

669,044, 2,669,183, 411,3  
 (35) 平炉用熱間補修材の性状と損耗機構

八幡製鉄所技術研究所 63025  
 大庭 宏・○杉田 清・島田康平

Properties of Gunning Mix for Open  
 Hearth Furnaces-Hot Repair and its  
 Process of Wear. 353~355

Hiroshi OHBA, Kiyoshi SUGITA  
 and Kohei SHIMADA.

I. 緒 言

当所に於ては全塩基性平炉天井および壁上部の熱間補修にクロム質吹付材を使用し、炉寿命の延長に満足すべき成績を収めている<sup>1)</sup>。今回、当所で使用した補修材の性状と使用後の状態を試験し、使用中の挙動と損耗機構について検討したので、以下にその概要を報告する。

II. 熱間補修材の品質性状

当補修材はクロム鉄の微粉末を主体とするもので、水を添加し混合後ノズルを用いて補修個所に熱間で吹付る一種の gunning mix である。

品質試験結果の概要は Table 1 のごとくで、0.3 mm φ 以下の微粒が大部分であり、化学組成的には Fe-oxide, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の含有量が高く、したがって鉄物組成的には chromite 系スピネル固溶体と若干量の随伴鉄物(主として forsterite) からなる。X線回折試験(CuKα, 30 kV, 10 mA) の結果もこれを裏付けている。

熱間補修材の重要特性の一つである焼結性を、一般の炉床スタンプ用マグネシアクリンカーと比較すると、当補修材の焼結性が極めて良好であることが Table 1 から判る。焼結性の比較に用いた焼結指数<sup>2)</sup>(densification parameter) は、50 φ × 50 mm の試片を 200 kg/cm<sup>2</sup> の成形圧で作成し、各温度で焼成後次式により算出したもので、指数値の高い程焼結性は良い。

$$\text{焼結性指数} = \left\{ \frac{(S. D - I. D)}{(T. D - I. D)} \right\} \times 100$$

S. D: 焼成後嵩比重, I. D: 焼成前嵩比重, T. D: 真比重。

焼結性測定試片について、鉄物顕微鏡による組織観察を行つた結果、1550°C × 4 h 焼成の試片ではクロム鉄粒間に顕著な焼結が認められ、マトリックス部分には

pyroxene の針状結晶が生成していた。

III. 使用後補修材の性状

1. 採取試料

当所第 2 製鋼工場 No. 8 平炉裏壁出鋼口上部(炉寿命 430 回)よりクロムマグネシア煉瓦に付着した状態で採取した。

2. 外観観察

稼働面は焼結不完全な補修材で、稼働面から 40~50 mm までは半融状の黒色多孔質層となり煉瓦と接着している。煉瓦と補修材の境界は必ずしも明瞭ではないが、補修材の付着厚さは 30~50 mm である。煉瓦との界面附近煉瓦内部(稼働面より 120 mm 附近)に亀裂の

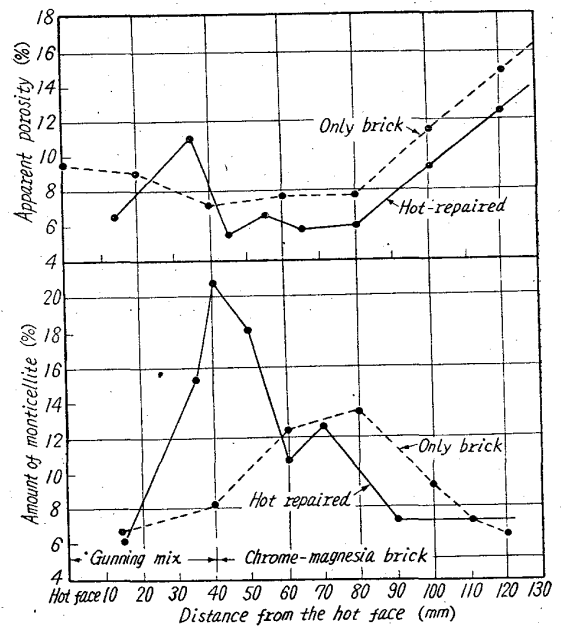


Fig. 1. Distribution of porosities and amounts of monticellite along with distance from the hot face in used bricks and mix.

Table 1. Properties of gunning mix for hot repair.

True sp. gr.		3.69	Chemical analysis (%)	Ig. loss	+0.13*
Refractoriness (S. K.)		>36		SiO <sub>2</sub>	8.06
Sieve analysis (%)	1' ~0.5mm	3.2		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.94
	0.5~0.3 "	10.0		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26.16**
	0.3~0.1 "	36.8	CaO	0.32	
	0.1~0.074 "	15.0	MgO	8.65	
	<0.074 "	35.0	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	35.84	
Sinterability index <sup>2)</sup>	1200°C × 4 h	21.7	MgO-ramming mix***	$\left\{ \begin{array}{l} -0.7 \\ 6.0 \\ 23.0 \end{array} \right.$	
	1400°C × 4 h	26.8			
	1550°C × 4 h	77.4			

\* Weight increased, \*\* All Fe-oxides are designated in Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> form.

\*\*\* Now in use for rammed bottoms, 90.97% MgO, 3.30% CaO, 3.93% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

発生が認められた。

### 3. 気孔率の変化

Fig. 1 は使用後試料の位置別の気孔率を示したもので、比較のため補修材を使用しない場合の使用後煉瓦(第3製鋼工場 No. 4 平炉壁 215 回)の測定例を併示した。煉瓦部分の稼働面側では4~6%に低下しており、補修材も6~12%の比較的低い気孔率である。

### 4. 化学成分

Table 2 は使用後試料の化学分析結果で、炉内からの侵入成分としては Fe-oxide, CaO が多く、MnO も侵入している。CaO は稼働面から40~50mm の位置で最高濃度を示しており、MgO は20~40mm の位置では原補修材以上の濃度となり、これは煉瓦よりの移動によるものと推測される。

### 5. 組織と鋳物組成

① 稼働面より15mm までの部分: 黒色不透明粒子(クロム鋳粒)が主体で、粒子間隙を針状結晶(pyroxenes)が充填し、赤褐色化したクロム鋳粒も一部認められる。多孔質の粗い組織である。

② 稼働面から35mm の部分: ①と類似の組織であるが、一部の褐色化したクロム鋳粒では透明度が増加している。

③ 40~50mm の部分: クロム鋳粒間隙の silicate の増加が認められる。silicate は主として monticellite (CaO, MgO, SiO<sub>2</sub>) と merwinite (3CaO, MgO, 2SiO<sub>2</sub>) の CaO-MgO-SiO<sub>2</sub> 系 silicate である。クロム鋳粒は赤褐色化し、粒周辺部は黒色不透明である。

④ 60mm の部分: 煉瓦の変質部分でクロム鋳粒と黒色不透明物質(periclase に MgO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> が固溶したものが主体)および silicate よりなる。silicate は相当量の forsterite (2MgO, SiO<sub>2</sub>) と少量の monticellite である。

### 6. スピネル固体の変質

X線回折試験の結果も上記の組織観察を裏付けている。この結果からクロム鋳粒中のスピネル固溶体の格子常数を算出すると、使用前補修材 8.296Å, 稼働面 8.353Å, 稼働面から20mm の部分 8.340Å となり、稼働面から70mm の煉瓦部分は 8.240Å である。したがってスピネル固溶体も組成的に変化している。

## IV. 考 察

### 1. 吹付による接着の機構

使用後試料の煉瓦と補修材の境界は明瞭でない。これは煉瓦の吹付前稼働面が凹凸の激しい状態であったためであろう。即ち煉瓦稼働面は炉内成分の影響をうけて変質し、耐火性も低下して補修材粒子を補着するに充分な状態になっていたと考えられる。したがって、補修材粒子は先づ煉瓦稼働面に物理的に接着し、次に粒子間および煉瓦とに焼結反応が起り、更に炉諸成分との反応が加わって強固なコーティングを形成したものと推定できる。

### 2. 使用中の変質と損耗機構

補修材はそれ自体が変質すると同時に、炉内諸成分の影響をうけていることが、化学組成などの変化から判る。稼働面でのスピネル固溶体格子常数の増加は ferrite 系スピネルの増加を示し、これは炉内よりの Fe-oxide の影響である。(一般にスピネルの格子常数は ferrite 系で 8.36~8.38Å, chromite 系で 8.30~8.38Å, aluminate 系で 8.05~8.12Å である<sup>6)</sup>)。

monticellite の生成は炉内より CaO によるが、その分布を化学組成から計算すると Fig. 1 のごとくで、補修材と煉瓦の界面付近で最高濃度を示し、亀裂発生個所とも一致している。“monticellite 最大濃度位置付近で亀裂が発生する”<sup>7)</sup>とすれば、monticellite の集積が剝落損耗の原因であろう。スピネル固体の変質はバースティング現象の可能性を示しており、炉内の高温流体による磨食作用も無視できないが、剝落損耗の大部分を占められていると考えられる。

注目すべきことは、剝落が補修材と煉瓦の界面付近で起る確率が高いという点で、極端な場合を考えると補修材のみが損耗して煉瓦の損耗は起らないことになる。これが当補修材の特徴で、“クロム質補修材は CaO の侵入を抑制する”<sup>8)</sup>といえる。(マグクロ質ではこの様な効果は得られないであろう。)

### 3. 補修材の適正材質について

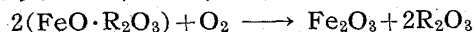
今回の調査結果から補修材の具備すべき特性を考えると、①良好な焼結性、②炉内成分(特に CaO)の侵入防止性、③煉瓦成分との近似性が必要である。微粒子であることは焼結性の点で必要であり、クロム質であることは、②③の条件から類推できる。クロム鋳の材質としては安定度(特に高温での耐雰囲気性)の低いものが、焼結性、接着性の点で好ましい。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO の高いものより、Fe-oxide, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の高いものが安定度は低く<sup>6)</sup>、その焼結性の良好な理由の一つとしては次式のご

Table 2. Chemical analyses of hot-repaired bricks after use.

Distance from the hot face	Ig. loss	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Hot-face grains (not well sintered)*	0.34	6.44	10.59	28.70	0.28	0.27	9.72	38.36
10mm*	0.00	3.26	7.67	48.95	1.84	7.40	11.11	19.53
20mm*	+0.62**	4.80	6.67	46.42	2.00	3.40	25.29	10.31
30mm*	0.05	6.00	12.27	34.59	0.60	5.72	25.11	13.58
40mm*	0.00	8.38	12.95	33.43	0.94	8.00	21.06	14.88
50mm*	+0.05**	8.90	10.39	24.67	0.40	9.15	29.57	17.10
60mm	0.38	11.40	15.62	16.64	0.47	3.82	35.65	16.83
70mm	0.41	11.50	15.38	11.20	0.42	4.47	37.58	18.12
90mm	0.87	10.14	16.22	18.16	0.33	2.59	34.30	17.48
110mm	+0.44	11.88	14.98	12.09	0.14	2.68	38.88	19.43

\* Hot-repaired materials, \*\* Weight increased, \*\*\* All Fe-oxides designated in Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

とく酸化により遊離した Sesqui-oxide( $R_2O_3$ )<sup>7)</sup>の作用が考えられる。(R: Fe, Cr, または Al)



V. 結 言

平炉用クロム質熱間補修材について、その使用前後の性状を調べた結果、当補修材は微粒のクロム鉄を主体とした焼結性の良好な吹付材で、その補修効果の高い理由も損耗機構から説明できることが判つた。

文 献

- 1) 相原, 第 29 回平炉耐火物専門委員会資料 (s. 37. 10. 11)
- 2) H. J. S. KRIEK, et al, Trans. Brit. Ceram. Soc., 58 (1959) 1, p. 1~34
- 3) J. H. CHESTERS, Steel Plant Refractories, p. 198 (1957)
- 4) J. R. RAIT, Basic Refractories, p. 227~31 (1950)
- 5) 滑石, 第 29 回平炉耐火物専門委員会資料 (s. 37. 10. 11)
- 6) J. R. RAIT, Basic Refractories, p. 218 (1950)
- 7) G. R. RIGBY, et al, Iron & Steel. Inst. (U.K.), Special Rept., No. 32, (1946) p. 43~80

590 回, 165 t 装入傾注炉で 250~270 回の良好な成績を得ている。この問題の経過について報告する。

II. 将来状況の変遷

昭和 30 年末, 酸素使用を開始して以来 5~7 Nm<sup>3</sup>/t を使用して居たが, 昭和 34 年 4 月頃より 20 Nm<sup>3</sup>/t 程度に増加し, さらに 36 年 6 月頃より 28~30 Nm<sup>3</sup>/t と増大した。この間 35 年夏から 36 年初にかけて全平炉にわたつて約 20% の炉容拡大を行なつた。溶銑は当初配合率 40% 程度であつたが, 遂次増加し昭和 36 年頃より 55~60%, 37 年頃からは 65~70% となり今日にいたつている。

III. 大天井構造の進歩

採集条件の変遷と炉体溶損状況の変化に伴い大天井構造, レンガ積方法に種々の改良を加えたが, その成績の向上の状況は Fig. 1 に示すごとくである。その間の経過を述べると次のとおりである。

1. 珪石アーチ積天井および小修理方法の採用

酸素を使用するとともに従来の珪石アーチ積の天井では溶損が目立つた。そこで固定炉天井回数 150~200 回で出装間 24 時間の小修理を行ない, 大天井中央部分および前壁のはりかえを行ない, 通算 300~350 回の天井寿命を得ることができた。

2. 塩基性パネルおよびゼブラ天井

昭和 32 年夏頃より固定炉の天井裏壁よりゼブラ積

669.183.411.3 = 666.763

(36) 平炉炉体構造の進歩と天井寿命の増加について

日本鋼管鶴見製鉄所 62026  
松代綾三郎・二上 愛  
○水野良親 255~357

Improvement in Structure and Increase of Roof Life of a Open Hearth Furnace.

Ayasaburō MATSUSHIRO,  
Kaoru NIKAMI and  
Yoshichika MIZUNO.

I. 緒 言

酸素製鋼の発展に伴い, 平炉の製鋼能率は著しく増大して来たが, 一方炉体の溶損も増大して来た。この対策として平炉用レンガ材質と使用方法, 炉体構造および築炉法の研究が多方面にわたつて行なわれた。

鶴見製鉄所においても, 酸素使用量の増大, 製鋼能率の増加にともなつて, 炉体の損耗もまた増加したり。これに対処するべく, レンガの品質, 炉の構造を種々改良した結果, 操業の安定と天井寿命延長の著しい効果をあげている。

すなわち酸素約 30 Nm<sup>3</sup>/t 使用して, 85 t 装入固定炉で天井回数 550~

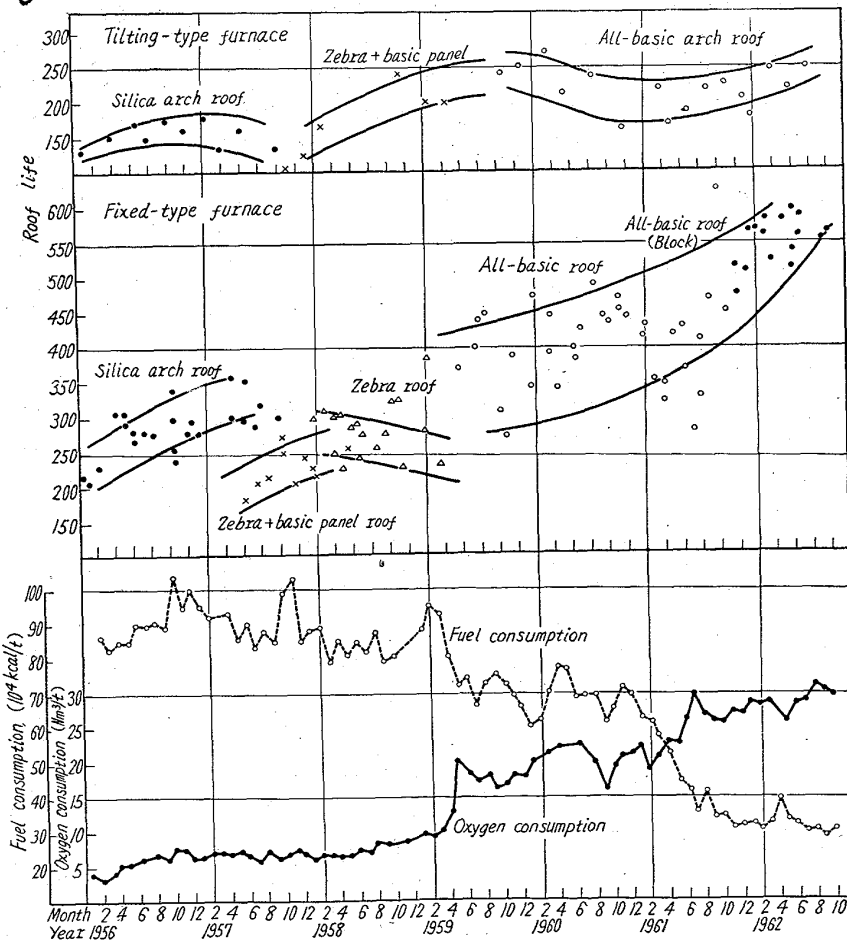


Fig. 1. Progress of roof life and other data.