



## アメリカ合衆国製鋼業における 電気炉の最近の進歩について\*

ダブリュー・ビ・ウォーリス\*\*

RECENT DEVELOPMENT IN ELECTRIC FURNACES IN  
STEEL INDUSTRY OF THE UNITED STATES OF AMERICA

by W. B. Wallis

米国における電気炉の発達について皆様にお話しする機会を与えられましたことを大変有難く思います。なおこの会合を主催して下さいました日本鉄鋼協会、御紹介下さいました同協会塩沢会長殿および後援下さいました日刊工業新聞社並に訪日を可能にして下さいました大同製鋼株式会社に厚く謝意を表します。

私はヨーロッパやアメリカにおける炉の発達の歴史については申しあげません。日本におきましてもみなさまが先刻御承知の長い歴史をお持ちでございますから、みなさまにもつとも興味のあるのは、アメリカやヨーロッパに行われている最近の進歩について申し上げることであると考へます。

だれでも販売の話しなんかききたくないものですが、つぎのことをわたしが申しあげなければならないのをお許しいただきます、と申しますのは、ある根拠を持つてヨーロッパにおける最近の進歩をお話しできますのは、当社が現在および過去数月間にわたつてヨーロッパに近づきに申しあげるようなライセンサーを持つているからです。すなわち英国には 1909 年来弧光炉をつくつている Electric Furnace Co., 1912 年以來やているフランスの Stein et Roubaix, シーメンスと組んで 1905 年以來製造しているドイツ Demag, その他イタリーの Forni stein, ベルギーの S. A. Belge, Stein of Roubaix およびスペインの General Electrica Espanola が Lectromelt のライセンサーであります。

ヨーロッパのこれらライセンサーは定期的に技術会議をやつており、私自身ピッツバーグでの合同技術会議、すなわちヨーロッパの全ライセンサー、カナダの Cane-fco および大同製鋼の技術者が出席した会議からすぐやつてきました。私はここで特に大同製鋼が、1914年以來電気弧光炉を製造してきたこと、したがつて非常な経験を持つていることを申しそえたいと思ひます。

これらの炉の製作会社はみな Lectromelt の家族であり、必要上私たちはほとんど世界中の電気炉設計の現状について承知しております。したがつて私はこのお話してはアメリカ合衆国のみならず、ヨーロッパにおける進歩についても言及したいと思ひます。

そこで欧米における直接弧光炉の進歩のことを考へま

すと、最近数年にわたつでの改造、進歩はつぎの3分野に大別されます。すなわち

- ① 炉蓋旋回、炉頂装入方式の採用
- ② 弧光炉電力の増加
- ③ 炉容量の増大

米国も他の国と同様、最初の弧光炉についてはフランスおよびエルー博士に負う処大きなものがあります。米国におきましては市場の関係で大電力、大容量炉の需要をみたすことを余儀なくされたという簡単な理由のため上述の三つの条件において他国よりもなお一層早く発達してきました。レクトロメルトは今日米国で操業している最大の炉を代表する 200 net ton の直径 24 ft. 電気容量 36,000 kvA の炉をいくつもつくつております。

ヨーロッパも日本も大電力大容量炉に向つて進んできております、ヨーロッパで操業中の最大炉はベルギー Charleroi の Fabrique de Fer にある 200t, 36,000 kvA 炉およびドイツの 200 t 炉であります。英国における最大の炉は現在 90 t のものであり、他に 120 t 炉が企画されています。南アメリカで最大の炉は 70 t であります。日本においては現在操業のレクトロメルト炉の最大のものは 20 t であり、近く 40 t の炉が設置されることになつています。

第1図は米国における弧光炉の熔解容量を net ton で表わして年代別順の成長を示しています。第2図は弧光炉の最大変圧器容量の伸びを年代順に示しています。第3図は炉容量と内直径との関係を示しています。第4および5図はアメリカ合衆国における平炉ベツセマーおよび電気炉別の鋼の生産量を示しています。

私は米国に炉蓋旋回、炉頂装入方式を導入した功績は

\* 昭和 33 年 4 月 17 日、日本生産性本部ホールにおいて開催の協会主催講演会における講演

\*\* McGraw Edison Co. Lectromelt furnace division. 社長

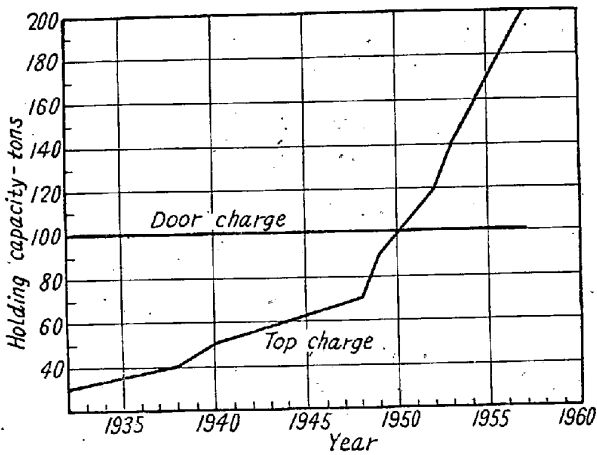


Fig. 1. Maximum size of arc furnace.

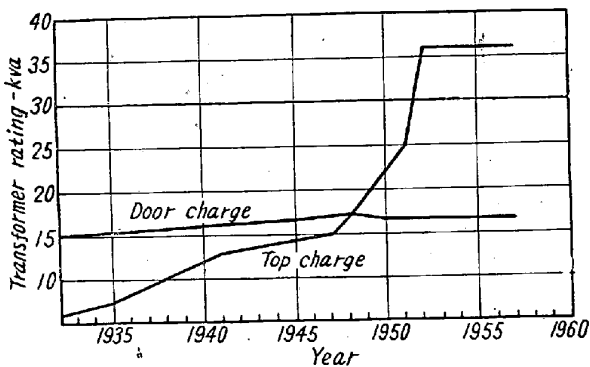


Fig. 2. Maximum transformer size on arc furnace.

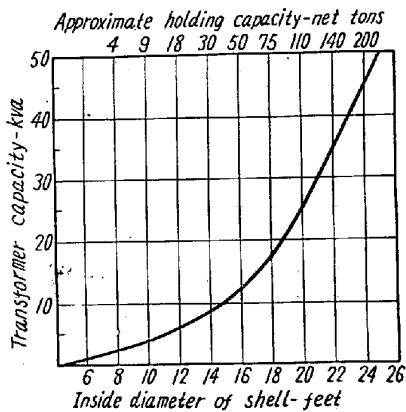


Fig. 3. Transformer capacity related to fce. size.

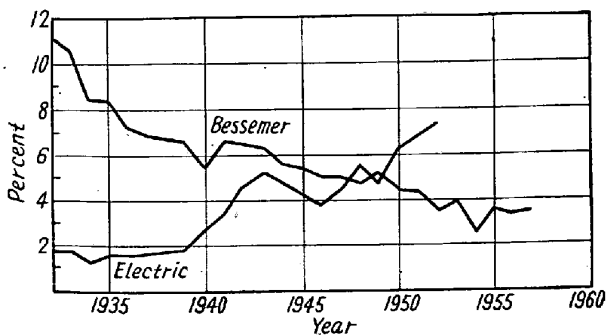


Fig. 4. 9-A-steel production by method in U.S.A.

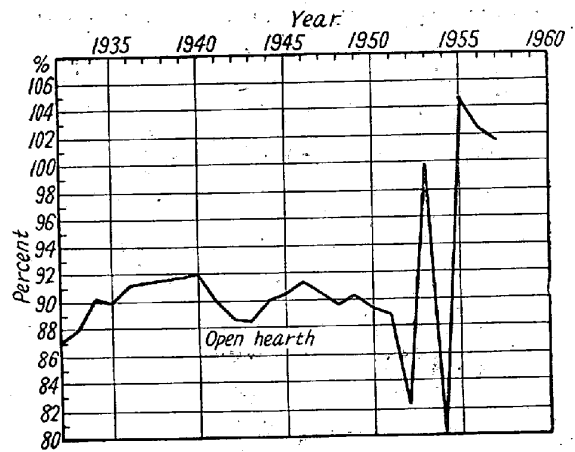


Fig. 5. 9 B-steel production by method in U.S.A.

製作され、操業に入つた最初のもは約 30 年あまり前すなわち 1926 年 Bethlehem Steel Co. に設置されたものです。もちろんそれまでにガントリータイプの炉蓋または炉体引出式および炉蓋が後方にある角度で tilt back するコーヒーポット式および特別のガントリークレーンによつて炉蓋が水平に炉から取外される方式等の各種の炉頂装入方法がありましたが、これらすべてはだんだんと何らかの形式の炉蓋上昇旋回式の設計におきかえられつつあります。

今日世界中で炉蓋旋回式に 3 種類あります。第一のものは炉蓋上昇旋回用の油圧ラムが自身で基礎を持ち、炉殻から別置になつています。第二のものは、炉殻にこのラムを取付けたものであります。第三のものは、キングピン設計というもので、炉蓋が旋回とは別個に吊あげられてから炉蓋および上部構造体全部がキングピンの軸のまわりに回転して炉頂装入を可能にする方式です。

先刻申しましたようにラム別置の形式のものは 1926 年に Bethlehem Steel Co. にはじめて設置されました。

炉殻にラムを取付けたものは 1934 年にフォードモーターに、キングピン設計は 1935 年にドイツにはじめて設置されました。

炉殻に炉蓋上昇および旋回用シリンダーを取付ける構造は比較的小型炉にかぎられます。炉が大きくなりますと炉蓋および上部構造体の重量が増してこれを炉殻の一方の側に取付けることは、非常に具合の悪い構造になります。

世界一般として考えると、大型は別置ラム型か、キングピン型のどちらかであります。日本における製鋼業が進歩するにしたがつて、事実非常な勢でのびておりますが関心は大型炉にあつますからここでは別置ラム型とキング・ピン型についてのみ論じようと思ひます。

第 6、第 7 図は別置ラム型の 200 t 炉の写真です。第

吾社にあると考えています。この種の炉で吾社によつて

8 図はキング・ピン設計の200 t 炉で、ともに 24' の黒

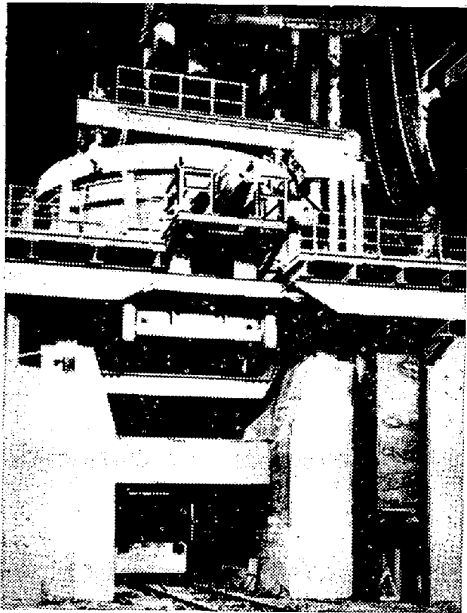


Fig. 6

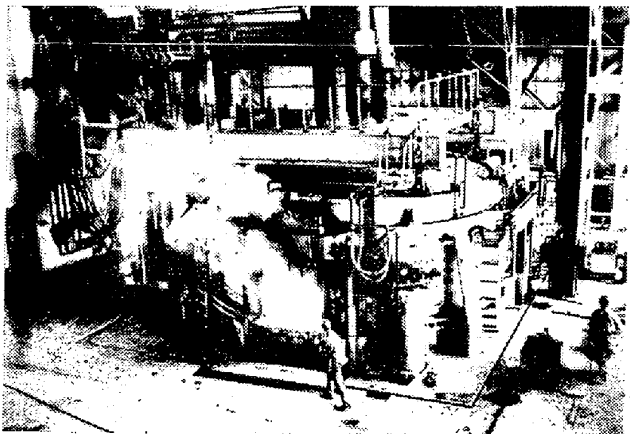


Fig. 7



Fig. 8

鉛電極を使っています。

この両方式の利点にはそれぞれ賛否があります。別置ラムの賛成者は、ラムが炉殻からはなれて別の基礎の上についているので、ドロップ・ポドム式バスケットでスクラップをチャージしますと、そのショックが炉殻と関係のないカンティレバーによつてささえられている炉蓋に伝わりません。また別置のラムでは、ラムは出湯の際、炉と一緒に傾動しません。

キング・ピン方式ではキング・ピンは炉用プラットフォームの延長上について、炉とともに傾動します。したがつてピンはプラットフォームを通じて炉殻に機械的につながっていますから、スクラップが落ちる時のどんなショックでも炉殻からずつとカンティレバーでつき出ている炉蓋にぢかに伝ります。

小型炉ではショックがそう大きくないからこのことは重大な欠点ではありません。しかしながら当社で200 t 炉で別置きラムを使つて 20 ft の高さから1回 92 metric ton のスクラップを落したとき炉蓋には目につくような振動がおこりませんでした。

スライドで御覧のようにキング・ピンの設計は200 t 炉に使われてきました。しかしながらスクラップ装入時別置きラムにくらべると装入時オペレーターが余計に気を使わなければなりません。当社ではこの両型式を製作したことがあります。キング・ピン設計のものがどうしても必要な一つの場合は、小型炉の場合をのぞいて交換可能の炉殻が使われるときです。すなわち異種元素の介入をきらうとき炉蓋を旋回してそのとき使つていた炉体を取去つて新しく煉瓦つみをした炉体をおきかえることがのぞましいからです。もちろん煉瓦つみをしている関係からこの設計のものは小型炉にかぎられています。なお持参しましたので御参考までに第9図に Duplex 用前炉型の仮組立の写真、第10図として合金鉄熔解用の60°傾動の Nose Tilt 型の写真を紹介いたします。

改良についての3つの大きな問題に加えてなお電気弧光炉における設計には、多くの変化がありました。その中でも一般的になつてきた動力操作電極クランプの使用のことを申しあげる必要があります。もちろんこの動力操作クランプは通電のまま電極をさげる目的で合金鉄製煉炉に使われています。これらのものは通常傾動できない。換言すれば据置式の炉に使われるものです。ここで私が申しあげている弧光炉では通電中にスリッパさせる動力操作電極クランプを取付けたものはまだありませんが近く開発することを期待しています。

おそらく設計改良について今日もつとも注目に値する

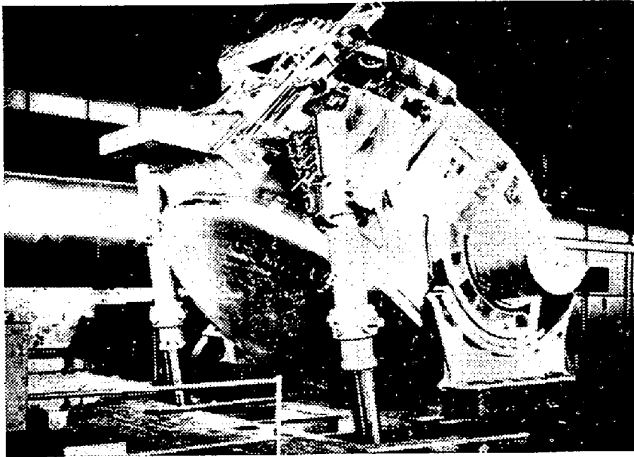


Fig. 9

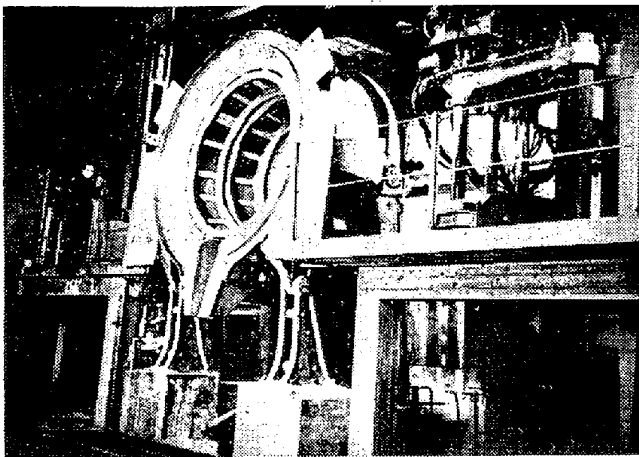


Fig. 10

ことは電極スピードおよび電極作動の方法についてであります。15年前までは世界における電気炉鋼の95%は1m毎分の電極スピードで行われましたが今日では毎分4mのスピードでやつております。

このスピードの増加の原因はそれぞれの炉のバックアップをしている変圧器容量の増大および公共設備への給電系統に生じるフリッカーでした。電極スピードが増大し電極コントロールの感度がよくなったのはこのフリッカーを防止する努力からであつて、今日では60サイクル系統でシグナルが出てから5サイクル以内に最大スピードとなり、最大スピードの上昇から最大スピードの下降まで9~15サイクルですつかり切り切ります。

この高速高感度型の電極コントロールを開発するのに2つの方法がとられてきました。1つは水圧コントロールであつて、イタリアにおけるTagliaferriおよびスエーデンのASEAが水圧コントロールのよい例でありました。水圧式は米国にくらべてヨーロッパにおいてより多く、また永い間使われてきました。米国において水圧コントロールがわずかながらも使われ出したのは極く最近のことです。

米国で操業中のレクトロメルト炉2000基あまりのうちで水圧式をもっている当社の炉は約10基であります。この場合話を製鋼炉のみに限つており、何らかの形で大抵の場合水圧が使われているところの低速の製煉炉や合金鉄炉の場合のことは考えないことにします。

水圧コントロールの米国における製鋼炉への応用は小型炉にかぎられてきました。同じことはヨーロッパについてもいわれるのですが、ヨーロッパでは大型炉が多くなかつたという簡単な理由だけです。しかしながら米国における小型炉への水圧コントロールの導入は電機メーカーを刺戟し最近4乃至5年間において、米間のみならずヨーロッパにおいても、より高感度の制御装置が電機メーカーによつて売り出されています。

全世界で電気製鋼による生産量の90%は電気コントロールであり、最大10%が水圧式であります。水圧式はよい方法ですが、それにともなつて起る漏洩がこの方式をきたないものにしております。油圧を使つている場合は、出火の危険がつねにあり、引火しない液体を使う場合にこれにたえられるガスケットやヴァルヴ材料を得ることがいつも難しい状態です。

電気弧光炉のこのような問題から、はなれまして将来の電気製鋼のことを考えますと、世界一般的な問題として今後、何を原料として使用するかの問題に直面いたします。電気炉は100%冷材(スクラップ)の熔解炉として今日まで発展してきましたが、炉が大きくなり数が多くなるにつれてスクラップの不足とか、価格が高くなるとかという問題がおこつてきます。スクラップの代用品として2種類の原料が考えられます。その1つは熔融した鉄鉄であり、他の1つは鉄鉱石から直接還元した人工的なスクラップ(synthetic scrap)であります。

熔鉄またはホットメタルに関するかぎり、これは一般に熔鉄炉で製造されますが、米国におきましては熔鉄炉の設備費は附属するコークス炉とともに非常に高騰して特別に大きな製鉄会社以外にはほとんど禁止的なものとなりました。

第二に電気弧光炉におけるホットメタルの利用については、ほんの最近になつて実用的な方法が開発されました。今日までの考え方としましては弧光炉に50%のホットメタルを装入して添加剤の使用により、4%Cのメタルを鋼にすることは非常に劇しい反応をとめない、しかも弧光炉は還元雰囲気であるためにホットメタルの酸化には適当な手段ではありませんでした。この方法は普通酸化雰囲気を持つた平炉に属するというのが一般の考え方でありました。

しかしながら 50% メタルが弧光炉の装入材として何の困難もなく使用される方法が開発されました。ただ一つのちがいは弧光炉から生産される時間当りのトン数の増加であり、また耐火物コストの減少であります。同時に生ずるスラッグの量のために電力や電極の節約にはなっておりません。

今日もつとも興味のありますことは、私が人工的スラップとよぶものの開発にあります。これらの大部分のものは、高圧低温(訳者註 300~400 lbs/sq. inch 900°F)または低圧高温(訳者註 100 lbs/sq. inch 1200°F)で水素を使つて鉄鉱石の還元をおこない、90~95%のスポンジを得る方法です。他の方法は天然ガスを変成して水素ガスを取りこれを原料として鉄石を還元するものであります。

米国にはこの種のパイロットプラントがありましてすでに5カ年間稼動しておりますが、これは高圧低温の水素を使う方法で日産約 7t 還元をやっております。今日までこの方法について工業的なスケールのもはございませんでしたが、極く最近粉末冶金用に使うために還元スポンジ生産用として日産 50t の設備の契約がきまりました。

工業的なスケールのもとして北米においてはメキシコのモンテレーに一基あります。電気炉に装入用として鉄石から直接に半還元しておりますが、日産約 50t を生産しております。これは以前にはいわゆるMADRAS法とよばれたものですが工場技術者のいうところでは今日までにその方法を改良した、そして将来日産 100t までもつて行くよう計画中といつております。この工場は容易に見学できませんが、製品を弧光炉に使うことは明らかで私の推察するところでは、還元をできるかぎり最低に押え 82~85% 位のところです。

この工場における方針は弧光炉におけるスラッグの量があまりに多くなると焼結工場に装入材をさらに精錬するようであります。

人工的スラップの製法および工場設備については数多くの論文が発表されt 当り原価も 40~45 ドルと見積られておりますが工業的によいスケールのも、たとえば日産 1000t 位の工場はいまだ操業されておられません。Republic Steel Corporation ではアラバマ州バーミングハムの工場で実験もし弧光炉装入材として非常によい、しかも高度にコンパクトな材料を生産しております(6"×5½"位)。U. S. Steel でもまた同じ実験をやっておりますが、まだ真に工業生産できるという段階にはいたっておりません。

装入材への他の考えかたとしましては熔鉄炉を使わずに電気鉄炉を使用することあります。この種の炉としましては Tysland-Hole 式、Demag 社およびElkem 社のものはすでに御承知のところでありまして、多くの国々で 30 年以上も使われてきました。

普通の電気鉄炉では 1 net ton 当り約 2200~2500kwh を消費するものでありまして、最大可能なることは日産約 200t 止りでございました。

最近では普通の電気鉄炉用に半還元ホットチャーヂをつくること研究されております。エルケム社はノルウエーの Christiansand においてロータリーキルンを使つて実験をしておりますが半還元ホットチャーヂを使用するためにキルンを使つてベネズエラの炉のバックアップを計画しております。米国におけるもつとも興味ある開発は McWane 法であります。この方法はオハイオ州 Columbus の Battelle Memorial Inst. で研究され、小型のパイロットプラントで 1 net ton 当り 1125 kwh で電気鉄を作っております。

現在オハイオ州クリーヴランドで McWane-McDowell 法によるパイロットプラントが操業されております。この方法は鉄石をペレタイズする設備、すなわちいわゆる Flying Saucers とよばれるものを使つて還元剤の石炭とともにペレタイズしてからこのペレットをドワイトロイトの焼結機にかけて半還元の後、1500°F で電気鉄炉に装入します。元来 Flying Saucer はメサビの鉄石の選鉄に使つた機械であります。

焼結用としてのロータリーキルンはながく使われてきました。私自身古いことですが 1924 年にこの仕事をやりましたが、その設備はその後廃却されました。

McWane 法はつぎの理由のために非常な意義をもつております、というのはそれぞれにながく実証されている三つの標準化された設備を使つておるからです。第一には電気製鉄炉、第二には脱炭材と鉄石とを希望するペレットの大きさにつくる Flying Saucer および第三には Dwight-Lloyd の焼結機であります。換言しますとこの一連の工程では何等新しい点がないのでありましてしかも Battelle の操業によりますと電気鉄 1t 当り 1,000 kwh 以下で生産できるのであります。しかも電気炉に関するかぎり、一般の blast furnace よりも弧光炉用のホットメタルとしての遙によい成分をつくることのできるであります。すなわち、カーボンが適当な限界まで引下げられ、シリコンがコントロールできるのであります。

(大同製鋼株式会社工業炉課 中岡章記)