解 説

最近のアーケ炉設備の動向

今川 弘*, 丹羽幸雄*

Trend for Recent Arc Melting Equipment

Hiroshi Imagawa and Yukio Niwa

Synopsis

An electric arc furnace itself has made a few drastic developments and improvements for the past few years. However, eccentric bottom tapping used in different steel plants in Europe coupled with operational know-how has shown good results which has also been introduced into this country and same good results are expected.

Electrode regulating system by VVVF (variable voltage variable frequency) or hydraulic pressure type electrode controller with hydraulic pressure servovalve is in a practical use.

Power consumption has been saved by 3 to 10 percent by computer control equipped with arc furnaces.

Scrap preheater has been popular as energy saving facility. Recent trend is to adopt such a system to pass waste gas in series in order to have better efficiency of the scrap preheater.

At present, as solution of white fume and bad odor water washing system and simple after burning type will be most practical.

Superiority of DC arc furnace is to reduce electrode consumption DC power source which occupies the large portion of equipment investment cost is getting relatively low, thus inviting an attention of people who are interested in the facility.

1. 結 言

生産性向上のために、炉の大形化と高電力化ならびに操業方法の改善が積み重ねられ、これに歩調を合わせ炉体各部と周辺設備の改良、開発がなされてきた。

ここ数年の間に操業時間は、平均で2時間を切るようになり、電力原単位の向上にも結びつき、

また大電力化に伴ない必然的に発達した、炉壁と炉蓋の水冷パネルは、耐火物消費低減に大きく貢献している。

過去においては、生産量の増加がベースとなり、各種原単位の向上につながってきたが、今後予想される低水準の生産量で原単位をいかに低減してゆくかが、設備と操業ソフトに負わされた重要な使命である。

このような観点から、最近のアーケ炉とその周辺設備について若干の動向を紹介し、参考に供したい。

昭和61年10月10日 受付

*大同特殊鋼㈱機械事業部高蔵製作所

2. ボトムタッピング

炉内の溶鋼は炉殻に取り付いている出鋼樋を経て、取鍋に受鋼されるのが通常であった。この方式は長い歴史があり、溶鋼とスラグを同時に出湯することに特徴があるが、耐火物の材質向上に伴い炉底中心から溶鋼を出湯するセンターボトムタッピング (CBT) 方式、炉殻の一部を拡張し、その部分の底より出湯するエキセントリック・ボトムタッピング (EBT) 方式あるいは従来の出鋼樋の取り付け角度を大きくとった、ティースパウト方式などがヨーロッパを中心に急速に採用され始めた。わが国でも、EBT 導入の具体的な検討が行われており、第 1 号の EBT 化改造炉が60年 9 月から稼動している。

ボトムタッピング方式は、西独の Mannesmann-Demag 社と Thyssen Edelstahlwerke 社が共同開発したもので、主目的は炉壁の水冷化率を、従来の傾注式アーク炉に比べより一層向上させることが狙いであった。

したがって、当初は CBT であったが、タップホールの補修作業性を向上させ、完全なスラグフリーの出鋼を目的として、研究開発された方式がタップホールを偏心させた、EBT 方式である。

ボトムタッピング方式の炉は、1984年以降急速に普及し、現在、計画中、建設中を含め37基があるが、この中で CBT は数基であり、主流は EBT である。

EBT の効果は第 1 表に示すようなものと予想されるが、タップホール部の炉床拡張に基づく炉床耐火物の増加、タップホール部耐火物の寿命と

補修作業時間による生産性の低下などが、マイナス要因として考えられる。

なお、重要な問題として、タップホールが閉塞することがあげられている (第 1 図、第 2 図)。

3. 電極制御装置

電極制御装置は性能の良い (応答性の高い) ことが従来から求められているが、操業面から明らかな差異を把握するのは困難で、現在使用されている各種の制御装置の違いによるアーク炉の損失電力の差は、1～2%程度と考えられる。スクラップを初め、他に変動要因の多いアーク炉操業では、その差はばらつきのなかに埋没してしまっ

第 1 表 EBT の効果

機 能	効 果
スラグフリー出鋼	・ 2 次精錬設備に排滓機能不要 ・ 取鍋耐火物寿命の向上 ・ 合金歩留の向上
短時間出鋼	・ 出鋼温度降下の低減 (電力、電極原単位の向上)
傾動角度15°程度で出鋼完	・ 炉壁水冷化率増大 (炉壁耐火物原単位向上) ・ 傾動機構軽減 ・ ケーブルの短縮 (リアクタンスの低減)
残湯溶解	・ 通電初期のアーク安定

第 1 図 各種の出鋼方式

第2図 EBT 炉の概念図

いる。しかし、制御装置はアーク炉の機能上重要な役割を持ち、安定したアークの持続は作業時間の短縮に大きな影響を持っている。

電極制御装置の電極昇降方式は、電動式と液圧式に分類される。

電動式の新しい技術として、VVVF（可変電圧可変周波数制御）インバータ装置を使用した電極昇降装置が実用化され、第1号機が60年9月から運転され、好結果が得られており、今後はこの方式が主流となるだろう。

液圧式では、サーボバルブ方式の電極昇降装置が開発され、60年12月から稼動している。本装置は、欧州他外国で使用されている従来の液圧システムより、機器構成が少なくシンプルで応答性も優れている。

3.1 VVVF 式電極制御装置

アーク炉の電極昇降機構は、モータと減速機を組合せた電動方式が、構造の簡単さ、補修が容易なことから最も一般的に採用されている。VVVF方式の特徴は「インバータにより交流モータに印加する一次電圧と周波数を制御することで、広範囲な速度調整が可能であり、全ての速度において安定した高いトルクが得られることである。

これにより、交流モータのトルク特性と起動トルクが、サイリスタレオナード方式の直流モータと同等以上となり、制御装置としての応答速度も、従来の他の電動方式より優れている。VVVFインバータは、商用の交流電源から整流された直流を、極めて短時間に任意の周波数の正弦波交流に変換

する機能を持たなければならない。この技術は、近年のパワエレクトロニクス技術の発達により、大形の電力トランジスタが開発され、またこのトランジスタを高速で駆動させる演算回路の開発により完成された。

3.2 液圧式電極制御装置（サーボ方式）

液圧シリンダによる電極昇降は、ヨーロッパを中心として長い歴史があり、多くのアーク炉に採用されている。液圧システムは信号の検出回路、バルブの作動遅れおよび可とう配管等の膨張などによりわずかな動作遅れがあるが、総合して回転体慣性の大きい電動機方式に比べ応答性の優れた方式といえる。それにもかかわらずわが国では、海外での約50%と比較して、液圧方式を採用したアーク炉の設置が少ないのは、従来の液圧制御方式は、常に一定の圧力を昇降シリンダに加えるため、圧縮空気圧を使用していて、このための蓄圧タンクが場所をとること。また、故障時に不良箇所を見付けることの困難さ、あるいは、液圧洩れなど保守保全の問題等が電動式に比べわずらわしいことがその理由と考えられる。

サーボバルブ方式は、ヨーロッパで使用されている液圧システムと異なり、蓄圧タンク、コンプレッサユニットを不要としている（第3図）。

この方式は、ロボットのサーボ回路技術をアーク炉電極昇降に応用したもので、制御系の応答速度は、現存するアーク炉で最も速い部類に入る。

サーボ方式の動作原理は、従来のものと基本的には同じであるが、電極昇降用シリンダへの液圧

第3図 液圧式電極制御回路

第2表 電極制御装置の比較表

名称 項目	サイリスタレオナード	EC モータ (DEC)	VVVF (ベクトル) 制御	液 圧 式
システム構成				
電 動 機	直 流	交流カゴ形	交流カゴ形	交流カゴ形 (汎用)
	三相交流入力を変圧整流 (DC) し、電圧制御	渦電流カップリングの励磁電流を制御 (モータ、カップリング TG、一体形)	三相交流入力を整流して三相インバータで逆交換しベクトル制御	制御装置からの電気信号によりサーボ弁スプールを移動して制御
応答速度 (S)	0.3~0.4	0.4	0.3	0.16
効 率	良	普通	良	普通
保 守	整流子のブラシ	良	良	液圧の管理
発生トルク	大	中	大	大

流量制御に応答の速いサーボバルブを使用していること、必要な流量を一定圧力で瞬間的に吐き出すピストンポンプを使用し、回路と機器構成を簡単にしていることが特徴である。第3表にサーボ方式の諸元を示す。

液圧式は、応答速度のみを追求する場合は最も優れた方式である。電動式は、前述のように構造の簡単さ保守保全の容易さが利点であり、さらに

VVVFの登場で応答性も改善されてきたことなども併せ、製鋼設備という面で総合的に評価すると、やはり電動式が優位である (第2表)。

4. 自動化・省エネルギー設備

4.1 コンピュータコントロール

コンピュータコントロールのアーク炉への導入は、すでに20年位前に実施されている¹⁾。しかし、

第3表 液圧式（サーボ方式）電極制御装置の諸元実例

炉容量	20トン
電極径	14インチ
電極昇降重量	7 000kg
電極昇降速度(最大)	
上 昇	6m/min
下 降	6m/min
応答速度	
上 昇	0.16秒
下 降	0.14秒
ポンプ	(1相の電極につき) ピストン式定圧力可変吐出形 74 ℓ/min×140kg・f/cm ²
電動機	3相交流 19kw・4P
液圧シリンダ	単動形 125φ×2 800mm ス トローク
サーボバルブ	二段形サーボ 120 ℓ/min
液 体	水グライコール (ハイドール HAW)

当時の機能はデマンド制御を主とする溶解プログラム制御に重点がおかれており、複数炉を設置した製鋼工場で採用された。

わが国でのアーク炉のコンピュータコントロールは、海外とはほぼ同時期に最適溶解の観点から開発が行われ試用されたが、その発展はあまり見られなかった。近年、UHP 炉の普及に関連し、生産性の向上、各種原単位の向上、連铸機の導入などにより、再びコンピュータコントロールの導入が顕著に行われている。最近のアーク炉コンピュータ制御装置が、一般に備えている機能の例として、第4表に示すものがある。

なかでも、制御面では全ての溶解操作データをサンプリングし、これをコンピュータを用いてデータ解析するソフトを利用し、メーカーとユーザが一体となり、生産性向上を目指した電力投入パターンや、省エネルギーを目的とする操作プログラムの設定が出来るものもある。このタイプのコンピュータ・コントロールによると、3～10%の電力原単位向上が得られている。

一方、操業管理面からみれば、CRT (Cathode

第4表 アーク炉コンピュータコントロールの機能

Ray Tube)ディスプレイに各時期の操業電圧、電流、電力を時間と共にグラフ表示したり、自動的にアーク炉作業誌を印字する事も可能となっている。また、アーク炉制御用のコンピュータと、生産情報などを処理する大型コンピュータとは直接信号伝達(コンピュータ間通信)の結合方式をとっている例が多い(第4図)。

4.2 省力設備

今日の製鋼作業を個別に取り上げる時、その作

業に対する省力装置はすでに開発されているが、これらはいずれも作業を無人化する機能でない。自動化、無人化の域に達するのにまだ相当な時間を要するだろう。

4.2.1 原料の装入と合金・造滓剤投入

設備的には最も困難なテーマで、今までシュレツダ屑のアーク炉への連続投入は試みられたが、実用までに至っていない。

合金、造滓剤はトラックからの受入、貯蔵、秤

第4図 アーク炉用コンピュータの一例

量、搬送から炉内投入まで完全に自動化され、その制御をアーク炉操作室で行う技術がすでに確立されている。アーク炉への投入は、(1)炉側上部、(2)集じんエルボ、(3)炉蓋投入孔とあり、設備の配置から方式が決まる場合が多いが、なかでも(3)の方法が炉中心近くに投入出来ることで採用されるケースが多い。石灰は炉側に圧力搬送パイプを接続し、貯蔵バンカより直接炉内に吹込むことが欧米では行われているが、湿度の高いわが国では採用しにくい。

4.2.2 電極接続・測温・サンプリング・酸素吹精

悪環境下のアーク炉炉上での作業をさせ、しかも1名の作業で電極接続を行う接続ロボットがすでに実用化されていて、作業の安全、確実な電極締付など効果があがっている。接続ロボットを炉上クレーンに吊下げる方式と専用のサブクレーンにロボットを取付ける方式があるが、いずれも装置の位置設定と接続作業のスピードアップが課題であって、装置の改善により今後の普及が期待される。

電極引き伸し機構は精錬炉で実用化されていて、その方式の1つである把持器に機構を付加したものはいつでも電極を引き伸ばすことができる特長をもつ。一方炉蓋旋回時に限り電極を引き伸ばす装置も提案されているが国内での採用には至っていないようである。

アーク炉での測温・サンプリングの完全自動化をしている例はまだないようであるが、酸素吹精

と除滓機能を持つ自走式のマニプレータが一部で使用されている。また、出滓口前にランススタンドを設け、カッティング用酸素ランスを遠隔操作する装置がヨーロッパで使用されている。これは簡単な装置であるから、広く普及すると考えられる。

4.2.3 その他

除滓作業におけるマニプレータやVSクリーナ、炉修作業における熱間吹付機や遠心力投射機など個々の作業の機械装置は実用化されているが、それらが機能的に結合してワンマンコントロールや、無人運転するには解決しなければならない課題が多くある。

4.3 スクラップ予熱装置

アーク炉出熱のうち、約20%は排ガスの保有熱が占めている。その有効利用のために国内では約50基のスクラップ予熱装置 (SPH) が導入され、大きな成果をあげている。

一般的にスクラップ予熱によって、炉の排ガスが有する全熱量の20~30%が有効に回収され、平均30~40kwh/良tの電力原単位の節減となり、それにともない電極原単位、および耐火物の節減が計られ、結果として生産性の向上をもたらしている。

予熱効果の向上対策として、排ガスを被予熱バケットヘシリーズに通す、2連あるいは3連予熱方式が最近採用され始め、より高い予熱効果を上げている。

この方式には、第5図に示すように、(A)固定ベ

第5図 SPH シリーズ方式

ッセルへの排ガスをダンパによって切換えるルート切換方式と、(B)スクラップを入れたベッセル台車が自ら循環する台車循環方式がある(第5図)。

どちらの方式もダンパの切換によって2連、3連を選択でき、3連の場合では、約50kwh/良t近い電力原単位の節減効果が出ている。

しかし、設備費が高く設置スペースを大きくと

第5表 スクラップ予熱装置の悪臭・白煙対策

No.	方式	説明	方式の概要	評価
1.	洗浄方式	予熱後の排ガスを除じん後、スプレー塔、充填塔により水または薬液とガスを向流接触させて、悪臭、白煙成分を洗浄する。悪臭成分は吸収除去し、油分は慣性衝突除去によって低減させる。油煙、水滴による白煙除去として湿式EPを使用することもある。		白煙、悪臭除去効率 70~80% 最も安定した高い脱臭効果を得られるが、洗浄排水の水処理が必要となり、設備費がかさむ。
2.	簡易アフターバーナー方式	スクラップ予熱後の排ガスを燃焼脱臭の1/10~1/20程度の燃焼量におさえた火焰と接触させ、悪臭および白煙の原因となる成分を燃焼分解する。		白煙、悪臭除去効率 約50% 効率アップするためにバーナ燃焼量を増加すると、省エネと逆行する。 低濃度の臭気、油分の排ガスに適用可能である。
3.	リサイクル方式	スクラップ予熱後の排ガスを吸引エルボ出口部、水冷ダクトなどにリターンさせ、高温の火焰で悪臭成分、油分を燃焼分解する。		アーク炉排ガス温度の変動が激しく安定した脱臭効果は得られない。 また、リサイクルすることによって合流ガス温度が低下し、リサイクル量は一般的にアーク炉排ガスの50~60%であるため、予熱効果はダウンする。
4.	低温処理法			
4.1	三連方式	排ガスを三連シリーズで通過させることによって、白煙悪臭成分を低温凝縮させる。		予熱効果は大きくなり、排ガス低温化により、白煙対策にはなるが、悪臭は依然残存する。
4.2	ブースタ方式	スクラップ予熱後の排ガスを建家集じん系へ導入し、排ガスを希釈しガス温度を低下させるとともに油分をバグハウスで凝縮捕集する。		集じん装置の省エネともなり、合理的なシステムと言え、低濃度の臭気、油分の排ガスには適用可能である。
4.3	冷却方式	スクラップ予熱後の排ガスに冷風を導入または冷却塔で低温まで冷却し、油分をバグハウスで凝縮捕集する。		排ガスを低温化することにより白煙対策にはなるが、悪臭は残存する。

るため、省エネメリットとの兼合いが導入の決め手となる。

SPHの今後の課題としては、白煙、臭気対策があり、現在、第5表のものが実用化されている。

除去効率の点からは、洗浄方式が最も安定しているが設備費の点から、SPHの電力節減分での回収に年数を要する。低温処理法は、臭気防止の点からは、余り効果が期待できないため、低濃度の臭気、油分に限定される。今後より高効率、低コストの脱臭、白煙防止装置の技術開発が望まれる。

5. 公害対策設備

5.1 集じん装置

現在、製鋼用集じん装置の方式および技術は、ほぼ確立しているが、以下に記すシステム・設備は、最近の省エネ指向に対応するものである。

5.1.1 ブースタ方式

直接集じんと建家集じんの経済的集じん方式として、直接集じんガスをブースタ送風機により建家集じんガスと合流させる方式は、直引建家分離方式、直引建家合流方式どちらと比較しても設備容量およびランニングコスト面で大きな節約となり、きわめて、有効なシステムである。その1例を第6表に示す。

直引と建家のバグハウスを分離する場合は、2式のバグハウスが必要となり、メンテナンス費および動力費もかさむ。

また、直引建家合流方式の場合は、送風機の静圧が直接集じん側に合せた圧損の高いものになり同時に風量は建家集じん側に合わせることでより電動機の容量が非常に大きくなる。ブースタ方式は、直接集じんのラインにブースタ送風機を設け、主送風機の静圧は建家集じん側の低い圧損に合わせ、直接集じん側の高い圧損はこのブースタ送風機で補うものである。この方式によると全体として送風機動力費が大幅に節減され、さらに直引用のバグハウスが不要となる。そのうえ直引系のガス冷却設備が節減できるなど多くの利点があり、これから採用されるケースが多くなると考えられる。

5.1.2 集じんの風量制御

装入、溶解、酸化、出鋼、各操業時期において、発生ガス量が大幅に変動する電気炉集じんでは、風量制御により、大きな省電力を計ることができる。

風量制御は従来は、ダンパ方式であったが、近年、送風機に回転数制御装置を付属することが多い。

第6表 集じん方式の比較

	ブ ー ス タ ー 方 式	直 引 建 家 分 離 方 式	直 引 建 家 合 流 方 式																
ガス フ ロー
送 風 機 仕 様	<table border="1"><thead><tr><th>建家送風機</th><th>ブ ー ス タ ー 送 風 機</th><th>Total 動力</th></tr></thead><tbody><tr><td>12 000m³/min 350mmAq at 110℃ 1 320kW</td><td>2 700m³/min 300mmAq at 300℃ 300kW</td><td>1 620kW</td></tr></tbody></table>	建家送風機	ブ ー ス タ ー 送 風 機	Total 動力	12 000m ³ /min 350mmAq at 110℃ 1 320kW	2 700m ³ /min 300mmAq at 300℃ 300kW	1 620kW	<table border="1"><thead><tr><th>建家送風機</th><th>直 引 送 風 機</th><th>Total 動力</th></tr></thead><tbody><tr><td>12 000m³/min 350mmAq at 60℃ 1 150kW</td><td>2 700m³/min 650mmAq at 250℃ 600kW</td><td>1 750kW</td></tr></tbody></table>	建家送風機	直 引 送 風 機	Total 動力	12 000m ³ /min 350mmAq at 60℃ 1 150kW	2 700m ³ /min 650mmAq at 250℃ 600kW	1 750kW	<table border="1"><thead><tr><th>建家送風機</th><th>Total 動力</th></tr></thead><tbody><tr><td>12 000m³/min 650mmAq at 110℃ 2 450kW</td><td>2 450kW</td></tr></tbody></table>	建家送風機	Total 動力	12 000m ³ /min 650mmAq at 110℃ 2 450kW	2 450kW
建家送風機	ブ ー ス タ ー 送 風 機	Total 動力																	
12 000m ³ /min 350mmAq at 110℃ 1 320kW	2 700m ³ /min 300mmAq at 300℃ 300kW	1 620kW																	
建家送風機	直 引 送 風 機	Total 動力																	
12 000m ³ /min 350mmAq at 60℃ 1 150kW	2 700m ³ /min 650mmAq at 250℃ 600kW	1 750kW																	
建家送風機	Total 動力																		
12 000m ³ /min 650mmAq at 110℃ 2 450kW	2 450kW																		
ブ ー ス タ 方 式 の 省 エ ネ ル ギ ー メ リ ッ ト	① 送風機の total モーター容量が小さくなり、省電力となる。 ② 直引系冷却設備を節約でいる。 ③ 直引用バグハウスが不要となり直引バグフィルターの定期取換が不要となる。																		

VVVF(可変電圧可変周波数制御装置)および電動機極数変換方式は動力は風量の3乗に比例し、流体継手、油圧クラッチVS(電磁継手)は、動力は風量の2乗に比例する。また価格面においては、VVVF>流体継手>極数変換>VS>油圧クラッチの順位となる。

いずれの方式も電気炉用集じん装置に実用化されているが、制御範囲、設置スペース、メンテナンス等の要因を考慮し、選択しなければならない。

一般的に高速低速の2段階風量制御では極数変換方式が、またかご形電動機により広範囲に風量制御する場合には油圧クラッチまたはVVVF方式が多く採用されている。

5.1.3 省エネルギー布

省エネルギー指向とあいまって、フィルタブの低圧損化も進み、空隙率が高く、通気抵抗が小さい低圧損ろ布が種々開発され、使用されている。

低圧損ろ布の圧力損失は従来のろ布と比較して30%程度(200mmAq→150mmAq)低減できるため、送風機静圧を節減でき、動力費が低減する。新設の場合は、バグハウスの容積が小さく済み、設備費を低減できる。

5.2 アーク炉の密閉スカイハウス

アーク炉から漏れる粉じんは建家内で天井まで

拡散される。それを吸引して工場内の環境を良好に保つには大容量の建家集じん設備の設置が必要であった。一方アーク炉における騒音は炉近傍で110dBに達する。この対応策として、アーク炉全体を密閉式に取り囲むことが採用されつつあり、わが国でもすでに6社で使用されている。

現在、方式として2通りあり、密閉体の天井扉が全体に開く方式と、内部にメンテナンススクリーンを有する方式のもので、いずれの方式も粉じん、騒音を極力発生源の近くで覆うことになる。これで、集じん風量は約20~30%の節減となり、そのうえ騒音が大幅に減少し、1m離れた位置で約15dB騒音が低くなって、炉前にて通常の会話が可能となる。同時に工場の作業環境が著しく改善される効果も合わせ持っているので、総合的にはアーク炉の密閉スカイハウスは、今後採用が増えていくと考えられる(第6図)。

5.3 フリッカ補償装置

わが国におけるフリッカ補償装置は、同期調相機による方式や、相互補償リアクトル方式も使用されたが、近年パワーエレクトロニクスの発達により、サイリスタを使用した静止形無効電力補償装置が使用されている。アーク炉用には、リアクトル電流をサイリスタで、連続的に位相制御する

(1) 天井扉が全体に開く方式

(2) メンテナンススクリーンを有する方式

第6図 アーク炉密閉スカイハウスの方式

サイリスタ制御リアクトル方式が採用されている。

この方式の基本回路は第7図に示すように、コンデンサとリアクトルおよびサイリスタスイッチから構成されている。最大の進相無効電力で補償が必要な時にはサイリスタは閉となり、全コンデンサ電流が電源に流れる。補償する進相電力が零のときには、サイリスタはリアクトルの定格電流を流すような点弧角にて導通して、コンデンサ電流を相殺する。この範囲内をサイリスタの位相制御により連続的に補償することができる。このようにしてアーク炉から発生する遅相無効電力に対応して、進相無効電力を系統に供給することにより、電源から供給される無効電力の変動分を小さくし、電源電圧変動（フリッカ）を低減させる方式である。

現在この方式のフリッカ補償装置は、サイリスタの原理上電源に同期した半サイクル毎に無効電力の制御を行うが、半サイクルより短い時間内の無効電力変動には応答できなく、フリッカの改善効果に限界が生じている。しかし、エレクトロニクスの進歩により、半サイクルより短い時間で高速応答ができる無効電力制御装置（アクティブフィルタと呼ばれている）の研究が盛んに行われている²⁾。

これにより、優れたフリッカ改善効果が期待でき、その実用化も間近と思われる。

6. 新しいアーク炉の動向

エネルギーを電力に頼らない溶解方法が数多く試みられ、それなりの効果がえられているが、アーク炉という限定した範囲では交流アーク炉が絶対

的な地位を確立している。しかし、ここで最近特に検討された直流アーク炉およびTwin Shell 炉についての現状を紹介する。

6.1 直流アーク炉

直流アーク炉は、各種原単位、特に電極原単位の大幅な向上、騒音とフリッカの減少が期待され、電極単価の高いヨーロッパを中心に開発が進められてきているが、大きく発展することなく今日にいたっている。

しかし、最近の半導体技術の進歩により、大容量のサイリスタ、ダイオードが安価に製造され、直流電源装置のコストが大幅に安くなったことで、直流アーク炉の優位性を生かすことが可能となり、脚光を浴びるようになった。

現在最大容量の直流アーク炉は、IRSID-CLECIM 両社が共同開発し、仏国SME (METALSCAUT)社に設置した、公称62t 炉であり、1986年3月から連続操業に入ったと報告されているが、立上り間もないので実績データは公表されていない。

直流アーク炉の構造は、通常の三相交流アーク炉と基本的に同じであるが、炉底に陽極側の電極を有している他は従来の上部カーボン電極が陰極側となり、大形炉では3本電極、小形炉では1本電極となっている。

第8図に、直流アーク炉の設備概要を示す。

炉底電極は現在二つの方式が採用されていて、一つは炉床に銅板を埋め込み、電極からのアーク電流を広い面積で導電する考えであり、他の一つは炉の底に電極導体を埋め込んだもので比較的容量の小さい炉に適用され则认为られる（第9図）。

第7図 サイリスタ利用リアクトル制御

第8図 直流アーク炉の概略設備配置図³⁾ 第9図 炉底電極の構造³⁾

直流アーク炉が、交流アーク炉より優れているといわれる点を列記すると以下である。

- (1) 電極原単位
- (2) フリッカレベル
- (3) 騒音レベル
- (4) 電力原単位
- (5) 炉壁のホットスポット
- (6) 溶鋼の攪拌力

直流アーク炉の最大の課題は炉底電極にあると考える。炉底電極および、その周辺の耐火物の寿

命とメンテナンスに関する費用が、電極費の節減費と同程度との報告もあり、炉底の技術は、まだ十分確立されていないと判断される。

また、大形化する場合、どの程度の容量まで1本電極で操業出来るかによって、直流アーク炉の使命である電極原単位の改善に大きく影響すると思われる。操業実績データが断片的に発表または、情報として入手されているが、注意深く検討し、評価することが大切である。

6.2 Twin Shell 炉

古くて新しい考え方として、炉殻のTwin化も最近注目された。電気設備は1セットで炉殻は2基持ち、片側の炉でアーク溶解している間、他の炉は排ガスでの予熱や、バーナによる予熱を行うものである。

この方式は一定の条件の下に、電力消費量の節減と排熱の利用効率を高める特長があるが、制約もある。

しかし、わが国でもステンレス溶解用のTwin Shell 炉の稼動が60年より行われている(61年2月7日鉄鋼新聞)。この方式が普通鋼溶解にまで発展する可能性もあり、これからの検討課題である。

7. 結 び

アーク炉単体としては、今後斬進的なものに発展することなく、アーク炉の各機構に部分的な改良が加えられてゆくだろう。

アーク炉、各付帯設備と操業法の改善で、電力を筆頭として、各種原単位の向上を極限まで追求する試みは恒久的に続くものであるが、その検討対象は、当面がEBTであり、さらに今後の課題である直流アーク炉、Twin Shell などである。

省力自動化は、言うまでもなく、操作室からの遠隔操作を完成させることが、完全自動化への大きなステップである。

(文 献)

- 1) J.Ravenscroft and A.W. Whitwell: UIE6 (1968), N103
- 2) 水野: 電気計算, 52 (1984) 9, 36
- 3) "The dc arc furnace, a new way to produce steel" カタログ (MAN, GHH)