

鋼鑄物製造に於ける經濟的考慮 (第1報)

電氣製鋼費及鑄造費に就て

(日本鐵鋼協會 第8回講演大會講演)

市川直雄

目次

I. 緒言 II. 電氣製鋼費

III. 鑄造費

I. 緒言

現場技術者として作業をなす上に於て考ふべき事は、

1. 如何にして良き品物を製造するか。
2. 如何にして經濟的に生産するか。
3. 如何にして納期通りに製作するか。

の3つで之は如何なる場合に於ても常に頭に置いて仕事をしなければならない。著者は之の内如何にして經濟的に生産するかを鋼鑄物製造に就て研究した、大體作業の性質に従て次の10項目に分ちて考慮する事が便利である。

- | | | |
|----------|--------|---------|
| 1. 電氣製鋼費 | 5. 熔接費 | 8. 總掛費 |
| 2. 鑄造費 | 6. 燒鈍費 | 9. 木型費 |
| 3. 砂落費 | 7. 修正費 | 10. 仕上費 |
| 4. 押湯切費 | | |

此等の内電氣製鋼費は冷材より熔解及精鍊をなす場合をとり取鍋費用をも含むもので、鑄造費は造型、乾燥、整型、鑄込の外更に調砂費用をも含み、砂落費はサンドブラスト及びニウマチックハンマーを使用したる場合、押湯切費は押

湯湯口の切斷に酸素アセチレン瓦斯を使用したる場合の外更に冷鋸機及旋盤を使用したる場合に於て、熔接費に於ては瓦斯及直流並に交流の三つの場合を比較し、燒鈍費は電氣或は石炭に依つた場合を採り、修正費は主として手仕上仕事にして、總掛費の内には水壓受驗等含有されるものである。

木型費及仕上費は以上述べたるものとは全々別個に取扱ふ事の出来るもので、此の外尙運賃及手数料なども經濟的考慮をなす上に於ては必要なるものである。

II. 電氣製鋼費

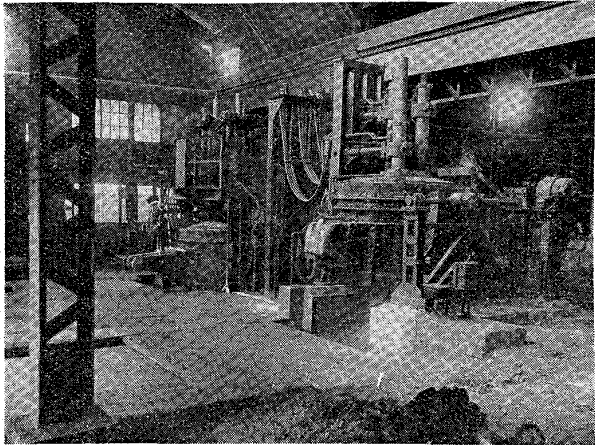
1. 電氣製鋼費概要 電氣爐に於てスクラップより熔解並に精鍊をなす場合に於て經濟的に最も重要なものは原料費、電熱費、電極費、耐火材費、工賃等であつて尙此の外燃料熔劑、諸材料消耗品電力諸費等詳細に涉て考慮する事は經濟的操業をなす上に於て大切な事である、以下述ぶる所は

第1表

種目	フィアート式電氣爐	エルー式電氣爐
容量	公稱容量 1½ 噸	1½ 噸
	最大容量 3½ "	3½ "
變壓器容量	640 K.W. (A E.G.社製三相)	600K.W.(川北製单相200×3)
	變壓器結線 Δ	Δ
送電電壓	一次 3,300V	3,300V
	二次 170V—100V	170V—100V
電流	2,300A	2,300A
	電極の昇降 スクリュー及ナット式	ロープ及ドラム式
電極種	電極の直徑 6" φ	7" φ
	種類 { 日本カーボン製 EG1 アチソン會社製	日本カーボン製 EO

1½ 吨フィヤート式電氣爐及 1½ 吨エルー式電氣爐に就ての研究にて何れも鹽基性製鋼法に依る場合である、上記エルー式電氣爐にて酸性操業をなしたる場合の結果は必要に應じて附加する事とした、兩電氣爐の構造は第 1 表及第 1 圖に示すが如くである。

第 1 圖



2. 原料費 電氣爐に於ける製鋼原料は使用の目的に依て次の 2 種類に大別する事が出来る。

- i. スクラップ
- ii. 脱酸劑及附加材

スクラップは主として鐵屑、旋削屑及鋼屑で脱酸劑及附加材の主なるものは、骸炭粉、無煙炭、珪素鐵、滿俺鐵及アルミニウム等で、其の使用量は鋼の種類及操業の方法に依て異なるものである。特種鋼に對しては夫々目的に應じてニッケル、クロム、タンタステン、モリブデン、ヴァネウム、コバルト等使用する、今 1 吨の價 a 圓のスクラップ A 吨に對し各種脱酸劑及附加材を B₁ B₂ B₃ …… 吨使用し其の吨當單價を夫々 b₁ b₂ b₃ …… 圓とする時には原料費は次の式にて表はす事が出来る。

$$G = \frac{aA + \sum B}{\delta(A + \sum B)} \cdot 100 \dots (1)$$

G = 出鋼吨當原料費(圓)
δ = 熔解歩留率(%)

多くの場合最も適當したるスクラップのみを集める事は殆ど不可能なるも、其の選擇及配合に注

意すれば比較的安價なスクラップを使用するも左程困難を感じずして操業し得るものである。之が選擇に當ては其の化學成分のみならず形狀並に大いさにも留意すべきである、スクラップの化學成分は鹽基性の場合に於ては酸性の如く重要視する必要なきも、精鍊時間を短縮する必要上成可く燐硫黃の如き不純物の少なきを可とする、スクラップ中の炭素は之が化學的に結合されたと、骸炭或は油の如く機械的に混合されたとに關せず其の影響は頗る大なるもので油の多い旋削屑を多量に使用する場合には、全熔解時に於ける熔鋼中の炭素量を著しく増加せしむるものである、此の旋削屑に附着したる油が如何なる程度の加炭作用をなすかを知る爲に著者は次の様な試験をした。

使用原料の化學成分

C=0.23—0.34 Si=0.28—0.30 Mn=0.50—0.60
P=0.02—0.05 S=0.02—0.05

原料装入の割合

旋削屑 = 1,050kgs (30%) 鋼屑 = 450kgs (70%)
生石灰 = 45kgs (スクラップの 3%) 鐵鑛石 = 45kgs (" 3%)

上記原料の割合に装入し旋削屑中に油の多量附着せし場合と、然らざる場合とに於ける全熔解時含有炭素量を比較すれば第 2 表の如くである。

第 2 表

No.	C	Si	Mn	P	S
1	0.23	0.02	0.11	0.030	0.035
2	0.32	0.05	0.13	0.028	0.050
3	0.25	0.03	0.10	0.032	0.048
4	0.25	0.01	0.08	0.021	0.039
5	0.21	0.02	0.13	0.025	0.053
6	0.64	0.13	0.13	0.033	0.034
7	0.53	0.08	0.21	0.038	0.036
8	0.58	0.12	0.18	0.031	0.025
9	0.46	0.11	0.30	0.036	0.045
10	0.54	0.06	0.20	0.036	0.046

表中 No. 1—No. 5 は油量少なき場合、No. 6—No. 10 は油量多き場合である、斯く全熔解時に於ける炭素量高き時は尙多量の鐵鑛石を加へ過剩

の炭素を除去する必要あり、爲めに多大の時間及電力を浪費する事となる故旋屑吨當單價と對照比較して充分考慮する事が必要である。

装入原料の炭素含有量少なき場合には除炭及除磷は熔解の進行につれて行はれ除滓溫度に達する時には既に炭素、磷、滿俺及珪素等の含有量は必要なる程度にまで低下してゐるものである。

装入原料の形狀並に大いさは又直接操業に影響を及ぼす事大なるもので軽い絲狀の旋屑又は鋳力屑或は重量の附く押湯などは装入に困難なるのみならず電力の平衡を維持する事も亦困難にして、操業時間を延長せしむると同時に電力消費量をも増加せしむるものである。

電氣爐に使用されるスクラップを大別すれば次の3種になる。

1. 鐵屑 鋸コロ、ポンチコロ等、
2. 旋屑 鬼ドライ粉、絲ドライ粉等、
3. 鋼屑 押湯、湯口、湯張、湯流等、

此の内旋屑の一部及鋼屑は大抵所内に於て出来るものを使用する故に鐵屑及旋屑を如何なる割合に使用するかが原料費の上に於ては最も大切なる處である、今1吨 a 圓の鐵屑 A 吨、b 圓の旋屑 B 吨、c 圓の鋼屑 C 吨を使用し其の熔解歩留率を夫々 δ_1 δ_2 及 δ_3 とすれば、出鋼吨當スクラップ費 S は次の式にて表はす事が出来る。

$$S = \left\{ \frac{aA}{\delta_1} + \frac{bB}{\delta_2} + \frac{cC}{\delta_3} \right\} \div (A+B+C) \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

最近數ヶ年の大阪市場に於けるスクラップの吨當單價は第3表に示すが如くである。

(2)式に於て明らかなるが如くスクラップ費 S は歩留率 δ に關係を有し之はスクラップの種類操業

第 3 表

年次	鐵屑	旋屑	鋼屑
昭和2年	37.20	23.40	13.40
3年	40.00	23.90	34.60
4年	40.00	21.50	32.00
5年	25.00	15.00	20.00
6年	20.80	12.70	15.10
7年2月	24.50	14.00	19.60

の方法などに依て異なるもので著者は鹽基性電爐に於てスクラップの歩留率を測定して第4表に示すが如き結果を得てゐる。

第 4 表

種類、品位	歩留率	名稱
鐵屑	1 96.5%	ポンチコロ、リベット屑、鋸コロ等
	2 95.3%	鋼管屑、古鐵屑等
	3 93.6%	解船屑、銹鐵等
旋屑	1 94.3%	鬼ドライ粉、上等ドライ粉等
	2 92.8%	普通ドライ粉、銹鬼ドライ粉、上等
	3 89.3%	絲ドライ粉等
鋼屑	1 96.3%	押湯
	2 95.8%	湯口、取鋼付等
	3 94.6%	湯張湯流等

表中品位 1、2、3 は夫々上等品、中等品(標準スクラップ)及下等品を示すもので、鋼鑄物製造に於ては普通中等品程度のものを使用するも操業に自信を有するに於ては下等品を有利に使用する事も出来る、嵩張りたる2級3級の旋屑を粉碎又は壓縮して使用する場合には此の旋屑1吨の價は次の式にて算出する事が出来る。

$$S_1 = S_0 + \frac{W+R}{T} \dots\dots\dots (3)$$

S_1 = 加工旋屑單價 S_0 = 購入旋屑單價 W = 加工工賃 R = 機械運轉費 T = 作業吨數

スクラップの形狀或は化學成分不良の爲に熔解或は精鍊時間の延長する場合を考ふるに、今1回出鋼量 T 吨の電氣爐に於て標準スクラップを使用した場合よりも出鋼時間が t 時間遅れ 1K.W.H. の價 β 圓の電力は pK.W.H. 1kg の價 μ 圓の電極 ekg-1kg γ 圓の耐火材 fkg 及熔劑脫酸劑等 Q 圓を餘分に使用したりとする、爐付職工 1

時間の工賃を w 圓とし原料歩留を δ とすれば此の種のスクラップ 1 噸の價 S_2 は次の式にて算出する事が出来る。

$$S_2 = S_0 - \frac{\delta}{T}(\beta p + \mu e + \gamma f + Q + tw) \dots (4)$$

脱酸劑及附加材としては前述の如く骸炭粉無煙炭、珪素鐵、滿俺鐵及アルミニウムなどが主として用ひられる鋼種に依てはクローム鐵ニケル、タンダステン鐵等用ひられてゐるが、普通鑄鋼品製造に於ては裝入スクラップに對して 75% 珪素鐵 0.5% (内 0.1% は粉末として骸炭粉に混合して加へる)、75% 滿俺鐵 0.6%、骸炭粉 0.5—0.6% 位加へられ、無煙炭使用量は加炭の程度に依て異なるものである、出鋼時に取鍋中に加へらるゝアルミニウムは 0.05—0.06% 位である。

最近數ヶ年の大阪市場に於ける珪素鐵、滿俺鐵アルミニウムの噸當單價は第 5 表に示すが如くである。

第 5 表

年次	珪素鐵 円	滿俺鐵 円	アルミニウム 円
昭和 2 年	270.00	176.00	1,200.00◎
3 年	240.00	160.00	1,140.00◎
4 年	222.00	150.00	620.00*
5 年	140.00	110.00	520.00*
6 年	145.00	110.00	500.00*
7 年 2 月	145.00	110.00	315.00△

◎アルミニウム塊 *アルミニウム屑
△アルミニウム削屑

3. 電熱費 電熱費は電氣製鋼費中最も大切なるもので、電氣爐の設計原料の良否操業の方法及其の巧拙等に依て異なるものである、今出鋼噸當電力消費量を $PK.W.H.$ とし單價を β 圓とすれば出鋼噸當電熱費 E は次の式にて表はされる。

$$E = \beta \cdot P \dots (5)$$

即ち電熱費 E を低下せしむるには β を廉價ならしむる事及び P を減少せしむる事に販着する。

電力の契約には定額制と従量制との 2 種あるが電氣爐の如く多量の電力を使用する場合には殆ど従量制である、此の方法に依る時は電力料金は其の期間内に使用されたる實際數量を基礎として計上されるもので β の價は晝間、夜間、深夜間に於て夫々異なる場合があるが我國に於ては常時制に依つてゐる所が多い、此の場合大抵送電容量及び附帯設備の多少に従て最底使用量を決定し設備に對する保證をなすと共に之れ以上使用する場合に於ては此の超過量に對して料金 β の價を幾分低下し更に或數量以上突破したる場合に於ては其の數量に對する β は更に低下するが如き契約方法 (Block System) が最も廣く行はれ、低下したる料金は一定限内の超過量に對してのみに支拂はるのであるが、時に此の料金は其の期間内に使用されたる全電力に通ずる契約方法 (Step System) も採用される場合がある、我國に於ては前者が合理的なるものとして廣く採用されてゐる、今日割勘定に依り最低使用量及一定料金限内の使用量を $P_0 P_1 P_2 \dots$ とし其の料金を夫々 $\beta_0 \beta_1 \beta_2 \dots$ とすれば 1 ヶ月總電熱費 E_m は次の式にて表はされる。

$$E_m = \beta_0 P_0 + \sum \beta P \dots (6)$$

茲に於て $\beta_0 P_0$ 使用量に關係なき恒數である故に K 圓とし此月の裝入原料の總量を A 噸とし其の歩留を δ とすれば出鋼噸當電熱費 E は次の式に依て表はされる。

$$E = \frac{\delta}{A} (K + \sum \beta P) \dots (7)$$

同 1 ヶ月作業量が $A_{n'}$ により $A_{n''}$ に増加したる時出鋼噸當電熱費の β に依て生ずる利益 E_p は次の如くである。

$$E_p = \frac{\delta}{A_{u''}} (K + \sum_1^{u''} \beta P) - \frac{\delta}{A_u} (K + \sum_1^u \beta P) \dots (8)$$

β の價が晝間と深夜間とにて異なる場合深夜操業の經濟的價値を考慮する事は大切なる事である。

今

P = 出鋼噸當電力使用量 β_a = 晝間電力料金
 β_u = 深夜間電力料金 L = 晝間出鋼噸當工賃
 α = 夜勤手當率(晝間を 1 とす) γ = 夜勤能率(晝間を 1 とす) Φ = 夜間電燈料金 Ψ = 其他深夜作業に依る費用の増加

として晝間と深夜間とを比較すれば

$$\text{晝間作業} = \beta_a P + L$$

$$\text{深夜作業} = \beta_u P + \frac{L(1+\alpha)}{\gamma} + \Phi + \Psi$$

故に次の不等式が成立する場合に於ては深夜作業をなしても有利である。

$$\beta_u P + \frac{L(1+\alpha)}{\gamma} + \Phi + \Psi < \beta_a P + L \dots (9)$$

此の場合 β_u と β_a との関係は次の如くである。

$$\beta_u < \beta_a - \left\{ \frac{L(1+\alpha-\gamma)}{\gamma} + \Phi + \Psi \right\} \div P \dots (10)$$

次に出鋼噸當電力消費量 P の減少を計る爲めには、電氣爐に供給される電力が如何なる方面に分配消費されてゐるかを知る事が大切である、今之を分類して考ると大體次の如くである。

i. 送電路中に於ける損失 ii. 爐内に於ける熱の損失 iii. 有效熱量

i の送電線中に於ける損失は主として次の 2 種類である。

$$P_1 = P_1 + P_2 \dots \dots \dots (11)$$

P_1 = 變壓器損失 P_2 = 送電線、電纜、電極及電極把持器に於ける損失

變壓器損失 P_1 は鐵損及び銅損で此等損失の測定は熱測定法と電氣測定法とがある、此の損失は普通全負荷状態に於て 2-4% 位である。著者の

測定法結果は次の如くである。

フィアート式電氣爐 (640K.W.3 相變壓器) 3.60
 % エルー式電氣爐 (200K.W.×3. 單相變壓器)
 2.08%

P_2 は導線電極並に其の接觸部に於けるオーム抵抗と回路附近の鐵片のヒステリシス及フュー電流に依る損失である。導線の長さ及其の斷面積並に回路の性質などに依て異なるも普通 4-7% 位である、著者の測定結果は次の如くである。

フィアート式電氣爐 6.13%

エルー式電氣爐 5.34%

ii. の爐内に於ける熱の損失は更に次の如く分類する事が出来る。

- (1) 大修理後耐火爐材の乾燥及爐體の豫熱に使用さるゝ熱量、
- (2) 間歇操業をなす場合又は故障等の爲めに作業を休止したる場合爐體電極等の加熱に使用さるゝ熱量、
- (3) 爐體電極等よりの輻射及空氣の對流に依て放散さるゝ熱量、
- (4) 冷却装置を通じて搬出さるゝ熱量、
- (5) 電極及扉の間隙又は扉の開閉に依り逸散する空氣瓦斯及微粉物體の熱量、
- (6) 鑄型の間合はざる場合又は送電中一部に故障を生じ暫時停電する場合に損失する熱量

(1) の修理後の乾燥及豫熱に使用さるゝ熱量は全部電力に依て供給さるゝ事は少なく除々に乾燥する必要上はじめは薪木炭及骸炭などを使用し後電熱と併用する場合が多い、前者は燃料の項に入るべきもので、後者に依て使用さるゝ全電力を P_m K.W.H. とし、此の耐火材の命數を n 回とし装入量を毎回夫々 $A_1 A_2 \dots$ 噸とし其の平均歩留を δ

とすれば、出鋼時當割掛電力 P_3 は次の式にて表はされる。

$$P_3 = \frac{P_m}{\delta \sum_{i=1}^n A} \dots \dots \dots (12)$$

著者の實驗に依れば此の大修理後に於ける乾燥豫熱に使用さるゝ電力は第 6 表の如くである。

第 6 表

No.	全電力 (P _m)	命數 (n)	全装入量 (ΣA)	歩留 (δ)	出鋼時當割掛電力 (P ₃)
1	1,100	125	216	96.1	5.3
2	1,170	131	232	95.8	5.3
3	1,230	144	248	96.0	5.2
4	1,400	148	259	95.6	5.6
5	1,730	142	284	94.8	6.4
平均	1,325	138	243	95.7	5.6
6	890	531	1,072	95.6	0.87

1-5、鹽基性の場合 6、酸性の場合

上表にて明らかなるが如く修理後に於ける乾燥及豫熱は爐材の命數に多大の影響を及ぼすものであるから出來得るかぎり完全に行ふ事は經濟的作業をなす上に極めて必要なる事である、酸性電爐に於ては鹽基性に比し所要電力少なきのみならず爐體命數著しく長きは注意すべき事である。

(2) の休止爐の加熱に使用さるゝ熱量は、晝間或は夜間のみの作業をなす場合又は設備の故障、受註の状態或は鑄造工場との關係上止むなく休止する場合、日曜、祭日、年末、年始、休業等に依る作業休止の場合、再び作業時に於ける平衡状態にまで加熱するに必要な熱量である、爐體電極等に於て作業中平衡状態を保てゐた熱量は休止時間の経過するに従ひ漸次外界に放散さるゝ故再び元の平衡状態に恢復せしむるには休止時間中に放散されたるものと同量の熱量を必要とする、今休止時間の経過に従ひ各部が互に平衡を保ちつゝ平均温度 T_1 より T_2 に冷却したる場合再び加熱に

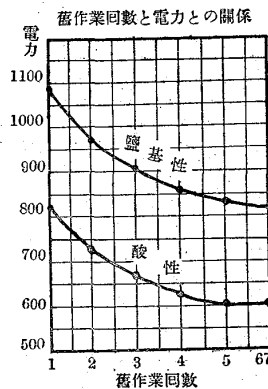
消費さるゝ電力 P_4 は次の式にて示される。

$$P_4 = sQ(T_1 - T_2) \dots \dots \dots (13)$$

s = 爐體耐火材料の平均比熱の電氣當量

Q = 總重量

第 2 表



即ち sQT_1 は作業中の蓄熱量にして sQT_2 は温度 T_2 に降りたる場合に於ける蓄熱量を示すものである、今 1 日作業回数の相違に依る出鋼時當電力使用量が如何に影響さるかを示せば第 7 表 a

及 b 及第 2 圖の如くである。

第 7 表 a 鹽基性

1 日作業回数	出鋼時當使用電力量(K.W.H.)					連続作業 6-7 回目	平均時當電力量 (K.W.H.)
	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目		
1	1,086						1,086
2	995	949					972
3	934	896	872				901
4	859	860	829	834			853
5	858	834	818	826	821		831
連續(6)	822	816	808	825	817	820	818

第 7 表 b 酸性

1	820						820
2	752	693					723
3	701	672	635				673
4	663	638	629	615			636
5	624	623	608	615	596		615
6	621	615	583	603	593	609	605
連續(7)	610	602	604	596	598	611	604

表中 a は鹽基性の場合 b は酸性の場合である。何れの場合に於ても 2 時装入の場合にて休止時間の長き程電力消費量著しく増加するを見る事が出来る。

(3) の輻射對流に依る損失は熱の損失中に於て最も大なるもので、爐體の表面積外氣との温度差及作業時間に重大なる關係を有するものである、作業中に於ける爐體の表面温度は場所に依て異なる

のみならずスクラップ装入時、熔解時及精鍊時に於ては同一面の温度も亦異なる故正確なる測定は中中困難である、計算に便利なる爲爐體表面各部が等温平衡の状態に在ると見做す時は損失熱量 P_0 は Wamslei の與へた次の式で計算する事が出来る。

$$P_0 = AZK(T_1 - T_2) \dots \dots \dots (14)$$

A=表面積 Z=時間 T_1 =表面温度 T_2 =空氣温度
K=表面金屬の種類及 $(T_1 - T_2)$ に依て異なる常数

尙此の研究に關しては Schach 及 Rummel²⁾、Keil 及 Hess³⁾、Hering⁴⁾、川崎舍氏⁵⁾ 及 荒木氏⁶⁾ 等がある。

天井の煉瓦部に於ける熱の損失については充分に研究されてゐないが、此の部に於ては煉瓦の表面と空氣との温度差最も大にて、熱の損失亦最も大なる所である。通常此の測定は Stefou の法則に従ひ次の式が用ひられてゐる。

$$P_0 = AZ \frac{\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}} \dots \dots \dots (15)$$

P_0 =天井煉瓦部よりの放散熱量 T_1 =表面の絶對温度 T_2 =空氣の絶對温度 C_1 =煉瓦表面の熱傳導常数 C_2 =空氣の熱傳導常数 C_3 =絶對電體の熱傳導常数

輻射に依る熱の損失は何れの式に於ても爐體天井等の表面積時間及外氣との温度差に比例する故、此の損失を少なからしむる爲には次の條件が必要である。

- i. 炉體天井の表面積を減ずる事
- ii. 作業時間を短縮する事
- iii. 外氣との温度差を減少せしむる事

i. は爐の設計に依るもので爐は成可く球狀に近きを可とし長方形のものは不利益である、Hering は球體或は正立方體及同筒體側面を單位時間

に通過する熱量 H を計算するに次に式を與へてゐる。

$$\text{球體或は正立方體 } H = Kt \sqrt{\frac{sS}{I}} \dots \dots (16)$$

$$\text{圓筒體 } H = \frac{Kt}{I} \frac{S-s}{2.303(\log S - \log s)} \dots \dots (17)$$

s=爐の内面積 S=爐の表面積 t=内外温度の差
k=耐火爐材の熱傳導率 I=壁の厚さ

圓筒體の兩端面は球體又は正立方體の一部と考へて計算すれば宜しい。

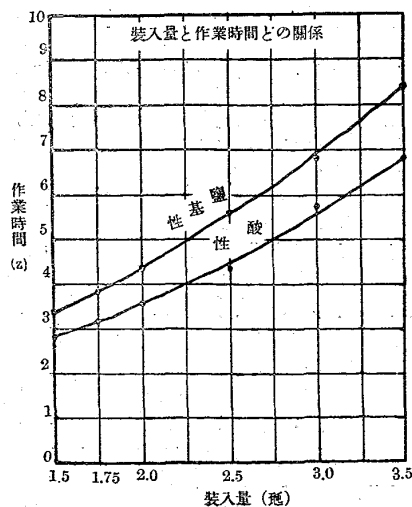
ii. の作業時間の短縮を計る事は獨り輻射對流に依る熱の損失を減少せしむるのみならず他の浪費熱量を低下し更に生産高を増加する利益がある、連續作業をなす場合作業時間 Z は次の式にて表はす事が出来る。

$$Z = z_1 + z_2 + z_3 \dots \dots \dots (18)$$

z_1 =出鋼後爐床修理及電極降下時間
 z_2 =原料装入時間 z_3 =送電時間

z_1 は耐火材の良否鋼滓の状態などに依て異なるも爐材の選擇並に鋼滓の状態に注意すれば比較的短

第 3 圖

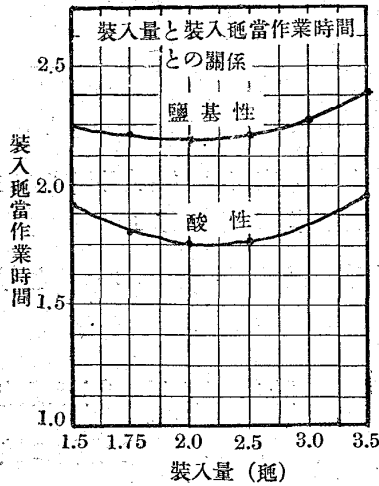


時間に終了するものにて時に此の修理の必要なき場合あり、殊に酸性に於ては修理をなす事殆ど稀である、斯る場合は單に電極降下時間のみである

z_2 及 z_3 は装入原料の種類作業の巧拙等に依て異なるものにして近來變壓機容量を増加し、或は熔

解時と精鍊時に於ける電壓を變化して高壓送電に依る急速熔解法の有利なるを認めらるゝに到た、

第 4 圖



装入時間の短縮を

計るには、装入原料を選択する事が第一要件であるが又一方種々の装入装置が考案されてゐる、著者は連続操業をなす場合 Z_1 Z_2 及 Z_3 を測定して第 8 表 a 及 b

の如き結果を得てゐる、第 3 圖及第 4 圖は之を曲線にて示したもにして第 4 圖に於ては經濟的装入を知る事が出来る。

第 8 表 a 鹽基性

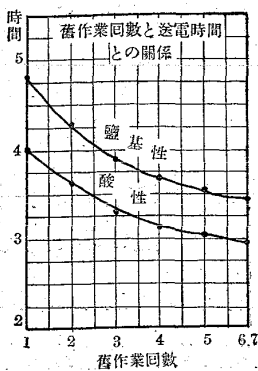
No.	装入量(kg)	Z_1	Z_2	Z_3	Z	Z/噸
1	1,500	13	9	3:00	3:22	2:24
2	1,750	15	11	3:27	3:53	2:22
3	2,000	16	13	3:54	4:23	2:19
4	2,500	20	15*	4:57	5:32	2:21
5	3,000	25	16	6:06	6:47	2:26
6	3,500	30	16	7:46	8:22	2:39

第 8 表 b 酸性

No.	装入量(kg)	Z_1	Z_2	Z_3	Z	Z/噸
1	1,500	6	7	2:40	2:53	1:92
2	1,750	6	8	2:56	3:10	1:80
3	2,000	6	10	3:17	3:33	1:77
4	2,500	8	13*	4:05	4:26	1:77
5	3,000	15	15	5:15	5:45	1:92
6	3,500	20	15	6:13	6:48	1:94

* 以下は送電中途の装入をなす

第 5 圖



尙送電時間 Z_3 は 1 日作業回数に著しく影響するゝもにして 2 噸装入の場合に於ける此等の關係は第 9 表 a, b 及第 5 圖に示すが如くである。

第 9 表 a 鹽基性

1 日作業回数	送電時間						1 日平均
	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	連續作業 6-7回目	
1	4:50						4:50
2	4:26	4:06					4:16
3	3:58	3:52	3:45				3:52
4	3:49	3:41	3:33	3:35			3:40
5	3:41	3:35	3:28	3:30	3:30		3:33
連續	3:30	3:27	3:26	3:30	3:25	3:26	3:27

第 9 表 b 酸性

1	4:00						4:00
2	3:45	3:28					3:37
3	3:30	3:19	3:08				3:16
4	3:15	3:10	3:06	3:05			3:07
5	3:08	3:03	2:59	3:00	2:58		3:02
6	3:00	3:00	2:54	2:52	2:57	2:59	3:57
連續	3:00	2:56	2:57	2:50	2:51	3:00	2:56

但平均装入 1,750kg の場合

iii の外氣との温度差を減少せしむる事は即ち爐壁及天井煉瓦の表面温度を低下せしむる事で之が爲には、爐壁を通過する熱量を少なからしむる事が必要である。(16) 及 (17) 式にて明らかなるが如く爐壁を通過する熱量は耐火爐材の傳導率 K に比例し爐壁の厚さ I に反比例する、マグネシアは珪石より熱の傳導大いなる故鹽基性電爐に於ても爐床及電極に近い部分だけがマグネシア煉瓦又は此のスタンプが行はれ他は主として珪石煉瓦よりなつてゐる。著者の經驗に依れば鹽基性小型電爐に於ては爐壁の外半は珪石煉瓦を使用し内半をマグネシアスタンプとするが最も有利である、即ち大修理の場合スタンプの残部を其儘使用する事が出来るのみならず煉瓦の如くスポーリングを起す恐がない。尙煉瓦と外部鐵板との間に熱傳導率低き石綿又は石炭殻などを充填して空隙を作る事を考慮すべき事である。

次に爐壁の厚さを増す事も表面温度を降下せしむるものであるが、爐壁の蓄熱量を増すのみならず輻射面を増大せしむる故斷續作業の場合など却て不利益である、著者は此の爐壁の厚さを 375

mm乃至400mmとし230乃至250mmに熔損したる時始めて大修理を行ふ様にしてゐる、實際に當ては壁の厚さは或一定の所まで熔損するもさまで影響しないが、此の限度を超ゆる時は急劇に電力消費量を増加するものである。

此の輻射對流に依る熱の損失については爐壁よりもむしろ天井煉瓦に重大なる關係を有するもので此の煉瓦積は殊に入念に施行する事が必要である、獨逸鐵冶金協會⁷⁾の報告に依れば次の如くである。

	新らしき爐壁及天井	熔損せる爐壁及天井
5 噸爐	90K.W.	150K.W.
6 噸爐	100	170
7 噸爐	120	190

尙作業中扉の開閉に依る輻射熱は相當大なるもので次の式にて示す事が出来る。

$$P_7 = AZH \dots \dots \dots (19)$$

P_7 = 開扉に依り失はるゝ熱量 A = 平均開扉面積
 Z = 開扉全時間 H = 單位時間に單位面積より放射する熱量

H は熔解中と精鍊中とに於て異り開扉面毎平方米につき熔解中にて約450K.W. 精鍊中に於て約800K.W.の電力に相當してゐる、此の損失を減少せしむるには開扉面及び開扉度數を減少する外なく、扉の面積は爐の設計に屬し爐の大いさスクラップの種類及裝入方法などに依り異り最底必要限度に止むべきである、開扉度數は裝入スクラップの選定に依り或程度まで之を減少する事が出来る。

(4)の冷却装置を通じて搬出する、熱量 P_8 は次の式にて示す事が出来る。

$$P_8 = (Q_1 + Q_2)(T_1 - T_2) \dots \dots \dots (2)$$

Q_1 = 作業中の給水量 Q_2 = 休止中の給水量
 T_1 = 排水温度 T_2 = 給水温度

著者は 1½噸フィヤール式電氣爐に於て1日2回

3回、4回、5回及連續作業をなす場合冷却に依て失はるゝ、熱量を測定して第10表の如き結果を得てゐる。

第 10 表

1日作業回数	出鋼量 (噸)	作業中 Q_1 (噸)	休止中 Q_2 (噸)	給水總量 $Q_1 + Q_2$ (噸)	總熱量 P_8 (cal)	電氣量 $P_8 \div 860$ (K.W.H.)	出鋼噸當 (K.W.H.)
1	1,700	21.2	21.9	43.1	206500	240	141
2	3,400	38.0	19.1	57.1	285500	332	98
3	5,100	52.0	16.2	68.2	341000	397	78
4	6,800	66.5	12.2	78.7	393500	458	67
5	8,500	80.0	8.0	88.0	440000	512	60
連續(6)	10,200	96.0	—	96.0	480000	558	55

但給水温度と排水温度との差は5°Cとす。

此の冷却装置は獨り熱の不經濟となるのみならず取替修繕などにも相當費用を要し、又作業中漏水の恐ある故に出来るだけ少なくし更に取替に便利な様に設計する事が大切で電極把持器などには之を廢止する事が出来る、獨逸鐵冶金協會⁷⁾の報告に依れば冷却水に依る熱損失は5噸爐にて35K.W. 7噸爐にて60K.W.の電力に相當するもので熔解中に於て4% 精鍊中に於ては7%の電力に相當するものである。

(5)の電極及扉の間隙又は扉の開閉に依り逸散する空氣瓦斯及微粉物體の熱量は爐の設計原料の種類操業方法などに依りて異り此の測定は困難である、フィヤール電氣爐の如く電極周圍を完全に密閉したる爐に於ては比較的僅少である、天井の煉瓦積不完全なる爲或は斷續作業に依り煉瓦に多少の間隙を生じ爐内の高温瓦斯が此の部を通りて逸散するが如き場合に於ては單に熱量損失を増加せしむるのみならず此の部に於ける煉瓦の熔損を増加し従て天井の生命を短縮するに到るものである、電極の周圍より高温瓦斯又は空氣が逸散する場合には此の部の電極を局部的に酸化せしめ、電極消費量を増加せしむる恐ある故に普通冷却装置に依り成可く間隙を少なからしめ熱の浪費を減少

せしむると同時に電極消費量を低下せしむる様種々の設計が行はれてゐる、扉の間隙又は此の開閉により流出する熱量も亦大なるもので殊に溶解時に於ては爐内の化學反應に依り發生する瓦斯の量多き故如何なる方法を講ずるも電極の周圍或は扉の間隙より多量の瓦斯が散逸するものである、斯る場合には電極の周圍よりむしろ扉の間隙を通じて瓦斯を放出せしむる様考慮すべきである。斯る瓦斯空氣又は微粉物體の流出に依つて失はるゝ熱量 P_9 は次の式にて示す事が出来る。

$$P_9 = P_m + P_R \dots \dots \dots (21)$$

P_m = 溶解時に於ける損失熱量 P_R = 精鍊時 "

2-5 吨位の小型電爐に於ては P_m は全電力の 3-5% にして P_R は 5-7% 位が普通である。

(6) の鑄型の間には合はざる場合又は送電中一部故障を生じ暫時停電する場合に損失する熱量は現場技術者の注意に依り或程度之を減少せしむるを得るものである、例へば送電のはじめに於て必ず鑄込豫定に在る鑄型の點檢をなし整形完了と出鋼との間に充分の餘猶を有せしむる様工程を立つる事、或は整形複雑にて豫想困難なる場合など豫め整形完了を見窮めて後送電開始をなすが如き事である、今 1½ 吨電爐に於て型待ち時間に依り消

費さるゝ電力は第 11 表の如く時間に正比例するものである。

作業中に起る故障の重なるものは、電極の折損、冷却装置の漏水或はポンプの故障による斷水、送電線或は電極昇降装置の故障、停電等である。何れも之を未然に防ぐ様注意すべきは勿論萬一斯る故障を生じたる場合に於ても直ちに取替又は應急修理の出来る様常に用意して置く事が大切である、停電は電力供給會社に責任あるも溶解時に於けるピーク電流に依る場合も亦少なくない。

iii の有効熱量は更に次の如く分類する事が出来る。

(1) 原料及媒熔劑等を適度の溫度まで加熱する熱量及熔融潛熱、

(2) 爐内に起る化學反應に必要な補充熱量

(1) の装入物の加熱及熔融潛熱は鋼種、媒熔劑の割合及其の溫度に依りて異なるも次く如く表はす事が出来る。

$$P_{10} = \frac{s(T_1 + T_2)A}{860} \dots \dots \dots (22)$$

P_{10} = 熔鋼の有する熱量の電氣當量 (K.W.H.)
 s = 平均比熱 (熔融潛熱をも含む) T_1 = 出鋼溫度°C
 T_2 = 装入溫度°C A = 出鋼量(kg)

(22) 式は熔鋼の場合なれども 媒熔劑の場合も同様に取扱ふ事が出来る。Keil 及 Hess 氏は Cr-Si 發條鋼製造に於ては原料及鋼滓の熱量を測定して第 12 表の如き結果を發表してゐる。

此表に依て熔鋼及鋼滓の平均比熱を計算すれば第 13 表の如くである。

第 11 表

型待 4 時 内	消費電力	型待 4 時 間	消費電力
5 分	30K.W.H.	30 分	180K.W.H.
10 "	60 "	1 時間	360 "
20 "	120 "	1 時間30分	540 "

但装入量 1700kg

ある、今 1½ 吨電爐に於て型待ち時間に依り消

第 12 表

種類	總計	Fe	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ca	Mg	Al	Cu	O ₂	溫度	熱量cal
Cr-Si 發條鋼	5752.00	5538.56	31.06	32.79	94.48	1.73	1.15	51.19	—	—	—	0.04	—	1,610°C	1,818,915
鋼 滓	No.1 194.60	12.06	—	10.00	25.08	0.58	0.21	0.23	56.90	17.56	0.66	—	70.79	1,590°C	110,144
"	No.2 330.50	30.17	—	13.05	32.22	0.73	0.43	0.30	111.60	26.75	1.07	—	113.29	1,675°C	194,334
"	No.3 461.90	6.93	—	1.76	48.96	0.14	1.25	0.09	202.61	33.09	2.80	—	162.70	1,615°C	266,516

第 13 表

種類	温度範圍	平均比熱
熔鋼	0°C—1,610°C	0.196
鋼滓 No.1	0°C—1,590°C	0.356
” No.2	0°C—1,675°C	0.348
” No.3	0°C—1,615°C	0.357

今鋼種に依る平均比熱の差異を度外視し装入原料の温度を15°Cとし出鋼温度が1,610°C

なる場合出鋼吨當必要電力量は第(22)式に依り次の如く計算する事が出来る。

$$\frac{0.146 \times (1,610 - 15) \times 1,000}{860} = 364 \text{ (K.W.H.)}$$

2 鋼滓法に依て作業する場合第1 鋼滓の温度を1,590°C 第2 鋼滓の温度を1,630°C とし此の平均比熱を何れも 0.355 とする時今出鋼吨當に對する此等鋼滓の量を著者の測定に依り夫々 5.2% 及 2.8% とする時には鋼滓加熱に必要な電力は次の如くである。

$$\text{鋼滓 No.1} = \frac{0.355(1,590 - 15) \times 52}{860} = 34 \text{ (K.W.H.)}$$

$$\text{鋼滓 No.2} = \frac{0.355(1,630 - 15) \times 28}{860} = 19 \text{ (K.W.H.)}$$

即ち原料及媒熔劑加熱に必要な總熱量は 417 K.W.H. に相當するものである。

(2) の爐内化學反應に必要な補充熱量の計算は非常に困難なるもので爐内にては種々の發熱反應(酸化)及吸熱反應(還元)が同時に起り精密なる計算は出來難いが反應の種類及其の反應に關係する物質及此の質量を知れば計算に依て見出す事が出来る、斯くして此の化學反應に必要な熱量は次の式にて示す事が出来る。

$$P_{11} = \frac{P_x - P_r}{860A} \dots \dots \dots (23)$$

P_{11} = 出鋼吨當反應熱の電氣當量 P_x = 吸熱反應總熱量 P_r = 發熱反應總熱量 A = 出鋼量(吨)

今酸化鋼滓中にて起る重なる化學反應は炭素滿

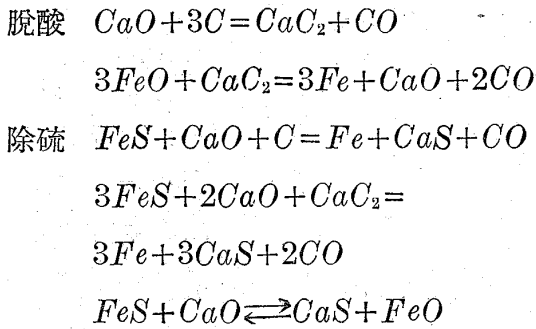
第 14 表

(1)	(2)	反應熱		(5)	(6)	(7)	(8)
反應物質	化合物	1kgの物質につき(3)	1kgの物質につき(4)	反應物質重量	發熱總量	所要酸素量	研究者
C	CO	2416	1812.1	2.0	4832	2.67	Thomson
Mn	MnO	1658	5675	4.0	6632	1.17	Le Chatelier
Si	SiO ₂	6496	5766	2.5	16240	2.83	Berthelot
P	P ₂ O ₅	6014	4624	0.2	1203	2.58	Thomson
Fe	Fe ₂ O ₃	1800	2400	9.25 (酸素)	(+)28907 (-)38350	合計 9.25	LeChatelier

俺珪素磷を中心にしたる酸化反應にて之に必要な酸素は鑛石の還元より來るとする場合には此の酸化鋼滓中に起る反應熱は第 14 表に示すが如くである。

第 14 表中 3 は 1 に掲げた物質の各 1kg が所要酸素と反應して 2 に示す化合物を作る際發生する熱量を表はし 4 は酸素 1kg が 1 に掲げた物質の所要量と反應して 2 に示す化合物を造る場合に發生する、熱量を示すものである、5 は電氣爐内にて出鋼吨當に對して實際反應に與る重量を示し 6 は之に依る發熱量を計算したるものにて 7 は此の反應を起さしむるに必要な酸素の量を示すものである、8 は此の反應熱の研究者を示すものである、爐内に於て酸化反應の爲發生する總熱量は 28,907cal にして同時に酸素 9.25kgs が必要である、此の酸素が全部鑛石より來ると見做せば $2Fe_2O_3 \rightarrow 4Fe + 3O_2$ の如き還元が行はれ酸化する場合に發生する熱量と同量の熱量が必要である、此の反應に依て酸素 9.25kgs を發生せしむるに必要な熱量は 38,850cal である、結局上記の反應のみより見る時には酸化鋼滓中にて化學反應の爲に要する熱量は $38,850 - 28,907 = 9,943cal$ にして約 11.5K.W.H. の電力に相當する。

第 2 鋼滓即ち還元鋼滓中にて起る重なる化學反應は脫酸及除硫にして次の如き反應が行はれる



上記脱酸及除硫反應を速進せしむる爲珪素鐵粉末を使用する、此の場合 $Si+2FeO=2Fe+SiO_2$ の如き反應が行はれ、脱酸が行はれると同時に前記の逆反應は左に進み除硫作用は速進する、又還元用として加へられたる骸炭粉の一部は $2C+O=2CO$ に燃焼する。

今簡単に脱酸は $FeO+C=Fe+CO$ なる反應に依て行はれると假定し FeO 中の酸素 1kg が還元する、場合の反應熱は

FeO の反應熱 = 4,725cal
 CO の反應熱 = 1,812'

故に此の反應に依る必要熱量は兩反應熱の差 2913cal 即ち約 3.4K.W.H. の電力に相當する、上記反應の炭素 1kg の相當量は 3,884cal にて 4.5K.W.H. の電力に相當する、カーバイドの生成に對する吸熱反應は Thompson⁸⁾ 氏の研究に依り、

$CaO+3C\rightleftharpoons CaC_2+CO-121,000cal$
 にて即ち 1kg のカーバイド生成には 1,890cal を要し 2.2K.W.H. の電力に相當する、還元鋼滓の量に對して 2.8% とし其中カーバイドの含有量を 8% とする時には出鋼時當鋼滓中のカーバイドの量は $28.0 \times 0.08 = 2.24(kg)$ にして之が生成に要する電力は約 5K.W.H. である。

前述の如く還元鋼滓中に於ける化學反應は炭素が主體になつて行はれ普通出鋼時當 6kg 位の炭

素を骸炭粉の形にて加へる、此の内約 50% は爐内にて直接燃焼して CO となる故に其の際發生する熱量は 7,248cal にて 8.4K.W.H. の電力に相當する。

茲に除硫反應が主として $FeS+CaO+C=Fe+CaS+CO$ なる反應に依て行はると假定する時には此の反應に必要な熱量を計算すれば $\{24.0(FeS)+145.0(CaO)\} - \{90.8(CaS)+29.4(CO)\} = 48.8cal$ である、炭素 1kg に對する反應熱は 4,067cal である、今還元期中に於ける炭素を中心としたる反應熱を示せば第 15 表の如くである。

第 15 表

炭素使用量 kg	化學反應	熱量
3.00	$2C+O_2=2CO$	+ 7,248cal
0.08	$FeS+CaO+C=Fe+CaS+CO$	- 325 "
0.88	$CaO+3C=CaC_2+CO$	- 2,957 "
2.01	$FeO+C=Fe+CO$	- 7,807 "
0.03	鋼滓中に残る	-
合計 6.00		- 3,841 "

即ち約 4.5K.W.H. の電力に相當する熱量が必要である。尙此の反應の速進劑として 75% 珪素鐵粉末約 2kg を使用する場合には $2FeO+Si=SiO_2+2Fe$ なる反應に依り 1,730cal の發熱あり、結局 6kg の骸炭粉と 2kg の珪素鐵粉末を使用しして精鍊を行ひたる場合には上記反應を基礎として計算する場合には 2,111cal の熱量或は約 2.5K.W.H. の電力が必要である。

實際作業に於ては爐内に於ける化學反應は裝入原料中の油又は他の炭素質の燃焼、電極炭素の燃焼及び加炭用無煙炭の燃焼等に依り上記反應以外の種々の反應が行はれ、熱量の計算は非常に困難である。

今裝入原料中に混合する炭素分 0.3kg 電極消費量を時當 4kg 加炭時に於ける無煙炭の燃失量 2

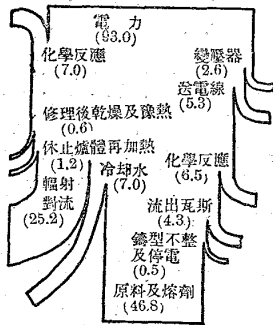
kg とする時には此等炭素質が總て CO に燃焼したる場合發熱量は約 1,5400cal にして 18 K.W.H. の電力に相當す。

全化學反應を通じて熱の出入は次の如し。

	發熱	吸熱
第 1 鋼 滓 (酸化)	28,907cal	38,850cal
第 2 鋼 滓 (還元)	8,978"	11,089"
原料に混合する炭素電極及無煙炭等の燃焼に依り	15,400"	—
合 計	53,285" (62K.W.H.)	49,939" (50K.W.H.)
差 引	3,346" (4K.W.H.)	

第 6 圖

電氣製鋼爐熱分配



以上電氣爐に供給された電力の分配を總括すれば、第 16 表及第 6 圖の如くである。

第 16 表

種 目	電力(K.W.H.)	%
電 力	828.3	93.0
化學反應	62.0	7.0
合 計	890.3	100.0
送電路中 損 失	變 壓 器 送 電 線 電 極	2.6 5.3
爐内損失	修理後乾燥豫熱	0.6
	休止爐體再加熱	1.2
	輻射對流	25.2
	冷却水	7.0
	流出瓦斯	4.3
鑄型不整 及停電	0.5	
有效熱量	原料煤熔劑 化學反應	46.8 6.5
合 計	890.3	100.0

4. 電極費 電氣製鋼作業に於いて電極消費量は製鋼費に大いなる影響を及ぼすもので、之は爐の設計電極の大きさ及其の品質の選擇、装入原料の良否、間歇作業と連續作業並に作業の巧拙などに依て異なるものである、作業が順調に行はれてゐ

る場合には電極消費量は電力消費量に比例する故に電極費は次の式で表はす事が出来る。

$$D = \beta(kP + \alpha) \dots\dots\dots (24)$$

D = 出鋼噸當電極費 β = 電極 1kg 單價 K = 常數
P = 出鋼噸當電力消費量 α = 間歇作業に依る割掛消費量

α の價は間歇度數に依て異なるもので 1½ 噸フヤート式電氣爐並にエルー式電氣爐に於ける試験結果は第 17 表の如くである。

第 17 表

番號	試験回数	平均出鋼噸數	爐體に依る平均消費量	α = α'n' / nT	出鋼噸當電極消費量 (kP+α)	P	k
1	126	1,700	10	1.03	0.048	930	3.40 × 10 ⁻³
2	138	1,740	7	2.12	0.062	924	4.83 × 10 ⁻³

- 1 はフヤート式電氣爐に日本カーボン製 EG₁ 電極使用の場合(電極の直徑 6")
- 2 はエルー式電氣爐に日本カーボン製 EO₁ 電極使用の場合(電極の直徑 7")

出鋼噸當電力消費量と電極消費量との關係を測定し k の價を計算すれば第 18 表 A 及 B の如くである。

第 18 表 A

熔解回数	出鋼噸當平均使用電力 (P)	出鋼噸當電極消費量 (kP)	k
8	796	276	3.47 × 10 ⁻³
16	837	291	3.48 × 10 ⁻³
20	886	295	3.33 × 10 ⁻³
13	912	310	3.40 × 10 ⁻³
14	982	332	3.39 × 10 ⁻³
5	1,048	350	3.34 × 10 ⁻³
2	1,090	375	3.43 × 10 ⁻³

第 18 表 B

15	785	406	5.18 × 10 ⁻³
18	852	417	4.89 × 10 ⁻³
13	893	421	4.51 × 10 ⁻³
12	920	446	4.85 × 10 ⁻³
28	963	459	4.76 × 10 ⁻³
1	1,021	521	5.10 × 10 ⁻³
1	1,120	577	5.15 × 10 ⁻³

第 18 表 A はフヤート式電氣爐 B はエルー式電氣爐に於ける試験結果である、何れも電極の折損による消費量は計算に入れざる場合である、即

ち k の値は P の如何によつて多少の差はあるが大體常數と見做す事が出来る。

電極の大きさを決定する場合には出來得るかぎり熱の損失を少なからしむる様な寸法にて同時に標準型として市場に販賣されてゐるものを選定すべきである。Hering⁹⁾氏は此の斷面積の決定に於て爐内よりの傳導熱が電流に依り發生する熱量の半分に等しき時熱の損失は最少なりとして次の式を提出してゐる。

$$S = \frac{CL\sqrt{\gamma}}{\sqrt{2KT}} \dots\dots\dots (25)$$

S=斷面積 C=電流 L=電極の長さ T=電極
 兩端の溫度差 γ =電極の比抵抗 K=電傳導度

此の式に於ては電極の側面よりの放熱の考慮なき爲、川崎舎氏¹⁰⁾は更に此の式を補正してゐる。電極は其の大きさと同時に材質の選擇が大切である。今 2 種の電極を比較する場合其の單價を夫々 a 圓、b 圓とし出鋼噸當使用量を夫々 E_1 及 $E_2 kg$ とすれば出鋼噸當電極費は $aE_1 \leq bE_2$ にて比較する事が出来る。

電極の品質は其の酸化消耗に及ぼす影響最も大にして殊に間渴作業をなす場合には其の影響大である、作業中に於ける酸化を防ぐ爲めに電極經濟裝置が種々設計されてゐる、フィヤート式電氣製鋼爐に於ては此の經濟裝置が最も完全に設計され電極の周圍は全く外氣と絶縁されてゐる。此のフィヤート電氣爐に 6" アチソン電極及内地製電極(日本カーホジ EG₁)を使用し比較試験を行ひたる結果は第 19 表の如くである。

第 19 表

種 類	熔解回数	總出鋼量 (噸)	電極消費量		折損量 C (kg)	消費總量 A+B+C (kg)	出鋼噸當電極消費量 (kg)
			A(kg)	B(kg)			
アチソン電極	143	246.3	715.0	67.0	33.0	815.0	3.3
内地電極	126	214.2	630.0	57.6	41.0	728.6	3.4

A=完全電極消費量 B=折損電極を機械仕上して再び使用せし量 C=折損電極にて再び使用不可能なる量

電極折損の重なる原因は電極自身の機械的性質に依るは勿論であるが尙ニ、プル接續の不注意、或は接續不良裝入原料の種類、裝入方法及裝入不注意或は電極調整の不調などに依るものである。

最近數ヶ年の大阪市場に於ける電極噸當單價は第 20 表に示すが如くである。

第 20 表

年 次	内地製 上級品	内地製 下級品	アチソン 黒鉛電極 円
昭和 2 年	—	—	1.40
3 年	円—	円—	1.25
4 年	.83	.55	1.11
5 年	.78	.47	1.11
6 年	.74	.35	.97
7 年 2 月	.71	.33	—

5. 耐火材費 電氣爐にて經濟的作業を行はんとするには作業が順調に而かも速かに進行する様に注意すべきで、耐火材料の如何は生産費の上に重大なる關係を有するものである、作業中耐火材料が崩壞又は熔滅して鋼滓中に入る時には作業を困難ならしめ時間を延長し電力消費量を増加する、之は耐火材の性質に依るが時に作業上の不注意即ち強き弧光に長く曝したり浸蝕作用強き鋼滓に接觸せしめたりする爲めに亦促進さるゝものである、出鋼噸當耐火爐材の消費量は次の式にて表はす事が出来る。

$$R_{10} = \frac{(F_1 + nf) C_1}{T_1} \dots\dots\dots (26)$$

R_{10} = 出鋼噸當耐火爐材費 F = 大修理用耐火爐材消費量 f = 中途小修理用耐火爐材消費量
 n = 中途小修理回数 T_1 = 總出鋼噸數 C_1 = 耐火爐材單價

尙天井珪石煉瓦についても同様次の

式にて示す事が出来る。

$$R_r = \frac{F_2 C_2}{T_2} \dots\dots\dots (27)$$

R_r = 出鋼噸當天井珪石煉瓦費

F_2 = 天井煉瓦重量 C_2 = 天井煉瓦單價 T_2 = 總出鋼噸數

此の耐火爐材の實際使用量を示せば第 21、22 表の如くである。

第 21 表

No.	命數	總出鋼量 (噸)	大修理用耐火材	小修理用耐火材	合計	小修理回数	出鋼噸當耐火材 (kg)
1	125	208	3,200	6,250	9,450	95	45.4
2	131	222	3,500	6,630	10,130	103	45.6
3	144	238	3,420	7,850	11,270	115	47.0
4	148	248	3,380	7,200	10,580	113	42.6
5	142	270	3,630	8,000	11,630	117	43.1
平均	138	237	3,426	7,186	10,612	109	44.8
6	531	1,025	2,320	2,860	6,180	122	6.0

備考 1-5 鹽基性 6 酸性

第 22 表

No.	命數	總出鋼量 T_2 (噸)	天井 1 基分煉瓦代 $(F_2 C_2)$ (円)	出鋼噸當天井煉瓦費 (R_r) (円)
1	131	222	60.00	27
2	144	238	60.00	25
3	148	248	60.00	24
平均	141	236	60.00	25

此の外尙電氣製鋼に使用さるゝ耐火材料としてはマグネシヤ煉瓦及取鍋用として珪石及粘土ストパー煉瓦等がある、取鍋用耐火材の出鋼噸當に對する費用は次の式にて示す事が出来る。

$$R_1 = \frac{ns + nr}{T} \dots \dots \dots (28)$$

R_1 = 出鋼噸當取鍋耐火材料費 n = 出鋼回数
 s = ストパー煉瓦 1 回分の價 r = 珪石スタンプ 1 回分の割掛費 T = 總出鋼噸數

出鋼噸當耐火材料費を示せば第 23 表の如くである。

第 23 表

No.	回数 (n)	總出鋼噸數 T	ストパー煉瓦費用 (s) (円)	珪石スタンプ費 (r) (円)	耐火材費 (噸)
1	75	135	1.80	10	1.06
2	54	98	1.80	14	1.07
3	68	134	1.80	11	0.97
平均	65.7	122.3	1.80	11.7	1.03

取鍋ライニングの生命は耐火材の品質に依るも出鋼温度、鋼滓の状態等に影響さるゝ事大いなる

もので、鋼滓の温度高き場合、螢石の使用多き場合、滿庵含有量多き場合等には浸蝕さるゝ事も亦大である、一度浸蝕されたるライニングと雖も此の上に珪石スタンプをなせば更に繰返し使用する事が出来る故に、獨り耐火材費を低下せしむるのみならず之が乾燥並に加熱に要する燃料を節約する事も出来る。

6. 燃料費 電氣製鋼中に於て使用さるゝ燃料の重なるものは重油、骸炭及松炭等にて其の使用量を $A_1 A_2 \dots$ 噸とし其の單價を夫々 $a_1 a_2 \dots$ 圓とするときは出鋼噸當燃料費 N は次の式で示す事が出来る。

$$N = \frac{\sum a A}{T} \dots \dots \dots (29)$$

T = 出鋼總噸數

此等燃料の大部分は取鍋の乾燥及加熱大修理及其後に於ける爐體の乾燥等に使用さるゝものなり鋼鑄物に使用さるゝ取鍋には底注取鍋即ちストパー取鍋及口注取鍋の 2 種あつて、前者は普通鑄物に使用され後者は滿庵鋼の如きものに使用されてゐる、加熱温度は鋼種、製品の大小に依て異なるも一般に 750°C 乃至 800°C を可とする、今底注取鍋に重油を使用し口注取鍋に骸炭を使用したる場合燃料使用量は第 24 表に示すか如し。

第 24 表

種類	取鍋使用回数	出鋼總噸數	燃料使用量	出鋼噸當使用量	備考
重油	165	292	875 (gal)	3.0 (gal)	底注取鍋
骸炭	82	135	4,940 (kg)	36.7 (kg)	口注取鍋
木炭			454 (kg)	3.36 (kg)	

(取鍋容量いづれも 2 噸)

前記耐火材料及燃料の項目中にて取鍋に關係するものゝみを集め、更に以上の外ストパーロード

修理費工賃其他を加算して出鋼噸當取鍋費用を求むる時は第 25 表に示すが如くである。

第 25 表

種 類	耐火材料費 (円)	燃料費 (円)	工賃其他 (円)	合計 (円)
底注取鍋	1.03	.33	.65	2.01
口注取鍋	.83	1.265	.79	2.885

尙大修理及其後に於ける爐體乾燥等に使用さるゝ骸炭及松炭は出鋼噸當に對し夫々 1.9kg 及 0.4 kg 位に相當するものである。

7. 熔劑費 鹽基性電氣製鋼に於ける熔劑としては酸化鋼滓に於て石灰石或は生石灰、鐵鑛石或はスケール等が用ひられ、還元鋼滓には生石灰、骸炭粉、螢石等が用ひられてゐる、尙鋼滓の状態に應じて珪素鐵粉末、川砂或はマグネシア等が使用されてゐる、此等熔劑は裝入物體の不純物例へば磷硫黃の如きものを取去る爲適當の成分と流動性を有し且つ熔鋼の表面を蔽ひ、爐内瓦斯と熔鋼との接觸を斷ち同時に又熱の放散を防ぐものである、今此等熔劑の使用量を $A_1 A_2 \dots$ 噸とし其の單價を夫々 $a_1 a_2 \dots$ 圓とする時には出鋼噸當熔劑費は次の式にて示す事が出来る。

$$Y = \frac{\sum aA}{T} \dots \dots \dots (30)$$

T = 出鋼噸數

出鋼噸數に對する熔劑使用量は鋼種、原料の種類或は作業の方法に依て多少異なるも大體次の如くである。

鐵鑛石	20—30 kg	骸炭粉	5—7 kg
生石灰	35—45 "	珪素鐵粉末	1—2 "
螢石	5—7 "		

最近數ヶ年間に於ける此等熔劑の市價は第 26 表の如くである。

第 26 表

年 次	鐵鑛石	生石灰	螢石	骸炭粉	珪素鐵粉末
昭和 2 年	24.0	22.00	34.6	4.70	270.0
3 年	24.0	21.00	32.0	4.60	240.0
4 年	18.5	21.00	30.4	4.40	222.0
5 年	12.5	17.00	23.0	4.40	140.0
6 年	11.0	*13.80	18.5	3.20	145.0
7 年 2 月	11.0	*14.00	44.0	3.20	145.0

(噸當單價) *生石灰は昭和 6 年以下自家製とす。

8. 諸材料費 送電系統の修理、冷却装置の修理取替、作業用具及ストッパーロッドの修理補充等に要する費用にて之等は成可く標準化する様常に考慮する場合には之に要する費用を或程度低減せしむるを得るものである。

出鋼噸當諸材料費 M は次の式に依て計算する事が出来る。

$$M = \frac{Q}{T} \dots \dots \dots (31)$$

Q = 諸材料使用高 T = 出鋼總噸數

9. 消耗品費 電氣製鋼作業に於ける重な消耗品としては製鋼用手袋、前掛、シヨベル、掃、マスク用木杵、色硝子、機械油、ウエス電球等にして一般に生産高に従て増加するが出鋼噸當に直す場合には生産高に逆比例する傾向を有するものである、此等消耗品は取扱の注意と節約精神の徹底とに依て非常に大いなる差を生ずるもので現場作業に従事するものは其價額僅少なりと雖も、常に注意すべきものである、出鋼噸當消耗品費 W は次の式に依て計算する事が出来る。

$$W = \frac{Q}{T} \dots \dots \dots (32)$$

Q = 消耗品使用高 T = 出鋼總噸數

10. 動力費 電氣製鋼に於ける動力は電極昇降用電動機、電爐傾注用電動機、取鍋乾燥用送風機及電極自動調整装置等に使用さるゝ動力にして特別に電力計を有する場合には之に依て使用電力を正確に見出す事を得るも他との共通動力線より電力の供給を受ける場合には一般に次の式にて計算される。

$$C = \beta P \frac{mh}{MH} \cdot \frac{1}{T} \dots \dots \dots (33)$$

C = 出鋼噸當動力費 β = 電力料金 P = 使用全電力 M = 動力總計 m = 電氣爐全動力 H = M の平均使用時間 h = m の平均使用時間 T = 出鋼總噸數

11. 工賃 電氣製鋼に於ける工賃は之を直接工賃と間接工賃とに分ける事が出来る、直接工賃とは直接製鋼作業並に取鍋作業に従事する職工に仕拂はるゝ工賃にして即ち原料の秤量、装入、送電、熔解、除滓、精鍊、出鋼及取鍋作業に對する工賃にして間接工賃とは鋼滓の運搬、石灰石の焙焼、旋屑の粉碎等間接作業に對して支拂はるべき工賃である、工賃制度に關しては一般に定備制と請負制とがある、前者は普通作業本位の場合採用され、後者は經濟本位の制度と稱する事が出来る、請負制度は更に時間請負制度、重量請負制度及此等を組合せたる制度が採用されてゐる。

此の外爐體修理に要する工賃を考慮する場合には出鋼噸當工賃 L は次の式にて算出する事が出来る。

$$L = \frac{R}{Tn} + S(1 + \delta) \dots \dots \dots (34)$$

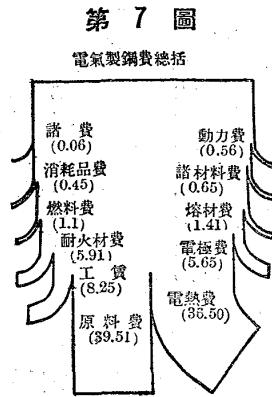
R = 大修理工賃 n = 爐體命數 T = 1 回平均出鋼噸數 S = 出鋼噸當直接工賃 δ = 直接工賃に對する間接工賃の割合

實際作業をなす場合に於ける結果は第 27 表の如くである。

No.	1	2	3	4	5	平均
大修理工賃(R)	62.00	58.00	59.20	52.30	63.20	58.94
爐體命數(n)	125	131	144	148	142	138
總出鋼噸數(nT)	208	222	238	248	270	237
修理工賃割掛(R/nT)	.23	.26	.25	.21	.23	.25
直接工賃(δ)	3.45	3.00	3.30	2.97	2.82	3.11
間接工賃(δs)	.83	.81	.92	.87	.88	.86
出鋼噸當工賃	4.56	4.07	4.47	4.05	3.93	4.22

12. 諸費 以上何れにも屬せざる費用にして例へば帳簿、筆墨、精勤賞或は歩留獎勵規定又は電力節約規定、材料節約などに基く賞與金等にして出鋼噸當りに對しては極めて僅かなのである。

13. 電氣製鋼費總括 原料費より諸費に到る



11 ケ項目を總計すれば取鍋湯代を見出す事が出来る、第 28 表及第 7 圖は之を示すものである。製品噸當湯代としては押湯、湯口、湯張り、湯流れ、取鍋付等費さるゝ重

第 28 表

No.	1	2	3	平均	%
1. 原料費	21.70	20.80	21.52	21.34	39.51
2. 電熱費	19.85	20.13	19.05	19.68	36.50
3. 電極費	2.83	3.08	3.23	3.05	5.65
4. 耐火材費	3.16	3.08	3.34	3.19	5.91
5. 燃料費	.54	.63	.63	.60	1.11
6. 熔劑費	.82	.75	.68	.75	1.40
7. 諸材料費	.21	.46	.37	.35	.65
8. 消耗品費	.20	.19	.34	.24	.45
9. 動力費	.28	.32	.30	.30	.56
10. 工賃	4.36	4.43	4.56	4.45	8.25
11. 諸費	.14	.05	—	.06	.01
總計	54.09	53.92	54.02	54.01	100.00

量を考慮しなければならない。製品の取鍋湯に對する歩留率は製品の種類に依て異なるもので大體鑄放重量にて 40—80% 位の範圍に異なるもので普通 60% 内外である。鑄放製品噸當湯代 K は次の式にて計算される。

$$K = \frac{k}{\delta} - \frac{1-\delta}{\delta} \beta \dots \dots \dots (35)$$

k = 取鍋湯代 δ = 歩留 β = 鋼屑値段

歩留 δ は熔鋼の溫度に關係する事大にして溫度高きに失する時は湯張損失を増加し砂落作業を困難ならしめ、餘りに低き場合には又湯不廻或は取鍋付を増加するもので鑄込溫度は鑄物の大小肉の厚さ等に從て調整すべきものである、押湯、湯口の如何は獨り歩留りに關係あるのみならず製品の良否に重大なる關係を有するものにして鑄物技術者の最も留意研究すべき所である、歩留率 δ の製品の種類並に大いさに於ける關係は第 29 表の如くである。

第 29 表

種類	5kg	50kg	200kg	1,000kg
齒車地類	43	52	63	65
軸承類	45	54	62	64
車軸金物	53	63	65	66
造船金物	52	58	61	63
造機金物類	42	56	62	64
管機金物類	46	48	57	63
電機金物類	45	55	62	65
橋梁材	—	65	73	75

III. 鑄造費

1. 鑄造費概要 茲に鑄造費と稱するものは造型、乾燥、整型鑄込、調砂等に要する費用を總括したものに於て其の費用は製鋼に及ばずと雖も技術的方面より見る時は最も大切なる所である。鑄造費用の主なるものは鑄物砂即ち珪石及粘土、燃料、諸材料、消耗品、電力費及工賃等である。

2. 鑄物砂 (珪石及粘土)費 鋼鑄物製造に於て鑄物砂の影響は獨り製品の良否に關係あるのみならず、生産費の上にも亦重大なる關係を有するもので我國に於ても菊田¹¹⁾、三島¹²⁾、藤田¹³⁾、高橋¹⁴⁾、松塚¹⁵⁾、楠瀬¹⁶⁾氏等の研究發表に依て其の性質に於ける研究は隨分行はれてゐる、尙此の方面に於ける内外の文献集が楠瀬氏の論文末頁に記載されてゐる。

鑄放製品に於て珪石及粘土消費量は鑄造費用に重大なる影響を及ぼすもので、之は製品の形狀大小、古砂使用率及作業の巧拙などに依て異なるものであるが之に要する費用の算出には次の式を用ふると便利である。

$$S = (1 - \delta) F_s \cdot \beta \dots \dots \dots (36)$$

S = 製品に於て珪石及粘土費 δ = 古砂使用率 (製品に於て)
 F_s = 肌砂使用量 (製品に於て)
 β = 珪石及粘土に於ての單價

鋼鑄物製造に使用する珪石は珪岩より人工を加へて作つた銀砂と天然に産出する天然銀砂との 2 種類がある、前者は耐火度高

きも價額亦天然銀砂の約倍額なる故肉厚鑄物又は油芯などに使用され又生型には殆ど此の種の銀砂が使用されてゐる、天然銀砂も亦廣く使用され、殊に肉薄鑄物の乾燥型にはよく使用されてゐる、何れも 40-60mesh 位のものが良好にて重量大いなるものに於ては 20-50mesh 位のものが瓦斯抜きよく優良なる成績を示すが小物に於ては造型困難にて却て鑄肌を粗雜ならしむる恐がある、重量小なるものに於ては 50-80mesh 位が其の結果良好である、最近數ヶ年に於ける銀砂、天然銀砂及粘土の適當單價は大體第 30 表の如くである。

第 30 表

年次	銀砂 (円)	天然銀砂 (円)	粘土 (円)
昭和 2 年	19.40	9.30	18.20
3 年	19.35	9.80	15.76
4 年	20.00	9.50	14.20
5 年	18.70	8.30	13.10
6 年	17.60	8.20	12.15
7 年 2 月	17.60	7.45	11.00

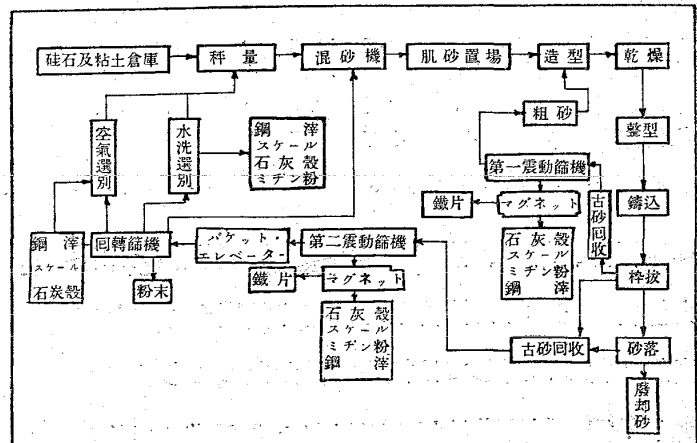
製品に於て珪石及粘土使用量は製品の種類、金枠の都合に依て多少異なるも大體 31 表の如くである。

第 31 表

種目	重量(kg)	%	粘土含有量%
肌砂	530	18	10.0-11.0
粗砂	2,410	82	8.0-9.0
合計	2,940	100	8.4-9.4

尙鋼鑄物工場に於ける鑄物砂の循環を示せば第 8 圖の如くである。

第 8 圖



圖に於て明らかなるが如く鋼鑄物工場に於ては粗砂は常に一定量を保ちつゝ循環するものにて其の量は第 31 表に示すが如く鋼鑄物産當りにつき 2,410 kg 位である、斯く循環する中途に於ては粉末増加の傾向を有するものにて爲に瓦斯抜きが悪くなる恐ある故に時々粉末を除去する様注意すべきである、肌砂に使用する珪石及粘土の量は製品産當 530kg にて之に要する費用は肌砂回収率大なる程減少するものにて理想的には粉末及スケールとなりて消失する量を補へば充分なるも實際に於ては中々困難な問題である著者は此の回収に空氣選別法と水洗選法とを比較研究した、何れの場合に於ても震動篩機及回轉篩機を通り大體の粉末にスケール、石炭殻、ミジン粉、鋼滓及鐵片等の有害物を出来るだけ除去したるものを使用し取扱の難易及精製の狀態などを比較した、第 32 表は實驗結果の大要を示すもので水洗選別よりも空氣選別がはるかに有利なる事を見出した。

第 32 表

空氣選別	水洗選別(No.1)	水洗選別(No.2)
送風機口徑 6"	使用水量 92kg 毎分	使用水量 80kg 毎分
2,300R.P.M.	堅型回轉篩機徑 600mm	震動篩機 80mm×50mm
送風量 20 立方分毎分	長さ 1,800mm、20R.P.M.	120V.P.M.
風壓 2 オンス		
古砂處理 30—40kg 毎分	古砂處理 20kg 毎分	古砂處理 15—20kg 毎分
連續作業	斷續作業	斷續作業
取扱便利	取扱不便	取扱稍便
職工 1 人	職工 2 人	職工 2 人
精製中	{精製上なるもスケールとの選別困難	精製上なるもスケールとの選別困難

實際に當つては兩者を併用する時は殆ど完全に精製の目的を達する事が出来る。

以上の外に回轉篩機を出でたるものを直ちに混砂機に移し 3—5% の粘土を加へて粘着性を大ならしめ押湯盛砂となす外に型の仕切面に使用し砂の崩れを防ぐ場合がある、之をホロ砂と稱してゐる、一般にホロ砂は粘土分多く通氣性不良である。

尙塗方に使用する珪石は特に耐火度高きを要し荒銀砂、赤珪石或は珪石粉末（一般に硝子粉と稱す）など用ひられ、一度焼鈍爐にて高熱したるものをチューブミルにて水と共に長時間粉碎し更に糖密を加へて使用する。

3. 燃料 鑄造工場に於て使用される燃料は大體次の 4 種類である。

- (1). 粉炭 鑄型乾燥爐
- (2). 重油 押湯盛砂及乾燥型修正部の乾燥
- (3). 骸炭 土地型の乾燥
- (4). 木炭 同上

製品産當燃料費 N は次の如くして計算される。

$$N = \frac{F}{T} \dots \dots \dots (37)$$

F = 燃料費總計 T = 總鑄込重量

當所に於ける鑄型乾燥爐の構造及其の熱効率はこの如くである。

爐の構造:—

1. 爐壁の外部は鐵筋コンクリート造りにて内部に耐火煉瓦を使用したる事
 2. 天井は鑄鐵梁及鑄鐵板よりなり其の上部を川砂にて蔽ひ熱の放散を防ぎたる事。
 3. 左右兩端に扉を有し鑄型は造型工場より入り鑄込工場に引出される様になつてゐる事
 4. 煙道は臺車の下端地中を通り、6ヶ所に吸込口を有し鑄型の種類に應じ加減が出来る事。
 5. 2組のアンダーヒード式燃焼機及燃焼室を有し粉炭を使用して完全燃焼を行はしめ鑄型に煤煙の附着するを防ぎたる事。
- 等であつて特にアンダーヒード式燃焼は昭和 6 年

5 月以降より作業を開始して以來非常に好成績を示してゐる、爐體各部の寸法は次の如くである。

1. 爐體 11'×18'×8'~6"
2. 天井 3'×3'~6"×5/8" 鑄鐵板 20 枚、鑄鐵橋梁 5 本、川砂の厚さ 12"
3. 壁 コンクリートの厚さ 12"、耐火煉瓦の厚さ 4 1/2"
4. 燃燒室 1'~8"×4'×7'~8" にて三方は煉瓦格子
5. 煙道 2'×2'~6"
6. 煙突 口徑 2'~6" 高さ 65'
7. 燃燒機(アンダーヒード式) 2 基
 - a. 貯炭槽 100kg。 b. ヒードスクリーンの徑 4 1/4"。 c. R.P.M. 2'04 (1 回轉 25sec)。
 - d. 火壺の面積 20"×20"=400"。 e. 燃床面積 3'×3'=9"。 f. 送風機 4 1/2" R.P.M. 3,300 風量 16.3m³/min 風壓 3'oz。
 - g. 1 時間燃燒量 150-160kg。

爐の熱効率：一 前記乾燥爐に粉炭を使用したる場合の熱効率は次の如くである。

1. 粉炭の使用量(Xkg) 2. 粉炭の發熱量(Ecal)
3. 操業時間(作業時間及爐内冷却時間)
4. 装入の割合(装入量/爐容量) 5. 金枠の總重量(Mkg) 6. 鑄物砂の總重量(Skg) 7. 水分の總重量(Wkg) 8. 臺車の總重量(Rkg)
9. 製品の重量及個數 10. 鑄物砂、金枠及製品間の重量比の測定

以上の測定により次の如き計算を行へば乾燥爐の熱効率 η を求むる事が出来る。

$$\text{發熱量} = E \cdot X.$$

$$\text{必要熱量} = \text{金枠} = M \times \text{比熱} \times \text{溫度上昇} = A$$

$$\text{鑄物砂} = S \times \text{比熱} \times \text{溫度上昇} = B$$

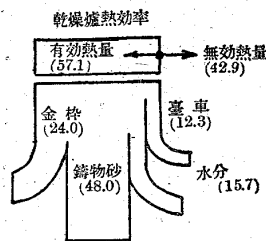
$$\text{水分} = W \times (100 - \text{室溫}) + W \times \text{蒸發潛熱} = C$$

$$\text{臺車} = R \times \text{比熱} \times \text{溫度上昇} = D$$

實驗中使用せし大浦粉炭は次の如き成分及發熱量を有するものである。

全炭素 77-78% 灰分 12-13% 水分 4%
發熱量 6,800cal

第 9 圖



第 33 表及第 9 圖は測定の結果を示すものである。

第 33 表より鋼鑄物 1 噸を製造するに必要な鑄

物砂及金枠の重量を算出する事が出来る。

$$\frac{\text{鑄物砂重量}}{\text{鋼鑄物重量}} = \frac{15.905}{5.420} = \frac{2.94}{1}$$

$$\frac{\text{金枠の重量}}{\text{鋼鑄物重量}} = \frac{12.512}{5.420} = \frac{2.32}{1}$$

$$\frac{\text{鑄物砂重量}}{\text{金枠の重量}} = \frac{15.905}{12.512} = \frac{1.27}{1}$$

即ち平均重量約 60kg(5.420÷91) 位の鑄鋼製造に於ては重量にて 2.94 の鑄物砂及 2.32 倍の金枠が必要である。

製品噸當粉炭使用量は 900kg÷5.420=166kg である、今粉炭 1 噸の價を 8.40 (圓) とすれば製品噸當乾燥費は 1.39 (圓) である、尙押湯盛砂及修正部分の乾燥に重油燃燒機を使用する場合重油消費量は製品噸當 1.5-2.0 ガロンにして重油單價はガロン 10 錢位と見る事が出来る。

此の外土地型乾燥に骸炭及木炭を使用するが之は熱効率極めて悪く近來重油又はアンダーヒード可動式粉炭燃燒機などの計畫が各所に於て進められてゐる様である。

今土地型に骸炭及木炭を使用して乾燥を行ひた

第 3 3 表

No.	1	2	3	4	5	平均
粉炭使用量 X kg	780	960	900	900	960	900
粉炭發熱量 E cal	6,800	6,800	6,800	6,800	6,800	6,800
粉炭發熱總量 EX cal	53.0×10^5	65.3×10^5	61.2×10^5	61.2×10^5	65.3×10^5	61.2×10^5
金棒總重量 M kg	11,090	13,734	12,202	13,880	11,652	12,512
金棒比熱 s_1	0.123	0.123	0.123	0.123	0.123	0.123
溫度上昇 T_1	550	536	547	540	550	545
金棒總熱量 $Ms_1T_1=A$	7.50×10^5	9.07×10^5	8.21×10^5	9.20×10^5	7.90×10^5	8.38×10^5
鑄物砂總重量 S kg	14,355	18,430	15,492	16,400	14,847	15,905
鑄物砂比熱 s_2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
溫度上昇 T_2	530	516	527	520	530	525
鑄物砂總熱量 $Ss_2T_2=B$	15.22×10^5	19.02×10^5	16.33×10^5	17.03×10^5	15.73×10^5	16.70×10^5
水分總重量 W kg	732	940	790	837	757	811
水分總熱量 C	4.95×10^5	6.35×10^5	5.34×10^5	5.66×10^5	5.12×10^5	5.49×10^5
臺車總重量 R kg	8,060	8,060	8,060	8,060	8,060	8,060
臺車比熱 s_3	0.123	0.123	0.123	0.123	0.123	0.123
溫度上昇 T_3	434	440	451	444	434	411
臺車總熱量 $Rs_3T_3=D$	4.30×10^5	4.36×10^5	4.48×10^5	4.40×10^5	4.30×10^5	4.38×10^5
必要總熱量 $A+B+C+D$	31.79×10^5	38.70×10^5	34.36×10^5	36.32×10^5	33.05×10^5	34.94×10^5
熱效率 $\eta = \frac{A+B+C+D}{E.X.} \times 100$	60.3	59.3	56.1	59.3	50.6	57.1
鑄物製品總重量 (kg)	4,065	5,611	2,869	5,126	9,431	5,420
同上個數	41	80	75	151	108	91
金棒個數	130	187	164	191	191	173
作業時間 (T_1)	5.40	6.10	6.00	6.00	6.10	6.00
爐内冷却時間 (T_2)	10.20	11.00	12.00	10.50	9.40	10.46
装入割合 (%)	65	85	75	90	80	79
乾燥程度	良	中	良	良	良	良

備考

- 水分 $\frac{5.1}{100}$ とす
- 鑄物砂の平均溫度は金棒の平均溫度より 20°C 低く
臺車の溫度は 96°C 低きものを取る。
- 室温 25°-30°C
- 水の蒸發潜熱 = 606.5 cal とす。
- 以上の實驗は昭和 6 年 7 月に行ひたるものなり。

る結果は第 34 表の如くである。

第 3 4 表

品名	重量 (kg)	骸炭 (kg)	木炭 (kg)
スタンフレーム (A)	2,050	1,000	100
(B)	1,600	900	90
(C)	1,200	600	60
ラダーフレーム	820	400	40
ポット	3,000	700	70
合計	8,670	3,600	360
製品噸當使用量		415	41.5
單價 (圓)		15.00	40.00
製品噸當燃料費 (圓)		6.23	1.66

即ち土地型乾燥は乾燥爐に比して約 5.5 倍の燃

料費を要するものである、尙最近數ヶ年間に於ける使用燃料の單價を示せば第 35 表の如くである。

第 3 5 表

年次	重油 (ガロン)	骸炭		石炭		木炭 (圓)
		上コース (噸)	並コース (噸)	塊炭 (噸)	粉炭 (噸)	
昭和 2 年	—	39.00	24.30	15.50	—	63.90
3 年	22.0	37.10	23.50	16.20	—	74.50
4 年	16.0	33.00	22.50	16.00	—	69.00
5 年	14.0	30.00	18.00	13.40	—	41.50
6 年	10.6	—	16.00	—	8.50	40.00
7 年 2 月	12.8	—	15.00	—	9.00	40.00

4. 諸材料費 鑄造費中の諸材料の主なるもの

は丸鐵角鐵絲針金、釘類引拔パイプ等の如きもので製品噸當使用高 M は次の式に依て計算される。

$$M = \frac{Q}{T} \dots \dots \dots (38)$$

Q = 諸材料使用高 T = 總鑄入噸數

第 36 表は實測結果を示すものである。

第 3 6 表

品名	使用量	單價(兩)圓	金額
鐵材類	15.6kg	50.00	78
針金類	1.5kg	113.00	17
釘類	3.5kg	70.00	25
其他	—	—	25
合計			145

但鐵材の一部及釘類の大部分は古物使用なり。

芯金として使用したる鐵材は引伸機により再製して使用する事が出来る、釘類はマグネットに依り鑄物砂と分離シタンブラーにて銹及砂の大部分を落し再製して使用する事が出来る。何れも金額に於ては少なりと雖も經濟的考慮を要する所である

5. 消耗品費 消耗品の重なるものはケレン、油芯用豆油、種油及糖蜜、蠟燭、金網、スコップ、ハンマー、電球、古吹、筆、箒等にして製品純當此等消耗品費 W は次の式にて計算される。

$$W = \frac{Q}{T} \dots \dots \dots (39)$$

Q = 使用總高 T = 總鑄込純數

6. 動力費 動力の重なるものは起重機、乾燥爐、調砂工場等にて製鋼の場合と同様にして次の式にて計算する事が出来る。

$$C_w = \beta \cdot P_w \cdot \frac{m_2 h_2}{MH} \cdot \frac{1}{T} \dots \dots \dots (40)$$

m_2 = 鑄造使用全電力 h_2 = 平均使用時間

T = 鑄込總純數

7. 工賃 鑄物部に於ける工賃は製鋼部と同様に作業の性質に依り下記の如く直接工賃と間接工賃とに分ける事が出来る。

直接工賃 造型及芯取整型及鑄込

間接工賃 調砂(古砂處理を含む)乾燥雜役

工賃制度は製鋼部と殆ど同様の方法にて行はれてゐるが、特に請負單價の決定は製造の難易により幾つかの等級に區別され、手數を要する事最大なるものを1級型とし以下順次に5級或は6級に區別するが如き方法が最も合理的なるものとし

て廣く採用されてゐる、鑄込製品純當工賃は次の式にて算出さる。

$$L = \{(A+B) + (C+D+E)\} \div T \dots \dots (41)$$

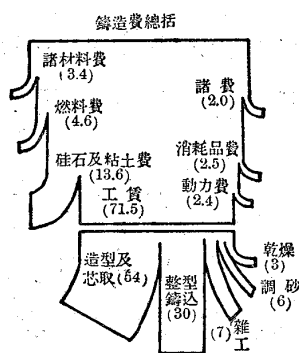
A = 造型及芯取工賃 B = 整型及鑄込工賃 C = 調砂工賃 D = 乾燥工賃 E = 雜役工賃

各工賃の比は品物の大小及種類に依て異なるも大體次の如くである。

造型及芯取 54% 整型及鑄込 30% 調砂 6%
乾燥 3% 雜工 7%

8. 諸費 以上の内何れにも屬せざる費用にして電氣製鋼と同様帳簿、筆墨、精勤賞等の如きもの或は時に優良品獎勵規定に基く賞與金、材料節約賞與金などに要する費用である。

第 19 圖



9. 鑄造費總括

珪石及粘土より諸費に到るまでの7項目を總計すれば鑄造費用を見出す事が出来る。第37表及第10圖は製品純當鑄造費用を示すものである。

第 3 7 表

No.	1	2	3	平均	%
1 珪石及粘土費	5.89	6.85	6.37	6.37	13.6
2 燃料費	2.03	1.95	2.53	2.17	4.6
3 諸材料費	1.78	1.45	1.51	1.58	3.4
4 消耗品費	1.38	1.20	.99	1.19	2.5
5 電力費	1.15	1.08	1.08	1.10	2.4
6 工賃	28.60	34.30	37.20	33.37	71.5
7 諸費	1.20	1.10	.53	.94	2.0
總計	42.03	47.93	50.21	46.72	100.0

鑄造費用は製鋼費用と異り製品の大小、種類、個數及作業の難易に依て非常に異なるものである。

最後に本研究の發表を御許可下されし株式會社日本鑄鋼所取締役社長奥村千吉氏に謝意を表する

文 獻

1) Mitteilung aus Forschung sarbeiten Heft 98
2) Mitt. Wärmestelle v. d. Eisenh. Nr. 51
3) St. u. E. 1925 S. 1134
4) Trans. Am. Electrochem. Soc. Vol. XIV 1908
5) 電氣製鋼 2卷 4. 5. 7
6) 住友 3. 11
7) Arch. Eisenhüttenwens. 1 (927) S. 413-419
8) Trans. Am. Electrochem. Soc. 16. 202 (1909)

9) Trans. Am. Electrochem. Soc. 16. 265 (1909)
10) 電氣製鋼 4卷 2號
11) 鐵と鋼 11年 2號
12) 鐵と鋼 12年 4號、15年 11號
13) 鐵と鋼 14年 3號
14) 金屬の研究 2卷 9號 4卷 10號
15) 九大工學彙報 1卷
16) 鑄造 2卷 5號