

Fig. 3. Reaction products on the diagram of  $K_2O-Al_2O_3-SiO_2$  system.

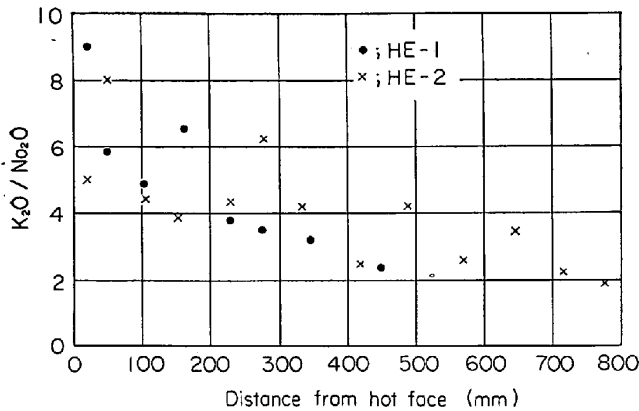


Fig. 4. Relation between  $K_2O/Na_2O$  and distance from hot face.

構は、アルカリとくにカリウムのレンガ内部侵入に伴うレンガ組織および化学成分の変化が、耐火性低下および耐腐蝕性低下をもたらす、炉床ライニングが溶鉄によって連続的に損耗される機構によるものとされる。

4.3 今後の炉床用炉材

炉床部レンガの損耗原因は、比較的少量のアルカリによる変質と溶鉄の機械的磨耗で、炉壁レンガのような苛酷な侵食条件には、さらされないで、損耗量は小さい傾向にある。したがって、従来品と同材質の粘土レンガで問題ないようにも思われるが、① 操業技術の進歩によりライニングの苛酷性が增大すること、② 炉床操業温度が高いこと、および ③ 炉床破損事故の影響が大きいことを考えた場合、炉床レンガ品質の一層の向上が必要である。カーボン炉床を使用した高炉の解体調査によると<sup>3)</sup>、粘土レンガに比べて損耗は著しく小さく、カーボンの優秀性が実証されている。朝顔にもカーボンが使用されるすう勢にある現在、炉床部はすべてカーボン質とする必要がある。炉床部レンガの損耗原因であるアルカリに対して、カーボンは粘土質よりも著しく抵抗性を有し、第5次洞岡第1高炉では、カーボンブロック内にアルカリが侵入変質しても損耗は、ほとんどうけなかつた<sup>4)</sup>。したがって、今後の炉床レンガは、カーボンブ

ロックとすべきであるが、冷却水の漏水、空気酸化が懸念される場合は、粘土-黒鉛質、黒鉛-粘土-SiC 質など、耐酸化性を考慮したカーボン質レンガの使用が妥当と思われる。

5. 結 言

東田第6高炉(第5次)解体レンガの調査を行なった。試料は、出鉄口上部の炉床レンガで、変質状態およびレンガ損耗機構について次の結論がえられた。

1) 炉床レンガの損耗機構は、アルカリのレンガ内侵入に伴う組織変化、耐火度低下により、稼働面の機械的、化学的侵食に対する抵抗性が減少することによつて

いる。  
2) 炉床上部よりも下部の損耗が小さかつたが、アルカリに伴う変質は、下部の方が大きく、機械的損耗の苛酷度が上部で大きいことが推察された。

3) アルカリ以外の成分、例えばカーボン・デポジション、垂鉛の侵入はほとんどなかつた。

4) アルカリの侵入は、カリウムの方がナトリウムより2~3倍多く、稼働面から鉄皮に向かって  $K_2O/Na_2O$  比は直線的に低下していた。

5) カリウムの侵入によつて sanidine ( $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ ) および leucite ( $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$ ) が生成していた。sanidine はアルカリ含有量の少ない試料に、leucite は多い試料に認められた。

6) 粘土の分解生成 silica 起源の tridymite が稼働面から 105~335 mm 以降の低温部に生成していた。

文 献

- 1) 大庭, 他: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 290
- 2) 大庭, 他: 鉄と鋼, 50 (1964) 3, p. 384
- 3) 大庭, 他: 鉄と鋼, 48 (1962) 11, p. 1207

(34) 高炉の出鉄樋材について

黒崎窯業

宮武 和海・○高田 一郎

On the Blast Furnace Runners

Kazumi MIYATAKE and Ichirō TAKATA

1. 緒 言

製鉄工業における最近の製鉄技術の進歩は著しいものがあり、高温高圧操業、高炉の大型化などはいずれも生産性の向上に大きな役割を果している。現在すでに公称 3500 t 高炉が建設されており、近い将来 5000 t 高炉が出現することも決して夢ではなく、また一方では計器操業などの新しい技術の導入による目覚ましい合理化が推進されている。このような現状にある中で高炉炉前作業の大部分を占める出鉄樋の整備作業の合理化のみが取残された感があることは否めない。本作業の合理化も製鉄作業の合理化の一環として当然重要な問題である。このためには出鉄樋用耐火物の耐用性の向上、施工の迅速容易化などが是非必要である。著者は幸い某製鉄会社の御協力をいただき材質および構造の両面からこの問題の解決を図る機会を得てかなりの成績を揚げる事ができたのでここにその概要を報告する。

2. 研究要旨

出銑樋は過去において煉瓦の使用履歴もあるが、その後種々の利点を持ち一体構造を形成する不定形耐火物に変遷し今日に及んでいる。材質自体としてはその優位性を発揮できる焼成煉瓦も樋としての構造要素を織り込んだ場合、目地を伴う構造となる欠点を持つために現在の使用形態へ移行したようである。しかし現在の不定形耐火物にしても樋の整備作業が時間的制約を受けること、施工時組織的欠陥を惹起し易いこと、溶銑の落下衝突により著しい損傷を受けること、急熱急冷作用を受けることなどの問題がある。まずこの点を考慮して樋材が具備すべき条件を列記してみる。

- (1) 刺激性ガスが発生しないこと。(作業環境の改善)
- (2) スタンプ材は作業性が良好で充填性に富み、短時間乾燥による強度が大であること。
- (3) 整備作業が迅速かつ容易にできること。
- (4) 耐食性、耐磨耗性、耐スポール性良好で耐用性の高いこと。
- (5) 溶銑、スラグに濡れ難く付着しないこと。

上記条件を満足させるため、焼結性に富む高珪酸質原料の使用、耐食性耐磨耗性に勝る炭化珪素の利用、溶損防止と溶銑スラグの付着防止のための黒鉛の利用、この

Table 1. General qualities of main runners.

Item		Block	Ramming mixture	
Chemical composition (%)	SiC	23~24	35~36	
	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	28~29	—	
	C	20~21	20~21	
	SiO <sub>2</sub>	16~17	29~30	
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7~8	10~11	
Grain size	Top size (mm)	6	6	
	210 $\mu$ under (%)	<40	<40	
Permanent linear change (%)	$^{\circ}\text{C hr}$		*	
	400 $\times$ 4	+1.08	-0.26	
	800 $\times$ 2	+0.39	-0.34	
	1200 $\times$ 2	+0.66		
	1300 $\times$ 2	-0.05	+0.04	
1450 $\times$ 2	+0.02	+0.07		
Bulk specific gravity	400 $\times$ 4	1.89	* 1.95	
	800 $\times$ 2	1.92	1.89	
	1200 $\times$ 2	1.85		
	1300 $\times$ 2	1.95	1.87	
	1450 $\times$ 2	2.01	1.85	
Modulus of rupture (Crushing strength) (kg/cm <sup>2</sup> )	400 $\times$ 4	34 (95)	* 58	
	800 $\times$ 2	57 (148)	71	
	1200 $\times$ 2	40 (107)		
	1300 $\times$ 2	79 (270)	61	
	1450 $\times$ 2	130 (363)	68	
Refractoriness under load ( $^{\circ}\text{C}$ )	Load: 2kg/cm <sup>2</sup>	T <sub>1</sub>	>1700	1700
		T <sub>2</sub>		>1700
	Load: 3kg/cm <sup>2</sup>	T <sub>1</sub>	1565	1540
		T <sub>2</sub>	>1700	1630
	Load: 4kg/cm <sup>2</sup>	T <sub>1</sub>	1560	
		T <sub>2</sub>	>1700	

\* 110 $^{\circ}\text{C} \times 24\text{hr}$

両者による耐スポール性の強化、有機質結合剤によるセラミックボンド生成までの温度領域での強度保持、高珪酸質原料による黒鉛の酸化防止などを本研究の遂行に当って重視した。

なお出銑樋の区分呼称には明確な定義はないが、以下説明の都合上出銑口からスキンマーまでを本樋、スキンマー以降を中下樋とする。

3. 本樋材

3.1 取替樋ブロック

タールを使用して成形ベーキングしたブロックで 9~16 mm 鉄板で被覆したものである。

3.1.1 特徴

- (1) 耐食性、耐磨耗性に優れる。
- (2) 容積変化が小さく耐スポール性良好である。
- (3) 溶銑、スラグとの濡れが少なく離れ易い。
- (4) 取替作業が迅速かつ容易にできる。
- (5) 刺激性ガスの発生がなく作業衛生環境良好である。

3.1.2 品質 (Table 1 参照)

- (1) 化学組成から判るように炭化珪素、窒化珪素、黒鉛、酸性耐火原料で構成されている。
- (2) 膨張収縮は極めて小さく、微膨張性である。
- (3) 熱処理後の曲げ強さが大で機械的磨耗に対して抵抗性のあることを示す。
- (4) 荷重軟化点が非常に高い。

3.1.3 構造および施工概要

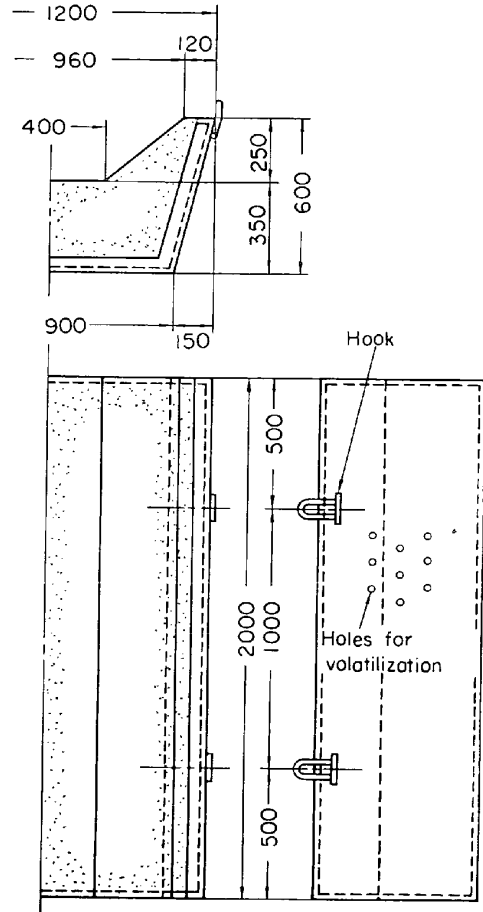


Fig. 1. Structure of block

Table 2. Results of use test.

	Size of BF	Life (day)	Total pig iron (t)
Block	Large	12	21,000~22,000
	Small	21	18,000~19,000
Conventional ramming mixture	Small	3~4	3000~3500

(1) フックによる4点吊り構造である。(Fig. 1 参照)

(2) 据付け, 取外しはクレーンにより迅速かつ容易にできる。

(3) ブロックの長さは製造および取扱い上2m前後が最も都合が良い。

(4) 樋下部にカーボン煉瓦を置くところでは取替樋がこれを兼ねる。

#### 3.1.4 使用実績 (例)

本樋用取替ブロックの使用実績例を Table 2 に示す。なお表中のライフは無補修期間を意味する。

#### 3.2 スタンプ材

従来から使用されている樋材に類似するもので有機質結合剤を使用した湿材である。

##### 3.2.1 特 徴

取替樋の特徴に類似し, 作業性良好で充填性に富みスタンプ施工後の短時間乾燥により早期強度を発現する。また一体構造を形成するために溶銑の侵入がない。

##### 3.2.2 品 質 (Table 1 参照)

- (1) 炭化珪素, 黒鉛, 高珪酸質原料から成る。
- (2) 膨張収縮が小さく微膨張性である。
- (3) 曲げ強さが比較的大で中間温度での強度劣化がない。

##### 3.2.3 施 工 概 要

- (1) スタンプ用エアランマーを用いて施工する。
- (2) 多層打方式が望ましく, また施工時間に比例して耐用性は向上するが実際には時間的制約を受けるので単層打となる。
- (3) 大型高炉での標準スタンプ時間 3~5 min/m
- (4) 標準乾燥時間および温度 40~60 min (at 850~1000°C)

(5) 局部的損傷箇所は適宜掘り起こして同材質スタンプ材で補修する。

##### 3.2.4 使用実績 (例)

Table 3 から判るように均一で緻密な組織とした取替樋はその耐用性が倍加することを示す。

#### 4. 中 下 樋 材

コークスおよび耐火粘土から成る樋材が一般に使用さ

Table 3. Results of use test.

	Size of BF	Life (day)	Total pig iron (t)
Ramming mixture	Small	4~5	3500~4000
Block	Small	7~8	6000~7000
Conventional ramming mixture	Small	3~4	3000~3500

Table 4. General qualities of subsidiary runners.

Item	Block	Ramming mixture	
Chemical composition (%)	SiC	17~18	8~9
	C	19~20	12~13
	SiO <sub>2</sub>	46~47	61~62
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11~12	12~13
Grain size	Top size (mm)	6	6
	210 $\mu$ under (%)	<40	<40
Permanent linear change (%)	°C hr		
	110 $\times$ 24	-0.12	-0.14
	800 $\times$ 2	-0.20	-0.17
	1450 $\times$ 2	+0.08	+0.70
Bulk specific gravity	110 $\times$ 24	1.91	1.98
	800 $\times$ 2	1.83	1.89
	1450 $\times$ 2	1.82	1.82
Modulus of rupture (Crushing strength) (kg/cm <sup>2</sup> )	110 $\times$ 24	50(145)	85
	800 $\times$ 2	60(225)	55
	1450 $\times$ 2	57(190)	40
Refractoriness under load (load: 2kg/cm <sup>2</sup> )	T <sub>1</sub> (°C)	1560	1500
	T <sub>2</sub> (°C)	1640	1540
	T <sub>3</sub> (°C)	1650	1550

れ, 出銑ごとに部分補修を行ないほぼ同質のペーストで塗装施工する使用法が多い。

#### 4.1 取 替 樋

有機質結合剤を使用し乾燥したブロックで, 6~9 mm 鉄板で被覆したものである。

##### 4.1.1 特 徴

本樋と同様であるが使用条件が本樋よりも緩和されるので炭化珪素の使用量を減らし, 焼結性に富む高珪酸質原料を多量使用した。

##### 4.1.2 品 質 (Table 4 参照)

- (1) 炭化珪素, 黒鉛および高珪酸質原料から成る。
- (2) 膨張収縮率が小さい。
- (3) 曲げ強さが比較的大で中間温度での強度の低下がない。
- (4) 荷重軟化点が高い。

##### 4.1.3 構造および施工概要

構造は本樋用取替樋とはほぼ同様である。

(2) 施工法は本樋用取替樋と同様である。

##### 4.1.4 使用実績 (例)

使用結果は Table 5 の通りである。

#### 4.2 スタンプ材

有機質結合剤を使用した湿材である。

Table 5. Results of use test.

	Size of BF	Life (day)	Total pig iron (t)
Block	Large	82	50,000~55,000
Conventional ramming mixture	Large	*	—

\* Gutter is restored before each charge

Table 6. Results of use test.

	Size of B.F.	Life (day)
Remming mixture	Large	12~13
Conventional ramming mixture	Large	*

\* Gutter is restored before each charge

#### 4.2.1 特 徴

本樋用スタンプ材に類似するが使用条件の緩和に応じた材質としてある。

#### 4.2.2 品 質 (Table 4 参照)

本樋用スタンプ材に比べて若平品質が異なるが、これは使用条件の相違によるものである。

#### 4.2.3 施 工 概 要

本樋用スタンプ材と同様である。

#### 4.2.4 使用実績 (例)

Table 6 に使用実績を示す。

### 5. ま と め

高炉出鉄用樋材の品質向上およびその使用形態の工夫によつて樋材のライフを延長し、労力削減コストダウンに寄与できるかなり優秀な樋材を開発したが、冒頭に記したように高炉がますます大型化する勢いにあること、あるいは溶鉄の貯溜方式が研究されていることなどは、樋材の受ける種々の条件がいつそう苛酷化することを意味し、さらに耐用性の優れた樋材が要求されることは必至であり、より高度化された出鉄用耐火物の研究開発の必要性が痛感される。

### 文 献

- 1) K. W. COWLING: The refractories Journal, 40 (1964) 2, p. 50