

かと云ふに、第一は焼戻脆性を起さぬ如き材料を作ること即ち有害なる元素の入り来るを防ぐこと殊に酸素を除くことに注意し、次に焼戻温度より冷却する場合六〇〇度より四〇〇度迄の間は必ず急冷すること、し尙成るべく六〇〇度以上の温度にて焼戻して所要の強度を得る如き分析成分の鋼を選定するを要す。焼戻後曲りを直す爲め加熱する場合には決して五五〇度附近に昇すべからず此温度に加熱したるものは冷却

鋸銑爐構造並に操業に關する理論的研究

(其一)

平岡正哉

方法の如何に拘はらず脆くなる恐れあるを以てなり。終りに本研究に對し種々指示を與へられ且其發表を許可せられたる吳海軍工廠製鋼部長横田技師の厚意を謝し尙本研究の資料は佐藤技師、室井技師、神戸技師、宇留野技師、其他製鋼部部員諸氏より提供せられたるものなることを附言し、茲に感謝の意を表す。

(終)

緒言

此の論文を書く最初の目的は鋸銑爐に於ける燃料經濟の問題を取扱ふのであつて之れを實際の操業に應用し今日では鋸銑爐に於ける骸炭の使用率を米國其他で擧げて居る所謂最高標準操業と一致することが出來た。

然し此地金熔解に要する骸炭使用量なるものは

- 一、裝入原料(銑鐵、屑鐵即ち scrap) 鋼板 (steel-plate) 及び骸炭) の物理的並に化學的性質
 - 二、鑄造物の種類及び熔解過熱溫度
 - 三、使用爐の大きさ及び操業方法
- 等に依るものが多いので一概に言ふことは出來ぬ。

假令ば裝入する地金の形狀が大きければ大きい程、又地金に附着する鑄物砂黑鉛等が多ければ多い程、之が熔解に際し

て多量の熱と熱の透徹の時間とを要し従つて多量の骸炭が燃焼せられる。

又塊の小なる氣孔率の高い骸炭は質密にして塊の大なる骸炭に比して燃焼早き故多量の骸炭が消費せられる。

Gas engine cylinder, Turbin casing の如き形狀複雑にして鋼板の裝入量多きものの鑄造は浮標の重く火格子の如き形狀簡單にして肉厚きものの鑄造に比して高さ過熱溫度を要し又多量の骸炭を使用せらる。

又餘り小なる爐は熱損失多く、空氣の浸徹及び送風量の割合が適當を缺き共に骸炭の消費を増加するのが普通である。操業時間の長短送風量送風壓の如何は床積骸炭或は裝入骸炭の消費の割合に影響する。

故に嚴密に言ふと各爐の操業狀態に依つて骸炭使用率なる

18
ものは異なるべきである。

又爐としての能力を發揮しやうとする方向は凡て骸炭の消費を増加する方向であるので、或る程度以上骸炭の使用率を減少することは出来ぬ。

要は爐の能率を出来るだけ發揮する範圍に於て骸炭を節約すべきであつて此の問題を突き詰めると、結局骸炭の使用率及び爐の能率を最も高いものにするには何としても、適當なる爐の構造に依らなければならぬ。

今後の鎔銑爐としては爐内に於ける完全なる脱硫及び脱酸作業其の他内燃機類の高級鑄物の鑄造等是非考へねばならぬ多くの仕事 (function) がある。

總て之等の仕事を完全に充す爲めには又何としても適當なる爐の構造に俟たねばならぬ。

従つて先づ最も根據ある爐の構造を理論的、數字的に求め様としたのが以下の研究である、得た結果は極めて僅かであつたが、斯う云ふ方面の考査が行き詰つて居る鑄造作業の現況を少しでも開拓するに役立てば幸甚である。

尙ほ他の冶金爐の場合も左様であるが鎔銑爐に對しては從來數字的に定つた公式が全然なく多くの實例と經驗とによつて改良する外無かつたのである、従つて自分の考へを纏める場合にも先づ本邦は勿論歐米の實際操作を書籍雜誌により聚集し自分の經驗と比較参照することを怠らなかつた。

第一章 鎔銑爐熔解能力に関する研究

第一節 熔解能力に関する諸關係式

鎔銑爐 Design に當つて基本となるものは毎時間の熔解能

力 (Melting capacity per hour) である。

現今の鎔銑爐の熔解能力は一噸から四〇噸 per hour であるが爐の大小によつて其の能率に差を生ずるのは勿論である、何噸の爐が一番良いかと云ふことは主として、鑄造工場の大きさ操作方法及び製品の性質に依る。

普通本邦で用ひられて居るのは三噸乃至一〇噸爐である又 Pat Dwyer 氏によると (Foundry 一九二〇年九月) 米國の鑄物の六〇%までは直徑三六吋乃至六〇吋の鎔銑爐即ち四噸から十噸内外の鎔銑爐に依つて製産されて居ることが解る。

而して鎔銑爐の熔解能力は主として送風量送風壓及び骸炭使用量による、従つて爐腹面積爐の有効高さ、羽口面積等も其の熔解能力に關係する所が多いのである、然し從來、此送風壓と爐の有効高さとの關係、又羽口面積と爐腹面積との關係等が爐の熔解能力其他に及ぼす理論的研究は未だ不十分であつて之れ等の關係の實際が如何なる條件に適ふ時爐として最も efficient melting を行ひ得るかと言ふことは今後の研究に俟たねばならぬ。

扱て熔解能力決定に關して從來述べられて居る關係式は次の如きものである。

(一) 熔解能力と爐腹面積

原料の熔解は總て熔帶 (melting zone) で行はれるので熔帶の面積の増加と共に、一定時間内の熔解量を増すことが出来る。

Iedebur 氏に依れば毎時一、〇〇〇匹の鐵を熔かすのに熔帶の面積〇、七乃至〇、八平方米を要すと云ふ、即ち 17.7 乃至 20.2 lb. of iron / sq. ft. / hr. となるが實際の場合と大分差がある。

又 Lürmann 氏は毎時八〇〇〇庇の鐵を溶かすのに一平方
 米の熔帶の面積或は 11.35 lb. of iron / 〇" / hr. と計算すべしと
 云ふ (Irrcheberget 氏 Lehrbuch der Stahl und Eisen Giesserei)
 又 Prof Dwyer 氏は米國に於ける數百の鑄鉄爐の聚集をなし
 て非常に價値ある報告をなして居るが熔解速度 (melting rate)
 は 10 lb. of iron / 〇" / hr. が理想であると言つて居る (Foundry,
 一九二〇年九月)。
 之れによつて熔帶の直徑に對する毎時の熔解能力を求め
 と次の如くなる。

第一表

爐腹直 徑(吋)	熔解能力 封度 時間	材料每回裝 入量 (封度)	骸炭每回裝 入量(封度)
二四	四、三二〇	六〇〇	六〇
三〇	七、〇六八	一、〇〇〇	一〇〇
三六	一〇、一七八	一、四〇〇	一四〇
四二	一三、八五四	一、九〇〇	一九〇
四八	一八、〇九五	二、五五〇	二五五
五四	二二、九〇二	三、二〇〇	三二〇
六〇	二八、二七四	三、九〇〇	三九〇
七二	四〇、七一四	五、六〇〇	五六〇

庇 / 〇" 糶 = 14.2 封度 / 〇"

Dr. Moldenke, Reddle, T.W. Aitken, J.W. Keep. 其他の
 人々の言つて居るのも全く同一數字で皆熔解能力を熔帶の單
 位面積に對して一定に取り之を基準として凡て他の "Factor"
 との關係を定めて居る、然し實際操業の結果は可成之と相違
 して居る、又爐腹面積が熔解能力を決定すべき唯一の factor
 で無い以上、上の考へは爐の能率を高めやうとする根本問題
 の考查に何等の助けとならぬ。

(二) 熔解能力と送風量及び骸炭使用量との關係
 Buzek 氏の式は之よりも一層進んだ關係を示して居る、(C.
 Geiger Lehr buch der Stahl u. Eisen Giesserei) 氏によると鑄
 鉄爐の熔解能力は使用骸炭量と送風量とに關係する即ち一定
 量の熔解に對する骸炭使用量の少ない程、熔帶の各單位面積
 に於ける熔解速度を増す又送風量の多い程骸炭燃焼の速度を
 増し、従つて熔解能力を増加する又爐内に於ける空氣或は瓦
 斯の速度は略ぼ一定なる故一定量の送風に對して一定の面積
 を要する、Buzek 氏は爐腹面積の一平方米に對して一〇〇から
 一二〇立方米的空氣を造るものとして次の式を與へて居る。

$$W = \frac{600A}{K} \quad (2)$$

W は毎時の熔解能力 單位庇
 A は爐腹面積 單位平方米
 K は骸炭使用量 單位庇
 (a) 式に於て K = 恒數なるとき

$$\frac{W}{A} = \text{恒數に於て}$$

(一) の場合となり (一) の場合に比して一層廣い範圍の説明が出来る

又 (a) 式にて

A = 平方米

K = 0.1 庇 (or 10 % of iron) なるとき W = 6000 庇

K = 0.8 庇 (or 8 % of iron) なるとき W = 7500 庇

或は 8.55 ~ 10.65 lb of iron / 〇" of melting zone's area/hr.

となり、實際の場合の數字とも可也一致して居るが尙ほ此の
 式の適應によりて説明出來ぬ多くの場合がある。

(三) 熔解能力と送風量及び送風壓との關係

鑄鉄爐の熔解能力は送風量と共に送風壓に關係するのは事
 實である。

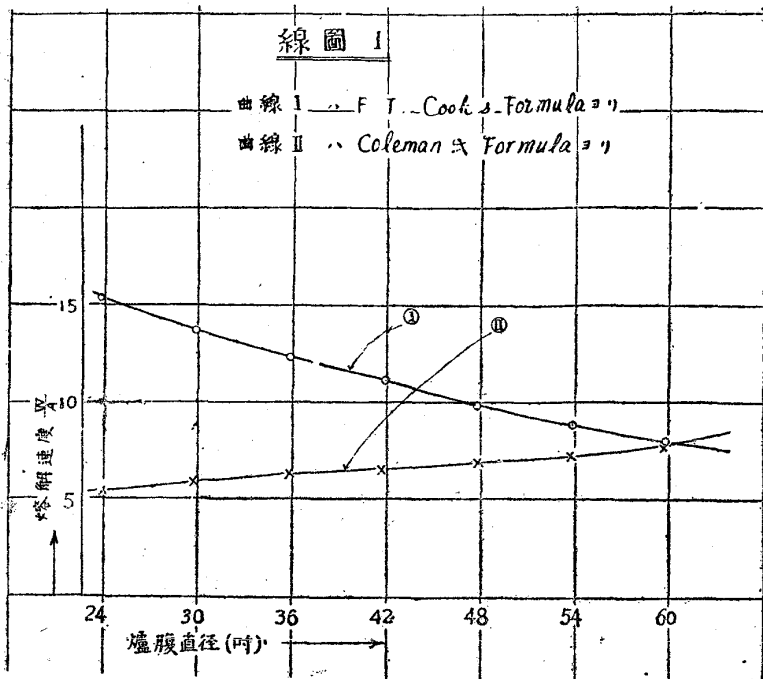
Mr. F. T. Cook Birmingham of England は次の如き實驗式

を出して居る。

Q を毎分時の空氣送風量 單位封度
 P を空氣の管頭壓力 單位オンス
 W を毎時の溶解能力 單位封度

$$W = \frac{Q\sqrt{P}}{\max 120} \dots\dots\dots (b)$$

尤も此の數字は各爐の最大溶解能力であつて他の例よりも遙かに大きく、實際は之より一〇乃至三〇% 少ないものが Efficient melting capacity なりと言つて居る。之を表示すれば次の如し。



第一二表

爐の直徑 (吋) D	毎時溶解能力 W (封度)	爐腹面積 A (ロ ²)	W/A
二四	七、〇〇〇	四五二〇	一五、五
三〇	九、七五〇	七〇七	一三、八
三六	一二、五〇〇	一、〇一八	一二、三
四二	一五、二五〇	一、三八五	一、〇
四八	一八、〇〇〇	一、八一〇	一〇、〇
五四	二〇、七〇〇	二、二九〇	九、〇
六〇	二三、五〇〇	二、八二七	八、〇

此の表に依ると溶解能力増加の割合は爐腹面積増加の割合と伴はず溶解速度 W/A が爐の大きさと共にずつと下つて居る(線圖 I 曲線 I)。

此の傾向は實際の操業に就ては事實であつて一般に爐腹直徑の増加と共に送風壓と爐高との關係或は羽口面積と爐腹面積との關係等が不適當になるのが普通である、然るに之等の關係は爐内に於ける空氣或は熱の分布状態に影響し従つて溶解能力を損する様になるのである。(第二章 羽口の研究)

故に或る種の爐(獨逸式爐の如きもの)に於ては反對に爐腹面積の増加と共に却つて之等の關係が宜くなり溶解速度 W/A が増加するが如き場合も生ずる之等の關係を上式では充分説明する事が出来ぬ。

(四) Coleman 氏の式

又 Cook 氏の式に於て送風量が爐の面積或は爐腹直徑の二乗に比例すると置きたるものが F. A. Coleman 氏の公式である (Foundry, 一九一七年五月)。

$$W = A\sqrt{P} \quad D^2 = 1.76\sqrt{P} \quad D^2 \dots\dots\dots(9)$$

W は毎時熔解能力 単位封度
 P は管頭壓力 單位オンス
 D は爐腹直徑 單位吋

即ち熔解能力は送風壓の開平と爐腹直徑の二乗（或は爐腹面積）との相乗積に比例することになる。

氏は此の式から各爐腹直徑に對する Average Output を計算して居るが第三表が夫れである。

第三表

爐腹直徑(吋)	毎時の熔解能力(封度)	W/A
二四	二、五〇〇	五、五
三〇	四、二〇〇	六、〇
三六	六、四〇〇	六、三
四二	九、〇〇〇	六、五
四八	一二、五〇〇	七、〇
五四	一六、〇〇〇	七、一
六〇	二一、〇〇〇	七、八

此表は前表と反對に爐腹直徑と共に熔解能力増加の割合を増して居る(線圖Iの(II))。

一般に爐の直徑と共に送風壓 P は多少増加するものであるから

$$\frac{W}{D^2} = 1.76\sqrt{P} \quad \text{が正しい範圍内に於ては}$$

$$\frac{W}{D^2} \quad \text{或は} \quad \frac{W}{A} \quad \text{が増加して行くべきである}$$

銻銑爐構造並に操業に關する理論的研究(其二)

然し實際の熔解能力は前述の如く他の多くの Factor が關係し、寧ろ Cook 氏の實驗の如き場合が多いのである、之等の理由は以上孰れの公式によりても數字的の説明は不充分である次に自分の熔解能力に對する公式を概説して之れによりて多くの銻銑爐操業を説明せんとす。

第二節 銻銑爐熔解能力の決定式

(一) 公式(I)の説明

銻銑爐内に於ける地金の熔解は専ら骸炭の燃燒に依つて發生せられたる熱量に依るものである。詳しく言へば毎回裝入毎の地金の熔解は羽口面と熔帶との中間の床積骸炭層に於て燃燒されたる骸炭の燃燒熱に依るものである、故に一定時間内に燃燒する骸炭量の多い程發熱量多く、従つて毎時間の熔解能力を増加することが出来る。

今每一時間の地金熔解能力を W 封度
 每一時間の骸炭燃焼量を Q 封度
 一封度の地金熔解に要する骸炭使用率を 10% とすれば

$$Q = 10W$$

或は $W = \frac{Q}{10}$ (1)

茲て $10 = \frac{\text{裝入骸炭の總量} + \text{羽口面以上の床積骸炭量}}{\text{總地金熔解量}} \times 100$ とある

又一定時間内の骸炭の燃焼量は同時内に爐内に送り込まれたる送風量に比例すべきものである。今每一時間の送風量を W 封度とすれば

$$C = c_1 w$$

$$(1) \text{ 及 } W = \frac{c_1 w}{l_0} \dots \dots \dots (2)$$

C₁は爐の構造及び操業に關する定數で單位量の送風に依つて燃燒することの出来る骸炭量を示す、假りに之れを然燒率と名け普通操業に於ては一定と取ることが出来る(吟味一)。

又 羽口總面積を a 平方呎
羽口に於ける送風速度を v 呎とすれば

$$W = \frac{aw}{\delta_1}$$

$$\therefore (2) \text{ 及 } W = \frac{c_1}{\delta_1} \frac{aw}{l_0} \dots \dots \dots (3)$$

茲で δ_1 一立方呎の空氣の重量(封度)であるが鑄銑爐操業程度の風壓に於ては δ_1 の變化は極めて僅かである、例へば次の如し。

P ₁	δ_1	at 60°F
5 オンス	0.0777	}
10 オンス	0.0792	
15 オンス	0.0815	

(最大變化 5%)

故に爐の比例計算に當りては δ_1 の變化を無視して δ_1 を恆數と見ることが出来る。

下の略圖 (I) に於て

- 羽口總面積 = a
- 爐腹面積 = A
- 風筒中の風壓力 = P₁

羽口先端の風壓力

爐の裝入物の上面に於ける風壓力

羽口に於ける風速度

爐内平均温度

爐内上昇瓦斯の平均垂直速度

V_t に相當する爐の水平空間面積

A_e 面積を有する爐の水平断面に於て

上昇瓦斯と裝入物の接觸長さ

= p 呎 = k'A とす (上昇瓦斯と裝入物の接觸長さは爐腹面積に比例して増大する)

大する)

$$= P_2$$

$$= P_3 \div 0$$

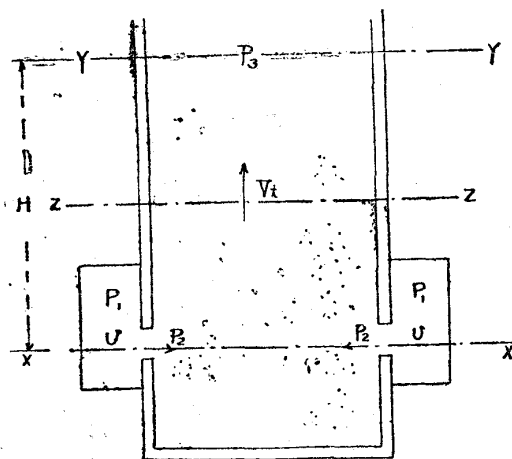
$$= v$$

$$= t^{\circ}C$$

$$= V_t$$

$$= A_e = k'A$$

= (wehbel perimeter)



(1) 略圖

扱て X-X 断面に於て上昇瓦斯が上方に押す力は次の如く表はすことが出来る。

$$A_e (P_2 - P_3) = A_e P_2 = k'A P_2 \dots \dots \dots (a)$$

又上昇瓦斯が H 丈けの高さを裝入物間を V_t なる速度にて通過するためには次の如き抵抗を生ずべし。

$$M_P H V t^2 = M k' A H V t^2 = k'' A H V t^2 \dots \dots \dots (b)$$

茲て M は摩擦係數

k', k'' は或る恒數

今 (a) = (b) とすれば

$$k' A P_2 = k'' A H V t^2$$

$$\text{或は } P_2 = \frac{k''}{k'} H V t^2$$

$$\text{或は } V t = \sqrt{\frac{k'}{k''} \frac{P_2}{H}} = k' i v \sqrt{\frac{P_2}{H}} \dots \dots \dots (c)$$

然るに爐内装入物充填せる時羽口より風を送るとせば羽口先端の風壓 P_2 と風函中の風壓 P_1 との差は非常に僅かである(初風壓の一〇%を越えず)殆んど相等しきか又然らずとするも、相比例すると見ることが出来る。故に(c)式は次の形に書きなほすことが出来る。

$$V t = k_1 \sqrt{\frac{P_1}{H}} \dots \dots \dots (4)$$

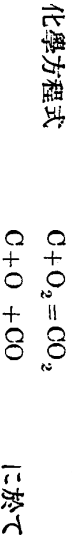
第四表

炭素の燃焼割合百分率	0分	10分	20分	30分	40分	50分	60分	70分	80分	90分	100分
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0

一 封度の炭素の燃焼に要する送風の容積(立方呎) 一五八六 一四八八 一四〇〇 一三三三 一二五五 一二七七 一二〇三 一一〇〇 一〇二五 九六二 九一五

同上燃焼瓦斯の容積(立方呎) 一五九〇 一四七五 一四一七 一三五三 一三〇〇 一二六六 一二〇四 一〇九二 一〇三〇 九七二 九一六

又爐内の上昇瓦斯の速度 $V t$ と羽口に於ける送風速度 v との関係は次の如き事實より求むることが出来る。



	重量(割度)	容積(立方呎)
(一 封度)の炭素の完全燃焼	32	$\frac{3.67 \times 16}{1.44} = 29.7$
(CO ₂)するに要する酸素量	12	1.44
(一 封度)の炭素の不完全燃焼	16	$\frac{1.6}{12} = 1.33$
(CO)するに要する酸素量	12	1.33
完全燃焼するに要する酸素と共存する酸素量		$\frac{29.7 \times 79.2}{20.8} = 112.9''$

今一〇%の過剰空気を送り此の過剰空氣中の酸素は爐内に於て全部、硅素、滿俺、硫黄等の酸化に用ひらるるものとすれば

炭の燃焼比 CO₂/CO が10%なる場合の送風の容積は $(29.7 + 112.9) \times 1.1 = 158.86$ 立方呎

同上の場合の燃焼瓦斯の容積は $(29.7 + 112.9 \times 1.1) = 153.90$ "

CO₂/CO = 90/10 なる場合の送風の容積は $(\frac{29.7}{2} + (\frac{29.7}{2} - \frac{2.97}{2}) \times \frac{79.2}{20.8}) \times 1.1 = 148.8$ "

同上燃焼瓦斯の容積は $29.7 + (\frac{29.7}{2} - \frac{2.97}{2}) \times \frac{79.2}{20.8} \times 1.1 = 147.5$ "

第四表は同様の計算より、炭素の燃焼比 $\frac{CO_2}{CO}$ の相違による送風量と燃焼瓦斯との容積の割合を求めたるものである。燃焼比が 100/0 ~ 50/50 までの間は燃焼瓦斯量と送風量(一〇%過剰)とは殆んど同容積である。

今羽口温度 t_0 に於ける送風の容積を Q
 爐内平均温度 t_1 に於ける燃焼瓦斯の容積を G_1
 $0^\circ C$ に於ける送風の容積を Q_0
 $0^\circ C$ に於ける燃焼瓦斯の容積を G_0 とすれば

$$Q_0 = G_0 \dots \dots \dots (i)$$

$$Gt = Vt \times 60 \times Ae$$

$$Vt = \frac{Gt}{60 \cdot Ae} = \frac{G_0(1+\alpha t)}{60 \cdot Ae} \dots \dots \dots (ii)$$

$$Q = 60v \times a$$

$$v = \frac{Q}{60a} = \frac{Q_0(1+\alpha t)}{60a} \dots \dots \dots (iii)$$

(ii) 及 (iii) より

$$v = Vt \cdot \frac{Ae}{a} \cdot \frac{(1+\alpha t)}{(1+\alpha t)} = \frac{k' A Vt}{a} \cdot \frac{(1+\alpha t)}{(1+\alpha t)} \dots (d)$$

羽口の温度は略ぼ一定にて當所の實驗によれば四季を通じて 33°C ~ 28°C。

又爐内平均温度も°Cも一般操業に於て略ぼ一定と見ることが出来る。

$$v = k' k'' \frac{A}{a} Vt \dots \dots \dots (e)$$

∴ (4) 式より

$$v = k' k'' k_3 \frac{\sqrt{P}}{\sqrt{H}} \cdot \frac{A}{a} = k_1'' \frac{\sqrt{P}}{\sqrt{H}} \cdot \frac{A}{a} \dots \dots \dots (5)$$

即ち△は爐の構造及び操業上の基礎函數にて都合よく置き換へることが出来る。

∴ (3) 式より

$$W = \frac{v'}{s} \cdot \frac{a}{t_0} k_1'' \frac{\sqrt{P}}{\sqrt{H}} \cdot \frac{A}{a}$$

$$= k \frac{A}{t_0} \frac{\sqrt{P}}{\sqrt{H}} \dots \dots \dots (1)$$

之が求むる所の溶解能力に關する公式である。

第五表 鑄 銑 爐 の 寸 法

爐 名 稱	NO.1	NO.2	NO.6	NO.3	NO.5	NO.5	NO.4
爐 度 或 は 熔 帶 の 内 直 徑	56"	44"	44"	33"	32"	33"	24"
熔 帶 の 面 積 A	2463□"	1520□"	855□"	855□"	804□"	855□"	452□"
羽 口 面 の 内 直 徑	38"	43"	36"	24"	30"	24"	30"
爐 の 全 高 砂 床 より 裝 入 口 迄	21'~6"	12'~2"	12'~2"	12'~2"	12'~2"	12'~2"	12'~2"
爐 の 有 効 高 上 羽 口 上 裝 入 口 迄	19'~0"	10'	8'~0"	8'~0"	9'~2"	9'~2"	9'~2"
朝 額 高	5'~0"	2'~6"	3'~0"	1'~"	3'~0"	1'~6"	2'~4"
朝 額 底 と 上 羽 口 と の 距 離	9"	14"	14"	6"	6"	6"	14"
湯 溜 高 砂 床 より 下 羽 口 迄	2'~0"	2'~6"	2'~6"	2'~3"	2'~3"	2'~3"	2'~3"
前 爐 の 大 小	直径4' 高さ4'1"	—	—	—	—	—	—
羽 口 數	2	2	2	2	2	1	1
羽 口 數	上 羽 口 4 下 羽 口 4	4 4	4 4	2 4	— 4	— 4	— 3
入 羽 口 面 積 a, 風 函 上 羽 口 へ の	226□"	200□"	200□"	96□"	96□"	96□"	48□"
出 羽 口 面 積 a, 羽 口 より 爐 へ の	360□"	288□"	254□"	140.22□"	140.22□"	138□"	63□"

出 羽 口 比 A/a	6.84	5.28	6.03	6.10	6.28	6.70	7.17
入 羽 口 比 A/a'	10.9	7.6		8.9	8.4	8.9	9.4
風 函 の 大 き さ	12' x 36"	12' x 32"		10' x 27"	10' x 27"		6' x 20"
	432□"	384□"		270□"	270□"		120□"
送 風 管 の 大 き さ	直径 1 1/2" x 2	9" d x 2		6 1/2□" x 2	6 1/2□" x 2		4 1/2□" x 2
	208□"	127.2□"		66.4□"	66.4□"		28.4□"

按て W は 毎時の熔解能力 (割度)

P は 風函中の風壓 (管頭壓單位オンス)

H は 爐の有効高さ或は裝入物の高さ (呎)

A は 爐の熔帶の面積 (平方呎)

l₀ は 地金に對する鑄炭使用率%

k は 定數にして

爐の熔解能力は爐腹面積及び送風壓の平方根に比例し、該炭使用率%及び爐の有効高さの平方根に反比例する。

自分は大正十年十月以來一噸乃至十噸爐の日々の操業に以上の公式を適應し必要なる定數kの値を決定したが其の結果は極めて良く一致し、又此の公式も多くの場合を良く説明することが出來た。

(二) 使用爐の寸法

kの値の決定に用ひたる一噸乃至十噸爐の主なる寸法は第五表に示すが如し、爐は總て Bosh Furnace で十噸爐 NO.1 NO.2 及び三噸爐 NO.3 NO.5 は全く同一寸法であつたが後 NO.5 は羽口を一段にし、又煉瓦積み換へ後は多少寸法が異なつた、又各爐の寸法中右側の數字は操業上の都合で自然的或は故意に變化したもので現在の状態を示して居る。

(三) 實驗の方法及び結果

kの値決定に對して最初に採つた方法は先づ正確に取鍋の容積を測定し或る時間内に熔解せる一定量の地金を此の取鍋

に受けて各爐の毎時間の熔解速度を計算し又同時に裝入物高さの平均送風壓の平均及び鑄炭使用率等を測定し上記の公式よりkの値を定めやうとしたので各爐の一操業間に於て數回この方法を行なつた。

然し以上の實驗は勿論日々の鑄造作業の片手間に行ふ關係上鑄造すべき品物の大きさにより取鍋に取り出すべき湯の量が屢々甚だしく相違する又熔解に要したる時間を正確にする爲めには毎回の出銃に際して湯溜り中の地金を全部絞り出さねばならぬが、之は鑄造すべき品物の大きさにより不可能なることが多い、殊に之は屢々鑄滓線を上下することになつて爐の生命を損し操業上面白くない。

結局各爐の一操業間に於ける送風壓なり裝入物の高さなりの小變化の状態を正確に知ることは不可能であつたので次の方法を採用した。即ち送風後羽口覗き穴に於て地金の降下を認めて tap hole を閉じてより最後に休風するまでの全操業時間に於ける全熔解量及び總鑄炭使用量を求め之より每一時間の状態を計算し又同時に操業中各三十分毎に送風壓、裝入物の高さを測定して平均し以上の結果を公式(I)に適應してkの平均値を求めた。

其の結果は第六表に示すが如く、大體に於て極めて良く一致し爐況順調なるときkを一〇五と取ることが出来る。

依つて公式(I)は

$$W = 105 \frac{\sqrt{P \cdot A}}{\sqrt{H_{10}}} \text{ となる } \dots \dots (Ia)$$

又銑銑爐に關する構造及び操業上の正確なる數字の聚集は極めて困難で廣く上式をapplyすることが出來なかつたが幸ひ

某所海軍工廠の操業報告及びFounghton氏に依る米國の實例(Metallurgy of Iron & steel)は凡て以上の必要條件を具備したる故、上式を適應してkの値決定の參照とした第七表及び第八表は夫れである。

第六表 熔解能力決定の實驗 (其一)

爐の名稱	爐腹直徑(吋)		爐腹面積(A) (〇)		送風壓(P)(オンス)		裝入物高さ(呎)		裝入量(噸)		裝入骸炭比%		床積骸炭消費比%		骸炭使用率(%)		毎時熔解量(W) (封度)		定數 k		出羽口比 (A/a)		入羽口比 (A/a ₁)		熔解速度 W/A				
	番号	寸	平方吋	平方吋	吋	吋	噸	噸	%	%	噸	噸	噸	噸	噸	噸	噸	噸	噸	噸	噸	噸	噸	噸	噸	噸	噸		
一番及二番 (十噸爐)	一	56	2,433	2,433	18	10	600	360	15.5	3.5	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	17,900	11.2	6.84	10.9	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26			
	二	56	2,433	2,433	18	10	500	360	15.5	3.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	19,000	11.2	6.84	10.9	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26			
	三	56	2,433	2,433	18	10	500	360	15.5	3.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	19,000	11.2	6.84	10.9	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26		
	四	56	2,433	2,433	18	10	500	360	15.5	3.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	19,000	11.2	6.84	10.9	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26		
	五	56	2,433	2,433	18	10	500	360	15.5	3.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	19,000	11.2	6.84	10.9	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26		
	六	56	2,433	2,433	18	10	500	360	15.5	3.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	19,000	11.2	6.84	10.9	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	
	七	56	2,433	2,433	18	10	500	360	15.5	3.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	19,000	11.2	6.84	10.9	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	
	八	56	2,433	2,433	18	10	500	360	15.5	3.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	19,000	11.2	6.84	10.9	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	
	九	56	2,433	2,433	18	10	500	360	15.5	3.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	19,000	11.2	6.84	10.9	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	
	十	56	2,433	2,433	18	10	500	360	15.5	3.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	19,000	11.2	6.84	10.9	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	7.26	
三番及五番 (三屯爐)	十一	36	1,044	1,044	10	9.0	400	400	11.0	3.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	18,400	10.8	8.4	7.7	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45		
	十二	36	1,044	1,044	10	9.0	400	400	11.0	3.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	18,400	10.8	8.4	7.7	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45		
	十三	36	1,044	1,044	10	9.0	400	400	11.0	3.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	18,400	10.8	8.4	7.7	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	
	十四	36	1,044	1,044	10	9.0	400	400	11.0	3.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	18,400	10.8	8.4	7.7	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	
	十五	36	1,044	1,044	10	9.0	400	400	11.0	3.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	18,400	10.8	8.4	7.7	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	
	十六	36	1,044	1,044	10	9.0	400	400	11.0	3.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	18,400	10.8	8.4	7.7	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	
	十七	36	1,044	1,044	10	9.0	400	400	11.0	3.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	18,400	10.8	8.4	7.7	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	
	十八	36	1,044	1,044	10	9.0	400	400	11.0	3.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	18,400	10.8	8.4	7.7	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45
	十九	36	1,044	1,044	10	9.0	400	400	11.0	3.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	18,400	10.8	8.4	7.7	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45
	二十	36	1,044	1,044	10	9.0	400	400	11.0	3.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	18,400	10.8	8.4	7.7	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45
五番 (煉瓦積み換へ後)	二十一	36	1,044	1,044	10	9.0	400	400	11.0	3.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	18,400	10.8	8.4	7.7	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	
	二十二	36	1,044	1,044	10	9.0	400	400	11.0	3.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	18,400	10.8	8.4	7.7	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	
	二十三	36	1,044	1,044	10	9.0	400	400	11.0	3.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	18,400	10.8	8.4	7.7	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	
	二十四	36	1,044	1,044	10	9.0	400	400	11.0	3.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	18,400	10.8	8.4	7.7	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45
	二十五	36	1,044	1,044	10	9.0	400	400	11.0	3.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	18,400	10.8	8.4	7.7	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45
	二十六	36	1,044	1,044	10	9.0	400	400	11.0	3.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	18,400	10.8	8.4	7.7	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45
	二十七	36	1,044	1,044	10	9.0	400	400	11.0	3.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	18,400	10.8	8.4	7.7	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45
	二十八	36	1,044	1,044	10	9.0	400	400	11.0	3.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	18,400	10.8	8.4	7.7	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45
	二十九	36	1,044	1,044	10	9.0	400	400	11.0	3.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	18,400	10.8	8.4	7.7	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45
	三十	36	1,044	1,044	10	9.0	400	400	11.0	3.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	18,400	10.8	8.4	7.7	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45
四番 (一屯爐)	三十一	24	576	576	7.5	7.5	300	300	10.0	2.5	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	13,000	10.5	5.5	5.5	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	
	三十二	24	576	576	7.5	7.5	300	300	10.0	2.5	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	13,000	10.5	5.5	5.5	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	
	三十三	24	576	576	7.5	7.5	300	300	10.0	2.5	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	13,000	10.5	5.5	5.5	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	
	三十四	24	576	576	7.5	7.5	300	300	10.0	2.5	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	13,000	10.5	5.5	5.5	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10
	三十五	24	576	576	7.5	7.5	300	300	10.0	2.5	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	13,000	10.5	5.5	5.5	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10
	三十六	24	576	576	7.5	7.5	300	300	10.0	2.5	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	13,000	10.5	5.5	5.5	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10
	三十七	24	576	576	7.5	7.5	300	300	10.0	2.5	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	13,000	10.5	5.5	5.5	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10
	三十八	24	576	576	7.5	7.5	300	300	10.0	2.5	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	13,000	10.5	5.5	5.5	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10
	三十九	24	576	576	7.5	7.5	300	300	10.0	2.5	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	13,000	10.5	5.5	5.5	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10
	四十	24	576	576	7.5	7.5	300	300	10.0	2.5	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	13,000	10.5	5.5	5.5	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10

第六表 熔解能力決定の實驗 (其二)

爐の名稱	爐腹直徑(吋)		爐腹面積(A) (〇)		送風壓(P)(オンス)		裝入物高さ(呎)	
------	---------	--	-------------	--	-------------	--	----------	--

骸炭使用率 l_c %	一三、四	一三、二	一一、三五	一四、五	一三、四	一二、〇五	一四、七	一三、四	一三、二	一〇、〇
羽口數	六	六	六	六	六	六	六	六	六	六
入羽口總面積 Q_1	一七〇	一四四	三三六	三四八	四二〇	八六四	五四六	二七〇	四二〇	七〇六
入羽口比 A_{a1}	五、六六	九、六二	四、五三	六五、八	五、四五	二、八五	四、八三	一〇、四七	六、七三	五、七六
k の 値	一〇二、四	一一七、三	九八、三七	九七、二〇	九九、一	八九、二〇	七七、六〇	一一一、五	一〇七、三	七七、四七
熔解速度 $W-A$	九、六五	七六〇	八、九〇	七、八五	九、四二	八、七〇	七、五六	七、八〇	七、六五	八、六〇

第三節 公式 (I) に對する吟味及例題

吟味(一) k の値と羽口比及び燃燒率

第六、七及び第八表に示すが如く、大體に於て k の値は極めて能く一致する。

唯だ米國の實例より導き出したものの中には余の結果の平均値と稍々大なる差を生じて居るものがある、之は實際の熔帶の面積、装入物高さの測定に於ける誤差、殊に骸炭使用率測定上の誤差等が大分影響して居ると思はれる。

然し尙ほ注意すると、米國實例に於ける三番、九番及び十番の場合、某所の實例に於ける場合の全部の如く、爐腹面積と羽口面積との比即ち $\frac{Q_1}{A}$ 或は $\frac{Q_1}{A}$ の大なるものは一般に k の値大きく、又米國實例七番、八番に於けるが如く羽口比 $\frac{A}{Q_1}$ 或は $\frac{A}{Q_1}$ の特に小なるものは k の値小なり。(十一番は骸炭使用率餘りに小さく測定上に疑問あり、羽口比のみの影響と思はれぬ)。

此の事實は鎔銑爐の構造、操業上極めて重大なことである元來公式 (I) は

$$(2) \text{ 式 } W = \frac{C_{20}}{l_c} \text{ に於て、爐内への送風量 } W \text{ を } \sqrt{P}/\sqrt{H} \cdot A$$

にて都合よく置き換へて得たる式であつて羽口面積 a には無關係で、骸炭使用率 l_c 及び骸炭燃燒率 C_1 一定なる時、熔解能

力 W は $\sqrt{P}/\sqrt{H} \cdot A$ によりて定まることになる、然し公式 (I) に於ては尙ほ一つの重大なる關係を残して居る。

再び第二節の初めに戻つて考えて見ると、公式 (I) は地金の熔解が骸炭の燃燒によつて發生せられたる熱量に依ると言ふ考えから發して居る。

然し實際の熔解作用に於て必要なるものは此の發生せられたる熱の總量は勿論であるが之と共に熱量の集中と言ふことが重大である。

公式 (I) は此の點に就て少しも觸れて居らなかつた、然るに實際の爐内に於ける空氣の分布或は集中の状態は爐に依つて非常に異なり、爐腹全面積に對して決して一樣でないのである、故に假令爐に對する送風量及び骸炭燃燒量一定即ち爐内に於ける總發熱量が一定であつても、爐内の場所場所に於ける燃燒率及び發熱量を異にする、後述羽口の研究(第二章)は此の爐内に於ける熱の分布並に集中の關係を取扱かつたもので羽口比の如何は送風壓、装入物の高さと共に爐内に於ける空氣或は熱の分布及び集中に影響し従つて熔解能力に影響するとを詳述してある、又同章羽口に關する公式 II、III、及び IV より適當なる羽口比 $\frac{A}{Q_1}$ は各爐の直徑其他で異なるが、大體次の如きものである。

爐の内直径(吋)

出羽口比 A-a

入羽口比 A-a'

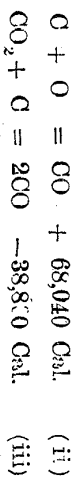
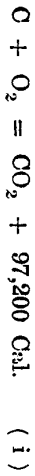
- 二四 五、〇以上
- 三六 六、〇
- 四八 六、五
- 六〇 七、〇
- 七二 七、五
- 七、五以上
- 八、四
- 九、一
- 九、八
- 一〇、五

茲で出羽口比と言ふは爐腹面積 A と羽口より爐への出口面積 a との比で入羽口比と言ふは爐腹面積 A と風函より出口への入口の面積 a' との比である。

而して羽口比が上掲の數字より小なる時は空氣の集中不充分で熔解能力劣り、羽口比が之れ等の數字より大なるときは骸炭使用率其の他の不利を生ずることを論述してある。

然るに米國の操業は一般に羽口比小なる故 k の値小さく其の平均値は約一〇〇である、唯だ前掲二三例の如く羽口比が適當で又他の條件も適當なる時、 $k=110$ 或は之以上に取ることが出来る、又米國實例 七番、八番の如く羽口比を四・〇以下に取るのは總ての場合損で k の値も九〇或は之れ以下に取らざる可らず、即ち羽口比の大小に依つて熔解能率に二〇%以上の差を生ずる故、上式を實際に適應する場合、羽口比に對して充分の考慮を要す。

茲で又燃焼率 ρ に就て考えて置く必要がある。公式(I)を(2)式 $M = \frac{C_{CO_2}}{C_{CO}}$ より引出す場合、骸炭燃焼率 ρ を凡ての爐に對して一定と採つた然し之は普通操業に於て常に許さるべきことであるだらうか、假令ば元來骸炭は常に完全燃焼をなすものではなく、爐内に於ける燃焼には(II)乃至(III)なる reaction が考えられる。



而して、爐内に於て骸炭に catch する送風或は上昇瓦斯の速度が大なれば大なる程、又送風或は瓦斯の温度が高ければ高い程、(II)或は(III)なる作用を増す故著しく燃焼率を増加する筈である。

然し之と同時に、一定量の骸炭の燃焼に依つて生ずる發熱量は同式に従つて著しく減少する、従つて一定量の地金熔解に對する骸炭使用率を増加せねばならなくなる、然るに實際操業に於ては l_c で制せられるので C_1 の甚だしい變化は許されぬ。

又實際に於て冷氣操業をなす鎔銑爐に於ては順調なる爐況に於て燃焼瓦斯の成分は大して變化のあるものではない。

結局 C_1 は凡ての場合略ぼ一定と見ることが出来る、尤も獨逸式鎔銑爐の或るものの如く、稍多量の骸炭を用ひ送風壓及び爐高を増す時は瓦斯速度も大なる故、燃焼率を増加し k の値を一〇%近く増加して居るのが認めらる、此の方法の得失に就いては第二章に於て論ずべし。

吟味(二) 爐の有効高さ と 熔解能力

公式(I)の特徴は爐の有効高さ と 骸炭使用率なる factor の挿入であるが爐の有効高さが熔解能力に反比例すると云ふことは特に注意を要する。

元來鎔銑爐が他の熔解爐に比較して骸炭使用率が非常に少なくて濟むのは全く此の爐高の助けに依るものであつて裝入物は上より下に降り熱せられたる瓦斯は下より上に昇り直接接觸によつて熱を傳達するからである。

殊に瓦斯體の性質として、輻射による熱傳導は極めて少なく専ら接觸に依つて熱を傳導するものである而して接觸による熱傳導は兩者の溫度差と、接觸時間とによる。

然るに爐高の増加によつて瓦斯と裝入物との接觸の度を増加する故、兩者の溫度差も、接觸の時間も共に増加して熱吸收が良くなる、従つて裝入物は充分熱せられて熔帶に下り直ちに熔解される、故に爐高の増加は寧ろ、熔解能力を増加すべきで上式は不合理の如く思はれる。

又實際高爐操業に於ても、熔解能力は送風壓及び高爐と共に増加して來て居る然し茲で考えねばならぬのは爐高の範圍であつて、爐高の有効範圍は送風壓羽口比其他の函數によつて嚴重に定まつて居るのである、今爐高の有効範圍に就て考えて見る。

(i) 上述の如く瓦斯體の熱傳導は兩者の溫度差の大なれば大なる程、又接觸の時間が長ければ長い程大きいのである。然し實際の鎔銑爐操業に於て、適當なる状態に於ては羽口上一八吋以至三〇吋上部なる熔帶に於て一、六〇〇度（攝氏以下同）乃至一、六五〇度の高溫度にある瓦斯は羽口より七呎乃至八呎上部なる裝入口に於ては二〇〇度乃至五〇〇度に \downarrow down されて居るものである、故に他の條件を同一に保つて爐の高さのみを之れ以上増加しても其熱吸收の割合は大して増加されぬ。

(ii) 又羽口より七呎乃至八呎上部の裝入口より裝入された材料が熔帶まで降るには普通三〇分乃至五〇分を要するもので實際の場合此の時間内で充分鎔解點附近まで豫熱せられて居るものである、故に或る程度以上爐高を増して降下時間

を長くしても豫熱に對する効果は高められない、即ち爐高が有効に働く限界は極く低い所にある、次に爐高が熔解能力に及ぼすその他の影響に就て考えて見る。

(iii) 爐の有効高さの増加は爐内の壓力を増加し又爐壁と裝入物との間の摩擦の相違による裝入物の降下の速度の差を増加する、故に、送風壓、羽口比其の他の條件に關せず爐高を増加すると、送風の一樣なる分布も、又熱の集中も益々減じて行くものである、（羽口の研究第二章）。

然るに此の熱の集中は熔解能力並に地金の熔融状態に最も必要なるものである、故に爐の有効高さが其の範圍を越すのは損である。

(iv) 尙ほ鎔銑爐への送風操業の程度に於ては、送風速度も緩るやかであるし、送風管は短かく、直徑も太い故に、送風機より鎔銑爐に至る、送風管中の速度及び摩擦による壓力降下は極めて小さい、（送風壓の二%内外）又羽口先端に於ける壓力降下も前述の如く極く僅かで（初風壓の一〇%を越えぬ）普通兩者の壓力降下を加へて一乃至一、五オンスを越すこと稀である、即ち送風の大部分は爐内の抵抗に抗して裝入物中を昇る爲めに費されるのである、即ち送風量一定なる時 $\frac{N.P.}{N.H.}$ 一定なる關係はよく保たれる。

此の事實は高爐の場合にも全然同一であつて、Mr. John, N. Reese of Youngstown の八五回の實驗によれば順調なる爐況に於ては、高爐内の壓力は裝入物の高さと共に直線をなして増加して居る、（線圖II）。

結局、送風壓一定なるとき、爐高の増加は送風量を減じ熔解能力を減ずることになる。

送風量を増加して熔解速度 $\frac{W}{A}$ を増加することが出来る、然し此の場合骸炭の補給が充分でないと、床積骸炭の高さを減じ地金の酸化を來し同一熔融状態を續けることが出来ぬので送風量の増加と共に骸炭使用率の増加は避け得ぬことである(第二章十二節)。

結局羽口比及び爐高一定なるとき、送風壓 $\frac{W}{A}$ は熔解速度 $\frac{W}{A}$ と骸炭使用率 l_0 との相乗積に正比例する。(線圖 IIIの a, b 參照)。

故に送風壓を増加し従つて骸炭使用率 l_0 を増加してまで $\frac{W}{A}$ を増し時間を節約するか、骸炭使用率を節約する爲め、送風壓を低くし従つて $\frac{W}{A}$ を減ずるかは鑄物工場の性質又は日々の操業の事情によりて異なる。

然し一般に小爐を過度に操業するよりは寧ろ、もつと大なる爐を作つた方が一層經濟なるは言を俟たぬ。

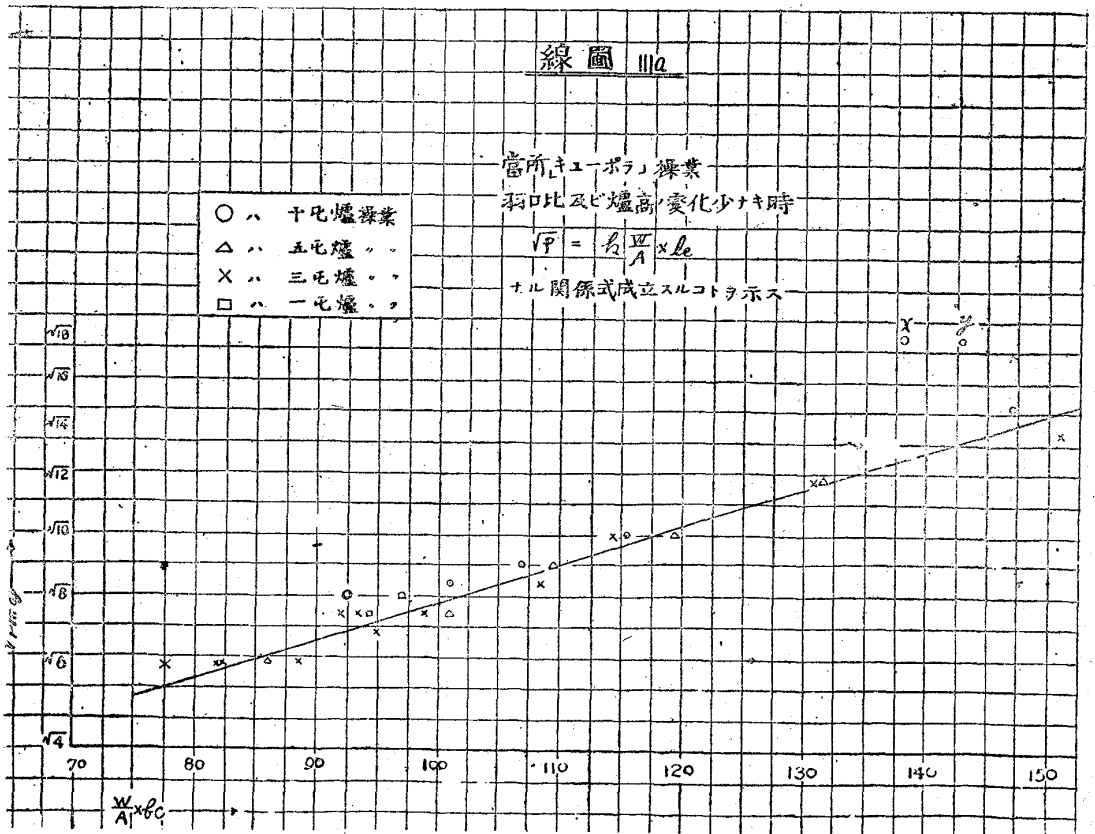
結局從來述べられたる $\frac{W}{A}$ の値はそれ程重大なるものではなく、操業によりて變ぜらるべきものであつて、第一節(一)に於けるが如く $\frac{W}{A}$ の大小によつて爐の能率を云々するのは誤りである。

⊕ 線圖 III は第六表に於て H の變化八乃至九呎の範圍を取つたものである、又 X, Y は爐高夫々一二呎及び一〇呎の場合で H が變化すると此の關係の成立せぬことを示して居る。

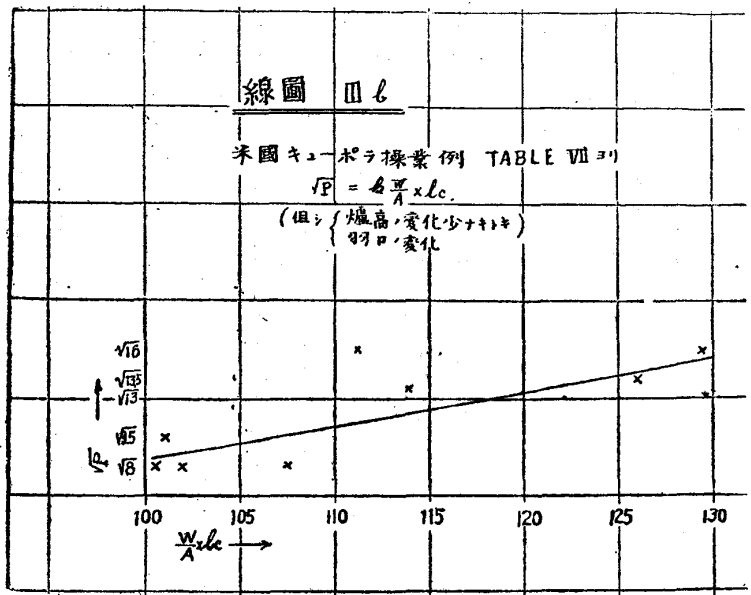
(ii) 送風壓と骸炭使用率、熔解能率

第六表の結果は大體各爐操業とも送風壓減少の順になつて居るが送風壓を加減して得たる結果ではなくして先づ骸炭使用率を減少し行きたるに骸炭使用率の減少に従つて適當なる熔融状態を續ける爲めに否應なしに送風壓を減少せねばならなくなつた結果である。

線圖 IIIa



尙ほ此の場合、H の比が適當なる範圍に於ては或る程度まで熔解速度 $\frac{W}{A}$ の減少は避けられて居る。然し遂に送風壓の減少がある限界を越すと熔解速度 $\frac{W}{A}$ の



減少が漸く著しくなり、又同時にkの値が一〇%近く減じて居る又斯る状態に於ては實際の場合爐の順調なる範圍が狭

5。之は熔解に對して必要な送風量の不足、従つて燃焼率の減少、熱の不足を意味するもので操業方法が稍々過度になつて居ることを示して居る。

故に著者も現在は⊕の如き操業を行つて居る。

又逆にP/Hを適當に保つて送風壓を増加して行く時kの値を一〇%近く増加して居る。(第六表第八表)

然しP/Hの比に關せず送風壓を増加するとW/Aを増加せずして却つてI。のみを増加する様になるのが著者初期の實

験に依つて明らかである。

結局、各爐に於て、装入物高さH、羽口比 $\frac{A}{a}$ 骸炭使用率に應じて熔解能率及び熔解速度の最高効率を得らるべき送風壓の範圍が定まる、又熔解操業の成と不成とは之等 foundit-on の微妙なる調制による、以下順を逐ふて考ふるとにする。

以上論述したる所により公式(I)は大體説明し得たりと考へる、次の例題は鎔銑爐操業として可也極端な實例で從來の孰れの公式によりても説明困難であるが、公式(I)により數字的に容易に説明が出来る。

例題 (I)

米國の一工場に於て (Foundry, 1915年 P. 102)

- 爐腹の内直径 48"
- 爐腹の面積 A 1810 \square "
- 爐の有効高さ H. 16'~6"
- 羽口總面積 $\left\{ \begin{array}{l} \text{出羽口面積 } a_1 \quad 756\text{ }\square\text{"} \\ \text{入羽口面積 } a \quad 480\text{ }\square\text{"} \end{array} \right.$

羽口比 $\frac{A}{a}$ 2.4

$\frac{a_1}{a}$ 3.8

- 床積骸炭の高さ 28"
- 装入骸炭比 % 250/2500 = 10%
- 送風量 4500 立方呎分 (送風機の廻轉より見て)
- 送風壓 16オンスたりとき

送風開始後一五分迄は風函に於て送風量毎分三、八〇〇立方呎なるに送風後一五分を過ぎると送風量三、五〇〇立方呎分に減じ熔融地金は甚だしく酸化せられ熔解量も毎時七噸(一、四〇〇封度)に過ぎずと言ふ。

今此の爐の送風壓を九オンスに低め而も毎時の熔解量を九

噸に高める方法に就いて問ふて居る、之に對して W.F. Reep 氏及び George C. Hicks の兩氏は最も適當と思はれる忠言を與へて居るが其の所で羽口に關して説かれて居る事の外は大體自分の考へと一致する、即ち、以上の惡結果は爐の有効高さが高か過ぎる爲めである、又送風後暫くして送風量を減ずるのは操業と共に爐内の温度高まり瓦斯は expand するが爐口の面積一定なる爲め、爐内の壓力を増大する爲めであると言ふて居られる。

凡て以上の關係は公式(I)に於て考へたることにより容易に説明が出来る、即ち 公式(I) (d) 及び (5) より

$$W = KA \frac{\sqrt{P}}{\sqrt{H}} \frac{(1+\alpha t)}{(1+\alpha t_1)} \text{に於て}$$

他の條件一定なるときは爐内の温度 $(1+\alpha t)$ の増加は送風量を減少する。

又一定送風に對して裝入物高さの増加は送風量の増加を必要とする、然るに此場合爐高が非常に高いので一六オンスの送風量でも尙ほ所要の送風を行ふのに不充分であると思はれる、然るに一方送風機の安全値は一六オンスに保つてあるに違いないので鎔銑爐よりの Back pressure により送風は此の瓣より漏出して仕舞ひ従つて豫定の output を得られなものと思はれる、又公式(I)に適用して數字的に考へて見ると。

$$\frac{A}{a} = 2.4 \quad \frac{A}{a_1} = 3.8$$

∴ k の値は吟味(1)より 90% 至 95% と取らざる可らず

又吟味(1) (3) より送風壓及び爐高高さ故之より一〇%乃至五%を増加して $k = 95$ と取れるが適當である、又骸炭使

用率は床積骸炭を考へに入れて一二・〇%と取る。

∴ 毎時の溶解能力 W 封度は

$$W = \frac{\sqrt{16 \times 1810}}{\sqrt{16.5 \times 12}} \times 95 = 14100 \text{ 封度}$$

≒ 7 噸

故に以上の如き状態にては此の結果は當然なり。

今此の溶解能力を九噸一八、〇〇〇 lb/hr に高める爲めには先づ溶解能率 k を高めることが必要である。

∴ 吟味(1)より

$$\text{羽口比} \frac{A}{a} = 6.5 \text{ 或は } \frac{A}{a_1} = 9.1 = \text{に取リ}$$

爐高(裝入物高さ)を 9呎~9.5呎に減ずれば (第二章十節)

$k = 105$ 或は之れ以上にとることが出来る

此の時必要な送風壓 P は

$$\sqrt{P} = \frac{\sqrt{9 \times 12\% \times 18000\text{lb}}}{105 \times 1810 \text{ 呎}^2} = 3.42$$

∴ $P = 11.6 \text{ OZ} \approx 12 \text{ OZ}$

即ち、送風壓一二オンス、骸炭使用率一二%、爐高九呎なるとき六・五の羽口比にて、一八、〇〇〇封度の output を得らるゝ事となるが實際の例とよく一致する。

又、同一 output (一八、〇〇〇封度)にて送風壓を九オンスに低めることも、不可能ではないが、此の爲めには骸炭使用率を減ずる外仕方がない、此の時の骸炭使用率 l_c は

$$l_c = \frac{105 \times \sqrt{9 \text{ OZ} \times 1810 \text{ 呎}^2}}{18000\text{lb} \times \sqrt{9 \text{ ft}}} = 10.6\%$$

即ち總骸炭使用量を一〇・六%に保たねばならぬが、實際操業に於ても注意深き Forman の下に於ては決して難事でない。

例題 (2)

Oskar D. Assl 氏による (Stahl u. Eisen 1917年)

氏は 銑鉄爐の内径 900 mm (36')
 銑鉄爐の面積 A 1017 ㎡
 銑鉄爐の全高 7300 mm (24'-6")
 銑鉄爐の有効高さ 4300 mm (14.4')
 羽口總面積 A 805 ㎡ mm

羽口比 $\frac{A}{A}$ 7.9

下羽口の高さ (湯溜りより) 640 mm (26")

上羽口の高さ () 1000 mm (40')

二段羽口にて四〇度だけ Hearth の方に傾ひて居る如き爐に於て

(i) 送風量二八〇 r. p. m. 或は九八 eubm/mi (三三二一八、二立方呎・分) 送風壓一八オンスなるとき
 Output 五二六〇庇にして湯の沸き悪かりしかば

(ii) 之を同一面積を有する一段羽口 (下段のみの) とせるに却つて Output を四五〇〇庇に減じ湯の沸きが最も悪くなつた。

(iii) 又送風量を一一四 eubm/mi (四〇二四オンス立方呎・分) に増加し羽口比を一〇・九の二段羽口とし送風壓を二〇オンスに高めたるに湯の沸きよくなり Output が五二二七庇となつた。

(iv) 次に毎回の装入量を一、〇〇〇庇より一、五〇〇庇に高め装入骸炭比を九・四％に減じたるに Output を六、九四〇庇に増加し、湯の沸きも良くなつたと言ふ。

以上の場合も例題(I)と全く同様にして公式(I)の適應によりて容易に説明することが出来る。
 即ち之等の現象の主なる原因は爐高の高過ることにて假令

送風機に於ける廻轉は充分であつても爐内の Back pressure によりて一定の熔解量に對する一定の送風量(一、〇〇〇庇の鐵に對して約五五〇立方呎)を得られなかつたことに歸因する、又(ii)の場合が特に熔解量の減少甚だしかつたのも、同様羽口の降下によりて装入物の高さを増加したることによりて説明される。

公式(I)に適應するに必要な關係を表示すれば次の如し。

操業回数	(i)	(ii)	(iii)	(iv)
羽口比 $\frac{A}{A}$	13	3	14	24
送風壓(オンス)	7.9	7.9	10.9	10.9
装入物高さ(呎)	18	18.0	20.0	20.5
装入骸炭比	14	15.5	14	14
床積骸炭總量	13.72	13.0	12.66	9.4
床積骸炭使用率 I_0	2.06	—	2.60	3.26
(床積骸炭半分だけが燃焼せられたるものとして)	14.7	14.5	14.0	11.1
熔解能力 W 庇	5,360	4,500	5,227	6,940
熔度面積 A ㎡	1,017	1,017	1,017	1,017

上表より
 羽口比は七・九或は一〇・九なり、故に吟味(I)より36'の爐に對しては過分なり、故にkの値は、一一〇或は之れ以上に取ることが出来る、又送風壓も爐高も共に高し、故に吟味(3)よりkの値は之より一〇％を増して一二〇乃至一二五と取るのが適當である。

之より熔解能力を計算すれば、

$$(i) W = 120 \times \frac{\sqrt{18 \times 1017}}{\sqrt{14 \times 14.7 \times 2.2}} = 4670 \text{ 庇}$$

$$(ii) W = 120 \times \frac{\sqrt{18 \times 1017}}{\sqrt{15.5 \times 14.5 \times 2.2}} = 4198 \text{ 庇}$$

$$(iii) W = 120 \times \frac{\sqrt{20 \times 1017}}{\sqrt{14 \times 14 \times 2.2}} = 5180 \text{ 吨}$$

$$\text{if } k = 125 \quad \quad \quad = 5380 \text{ 吨}$$

$$(iv) W = 120 \times \frac{\sqrt{20.5 \times 1017}}{\sqrt{14 \times 11.1 \times 2.2}} = 6745 \text{ 吨}$$

$$\text{if } k = 125 \quad \quad \quad = 7025 \text{ 吨}$$

即ち實際の結果と驚くべき一致を見、以上述べたるが如き数字的説明は従來行はれたる公式によりては困難である。

例題(3) 高爐に對する公式(I)の適應

鎔鑛爐の場合は國々に依つて爐の構造、鑛石の種類等を著しく異にし、從て送風壓、送風溫度等にも大なる相違があるので燃焼率も可成相違して居る故に凡ての場合に對して公式(I)を其の儘適應することが出来ぬかも知れぬ。

然し孰れにしても

$$W = k C_1 \frac{\sqrt{P A T'}}{\sqrt{H t_c T}} \quad (3) \text{及} (a) \text{及} (b)$$

C_1 は燃焼率

T' は送風溫度

なる關係は常に成立するものと信ずる、從て又同一鑛石、同一操業方法に於ては、單に單位と定數とを變化するのみにて

$$W = k \frac{\sqrt{P A}}{\sqrt{H t_c}}$$

なる關係が成立すると信ずる、假令ば上式を八幡製鐵所の高爐操業に適應して見るに長谷川熊彦氏によりて次の數字が與へられる。

(製鐵所研究記事、第五十號、第十三表、製鐵所研究報告 No. 2)

八幡製鐵所高爐操業の例

高爐名稱	第一(I)年 月 年	第一(II)年 月 年	第二(I)年 月 年	第二(II)年 月 年	第三(I)年 月 年	第三(II)年 月 年	第四年 月 年
操業時間	43~10 4~4	5~5 8~1	38~2 44~6	44~10 8~3	42~10 3~7	4~3 9~1	3~4 9~9
爐高、爐床より送入線及び、爐床より、有効高さ H	19.5m	21.0m	19.5m	19.5m	21.0m	21.0m	21.0m
爐腹直徑 D.m	1.2m	2.1m	1.9m	1.9m	2.0m	2.2m	2.2m
爐腹面積 A.0m	18.3m	18.9m	17.6m	17.6m	19.0m	18.8m	18.8m
實際一日熔解量平均 W 噸	162	200	111	187	152	202	235
送風壓 P 封度	4	6	4	5	4	6	6
研究報告 NO.2 より (此方が實際)						194	215

送風壓は與へられたる表よりは明かでない、然し爐の操業年代及び操業期間よりして上の如き數字が適當であると思ふ、骸炭使用率も明らかでないから、凡ての爐に對して pig: coke = 1:1.1 として計算すれば實際と大差はないと思ふ。

以上の實例の孰れか一つ假へば、第四高爐の結果を公式(I)に適應して k の値を求むれば

$$k = \frac{W \times \sqrt{H \times t_c}}{\sqrt{P \times A}} = \frac{215 \times \sqrt{18.8 \times 1.1}}{\sqrt{6 \times 36.3}} = 11.5$$

k の値を各高爐操業に適應すると

$$\text{第一高爐 (I) より } W = \frac{\sqrt{4 \times 33.2 \times 11.5}}{\sqrt{18.3 \times 1.1}} = 163 \text{ 噸 (計算) } \quad \text{實際 } 162 \text{ 噸}$$

$$\text{第一高爐 (II) より } W = \frac{\sqrt{6 \times 28.3 \times 11.5}}{\sqrt{18.9 \times 1.1}} = 168 \text{ 噸 (計算) } \quad \text{實際 } 200 \text{ 噸}$$

$$\text{第二高爐 (I) より } W = \frac{\sqrt{4 \times 21.6 \times 11.5}}{\sqrt{17.6 \times 1.1}} = 112 \text{ 噸 (計算) } \quad \text{實際 } 111 \text{ 噸}$$

$$\text{第二高爐 (II) } W = \frac{\sqrt{5 \times 33.2 \times 11.5}}{\sqrt{17.6 \times 1.1}} = 186 \text{噸} \quad 187 \text{噸}$$

$$\text{第三高爐 (I) } W = \frac{\sqrt{4 \times 34.2 \times 11.5}}{\sqrt{19 \times 1.1}} = 164 \text{噸} \quad 152 \text{噸}$$

$$\text{第三高爐 (II) } W = \frac{\sqrt{6 \times 33.2 \times 11.5}}{\sqrt{18.8 \times 1.1}} = 197 \text{噸} \quad \begin{matrix} 202 \\ 191 \end{matrix} \text{噸}$$

第一高爐(II)は計算者の豫定出銑高で實際のものでないから比較にならぬ。

然し其の他の例は實際操作の結果と驚くべき一致を見て居るから、上式が高爐操作に於ても適應出来ることが解る。

又他所の高爐操作に於ても、鑛石、骸炭の性質及び爐の構造により、燃焼率其の他を相違し幾分kの値は變化するがkの値を適當に定むれば、又上式は正しく適應されるものと思ふ。以上の關係より考へると釜石鑛山の舊式高爐の熔解能力の低いことも、米國式高爐の熔解能力の大きいことも、容易に數字的説明が出来る。

第四節

第一章の結論

第一章の研究は熔解能力に及ぼす、爐の構造及び操業上の主なる函數を大體として論じたるもので言はば第二章以下の緒言とも見らるべきものである。

然し又公式(I)は熔銑爐本來の第一義を論じたるものであるから、或る意味に於て第二章以下の研究の結論ともなるべきものである。

然し第二章以下を論究する場合豫め爐の熔解能力と之れ等の函數との關係を知つて置くことが必要と思つたので特に初

銑銑爐構造並に操業に關する理論的研究(其一)

めに於て考へたのである、従つて公式の説明其の他に於て充分其の意を盡し兼ねた點が多いが、研究の進むに連れ次第に明かになると思ふ。

扱て第一章に於て論じたる主なる事項は次の如くであつた
(一) 地金熔解は骸炭の燃焼に依る發熱量及び之が分布並に集中に依るものなること、

(二) 骸炭の燃焼に必要な送風量は送風壓、裝入物高さ及び爐腹面積によりて都合よく表はされ、爐の構造及び操業上便利なること、

(三) 燃焼熱の分布及び集中の關係は第二章に於て明かにされる問題であるが、送風壓と爐高との關係、羽口面積と爐腹面積との關係は特に著しく熔解能率に影響しkの値を變化すること、

(四) 結局熔解能力Wは

$$W = k \frac{\sqrt{P \cdot A}}{\sqrt{H \cdot l_0}} \quad \text{にて表はされること}$$

(五) 又定數kは實驗の結果適當なる状態に於ては一〇五と取ることが出来ること等なり。