

## 第 101 回講演大会討論会報告

### I. スラブ連鑄の省エネルギー

新日本製鉄(株)君津製鉄所

座長 田 桐 浩 一

昭和 55 年の粗鋼生産量に占める連鑄材の比率は 60.7 % であり、昭和 45 年以來、毎年 5% 強の伸びを示してきたが、特に昨年は、10% 強の伸びを示し、連鑄比率の驚くべき拡大がなされたと言える。このような連鑄比率の拡大とともに、講演大会における連続鑄造に関する研究発表も年を追って増大し、最近では毎回 70 件を超えるに至っている。

今回のテーマである「スラブ連鑄の省エネルギー」は鉄鋼業の主要課題である省エネルギー活動に焦点を合わせたもので、「連鑄スラブのホットチャージ」を促進するためには、鑄片品質の向上や品質保証体制等の品質管理の充実、工程ロスタイムの低減やシステムの整備による物流管理の最適化、更に鑄片温度向上や熱ロス防止等の温度管理技術の開発等、連鑄技術の総合力の向上が必要である、という点に論点がおかれていた。

討論会には、鉄鋼メーカー 5 社の粗鋼年産 500 万 t から 700 万 t の主力製鉄所から、主として連鑄スラブのホットチャージ技術について 5 件の研究成果が発表された。150 名を超える参加者を得て、限られた時間であったが、終始活発な討論が行われた。以下に講演内容と討議の要点を述べる。

#### 討 6 連鑄スラブの熱片装入

川崎製鉄(株)水島製鉄所 中井一吉

スラブとブルームを合計して、月間 20~23 万 t の熱片装入を可能にしているが、これを支える技術として、鑄片表面品質の安定化のために顆粒融滴構造のパウダーが最適であるとし、この使用によりスラブの表面割れ、ブレイクアウトの防止に対し有効であると述べた。また、物流システムの改善、情報処理システムの改造により、短時間で圧延が可能となつたこと、圧延スケジュールと鑄造スケジュールの最適化システムや、保熱ピットの採用により、高温スラブの装入が可能になつたと述べた。これに対して、融滴構造パウダー、およびパウダーの受入検査についての質問がなされ、融滴構造とは、パウダーの溶解過程で融着型の焼結層を経ずに、顆粒内で溶解が進行し融滴となつて迅速に溶融層が形成されることを特徴とすると説明され、検査についてはメーカー検査とモニター使用によるチェックを行っていると回答した。

#### 討 7 連鑄鑄片の表面品質の改善と省エネルギー

新日本製鉄(株)名古屋製鉄所 木村秀明

ホットチャージを可能にするための鑄片品質の安定化

技術を主に述べた。これら品質安定化のためには冷延材用のスラブでは定速鑄造技術と湯面レベル制御が最も重要であり、このためにタンデッシュと取鍋間に中間鍋を設ける方式を採用した(LL方式)、また厚板等の中炭素鋼での表面割れ対策としては低粘性パウダーが効果的であるとし、これら諸対策によつて、鑄片の無手入比率は 90% を越える顕著な向上が得られたと報告した。

非定常部スラブのホットチャージおよび内部性状の判定方法について算問があつたが、これに対し、非定常部スラブについてはホットチャージが困難なため、これら非定常部スラブの発生を少なくする方向で作業を行っていると回答した。

#### 討 8 加古川スラブ連鑄における表面品質改善と HCR の増大

(株)神戸製鋼所加古川製鉄所 安封淳治

スラブのホットチャージ実施のための、品質改善対策として、厚板材のノロかみ、縦割れ防止策としての最適パウダーの選択が必要であり、また厚板材の横小割れ、表層下割れ防止策としては二次冷却帯での温度コントロールが重要であり、このためには二次冷却帯出口温度を 850~900°C に保持し、かつ冷却、復熱を起させない冷却パターンが必要であるとしている。低炭アルミキルド鋼のヘゲ、スリパー疵防止として種々のアルミナクラスター減少対策やアルミナ吸収能を高く保つためにはパウダー消費量を増加させることが効果的と述べた。

これに対し横小割れの発生メカニズムについて 2, 3 の質問がなされた。即ち、カービリーア式のように矯正歪みの小さいマシンでも割れが発生するのか、あるいはスラブの脆化温度域が従来のデータに比しかなり異なっているためかという点についての質問であつた。これに対し横小割れはスラブの上面側にしか発生せず、また温度については矯正点の入側と出側で二色温度計で測定しているため大きな誤差はないと回答した。

#### 討 9 スラブ熱片装入の現状と製鋼での諸対策

日本鋼管(株)京浜製鉄所 栗林章雄

現在、熱延向スラブを主体に毎月 5 万 t の熱片装入を実施している。実施にあつては、切断時に発生する切断パリの自動除去設備を設置し、また品質改善策として渦流式モールド湯面制御が冷延鋼板の表面疵に効果があること、スラブのノロカミ疵やコーナー横割れ疵に対してはモールドオッシュレーションが重要であることを強調した。更に品質保証体制として光学式の熱間自動疵検出装置により縦割れ疵の検出が可能になり熱片装入の有力な武器となつたと述べた。熱間疵検出装置の精度および検出可能疵に関する質問に対して、検出可能疵は縦割れ

疵であり、横割れ、マキコミ疵等は検出不可能であること、検出は光学式のため割れ幅が 0.5~0.7 mm 以上であれば可能であると答えた。

#### 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 橋尾守規

連铸材の熱片直送量は月間約 15 万 t であり、このうち厚板材の直送量は 3 万 t 程度である。これら厚板材の熱片直送の安定化にはスラブの縦割れ疵の防止と品質保証体制が必要である。縦割れ対策としてはロールアライメント維持、モールド湯面制御、顆粒パウダーの自動投入が効果的である。また光学式の熱間探傷技術を開発し、50 mm 以上の縦割れ疵の検出が可能になったことにより、铸片の品質保証のみならず、铸造条件への迅速なフィードバックの手段としても有効であると述べた。これについても討 9 と同様、熱間疵探傷装置についての質問があり、検出可能疵は縦割れ疵で 50 mm 以上であり、裏面の検査は行っていないが、割れ疵の発生傾向は表裏面で類似しているため、表面に 100 mm 以上の縦割れ疵が発生した場合はホットチャージを中止し冷片手入を実施すると回答した。

以上 5 件の研究発表の後、総合討論と論評が行われた。総合討論は発表者全員が同じ課題で討論する形式を取り、まず連铸カッターから加熱炉装入までの時間と装入温度について討論したが、厚板材と熱延材で若干差があり、厚板材では所要時間が 12~13 時間、温度が 350~450°C 程度、熱延材では 4~15 時間、温度が 300~650°C 程度で設備、スケジューリング等の制約により差があることが判明した。次にホットチャージ適用可能鋼種でのリジェクト率の現状については、非定常作業や铸造異常等の原因で約 15% 程度発生していることが討論を通じて明らかとなった。またホットチャージの温度を確保する対策として保温ピットを有している製鉄所が 3 ヶ所あり、その能力は 2000~5000 t 程度である。

討論会の総合論評を楯(日本鋼管・京浜)、桑原(新日鉄・大分)の両氏にお願いした。楯氏はホットチャージのための不可欠な技術として、①溶鋼温度コントロール技術、②Al, Ca, Ti, B 等の添加を含めた、レードルメタラジの技術を生かしたワンポイント成分調整技術、③断気铸造等の介在物減少技術、電磁攪拌技術、湯面制御技術等の铸造技術の総合集積が無欠陥铸片に結びつくこと、更に④マシンアライメントの整備やロール材質向上、モールドコーティング技術等連铸機の保守技術の向上が必要であり、これらの技術開発が今後の無欠陥铸片の製造に大きく関与してくるであろうと指摘した。更に今後のホットチャージの問題点としては、例えば成品工程での検査工程を持たないホットコイル等について、ホットチャージ実施時の品質保証をどう解決して行くか、またローラーテーブルの構造等、铸片の保証技術の

開発があげられると強調した。桑原氏は現在新日鉄・大分で立上り中のサイジングミルの概要を紹介し、連铸機と熱延機を直結し、連铸機では一定幅のスラブを一定速度で铸造し、品質安定化および工程の単純化によるホットチャージ比率の増大および省エネルギーの促進を行っていると述べた。

最後に座長の田桐は、本討論会は連铸の省エネルギーということで、最近 2, 3 年急速に改善された無欠陥铸片の製造技術や熱間表面疵検査装置に支えられたホットチャージについての討論が主題となったが、近い将来再度連铸の省エネルギーに関する討論会が開催される時には、更に進んだダイレクトローリング等の研究成果が議論されることを期待すると挨拶し、本討論会を終了した。

## II. 熱間圧延変形抵抗の数式モデル

川崎製鉄(株)技術研究所

座長 中川 吉左衛門

熱間圧延で製造される製品の寸法、形状に対する要求は近年特にきびしくなり、しかも高能率化が要求されている。それに応じて圧延工程における制御の目的や方法は多様かつ高精度になつており、圧延制御のパラメータの 1 つである熱間変形抵抗についても非常に高い精度が要求されている。一方圧延中の組織変化を通しての材質制御法の 1 つである制御圧延法は、60 年代後半以降の高張力大径管用鋼板の製造を契機として急速な発展をとげ熱間圧延の分野で重要な位置を占めるにいたつている。熱間変形抵抗は高温変形による組織変化を敏感に反映する材料特性値であり、制御圧延時の変形抵抗を精度よく予測するためには変形中の材料組織の変化と変形抵抗変化を正しく対応させることが必要である。また近年プログラム制御により熱間圧延に近い変形条件をシミュレートできる各種の熱間加工シミュレーターが試作、使用され、変形抵抗に対する組織要因の影響が明らかになりつつある。

こうした状況から熱間変形抵抗の問題が多くの研究者の関心を集めるようになり、本討論会でも活発な討論が行われた。以下今回発表された 5 件の講演とそれに対する討論の主要点について述べる。

#### 討 11 熱間圧延変形抵抗の数式モデル

東京大学工学部 木原諄二

続いて行われた 4 件の講演に対する Introductory talk をかねて、熱間変形抵抗の測定方法の進歩、圧延理論と変形抵抗の関係について概説し、材料の塑性変形挙動の定量的把握と正確な数式モデルの必要性を強調した。さらに今日における変形抵抗の問題点の 1 つであるパス間でのひずみ累積効果についての電磁サーボ式の熱間加工再現装置による実験例を紹介した。2 段変形を行つた時、2 段目の応力-ひずみ曲線がわずかのひずみで中断なしの場合の応力-ひずみ曲線に漸近するという結果に