

Table 3. Thickness of the remaining brick of the No.3 torpedo-car after 1st campaign.

Part	Section Initial thickness (mm)	Section														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
a	280	280	275	270	250	270	260	200	—	240	270	270	245	260	260	270
b	280	280	280	250	240	250	240	190	170	220	240	260	220	260	260	270
c	280	280	240	250	235	250	230	140	130	245	180	240	200	210	240	270
d	280, 395	280	190	220	230	190	240	220	0	240	200	250	190	215	200	270
e	280, 395	270	200	230	220	200	220	200	310	170	220	250	200	225	200	270
f	280, 395	280	220	220	215	200	220	180	150	140	210	240	180	230	240	270
g	280	280	220	245	230	210	220	160	140	150	220	260	210	220	240	270
h	280	280	280	275	250	220	250	170	130	210	250	270	240	250	225	270

V. 内張煉瓦侵食状況

Table 3 は修理時測定した内張煉瓦の侵食状況の一例を示したものである。測定は炉軸に垂直な15断面についてそれぞれ a~h の8点について行われたが、断面8は受鉄口中正線と湯当り部を含む断面であり、この断面の d および f に見られるように湯当り部の損耗は他に比し極度に大である。目地の侵食は全般的に見てかなりひどく、上部を除くあらゆる目地に相当深く銑鉄が侵入していた。なお、炉体テーパー部の上面には黒鉛を主体とした附着物が多く見られた。

VI. トービード型溶銑車の使用方法について

ライニングの侵食状態からわかるように、鍋の使用可能回数を増すにはまず湯当り部煉瓦の損耗速度を遅らせるような受銑方法を探らねばならない。このためには常時鍋内に多少の溶銑を残しておくとともに、受銑時における溶銑の流速および樋鼻の管理を充分行ない、極力溶銑を底面に向つて落下させることが望ましい。また、受銑に際しては受銑方向を交互に変更し左右湯当り部の損耗を均等にする必要がある。すなわち、片側受銑を行なった No.1 および No.2 の侵食状態から推測して、交互に方向を変えた場合、片側受銑に比し約 90 回程度受銑回数を増すことができると思われる。なお、上面附着物の生成を極力防止し容量を常に最大に維持するためには、適時排滓を行うとともに、受銑時には上部に多少の余裕を残しておくことが賢明である。

VII. ライニングの改善と補修方法について

現在までライニングの不良あるいは侵食による事故としては特に取上げるほどのものはなかったが、改修直後の使用に際して鉄皮ガス抜孔より少量の溶銑の流出をみたことがあった。そのため圧縮変形抵抗の小さい断熱材の使用を廃止しプラスチック耐火材の充填を行なうようにした。その結果溶銑の流出は全くなり、鉄皮表面温度の上昇もほとんどなく良好な結果を納めている。現在ライニングについて残された大きな問題は、湯当り部煉瓦の寿命延長であり、このため煉瓦の形状および材質を検討中である。

ライニングの補修に際し全面張替を行なうことは賢明ではない。そこで現在までにスタンプ材による局部補修と湯当り部のみの部分張替を試験して来たが、スタンプ材による局部補修は満足できる結果がえられなかった。しかしながら、入念な冷却と補修によつて部分張替は現在のところ良好な成績を納めている。

(4) 669, 162, 264, 4, 546, 26; 669, 162, 263, 23
 棚吊りにおよぼす炭素析出加速
 度の影響について 62/84

(溶銑炉の棚に関する研究—II)

八幡製鉄所技術研究所

12/11~12/13

工博 児玉 惟孝・重見 彰利

○堀尾竹弘・高橋 良輔

On Effects of Acceleration of Carbon Deposition on Hanging.

(Studies of hanging of a blast furnace—II)

Dr. Koretaka KODAMA, Akitoshi SHIGEMI

Takehiro HORIO and Ryosuke TAKAHASHI.

I. 緒言

棚が溶銑炉の能率向上を非常に阻害していることはよく知られている。前回の講演会では還元実験中にある条件において還元ガスが銑石試料中を通過し難くなり、丁度溶銑炉シャフト部における棚と近似の状況になることを見出し、諸条件におけるその現象を観察し報告した。今回はこれらの現象を実際の高炉の棚吊性に適用すべく炭素析出加速度を基礎として、ガス成分、銑石中のFeO量、ore/coke 等の影響を統計的にまとめた。

II. 実験装置

実験装置の概略を Fig. 1 に示す。銑石充填層の高さは 100mm とし、その下端より各種成分の還元ガスを

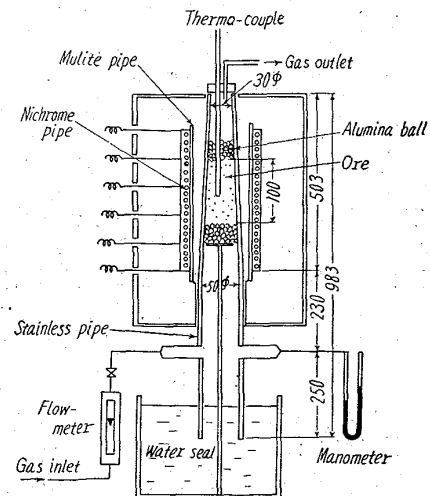


Fig. 1. Experimental apparatus.

Table 1. Results.

No.	Sorts of iron ore	FeO (%)	Ore size (mm)	Ore/coke	Gas composition			T (mn)	Regression curve $y=a_1t^2+a_2t+a_3$				
					CO	CO ₂	H ₂		a ₁	a ₂	a ₃	F	d ² y/dt ²
1	India	0.30	3~5	Ore	30.4	0	0	40	2.333	4.786	-34.229	618**	4.666
2	Adrianitas	6.08	//	//	30.2	0	0	40	2.864	25.151	5.657	227**	5.728
3	Brazil	0.30	//	//	30.2	0	0	40	2.663	-14.274	41.771	566**	5.326
4	Dungun	3.41	//	//	30.4	0	0	35	2.841	-1.037	-26.318	1484**	5.682
5	Quatsino	27.44	//	//	30.2	0	0	180	0.169	-9.368	78.501	1446**	0.338
6	Larap	23.88	//	//	30.4	0	0	170	0.080	-6.019	155.219	93**	0.160
7	Goa	0.74	//	//	29.4	0	0	38	3.284	-19.480	-6.587	3047**	6.568
8	//	//	//	//	25.0	0	0	50	1.619	5.739	-10.143	11178**	3.238
9	//	//	//	//	20.2	0	0	60	1.079	-14.161	28.071	2402**	2.158
10	//	//	//	//	28.8	5.0	0	56	1.717	-4.721	-3.261	4102**	3.434
11	//	//	//	//	27.4	9.2	0	80	1.067	-6.534	24.625	26253**	2.134
12	//	//	//	//	29.2	0	4.5	38	3.339	5.715	-47.466	711**	6.678
13	//	//	//	//	24.8	14.6	0	210	0.162	73.937	1017.525	2179**	0.324
14	India	0.30	//	//	27.2	10.4	0	90	0.963	12.432	-73.436	11292**	1.926
15	//	//	//	//	28.8	5.0	0	80	1.264	-10.749	168.008	1210**	2.528
16	Dungun	3.41	//	//	28.2	5.4	0	80	1.000	2.635	6.724	17909**	2.000
17	//	//	//	//	27.8	10.2	0	85	0.915	-0.554	10.374	7372**	1.830
18	Brazil	0.30	//	//	29.8	4.8	0	80	1.277	-16.006	100.280	2734**	2.554
19	Goa	0.74	//	//	28.5	0	4.9	38	2.973	-2.446	-20.153	2010**	5.946
20	//	//	//	//	28.0	0	10.4	35	2.979	-6.855	-26.188	573**	5.958
21	Acari	21.91	//	//	29.8	0.2	0.2	87	1.205	30.528	-182.439	3207**	2.410
22	Nevada	25.20	//	//	30.4	0.2	0.2	180	0.207	6.026	-127.209	10123**	0.414
23	Goa	0.74	//	//	29.4	0	0	40	4.714	70.479	-119.143	541**	9.428
24	//	//	8~11	//	33.0	0	0	70	4.236	201.378	-601.873	1821**	8.472
25	//	//	15~20	//	32.2	0	0	170	1.464	181.272	-2909.781	1889**	2.928
26	//	//	20~25	//	31.0	0	0	210	0.538	223.806	-4089.038	1158**	1.076
27	//	//	3~5	3.5	30.2	0	0	37	2.651	-14.722	-5.936	2331**	5.302
28	//	//	//	3.0	30.4	0	0	40	2.774	33.532	13.714	1350**	5.548
29	//	//	//	2.5	30.4	0	0	49	2.018	-5.273	21.060	1945**	4.035

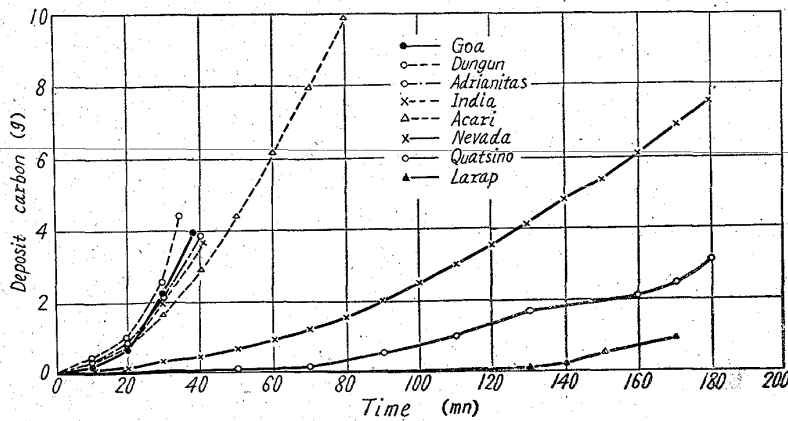


Fig. 2. Relation between time and deposit carbon.

5 l/mn の割合で導入する。還元ガスの導入開始後の炉頂ガス中の CO および CO₂ を分析し、鉍石充填層内の炭素析出量の変化を調査した。また、炭素析出量の増加に伴うガス圧力の変化を測定し、60mmH₂O になった時を棚吊時間とした。また、炉内温度は前回に発表した実験結果から 500°C 一定とした。

III. 実験結果および考察

(1) 炭素析出量と時間

還元ガスの成分が CO 30%, N₂ 70% の場合、各種鉍石について、炭素析出量と時間との関係を求め Fig. 2 に示した。これから明らかなように炭素析出量は時間の

経過に従って 2 次曲線的に増加しているようである。このことから、鉍石銘柄、還元ガス中の CO 濃度、CO₂ 濃度、H₂ 濃度、Ore/Coke、粒度を種々にかえた場合の炭素析出量と時間の関係を統計的に第 1 式の如き 2 次曲線で回帰し、F 検定をした。その結果を Table 1 に総合的にまとめた。

$$y = a_1t^2 + a_2t + a_3 \dots\dots\dots (1)$$

但し、 y: 炭素析出量 (g)
t: 時間 (mn)

a₁, a₂, a₃: 定数

この F 検定結果から、すべての条件の実験において、炭素析出量と時間の関係は極めて高度の信頼度で有意であることが明らかとなった。

炭素析出反応は酸化鉄および鉄などの触媒により反応が促進されると云われているが、もし触媒作用がなければ、炭素析出量と時間は直線的な関係である筈である。しかるに Table 1 に示した如く 2 次曲線で回帰されたということは、一酸化炭素の分解反応は酸化鉄或は還元されて生成する鉄の触媒作用により 2 次曲線的に反応が進行することが明らかとなった。

(2) 炭素析出加速度と棚吊時間

前回に発表した報告において、ガス圧力が急激に上昇するまでの時間、すなわち、棚吊時間は単位時間 (10 mn) に析出した炭素量、云いかえれば炭素析出速度と

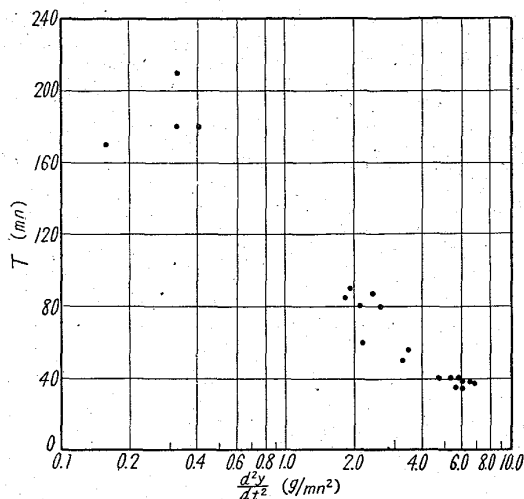


Fig. 3. Relation between T and $\frac{d^2y}{dt^2}$

密接な関係があることを確認したが、更に数的に相関性を求めた。前述の如く炭素析出量と時間は2次曲線で表わされるので今後の計算を容易にするため、それを微分し、加速度を求めた。その結果を Table 1 に併記した。この炭素析出加速度($\frac{d^2y}{dt^2}$)と棚吊時間 (T) の関係を Table 1 の No.1~No.22 までの結果について Fig. 3 にプロットした。これを直線回帰してえられた式は(2)式の如くである。

$$T = -110.083 \log 10 \left(\frac{d^2y}{dt^2} \right) - 210.21 \dots (2)$$

但し, T: 棚吊時間 (mn)

$$\frac{d^2y}{dt^2}: \text{炭素析出加速度 (g/mn}^2\text{)}$$

この回帰曲線の分散分析表を Table 2 に示す。

Table 2. Variance analysis.

Factors	S	ϕ	V	F ₀
R	56871.7	1	56871.7	266.172**
e	4273.3	20	213.665	—
T	61145	21	—	—

この表から明らかなように 1% 以下の危険率で相関性が認められ、(2)式で回帰出来る。

(3) 炭素析出加速度と鉱石中の FeO、および還元ガス中の CO、CO₂、H₂ 濃度との関係

Fig. 2 で明らかなように炭素の析出状況は赤鉄鉱系鉱石と磁鉄鉱系鉱石とは全く異なり、前者は後者に比べ炭素析出速度が可成り大きい。これは両者の還元性の相異により、一酸化炭素分解反応の触媒作用の程度が違って来るとと思われる。従つて鉱石中の FeO と炭素析出加速度の関係を調査した。また、還元ガス中の CO、CO₂、H₂ 濃度も炭素析出加速度と関係があるので同時に相関性を求めた。その結果鉱石中の FeO、還元ガス中の CO、CO₂、H₂ 濃度と炭素析出加速度とはほぼ直線的な関係が得られたので、これらを重回帰分析してみた。得られた回帰式は(3)式の如くである。

$$\frac{d^2y}{dt^2} = 10^{-3} [-0.15101(\text{FeO}) + 0.33977(\text{CO})$$

$$-0.23296(\text{CO}_2) + 0.16615(\text{H}_2) - 4.9545] \dots (3)$$

但し, $\frac{d^2y}{dt^2}$: 炭素析出加速度 (g/mn²)

(FeO): 鉱石中の FeO%

(CO): 還元ガス中の CO%

(CO₂): 還元ガス中の CO₂%

(H₂): 還元ガス中の H₂%

(FeO)、(CO)、(CO₂)、(H₂) の偏回帰係数の有意性を統計量 t₀ で検定した結果、次に示すように (H₂) を除けばいずれも危険率 1% 以下で有意性が認められた。

$$t_0(\text{FeO}) = -5.2467^{**}$$

$$t_0(\text{CO}) = 2.9894^{**}$$

$$t_0(\text{CO}_2) = -4.0656^{**}$$

$$t_0(\text{H}_2) = 1.5503$$

(3)式から明らかなように鉱石中の FeO が増すと即ち磁鉄鉱系鉱石に近くなると炭素析出加速度は小さくなり、また、還元ガス中の CO が増すと大きくなり、CO₂ が増すと小さくなる事が確認された。ただ還元ガス中の H₂ は触媒作用があるといわれているが、10%まで添加してもその影響は認められなかつた。

(4) 棚吊時間と ore/coke、粒度との関係

3~5mm の赤鉄鉱のゴア鉱石およびコークスを層状に充填し、その ore/coke を 2.5 から 3.5 まで変化させたが、ore/coke の上昇に伴わずかに棚吊時間は短くなるが、信頼性の得られる相関は認められなかつたので更に多くの鉱石にまた、鉱石の粒度を 3~5 から 20~25mm まで変化させた結果、粒度が小さいほど、棚吊時間は短縮される。しかし、これは実験装置を大型にしたため、諸条件が異なり、回帰式にまとめることが出来なかつた。

IV. 総 括

高炉の炭素析出による棚吊性を推察すべく、小型シャフト炉で実験を行い、炭素析出加速度を基礎として棚吊時間との関係を求め、(2)式および(3)式を得た。これらの式に諸条件を代入すれば棚吊性を推察することができる。実際の高炉では炭素析出の起る 300~650°C の間を装入物が通過する時間は当社の代表的な高炉について計算した結果約 49mn であり、それ以上の棚吊時間では棚吊りが生じにくいと思われる。

(5) 高炉模型による装入物分布試験

(高炉装入物分布の研究—I)

富士製鉄釜石製鉄所

土居の内孝・八塚 健夫
庄野 四朗・駒木 俊一

Distribution Test with a Blast Furnace Model. 12/3~12/5

(On the distribution of burden materials of the blast furnace—I)

Takashi DOINOCHI, Takeo YATSUZUKA
Shirō SHŌNO and Shunichi KOMAKI.

I. 緒 言

高炉々頂における装入物分布は炉内の通気性並びに装