

62/183.0/2.8  
:669.042, 882.4 No. 62089

P 492 ~ 693

(89) 加熱炉レキュペレーターチューブの損傷原因について

八幡製鉄所技術研究所

大庭 宏・田中 正義

On the Cause of Failure of Recuperator Tubes in a Reheating Furnace.

Hiroshi OHBA and Masayoshi TANAKA.

I. 緒言

加熱炉および均熱炉の燃焼用空気予熱には、従来の蓄熱式より換熱式に大半変りつつあるが、換熱室における漏風率の増加は、ブローアの負荷を増すばかりでなく、燃焼用空気の温度を下げ、いちじるしい場合は炉の操業を中止するの止むなきにいたる。

この漏風率増加の主原因はチューブの損傷による事が多いが、使用後煉瓦の試験結果よりこの損傷の機構、漏風率増加の原因を検討したので報告する。

II. 試験料

試料は当所厚板工場バッチ型 No. 1 加熱炉（公称能力、17.4 t/h、燃料は高炉ガス 45%、コークス炉ガス 55%混焼）のレキュペレーターに約3年余使用し、漏風率 37%にも達したので解体されたチューブより採取した。（Fig. 1）。チューブは6段積重ねたもので、冷風入口側2列の最下段のみ耐スポーリング性の目的で SiC を 30~40% 配合したチューブを使用している。試料は SiC 配合の M-100 印4本と、普通のシャモット質チューブ M-132 印3本の計7本である。

III. 試験結果

1. 使用後チューブの外観

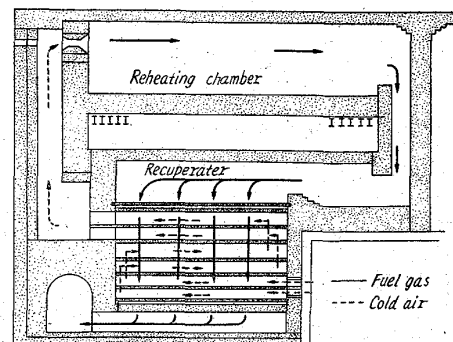


Fig. 1. Section of No. 1 batch type reheating furnace.

M-132A を除いていずれも亀裂の発生が認められたが、特に M-100C, B がいちじるしい。

また M-132A を除いていずれも白色~黄白色の粒状のものが附着し、特に M-100D, M-132C, Bなどは層状に剝離しそうになっている。（Photo. 1）

2. チューブ原煉瓦部の物理試験結果

試験結果を Table 1 に示す。試料は損傷程度により A, B, C, D に分類したが、A が最も軽く、D が最も酷く損傷したものである。



Photo. 1. Tested samples.

Table 1. Physical properties of original bricks.

Brick samples	Apparent porosity	Apparent density	True specific gravity	Water absorption	Modulus of rupture
M-100 A	25.5	2.84	2.11	12.0	143
" B	26.7	2.80	2.05	13.0	143
" C	24.6	2.80	2.11	11.6	245
" D	27.5	2.77	2.00	13.7	139
M-132 A	24.9	2.73	2.05	12.1	70
" B	27.3	2.73	1.98	13.7	109
" C	29.2	2.73	1.93	15.0	86

Table 2. Chemical analyses of fixed dusts and flaked materials.

Sample	M-132A Chamotte original brick	M-132B		M-132C	M-100A Carborundum original brick	M-100B	M-100C	M-100D	
		Fixed dust	Flaked material	Flaked material	Fixed dust	Fixed dust	Flaked material	Fixed dust	
Ig. loss	5.07	65.27	35.08	34.47	4.10	68.47	63.22	21.54	58.17
SiO <sub>2</sub>	49.10	4.14	53.40	50.46	57.43	4.09	4.04	75.53	9.65
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23.98	17.90	11.61	12.94	14.71	17.19	17.13	7.78	14.60
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.97	9.76	0.78	1.36	1.15	1.74	8.53	1.71	11.03
CaO	0.25	0.54	0.19	0.19	0.17	0.31	0.27	0.19	0.85
MgO	0.68				0.12			0.10	0.69
TiO <sub>2</sub>	0.65	0.36	0.40	0.40	0.39	0.23	0.41	0.25	0.30
SiC	13.29				20.74				
S		18.69	8.09	7.14	1.18	18.81	18.99	6.08	17.24

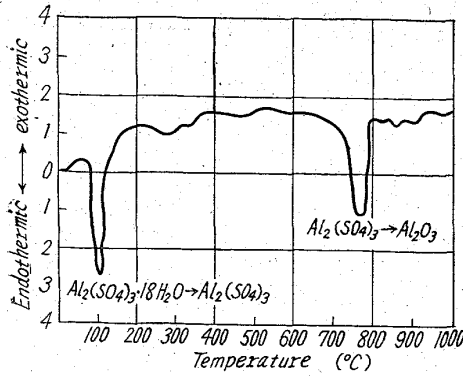


Fig. 2. D. T. A. curve of fixed dusts.

3. チューブ附着物および剝離物の化学分析結果  
試験結果を Table 2 に示す。

4. チューブの附着物および剝離物の X 線回折結果  
附着物および剝離物の各々について X 線回折を行な  
つたが、全て硫酸アルミニウム ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ),  
cristobalite, ( $SiO_2$ ), 石英 ( $SiO_2$ ) が確認された。

5. チューブ附着物の示差熱分析  
附着物が  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  であることを確認するた  
めに附着物の示差熱分析を行なつた。Fig. 2 にその熱  
分析曲線を示した。  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  は  $86.5^\circ C$  にて  
分解して  $Al_2(SO_4)_3$  となり、  $Al_2(SO_4)_3$  は  $770^\circ C$  にて  
分解して  $Al_2O_3$  となるが、この示差熱分析曲線からも  
 $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  であることが明らかである。

IV. 考 察

1. 漏洩の原因

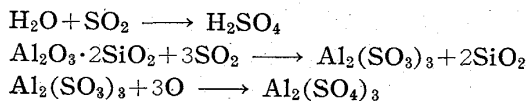
レキュペレーターチューブよりの空気の漏洩は、a) 使用中の熱衝撃により生じた亀裂によるもの、b) 廃ガス中の硫酸蒸気がチューブ内面に凝縮し、チューブ中のアルミナと反応し、硫酸アルミニウムを生成、侵食が進むためと考えられる。

a) の熱衝撃による亀裂は、炉の冷風入口側の下段部に多く見られ、1 個のチューブも冷風の直接当る部分に亀裂の発生していることから亀裂原因は明白である。

b) の廃ガス中の硫化物による侵食については、一応チューブ内面より侵食が進むために早急に漏洩の原因とはならないが、亀裂の発生により侵食はチューブ内面に進み、加速度的に侵食されて行くものと思われる。

2. 廃ガス中の硫化物による侵食

煉瓦焼成用の窯炉において煙道および煙突の低温部に S 化合物の凝縮、または煉瓦との反応性生成物が認められ、ボイラー等に於ても、煙道ガス中の  $SO_2$  が水蒸気と硫酸を生成し、炉材を腐食することはすでに知られている。すなわち煙道ガス中に含まれる  $SO_2$  が低温部で凝縮し、



と反応する。

この反応は材質変化とともに膨張性生成物のため組織の崩壊をもたらし、特に連続型の窯炉の低温部で顕著であるといわれている。

この凝縮温度は約  $150^\circ C$  前後とされており、現場に

おいてはレキュペレーター最下段の排ガス温度は約  $400^\circ C$  位であるが、冷風により炉材自身は冷却されているため廃ガス中の  $SO_2$  が硫酸蒸気となり冷風入口付近で凝縮し、該部のチューブ中の  $Al_2O_3$  と反応して激しく侵食されるものと考えられる。

V. 結 言

1. No. 1 加熱炉レキュペレーターの漏洩率増加の原因はスポーリングによる亀裂発生と、廃ガス中の硫酸蒸気がチューブ内面に凝縮し、チューブ中のアルミナ分と結合し硫酸アルミニウムを生成し侵食が進むためと考えられる。

2. 対策としては次のことが考えられる。

- a) チューブの耐スポーリング性を確保すること
- b) 燃料中の S を極力少なくすること
- c) 下 2~3 段にメタルチューブを採用すること
- d) 低温部を少なくとも  $200^\circ C$  以上に上げること

文 献

- 1) Trans. Brit. Ceram. Soc., 152, (1953) p. 259.

621.1783.224.2.062

NO62090

(90) 均熱炉内のガスの流れに関する  
模型実験

中外炉工業

丸岡 芳樹・工博○奥村 俊邦

Model Experiment on Gas Flow  
in Soaking Pits.

Yoshiki MARUOKA  
and Dr. Toshikuni OKUMURA.

I. 結 言

均熱炉の設計において、炉内で燃焼ガスがどのように流れるかを、あらかじめ知っておくことは重要なことである。一般に、炉内のガスの流れの研究には、主として水模型実験が用いられている。模型実験を大別すると、平面模型によるものと、立体模型によるものとにわけることができるが、平面模型は、実際の状況を十分に再現し得ないという欠点を有している。

本実験では、アクリル樹脂製の上部一方だき均熱炉の立体模型を作り、均熱炉内のガスの流れの一般的な形状およびこれにおよぼすバーナの形状、炉ふたの形状、鋼塊のならば方などの影響を調べた。

II. 実 験 方 法

使用した模型の寸法は Fig. 1 に示したが、これは実物の約 1/20 の寸法である。

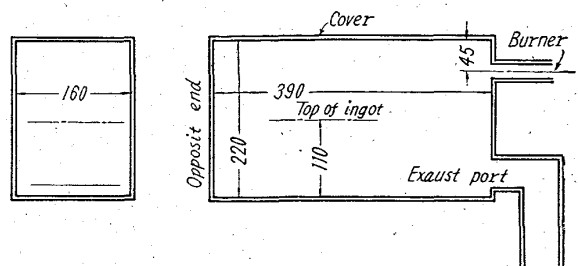


Fig. 1. Model of soaking pit.