

The slight increase of  $\text{CO}_2$  with the increase of ore/coke ratio is to be expected as the system becomes more oxidizing atmosphere. It is very interesting to note that the gas composition in this investigation under the prevailing temperature are in the neighborhood of those found in the commercial blast furnace.

In a commercial furnace, reduction often proceed before a red heat zone is reached. Calculation of the oxygen potential of the gases from the results of gas analysis suggests that reduction occurred in the boundary of liquid oxide and delta iron. This finding is in agreement with the physical appearance of the samples obtained when the furnace was opened.

#### 4. Summary and Conclusion

$\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{FeO}$ , and  $\text{Fe}$  were found to be in wide range in the stack. Formation of vesicular thin shells of metal of varying sizes occurred in the melting zone. These thin shells enclosed tiny spherical mass of solid metal. Blast velocity and amount of oxygen affected the carbon content in the liquid iron at the combustion zone. Silicon, at low concentration is not re-oxidized, due to the close affinity of iron and silicon.

Theoretical calculation of material balance, heat balance, and amount of blast are indispensable guide for a smooth operation. When the blast volume was changed and ore the charge ratio varied, it considerably affected the stability of tapping time and fluidity of slag and amount of metal tapped.

The reducing power in a blast furnace is expressed by the  $\text{CO}/\text{CO}_2$  ratio and temperature. It appears here that the coke consumption and gas velocity seem to be the important controlling factors. The  $\text{CO}/\text{CO}_2$  ratio is very high, largely due to the high heat loss, but on the other hand, the amount of coke and velocity of the upstream of gases affected the amount of  $\text{CO}$  and  $\text{CO}_2$  at the reaction zone.

#### References

- 1) Akimitsu OHKURA, Felipe P. CALDERON, and Yukio MATSUSHITA: Tetsu to Hagane, 51 (1965) 10, p. 1769
- 2) Akimitsu OHKURA and Yukio MATSUSHITA: Tetsu to Hagane, 50 (1964) 2, p. 159

## (55) 高温熱風炉の昇温および操業経過について

三栄鉄工

安武正幸・園川峯喜・佐藤勝美  
森田治男・○笹川 浩

On the Heating-up and Operation of High Temperature Hot Stove.

Masayuki YASUTAKE, Mineki SONOKAWA,  
Katsumi SATO, Haruo MORITA  
and Hiroshi SASAGAWA.

### 1. 緒 言

三栄鉄工(株)第6次高炉改修工事にあつて、高炉送風温度  $1200^\circ\text{C}$  以上を目標としたため、既設の熱風炉2基のほかに、高温熱風炉(カウパー式)2基を増設した。同炉はドーム部および、チェッカー上部に珪石煉瓦を採用したので、乾燥昇温には慎重な熱風乾燥を行なつた。火入後送風温度は予熱熱風炉使用により、燃焼用空気を予熱し、またレキュペレーターにより、燃焼用Bガスを予熱することにより漸次上昇し、4月18日より  $1200^\circ\text{C}$  で操業を行なつている。その概要を2.以下に述べる。

### 2. 乾燥および昇温

#### 2.1 熱膨張

珪石煉瓦の高温における熱間性状は、他の耐火煉瓦に比較して、非常に安定しているが、低温時には  $\text{SiO}_2$  の結晶転移により、Fig. 1 に示すような容積膨張が起る。

#### 2.2 昇 温

高温熱風炉乾燥昇温にあつては、珪石煉瓦の加熱時における容積膨張を考慮して、既設旧熱風炉2基(伝熱面積  $3,500 \text{ m}^2/1$  基)を使用して重油燃焼によりチェッカーを加熱し、S 40年10月30日より27日間熱風乾燥を行なつた。

昇温速度は下記の通りである。

$100\sim 300^\circ\text{C}$ , —  $10\sim 20^\circ\text{C}/\text{day}$

$300\sim 900^\circ\text{C}$ , —  $40\sim 70^\circ\text{C}/\text{day}$

昇温経過を Fig. 2 に示す。

### 3. 操 業 実 績

11月25日火入後順調な操業を続けている。送風温度も

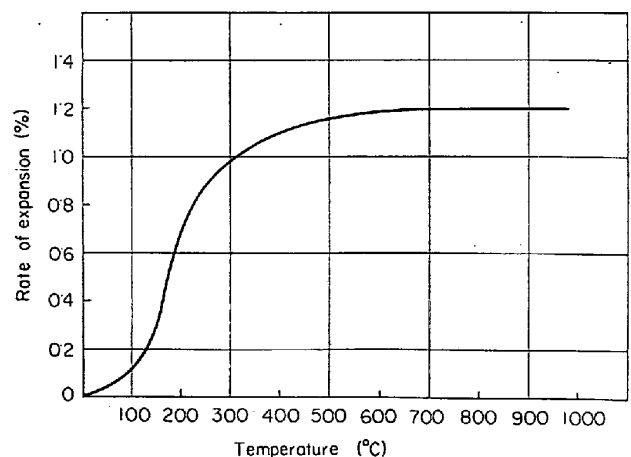


Fig. 1. Thermal expansion of silica brick.

Table 1. Operation data of Sanei high temperature hot stove.

Item	Periods	1965	1966	2·1~	2·16~	2·18~	2·26~	3·15~	3·22~	3·30~	4·18~
		12·1~ 12·31	1·1~ 1·31	2·15	2·17	2·25	3·14	3·21	3·29	4·17	4·22
Blast volume (Nm <sup>3</sup> /min)		195	251	256	260	258	260	267	270	270	275
Blast temperature (°C)		852	927	1,006	995	1,047	1,137	1,140	1,155	1,180	1,200
Mean temp. at hot stove outlet (°C)		911	1,005	1,032	1,043	1,124	1,154	1,162	1,193	1,209	1,220
Combustion air volume (Nm <sup>3</sup> /hr)		3,891	4,899	5,419	5,763	5,500	5,493	5,500	5,500	5,562	5,800
Combustion air temperature (°C)		7	5	5	475	600	650	700	850	900	900
Combustion gas volume (Nm <sup>3</sup> /hr)		6,235	8,271	9,192	9,800	9,340	9,326	9,340	9,091	9,053	9,627
Combustion gas temperature (°C)		146	180	150	135	177	175	159	159	160	160
Dome temperature (°C)		1,109	1,138	1,164	1,236	1,282	1,273	1,297	1,365	1,376	1,402
Waste gas temperature (°C)		223	270	272	261	340	324	301	286	300	305
B gas caloric (kcal/Nm <sup>3</sup> )		692·0	715·8	738·2	711·4	729·1	748·7	782·6	772·1	771·6	761·9
Heat efficiency of hot stove $\eta_1$ (%)		71·68	73·43	73·17	64·01	66·33	71·33	70·53	72·76	73·82	73·21
Total heat efficiency of hot stove $\eta_2$ (%)		75·69	78·62	77·07	62·22	60·20	62·44	57·27	57·75	61·60	58·81

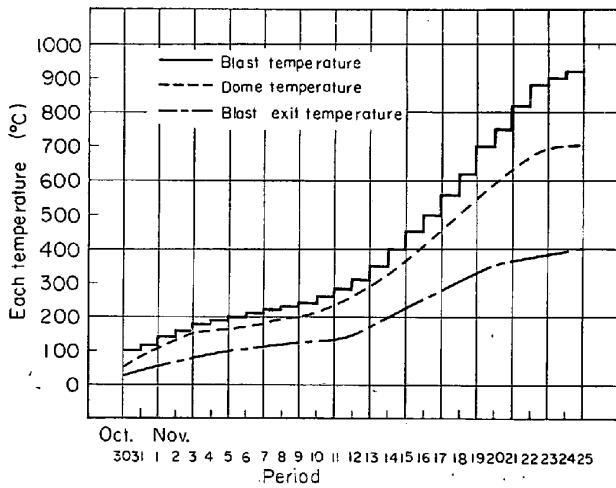


Fig. 2. Drying results of hot stove.

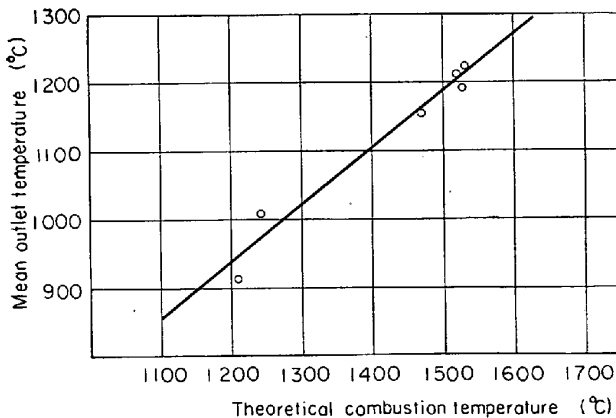


Fig. 3. Relation between theoretical combustion temperature and mean outlet temperature.

燃焼用ガス量の増加に伴って、漸次上昇したが、2月中旬に至り、常温の燃焼用空気温度では限界と思われる1050°Cに達したので、2月16日より予熱熱風炉（燃焼用予熱空気）を併用することにより、送風温度の上昇を図り、4月18日には燃焼用予熱空気温度を900°Cまで昇温し、送風温度1200°Cに達した。Table 1に操業成績経過を示す。

#### 4. 実績検討および考察

##### 4.1 炉効率( $\eta_1$ ) および総合炉効率( $\eta_2$ )

$\eta_1$ ,  $\eta_2$  は下記の方法で求めた。

$$\eta_1 = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_3} \times 100, \quad \eta_2 = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_4 + Q_5} \times 100$$

ただし、

$Q_1$  = 1 サイクル当たり高温熱風炉熱風顕熱

$Q_2$  = 1 サイクル当たり高温熱風炉冷風顕熱

$Q_3$  = (B ガス発熱量) × (1 サイクル当り高温熱風炉 B ガス使用量) + (同予熱 B ガス顕熱) + (1 サイクル当り予熱燃焼用空気顕熱)

$Q_4$  = (B ガス発熱量) × (1 サイクルあたり高温熱風炉 B ガス使用量) + (同冷 B ガス顕熱) + (1 サイクル当り冷燃焼用空気顕熱)

$Q_5$  = (B ガス発熱量) × (1 サイクル当り予熱熱風炉 B ガス使用量) + (同冷 B ガス顕熱) + (1 サイクル当り冷燃焼用空気顕熱)

Table 1 に示すごとく2月中、下旬において、ガス流量計の故障により、 $\eta_1$  が低下したが、修理後熱負荷に応じた燃焼により回復している。当初予熱熱風炉燃焼を2次的なものと考えたため、予熱熱風炉自体の炉効率が悪く、今後予熱熱風炉の効率を向上させることにより、総合炉効率  $\eta_2$  の回復が期待できる。

##### 4.2 理論燃焼温度

Fig. 3 に示すごとく、理論燃焼温度 10°C に対して、熱風出口平均温度は 8°C 変動することになる。また燃焼用予熱温度を 900°C 以上にすることにより、送風温度 1200°C 以上使用することも可能と考えられる。

#### 5. 結 言

(1) 高温送風温度(1200°C) 操業のために、熱風炉ドーム部、チェッカー上部に珪石煉瓦を使用した。昇温過程において、炉壁で生ずるテンションにより起こる、煉瓦の崩壊、脱落は全く見られなかった。

(2) 予熱熱風炉、高温熱風炉併用による燃焼用空気予熱と、レキュペレーターによる燃焼用 B ガス予熱により、送風温度 1200°C の高温送風操業が可能になった。また燃焼用空気予熱温度を 900°C 以上にすることにより、送風温度 1200°C 以上の操業も十分期待できる。

#### 文 献

- 1) 礎, 門野, 檀上: 品川技報, No. 10 (1963),

p. 40

- 2) 福井: 熱管理資料, 昭和 39 年第 4 号, p. 32
- 3) 安武, 園川, 佐藤, 小方, 森田, 笹川, 安岡: 鉄と鋼, 52 (1966) 9, p. 90

### (57) 高温熱風炉の建設について

三栄鉄工

安武正幸・園川峯喜・佐藤勝美  
小方利栄・○森田治男・笹川 浩

久保田鉄工 安岡 雅 弘

#### Construction of High Temperature Hot Stove.

Masayuki YASUTAKE, Mineki SONOKAWA,  
Katsumi SATO, Toshie OGATA  
Haruo MORITA, Hiroshi SASAGAWA  
and Masahiro YASUOKA.

#### 1. 緒 言

三栄鉄工第 6 次高炉は 1965 年 11 月 25 日火入を行なつたが, この付属熱風炉は送風温度 1200°C を目標として新たに建設したもので, 燃焼用ガスおよび空気の予熱を行ない B ガスのみにて高温を得よう計画した。以下その計画および設備の概要につき報告する。

#### 2. 計画概要

当工場の特殊条件として B ガスが余剰傾向にあり, なお既存の旧熱風炉は煉瓦材質, 熱容量などより高温熱風炉への転用不可能なるため新しく高温送風用の熱風炉 2 基を建設し旧熱風炉を高温熱風炉のパーナール燃焼用空気の予熱用に使用することとした。B ガスは高温熱風炉の排ガスの顕熱を利用して予熱することとし, 煙突の代りにレキュベレーターを設置した。

高温熱風炉の計画仕様は, 送風温度 1200°C, 送風量 300 Nm<sup>3</sup>/min, 送風圧力 0.65 kg/cm<sup>2</sup>, 熱風炉型式内燃式カウパー式, B ガス中 CO<sub>2</sub> 17%, CO 23%, H<sub>2</sub> 3%, 発熱量 776 kcal/Nm<sup>3</sup> である。

1200°C の送風温度を得るための各温度は当工場の実績より, 熱風出口温度 1250~1220°C, ドーム温度 1450~1350°C, 理論燃焼温度 1520°C と設定した。この理論燃焼温度を得るには燃焼用空気のみを 900°C に予熱すれば足りるが, さらに予備的に B ガスも 120°C に予熱することとした。

次に伝熱面積は当工場の 5000 m<sup>2</sup> 熱風炉の実績が 40 mm φ フライン型 1 層積にて熱伝達量は 865 kcal/m<sup>2</sup>hr となつており, 今回も蓄熱室内のガス, 空気の流速に大差が無いためこの値を採用し, 8000 m<sup>2</sup> 2 基とした。

#### 3. 設備概要

##### 3.1 高温熱風炉

プロフィールを Fig. 1 に示す。内燃型式の高温熱風炉としたため燃焼室形状は強度的に有利な円形とした。燃焼室壁は特に蓄熱室側において壁の内外面の温度勾配が大きく, これにより不同膨張が起り亀裂発生の原因になることを考慮し, 温度の高い内側煉瓦壁が外側煉瓦壁に対し自由に上部へ膨張し得るような構造とした。またパ

ーナー前面の燃焼室壁に亀裂が発生し, 冷風の短絡が起こるのを防止するため燃焼室内面下部に保護壁を設ける他にチェッカー受金物下の燃焼室壁外側をキャストブル耐火物にてライニングした。

使用炉材はドームおよびチェッカー上部に珪石煉瓦を, 燃焼室内壁に高アルミナ質煉瓦を, 燃焼室外壁および蓄熱室壁上部に SK 34 粘土質煉瓦を, 蓄熱室壁およびチェッカー中下部には SK 33~31 粘土質煉瓦を使用した。

炉壁構成は耐火煉瓦の外側に 2 種の耐火施熱煉瓦を用い, さらに鉄皮との間に断熱セメントを用い断熱と膨張の吸収に使用した。熱風炉においては部分的に常に低温の箇所があるためモルタルにはすべて気硬性モルタルを使用し気密性の向上をはかつた。ドーム煉瓦に珪石質を使用したためドーム最高温度は 1500°C の使用が可能となつた。チェッカー形式は 40 mm φ フライン型の 1 層積を採用した。

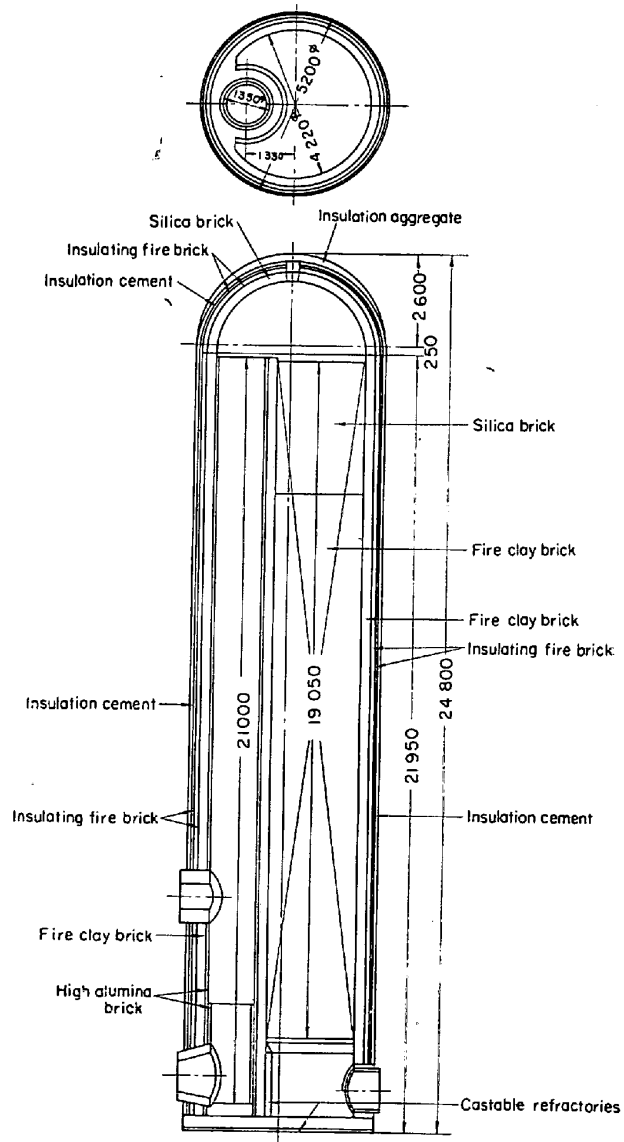


Fig. 1. Profile and section of the high temperature hot stove.