

(46) 高炉シャフト下部炉壁モデルの加熱実験結果

(高炉シャフト下部ライニング熱応力損傷の研究, その1)

日本鋼管㈱技術研究所 ○小山保二郎 飯山 真人
内山 昭一 今別府政好

1. 緒 言

高炉シャフト下部炉壁の損傷には、熱応力が重要な役割りを果たすことが明らかとなったので、¹⁾、²⁾モデル炉壁の加熱実験によって、昇温中の応力分布およびれんがの損傷状態の調査を行った。

2. 実験方法

現行シャフト用炉材(目地・スタンプ材・シャモット質れんが)を用い、Fig.1に示すCガス焚実験炉に試験ライニングを設け、高温歪ゲージ・シーブ形CA熱電対・スタンプ層厚計・き裂検知回路¹⁾を120°間隔で同一円周上に3箇所装着した。またAEセンサを1箇所に取付けた。

昇温は、炉壁内面において5℃/minの速度で室温から500℃まで急熱した。歪計測は初回の昇温時に行い、また同様の急熱と室温までの徐冷を10回繰返した後、炉壁れんがの損傷状態を調査した。

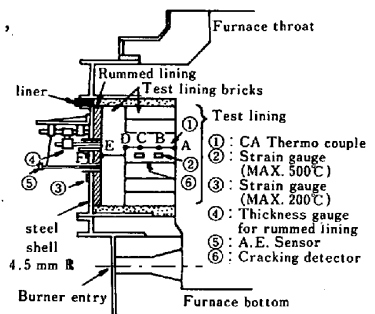


Fig. 1 Schematic representation of furnace wall model

3. 実験結果と考察

実測困難な、れんが内部の応力・歪はTable 1に示すように、実測値と解析結果とがほぼ一致することから、有限要素法による熱応力解析で求めた。解析にあたって、従来不確定要素であった目地・スタンプ層の弾性率は、応力・歪の実測値と解析値との一致する条件より推定し、さらに実際に則した方法で測定も行ない、上記推定値の妥当性を確認した。

Fig. 2は、炉体半径方向引張り応力が、炉壁内面温度280℃ではほぼ最大値に達した時の、れんが中央水平断面における応力分布を示す。これを同じ温度条件下の単体れんがの場合に比べると、加熱面近傍の周方向圧縮応力が大きく、また半径方向引張り応力はわずかに小さい。このことは、れんがの膨脹に対する鉄皮拘束の影響によるものと考えられる。なお、Fig. 3に示す膨脹特性を改善したれんがを用いて同様な実験を行い、発生応力は半減することが確められた(Table 1)。

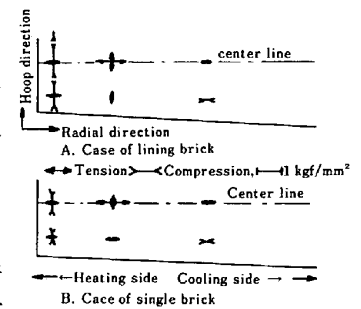


Fig. 2 Comparison of calculated stress distributions between a lining brick of furnace wall model and a single brick

上記最大引張り応力(1.2 kgf/mm²)は、れんがの破壊強度に等しいが、AE計測結果と弾性率低下によって内部き裂の発性が認められるのみで、表面に達するき裂は生じなかった。また単体れんがの実験²⁾では見られない小剝離が、加熱面の一部に生じていた。これは前記圧縮応力が集中したためと思われる。なお、加熱冷却の繰返しによって、目地開きの増大傾向が認められた。

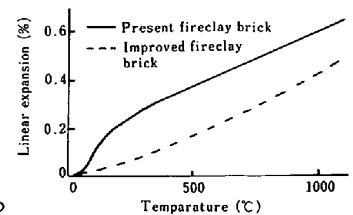


Fig. 3 Thermal expansion of fireclay bricks

4. 結 言

複合構造体としての炉壁モデルの加熱実験を行い、炉壁の損傷原因となる熱応力分布の近似解析を可能にした。この解析法は炉壁設計改良の検討手段として有効と思われる。

5. 参考文献

- 1) 小山ほか, 鉄と鋼, Vo1. 64, No. 9 (1978) P.66
- 2) 小山ほか, 鉄と鋼, Vo1. 65, No. 4 (1979) P.113

Table 1 Comparison of experimental and analytical results

Bricks for test lining	Present fireclay brick		Improved fireclay brick	
	Experiment	Analysis	Experiment	Analysis
Compression rate of rummled lining (%)	0.7	0.7	0.3	0.4
Hoop stress in steel shell (kgf/mm ²)	2.1	2.2	1.1	1.0
Radial strain in lining brick (μ)	-75	-69	—	—
Innersurface (Deg.C.) temperature of test lining	280	280	305	305