

〔連載〕

# 現場で役立つ省エネの基礎

〔第12回〕

## 産業用電気加熱 遠赤外加熱の省エネ

産業用電気加熱の最終回。今回は、幅広い工業分野で活用されている遠赤外加熱における省エネの基礎を紹介する。（編集部）

一般社団法人日本エレクトロヒートセンター  
技術委員会 遠赤外線加熱技術部会長 樫本 尊久  
(TPR 熱学株式会社 代表取締役社長)

### 1. はじめに

各種製造ラインにおける、加熱・乾燥工程での電気加熱は、作業環境の改善をはじめ作業スペースの確保、安全性の向上など数々のメリットを持ち注目されている。その中でも、遠赤外加熱は、塗装や印刷の乾燥、樹脂の硬化・加熱工程において、最も明確な利用分野として長い歴史を有している。特に溶剤や水分の乾燥は加熱に必要とされる温度が遠赤外放射の熱エネルギーの波長とほぼ合致することから、利用例が最も多く、自動車、電気、精密機械、プラスチック、木材、食品などあらゆる工業分野で活用されている。本稿では、遠赤外加熱の原理と設備導入による生産性向上事例、近年の複合加熱の状況について解説する。

### 2. 遠赤外加熱の特徴

#### 2.1 熱の伝達

物体に熱エネルギーを伝達するには、伝導・対流・放射のいずれかの過程（方式）がとられ、実際の加熱では、この伝達方式のうち2つ以上を組み合わせている場合が多い。熱の伝達過程イメージを図-1に示す。

#### 2.2 放射加熱の特徴

放射加熱における被加熱物の温度上昇は、入射した赤外放射などが被加熱物に吸収されて、その物体を構成する分子などの運動が活発になる結果である。また、放射加熱は放射エネルギーによる直接加熱となるので、間接加熱に比

べ加熱効果が高い。詳細な原理説明は省略するが、イメージを図-2に示す。

### 3. 遠赤外ヒータの選定が鍵

放射加熱を加熱・乾燥工程に採用するにあたり、最も効率よく加熱するためには最適な遠赤外放射源、つまり遠赤外ヒータの選定が重要になってくる。実用性を向上させた構造の遠赤外ヒータが種々開発・実用化されているので、

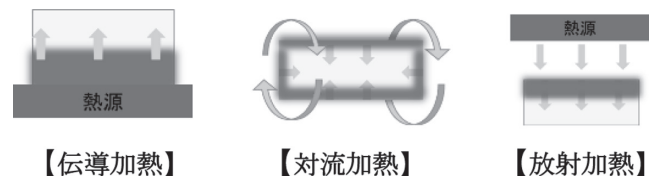


図-1 熱エネルギー伝達過程イメージ

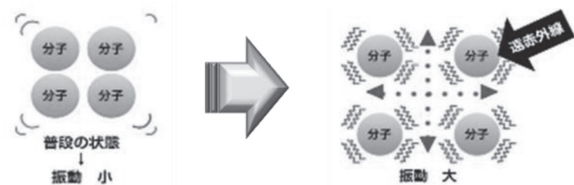


図-2 放射加熱原理

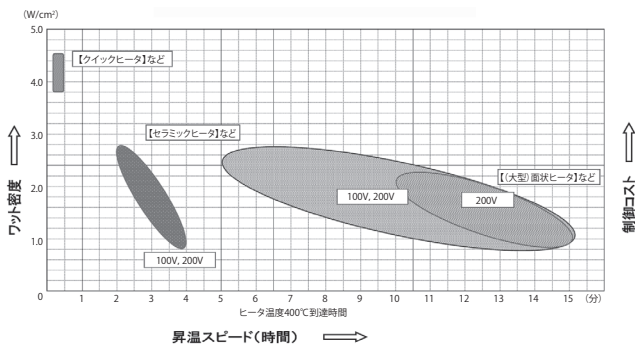


図-3 遠赤外ヒータ位置づけグラフ

図-3に代表的なヒータの昇温スピード・ワット密度・制御コストでの各ヒータの位置づけグラフを示す。

現在の産業界における加熱・乾燥工程は多岐にわたり、24時間フル稼働で絶え間なくワークが流れてくるラインもあれば、単発でワークが流れてくるラインなどもあり、工程にあった最適な遠赤外ヒータを選ぶことで最大限の効果を得ることが可能になる。図-3のように、数十秒で500℃～600℃まで昇温できるヒータがある一方、十数分要して400℃まで昇温するヒータも存在する。それぞれの目的に沿って開発されたヒータであり、活用場所も異なるため、優劣はつけられない。採用にあたっては、各ヒータメーカーのアドバイスのもと、検証テストも実施したうえで、総合的に判断していただくことを推奨する。

#### 4. 遠赤外ヒータ設備導入検討にあたり

放射加熱のメリットは計り知れないものがあるが、万能ではない事を事前に理解して導入する必要がある。

遠赤外加熱方式の多くは、希望するワーク温度に昇温させるための加熱条件（ヒータ設定温度と加熱時間）を見つけ出し、その条件下で生産することが主である。この方式が敬遠されがちな要因として、ヒータ設定温度と目標ワーク温度がかけ離れていることで、初めて使用する場合は特に、ヒータ設定温度をどのくらいにすれば、ワーク温度が目標値に達するかがわからないという意見を耳にすることが多い。また、外乱によるワークへの影響（温度未達成や保持時間不足）を発見する方法や、トラブル時のコンベア停止によるワークの過加熱状態を防ぐ方法も検討しておく必要がある。

制御機器の進化により、このような問題点はかなり解消されてきているが、熱風炉が多く採用されているのは、このような問題点を100%解決できていないことが要因でもある。また、対象物の材質や形状によっては、放射加熱では、均一加熱を実現できないという現実もあることは紛れもない事実である。

しかし近年、遠赤外加熱設備の導入実績が増加しており、ヒータ設定温度とワーク温度の関係に関するデータや制御・設備構造に関するノウハウを各メーカーが蓄積しているので、設備導入にあたっては、スムーズな垂直立ち上げが実現されている。ヒータ温度制御だけではなくワーク温度制御による品質安定化、また複合加熱を活用した均一加熱も実現されてきており、遠赤外加熱設備の進化は目覚ましいものがある。

それでは、ごく一部ではあるが、代表分野における、遠赤外加熱設備の効果および導入事例を解説する。

#### 5. 塗装・印刷乾燥への効果および導入事例

放射加熱の特徴を生かした塗装乾燥・印刷乾燥工程への設備導入メリットとして以下のような点があげられる。

##### a) ワーク温度との差が大きく、安定した加熱ができる

熱風炉では、熱風温度とワーク到達温度との差が小さく、特にコンベア炉を構成した場合には、炉の出入口付近で外部温度の影響を受けやすく不安定となる。赤外線乾燥炉の場合は加熱体温度が高く安定した加熱ができる。

##### b) 保持時間が短い

塗料を例にあげると、各塗料メーカーの推奨保持時間が記されている。例えば推奨保持時間が15分の場合、コンベアスピードが2m/minの場合、30mの保持ゾーンが必要で、さらに昇温時間を考慮すると、非常に長いコンベア炉になってしまう。赤外線乾燥炉の多くの実績で、保持ゾーンが半分以下になった例が多くある。薄物の場合は保持ゾーンが必要ない場合もある。高いエネルギー密度で、速い昇温、かつ塗膜内部に赤外線が吸収されることで硬化が促進されるものと推定する。

##### c) 制御性が良く、希望の昇温・保持の温度プロファイルが実現できる

ゾーン制御が可能であるため、ワークの大きさ、塗膜厚さに応じた最適な温度勾配に制御できる。また赤外線ヒータの配置、サイリスター制御でバンクごとのエネルギー密度を変えることも可能である。

##### d) 塗装膜品質の向上

粉体塗装においては、昇温速度が遅いと溶融と硬化が部分的に起こり、目的の塗膜品質を得ることができない。赤外線加熱は硬化時間を短縮させるだけでなく、速く、瞬時に硬化させることにより、滑らかで艶のある仕上がりが得られる。また粉体が飛び散りワークに再付着、離脱することもない。

印刷乾燥目的で導入された2事例を紹介する。

##### ①連続式印刷乾燥コンベア炉

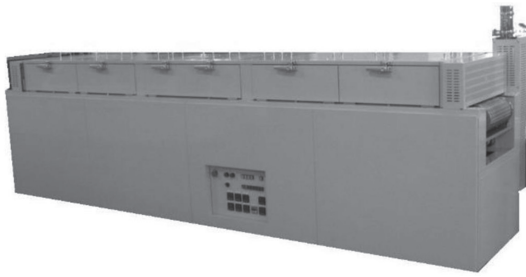


図-4 連続式印刷乾燥コンベア炉



図-5 連続式小型印刷乾燥コンベア炉

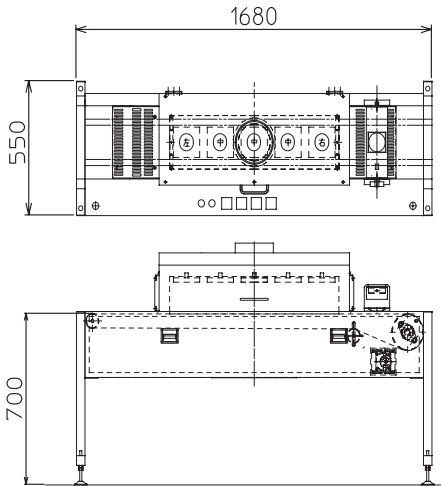


図-6 外形図

図-4 に印刷乾燥用として設置された連続式コンベア炉を示す。熱風炉からの置き換えで改善効果が実現できたものである。従来、乾燥に 20 分を必要としたが、5 分で同品質のものが生産可能となった。放射加熱効果による、昇温ゾーンでの急速加熱および保持ゾーンでの安定加熱の結果ができたものである。

#### ②連続式小型印刷乾燥コンベア炉

図-5 に印刷乾燥用として設置された連続式小型印刷乾燥コンベア炉を示す。シルク印刷などが施された後工程の乾燥に使用され、従来熱風乾燥されていたものが、遠赤炉

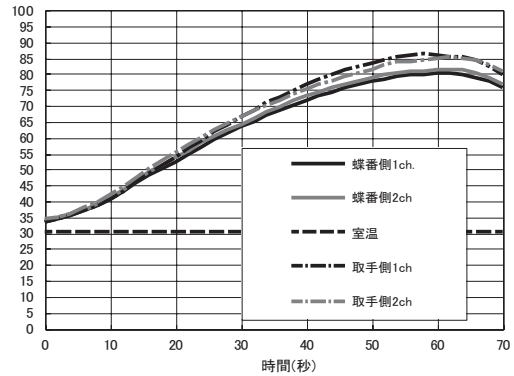


図-7 ワーク温度プロファイル

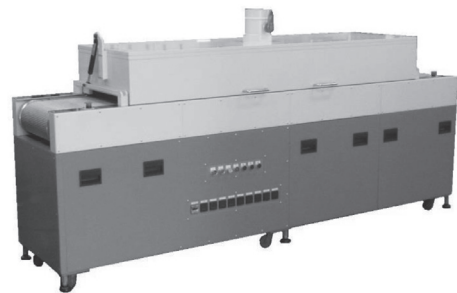


図-8 樹脂封止硬化用コンベア炉

にて乾燥することにより、乾燥時間を 1/3 に短縮できた実績を持つ。設備自体も非常にコンパクトに実現できている(図-6)。参考としてワーク温度プロファイルを図-7 に示す。

## 6. 電子部品の樹脂硬化への導入事例および効果

### リレーの樹脂封止硬化用コンベア炉

電子部品であるリレーの製造工程においては、樹脂ケース内に部品を挿入した後やケースカバーをした後に樹脂を塗布し、硬化させ封止する工程がある。

紹介する導入事例は、従来熱風炉で生産していたラインを遠赤外加熱方式に変更したものである。図-8 に外観写真を示すが、従来の熱風炉で 50 分かかっていた硬化時間が、15 分の加熱で同品質のものが生産できるようになった。

参考に、実際加熱している際のワーク温度プロファイルを図-9 に示す。

## 7. その他加熱・乾燥用途への導入事例および効果

その他の加熱・乾燥用途への主な導入事例として以下のケースを紹介する。

- ①モータ軸受け部接着剤硬化、一般部品接着剤硬化  
熱風炉 60 分 ⇒ 遠赤炉 6 分

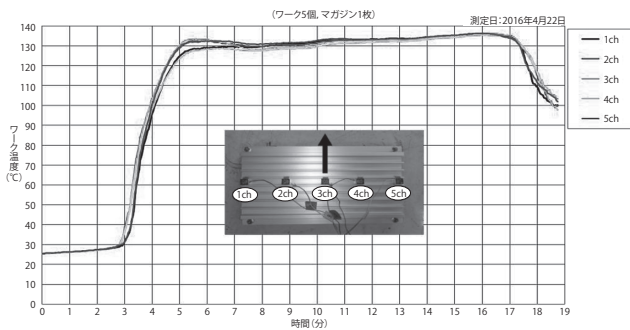


図-9 温度プロファイル

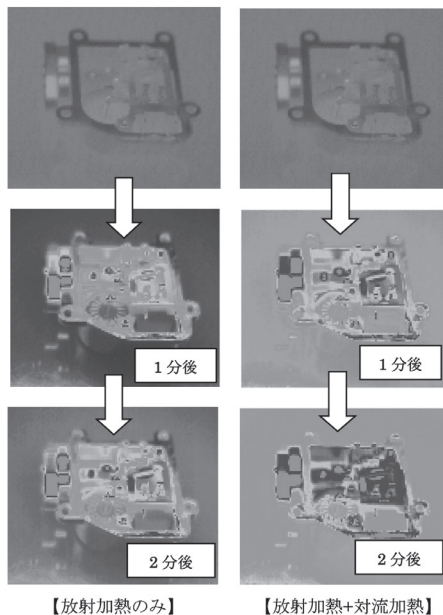


図-10 複合加熱昇温状態

## ②プリント基板乾燥

熱風炉 30分 ⇒ 遠赤炉 10分

## ③キャップラバーの乾燥

熱風炉 60分 ⇒ 遠赤炉 10分

## ④アルミホイール洗浄後の乾燥

熱風炉 40分 ⇒ 遠赤炉 25分

## 8. 複合加熱への取り組み

塗装乾燥、印刷乾燥、樹脂の加熱・硬化、その他用途における放射加熱設備の導入事例および効果を説明したが、冒頭で説明したように、放射加熱だけでは対象ワークが限定されてしまい、導入拡大が見込めない。

しかし、近年は放射加熱の欠点を補うべく、対流加熱や伝導加熱も同時に使用することで、導入される産業分野が広がってきている。

最も注目されている加熱方式が、放射+対流の複合加熱であることは間違いない。放射加熱は、陰になる部位への



図-11 複合加熱アニール炉

加熱は期待できないため、平板や凹凸の少ない形状のものに対して効果を出してきた。しかし複合加熱により、3次元形状の成形品の加熱や電子部品のポッティング硬化炉にも展開が進んでいる。

図-10に、放射加熱のみと、放射+対流の複合加熱の場合の昇温状態を代表例として示す。

このように、放射加熱と対流加熱を同時に行うことで、放射が届かない部位も昇温させることが可能になる。

また、複合加熱で効果を出せる加熱分野としては、樹脂成型品のアニール処理であろう。樹脂成型後に加熱し歪みを除去する工程であるが、熱風炉に対し、遠赤外ヒータを追加することにより昇温スピードが速くなり、かつ熱風により対流加熱されるので均一加熱が期待できる。図-11に複合加熱アニール炉を紹介する。炉天井部に放射温度計を配置しワーク温度を監視し、ヒータ出力にフィードバックしているため、安定した品質を確保することができる。生産能力がUPしたことは言うまでもない。

## 9. おわりに

以上、遠赤外加熱の導入実績と効果について、代表例を紹介した。遠赤外加熱については、いまだ解明されていない部分も多々あるが、多くの分野で効果を出せる非常に魅力的な加熱手法である。また、近年では対流加熱との併用による複合加熱や、放射温度計を使ってワーク温度を常に監視しヒータ出力にフィードバックするワーク温度制御などが採用された加熱装置が数多く導入されており、新たな分野での遠赤効果が数多く報告されている。しかし一部では、いまだに遠赤外加熱に関して誤った情報が流れていることも事実である。遠赤外加熱に関する安易な知識の取得による拡販活動は、一般消費者及び加熱装置のユーザーに誤解を与えかねない。反省すべき点である。

遠赤外加熱が今以上に導入され、効果を出すことにより、この加熱手法に関する正しい知識が広く普及されることを期待し、本稿の締めくくりとしたい。

次回からは「インバータ」の省エネ