

再生銑鉄の研究(第Ⅸ報)

炉壁浸蝕による炉内反応の考察

養 田 実
 沢 田 道 幸
 高 山 藤 一 郎

Studies on the Regenerated

Pig Iron-IX

A Research on the Reaction in the Furnace Considering on the Lining Erosion.

Minoru YOHTA

Michiyuki SAWADA

Toucinro TAKAYAMA

The authors investigated the relation between the lining erosion during the operation and the operating conditions viz. the blast volume, the blast pressure, the coke ratio, the slag basicity, and the temperature of the hearth, etc., and considered the chemical reactions in the furnace.

I 緒 言

操業条件によつて炉内壁の浸蝕状況が変わるが、これを調査する事によつてその結果が、風量、風圧、コークス比、スラッグ塩基度、出銑温度等と如何なる関係にあるかに就いて、炉内反応を考慮しながら究明する事にした。

II 実験方法

従来と同様に試験炉^①を使用し、その操業条件については、(表-1)に一括して示す通りである。

表-1

実験 No.	操業時間 (時)	コークス比 (%)	風 量 (m^3/min)	風 圧 ($mmAq$)	出銑温度 ($^{\circ}C$)	塩 基 度 (CaO/SiO_2)	コークス 装 入 速 度 (kg/hr)
1	4.92	19.3	12.18	239.5	1407	0.419	84.6
2	6.48	23.9	12.90	245.6	1420	0.547	90.4
3	6.15	32.2	—	220.5	1434	0.480	87.8
4	6.22	44.5	13.39	291.9	1456	0.667	86.8
5	6.38	43.2	16.39	395.9	1466	0.601	115.2

III 実験結果

操業後の炉内浸蝕状況の測定結果を(図-1)に示す。炉内浸蝕の測定結果及び炉内浸蝕容積並びに浸蝕速度等は、(図-2)及び(表-2)に示す。但し

r_1 ……………操業前に於ける羽口面炉内半径(mm)

r_1' ……………操業後に於ける羽口面炉内半径(″)

r_2 ……………浸蝕開始面に於ける炉内半径(″)

r_3 ……………最大浸蝕面に於ける炉内半径(″)

- H.....羽口面より浸蝕開始面迄の高さ (mm)
- h_1羽口面より最大浸蝕面迄の高さ (")
- h_2最大浸蝕面より浸蝕開始面迄の高さ (")
- t操業時間 (hr)

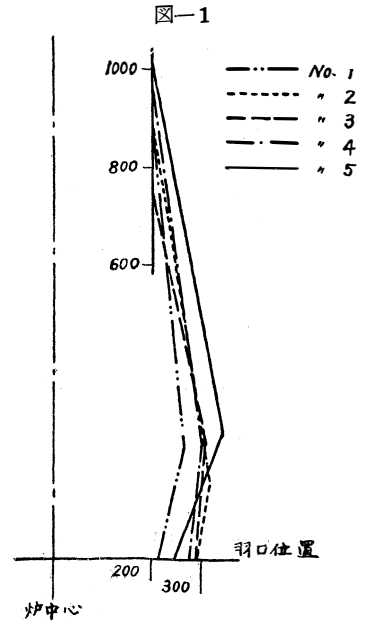
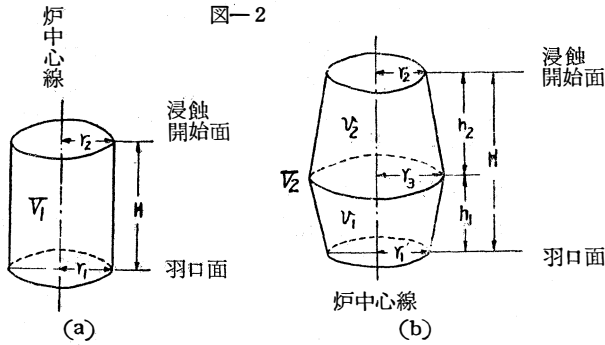
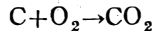


表-2

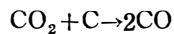
実験No.	r_1' (mm)	r_2 (mm)	r_3 (mm)	h	H (mm)	r_3-r_2/t (mm/hr)	炉内浸蝕容積 (mm ³)	炉内浸蝕速度 (mm ³ /hr)
1	217	200	263	230	870	12.80	40,818,000	8,297,000
2	295	"	315	150	880	17.75	87,816,000	13,552,000
3	288	"	305	240	750	17.07	75,639,000	12,299,000
4	275	"	300	230	950	16.08	83,596,000	13,440,000
5	278	"	340	250	1,000	21.94	125,130,000	19,613,000

IV 考 察

上記の実験結果から炉内浸蝕に対する操業条件について考察する。炉内浸蝕に関係するものとして風量、風圧、炉内温度、操業時間、塩基度、装入物の種類及び状態等が考えられる。炉の浸蝕機構としては、先ず羽口より吹込まれた空気は、炉内で直ちにコークスと反応して



の発熱反応を起す。而して上記の反応は羽口より上方へ移るに従つて空気中の O_2 が欠乏しこれより更に上部へ行くと今度は逆に上部より降りて来る白熱状態のコークスと反応して



の還元吸熱反応を起す。而して羽口より酸化反応の行われる上限までが燃焼帯であつて、此の上限に於て最も多量の CO_2 が存在するので炉内温度が最も高く、従つて炉壁の浸蝕も最も激しい。(図-2)の h_1 の高さの部分が即ち燃焼帯の上限を示す訳である。これより更に上部へ移ると前記のコークスによる還元吸熱反応が起ると同時に、上部から除々に降下して来る装入鉄原料等を溶解するので炉温は漸次降り、従つて炉壁の浸蝕量も少くなる。還元反応は $750^\circ C$ 附近の炉温迄起り、炉内浸蝕の始まる高さ即ち、(図-2)のHの高さより上部に上限を有する。燃焼帯の上限より此処までが還元帯と云うことになる。又更に上部が予熱帯である。斯様にして起る炉内浸蝕は、炉の

操業条件によりその形状が変り従つて浸蝕の形状から逆に炉内反応を推察する事が出来る。

(1) h_1 と風量, 風圧, コークス比及び出銑温度との関係

(図-3)の各図に示す如く、いずれも右上りの関係にある。風量が多いと炉内の O_2 の量も多くなり、燃焼範囲が広がる。又風圧が強くなれば、送風速度も速くなるので燃焼高さが高まるものと考えられる。出銑温度が高くなるのは、風量、コークス比の増加により燃焼帯の温度が上昇するのと所謂ベッセマリゼーションの両者の作用によるものであろう。コークス比も出銑温度も共に同様の傾向を示している。

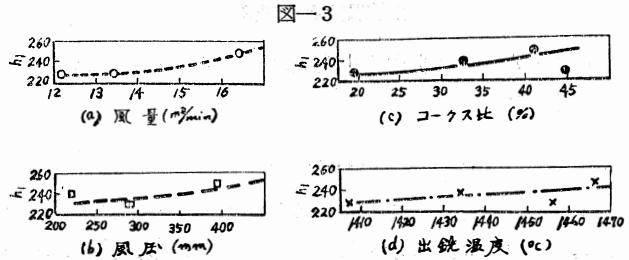


図-3

(2) Hと風量, 風圧, コークス比及び出銑温度との関係

(図-4)は熔解帯上限の高さとの関係を示すが、此の場合も(図-3)と同様な結果が見られる。風量が多いと発生する CO_2 の量も多く、従つて炉温も高く、少ない場合より高い部分まで CO_2 が行く為であり、同様風圧が高いと炉内ガスの上昇速度も速いので風圧の低い場合の様に、低部でコークスとの還元反応に CO_2 を消費せず高い部分まで運でられる為と思われる。

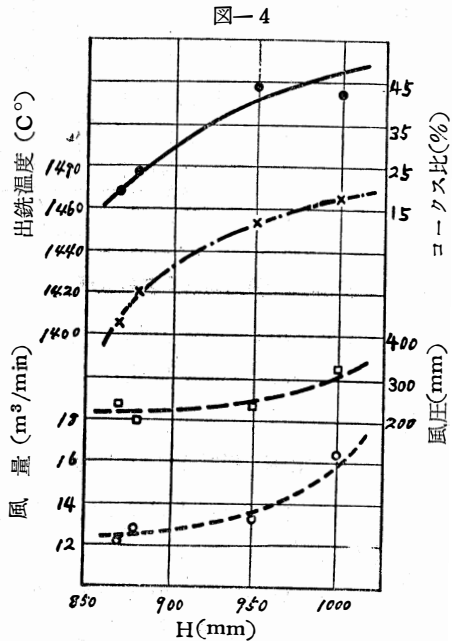


図-4

(3) r_3-r_2 と操業時間との関係

最大浸蝕面に於ける浸蝕量と操業時間との関係を (r_3-r_2) に依つて現すと(図-5)の如くなる。操業時間が長くなればそれに従つて浸蝕部の径は大となる。尚H及び h_1 と操業時間との間には、明確な関係は認められない。

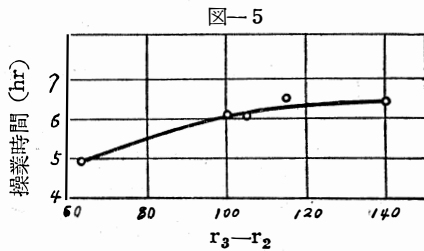


図-5

(4) $\frac{r_3-r_2}{t}$ と風量, コークス比及びコークス装入速度との関係

(図-6)は燃焼帯上限に於ける径の浸蝕速度が風量、コークス比、コークス装入速度と共に大になる事を示し、之は燃焼帯に於ける燃焼作用が上記の諸条件の増大と共に激しくなる事を示している。以上は、操業諸条件と炉内浸蝕の形状について述べたが、次に炉

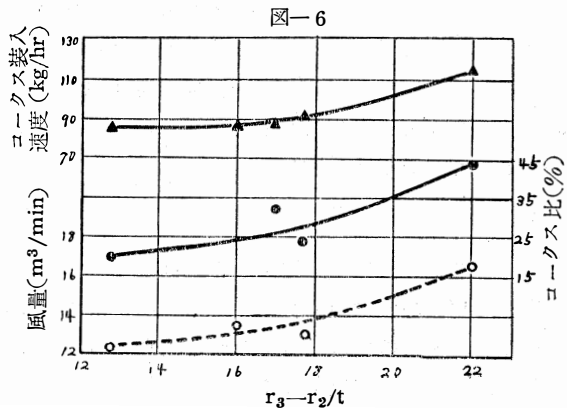


図-6

内浸蝕の全体量に関して、出銑温度、塩基度、その他の操業条件との関係について検討してみる事とする。

(5) 浸蝕速度と出銑温度との関係

(図-7) に示す如く出銑温度が高くなるにつれて浸蝕速度は速くなる。

(6) 浸蝕速度と塩基度との関係

塩基度の場合も温度と同様の傾向であるが、温度と塩基度とは、(図-9) に示す如く比例関係にあり、之等二者は両者相まって浸蝕に作用しているものと思われる。

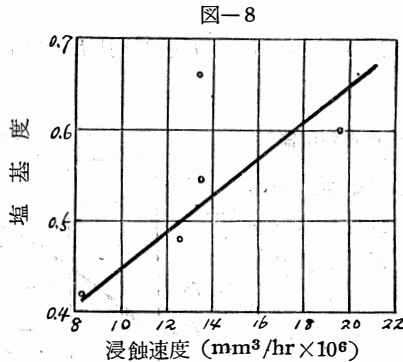


図-8

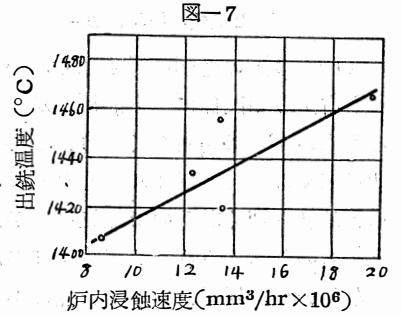


図-7

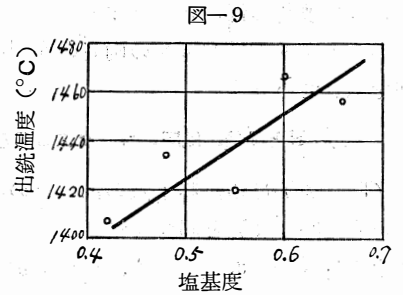


図-9

(7) 浸蝕速度とコークス装入速度との関係

之は(図-10) に示した如く炉温の上昇による化学的浸蝕作用の増加と共に機械的破壊力の増大と云う面も考えられる。

(8) 浸蝕量と操業時間との関係

(図-11) に示す如く浸蝕量は操業時間が長くなると共に大きくなる。

以上述べた点から見て炉内浸蝕量に最も大きな関係を有するものは、塩基度が大きく変化しない以上は、操業時間と炉内温度(此の場合は出銑温度を指す)と思われるので

$$V_e = tT \quad \text{但し} \quad V_e \cdots \cdots \text{炉内浸蝕量 (mm}^3\text{)}$$

$$t \cdots \cdots \text{操業時間 (hr)}$$

$$T \cdots \cdots \text{出銑温度 (}^\circ\text{C)}$$

の関係式を樹て計算した結果を(図-12) に示したが割合事実とよく合致する様である。

V 結 言

以上を要約すれば次の様になる。即ち

- (1) 炉内の浸蝕の形状は操業条件によつて前述の如く変化するので、従つてこれを調査することにより炉内の反応状況を知ることが出来る。

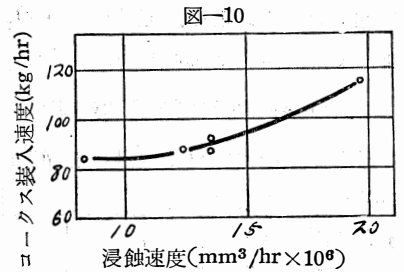


図-10

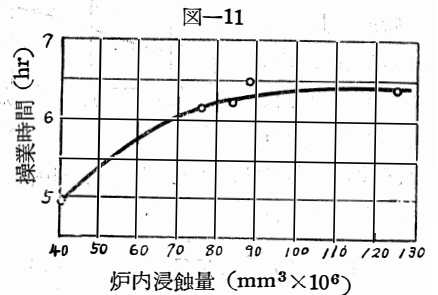


図-11

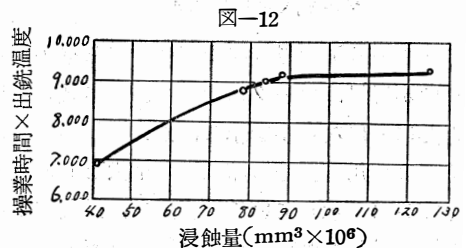


図-12

- (2) 浸蝕高さに対しては風圧及び炉内温度の影響が著しい。
 (3) 浸蝕径に対しては操業時間及び塩基度が著しく影響を与えている。
 (4) 炉浸蝕全量に対しては塩基度が余り変らない場合には、炉内温度と操業時間が最も強い影響を与えている。
 (5) 従つて浸蝕高さ h_1 及び H 或いは浸蝕径 $r_3 - r_2$ を適当に調節する様に操業条件を考慮することにより、炉内の還元反応及び酸化反応を合理的に促進させることが出来るようになる。

終りに本一連の研究に御指導を頂いている石原学長先生に感謝の意を表します。

- ① 特殊低型熱風式キュポラ (富山大学工学部紀要, 報告第Ⅴ～第Ⅷ報参照)
 ② 炉内浸蝕容積及び浸蝕速度の求め方は下記の如し。操業前の羽口面より最大浸蝕面迄の炉内容積 (V_1)

$$\text{操業前は } r_1 = r_2 \text{ であるから } V_1 = \pi r_1^2 H$$

操業後の羽口面より最大浸蝕面迄の炉内容積 (V_2)

$$V_2 = v_1 + v_2 = \frac{h_1}{3} (r_1^2 + r_1 r_3 + r_3^2) \pi + \frac{h_2}{3} (r_2^2 + r_2 r_3 + r_3^2) \pi$$

$$\text{浸蝕容積 (Ve) } Ve = V_2 - V_1$$

容積浸蝕速度 (Vev)

$$Vev = \frac{Ve}{t} \quad \text{但し } t \text{ は操業時間}$$

- ③ コークス装入速度とは単位時間に於けるコークス装入量を表わす。(kg/hr)

正 誤 表

頁	行目
目次	17
6	下より10
6	下より8
6	下より8
9	下より4
9	下より3
10	5
〃	6
38	9
50	図-6 縦軸の
52	10
53	図-1 横軸の
60	表-2 上段中央
61	下より13
81	3
122	図-4 縦軸の
123	表-2
124	8
Contents	15
〃	〃
〃	22
〃	〃
〃	25

誤

三元系平衡

r_1

r_1

r'_2

$$k = \frac{\omega^2 \text{Loc} - 1}{\omega C}$$

$$= \frac{r^2(1 - \omega \text{Loc})^2 + \omega^2 \text{Lo}^2}{r^2(1 - \omega^2 \text{LoC})^2 + \omega^2 \text{Lo}^2}$$

$$\phi_1 = \tan^{-1} \frac{R_2(R_1 + R_2) + (2x + k)(3x + k)}{R_2(R_1 + R_2) + (2x + k)(3x + k)}$$

$$\phi_2 = \tan^{-1} \frac{R_2(R_1 + R_2) + (2x + k)(3x + k)}{R_2(R_1 + R_2) + (2x + k)(3x + k)}$$

Eng

電流 率

n_D^{20}

AlCl_3

h

れの

変態量よりて

剪断応力

焼鈍クロム鋼

焼鈍クロム鋼

Actives

Chloride

Tadatamo

Hetone

Pigiron

正

三元系平衡

r_2

r_3

r'

$$k = \frac{\omega^2 \text{LoC} - 1}{\omega C}$$

$$= \frac{r^2(1 - \omega^2 \text{LoC})^2 + \omega^2 \text{Lo}^2}{r^2(1 - \omega^2 \text{LoC})^2 + \omega^2 \text{Lo}^2}$$

$$\phi_1 = \tan^{-1} \frac{R_2(R_1 + R_2) + 2x^2 + 3kx + k^2}{R_2(R_1 + R_2) + 2x^2 + 3kx + k^2}$$

$$\phi_2 = \tan^{-1} \frac{R_2(R_1 + R_2) + (2x + k)x}{R_2(R_1 + R_2) + (2x + k)x}$$

Eng

電流効率

n_D^{20}

AlCl_3

h

(mm)

ると

変態量よりも

剪断応力

焼鈍クロム鋼

焼鈍クロム鋼

Activities

Chloride(V)

Tadatomo

Ketone

Pigiron