CONTRIBUTION

赤外線プロセスの動向

ヘレウス㈱
ヘレウス・ノーブルライト部
近江　善夫

1．概要

赤外線プロセスはコンバーティング業界において重要な技術になりつつある。従来の加熱、乾燥方式での問題を解決する1つの手段として認識されはじめてきたからである。

しかしながら、赤外線加熱（輻射加熱）を直感的に理解するのは難しいとの声も聞く。いったい、どれだけ早く加熱できるのか？　何℃まで加熱できるのか？　どうやって使うのか？――など、基本的な質問をよく受ける。今回はこのような疑問にお答えしたいと考えた。

当社では赤外線ヒーターを組み入れたケースを、赤外線モジュールと呼んでいるが、いくつかのモジュールを紹介しながら赤外線の実力・特長などを紹介したい。

2．輻射加熱の原理と特長

初めに、輻射加熱の原理を簡単に説明する。

赤外線は電磁波の一種で、ある波長を持った光エネルギーである。図1のように光源から輻射された赤外線光は目的物に照射され、その物質の中でエネルギーが共振吸収される。吸収されたエネルギーは分子（または原子）を振動させ、振動させられた分子間で摩擦熱が発生する。これが赤外線加熱の原理である。

光が照射されれば対象物は加熱されるので、前面に透過性の高い耐熱ガラスを配置して、ガラス越しで加熱することも可能である。また、空気により遮断されることがないので風との共有が可能となってくる。あるいは真空中での加熱にも利用できる。

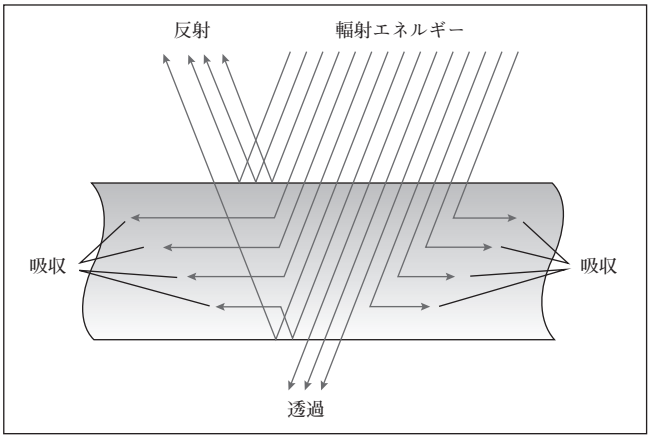

図1　輻射加熱の原理

3．赤外線ヒーターの種類

工業用に用いられる電気式赤外線ヒーターは、波長範囲で0.8～5μm、温度範囲で400～2,500℃である。日本では古くから遠赤外線と近赤外線という2つの表現が一般的だが、独・ヘレウス社では自社商品群に合わせてさらに細かく分類している。表1を参照されたい。なお、赤外線の分類方法は業界で統一されておらず、各社が独自の表現をとっていることが多いので注意が必要である。

4．空冷式赤外線モジュール

赤外線ヒーターは強い加熱源でありながら、自分自身が熱に弱い部分を持つ。また、赤外線ヒーターを小さいスペースに投入すると、ケース筐体も熱を受けて変形や熱破損のリスクが出てくる。また端子台や電源配線の熱劣化・破損のおそれも出てくる。そのため赤外線ヒーターを安全かつ安定して使用するためには筐体の冷却を考えておかなければならない。

空冷式赤外線モジュールの構造を図2に示す。モジュール本体内に反射板を設置しており、それに赤外線ヒーターが取り付けられている。本体の温度をキープするために、本体背面に設置したファンから冷却風が送り込まれ、反射板を冷却しつつ赤外線ヒーター側に出てくる。この空気の流れにより、対象物から出てくる蒸発成分などが赤外線モジュールへの付着を防ぐ効果が期待できる。

反射板と本体裏面の間の空間はきちんと風が流れている限り、冷却された場所となる。独・ヘレウス社のアイデアであるが、ここに端子台を設置することが安全かつコンパクトな構造を可能とする。

表1　独・ヘレウス社の赤外線ヒーターの分類および性能比較表

	石英管サイズ（mm）	最長加熱長	発熱体温度（℃）※3	最大エネルギー波長（μm）	立ち上がり速度	最大エネルギー密度(kW/m²)※4	平均寿命*5
短波長赤外線ヒーター※1	23×11	2.6m	1,600～2,100	約1.2	1～2秒	120	5,000時間以上
	34×14	6m	1,400～1,600	約1.6	3～5秒	100	
中波長カーボンヒーター	φ19	1.5m	950～1,300	約2.0	2～3秒	100	8,000時間以上
	34×14	3.0m					
中波長赤外線ヒーター	18×8	1m	800～900	約2.6	1～2分	50	2万～3万時間
	22×10	1.5m					
	33×15	6m					
長波長赤外線ヒーター※2	セラミックパネル型		500～700	約4.0	約10分	30	2万～3万時間

※1　別称、近赤外線ヒーター
※2　別称、遠赤外線ヒーター
※3　石英ガラス内の発熱体温度を意味する（石英ガラス管面温度ではない）。長波長赤外線はセラミックパネル表面温度を意味する
※4　単位面積1m²当たりに実際に設置できる最大量を意味する
※5　実績時間を意味する（保証時間ではない）

最近ではこの風の流れの均一性も重視されており、反射板の前に整流板を設置するのが一般的になってきている。なお、反射板と整流板の穴のあけ方については、アプリケーションごとに検討が必要である。

冷却風量は目的によって変わってくる。一般的には乾燥プロセスの場合は多めに、加熱プロセスで目標温度が高い場合は少なめにしたい。設計段階で風量を決めかねる場合は、風量調整可能なファンを選定するのも良い手段であろう。

空冷式モジュールはベーシックな方式であり、当社でも幅広い分野に納入している。特に、近年はデジタル・インクジェットのような水性系乾燥プロセスへの納入が多い。加熱プロセスであれば250℃程度までの加熱が対象である。

なお、遠赤外線ヒーターの場合は注意が必要である。冷却風がヒーターから熱エネルギーを奪い十分な赤外線照射を得られなくなるので、この空冷方式には適さないだろう。

またハロゲンランプでは、過冷却になるとハロゲンサイクルを妨げる要因となり、極端に寿命を縮めることがあるので注意が必要である。ヒーターの種類により注意点の相違があるので、各メーカーと相談しながらモジュールを検討されることをお勧めする。

5．水冷式赤外線モジュール

プロセスによっては、空冷式モジュールが排出する風を製品に当てたくない場合がある。あるいは、目標温度が高い場合は冷却風が悪影響を及ぼす。このようなケースに向けて開発されたのが水冷式モジュールである。

PETフィルム延伸プロセスなどで、高速加熱源として数多く採用されている。

構造は極めてシンプルである。水冷反射板と赤外線ヒーターをおおよそ2mmの距離に設置し、背面に水冷反射板を機械的に支えるフレームを設けている。材質はSUS304が一般的である。当社の場合、水冷反射板は各パイプの組み合わせを基本とし、特殊加工により水冷反射板全体で直列水路を形成している。近年、フィルム業界は製品幅が広がっていく傾向にあるが、4mもの長尺にも対応している。

水冷式モジュールには、空冷式の2倍のエネルギーを投入できる。エネルギー密度として、片面200kW/m²オーバーの実績が多い。それも図3のような対向加熱が普通である。フィルム加熱プロセスでは、急速加熱を目的にされることが殆どであるが、実際に温度測定ができているお客様はおられないように思われる。

当社のアプリケーションセンターでは、水冷式短波長赤外線モジュール（235kW/m²）での片面照射実験が可能で

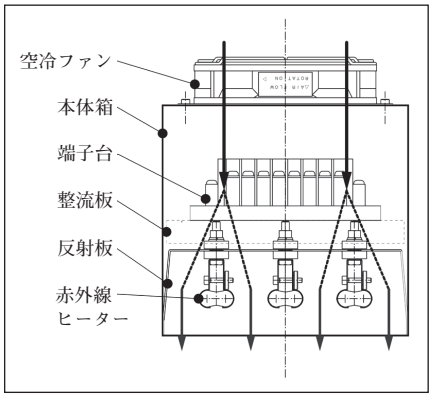

図2　空冷式赤外線モジュールの構造

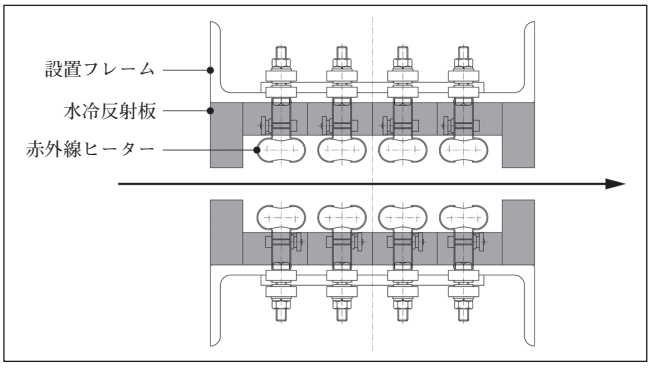

図3　対向加熱型の水冷式モジュール

写真1　水冷式短波長赤外線モジュールで片面照射。オープン状態で鉄板全面を1,000℃まで加熱

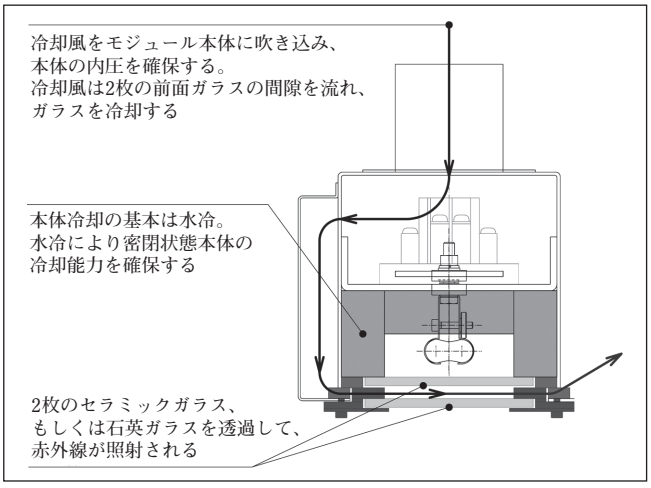

図4　ヘレウス最新の内圧式水冷モジュール

あるが、オープン状態で鉄板全面を1,000℃まで加熱している（写真1）。極めて強力な加熱源であることがお分かりいただけるだろう。

6．特殊構造モジュール

特殊なケースではあるが、プロセス雰囲気と赤外線ヒーターを遮断したいとの要望もある。赤外線エネルギーは耐熱ガラス越しに照射ができるので、前面ガラスを設置して赤外線ヒーターを設置しているプロセスがある。前面ガラスには耐熱性に優れ、赤外線透過率が高い石英もしくはセラミックガラスが採用されるが、価格的な理由でセラミックガラスの実績が多い。

この方式はコーティング乾燥で検討されることが多い。温風乾燥炉などで問題となる、風によるコート面の乱れ、あるいはコンタミ付着防止を狙った品質向上を目的としたものである。分野は違うが、自動車の乾燥工程でも同様の前面ガラスを使用している赤外線ゾーンがあるが、コンタミ付着防止による不良率低減が狙いと言われている。

当社では、エアーフローティング方式の乾燥炉に対応する小型モジュールの要望が多い。最新の内圧式水冷モジュールを紹介しよう。

図4に示すように、このモジュールは内圧式モジュールで外気の侵入を防いでいる。前面には2枚組のセラミックガラスを採用し、本体には水冷板を採用しており、かなり複雑な構造となっている。

モジュール本体は水冷式により熱的・機械的に保護されているが、さらに前面ガラス温度を下げるために冷却風を使用している。シート接触時などのトラブルを想定しての安全対策であろうが、加熱と冷却といった相矛盾する要望である。

当社では実験機（貸出機）を製作したが、オープン実験においては、十分な風量を流せばガラス面は200℃以下になることを確認した。ただ、実際のプロセスにおけるガラス温度は違ってくるはずである。実プロセスに近い条件で確認してもらうために、貸出機にてお客様毎に測定していただいている。

7．今後について

最近の赤外線ヒーターに対する要望は新しい広がりを見せている。特に高温プロセスの要望が増えてきている。技術内容的に見ても新しく、前例がないようなアプリケーションの問い合わせばかりである。それは未知のことに挑戦していく企業の前向きな姿勢が顧客より評価された結果と考えている。

今後、さらに新しいことへの挑戦が続くと思われる。赤外線加熱の分野だけではあるが、当社では技術ソフト面も提供しているのでご利用いただきたい。