

(討 1) 高炉炉底壁の局部侵食状況について

住友金属 中央技術研究所 ○鈴木隆夫 松野二三朗  
田村洋一

I 緒言

高炉における炉底侵食が大きい場合には、炉の寿命に直接関与することとなるため、稼動中における管理が重要である。特に、最近の大型高炉ではしばしば生じている。炉底壁の侵食は、局部的現象としてみられる場合が多いこともあって、事前発見がきわめて難しく、炉体保全上にも重要な問題がある。

今般、高炉炉底壁における局部侵食防止対策検討への基礎調査として、和歌山3BF, 4BFに生じた侵食部の炉壁の構成状況について、吹止後に調査を行ない、鉄皮温度の推移と対応して検討した。

この状況の概要を報告する。

II 調査方法

1. 操業実績

今回調査した2高炉の操業実績および炉底ライニング状況を表1に示す。両炉共、約6年の操業後計画休止されたが、各々約4年の稼動後くらいから、炉底壁鉄皮に局部的な温度上昇が観察された。

なお、3BFでは吹止後に残銑抜きを実施したが、4BFでは、残銑を抜いていない。

2. 試料採取方法

高炉吹止後に各高炉の温度上昇が認められた、炉底壁部分を、鉄皮側より水平にコアボーリング(コア外径40φ)を行ない、供試料を採取した。

ボーリング実施位置の方位を図1に示す。

表1 高炉操業実績

項目	BF	3BF	4BF
火入		S40.4.1	S42.3.3
吹止		S46.12.3	S48.3.22
内容積(m <sup>3</sup> )		1673	2535
総出銑量(×10 <sup>4</sup> t)		772	1045
出銑比(t/m <sup>3</sup> d)		1.89	1.87
炉頂圧(kg/cm <sup>2</sup> g)		0.7	1.05
送風温度(°C)		1100	1150
炉底構造	上部	カーボン	シャモット
	下部	シャモット	カーボン
	側壁	カーボン	カーボン

III 調査結果

1. 炉底壁の構成状況

ボーリングで得た柱状試料について、外観、断面観察の後、組成分析(化学分析、X線回折、EPMA)およびミクロ組織観察を行ない、炉底壁の構成状況を調査した。

両炉における炉底壁は、ほぼ同様の変質層や凝固層から構成され、各構成層として、①炉壁耐火材(カーボンスタンプ材、カーボンアロック) ②塊状銑鉄 ③銑鉄+塊状カーボン ④銑鉄+粒状カーボンの4種類に区分出来る。

これらの各構成層の組成例を表2に示し、炉底壁としての分布状況を図2、3に示す。

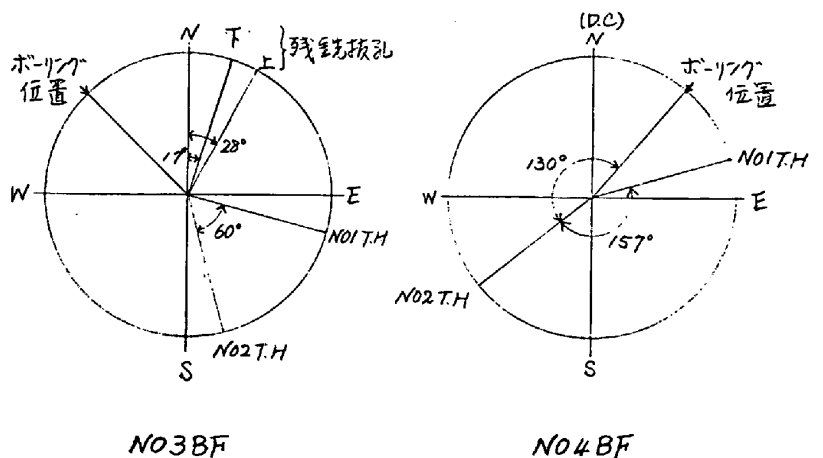


図1 コアボーリング位置

表2 各炉壁構成層の組成例

BF	成分 構成層	化学組成(%)										鉱物組成		
		C	M-Fe	TiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PbO	N	C	α-Fe	TiC/M
3BF	カーボン	86.6	0.2	0.1	2.1	1.9	0.5	0.3	0.5	<0.1	0.02	mW	—	—
	塊状銑鉄	16.0	52.1	12.4	6.9	1.8	6.3	0.1	0.7	0.6	0.05	m	S	m
	銑鉄+塊状C	7.6	33.8	6.4	12.0	5.0	12.2	0.2	1.0	0.4	0.06	m	S	W
	銑鉄+粒状C	28.3	19.5	0.9	13.8	5.9	15.2	0.1	0.2	0.1	<0.02	m	mW	—
4BF	カーボン	85.0	1.6	0.3	3.5	2.1	0.6	0.1	0.2	2.0	<0.02	mS	—	—
		71.3	7.6	0.6	2.4	2.4	0.7	0.2	0.8	1.8	0.03	mW	mS	—
	塊状銑鉄	12.6	55.6	16.4	4.0	2.8	1.3	0.1	0.5	3.1	<0.02	S	S	m
		26.4	62.7	4.3	0.1	0.7	<0.1	<0.05	0.1	3.2	0.05	S	S	m
	銑鉄+塊状C	15.5	38.3	35.5	2.6	1.9	0.4	<0.05	<0.05	1.9	0.05	S	mS	S
		8.5	45.9	52.9	0.9	1.8	0.3	<0.05	0.05	1.8	0.05	mS	S	m
	銑鉄+粒状C	36.6	16.8	1.1	13.5	5.9	15.7	0.23	0.6	2.6	<0.02	mS	m	—
		7.8	24.1	4.1	20.2	5.4	0.8	<0.05	0.2	1.2	<0.02	S	S	m

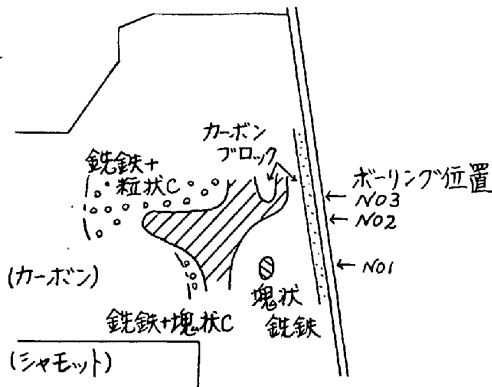


図2 3BF 炉底壁模式図

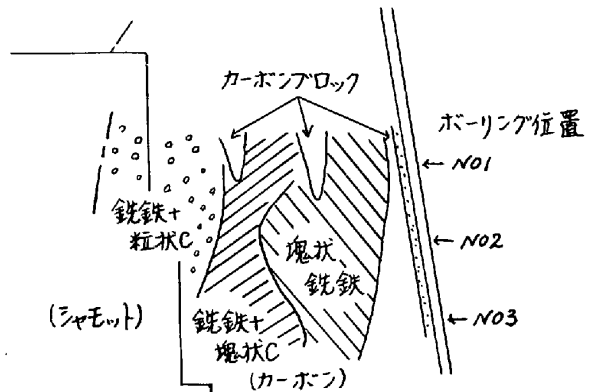


図3 4BF 炉底壁模式図

2. 鉄皮温度の変化状況

両高炉の操業中に、赤外線カメラにより測定した、局部侵食部の炉底壁鉄皮温度の経時変化状況を図4、5に示す。

3BFの場合、一時温度の上昇がみられ、その後は冷却の強化によって、温度は低下した。すなわち、一時期局部侵食が進行したものの、その後は、侵食の進行が停滞し、凝固層の生成によって、むしろ壁が厚くなったと考えられる。

一方、4BFでは、昇温過程が測定出来ていないが、S47.6 以後に順次温度は低下している。すなわち、この時以前に高温化した時期があったと判断出来る。

IV 考察

1. 炉底壁の構成について

(1) 炉底壁としての、スタンプ材およびカーボンブロックの残存最小壁厚は、鉄皮内面より3BFで

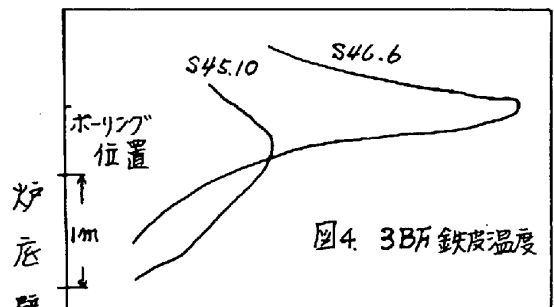


図4. 3BF 鉄皮温度

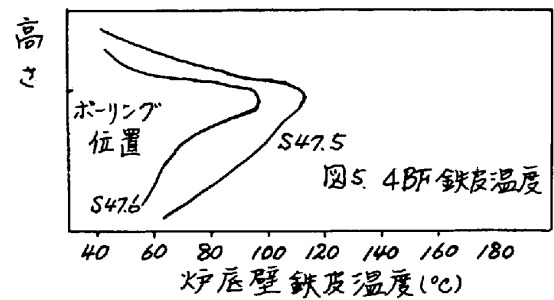


図5. 4BF 鉄皮温度

約200mm, 4BFは約120mmと確認出来、かつこれらの位置は、鉄皮温度が一時高温化したところと一致していた。

しかし、この位置から1m離れた部分では、それぞれ400~500mmのカーボンブロックが残存し、侵食は非常に局部的現象であったとみられる。

(2) 炉壁としての構成層は、マクロ的には3BF, 4BFともほぼ同様の変質層、凝固層であり、鉄皮側より塊状銑鉄、銑鉄+塊状カーボン、銑鉄+粒状カーボンの順で配列している。

しかし、これらの構成層の中に、局部的に健全なカーボンブロックが残存したり、各構成層の交絡があって、複雑な配置となっている。

(3) 鉄皮に近い凝固層としてみられた、塊状銑鉄および銑鉄+塊状カーボンの内部には、Ti(C,N)の赤銅色結晶が樹枝状に多く生成しているのが認められ、サラマンダーの一部とみなされる。

2. 侵食の経緯

(1) 稼動中の測定による鉄皮温度の変化は、3BF, 4BF共に、一時期高温になった部分も、その後低温となっている。しかし、この高温化した部分は、吹止後にコアでみられた最少壁厚部分と一致していた。すなわち、侵食の進行と温度変化に対応性が認められた。

(2) さらに、炉底壁の鉄皮側変質層(塊状銑鉄部)の侵入が、鉄皮温度の変化に大きく作用した、と判断出来る。

また、鉄皮側の変質層は、一時期溶融体として炉壁のカーボンブロックを侵食したが、その後凝固し、この凝固層も炉底壁としての作用を有していたと推定出来る。

(3) 上記銑鉄の溶融期間が比較的短期間であったために、変質層内にも健全なカーボンブロックが局部的に残存し得た、と考えられる。

なお、壁構成層の中におけるカーボンとして、カーボンブロック、コークスならびに析出カーボンが挙げられるが、黒鉛化度の状況から、カーボンブロックの残存を確認した。

3. 侵食状況の推定

稼動中の炉底側壁における測温結果としての、水切り後の温度上昇率と、吹止後のボーリングによる残存壁厚を対応させた状況を図6に示す。

この状況から、ほぼ直線的な関係が認められ、稼動高炉での測温から残存壁厚を推定する上に、非常に有効な手段となる、と判断出来る。その精度の向上には、さらに多くの測定点のプロットが必要である。

4. 侵食抑制策

炉底壁の局部侵食の原因については、まだ解明するまでにいたっていないが、実炉における侵食の抑制策として、今回の調査から次の2点が有効と考えられる。

(1) 溶融銑鉄の粘性の上昇

炉底壁カーボンブロック内に侵入した銑鉄の先端層(塊状銑鉄)は、Ti(C,N)を含有し凝固していったことから、Ti(C,N)含有比の高いサラマンダーとしての粘性の上昇によって、以後のカーボンブロック内への侵入が抑制されていたとみられる。

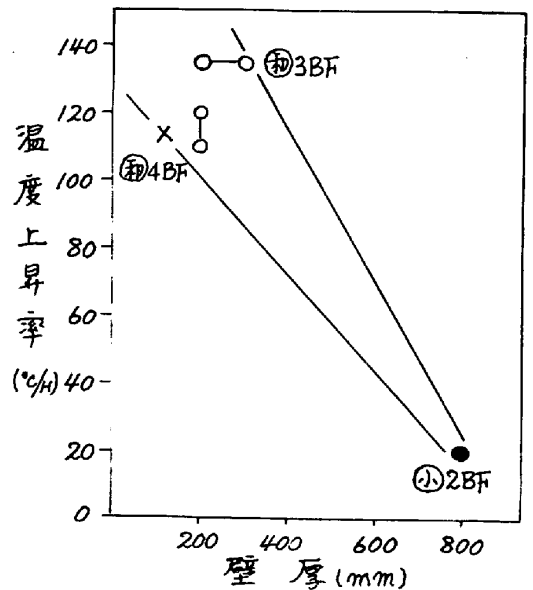


図6 温度上昇率と壁厚の対応

(2) 鉄皮の強制冷却

両高炉の局部侵食において、その状況の早期発見により、鉄皮の水冷却を強化した結果、鉄皮温度自体を低下させ得た。上記(1)の炉内状況の変化とも関連して、冷却の付与も有効と考えられ得る。

V 結言

炉底壁の局部侵食については、その機構、原因など不明な点が多いが、今後の操業の安定化の上に重要な事項である。今後の検討のためには、まずその実体を十分に把握することが不可欠と考え、実炉調査を進めていきたい。