

669. 044. 24: 666. 76

(106) 乾式(ノズルミックス方式)熱
間吹付補修について

(窯炉の熱間補修に関する研究—I)

日本鋼管, 技術研究所 ○島田 信郎・飛川 晨
Hot Repairs for Furnaces by Nozzle
Mix Method.

(Study on hot repairs for furnaces—I)

Noburo SHIMADA and Shin HIKAWA.

1. 結 言

一般に各種炉の修理は操業を停止して行なうため、稼働率の低下、熱、燃料などの大きな損失を伴なう。しかも局部的な損傷による場合が多く、これを操業中に補修することができればその利益は大きい。

熱間における炉の補修は、米国、ソ連などに実例があり¹⁾²⁾、主として吹付け補修法を採用している。わが国でも数年前より二、三の鉄鋼メーカー、その他がその効果を発表しているが³⁾⁴⁾、何れも作業面での実績が主であり、米国あたりでも吹付けは“art rather than science”などといわれているのに鑑み、ここでは有効な吹付け諸条件を明かにするため、基本的な要素についての実験結果を主として報告する。

なお、考えられる補修の対象としては、①局部的なアクシデント、例えばレンガの一部脱落などの事故。②局部的な侵食、例えば電気炉のスラグライン、ホットスポット。③全体的に段々損耗して行く場合、例えば平炉天井などがあり、それぞれに応じて最も適した方法、材料があるはずである。第1報では乾式について報告する。

2. 吹付け方式の種類、特徴

吹付け方式には、噴出直前にノズル部で水を添加する乾式(ノズルミックス方式)と、予め水と混合した泥漿を吹付ける湿式との二通りがある。Table 1 に両者の比較を示すが、特徴を概括すれば乾式はIで述べた対象の①②すなわち、局部的にえぐれたような個所の充填の補修に適し、湿式は③のような場合で全体に薄く吹付けを行ない、それを日常保全作業として繰り返すことにより寿命を延ばす目的に適している。

3. 吹 付 機

当社で製作した吹付け機は乾式、湿式の両用に使用できる。詳細は文献⁵⁾に譲るが、湿式に使用する場合、泥漿

の作成はホッパー内で粉末状耐火材と水をエアバブルで混合して行なうことが特徴である。実験用にはホッパー容量 40kg の小型を用いた。

4. 乾式吹付け材の種類、特性、最適吹付け諸条件
および接着機構

4.1 吹付け材の種類および特性

Table 2 に当社製品の一例を示す。

4.2 吹付け条件と接着歩留り並びに接着機構

4.2.1 予備試験

i) 材料の噴出濃度(単位時間当りの噴出量)

考えられる要因はライン圧、ホッパー圧とライン圧の比および材料の粒度であり、実験の結果、①ライン圧は関係しない。②(ホッパー圧/ライン圧)比が大になる程増加する。③微粉(0.2mm以下)の量が多くなる程減少する。

ii) ノズル先端からの距離と風速

被吹付け面において、ある一定の風速の気流に乗った場合最も歩留りがよいと考えられ、その風速はライン圧に左右されるので、距離とライン圧と風速の関係を求めた。

なお、ノズルの形状、水の添加方法により噴出状態が変る。単一給水の場合1m以上、シャワー状給水の場合0.3m位、水添加後のノズルの長さが必要である。曲りの場合は曲がつた後で吸水する。

4.2.2 基礎試験

i) 風速、距離、水量と歩留り

風速 8~10 m/sec の時最も歩留りのよいことが明らかとなった。その結果(1), b, から距離 1.2m の時ライン圧 2 kg/cm²、距離 2m の時ライン圧 4 kg/cm² が最適である。水量は材料の種類、噴出濃度によつてある最適値があり、その前後は歩留りが悪くなる。

ii) 噴出濃度と歩留り

噴出濃度が大きい程歩留りはよい。予備試験の結果から①ライン圧は被吹付け面からの距離に応じ最適風速になるよう定めればよい。②(ホッパー圧/ノズル圧)比を大きくする程歩留りはよい(1/2<) ③材料の粒度は微粉(0.2mm以下)が少ない程噴出濃度は大きくなるが、粒がある量より多くなるとはね返りロスのため却つて歩留りは悪くなる。これらの関係を Fig. 1 に示す。

iii) 投射角度

Table 1. Comparison of patching methods.

	nozzle mix gun	slurry mix gun wet batch gun
appearance of materials	dry powder	slurry
particle size of materials	10mm ϕ under	1mm ϕ under
preparation of materials	charge the dry powder into the hopper	make slurry by mixer or air bubble in the hopper
preparation of gun	adjust the pressure of the hopper, nozzle line and the water tank	adjust the pressure of the hopper only
adjustment of additional water	at the nozzle in operation	at making slurry
operation	a little complicate	easy
temperature at gunning	1400°C under	1600°C over
thickness of patching	50~60mm under	5mm under
gunning direction	straight	to any direction
condition of gunned surface	local unevenness	approve a plane surface
amount of water	little	much
properties of gunned materials	dense, large durability	easily sinter

Table 2. Properties of gun mixes.

	G-Mix C	G-Mix M.	G-Mix D	G-Mix L
Seeger cone(SK)	37<	37<	37<	35
Chemical composition				
SiO ₂	6.6	5.5	5.7	52.1
Al ₂ O ₃	10.1	1.8	1.3	43.8
Fe ₂ O ₃	17.0	1.7	4.5	0.6
MgO	40.4	90.0	49.5	
Cr ₂ O ₃	20.0			
CaO			36.2	
Porosity %	24	25	26	25
Bulk density	2.7	2.8	2.6	1.9
Bare material	Chrom- ore & mag- nesite	Mag- nesite	Dolo- mite & mag- nesite	Fire clay

投射角度と歩留りは $Y = A \sin \theta$ の関係で表わされる当然のことながら 90° が最もよい。

4.3 材 料

1項で示したごとく、主原料としては、クロマグ質、マグネシア質、ドロマイト質、など塩基性のものから、高アルミナ質、クロム質、シャモット質、珪石質など酸性のものまで各種のものが考えられる。粒度については、噴出濃度、接着歩留り、焼結性などに影響する微粉の量に留意することが重要である。また添加剤は水と混合された時、瞬間的に粘着性を生じ歩留りを向上させると同時に接着力、焼結力を発揮するものが望ましい。

4.4 熱間試験

小型吹付機を用い実験炉で、クロマグレンガに対し、クロマグ質吹付材 (G ミックスC) を、ライン圧 2 kg/cm²、ホッパ圧 1 kg/cm²、距離 1.2 m、水圧 2 kg/cm²、の条件で、レンガの温度 1000~1500°C 間の各

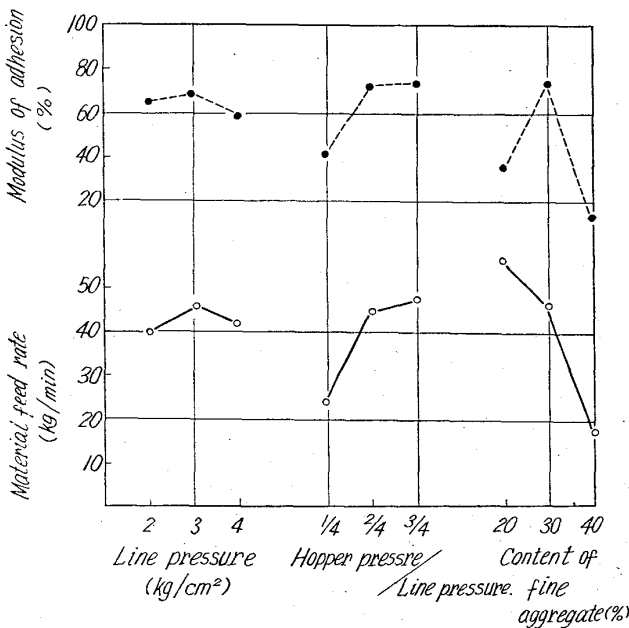


Fig. 1. Relation between adhesion effect and gunning condition.

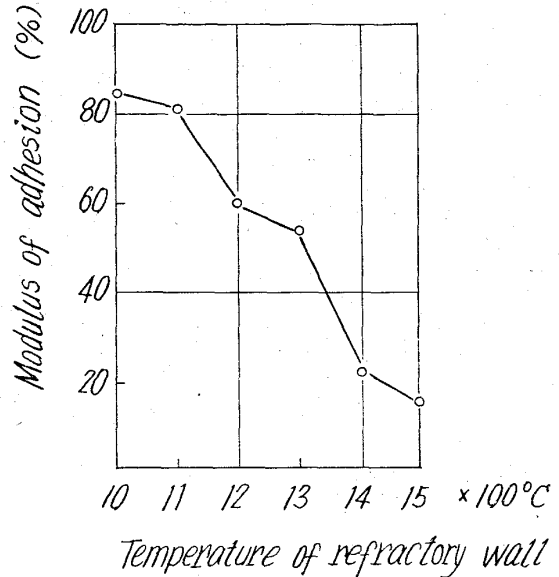


Fig. 2. Relation between adhesion effect and gunning temperature.

温度において吹付実験を行なった。吹付温度と接着歩留りは Fig. 2 に示す通り 1200°C 以上になると急激に歩留りは悪くなる。なお、混合適量水量は炉壁温度に対して明かに有意であり、温度が高い程水量は多くする必要がある。同時にレンガ表面より 15mm 内部の温度も測定したが、実験中温度変化はなく吹付けることによるスポーリングの懸念はないと考えられた。

4.5 接着機構

4.5.1 クロマグ質 (G ミックスC と平炉裏壁)

接着層は吹付材とレンガとの境界が判然としにくい。すなわち、1 回約 40~50mm 吹付けた吹付材にガス、粉塵鉄滓などの飛沫が付着透過し反応溶解して、マトリックスとなり粒状耐火物を固着し強固に接着することが繰り返されるため未変質部との境界から割れることが少なくなっている。検鏡によれば、変質部 (吹付材) ではマグネシアクリンカー粒は識別できず、ペリクレスは Fe-Oxide を吸収して黒色不透明となり、クロム鉄粒は周辺から Fe-Oxide が透過し始めている。マトリックスは CaO·MgO·SiO₂、2 MgO·SiO₂ などである。

4.5.2 ドロマイト質 (G ミックスD と転炉内張り)

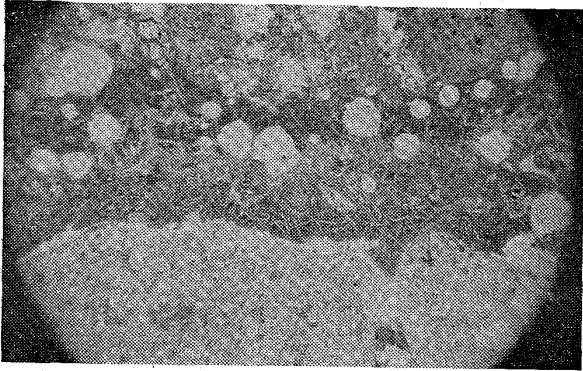
反応層は 1 mm 程度で大部分黒色不透明であり、X 線的には、ペリクレス、CaO·Fe₂O₃、MgO·Fe₂O₃、2 CaO·SiO₂ が検出された。接着物はドロマイト粒子およびペリクレスが上記黒色不透明なもので結ばれているが、気孔の多い組織で接着反応部分が薄く接着力は弱い。

4.5.3 シャモット質 (G ミックスL と取鍋内張り)

接着層は密封気孔と茶褐色の不透明な部分および微細な針状結晶からなっている。(Photo. 1) 茶褐色の部分はスラグと反応して生じた硝子質のもので、針状結晶はレンガと吹付材をあたかも接続するように発達している。恐らくムライトがガラスにより侵食されムライトの濃度が上昇して析出したものと思われる。

5. 現場実施状況の 2, 3, の例

5.1 平 炉



×50 (3/5)

Photo. 1. Microstructure of fire clay base gun mix by thin-section microscope.

裏壁については接着歩留りもよく、溶損速度もレンガよりむしろ小さく好結果を得たが⁶⁾、スクラップ装入後、温度を 1200°C 位に下げて行なうため、20min 位の時間のロスが大きい。1400°C 以上の温度では実験同様歩留りが悪くなり、その上ノズルが軟化変形し実用的でない。天井、前壁も同様理由で現在実施していない。

5.2 転 炉

ドロマイト質吹付材をトラニオン軸側の側壁スラグラインの損傷個所に吹付け効果を上げている。

5.3 電 気 炉

スラグライン 侵食部、ホットスポットにマグネシア質、ドロマイト質を吹付け効果を上げ、補修費、維持費の節減を計っている。

6. 結 言

吹付方式について乾式（ノズルミックス方式）湿式の特徴を比較し、対象によつて使い分けるべきことを述べ、まず乾式について、吹付条件と接着歩留りの関係を求め次いで熱間での接着機構および実績を取りまとめた。

① 乾式方式は局部的な損傷個所に対し、1300°C 以下の熱間での孔うめのパッチングに適する。

② 風速 8~10m/sec 位で吹付けられた時、最も歩留りがよい。

③ この結果被吹付面までの距離に応じてライン圧を定める。

④ 噴出濃度が大きい程歩留りはよい。従つてホップ圧/ライン圧比が大きい程よい。

⑤ 材料の粒度の影響は大きい。

⑥ 1200°C 以上になると歩留りは温度上昇とともに悪くなる。

なお、湿式は薄く広いコーティング的な吹付けの繰り返しによる全体的な延命保全に適する。これについては次回に報告する。

文 献

- 1) R. A. SCHOENLAUB: Open Hearth Conference, 1944, 326~331.
- 2) W. D. RESS: Iron and Steel Engineer Year Book, 1954, 474~482.
- 3) 奥川富弥他: 耐火物, 72 (1963), p. 60.
- 4) 永見勝義他: 耐火物, 72 (1963), p. 67.
- 5) 溝淵純生他: 日本鋼管技報, 25 [1] (1963), p.

112.

- 6) 島田信郎他: 日本鋼管技報, 24 [9] (1962), p. 25.

(107) 酸化物を二次的に含ませしめた耐火物について

品川白煉瓦 理博○林 武志・土井原健雄

The Features of the Refractory Impregnated with High Melting Oxide.

Dr. Takeshi HAYASHI and Takeo DOIHARA.

1. 緒 言

近時製鉄、製鋼技術の進歩発達、苛酷化に伴ない、使用される耐火物の材質に対する要求はますます高度化している現状にある。

耐火物の耐食性向上を目的として、耐火物固有の気孔部分に二次的に耐火性酸化物を含ませしめて、低気孔率、高密度の材質とした耐火物について、実験的に確認した 2, 3 の知見および含滲耐火物を大型電気炉に実用した結果について報告する。

2. 含滲耐火物の説明

一般に耐火物の溶鋼、鋇滓による侵食は、耐火物に存在する固有の開孔気孔部分を通路として低融液相が侵入し、耐火物の耐火性を低下して進展するものである。よつて製鋼用耐火物として具備すべき性質は

i) 低融物の侵入を極力抑制低減する。

ii) 侵入された低融物の有害な影響をできる限り相殺する。

などが考えられる。前者は気孔率および通気率を低減せしめることであり、後者は侵入液相と反応してより高粘性の反応生成物を作るか、または母体としての耐火物の結合をクリスタル相互の直接結合として容易に高温で分解しない堅固な組織を形成する必要があると考える。

従来から耐火物の品質は開孔気孔の低減、気孔率の調節に重点がおかれ改良検討がなされてきた。粒度調整、高圧成形、高温焼成などはそれらの一手段として行われている。しかしこれらには限度があり、極度に気孔率を低減した場合には温度変化に対する抵抗性を劣化する欠陥を伴う場合もある。

ここにおいて母体耐火物の結合強度、耐スポール性などを劣化することなく、耐火物固有の開孔気孔中に二次的に耐火性の優れた各種酸化物を含滲充填せしめることに着目し、開発したものである。

期待しうる効果として、主たるものをあげれば次のごとくである。

i) 単純な気孔部分の高耐火性物質による閉塞効果、低気孔率、高密度の材質。

ii) 沈積物と煉瓦成分との高温における固相反応による結合効果。

iii) 低融液相の侵入に対して積極的な反応による滲透抑制効果。

iv) 溶鋼に対して濡れを防止する効果。

これらは相互に無縁なものではなく関連性をもつて効果