

# 混和ガス使用による平爐作業に就て

(日本鐵鋼協會第 23 回講演大會, 第 4 回日本工學大會講演, 昭 15.4.東京)

數 納 勳 郎\*

ON THE BASIC OPEN HEARTH PRACTICE USING MIXED GAS

Kunrō Sunō

SYNOPSIS:—The author presented statistically results of the operation of the No. 5 basic open hearth using mixed gas in Showa Steel Works during the period from April 1937 to Sept. 1939. Then the author examined physical and chemical reactions that take place when mixed gas is preheated in the regenerator and gave useful directions concerning the practice and construction of the open hearth.

## 目 次

### 序 説

- I. 蓄熱室温度と混和ガス性状の變化
  1. ガス成分の變化
  2. ガス比重の變化
  3. ガス速度の變化
  4. ガス熱量の變化
- II. 蓄熱室温度と火焰温度の關係
  1. 火焰温度の測定
  2. 豫熱ガス中の炭素量の測定
- III. 混和ガス使用狀況
  1. ガス通入
  2. 製鋼作業中のガス使用
- IV. 装入時間, 熔解時間, 精鍊時間の關係
  1. 装入時間と熔解時間
  2. 半銑温度, 装入鑛石量と熔解時間
- V. 熔解時に於ける不活動性鋼滓
- VI. 各試験の熱勘定
- VII. 混和ガス使用に對し留意すべき事項
  1. 設計に就て
  2. 築爐に就て
  3. ガス壓力, 計器類に就て

總 括

## 序 説

昭和 12 年 7 月, 第 5 號平爐に於て混和ガス(コークス爐ガスと熔鑛爐ガスの混合物にかく命名す)に依る平爐作業を開始したが, 發生爐ガスとその性状を異にする爲, 作業の方法は勿論, 平爐の設計, 築爐等に於ても研究すべき餘地が多い事を経験した. 昭和 13 年 1 月第 5 號平爐に於て熱勘定に関する研究を試みたが, 之を機會に混和ガスを使用して豫備精鍊爐との合併製鋼法を行ふには如何なる操業法が良いかを研究する爲同平爐に於て熱管理所と共同して, 長期に亙り研究を行ふ事にした.

\* 昭和製鋼所

ガス流量計, 温度記録計, 壓力計等各計器類の整備及び混和ガス, 排ガス等の分析は夫々熱管理所の計器係及び技術係が擔當し, 操業に関する統計の蒐集は製鋼工場が受持つた.

試験は次に示すやうに 4 回に涉り行つたが一應之を取纏め將來に對する指針を定め, 更に豫備精鍊爐と併行的に之を行ひアスカニア自動調節機による平爐作業の研究を行ふ積りである.

第 1 回 昭和 13 年 3 月 1 日より同年 4 月 14 日

第 2 回 昭和 13 年 4 月 22 日より同年 8 月 24 日

第 3 回 昭和 13 年 9 月 4 日より昭和 14 年 1 月 25 日

第 4 回 昭和 14 年 8 月 1 日より同年 9 月 12 日

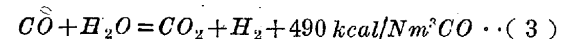
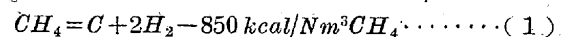
各試験は時候によるガス成分の變化, 夏季暑熱の爲の肉體的條件の差異, 殊に第 3 回, 第 4 回は熔銑關係の變動により著しく作業條件が異つた爲に一貫した試験を試みる事は出来なかつたが, 平爐作業上種々考ふべき問題を提供し参考となつた點が多かつた. 試験成績は末尾の表に示す.

混和ガスが蓄熱室で豫熱せられ吹出口から噴出する迄には種々の物理的化學的變化を受けてガスの性状が變化する. この變化を明かにする爲, 昭和 15 年 2 月, 之に就て實驗を試み平爐作業上或は築爐上の参考に供した.

## I. 蓄熱室温度と混和ガス性状の變化

### 1. ガス成分の變化

混和ガスは蓄熱室中に於て豫熱され主として次の化學變化が行はれる.



CH<sub>4</sub> の分解によつて生じた C の一部は (2) の如く CO<sub>2</sub> の還元消費される。この反應は可逆反應であるが平爐の普通操業状態に於ては蓄熱室温度は 800°C 以上であるから、常に右方向に進む。

混和ガス中の O<sub>2</sub> は豫熱温度が孰れか一つのガス成分の燃焼温度に達すると一部消費せられる。O<sub>2</sub> は C 又は CO と化合して CO<sub>2</sub> になるが H<sub>2</sub> の燃焼温度が低いと大なる還元力の爲 H<sub>2</sub> を酸化して H<sub>2</sub>O とする (4) の反應が行はれ易い。

昭和 15 年 2 月 10 日, 12 日, 15 日の 3 日間に涉り次の方法に依りガス分析を行つた。試料は變更瓣とガス上りの兩方から採り, ガスを東から 50 mm 通じ 10 mm 置きに試料を採取し蓄熱室温度とガス成分の變化を調べた。ガス變更直前及び直後の温度を高温計で測定し, この間の温度低下は Stahl u. Eisen (1931) p. 989, Walter Albert の論文に基き定めた (測定箇所は鋼滓室, 格子積室境界の格子積煉瓦表面)。之等の分析結果は第 1~3 表に示してある。

第 1 表 混和ガス分析表 (實驗 I)

於ガス變更瓣								
時刻	CO <sub>2</sub>	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> net kcal	
午後 2.45	7.2	1.0	1.4	21.2	15.1	8.3	45.8	1916
2.55	8.0	1.0	1.4	21.4	15.0	8.6	44.6	1945
3.05	7.0	1.0	1.6	20.0	18.8	9.9	41.7	2110
3.15	7.4	0.8	1.6	20.2	17.7	8.9	43.4	1969
3.25	7.2	0.8	1.2	22.0	16.1	7.8	44.9	1888
3.35	7.6	1.0	1.4	21.6	16.0	9.1	43.3	2106

於ガス上り								
時刻	CO <sub>2</sub>	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> net kcal	
午後 2.45	4.6	—	0.4	28.0	20.2	2.2	44.6	1560
2.55	5.0	—	1.0	25.6	20.3	4.5	43.6	1630
3.05	5.0	—	0.4	22.6	24.8	5.8	41.2	1758
3.15	6.0	0.2	0.6	24.4	16.4	5.5	46.9	1634
3.25	6.6	—	0.6	24.8	16.2	5.4	46.4	1691
3.35	7.8	0.4	0.6	23.2	19.0	5.0	44.0	1675

第 2 表 混和ガス分析表 (實驗 II)

於ガス變更瓣								
時刻	CO <sub>2</sub>	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> net kcal	
午後 4.00	7.0	0.8	0.8	22.4	15.0	7.8	46.2	1872
4.10	6.6	0.8	0.8	23.2	18.1	8.7	41.8	2028
4.20	7.4	1.0	1.2	22.0	17.3	9.1	42.0	2065
4.30	6.6	1.0	1.0	22.8	17.4	9.1	42.1	2091
4.40	7.2	1.2	0.8	22.4	17.8	9.1	41.5	2124
4.50	6.4	1.0	1.2	22.4	17.2	9.7	42.1	2125

於ガス上り								
時刻	CO <sub>2</sub>	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> net kcal	
午後 4.10	4.4	—	0.8	25.6	22.1	5.1	42.0	1785
4.20	5.6	—	0.8	24.8	20.2	6.9	41.7	1865
4.30	6.0	—	0.8	24.0	18.9	7.8	42.5	1885
4.40	6.2	0.2	0.8	23.8	17.9	8.7	42.4	1964
4.50	6.6	0.4	0.6	23.6	17.8	8.7	42.3	1990

混和ガスは豫熱され CH<sub>4</sub> の分解, CO<sub>2</sub> の還元により, 其の 1 容は 2 容となり容積を増加する。従つて混和ガスの N<sub>2</sub> を基準として豫熱ガスの分析を換算しないと兩者の比較に誤りを生ずる。この換算結果を第 4~6 表に示してある。

第 3 表 混和ガス分析表 (實驗 III)

於ガス變更瓣								
時刻	CO <sub>2</sub>	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> net kcal	
午前 11.44	8.0	1.0	0.6	22.4	17.2	10.0	40.8	2151
11.50	8.0	1.4	1.6	21.6	18.0	9.4	40.0	2165
午後 12.00	8.0	1.0	1.0	20.6	17.3	10.2	41.9	2116
12.10	7.6	0.8	0.6	21.8	17.5	9.2	42.1	2039
12.20	8.0	0.6	0.8	22.0	17.5	9.7	41.4	2053
12.30	8.0	0.4	0.8	20.8	17.3	9.8	42.9	1986

於ガス上り								
時刻	CO <sub>2</sub>	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> net kcal	
午前 11.44	4.0	—	0.8	28.6	23.1	4.0	39.5	1809
11.50	4.8	—	1.0	25.4	20.6	6.2	42.0	1834
午後 12.00	5.6	—	0.8	24.6	18.4	8.3	42.3	1933
12.10	6.2	—	0.8	24.4	17.8	8.7	42.1	1946
12.20	6.8	—	1.0	24.2	17.2	9.5	41.3	1993
12.30	7.0	—	0.8	23.8	16.9	10.0	41.5	2017

第 4 表 換算混和ガス分析表 (實驗 I)

於ガス上り								
時刻	CO <sub>2</sub>	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>	
午後 2.45	4.7	—	0.4	28.8	20.8	2.3	45.8	
2.55	5.1	—	1.0	26.2	20.4	4.6	44.6	
3.05	5.1	—	0.4	22.8	25.1	5.9	41.7	
3.15	5.6	0.2	0.6	22.6	15.2	5.1	43.4	
3.25	6.4	—	0.6	24.0	15.7	5.2	44.9	
3.35	7.7	0.4	0.6	22.8	18.7	4.9	43.3	

第 5 表 換算混和ガス分析表 (實驗 II)

於ガス上り								
時刻	CO <sub>2</sub>	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>	
午後 4.10	4.4	—	0.8	25.4	22.0	5.1	41.8	
4.20	5.6	—	0.8	25.0	20.4	7.0	42.0	
4.30	5.9	—	0.8	23.8	18.7	7.7	42.1	
4.40	6.1	0.2	0.8	23.3	17.5	8.5	41.5	
4.50	6.6	0.4	0.6	23.5	17.7	8.7	42.1	

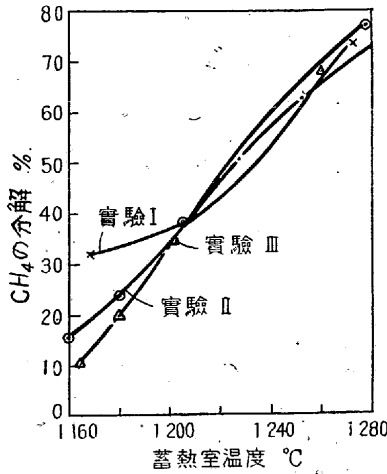
第 6 表 換算混和ガス分析表 (實驗 III)

於ガス上り								
時刻	CO <sub>2</sub>	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>	
午前 11.44	3.9	—	0.8	27.7	22.4	3.9	40.8	
11.50	4.6	—	1.0	24.2	19.6	5.9	42.0	
午後 12.00	5.5	—	0.8	24.4	18.2	8.2	41.9	
12.10	6.2	—	0.8	24.4	17.8	8.7	42.1	
12.20	6.8	—	1.0	24.2	17.2	9.5	41.4	
12.30	6.8	—	0.8	23.0	16.3	9.7	42.9	

次に各試験時間内の蓄熱室温度低下を示す。

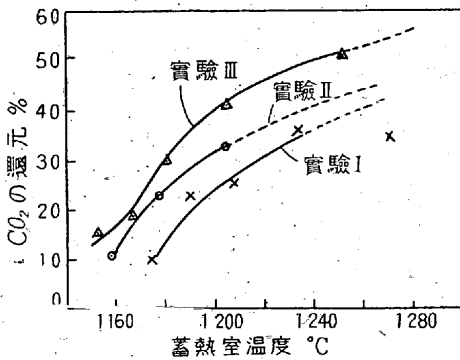
實驗 I		實驗 II		實驗 III	
時刻	温度	時刻	温度	時刻	温度
午後 2.45	1,290°C	午後 4.00	1,275°C	午前 11.44	1,248°C
2.55	1,232	4.05	1,222	11.50	1,205
3.05	1,208	4.10	1,206	午後 12.00	1,180
3.15	1,190	4.20	1,178	12.10	1,164
3.25	1,176	4.30	1,158	12.20	1,153
3.35	1,165	4.40	1,144	12.30	1,145
		4.50	1,130		

第 4, 5, 6 表から  $CH_4$  の分解を表はしたものが第 1 圖である。之から見ると混和ガス中の  $CH_4$  は蓄熱室温度 1,200°C の時、その 35% 1,300°C に於て 75% 分解する。



第 1 圖 蓄熱室温度と混和ガス中の  $CH_4$  の関係

$CO_2$  の還元を第 4, 5, 6 表から求めたのが第 2 圖である。



第 2 圖 蓄熱室温度と混和ガスの  $CO_2$  の関係

第 2 圖から見ると  $CO_2$  の還元は各実験毎に相当廣範圍に移動してゐるが、之は水ガス反應の影響を受けてゐるものと考へられる。

## 2. ガス比重の變化

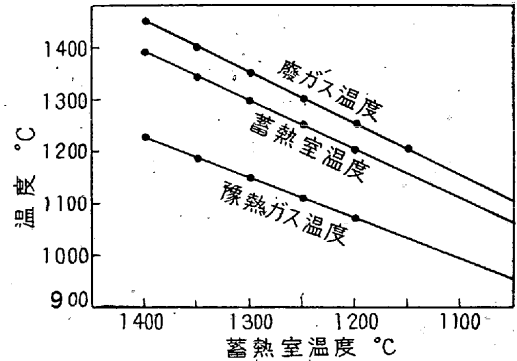
常温に於ける混和ガスの比重は次に示す如く發生爐ガスに比較して幾分軽い。

	$CO_2$	$O_2$	$C_nH_m$	$CO$	$H_2$	$CH_4$	$N_2$	net kcal	比重 ( $kg/Nm^3$ )
高爐ガス	8.0	0.4	—	30.9	0.95	—	59.85	967	1.30
コークス 爐ガス	3.3	1.1	2.6	10.2	47.7	25.3	9.9	4,144	0.60
混和ガス (コークス爐 ガス35%)	6.4	0.6	0.9	23.7	17.3	8.9	42.2	2,080	1.05
發生爐ガス	2.1	0.5	0.8	29.4	12.7	4.1	50.4	1,677	1.10

混和ガスは豫熱せられると  $CH_4$  の分解,  $CO_2$  の還元等に依りガス成分は變化し、蓄熱室を出ると  $CH_4$  は減少し  $H_2$  及び  $CO$  が増加するから比重は小になる。

豫熱ガス温度と蓄熱室煉瓦表面温度との關係は信澤氏の計算によれば第 3 圖の如くなる。

之よりガスカナル及び蓄熱室を通過する時のガス温度を夫々 400°C, 1,150°C とすれば常温に於ける混和ガスの容積  $V$  及び比重  $\rho$  は次の如くなる (但  $\rho_0 = 1.05 kg/Nm^3$ )。



第 3 圖 豫熱ガス及び廢ガス温度と蓄熱室温度の關係

$$V_{400} = V_0(1 + 400/273) = 2.46V_0 \quad \rho_{400} = 0.430 kg/m^3$$

$$V_{1300} = V_0(1 + 1,150/273) = 5.22V_0 \quad \rho_{1300} = 0.201 kg/m^3$$

$CH_4$  の分解及び  $CO_2$  の還元を考慮に入れた時 1,300°C で  $CH_4$  はその 76%,  $CO_2$  はその 55% 變化す。従つて上記の混和ガス分析から  $CH_4$  6.8%,  $CO_2$  3.5% が變化す。故に容積は 6.8+3.5=10.3% 増加す。

$$V'_{1,300} = 5.22 V_0 \times 1.103 = 5.76 V_0$$

$$\rho'_{1,300} = 1.05/5.76 = 0.182 kg/m^3$$

蓄熱室温度 1,250°C, 1,200°C, 1,150°C の時のガス温度は第 3 圖より夫々 1,110°C, 1,070°C, 1,025°C であるから同様に計算により容積, 比重は次の如くなる。

$$V_{1250} = 5.07 V_0 \quad \rho_{1250} = 0.207 kg/m^3$$

$$V_{1200} = 4.92 V_0 \quad \rho_{1200} = 0.214 kg/m^3$$

$$V_{1150} = 4.75 V_0 \quad \rho_{1150} = 0.221 kg/m^3$$

$CH_4$  の分解及び  $CO_2$  の還元を考へたる時

$$V'_{1250} = 5.40 V_0 \quad \rho'_{1250} = 0.195 kg/m^3$$

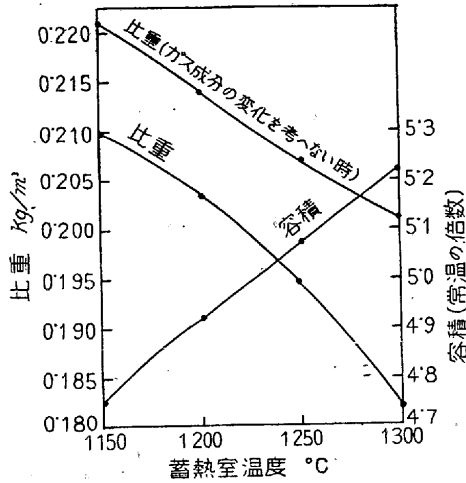
$$V'_{1200} = 5.16 V_0 \quad \rho'_{1200} = 0.204 kg/m^3$$

$$V'_{1150} = 5.00 V_0 \quad \rho'_{1150} = 0.210 kg/m^3$$

蓄熱室温度と豫熱ガスの容積, 比重の關係を第 4 圖に示す。1,200° から 1,300°C の間で容積は常温の 5.16 倍から 5.76 倍に増加し、比重は 0.204  $kg/m^3$  から 0.182  $kg/m^3$  に減少する。即ち混和ガスは蓄熱温度 100°C の差に對し 13.3% 比重が小になる。

今コークス爐ガス: 高爐ガスの容積比 1:1.5 の混和ガスを 1,200°C に豫熱すると吹出口を出る時の火焰の重さは 0.189  $kg/m^3$  である。この混和ガスの廢ガスが爐内で 1,650°C になると 0.179  $kg/m^3$  の重さとなる。即ち火焰は僅かに

\* 平爐熱勘定 第 3 報 貫流高温計による測定結果



第4圖 蓄熱室温度とガス比重容積の關係

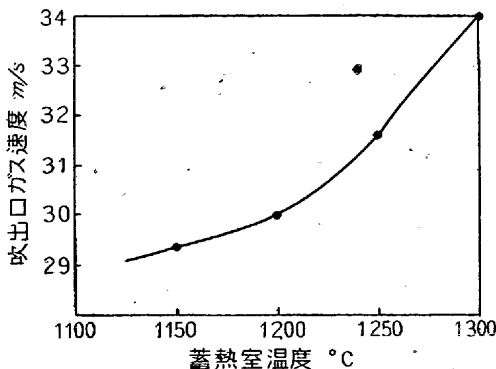
重い混和ガスのコークス爐ガス割合を増すか、或は豫熱温度を高くすると火焰は軽くなり廢ガスに對する相對的浮力の爲火焰は爐内に於て浮び易くなる。ガスが軽くなると慣性 ( $\rho V^2$ ) が小さくなり、従つて抵抗によつて火焰の方向が亂れ易くなる。又ガスは一般に高温になると粘性が増大する。是等の現象の綜合的結果によりガスの匍匐性が悪くなるのである。

3. ガス速度の變化

混和ガスは蓄熱室通過後、ガス成分の變化と豫熱せられることにより著しく容積を増し、ガスの重さが軽くなる事は前項に述べた通りである。従つて吹出口を出る速度を大にしないと爐内に於ける火焰は鋼滓面に密着しないで天井を匍ひ作業が非常に困難となる。今ガス流量を  $8,000 \text{ m}^3/\text{h}$  とした時ガス速度の變化は次の如くなる。

場所	ガス温度 °C	斷面積 $\text{m}^2$	ガス容積 $\text{m}^3$	ガス速度 $\text{m/s}$
ガスカナル	400	1.89	$2.46 \times 2.22 = 5.46$	2.90
ガス上り	1150	1.045	$5.76 \times 2.22 = 12.80$	12.25
吹出口	1200	0.389	$5.95 \times 2.22 = 13.21$	34.00

(蓄熱室温度と吹出口に於けるガス温度の差を  $50^\circ\text{C}$  とす)



第5圖 蓄熱室温度と吹出口ガス速度の關係

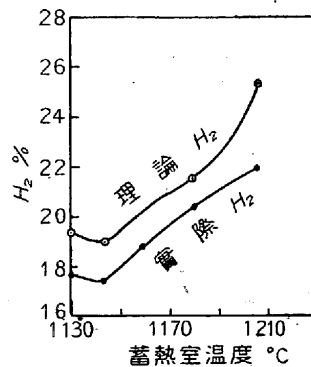
蓄熱室温度と吹出口のガス速度の關係を第5圖に示す。蓄熱温度が高くなるとガスの比重は軽くなり浮力は増すがガス速度が大きくなる爲、或程度ガスの方向は安定し易くなる。

4. ガス熱量の變化

1. に述べた如く混和ガスは豫熱に依るガス成分の變化により熱量が變化する。豫熱温度が高い程熱量が減少する事は第2,3表で明かである。併し混和ガスの  $1 \text{ Nm}^3$  に就て考へると豫熱温度が高い程  $\text{CH}_4$  の分解と  $\text{CO}_2$  の還元による化學エネルギーの増加により熱量が増加する。

$\text{H}_2$  の變化は  $\text{O}_2$  が殆ど變化しない點から  $\text{O}_2$  のみに就て考へれば殆ど問題とするに足らないと思はれる。併し豫熱後のガス分析に就て見ると  $\text{H}_2$  の量は  $\text{CH}_4$  の分解から生ずべき  $\text{H}_2$  程増してゐないことが第6,7圖に依つて分る。之は注目すべき問題で蓄熱室煉瓦間に堆積してゐる  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  の還元の一部の  $\text{H}_2$  が消費されるのではないか、或はカナルからガス上りに至る道程に於て空氣が侵入して  $\text{H}_2$  を酸化するのではないかと考へられる。これは更に精密なガス分析或はガス中の  $\text{H}_2\text{O}$  の測定に依つて研究しなければ判然せぬが、何れにしても  $\text{H}_2$  の酸化は多量の化學エネルギーの減少を伴ひ最も忌むべき反應である。若し  $\text{H}_2$  の酸化が侵入空氣のみによつて起つたと假定すると理論的の  $\text{H}_2$  と實際の  $\text{H}_2$  の差に相當する  $\text{O}_2$  は大きな値であるが、ガス分析から計算した漏入空氣は  $1\sim 2\%$  或は  $0$  であつて減少  $\text{H}_2$  と符合しないことがわかる。之によつても他の方法で消費されたと考へざるを得ない。若し  $2\%$  の空氣が侵入したとすると  $\text{H}_2$  酸化による顯熱の減少は  $21.4 \text{ kcal}$  となる。

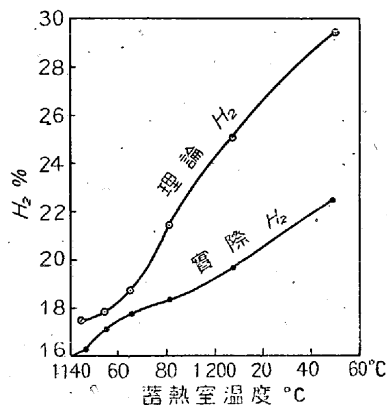
混和ガス中の水分は前述の通り水ガス反應に與り又  $\text{CH}_4$  の分解により生じた  $\text{C}$  と反應して  $\text{C}$  を消費する可能性があ



第6圖 (實驗 II) 蓄熱室温度と混和ガス中の  $\text{H}_2$  の變化

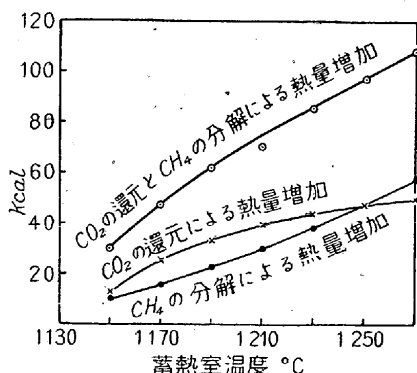
る。是等は何れも顯熱の減少を來すし燃焼温度低下の原因となる。コークス爐ガス高爐ガスの燃焼温度は供給温度が  $20^\circ\text{C}$  を超えると急に低くなるから之以下の温度を理想とする。

$\text{CH}_4$  の分解と  $\text{CO}_2$  の還元のみを考へた時第2,5表及び第3,6表より計



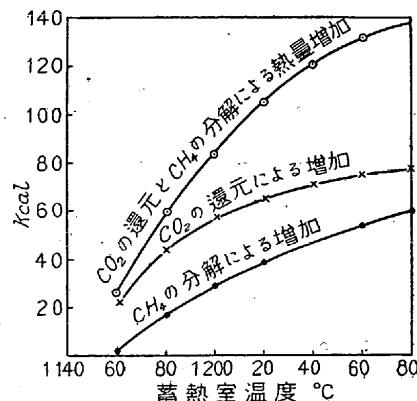
第7圖 (實驗 III)

蓄熱室温度と混和ガス中の  $H_2$  の變化



第8圖 (實驗 II)

蓄熱室温度と混和ガス熱量の關係



第9圖 (實驗 III)

蓄熱室温度と混和ガス熱量の關係

算した熱量増加は第8,9圖の如くなる。

## II. 蓄熱室温度と火焰温度との關係

### 1. 火焰温度の測定

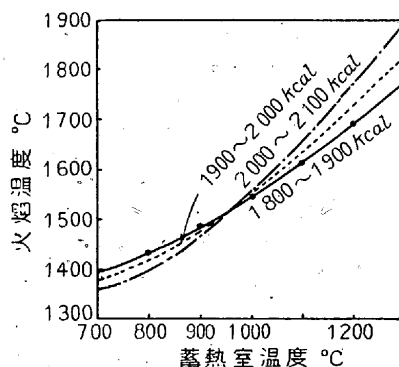
混和ガスの最も大きな特徴は光輝性の少い事である。蓄熱室温度が  $900^{\circ}\text{C}$  以下では火焰は暗赤色である。  $1,000^{\circ}\text{C}$  を超えると漸次白味を帯びて来るが未だ吹出口より出る火焰の中心に黒味を帯びてゐる。  $1,250^{\circ}\sim 1,300^{\circ}\text{C}$  になると發生爐ガスと殆ど變らない白色の光輝性を見る。平爐の修繕を終りガス通入後、蓄熱室温度の上昇と火焰温度を高温計により測定した結果を次表に示す。

試験期間中のガス成分

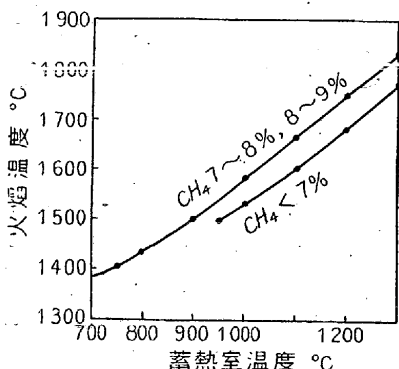
コークス爐ガス		$CO_2$	$O_2$	$C_nH_m$	$CO$	$H_2$	$CH_4$	$N_2$	net kcal
月	日								
1	14	4.8	1.2	2.8	11.2	45.9	21.3	12.8	3821
1	15	4.4	0.4	2.4	11.2	46.4	22.3	12.9	3851
1	16	3.8	0.6	2.4	11.2	48.1	23.0	10.9	3954
1	17	4.0	0.6	1.8	10.6	51.3	23.7	8.0	3975
高爐ガス									
1	14	4.4	0.2	—	33.4	0.8	—	61.2	1039
1	15	5.6	0.4	—	32.8	1.9	—	59.3	1049
1	16	5.0	0.2	—	33.2	1.1	—	60.5	1041
1	17	5.2	0.4	—	32.4	0.8	—	61.2	1008

第10, 11圖は上表を圖に表はしたものである。

第10圖は混和ガスの發熱量に依り區別した結果であるが蓄熱室温度  $950^{\circ}\text{C}$  以下では發熱量の低い方が却つて火焰温度は高くなつてゐる。空氣過剰率 3.0 以上の時はかくの如き現象もあり得るが實際には  $950^{\circ}\text{C}$  以下の時は熱量の高低は火焰温度にはあまり影響ないものと考へるのが至當であらう。初期の加熱には空氣過剰とならないやうに注意し  $1,900\sim 2,000\text{ kcal}$  のガスを使用した方がよい。熱量



第10圖 蓄熱室温度と火焰温度との關係



第11圖 蓄熱室温度と火焰温度の關係

ガスは火焰温度殆ど等しく、7% 以下のものは火焰温度は前者に比し約  $60^{\circ}\text{C}$  低くなつてゐる。

### 2. 發熱ガス中の炭素量の測定

I. 1. の  $CH_4$  の分解と  $CO_2$  の還元から遊離 C 量を計算した結果を第12, 13圖に掲げる。

$CH_4$  の分解から生じた C を (+) にとり  $CO_2$  の還元に與る C を (-) にとりこの差を理論的の遊離炭素としたのであるが、之を實測の結果と比較して見る。

實驗の方法はガス上りに石炭燃焼管を挿入し之にマルチウス式煙塵捕集装置を連結して約  $10\text{ mm}$  ガスを吸収せしめ

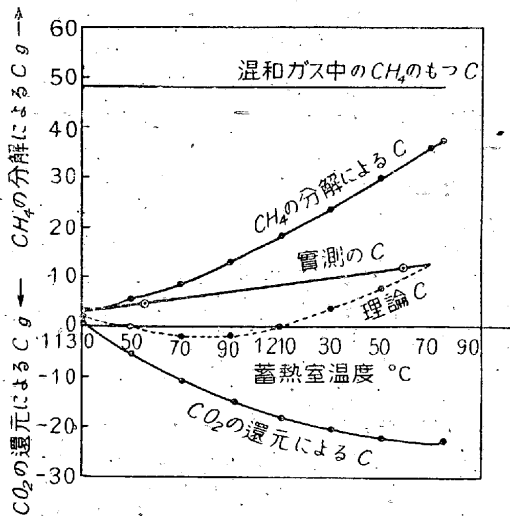
火焰溫度と蓄熱室溫度

月 日	時刻	蓄熱室東			蓄熱室西			空氣 流量 m <sup>3</sup> /h	コーク ス 流量 m <sup>3</sup> /h	高爐ガ ス 流量 m <sup>3</sup> /h	月 日	時刻	蓄熱室東			蓄熱室西			空氣 流量 m <sup>3</sup> /h	コーク ス 流量 m <sup>3</sup> /h	高爐ガ ス 流量 m <sup>3</sup> /h
		火焰	空氣	ガス	火焰	空氣	ガス						火焰	空氣	ガス	火焰	空氣	ガス			
11月	午前 10:40	1,360	1,080					10,800	3,400	6,000	11月	午後 2:30		1,520	1,130	940					
	午後 0:55				1,400	1,170						3:35	1,500	1,055	1,000			13,000	2,000	6,300	
	1:10					1,060		13,000	3,000	6,000		4:00				1,540	1,000	1,070	13,000	2,600	5,500
	2:00	1,375	1,050	770				13,000	3,100	6,000		6:00	1,650	1,050	1,095				11,700	2,500	6,000
	2:10		950									6:09		1,020	1,100						
	3:00				1,405	1,140	740	13,000	3,200	5,900		6:22				1,600	1,100	1,059			
	3:10					1,030						8:00				1,640	1,105	1,015	11,700	2,700	7,000
	3:30	1,420	990	820				13,000	3,200	5,900		8:20	1,710	1,070	1,050						
	4:00				1,415	1,170	760					9:45				入	開	始			
	4:25	1,445	1,020	840		1,010		13,000	3,000	6,000		10:00				1,650	1,080	1,025	15,000	3,20	5,500
	4:30		990									10:10	1,650	1,060	1,040						
	4:54				1,449	1,039	735	13,000	3,200	6,100		12:00	1,620	1,080	1,045						
	5:16					1,009						12:10		1,070	1,090				15,000	3,100	5,000
	5:35	1,442	1,142	851				13,000	3,000	5,000		12:28				1,680	1,090	1,040			
5:36		1,060								午前 2:05							15,000	2,900	5,500		
6:00				1,440	1,056	774	13,000	3,200	6,000	2:15											
6:38	1,530	1,184	882				13,000	4,000	5,100	2:20	1,690	1,080	1,150								
6:39		1,060								4:10		1,055	1,120								
6:57				1,430	1,042	770	13,000	4,000	5,500	4:20				1,720	1,150	1,030	15,000	2,800	7,400		
7:13	1,520	1,122	922							4:30	1,750	1,100	1,200								
7:14		1,039					13,000	3,400	5,500	6:15		1,080	1,162								
7:23				1,440	1,092	800	13,000	3,400	5,900	6:20				1,650	1,050	1,035	13,500	2,400	3,700		
8:11	1,530	1,105	992							6:40	1,700	1,060	1,125								
8:12		1,062					13,000	3,800	5,000	8:00	1,710	1,070	1,190								
8:22					1,078	830	13,000	3,600	5,500	8:10		1,060	1,100				13,300	2,800	5,400		
8:23				1,470	1,055					8:15		980	1,125								
10:03				1,490	1,110	882	13,000	3,400	5,000	8:15				1,680	1,090	1,080					
10:19	1,500	1,160	1,020							10:15	1,445	1,070	1,095								
12:00	1,500	1,100	1,010				13,000	3,200	5,400	10:20		1,040	1,080				11,900	2,850	5,000		
11月	午前 0:14		1,195							11:30				1,400	1,000	1,020					
	0:15		1,110		1,495	1,083	892	13,000	3,000	5,000	11:40					980	980	11,000	2,750	6,500	
	2:04									午後 12:15							1,130	1,135	11,250	2,800	7,000
	2:10	1,540	1,120	991				13,000	3,000	5,000	12:30	1,685	1,140	1,230							
	3:45	1,500	1,075	950						12:40		1,070	1,205								
	3:46		1,100					13,000	3,000	5,000	午後 2:10				1,580	1,060	1,120	13,500	2,520	6,650	
	4:14										2:20	1,730	1,110	1,220				13,200	3,150	5,400	
	4:15				1,500	1,062	970	13,000	3,000	5,000	4:00		1,060	1,210							
	6:03										4:15	1,740	1,080	1,190				13,000	3,200	5,750	
	6:04				1,520	1,042	932	13,000	3,000	5,000	午後 9:55	1,770	1,050	1,170							
	6:15	1,500	1,110	985				13,000	3,000	5,000	10:16	1,790	1,130	1,310				13,500	2,250	5,500	
	8:00	1,500	1,065	970									1,135	1,325							
	8:01		1,110					13,000	3,000	5,500	10:25				1,780	1,165	1,183	14,000	2,600	6,000	
	8:15				1,499	1,060	985	12,000	2,500	5,900	11:51				1,740	1,078	1,143				
10:00	1,580	1,080	970				12,000	2,800	5,600	11:55					1,095	1,151	13,500	2,300	6,000		
10:25										12:12	1,703	1,055	1,330								
11:50				1,480	1,030	1,010	13,000	2,700	6,000	12:14							13,500	2,300	6,500		
午後 12:10	1,590	1,120	1,035							2:00	1,775	1,095	1,250				13,500	2,650	6,500		
2:00	1,530	1,080	940				12,000	2,600	6,000	2:11				1,700	1,020	1,115					
		1,040	930							2:12					1,011	1,073	13,500	2,650	6,000		
		1,030			1,170	960	12,000	2,200	5,000												

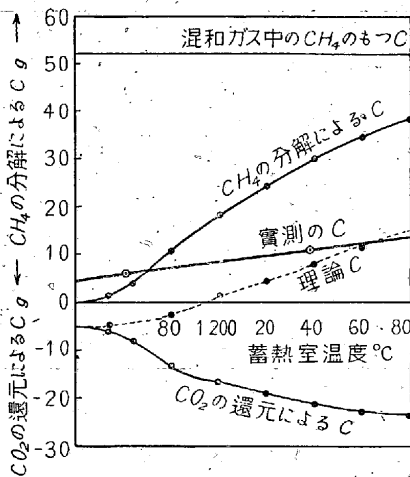
濾紙に沈澱した炭素量を重量測定した。濾紙上の煙塵は燃焼によるC分析の結果100% Cなることを確めた。

測定は前述の混和ガス分析試料の採取と同時に各2回行つた。

期日	時刻	計器の読み $ft^3$	ガス圧力 $mmHg$	ガス温度 $^{\circ}C$	大気圧 $mmHg$	流量 $Nm^3$	炭素量 $g/Nm^3$
15-2-12	午後 4.02-4.12	1'977	-12.132	25	768.9	0.051	12.56
	4.40-4.45	2'000	-15.809	25	768.9	0.051	4.98
15-2-15	午前 10.43-11.53	5'346	-22.40	19	766.7	0.135	10.94
	午後 12.18-12.28	5'401	-22.40	18	766.7	0.137	6.31



第12圖 蓄熱室温度と混和ガス中の遊離C量の関係



第13圖 蓄熱室温度と混和ガス中の遊離C量の関係

實測値を理論的炭素量と比較すると蓄熱室温度の高い場合は兩者の値が符合してゐるが低い場合は實測値は理論量より多い。豫熱ガス中のCは蓄熱室温度が $1,250^{\circ}C$ の時 $12 g/Nm^3$ で之を發生爐ガス中のター

ル $41 g/Nm^3$ と比較すると約 $1/3$ で之が混和ガスと發生爐ガスの根本的の差である。かくの如く輻射能の少い事から種々の不利が生じてくる。 $1,200^{\circ}C$ の時の炭素量は $8 g$ 、 $1,300^{\circ}C$ の時は $15 g$ であり之より見ても、充分ガスを豫熱する事は混和ガス使用に對し絶対必要である。

### III. 混和ガス使用狀況

#### 1. ガス 通 入

混和ガスの通入は發生爐ガスより容易である。コークス爐ガスを先に通すと屢々小さな爆發を伴ひ、危険を感じるが高爐ガスを先に通す時は些かの衝撃を與へる事なく行へる。之は次の如く爆發限界が高爐ガスが最も小さい爲である。發火温度はコークス爐ガスが最も低いのであるが、之はガス通入の安全性と無關係と考へて良い。

	發火温度 (空气中)	爆發限界(空氣と混 合した純粹ガス%)
高爐ガス	$620^{\circ}C$	40~65%
コークス爐ガス	560	5~30
發生爐ガス	600	35~75

乾燥後ガスカナル及び煙突の吸引力が夫々 $12\sim 15 mm$ 及び $23\sim 26 mm Aq$ となつた時ガス通入を行ふ。高爐ガス通入後コークス爐ガス通入の時期はあまり早いと爐熱の急激なる上昇により煉瓦に悪い影響を與へる。第1回の變更を $2\sim 2.5 h$ 後に行ふがこの變更を終つて $30 min$ 位後にコークス爐ガスを通すのが良い。

平爐修繕後の乾燥及び加熱所要時間は發生爐ガスと混和ガス使用の時を比べると大分變化がある。100 吨平爐に於ける實績を次表に掲げる。混和ガスは發生爐ガスより乾燥時間は短いが加熱時間が著しく長くなつてゐる。即ち混和ガスはガス通入が安全なため乾燥時間は短い、通入後の昇熱は遅い爲に加熱時間が長くなる(加熱時間はガス通入後ガス蓄熱室温度が約 $1,100\sim 1,200^{\circ}C$ になる迄の時間を云ふ)。

修繕程度	爐體, (ガス止めより乾燥 吹出 開始まで 4~6 日)			爐體, 吹出, 上り蓄熱室(ガス 止より乾燥開始迄 6-10 日)		
	乾燥時間	加熱時間	計	乾燥時間	加熱時間	計
混和ガス	h mn	h mn	h mn	h mn	h mn	h mn
發生爐ガス	26 33	30 13.	56 45	31 45	46 00.	77 50
ガ	30 00	15 00	45 00	44 00	34 00	78 00

#### 2. 製鋼作業中のガス使用

1. 装入時のガスの使用 豫備精鍊爐との合併製鋼法に於ては半銑装入前に屑鐵、鑛石、石灰を高熱に保持し $FeO$ に富む鋼滓を作つて置くことが必要と考へる。半銑装入後激烈な酸化反應を起さしめ爾後の熔解を順調に行ふには之は必要な條件である。

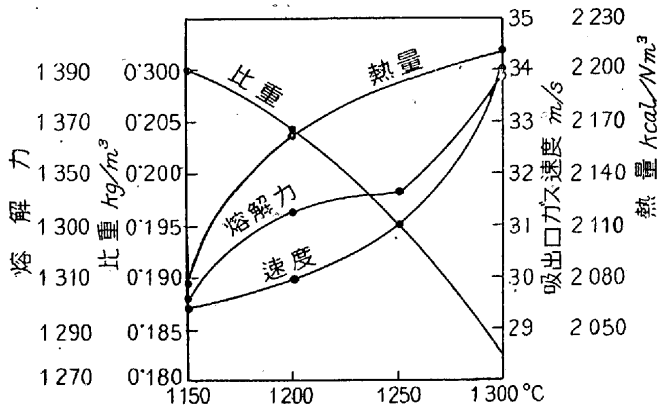
\* 装入時には發熱量の高いガスを用ひる方が有利ではあ

\* Blast Furnace & Steel Plant (1930) p. 1,621 G. Rose 及び F. Washburn は最初装入中は少い發熱量のガスを用ひた方が良いと言つてゐる。之は屑鐵法の如く装入中ガスの通りが悪い場合は重い發熱量の低いガスが良いかも知れぬが合併法では發熱量の高いガスを使用するのが至當と考へる。

	装 入 時					熔 解 時					精 鍊 時				
	高爐ガス m <sup>3</sup> /h	コークス 爐ガス m <sup>3</sup> /h	計 m <sup>3</sup> /h	熱量 kcal	空氣 m <sup>3</sup> /h	高爐ガス m <sup>3</sup> /h	コークス 爐ガス m <sup>3</sup> /h	計 m <sup>3</sup> /h	熱量 kcal	空氣 m <sup>3</sup> /h	高爐ガス m <sup>3</sup> /h	コークス 爐ガス m <sup>3</sup> /h	計 m <sup>3</sup> /h	熱量 kcal	空氣 m <sup>3</sup> /h
第2回	4,557	2,513	7,070	2,098	17,497	4,413	2,111	6,524	1,998	16,326	4,368	2,039	16,102	1,998	16,102
第4回	5,038	2,942	7,980	1,967	15,485	4,997	2,792	7,789	1,941	14,967	4,901	2,760	14,867	1,946	14,867

るがコークス爐ガスの割合が多くなるとガスの浮力を増すため、装入物に突當つて天井を俯ふ傾向が強くなるので自から限度がある。

之にはガスの比重、速度、熱量を考慮に入れて決定しなければならぬ。標準状態に於て2,067 kcalの混和ガスを用ひる場合、之等の關係は第14圖に示してある。



第14圖 蓄熱室温度と混和ガス比重、熱量、熔解力、速度の關係

熱量×比重×吹出口ガス速度をガスの熔解力とすれば蓄熱室温度 1,250°C 以上に於てガスの熔解力は急激に上昇する。比重×吹出口ガス速度はガスの有する運動量で之の大なる程装入物を突通す力が大きい。物を熔解する力は運動量の大なると同時にガス自身の持つ熱量が大なる事を要する。依つて之をガスの熔解力としたのである。

熱量が多くなると比重が軽くなるので装入時の理想としては 2,100~2,200 kcalのガスを蓄熱室温度 1,250~1,300°C の状態で使用するのが良い。流量はなるべく大きい方が良く 8,000~9,000 m<sup>3</sup>/h を用ひる。

2. 熔解中のガス使用 混和ガス使用に於て最も難しいのは熔解中である。前装入終了後半銑をとつて暫くは爐熱が餘程低いか半銑が低熱でない限り沸騰する。熔解が順調に行く場合は沸騰は終始続けられるが半銑装入後 1~2h 後に沸騰が極く少くなり、鋼滓がビールの泡の如く膨れる状態になると火焰の熱は熔鋼に傳はらず徒に天井の熱が上り天井煉瓦熔損の危険を生ずる場合が多い。發生爐ガス使用の際はかきの如き場合を殆ど生じない事から半銑装

入後鋼滓を通じて行はれる傳熱の形式は殆どガスの輻射熱によるものと考へる。混和ガスに於ても發生爐ガスに匹敵する輻射能を有つてゐれば容易に熔解する筈である。輻射能を大きくするため熔解時は装入中より熱量の高い 2,150~2,250 kcal のガスを使用するのが理想と考へる。ガス量は爐内に於て沸騰が行はれてゐる爐全體の熱が上昇するから装入時より少くて良い。

3. 精鍊中のガス使用 熔解後のガス使用は熔鋼の熱に應じてなされるべきで、熱が低ければ熱量の高いガスを使用する。平均 2,100~2,200 cal のガスを寧ろ少量に使用しダンパーを閉めたが良い。

上際の表は實際の使用狀況を示す。

熱量は上述の理想案より何れも低い。殊に第4回試験に於て低いのはコークス爐ガスの熱量が約 12% 低下したのでコークス爐ガス割合を増加したにも拘はらず低くなつたのである。

吹出口面積を狭めてガス速度を増せばこの理想案に近づける事が出来ると思ふ。

4. 空氣の使用 混和ガス使用の際は絶対に強壓送風が必要である。以前自然通風で混和ガスを使用した事があるが燃焼ガスが爐内に於て浮上り作業が甚だ困難であつた。空氣使用量は烟道排ガス中の O<sub>2</sub> の量により定めるべきものと考へる。附表の如く試験期間中の排ガスは 35~50% の O<sub>2</sub> を含んでゐるが空氣過剩率は 6~24% で大抵 10% 以下である。目標としては理論的必要量より僅かに多い空氣を使用すれば充分であつて發生爐ガスに比べて空氣使用量は少くて良い。

#### IV. 装入時間、熔解時間、精鍊時間の關係

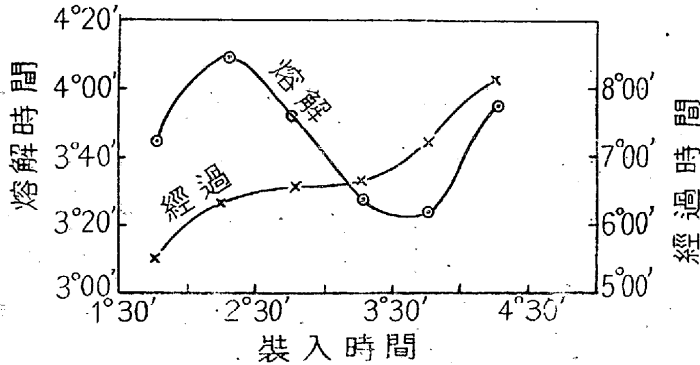
装入、熔解、精鍊時間の關係は第1回より第3回迄の試験に就て論ずる。第4回は試験回数少き爲除いた。

##### 1. 装入時間と熔解時間、製鋼時間の關係

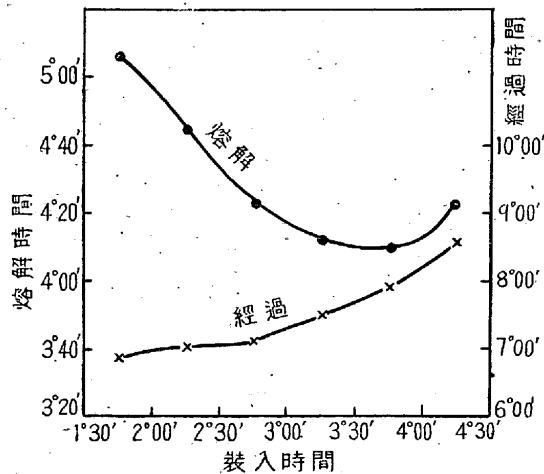
装入時間と熔解時間の關係を第15, 16, 17圖に示す。装入時間が長くなると熔解時間は幾分短縮するが装入時間が 3.5~4h を超えると却つて熔解は後れる。1, 2, 3 回の



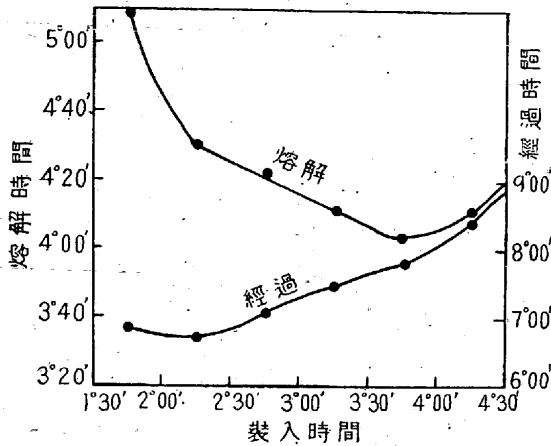
何れも装入時間が 3h 45mn の時熔解時間が 3h 25mn, 4h 10mn と言ふ最少時間を示してゐる。装入時間が之より早くても亦遅くても熔解時間が延びる。熔解時間が最小となる時の装入時間對熔解時間の比は 0.9~1.1 の範囲にある。之は熔銑屑鐵法に於てこの比が 0.7 の時熔解時間が最少となるとの\* 堀内氏の報告に比べて大分差がある。之は熔銑と半銑の成分の差によるものと考へる。熔銑の Si,



第 15 圖 (第 1 回) 装入時間と熔解時間の關係

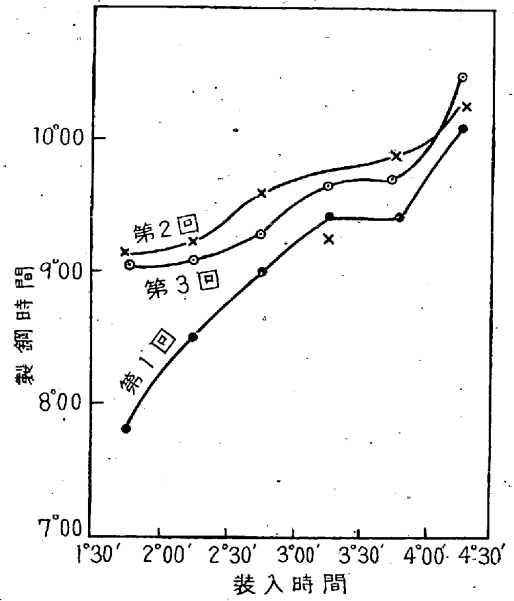


第 16 圖 (第 2 回) 装入時間と熔解時間の關係

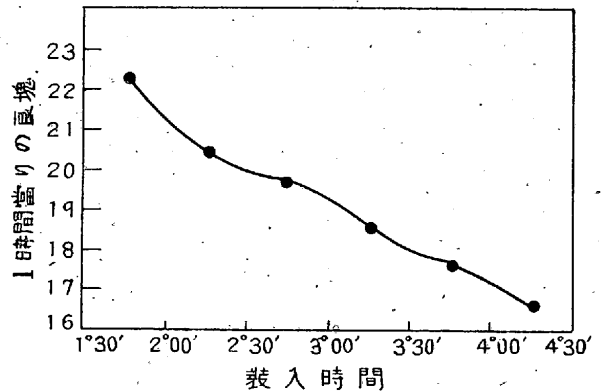


第 17 圖 (第 3 回) 装入時間と熔解時間の關係

Mn は豫備精鍊爐に於て殆ど失はれるので半銑装入の際の



第 18 圖 装入時間と製鋼時間の關係



第 19 圖 (第 1 回) 装入時間と 1 時間當りの出塊数の關係

沸騰は熔銑の時程激しく行はれない。従つて装入開始後 3h 45mn 経過し酸化性鋼滓が充分出來てから半銑を装入した時が熔解時間が短いのだらうと考へる。

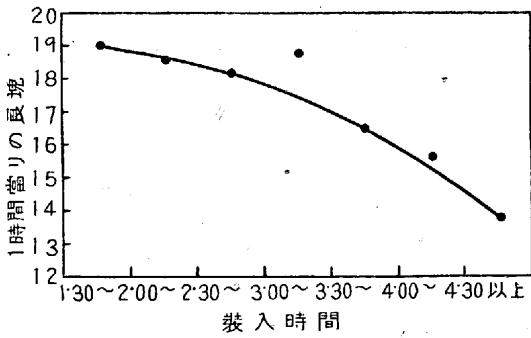
装入から熔解までの経過時間は装入時間が少い程短縮してゐる。精鍊時間は装入時間の如何に拘らず殆ど一定であるから結局装入時間が短い程製鋼時間は短縮される。

第 18 圖の装入時間と製鋼時間の關係を見ると装入時間が 3h 30mn を超えれば急激に製鋼時間は延長してゐる事を見る時装入時間は絶対に 3h 30mn 以内にすることが必要である。

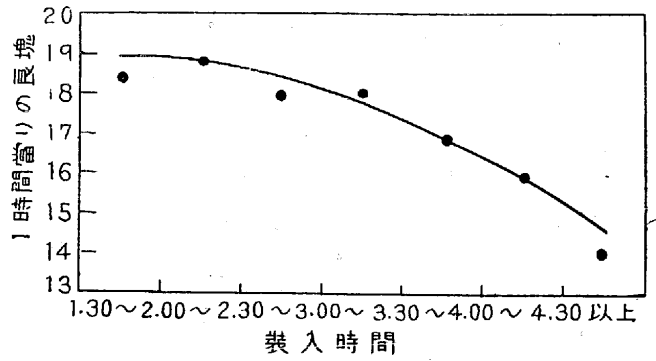
次に 1h 當りの良塊数と装入時間の關係を調べると第 19, 20, 21 圖の如く何れも時間が長くなると塊数は減少してゐる。3h を超えるとこの減少率が急になつてゐる點を見ると上述の経過時間を参照し 3h 以内に装入を終るのが理想である。

2. 半銑温度, 装入鑛石量と熔解時間, 製鋼時間の關係

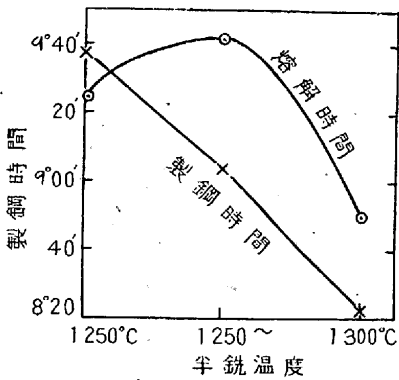
\* 鐵と鋼 第 26 年, p. 775



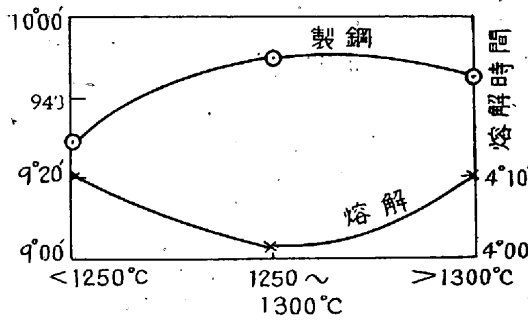
第20圖 (第2回) 装入時間と1時間當りの出鋼噸數の關係



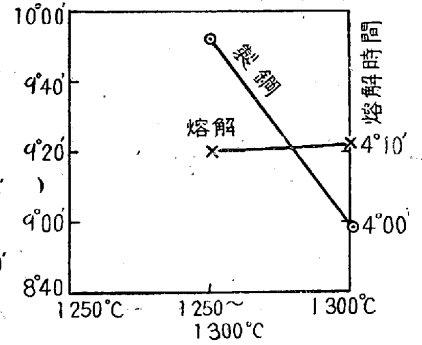
第21圖 (第3回) 装入時間と1時間當りの出鋼噸數の關係



第22圖 (第1回)



第23圖 (第2回)



第24圖 (第3回)

第22~24圖に半銑溫度と製鋼時間、熔解時間の關係を示してある。

第1回を除いてはこの關係が明瞭でないが半銑溫度が高い程兩者とも短縮する筈である。

第2回に於ては半銑溫度が低い方が製鋼時間が短くなつてゐるが之は異例である。

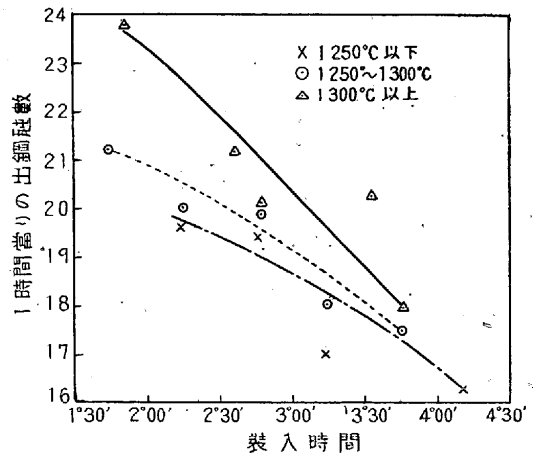
第25~27圖の半銑溫度別装入時間と1h當り良塊噸數調査に於て明かな如く、第2回の異例を除き半銑溫度が高い程1h當り良塊噸數は多く、半銑溫度は1,300°C以上を絶對必要とする。

第28, 29, 30圖に装入鑛石量と製鋼時間、熔解時間の關係を示してあるが第1回の如く装入鑛石量の少いもの程熔解時間、製鋼時間も少いのが當然である。

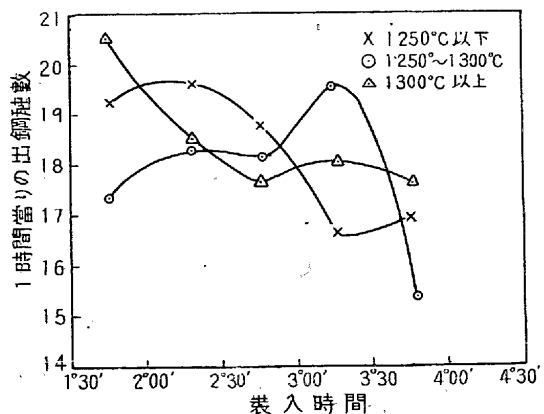
第2回、第3回の如く装入鑛石量が多い程製鋼時間の短くなつてゐるのは装入時間の影響を受けてゐるのである。

第2回、第3回の試験から装入鑛石量の多少は熔解時間には大して影響を及ぼしてゐない事がわかる。第1回によると熔解時間は半銑の50°Cの差により25mn、10tの装入鑛石の差より17mn延長することから多少Cは高くとも熱の高い半銑が有利であると言へる。

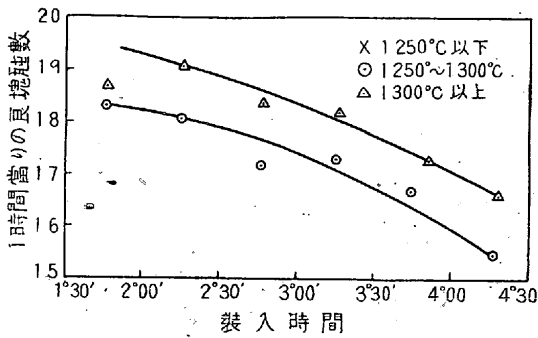
精鍊時間は各回を通じ2h7mn~2h15mnで僅か8mnの差



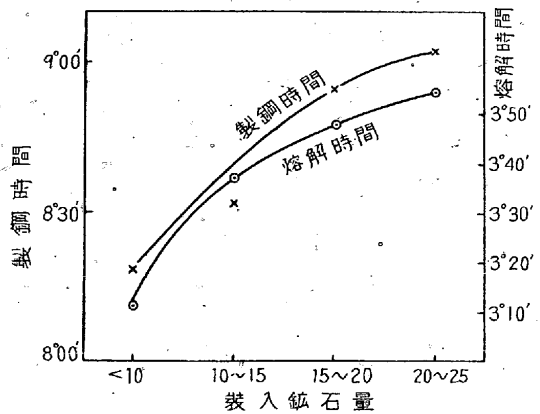
第25圖 (第1回) 装入時間と半銑溫度別1時間當り出鋼噸數の關係



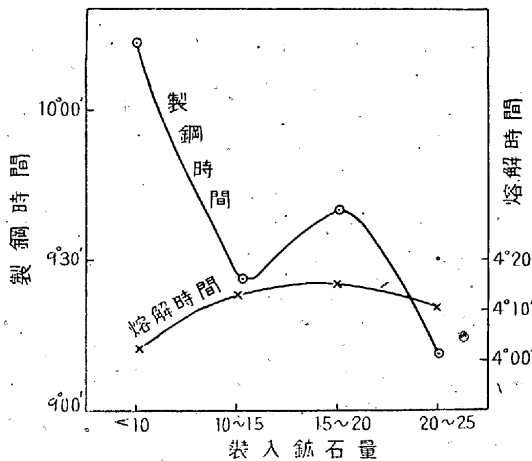
第26圖 (第2回) 装入時間と半銑溫度別1時間當り出鋼噸數の關係



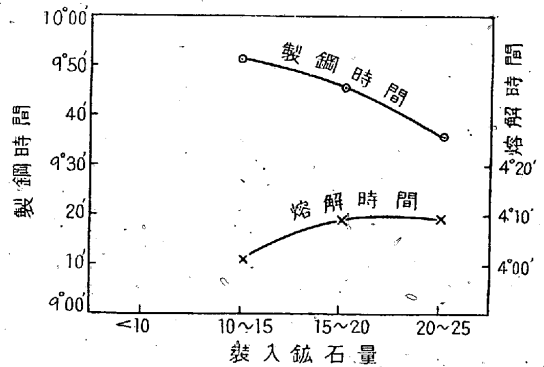
第 27 圖 (第 3 回) 装入時間と半銑溫度別 1 時間當り出鋼吨数の關係



第 28 圖 (第 1 回) 装入鉄石量と熔解時間, 製鋼時間の關係



第 29 圖 (第 2 回) 装入鉄石量と熔解時間, 製鋼時間の關係



第 30 圖 (第 3 回) 装入鉄石量と熔解時間, 製鋼時間の關係

しかなかつた。殆ど同じと見做して良い。

半銑溫度, 装入鉄石にも留意すべきであるが製鋼時間短縮の決定要素は上述の各圖から装入時間の短縮にあることが明瞭にわかる。

### V 熔解時に於ける不活動性鋼滓

半銑装入後暫くの間鋼滓面は激烈な反應を起すが 1~2h 後に沸騰が漸次少くなり, \* やがて不活動性の少しも流動しない鋼滓が生成され易い事は混和ガス使用の場合に屢々見受ける。

半銑装入後の鋼滓成分の變化は大別して次の如くなる。

第 1 期  $FeO$  30% 以上に及び  $Si, Mn$  の初期酸化により  $SiO_2, MnO$  は 20% 以上を示す。この時期に於ては鋼滓面の沸騰は盛に行はれる。

第 2 期  $FeO$  は急激に減少し  $SiO_2, MnO$  も幾分減少す。 $CaO$  の割合が急に多くなつて 25% 以上に及ぶ。

第 3 期  $SiO_2, MnO$  は依然として減少し  $CaO$  が増加す

ることは前に同じであるが  $MgO$  が爐熱の上昇に伴ひ増加して来る。

鋼滓が不活動になるのはこの第 2 期に相當する時期である。次に各期に相當する鋼滓成分を掲げる。

	$FeO$	$Fe_2O_3$	$Al_2O_3$	$SiO_2$	$MnO$	$CaO$	$MgO$	鐵粒	鋼滓狀況
第 1 期	30.81	3.37	3.06	22.48	21.75	12.18	3.46	—	沸騰盛
第 2 期	16.16	4.71	2.75	12.22	22.14	28.74	5.78	5.10	沸騰少く 流動せず
第 3 期	14.29	4.30	4.19	19.00	13.81	23.43	17.12	2.82	流動性良

\* 松川氏の研究によれば  $CaO + MgO + MnO$  の和が一定なる時  $MnO$  が多ければ粘性小にして熔融溫度低く, 流動性良好なる鋼滓を造ると云ふ。之によれば第 2 期鋼滓は第 3 期鋼滓に比較して同溫度ならば當然流動性良好の筈であるが實際は反對である。この事實から觀察すれば鋼滓の不活動性は鋼滓そのものの性質ではなく, 鋼滓及び熔鋼の溫度が爐内で起る化學反應に伴はない結果沸騰が行はれず, 従つて鋼滓が不活動性となるのであらう。

發生爐ガス使用の際は鋼滓の不活動性と言ふ現象は見られないと言ふことを考へる時混和ガスが鋼滓を経て熔鋼に

\* Iron & Coal Trade Review, Jan. 20, 1939 p. 158  
J. A. Davies は火焰光輝度の減少によつて爐内に泡立つ鋼滓が出來て之が絶縁體の作用をなし熔鋼の昇熱を妨げると云つてゐるがこの現象を指示するものと考へる。

\* 鐵と鋼 19 年 p. 990~1,004

與へる熱能力が小さい事がこの現象を與へるのである。最近装入に焼石灰の代りに石灰石を使用すると必ずこの不活動性鋼滓が生成すると言ふ現象を見て石灰石の僅かな分解吸収熱 (25 800 kcal/t 鋼) も爐内の熱に大きく影響する事が判つた。この事實は上述の不活動性鋼滓が全く鋼滓、熔鋼の熱に原因する事を證明するものである。

鋼滓は次の場合は不活動性を呈しない。

- i) 半銑装入時の爐熱が充分上昇し装入物が高熱なる時
- ii) 半銑温度が高い時
- iii) 半銑温度は左程高くなくても装入後爐熱を充分保持する時
  - i) の場合は  
出鋼後の爐床周囲の手入をガスを切らずに行ひ装入時充分のガスを使用する事により得られる。
  - iii) の場合は  
爐付の絶えざる注意により天井を熔損しない程度にガスを使用すれば良いが之は非常に難しい。
  - ii) の半銑温度を高くする事は豫備精鍊爐に於て精鍊時間に餘裕があり、而も高熱、低珪の熔銑を得

から見ると半銑温度より鐵礦石の量如何が重大な影響を與へるやうに見えるが鐵礦石の分解は半銑装入前に一部行はれてゐるので半銑温度の如何が最も重大である。

半銑温度が高いと激烈な酸化反應を起し、熔鋼の C が低下しても温度は反應に伴つて上昇し熔解は至極圓滑に行はれるので爐付は樂な作業が出来る。而も爐體を損傷する危険が少い。

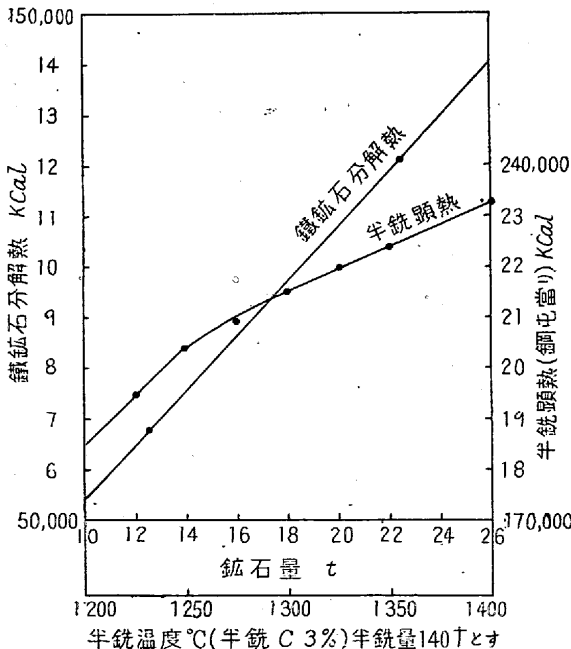
### VI. 各試験の熱勘定

附表の資料から昭和 13 年 1 月に試みた熱勘定を参考とす次の假定の下に各試験時期別に熱勘定を試みた。

#### 假 定

- i) ガスの顯熱は考慮せず
- ii) 半銑の顯熱は海野氏の研究による
- iii) 各元素の酸化熱の内 C は全體の 90% をしむる故 C のみ考ふ
- iv) 屑鐵及び出鋼時の C を 0.20% とす
- v) 鋼滓生成熱は考慮せず
- vi) 冷却水により失はるゝ熱量は 1t 當り 2,405,000

#### 熱 勘 定



第 31 圖 鐵礦石分解熱と半銑顯熱の關係

られるならば可能である。半銑温度の顯熱と鐵礦石の分解吸熱の關係を第 31 圖に示してあるが之

	第 1 回		第 2 回		第 3 回		第 4 回	
		%		%		%		%
入 熱								
燃料發熱量	829 600	66.8	761 000	65.2	888 400	68.3	875 600	68.6
半銑顯熱	212 000	17.2	204 200	17.7	219 400	16.8	215 000	16.8
酸化熱	199 000	16.0	190 500	17.1	191 500	14.9	187 500	14.6
計	1 240 600	100.0	1 155 700	100.0	1 299 300	100.0	1 278 100	100.0
出 熱								
熔鋼含有熱量	350 000	28.2	350 000	31.4	350 000	26.9	350 000	27.4
鋼滓含有熱量	78 700	6.4	75 800	6.8	61 900	4.8	73 500	5.8
吸熱反應熱	106 400	8.6	88 400	7.9	99 400	7.7	100 100	7.8
冷却水による損失	114 800	9.3	135 000	12.1	135 500	10.4	142 000	11.0
廢ガスによる損失	250 000	20.2	227 000	20.3	265 800	20.4	245 800	19.2
輻射、傳導、對流 其他による損失	378 600	27.3	317 000	15.8	408 100	29.8	400 600	28.8
計	1 240 600	100.0	1 115 700	100.0	1 299 300	100.0	1 278 100	100.0
爐の燃燒效率		76.0%		76.5%		76.0%		77.5%
爐の效率		3.3%		33.5%		28.9%		30.8%

kcal とす

- vii) 鋼滓量は (全装入物量 - 出鋼量) とす.\*

$$* \text{爐の燃燒效率} = \frac{(\text{燃料の發生熱量}) + (\text{半銑顯熱}) - (\text{廢ガスに失はるゝ熱量})}{(\text{燃料の發生熱量}) + (\text{半銑顯熱})} \times 100$$

$$\text{爐の效率} = \frac{(\text{熔鋼の含有熱量}) + (\text{鋼滓含有熱量}) + (\text{吸熱反應熱}) - (\text{酸化熱})}{(\text{燃料の發生熱量}) + (\text{半銑顯熱})} \times 100$$

上述の熱勘定及び附表から次の事が云へる。

i) 良塊甕當りの使用熱量は必ずしも製鋼時間の短いものが少いとは言へない

ii) 爐の燃焼効率は大體一樣で 76% を示す。第 4 回の場合が特に良いのは空気使用量が少いためである。

iii) 使用空気量は II の場合を除き殆ど理論的所要量であるが排ガス中に  $O_2$  が 4~5% ある事は相當爐外から侵入空気のある事を示す。侵入空気は送風量の約 30% に相當する。

iv) 爐の効率第 2 回の如く 1 時間當りガス使用量の少ないものが良い。第 1 回の如くガスを多量に使用すれば製鋼時間は短くても効率は幾分下る。

v) 總てを綜合し第 1 回と第 2 回の中間に行く操業が我が理想である。

## VII. 混和ガス使用に對し留意すべき事項

### 1. 設計に就て

1. **ガス吹出口** 混和ガスの火焰は浮力が大きいので爐内に於て擴散し易く方向の持続性が弱いから、ガス速度を大にすると同時に吹出の角度及び方向には最も注意を拂はなければならぬ。

100 甕平爐に於て混和ガスを使用し始めてより吹出口面積を  $0.378 m^2$  から  $0.341 m^2$  に、更に  $0.304 m^2$  に狭めてガスの速度を増し方向を安定した爲、天井の持続回数も増し好成績を収めた。ガス吹出口を小さくした爲ガス蓄熱室の排ガス量の減少により蓄熱室の温度が上り難くなる事を恐れたがこの程度ならばダンパーの加減により  $1,300^\circ C$  迄も上げられる。

之以上のガス速度を期待するならばベンチュリー式吹出の如く排氣側のガス吹出口が移動して排ガス量を多量にするやうな装置としなければならぬ。

ガス吹出口の傾斜も  $10^\circ$  から  $12^\circ$  にしたが火焰の匍匐性を良くする目的で第 3 號平爐は最近更に  $13^\circ$  に増し試験中である。併し餘り大にすると天井に反射するので限度がある。

2. **吸込口** 混和ガスは發生爐ガスよりガス量で 12.5%, 空気量で 75%, 排ガス量で 50% 増加したものであるから排氣口も大きくしなければならぬ。100 甕爐は 150 甕爐に比較して吸込口が細長く且面積も小さい。ガス使用量は 100 甕爐は 150 甕爐の 94% であるのに吸込口面積は 85% であつて排ガスが出てゆくのに抵抗が多い。而して 100

甕爐は天井と吸込口の接続部が擗つてあるのでジャケット内卷の肩の煉瓦持続回数が少い。最近吹出側を 150mm 上げて吸込口ジャケットも 150mm 上げて上に對應せしめ天井の擗りを無くしたので幾分持続回数が増したが、この吸込口の形状、面積も變へるべきであると考へ目下設計中である。

3. **爐體と吹出口の間隙防止** 混和ガスに於ては蓄熱室温度を高める事を強調する爲、外部からの侵入空気により冷却する事を嚴に警戒しなければならぬ。この意味から爐體と吹出口の間は空気の侵入を防ぐやう鐵板で覆はなければならぬ。こゝから空気が入ると爐内排氣の吸引力を弱める爲、ガスの方向を悪くし、ジャケット内卷煉瓦を弱める事になる。

4. **蓄熱室** 蓄熱室の煉瓦積容積は發生爐ガスに比べて當然擴大すべきであるが之は出來ないので、加熱面積を増すために煉瓦の大きさ、或は積み方を變へなければならぬと考へる。

5. **瓣** 混和ガスは水瓣以外完全に遮斷する方法が無いから變更瓣以前に水瓣が絶對必要である。爐床焼付後一時ガスを切つて冷却する等の場合、仕切瓣及び蝶形瓣を閉めても幾分ガス變更瓣の方に洩れて爆發する危険性がある爲必ず變更瓣を半廻とせねばならぬし修繕の場合種々の不便がある。

6. **ガス調節器** 混和ガスの如く任意にガスの割合を變へ又ガス壓力の變動に際し流量を一定ならしめる爲にはアスカ=ア式自動調節器の如きものがあれば非常に便利である。

### 2. 築爐に就て

混和ガスは煉瓦の目地を縫つて外部に出る力が強く之は發生爐ガスと異り放置して置いたならば決して止まない。目地の隙間は蓄熱室に於ては勿論、上りに於ても外部から空気の侵入を許し爐の効率低下の大きな原因となる。故に蓄熱室の周圍、ガス、空気の上りは鐵板を以て覆ひ、マンホール、蓄熱室天井は嚴に目塗りしなければならぬ。

一旦目塗りしてガスが完全に止つても修繕等のためガスを止めると煉瓦の收縮によつて目地が切れるからガス通入後必ず目地を新たに塗り更へる必要がある。目地は珪石モルタルと苦汁液を混ぜて使用してゐるが成績が良い。

### 3. ガス壓力、計器類に就て

コークス爐ガス、高爐ガスの壓力に變動が多いと爐内に入るガス流量及び熱量は常に變動し仕事がやり難いばかりでなく屢々天井熔損の原因となる。又コークス爐ガス及び

第5號平爐試驗成績表(入置及び冷銑裝入は除外す)

試験期日	回数	装 入 鐵						合 計	装 入 原 料				
		銑		鐵		屑			鐵渣石	マンガン	スケール	螢石	生石灰
		半銑	熔銑	銑計	屑鐵	殘塊	屑鐵計						
第1回 3月1日(自) 4月14日(至)	88	139'000	1'000	140'000	31'000	3'000	34'000	174'000	15'800	3'500	500	6'008	2'400
第2回 4月22日(自) 8月24日(至)	173	181'200	1'500	132'700	44'600	2'700	47'300	180'000	13'200	3'500	445	0'005	2'100
第3回 9月4日(自) 1月25日(至)	49	139'900	600	140'500	36'600	2'900	3'500	180'000	15'500	3'400	200	0'004	2'200
第4回 8月1日(自) 9月12日(至)	42	134'000	3'000	137'000	38'200	2'800	4'000	178'000	15'800	2'500	600	—	2'900

追 加 劑				合 金 鐵 及 び 還 元 劑				製 出 鋼			操 業 時 間			
マンガン	鐵渣石	生石灰	螢石	フェロマンガン	フェロシリコン	フェロホスホルム	アルミニウム	良塊	鋼屑	合計	装入	熔解	精鍊	合計
kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	h mn	h mn	h mn	h mn
1'000	3'000	1'600	—	0'950	1'170	1'15	0'50	172'900	6'900	179'800	2 48	3 37	2 11	8 36
1'000	2'900	1'400	—	0'850	1'130	1'20	0'43	170'700	6'000	176'700	3 05	4 38	2 12	9 55
1'000	2'300	1'300	—	1'180	1'150	1'10	0'40	171'800	7'600	179'400	3 14	4 32	2 15	10 01
1'600	1'600	1'400	—	1'060	1'005	0'40	0'30	172'400	6'300	178'700	3 25	5 0	2 07	10 33

半 銑 成 分					半銑温度	熔解温度	ガ ス 成 分							排ガス成分			
C	Mn	Si	P	S	°C	°C	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>	cal	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO
%	%	%	%	%			%	%	%	%	%	%	%		%	%	%
3'37	0'09	0'046	0'056	0'047	1284	1568	6'3	0'6	23'6	16'9	0'9	9'0	42'7	2,095	14'0	4'8	0'04
3'35	0'09	0'067	0'064	0'061	1285	1570	6'1	0'5	24'3	16'9	0'9	7'9	43'4	2,008	14'3	4'2	0'1
3'23	0'08	0'125	0'093	0'071	1321	1585	5'8	0'5	24'3	15'8	0'9	8'1	44'6	2,001	8'6	5'0	0'4
3'22	0'06	0'171	0'061	0'087	1327	1570	5'0	1'0	23'9	17'4	0'8	7'5	44'4	1,950	15'4	3'5	0'2

ガ ス 量		1h 當リガス流量		1h 當リ	1h 當リ	ガス割合		ガス混	ガス 1m <sup>3</sup>	製鋼 1t 當リ流量			製鋼 1t 當リ	製鋼 1t 當リ
高爐	コークス	高爐ガス	コークス	ガス流量	空気流量	高爐	コークス	合熱量	に對し空	高爐	コークス	空気	りに要せ	當り良塊
M <sup>3</sup>	M <sup>3</sup>	M <sup>3</sup>	M <sup>3</sup>	M <sup>3</sup>	M <sup>3</sup>	%	%	kcal	m <sup>3</sup>	M <sup>3</sup>	M <sup>3</sup>	M <sup>3</sup>	100kcal	t
45 891	25 288	5 340	2 942	8 282	18 211	64'5	35'5	2 105	2'20	255	141	871	0'869	20'112
44 218	22 879	4 565	2 204	6 769	16 652	67'4	32'6	1 859	2'46	250	129	941	0'769	17'207
53 550	26 276	5 268	2 631	7 899	16 266	66'7	33'3	1 981	2'06	298	146	916	0'869	17'152
52 410	29 647	4 968	2 810	7 778	14 959	63'8	36'2	2 103	1'92	293	156	929	0'987	16'929

高爐ガス壓力の差が甚しいと壓力の高いガスに押されて壓力の低いガスが入り難く所要の熱量が得られない場合が多い。之等の問題は將來ガス溜の使用、アスカニア自動調節機の設備により解消せられる事と思ふ。

混和ガスを上手に使用するにはガス、空氣の流量計は勿論、酸素計量器、蓄熱室、排氣道の温度記録計が必要である。殊にガス、空氣流量計は不可缺のものである。ガス流

量計は各季には故障を生じ易いから充分調節に留意すべきである。流量計の故障により天井を熔損した例も間々ある。

總 括

1) 混和ガスは蓄熱室で豫熱されて 1200°C にて 35%、1300°C にて 76% の CH<sub>4</sub> の分解が行はれ 1200°C にて 32%、1300°C にて 49% の CO<sub>2</sub> の還元が行はれる。從

つて容積を増加し混和ガス  $1Nm^3$  當りの熱量は増加する。

2) 混和ガス中の水分及び外部からの侵入空気が著しく潜熱を減少せしめるから充分注意しなければならぬ。

3) 混和ガスは豫熱されて  $1200^{\circ}C$  にて  $8g/m^3$ ,  $1300^{\circ}C$  にて  $15g/m^3$  の遊離炭素を生成し火焰の輻射能は増加するが浮力も増す。

4) 豫熱ガス中の  $C$  は豫熱温度が高くても發生爐ガスの  $1/3$  に過ぎない。従つて輻射能が少く作業に不便を感じず。

5) 蓄熱室温度は  $1250\sim 1300^{\circ}C$  を適當とす。

6) 火焰温度は蓄熱室温度が上昇するに従ひ熱量の大きいガス程高くなるが  $950^{\circ}C$  以下では熱量の大小は影響しない。

7) 装入時間が  $3h$  以上になると製鋼時間は急激に延長する。

8) 半銑温度が高く装入鑛石量の少いのが良いのであるが、平爐作業には半銑温度の影響の方が大きい。従つて装入鑛石量を少なくする爲に温度を犠牲にして迄半銑の炭素を下げる事は不利である。

9) 製鋼時間を左右する決定的要素は装入時間の短縮にある。

10) 半銑温度の高い事は熔解を順調にし不活動性鋼滓の生成を防止し作業を容易ならしめ爐體の損傷を少なくする。

本試験の結果から理想とする作業条件を次に示す。

装入時間	熔解時間	精鍊時間	製鋼時間
h mn	h mn	h mn	h mn
3 00以内	4 00~4 30	2 00	8 30~9 00

半銑温度  $1300^{\circ}C$  以上 ガス蓄熱室温度  $1250\sim 1300^{\circ}C$

ガス熱量  $2.100kcal/Nm^3$  空気蓄熱室温度  $1150\sim 1250^{\circ}C$

ガス使用量  $7500m^3/h$  良塊噸當り熱量  $0.820 \times 10^6 kcal$

空気使用量  $17000m^3/h$   $1h$  當り良塊噸數 20.0 噸

排ガス中の  $O_2$  4.5%

本研究を行ふに當り種々御指導を賜はりたる小池製鋼課長殿、野口製鋼課長殿、研究所、藤田守太郎殿、又種々御援助下さつた熱管理課、信澤寅雄氏、佐々木專一氏、岡勇氏に深甚なる謝意を表す。又試験期間中平爐作業の指導に當られた木下正氏の勞を多とす。

## 熔鋼の脱酸に関する二三の研究

(日本鐵鋼協會第 25 回講演大會講演 昭 16. 4. 東京)

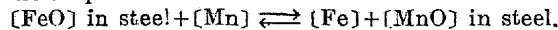
小林 佐三郎\*

### ON THE STUDY OF THE DEOXIDATION OF STEEL

Sasaburō Kobayasi, Kōgakuhakushi

SYNOPSIS:—(1) Direct deoxidation of molten steel by manganese was experimented, obtaining the following formula for the solubility of  $MnO$ , in which the sample had been skimmed from the molten steel with a specially designed quartz apparatus and quenched immediately in mercury, and the  $MnO$  and  $FeO$  in the steel had been analysed by the alcoholic iodine method:—

Solubility of  $MnO$  (%) =  $1.5 \times 10^{-4} t^2 - 0.198$ . For instance about 0.05%  $MnO$  dissolves at  $1650^{\circ}C$  and the following deoxidation equilibrium:



(2) In case where silicon was added to the molten steel, an acidic  $SiO_2$  evolves, absorbs  $MnO$  and floats off. Therefore the abovementioned equilibrium disjoins, causing the reaction to the right alone. In other words, in case of the coexistence of silicon even the small quantity of the manganese content participates in deoxidation, being effective to the elimination of  $SiO_2$ . In practice, a sample was taken with a vacuum sampling vessel from the molten steel at the deoxidation period in the acid open hearth refining, the analysis of which yield an extremely slight quantity of  $SiO_2$  as the deoxidation product.

(3) A considerable amount of  $Fe-Si$  or  $Si-Mn$  was added to about 2kg of the molten steel with 0.2%  $Mn$  and solidified within some minutes. From the results of a number of such experiments, it was found that steels with above 0.35%  $Si$  contain below half amount of the silicate inclusion when compared with those with about 0.20%  $Si$ . Similar results were obtained in the melting test on a larger scale.

(4) It is presumed therefore that, the deoxidation degree of the molten steel may be improved and the silicate inclusion of ingots may be lessened by suitably utilizing the method of adding considerable amount of silicon to the molten steel with above 0.2%  $Mn$ .

### I. 緒 言

熔鋼の精鍊法を改良進歩させるには實地作業と物理化學

的研究とが緊密に調和協力しなければならぬことは今更  
言を要しないところであるが、後者の物理化學即ち化學冶  
金的的研究は一般に高温度であるから實驗装置や測定法が極

\* 日本製鋼所室蘭製作所