

(14) 高炉シャフト上部ライニングの 溶食および異常膨脹について

(高炉ライニングの溶食に関する研究—I)

室蘭工業大学金属工学科 田 中 章 彦

Errorsion and Abnormal Expansion of the Upper Part's Lining in Blast Furnace Shaft.

(Study of the errosion in blast furnace
lining—I)

Akihiko Tanaka.

I. 緒 言

過去において高炉ライニングの損傷原因に関しては多数の報告が提出されているが、この問題は複雑な条件に支配され実態の把握が困難であり、これを解析しその対策を講ずるにはさらに多くの広い視野からの調査研究が必要とされる。ことに近年高炉の大型化、高圧ならびに酸素富化送風操業の採用の傾向にともないこの研究の重要性は増大しつつあるものと考えられる。

著者はさきに富士製鉄室蘭製鉄所第1次第2次高炉の解体にあたり、その溶食状態を調査し報告したが、今回さらに第2次第2高炉、第2次第1高炉の2基の炉の吹止め解体にあたり、同所の委嘱により同様の調査をおこない数多くの興味ある事実をすることができた。細部にわたってはまだ研究は進行中であるが、一応整理のついた部分から順次発表する予定である。今回はとりあえず第2次第2高炉のシャフト上部のライニングの損傷状態を報告し、この結果について若干の考察をおこなう。もちろんシャフト上部ライニングの損傷の最大原因は装入物の炉壁に対する衝撃磨耗作用であるがこの部分にてもレンガのアルカリによる侵食はげしく、炭素、亜鉛はメダ亀裂内に多量に沈積し、ためにメダは膨大し組成の不均一にもとづくスポーリングのあとも見られ、炉壁の脆弱化をもたらす諸条件がそなわっている。本研究では衝撃磨耗作用を助長するこれらの熱的、化学的作用に重点をおき、これと機械的破壊との関連を考察した。

なお、この炉は操業期間5年9カ月、総出鉄量1376,763 tで吹止めの直接原因はシャフト部レンガ積の異常膨脹とこれにともなう炉内レンガの崩落にあつた。

II. 研究方法と結果

試料は Fig. 1 に示す3水準4方向より炉壁面から内面までとおして計12系列を採取した。便宜上、方向、水準、外面からの距離 (cm) をつらねてその試料番号

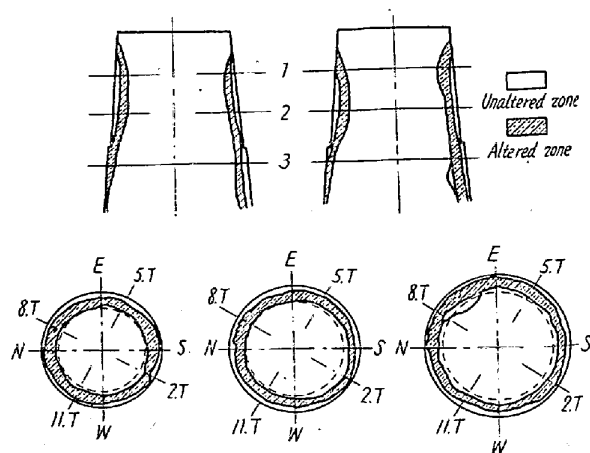


Fig. 1. Features of erroded furnace and the positions from which samples were taken.

とした。たとえば N-3-20 は北方向の第3水準外壁より25cmの距離より採取した試料であることを示す。他にメダ、析出物などの参考試料も多数採取した。

これらの試料について肉眼的観察、偏光顕微鏡による観察、化学分析、X線回折、冷間耐圧試験などをおこなった。X線回折については多くの興味ある事実も発見することができたが、なお説明を要するいくつかの問題をのこしており、今回はその結果のみを考察の資料にするにとどめ詳細は後日発表する予定である。

化学分析はなるべく試料を連続的に採取し侵食成分についておこない、Fig. 2 にその一例をしめすとき成分分布曲線を各系列ごとに作製した。おなじ試料につき偏光顕微鏡により観察をおこない Table 1 に例示するとき組織の変化表を作製した。この検鏡はマトリックス部を明らかにするためとくに高倍率にておこなった。

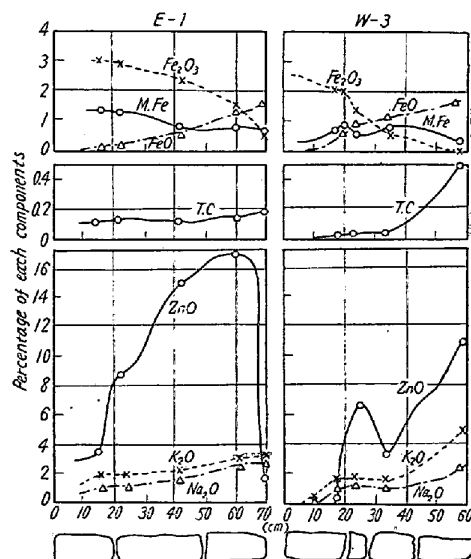


Fig. 2. Diagrams of the distribution of the interfused components.

Table 1. Some Examples of the changes of microscopic structures in lining.

Remarks: A, B, C, D denote, in decreasing orders, quantities of each crystals.

Sample numbers:		N 1 5	17	25	37	47	53	S	W 3 18	23	33	42	52	S
Structure in the clay grains	Primary glass	B	C	C	C	C	D	—	A	A	B	D	C	D
	Primary mullite	B	C	C	C	C	C	—	A	B	B	C	C	D
	Deposited carbon	C	C	C	C	D	C	B	C	C	D	B	C	B
	Zincite	—	—	—	D	D	D	—	—	—	—	B	D	B
	Leucite	C	B	B	A	A	A	A	C	C	B	B	B	B
	Kaliophilite & nepheline	D	C	D	C	B	A	A	D	C	C	C	B	A
	Secondary glass	C	A	B	B	A	A	A	D	C	B	B	A	B
	Secondary mullite	C	B	A	A	B	B	A	D	C	B	C	C	C
	Plagioclase group	—	D	D	D	C	D	C	D	D	—	C	C	D
	Zeolite group	—	—	—	—	D	—	—	D	D	—	C	C	D
	Iron oxide	D	B	—	D	D	D	B	D	—	—	D	D	—
	Corrundum	D	D	—	—	D	D	C	—	—	—	—	D	D
State of quartz grains	Residual quartz	C	B	C	C	C	C	D	B	B	C	B	B	C
	Cristobalite	C	C	C	B	B	A	B	C	C	C	C	B	B
	Tridymite	B	B	A	C	A	A	B	D	C	D	C	D	C
	Glassified	B	A	B	B	A	A	A	C	C	C	C	B	A
Minute crystals formed in cavities and cracks	Leucite	C	B	B	A	A	A	A	B	B	B	B	A	B
	Kaliophilite & nepheline	C	C	C	C	B	A	B	D	C	C	B	B	A
	Deposited carbon	C	C	C	C	D	C	B	C	C	C	A	C	B
	Zincite	D	C	—	C	D	D	D	—	D	D	A	C	C
	Secondary mullite	C	B	B	B	B	C	B	D	D	C	A	C	B
	Glass	C	B	B	B	A	A	A	C	B	B	A	C	A
	Plagioclase group	D	D	—	D	D	D	C	D	D	D	A	D	D
	Zeolite Group	D	D	—	D	D	D	D	—	D	D	B	D	A
	Sericite	—	—	—	D	D	D	D	—	D	—	D	D	D
	Iron oxide	C	B	—	—	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	Fayalite	—	—	—	D	D	C	D	—	D	—	—	—	D

III. 結果の考察

以上の試験の結果判明した事実を列記し、これに若干の考察を加えるとつぎのごとくである。

(1) Fig. 2 の FeO , Fe_2O_3 の分布曲線であきらかにその傾向をしめすごとくレンガ内は炉内の還元性から炉外側の酸化性雰囲気中に漸次移行し、その破断面の色、外見、析出物などがそれぞれ特色ある層を形成している。また炉内側に一定の厚みをもつ緻密に硝子化した層が見られる。以上から、炉外側から炉内側にむかつて未変質層、中性雰囲気層、還元性雰囲気層、ガラス質層の4層にわけてとりあつかうのが便利である。ただし一度崩落したあとにそれぞれの性質の層にあらたな雰囲気がはたき複雑な組織となり層の識別が困難となる。

(2) アルカリはレンガ組織内のガラスに溶解し融点を低下せしめ、かつムライトのガラスへの溶解を促進する。温度が降下すると2次ムライトを析出するとともにその周辺のアルカリを濃化しリユーサイト、ネフェライトに変ぜしめる。またアルカリの増加とともにリユーサイト、カリオフィライト、アルバイトなどの析出もおこり、この結果組織内が不均質になり、温度の変化にした

がいスポーリングもおこりやすくなる。

(3) 炭素は還元性雰囲気層を中心に多量に沈積するが組織のガラス化にともないガラスとともに拡散し輪状を呈するこれはまたガラスの結晶化とともに細断され碎片状をなして組織内に細く分布し、レンガを脆化せしめる。またメデとレンガとの一時的に生じた空隙をみたし、これが後述の亜鉛とともに炉壁膨張の原因となる。

(4) 亜鉛は炭素とおなじく、はじめはメデおよび亀裂内に沈積するが、炭素のごとく深部まで拡散することなくまたX線的に微量に認められるジンコフェライト以外に化合物をつくることなく、粒状板状樹枝状の金属亜鉛として、あるいは中性雰囲気層において粉状粒状のジンサイトとして次第にその量をまし、メデ間、亀裂内に厚い層を形成し炉壁膨張の主因となる。

(5) 以上の成分また CaO , MnO , FeO その他の元素においても炉の上部では比較的溫度勾配がゆるやかなため、また時期的に溫度に高低があるため析出物、化合物が生成しても局部的に集中せず分散して存在するので、レンガの劣化はシャフトの下部にくらべていちじるしくない。

(6) レンガの炉内側表面は約 1cm 厚の酸化鉄、石灰、アルカリにとむ脆弱な表面層を形成するが緻密なガラス質層をその背後にもつため表面からの消耗はきわめてすくないものと思われる。

(7) 炉壁の局所的な膨脹は隣接する部分に歪をあたえメヂを開かせさらに亀裂を生ぜしめ、このなかに炭素亜鉛が蓄積することにより、膨脹は隣接区域に伝播される傾向がある。

IV. 結 言

以上要するにシャフト上部の炉壁の消耗は単なる溶食作用ではなく炭素、亜鉛およびアルカリの溶食生成物によるレンガおよびメヂ部の脆化であり、これが装入物の衝撃磨擦による破壊を相当に助長するものと考えられる。さらにこの原因をさかのぼればメヂ部を通してのガスの滲透が重大である。シャフト上部においてはメヂは一般に充分焼結されず多孔質でありガスの滲透には好条件となつている。

最初に述べたごとく、高炉シャフト上部のライニングの損耗の原因は複雑なる条件に支配され、これを解決し対策を講じうるにいたるには、厳密なる注意のもとにさらに多数の調査研究が必要であり、軽卒な判断はきわめて危険であると思われるのでここに一見解として報告するにとどめたい。

(15) ラジオアイソトープ利用による 高炉煉瓦積侵食測定について

日本鋼管川崎製鉄所

林 敏・鈴木驥一・○小林 正

〃 技術研究所

飯島 弘・山口哲夫

Measurement on Corrosion of the Blast
Furnace Lining by the Radioactive
Isotope.

Satoshi Hayashi, Gyoichi Suzuki,

Tadashi Kobayashi, Hiroshi Iizima

and Tetuo Yamaguchi.

I. 緒 言

高炉におけるラジオアイソトープの利用については種々発表され当社の利用方法も昭和 34 年 11 月発表したのが、その後昭和 34 年 10 月 1 日火入れした第 3 高炉において、炉底煉瓦の侵食状況を ^{60}Co を使用して測定をおこない、また炉体シャフト部に埋設した ^{60}Co も脱落

が確認されたので、その状況を報告する。

II. 炉底煉瓦侵食状況の測定

1. 目的および方法

従来炉底煉瓦の侵食状況は間接的に炉底温度計の変化によつて測定され、あるいは最近炉底煉瓦内埋設 ^{60}Co の溶銑中への溶解によつて測定されている。しかし連続的には推定が困難であつたので今回は ^{60}Co の特性を利用してトレーサーとして 1 回に 2 ミリキューリーを炉内に挿入し、残留溶銑量をはかり正確に測定する方法を見出した。いまだいくらかの問題点ものこされているが、操業中にこの方法で炉底侵食状況を測定し、操業に利用している。

2. 予備測定

測定の精度を高めるために昭和 35 年 2 月 1 日吹卸した。第 5 高炉で吹卸し前に 2 回にわたり実験をおこなつた結果は次のごとくであつた。これに対し吹卸し時溶銑とし

Date	Weight of measurement (t)
1959 Dec. 28	85 ± 15
1960 Jun. 27	85 ± 15

て流出したサラマnder は 59 t で、解体時の炉内残留銑は約 25 t と推定されたので、計 84 t となり、この測定法でかなり正確な値がえられることがわかつた。

3. 測定結果

第 3 高炉の炉底煉瓦積は大型シャモット 4 段で、カーボン煉瓦は使用せず、炉底定盤下は水冷するようになつている。温度計はこの炉底煉瓦積の最下部にいてあるが、温度測定とともに、火入後昭和 34 年 11 月 14 日以降数回にわたり ^{60}Co による測定を行なつた。その結果 Table 1 のごとくである。

Table 1. Residual molten pig in the hearth.

No.	Date	Residual molten pig (t)	Temp. in bottom brickwork (°C)
1	1959 Nov. 14	40 ± 15	390
2	1959 Dec. 10	90 ± 10	560
3	1960 Mar. 8	100 ± 15	645
4	" " 15	165 ± 25	700
5	" " 22	170 ± 35	790
6	" " 25	175 ± 20	792
7	" Apr. 21	170 ± 25	772

以上の結果からつぎのごとくいえる。

- 1) 炉底煉瓦の侵食は火入後ただちにはじまる。
- 2) 3 月 15 日頃かなり急激な侵食が認められる。
- 3) その後は一応安定し平衡をたもっている。
- 4) 炉底温度の上昇傾向と ^{60}Co による測定結果は、おなじ傾向をしめしている。