

度が得られている。ここで合否判定作業の完全自動化についての目途がついたと判断し、実機運用に向けて必要な設備設置などを進めている。

この発表に対して、完全自動化する際に計測データ信頼性向上対策の必要性や、今後のオペレーター機能の在り方などについて討論された。

(討28) 薄板在庫スラブ運用エキスパートシステムの開発

((株)NKK-EXA 技術部 石井孝治ほか)

製鉄所においては受注ロットを集約して生産と結びつける生産計画を主体としているが、近年特により小さく・より多様化している受注ロットと生産ロットのギャップから生産段階で在庫スラブが発生しやすくなっている。これを極力減少させる在庫引当てのシステム化は従来手法では極めて難しく専門家の作業に頼らざるを得なかった。今回知識工学手法を導入してエキスパートの経験やノウハウを知識ベース化し維持管理しやすい実用システムの開発を行った。

本システムは大規模データベースや各種マスターから必要な情報を読み出して前処理を行う従来型システムと、最適な引当てを推論する知識ベースシステムとを統合させたもので、汎用大型計算機上で市販のエキスパートシステム開発ツールを使用して実現させ、バッチ処理で一度に全引当てを行う。システムの特徴は大量のデータに同一の知識ユニット群を繰返し適用させる方法を実現したことと大量データの相互マッチングを効率良く行うための絞り込み方式を工夫したことである。これにより従来困難であった業務のシステム化が可能になり専門家と同程度の引当てが可能となって今後この領域への適用の拡大が期待され関心を集めた。

以上7件の発表が行われたが、加工工程、加工プロセスの物流および工程運用にAIを適用し、その経験を通して貴重な知見を得ている。AIとは本来情報高度利用を目的とする道具であって、推論・学習そして創造という人間の知的活動を代行するものと考えられている。

しかし現段階ではエキスパートシステム構築によって人間の持つ知識の蓄積と機械の持つ正確性・高速性とを融合させ、従来手法によるプロセス制御では不得意であった問題を補完し、不完全ながらも機能の高いシステムを創り出した段階と言えるであろう。

発表されたシステムの適用による効果は、

- ・品質歩留り能率の向上、省力化等を目的とする鉄の加工プロセス中で従来方法では構造的にシステム化しにくかった悪構造をもつ分野への適用範囲の拡大。
 - ・今後ますます膨大となる鉄のシステム化作業に対し、ソフトウェア生産性向上・メンテナンス性向上への貢献。
- に集約できると述べられた。また、使いやすいツールの開発を望む声も多かった。

会場は満席に近い状態で、本テーマに関する非常に強

い関心がうかがわれた。終わりに充実した内容を熱心に講演していただいた講演者の皆様と討論に参加された聴講者の方々に深く感謝いたします。

Ⅳ. 蛍光X線及び固体発光分光分析の最近の進歩

座長 住友テクノロジー(株)

真鍋 浩

副座長 NKK 中央研究所

岩田 英夫

鉄鋼分析における、蛍光X線及び固体発光分光分析の歴史は、常に迅速性と精度向上を求め、今なおオンライン分析の主役をつとめている。今回の討論会においても、固体発光分光分析法での励起源の研究・開発、蛍光X線分析における定量性の向上技術、更にはオンライン分析における、合理化、効率化等、最近の進歩あるいは課題について10件の発表と討論があった。

(討29) 発光分光分析法による鋼中微量炭素の定量

(住友テクノロジー(株) 猪熊康夫ほか)

50 ppm以下の微量炭素のオンライン迅速分析方法として、固体発光分光分析の適用について、分析精度の向上のため、スペクトル線の発光パターン、測光条件および分析試料の問題について検討を加えた。

スパークとアークの組合わせ放電において、スパーク部よりもアーク部で測光する方が精度・正確度とも良好である。(C 193.09 nm) また、試料表面及び対電極の状態が精度に大きく影響することから、予備放電パルスを多くとること、あるいは高出力放電を予備放電に使用することにより、精度・正確度とも向上する。

溶鋼試料の脱酸剤としては、Siが適当であった。サンプリングを含め、最適条件を選べば化学分析値との比較精度は、±2 ppm以内が期待できる。

(討30) 固体発光分光分析法における鉄鋼中の微量元素の分析精度向上

(新日本製鉄(株)室蘭製鉄所 奥山祐治)

高純度鋼中の微量元素成分、特にC, P, S, Al, CaおよびBのオンライン迅速分析において、固体発光分光分析における微量元素分析にかかわる誤差要因とその解決策を見出し、分析限界について検討した。

サンプリングにおける誤差要因として、サンプラーの材質からの汚染(C, Al)、冷却速度の差に基づく試料のマクロ組織の差、試料調整時の表面研磨材からの汚染が認められた。分析直前の試料表面の温度も一定(20~50°C)とする必要がある。発光条件では、スパーク放電よりアークライク放電のほうが精度がよいが、固体発光分光分析では装置のドリフトは避けられず、再現性のよ

い、下限用標準化試料が特に重要である。

(討31) 高周波誘導結合プラズマ(ICP)発光分析法による固体試料中微量成分の直接分析

(川崎製鉄(株)技術研究本部 岡野輝雄ほか)

ICP プラズマの高温を利用して固体試料を直接励起、発光させる直接挿入法の実用化について検討した。

試料カップの熱容量を小さくすることによって昇温速度が増大し、原子化効率の増大により感度の向上が得られる。またカップに近いほど原子密度が高くこの位置で最高感度が得られる。鉄鋼試料に適用の場合、マトリックスにより蒸発量変動のある場合は類似組成の標準試料が必要であるが、変動の少ない組成・成分、あるいは有機物試料のように全量が容易に原子化するような場合には、合成溶液による標準化が可能であり、極微量分析法として期待できる。

以上3件の発表に対して、アークライク放電とスパークライク放電、ICP 発光とフレイムレス原子吸光との対比等、光源の特長、使い分け方について論議された。

(討32) 複陰極型グロー放電管を用いた固体試料の発光分光分析

(東北大学 金属材料研究所 我妻和明ほか)

グロー放電プラズマからのスペクトルにおいて、作用ガスであるアルゴンの1価イオン線の妨害を除去する目的で、ガスの発光線が励起されるプラズマ部とスパッタリングによる試料導入部を分離した複陰極型のホロカソード放電管を試作し、その特性と応用に検討を加えた。

中間電極-陰極(試料)間にホロカソードプラズマ生成用の放電電源とは別にスパッタリングを変調させることを目的とした電圧を印加することにより、試料原子の発光線のみを分離して取り出すことができる。プラズマガスのスペクトル線が主にホロカソード部で発光し、スパッタリングによる変調効果をほとんど受けないことによるものであり、この方法でその干渉を除去できる。

(討33) グロー放電発光分析の鉄鋼分析への応用

((株)島津製作所 応用技術部 湯浅周治ほか)

金属表面のO, N, Hの深さ分析を目的として、グロー放電管の構造および分光器に改良を加え検討した。

極端紫外域にあるスペクトル線の測定のため、グロー放電ランプの排気系の改良、分光器内の 10^{-5} Pa以上の高真空化、分光器の小形化、光学材料には比較的透明な MgF_2 の使用等感度向上をはかり、比較的濃度の高い領域ではあるが、O, N, Hの測定が可能となった。

以上の発表に対し表面解析へのGDSの有用性について意見交換された。

(討34) 精錬制御へのオンサイト分析装置利用技術の開発

(新日本製鉄(株)君津製鉄所 仁部晴美ほか)

分析の迅速化・高精度化が強く望まれる製鋼二次精錬工程を対象とし、設備投資コストを最少にし、かつ従来

よりも大幅に分析時間の短縮を可能とする、オンサイト分析の適用について検討を加えた。

ハンドリング性と冷却時間の短縮を配慮したディスク型試料-フライス切削式仕上げの採用、耐塵・耐震性をそなえ、設置スペースの小さい分析装置の考案、非専従要員による操作を容易とするための分析方法、精度管理の単純化。以上の結果、試料採取から分析完了まで230sと大幅に時間短縮ができ、工程管理分析に適用可能な良好な結果が得られた。

(討35) 鉄鋼分析およびスラグ分析の自動化システムの開発

(NKK 福山製鉄所 佐藤重臣ほか)

省力化を目的とした、鉄鉄、鋼試料およびスラグ等の粉体試料の自動化システムの開発およびそれに伴う分析技術の検討を行った。

自動化システムにおいて必須である試料良否判定に紫外線センサーの採用、ターンテーブル、ロボットアームを組み合わせた搬送システム、溶融ビード試料調製装置の自動化等を開発した。また分析精度向上のため、鉄鉄試料の自銹化、発光分光分析における時間分解測光法の採用により、従来法と同等以上の分析精度で、個人誤差の解消、処理時間の均一化と併せて省力化が達成できた。

以上2件の発表は狙いは異なるものの、工場操業管理分析における、蛍光X線及び固体発光分光分析の重要な課題として、具体的な内容、実施効果等について活発な質問、討議があった。

(討36) 鉄鉱石中の鉄分の蛍光X線分析

(住友金属工業(株)未来技術研究所 松本義朗)

鉄鉱石のガラスビード法による全鉄の蛍光X線分析において、ガラスビード融解時の鉄鉱石中の結合水の逸失、 $Fe(II)$ の酸化等、 $FeK\alpha$ 線強度におよぼす影響およびその補正方法について検討を加えた。

結合水の逸失により $FeK\alpha$ 線強度は増大し、 $Fe(II)$ を含む試料では酸素量の増加により強度が低下するが、ガラスビード作製時の重量変動量から近似的に補正係数が求められる。この補正を加えることにより全鉄定量の正確さが向上し、実用化が可能であることを示した。

(討37) ガラスビード法によるチタン合金の蛍光X線分析

(金属材料技術研究所 佐藤幸一ほか)

試料調整法として酸分解-ガラスビード法を用い、理論 α 係数を用いる補正法と、標準試料をほとんど必要としないファンダメンタルパラメーター法(FP法)の二つの補正法の適用について比較検討を加えた。

ガラスビード作製時における合金元素の揮散、損失は無視でき、また、ガラスフォーミング剤として二酸化ゲルマニウムを添加することによりSnを含有する試料でも非晶質の試料を作製することができる。また、共存元素補正において、合成標準試料1個によるFP法は理

論 α 係数法に比較すると、正確さ (σ_d) が多少劣るものの、ともに実用性のある定量方法である。

(討38) Sc 管球を用いた蛍光 X 線分析

(NKK 中央研究所 辻 猛志ほか)

軽元素に対する定量性の向上を目的として、Sc 管球の励起性能および C, B の定量性について検討した。

固有 X 線による励起効率は Ph 管球の場合印荷電圧に強く依存するが、Sc 管球の場合その依存性は弱い。鉄鋼試料の分析において Sc より軽い元素 (Al, Si, P, S) については Rh 管球の場合の約 2 倍の高感度が得られる。セラミックス粉末中 B, C の定量、銑鉄中 C の定量においても Rh 管球と比較して Sc 管球が優れている。

以上 3 件の発表について、補正方法、ガラスビード試料と金属試料の考え方等について討論があった。

本討論会は発表件数が 10 件にのぼり、鉄鋼各社からの実用的な発表と討論が活発に行われ、蛍光 X 線及び固体発光分光分析がオンライン分析の重要な役割をにない、更に改善の努力が積み重ねられていることが再認識された。

最後に、講演者をはじめ討論に参加いただいた皆様方に深く感謝いたします。

V. 金属学的モデルによる材質の予測と制御

座長 新日本製鉄(株) 薄板研究センター
矢 田 浩
副座長 川崎製鉄(株)鉄鋼研究所
齋 藤 良 行

物理冶金学の進歩により鋼材の製造および加工のプロセスにおける金属組織の変化の理解が進み、定式化とモデル化が可能になりつつある。さらにこのような要素モデルを結合・連成して金属組織の変化を一貫して計算し、これにより材質を予測する計算機モデルの構築が試みられている。この様なモデルにより材料開発者・製造者の夢であった材質の自動設計や自動制御が可能となる日が近づきつつある。

本討論会はこの技術の最新の進歩の状況を総括するとともに、問題点を整理して今後の取組の方向を明らかにする目的で開かれたものである。この分野の研究に対する関心の高さを反映して多くの討論の申込みがあり、一部については統合して数を減らすことをお願いせざるを得なかったほどであった。最終的に決定された 12 の討論はその内容により 4 セッションに分けて発表・討論が行われた。会場は常に百数十人の聴講者があり熱気に溢れ、仏・韓国の参加者も討論に加わった。

討論を開始するのに先立ち我が国のこの分野の研究を

長い間熱心に指導してこられた田村今男京大名誉教授に「材質予測制御技術の意義と歴史」という題で話していただいた。制御圧延技術から始まって高温変形部会、熱延プロセス研究委員会、THERMEC-88 と受け継がれてきた加工熱処理の研究史について、独特のユーモアを交えて要領よく纏めて話され、今後の課題として Near net shape CC での材質制御についても触れられた。

各討論の概要は次のとおりであった。

(1) 熱間加工組織・析出のモデル化

(討49) 鋼の高速連続熱間加工におけるオーステナイト組織の変化と析出挙動

(新日本製鉄(株)薄板研究センター 瀬沼武秀ほか)

実用圧延条件をカバーし組織凍結機能のすぐれた熱間加工シミュレーターを用いて普通鋼オーステナイトの熱間加工組織を研究、連続加工への適用を考え転位密度を媒介としてモデル化をおこなった結果について報告した。このモデルは熱間加工変形抵抗式や正確な変形解析へも適用されている。さらに NbC の析出のモデル化も紹介し、析出や変態に対する加工の影響が残留転位密度を用いることでよく表せることを指摘した。熱間加工を転位密度を用いて計算することには同意するが、今後変形帯の影響などの内容について金属学的意味を明確にしてゆくことが必要であるとの意見がのべられた。

(討50) C-Mn 鋼の熱間圧延・冷却中の板厚方向の組織分布の予測

((株)神戸製鋼所鉄鋼技術研究所 難波成信ほか)

オーステナイトの再結晶挙動、粒径の推移を予測するモデルと圧延中の変形解析モデル・温度解析モデルを連成させることにより、熱間圧延鋼板の粒径の板厚方向の分布を予測した。剛塑性有限要素法により、歪み、歪み速度温度を求め、加工中の歪み増加とその間の粒成長を考慮して、動的再結晶挙動を予測し、加工終了後の静的再結晶挙動を計算する。熱延実験結果との比較によれば板中心部の予測結果はほぼ正確であるが、板表面では実験値とのずれがみられる。板表面での熱移動に関する境界条件の把握など検討課題も残されているが、粒径のみならず、他の組織因子の分布の予測への応用が期待される。

(討51) γ/α 二相域圧延材のフェライト粒径及びフェライト体積率の予測

(新日本製鉄(株)大分技術研究室 脇田淳一ほか)

これまでに開発を進めてきた組織・材質の予測モデルを γ/α 二相域圧延材に拡張した結果について報告した。加工によるフェライト変態の促進、フェライトの再結晶などの予測モデルを開発しフェライトの粒径及び体積率を予測した結果について述べ、この結果が実機圧延材の結果をよく説明することを報告した。再結晶しない場合の加工フェライトの特徴や挙動についての質疑応答があった。