

きな伝熱抵抗部に対応する凝固遅れ部に変態収縮応力を集中させる手法がシェル全体の變形防止に有効である。本研究に対して、必要な凝固遅れ量、鑄造方向にも存在する伝熱遅れ部の意味について議論がなされた。本研究は実験室レベルにあるが今後の実用化が期待される。

討17 高速鑄造時の鑄型内伝熱と潤滑挙動

(住友金属工業㈱鉄鋼技術研究所 平城 正ほか)

試験連鑄機を用いた5.0m/minに至る高速鑄造時の鑄片縦割れ発生と鑄型熱流束の関係を定めた。熱流束を一定値以下に抑えたと共に鑄型幅方向の熱流束バランスを取ることも必要である。緩冷却特性を有する高塩基度、含ZrO₂パウダーの使用が有効である。潤滑機能を同時に確保する点から、液相パウダーフィルム厚みを150μm以上にする必要性を考慮したポジティブストリップ時間優先の非サイン鑄型振動法の最適化についても検討した。本講演に対して、流入特性をも同時に考えたパウダー開発の余地に関する議論がなされた。

討18 オシレーションマーク深さに及ぼす鑄造条件の影響

(川崎製鉄㈱鉄鋼研究所 糸山啓司ほか)

鑄片表面のオシレーションマーク及びそれに付随する偏析の軽減を目的として、各種の鑄造要因の影響について検討した。特に、鑄型/鑄片間のパウダーフィルム内に鑄型振動の位相に依存して誘起される圧力による初期凝固殻の變形に着目したモデル解析を示した。ついで、生成圧力を緩和する目的で導入された、鑄型振動に同期して鑄型長片を拡張運動させる水平振動法の試みと、そのオシレーションマーク軽減の効果を示した。凝固殻への圧縮応力を緩和する新しい鑄型振動法を適用した際に、従来のネガティブストリップに期待されていた効果が存在していたか否か、あるいはその存在意義についての議論がなされた。

討19 連続鑄造における初期凝固と電磁場による制御

(新日本製鉄㈱プロセス技術研究所 瀬々昌文ほか)

将来の初期凝固制御法と期待される電磁力利用技術について広くレビューした。鑄型内電磁攪拌による凝固殻への溶鋼からの熱伝達の均一化は既に工業化されている。直流磁界利用によるイメージングノズル吐出量の制動に伴うメニスカス部温度の上昇が初期凝固殻の緩冷却化に有効でありうること、また、実験室レベルにあるとはいえ、メニスカス部への直流磁界付与による表面波動抑制、交流磁界付与によるメニスカス形状変化あるいはジュール発熱付与による緩冷却化等が将来技術として期待されることを示した。

連続鑄造の現場の観察からのコメント

(新日本製鉄㈱プロセス技術研究所 荻林成章)

スラブ・ブルーム連鑄の実際の場合でも凝固殻内の温度分布に起因するシェル變形が重要な問題となる。シェル・モールド間の熱伝達制御因子としてのパウダーの挙動、メニスカス部の溶湯温度の影響の解明はまだ不十分である。また、ストリップ鑄造で指摘された湯面波動の影響も大きいといえ、湯面下凝固の追求が今後あり得ると思える。さらに、固相の核生成過程が表面性状を規定している可能性もあり、よりミクロな現象に踏み込んだ研究が必要である。

以上の講演、討論の後、座長から以下のまとめを行った。

- ①伝熱系として比較的シンプルなストリップ鑄造においては、ロール/溶湯界面のガスの挙動が鑄片表面の形成にCriticalとの認識が得られた。メニスカスの波動制御の重要性もこの観点から理解できそうである。
- ②モールドパウダーを利用する連鑄においてはパウダー流入の均一性確保に困難があり、この点に焦点を絞った検討が望まれる。また緩冷却の有効性の理解は定性的であり、真のメカニズム追求が望まれる。
- ③いずれの鑄造プロセスにあっても、溶湯と鑄型が接触する瞬間の現象を究明することが、新しい初期凝固制御技術開発につながると言えよう。

最後に企業側を代表して 新日本製鉄㈱ 溝口氏より、初期凝固の言葉をより明確かつ定量的に定義しうるレベルへの研究の前進が望まれること、及び、現場的には初期凝固を再現性良く制御しうる技術が望まれるが、その芽は出つつあるとのコメントをいただいた。

本討論会を運営するにあたって、貴重な発表を行っていただいた講演者の方々、ならびに会場からの多くのコメント、質問をいただいた参加者の皆様に深く感謝したい。

鉄鋼計測における最近の信号処理技術

座長 豊橋技術大学 生産システム工学系 北川 孟
座長 NKK 基盤技術研究所 西藤勝之

鉄鋼業における最近の計測技術は、無人化や省プロセス化などの操業面の要請からも、より高度なレベルの止揚による新たな展開が期待されている。これに対して、昨今のデジタル信号処理技術の発展と相まって、多くの新しい方法も実用化されつつあるが、そのキ

ーとなるものは、DSPのような「高速信号処理ハードウェア」の応用によるオンラインでの高度信号処理の具現、多情報の並列処理に基づく「高次認識・評価のソフトウェア」などである。

本討論会では、きず検出に関する高S/N化信号処理について3件、高速画像処理について3件の講演が行われた。これらの直面する事例を通じて、現状の信号処理レベルを踏まえ、新たな試みの今後の拡大のための課題について討論された。以下にその要旨を示す。

討20 超音波探傷における実時間デジタル信号処理技術

(NKK基盤技術研究所 飯塚幸理ほか)

いっそうの高精度化が要請されているオンライン超音波探傷システムの課題となっている探傷信号のS/N向上に、RF信号のデジタル信号処理が効果的である。超音波パルスの繰返し時間内での布線論理DSPの使用により、最適フィルタリング処理によるノイズ除去、同期加算平均の実時間化を達成したとの報告。今後の探傷システムの目指す方向として、RFデジタル処理化が提案された。

従来の処理時間の制約に対するブレイクスルー技術と注目されたが、この種処理の高度化と精度向上のトレードオフについて議論された。

討21 零レンジサイドローブパルス圧縮超音波探傷法

(三菱電機㈱電子システム研究部 和高修三ほか)

従来の超音波探傷におけるインパルス励振のパルスエコー法に対して、幅広い変調パルスの送信と、受信信号の相関処理によってエコーパルス（圧縮パルス）を抽出する高S/N化のためのパルス圧縮法が提示されている。この場合、レンジサイドローブのない圧縮パルスを得るために、従来、送信信号の変調には相補系列が用いられた。この系列の実用上の問題は、限られた系列長しか存在せず、これが送信パルス幅の増大による検査不能域を長くするなどのマイナス要素があること。報告は、新しい系列の組合せを考案、この系列長の限定を除くことにより、S/N向上手段として確立されたことを提示した。オンラインニーズに対する実時間化については、DSPの応用により可能との見解が述べられた。

変調パルスと探傷特性との関係についての質問に見られたごとく、この種位相変調における探傷周波数が実用する上での議論になるまでに至った技術と言える。

討22 鉄鋼計測における高速画像処理技術

(新日本製鉄㈱エレクトロニクス研究所 内藤修治)

人間の視覚や官能を代替する動画像処理に関して、以下の4件の開発事例が報告された。

1) 連続焼鈍炉のヒートバックル検出器

- 2) 連鋳片サルファプリントの自動判定
- 3) リアルタイム画像処理による連鋳操業の自動監視
- 4) 光学式表面疵検出器

これらのシステム構築の上での高速画像処理技術に関して、処理内容に応じての、データフロー型画像処理プロセッサの適用、DSPと並列コンピュータの融合、可変パイプライン方式プロセッサの応用など、その特徴が紹介された。画像処理技術の現場適用のKeyは、まずは、生データのS/Nであるが、環境の変化に対する配慮が課題との説明がなされた。この点、事例1に示された板のばらつき、反りの外乱信号近似関数による信号処理などは、意識的な試みといえる。今後の適用分野への議論において、人間ではできないこと、人間が分からない対象への、その期待が示される。

討23 鉄鋼プロセスにおける画像処理の適用事例

(株)神戸製鋼所電子技術研究所 西元善郎ほか

物体認識、理解技術としての画像処理の期待に対し、多くのハード・ソフト面での意欲的試みと技術的進歩にあっても、基本的には、逐次的デジタル処理による実時間化の課題、パターンマッチングにおける加速的処理内容の複雑化を引き摺っている。この認識から、処理の高速化と、原始情報のS/N向上による簡素化を達成した以下の2事例が紹介された。

- 1) メタルタグ刻印文字読取り
- 2) 角ビレット探傷用画像処理

前者は人目でも識別困難なダルな溝形状の刻印文字に対して、二次元CCDによる光切断法の工夫による原画質の向上を得たもの、また後者は、疵判定にハード上パイプライン処理を、また縮退処理による画像圧縮での演算速度向上を行っている。特にパターンマッチングについては、既得パターンの枠を取り除く動的なパターン形成への言及があり、この分野の学習機能付加によるロバスト性確保の方向がうかがわれた。

討24 ニューラルネットによる画像解析

(住友金属工業(株)システムエンジニアリング事業本部 稲田清崇ほか)

画像データの処理・解析分野へのニューラルネットの適用が検討されている。ここに画像前処理として、金属組織解析において画像の領域抽出へ適用した画像アルゴリズムフリーの解析方法の検討、及びパターン認識・分類に関し適用された光学鋼板表面検査での欠陥分別への事例が報告された。後者においては、従来のツリー方式によるアルゴリズム作成との比較がなされ、所要期間の低減、識別率の向上が示された。

ニューラルネット適用の意義付けに対する議論がなされたが、現時点では、アルゴリズム

ム作成において、ツリー方式による大枠設定、次にニューラルによるサブネットの構成が意識されている。いずれにしろ、この種比較論は膨大なサンプル採取と時間を要するため貴重のものであるだけに今後も期待される。

討25 時系列データへのフラクタル解析法の適用 ー基礎検討と探傷波形の解析ー

(川崎製鉄(株)水島製鉄所 相澤 均ほか)

探傷信号など時系列データ中の疵信号の抽出を目的として、信号の図形的複雑さに着目し、その複雑さをフラクタル次元で表すことにより疵信号を抽出する方法が示された。シミュレーションにより、すでに提案されているFractal-Brown関数を用いてフラクタル次元を求める「粗視化法」の方が、高次元(>1.8)のデータ解析に有効であることが明らかになった。光学的表面欠陥計の探傷信号のフラクタル次元は1.8~1.9であるため、粗視法が適している。実際にこの方法を用いて表面欠陥の探傷信号を解析したところ、生波形では識別困難な欠陥信号の抽出ができる可能性が見出された。また、被検体の表面粗さによりフラクタル次元の値は異なり、表面状態の測定に応用できる可能性が示唆された。

信号の形という従来の信号レベルなどとは異なる新しい評価尺度を模索する一例である。

以上の最近の信号処理技術に関する講演と議論にあって、その基底に流れる共通の志向は、オンライン計測におけるロバスト性の追及にあるとも言える。ダーティーエンジニアリングに踏み込んだ新しい方法論、外乱信号に対する信号処理技術の適用拡大、多情報による信頼性確保のために必然的な実時間化、信号認識・理解における環境、対象変動に対する学習機能への期待など、それぞれの分野での展開枝と考えられる。

こうした志向を共通することによって、本討論で求められた画像処理、人工知能、デバイス技術などの広範囲にわたる技術革新と相まって、多くの知恵が創り出されることが期待される。

プロセッシングラインでの板走行・矯正技術

座 長 住友金属工業(株) 研究開発本部 益居 健
副座長 NKK 総合材料技術研究所 藤田米章

近年、薄板製品の高級化に伴い、連続焼鈍や、垂鉛めつきラインなどのプロセッシングラインの重要度が増している。そのなかでラインの高速化、操業の安定化、形状、品質の

向上等がいつそう求められており、その実現にはストリップの蛇行、絞り等の通板不安定やバックリング、C反り等の形状不良の制御、矯正が重要課題である。

最近、これらの課題に対する技術開発が精力的に行われ成果を挙げつつある。

本討論会では、理論解析や基礎実験による現象の解明、実機における設備・操業の新技术、改善改良等、計15件の報告があり、今後への課題も含め活発な議論が行われた。

討26 ストリップの蛇行に関する基礎検討

(住友金属工業(株)鹿島製鉄所 齊田文弘ほか)

ストリップの蛇行発生に関し、実機1/8を想定した縦型の搬送装置によるモデル試験で原因究明を行った。ライン張力やライン速度の影響は小さいがロールの水平度不良は影響する。ただし蛇行には母材要因が大きく影響し、キャンパー、片伸びや溶接角度不良等の真直でない形状が蛇行誘発の主原因である。なおテンションレベラーは中伸び、耳波等の形状不良とともにキャンパーや溶接角度不良も矯正するので蛇行抑止効果も大きいことが示された。

討27 薄板連続処理ラインにおける蛇行解析モデル

(NKK鉄鋼研究所 鈴川 豊ほか)

討28 ばね・質量モデルによる薄板蛇行シミュレーター

(新日本製鉄(株)技術開発本部 鈴木規之ほか)

上記2件はいずれもストリップの多パス連続処理設備での蛇行挙動を予測できるシミュレーションモデルの開発に関する報告である。いずれの報告もロールに巻き付いたストリップはいわゆる糸巻きの原理によってロール上を移動することを基礎式としてモデルを組み立てている。討27ではステアリングロール、ロールクラウン、ストリップ形状を考慮した解析結果を実機ルーパーでの蛇行実験と比較して、ロールクラウンが入射角に与える影響に工夫を施せば実験データと解析値とが良く一致することが報告された。討28でも連続焼鈍炉での実験値と解析値の比較検証を行った上で、蛇行量は溶接点キャンパーに比例すること、蛇行制御装置でいったん減少した蛇行はしだいに元のレベルに戻るなど等が示された。

討29 連続焼鈍ラインの挫屈・蛇行におよぼすロールクラウンの影響

(新日本製鉄(株)名古屋技術研究部 的場 哲ほか)

ヒートバックル(絞り疵)の発生原因について、アルミニウム箔を用いたモデル実験と初等的力学解析の両面から検討した。その結果、発生の主原因は、ロールクラウンによる板の幅寄せ効果であると指摘、発生限界張力