新技術・新製品

# 赤外線サーモグラフィ法による亀裂検知技術

# 西名慶晃<sup>\*</sup><sub>1</sub> 今西大輔<sup>\*</sup><sub>2</sub> 吉永陽一<sup>\*</sup><sub>3</sub> 横山康雄<sup>\*\*</sup><sub>4</sub> 前田 亘<sup>\*\*</sup><sub>5</sub>

## 1. はじめに

昨今の設備の生産性向上要求に対応するため,高稼働率・ 安定稼動が重要課題となっている.一方で,製鉄所の主要な 設備は,稼動後30~40年が経過しており,従来にも増し て,設備の劣化状態を効率的に診断して,適正時期に補修を 行う必要がある.そのため,設備安定稼働や,設備の安心・ 安全という観点から,効率的な設備劣化診断技術の確立が重 要な課題となっている.この問題に対応するため,JFEス チール(㈱では,高精度赤外線サーモグラフィ技術を活用した 設備診断技術開発に取組み,効率的な設備管理技術の確立を 図っている.

赤外線サーモグラフィは,非破壊評価の分野では,化学プ ラントや発電・送電設備の異常発熱検知による保守・管理技 術,建築構造物のタイル,モルタル等の外壁管理技術,建築 構造物のタイル,モルタル等の外壁仕上げ材の浮きやはく離 診断<sup>(1)</sup>,コンクリート吹付け法面のはく離診断などに大きな 実績をあげている.プラント・電力設備の保守においては, 不良部のみが異常発熱し,これが長時間持続するため,熱画 像中において不良部を容易に識別することが可能である.ま た,建築物の外壁仕上げ材のはく離診断では,一般的に金属 材料に比べて熱拡散性が低いモルタル,タイル等の建築用材 料の外壁に起こる昼夜の温度変化を検出している.はく離部 には,比較的大きな温度差が生じこれが長時間持続するた め,熱画像の取得,熱画像中のはく離部位の識別も比較的容 易である.このように,赤外線サーモグラフィ法による非破

\* JFE スチール株式会社スチール研究所機械研究部 1)主任研究員 2)研究員 3)部長

\*\* JFE スチール株式会社西日本製鉄所(倉敷地区) 設備部開発設計室:4)課長 5)室員 Detection Technology Using Infrared Thermography; Yoshiaki Nishina\*, Daisuke Imanishi\*, Youichi Yoshinaga\*, Yasuo Yokoyama\*\*, Wataru Maeda\*\*(\*JFE Steel Corporation, STEEL RESERCH LABOLATORY, \*\*JFE Steel Corporation, West Japan, STEEL WORKS) 2010年10月29日受理

壊検査は, 定常状態における熱画像計測において十分に検出 が可能である不良箇所、あるいは熱画像に大きな変化が現れ る材料・構造物中の比較的寸法の大きな欠陥の検出から始ま った. 1980年代後半には、赤外線アレイセンサを搭載した 赤外線サーモグラフィが開発され、赤外線サーモグラフィの 性能は大きく向上した.アレイセンサの長所を活かして,画 像内の各画素における計測値の同時性を維持しながら、ミリ 秒オーダの高速デジタル計測が可能となった. これにより, 従来の赤外線サーモグラフィでは計測できなかった非定常の 熱現象を精度良く計測できるようなった。温度分解能を示す NETD 値(ノイズ等価温度差)が0.02℃以下にまで向上し, さらに、各赤外線検出器間の赤外線信号の特性および出力値 のバラツキを補正する信号処理機能も進歩し、熱画像の質も 向上した.これにより、従来の赤外線サーモグラフィでは、 熱画像において識別できなかった温度変化が小さな領域も高 精度に識別できるようになった.本稿では,最新の高精度赤 外線サーモグラフィを活用した亀裂検知技術の製鉄所におけ る適用例について紹介する.

#### 2. 製鉄所における適用例

製鉄所における設備故障の原因のひとつとして,スピンド ル,ウォームホイール,テーブルローラといった回転駆動部 位の疲労損傷が挙げられる.これらの設備の亀裂検査は,磁



図1 亀裂検出原理.



図3 超音波加振時の熱画像.



粉探傷法や浸透探傷法で定期的に実施されているが,検査対 象面の研磨処理が必要であるため,設備の分解を伴う開放点 検となり,検査効率が悪い.分解が出来ないために,検査自 体が不可能な部位も多い.以上の背景から,高効率で非開放 検査が可能な新亀裂診断方法の確立が望まれている.以降, 高精度赤外線カメラを活用したテーブルローラネック部の非 開放亀裂診断に関する取組みを紹介する.従来法の課題であ る,研磨処理手入れを省略して非開放亀裂診断を実現すると いう観点から,超音波による加振加熱法の応用を試みた.測 定原理を図1に示す.測定対象物に超音波を入射させた時に 発生する亀裂部の摩擦発熱を,高精度赤外線カメラで検知す るものである<sup>(2)</sup>.

図2に示すように,段付部2箇所に亀裂が入っているテ ーブルローラを対象にオフライン実験を実施した.超音波加 振機(加振周波数:19.5 kHz)をローラ胴部に設置し,レー ザ変位計で超音波振動がテーブルローラに伝達されているこ とを確認した.また,段付部下側に入っている亀裂を測定す るために,赤外線を反射するアルミニウム反射板を用いて測 定した.超音波加振機と段付部の亀裂との距離は,亀裂A で 500 mm, 亀裂Bで 630 mm であった. 亀裂の大きさ は,長さ 70~80 mm,深さ 25~32 mm である.

図3に測定結果を示す. 亀裂部の摩擦発熱が白い点の画像 として捉えられており,テーブルローラのような重量物の機 械部品においても亀裂検知可能であることを検証した. さら に,検査対象面の汚れを拭き取る程度で,十分に検出能が得 られることを確認した. 期待通りの測定性能を確認できたこ とから,実機での測定を実施した. 加振加熱法を適用したオ ンライン測定状況を図4に示す. 従来は,磁粉探傷法でロー ルネック部の亀裂検査を実施していたが,測定対象面を研磨 処理するために,カバーを取外しての開放点検であったた



図4 オンライン測定状況.



め、検査効率が悪いという課題があった.実機においても、 超音波振動がテーブルローラに伝達されていることをレーザ 変位計の測定結果から確認した.一度の赤外線カメラ測定 で、ロールネック部外周の100度の測定が可能であり、ロー ルを3回転することで、全周測定が可能であった.カバー を取外して開放点検する場合と比較して、1箇所当たりの測 定時間を最大1/8に短縮することが可能となった.従来技 術と開発技術の検査フローの比較を図5に示す.

#### 3. 特許および実用化状況例

本開発の赤外線サーモグラフィによる亀裂検知は,これまでに,3件の特許が公開されている.超音波加振機のロール 胴部への簡易脱着機構,調芯機構の他,赤外線カメラで直視 できない測定部位への対応として,赤外線を反射するアルミ ニウム板を使用するなどの工夫を行っている.本開発の亀裂 検知技術は,当社の工場において実用化を開始しており,当 初の目表である検査効率向上に寄与している.従来法では測 定が困難であった部位の亀裂検査も可能となり,疲労破壊に よる設備トラブルの発生抑止に貢献している.更には,本技 術はテーブルローラの亀裂検知だけでなく,その他の鋼構造 物へ展開している.

# 4. 結 言

超音波による加振加熱法をテーブルローラネック部の亀裂 診断に応用することで,測定対象面の研磨処理を省略し,非 開放亀裂診断を実現し,検査時間を大幅に短縮化することが 可能となった.本技術により,これまでの設備保守点検の世 界を変革することができた.

### 文 献

- (1) 阪上隆英:非破壊検査, 51(2002), 321-327.
- (2)川嶋紘一郎他:日本機械学会材料力学部門講演会講演論文, (2004),93-94.
- (3)特開2010-197377,特開2010-197366,特開2010-175248.