

FLUKE®

サーモグラフィの用途 アプリケーション事例集

株式会社 フルーク

目次

ローラー、チェーン、ベルト・コンベアー	1
産業機械用ギアボックス	3
蒸気装置の点検	5
電氣的接続部分の緩みや腐食	7
加熱炉及びボイラー	9
電氣的不平衡と過負荷の検知	11
建物のエンベロープ内の水分	13
ベアリングの点検	15
モーター制御センター	17
製紙工場のモーターのモニター	19

ローラー、チェーン、 ベルト・コンベアー

アプリケーション・ノート

サーモグラフィーは、ベルト・コンベアーのようなゆっくりと作動する機械装置のモニターに大変役立ちます。過熱の存在は、電気式或いは機械式コンベアーの各部、つまりモーターやギアボックス、或いは駆動装置からベアリング、シャフト、ベルトに至るものに潜む故障の前兆です。

コンベアーは生産性にとって重要なもので、配送センターにある軽量の荷物をころがすローラー・コンベアーから、自動車組立ラインで自動車を吊るしたり、引っ張ったりする運搬用チェーン・コンベアーや、鉄鋼を運ぶ重量級のベルト・コンベアー等があります。コンベアーの故障によって起こる生産ラインの停止を防ぐために、先進的な企業では予知監視手法を用いて設備を管理しています。この目的は、近い将来起こるかもしれない故障が生じる前に検知し、工場の生産ライン定期停止期間中に、適切な処置を行うためです。この予知監視手法のひとつがサーモグ

ラフィーであり、また熱画像診断です。サーモグラフィーは、コンベアーの各部の表面温度を2次元画像として捕捉してくれますし、また、コンベアーをモニターするために非常に優れたツールでもあります。

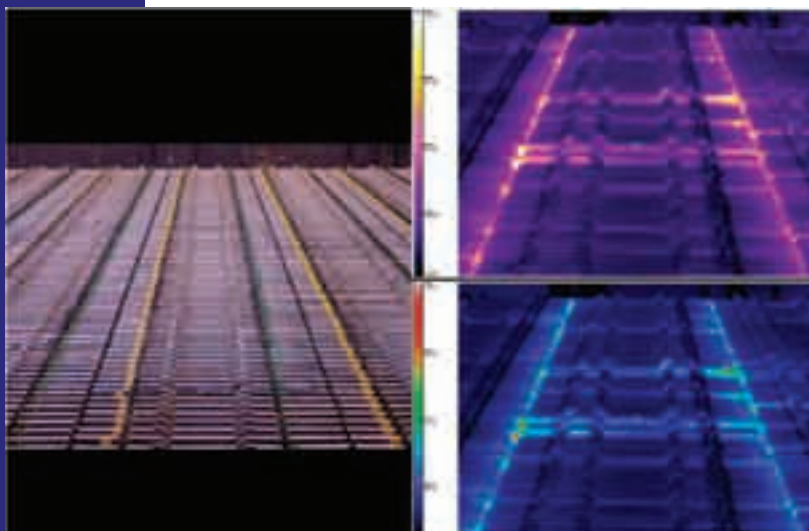
何を点検すれば良いでしょうか

コンベアーが稼働中に故障して、人体に危険を及ぼしたり、設備を破壊したり、或いは生産を妨げたりする恐れのあるような重要な箇所はモニターしましょう。サーモグラフィーを用いて、電気モーターやギアボックス等のコン

ベアーの駆動部をスキャンしてみてください。行い方については、Flukeから紹介している他のアプリケーション・ノートを参照してください。また各コンベアー稼働中に、各々のコンベアー・チェーンもチェックしましょう。電動ローラー・コンベアーのローラーのベアリング、アイドルや駆動部のベアリング、プーリーのベアリングなど、重要と思われる箇所も同様に全て点検しましょう。ベルト自体も点検することを忘れないで下さい。

何を探すべきでしょうか

通常、加熱している箇所を探します。その際、同じような状況下で作動しているもの、例えば、同程度のスピード、或いは同じような負荷を運んでいるものと比較して、その温度差に着眼してください。コンベアーのローラーの端側のベアリングだけが、或いは滑車が、或いはコンベアーの一部隣接したローラーだけが、他とは異なる温度で作動していたら、より熱を帯びている箇所が故障する傾向にあると言えるかもしれません。



コンベアーの部品、例えば駆動装置等をモニターする上で、熱画像診断は、オイル分析や振動分析或いは超音波測定などの他の診断技術を補完するものです。また、床下に装置された牽引用チェーンや高架チェーン・コンベアー（手動のコンベアーも含む）などは、サーモグラフィーを使用すると離れた場所から簡単に効果的にモニターすることが出来ます。ローラーの回転部分や曲がっていく所も、チェーンと同様に点検しましょう。チェーンやローラーの過熱箇所があると言う事は、潤滑に問題があるか、或いは磨耗の可能性があります。

熱画像診断は、コンベアーが高所に設置されたもの、或いは床付近に設置されたもの、いずれでも、電動ローラー・コンベアー、ローラー・ベッド・ベルト・コンベアー、アイドラー付バルク・ベルト・コンベアーなどのモニターに理想的です。このようなコンベアーは、よくありがちなことですが、ベアリングが小さ過ぎたり、数が多過ぎたり、近づきにくかったり、もしくはこの3つの事を全て抱えている場合もあり、他の方法では熱画像診断に勝るものはありません。

ベルト・コンベアーでは、ベルトがコンベアーのフレームや、他の部分にこすっているかどうかを点検しましょう。ベルトの摩擦は、ベルトの調整不良から生じているかもしれません。或いは、その他のコンベアー部品の故障も考え

られます。摩擦熱の発生している箇所を肉眼で見つけることが出来なければ、サーモグラフィーを使用し、検知するのが最良の方法です。摩擦は高価なコンベアー・ベルトの寿命を短くしてしまいます。

定期点検機器の中に重要なコンベアーを全て含め、各々のコンベアーの熱画像及び温度データをコンピューターに残していくことをお勧めします。一度これを行っておくとこれからの定期点検で得られる温度データと比較するベースとなり、以後の検査で得られるデータと比べ、温度が高い部分が異常であるかどうか判断するのに役立ちます。又、修理を行った後、上手く修理が行われたかどうか判断するのにも役立ちます。

危険信号とは

機器の状態が人体の安全に影響するような場合は、最優先で修理をしましょう。重要な製造ラインにある装置・機器といった資産の故障も緊急を要します。安全・保全業務の主要メンバーで、このような資産に対し“警告レベル”や“警報レベル”を定量化して対応することも考慮してみてください。

故障によって発生する潜在的コスト

コンベアーは、多くの工業分野で生

産性の鍵となるものです。コンベアーが故障した時に、企業が被る損失について一般論で語るのは困難ですが、例えば1日に約8000箱の書籍を24時間稼動で取り扱っている配送センターを考えてみましょう。平均的な本の受注金額が¥5000だとすると、コンベアーの故障により生じる生産の遅れで、1時間当たり150万円以上の損失になるといえます。

もう一つの例として、2003年の米国のエネルギー省のデータを基に計算してみると、500人の従業員が働いている炭鉱で、バルク・コンベアーが故障し、生産ラインが停止すると、1時間当たり600万円の損失が出ると言われています。

フォローアップ活動

サーモグラフィーを使用して問題を発見したら、フルークのサーモグラフィーに付属しているソフトウェアを使い、発見した問題箇所を含めて実画像と熱画像を含んだレポートを作成されることをお勧めします。発見された問題の伝達、また修理の必要性を伝えるのに大変効果的です。

致命的な故障が生じそうな場合は、その機器や装置の使用をやめるか、早急に修理をしましょう。

画像化のヒント

モニターすることが難しい機器や装置においては、振動分析と熱画像を組み合わせる使用するのが最良の方法かもしれません。例えばコンベアーのベアリングについて、正常運転時の振動の測定をし、同時に熱画像を取り込んでおきましょう。振動分析で正常と判断した時の熱画像データを基に、正常運転時の温度範囲を規定しておけば、以後その温度を超えて作動しているものは劣化が始まっていると言えるでしょう。

産業機械用ギアボックス

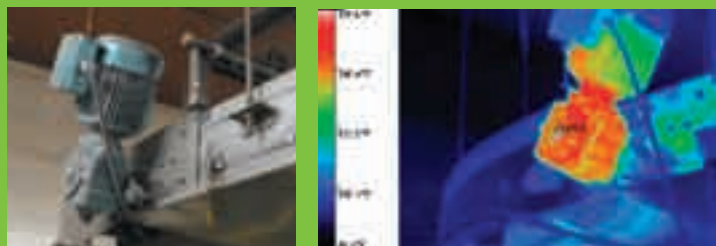
アプリケーション・ノート

多くの産業機械には、電気モーターの標準速度を変更 / 変化させるギアボックスが使用されています。ギアボックスには、ギアを滑らかに動かす内部のオイルが不可欠です。中のオイルの量が少量になりすぎる、又は潤滑力が低下すると、ギアボックスは過熱し、不具合を起こしてしまいます。このようなギアボックスの予防保守にもサーモグラフィーは大変役立ちます。



ギアボックスの予防保守といえば、オイルの量の定期的なチェックと補充が従来行われてきました。保守部門によっては、オイルのサンプル採取と分析を行い、ギアボックスの保守に予知保全的要素を付け加えている例もあります。オイル分析は一般的に外部の検査機関が行うもので、オイル分析を行うと、ギアボックスに入っているオイルの潤滑力の低下が分かるとともに、オイルに入っている金属粒子（不具合の可能性の予兆となるギアの磨耗を示す決定的証拠）を見つけることができます。

こうしたギアボックスの保守測定は時間がかかり経済的負担も大きいうえに、設備を停止しなければなりません。又、ギアボックスは、近づくことができない場所や安全ではない場所にある場合が多く、オイル量のチェックやオイルのサンプル採取は容易ではありません。そのため、多くの場合予知保全（PDM）計画でサーモグラフィーも併用して、同じ環境下で同様の作業を行っているギアボックスでより高い温度で作動しているギアボックスを見つけ出します。



このベルトコンベアーのモーターのギアボックスは、温度が異常に上がっています。ヒントは中央部の白く映っているシャフトにあります。

何をチェックするのか？

保守担当のキーパーソンが、重要であると判断した工場内設備全てのギアボックスの表面温度をサーモグラフィーで調べましょう。つまり、不具合を起こすと人体や資産、製品に害を与える可能性がある設備全てのギアボックスを調べてください。各設備の負荷を把握し、各ギアボックスは、機械の通常負荷の40%以上で稼働している状態でチェックしてください。こうすることで、測定値を通常の稼働状態と比較し、正しく評価することができます。同じエリアで同様の機能を果たしているギアボックスの画像を撮影し、比較するとより正しい評価をすることができます。

何を探すのか？

サーモグラフィーは非接触型の非破壊技術ですので、危険な場所にあり、近づくことができないギアボックスでも稼働させたまま調べることができます。通常よりも高い温度で作動している重要な全てのギアボックスのデジタル画像と熱画像を撮影してください。熱画像を撮影すると、ギアボックスのケースから高温のオイルが垂れている状態も発見することができます。

駆動部に余分な熱が発生するのは摩擦が原因ですが、潤滑油が充分でないという事が考えられます。又、その他にもベアリングの不具合、ズレ、アンバランス、あるいは劣化による磨耗による摩擦が原因かもしれません。サーモグラフィーは、機械の重要な駆動部の状況を分析するのに大変役立ちます。

サーモグラフィーをお使い頂くと、重要なギアボックスの温度を一定期間モニターし、不具合を予防するために必要な保守時期のトレンドをみることができます。ギアボックスを点検するための定期点検ルートを決めると良いでしょう。サーモグラフィーに標準で付属しているソフトウェアを用いてそれぞれの熱画像をコンピュータにダウンロードし、一定期間、測定画像を調べましょう。後に撮影する画像と比較するための基準画像ができます。この基準画像があれば過熱が異常な現象かどうか、又、修理が正しく行われたかどうかを判断できるようになります。

危険信号とは

機器の状態が人体の安全に影響するような場合は、最優先で修理をしましょう。重要な製造ラインにある装置機器といった資産の故障も緊急を要します。安全・保全業務の主要メンバーで、このような資産に対し“警告レベル”や“警報レベル”を定量化して対応することも考慮してみてください。

故障によって発生する潜在的コスト

工場内にある機械の駆動部のギアボックスの不具合について、修理費、生産損失の可能性、人件費の損失を分析することができます。

ある自動車工場で、自動車をアセンブリに流す装置の一つが不具合を起こし、ライン全体が止まった場合に発生する費用を考えてみましょう。工場の中にはバックアップ用のドライブが

用意されていますが、過去に起きた例では、保守担当者が手動でバックアップに切り替えるのに45分から1時間かかりました。1分当たりの損失を35万円とすると、ギアボックスひとつの不具合で、修理費や交換費用以外に、1500万円以上かかるということです。

フォローアップ活動

ギアボックスの過熱を発見した場合、熱画像が異常な作動温度の原因を探るヒントを与えてくれるかもしれません。例えばオイル・ポンプに不具合が生じている場合、入口と出口の温度が同じになります。どのような過熱が疑われる場合でもオイルの量や質、オイルの中に金属粒子が混じっていないかを確認する、又は音響試験や振動分析を組み合わせてみるとよいでしょう。

サーモグラフィーで問題を発見したら、必ず関連のソフトウェアを使って設備の熱画像とデジタル画像(実画像)を報告書に入れましょう。不具合の伝達、修理の必要性の報告に役立ちます。

画像撮影のヒント：

Flukeの携帯型サーモグラフィーを中に持ったままの状態ですぐ汚れた場所や水分のある場所に入る場合には、透明でも不透明でもかまいませんので、装置に薄いビニールの袋をかぶせてください。温度の比較を行うのではなく温度を測定したい場合には、先ず、袋をかぶせた場合とかぶせない場合の基準値をチェックして、袋が読み値に与える正確な影響を明らかにしてください。

蒸気装置の点検

アプリケーション・ノート

米国エネルギー省 (DOE) によれば、米国内メーカーが使用している燃料全体の 45% 以上が蒸気発生用に使われているということです。又、「蒸気は原材料の加温及び半完成品の処理に使われます。装置の動力源や熱源、発電源にもなります。しかし、蒸気は無料ではありません。蒸気を発生するボイラーの給水に年間約 180 億ドル (1997 年) かかっている」といわれています。



一般的に、水から蒸気を発生させるためには大量の潜熱が必要であり、エネルギーを手頃なコストで送る加圧配管系に入れることができる蒸気は、熱エネルギーを伝える大変効率的な方法とすることができます。蒸気は利用されるポイントまで到達し、潜熱を環境や工程に渡すと凝結して水になりますが、その水をボイラーに戻して再度蒸気に変換しなければなりません。

蒸気装置をモニターし、機能状態を判断するには様々な状況モニター技術が役に立ちます。例えば赤外線 (IR) サーモグラフィーの場合、サーモグラフィーを使用して装置や構造物の表面温度の二次元画像を捕えます。蒸気装置の熱画像を撮影すると、装置のコンポーネントの相対温度が明確に視認でき、蒸気装置のコンポーネントがどの

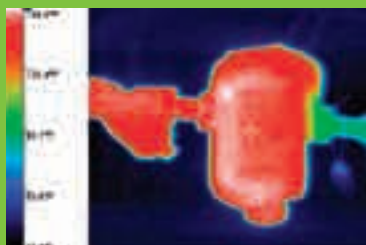
程度効果的かつ効率的に作動しているかが分かります。

何をチェックするのか？

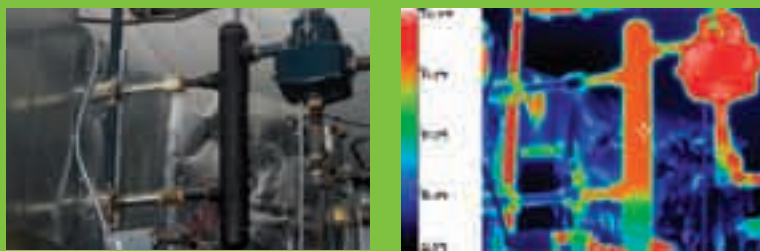
超音波点検と熱点検を組み合わせると、蒸気装置のトラブル検出率が大幅に向上します。地下管も含め、蒸気トラップと蒸気を送る配管は全てチェックしましょう。又、熱交換器、ボイラー、そして蒸気を使用している設備も調べましょう。サーモグラフィーを使って蒸気装置の隅々まで調べてください。

何を探すのか？

蒸気トラップとは、装置から結露や空気を取り除くためのバルブです。点検時には、熱画像と超音波の両方を用いて、「蒸気トラップは開いた状態で不具合を起こしたのか」それとも「閉じた状態で不具合を起こしたのか」を明確にしてください。一般的に、入口の蒸気の温度が高く出口の温度が低いこと (100°C未満) が熱画像から分かったら、トラップは正常に機能しているということです。入口の温度が装置の温度よりもずっと低かったら、蒸気はトラップまで届いていません。バルブが閉まっている、パイプが詰まっているなど、上流でトラブルはないか探し



この例のように正しく操作すれば、蒸気トラップの熱画像にはっきりとした温度差が見られます。



この画像は、蒸気がHVAC（換気空調設備）のダクトに入っていく様子を表しています。チューブの縦管の下部に結露が見られます。

てください。入口と出口の温度が同じだったら、おそらくトラップが不具合を起こして開き、「噴出蒸気」が復水管に流れ込んでいます。このような状況になっても装置は作動し続けていますが、大量のエネルギーが無駄になっています。入口と出口の温度が低いのはトラップが不具合を起こして閉まり、凝縮した蒸気がトラップと導入管に溜まっている状態であることを示しています。

蒸気装置を作動させたままでも、バルブが閉じているかどうかを含め、**蒸気を送る管が詰まっていないか**、地下の蒸気配管が漏れていないか、**熱交換器が詰まっていないか**、**ボイラー**（特に耐火物や断熱材）、**蒸気を使用している設備に異常はないか**、**最近行った修理が上手くいったかどうか**等をサーモグラフィーを使って調べることができます。

工場にある重要な蒸気装置のコンポーネント全てを点検する定期点検ルートを決めて、少なくとも年に1回全てのトラップを点検することを検討しましょう。大型又は重要度の高いトラップは、他よりも頻繁に点検する必要があります。定期的に点検しておくこと高温部分又は他に比べて低温の部分

常なのかどうかを判断する基準ができ、修理が上手く行われたかどうかを後日確認することができます。

危険信号とは

蒸気は大変高温ですし、高圧で流されることが多いため、安全性に問題が生じるような状況があればその修理を最優先する必要があります。

故障によって発生する潜在的コスト

蒸気装置が完全に使用できなくなった場合の運営コストは業界によって異なります。蒸気を多く使用する業界には、化学薬品、食品・飲料加工、製薬業界などがあります。こうした業界の1時間あたりのダウンタイムの費用は74万円から1億に昇ります*。

別な角度から見ると、100-psig (psi gauge:ゲージ圧) の蒸気装置のトラップが不具合を起こして開いたとすると、年間30万円が無駄になります。工場で3年から5年蒸気トラップの保守が行われていない場合、15%から30%のトラップは不具合を起こしていると考えてください。つまり、100-psigの装

置にトラップが60個あるとすると、「蒸気の流出」による無駄は年間180万から400万円になる可能性があるということです。

確認措置

米国エネルギー省 (DOE) の蒸気トラップ性能評価プログラムは、蒸気トラップを点検する主要テクニックとして「目視、音、温度」検査を推奨しています。同省のデータによれば、赤外線を使って年に1回蒸気トラップと関連設備の基礎点検を実施すれば、蒸気は無駄が50%から75%減る可能性があるということです。

蒸気装置管理プログラムの賢明な取り組み方とは、安全、蒸気/エネルギーの無駄、生産性に対して考えられる影響や品質低下を基準として修理の優先順位を決めるということです。サーモグラフィーを用いて問題を発見したら、ソフトウェアを利用して必ず設備の熱画像やデジタル画像を報告書に入れて記録しましょう。発見した問題を伝え修理を提案する決め手となります。

*資料：Association of Contingency Planners (ACP) ワシントン州支部

報告書作成のヒント

報告書には、点検時に確認するためのコメントを記入する余白を設けましょう。「サーモグラフィーを用いて確認」と記載した空欄を残したり、実際の日付を記入したりする程度の簡単なもので構いません。修理が行われたら直ちに、確認のための点検を行いましょう。月の最後の金曜を熱画像撮影日と決めている企業もあります。修理がきちんと行われたことを確認できるだけでなく、修理担当者との友好関係を築くこともできます。又、実際に何が悪かったのか原因が判明するとともに破損した部品も発見できるでしょう。この手法は長期に渡り熱画像を診断するのに役立ちます。

電気的接続部分の 緩みや腐食

アプリケーション・ノート

電気系統の熱画像は電気系統設備の作動状況の判断材料になります。40年以上前の上前のサーモグラフィーが初めて市場に投入された頃は、熱画像の主な用途は電気系統の点検が中心でした。



サーモグラフィーは電気系統のモニターに最適です。その理由は、真新しい電気部品でも、設置された瞬間から劣化が始まるからです。回路への負荷がどのようなものであっても、振動、経年が原因で電気の接続部分に緩みや生じます。又、環境により腐食が早く進む場合もあります。電気的接続部分は全て、時間の経過とともに故障へと近づいているのです。不具合を起こしかけている接続部分を発見・修理できないまま放置すると、いずれ不具合を発生してしまいます。接続部分が緩んだり腐食した場合は、その部分の抵抗が大きくなり温度が上昇するため、不具合を起こしかけている部分を事前に熱画像で検知することができます。

不具合を起こしかけている接続部分を事前に発見し、修理できると、火災を防止できるとともに、製造や営業、施設の運営にとって重大な運転/営業停止を避けることができます。基幹装置が故障すると必然的にコストがかさみ、人員や資産・材料を移動しなければならず、生産性が下がり、会社の取

益性に損失を与え、従業員や取引先、依頼主の安全にも影響するため、このような事前対策を忘れてはなりません。

熱画像を用いてパネル内にある電気系統の接続部分の温度を比較し緩みや締めすぎ、腐食のトラブルシューティングを行うことを中心に説明しましょう。

何をチェックするのか？

蓋を外し、最大負荷の少なくとも40%の状態パネルを調べましょう。通常の作動状態を基準とし、適切に測定値を評価できるような状態で、負荷を測定します。(注:電気パネルの蓋は、必ず許可を受けた有資格者が個人用保護具(PPE)を用いた上で外してください。)

同程度の負荷がかかっている同様の接続部分よりも温度の高い接続部分全ての熱画像を撮影してください。



このエバポレーター・ポンプは、C相の接続部分の温度が50°高くなっていることが分かります。

何を探すのか？

原則として、温度が他よりも高い接続部分を探してください。接続部分の温度が高いということは、おそらく緩んでいるか、締めすぎているか、腐食が原因で抵抗が大きくなっていると考えられます。接続部分の高温スポットは、(必ずしもそうとは限りませんが)抵抗が大きいところの温度が最も高く、そこから離れるほど温度が下がるのが一般的です。

先に述べたように過熱した接続部分は、さらに緩んだり腐食が進んだりすると、故障する可能性があるため修理しなければなりません。

主な電気パネル及びその他の大きい負荷がかかる接続部分全て(駆動部、ディスコネクト、制御装置など)を点検する定期点検ルートを決めるのが最良の方法です。サーモグラフィーに標準装備されているソフトウェアを使って各熱画像をコンピュータに保存し、一定期間の測定値を確認してみましょう。こうすることで比較する為の基準となる画像ができ、あるスポットの温度が高いのは異常なことなのかどうか

を判断する参考になるとともに、修理が上手く行われたかどうかを確認することもできます。

危険信号とは

修理は、安全を脅かす設備の状態を最優先に行う必要があります。NETA (InterNational Electrical Testing Association) が出している指針では、同様の負荷をかけられた同様の電気部品同士の温度差(ΔT)が 15°C を超える場合には直ちに修理をするべきだとされています。又、NETAは、電気部品と周囲の気温の ΔT が 40°C を超える場合にも即刻修理をしなければならないとしています。

故障によって発生する潜在的コスト

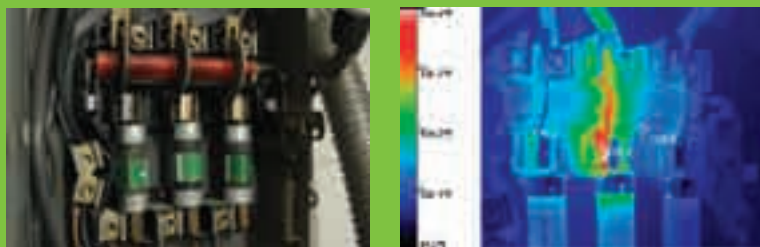
電氣的接続部分の緩みや腐食をそのまま放置すると、¥500のヒューズが飛んだだけで、生産工程全体が止まる場合もあります。こうした事態が生じると、電源を切り、倉庫に予備のヒューズを取りに行き、ヒューズ交換を行うのに少なくとも30分はかかるでしょう。

業界や工程によって生産の損失コストは異なりますが、多くの場合、30分の生産損失は莫大になる可能性があります。例えば、鋼鋳物業界の場合、稼働停止による生産の損失のコストは1分あたり10万円が相場です。

フォローアップ活動

過熱した接続部分は、分解、清掃、修理を行った後に元通りに組み立て直します。その後も異常が続くようであれば、修理ミスという可能性もありますが、むしろ、問題は接続部ではなかった可能性が考えられます。マルチメーター、クランプメーター、あるいは電力品質アナライザーを用いて、過負荷や不平衡など、考えられる他の過熱原因を調べてください。

サーモグラフィーで問題を発見したら、ソフトウェアを用いて必ず設備の熱画像と実画像(デジタル画像)を入れた報告書に記録してください。この報告書が、発見した問題と修理案を伝える決め手になります。



温度の測定値は、「この主照明ディスコネクトはA相とB相両方の接続部分の温度が高く負荷が不平衡かもしれないこと」を示しています

画像撮影のヒント：

電氣的接続部分と接触部分に使われている金物類は光沢がある場合が多く、近くにある他の物体からの赤外線エネルギーを反射し、温度測定や画像撮影の障害になる場合があります。又、設備が汚れすぎても正確に測定できない可能性があります。より正確に測定するには、設備の電源を切って、測定対象部分に暗色の反射の少ないものを塗ってから測定しましょう。黒い紙やプラスチックテープなど、燃えやすい材料は使わないように気をつけてください。

加熱炉及びボイラー

アプリケーション・ノート

加熱炉とボイラーは、商業ビルや施設ビルの暖房だけでなく、様々な産業分野で重要な役割を果たしています。石油、化学薬品、製薬業界では製品の加熱、ガラスや鉄鋼、その他の業界では溶融物の生産や処

理に使われています。加熱炉及びボイラーは、作動温度が高く、不具合が死傷事故につながるほどの熱容量ですので、予知保全 (PDM) の対象として、作動している状態でモニターする事が大切です。



予知保全の目的は、不具合の予兆を事前に察知して設備や装置の停止を未然に防ぐことにあります。加熱炉とボイラーの状態をモニターする有用な方法が、対象物の温度を2次元で捕える熱画像撮影です。熱画像は、加熱炉とボイラーで不具合が発生していると考えられるポイントを明らかにし、耐火断熱材を長持ちさせることができます。

以下、サーモグラフィーを用いて行う加熱炉とボイラー、特に加熱炉やボイラーの外壁のすぐ内側にある耐火断熱材、又は溶融物の処理や運搬を行う容器の内側の断熱剤のトラブルシュートを中心に説明します。

とボイラーの管をチェックして見つけ出します。熱湯、熱い蒸気や製品の入っている管の管壁が破損すると大惨事になることは明白ですが、このようなモニターにサーモグラフィーを用いる場合には、その作業は容易ではなく、担当者自身も画像装置も危険にさらされる場合があるということを忘れてはいけません。又、加熱炉やボイラーの中といった過酷な環境で信頼できる結果を出すには、膨大な知識と訓練、経験が必要です。

ところが、表面が光っていない限り、加熱炉とボイラーの熱を外から点検するのはどちらかといえば安全かつ簡単で、装置の状態を判断することができます。

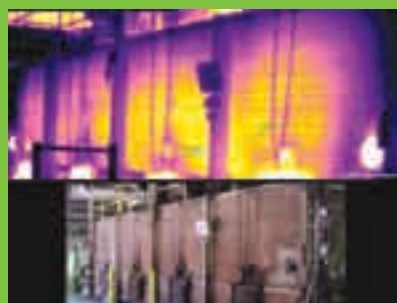
何をチェックするのか？

サーモグラフィーを使用し、不具合が生じると人体の安全、資産、生産性、又は製品そのものが損なわれる可能性があるものを最優先して、重要な加熱炉やプロセス・ヒーター、ボイラーをチェックしてください。

優れた熱画像撮影技能を持つ専門家は、隠れた不具合の前兆であることを示す温度の高いスポットを、加熱炉

何を探すのか？

人体や設備を守るため、加熱炉、ボイラー、プロセス・ヒーター、その他の発熱体には、外壁の裏側に断熱材や耐火材が施されています。サーモグラフィーを用いると、壁の高温スポットを発見することができ高温スポットから、耐火材の効果が薄い部分に分かります。目的は、耐火材の耐用年数を



耐火断熱材の破損を示す異常な高温スポットがないかチェックします。

最大限延ばし、壁が焼け落ちて火災や負傷、それ以上の惨事になる前に修理の予定を立てることにあります。断熱材や耐火材の効果が落ちると、運営コストが上がり、熱の無駄による工程効率の低下を招くエネルギーの無駄という二次的な問題も生じます。

加熱炉とボイラーの点検の場合、主要な加熱炉、ボイラー、プロセス・ヒーター、その他の発熱設備全てを対象とする定期点検ルートを決めることが大切です。点検の頻度は、設備の状況や機能を基準として決めるのが良いでしょう。例えば、過酷な状況で作動している設備の点検は四半期に1回、それほど過酷ではない状況で作動している設備の点検は1年に1回という具合です。

危険信号とは

機器の状態が人体の安全に影響するような場合は最優先で修理をしましょう。ガラスや鉄鋼といった熔融材料の加熱炉やレードルの潜在的な不具合は最も危険な状態の一つです。このような設備をモニターするには、次の2つの目的があります。1) 本体の耐火材を最大限長持ちさせること。2) 不具合により高温の熔融材料が施設内に流れないようにすること。

故障によって発生する潜在的コスト

ガラスや鉄鋼業界で壊滅的不具合が生じると、たとえ死傷事故には至らなくても、数億円相当の生産がストップすることになります。ガラスは冷めてしまったらもう二度と加熱することはできません。又、一度熔融して固まった鉄や鉄鋼をどうやって元に戻せるのでしょうか？

ボイラー、加熱炉、プロセス・ヒーターが生産の鍵を握っている業界のダウンタイム1時間あたりの代表的コストをいくつか見てみましょう。製薬業界100万円、食品・飲料業界80万円、化学薬品業界70万円、金属業界55万円です。ここに挙げた数字は一般的なダウンタイムについて出されているものです。

フォローアップ活動

サーモグラフィで問題を発見したら、関連のソフトウェアを用いて設備の熱画像と実画像を報告書に添付してください。発見した問題及び修理の必要性を報告するのに役立ちます。

致命的な故障が考えられる場合は、その装置の使用を止めるか、修理しなければなりません。鉄鋼業界では、この2つの方法をいずれも採用しています。熔融物のレードルの場合、鉄工所には十分な数の取鍋があり、壊れた場

合は修理するために外し、問題のない別の取鍋に取り替えます。しかし、鉄鋼業界のある種の加熱炉やヒーターの耐火材は、稼働させたまま、(熱画像で特定した)耐火材の弱った部分や破損した部分にグラウト材を注入して修理することができます。

いずれの場合も、修理を行った後、熱画像をもとに上手く修理が行われたかどうか判断するとともに、使用した修理材料を評価することができます。この情報があれば、加熱炉とボイラーの耐火材の予知保全計画を改善していくことができます。

画像撮影のヒント：

耐火材の総合的な比較分析や定性分析を行うと大きな費用便益が実現する可能性があります。新しい取鍋やライニングをやり直した耐火壁を赤外線ですべて詳しく調べ、ライニングをやり直す直前の同じような取鍋や加熱炉の壁を同じように赤外線ですべて調べた結果と比較すると性能のベンチマークを決める材料になります。これらのベンチマークは、将来、新しい装置の合格基準を決める基準にできるとともに、次にいつライニングが必要かを判断する目安にすることもできます。

電氣的不平衡と過負荷の検知

アプリケーション・ノート

熱画像は、三相電気設備の表面温度の温度差を正常な作動状況と比較して、明らかにする簡単な方法です。三相全ての温度差を調べると、不平衡または過負荷が原因で各相に生じた異常なかを、短時間で見極めることができます。

電氣的不平衡は、送電のトラブル、相の電圧低下、モーター巻線内の絶縁抵抗の低下等様々な原因により生じます。

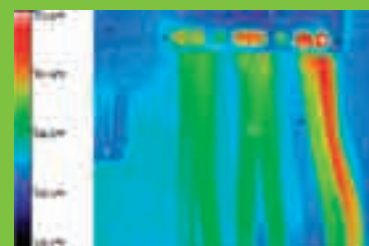
少しでも電圧不平衡が存在すると接続部の劣化を招き、流れる電圧が下がる可能性があるとともに、モーターやその他の負荷がかかった部分に過剰な電流が流れ、トルクが下がり（それに伴い機械にストレスもかかる）、故障しやすくなります。不平衡が大きくなると、ヒューズが飛び、作動が単相に縮小される可能性もあります。又、不平衡電流はニュートラルに戻り、ピーク時の電力消費量に対する電気料を施設に対して電力会社から請求されてしまいます。

現実問題として、三相全体の電圧を完全に平衡にすることは事実上不可能です。電気製造者協会（NEMA）は、不平衡を次のような割合（%）として定義しています。不平衡（%）= [(100) (平均電圧からの最大偏差)] ÷ 平均電圧。オペレーターが不平衡の許容レベルを判断できるように、NEMAは複数の装置についてスペックを作成しています。このスペックに記載されている基準値は、保守やトラブルシュートの際に比較基準として参考になります。

何をチェックするのか？

電気パネル、その他の駆動部、断路器、制御装置など、大きい負荷がかかる接続ポイント全ての熱画像を撮ります。温度が高い部分を見つけたら、その回路をたどり、関連する支線や負荷を調べます。

パネルなどの接続部は蓋を外してチェックしてください。電気機器は十分に温まり、少なくとも通常の40%の負荷がかかった安定した状態でチェックするのが理想的です。このような条件下で測定した熱画像は正しく評価することができます。正常な作動状況と比較することができます。



このエバポレーター（蒸発器）のポンプの接続部は、右の相で50°以上温度が上がっています。

注意：

電気パネルの蓋は、必ず許可を受けた有資格者が個人用保護具（PPE）を用いた上で外してください。



何を探すのか？

負荷が同じであれば温度も同じはずですが、負荷が平衡ではないと、かかっている負荷が大きい相は抵抗によって熱が発生し、温度が他よりも高くなります。しかし、負荷の不平衡、過負荷、接続不良、高調波のアンバランスはいずれも同じパターンになる可能性があります。このような問題の診断には電気負荷を測定する必要があります。

注：回路や相の温度が通常よりも低いのは部品に不具合があることを示している場合があります。

主な電氣的接続部分を全て点検する定期点検ルートを決める方法もよいでしょう。撮影した画像はサーモグラフィに標準装備されているソフトウェアを用いてコンピュータに保存し、一定期間の測定値を確認しましょう。こうすれば、基準となる画像ができ、その後の画像と比較することができます。又、あるスポットの温度が高い、あるいは低いのが異常なことなのかどうかを判断するのに役立ちます。修理をした後に改めて撮影すれば、修理が上手に行われたかどうかの判断材料になります。

危険信号とは

人体の安全に影響するような場合は最優先で修理をしましょう。設備の重要性と温度上昇の程度はその後ということです。

NETA (InterNational Electrical Testing Association) の指針では、同様の負荷をかけられた同様の電気部品同士の温度差 (ΔT) が 15°C を超える場合、又は電気部品と周囲の気温の ΔT が 40°C を超える場合には直ちに措置を講じなければならないとされています。

NEMA基準 (NEMA MG1- 12.45) は、電圧不平衡が1%を超える場合にはモーターを作動しないよう警告しています。現実には、NEMAでは、不平衡が大きくなった状態でモーターを作動する場合には出力レベルを下げることを推奨しています。モーター及びモーター以外の設備で安全な不平衡の割合 (%) は異なります。

故障によって発生する潜在的コスト

電圧が不平衡になるとモーターが故障するのが一般的です。費用の合計は、モーターの費用、モーター交換に要する労働力、生産が均一でないために廃棄処分される製品の費用、流れ作業、ラインがストップした時間の収益損失を合計した金額になります。

50馬力のモーターを毎年交換するのに要する費用を労賃も含めて50万と仮定します。1年あたりのダウンタイムが4時間で、1時間あたりの損失利益が60万とすると次のようになります。

費用合計: $50万 + (4 \times 60万) =$ 年間290万円

フォローアップ活動

熱画像を見て、あるケーブルの温度が他の部品の温度よりも高いことが判明したら、そのケーブルは寸法が細いか負荷がかかりすぎている可能性があります。ケーブルの定格と実際の負荷をチェックし、どちらであるかを判断してください。

クランプ付マルチメーター、クランプメーター、又は電力品質アナライザーを用いて各相の電流の平衡状態と負荷をチェックしましょう。電圧側では、保護および開閉器をチェックして電圧が落ちていないか確認してくださ

い。一般的に、線間電圧はネームプレート定格の10%以内でなければなりません。ニュートラルから接地への電圧を測定すると、システムにどの程度負荷がかかっているかが分かり、高調波電流を調べるのに役立ちます。ニュートラルから接地への電圧が3%を超えていたらさらに詳しく調査する必要があります。

負荷は変化するので、きわめて大きな単相の負荷がかかれば、ある相の1本の端子電圧が突如として5%低くなる場合もあるでしょう。又、モーターに不平衡があり、それが原因で、温度が過剰に上がると、ヒューズと開閉器全体の電圧が下がります。問題の原因を特定する前に、サーモグラフィとマルチメーター又はクランプメーターの電流測定値でダブル・チェックしましょう。

給電回路も分岐回路も、最大許容限界まで負荷をかけてはなりません。又、回路負荷の計算は高調波も考慮に入れたものでなければなりません。過負荷を解決する最も一般的な方法は、実稼動時に、回路間 (相間) の負荷を配分し直すこと、又は、全体で負荷がかかるタイミングを調整することです。

問題が疑われる箇所がサーモグラフィで明らかになったら、関連のソフトウェアを用いて、問題の設備の熱画像と実画像を報告書に含み、記録することができます。発見された問題の伝達、修理の必要性を報告するのに大変効果的です。

画像撮影について

サーモグラフィの主な用途は電氣的・機械的異常を発見することです。装置の温度 (たとえそれが相対温度であっても) が、必ずしも故障に近いことを示す最適な目安になるとは限りません。周囲の気温や機械的あるいは電氣的負荷の変化、劣化等の視認できる外観、部品の限界、類似する部品の履歴、他の試験で分かった兆候など、他にも様々な要因を考慮してみる必要があります。サーモグラフィは、これらの全ての示していることに対する包括的状況モニターと予防保守の一環として最大限役立てることができます。

建物のエンベロープ内の水分

アプリケーション・ノート

水漏れによるもの、あるいは結露によるものであっても、建物のエンベロープに水分が存在すると結果的に大変な事態を招く恐れがあります。例えば、断熱材に水が染み込むと保温力が下がり、暖房 / 冷房が効きにくくなり電力が浪費されます。又、湿気があると構造劣化を招き、カビの増殖も盛んになりますし、屋根部分に深刻な水漏れがあると、建物に被害や損害が生じる可能性もあります。



サーモグラフィーは、建物のエンベロープの濡れたスポットを見つけるのに大変適しています。一つの診断手法として、設備や構造の表面上の温度をサーモグラフィーを用いて二次元画像で捉えます。熱画像は、建物に熱負荷がかかり、その後の温度低下で湿気が発生したと思われる屋根や壁の異常を明らかにすることができます。このような異常が起きるのは、大抵の場合、建材よりも水の方が熱伝導性に優れ保温力があるからです。そのため、屋根や壁の温度は、乾燥している部分よりも湿った部分や濡れた部分の方がゆっくりと下がり、熱画像上で「高温スポット」として現れるのです。

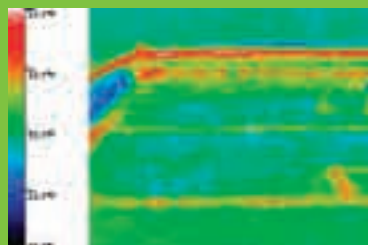
以下にサーモグラフィーを用いた工場、商業ビル、施設の建物の屋上(屋根)や壁、断熱材等のエンベロープの水分

チェックについて重点的に説明致します。

何をチェックするのか?

空気が乾燥した暑い日は建物に太陽光などの熱負荷がかかります。建物の外壁や屋上(屋根)をチェックしましょう。東向きの壁は午後、(北半球の場合)南と西向きの壁と屋上(屋根)は日没後にチェックすると良いでしょう。建材と余分な水分の熱容量の差による熱の異常を検知するには、内部と外部の温度差が大きいこと(15または20%)が不可欠です。

外壁や屋上(屋根)に湿気のありそうなスポットを見つけたら、屋外での発見をさらに絞り込むため、屋内の点検も行い確認します。屋内の点検でも水漏れや送水管の破損、消火用スプリンクラーの作動、その他水関係が原因の天井や壁の湿気を見つけ出すことができます。水が出るような出来事があったら、直ちにサーモグラフィーを用いて調べましょう。どの建材を乾燥または交換しなければならないかを明らかにすることができます。



この露出している屋上の場合、温度の低い部分にはおそらく水分が溜まっています。テープでマークを付けて、コア・サンプルで調べましょう。

何を探すのか？

熱画像データの収集は、構造を分析し、問題があると思われる部分を特定するのに役立ちます。サーモグラフィーは、メーターを用いて行う水分検出法とは異なり、屋上（屋根）や天井、壁、床などに接触する必要がありません。さらに近づくことが難しい場所も点検でき、又、1枚の画像で広い面積に対応することができます。

工場や商業ビル、施設の建物を長持ちさせる鍵は、建物のエンベロープの定期点検にあります。新築、特に新しい屋上（屋根）は、建てられてから6～9ヶ月後の構造物がまだ保証期間中に徹底的に点検してください。6～9ヶ月も経つと構造物は雨風にさらされます。その後は、建物のエンベロープの撮影を2年から5年に1回行ってください。撮影したものと本来の基準画像を比較してトレンドを明確にし、劣化部分をどのように修理するか検討しましょう。専門家はこのような予防保守を行うことにより、施設の屋上（屋根）の耐用年数は倍になると推定しています。屋上（屋根）の点検を行う場合、熱分解能を最大にするようにカメラを調整し、サーモグラフィー本体は三脚に取り付けて行いましょう。

危険信号とは

建物のエンベロープの場合、修理は人体の安全や健康に影響するような場合を最優先にしましょう。次に注意しなければならないのは、生産や電子

データ、電子機器や建物本体の健全性を損なう屋上（屋根）の水漏れや湿気です。

故障によって発生する潜在的コスト

工場や商業ビル、施設の建物で不具合を起こす可能性の高い部分は平屋根です。平屋根の交換には多額の費用がかかります。施設によって条件は大きく異なり、屋根交換にかかる金額は一概には決められません。ある専門家が1989年に書いた著作では、機械で取り付けられたシングルプライの屋上（屋根）の場合、加重平均で1平方m当たり¥500、コールトール塗りの屋上（屋根）の場合には1平方m当たり¥1000となっています。*

フォローアップ活動

建物の水分をチェックする前に、建物の点検は、赤外線サーモグラフィーを用いて行う点検も、難しい点検であることを念頭においておきましょう。用途、施工方法、建材、大きさなどは建物によって異なります。

*資料: 「Roof & Pavement Consultants (屋根・舗装道路コンサルタント)」(Benchmark, Inc. 刊、6065 Huntington Ct. NE, Cedar Rapids, IA 52402 - 319-393-9100)。数字は「Factors Affecting Roof System Costs (屋根システムの費用に影響を与える要因)」(Kent Mattison, P.E. 著)と題する項から転載。

建物の温度調査を効果的に行うには、施行方法、建物を構成する部品の熱特性、そして建物内外の温度状況の変化をどのように勘案するかを理解する必要があります。そのうえで、サーモグラフィーを用いた点検を行い、内部の熱源はどこにあるのか、又、その要因が外部の熱画像に影響を与えたかどうかを判断します。その後、点検結果を確認するためにさらに分析を行います。熱画像による点検は、屋上（屋根）のシーリングが適切であることを確認する最もコスト効果の高い手段ですが、温度に異常があるからといって屋上（屋根）に水があるというわけではありません。コアサンプル等の方法で確認を行うことが不可欠です。サーモグラフィーを用いた屋根システムの濡れた断熱材部分の特定についてはASTM C1153をご参照ください。

建物のエンベロープの水分を的確に見つけ出すと、的を絞った保守作業を行うことができます。サーモグラフィーを用いて問題を発見したら、標準装備されているソフトウェアを用いて点検結果を報告書に記録しましょう。その際、熱画像と実画像も報告書に取り込むと、問題の伝達、修理の必要性の提案に大変役立ちます。

安全のために：

屋上（屋根）の点検を行う場合には事前にOSHAの安全指針を確認しましょう。又、屋上（屋根）の上で点検を行う場合には、昼夜を問わず1人で行うのはやめましょう。無線を頼りにする人もいますが、無線だけでは充分ではありません。無線を持参していても命を落とした人もいます。又、二人で作業した場合、あなたが屋根をスキャンし撮影をしている間に、もう一方で濡れた断熱材部分の縁にマークを付けてもらうこともできます。

ベアリングの点検

アプリケーション・ノート

モーターのベアリングが故障すると、モーターの温度が上がり、潤滑油が化学変化を始めます。巻線が過熱し、その結果温度センサーが作動しモーターが停止します。最悪のケースでは、シャフトが固まりローターが動かなくなり、モーターは完全に故障してしまいます。

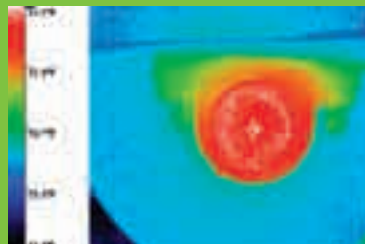
サーモグラフィーは、多くの予知保全 (PdM) 手法で、設備の表面温度のモニターに使用されています。この温度をもとに設備の異常を検知し、損失の回避が行われています。技術者は、

サーモグラフィーを用いてベアリングとハウジングの温度分布を確認することにより、基準温度と現在の作動温度を比較して潜在的な不具合を発見することができます。

何をチェックするのか？

一般的には大型で近づくことが可能な比較的高速のベアリングの場合には振動分析が予知保全の方法として選択されますが、振動分析で安全に作業ができるのはベアリングの上にトランスデューサを置くことができる場合に限られます。低速の作業に使用される、小型 (コンベアのローラーの中など) で物理的に近づくことができない、あるいは設備が動いている時に近づくのは危険なベアリングの場合に、振動分析に代わる方法がサーモグラフィーです。サーモグラフィーは設備が作動している時に安全な距離から測定することができます。サーモグラフィーによる熱画像撮影は振動分析よりも短時間で行うことができます。

機械設備の点検は、点検する機器が安定した状態になるまで温め通常の負荷がかかった状態で作動している時に行ってください。こうすると通常の作動状態の測定値を把握することができます。点検対象のベアリングの熱画像を撮影し、同じ場所で、同様のベアリング (コンベアや製紙機の反対側の端、又は同じシャフト上ピロー・ブロックにあるベアリングなど) の熱画像も撮影しましょう。



この過熱しているシャフトとベアリングは、ベアリングの故障、潤滑機能の不足、不平衡があることを示している可能性があります。

何を探すのか？

通常ベアリングの問題は、同様の作動をしているベアリングの表面温度を比較し発見します。過熱した状態は熱画像の中に「高温スポット」として映し出され、一般的に類似設備と比較して判明します。モーターのベアリングをチェックする場合、この手順では（同じ種類のモーターとベアリングに対応する）エンド・ベルとエンド・ベルの温度比較、又はスターターとエンド・ベルの温度比較を行います。

重要な回転機器の全てを点検する定期点検ルートを決めるとより良いでしょう。定期的な振動分析のルートがすでに確立されていればサーモグラフィを用いて行う点検を追加すると良いでしょう。いずれの場合も、サーモグラフィに標準装備されているソフトウェアを用いて各主要機器の熱画像をコンピュータに保存して、一定期間の測定値を確認しましょう。こうすれば、画像を比較する基準ができます。この基準画像を基に、「高温スポット」が異常なのか異常でないのか判断したり、修理が上手く行われたかどうかを確認する際にも参考にすることができます。

危険信号とは

機器の状態が人体の安全に影響するような場合は最優先で修理しましょう。ベアリングが原因で重大な設備に損失が生じないように適切な保守時期を判断することは、経験を積むことで

可能になります。例えば、ある自動車メーカーでは、モニターが難しい生産ラインについて、従来は振動分析で行っていた「ライン上のベアリングの正常な作動温度が所定の範囲内に下がった」という判断にサーモグラフィによる点検も組み合わせるようになりました。この会社の予知保全担当者は十分にサーモグラフィの訓練を受け、今では正常な作動範囲の上限を越えて作動しているベアリングを「アラート」状態として見つけ出すことができるようになりました。

振動分析によるモニターを実施していないベアリングに、サーモグラフィによる点検を採用する場合は、ベアリングのスポット・チェックを行う場合でも、自動車会社の指示に従って「アラーム」基準を設定するようにしてください。例えばサーモグラフィの専門家の中には、特定の潤滑技術（グリース、オイル・バスなど）を用いた特種設備のベアリングを点検する際経験に基づいて大まかな許容温度差を決めている方もいます。

故障によって発生する潜在的コスト

特定のモーター、ポンプ、駆動部、その他重要な部品のベアリングが故障した場合の、修繕費、生産機会の損失、労賃の損失を計算してみましょう。ある自動車工場では特定のポンプが故障した場合のコストを、修繕費150万以上、生産損失1分あたり300万と見積

もっています。故障を招かない為の「予防保守」という手法は費用を考慮した場合にも大変有意義な手法です。

フォローアップ活動

あらゆる回転する機器は、システムの中で摩擦の負担がかかる部分であるベアリングで熱を発生します。潤滑油で摩擦は減り、（潤滑油の種類により程度の差はありますが）熱は発生しにくくなります。熱画像撮影を行うとベアリングの状態が明らかになります。熱画像からベアリングが過熱していることが分かったら、ベアリング交換か油を差してもらうために保守依頼票を作成しなければなりません。判断する際には、振動分析などの予知保全法を組み合わせるとより確実でしょう。

サーモグラフィを用いて問題を発見したら、ソフトウェアを用いて点検結果をもとに設備の熱画像と実画像（デジタル画像）を含んだ報告書を作成しましょう。問題の報告や修理の必要性を報告するのに役立ちます。

画像撮影のヒント：

サーモグラフィを用いてベアリングやカップリングの点検ができるようにコンベア装置や駆動部のガードやカバーを改良しましょう。小型の蝶番式の扉を取り付ける、又は金属の一枚板ではなくメッシュを使用すること等を検討してください。以上のような変更を行う場合、従業員の皆さんの安全が損なわれないよう充分注意しましょう。

モーター制御センター

アプリケーション・ノート

サーモグラフィーは、負荷がかかっている状態の相対温度を比較し、モーター制御センター（MCC）内にある部品や設備の作動状況を評価するために使用することができます。主に、バス・バー、コントローラー、スターター、接触器、継電器、ヒューズ、ブレーカー、給電装置、変圧器などの評価に用いられます。



占めないことを条件として、MCCの内部のパネル・ボード及び配電盤又は分岐回路保護を認めています。つまり、複雑なMCCには、バス・バーやコントローラー、スターター、接触器、継電器、ヒューズ、ブレーカー、ディスコネクト、給電装置、変圧器が入っている可能性があるということです。

サーモグラフィーは、負荷がかかっている状態の相対温度を比較することでMCCの中にあるコンポーネントの作動状況を判断するのに役立ちます。

何をチェックするのか？

MCCの蓋を開け、設備を動かした状態でサーモグラフィーを使ってMCC内の全てのコンポーネントや接続部を調べましょう。1回調べるごとに負荷を測定し、正常な作動状況を基準値とし、測定値を正しく評価できるようにしましょう。

注意：電気パネルの蓋は、必ず許可を受けた有資格者が個人用保護具（PPE）を用いた上で外してください。パネルが開いている状態で通電すると、アークフラッシュが発生する可能性がありますので、保護具を付けていない人は全員、計算をもとに明確に線引きしたアークフラッシュの境界線の外に出てもらってください。

一般的なMCC¹は、設置型で特定の用途のACモーターを制御する単数、又は複数のモーター制御装置が組み合わされています。各装置には外付けのディスコネクト、分岐回路およびモーター過電流保護、磁気式モーター・スターター（magnetic motor starter）がある他、パネルの扉にはパイロット装置も付いています。アメリカ保険業者安全試験所（UL）は、センターの大部分を



大半の電気接続部と同様、接続部が緩すぎるか締めすぎていることや、腐食、過負荷、不平衡、高調波その他の問題があることを示している高温スポットはないかMCCコンポーネントを調べます。

不具合が生じると人体の安全に影響を与える可能性の高い設備を優先してチェックしましょう。

何を探すのか？

一般的に同程度の負荷がかかっている同類のコンポーネントより温度が高い、もしくは低いコンポーネントを探します。このチェックにより配線の破損やサイズ不足の配線、絶縁不良、接続部の不良（腐食、緩すぎや締めすぎ）、相間の電氣的不平衡等を発見することができます。

接続関連の高温スポットは、抵抗が大きい部分の温度が最高で、そこから遠ざかるにつれて温度は低くなるのが一般的です。電気装置の故障は様々ありますが、ある文献²では故障全体の25%は電気の接続部の緩みが原因で生じると報告されています。正常であるかスペック外であるかを問わず、不平衡の場合にも、過剰に負荷がかかった回路の相、又は回路全体の温度が上昇します。高調波が不平衡の場合にも同じような現象が生じます。

（注：回路やレッグの温度が通常よりも低いのは、コンポーネントに不具合があることを示している場合があります。）

又、電流は全てある程度の熱を発生することにご注意ください。つまり、熱だけでは問題があることを示す目安にはならないということです。三相全ての導体の温度が同じように上がっているのは「良い」現象です。相によって差がある場合には調べてみる必要があります。

MCCを含む主な電気パネル全てを点検する定期点検ルートを決めると良いでしょう。それぞれの熱画像と関連の

温度データをコンピュータに保存し、一定時間の測定値を確認しましょう。このようにすると、温度が高いスポットが異常なのか異常でないのかを比較して判断する基準ができるとともに、修理がうまくいったことを確認する際の参考にすることができます。

危険信号とは

修理は、人体の安全に影響を与える危険のある設備を最優先にすべきです。又、NETA (InterNational Electrical Testing Association) の指針では、同様の負荷をかけられた同様の電気コンポーネント同士の温度差 (ΔT) が 15°C を超える場合には即座に措置を講じなければならないことになっています。又、NETAは、電気コンポーネントと周囲の気温の ΔT が 40°C を超える場合にも同じ措置を講じることを推奨しています。

この他、重要設備の問題が迫っている場合を緊急非常事態扱いとする方法もあります。どの生産資産が重要であるかを定めるオペレーション、保守保全担当者が、「警告」と「非常事態（アラーム）」レベルを設定していれば、その情報も参考にしましょう。その上で、特定の設備のアラーム・レベルをご自分のFlukeサーモグラフィーに設定しましょう。⁴

故障によって発生する潜在的コスト

MCCは複雑度に応じた大きな幅があるため、修理や交換のはっきりとした費用を出すのは簡単ではありません。しかし、ある文献³では、MCCの修理費は

平均で100万～700万円、交換する場合の費用は800万から1千万円とされています。

フォローアップ活動

サーモグラフィーを用いて問題を発見したら、ソフトウェアを用いて、点検した設備のデジタル写真とそれに対応する熱画像を取り込んだ報告書を書きましょう。これは、発見した問題を報告する、又修理の必要性を提案するのに役立ちます。是正措置が行われた後、再度サーモグラフィーで点検することで修理の効果、そして使用された材料や技法を評価することができます。このような方法で、MCCの保守計画をより良いものにしていくことができます。

¹全国電機製造者協会 (NEMA) の基準によれば、モーター制御センター (MCC) は「水平の共通電力バスがあり、基本的にモーター制御装置を組み合わせたものが入っている。単数又は複数の封入型垂直セクションを床に据え付けたもの」です。この基準では、続いて、「これらの [モーター制御] 装置は、垂直に重なって据え付けられており、垂直バスが適切な配線で通常の電源と接続されている」となっています。(www.enm.com/training/siemenscourse/download.asp?course=mcc_2で引用されているNEMA [Industrial Control No. ICS- 322])

²Academy of Infrared Thermographyのウェブサイトに掲載。www.infraredelectrical.com/infraredelectrical_15.html.3Ibid.

³同上。

⁴機種により異なります。

画像撮影のヒント：

電氣的負荷が少ない状況で作業を進める場合、問題があることを示す兆候を見逃さず発見することは容易ではありません。設計負荷は最低 40% が推奨されており (全国防火協会 = NFPA、70B)、負荷は大きいに越したことはありません。負荷が小さい状態で点検を行わなければならない場合、温度差がわずかであっても、考えられるあらゆる問題に注意するようにしてください。負荷が大きくなるにつれて温度も確実に上がります。問題が存在する時には、負荷が大きいほど温度差は広がるとお考えください。

製紙工場の モーターのモニター



測定ツール：Fluke Ti30サーモグラフィ

担当：ビル・グレイ氏（製紙工場の保守・信頼性のスペシャリスト）

点検対象設備：モーター、ポンプ、熱交換器、ギアボックス、ベアリング、MCC（モーター制御センター）

アプリケーション・ノート

今回ご紹介する製紙専門工場では、3年前まで熱画像を撮影するのはコンサルティング会社が年に1回コンタクター（電磁接触器）を点検する時に限られていました。点検を行うと、修理が必要なホットスポットが見つかるのが常なのですが、工場の技術者が修理を行った後で、もう一度コンサルタントに依頼し、修理に不備がないか再度確認してもらうのは、費用がかかりすぎてなかなか実施できませんでした。そこが問題でした。

工場は24時間365日稼働しており、予定外の稼働停止があってはなりません。特にコンタクターについては年に複数回点検すること、その他の設備についても修理前・修理後のモニターをすること、新しい装置の基準値を明確にすることを希望していました。このような背景があり、この工場ではFluke Ti30サーモグラフィを購入することにしました。工場の保守にかけてはプロであるビル・グレイさんが、訓練を受け、レベルIの熱画像専門家になり、必要に応じて熱画像による設備点検を行うようになったのです。サーモグラフィを使い始めて2年が経った今では、熱画像で得られた

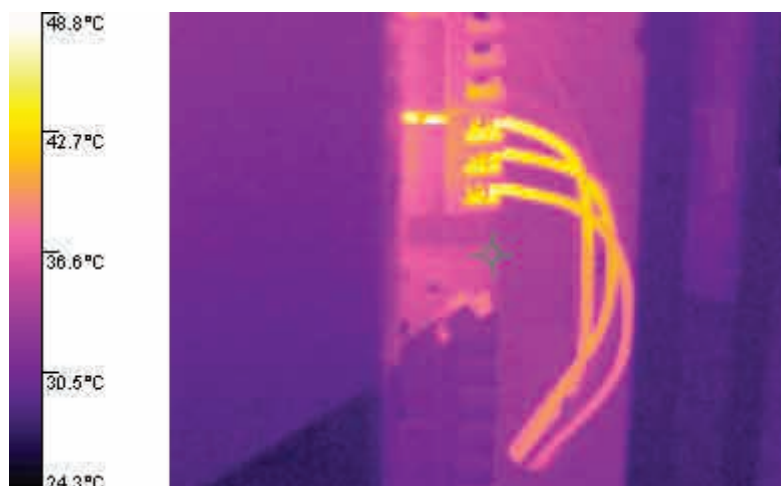
経験をもとにモーターの状態を調べる正式な保守プログラムの作成を進めています。

修理後及びその他の用途

コンタクターを完全に調べるのは時間がかかるため、この製紙工場では現在もコンタクターのモニターについては、年に1回外部の熱画像専門家に依頼しています。外部の熱画像専門家は、1週間かけ装置の約5,000の部品を調べます。

グレイさんは外部の熱画像専門家が調べた結果を受け、修理後の熱画像を調べ始めました。その結果修理の30%は効果がないか、事態を悪化させていることが分かりました。どのような修理が必要なのか、外部の熱画像専門家と工場の解釈に大きな隔たりがあったのです。今では、グレイさんと保守担当者は納得のできる修理ができるまで問題に取り組むことができるようになりました。

赤外線サーモグラフィは一連の重要工程で望ましくない熱の蓄積をモニターできるため、グレイさんは、Ti30を用い



高温になった接続部分。



ポンプの作動不良、熱交換器の不具合、その他ギアボックス、ベアリング、モーターなど様々な装置の点検を行っています。

モーターのモニター

この工場では、熱画像による独自の点検ルートを決めている途中です。この工場では「異常発熱」を基準として、熱画像を使用することから始めました。

例えば、誰かがモーターの温度が上昇していることに気付いたら、グレイさんが熱画像を撮影し、モーターのどこかの温度が、なぜ高くなっているのかを究明するという方法です。振動のデータからベアリングの不良や不平衡が疑われた場合、グレイさんはサーモグラフィを使用し、モーターの温度は高くなっているかどうか、どこかの温度が高くなっているのかを明らかにし、振動のデータを確認することができます。モーターの熱の痕跡を調べれば、モーターの質や状態がよく分かります。特に、過熱が一過性のものであっても、モーターの巻線の温度が所定の温度より10°C高くなると巻線の絶縁体の耐用年数は半減します。

工場には、コーティング剤や添加剤を添加するポンプにある馬力の少ないモーターから、大きな動きの動力源となっている1,000馬力のものまで、約3,000個のモーターがあります。たとえ

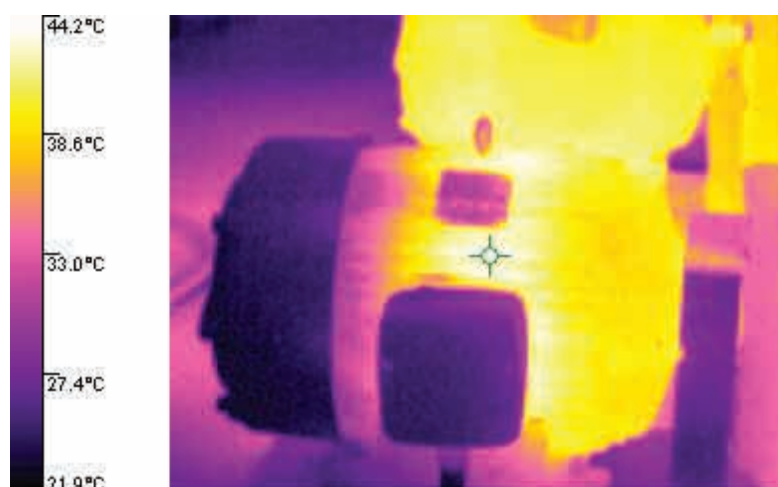
小さなポンプのモーターでも不具合を起こすと、紙のバッチ全体が使い物にならなくなる場合や、機械が停止する場合があります。

グレイさんは、過去の修理が必要だったモーターの熱画像記録を保存しています。ある時、作動している大きなモーターの温度が高くなっていたことがありました。ヘッド・ボックスにストックを供給する製紙機械のファン・ポンプに付いているモーターでした。そのモーターがどのくらいの温度で動いているのが正確なところは誰も把握していませんでしたが、そのポンプが故障してしまうと機械が水浸しになり、使い物にならなくなってしまふということは皆認識してい

ました。

グレイさんは、そのモーターの熱画像を撮影しました。温度が最も高くなっているのはハウジングの上部で、画像では200°Cになっていました。その画像から、熱の発生源が巻線であることも分かりました。

グレイさんは問題を伝達する報告書を作成しました。その後も問題のモーターを監視していました。過去の修理が必要とされた熱画像の記録から、今回の不具合はモーターの交換が必要だと判断しました。問題を定期点検まで放置してしまうことでモーターが故障し、更には交換品もないという非常事態に陥ることのないよう、あえて機械を止め



温度が高くなっているクリーム・セパレータのモーターのケース。

モーターを修理に出すことを決めました。

モーターの監視プログラム 確立に向けて

グレイさんは、モーターの監視プログラムでは、シャフト、カップリング、ギアボックス、その他の機械部品のモニターを中心とすることに決めています。又、点検ルートと点検予定を作成し高馬力の高価なモーターを最大限長持ちさせることができるプログラムを確立したいと考えています。

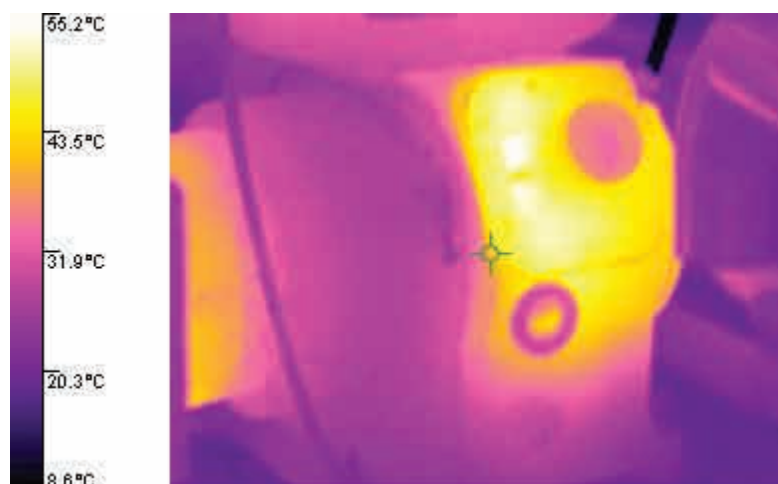
グレイさんは、目視点検、赤外線温度計によるスポット・チェック、振動分析、熱画像点検、電流相の分析等から得られたデータを、新しいプログラムに組み入れていくことにしています。この方法では、収集したデータを装置の具体的な部分と結び付け、予め設定された数値から外れた数値には全てフラグをつけます。

今後はグレイさんがサーモグラフィーでモーターを調べる場合は、各装置部分の画像又は報告書を、システム全体像及び作業指示書と結び付け、修理を行う技術者に参考にしてもらうことができます。

グレイさんはこのような分析データを一つにまとめることで、モーターの問題に最も効果的に対応し、工場に不可欠なモーターを従来より長く使用できるように予防保守の手法を確立したのです。



MCC（モーター制御センター）の温度が高くなっている接続部分



極端に高温のスポット（白い部分）が見られるセパレータのモーターのギアボックス

Fluke. *Keeping your world
up and running.*

株式会社 フルーク

〒105-0012

東京都港区芝大門2-2-11 泉芝大門ビル

TEL 03-3434-0181

FAX 03-3434-0170

大阪営業所：

〒541-0043

大阪府大阪市中央区高麗橋2-3-10

TEL 06-6229-0871

FAX 06-6229-1098

Web： <http://www.fluke.com/jp>

©2007 Fluke Corporation. All rights reserved.

仕様は予告なく変更する場合があります。