間後には圧延可能な体制とした。

3-3 連铸-圧延スケジュール調整

連铸工場での鑄造順位と圧延工場におけるミルスケジュールとの調整が適切でないと、チャンス不一致やミルスケジュールの干渉などにより熱片装入が実施できない場合が生じる。5基の連铸機の活用による90%近い連铸

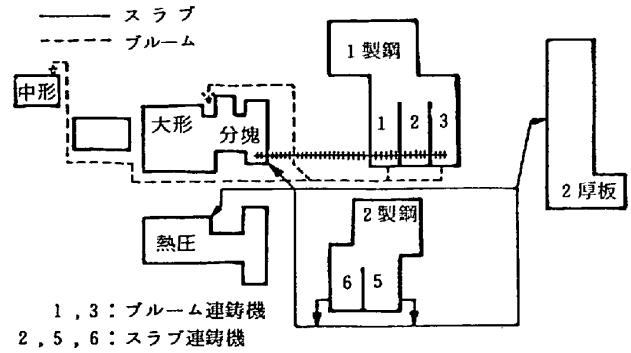


図7. 熱片装入輸送経路の概略

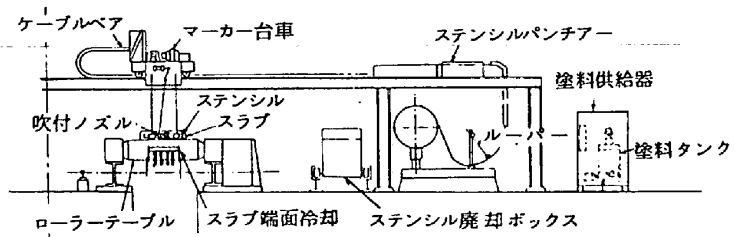


図8. 熱片スラブスプレイマー

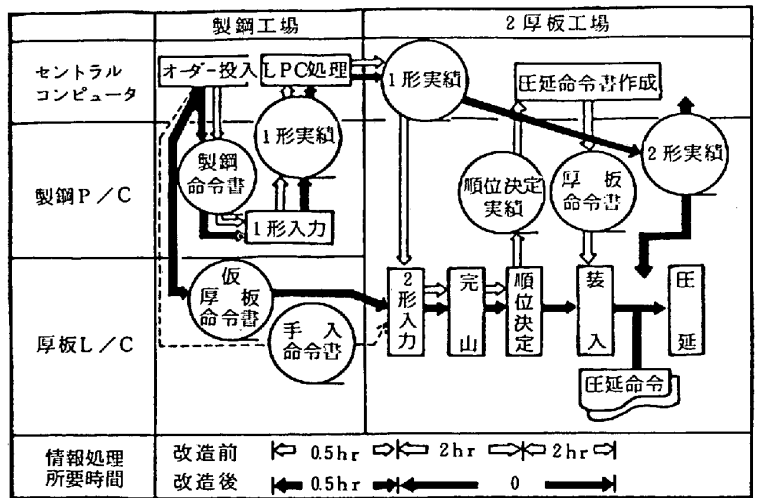


図9. 厚板工場情報処理システムの改造

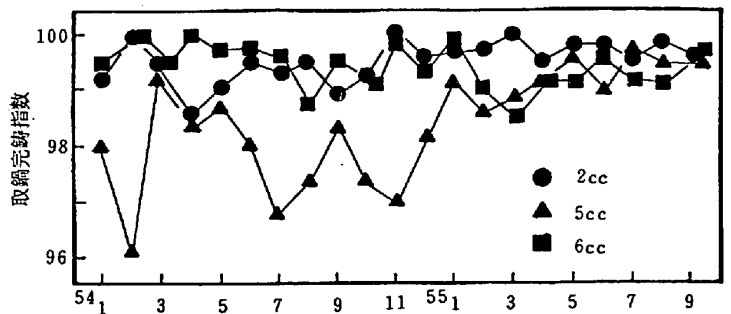


図10. スラブ連铸機取鍋完铸指数の推移

比率のもとで、多種多様の圧延系列について、熱片装入対象量増大を推進するにしがたい、この問題はより重要なものとなり、このため、出鋼計画立案時に、各圧延工場のミルスケジュールを考慮して鑄造順位を決定し、これに従った稼働を行うこととした。このシステムの採用により、連鑄操作を安定させることが従来にも増して重要となったが、既に報告した諸策⁽⁶⁾⁽⁷⁾より、図11に示すように取鍋完鑄指数は向上し、熱片装入量増大に貢献している。

一方、チャンス不一致が避け得ない場合の対策として、圧延工場ヤードに保熱設備を設置し、スラブ含有熱量の逸散防止を図った。図12に示すように保熱設備内の降温速度は、段積み時の $34^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ に対し、 $11.2^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ と減少している。現在では保熱設備内の熱片スラブをミルスケジュールに対するバッファとして活用し、円滑な高含有熱量スラブの装入に役立てている。

4. 熱片装入量の推移 水島製鉄所における連鑄スラブの熱片装入は、厚板向スラブについては昭和52年6月に、また熱圧向スラブは設備上の問題から遅れて同10月から開始し、その後、分塊工場へも大形向ビームブランク素材としての連鑄スラブの熱片装入を工程化するに至っている。図13、図14に、それぞれ熱圧向、厚板向スラブの熱片装入実施量および熱片装入による総圧延量あたりの加熱炉燃料原単位低減効果の推移を示すが、工程化以後発生した操業、設備および工程管理上の問題を逐次解決することにより、熱片装入対象量は拡大し、圧延加熱炉燃料原単位低減に寄与している。

5. 結 言 鑄片性状の安定、各種システムの完備とともに、連鑄スラブの熱片装入は質的、量的に充実したものとなった。しかし、加熱炉装入時の熱片含有熱量は溶製炉から授受されたそれと比べるときわめて小さいこと、熱片装入対象鋼種の一層の拡大を図るにあたっては、冷片状態の検出法に依存している微少割れを熱間で精度よく検出することなどが残された問題であり、今後の課題である。

- 参考文献 (1) 飯田ら：鉄と鋼 65(1979)S759 (5) 飯田ら：川鉄技報 12(1980)3,110
 (2) 江本ら：鉄と鋼 66(1980)S245 (6) 武ら：鉄と鋼 66(1980)S141
 (3) 橘ら：鉄と鋼 62(1976)S542 (7) 江本ら：鉄と鋼 66(1980)S867
 (4) 村田ら：鉄と鋼 66(1980)S859

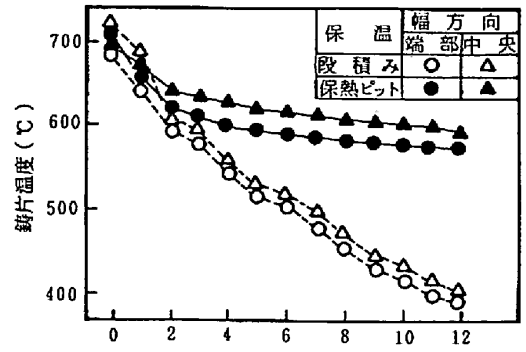


図11. 保熱設備熱片スラブ降温曲線

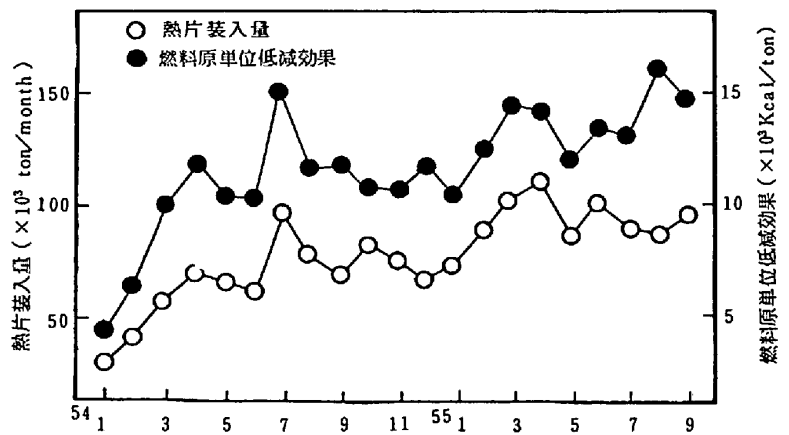


図12. 熱圧向熱片装入量と燃料原単位低減効果の推移

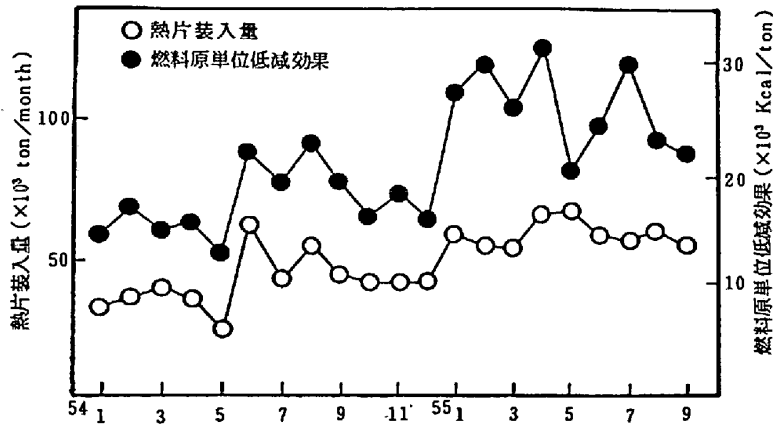


図13. 厚板向熱片装入量と燃料原単位低減効果の推移