遠赤外線輻射ヒーターの機構とその応用*

細 川 修 克**

1. は じ め に

従来の赤外線ヒーターとはまったく異なった 50μ に及ぶ長波長の赤外線を放射する新しい赤外線放射ヒーターが開発された。このヒーターは特殊金属発熱体の表面にレーヤー金属の酸化物からなるセラミック複合体を特殊な方法で被覆したもので、このセラミック複合体が金属発熱体から出る熱を遠赤外線に変換して長波長赤外線を放射するものである。有機物質、高分子物質（ポリエステル、ポリアミドなど）水などの分子の振動波数と同一の波長の赤外線を放射する結果、被加熱物質の分子に共振現象を起こさせるので、従来の赤外線ではどうてい考えられなかった優れた効果が得られた。第1図はこの遠赤外線輻射ヒーター「インフラジェット」の構造を示す。

(第1図) インフラジェットの構造

2. 特 長

本ヒーターの主な特長をあげると、

(1) 熱処理時間が熱風炉、赤外線ランプなどに比べ $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{30}$ に短縮される。メラミン塗料の焼付で従来 30 min 要したものが 4 min で完了し、しかも従来より艶、耐剥離性などで優れた品質のものが得られた。

(2) 設備（炉、建屋、敷地）が従来法の $\frac{1}{10}$ ですむ。従来 40 m の炉長のものが 4 m あれば足りる。従来法が熱風炉であっても、また赤外線ランプ炉であっても上記の縮小が該当する。

(3) 電力消費量が $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{5}$ に節約される。間接的メンテナンスなどを考えた場合、ガスはもちろん熱風よりもランニング コストは安くなる。

(4) 50μ にも及ぶ長波長赤外線が物質の内部まで浸透加熱するので、物質の表面の過熱が防止できる。

(5) 色の差による加熱むらが起こらない。

(6) ヒーターの機械的強度は、鉄鋼に劣らぬ強度をもっており、また発熱体は完全にシールされて O_2 との接触は遮断されているため、酸化ないし脆化による性能低下の心配がない。また水滴のかかる場所、あるいは激しい振動のある機械部分に取付けても、まったく破損の心配はなく、数年間で破損することはない。

(7) 温度制御は目的に応じて $\pm \frac{1}{100} \sim \frac{1}{1000}$ までの制御が容易である。

(第1表) インフラジェット ヒーターの寸法規格例

全 長 (mm)	加熱長 (mm)	電 気 容 量 (W)			電 圧 (V)
		直 径 12 mm	直 径 14 mm	直 径 16 mm	
500	440	750	800	1 000	100V, 110V, 116V, 200V
800	740	1 000	1 300	1 500	
1 000	940	1 500	1 700	2 000	
1 200	1 140	1 700	2 000	2 500	
1 500	1 440	2 000	2 500	3 000	
1 800	1 740	2 500	3 000	3 500	
2 000	1 940	3 000	3 500	4 000	

* Mechanism of Infra-Jet Heater and its Application.

** N. Hosokawa, (株)ジャート 技術部

(8) ヒーターの長さ、形状は一定の規格があり使用目的に合わせた容量、電圧を自由に組合わせ選択できる。第1表(前ページ)はインフラジェットの規格例である。

(9) 現在使用中の加熱炉の石英管、シーズヒーター、赤外線ランプをそのまま本ヒーターに取換えることが容易である。また現有熱風炉の性能補強のため熱風炉内に併用設置することも容易である。第2表は、本ヒ-

なくよく吸収する特性をもっており(その特性が各物質個有の赤外線吸収帯をもっていることから、有機物質の分析はもっぱら赤外線吸収スペクトルによる方法が普及している)、これが本ヒーターの放射する波長域と合致するため大きな加熱効果があるわけである。

第2図はメラミン樹脂の赤外線吸収特性を示し、第3図は本ヒーター(ジャード社製インフラジェットヒーターによる)ならびに従来の赤外線ランプの赤外線放射エネルギー強度分布を示す。

(第2表) 遠赤外線炉と他の炉との比較

	遠赤外線炉	熱風炉	ランプ炉	ガス赤外線炉
設備費	100	300~400	200	220~250
設置面積	100	1000	300	200
ランニングコスト	100	150	200~300	200
寿命	数年以上 *1)	2年 (バーナー)	1~2年	2年
ごみはこり	まったく発生しない	発生しやすい	発生しやすい	発生しやすい
メンテナンス	ほとんど不要	点検が必要	常時点検が必要	点検が必要
危険性	中*2)	中	中	大
温調	高精度で容易	普通	むずかしい	普通

注 *1) 適正設計であれば寿命は半永久的である

*2) 加熱性溶剤の引火濃度にならないように自然通風させるかまたはダクトで引く必要がある

3) 目的によって $\pm 1/100 \sim \pm 1/1000$ まで可能である。ヒーターはジャード社製インフラジェット遠赤外線ヒーターを使用

(第2図) メラミン樹脂の赤外線吸収特性

(第3図) インフラジェットヒーターと赤外線ランプ(石英管)の赤外線放射エネルギー

ターによる炉と他の熱源によるものとの比較を示したものである。

3. 加熱効果のよい理由

なぜこのような加熱効果があがるのか。その理由としては、このヒーターのレーヤーメタル酸化物から放射される赤外線の波長が非常に長く、 50μ 以上にも及んでいることにある(従来の赤外線ランプや石英管から放射される赤外線は主波長(ピーク)は 1.12μ にすぎない)。

一般有機物質、高分子物質、とくに大部分のプラスチックや蛋白質、油脂、繊維素系物質(紙や木材、合板などを含む)、合成繊維、塗料、食品、水などはいずれも 4μ から 50μ 以上にわたる長波長域の赤外線を例外

第3図で明らかなことは、従来の赤外線ランプ、石英管に比べ、本ヒーターから放射される赤外線が非常に長波長領域にわたって強力に出ていることがわかる。また第2、3図を比較すると、メラミン樹脂の赤外線吸収域と、本ヒーターの放射波長域との近似性がわかる。一方、第3図でわかるように、従来の赤外線ランプの主波長は、約 1μ がピークであり、相手側に適切な受入れ体制(赤外線吸収帯)がないので、エネルギーの有効な利用が行なわれていない。

以上のことから、本ヒーターから出る輻射エネルギーが、メラミン樹脂に極めて効率よく吸収されるであろうことが容易にわかる。単にメラミンにかぎらず、他の高分子、有機物質も同様に有効であることは第4、5図(次ページ)から了解される。

(a) ナイロン11

(b) ポリエステル (テトロン)

(c) 塩化ビニル重合体

(d) 酢酸ビニル

(e) ユリア樹脂

(f) ポリウレタン

(g) エポキシ樹脂

(h) シリコン樹脂

(第4(a)~(h)図) 各種有機物の赤外線吸収スペクトル

(第5図) 有機物の一般的な赤外線吸収特性

4. 遠赤外線とは

普通、分光学で赤外線というのは可視光線より波長が長く、マイクロ波より波長の短い、 $0.72 \sim 1000 \mu$ の電磁波のことである (第6図)。そして、電磁波の中での

(第6図) 電磁波スペクトル中の赤外線的位置

赤外線的位置は、可視光線の赤 (波長 0.72μ) に続いて 2μ 以下の近赤外線、 $2 \sim 25 \mu$ の中赤外線、 25μ 以上の遠赤外線とあり、従来用いられている赤外線ランプは近赤外線領域の電磁波を出している。

5. 遠赤外線の繊維工業への利用

遠赤外線が繊維工業へ利用されるのは主として加熱用熱源である。使用分野としては、

5.1 糸、繊維、ロービング、スライバーの加工

(羊毛の場合)

a. 染色後またはギルを通す前のロービングおよびスライバーの乾燥

b. 糊付した たて糸の乾燥

(綿の場合)

a. 糊付した たて糸の乾燥

b. 樹脂やプラスチック加工剤のような仕上剤のついた糸とロープの乾燥

(合成繊維の場合)

a. サーモゾル染色や染色の前のスライバーとロービングの乾燥

b. 紡糸後、非結晶状態の分子の結晶化のために行なうフィラメント糸の延伸、熱処理

c. 延伸機での高温乾燥

弾力を少なくしたり、排水収縮しない繊維にしたり、仕上や染色のため乾燥熱処理によって繊維構造を変え、糸の撚りのヒートセットなどに使う。第7図はインフラジェット遠赤外線輻射エレメントを円筒内部に向け放射せしめ、円筒の中心部を通過するナイロン糸のヒートセットを急速に行なうべく設計したヒーターで、従来のものに比べスピードは10倍アップ

(第7図) ヒートセット用円筒型インフラジェットヒーター

また糸の品質は大幅に向上した。

- d. 毛と合成繊維の混紡糸とロービングにスチーミングなしでかさ高効果や収縮効果を与えるための収縮加工
- e. かさ高繊維の製造の立場からは、ハイパルク加工ともいわれるトゥツウトップ機にかけるスライバーやロービングの加熱
- f. かせ、ボビンなどの乾燥

5.2 織物の加工

- a. 幅出し機などで高温仕切り用加熱
- b. ローラーやコンベヤーベルトをもった機械による幅を広げた乾燥
- c. 樹脂やシリコーンを塗った布の重合
- d. 捺染した織物の乾燥
- e. あらゆる合成繊維織物のヒートセットによる安定化
- f. 回転式の幅出しローラーのすぐ後にある染色物や仕上品の乾燥とヒートセット
- g. プラスチック、エラストマー、防水剤などを使用した特殊加工の乾燥とヒートセット
- h. 仕上、染色および樹脂加工の乾燥および合成繊維の熱安定化に使うリボン製造のための特別な加熱機。その他自動車用の安全ベルト、パラシュート用ベルト、航空用の高強度ベルトの製造
- i. フェルトおよび製紙用の特別なフェルトまたは汙過布の熱安定化のための乾燥
- j. 種々の性質の材料を何枚かはり合わせたラミネ

一ト布の乾燥

5.3 コーティング加工

- a. フロック加工した織物やプラスチック材料に適した織物のPVCコーティング加工のゲル化
- b. 合成ゴム、天然ゴム、およびラテックスによる表面被覆の連続加硫、プラスチックやラテックスでかためた不織布の製造
- c. 防水加工やゴム引きの前処理として行なうニスや接着剤のコーティング加工
- d. PVC、ラテックス、でんぷんなどによる糊付け、フォームラミネート衣料などの織物の裏に塗る特別の保護加工
- e. とくに電気工業用に使うガラス繊維の特殊加工

など従来から石英管、シーズヒーター、熱風などが使われている分野にはなんらの心配なく、直ちに取換えることができ、その結果、従来法による所要乾燥時間を平均して $\frac{1}{10}$ に短縮することができ、また特に合織の場合、品質特性が従来の処理によるものよりはるかに向上する。

また、従来使用中の熱源が弱く十分な効果を挙げていないような場合、工程に併用することもきわめて容易である。石英管の場合使用後半年で効率は急激に低下し経済的には不採算点に達するが、インフラジェットには劣化現象はまったく起こらないので数年間の使用でも効率が低下する心配はない。

6. 各種工業における実施例

6.1 繊維工業の例（ポリエステル撚糸のヒートセット）

従来、電熱加熱でセットしていたものをインフラジェット遠赤外線ヒーターで処理したところ、従来の10倍のスピードでしかも品質にばらつきがなく、弾力性、腰の強さで従来法に比べ遙に優れた品質のものが得られた。電熱加熱では100 m/minのものが、遠赤外線（インフラジェット）では1000 m/minになった。

6.2 塗装工業の例（照明器具の上塗り塗装）

鉄製照明用部品のメラミン塗装焼付けは、従来赤外線ランプで72kW、処理時間30 minを要したものが「インフラジェット遠赤外線ヒーターにより22kW、3 minで焼付けを完了した。しかも炉長が有効部分でわずか3 mで十分となった（第8図）。

6.3 プラスチック工業における例

熱可塑性熱硬化性樹脂の別なく、フィルム、シート、厚板の予熱軟化、ペーストレジン、接着剤、インクなどあらゆるプラスチックのキュアリング、脱水乾燥などに優れた効果をあげている。

また二液性ポリウレタンのキュアリング（ポリエチレンフィルム上に二液性ポリウレタンを厚さ200 μ コートして皮膜形成を行なう工程）では、従来熱風炉で70°Cで3日を要したものが、70°Cで3 min間で完了し、しかも引張強さなどの物性が2倍向上した。

(第8図) メラミン焼付炉の例

6.4 製紙工業における例

紙加工（樹脂含浸）において従来 130°C 、20 min 要したものがインフラジェットで 100 sec で完結した（第9図）。

（第9図） 紙加工炉の一例

7. お わ り に

レーヤー メタルの酸化物から放射される 50μ にも及ぶ長波長赤外線（遠赤外線）を工業的に簡単に誰にでも取

扱えるようにしたこの新しい遠赤外線輻射ヒーターは、

- a. マイクロ波、高周波などと違って装置に多額の費用を必要とせず、従来の石英管ヒーターのソケットがそのまま使える
- b. 完全密閉炉を必要としないので工場内でもパネル型のユニットで簡単に採用できる
- c. 効率が良いのでガスや灯油よりランニングコストが安い
- d. 従来の熱風炉、赤外線ランプ炉などに比べ処理時間が $\frac{1}{10}$ に短縮され、したがって炉長も $\frac{1}{10}$ に短縮される
- e. 他の加熱方法との併用が自由にできること
- f. 温度制御の精度が高く $\pm 100 \sim 1,000^{\circ}\text{C}$ までの制御が可能である
- g. 他の加熱方法との併用が自由にできる

などの諸点を考えると、今後工場の合理化、省力化に役立つものと思われる。