

第 89 回講演大会討論会報告*

I. コークス性状の高炉操業に及ぼす影響

新日本製鉄(株)本社 座長 中村 直人

1. はじめに

現時点において、非常に重要な意味を持つ議題であるが、討論の場を設定するに当たり、特に下記3件の論文を中心とした討議をお願いした。

討 1 操業解析からみたコークス性状の高炉操業に及ぼす影響 日本鋼管(株) 村上 惟司

討 2 コークス性状のレースウェイに及ぼす影響

新日本製鉄(株) 中村 正和, 他

討 3 和歌山第1高炉での成型コークス使用試験

住友金属(株)河合 晨, 他

討1において、生産状態として高炉とコークス性状の関係を総合的に、マクロ的にまとめ、討2において、コークス性状の影響を解析するために、高炉の部分として羽口レースウェイを選び、そのモデルによる研究結果について、討論を進め、討3において、性状の本質的に異なる成型コークスの使用試験の結果について、議論して整理ができるのではないかと期待した。

2. 論文および討論の要点

2.1 討1について

(イ) 内 容

鉄鋼協会、製鉄部会の資料を中心に、特にコークス強度を中心に述べた。(i)通気、通液性との関係、(ii)出鉄比燃料比との関係、(iii)炉内現象との対応について、高炉解体結果、コークス燃焼炉モデル、などより考察した。

今後の問題として、コークスの熱間性状管理の必要性を説き、高炉内での機能として、Spacer、融着帯の Separator、Raceway の Stability から、コークスの強度を考慮することが大切であると述べた。

(ロ) 討論と感想

(i) 現状レベルをよくまとめており、一般の参加者には有効なアブストラクトであつた。

(ii) 強度以外の要素も重要であり、例えば、粒度、灰分などの整理された討論が出れば、総合的なコークスのイメージがまとめられたのかもしれない。

(iii) コークス性状変化の高炉に現れる現象として、経時的変化と、炉容的影響との関係が、もつと的確な形で把めるとよいと思つた。(一部討論が行なわれた。)

2.2 討2について

(イ) 内 容

各種のコークス(普通コークス、成型コークス、木炭など)を、小型燃焼炉にて燃焼し、レースウェイの変化状況を考察した。レースウェイの容積、発生粉率、温度

分布を調査し、その反応性との関係を考察した。

(ロ) 討論と感想

限られた条件内での実験であること、発生粉の蓄積など各実験結果が、いかに実高炉に関連するかは今後の研究の推移に応じて、検討できるものと思う。

一般的には、レースウェイそのものの理解からの議論があり、コークスのミクロ的性状との関係を見出すための議論には、やや距離があつたように思う。

実高炉側と研究側の両者からの努力が、上記テーマへの、基礎的なレベルアップを進めることになるう。

2.3 討3について

(イ) 内 容

和歌山1高炉(1633m³)での成型コークスの使用試験の報告である。使用の一時期、スリップが増加し、ガス流も炉壁に多く、炉下部の圧損が大きく、ダストの発生増加の傾向が見られた。全般的に操業としては、順調で、約2カ月で徐々に増量して100%まで短期間ではあるが、使用した。その時点で35kgの燃料比が上がった。

(ロ) 討論と感想

非常に貴重な報告であつたと思う。成型コークスの性状の本質に関連した議論には至らず、今後に再度議論すべきことを多く残していると思う。

例えば、装入分布の影響、強度評価の考え方、炉下部に対する操業上の影響などである。

3. ま と め

当議題は、ある時期ごとに繰返して討論すべきものと考えるが、議論すべき焦点と幅について、余りにも広く深く問題が存在しているので、座長として進めるに際し例えば、研究と現場データとの関係、将来のコークス性状の変化の方向、コークス組織と高炉内各部の影響などについても、更に一段の討論を行なう必要があつたと思う。

かかる問題を討論するに当たり、一面では問題のある所を、ある程度お互いに認識し合えばよいと考えるのでその点では、有効な議論が行なわれたと思う。

幸いに、前記3件の論文の発表をお願いできて、議論の展開には非常によい指標となり、また参加された各位の熱心な御意見や御討議を戴き、厚く謝意を表して、まとめと致します。

II. 連鑄鑄片の表面性状

新日本製鉄(株)広畑製鉄所 工博

座長 浅野 鋼一

第88回の講演大会において連鑄鑄片の内部品質に関する討論会が開催され、金材研の郡司氏の司会で主として偏析、非金属介在物、内部リレなどについて討論された。今回は連鑄鑄片の品質を決定するもう一つの特性として表面欠陥を取り上げ、その欠陥の分類、発生原因ならびに防止法について3編の報告をもとに色々と討議が

* 本報告は昭和50年4月4、5、6日に行なわれた第89回講演大会における討論会のまとめです。

行なわれた。

報告は鉄と鋼, 61 (1975) No. 2 に掲載されているので詳細は省略するが要約すると次のとおりである。

(討 4) 連続铸造スラブ表面疵発生原因および防止法について

日本鋼管 京浜製鉄所 角南英八郎
山上 諄
技研 撰待 吉雄

表面疵を横ヒビ, スター疵, 縦ワレ, プロ疵, ノロカミの 5 種類にわけそのおのおのについて原因を推定している。それによると横ワレは鋼の高温での低延性域が $770^{\circ}\text{C} \sim 850^{\circ}\text{C}$ の温度範囲に存在するので, それをさけて鑄片を矯正する必要があるとし, 又スター疵については鋼中の Al 含有量とスター疵の発生状況が明瞭な相関関係にあることから, その発生原因を AIN の析出若しくは鋼中の Al 量の増加による熱間ワレ感受性の増加によるものとしている。これらの疵は 2 次冷却法の改善によつて減少することを確認している。次に縦ワレの原因はモールドパウダー, モールド冷却条件, 2 次冷却条件鋼中成分など多くの要因の組み合わせで起こると考えている。プロ疵, ノロカミなどの原因はモールドパウダーによるものとしている。以上これらの疵の解析結果と対策から, 40 キロ鋼については全量無手入操業を行なつていと述べている。

この報告に対して次の諸氏から質疑ならびに意見が出され討論が行なわれた。

神戸製鋼 中央研究所 森 隆資・綾田 研三
新 日 鉄 大分製鉄所 堀 珊吉
川崎製鉄 千葉製鉄所 飯田 義治・上田 典弘

質疑の大半は横ワレ(横ヒビ), スター疵, 縦ワレに関するものであつた。まず横ワレであるが, 堀氏, 上田氏ともに矯正点近傍の温度コントロールが重要であることを認めながらも, 鑄片の矯正点よりも上部における冷却法も重要ではないかという指摘があつたが, これに対して報告者から鑄片上部の冷却法が重要なことは充分確認しているので機会をみて報告すると述べられた。次にスター疵については質問者三人ともに直接欠陥の部分の検鏡で Cu を検出した事実や鑄型にクローム鍍金を施すことによつてスター疵の減少する事実をデータとして示され何れも Cu 説が有力であると述べられた。これに対して報告者から Cu 説は認めるがそれだけでは説明し得ないスタークラック状の表面疵が存在しており, これが溶鋼中の Al 量に依存することから AIN 説若しくは Al によるワレ感受性の変化説を採用したと述べられた。以上の討論から Cu 説と Al 説何れが主原因であるかを結論づけることは無理で目下の所各々に対策を立てる必要があるものと思われる。

縦ワレについてはパウダーと菜種油の併用の効果について意見がわかれたが, 結論として併用して効果があるのは鑄型内で発生する縦ワレのみで 2 次冷却帯で生じた縦ワレには影響がないという結論になつた。その他スラゲベアーの影響についても討論が行なわれた。

プロ疵, ノロカミについてはほぼ報告者の結論の通りであろうということであり質問も呈出されなかつたが森氏の方から参考意見としてメニスカス近傍の湯流れが

ノロカミに大きな影響を与えるという意見が出された。

なお本論文ならびに(討 5)においても加熱冷却過程における AIN の析出が問題になると推定されたことから京都大学盛教授に加熱冷却過程における AIN の析出について特にコメントを戴いた。

(討 5) 連铸スラブの表面欠陥防止のための 2 次冷却パターンについて

川鉄技研 水島研究室 野崎 努・松野 淳一
村田 賢治・大井 浩
水島 製鋼部 児玉 正範・斎藤 達

本報告は鑄片の表面欠陥のうちコーナー横ワレについて解析ならびに実験した結果の報告である。まず原因としては鑄片の上面が矯正点において引張り応力を受けるために割れるとしており, 矯正点における鑄片の温度を高くするか低くすることによつて軽減できるが本報告では機械の制約から高温にはできず低温にするための対策について述べている。そのためには主として 2 次冷却水の配分の仕方を検討し鑄片の表面温度を合理的にするために伝熱計算によつて表面温度を求めた。つぎにコーナー横ワレは鋼中の Al が 0.02% 以上の鋼種に現われやすいことと検鏡の結果から AIN に起因するものと推定し, AIN の生成量におよぼす冷却条件の影響を実験した。その結果頭部弱冷型が AIN の析出に対して有利であることが判明した。また表面欠陥防止のための 2 次冷却パターンとしては従来行なつていた冷却パターンよりもゾーンの継目での復熱が全く抑えられた温度変化の少ない冷却パターンを設定しそれによる表面疵減少の実験を行なつた。その結果コーナー横ワレのみならず縦ワレも減少することができた。さらに AIN の生成と関連して矯正点の鑄片温度と冷却パターンのいずれが表面欠陥に対して支配的であるかを実験によつて確認している。その結果矯正温度よりも 2 次冷却帯での冷却パターンに注目した方法が AIN の析出も少なくコーナー横ワレの発生に対して効果があるという結果が報告されている。

この報告に対して

住友金属中研 杉谷 泰夫
日本鋼管技研 宮下 芳雄

の諸氏から冶金的な面特に AIN の析出に関する質問が呈出された。まず杉谷氏から AIN の析出と冷却速度の関係についての質問が呈出されそれに対してはロールとスプレーの交互配置をとる連铸機では冷却と復熱は避けられず AIN の析出をできるだけ抑えるためには 700°C 以下からの復熱を凝固シェルの薄いときに行なわせるべきではないという考え方で平均冷却速度が決まってくるという回答がなされた。さらに窒化物を形成しやすい元素を多量に含む鋼は $700 \sim 900^{\circ}\text{C}$ の範囲で脆弱になりスプレー冷却のくりかえしで矯正以前にすでに微細なワレが発生し矯正時にこれが切欠きとなつて大きく割れが進行するのではないかという質問に対して, スプレー冷却の不均一による微細なワレの発生は当然考えられるが今回の実験では確認していないし, 又冷却パターンが悪くても横ワレや微細ワレがほとんど無かつたという回答であつた。

さらに宮下氏よりも(討 4)と関連して AIN の析出

量と疵との関係について質問があつた。内容的には杉谷氏の質問と大差なく果たして AlN が疵の起点となり得るか又、もしなるなら Al の含有量によつて疵の発生量に差が出るのではないだろうかという質問であつた。

次いで野中氏から表面欠陥に影響を与えるのは 2 次冷却パターン特に鑄型直下の冷却であるという立場に立つて実験装置を組んで解析を行なっているがそれらの実験事実に基づいて一般的な見解を述べられた。これに対して報告者からも同意見であるが鑄片の表面品質と内部品質で改善の方向が全く逆になることがあるためどちらを優先するかということで最終的に決定すべきであろうという回答がなされた。

(討 6) 薄鋼板用連鑄低炭素アルミキルド鋼における表面性状の改善と鑄片手入れの省略について

新日鉄 名古屋 井上 俊朗・小舞 忠信

竹村 洋三・岡 賢・加藤 郁

(討 4), (討 5) は主として厚板を中心に考察した論文であるが本論文は薄鋼板の表面欠陥についての報告でありしたがって表面欠陥の発生原因も全く異なり、本論文ではその原因を非金属介在物 (主としてアルミナクラスター) とパウダーのまきこみによるとしている。したがって表面欠陥防止法としてはいかに鑄造中に溶鋼からアルミナクラスターを浮上させるか、又一旦浮上したアルミナがパウダーに吸収できる様パウダーのアルミナ吸収能をいかにして大きくするかが重要なポイントになる。これらの条件を満足する製造条件としては、

1. 溶鋼の流れがスムーズになる様なタンデッシュノズルの選定
2. パウダーのアルミナ吸収能を持続させるためには溶鋼温度をある温度以上に保持し又アルミナが増加しても粘性が増加しない様な成分を持つたパウダーの選定
3. 転炉精錬, アルミニウム添加技術, 空気酸化防止技術

などが重要であるとしている。さらに鑄片の品質管理と手入れの省略について詳細な報告が行なわれている。

この報告に対して

川崎製鉄 技研 江見 俊彦

日本鋼管 技研 宮下 芳雄

の 2 氏から質問が呈出された。

江見氏からの質問は本論文が江見氏の経験とほとんど一致していることから大筋については賛意を表されたが Sub-surface inclusion 生成の機構を (1) 溶鋼の停滞流に存在する介在物が凝固殻に捕捉されたものと (2) 浮上してきた介在物がパウダーに吸収しきれずにメニスカス近傍に流れて凝固殻に捕捉されたものとにわけ (1) と (2) の寄点をどの様に考えるかという質問が出された。それに対しては (2) の機構による集積が大きいと考えている旨回答された。さらにアルミナの吸収を大きくする様なパウダーの組成に関する基本的な考え方の討論が行なわれた。すなわち江見氏はパウダーの組成よりも消費量によつてアルミナ吸収量が決定されるので CaO/SiO_2 に固執せずに F- 添加によつて粘性の低いものができるという主張に対して報告者はパウダー中のアルミナ量が大きく変化してもパウダーの熔融特性が変化しないもの

が望ましいという観点から $\text{CaO/SiO}_2=1.0$ としたと答えた。次いで宮下氏からはアルミナの集積を左右するメニスカス部での湯流れを決定する浸漬ノズルについて質問が呈出されたが報告者から鑄片の表層部の清浄化は鑄型内の湯流れとそれに適したパウダーの選定が重要であり、むしろこの場合はパウダーの巻込みに対して注意を払う必要があるという回答がなされた。

以上約 4 時間にわたる討論会で厚鋼板の鑄片に発生するスター疵あるいは横ワレについて Cu 説と Al 説は何れとも結論を得るには至らなかったが多くの方々それぞれ自己の経験データあるいは解析結果を呈出され討論できたことは非常に有意義であつた。また薄鋼板の鑄片製造に関してパウダーの機能は議論されたが時間が少なく十分な討論ができなかったことは残念であつた。

各社とも鑄片の表面欠陥防止は省エネルギー、有力の点から大きな関心事であり大勢の方々最後まで熱心に参加されたことを申し添えておく。

III. 大型鋼材の熱処理

東京工業大学精密工学研究所 工博

座長 田中 実

この討論会については、49 年 5 月に「鉄と鋼」誌上で講演が募集され、依頼講演を含めて 4 つの講演が決定された。その講演既要は「鉄と鋼」61 (1975), No. 2 に掲載されている。

討論会は 50 年 4 月 5 日 13 時より 17 時 30 分まで東大・工学部 3 号館内の教室で行なわれ、約 80 名の会員の出席の下に活発な討論・意見の開陳があり、有意義に終了した。

第 1 の講演は、「極厚低合金鋼板の製造時の熱処理について」と題し、新日鉄・名古屋製鉄所の高石昭吾・斎藤晟・中尾仁二・川合重之・山場暁太・間瀬秀里氏らによつて発表された。これは、原子炉圧力容器用 ASTM A 533B 鋼 (0.2% C, 1.38% Mn, 0.62% Ni, 0.52% Mo) の厚さ 150~160 mm 鋼板製造を対象として熱処理に伴う AlN の析出挙動とそれの低温靱性におよぼす影響と脱水素処理温度選定に際して鋼材のミクロ偏析部の存在を注意すべきことを論じたものである。すなわち、中尾氏は、(i) 溶体化処理で完全に AlN をオーステナイトに固溶し、(ii) 冷却に際しては γ 領域での AlN の析出を阻止し、(iii) 調質処理の加熱に際して α 領域で AlN を析出せしめることが結晶粒の微細化、低温靱性の改善に有効であることを実験例によつて示した。またこの種の鋼材の脱水素処理は α 領域において比較的高温で加熱するのが効果的であるが、ミクロ偏析部では、(0.4% C, 3% Mn, 1% Ni) のように合金元素が高濃度に集積しており、このような偏析部が脱水素処理温度で ($\alpha + \gamma$) 領域にならぬように注意が必要であることを論じた。

この講演に対して、日本鋼管・技研の大内千秋、川崎製鉄・技研の榎並禎一および石川島播磨重工・技研の深川宗光の 3 氏より意見・質問が提出された。

大内氏は、(i) HT 50 鋼 (0.14~0.16% C, 1.26~1.14% Mn, 0.04~0.05% Cu, 0.036~0.057% Sol. Al,