

明らかに2層をなし、③と⑥とは肉眼的結晶状態が全く異なっていた。また、③は従来見られたサラマンダーのごときのもので、剝片状、黒色、グラファイトの析出の見られたものもあつて、各部の成分および、吹卸前炉底から抜いた成分は Table 1 のごとくであつた。(4) 一部煉瓦が傾斜し浮上の傾向の見られるものがあつた。

6. 結果の考察

(1) この高炉は、特に異常な操作を行なつたり、あるいは変つた煉瓦を使つた訳ではないが、煉瓦の浮上りを生じたものと推定される。(2) これの対策として種々の方法をとつたが、いずれの方法が有効かは確認できなかった。ただし、TiO₂の添加は側壁にはきいたが下方には沈積してはなかつた。むしろ、操業度低下、休風溶銑温度低下、等により下方の湯を冷却固化したほうが有効であろう。(3) ⁶⁰Coの推定が最後に合はなかつた、これは以前から明らかであつたが、⁶⁰Coの溶銑中における拡散速度が非常に遅いので、このように、すでに安定して静止した残留溶銑は検出できないのではなからうか、逆に異常時に⁶⁰Coの測定で多量に検出されるのは、炉底で攪拌現象が起こつていゝのではあるまいか。(4) 結果的にではあるが、炉底防水鉄板によつて浸食が止まつていたが、水冷の効果がいかに大であるか推察される。

実際の残銑量測定の場合は、サンプリングが問題となつてくるので R.I. 装入後4タップ間サンプリングする場合は第2式が成立する。

$$I_1 \cdot w_0 = \sum_{i=2}^4 I_i \cdot W_i + I_4' \cdot w_0 \dots \dots \dots (2)$$

ただし、 $m=1$ 、4タップ目の最終放射能を I_4' とする。

$m=2$ の場合には次の第3式のようになる。

$$I_2 \cdot w_0 = \sum_{i=3}^4 I_i \cdot W_i + I_4' \cdot w_0 \dots \dots \dots (3)$$

第1~3式が成立するための条件は、R.I.が溶銑に均一に混合していることおよび基準出銑後に炉内に残留した溶銑中に R.I. が均一に混合していること、すなわち I_m が残銑中の放射能を正確に表わしていることである。R.I.が溶銑に均一に混ざつていない時は、溶銑鍋ごとに $I_i \cdot W_i$ を求めてタップごとの $I_i \cdot W_i$ を算出すれば誤差は小さくなり実用上この値を用いればよい。

3. 試験方法

R.I.として⁶⁰Co等を鋼製パイプを使用して羽口より湯溜部に装入した。装入棒の先端は鋼製カプセルになつており、これが溶落するとパイプ後端より火花等がでるので R.I.が炉内に装入できたことが確認される。R.I.は以前は出銑口から最も遠い羽口1カ所から装入していた。しかし Fig. 1 に示すように混合状況があまりよくなかつたので、出銑口から遠い羽口3~6本からR.I.を装入する方法に改善した結果、Fig. 2 に示すように1カ所から装入する方法に比較し混合状況が良好になつた。

669.162.211.1.620.193.93
(44) 高炉炉底レンガ浸食状態の測定について

富士製鉄、広畑製鉄所研究所
工博○宮川 一男・一色 久

On the Erosion Amount of Hearth Bricks in Blast Furnace.

Dr. Kazuo MIYAGAWA and Hisashi ISSHIKI.

1. 緒 言

溶銑炉の寿命は主に炉底レンガの浸食状況によつて決定されるので、その浸食状態を測定することは炉体管理および改修時期の目安上非常に重要である。炉底浸食状態測定の方法として R.I. 希釈分析法を応用して残銑量を測定した報告がある¹⁾²⁾。残銑量より炉底浸食量を推定する場合に炉心体積によつてその浸食量が影響されるので、火入れ直後ならびに改修直前における残銑量を測定して、炉心体積を推定し炉底浸食量を算出する方法を確立した。その炉心の体積については普通圧操業および高圧操業の場合について検討したのであわせて報告する。

2. 残銑量測定原理

残銑量を $w_0(t)$ とすれば、R.I. 希釈分析法により第1式が成立する。

$$I_m \cdot w_0 = \sum_{i=m+1}^{\infty} I_i \cdot W_i \dots \dots \dots (1)$$

- ただし I_m : 基準出銑の最終放射能 (c.p.m.)
- w_0 : 残銑量 (t)
- I_i : 基準出銑後 i 回目出銑の平均放射能 (c.p.m.)
- W_i : 基準出銑後 i 回目出銑の出銑量 (t)

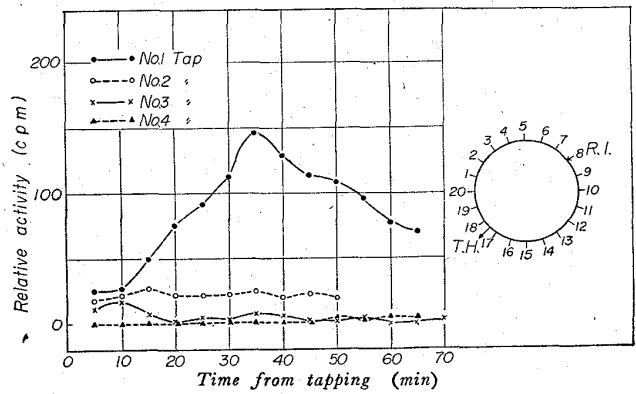


Fig. 1. Distribution of activity in each sample tapped.

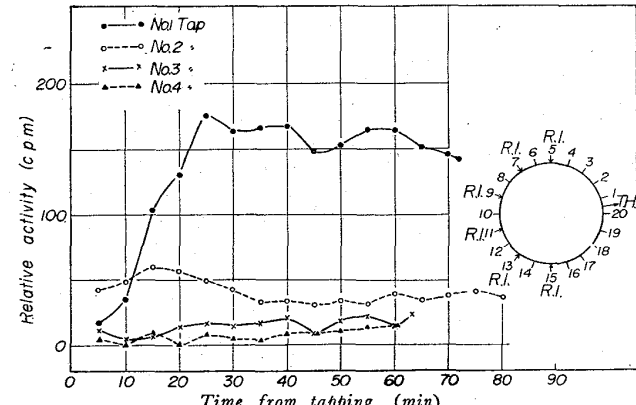


Fig. 2. Distribution of activity in each sample tapped.

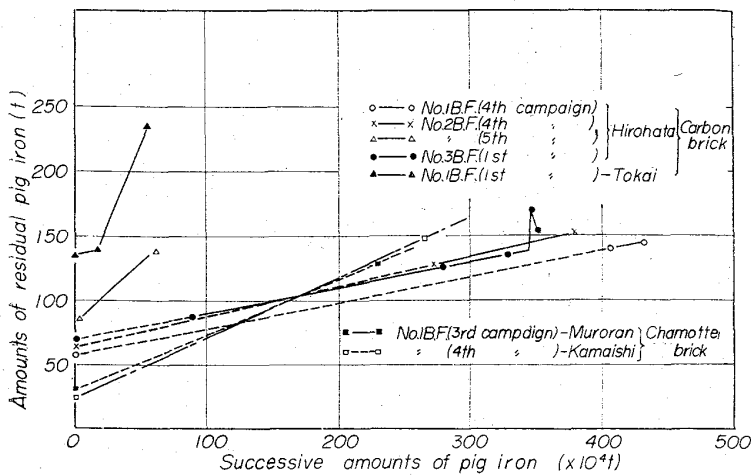


Fig. 3. Relation between successive amounts of pig iron and amounts of residual pig iron.

線源量としては ^{60}Co を 1 回に 3~5mc 使用し、その装入時期は前回出鉄完了直後に行なっている。サンプリングは溶銑を 3~10min 間隔に金型に採取し、その放射能をシンチレーションカウンタにより測定した。

4. 試験結果および考察

4.1 残銑量の測定精度

測定精度を知るために、昭和39年5月に吹止めた広畑第2高炉で吹き止め直前に残銑量を測定した結果 152 t であつた。これに対し吹き止め時の炉底出銑量は 108 t 解体時の炉内残溜銑は約 43 t と推定されたので計 151 t になりかなり正確に測定できることが判明した。

4.2 残銑量測定結果

累積出銑量と残銑量の関係を Fig. 3 に示す。

炉底にカーボンレンガを使用した広畑 1 B.F., 2 B.F. (4次), 3 B.F.については、出銑量 0 t の場合の炉心の体積を 69% と仮定してその場合の残銑量を算出し、測定値との関係を調べるとほぼ比例的関係にあることが判明した。この場合の残銑量増加速度は、出銑量 100 万 t あたり約 21 t である。また炉底にシャモットレンガを使用した釜石 1 B.F., 室蘭 1 B.F. における出銑量と残銑量の関係は、測定がおのおの 1 回のみであるので必ずしも比例的関係にあるとはいえないが、仮りに比例的であるとすれば残銑量増加速度は出銑量 100 万 t あたり約 45 t になる。

広畑 2 B.F. (5次) および東海 1 B.F. は、他の高炉に比較し残銑量増加速度が大きい、それぞれ第 2 回目に残銑量を測定した場合高圧操業 (炉頂圧 0.6 kg/cm^2) であつたためであろうと推定された。広畑 3 B.F. については残銑量が急激に増加した時があるが、これは異常なレンガの浸食があつたものと思われる。

4.3 炉心体積の推定

炉心がどのような形態をとっているか不明であるが、炉心が存在することは羽口、出滓口からの金棒挿入等によつて確認されている。しかしこれと湯溜部との関係については、一般的に現場操業者間において種々の推定がなされており、炉心のしめる体積としては 60~70 % と推定されている。

4.3.1 普通圧操業における炉心の体積

(1) 広畑 2 B.F. 吹止め時の推定

炉底カーボンレンガは 2 段とも完全に浸食されており、その浸食量は 46.2 m^3 であつた。残銑量を出銑口底面以下に残っている溶銑量と仮定すれば、浸食が全くない場合の湯溜部容積 30.9 m^3 を加算する必要があり、吹止め時の出銑口底面以下の体積は 77.1 m^3 になる。

一方 2 B.F. 吹止め前の残銑量を測定した結果 152 t であつたから、溶銑比重を 6.5 とすれば溶銑のしめる体積は 23.4 m^3 になる。したがつて炉心を R とすれば

$$R = \{1 - 152 / (6.5 \times 77.1)\} \times 100 = 69.7(\%)$$

になる。

(2) 火入れ直後の残銑量測定結果よりの推定

1) 広畑 2 B.F. (5次) 火入れ直後の計算

高炉の改修を行なつて火入れした直後の残銑量を測定すれば、炉底レンガの浸食量はほとんど考慮する必要はない。火入れより約 1 カ月後に残銑量を測定した結果 86 t であつた。この場合の出銑口底面以下の体積は、プロフィールより 39.4 m^3 であるが、測定までの出銑量は 2.5 万 t であるから、Fig. 2 の関係より実験までの炉底浸食量は約 0.3 m^3 と推定される。この場合の炉心は (1) と同様にして

$$R = [1 - 86 / \{6.5 \times (39.4 + 0.3)\}] \times 100 = 66.7(\%)$$

になる。

2) 東海 1 B.F. 火入れ後の計算

火入れより約 3 カ月後に残銑量を測定した結果 139 t であつた。実験までの炉底浸食量は (1) と同様にして求めると約 1.8 m^3 になるから炉心 R は

$$R = [1 - 139 / \{6.5 \times (67.5 + 1.8)\}] \times 100 = 69.1(\%)$$

になる。

4.3.2 高圧操業の場合の炉心の体積

広畑 2 B.F. (5次), 東海 1 B.F. の残銑量増加速度が非常に大きいのは、第 2 回目に残銑量を測定した場合に高圧操業であつたためと思われる。なぜならば、高圧操業になつても炉心の体積に変化がなく普通圧増業の場合と同様であるとすれば、炉底レンガの浸食速度が他の高炉の 4~12 倍となり異常なほど大きい。また、高圧により出銑口よりの吹き出しが普通圧操業に比較して早いので残銑量が増加したことも考えられる。しかしこの場合、炉心およびレンガの浸食速度が従来と同様であるとすれば、溶銑レベルが普通圧操業に比較し約 300~600 mm 高い位置で出銑完了することになるがこのようなことは考えられない。したがつて残銑量が増加したのは、炉心の体積が減少し有効内容積が増加したと考えるのが妥当である。

(1) 広畑 2 B.F. (5次) における高圧操業の炉心推定
高圧操業 (炉頂圧 0.6 kg/cm^2) の場合の残銑量を測定した結果、138 t であつた。実験までの出銑量は約 62 万 t であるから炉底レンガの浸食状態が従来の高炉と同様であるとすれば、実験までに炉底は約 6.2 m^3 浸食されている。したがつてこの場合の炉心の体積 R は

$$R = [1 - 138 / \{6.5 \times (39.4 + 6.2)\}] \times 100 = 53.5(\%)$$

になる。

(2) 東海 1 B.F. の高圧操業の炉心推定

(1) と同様にして高圧操業 (炉頂圧 0.59kg/cm^2) の場合の炉心は

$$R = [1 - 235 / \{6.5 \times (67.5 + 5.7)\}] \times 1000 = 50.6(\%)$$

になる。

4.4 炉底レンガ浸食速度

上述したように普通圧操業における炉心の体積は約 69% である。また炉底カーボンレンガの残銑量増加速度は約 21 t であるから、カーボンレンガは出銑量 100 万 t あたり約 10m^3 浸食される。シャモットレンガについては、残銑量増加速度は約 45 t であるから、炉底シャモットレンガの浸食速度は約 22m^3 である。(ただし出銑量 100 万 t あたり) したがってシャモットレンガの浸食速度は、カーボンレンガより約 2.2 倍大きいことになる。

4.5 炉底レンガ浸食状態の推定

以上に述べた方法を利用して下記のような場合の炉底浸食量を算出し、浸食状態を推定した。

(1) 室蘭 1 B.F. の炉底浸食状態の推定

Fig. 3 に示すように残銑量は 128 t であり、改修まで浸食が出銑量に比例し現在までの状態が進むものであれば、残銑量は 136 t になつているものと推定される。

ここで炉心を 69%、溶銑の比重を 6.5 とすれば出銑口底面以下の体積は 67.5m^3 になる。浸食が全然ない時の出銑口底面以下の体積は 14.3m^3 である。いま、レンガの浸食深さを $a\text{m}$ 、炉底レンガが平均 $b\text{m}$ の径で浸食されているものとすれば次式が成立する。

$$14.3 + \pi/4(b)^2 \cdot a = 67.5 \dots \dots \dots (4)$$

b の値については、経験上大体推定がつくので概略の a の値を求めることができる。

このようにして炉底浸食状態を推定した結果と吹止めて浸食状態を実測した結果とはほぼ合致していた。

(2) 広畑 3 B.F. 炉底浸食状態の推定

出銑量が予想出銑量より非常に少ないタップが続いたので、カーボンレンガが急激に浸食したのではないかと推定された。そのために残銑量測定を行なつたところ、Fig. 3 に示すように、やはり急激に増加していた。その浸食量を (1) の場合と同様にして推定したところ、炉底カーボンレンガは浮き上つたのではないかと推測された。それゆゑ炉底レンガ保護のために砂鉄を焼結鉱に配合し、チタンペアを生成させる操業を行ない残銑量測定を行なつたところ残銑量が 15 t 減少した。これは砂鉄を多量に装入したためにチタンペアが生成し、その体積に相当するだけ残銑量が減少したものと推測された。チタンペアが生成しても炉心の体積に変化なかつたと仮定すれば、その体積は 7.4m^3 になる。

4. 結 言

R.I. 稀釈分析法を利用し、高炉湯溜部の残銑量を測定して炉底レンガの浸食状況を測定した結果、次のことが判明した。

(1) 炉底レンガの浸食状態は残銑量が判明すれば、かなり正確に推定することができる。

(2) 炉底カーボンレンガの浸食量は、累積出銑量に比例して大きくなり、出銑量 100 万 t につき約 10m^3 である。

(3) 炉底シャモットレンガの浸食速度は約 22m^3 であり、カーボンレンガの値より 2.2 倍程度大きい。

(4) 普通圧操業の場合の炉心の体積は約 69%、高圧操業の場合は約 52% と推定され高圧操業によつて湯溜部の有効体積が増加するものと考えられる。

文 献

- 1) 林, 他: 鉄と鋼, 46(1960), p. 1098
- 2) 林, 他: 鉄と鋼, 47(1961), p. 1143

669.162 > 11.2 : 620.193.93 : 621.039.85

(45) 小倉 No. 1 B. F. の朝顔侵食状況について

住友金属工業, 小倉製鉄所

神田良雄・野見山寛・○芳木通泰

On the Wear of Bosh Lining at Kokura No. 1 Blast Furnace.

Yoshio KANDA, Hiroshi NOMIYAMA and Michiyasu YOSHIKI.

1. 結 言

高炉炉壁耐火物は一般に吹入れと同時に化学的物理的に浸食されて徐々に薄くなるが、外部よりの冷却の効果および Deposit の形成等によつて浸食速度は小さくなりある厚さで平衡に達するといわれている。また過去の吹出し高炉の例でも判ることく、炉壁耐火物は Shaft 下部から Bosh にかけて最も浸食が大きい。そこで炉の寿命延長を計るためには炉壁耐火物ななく最も浸食の大きい Shaft 下部より Bosh 部にかけての浸食状況を管理し、適切な保護対策を講ずることが必要となる。

小倉 No. 1 BF は 1963 年 10 月第 3 次吹入れを行なつたが、この際上記の目的で炉壁各部は 71 コの Co^{60} を埋設し、従来よりの CA 熱電対による測温と併せて炉壁管理を行なつている。また No. 1 BF は当所高炉で初めて Bosh 部にカーボン煉瓦を使用しているので Bosh 部の炉壁浸食状況についてその概要を報告する。

2. 測定方法および測定器

出銑ごとに採取した前中後期の溶銑 Sample の放射能を凝固後測定し、放射能が検出された場合ただちに炉壁漏洩線量を測定して脱落位置を確認している。また毎週 1 回定期的に炉壁漏洩線量を測定して平常値の Check を実施している測定器は G-M 管 Surveymeter, Scintillation surveymeter, または Scintillation rate meter を用いている。

3. 測定結果

小倉 No. 1 BF は吹入れ以来約 750 日を経過し、この間 Table 1 に示すごとく Bosh 部に埋込んだ 24 コの Co^{60} の内 20 コの脱落が確認されている。

当高炉はカーボン Bosh を採用したため、測温用 CA-Couple は煉瓦表面温度を測定しており、Fig. 1 に示すごとく吹入れ以来大きな変動もなく、 Co^{60} 脱落と関連付けるのは困難であるため、炉壁浸食管理は Co^{60} によつて実施している。そこで、現在までの Co^{60} 脱落による浸食速度から、今後の浸食状況等を近似的に求め、吹入れ以来の経過日数と、浸食速度、浸食距離の関係を Fig.