

50年を経た今、その炉の見直し、変革が始まった。かつては、スクラップ溶解に加え、あらゆる精錬を担当した電気炉も、炉外精錬の普及により、今ではスクラップ溶解炉として位置付けられる時代が変わった。本稿で述べた直流炉、新スクラップ予熱は、溶解機能強化技術の一端である。

日本鉄鋼協会電気炉部会では、10年後の電気炉能率を Tap-to-Tap 40 min/Ch と予測しており、今後の進展が期待される。

3.4 製鋼における自動化技術計測技術の進歩

3.4.1 転炉における計測・自動化技術の進歩

転炉の生産性向上、操業コストの低減、省力化などを目的として、吹錬の自動化技術の開発が進められている。特に近年の自動吹錬は、センサーによる吹錬中の軌道修正方式から、溶銑脱磷プロセスの普及や高速化を背景とした軌道修正をしないパターン吹錬方式を指向している。しかしながら、溶銑脱磷能力が不足したり脱磷負荷の大きい鋼種が多い製鉄所では高度な「吹錬中の吹錬制御」を必要としており、センサー技術や制御技術の進歩が期待されている。本項では1980年後半以降に開発された主な計測・自動化技術を紹介する。

(1) 転炉操業における計測技術

転炉操業における計測技術、計測対象は次の3項目に大別できる。

- ① 吹錬中に必要な計測対象：溶鋼温度、溶鋼成分、湯面検知、など
- ② 吹錬の安定化に必要な計測対象：スロッピング予知、滓化検知、など
- ③ 省力化、品質向上などに必要な計測対象：自動出鋼、スラグ流出検知、など

サブランス測定を中心としたダイナミック制御技術は1980年代のDDC (Digital Direct Controller) を初めとする計算機システム技術の進歩に伴い、ほぼ技術が確立された。1980年代後半には主ランス、サブランスの停止位置精度を向上させるためのマイクロ波による湯面測定技術や、炉内の排ガス二次燃焼率を測定するための質量分析計の導入が行われ、ダイナミック制御技術は完成の域に達したといえる。

一方、溶鋼成分の制御に関してみれば、溶銑脱磷が導入されたものの、製品品質の厳格化への対応、迅速出鋼比率の向上などを目的として吹き止め時の溶鋼[C], [Mn], [P], [S]を精度良く推定する試みが行われてきた。

当初は、吹き止め時に酸素センサーを用いて溶鋼中酸素濃度を測定し、溶鋼-スラグ間の平衡関係や物質収支から推定する方法が一般的であった。しかしながら、本方法の推定精度は十分とはいえない上、溶鋼-スラグ間が非平衡な高炭素鋼

ところで、電気炉法の基盤はスクラップの安定供給にあることは言うまでもない。統計によれば、国内のスクラップ総量は今後も増加すると予測されているが、良質スクラップに関しては必ずしも楽観できる状況にはない。最近、溶銑を電気炉に装入する操業が始まっているように、良質鉄原料ソースの多様化と利用技術の開発は今後ますます重要なテーマとなるであろう。

には適用できないという問題点を有していた。この対策として吹錬途中のダイナミック制御用にサブランス測定する際、同時にディスクサンプルを採取・回収し、現場に設置したオンサイト型発光分光分析計にて分析し、その値を基にして成分を推定する方法が実施されている。そのほか消耗型センサーを使った成分推定方法としては、酸素センサーを利用した[Mn]の測定が報告されている。

溶鋼成分の直接分析法として、転炉内の火点が2,200~2,600°Cになることに注目し、火点におけるMnとFeの原子吸光スペクトルを光ファイバーを用いて分光器に伝送して溶鋼[Mn]を測定する方法が実機化されている。装置の概略をFig. 3.29に示すが、測定精度は $\sigma=0.05\%$ と良好である。また、転炉から発生するダスト中にFeと比較して高い蒸気圧をもつMnが濃化されていることに注目し、転炉排ガスダスト中のMn量から溶鋼[Mn]を推定する方法が検討されている。

今後これらの溶鋼成分用センサーの開発はさらに進展すると思われるが、最終的な実用化の判断は、コスト、精度、保守性に集約されることは明らかである。

吹錬中のスロッピングの防止は、歩留の向上のみならず安

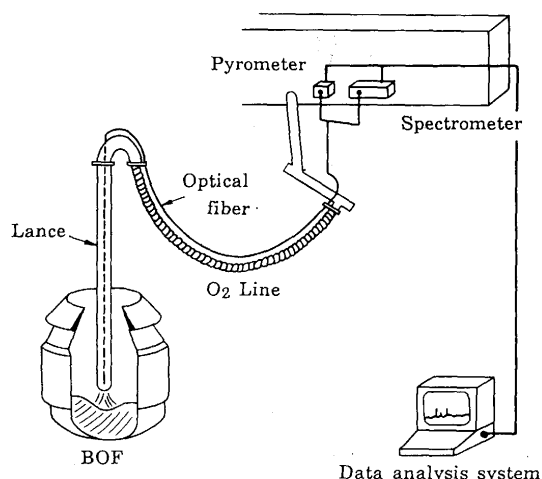


Fig. 3.29. Schematic diagram of on-line analytical system. (6th IISC, Vol. 3, ISIJ, Tokyo (1990), p. 102)

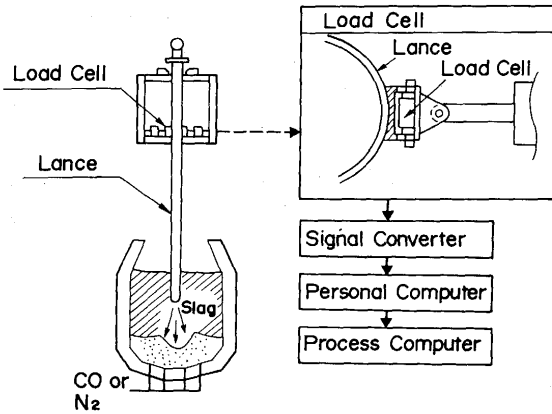


Fig. 3.30. Schematic view of slopping prediction system. (*Tetsu-to-Hagané*, 76 (1990), p. 1978)

定操作を確保する上で重要である。これまで各社から、さまざまなスロッピングの予知方法が提案されている。Fig. 3.30に示すように主ランスに取り付けたロードセルで検出した荷重を基にスロッピングを予知する方法、排ガス中のCO、CO₂の変化挙動から予知する方法、さらにはマイクロ波を用いてスラグレベルを測定する方法が開発された。スロッピングは、Si吹き末期に発生する高粘性スラグに起因するものと、スラグの過酸化によるものに大別されるが、同一のセンサーで起因の異なる2種類のスロッピングを精度良く検知することが、今後のスロッピングセンサーの課題であるといえる。

そこで、センサーに頼ることなく、スラグフォーミング状況を直接監視する試みが行われている。側壁部に設けた孔からランスを挿入し、光ファイバーを通して炉内を直接監視する方法が実機化されているが、この方法は、スロッピングを予知するだけでなく、これまでブラックボックスであった吹錬中の炉内状況を観察できる点で画期的であるといえる。

(2) 転炉操業における自動化技術

転炉操業における自動化は、吹錬操作の自動化、要員ピークの出鋼作業の合理化、非正常作業の自動化に大別できる。

① 吹錬操作の自動化

複数のオペレータによる吹錬計算、副原料投入、酸素流量変更や排ガス処理操作などの手動操作に代わって、吹錬の初期条件や各種センサー情報からプロセスコンピュータが計算した結果に基づいてDDCが自動的に操作する方式が一般的である。

そのためシステム構成としては、副原料切り出しフィーダー、ランス高さ計などのフィールド機器にシーケンサーを新設し、データウェイでDDC、プロコン、オペレータステーションなどを接続する。また、CRTオペレーション方式を採用し、操作・監視の集中化、操作性の向上を図っている。加えて、操作室を集約化し3炉分のデスクを集中配置した例もみられる。

また、自動化にはハード面だけでなくソフト面でも改善が

必要である。これにはスタティック制御、ダイナミック制御だけでなく、副原料、合金鉄の投入制御、各種センサーの情報を取り込んだスロッピング制御、鋼種や初期条件に応じた最適吹錬パターンの設定、排ガスの自動回収制御などが含まれる。

② 出鋼作業の合理化

転炉要員のピーク作業となるのが出鋼作業である。従来は、出鋼合図、炉傾動操作、合金投入操作、サンプリング・分析・炉口地金切り作業で4名/炉が一般的であった。この合理化策として、合金の自動切り出し、自動投入を初め、自動出鋼システムを導入し、出鋼量に応じた転炉傾動制御と受鋼台車位置制御を行っている例もある。

また出鋼時のサンプリング作業に関してもサブランスサンプリングの熱間搬送自動システムを新設し、サンプリング、試料取り出し、冷却、気送、研磨、分析処理までの全工程の自動化が実現されている。

③ 非正常作業の合理化

非正常作業のなかで炉口地金除去は大きな割合を占める。2本のメインランスの間に地金除去用の炉口ブローランスを設置し、溶銑装入後、中央操作室から遠隔で地金ブローを行い、約1.5 t/minの効率的な自動炉口地金除去を可能としている製鉄所もある。

以上の対策により、現在では省人が進んだ製鉄所では炉付操業者3名/炉、なかには2名/炉にまで達している製鉄所もある。今後は、主工程の完全自動化を進めるとともに、炉内補修などの付帯作業のさらなる自動化、機械化を推進し、最終的にワンマン操業を実現することが転炉操業の自動化の課題である。

3.4.2 連続铸造における自動化・機械化技術の進歩

(1) 連铸における最近の自動化・機械化技術

(a) 概要

連続铸造化によって品質、生産性、コスト、物流など理想追求の発展をたどる中で、連続铸造プロセスにはさまざまな自動化・機械化が開発、導入されてきた。Fig. 3.31に連铸基数と自動化・機械化プロセスの実用化件数ならびに、自動化設備の平均設置率の推移を併せて示す。連铸比率の向上に伴い自動化・機械化技術が次々に実用化され、新鋭マシンには多くの自動化機械化が織り込まれてきている。また特徴的なこととして初期には生産性の向上や品質の向上、安定化を目的とした自動化技術が主体であったのに対し最近では熟練作業者を必要としないで済む作業の一定化、無人作業に向けた自動化機械化が増加してきている。

(b) 品質の向上と操業の安定化

Fig. 3.32に連铸機に導入された代表的な自動化機械化技術および、それらに支えられた操業技術をまとめて示す。

(i) 自動注入制御

取鍋から铸型内に至る自動注入制御は品質、操業にかかわ