

討論会まとめ

平成5年第126回秋季講演大会

高炉下部領域における物理的・化学的現象の解明と制御

座長：NKK 坂本 登
副座長：(株)神戸製鋼所 清水正賢

近年、高炉への微粉炭多量吹き込みなど、従来以上に苛酷な条件下で高炉を安定に操業する技術の必要性が高まっている。しかしながら、高炉下部領域の制御については未解明の現象が多く、最適化への考え方も十分とは言えない。そこで、本討論会では高炉下部現象に焦点をあて、各種操業因子のレースウェイ部、炉芯部、融着滴下部など下部現象に及ぼす物理的・化学的影響について計7件の研究発表を行い、炉下部制御の技術的可能性を討論した。

研究発表の主流は、微粉炭吹き込み時の炉下部現象の解明であり、特に炉芯プローブによる炉芯の温度分布、液流れ、微粉粒子の運動と堆積挙動など物理的現象の変化について調査、解析結果が示された。現時点では、操業条件と各種現象との関係を定性的に整理した段階に留まっているが、レースウェイ深度や温度分布、圧力変動など従来の認識と異なる現象も見出されており、そのメカニズムの解明も含め、今後さらなる調査と解析が必要であるとの認識で一致した。微粉炭吹き込みに関する発表の中で、唯一明確になりつつある現象として、これまで問題視されてきた未燃焼微粉炭の蓄積については、いずれの調査でも存在割合が低く、炉芯の通気・通液性制御に対しては、微粉炭吹き込みにともなうコークス粒子の劣化挙動が問題であり、炉下部コークス層の充填構造制御が重要であるとの意見が大勢を占めた。

炉下部コークス層の充填構造については、溶銑流れの観点からも2件の研究結果が報告され、充填粒子の降下速度や粉コークス層の局所的な存在が液流れに特異な影響を与えることが示された。

今回の発表と討論から、炉下部の物理的・化学的現象には、コークス粒子の粉化と蓄積挙動が大きく影響していることが明確になりつつあり、その適正な制御技術を確立するには、各種計測端を用いた炉下部現象の解明と、その結果に基づく新しい装入、衝風、出銑滓技術の開発が必要であると総括された。

スクラップ利用製鋼プロセスの現状と今後の展望

座長：九州大学 森 克巳
副座長：住友金属工業(株) 山口 進
トピー工業(株) 須田興世

スクラップの需給バランスの逆転を背景に、資源リサイクルや省エネの観点から、近年、スクラップを利用した製鋼プロセスに対する関心が高まっている。本討論会では、最近の冷鉄源事情についての依頼講演を含めて計18件(内1件欠講)の発表があり、電炉製鋼プロセス並びに最近の新しいスクラップ溶解プロセスに関する総合的な討論が行われた。

スクラップは現在製鋼鉄源の40%を担っている。今後、低品位スクラップ比率の増加が予想され、予備処理としてのシュレッダーの役割が重要になる。シュレッダー屑の配合結果(2件)によれば、歩留り、エネルギー原単位は向上するが、配合率や嵩密度などの最適条件についてはまだ検討の余地がある。

電炉製鋼プロセスの分野では、近年採用が増している直流アーク炉の操業について、直流通電による溶湯の流動解析結果、電極の個別電流制御法の効果、炉底電極の寿命延長対策及び安定集塵、予熱効果などについて4件の報告があった。一方、交流アーク炉操業についても、EBTや底吹きガス攪拌の効果、中空電極を用いた新しい密閉型電気炉など4件の報告がなされた。溶解期と精錬期での浴の攪拌や着熱効果の違い、2次燃焼の割合などについての討論があった。今後の課題として排ガス、ダスト対策、スクラップ予熱、歩留りの向上、自動化等の問題が指摘された。

化石燃料を用いるスクラップ溶解法では主に既存の設備が利用されている。転炉を用いる場合、炭材とO₂を炉の上方面あるいは炉底から供給し、連続残湯方式、回分式で溶解のみ、または脱炭まで行う3件の報告がなされた。充填層方式では高炉や転炉等を用い、2段羽口で炭材の燃焼の制御を行うタイプと石炭の予備燃焼ガスを利用するタイプが報告された。討論の結果、今後の課題として、燃料は石炭とコークスのどちらが、また、溶銑、溶鋼のどちらを製造するのが有利か、さらに、2次燃焼や多量の排ガスの顕熱回収等の課題が提示された。

制御理論の鉄鋼プロセスへの応用

座長：住友金属工業(株) 的場 祥行
副座長：川崎製鉄(株) 山崎順次郎

鉄鋼製品を高品質・高歩留りに生産するため、製造プロセスを高精度に制御することができます。重要となっており、制御理論の応用が図られてきたが、その有効性、問題点、

今後の方向などについて基調講演と最近の事例発表5件をもとに討論を行った。

[東大北森教授基調講演]

“応用面からみて使いやすい制御理論とは”について、制御対象の表現、制御仕様との与え方、設計計算、物理的・工学的な連続性などの観点から、その具備すべき条件・特性が論じられ、明らかにされた。

[事例発表・討論]

(1)連続铸造モールド湯面レベル制御への適用報告がなされ、①外乱推定オブザーバによる制御は、モデル構造が明らかな場合は適用しやすく効果的であるが、ゲインに制約があり、H[∞]制御の方が精度がよいことが示された(川鉄)。②低速铸込の場合は積分系モデルで精度がよいため最適レギュレータが有効であるが、高速铸込の場合は、高周波外乱によりモデル誤差が大きくなるため制御とロバスト性の両立を図ったH[∞]制御が有効であることが示され(住金)、ノズルづまりに対する適応制御方法などについても討議された。

(2)圧延ミルへの適用について、①熱延仕上げミルのスタンド間ルーパの角度とストリップ張力の干渉系への変数制御(非干渉、レギュレータ、H[∞]制御)の適用検討結果が報告され(東芝)、応用のしやすさ、制御性などについて討議された。最適レギュレータは精度はよいもののゲイン決定・調整が大変であることが指摘された。②冷延レバースミルの従来制御に、外乱推定オブザーバによる圧下操作補償ループを付加し、特に非定常部の板厚精度向上を図った例が報告され(神鋼)、外乱推定精度、張力系との干渉問題などの課題が討議された。

(3)連続焼鈍ラインの板温制御について、プロセスの動特性をむだ時間を含む一次遅れ系で近似し、各パラメータ変化に対して制御とロバスト性の両立を図ったH[∞]制御の報告がなされ(新日鉄)、得られたコントローラの周波数特性、低次元化、モデルとコントローラの精緻さのマッチングなどのつっこんだ討論がなされ、今後のモデリングと、CAD利用による設計のあり方が討議された。午前中という短時間であったが、制御理論(特にH[∞]制御)の適用の進展が確認され、北森先生より随所で有益な助言も頂き有意義な討論を行うことができた。

鉄鋼中非金属元素分析の現状と課題

座長：東北大学 広川吉之助
副座長：新日本製鉄(株) 小野 昭敏

鋼材に対する品質要求の多様化、厳格化に伴い、鋼材の高純度化が図られ、その中の微量非金属成分の分析が要求されている。H, N,

O, C, S, Pなどの非金属元素は、環境構成元素として器具類中を始め、周囲に多量に存在するために鉄鋼中の、これら微量元素の分析は試料調製から測定にいたる間に汚染、吸着、拡散、反応などによる影響を考慮しなければならない。今回は“鉄鋼中非金属元素分析の現状と課題”という主題で討論会を開催した。

午前中、還元蒸留—エチレンブルー法によるSの定量ではTi含有鋼における $Ti_4C_2S_2$ 析出物の影響、さらにS定量の高感度化のために光導波長光路吸収管の応用により通常セル法の250倍に及ぶ感度上昇の試み、さらに鋼ブロック試料中のSとPを共に短時間で分析することを目的に電解反応—試験紙検出法の結果が報告された。鋼中の10ppm以下のN定量については蒸留—ビスピラズロン吸光度法と不活性ガス融解—熱伝導度法に関する共同実験結果が、さらにスパーク発光分光法によりステンレス鋼中の50ppmのNが管理分析に応用できることなどが示された。

午後は鋼中のCの分析に関して6篇の報告があり、鋼中極微量Cの定量として標準試料委員会のWGから表面付着C、化学基準物質の検討などの結果、定量下限として2ppmが可能であること、そして分析部会小委員会から高燃法と管状炉燃焼法では定量結果に差が生ずる事などの議論がなされた。さらに付着Cの形態と加熱挙動、そして微量Cに対する燃焼赤外法とのクロスチェック法としてH₂雰囲気中での加熱抽出ではCはCH₄およびCOとして抽出され、C:5~10 μ g/gの試料の繰り返し分析精度はRSDで10%前後である事が報告された。これら微量Cに関する活発な討論に加えて発光分光法による50ppm以下のC分析では試料の温度上昇による発光強度の増加が問題となり、蛍光X線法による銑鉄中のC分析に関する分析分科会WGの報告では組織の影響、管電流、マスクングの問題などが報告された。

熱延及び厚板圧延における表面疵防止技術

座長：新日本製鉄(株) 阿高松男
副座長：住友金属工業(株) 河野輝雄

薄鋼板製品及び厚鋼板製品の高品質化要求が進む中で、生産現場においては熱延及び厚板圧延プロセスにおいて発生する各種表面疵の防止が重要課題となっている。そこで本討論会では各種表面疵の発生原因とそれらの防止技術に関する研究成果や開発成果を紹介してもらい、討論を行った。発表件数は10件で、1日をかけ80~100名と多数の参加者があり、活発な討議が行われ、本課題に関する関心の高さがうかがえた。

〔普通鋼熱延関係〕

スケール疵防止対策に関するものが3件あり、内訳はハイスロール適用時の疵対策、咬込みスケール疵改善、極低碳素鋼圧延時の疵対策である。次に炭素鋼の熱間延性に関する報告が2件、材料(メタラジ)の専門家からの発表で加工関係者にとってはよい勉強になった。さらにSi鋼の赤スケール対策とダウンコイル段差回避制御関係の報告があった。いずれも現在各社のかかえている重要課題であり、活発な質疑がおこなわれた。

〔ステンレス鋼熱延・厚板圧延関係〕

ステンレス鋼のスケール疵とエッジシーム疵関係が各1件、最後に厚板圧延時の表面疵対策1件で、いずれも発生機構の解明やモデルテスト・理論解析に基づいた防止対策の報告であり、参加者の関心を集めていた。

高機能プレコート鋼板

座長：NKK 安谷屋武志
副座長：川崎製鉄(株) 望月 一雄

プレコート鋼板は、基本性能の向上だけでなく意匠性・耐熱性などの機能の付与により、近年家電用を中心に量的にも質的にも目覚ましい発展を遂げている。本討論会では、家電用プレコート鋼板の技術進歩および今後の課題について下記のような討論がなされた。

プレコート鋼板の課題として(1)加工性と耐汚染性・表面硬度の両立、(2)加工性と耐候性の両立、(3)機能性の付与、(4)意匠性の付与、(5)溶接に代わる接合技術、(6)端面耐食性向上、(7)搬送・加工時の傷つき防止、(8)加工技術による加工性の向上が挙げられた。

ポリエステル—メラミン系樹脂においてメラミン樹脂の表面濃化を利用して加工性と耐汚染性・表面硬度を向上させる技術が発展したが、メラミン樹脂の濃化メカニズムに関して討論され、メラミン樹脂とポリエステル樹脂の分子量差あるいは自由エネルギー差に基づくとする説、触媒の活性度に影響されるとする説が提案された。

機能性の付与に関して以下の技術進歩が報告された。ポリエステル樹脂において樹脂の分子量、ガラス転移温度を上層では耐割れ性、下層では密着性の観点で最適化することにより高絞り加工性が得られる。耐熱性プレコート鋼板では、シリコン樹脂、ポリエーテルサルフォン樹脂と耐熱性を高めてきたが、樹脂中にPTFEを加えると焼き付け後にPTFEが表面に濃化し耐汚染性を向上できる。塗料あるいはPVCを下層として上層にPETフィルムを被覆したプレコート鋼板は鮮映性に優れる。端面耐食性を向上させるためプライマーへは

クロム酸塩の防錆顔料が添加されているが、環境保全の観点からバナジウム化合物とリン酸塩を主成分とする顔料が開発されている。

製造技術上定量的な塗膜硬度測定法は品質管理上重要であるが、迅速評価法としてTMA針入量、ラビングテストが用いられている。

ユーザーからは上記の課題を低コストで達成すること、五感に訴える新たな機能を付与した新製品の開発課題が提案された。

高Crフェライト系耐熱鋼の研究動向

座長：住友金属工業(株) 榎木義淳
副座長：(株)東芝 渡辺 修

近年の火力、原子力、化学プラント等の高温機器部材においては、オーステナイト系鋼に比較して熱膨張係数が小さく、熱伝導度の高いフェライト系耐熱鋼適用の動きが活発化しており、材料開発及び基礎研究が盛んに行われ、製品としての適用も着実に進んでいる。特に、火力発電プラントにおいては、地球環境問題という観点から超々臨界圧化の動きに伴い、高温強度と耐食性に優れる高Crフェライト系耐熱鋼に対するニーズが高まってきている。

そこで本討論会では、8~12Cr系高強度フェライト系耐熱鋼に焦点を絞り、高温強度や組織と化学成分、熱処理条件との関連、耐食性、溶接性及び高温機器への適用等に関して合計9件の講演発表と総合的な討論を行った。初日というハンディはあったが、60~80名の多くの参加者が集まり、予定の時間を大きくオーバーするほど活発な質疑、応答が行われた。

発表内容は合金元素の役割、熱処理条件の影響及び経年変化特性の3種類に分類される。

合金元素の役割については、東芝、新日鉄、NKK、住金—三菱重工共同、日本製鋼からの報告があり、クリープ強度や析出挙動のメカニズムについての議論が活発に行われた。特に、高強度化に有効なWの役割やメカニズムが重要議論の一つであったが、今回の討論会でも諸説の考え方が報告された。ラーベス相の析出強化効果の有無を含め、今後のさらなる研究成果が期待される。

熱処理条件については、東北大一金属材料技研共同、東芝、NKKからの報告があり、特に焼きもどし条件とクリープ強度との関連についての議論が行われ、高温長時間側強度の点からは高温焼きもどしが有効との報告が大勢を占めた。

経年変化関連では、IHI—中部電力共同、三菱重工からあったが、いずれも5年以上の長期使用材のクリープ挙動に関するもので、極めて貴重なデータが紹介された。