

既に実用化されているスタンピング法による圧密処理法との差異などについて質疑、討論が行われた。

(討4) 石炭の事前処理に関する基礎研究

(新日本製鉄(株)第三技術研究所 小林勝明ほか)

各種の石炭の事前処理法のうち、廃熱の再利用という省エネルギーを背景とし、装入炭の水分低下による効果について検討を行い、その直接的な乾留熱量の低減効果に加え、装炭時における炉内における装入炭の充填密度の均一化効果は、今後コークス炉の大型化に伴い増大すると予想されるコークス品質のばらつきを考える時、その重要性は増すとしている。また、水分低下を行う場合、その品質効果、経済効果に反し発塵問題を伴い、今後総合的なシステムの開発が必要ではあるが、既設炉を対象とした場合、総合的にみて、調湿炭装入法が最も現実的な事前処理法であることを示唆している。

本発表に対し、嵩密度に対する水分の効果に関し、一般に配合炭、あるいは炭種構成により装入炭の粒度分布は異なっており、これは主として微粉部の割合によつて影響を受けることが多い。そしてその微粉部は一般に水分が高いが、粒度分布と水分との関連の中で装入炭の水分を低下した場合、炉内における装入炭の充填密度の均一化はどのようにして得られるかといった充填密度の均一化の問題などが討論された。

(討5) 石炭事前処理技術の数学モデルによる評価

(住友金属工業(株)総合研究所 西岡邦彦ほか)

コークス化機構を考慮した乾留モデル及びカーボン生成速度モデルを用いて、原料品位対応性および生産変動対応性の面から各種事前処理技術の評価を行うと共に、近年議論的になることの多い炉幅との関係についても検討を加えており、原料品位対応性の面では嵩密度向上効果の高いもののほど常温強度の向上は大きく、低品位炭の多配が可能であるが、強度を一定とした場合熱間性状は不利としている。また、調湿炭法や予熱炭法は生産性は高いものの、カーボン付着の制約を考慮すると生産変動対応性は必ずしも高いとはいえないとしている。広幅炉は炭中部の昇温速度が低下し、原料品位の対応性と生産性の面で有利とはいえないが、操業上、あるいは環境上の有利性もあり、事前処理法の選択なども含め総合的な判断が必要だとしている。

本発表に対し、モデルを中心に乾留時における石炭の水分移動をプラスチック・ゾーンを越えて炉壁から上昇するとみなすことの可否、あるいは熱分解ガスの挙動に関しガス量のみをパラメーターとしてとることの可否、あるいは炉幅方向での強度変化をどのように評価すべきかなどの点が論議された。

全討論終了後、新日本製鉄(株)第三技術研究所次長奥原捷晃氏より、現下の我が国鉄鋼業の状況を考える時、コストの安い事前処理法が必要であり、そのためには一

度原点に立ち戻つて考える必要があるだろう。そして、(1)原料のコークス化能力最大発揮、(2)炉の能力最大発揮という面から考えると、原料炭の細粒化と装炭密度の上昇及び乾留時間の短縮と乾留温度の低下のための方策が課題であり、また事前処理法は乾留問題と排熱処理との関連においてトータル・コスト・ミニマムの観点から選択さるべきであり、要素技術としては、安い細粒化法と安い嵩密度化法が今後も研究課題になろうというたいへん示唆に富んだコメントをいただき締めくくつた。

我が国鉄鋼業をとりまく環境の今後の変化を予想する時、今後我々の進めるべき事前処理法の選択はたいへん難しいものがあると思われるが、第一点は現下の厳しい経済環境下でできるだけ少ない投資でできる事前処理が必要であり、そのためには既存設備と技術のレベル・アップをベースとした事前処理法の改善であり、第二点は早晩来るであろう既設コークス炉の更新時考えられる新しいコークス炉のデザイン、あるいは新しいコークス製造プロセスとの関連からみた事前処理法の検討の必要性である。また、第三点は今後原料炭事情は供給面、あるいは使用面から大きく変わる可能性もあり、原料事情との相互関係に立つての事前処理法の検討の必要性である。そしてこれら三点は常に関わりをもつて配慮さるべきものだと考えるが、今回の討論会は石炭の事前処理に関していろいろな角度からの研究成果が発表され、今後の事前処理を展望する上でたいへん有意義なものであつた。討論の中での意見の不一致や、提起された問題点は必ずや今後の事前処理の改善、発展の大きな支えとなるものであり、関係者の相互研鑽により我が国における石炭の事前処理も更に発展していくものと期待される。

最後に、講演者、討論者をはじめ本討論会にご参加いただいた各位に深く感謝すると共に、本討論会が今後我が国における高炉用コークス製造における石炭の事前処理技術を発展、向上させる上で極めて有意義であつたことを重ねて強調し、本討論会の概要報告を終える。

Ⅱ. 連鑄-熱間圧延の直結化

Ⅱ-1 製鋼

座 長 日本鋼管(株)中央研究所

川 上 公 成

副座長 新日本製鉄(株)製鋼研究センター

溝 口 庄 三

粗鋼の連鑄比率も 95% を超えた現在、技術的関心はもつばら、プロセスの効率化に向つている。その技術の最たるものは何といても、連鑄-熱間圧延の直結化であろう。この技術はしかし、単なるプロセスの効率化のみにとどまるものではなく、材質の制御法の革新にもつながる側面がある。その意味で、今回、製鋼、システム、および、材質関係の一貫した討論会が催されたことは、

表 1 質問事項のまとめ

討 論	質 問 事 項 の 要 点
6	厳格鋼種への適用性, スラブ端部加熱装置, 鑄型内流動制御技術, マイクロアロイング技術, 高純度化と直結化のコストバランス 脆化域Ⅱの ϵ とCC機内 ϵ
7	遠隔地 DR 用二次冷却パターン, CPC とロールピッチ短縮の比較 CPC の問題点 (われ, まもう) クレータエドコントロール, 品質保証体制
8	厳格鋼種への適用性, スラブ端部加熱装置, hot 能力に見合う CC 能力アップ, 高速鑄造の制約, 湯面変動対策用 in, 鑄片品質予測法, HDR 適用率を高く保つ工夫, 管理技術
9	初期凝固制御, 品質保障技術, 非サイン波振動と潤滑, γ 粒成長過程, Al-N, NbC の析出過程とピークストレス OSM 生成機構
10	厳格鋼種への適用性, 遠隔地 DR, in 吹込み Ar 制御法, 分塊幅大圧下とスラブ形状, 安定した高速鑄造技術, (ML, OS 条伸, IN 形状), 内方向冷却
11	MnS と NbC による脆化挙動と析出速度, $\epsilon \propto R \cdot A$ に対する S の影響, γ 粒成長を制御する冷却方法, マイクロアロイング技術, Thin Slab Coster は組織, 析出物制御の点で有利か
12	凝固, 流動境界層のミクロ解析方法, 湯面変動によるパウダー巻込現象の解析方法, 超ハイサイクル振動下での初期凝固現象 (マーク, 偏析) コーナー部の凝固遅れの現象とパウダー物性, シェル厚予測, OSM 生成機構, 等軸晶

極めて有意義な企画であつた。その反映として、各方面からの関心は非常に高く、大会場に溢れる参加者があり、終始、熱心な討論が行われた。

午前中は製鋼関係として7件の報告があつた。これらの報告の講演概要をもとに、あらかじめ、質問、討論事項を公募したところ、約70件もの大量の討論が寄せられた。表1はその要点を整理したもので、会場でも配布した。

(討6) 直結化をささえる冶金現象

(日本鋼管(株) 川上公成)

直結化の基本技術は、連鑄の無欠陥鑄片製造技術と高温鑄片の製造技術である。その技術に深く関わる冶金現象を広く再整理した。すなわち、鑄型内初期凝固現象に始まり、二次冷却帯での熱履歴を経て熱延までの、諸々の冶金現象に注目した。最後に、このプロセスは今後のマイクロアロイング技術の発展と、深い関連があることが指摘された。この問題について、さらに討論が深められた。

(討7) 高温無欠陥鑄片製造技術について

(新日本製鉄(株) 椿原 治ほか)

特に高温鑄片の製造技術を詳細に報告した。鑄片の温度は位置の関数であると共に、時間の関数でもある。とりわけ、連鑄機が圧延機に近接して設置された例は少なく、ほとんどは遠隔地からの DR である。したがって、いかにして鑄片の温度を下げることなく、圧延工程に供給できるかがポイントとなる。

また、単に平均的な鑄片温度の確保のみならず、端部温度の補償技術も重要である。

なお、高温鑄造を可能にする技術として、圧縮鑄造や凝固末端制御技術の重要性にも触れた。これらの要素技

術も含め、総合的な品質保証体制の討論があつた。

(討8) 福山における連鑄～熱延の直送圧延

(日本鋼管(株) 和田 勉ほか)

1984年9月の稼動以来、10万t/月以上のHDRを行っている、福山第5連鑄機での製造技術を報告した。第2熱延工場とのマッチングをとるため、Max. 2.5 m/min もの高速鑄造が必要である。それを可能とする鑄型内湯面変動の抑制技術、高温出片のための熱保証技術を詳しく述べた。さらに、連鑄機と熱延機の組合せ操業形態を紹介した。これに対して、品質の厳格な鋼種等、HDRの適用率について討論された。

(討10) ダイレクトチャージプロセスにおける連鑄技術の改善

(住友金属工業(株) 吉原佳久ほか)

鹿島、第3連鑄機は、分塊ミル、熱延ミルと1ライン上に配置され、1983年6月よりダイレクトチャージを行っている。それを支える連鑄技術の詳細を述べた。

それらは、鑄型湯面変動対策、鑄型高振動、大型タンディッシュ、垂直部二次冷却帯、気水冷部、および、幅可変技術である。この要素技術を組み合わせた、いわゆる、安定高速技術について討論が行われた。

(討9) 鑄型と鑄片間の潤滑現象と高速鑄造時の非サイン振動の効果

(日本鋼管(株) 鈴木幹雄ほか)

スラブ連鑄機において、Max. 2.5 m/min もの高速鑄造を可能にした、鑄型振動法の新しい技術を詳細に報告した。

鑄型/パウダー/凝固シェル間の潤滑挙動を定量的に解析し、高速鑄造の最適振動波形を求めた。すなわち、非サイン型振動によりネガティブスリップ時間を短縮し、摩擦力を20～30%減少させた。この潤滑挙動は従来から大いに議論のあるところで、パウダー特性との関連で討論が深められた。

(討11) 低合金連鑄鑄片の表面疵発生機構

(住友金属(株) 前原泰裕ほか)

割れ疵の無い鑄片を製造するためには、まず、鋼の高温延性を理解する必要がある。そこで、スラブの横ひび割れに深い関連がある、800°C前後での鋼の脆化機構を明らかにした。さらに、熱間圧延中の表面割れの原因としてSの影響を述べた。その他、C, N等の影響等にも注目し、脆化防止対策を報告した。これに対して、 γ 粒成長とC量の関係、炭窒化物の析出と歪み速度の関係等、詳細な討論があつた。

(討12) 鉄鋼の連続鑄造鑄型内における凝固現象

(大阪大学工学部 大中逸雄)

鑄型内の諸現象は、鑄片の品質を決定することはもちろん、ブレードアウトの発生に対しても、極めて重要な役割を果たしている。すなわち、溶鋼の流動、伝熱、鑄型壁との潤滑、溶融スラグの流動等である。また、凝固

シェルの形成と欠陥の発生等、極めて広範囲かつ詳細な知見のレビューが行われた。これに対して、シェルの成長、オシレーションマークの形成、等軸晶の生成に対して討論が行われた。

しかし、時間的制約のため十分な議論が尽くせない点もあり、再度、このテーマは討論を深めたいという提案があつた。(例えば、共通問題懇談会の場合が考えられる。)

以上の個別討論の後で、製鋼関係の全体討論を行った。そこに提起された課題は次の4点である。

- (1) 品質保証体制の考え方と方法
- (2) 遠隔地 DR の対策
- (3) 生産ロットの縮小化に対する DR の推進対策
- (4) 将来技術であるストリップキャスターと現状 DR の関係

これらの課題に対して、限られた時間内ではあつたが、各製鉄会社の関係者から熱心な意見が述べられた。

今回の討論会は、現時点で最も適したテーマであり、予定の3時間を30分も延びるほど盛況であつた。

II-2 加工システム

座 長 新日本製鉄(株)第三技術研究所
川 並 高 雄

この部門では、直接圧延、ホットチャージを可能とする熱間圧延技術として鑄片の温度確保技術、幅圧下技術やスケジュール・フリー圧延技術など、熱延プロセスでの可撓性のある品質造り込み技術、またそれが容易となる新ミル構造への改変法、連続して安定生産が行われる一貫工程管理や品質保証システムなどを対象とする報告を集めて討議を行った。内容的に操業技術開発に重点をおく次の2討議と、管理システムを主体とした4討議に分けて報告する。

(討13) スケジュールフリー圧延技術を駆使した新世代熱延ミルの操業

(新日本製鉄(株)八幡製鉄所 田中正二ほか)

大規模ミルで多品種・小ロット生産ならびに連鑄～熱延の連結・連動操業を実現している八幡製鉄所熱延工場におけるスケジュールフリー圧延技術および加熱炉使い分け技術を紹介している。まず、幅の逆転時にも良好なプロフィルを得るために、ロールプロフィルのみではなくギャッププロフィルに着目し、それを平滑化するワークロールシフト法を適用している。またクラウン・形状の自在制御を6 Hi ミルおよびそれを使いこなすためのクラウンスケジュールロジックにより実現している。頻繁かつ大幅なセット替えを可能にするためには、摩擦係数のオンライン同定が重要であることを指摘し、先進率と圧延荷重から摩擦係数を評価する方法を開発しそれにより [Si] % の高い電磁鋼と普通鋼をミックス圧延した

場合、摩擦係数が大きく経時変化することが明確に把握されている。

以上の技術のほかに、熱・冷片ミックス圧延を行うため DHCR 専用炉と HCR・CCR 炉を区別して使い分けることにより、生産能力を低下させることなく大幅な燃料原単位の削減を実現している。

(討14) 連鑄-熱間圧延の直結化における最適プロセスの検討

(日本鋼管(株)福山製鉄所 寺内琢雅ほか)

連鑄機出側以降のプロセスについてシミュレーション計算と実機操業テストにより検討している。

インライン加熱方式と加熱炉方式の燃料原単位を、仕上げ温度が確保できる条件でシミュレーションにより比較すると、従来加熱炉、短炉長 D-HCR 炉、インライン加熱(誘導加熱あるいはガス燃焼)の順で燃料原単位が優位になる。

実機で、インライン加熱(ガス燃焼)+従来加熱炉(3基)の場合に、全炉 HDR (Case A)、D-HCR 専用炉1基 (Case B)、全炉 D-HCR と CCR 混在 (Case C) をテストした結果、総括燃料原単位では、Case A の HDR 方式が最も良く、次いで Case B、C の順となっている。スケールロスでは Case A、B、C の順に大きくなり、粗圧延機出側の長さ方向温度偏差では Case A が最も小さくなっている。以上の検討から、直結比率が同じなら HDR 方式が D-HCR 方式よりコスト面で有利であるとしている。

なお討論において、HDR 材のスケールロスが少ないことに関して、表面疵に対する懸念が出されたが、問題無いとの回答があつた。また HDR において長さ方向の温度偏差軽減対策のため、スラブヒーターをトーチカッターの直後に配置することが効果があることが明らかにされた。

管理システム分野は、直結化プロセスの設備と固有技術群を有機的に結びつけ、プロセス全体を効率的に統御する役割を担っており、次の4テーマの報告があつた。

(討15) 大分製鉄所における直結プロセスVの生活管理
(新日本製鉄(株)大分製鉄所 吉村 浩ほか)

(討16) 福山における連鑄-熱間直送圧延の自動化システム

(日本鋼管(株)福山製鉄所 松村勝己ほか)

(討17) 連鑄-熱延直結プロセスの一貫管理システム
(住友金属(株)鹿島製鉄所 大西英行ほか)

(討18) 新鋼片工場における連鑄-圧延間の連続化・同期化操業

(川崎製鉄(株)水島製鉄所 得丸豊久ほか)

(討15) は大分の第四・五連鑄機と連続熱延及び厚板の両工場をサイジングミルによる幅変換法で直結化し、同プロセスに実現した生産管制システムを中心に、①開発の基本理念、②機能構成、③システム構造、④管理体制