

住友金属工業㈱ 中央技術研究所

森田喜保 時政勝行
高道 博

1. 緒言

高炉の短期改修に際して、鉄皮の再使用を検討する場合にはホットスポット発生部位の損傷度を把握することが重要な課題である。ここではホットスポット部に発生するき裂を熱疲労き裂と考え、鉄皮の歪履歴と高温熱疲労強度特性から鉄皮の損傷度を評価する方法を検討し、小倉2高炉の短期改修に適用した結果を報告する。

2. 鉄皮の歪履歴と高温熱疲労強度特性

(1) 鉄皮の歪履歴

ホットスポットを受ける鉄皮の歪履歴を、図1に示すモデルで弾塑性有限要素法を用いて解析した。

図2は、一例として解析の結果得られたホットスポット最高温度 T_{max} が $700^{\circ}C$ の時の相当応力と相当歪の関係を示す。これより最も大きな歪履歴を受けるのは開口縁で、歪は塑性歪範囲 $\Delta\epsilon_p$ とラチェット歪 δ_p に分離できることがわかる。鉄皮厚も同様に変化し、1回のホットスポットで Δt_p 厚くなる。

(2) 高温熱疲労強度特性

$\Delta\epsilon_p$ と δ_p が重畳する時の寿命 N_f は $1/N_p + \delta_p/D_p = 1/N_f$ の線形損傷則を用いて求めた。ここで N_p と $\Delta\epsilon_p$ に対する寿命を示し、クリープの影響を加味し室内実験で最も低い寿命を与える $\Delta\epsilon_{cp}-N_{cp}$ 特性より求めた。 D_p は引張破断延性(= $-\ln(1-\varphi)$)で問題となる高温域での最小の破断絞り φ を用いて算出した。

3. き裂発生寿命

T_{max} を変えて開口縁のき裂発生寿命 N_f を求めた結果を図3に示す。 N_f は T_{max} の増大とともに低下することがわかる。

4. 板厚増大率と損傷度 α (= N/N_f)の関係

T_{max} およびホットスポット回数 N を検知することにより鉄皮の寿命を推定することができるが、実炉でのこれらの検知は困難である。そこでホットスポットにより板厚が増大することに着目し、開口縁にき裂が生じた時の最大の板厚増大量 Δt と損傷度 α の関係を調べると図4に示すように Δt と α は T_{max} にあまり関係なく一定の関係があることがわかった。従って Δt を実測することにより鉄皮の損傷度が推定できる。

5. 実炉への適用結果

小倉2高炉への改修に際し、事前に Δt をUST*で測定し鉄皮損傷部の更新範囲の決定に活用し、満足すべき結果を得た。

* 超音波厚さ測定

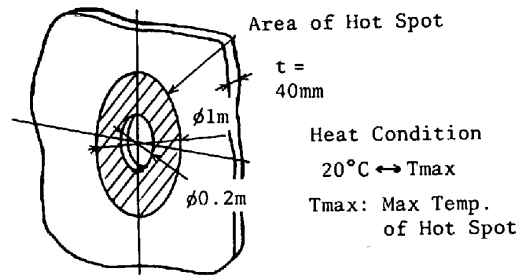


図1. ホットスポットの解析モデル

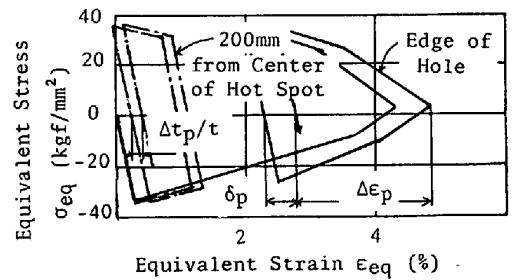


図2. 相当応力と相当歪の関係

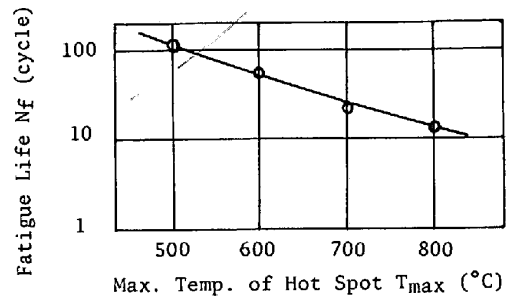


図3. ホットスポット温度と寿命

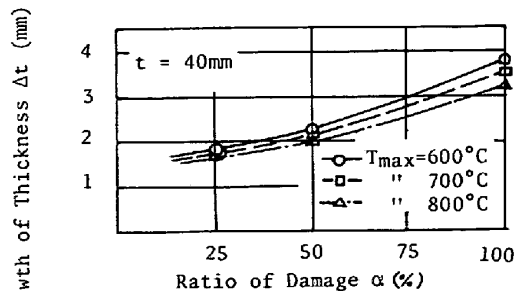


図4. 損傷度と板厚増大率