工業用赤外線ヒーターにおける近年の動向

ヘレウス㈱
近江　善夫

1．はじめに

コンバーティング業界における赤外線ヒーターの実績は、年々増加してきている。しかも近年の傾向は、従来工程の生産能力アップよりも、環境対策関連の脱溶剤（水性化）、脱塩ビなどを掲げたプロジェクトが多いように思われる。不景気の中での大きな投資ではあるが、将来を見据えた企業の姿が見受けられる。

今回はそれらを題材にして、近年の赤外線ヒーターの動向をご紹介したい。特に、赤外線ヒーターハウジング（ヒーターケース）の実用例について取り上げたい。なお、色々な例を挙げるので雑談的になってしまうと思うがご了承願いたい。

2．脱塩ビでの例

最近騒がれているダイオキシン問題を発端に、塩ビ素材から塩素を含まない新素材へ切り替える動きが本格化している。ここでは、家電製品や建築材料で多く見られる化粧シートのエンボス直前加熱を例に話したい。

従来は塩ビシートを主体としてきた各種化粧シート。素材の詳細は各メーカーから公開されていないため不明であるが、オレフィン系材料へ切り替える動きが盛んである。素材の変更により、製品性能が従来品より劣るといった品質の諸問題と共に、既存設備では生産速度が落ちるという問題が必ず出ているようである。特に影響が大きいのがエンボス工程で、オレフィン素材の種類にもよるが、塩ビより加工温度が高く、かつ温度範囲が狭いという条件を頻繁に耳にする。エンボス加工泣かせの素材と言えよう。

2.1　既存設備では

従来、素の塩ビシートでの加工温度は120～130℃といわれているが、新素材のオレフィンシートでは加工温度が180～200℃に上がると聞いている。既存設備を使い、もし加熱能力に余裕がなければ、生産速度は、単純に計算しても従来の30～50%に落ちることになる。

今までの傾向として、エンボス前加熱にはセラミック遠赤外線ヒーターが用いられていたが、その加熱能力を２倍に能力アップしようとするには、簡単に考えれば２倍のエネルギーを入れればよい。しかし、それだけのスペースがないのである。

エンボス工程での加熱では、エンボスロールとその直前のガイドロールの間で加熱するのが効果的であり、ガイドロール前で加熱したのではロールに熱を奪われるだけで意味がない。与えられるスペースはエンボスロールとその直前のガイドロールの間だけである。また、ガイドロールが耐熱性のない場合もあるので、さらに加熱スペースが減る。ガイドロールの位置は変更が難しいことも考えに入れておかなくてはならない。

2.2　赤外線ヒーターはどの種類を使うか

本稿では赤外線の加熱原理の詳細説明は省かせてもらうが、もし各種赤外線ヒーターの性能比較をする場合には波長の違い、熱源温度の差、反射板の性能などの比較をすべきかもしれない。しかし、ここでは「加熱速度を２倍にするにはヒーター出力を２倍にすればよい」と

表１　赤外線ヒーターの性能比較

	石英管サイズ	最長加熱長（m）	発熱体温度＊3（℃）	最大エネルギー波長（μm）	立ち上がり速　度（秒）	最大エネルギー密度（kW/m²）＊4	寿命＊5
短波長赤外線ヒーター＊1	23×11	2.6	1,600～2,100	約1.2	1～2	120	5,000時間以上
	34×14	3.2	1,400～1,600	約1.6	3～5	100	
カーボン中波長ヒーター	φ19	1.6	950～1,200	約2.0	2～3	100	8,000時間以上
中波長赤外線ヒーター	18×8	1.0	800～900	約2.6	1～2分	50	2万～3万時間
	22×10	1.5					
	33×15	4.0					
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（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
＊５）実質時間を意味する（保証時間ではない）

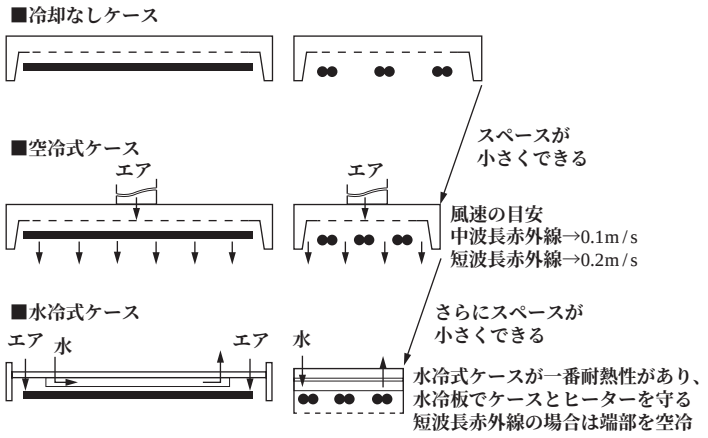

図１　ケース（ハウジング）の概略

仮定する。ただし、このような仮定は実際例でも大筋で合っており、経験則ではあるが、このようなエンボス前の加熱ではほとんど外したことはない。中には波長を変えれば飛躍的に加熱効率が上がるのではないかと期待されている方もいるが、特殊な例を除いて波長の差がそれほど大きく影響することはないと言ってよいだろう。

赤外線ヒーター性能一覧表（表１）をご覧頂きたい。最大エネルギー密度が単位面積に投入できるエネルギー量を意味しており、それから考えると既存設備で同じスペースに赤外線エネルギーを多く投入するには、短波長赤外線ヒーターが一番適していることになる。事実、オレフィン系エンボスの新規プロジェクトにはすべて短波長赤外線ヒーターを納入している。これであれば、遠赤外線ヒーターや中波長赤外線ヒーターの２～３倍のエネルギーを同スペースに入れることが可能である。

写真１　壁紙エンボスラインでの空冷式ケース採用例

2.3　赤外線ヒーター設置での問題

短波長赤外線ヒーターで従来の２倍のエネルギーを投入できることは分かったが、実際に設備に取り付ける時にはまた問題を抱える。

例えば、中波長赤外線ヒーター以下のクラスの場合であれば、極端なことを言えば、単純なステンレスの箱のようなケースでも十分であった。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、当然ヒーターケース（ハウジング）にも相当の熱負荷を掛ける。そのままではケース自体が変色はもちろん、熱変形も起こす。ひどい時にはヒーターまでも破損することになるのである。

そのため何らかの冷却機構を持ったケース（ハウジング）が必要となる。当社では、空冷式ケースと水冷式ケースの実績がある。図１のケース概略説明図で比較して頂きたい。空冷式にしろ水冷式にしろケースおよび赤外線ヒーターを冷却し、高出力に対応しつつ、ヒーターの寿命安定化の工夫もされている。

写真２　床材エンボスラインでの空冷式ケース採用例

写真１は壁紙エンボスライン、写真２は床材エンボスラインでの空冷式ケースの実例（いずれもドイツ）であるが、ヨーロッパでは空冷式ケースの実績が多いようである。日本では水冷式ケースの実績が多い。どちらのタイプであれ、エネルギー密度120kW/m^{2}という高出力にも対応可能である。

当社では空冷式と水冷式のケース価格はさほど変わらないが、目的（ユーザーのご要望）に応じて検討している。空冷式ケースの冷却風が目的物に当たるため、加熱（特に均一性）への影響を懸念して、日本では水冷式ケースの採用例が多い。また、エネルギー密度120kW/m^{2}を超える場合には、水冷式の方が耐熱性に優れているといえる。しかし水冷式の場合には、当然、冷却水を用意しなければならないし、ヒーターを使っていない時に結露するという問題もある。一長一短があるので目的に応じて選ぶ必要があるだろう。

３．水性化（脱溶剤）の例

次に、水性化の話題に移る。脱溶剤化の動きはまだまだ盛んに行われているとは言えないが、水性インキ、水性コート、水性接着剤などの実用化が既に始まっている。水系に変わると水の蒸発潜熱が大きく圧し掛かってきて、乾燥速度が思うように上がらないのは当然のことである。

溶剤が水に変わると蒸発潜熱が増え、蒸発に必要な熱エネルギーが大きくなる。そして既存の設備では熱量が足りなくなり、結果的に乾燥速度が遅くなる。それならば赤外線により、足りなくなった熱エネルギー分を補充すればよい、ということになるのである。

3.1　遠赤外線ヒーターはだめだったが…

「過去に遠赤外線ヒーターで試したが、効果がなかった」との渋い経験をお聞きすることがある。一般にセラミック

パネル型ヒーターで知られている遠赤外線ヒーターは、ヒーター表面温度を500℃くらいに上げ、セラミック表面から赤外線を輻射しているので、表面温度が風により下げられると赤外線エネルギーは思うように輻射できなくなる。これは、風に熱エネルギーが奪われ、輻射光が激減するからで、一般に遠赤外線ヒーターでは基材の搬送風や乾燥炉の温風との共有には困難が伴うといわれている。

それに対し、ヘレウス赤外線ヒーターは風の外乱を受けにくい構造になっている。ヘレウスは大きく分けて、中波長赤外線ヒーター、カーボンヒーター、短波長赤外線ヒーターに３種類の製品を持っているが、どれも石英ガラスによって熱源（赤外線エネルギー輻射源）が覆われているので、風などの外乱が熱源に影響することはない。赤外線光は透明石英ガラスを透過して、目的物に照射される。また、ヘレウス赤外線ヒーターの場合、独自の金反射膜が取り付けられているため、目的方向に95％の赤外線光を照射可能にしており、業界最高の照射効率を有している。

3.2　赤外線ヒーターはどの種類を使うか

溶剤系コートを水性系コートに変更した場合を想定して、話を進めてみよう。例えば、溶剤系コートをしており、既存温風炉では50m/minまで乾燥可能だったが、水性系では30m/minに落ちてしまった場合。目標速度を50m/minとした時には、不足のΔ20m/min分だけの熱エネルギーを補足することになる。

実際どのくらいの赤外線ヒーターを投入するべきかは、ある程度はシミュレーションできる。その計算方法についてはコンバーテック1994年11月号で説明しているので今回は省略するが、もしシミュレーションを希望される方があれば当社まで問い合わせて頂きたい。

さて、必要赤外線エネルギー量が算出されたとして、次は赤外線ヒーターの種類を選ぶことになる。最近の傾向としては、異常時の緊急停止を考え、応答速度の速いヒーターが多く採用されている。表１を見て頂くと、短波長赤外線ヒーターとカーボンヒーターが数秒単位でのON-OFFが可能である。緊急停止のことを考えれば、この両者の中から選ぶことをお勧めする。

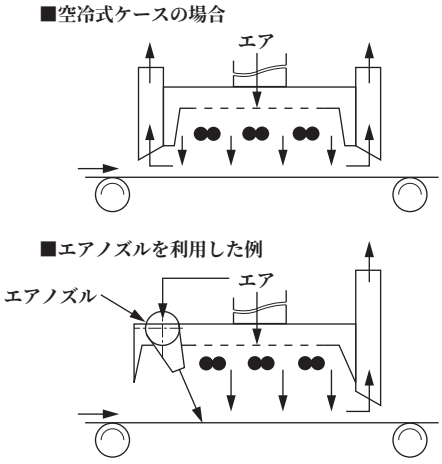

図２　吸気と排気のバランス

3.3　赤外線ヒーター設置での問題

赤外線ヒーターをどの位置に取り付けるべきか。既存温風炉の中に取り付ける方法もあるが、もしコーターから温風炉まで距離があるのなら、この間に入れる方が得策である。赤外線ヒーターの役目はあくまで加熱であり、不足エネルギー分だけ事前に加熱した物を温風炉に入れて乾燥させるのが理想的である。

それは、赤外線が厚いコートや接着剤の中にも入っていく力があるので、表面だけが先に乾いてしまう（いわゆる皮貼り）現象が起こりにくいという特長があり、温風よりも急速加熱・乾燥に優れているからである。また、水が残っている間であれば基材の温度が100℃を超えないが、水分がなくなった状態で赤外線を照射すると、赤外線自体が強い加熱源なだけに、どんどん基材温度を上げてしまう危険性がある。前節の不足分（Δ20m/min）の熱量だけを最初に与えれば、基材への影響も少なく乾燥速度が上げられる。

もう１つのポイントは、乾燥工程から出てくる蒸発分をどう処分するかである。作業環境を考えると、蒸発分や余った熱はきちんと排気すべきである。図２をご参考頂きたい。吸気と排気のバランスをとり、作業環境を守っている。もちろん新規設備の場合は、温風炉がなくても、このような赤外線システムだけで乾燥ゾーンが組める。写真３がそのような乾燥工程のドイツでの実例である。

写真３　赤外線システムのみで乾燥ゾーンを組んだ乾燥工程例

3.4　水性系なのに防爆構造？

もう１つ、よくお聞きする中に、水性系の乾燥であるが防爆構造（安全増し程度）にして欲しいとの要求が多い。

これは、水性系の乾燥に赤外線ヒーターを使うのではあるが、同工場内で溶剤系が使用されていたり、あるいは１つの設備で溶剤系と水性系を切り替えながら使っていく時に、設備はどうしても防爆構造に対応する必要があるからである。工場の敷地面積が少ない日本独特の問題なのかもしれないが、水性系への移行期にはどうしても出てくる問題である。

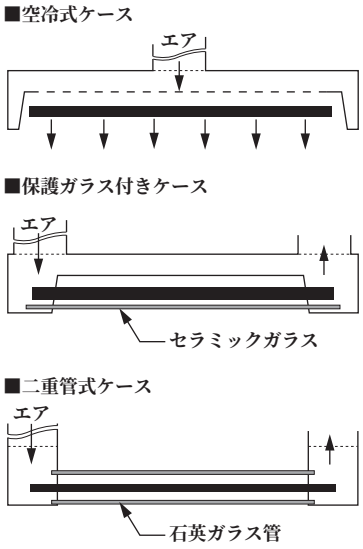

図３　防爆対応例

先に言っておくと、工業用電気赤外線ヒーターには防爆型というものはない。システム全体で防爆に対応するしか手がない。ヘレウスの実績例を図３に紹介した。工場が規制以下の溶剤使用であれば、空冷式ケースのようなものでも、着火源に溶剤が近づくことがないのでよいと思われる。

しかし、本格的な対策を取るには、セラミックガラスもしくは石英ガラスによって外気とヒーターを分離する必要がある。輻射された赤外線光はガラスを透過して目的物に照射されるが、外気はガラスによって遮断されるのである。ただ、このケースだけでは十分な防爆とはいえず、吸気ファン起動やヒーターケース内のパージ圧などのインターロックをシステムとして取る必要がある。また所轄の消防署に相談しながら、さらなる安全対策を加えていくことになろう。

４．真空成型・プレス成型での例

余談になるが、プラスチックシートなどの真空成型やプレス成型をご存じの方もおられるであろう。この分野での近年の例をご紹介しておきたい。ほとんどの真空成型機の加熱には、セラミックパネルヒーターが用いられている。加熱ゾーンの中に小さいセラミックパネルが無数に並べられており、何十ゾーンにも分けて制御を掛けている。セラミックヒーターは外気温度に影響を受けやすいので、通常、熱い空気が溜まる中央部は弱く設定し、外側は強く設定している。そうしなければ均一な加熱は得られないのである。

写真４　真空成型での短波長赤外線／カーボンヒーター採用例

この加熱方法は確立されており、さほど難しいものではないのだが、ただ問題として消費電力の無駄が指摘されている。それは、例えば「成型サイクル４分のうち加熱時間は30秒だけで、後の３分30秒は無駄にヒーターをONしている」といったように、目的物を加熱していない時にもヒーターを止められない点にある。

これを、応答速度の速い短波長赤外線ヒーターまたはカーボンヒーターに切り替える動きがある。単純に考えても消費電力は70～80％OFFになるのだから、相当な省エネ、コストダウンが図れるはずである。

国内でも数例出てきているが、ドイツでの実績が非常に多い。ドイツでの実績例として写真４をご覧頂きたい。今までは、細かいゾーン制御ができないから棒状ヒーターでは無理と言われていた分野であるが、適切なヒーター配置をすれば十分な均一加熱が得られる。また、加熱時間も当然短くなり、セラミックヒーターの半分の時間で加熱できている。なお交代制工場であれば、初期投資額は１～２年の省電力コストで賄えるという試算もでている。

従来のセラミックヒーターを使用している設備では、目的物がない場合も加熱し続けており、どうしても赤外線ゾーンがオープンな状態になるため、無駄な熱が工場内に垂れ流しになる。また加熱時には、目的物から煙や異臭が発生することもあるが、セラミックヒーターでは積極的な換気は難しい。これではお世辞にも、とても良い作業環境だと言うことができないであろう。それに対し、短波長赤外線ヒーターまたはカーボンヒーターを使った場合、目的物の加熱時以外で速やかに加熱が止められ無駄な熱が少ないのはもちろん、風に影響を受けにくい構造を利点に積極的な換気も可能であり、作業環境がかなり改善される。何かのご参考になればと思う。

５．おわりに

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。それは、未知のことに挑戦していく企業の前向きな姿勢の表れだと思っている。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頂きたい。

＜参考文献＞

１）近江善夫：熱硬化における赤外線加熱の可能性，コンバーテック11月号，p.22～25（1994）