

討論会まとめ

平成6年第127回春季講演大会

高炉炉内解析とプロセス物性

座長：石井邦宜（北大）
副座長：杉山 喬（新日鐵）

高炉の炉内で、①どんな反応や相変化がどのような速度でどのような部位で生じているか、②炉内の気・固・液・粉の流れはどうなっているか、③熱と温度、炉内物質の成分の炉内分布はどのようになっているか、などを知る手掛りとして、炉内解析が行われている。

高炉の炉内解析のためには、物質と熱の収支解析、センサー計測などの一次情報とともにモデル解析が重要である。このモデルによって実際の炉内現象を精度よく再現するために、計算に用いられる物質に関する数値がプロセス物性値であり、プロセス物性と呼ばれるものである。反応の平衡定数、速度定数、輸送定数、物質・運動量・エネルギーの移動にかかわる様々な定数などがこれである。これらプロセス物性値はもしモデルが物質の根元的な原理から構築できるように進歩発展したときには、真の物性値に還元される性質のものだと考えられる。現時点ではこれは不可能なので、プロセスとモデルの特徴を色濃く反映したプロセス物性値がもっとも重要な数値となっている。

以上の考え方に沿い、本討論会では、①炉内現象のモデル化とその精細化、②モデルから見たプロセス物性の意義、③プロセス物性の互換性と汎用化、④プロセス物性の物理的、化学的意味などをテーマに、第1部 高炉トータルモデルと炉内解析、第2部 プロセス物性の単位操作的解析、第3部 プロセス物性の適用例と感度解析に分け、討論を行った。

高炉トータルモデルに関しては、モデルの高精細化、高機能化はモデルの巨大化を生み、それにつれてプロセス物性に要求される精度もより厳しくなる。本来、高炉モデルは技術者一人一人が利用し、使えるツールであるべきとの考えが示され、今後の一つの方向を与えるものとして注目された。モデル側から見たとき、例えば還元やガス化の反応速度定数の実験室データと実炉解析にフィットさせたときの値との差が大きく問題となる。微粉炭多量吹込みは炉内熱流比の増大、 H_2 成分の増加などに起因して炉内状況を大きく変えている可能性があり、今後の研究課題とされた。

プロセス物性の単位操作的解析に関しては、大学側から伝熱、還元、ガス化、微粉の流動

と堆積など4つのテーマについて発表があった。実験室データからみた高炉プロセス像から炉内現象解析への応用まで踏み込んだ好研究が多く、改めて大学研究の有用性が示された。ただ、実験室の研究の実験条件が実炉にとってどんな位置にあるかなど、今後検討していかねばならない。

プロセス物性の適用例と感度解析については、高炉各社から3件の研究発表があった。高炉モデルを炉内解析のツールにとどめず、高炉機能の改善や新しい装入物の開発にまで適用した研究例が示された。これには例えば、モデル中の速度パラメータの感度などが充分把握されていなければならないが、高炉に適用したときのモデルの物理的、化学的意味を細かく見ることが大切で地道な力強い研究が結局早道であることを示唆している。

「より使いやすく、より高精細に」を目指したとき、とくに高炉炉下部における移動現象、なかでも液と粉の挙動に不明の点が多く、精力的な研究が必要であること、そのためには一層産学の共同研究が望まれることなどが結論された。

鋼の中心部欠陥改善技術の現状と課題

座長：工藤昌行（北大）
副座長：綾田研三（神鋼）

本討論会は、連続鍛造のみならず一般造塊をも含めて、鋼の中心部欠陥の制御技術の進展とその適用評価について討論を進めることを試みたが、結果的には中心偏析の抑制技術としての低温鍛造、電磁攪拌、圧下技術の適用と、品質改善の評価が主なテーマとなった。

大学側の講演は、固液共存層の測定方法、中心偏析の生成機構および凝固末期における高温強度であった。この種の研究テーマが少なくなってきているためか、鉄鋼の凝固問題を取り扱う大学側の研究が激減していることは、今後の課題であろう。

企業側の講演は、大型インゴット、水平連鑄の中心部欠陥の改善を除いて、圧下技術を用いたブルーム連鑄高炭素鋼の偏析改善および中低炭素鋼のキャピタリー改善が主なテーマであった。電磁攪拌技術において攪拌効果が強すぎると負偏析、パウダー巻き込みが中心部欠陥改善の逆の効果として現れ、その対策が求められたように、圧下技術では圧下しすぎによる内部割れ、逆V偏析の生成防止が課題となっている。このため圧下量の制限等による狭い領域での操業が余儀なくされている。各社の圧下条件は凝固収縮防止の観点では一致しているものの圧下開始、終了固相率、圧下量の点では異なっており、今後理論面からの整理が求められる。

偏析の評価方法については、中心部ドリルサンプルによるC分析、エッチプリント法等によるマクロ偏析評価が主なるものであるが、サンプリングを行う鑄片長さ、ドリル径、ピッチ等の点で各社の偏析の評価方法が異なっており、この点も適正圧下条件を異ならせる原因と見られる。今後は鑄片と製品での偏析評価の対応付け、鑄片の偏析状態を代表する簡便、迅速な評価方法の確立が必要とされた。

厚板および熱延ラインにおける鋼板の冷却技術

座長：杉山峻一（NKK）
副座長：大池美雄（神鋼）

鋼板の品質特性に対する要求の多様化、厳格化が進む中で、厚板や熱延ラインにおける製品材質の低コスト造り込み手段として高精度な冷却制御技術の重要性がますます高まってきた。しかしながら、沸騰をともなう冷却には未解明な部分が多く、不均一冷却に起因する材質のばらつきや製品の平坦度不良、キャンバ発生等の問題への対応は依然として不十分であり、よりミクロな観点から冷却均一性・冷却制御性の検討が求められている。そこで本討論会では冷却能力の向上に加え、温度履歴制御精度の向上、多様な温度履歴制御、冷却過程での形状制御技術等を行った。

基調講演では噴霧冷却でのミクロな伝熱現象を通して、表面近傍の熱物性・濡れ性・表面粗さ・冷却面厚さ等冷却特性に及ぼす諸因子の影響が論じられた。厚板の制御冷却では製品形状不良への対応が主体となっており、冷却むら発生原因の究明・防止対策と熱応力解析による残留応力・平坦度評価等の検討結果が示された。現時点では冷却過程での均一冷却や鋼板温度分布の推定には限界があることから、冷却前の鋼板表面性状（スケール付着状況）の均一化とオンラインでの鋼板表面温度実測値からの残留応力・キャンバ量推定に留まっている。熱延ランナウトテーブルの冷却では温度履歴制御を含めた高精度巻取温度制御に焦点が絞られている。このためにソフト面では冷却過程での変態進行を推定するモデルのオンライン制御への適用が進められつつあり、ハード面では遷移沸騰領域での制御精度向上のためにバンクの細分化が実施され一部では緩冷却ノズルも採用されている。

今回の発表と討論から表面性状・濡れ性等よりミクロな観点からの研究と、エッジ過冷却対策を含めた強冷却時の均一冷却法の技術開発が必要であると総括された。更なる均一冷却・形状平坦化に対しては冷却過程での鋼材温度分布の予測とそれに基づくフィードフォワード冷却制御技術の開発が課題となろう。