

翻 訳

電弧炉における 50 年間の進歩

FIFTY YEARS OF PROGRESS IN ELECTRIC-ARC FURNACES

By Samuel Arnold 3rd

1943 年 10 月 1 日および 2 日に最初の AIME 電炉鋼協会が開催された。この協会の第 1 会期には電気熔解炉が取扱われた。最初の論文は R. L. Baldwin の電炉鋼工業の発展と現状についてであった。第 2 の論文は本論文の著者による電弧熔解炉の発達についてであった。後は F.W. Brooke の機械設計、John McBroom の最近の電極調整、C. C. Levy の現代電弧炉の電気設計、および N. R. Stansel の三相電弧炉の回路があつた。なおこの他に Frank T. Chestnut による現代の誘導炉についての論文、および H. McQuaid による現代の電気熔解炉の欠点についての幾つかの評論があつた。13年後の今では委員会は電弧炉の其の後の発達について簡単な記事を要求している。この論文は米国製鋼業界において使われている三相直接式弧光炉だけを取扱うつもりである。

13年前に提出された一連の論文はどちらかといえば概括的総論的なものであつた。Baldwin 氏は 1878 年に電弧中で鋼を熔した William Siemens についての歴史を書いた。彼はまた Héroult 博士を含む多くの人々の初期の努力について語り、また第 1 次世界大戦前および戦時中に造られた数多くの特殊な型の炉について記した。しかしそれらはもはや建造されることなく、また今日迄操作されているものはほとんどない。

一番最初の電気炉

今年、1956 年はアメリカにおいて電気炉で最初の鋼が造られてから 50 周年にあたるので、この重要な事件に関して詳細なできごとを再録するのは意義のあることだろう。

1900 年に他の会社と一諸に Syracuse にある Sanderson 工場を引継いで、アメリカるつぽ鋼会社が創立された時 Charles Halcomb は辞職して Halcomb Steel Co. を造つた。後日、これはアメリカるつぽ鋼会社の一部となつた。

最初の計画はるつぽ炉と小さな固定式平炉を使う計画であつた。しかし当時その工場の工場長兼技師長であつ



Fig. 1.

Paul Héroult 博士
(1864~1914)

た R. H. Bully はすでにフランスに建設されていたエール式電気炉の築造を Halcomb 氏に勧めた。

その炉は特別のエンジンで駆動する単相交流発電機で操作される二極付単相炉であつた。それは 1905 年の下期に Syracuse に設置され、1906 年 4 月 5 日に約 4 t の初出鋼をした。それはアメリカにおける電炉鋼工業の始まりである。

わずかながら他にも単相エール炉が建設されたが、1, 2 年の中に三相が使われるようになった。もつと大きな炉で初めて造られたのはイリノイス製鋼会社の南工場における 15 t 3 相炉であつた。その炉の初出鋼は 1909 年 5 月 10 日であつた。

初期の炉はほとんど専ら工具鋼および合金鋼用であり 1911 年 11 月 15 日に初めて Easton の Treadwell Engineering Company の工場に設置された 3 相 2 t 炉が専ら鑄鋼用の電炉鋼を出鋼した。この炉の最初の図面は 1909 年 9 月 18 日の日付があり、面白いことにはそれには「反射炉の明細図」という表題がついている。

Illinois Steel Co. の炉が設置される頃 United States Steel Corporation は米国におけるエール炉の特許権を得た。それから少し後に American Bridge は United Steel Corporation の一部としてその製造を割当てられた。当時 United States Steel Corporation の平炉委員長であつた James Gray は Héroult 博士および当時 Gray 氏の事務所にも所属して販売を支持つていた R. L. Baldwin と一緒に働いていた。私は 1916 年の夏に技師として American Bridge に入つた。それで私は電弧炉工業 50 年間の中の 40 年間に弧光炉と共に過していることになる。

炉 の 発 達

鋳物工業に電炉の広い用途を予見した W. E. Moore は大いに賞讃すべきである。初めのモーア炉は使用変圧器の二次側が△の代りに Y 型になっている点を除けばエール炉と同様であつた。Y 結線の neutral は炉殻に連結され、また grid arrangement は不平衡電流を炉底から分散させるために炉底に植えこまれた。しかしこの配線にはほとんど利点はなく、不利な点が多いことが分つたので数年後にはそれは見捨てられた。Moore 氏は常に高電力炉を唱導し、Rapid Lectromelt の名称は急速熔解装置を指して使われた。

それから少し後、Swindell-Dressler Corporation は F. W. Brooke および E. A. Hauff の指導の下に 3 相直接式電弧炉を建設し始め、また間もなく Whiting Corporation も同じ炉を建設し始めた。

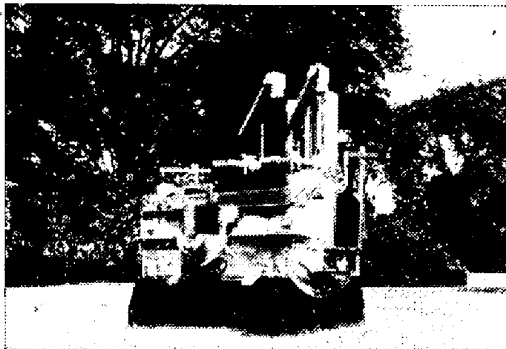


Fig. 2. 米国で最初に建造された電気製鋼炉
第 1 回の出鋼は 1906 年 4 月 5 日であつた。

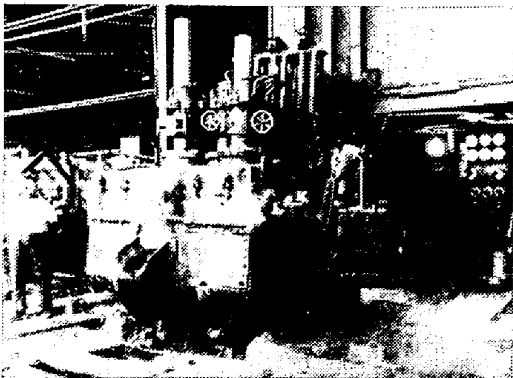


Fig. 3. 米国で最初に建造された鋳鋼用電気炉
第 1 回の出鋼は 1911 年 11 月 15 日であつた。
(Treadwell Engineering Co.)

今日アメリカで用いられて成功している電炉はすべて本質的に三相三極或は六極の直接式電弧炉で、電流を通すための底部結線はなく、設計上の細かな点を除けば Héroult 博士が 1899 年に完成し、使用した炉と同型である。

アメリカにおけるすべての築炉業者は電炉の発展に寄

与している。各製造者は何が良いかを解析し、採用し、また同時に設計を改良しようと努力している。例えば私は回路の設計および多段電圧切替用モーター駆動変圧器の採用にかなりの仕事をした。これは今では電炉業界を通じて標準となつている。炉に固定して炉と共に傾動する操業床、また American Bridge によつて発達したいわゆる昇降マストは現在広く採用されている。同様にして Lectromelt によつて始められた移動天井は Swindell-Dresser によつて発展した。他の特長と同様に今日最も人気のある設計である。

今日の炉は自動車と比較しうるだろう。各設計における顕著なる特長すなわちよりよい製品を生産するために採用された或の特長を持つているという点で非常によく似ている。すなわち生産品は今日の要求に合致している。

恐らく最近 13 年間における電炉の最も大きな改良は移動天井の広範なる採用、大きな変圧器の使用およびよりよい電極調整であろう。第 2 次世界大戦以来電炉にはほとんど軽量屑だけが使われている。この軽量屑を使うと輻射エネルギーを吸収する大きな表面積が与えられる



Fig. 4. 外殻径 24 ft 6 in (7m46cm) のエール式
電気炉 (U.S. Steel の American Bridge
Division)

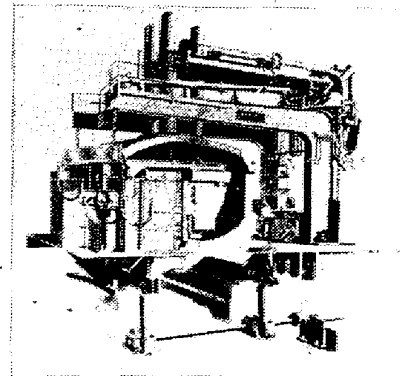


Fig. 5. 最新式エール式電気炉の断面図
(U.S. Steel の American Bridge Division)

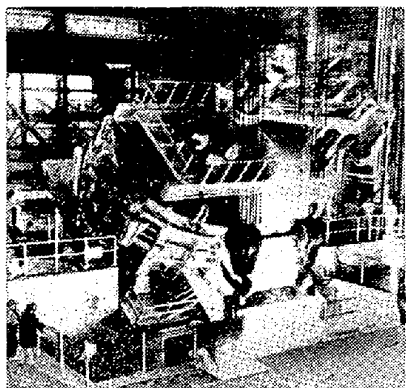


Fig. 6. 外殻径 20 ft (6m 10cm) の最新式レクトロメルト炉 (McGraw Electric Co. の Lectromelt Furnace Co. Division)

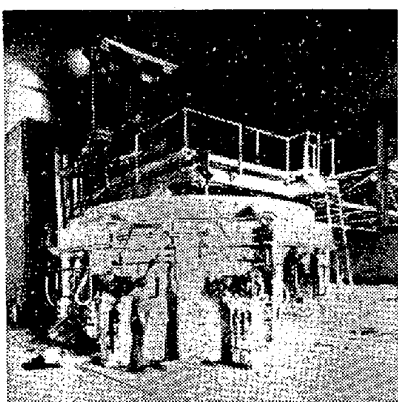


Fig. 7. 外殻径 18 ft (5m 48cm) の最新式スウィンドル炉 (Swindell-Dressler Corp.)

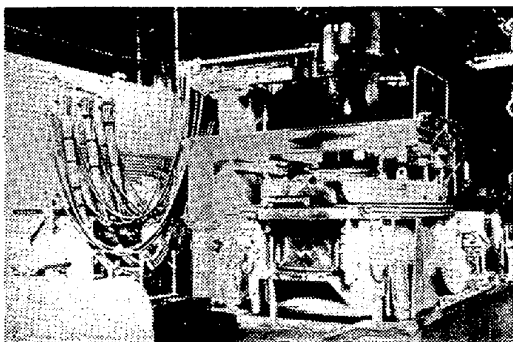


Fig. 8. 外殻径 11ft (3m 35cm) の最新式ワイティング炉 (Whiting Corp.)

ので高電力を使用できる。移動天井は軽量屑の装入を早くし、また高電力の使用はこの軽量屑の急速熔解を可能にする。したがってこれはまた高電力を最も有利に利用することであり、電極調整の改良は根本的な事項となつて来る。

急速装入および急速熔解の可能性によつて電弧炉の能率は実質的に増加し、またこの能率増加によつて冷材装入の普通炭素鋼製造において平炉と太刀打できるようになつている。

もちろん大型炉の改良発達は操炉者および冶金学者に

よつて改良された新しい精錬法と共に操作者からうける多くの設計上の提案なしには不可能である。操炉者および冶金学者の技術上の知識および技能は非常に重要な貢献をしている。尚また築炉者によつてなされた進歩は逐次発達してゆく作業を見通して装置および材料に対する要求に歩調を合せた電気設備、電極、および煉瓦製造者の協力なしには不可能であつた。

設計上のその後の発達

設計上のその後の発達は次のようなものであつた。

1. 炉の外殻は熔損時の速やかな取替えと膨脹代を考へて少し高目であつ多くの厚板の組合せ形式をとり炉床線上のバックスティに余裕を持たせて取付けられてある。
2. あらかじめ煉瓦張りのすんだ外殻と取り換えうる外殻を持つた小型および中型炉。
3. 水力および電力で動く移動天井および傾動装置における改良。
4. 電極支柱および腕の運転用の改良された高能率の worm gear 機構。
5. 扉、天井環、電極支へ腕、およびその他の部分の水冷装置の改良。
6. ある部分におけるオーステナイト鋼および他の非磁性材料の使用。
7. 遠隔操作の電極把持器および安全装置
8. 最も重要なことは、全体的に丈夫な構造になつたことである。

電 気 的 設 備

電気設備における最近の発達の一つは磁気増巾器型の制御である。特別の発電機を利用したこの磁気増巾器は耐熱性をつけた特殊の電極モーターに高電圧をかけることができる。以前は約 3 fpm (914 mm/mn) であつた電極速度が今では 12 fpm (3658 mm/mn) 以上になつている。高い感度と早い反応を持つており、天井を移動するために電極を上げるに要する時間および熔解するために電極を下げるに要する時間は実際に少なくなつた。Whiting Corporation は別の方法すなわち水圧装置の利用および自社独自の設計製作になる電極制御によつて調整の問題を解決した。

変圧器もまた大きく改良されて、昔の水冷コイルの代りに容易に清掃できて、取扱いも易しい熱交換器が用いられている。タップ切換装置は今ではほとんど皆変圧器に附属している別の油を充した箱の中に収めてあり、ま

た最近の設計ではタップ切換装置に全タップを備えているので配電盤をはぶいてある。

回路のスイッチは改良されて、今の磁気および空気式スイッチは一次電圧 34,500V および 50 万 KVA のスイッチ容量を持つている。これらのスイッチは何回操作しても機械的故障が起らぬように設計されている。

すべてこれらの項目は炉の効率を増し、作業費を下げるためのものである。

誘導攪拌器

過去 13 年間における興味ある進歩の一つは誘導攪拌器の使用である。最初スエーデンで発達したこの装置はアメリカで用いられて、明かにその応用に成功している。スエーデン型は底がオーステナイトあるいは非磁性の鋼でできた炉殻の下に 2 相廻転磁界固定誘導電動機を設置している。誘導電動機の別の型はアメリカにおいて Westinghouse Electric Corporation によつて最近発達したが、それは電磁廻転子からできている。これらの攪拌器を用いる主な目的は他にも利点はあるけれども不銹鋼およびその他の高級合金鋼において合金成分の偏析を防ぐにある。悪いことには、この装置はどちらかといえば高価にすぎるし、また非常に故障を起し易い。

現在の問題

築炉者はより急速でより高感度の電極調整をうると共に変圧器設計の改良およびスイッチ設備の改良の観点から電気設備製造者と絶えず協力している。

今日築炉者の直面している最も重大な二つの問題は、電炉から煙をなくすことと定常的または周期的な電力の変動を、特に大容量のものを接続した時に、最小にすることである。

多くの炉はすでに排煙装置を備えつけており、ある炉では天井の上に蔽いをつけ、また別の炉では天井に排気孔を設けている。ガスから粉塵すなわち固化物の除去は今では電気除塵機または水洗によつて行われており、いちじるしい進歩はしたがなお未だ多くの発展の余地が残っている。排煙に関して一つ不都合なことがあるがそれ

は炉の中を軽く負圧にしていたのでは適当な還元スラッグの保持が難しいということである。この問題に関する限り満足には解決されていない。

多くの大きな炉は今では磁気増巾型の制御装置をつけている。この新しい制御法では信号をうけてから電極の動作する反応がより早いので、我々は定常的および周期的な入力の変動を最小にし、電弧炉の負荷特性の改良を期待している。

出 鋼 量

米国において 1915 年 (41 年前) の電弧炉による製鋼量は約 8 万 t であつた。今日ではこの同じ量の鋼を中型の炉 1 基で 1 年間にたやすく造ることができる。鉄鋼協会の報告によれば 1955 年には電炉鋼は約 850 万 t 生産され、現在では全電炉の生産能力は 1000 万 t を超えている。その上 1956 年および 1957 年に契約を終り建設中の電炉はさらに 200 万 t 以上の生産能力を増加するだろう。これは驚くべき増加ではあるが、現状にまで電炉が発達し使用されて事はアメリカでの急速な経済上の成長およびそれに相応する公衆の福祉の増大なくしては不可能であつたことを我々は銘記しなければならぬ。

他の型の炉

以上の論評は製鋼業界における電弧炉に対して特に述べているが他の金属、例えば Cu, Ni, および特殊合金の精錬に用いられる場合にもまた大いに進歩してきている。その上機械的部分の設計および電気設備の使用法は例えば浸漬電弧または還元炉のように幾分特殊化されるけれども、大体同じである。改良された設計はそれが製鋼炉で大事であつたと同様にこれらの炉の場合にも重要である。

製鋼業における電弧炉の将来に関してはその使用量は今までと同様に増大した炉容も大きくなり、もつと進歩した 6 電極炉により効率も増大するだろうことはほとんど疑うことはできない。

(昭 32—6 月八幡製鉄・製鋼部 山下元記)