

## Fe-Mn-C 合金の脱りん

(鉄鋼短期大学 国定京治ほか)

$\text{Na}_4\text{SiO}_4$  を主とするソーダ系フラックスを用いて標記合金の脱りんを行い、脱りに及ぼすフラックス組成、温度、溶湯成分の影響を調査した。また、熱力学的検討により、ソーダ系フラックスは  $\text{CaO}$  系フラックスと比較し、脱りに適することを明らかにした。これに対し、溶湯温度が高いほど、最大脱りん率の得られる  $[\text{C}]$  濃度が低値側に移行する理由、含  $\text{Cr}$  溶鉄の場合  $[\text{Cr}] \geq 11\%$  で平衡りん濃度が低くなる理由などについて、質疑がなされた。

(討13)  $\text{Ca}$ ,  $\text{CaC}_2$  による高クロム鋼の脱りん

((株)日本製鋼所室蘭製作所 竹之内朋夫ほか)

$\text{Ca}$ , または  $\text{CaC}_2$  を単独添加した時の脱りに最適な  $[\text{C}]$  濃度範囲をはじめ、適切な処理条件を明らかにした。また、実験室的に得た知見にもとづき、合せ湯法で工業的に  $[\text{P}] \leq 0.010\%$  の 18-8 ステンレス鋼の製造が可能であることを報告した。これに対し、最適処理条件は、処理規模により異なるか、実機でインジェクションを行った場合のフラックス原単位、脱りん速度などについて質疑があつた。

全講演の終了後、座長が、脱りんにおける  $\text{Po}_2$  の意味、および酸化脱りんにおいて  $\text{Po}_2$  が生成する  $\text{Cr}$  化合物により決まるとの考えをベースとした各フラックスの脱りんの可能性などについて最新の研究結果を報告し、まとめとした。また、副座長が若干のコメントを行った。

以上の講演と討論の要旨の報告により明らかなごとく、使用されたフラックスの組成はされざまであり、適切なフラックスの選定がキーポイントであることがうかがえる。今回の討論により、酸化脱りんに関し、スラグの  $\text{Po}_2$  を比較的低い値とすること、かつ  $[\text{C}]$  濃度に応じた適切な  $\text{Po}_2$  の選択と制御の重要性が、ほぼ共通の認識となつたことは収穫といえる。また、酸化、還元脱りんとも、媒溶剤、とくにハライドの役割について種々の知見が報告され、かつ活発な討論がなされたことは有益であつた。討論を通じ、ハライドの  $\gamma\text{P}_2\text{O}_5$  に及ぼす影響をはじめとして熱力学的データの不足が浮きぼりにされたといえる。今後のデータの蓄積が望まれるところである。

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ともに、本討論会が今後合金の脱りん法をより洗練された技術として発展させる上に極めて有意義であつたことを強調して、本討論会の概要報告を終える。

## III. 圧延における計測制御

座長 川崎製鉄(株)千葉製鉄所

北尾 斉 治

我が国の鉄鋼圧延における計測制御技術には古い歴史があり、新しいニーズを次々に解決しながら発展してきた。近年は、省エネルギー・省力・歩留向上などのより徹底したコストダウンや需要家のより厳格な品質要求に応えるために、従来になかつた技術開発がなされ成果を生んでいる。点の計測から面の計測を可能とする知能センサー、ロボットに代表される自動化機器、品質精度を高める新しい制御理論の適用、コンピューターを駆使し多品種小量生産を可能とする新しいオートメーション等々である。これらの技術は技術進歩が速く技術分野も広範囲であるが、今回の討論会では代表的な実例を報告願ひ、技術の実態を展望するとともに今後の方向について討論した。

参加された討論講演は以下の6件である。

(討14) 圧延における計測と制御の動向

((株)東芝重電技術研究所 安部可治)

(討15) 熱延仕上圧延機新張力制御方式の開発

(日本鋼管(株)京浜製鉄所 林 美孝ほか)

(討16) 非干渉制御による大形仕上圧延機自動厚み制御の開発

(新日本製鉄(株)君津製鉄所 福谷和彦ほか)

(討17) 新しい制御技術を用いた圧延板厚制御方法

((株)神戸製鋼所 北村 章ほか)

(討18) 新鋼片工場におけるプロセス制御システム

(川崎製鉄(株)水島製鉄所 山崎順次郎ほか)

(討19) マイクロコンピューターによる圧延計測制御

(住友金属工業(株)鹿島製鉄所 荒井 攻ほか)

(討14) は、安部可治氏に依頼した基調講演である。計測制御対象である圧延機とドライブシステム、計測の進歩、制御装置、圧延における制御について実例を交え幅広く動向を概括いただいた。要旨は以下のとおりである。

圧延機の進歩により計測制御は方法・手段の多様性が増加した。ドライブシステムは精度・応答が向上し、マイクロコンピューターがセンサーの信号処理を容易にした。圧延における制御では、制御装置の発達と共に高速化・高度化が計れるようになった。制御ロジックの面では従来の制御に加えゲインのセンフューニングや非干渉制御が効果をあげており、今後適応制御・多変数制御・知識工学の応用などが期待できる。

この講演に対して、知識工学の圧延制御への適用と、潜在化した物理量のセンシングの、将来動向に関する質問、複雑な制御系におけるセンサー故障等による全体システムへの影響についての質問があり、講演者から具体例を入れた見解が述べられた。

次に個々の実例の講演に移つた。

(討15) は、熱間仕上圧延機において極厚広幅材ではルーパレス圧延、他の材料ではルーパ最適制御による圧延を行うために開発された張力制御に関するものであ

る。ルーパ系のシミュレーターと非線形計画法とを結合して制御性の評価を行い上記の圧延方法を選択した。下流スタンドでのルーパレス圧延を、圧延中に制御モデル式の係数を逐次推定することで可能とした。さらにルーパ制御では、積分型最適レギュレーターを適用することによつて効果を上げた。

討論ではまず制御理論を適用する上でのむずかしさが議論の対象となつた。実機では非線形性が顕在化するために非線形補償を入れたことや、操業中の調整を可能とするためにバックアップシステムを採用したことなどが紹介された。次に当技術のポイントとなつたトルクアームの推定方法や、制御モードの考え方についての質疑があつた。クロスコントローラーと積分型最適レギュレーターの比較についても討論がなされた。

(討16) は、大形仕上圧延機 (ユニバーサルミル) の自動厚み制御の開発に関するものである。当圧延機ではウェブとフランジが一体として圧延されるために、互いの厚み制御間に相互干渉が発生する。そこで非干渉制御理論を適用した自動厚み制御を行うことによつて良好な厚み制御を可能にした。フランジ・ウェブの干渉を考慮して圧延現象を解析し、圧延反力非干渉制御を導入した圧延制御モデルを構築して実機化した。

この構演に対し、制御システムの狙いと考え方、制御系設計に係る極配置の決定方法、(討15) と同じくクロスコントローラーと状態フィードバックによる非干渉制御についての比較、などについて討論された。制御から新しい圧延理論を生んだことに注目したい。

(討17) は、最適化手法と現代制御理論を各圧延プロセスに適用した板厚制御法に関するものである。熱延仕上圧延での予測適応制御とパススケジュール最適化にそれぞれ山登り法と GRG 法 (一般化縮小勾配法) を適用した例、厚板油圧 AGC の制御ゲインの最適設計に最適レギュレーターを適用した例、AGC の主要機能であるロール偏芯制御にカルマンフィルターを適用した例に対して、制御系の具体的な設計方法と、シミュレーションや実機適用時の評価について報告した。

討論では、各手法の採用理由、設計の方法や数式の解法、適用した制御ロジック、調整の方法と発生した問題点等について全面的な質疑が交された。パススケジュールの最適化において、仕上ミルより上流側にも範囲を拡大して多目的問題を効率よく解くことを考慮したこと、AGC の最適ゲイン設計において、調整時の目安を与えるという点でも採用した方法が有効である等、講演者からいくつかの見解が示された。また制御系設計においてシミュレーションが大きな要素であること、シミュレーションで事前評価していても調整段階では種々の問題が発生しシステムチックな調整はまだむずかしいことが、討論を通じて指適された。

(討18) は、省エネルギーや多品種少量生産を旨とし

て新しく建設された、鋼片工場の生産システムとそれを構成する各制御サブシステムに関するものである。加熱炉燃焼制御のブルーム温度推定計算で差分式モデルを用い、最適目標昇温パターンはオンラインで線形計画問題を解くことによつて求めている。VH ミルのインパクトドロップ補償にオブザーバー制御を採用している。VH タンデムミルで製品オーバー寸法を一定とするために、V ミルで補償する高精度断面形状制御を開発している。

討論では、燃焼制御のモデルチューニングの方法と精度を上げるための手法、温度推定における具体的計算方法、オブザーバー制御の評価等について質疑があつた。数式モデルの予測精度を向上させるために、多大の努力がなされていることが明らかにされた。

(討19) は、マイクロコンピューターを圧延計測制御に適用した例に関するものである。鉄鋼の生産管理とプロセス制御には多数のコンピューターが使用されているが、筆者らは、計測器からプロコンに至るまでマイクロコンピューターを適用することを指向している。厚板圧延のプロコンシステムという大規模なシステムに、マイクロコンピューターを全面採用した適用例を紹介し、標準化やシステムの信頼性についての評価と今後の課題について講演した。

討論では、ソフトウェア開発とメンテナンスの問題、マイコン間のインタフェイスやネットワークでの問題に議論が集中した。講演者からは、前者に対しては開発システムを作りテスト環境を整備することによつて、後者については標準化を進めることによつて問題を克服し、開発効率・拡張性・信頼性等について満足できる成果を得たという回答が示された。

以上、講演と討論内容の概略を記した。この講演と討論を通じ、1) 圧延の計測と制御に対する要請が急であること、2) 先端技術と新しい手法を取り入れながら開発が進められていること、3) これらの開発が着実に実用化に結びつけられ成果を生んでいること、などが明らかになつた。また計測制御の論理性が高まり、システムとしても高度で広範囲となつてきていることをあらためて認識させられた。この討論会のテーマは、技術範囲の広いものであつたが、主として圧延の制御について現状の技術レベルと今後の方向が明確になつたといえよう。

最後に講演者各位、質問状を寄せられた方々ならびに会場で熱心に討論に参加された皆様に厚くお礼申し上げます。

#### IV. 油井管における最近の進歩

座 長 名古屋大学工学部

細 井 祐 三

油井の深井戸化、局地化に伴い、その環境はますます高温高圧となりまた硫化水素、塩素イオン、炭酸ガスを