

(116)

熱光弾性による高炉炉底基部の熱応力解析

川崎製鉄 構造技術研究所の金子忠男、原道彦

千葉製鉄所 森本忠志

製鉄技術本部 山崎信

1. 緒言 高炉炉底レンガの損傷は(1)熱応力による機械的破壊、(2)熱による材質劣化および化学反応による各種変化に伴う機械的破壊、(3)溶銹やスラッグとの化学反応や摩擦に伴う溶損などの相乗作用と考えられる。本研究はこれらのうち最も基本となる(1)に着目して、炉底基部に発生する熱応力を光弾性手法を適用のうえ、(i)二次元平面応力モデル、(ii)三次元透視モデルおよび(iii)三次元凍結モデルの3種モデルから解析するものがあり、炉体寿命延命技術にかかわる基礎資料の収集を目的とするものである。ここでは、上記解析の第一報として(i)に関する研究概要とその結果について報告する。

2. 実験方法 (a)光弾性材料 本実験に用いた光弾性材料はアラルダイト(CT200)と硬化剤(HT901)とを重量比100:30で混合したエポキシ樹脂で以下のような諸特性を有する。

ヤング率 $E = 3.46 \times 10^3 \text{ kg/mm}^2$, ポアソン比 $\nu = 0.35$, 光弾性感度 $\alpha_p = 0.91 \text{ mm/kg}$, 線膨張係数 $\alpha = 5.7 \times 10^{-5}$, 熱伝導率 $\lambda = 0.22 \times 10^{-3} \text{ kcal/m}^\circ\text{C}$, 比熱 $f = 0.28 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$.

(b)供試体 解析対象断面はFIG. 1に示すように、高炉軸を含む平面内の炉底基部であり、供試体は仮想実炉の約100分の1縮尺を有する平板モデル(板厚5mm)である。モデルの種類はFIG. 2に示すものを採用し、レンガ積に對しては熱応力の基本解を得ることを目的とすることから図示のように簡略化した。

(c)熱負荷法 熱光弾性における熱負荷の方法としては冷却法と加熱法とがあるが、本研究では加熱法を採用し、炉内壁、炉床表面にニクロム箔(厚さ0.05mm、電気抵抗0.46Ω)を粘着テープにて接着のうえ、通電して溶銹に相当する熱源とした。

(d)力学的境界条件 実炉における境界条件はレンガがスタンプを介して鉄皮にて弾性拘束されている。本研究では鉄皮に相当し、かつモデル相似律を満足する材料が得にくいことおよび解析結果が熱応力に對して安全側の評価となることを考慮して、モデルを十分に厚い鋼板に設置のうえ、両者間に設けた間隙を石膏で埋めて固定し、周辺固定条件を再現できるよう工夫した。

3. 実験結果と考察 モデルの内外周に $\Delta T = 40^\circ\text{C}$ の温度差を与え、光弾性線強度と応力等値線とを計測のうえ、図式積分法を適用して発生熱応力を求めた。代表例としてFIG. 2(A)モデルの縮写真とPHOTO. 1に、また、応力分布をFIG. 3に示す。均一平板モデルの隅隅部には応力集中が認められる。これらの値は熱応力に對する相似則($\sigma_p = 3\sigma_m$)を用いて実応力に換算されるが、別途解析した本実験モデルのF.E.M解析結果とも良く合致し、本実験による手法を用いれば、高精度の解析が可能になることが判明した。

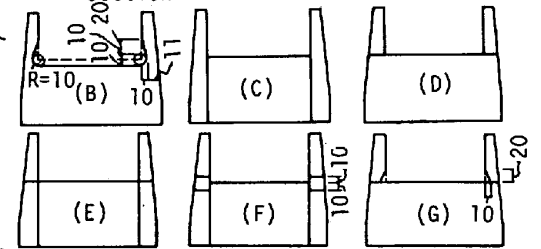
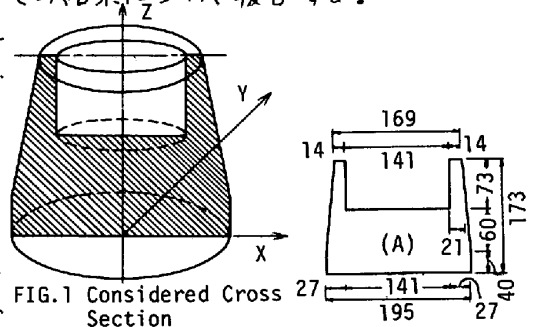


FIG. 2 Test Specimens



PHOTO. 1 Fringe Pattern Of The Specimen(A)

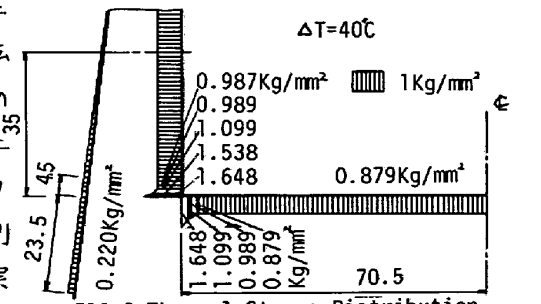


FIG. 3 Thermal Stress Distribution Of The Specimen(A)