

鍊研究所所長大森教授と川崎製鉄(株)田村 栄氏に厚くお礼申し上げます。

II. タンディッシュメタラジー

座 長 東北大学工学部

菊 池 淳

副座長 住友金属工業(株)総合技術研究所

城 田 良 康

まず座長より、本討論会の開催に際し、主旨説明があった。中国、韓国などの製鉄業の急速な技術力向上と、近年の円高基調の中で、我が国の鉄鋼生産量はしだいに減少しており、この傾向は今後も続くと考えられる。

このような環境の中にあつて、日本鉄鋼業の技術課題は、(1)一般鋼材製造コストの低減、(2)他産業の発展の高度化に起因する鋼材の高品質化要求への対応、および(3)少品種多量生産方式から多品種少量生産方式への鉄鋼プロセスの多様性拡大を旨とする必要がある。

連続铸造が日本に導入されて以来 20 数年が経過し、現在では、連続铸造比率は 86% と非常に高い水準にある。これまでの一連の連続铸造技術の発展は大量生産技術対応を主眼に行われてきたといえる。しかし、先程述べた日本鉄鋼業の三つの課題、とくに(2)の鋼材の高品質化、(3)の生産プロセスの多様性の観点からの連続铸造技術の発展が必要であり、その中の一項目としてタンディッシュの機能が見直されつつあると考えられる。

タンディッシュの機能としては、従来の溶鋼保持器、分配器としての役割に加え、最近では介在物の浮上除去あるいは溶鋼温度制御といった精錬機能の一部がタンディッシュ内で行われ、今後さらに成分調整を含めた精錬容器としての役割が考えられる。

以上のような観点より今回タンディッシュメタラジーとしての①介在物除去技術、②溶鋼加熱、③タンディッシュの役割、及びそれらプロセスメタラジー開発の基礎としての④数値解析、モデル実験手法を本討論会でとりあげ、現在のタンディッシュメタラジーの実態把握及び今後の技術発展方向あるいは問題点を明確にしたい。

(討7) 連続铸造におけるタンディッシュの役割

(新日本製鉄(株)第三技術研究所 佐伯 毅ほか)

タンディッシュの役割として現在次の4項目が考えられる。①溶鋼分配器、②溶鋼保持器、③モールド内への溶鋼流量制御、④介在物浮上。

また近年連続铸造法の生産性向上の観点よりタンディッシュ容量の大型化が図られ、さらに、タンディッシュに精錬能を付与する傾向が増してきている。その例として、タンディッシュ内での介在物低減技術として、溶鋼汚染防止および介在物浮上分離促進技術につきまとめた。

さらに、タンディッシュ内溶鋼加熱技術として、誘導加熱法とプラズマ加熱法について紹介した。

最後に、今後のタンディッシュメタラジーの開発に対し、タンディッシュが連続反応容器であり、ロット内での均一性確保が重要課題であり、またそのために、センサーリング技術、制御技術の向上が必要であることを提言した。

(討8) タンディッシュメタラジーにおける移動速度論の役割

(東北大学工学部 谷口尚司ほか)

タンディッシュ内移動現象に関する従来の研究結果のレビューおよび関連する移動現象の解析法につき検討した。

溶鋼中介在物粒子挙動の運動方程式による取扱い方法、介在物分離の基礎理論として粒子間の衝突凝集、耐火物壁への衝突付着機構およびガス気泡による介在物の捕捉についての解析法と実操業結果との対比を示した。その結果、タンディッシュ内の粒子の凝集プロセスは乱流による粒子間の衝突が大きく寄与し、また介在物はタンディッシュ内より浸漬ノズルの方が付着しやすきことを明らかにした。

(討9) タンディッシュにおける溶鋼清浄化

(日本鋼管(株)京浜製鉄所 松村千史ほか)

実操業における介在物増加要因として、タンディッシュ内への空気侵入による溶鋼の再酸化、タンディッシュ耐火物および取鍋内スラグ流出の影響を述べ、その低減策として、タンディッシュ内溶鋼流動制御、バブリング処理および介在物フィルターによる介在物除去機構につき検討した。

また、水平連続铸造操業において、タンディッシュ内溶鋼の誘導加熱による温度調節能につき述べた。

(討10) タンディッシュ内溶鋼の温度制御と清浄化および成分調整技術

(川崎製鉄(株)千葉製鉄所 大杉 仁ほか)

溝型誘導加熱法による溶鋼加熱原理、温度制御法および加熱時の溶鋼流動解析結果につき報告した。

溶鋼加熱による品質向上効果として、加熱による攪拌効果がノロカミ個数の低減に大きく寄与し、またステンレス鋼の非定常部の表面欠陥も加熱により軽減されることを明らかにした。

成分調整技術として加室制御及びタンディッシュ内でのカルシウム添加による介在物低減効果につき述べた。

今後タンディッシュメタラジーとして、大ロット鋼に対する低コストおよびいつそうの清浄化の追求と、小ロット鋼の溶製に対するタンディッシュ内成分調整技術開発の二極化の方向に進むことを考察した。

(討11) タンディッシュ浴内ガス吹込みによる介在物の浮上分離

(住友金属工業(株)総合技術研究所 中島敬治ほか)

タンディッシュにおける介在物除去機構および Ar ガスバブリング付加による介在物浮上除去促進効果につ

き、解析および実験的手法で明らかにした。

タンディッシュ内の溶鋼流動を、混合流れ領域、押し出し流れ領域および停滞域の3領域に分割したモデルを用い、各領域での介在物浮上除去率を表す式を導き、介在物の除去には押し出し流れ領域の増大あるいは溶鋼滞留時間の延長の効果が大きいことを示した。

介在物の浮上を促進させるため、タンディッシュ底に設置した多孔板ガス分散器により低ガス空塔速度でガスを吹き込んだ場合の効果につき理論的および実操業実験で明らかにし、とくに、高溶鋼供給速度において、このガス吹込みが介在物浮上に有効であることを示した。

(討12) 介在物浮上のシミュレーション。

(新日本製鉄(株)第一技術研究所 沢田郁夫ほか)

タンディッシュ内での介在物の浮上分離におよぼす諸要因の効果を明らかにするため、三次元熱対流の数値計算により、タンディッシュ内溶鋼の熱対流、介在物除去効率および溶鋼滞留時間分布につきシミュレーションを行った。

介在物浮上分離モデルとして、①平均滞留時間のみを考慮したモデル、②淀み部を考慮した実滞留時間に基づくモデル、および③淀み部と溶鋼の逆混合を考慮したモデルの比較検討の結果、③の淀み部と溶鋼の逆混合を考慮したモデルがタンディッシュ内溶鋼中の介在物挙動を最もよく表すことがわかった。

この結果、タンディッシュ内の溶鋼は、耐火物壁での抜熱による自然対流の影響を大きく受け、また介在物の浮上分離を支配する因子は主に溶鋼の平均滞留時間、淀み率およびペクレ数であることを示した。

(討13) タンディッシュメタラジーの今後の展開

((株)神戸製鋼所技術情報企画部 尾上俊雄ほか)

連続製造技術の発展とともにタンディッシュの役割の変遷とその背景ならびに関連する技術手段につきまとめた。さらに現在のタンディッシュにおける新しい技術動向と問題点を概説した。

今後のタンディッシュメタラジーの開発にあたっては、タンディッシュの特徴としての、①溶鋼の一方流れを持つ連続処理プロセスであること、②主たる精錬容器である取鍋の後に位置すること、さらに③鑄型あるいは製品に最も近い位置での精錬であることを十分に認識し、タンディッシュメタラジーに具備すべき精錬機能とその限界を見極める必要がある。また溶鋼精錬としての取鍋精錬、タンディッシュメタラジーおよび鑄込み操業まで含めたトータルプロセスの中で、各精錬機能の最適化を図り、役割分担を明確にすることが重要な課題であることを提言した。

以上の各報告に対し、活発な質疑応答が行われた。また各討論の報告の後にまとめて総合討論を行った。総合討論の概要を表1にまとめて示す。

期待以上に活発な討論が行われ、時間的な制約で議論

を打ち切らざるを得ない状況もあつたが、本討論会の初期の目的は十分達成できたと考えられる。

本討論会を終わるに際し、以下のようにまとめた。

連続製造比率の増大と製鋼プロセスの合理化、多様性の追求に際し、①高能率生産、②高品質鋼の安定製造、および③小ロット品の低コスト溶製のニーズが増大すると考えられる。これらのニーズに応じるためのタンディッシュメタラジーに求められる技術課題は、高能率操業技術、非定常部の品質改善、および高品質スラブの安定溶製の技術水準向上への寄与とさらに成分調整機能の開発と小ロット対応技術としての異材質連々技術の確立である。

これらの技術の工業的確立を可能とする要素技術は、溶鋼流動制御、加熱技術およびセンサー技術等多岐にわたっており、これらの総合化を通じ、タンディッシュメタラジーを活用した新しい製鋼プロセスが戦力化されることを期待します。

また、タンディッシュメタラジーは現在その開発のスタート地点にあると考えられ、今回の討論会では今後のニーズ、可能性という面からの議論が中心になり、その中より今後の方向性が打ち出されたといえる。今後さらに数年後、ある程度工業化が進んだ段階で、再度このような討論会が催され、さらに高次の学術、技術論が展開されることを希望します。

終わりに、本討論会議事のまとめにあたって、多田健一氏(住友金属工業(株)和歌山製鉄所)の協力をいただきましたことを記して感謝致します。

表1 総合計討論概要

I. タンディッシュメタラジーの現状	
1. 介在物除去技術の評価:(コメンター)川崎守夫(住金総研)	
○タンディッシュの大型化	
○ガス気泡による介在物除去機構	
○セキによる介在物除去	
2. 介在物の熱力学と界面反応:(コメンター)向井楠宏(九工大工学部)	
3. 溶鋼加熱技術:(コメンター)梅沢一誠(新日鉄広畑研)	
○誘導加熱技術の現状	
○プラズマ加熱技術の現状	
II. タンディッシュメタラジーの今後:(コメンター)佐伯 毅(新日鉄第三技研)	
1. 役割	
○非定常部の品質向上	○取鍋精錬の肩代わり
○小ロット材低コスト溶製	
2. 技術課題	
○加熱容量の拡大	○連続反応系での均一混合

III. 圧延プロセスにおける保全技術

座 長 住友金属工業(株)和歌山製鉄所

鶴 田 毅

近年の圧延プロセスは連続化・自動化が進められ、生産性向上・歩留向上・省力・省エネルギー等に大きな効果をあげた。一方、連続化・自動化が進めば進むほど、品質管理及び物流の上での保全技術の重要さがクローズアップされてくる。この観点より設備診断技術、さらに