鹽基性轉爐と電氣爐との二重操業法

Rudolf Graef 述

會員 三 本 木 貢 治 譯

目 次

發達の歴史的概略

冶金學的研究

脱磷・脱硫及び脱酸の進行

デュープレックス スチールの窒素含有量

熔 解 例

電極消耗の原因

電 壓 の 影 響

大容量弧光爐の耐火爐壁

二重操業法の發達の歴史

弧光爐が工業的に使用されて百年を経過すると間もなく製鋼工場では トーマス スチールの鋼質を改善するため、電氣爐で再精鍊する目的で弧光爐を使用した。1913年に W. Eilender は鹽基性爐並びに酸性爐に對して二重操業法が冶金學的にも、經濟的にも、有望なことを報告して居る。トーマス スチールを電氣爐で還元精鍊するときの電力消費量は、外國の工場の提出して居る例に依ると適當り 75~100 kWh で、この方法の經濟的なことを明瞭に示して居る。鹽基性 20 t 弧光爐に於て脱磷のため酸化精鍊をなし、鋼滓を變更し最後に還元精鍊をなした際に、高級平爐鋼程度の鋼の生産に對して、電力消費量は鋼適當り 170 kWh であつた。併し獨逸に於ける二重操業法の發達は最初別な道を辿つた。最初吾々は二重操業法を行ふ際に裝爐材としては平爐鋼を使用し、弧光爐の代りに Röchling-Rodenhauser 式低周波誘導爐を使用した。大戰後數年に亘る經濟的不況時代に諸々

の製鋼工場では、トーマス スチールの二重操業を行つたが、平爐との組合せで用ひた。その當時此の方法の採用された標準は次の通りであつた。

1) 平爐鋼に對してトーマス スチールの賣行が非常に衰へて居たこと。

2) エネルギー管理及びコークス プラントを可及的高爐に利用するため、生産量少きにかゝはらず鋼の需要大であつたこと。

3) 二重操業法の能率が大きいため平爐が少ししかない際にも、短期間の注文に速かに應じ得る可能性があつたこと。

1日に 20~22 回の熔解能率をあげようとした大戰前の外國の例が示すところの、トーマス コンバーターと弧光爐に依る二重操業法の經驗は恐らくこの方法を更に發達させるために何等の刺激も與へない。個々の實驗は別として長期間の實際操業の經驗に基づくこの方法の應用は、この時代には未だ知られて居なかつた。1932 年になつて始めてライン

地方の或製鋼工場でトーマス スチールの二重操業をなす特別な目的で弧光爐を築造した。近年に至り諸々の獨逸のトーマス製鋼工場では、電氣爐との連續操業を行つた。かく

して 25 年も前から二重操業法の可能性が提唱されながらしかも今迄延引して居たが、この操業法も實現するに到つた。

鹽基性轉爐と弧光爐に依る二重操業法の冶金

二重操業法に依つて操業する弧光爐の用途は綜合製鋼工場の生産計畫に於て多方面である。第 1 に二重操業法が採用される以前より弧光爐に於て精鍊されて居た鋼を生産しなければならぬ。次に特別な熔解法に依つてのみ達し得られる磷及び硫黄に對して嚴密な規格のある鋼を製造するために平爐から鋼を受取る。又精鍊には何等困難を感じないが、その際 Mn, Cr, Mo, W, V の著しい酸化が避けられない合金鋼は常に弧光爐に依つて行ふ。最後に平爐に於ては精鍊することの困難な、特に低マンガンの軟鋼及び硬鋼は弧光爐に依つて精鍊する。生産計畫の多種多様に互へることは常に一定方法で熔解出來なくて寧ろ多種多様な使用目的に依り定つた鋼材につき詳細な試験を行ひ、之に依つて夫々の場合に必要な冶金的操作の程度を決定すべきである。このやうにして始めて非常に經濟的に操業出来る。熔融せるトーマス スチールに短時間に希望する物理的・化學的の性質を與へる弧光爐の使命を遂行するためには裝爐と共に次に述べる冶金作業を行はねばならぬ。即ち脱磷・脱硫・脱酸・脱ガス及び希望成分にするために合金最後に温度の調節をなさねばならぬ。

冶金作業は上に列舉した順序に起らずして時間的には一部は同時に行はれる。同様な反

應が冷材から出發した際にも進行する。トーマス スチールに於ては鐵と同伴して來る他の元素の濃度が、通常使用される鋼屑などよりも多いから、次に上述の現象を別々に取扱つてゆく。

Dortmund の Hoesch 株式會社の弧光爐で研究を行つた。爐は舊トーマス製鋼工場の造塊工場にあり、15 t から 20~22 t の容量に改築した。この容量の爐と常に 20~22 t 生産するやうに築造した轉爐の大きさが匹敵する。爐の大きさは直徑 3200 mm ϕ 、中心の深さ 600 mm である。舊轉爐が操業を中止して居るときは、熔鋼は新トーマス製鋼工場から供給される。その時は 45 t の熔鋼中電氣爐に對して特別な取鍋の中に 20 t を注ぎ残りはトーマス インゴットに鑄込む。爐の配置は第 1 圖に示した。除滓は出鋼口と反對側にある裝入口で行つた。造塊工場にある鑄入用クレーンは非常に overload になるため熔鋼は特別な造塊場に於て金型運搬車上に注入した。これ迄平爐で熔解して居たが合金金屬の節約及び規格の範圍に到達するのが困難なため電氣爐に変更された鋼種に限つて研究を行つた。

脱磷 脱磷の時間と脱磷に必要な鋼滓量とは裝爐材中の磷含有量と最終分析に於て規定された磷の最高含有量との比による。

第 1 圖 轉爐と弧光爐設備の配置圖

轉爐の生産力の大きなことトーマス鋼滓の
 燐含有量の高いこと及び石灰使用量の少いこ
 とを考慮すると、弧光爐に供給されるトーマ
 ス スチールは大體 $0.15 \sim 0.25\% \text{ P}$ を含む。反
 對に電氣爐に於て熔解時間・鋼滓量・電力消費
 量を少くするために著しく P の少いことが
 望ましい。電氣爐に供給するトーマス スチール
 の適當な P 含有量は、それ故個々の場合
 に應じ地方的條件を考慮して、コストを比較
 した上で決定されねばならぬ。次にのべる研
 究は $0.05 \sim 0.1\% \text{ P}$ のトーマス スチールから
 精鍊を始める熔解についてのみ行つた。

脱磷はトーマス スチールを電氣爐に於て
 酸化鋼滓と作用させると行はれる。若し熔材
 にその前に與炭して沸騰を行ふと脱磷は更に
 迅速確實に進行する。與炭劑としては次のも
 のが用ひられる。

- 1) 電氣爐内の與炭劑としては、銑鐵及び
 スピーゲルアイゼン (Spiegeleisen)。
- 2) コンバーターから出鋼する際取鍋に於

て、又は電氣爐に注入する際樋に於て加へる
 與炭劑としては無煙炭又はコークス、取鍋に
 於て與炭することは何等心配がいらす、この
 方法は安價で且簡單であるからよく行はれ
 る。轉爐のライニングのよい場合には取鍋中
 で起る複磷は僅少である。コークスを加へた
 際起る鋼の激しい沸騰は鋼中の瓦斯含有量を
 低下すると同時に、一度吹製したトーマス
 スチールを炭素に依り著しく還元する。 0.02%
 C , $0.24\% \text{ Mn}$, $0.057\% \text{ P}$, $0.036\% \text{ S}$ の成
 分のトーマス スチールの O_2 含量は $0.40\% \text{ C}$
 に與炭する前には $0.063\% \text{ O}_2$ であつたが與
 炭後の酸素量は 0.015% に達した。

E. C. Vacher 及び E. H. Hamilton の平衡
 計算に従つて變化するとすれば、與炭後の
 O_2 含量は 0.006% になるべきで、多くの研究
 で見出される 0.015% の O_2 含有量は熔鋼を
 轉爐から注出した際一緒に流出する鋼滓の作
 用に基づく。

與炭の缺點は一度精鍊した熔鋼の S が増

加することで、それは0.005~0.01%に達する。0.070~0.10%のPを含むトーマススチールを弧光爐で再精鍊した後、確實に0.025%以下のP含有量にするためには1.5~2%の石灰を加へれば十分である。

ドロマイトの消費量が多いならば後述する如く鋼滓中の石灰含有量は高くなる。沸騰を起し又それを持続するために必要な鑛石量は1.0~1.5%である。石灰及び鑛石の一部は熔鋼を電氣爐に注入する間に加へる。

少量の螢石及びボーキサイドは熔解を促進する。鋼中には最初に鋼滓中の酸化鐵で置換されるSi及びMnが缺乏して居るため鋼滓成生物を加へて數分後には炭素の分離が起り沸騰作用が始る。沸騰作用はよく觀察して居なければならぬ。

酸化性の雰囲気から供給される O_2 に依り沸騰が続けられる平爐と反對に電氣爐に於ては、炭素及び磷の燃焼のために失はれる酸素量に應じて少量鑛石を加へて沸騰を持続せねばならぬ。一度沸騰を中止すると更に始めるためには、新に大量の鑛石を加へねばならずこれはやゝもすると複磷を惹起する。

酸化現象については次の115回の熔解作業を検討することに依り指針が與へられる。この際Pの熔解規格は最高0.030% P, 0.020% P, 0.015% Pの3種である。第2圖によると石灰及び鑛石の投入開始後20~25 minで大多數の熔解は脱磷が完了して居る。唯全熔解數の8.7%が0.025%以上のPを含んで居る。30~80 min 酸化精鍊をなした後は、こ

第2圖 弧光爐に於ける脱磷の開始

の研究に於ては0.025%以上のP含有量のものはない。

トーマススチールを注入し、又鋼滓成生物を投入するために起つた温度降下及び高鹽基性鋼滓の成生は脱磷を迅速に行ふに都合がよい。トーマススチールの磷含有量が高い場合には嘗て行はれた鋼滓量を増すよりも鋼滓を變更することが迅速確實に目的を達する。以上の鋼滓を變更する方法は非常に磷の規格の低い鋼種の熔解の場合にも適用され、この際鋼滓を新に造り換へることに依り希望

第3圖 脱磷完了に於ける熔鋼中のP含量

の P 含量に下げることが出来る。

第 3 圖は除滓前に取った第 2 回目の試料の結果を示す。

複磷 取鋼試料の P 含有量は以上の溶解に於ては、除滓前爐から取った分析試料よりも平均 0.004% 高くなつて居る。この P の上昇は鋼浴上及び爐壁に残つて居た鋼滓及び除滓後に加へられたフェロ-マンガンの P 含有量に基づいて起つたものである。

脱炭速度から酸化現象が殊に明瞭に判る。全溶解例の 80% 以上は 1 hr に 0.11~0.23% C の脱炭を示した。常に脱炭曲線は非常に扁平で平爐に於て容易に起る脱炭速度を弧光爐

に於ては殆ど痕跡迄除ける), 熔材装入の際に水素を除くために、一様に完全な沸騰をなすためにも必ず起るものである。水素の浸入を可及的少くするために、總べての附加剤は乾燥を勵行し、又新しく焼いた石灰のみを使用する。この方法は近年總べての製鋼工場で行つて居り、二重操業法には特に重要である。沸騰時間の不十分な溶解作業に於ては、屢に有害なパイプのある鋼塊が出来る。第 2 圖に示す如く脱磷作用から考へると已に 30 min で終つて居る沸騰作用はこの理由のために更に長く続けられる。更に沸騰作用の長所として鋼浴の温度を速かに上昇せしめる。第 5 圖で明らかな如く酸化精鍊の時間は一般に 50~60 min に及んで居る。酸化精鍊時間

第 4 圖 弧光爐に於ける脱炭速度

で維持するのは如何に困難であるかを示す。

1 hr に 0.08% C 以下の脱炭速度を示す溶解は大抵鑛石が少な過ぎたとか沸騰しなかつたと云ふやうな溶解法には關係なく、追加装入をしたとか、又は電極のニップルが折れて加炭された爲である。

何時でも通常の脱炭を示さぬ溶解は、高級鋼の精鍊には避けねばならぬ。かゝる例外的の溶解は熔鋼の酸素量が特に高いことがあり得るから起るのみならず(その酸素は還元期

が 45 min の溶解例はトーマス スチールを注入する前に已に爐床に石灰鑛石を加へ、これに依り作用時間が短縮された場合である。點線で記入した溶解例に於ては特に低い P 含量を望むために 2 回の酸化鋼滓で精鍊した。そのため精鍊時間が更に

第 5 圖 弧光爐に於ける酸化精鍊時間

長くなって居る。その他酸化精錬時間が 60 min 以上に及んで居る熔解は豫期しなかつた待合せの時間とか故障の現れたためである。

上記酸化時間に對して舉げた熔解例中良い例についての電力使用量は 80~125 kWh であつた。0.25~0.3% の Mn を含む装入熔鋼中の Mn は大部分滓化する。それ故最初の試料中の Mn 含量は 0.15~0.20% で、軟鋼に於ては 0.12% に達する。屢、第 1 回の試料と第 2 回の試料との間に僅かな Mn の減少しか起らぬことがある。酸化精錬の間にフェロマンガンの装入は何時でも絶對的に必要でないことがわかつたが、この事は今日強調されて居る Mn の節約に對して二重操業法の特徴として價值がある。

爐壁の熔解及び鋼浴の酸化に依り増加して出來た鋼滓の大體の化學成分は次の如し。

FeO	10~12%	CaO	45~52%
Fe ₂ O ₃	4~6%	MgO	5~7%
MnO	3.5~5%	P ₂ O ₅	3~5%
SiO ₂	10~13%	S	0.1~0.6%

Al₂O₃ 2~3%

この鋼滓は更に高爐に装入する。

脱硫 脱硫のため酸化鋼滓を除いた後、500~800 kg の還元鋼滓を作り、又それに鋼の使用目的に従つて 5~20% の炭素粉末又はフェロシリコンを加へて 1~2 hr 保持する。小型弧光爐で熟知された迅速な脱硫速度は、又大型爐に於ても十分に進行する。第 6 圖は 0.15% 以上の炭素含有量の鋼に於ける脱硫を實際に説明して居る。S の熔解規格はこの場合最高 0.030%, 0.020%, 0.015% の 3 種である。始めの S 含有量が 0.039% のとき、55~65 min の後に 0.02% に減少した。70 min 及び 90 min の精錬の後には S の價は更に減少して居る。脱硫現象は均一に進行するので分析的に監視する必要はない。炭素量 0.15% 以下の軟鋼の脱硫は第 7 圖からわかる如く更に徐々に進行する。兎に角上述の例に於ては皆希望する S の含有量に到達して居る。脱硫の遅延は非常に十分酸化精錬をなした熔解に於ては、酸化鋼滓が硬鋼熔解の場合より著しく薄くて除滓の時に多量の鋼滓が爐中に残留す

第 6 圖 弧光爐に於ける
硬鋼(>0.15% C)の脱硫

第 7 圖 弧光爐に於ける
軟鋼(<0.15% C)の脱硫

ると云ふことに基づく。次に爐中で與炭を行ふ硬鋼熔解の場合には爐中に残つた僅かな鋼滓は直ちに加へた石炭に依り還元されるが、軟鋼熔解の場合には爐中に残つた鋼滓は著しく徐々^ニに還元される。

金屬酸化物の迅速なる分解は鋼滓成生物を附加する前及び附加の間に加へるフェロ・シリコンに依つて行はれ、そのため脱硫は非常に進行する。併しながらシリコンと重い金屬酸化物を置換して製造した鋼は有害なパイプを表す傾向があると云ふ重大な缺點がある。低マンガン銑を吹製するトーマス工場の協力した研究に於て弧光爐に S の多い熔鋼を供給し、熔解操作を同じくして 40 回以上の熔解を行つた。弧光爐に供給した熔鋼の S は 0.05~0.09%, 平均 0.059% で 55~65 min の後 S は 0.013~0.022%, 平均 0.0175% に減少した。この値から二重操業法で操業する弧光爐は 4 年間計畫で定められた範圍では、ソーダ脱硫法の補足として使命の重大な意味があることが明らかになつた。脱硫期に於ける電力使用量は上述の熔解に於ては随當り 75~100 kWh に達した。

脱酸 脱硫や脱磷は非常に變化の多い鋼材の品質に適應して行ふべしと云ふ要求は、脱酸に對しては更に高程度にあてはまる。何故ならばそれ等の時間の長短はその設備の能率に決定的に影響するからである。

酸含有量の變化を時々分析的に測定し、又研磨面の酸化物の分布を調査することは鋼質の改善には缺き得ない。正しいと認められた鋼滓作用を總べての熔解作用に於て非常に狭

範圍で繰返し得らるゝことが平爐に比し電氣爐の特徴である。平爐に於ては沸騰時間は異なつた脱炭速度で影響を受け、鋼滓の温度及び鹽基度の僅かな變動に依つて(例へばマンガンの減少に依つて)非常な變動を示すが、電氣爐では鋼滓の量・濃度・温度及び作用時間は同じく保ち得る。熔鋼中の浮游酸化物は弧光爐にて鋼屑を熔解する際容易に生じ、これを除くためには電力及び電極の消費量を増加し特に爐壁を浸蝕するが、トーマス スチールにはこの浮游酸化物がない故にトーマスコンバーターと弧光爐とは互によく缺點を補足することがわかる。常溫にてガスとして存在する元素で熔解進行中鋼と接觸するものは酸素・水素・窒素である。此の中酸素は鐵及びその同伴元素と化合物をつくるが、水素及び窒素はその溶解度の範圍で存在する。一酸化炭素は全く熔解しない故に炭素の燃燒に依り發生した瞬間に於てのみ存在し、分離する際に沸騰を起す。多くの熔解に於て窒素量の變化を測定した結果は、次の平均値を示した。

トーマス スチール	0.018% N
酸化精鍊初期	0.016% N
酸化鍊精終期	0.011% N
還元精鍊初期	0.011% N
還元精鍊終期	0.012% N
最 終 試 料	0.013% N

沸騰時期に於て認められた窒素含有量の減少は當然機械的分離に依つて起る。

反對に還元精鍊期初期には、例外なく窒素量は僅かに上昇する。

平爐に比して電氣爐鋼の比較的高い窒素含

有量は弧光爐で熔解した鎮靜しない軟鋼に於てはシーズンクラック (Alterungsanfalligkeit) 及び脆性 (Versprödung) を示すが、鎮靜鋼にては缺點として認められない。フェロ-シリコン及びアルミニウムで鎮靜した鋼は結晶粒度が全く小さく、僅かに結晶成長の傾向を示し、非常に時効安定性 (Alterungbeständigkeit) があつた。例へば特に高い窒素量を示し 0.08%

C, 0.09% Si, 0.40% Mn, 0.014% P, 0.018% S, 0.016% N₂ の組成の鋼は第 8 圖の如き衝撃値を示す。

N₂ 含有量高いにも不拘低温に於て始めて衝撃値の低下を示す事は注意すべき事である。

熔鋼の窒素含有量を少なくすることは、厚い鋼滓層で非常に長時間沸騰をなすか、又は N₂ と化合してこれを遊離する合金を附加す

第 8 圖 弧光爐に依る軟鋼の有溝衝撃値

第 1 表 二重操業法,

時 間		温 度 °C	鋼	
			C	Si
12°	コンバーター試料.....	1545	0.03	
12°09'~12°13'	注入 (重量 20.3 t).....	1475	0.50	
12°14'~12°20'	300 kg 石灰及び 140 kg スエーデン鐵石.....			
12°41'	鋼浴及び鋼滓試料.....	1490	0.45	
12°09'~12°51'	50 kg 石灰及び 120 kg 鐵石.....			
1°02'	鋼浴及び鋼滓試料.....	1525	0.31	
1°04'~1°15'	除 滓.....			
1°16'~1°25'	60 kg 石炭, 370 kg 石灰, 80 kg 螢石, 140 kg Fe-Mn 75%			
1°30'~2°30'	80 kg 石炭, 50 kg 石灰, 50 kg 螢石			
1°52'	鋼浴及び鋼滓試料.....	1520	0.54	
2°16'	鋼浴試料.....	1525	0.56	
2°28'	73 kg Fe-Si 90%.....			
2°41'	鋼滓及び鋼浴試料.....	1520	0.56	0.42
2°46'	出 鋼.....	1525		
	取鋼試料.....	1460	0.57	0.34

1) 温度は補正せず。2) 鋼滓は塊状石灰を使用してつくる。3) 石灰化合物は皆 CaO として表す。

ることに依り始めて達し得る。水素の除去は常に沸騰の間に於てのみ行はれ脱炭速度の項で取扱つた。

弧光爐に注入するトーマス スチールの水素量については研究が行はれて居ない。弧光爐に於ては酸化期の終期に最低水素量になる。併し附加劑の濕氣及び結晶水に依つて容易に再び上昇する。鋼中の水素の有害な作用及び水素を最少限に保つ手段は P. Bardenheuer に依り研究された。

合金及び温度の調節

合金金屬の酸化は冷材装入と同程度に變動する。普通のトーマス銑から吹製する際には熔鋼は實際には Ni, Cr, Mo 等はなく大抵 0.06% 以下の僅かな銅を含んで居る。炭素工具鋼及び軟鋼を精鍊する際に通常の鋼屑から熔解するときには望ましくない僅量の合金金屬

の不純物に依り鋼質の低下を惹起する故に、銅の少いトーマス スチールは都合がよい。

大型弧光爐に於ては鋼浴が深く又一時に加へる差物の量が多いため、熔解速度を普通の程度にするためにはよく豫熱して加へねばならぬ。これは特にフェロ・モリブデン・フェロ・タングステンに大切である。

鋼浴を都合のよい温度に維持することは二重操業法に於ては左程困難でない。沸騰の間に温度上昇は非常に速かに起りこれは次の還元精鍊にとつて重要である。小さな爐に於て熔解師の不注意に依り容易に現れる過熱は殆どなかつた。

第1表は特徴ある二重操業法の一例を示す。沸騰の間の速かな温度上昇は注意しなければならぬ。熔解期間中著しい量の爐壁及び天井が絶えず鋼滓中に溶け込むから鋼滓の濃

構造用鋼 DIN st C 60.61

浴 成 分 %				鋼 滓 成 分 %										
Mn	P	S	N ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SiO ₂	Al ₂ O ₃ + TiO ₂	CaF ₂	CaS	CaC ₂
0.22	0.065	0.037	0.019											
0.23	0.067	0.048	0.018											
0.14	0.016	0.039	0.015	16.68	7.94	5.17	48.18	4.94	3.37	10.37	2.22			2)
0.15	0.013	0.037	0.011	11.76	5.20	3.64	51.71	6.66	3.07	12.96	2.42			
0.68	0.014	0.029	0.013		全銅含量 1.61	0.52	72.89	7.14	0.18	12.71	3.07			3)
0.68	0.016	0.019	0.014											
0.72	0.018	0.014	0.013		1.16		51.79	7.90		12.60	3.28	20.84	1.61	0.46 ⁴⁾
0.72	0.017	0.012	0.014				70.20	8.45		16.07	2.74			3)

4) フェロ・シリコンは均一に鋼浴に分布せず、

第 2 表 白色鋼滓の脱酸

時 間		温 度 °C	鋼 浴	
			C	Si
12°	コンバーター試料……………		0.02	
12°06'~12°11'	注入 (重量 17.03 t)……………			
12°11'~12°16'	340 kg 石灰石及び 120 kg 礬石……………			
12°36'	鋼浴及び鋼滓試料……………		0.015	
12°42'~12°54'	約 75% の酸化鋼滓を除く……………			
12°55'~ 1°25'	150 kg 石灰石及び 270 kg スエーデン礬石……………			
1°22'	鋼浴及び鋼滓試料……………		0.02	
1°38'~ 2°01'	除 滓……………			
2°02'~ 2°09'	300 kg 石灰及び 70 kg 螢石……………			
2°10'~ 4°03'	60 kg Fe-Si + 10 kg Al, 300 kg 石灰, 50 kg 螢石……………			
2°30'	鋼浴及び鋼滓試料……………	1525	0.03	<0.01
2°57'	鋼浴試料……………	1570	0.045	0.01
3°37'	鋼浴及び鋼滓試料……………	1580	0.04	0.02
4°11'	出 鋼……………			
	取鋼試料……………	1515	0.04	0.03

1) 温度及び分析報告に就いては第 1 表下註と同じ

度の變化は一部は常に鋼滓量の變化に基づく。鋼滓中に非常に微細に分布して居る還元された鐵は残りの酸化鐵と分離し得ず、個々の精密な決定はそれ故不可能であるから、還元鋼滓に於ては唯全鐵量のみを示した。大容量の弧光爐で軟鋼を精鍊するときの脱酸の限度を確定するために、先づ故意に酸素量を豊富にして研究熔解を行つた。

この目的のために P 0.037%, Mn 0.09% に吹製したトーマス スチールを脱磷を行ふために弧光爐で酸化鋼滓で處理した(第 2 表)。20 min の後、鋼滓の大部分を掻出し残りの鋼滓は鐵含量 40% 以上になる迄礬石を加へた。これに依り熔鋼は完全に過酸化となつた。酸化鋼滓を除いた後に石炭やマンガンを加へずフェロ-シリコン・アルミニウム粉末で處理した白色鋼滓に依つて脱酸を行つた。

鋼滓中の金屬酸化物の分解は非常に緩漫に進行し、2.40% Fe の値に達した。この値は非常に微細な箔の形で存在する金屬鐵をも含んで居る。十分シリコンを加へることに依り鋼は著しく鎮靜した。鋼滓に依る脱酸に續いてその後析出脱酸(Fallungs Desoxidation)を行つた。

明らかに鋼の表面に SiO_2 , Al_2O_3 が析出したことから脱酸は非常に好調に進行したので 2 hr に亙る脱酸の後には鋼には有害な介在物はなく研磨面(第 9 圖)に於ては僅かな介在物が微細な分布を示して居る。

加熱抽出法に依り測定した酸素量は壓延した鋼材で尙 0.003% であつた。この研究に依つて困難な還元條件を伴ふ清淨鋼を生産するためには、大型弧光爐の非常に有効なことがわかつた。

能力を試験するための研究溶解

成 分 %			鋼 滓 成 分 %									
Mn	P	S	FeO	Fe ₂ O ₃	全 含 鐵 量	MnO	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃ + TiO ₂	SiO ₂	F ₂
0.09	0.041											
0.09	0.025		19.6	9.9	22.1	1.61	45.98	15.46	2.11	1.42	1.42	
0.06	0.009		39.7	14.7	41.1	1.03	32.43	6.56	0.53	1.09	1.09	
0.05	0.009				6.0	0.4	71.07	6.88	0.23	4.17	4.17	6.71
0.06	0.010											
0.06	0.013	0.014			2.4		67.24	8.04		4.01	4.01	
0.07	0.013	0.012										

第 9 圖 50 mm² ピレットの鋼滓介在物

← 壓延方向

×100

電極消耗及び冶金的諸反應の進行に及す電壓の影響

トーマス スチール を電氣爐で再精鍊する
際に、電極費は電力費より安く人件費より高
い。平爐鋼の二重操業に於ては文獻に依れば
次の數字が示されて居る。

炭素電極 鋼匙當り 6.5~9.0 kg
電力 1000 kWh, 23~25.5 kg
黒鉛電極 鋼匙當り 1.5~3.3 kg
電力 1000 kWh, 11.7 kg

トーマス スチールを連続操業する際、炭素電極の消耗については著者には全くデータがない。黒鉛電極では消耗量は生産される鋼種に依り異なるが通常 1.5~3 kg に達する。次に消耗の原因を説明し、消耗を可及的制限する方法を示す。電極消耗は次の原因に依つて起る。

1) 爐中に存在する電極の全表面の高温酸化性の瓦斯に依る燃焼消耗。

2) ニップル接續電極及びニップルの折損に依る損失。

3) 電弧に依る燃焼及び微粒化。

4) 鋼滓に依る酸化及び溶解。

これ等の損失に對しては次に述べる原因が決定的である。第1に劣圍氣に依る燃焼消耗は電極の酸化に依り決定される。電極原料の品質・電極の密度・黒鉛化の程度に依り恐らく決定される。この燃焼消耗の標準量は製鋼家に教へてもらはねばならぬ。爐内劣圍氣に依る燃焼消耗は爐内瓦斯の運動が少い程小さい。就中電極のバックングが悪いと煙突の如く作用し常に爐内に空氣が侵入するから、バックングをよくする事は酸化を防止する。特に澤山の操業口のある爐に於ては作業中口をよくシールすることは常に必要である。又電極が針狀に燃焼する程度は電極の爐中に存在する長さに關係する。爐の天井の耐久性を増すためには、爐の内部の高さを出来るだけ高くするやうに力める。天井の耐久性の不十分な爐に於ては、屢々爐體を改築して天井を更に高くする。かゝる改造を行ふ前に電極先端の直径を測定することを推奨する。例へば普通の

ニップル接續を行ふ直径 35 mm ϕ の丈夫な黒鉛電極の先端が 260 mm ϕ 以下になると先端より或距離に於て肉が薄くなつたため、ニップルのところで割目が出る。これは電極消耗を増加する以外に、電極折損の際に鋼浴は與炭される危険がある。複炭を避けるためにかゝる場合に於ては電極の接續部を熔解開始前に打落す。このために電極消耗量は更に増加する。爐の天井が高すぎるため、又少し過剰の消耗を惹起するならば、又爐の操業上不經濟になる。電極費が 1 kg 1.25 R.M., 煉瓦費が 1 t 75 R.M. の際に鋼種當り 1 kg の珪石煉瓦を節約することは 0.06 kg の電極を多量に消耗することと損徳無しになる。次に先端が針狀に燃焼した電極に於ては、電極の斷面は非常に小さくなり、高い電壓降下を起し、その結果電極の温度は上昇する。これを決定するために Siemens-Plania 工場が提出された第10圖に依ると、抵抗は 700°C の最小値を越えると温度と共に再び上昇する。それ故に爐中に於て常にジュール熱に依り發生した約 1500°C の温度は大なる電壓損失を起す。

ニップルの接合による消耗は電極が燃焼して細くなる程度に依る。ニップル接合の長さが 280 mm で電極が 275 mm に燃焼した際には、ニップル接合の燃焼に依つて 1 日當りの消耗量は 10~25% 多いことがわかつた。このことは約 3 日間の使用期間に 1800 mm の長さの電極で消耗量は 3.3~8.3% 多くなる。それ故成るべく長い電極が得策である。そして間もなく爐の構造が許す限り長い電極を製造者が供給する状態になることを願つてやま

第 10 圖 温度に依る黒鉛の抵抗

ぬ、電極析損に依る損失は熔材装入に於ては起らぬ故、こゝでは取扱はない。電極の微粒化に依る著しい損失は電極の品質に左右される故に、この問題を論ずるには電極製造者と共に検討しなければならぬ。

毎月發表された電極消耗量は 1000 kWh 當り 9.2~9.6 kg の狹範圍にて變動して居る。一層よい比較的數字を得るため電極消耗量と電力消費量との關係を示した。全溶解數の中冷材溶解の割合は 4~7% であつた。冷材溶解に對する消耗量を個々に測定した結果 1000 kWh 當り 4.95~7.90 kg の値を得た。

冷材溶解の場合が熔材溶解の場合に比較して電極消耗量が 1000 kWh 當り約 3 kg 少いことは溶解期の電極消耗量は酸化期及び還元期の消耗量よりも少いことを示す。熟知の如く鋼浴及び鋼滓面と電極との距離は電壓に依つて變る。この數量的な報告は未だ文獻には出て居ない。電極消耗の問題を解決するためには、先づ個々の電壓に於ける電極の距離を決定しなければならぬ。105 V, 115 V, 146 V の公稱電壓の許に澤山の測定を行つた (第 3 表)。

供給したエネルギーは 3 つの場合共に等し、

第 3 表 鋼浴と電極間の距離

電 壓 V	鋼 浴 mm	酸化鋼滓 mm	還元鋼滓 mm
105	22~25	24~28	25~30
115	25~28	30~35	35~40
146	30~34	42~46	52~58

く 1700 kW に維持した。

鋼滓層の厚さは酸化精鍊に對しては 15~20 mm, 還元精鍊に對しては 20~25 mm と計算的に決定した。鋼浴のみの場合には個々の電壓に對する電極距離の相違は僅少であるが、酸化鋼滓が存在すると電極距離の相違は増加し、還元鋼滓に於ては最大値を採つた。

この測定に依つて鋼滓層を加へる際に鋼浴と電極との距離は加へた鋼滓層の厚さ、或はその何割かを増加すると云ふことはないことがわかつた。寧ろ電極の距離は鋼浴に比して鋼滓の傳導度が少いため及び飛散した鋼滓のための空氣のイオン化が電壓の變化に依り大きな變動に曝されることに依つて變る。

鋼滓の厚さ 20 mm, 電壓 105 V の際に鋼滓表面からの電極距離は約 5 mm であり、その結果沸騰期に於て鋼滓は電極先端に附着する。鋼滓がクリーム狀を呈する精鍊期に於て

は、電極の先端は鋼滓で覆はれぬ。115 V の電圧に於ては鋼滓の接觸は著しく少い。又 146 V の電圧の場合には沸騰期に於てのみ偶、鋼滓の一部が電極に附着し、精錬期には電極は鋼滓と全く接觸しない。この實驗にて決定した距離は唯明らかに上述の 1700 kW のエネルギーを供給した場合にのみあてはまる。個々の爐に對しては導線の電力降下に従つて異なる。第 11 圖は爐の導線に於ける電壓降下の測定を行つた 1 例を示す。違つた電壓に相應する距離に電極を固定して操作する際、電極消耗量は又異なる筈である。

これを測定するために、約 24 hr 上述の電壓の 1 つで操作し、電極の長さの減量を測定し、それより 1000 kWh 當り適當りの電極消耗量を測定した。熔解時間及び鋼滓成生物の

第 11 圖 變壓器と電極間の電壓降下相の負荷 1300 A 公稱、電壓 146 V

電 壓 降 下

測定場所	相		
	I	II	III
1-2	6 V	6 V	6 V
2-3	7.5 "	8 "	12 "
3-4	1.5 "	2.3 "	2.0 "
4-5	2.5 "	3.0 "	3.0 "

投入量を同じくして熔解條件をそろへた(第 4 表)。

第 4 表 相違電壓に對する電極消耗量

電 壓 V	最高最低消耗量 kg/1000 kWh	平均消耗量 kg/1000 kWh	熔鋼適當り消耗量 kg/t steel	過剰消耗量 %
146	6.51~ 7.44	7.1	1.35	—
115	8.88~ 9.37	9.2	1.72	29.6
105	9.75~13.90	11.9	2.26	67.7

電力消費量は 3 つの場合大體等しく適當り 190 kWh であつた。115 V, 105 V の電壓に對しては、146 V の電壓の場合に比較して電極消耗量が夫々 29.6%, 67.9% 増加して居ることは、電壓が電極消耗量に重大な關係のあることがわかる。更にこの研究から電極と鋼滓との間の接觸に依り起る電極消耗はその他の損失の原因を凌駕して居り、全消耗量を決定的に支配することが明らかである。偶、 SiO_2 含有量の高い鋼滓で精錬した若干の熔

解に於ては 105 V の電壓を使用した際に 1000 kWh 當り 15 kg 以上に及ぶ電極消耗の増加が認められた。 SiO_2 の増加に依り傳導度の悪くなつた鋼滓は耐へ得べき程度の電極消費量にするために高い電壓を使用することが必要である。沸騰は以上 3 種の電壓を使用した際に皆よく行はれた。沸騰は 146 V の電壓の際には稍、長くかゝつた。而してこの場合は低電壓を使用した場合よりも鋼浴の炭素量は容易に極く少くすることが出来る。カーバイト

鋼滓で操業する場合に 105 V の電壓で熔解した場合には鋼滓は通常の組織、即ち高温クリーム狀で弱いカーバイトを示した。

S は $1\frac{1}{4}$ hr で平均 0.013% に非常に速かに減少した。115 V の電壓で精鍊した熔解に於ては脱硫は既に緩慢であつた。最終分析の S 含有量は平均 0.019% で尙満足し得る値を示した。鋼滓の外観も分析結果も共に脱硫の緩慢なる理由を與へなかつた。熔鋼は 115 V の電壓で精鍊する際には 105 V の電壓で精鍊した場合の純粋度を得させようとすると更に長い精鍊時間を要したであらう。146 V の電壓で精鍊した熔解は、これに反して根本的に異なる。最終分析に於ける S 含量は 0.028% で脱硫は完全に終つて居ない。この相違した関係はこゝでは鋼滓分析では決定されなかつた。鋼滓は 105 V の電壓で精鍊した場合に比較して、非常に粘稠度を呈した。かゝる高い電壓に於ては鋼滓は爐中に靜止して居り、爐内を都合よい溫度にするのに困難を感じた。爐温は強い電流が流れる際には間もなく上昇する。以上の関係の相違は次の如く説明される。即ち 146 V の電壓に於ては細く長い電弧に依り低電壓の場合に於けるよりも著しく、僅かな表面のみたゞかれる。電極は常に鋼浴から遠い距離にあるため鋼滓の飛散する領域外にある。低い電壓に於ては鋼滓は電極との直接接觸に依り炭素と反應して泡立ち高溫度で鋼滓の全表面は循環運動で置換するが、高電壓に於ては鋼滓全表面は靜止して居る。

脱酸・脱硫の中絶は次の理由に基づく。

即ち脱酸及び脱硫が僅かに進行した後、鋼

浴に接する鋼滓層は酸化物及び硫化物が豊富になり、運動が不十分なために更にその上にある S 及び O_2 の少い鋼滓層と均一にならぬ。かゝる反應力の緩慢なる O_2 及び S の豊富な鋼滓層の存在に對する假定には、次の觀察も亦参考になる。即ち約 0.035% の S を含んだ熔鋼は 0.010% S まで脱硫するためには、鋼滓の S の溶解度を 2% とすれば、鋼浴當り 12.5 kg の鋼滓量が理論上必要である。この際石灰及び石炭中の S 及び瓦斯として除去された S は考慮してない。實際に於てはかゝる僅かな鋼滓量では經驗上低い脱硫度しか望めない。このやうに O_2 及び S の多い薄い鋼滓層は常に電極と接觸しないのみならず、高電壓の下に存在する通常の厚さの鋼滓層の如く常に鋼浴上に靜止して居る。

電極消耗量及びそれに依り左右される冶金反應の進行狀態についての研究に依つて、精鍊期に於て電極消耗量を出來るだけ少くして操業しようとする努力は冶金的理由から可能でない。

經濟的・冶金的な要求を満たすため、電壓は次の如く調節する。

- 1) 酸化精鍊は高電壓で操業する。
- 2) 還元鋼滓成生物の熔解は高電壓で行ふ。
- 3) 還元精鍊の初期は中程度の電壓で行ふ。
- 4) 還元精鍊の末期は鋼滓の反應速度が大で、脱硫及び脱酸終了迄の熔解時間が短くなる程度に低電壓で操業する。

かゝる觀點に従つて行つた操業法は電極消費量を 1000 kWh に對し 2 kg 減少し、これは約 20% の電極の節約に相當する。

必要とする電圧は熔解方法・鋼滓量・鋼滓の組成及び精錬時間に依つて異なるから個々の爐に對して正確に豫言出来ない。

低壓範圍にて種々調節出来るトランスフォーマーは爐に對して最も適した電圧を測定し、その電圧で操業するのに適當である。電壓切換に依る時間の損失を防ぐには、新型の電氣爐設備では送電にて切換が出来るやうに要求すべきである。

電極消耗量を支配する主なる影響を更に簡単に總括する。

電極の酸化消耗量及び微粒化損失量に對しては、或一つの標準がほしい。電極と鋼滓との接觸に起因する電極消耗は全電極消耗量を決定的に支配する。電圧の増加と共に電極消耗量は減少し鋼滓作用は電圧が高い程緩慢である。最も適當な電圧は電極消耗量及び反應速度の測定に依つて始めて決定される。

大型弧光爐の耐火爐壁

二重操業法を行ふ弧光爐の耐火壁は次の3項目の要求を満たさねばならぬ。

第1に耐火爐壁は十分耐久性を持たねばならぬ。少くも爐床及び爐壁竝びに出来る限り天井も大きな修理作業をしないで1週間完全に操業出来ねばならぬ。

完全に毎週操業を續けるには唯日曜日に約16hrだけ操業中止するだけであるから、屢行ふ修理作業は短時間に完了しなければならぬ。又爐壁は安價でなければならぬ。爐壁の耐火性は煉瓦の價格に相應して増加しない限り特別な煉瓦を使用して費用をかける必要がない。

最近10年間に發達した小型及び中型弧光爐のライニング方法の成功は假令定められた要求を満たすとも、大型弧光爐にそのまゝ適用出来ない。小型弧光爐のライニング方法はSt. Kritzが巧みに詳細に説明して居る。鹽基性弧光爐の爐材としては主としてドロマイトが使用される。マグネシアでスタンプした爐床及び爐壁は一層耐久性があるにも拘らず獨

逸では使用されない。之はマグネシア煉瓦及びマグネシア粉末の高價なためである。唯爐床のドロマイト層の下の裏付煉瓦として、又出鋼口・裝入口を積上げる爲に往々マグネシア煉瓦を使用する。ドロマイトはタールとの混合物として爐にスタンプする。爐修の際には必要な限りは古いドロマイトを粉碎する。爐床を改造せねばならぬ際には屢い破碎の作業を容易にするために、ドロマイトを水冷する目的で水を加へる。裏付煉瓦を變へないで改造する際の全所要時間は爐の冷却・爐壁爐床の破碎及びスタンピングの時間を合計して(ドロマイトの焼付の時間は入れぬ)約30hrである。爐の直徑3mφ、高さ1.5mの上述の容量の爐に對して使用されるドロマイトの量は爐壁の厚さ300mmの際に約10.4tである。又爐の直徑4.5m、高さ2m(15~20t容量)の爐に於ては350mmのドロマイトライニングをするとき約34tを要する。

ライニングに要する全所要時間は、この容量の爐では約50hrを要する。ライニングは

日曜 1 日では出来ず、著しく生産が減少する。修繕時間を短縮するため大抵の製鋼工場に於ては、普通に壓縮したタール ドロマイト煉瓦の適合性を試験したことは言を俟たない。コンバーターの直径は大略弧光爐の直径に一致するから煉瓦は新しい形状の煉瓦をつくる必要がなかつた。350 mm の厚さの煉瓦を竝べて乾燥して、その際全表面に特に隙間なく煉瓦が配列するやうに注意した。小さな目地はマグネシア粉末で目塗した。約 1200 個の煉瓦でかやうにして爐を築造する際に約 8 hr を要し、スタンプする場合に比して約 28 hr の節約になつた。爐を操業する場合、このタール ドロマイト煉瓦の耐久性はスタンプした煉瓦より大である。この理由は壓縮した煉瓦は均質で密度が大きいためである。

爐壁 スタンプしたドロマイトに對して、タール ドロマイト煉瓦の特徴は特に爐壁の修繕の際に現れる。修繕の前爐壁を破壊する際に煉瓦はお互に融着せず、1 個づつ持上げられるから、スタンプした爐壁に比較して非常に簡単で手がかゝらぬ。大きさの違つた煉瓦を造つて置けば、爐壁を改造するとき爐床に達する迄破壊する必要なく、屢々行ふ補修に於ては全體の厚さの中表面の 2~3 層の煉瓦を取除き、残りの煉瓦層の厚さに應じて適當な小さな煉瓦で積み。上層の煉瓦層の持続数は約 150 回、一方下層の煉瓦では約 540 回に達する。次に 20 t 爐の爐壁の修理時間を示す。

爐床 St. Kritz の測定に依れば、獨逸の弧光爐の平均持続数は 416 回であつた。

	スタンプした爐壁 hr	煉瓦積爐壁 hr
冷却	8	8
破碎	8~10	3~4
築造	15~18	3~4
全使用時間	31~36	14~16

これに依ると小型爐に於ては電極直下及び爐の中央の凹部が非常な害になるから 150~500 回の熔解で爐床は破損するが、大型爐に於ては爐床を改造するための時間の損失を防ぐために、特に注意深く充填して更に長い耐久性を與へる。この際に Kritz に依つて提出された豫防策は注意して行はねばならぬ。

二重操業法に依り操業する弧光爐の爐床は硬鋼の熔解の際には厚さが増す傾向があり、一方軟鋼熔解の場合には厚さが著しく減少する傾向がある。

厚くなり過ぎた爐床の表面は熔劑をとかす事に依つて厚さを減する事が出来る。その際容易に侵蝕され易い爐の中央が熔けた熔劑に依つて侵蝕されるのを防ぐために、熔鋼の残りを爐中にそのまゝにし又取鍋の残りを爐に返すことが推奨される。

爐床の深さはプラットホームのある爐に於ては冷却環と電極の間に扁平な鐵を爐底に達する迄入れて簡単に且正確に監視される。爐床の凹部を充填し爐底を強くするために充填劑としてタールとドロマイトの混合物よりも、ドロマイトと平爐滓を 10:1 の割合にした混合物の方が一層よい。鋼滓の割合を多くすると焼付の際に惹起される鋼滓中の金屬酸化物の還元により作業の結果が問題になる。補修に用ひたドロマイトを焼付けるために、

電極を爐底から約 200 mm の距離に移動して固定する。爐床は塊状のコークスで約 400 mm の厚さに覆ひその後電流を通ずる。電極を固定することは電極が調節器の中を降下し爐床に孔を掘るのを防ぐためである。爐床から電極距離を常に等しくすることに依り均一な加熱が行はれる。供給電力の調節は電圧を変更して行ふ。最低電圧を用ひても供給されるエネルギーが尙高く、爐床が軟化する憂のあるときは、短時間電流を切つて調節する。

3~4 hr 焼付け 1 hr 放置した後は爐は再び使用し得る。爐床の修理は僅かな例外を除てはい平爐と同様日曜日に行ふ。かやうにして築造した爐の耐久性は 2000 回以上に及ぶ。爐床・爐壁・鋼滓線の修理・出鋼口の閉鎖などに使用するドロマイトの消費量は鋼噸當り 22~25 kg である。

出鋼口 開放式出鋼口と閉鎖式出鋼口のどちらを選ぶかの問題については、出鋼口が除滓に利用されぬ限り、大型爐に於ては閉鎖式出鋼口が都合がよい。多くの場合大型爐に於ては 1 つ以上の操業口があるため常に爐中に非常に空氣が侵入するのは避けられぬ。この空氣の侵入は口を開けると更に強くなり、還元期の鋼滓作用を困難にする。酸化期に都合のよい非常な空氣の侵入は口を僅かに開けることに依り起る。出鋼口に熔鋼が太く流出するやうに大きくつくる。

装入口 装入口の爐壁は爐體の築造に於て最も重要な部分である。第 1 に此處のライニングは非常に溫度の動搖に曝される。次に戸

が開いてる際は侵入して來る 冷い空氣のため、高温爐内瓦斯の流れが戸口のアーチに向つて生ずる故に、アーチは高温爐内に於て常に無理な状態にある。この高温ガスのためアーチをつくる煉瓦は加熱され固定の位置を保ち得ぬため、アーチはゆるみ最後にアーチ全體が爐を傾けた際に落下する。勿論アーチの落ちる危険は出鋼の際丁度反対側にある口のものが一番大きい。珪石煉瓦を用ひた装入口のライニングは 1 週間の連續操業に確實に堪へ得なかつた。珪石の代りにマグネシア煉瓦又は他の特殊な煉瓦を用ひても何等改良されなかつた。装入口を修理するために 1 週間の連續操業中爐を停止することは避け得なく、そして 1 回の修理には約 18 hr を要した。

如何なる爐材もアーチに耐久性を持たせることは出来なかつたので、装入口を非常に冷却して耐久性を保つて來た。最近の小型爐に於ては装入口の冷却は第 12 圖に示すやうにして行はれた。下に爐壁のある冷却梁 (Kühlbalken) は、併しながら大型爐に於てはアーチが長くて僅かの間操業すると跡形もなく焼けてしまふので有効ではない。それ故アーチの全長に亘つて熔接した冷却函 (Kühlkasten) を設置する試みを行つた (第 13 圖)。

冷却函の場合は冷却梁の如く下にライニングがない。同時にこの冷却函は装入口のアーチを形成する煉瓦の支へとして役立つた。

爐中に於て冷却函の上層にあつて側壁と 1 つのリングを形成するアーチの煉瓦積を容易にするために冷却函は彎曲がないやうに造つた。冷却に依つて今や過熱から保護された装

第 12 圖 ライニングのある
冷却梁に依る装入口の冷却 第 13 圖 爐中に露出する冷却梁
に依る装入口の冷却

入口の部分の持続性は著しく上昇した。

珪石煉瓦或はマグネシア煉瓦で築造した装入口のアーチを水冷却式に変更する前には、装入口の天井は熔解し、その耐久性を失ひ崩れてしまつたが、水冷却を行つてからは耐久性が非常に増加した。装入口の側壁及び冷却函上の煉瓦を修理するため、操業中止することは水冷却を行つて以來は1週間の操業中決して起らなかった。爐内雰囲気中に曝露して居る冷却函の生命が短く屢々築造しなければならぬため、困難を惹起するのではないかと云ふ心配はいらなかつた。

装入口の冷却方法を變更した前後に於ける冷却水の使用量の測定に依つて計算的には鋼適當り 16 kWh の電力が多量に消費された事になる。然るに爐の操業に使用された實際の電力使用量は増加して居ない。この事實はよく閉鎖された装入口は爐内ガスの流通を防止する事に基づく。更に装入口の上部及び側面の有效な冷却をやめる事に依つて残りなく軟化する煉瓦は輻射に依つて著しい熱損失を惹起することを考慮しなければならない。

冷却函を設置する前には 18 hr を要した装入口の修理時間は今や 4 hr に減少した。

第 5 表 装入口の煉瓦使用量

	下にライニング がある冷却梁 kg/t	爐中に露出 する冷却函 kg/t
珪石煉瓦	1.05	0.0
マグネシア煉瓦	1.4	0.15
ドロマイト煉瓦	0.0	0.2

天井の耐久性 天井に對する要求は熔材熔解の場合は冷材熔解の場合と一部異なる。天井は冷材熔解の場合は激しい温度の變化を受けるが、熔材の場合には唯熔解に依つて侵蝕されるのみである。假令軟化點の高い煉瓦を使用し、温度變化に對する耐久性を全く考慮しないとしても、この違は煉瓦を選択する際に注意しなければならぬ。

熔解回數で表した耐久性は熔材装入に於ては冷材装入の場合よりも高いが、熔解時間數は冷材装入の場合が高い値を示して居る。天井の耐久性には熟知の如く熔解計畫が決定的な影響を及す。特別な脱酸鋼滓で操業せず唯トーマス スチールを再精鍊するためにのみ使用する弧光爐に於ては 200~300 回の耐久性を示す。酸化精鍊に加へるに 1½~2½ hr の脱酸作業をなす弧光爐に於ては平均 70~100 回の耐久性が認められる。かゝる耐久性を持ち、1 熔解の爐の生産量 20 t の際に

は、煉瓦積の全重量 9t のとき鋼 1t につき煉瓦の消費量は 6.4~4.5 kg である。

1 週間の連続操作中に天井を迅速に變へるためには天井を乾燥及び豫熱する爐の設備が是非必要である。徐々に而も均一に赤熱状態に豫熱された天井は、高温の爐體の上に何等心配なく置き得る故に、天井を變更する際には遅くとも 2 hr 後には新たに裝入開始が出来る状態にある。

上述の 70~100 回の耐久性は約 2 週間の壽命に相當する。それ故大抵の場合天井の變更は日曜 1 日で行はれる。

× × ×

この研究を行ふに當り許可を賜はり又幾多の援助を蒙つた事に對して Hoesh 株式會社特に支配人 A. Bruninghaus 氏、工場長 Dr. O. Schweiter 氏並びに A. Harr 氏に衷心より謝意を捧げる。

結 論

最近使用されるに到つたトーマス コンバーターと弧光爐に依る二重操業法の冶金現象を研究した。弧光爐に供給する熔鋼の興炭はトーマス コンバーターから出鋼する際

コークスに依り有利に行ひ得る。電氣爐に於ける脱磷は鋼 1t につき 80~125 kWh の電力消費量で 50~60 min 繼續する。脱硫は硬鋼に於ては 55~65 min の後には 0.02% S が最高であつた。併し軟鋼に於ては幾分徐々に進行する。

脱硫に對する電力消費量は鋼 1t につき 70~110 kWh である。脱酸の時間は希望する鋼質に依つて異なる。窒素の有害な影響は決定し得なかつた。黒鉛電極の消費量は鋼觔當り 1.5~3.0 kg である。

又電極の消耗原因を検討した。高電壓を使用すると、脱酸期間中反應速度が緩慢で電極消耗量は少い。低電壓を使用した場合には電極消耗量は多くなり、脱硫及び脱酸は迅速に進行する。

大型弧光爐の耐火爐壁には壓縮したドロマイト煉瓦の良いことが證明された。爐壁築造の時間はスタンプする場合に比し著しく減少した。二重操業法を行ふ弧光爐の耐久性は良く 2500 回乃至それ以上に達する。裝入口を十分に冷却することに依りその耐久性は著しく増加した。 以 上