

討 7

連鑄鑄片の表面品質の改善と省エネルギー

新日本製鐵 名古屋製鐵所 千原罔典, 小舞忠信, 若子敦弘, 大崎真宏
○木村秀明, 猪狩繁範, 秋田靖博

1. 緒 言

近年の連鑄技術の著しい進歩によって、連鑄プロセスは量および質の両面で高い信頼性が得られるにいたった。さらにこれを省エネルギーの観点から見直すと、後続の圧延工程と可能なかぎり直結させることによって、鑄片の顕熱を最大限に活用する課題が残されている。このためには、無欠陥の鑄片を製造する技術の上になつて、鑄片の手入を省略した工程が、品質面で十分信頼性のあるものでなければならない。

本報告は、当所における鑄片の表面欠陥防止の技術を概説し、鑄片手入の省略とホットチャージの現状について述べる。

2. 製造条件

本報告で述べる対象品種は、冷延鋼板、熱延鋼板および厚板の各品種である。連鑄機は湾曲型連鑄機で約20万t/月の生産能力を有する。本連鑄機の特徴は、図1.に示すように、取鍋とタンディッシュとの間に取鍋と同容量の中間鍋を設けていることである。(LL方式と呼ぶ)¹⁾ これは、転炉と連鑄との時間調整に大巾な自由度を持たせ、これによって親鍋交換時の鑄造条件の変動をなくし、同時に介在物の浮上による溶鋼の清浄化を計ることを目的としている。この方式によって、表1に示すように、高い生産性だけでなく、連々鑄率などにみられるように定速度鑄造により安定した品質を得ることが可能になった。稼動開始した第2号連鑄機にもLL方式を取り入れており同様の効果が期待できる。後続の工程とは台車搬送によっているが、ホットチャージのためには、鑄片の積み重ねによって保熱し、次に保熱炉に装入し圧延工程とのスケジュール調整する方法をとっている。

鑄片の表面品位によって図2に示す工程があり、品種・鑄造条件、鑄片位置によってそれぞれの工程に振り分けられる。

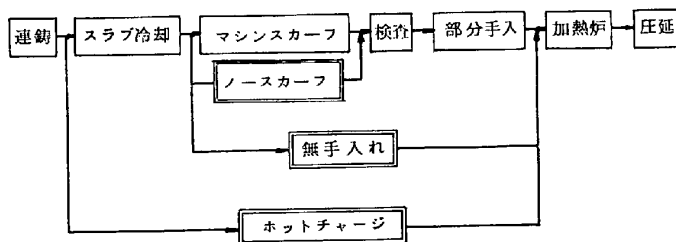


図2. 鑄片手入の省略工程

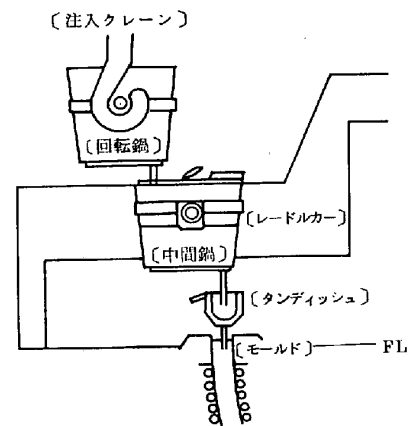


図1. LL方式の概略図

表1. 鑄造成績¹⁾ (昭和54年)

項 目	概 数
生 産 量	20 ~ 26 万 t/M
稼 動 率	82 ~ 90 %
注 入 時 間 率	75 ~ 85 %
平 均 連 々 鑄 率	10 ~ 19 ch/cast
平均タンディッシュ寿命	5 ~ 6 ch/cast
平 均 鑄 造 時 間	38 ~ 42 min/ch

3. 鋳片品質の安定化技術

たとえば、ホットチャージでは連鑄—圧延工程が短時間で結ばれているため鋳片の表面品質に対する高い信頼性が要求される。

鋳片の表面欠陥防止対策について、欠陥の種類異なる低炭素アルミキルド鋼と中炭素鋼系列の鋼種とに分けて述べる。

3.1 低炭素系鋼種における対策

低炭素系鋼種は冷延鋼板およびブリキ向けであり、表面欠陥としては鋳片表層部のアルミナクラスターおよびのろかみが主なものである。これに対する基本的な対策は表2に示すとおりであり、すでに実操業に採用され鋳片表面の改善に成果を上げている。²⁾

しかし、鋳片全長にわたって品質を安定させるためには、さらに次の項目に示す鑄造条件の安定化またはその検出と管理が重要である。

(1) 鑄造速度レベルの大巾な低下

これは、主として取鍋交換時に生じていた問題であるが、図3に示すように鑄造速度の低下とともに鋳片表層部のアルミナクラスター評点が高くなる。この傾向は定常部で試験的に鑄造速度を低下させた時も同様であった。この現象は浸漬ノズルから吐出する溶鋼流が変化し上向き反転流が減少したためであることが水モデル試験によって確認された。LL方式は、中間鍋に溶鋼量調整の機能があるので、取鍋交換にともなう鑄造条件の変動は中間鍋によって吸収されるため定速度鑄造が可能である。

(2) 鑄造速度の変動

上記の鑄造速度の大巾な低下に対して、定常部において発生する鑄造速度の変動は、鑄造中に発生するノズル詰りあるいはノズルの異常溶損その他の鑄造条件の変化に対応するものと考えられる。いま、この状態をあらわす指標として操業変動度(F)を次式で定義し、鋳片の品質との関係を求めると、図4に示すようによい対応を示す。

$$F = \sum_i \left\{ (\Delta v_i / \Delta t_i) / (t_o \cdot \bar{v}) \right\} \dots \dots \dots (1)$$

F値の計測によって、鋳片品質の推定が可能である。

表2. 低炭素系鋼種の鋳片表面欠陥防止技術

分 類	原 因	対 策
アルミナ クラスター (鋳片表層部)	(1) 鋳型内溶鋼流れの不通 (2) パウダーのアルミナ吸収不十分 (3) 溶鋼の清浄性 (4) 湯面レベルの急変	(1) アルゴン吹込み (2) 浸漬ノズル形状 (3) パウダー選択 (4) 溶鋼温度管理 (5) 断気鑄造 (6) 鑄造作業管理
スラッグ かみこみ	(1) 介在物の肌への巻き込み (2) 湯面レベル急変 (3) タンディッシュスラッグの巻き込み	(1) 溶鋼の清浄化 (取鍋、タンディッシュでの対策) (2) パウダー選択 (3) 鑄造作業管理

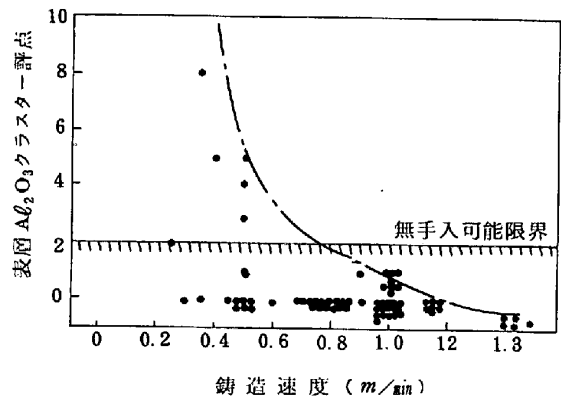


図3. 鑄造速度と表層アルミナクラスターとの関係

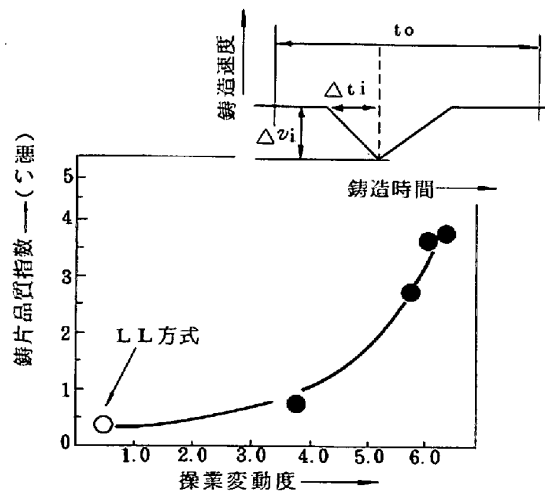


図4. 操業変動度と鋳片品質との関係

(3) 湯面レベルの変動

湯面レベルの変動は、湯面全体の変動と波立ちによる小さきみな変動に分けられる。このような比較的小さな湯面変動も表面疵に敏感に影響することが報告されている。⁴⁾ 写真1は実機におけるメニスカス部よりスラグベアを採取し、断面をみたものである。この写真から鑄造中の状態を推定すると、写真にみられる白色部はいわゆるスラグベアと考えられ、黒色部は鑄型と鑄片との間に流出したスラグフィルムであり、スラグベアが熔融スラグ層の流出を制御しているものと考えられる。

湯面の急激な低下はスラグの過剰流入を生じさせると同時にスラグベアの発達を大にし、その後の急激な湯面の上昇はパラダーの鑄片へのかみこみを生じさせる。機構からみた詳細な検討は今後の調査に待たねばならないが、湯面レベル変動の計測は鑄片表面品位を監視する有力な手段である。

(4) 製鋼・鑄造作業の管理（特性値管理）

溶鋼の空気酸化、鑄型内の湯流れなどの変化の目安となる作業要因を抽出し、要因毎に評点付けを行い、これによって鑄片表面品位を推定すると同時に作業の安定化を計る。

3.2 中炭素系鋼種における対策

表面欠陥対策からみた便宜的な分類であるが、ここでいう中炭素系鋼種とは炭素含有量が0.10%から約0.30%の厚板および熱延鋼板である。この鋼種の鑄片表面欠陥は主としてたて割れ、よこ割れ（面、コーナー）、ひび割れおよびスラグかみこみである。

(1) 鑄片割れと成品疵との関係

たとえば、鑄片たて割れとホットコイル疵との関係を図5に示すが、割れの大きさが限界値を越すと疵が残留する割合が大きくなる。この傾向が他の鋼種（厚板）においても同様であることから加熱炉におけるスケール発生による疵除去の効果と関係づけることができる。

(2) 鑄片割れ対策³⁾

鑄片割れ対策を表3に示した。ひび割れは、鑄造のままでは識別しにくい上、全面に散在するため、鑄片手入れの省略にはひび割れ皆無の条件を選ぶ必要がある。これは鑄型内面メッキおよび鑄型管理の効果が顕著であった。表2に示した対策によりそれぞれ改善効果が得られた。

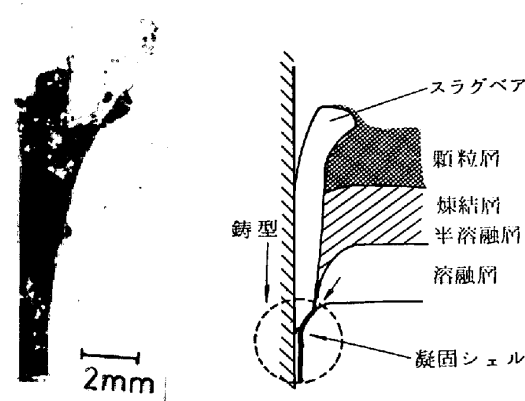


写真1. 連鑄パウダーのメニスカス部での挙動

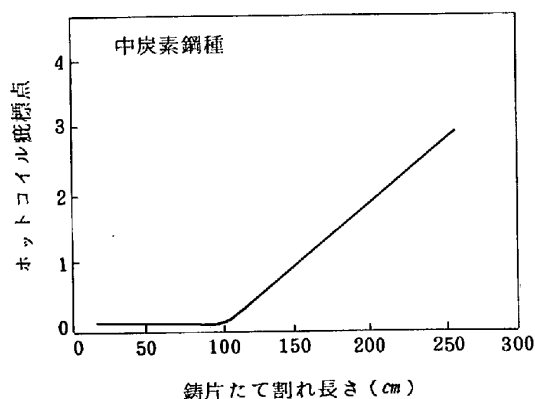


図5. 鑄片たて割れ長さとホットコイル疵との関係

表3. 中炭素系鋼種の鑄片表面欠陥防止技術

分類	原因	対策
たて割れ	(1) 鑄型内の凝固不均一 (2) 熱応力による拡大 (3) 二次スプレー異常	(1) パウダー選択 (2) 二次冷却 (3) 鑄型管理 (4) 鑄造作業管理
よこ割れ	(1) 矯正点での応力 (2) 応力集中 (オシレーションなど)	(1) 二次冷却 (2) ロールアライメント管理 (3) パウダー選択
ひび割れ	(1) 鑄型の Cu 浸入 (2) 二次冷却による拡大	(1) 鑄型内面メッキと管理 (2) 二次冷却

たて割れはパウダーの最適化が顕著な効果を示した。図6に鋳片たて割れとパウダーおよび炭素量との関係を示す。炭素量0.10~0.14%の間で顕著な割れ感受性があり、この領域においてパウダーとの関係が明瞭にみられた。このパウダーはフラックスの添加量のみを変化させて粘性を調整したものである。パウダーA、パウダーB、パウダーCの順に低粘性になっている。また、鋳造速度1.0 m/minのときは三者のパウダーの差がみられなかったが、1.3 m/minにおいてパウダーCが最も良好であった。

たて割れは、鋳造条件の変動だけでなく、二次冷却スプレーの異常においても発生するので常時の監視が必要である。

3.3 鋳片の表面品位と品質保証

以上述べた諸対策によって、低炭素アルミキルド鋼および中炭素系鋼種いずれも良好な表面品位が得られ、図7に示すように高い鋳片無手入比率を達成した。低炭アルミキルド鋼については特にLL方式の採用による定速度鋳造による無手入化比率向上の効果が顕著にみられた。また前述の製鋼の特性値管理の整備によって、検査省略も可能となった。

ただし、鋳造条件の変化、連铸機そのものの異常に対するチェック方法として、オンラインサンプラーによる鋳片内質の早期判定および鋳片表面のモニタリング方式の採用によって異常の検出とフィードバックを行なっている。

4. ホットチャージ

前述の技術の上になつて、ホットチャージを行なっており、図8に示す省エネルギー効果を確認している。現在は設備的制約があるが、熱片の搬送・装入、オンラインバリ取りなど関連設備を有する2号連铸機の本格稼動とともに大量実施が可能となる。

5. 結 言

鋳片表面品位の安定化技術が確立した。この技術をもとにホットチャージを本格的に実施できる体制が整った。今後、大量実施にともなう諸問題を解決しながら省エネルギーの実を上げてゆく。

(文献)(1) 新日鐵・名古屋；第75回製鋼部会(昭和55年3月)

(2) 井上、小舞、竹村、岡、加藤；鉄と鋼61(1975)4, A21

(3) 小舞；製鉄研究294(1978), 12571

(4) 長谷川、重住、鈴木、菅原、種藤、小川、手塚；鉄と鋼65(1979)S715

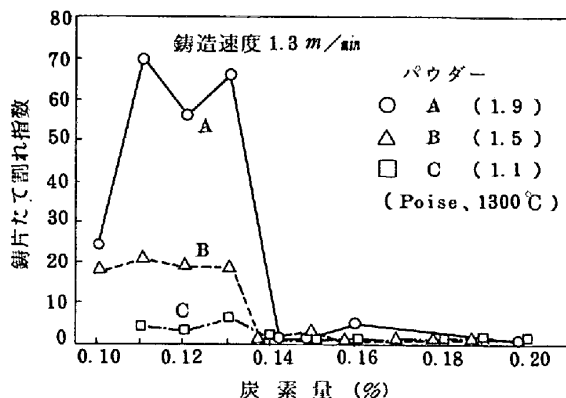


図6. 鋳片たて割れとパウダーおよび炭素量との関係

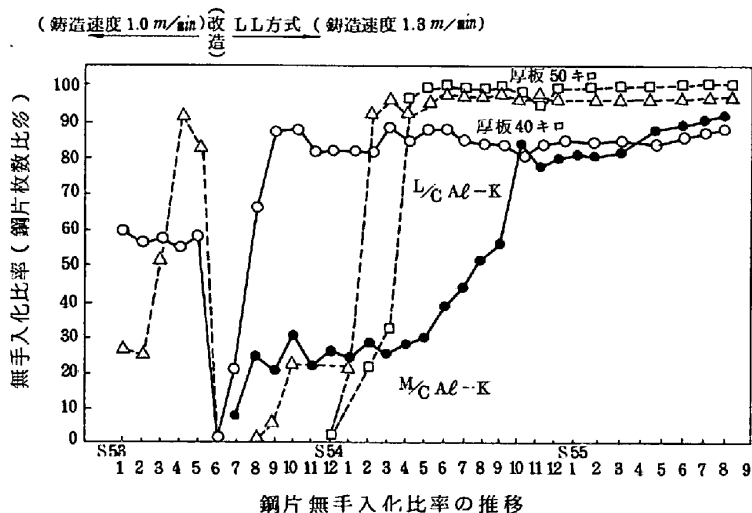


図7. 鋳片無手入化比率の推移

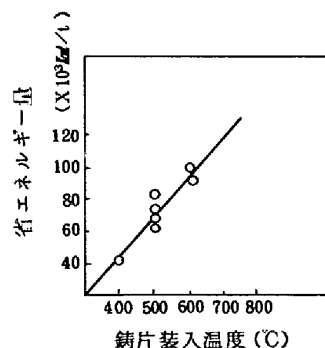


図8. ホットチャージによる省エネルギー