

生産力向上における赤外線システムの応用

ヘレウス(株)

ノーブルライト部 近江 善夫

1. はじめに

赤外線ヒーターは既存設備への補強として使用されるケースが多く、既存設備での問題を解決するために導入されている。

「生産力向上」には、さまざまなテーマがある。代表的なものはライン速度アップ（生産量アップ）だが、品質アップ、省エネ対策、VOC削減やCO₂削減などの環境対策、更には安全性向上といったものも挙げられるだろう。近年は、著しい伸びを見せているフラットパネル関連（光学フィルム）や、太陽電池あるいは二次電池関連のプロジェクトが多い。また、塗装・コート業界などでも、VOC削減やCO₂削減が実際の動きとなっている。

赤外線加熱はシンプルな加熱方式ではあるが、その適用範囲が広いため、多種多様なアプリケーションへの要求に応えている。そのため、赤外線加熱・乾燥プロセスへの要望も年々複雑になっているように思える。今回は、赤外線ヒーターの実ラインへの応用実例を、赤外線モジュール構造などと併せて説明したい。

2. 赤外線システムの高出力化

樹脂シート・フィルム業界は、古くから赤外線加熱の導入実績もあり、実ラインで稼働している赤外線設備も多い。そのプロセスからは、更に高出力への検討要望が出ている。日本市場の古い設備に

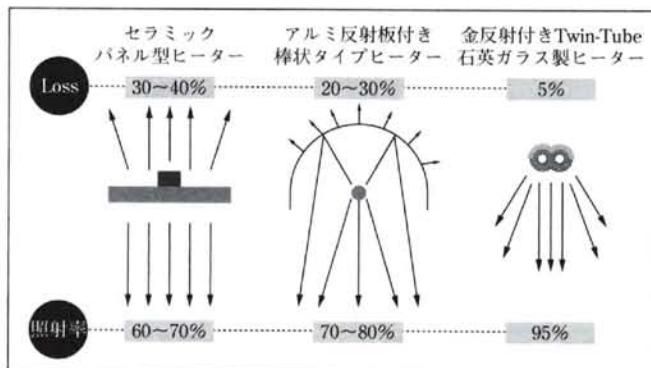


図1 各赤外線システムの特徴

は、遠赤外線ヒーターを組み込んだ設備が多いが、現行スペース内の加熱能力アップを図りたいとのテーマである。既存設備がパネル型ヒーターを使用していれば（図1）、照射効率の高い赤外線ヒーターを採用するだけでも20%程度のスピードアップが見込まれるが、持ち込まれるテーマは「加熱能力を2~3倍にしたい」といったものがほとんどであろう。増産目的というテーマもあるが、製品品質向上で製品材料が替わったり、VOC対策でコートが水系に替わるためと目的はさまざまである。

すでに赤外線システムを使用しているのであれば、速度アップ検討は比較的簡単である。例えば、2倍の加熱能力が必

要となれば、単純に赤外線システムのエネルギーを2倍にすればよい。もちろん、赤外線波長の相違等の検討も出てくるが、ほとんどの場合で問題とならないので、ここでは割愛する。

もし、既存の赤外線システムをもう1台追加できるのであれば、容易に2倍の加熱能力を得られるが、実ラインには余裕スペースが少ないのが普通である。そこで、既存設備のスペースに2~3倍の赤外線エネルギーを投入したいとの要望が出てくる。

2.1 高出力赤外線モジュール

遠赤外線ヒーターに対しては、タンゲステンやカーボンをフィラメントとする

表1 赤外線ヒーター別エネルギー量

赤外線ヒーター種類	発熱体温度	最大エネルギー密度	モジュール構造
遠赤外線ヒーター	500°C	30~50kW/m ²	***
中波長赤外線ヒーター	800~900°C	50kW/m ²	空冷方式
カーボン赤外線ヒーター	1,000~1,200°C	120kW/m ²	空冷方式
短波長赤外線ヒーター	1,600~2,100°C	120kW/m ² 200kW/m ²	空冷方式 水冷方式



高出力赤外線ヒーターであれば、同スペースに2~3倍の赤外線エネルギーを投入することは十分可能である（表1）。同じ赤外線と言えども、強い弱いがある。赤外線では輻射体（フィラメント）温度が強さに対しては支配的で、理論的には赤外線エネルギー量には「フィラメント絶対温度の4乗」で効いてくる。難しいことを考えなくても、温度の高いヒーターほど強いと言えば、感覚的にもお分かりいただけると思う。

高出力赤外線システムを検討するときに問題となるのは「冷却」である。遠赤外線ヒーターや中波長赤外線ヒーターまでは出力が比較的に小さいので、写真1のような単純なケースでも対応できる。しかし、今までの2倍以上のエネルギーを同スペースに入れるとなると、当然ケースにも相当の熱負荷が掛かる。そのままではケース自体が変色はもちろん、熱変形も起こし、ヒーター破損の要因となる。そのため、何らかの冷却機構を持ったケースが必要となる。この「冷却」をユーザーに意識してもらうために、当社では「赤外線モジュール」という表現を採用して、ユーザーの要望に応える赤外線ヒーターの提案をしてきたが、まずは代表的な2種類のモジュールを説明する。独自で赤外線ヒーターを設置される場合、ぜひ参考にしてほしい。

2.2 空冷式赤外線モジュール

空冷式赤外線モジュールは、図2では分かりにくいが、外側ケースに内面反射板を取り付けた2重構造になっている。反射板には開口率の低いパンチングプレートを取り付けているが、外側ケースの背面から送り込んだ冷却風が、この反射板を通過し、赤外線ヒーターを冷却しながら前面に排出される構造になっている。冷却風が空気断熱の役目を果たすので、モジュールの背面には追加の断熱材等は不要である。また、モジュール内部



写真1 中波長赤外線ヒーター用ケース

に端子台の設置が可能で、コンパクトな設計となる。内面反射板は、赤外線ヒーターに近接しているので温度が上がる。そのため、反射板の取付には熱膨張の考慮が必要になるので注意したい。

当社設計では、空冷風量は赤外線照射単位面積 (1m^2) 当たり約 $12\text{m}^3/\text{min}$ を目安としている。風速に換算すると 0.2m/sec で、微風程度のものであるが、ラインで発生する汚れがモジュール内面や赤外線ヒーターに付着するのを防ぐ役目も果たすので、乾燥ラインにも適していると言える。空冷式モジュールでエネルギー密度 120kW/m^2 に対応している。

なお、この空冷式が採用できるのは石英ガラスタイプだけである。セラミック系・金属系赤外線ヒーターも良いヒーターではあるが、表面からの赤外線輻射方式のため、冷却風で輻射体温度が下がると赤外線量が激減するので注意したい。同じ理由で、風を使用する乾燥プロセスには、石英ガラス系の赤外線ヒーターを選択するのが大きなポイントとなる。

2.3 水冷式赤外線モジュール

しかし、更なる高出力の要望がある。それに対応するのが水冷式赤外線モジュールである。写真2は、赤外線ヒーターの背面に水冷パイプが設置されてい

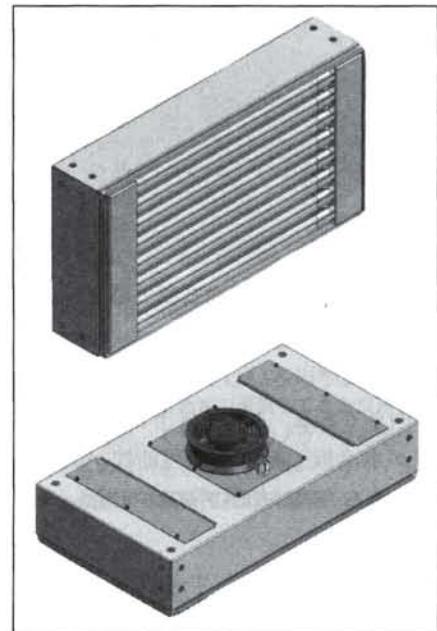


写真2 空冷式赤外線モジュール

る。ヒーターと水冷板のギャップは $2\sim3\text{mm}$ を目安としている。当社ではステンレスの角パイプを並べ、溶接加工により1本の直列水路構造を作る。溶接加工で難しい点はあるが、構造自体がシンプルで長尺ヒーターへ対応できるのが特徴である。当社では 3m クラスの実績はすでにあるが、 4m までの製作は可能である。水冷板の背面には、機械強度を確保するフレーム等を組み付けており、実ラインでの設置ポジション、あるいはヒーター端子台などが組み込まれる。

水冷式赤外線モジュールは、 200kW/m^2 を超える実績もあり、目標温度 500°C 以上のような高温アプリケーションにも

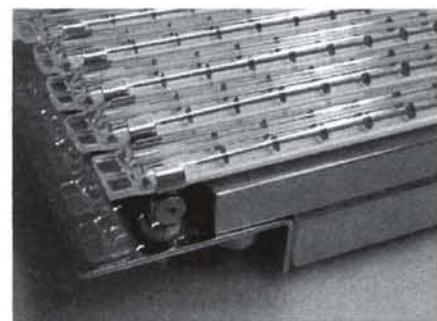


写真2 水冷式赤外線モジュール

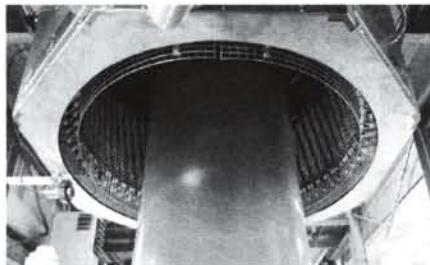


写真3 円筒型の空冷式赤外線モジュールの導入例

採用されている。しかし、乾燥工程には不向きである。工程で排出される水・溶媒が水冷板で結露する可能性があるので、水冷方式は加熱プロセスに限った方がよい。

3. チューブラー式2軸延伸での応用

縦型延伸機での赤外線ヒーターの応用については、何度か本誌にも紹介してきた。縦型延伸プロセスでは、前述の高出力・水冷式赤外線モジュールが最適で、日本市場でも多く採用されている。

最近では、他の延伸プロセスにも赤外線加熱の導入が検討されており、チューブラー式2軸延伸やテンダー式2次延伸プロセスへの赤外線ヒーターの応用も進んでいる。

今回は、チューブラー式への導入例を紹介する。このプロセスでは、従来は温風加熱が採用されているが、温風加熱では加熱能力に限界があり、非常に長い加

熱ゾーンが必要であった。そのため、急速加熱、加熱ゾーン短縮の要望が増えてきている。

写真3は1つの実例だが、円筒形の空冷式赤外線モジュールが導入されている。赤外線ヒーターが短いピッチで縦型配置されている。加熱ムラを回避するために、ヒーターを1ピッチ分、斜め設置するのが普通である。欧州では逆の発想で、赤外線ヒーターをゾーン制御してシートの温度差を作る加熱装置も出てきている。原シートの厚みバラツキを、温度違いを利用して延伸プロセスで厚みを補正する考え方である。日本ではポビュラーではないが、ユニークな技術だと思う。

話を元に戻すが、このプロセスでは樹脂シートの吸収波長に適合している中波長系赤外線が適している。近年ではカーボンヒーターの導入が多い。理由としては、波長が適している上、小スペースで高加熱が可能であることと、縦型配置に適応している点が挙げられる。遠赤外線ヒーターを採用した実機もあるが、カーボン赤外線ヒーターほどにはコンパクトにできていない。それより問題なのは、トラブルなどでラインが緊急停止した場合、遠赤外線ヒーターでは急停止ができないことだ。緊急停止時にはシートを自動カットする機構はあるが、最悪の場合には火災へつながる。

それに比べ、カーボンヒーターはスイッチング性に優れており、緊急時の停止が可能である。カーボンヒーターは立

ち上がり性能も優れているが、この立ち下がり性能による安全性を重視されることが多い。「温度の低い遠赤外線ヒーターの方が安全」と勘違いされている人も多いが、タンゲステン系・カーボン系のフィラメントは動きが非常に速いので、高出力でも安全性に優れている。更に写真3のシステムでは、空冷方式を採用しており、内部の反射板、保護網を常に冷却している。また、ヒーター停止時にはモジュールの冷却風量を最大にして、強制冷却を実施して更に安全性を高めていることが多い。

4. シート・フィルム押出機での応用

通常はシートの加熱を要求されるが、プロセスによっては、徐冷もしくは保温を目的とした赤外線ヒーターの利用もある。図3のように、押出機から出てきた樹脂は冷却されてシート・フィルムとなっていくが、この冷却段階で表面の温度をコントロールしたいと聞く。この工程は製品品質のキーポイントとなることが多く、複数のゾーン制御を用いて、微妙な制御を施すことも少なくない。

ただ、加熱プロセスとは違って、保温・徐冷に必要な熱量をシミュレーションすることは困難である。どうしても、試行錯誤・経験的にシステム能力を決めていく必要がある。

当社では空冷方式、水冷方式のどちらも納入しているが、赤外線ヒーターとしては中波長クラスで十分であるようだ。

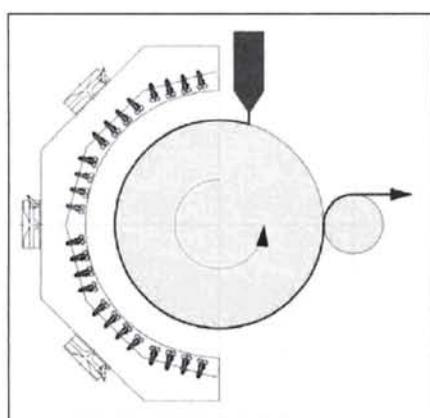


図3 シート・フィルム押出機への設置

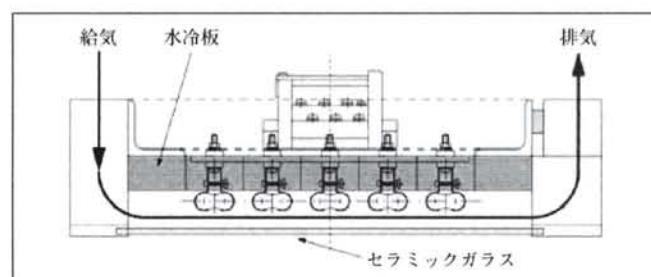


図4 内圧式赤外線モジュール



5. 内圧式赤外線モジュール

赤外線ヒーターシステムで防爆対応の要望はある。残念ながら電気式赤外線ヒーターでは「防爆仕様」のタイプはない。「防爆仕様」にはならないが、内圧式モジュールの導入実績はある。溶剤系のコート乾燥では、温風乾燥で熱量的に問題はないはずであるが、コート品質向上のため、できるだけ風を塗工面に当てたくないという声を聞く。

プロセスにより目的に違いはあるものの、実ラインへの導入検討が増えている。当社が提案するのは、図4の内圧方式である。水冷式赤外線モジュールをベースにして、前面にセラミックガラスを設置し、更に前面ガラスの冷却および内圧確保のために、空冷エアーをモジュールに流している。更に制御電源装

置にて、モジュールの水冷状態、内圧チェック、排気温度などをインターロック項目にして、赤外線ヒーター運転の安全を確保するのが通常である。

6. おわりに

実際の赤外線ヒーターモジュールは、すべてがカスタマイズされている。各プロセスの要求・目的に合わせ、赤外線ヒーターの種類を検討し、モジュール設計をする必要がある。今回は説明できなかつたが、いかに赤外線ヒーターを制御するのか、電源装置の考え方も重要なポイントになってくる。

赤外線ヒーターという狭いフィールドではあるが、当社はアプリケーション・ソフトウェアという面からもサポートしている。