

Fig. 5. Effect of high top pressure operation on fuel rate.

$$\Delta FR = 30 \Delta \tilde{u} \dots\dots\dots (7)$$

$$\therefore FR = 30 \tilde{u} + a \dots\dots\dots (8)$$

(7), (8)式において FR: 燃料比 (kg/t-p),  $\tilde{u}$ : 計算ガス速度 (m/sec), a: 定数である.

(8)式に最近の室蘭第3高炉の標準操業状態を代入すると, aが定まり(9)式が得られる.

$$FR = 30 \tilde{u} + 413 \dots\dots\dots (9)$$

一方計算ガス速度は次のように示される.

$$\tilde{u} = \frac{1 \cdot 21 V_B / 60}{\tilde{S} \cdot \epsilon} \cdot \frac{\tilde{T}}{273} \cdot \frac{1 \cdot 033}{(P_1 + P_2) / 2} \dots\dots\dots (10)$$

ここで,  $\tilde{S}$ : 炉の平均断面積, (羽口~装入線まで, 室蘭第3高炉では,  $45 \cdot 5 \text{m}^2$ ),  $\epsilon$ : 空隙率(ここでは  $0 \cdot 58$  を採用),  $\tilde{T}$ : ガスの炉内平均温度 ( $1400^\circ\text{K}$  を採用),  $1 \cdot 21$ : 送風  $1 \text{m}^3$  より生成されるボッシュガス量, である.

(10)式に各定数を代入し, (5), (9), (10)式より  $P_1$ ,  $u$ を消去すれば, 次式が得られる.

$$FR = 413 + 0 \cdot 243 / (P_2 + \sqrt{2 \cdot 67 \times 10^{-5} V_B^6 + P_2^2}) \dots\dots\dots (11)$$

また, 鉄鉄 1t 当り所要風量  $V_p (\text{Nm}^3/\text{t-p})$  と燃料比 FR には, 極めて強い直線関係がある.

$$V_p = 3 \cdot 0 FR - 190 \dots\dots\dots (12)$$

出鉄量を  $P_r (\text{t/d})$  とすれば,

$$P_r = 1440 V_B / (3 \cdot 0 FR - 190) \dots\dots\dots (13)$$

$$\therefore FR = 63 \cdot 3 + 4 \cdot 80 \times 10^2 V_B / P_r \dots\dots\dots (14)$$

以上のようにして求めた(11)および(14)式によつて, 出鉄量  $P_r$ —送風量  $V_B$ —燃料比 FR—炉頂圧  $P_2$  の4者の関係が定量化される. Fig. 5に出鉄量と炉頂圧をおのおの(11)および(14)式のパラメーターとして, 送風量と燃料比の関係を示した. Fig. 5から高圧操業の特徴として次のようなことがいえる.

(1) 炉頂圧  $1 \text{kg/cm}^2$  の燃料比におよぼす効果は,

常圧から  $0 \cdot 5 \text{kg/cm}^2$  の範囲では,  $-54 \text{kg}$  であるが,  $0 \cdot 5 \text{kg/cm}^2$  から  $1 \text{kg/cm}^2$  の範囲では,  $-40 \text{kg}$  となり徐々に減少すると見なされる.

(2) 低出鉄時には燃料比のレベルが下がるので, 例えば  $1700 \text{t/d}$ ,  $0 \cdot 5 \text{kg/cm}^2$  時の燃料比と同じ燃料比を  $2300 \text{t/d}$  の出鉄で得るためには, 炉頂圧を  $1 \cdot 1 \text{kg/cm}^2$  位に上げる必要がある.

#### 4. 結 言

室蘭第3高炉において6回目の高圧操業試験を実施した結果,

(1) 送風量, 送風圧, 炉頂圧の3者の間には密接な関係があり, 3者を定量的に結びつけることができた.

(2) 炉頂圧  $0 \cdot 1 \text{kg/cm}^2$  当り, 燃料比は  $4 \sim 5 \text{kg}$  低下する. しかし, 燃料比の低下の度合いは, 炉頂圧上昇につれて減少すると思われる.

(3) 高出鉄時に低出鉄時と同一のコークス比を得るためには, 非常な高炉頂圧を要すると思われる.

#### 文 献

- 1) 山田, 他: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 1599
- 2) 化学工学便覧, (1958), p. 133

669,162,277,669,162,228,3

### (38) 大型高炉における高圧操業について

東海製鉄

山田良正・喜多川武  
福田隆博・○草野権一郎

#### Operation of the Huge Blast Furnace with the Top-Pressure Control.

Yoshimasa YAMADA, Takeshi KITAGAWA,  
Takahiro FUKUDA and Kenichirō KUSANO.

#### 1. 緒 言

東海第1高炉は昭和39年9月5日火入れし, 昭和40年2月より高圧操業を開始した. その後市況の関係で, 高出鉄を達成するにいたっていないが, 炉頂圧力  $0 \cdot 6 \sim 0 \cdot 7 \text{kg/cm}^2$ , 出鉄比  $1 \cdot 5 \sim 1 \cdot 6 \text{t/m}^3$ , 燃料比  $520 \text{kg/t}$  前後の安定した操業を行なっている. 以下に火入れ後約1年間の操業実績と, 設備上の問題点などについて報告する.

#### 2. 高圧操業設備

本高炉は内容積  $2021 \text{m}^3$ , 炉床径  $9 \cdot 8 \text{m}$ , 滓口数24, 出鉄口2個, 出滓口2個を有する高圧操業高炉である. 装入装置関係の設備はマッキー方式(2ベル)を採用, 炉頂圧力最高  $1 \cdot 0 \text{kg/cm}^2$  の操業が可能にした. 高圧操業制御設備は炉頂圧力制御(セプタム弁制御, プリーダ弁制御), ベル間ホッパー内の圧力制御(1次均圧, 2次均圧)およびベンチュリースクラバーの水位制御よりなっている. Fig. 1に炉頂圧制御系統図を示す.

本設備で特に考慮が払われた主なものを次にあげる.

1) 大ベル摩耗への対策

大ベルおよびカップのシール部の表面硬化 (Stoody #106), 大ベル保護ライナー(SMn85)の採用, 炉一代で

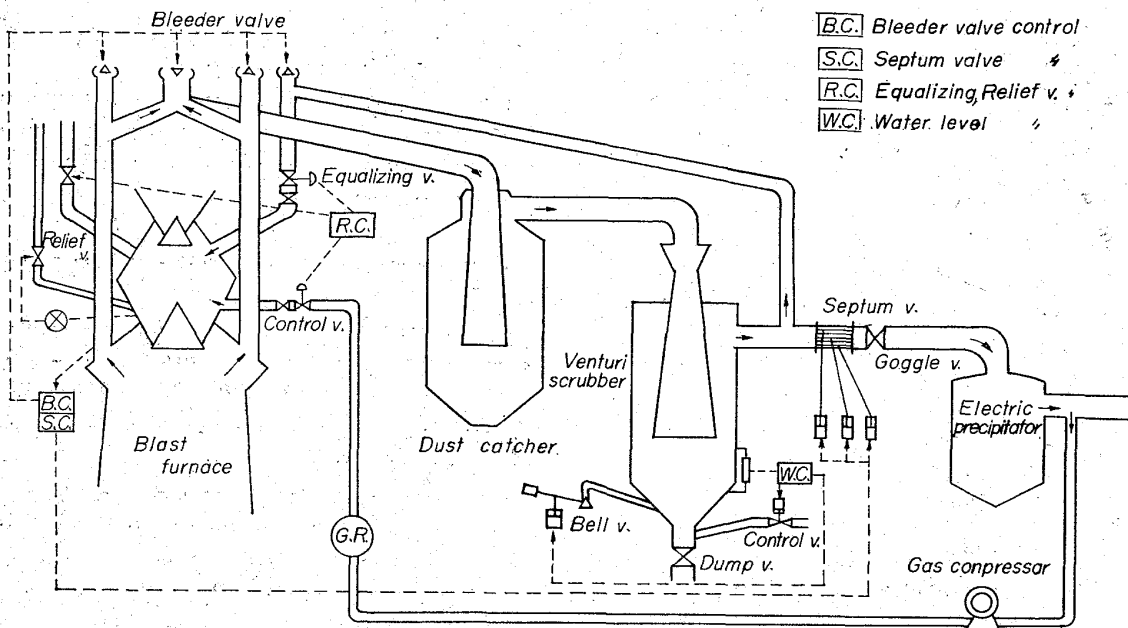


Fig. 1. Top pressure controlling system.

のベル交換を予想して60トン炉頂クレーンの設置等

2) 装入旋廻装置ガスシール部からのガス漏洩防止、このためラビリンスシールに1本もののネオプレンゴムを使用し、これに高粘度グリースを地上から給油可能にした。

3) 高圧操業時の炉頂部の膨張の吸収のための考慮

4) 冷却板周囲からのガス漏洩防止

このため冷却板ロック装置の採用およびエポキシ樹脂の充填を行なった。

### 3. 操業経過

Table 1 に火入後約1年の操業実績を示す。

火入れ後立ち上り操業は順調であつたが、昭和40年1月下旬から炉況不調となり予定通りの増風ができなかつた。そこで鉄滓の塩基度 ore/coke および送風温度を下げ、焼結鉄使用割合も若干下げて増風に努めた結果、2月下旬から安定し始め、さらに焼結鉄品質の改善等もあつて、4月からは完全に回復した。この炉況不調の原因は、火入後増風のピッチがやや遅く重装入を続けたため外部操業となり、シャフト下部に付着物ができたためと考えられる。その後風量 3000~3100 Nm<sup>3</sup>/min の順調な操業であつた。また重油吹込みの試験を8月末から始め良好な経過で、10月は重油比 26 kg/t、コークス比 484 kg/t の成績であつた。

高圧操業は昭和40年2月中に 0.2~0.6 kg/cm<sup>2</sup> の炉頂圧力で調整試運転し、3月4月は 0.5~0.6 kg/cm<sup>2</sup>、5月から 0.6 kg/cm<sup>2</sup>、10月から 0.7 kg/cm<sup>2</sup> の操業を行なつている。炉頂圧力選定の目安としては装入物の空隙率を 0.55 とした場合の炉内平均ガス速度で 4.0 m/sec 以下、炉口部でのガス速度で 1.9 m/sec 以下をとつている。ore/coke を下げた時点より高圧操業を開始したこと、また最近の市況の影響で出鉄比 1.5 t/m<sup>3</sup> 程度の操業を余儀なくされていることなどのため、高圧操業と出鉄量、コークス比等の関係を求めるにいたつていない。しかし現在のダスト発生量、棚吊り、スリップ等の

状況、ならびに焼結工場修理時等におけるヤード焼結鉄の大量使用(鉄石装入量の70%)時にもならぬ問題を生じないことなどから見て上のような考え方で炉頂圧力を選定すれば炉況は安定し、将来さらに高出鉄比を可能にすることができるであろうと考えている。高炉一基だけの当社の現状では高炉操業の社内他部門への影響をなるべく少なくする必要がある。この点からみての安定した操業、また経済的な操業といった面での高圧操業の果す役割りは大きいと考えている。

### 4. 操業上、設備上の問題点

次に問題となつている点、あるいはそれについて処置した結果等を列挙する。

1) 大ベルロッドの蒸気シール部の摩耗

火入れ後6カ月で蒸気吹込部が約摩耗した。これに対し蒸気吹込箇所をずらし、吹込方向をロッドに対して直角方向から水平方向に変更した。その後の摩耗はきわめて少なくなつた。

2) 大ベルの摩耗状況

火入れ後1年でシート面には肉眼判定できる程度の切込、摩耗等はほとんど認められないが、保護ライナーは約10mmの摩耗が認められる箇所があつた。

3) 非常排圧弁および荒ガスブリーダー弁の摩耗

非常排圧弁は約1年で交換した。外開式荒ガスブリーダー弁(1220φmm)は15カ月で交換の予定である。

4) 冷却板周囲からのガス漏洩

高圧操業開始後シャフト部、朝顔部冷却板周囲からガス漏洩があり、特に朝顔上部からの漏洩が激しい。そこでエポキシ樹脂の充填を強化したがあまり良好な結果は得られなかつた。その後冷却板周囲にモルタル注入を行なつてガス漏洩防止を行なつているが、これはかなり良い成績を示している。

5) 除塵器下部バルブからのガス漏洩

除塵器からの灰出後、下部バルブのガスシールが悪く、ガス漏洩がたびたびあり、そのたびごとに炉頂圧力

Table 1. Operating data for Tōkai No. 1 blast furnace.

Item	Period													
	S. 39 9	10	11	12	S. 40 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hot metal	1297	1711	1917	2069	2016	2391	2726	2957	2995	3003	2949	3018	3007	3232
"	(t/day)	(t/day)	(t/day)	(t/day)	(t/day)	(t/day)	(t/day)	(t/day)	(t/day)	(t/day)	(t/day)	(t/day)	(t/day)	(t/day)
Coke ratio	0.64	0.85	0.95	1.02	1.00	1.18	1.35	1.46	1.48	1.49	1.46	1.50	1.49	1.60
Oil ratio	606	522	524	518	524	578	574	551	556	536	549	543	511	484
Blast volume	1430	1536	1803	1962	2014	2546	2915	2989	2962	9246	3004	2928	2938	2975
Blast temp.	649	781	822	892	849	691	793	851	922	892	910	929	942	1045
Blast moisture	—	17	22	20	20	22	32	34	34	34	32	36	31	28
Top pressure	1076	1031	1180	1183	1264	1559	1721	1835	1773	1782	1760	1671	1791	1817
Top gas temp.	132	140	174	169	171	393	527	518	563	563	572	557	571	623
Top gas CO <sub>2</sub>	217	179	185	179	188	241	208	192	209	188	190	174	200	190
"	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
CO	17.9	12.6	19.7	19.9	18.5	18.5	19.8	19.8	18.6	18.7	18.7	18.7	18.6	19.8
Slag volume	23.7	21.3	21.3	21.7	21.8	23.2	23.4	22.4	23.6	22.9	23.4	23.4	22.5	21.6
CaO/SiO <sub>2</sub>	311	330	312	292	321	293	318	338	348	342	327	314	305	307
Hot metal Si	1.15	1.23	1.22	1.20	1.17	1.10	1.14	1.17	1.17	1.19	1.20	1.25	1.27	1.27
"	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
S	0.024	0.026	0.024	0.002	0.021	0.029	0.032	0.030	0.028	0.025	0.023	0.023	0.024	0.024
Sinter ratio	75.7	77.3	80.5	79.2	81.1	76.9	60.9	75.5	84.7	84.8	80.9	84.7	87.4	80.4
Dust	6	8	10	9	11	14	20	39	13	9	11	14	19	18
Hanging	0	0	1	0	2	4	26	6	3	2	3	0	2	0
Slip	0	11	15	15	85	94	78	54	43	41	47	16	8	1
Gsa velocity	2.53	2.75	3.05	3.32	3.33	3.67	3.91	3.91	3.89	3.86	3.95	3.95	3.84	3.82
"	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)

を 0.3 kg/cm<sup>2</sup> 程度に下げて、ガス漏れの止まるのを待つという状態である。このため下部バルブの改良を 3 回行なったが、まだ望ましい状態にいたっていない。

6) 出銑後半の銑滓の飛散防止の減圧について

高圧操業を開始した昭和40年2月には、いわゆる出銑減圧は52回あり、それ以前に比べて急激に多くなり、飛散した銑滓の片付けも大変であった。そこで飛散防止カバー等も試みたが、最終的には出銑口ボタを改善して(実用新案申請中)安定した出銑口をつくるように努めた結果、最近では出銑減圧の回数はカバーなしで月間10回程度となり、作業量も減り良好な成績をおさめている。

5. 結 言

東海第1高炉は昭和40年2月より高圧操業を開始し、3月から最高炉頂圧 0.6 kg/cm<sup>2</sup>、10月から 0.7 kg/cm<sup>2</sup> の操業を続けている。最近では高圧操業による設備上、操業上の問題点もほぼ解決して、出銑量 3000 t/dag 以上、燃料比 520 kg/t 前後の成績を維持し、しかもスリップ、棚吊り、送風羽口溶損(火入以来3個)ガス灰発生等がきわめて少なく、順調な荷下がり状況で安定した操業を行なっている。

669.162.283.2:669.162.263.42

(39) 高炉羽口先酸化帯の解析結果について

日本鋼管、技術研究所 ○下 間 照 男  
Theoretical Analysis for Phenomena in the  
Combustion Zone fo a Blast Furnace.

Teruo SHIMOTSUMA.

1. 緒 言

高炉羽口先酸化帯の状態を解明するために、比較的単純なモデルを想定して、羽口先のガス濃度分布、ガス流速分布およびガス温度分布について解析して、それぞれの分布式を導いた。この分布式の妥当性を確かめるために操業条件の異なる場合について、分布式から計算によって求めた値と、実測値とを対比した結果、両者は比較的よく合うことがわかったので、これらの分布式は羽口先酸化帯の状態をかなりよく表わすといえる。

2. 羽口先酸化帯の解析

2.1 ガス濃度分析

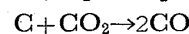
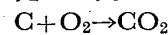
2.1.1 羽口先のモデル

羽口先のガス濃度分布式を導くために、次のような単純なモデルを仮定した。

1) 衝風は乾燥空気と考える。

2) 羽口先には、粒度一様の球状のコークスが充填されている。

3) ガス流れ、ガス濃度変化は羽口中心軸方向のみとし羽口先では次の2つの反応が起きる。



4) 一定の位置に着目すると、その点を流れるガスの濃度は時間に対して一定である。

5) O<sub>2</sub> の移動速度が酸化反応の速度を支配し、還元反応も 1 次反応とする。