

工業加熱

INDUSTRIAL HEATING

2020/9 VOL.57 NO.5

通巻341号 隔月刊・奇数月発行

技術解説

- 生産形態に適した浸炭設備

赤外加熱関連特集

- 粉体塗装の焼付(乾燥)工程における
赤外加熱を活用した生産性・省エネ革新
- 赤外加熱技術の総論
- 超高強度鋼部材のホットスタンピング

アーカイブ

- 近赤外波長制御加熱システム
- ガス遠赤外線式塗装乾燥炉
- 真空加熱炉用遠赤外線プレートヒータ
- 赤外線真空炉の開発

技術解説

生産形態に適した浸炭設備 …………… 中外炉工業株式会社 大下 修 … 1

赤外加熱関連特集

粉体塗装の焼付(乾燥)工程における赤外加熱を活用した生産性・
省エネ革新 … 一般社団法人日本エレクトロヒートセンター 坂口 勝俊 … 8
(現四国電力株式会社)

赤外加熱技術の総論 …………… 関東学院大学 中野 幸夫 … 16

超高強度鋼部材のホットスタンピング
…………… 豊橋技術科学大学 森 謙一郎 … 22

アーカイブ

※ 所属は出版当時

近赤外波長制御加熱システム … 日本ガイシ株式会社 近藤 良夫 … 26

ガス遠赤外線式塗装乾燥炉 …………… 大阪ガス株式会社 宮崎 荘平 … 33

真空加熱炉用遠赤外線プレートヒータ
…………… 中部電力株式会社 河村 和彦 … 39
株式会社ノリタケエンジニアリング 清水 英孝

赤外線真空炉の開発 …………… 株式会社サーモ理工 遠藤 智義 … 43

温故知新 モノを温めるために、新しきを知る皆さんへ 補習授業
…………… 下川 寛治 … 49

閑話休題 けったいな大阪弁 …………… 前田 章雄 … 55

連絡 記事募集のご案内 …………… 60

協会通信 …………… 62

生産形態に適した浸炭設備

大 下 修*

1. はじめに

自動車等の輸送機器の燃費向上や高出力化などを背景に、部品の軽量化・高強度化への要求がますます高まっており、また生産現場を取り巻く外部環境も急激に変化している。浸炭設備においても高性能化と共に、省人化や環境負荷低減、熱処理現場の作業環境の改善などが求められ、これらの要望に応じられる技術として真空浸炭が期待されている。本稿では真空浸炭とガス浸炭の特性比較、バッチ型・量産型・小ロット型などの設備構成の比較をまじえて浸炭焼入れ設備について解説し、熱処理を取り巻く環境や操業形態との関わりについて考察する。

2. 真空浸炭とガス浸炭の特性比較

2.1 浸炭焼入れ

浸炭焼入れは炭素を含有した鋼材を急冷（焼入れ）すると硬化する特性を利用したもので、鋼材表面に炭素を浸透（浸炭）させた後に焼入れし、内部は靱性を保ったまま表層のみを硬化させる熱処理プロセスである。

一般的に 950℃ に加熱して浸炭、その後に歪低減のため 850℃ に降温保持してから急冷する（図 1）。浸炭焼入れはガス浸炭が主流であるが、現在は真空浸炭が増加しつつあり、真空浸炭とガス浸炭では炭素の浸透プロセスに違いがある。

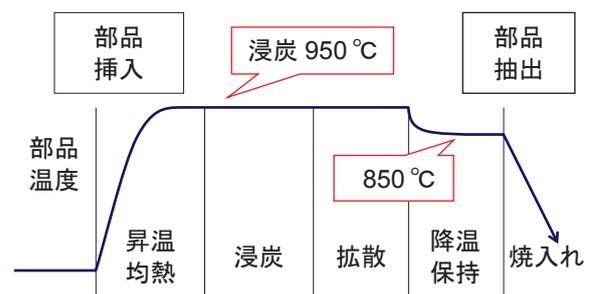


図 1 浸炭ヒートパターン

ガス浸炭は炭化水素ガスから変成した浸炭性ガス（変成ガス）を導入して大気圧状態で浸炭するが、真空浸炭は炉内にアセチレンなどの炭化水素ガスを直接導入して 1 kPa 程度の真空状態で浸炭する。

浸炭焼入れ処理の重要管理ポイントは、真空浸炭、ガス浸炭に関わらず、雰囲気、温度及び焼入れに

* 中外炉工業株式会社 熱処理事業部 真空浸炭設計部 部長 0.0oshita
連絡先 Eメールアドレス：Osamu_0oshita@n.chugai.co.jp

粉体塗装の焼付(乾燥)工程における赤外加熱を活用した生産性・省エネ革新

坂口 勝俊*

1. 株式会社小松電業所の会社概要

株式会社小松電業所は1948年(昭和23年)に創業し、当時は“町の電気屋さん”としてスタートした。創業当時、同社の地元である石川県で有名な九谷焼は、薪を燃料として上絵付け窯で焼いている工場がほとんどであった。これに対し、同社は電気式の上絵付け窯を地元の工場に数多く納め、現在でも多くの窯元では同社製の上絵付け窯が活躍している。このように各種電気工事を行っていた中、プレス機を製造している顧客向けに、電気制御BOXを初めて製造・納入したことが契機となり、同社では産業機械分野に進出するようになった。

高度で確かなものづくり技術を有する同社は、現在、石川県小松市に3工場、さらには栃木県小山市にも工場を構え、建設機械のエンジンフードやサイドカバーといった外装部品、運転席ユニット、燃料・作動油タンクならびに各種産業機械部品の制御盤に至るまで、板金・プレス・溶接・塗装・組立までの工程を同社が一貫して生産している。主要取引企業としては、国内ではコベルコ建機/コマツ/竹内製作所/日立建機ティエラ、国外ではキャタピラー(米)/ジョンディア(米)/

東芝/ヤマザキマザック/リープヘル(独)(いずれも五十音順)など、世界で活躍する産業機械の縁の下の力持ちとして、世界の発展に大きく貢献している。



写真1 本社工場の外観

2. 粉体塗装乾燥ラインが抱える課題

過酷な作業環境で使用される建設機械には、耐候性・防錆性が要求されるため、下塗りに電着塗装、上塗りに厚膜かつ強靱な塗膜を付けるための粉体塗装が施されている。下塗りは防錆に特化したカチオン電着塗装を採用、上塗りは粉体塗装と溶剤塗装の両方に対応していることにより、幅広い顧客の要望に対応している。特に、粉体塗装は

* 一般社団法人日本エレクトロヒートセンター 業務部 課長 K. Sakaguchi
(現 四国電力株式会社)



赤外加熱技術の総論

中野 幸夫*

要約

赤外加熱は赤外放射（赤外線）による熱伝達を主体にした加熱方式である。赤外放射は電磁波の一波長領域における総称であり、多くの物質に吸収されやすい。赤外放射を吸収した物質は、物質自身が発熱し、結果として加熱される。赤外加熱では、伝導加熱や対流加熱のように外部から物質に直接的に熱エネルギーが与えられるわけではない。与えられるのはあくまでも赤外放射という電磁波のエネルギーである。本稿ではこの赤外加熱について、原理、赤外放射に関する諸法則、使用されている赤外放射体、ならびに応用事例について概説している。また、いくつかの最新のトピックスについても触れている。

1. まえがき

昨年度（平成 27 年度）は赤外加熱技術に関わる者にとって喜ばしい出来事が 2 件あった。一つは、マツダが「ものづくり日本大賞」の内閣総理大臣賞を受賞されたことであり¹⁾、もう一つは、スズキ、中部電力、メトロ電気工業が「省エネ大賞」の資源エネルギー庁長官賞を受賞されたことである²⁾。

前者では、自動車ボディの塗装乾燥工程において、塗膜のみに効率的にエネルギーを与えて昇温でき、かつ塗色やワークからの距離に応じて、塗膜に与えるエネルギーを、迅速、かつきめ細やかに調整できる赤外ヒータが用いられている。この赤外加熱技術を含む一連の塗装乾燥技術の開発によって、VOC（揮発性有機化合物）を多く含んでいた塗料の水酸化を可能にして VOC の大幅な削減を

可能にするとともに、省エネ・省 CO₂ を実現している³⁾。なお、この技術はすでに平成 25 年度の「省エネ大賞」資源エネルギー庁長官賞にも輝いている⁴⁾。

また後者では、自動車エンジン部品の鋳造工程の金型加熱において、従来使用していたガスバーナーを、赤外ヒータに変更して、大幅な省エネ・省 CO₂、生産性・安全性の向上、ならびに作業環境の向上を実現している。赤外ヒータには波長 1.9 μm で放射強度が最大となるカーボンヒータが用いられている⁵⁾。

上記のいずれの技術も国内の自動車メーカーによる赤外加熱を用いた生産技術に関するもので、これまで赤外加熱がいくつかの工程で使用されていると推測されるものの、その技術が公表あるいは紹介される機会が少ないと感じていた分野の

* 関東学院大学 理工学部 教授 Y.Nakano



超高強度鋼部材のホットスタンピング

森 謙 一 郎*

要約

ホットスタンピングは自動車用骨格部材に用いる超高強度鋼部材を生産する加工法である。焼入れ鋼板を高温炉でオーステナイト温度である 900℃程度に加熱し、プレス成形を行って金型の下死点で 10 秒程度保持して急冷する。金型保持によって成形品が焼入れされて、1500MPa 程度の超高強度鋼部材が生産される。自動車の軽量化と衝突安全性向上のために、高強度部材が必要になってきており、ホットスタンピングの適用が世界的に急増している。鋼板の加熱にはローラー移送式加熱炉が一般的に用いられているが、赤外線加熱、通電加熱が適用されつつある。本稿では、超高強度鋼部材のホットスタンピングに関して解説を行う。

1. 背景

自動車の燃費の向上を目的として自動車の軽量化が望まれており、同時に衝突安全性の向上に対する要望も高まっている。軽量材料としてはアルミニウム、マグネシウムなどがあるが、材料コストが高くなり、自動車用材料としては鉄鋼材料が望まれる。鉄鋼材料は軽量ではないが、高強度である高張力鋼板は単位密度当たりの強度が大きく自動車用材料として使用が増加している。しかしながら、高張力鋼板の冷間プレス成形では、加工荷重が大きく、成形性が小さく、金型から取り出した後に形状が戻るスプリングバックが大きく、金型の摩耗も大きくなる。このため、1200 MPa 級以上の超高張力鋼板の冷間プレス成形は現実的でないとされている。しかし、衝突安全基準の高まりによってそれ以上の高強度部材が必要になってきており、超高強度鋼部材を生産できるホットスタンピングが注目されている。

2. ホットスタンピング

ホットスタンピング (hot stamping) では、図 1 に示すように焼入れ用鋼板を適当な形状に打ち抜いて、抜かれたブランクを高温炉でオーステナイト温度である 900℃程度に加熱し、プレスに搬送して成形し、金型を下死点で 10 秒程度保持して急冷してマルテンサイトに変態させて焼入れす

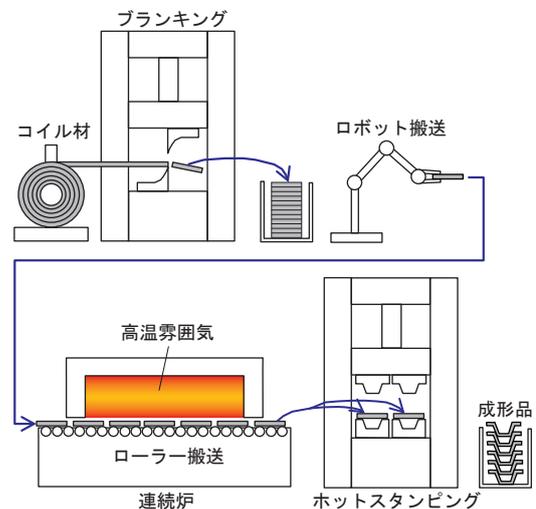


図 1 超高強度鋼部材のホットスタンピングにおける加工

* 豊橋技術科学大学 機械工学系・特任教授 K. Mori

近赤外波長制御加熱システム

近藤 良夫*

1. はじめに

日本ガイシ(株)は、我が国における赤外線加熱技術のパイオニアとして、様々な分野の熱処理プロセス向けに、長年設備を提供してきた。その多くはセラミックヒータをコア技術とした遠赤外線方式であったが、最近では、エネルギーの効率的利用という観点から、より広い赤外波長域に着目し、さらにその中で、ある特定波長域のみを用いた熱処理技術について、各種研究開発を実施している。ここでは、特に近赤外域に特化した熱処理システムにスポットをあて、その概要・効果、及び実際のプロセスへの適用等を含め、最近の状況を概説する。

2. 背景

赤外線とは、波長にして概ね $0.78 \sim 1000 \mu\text{m}$ の範囲の電磁波のことをいい、その放射・吸収及び熱への変換を用いて、乾燥等の熱処理を行う技術(赤外線加熱方式)は、広く産業分野で導入されている¹⁾。当該方式は、放射源と被加熱物の間にエア等の媒体を必要としない、もしくは効率が

良い等の大きな特色を有するが、現状、フィルムを用いた乾燥プロセスに関する限り、大半は熱風方式が用いられており、赤外線が積極的に取り入れられているとはいえない。その理由は、従来型の赤外線ヒータの放射スペクトルが極めて連続的であり、さらにヒータ温度と不可分であったことに起因する。

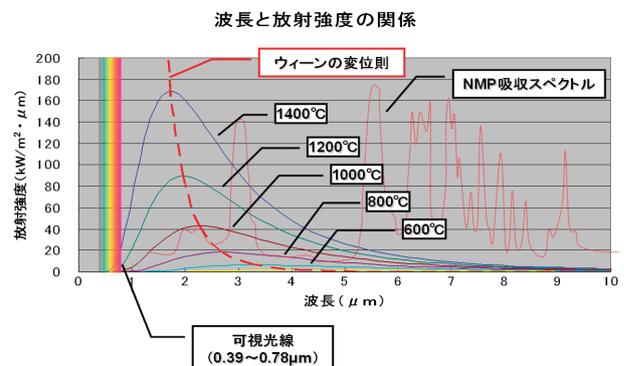
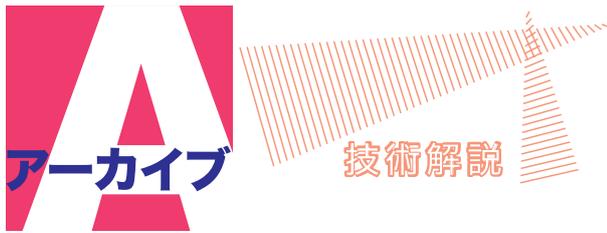


図1 放射波長と強度の関係

図1に、任意温度の放射体(ヒータ)より放射される電磁波のスペクトルと、代表的な溶剤(被加熱物)のひとつであるNMP(N-メチル-ピロリ

* 日本ガイシ株式会社 産業プロセス事業部 技術部 開発 G Y.Kondo (2016年11月出版当時)



ガス遠赤外線式塗装乾燥炉

宮崎 莊平*

概要

遠赤外線加熱は、高分子物質が遠赤外線をよく吸収することから、最近、脚光を浴びている放射加熱方式である。一般に放射加熱は高温域で採用されていたが、遠赤外線加熱は、塗装乾燥、食品加熱等の低温域の放射加熱といえる。

本稿では、塗装乾燥における遠赤外線加熱の技術的評価と、遠赤外線を利用した塗装乾燥炉について紹介する。

1. はじめに

塗装は、物体表面の保護、美観を目的として総合的に商品価値を高めるために施される。

この塗装乾燥業界では、省エネルギー、省スペース、多品種生産、品質向上等が課題となっている。このニーズに応えるのがガス遠赤外線式塗装乾燥炉である。

大阪ガスでは、遠赤外線分光放射エネルギーの測定技術の確立と加熱特性実験・シミュレーションによりガス遠赤外線ヒータとその利用技術を開発した。昭和63年10月現在、ガス遠赤外線ヒータを組込んだ熱設備は53基となっている。この中で塗装乾燥炉は27基である。

これらの実績をベースとして、遠赤外線の加熱特性のよさと熱風の加熱特性のよさを組合せた、低価格で高性能なスラットコンベア式遠赤外線式塗装乾燥炉—FINE System—を開発した。

本炉は、従来の熱風加熱方式と比較して乾燥時間が60%も短縮でき、これによって30%の省エネルギーと50%の省スペースを実現した。

ここでは、本炉の開発に至るまでの基礎実験と本炉の概要について紹介する。

2. 遠赤外線による塗装乾燥

遠赤外線は電磁波の1種であり、物体に照射すると照射エネルギーの振動数と物体の分子振動数が一致した場合吸収され、分子振動を活発化させて物体の温度を高めるといった性質を持っている。

電磁波中の遠赤外線の位置は、図1に示すように一般的には4～5、6 μm以上1000 μmとされている。一方、塗料の吸収特性をみると、図2から遠赤外線領域のエネルギーをよく吸収するといえる。

このような前提をもとに、遠赤外線による塗装

* 大阪ガス株式会社 特需営業部 課長 S.Miyazaki (1989年1月出版当時)

真空加熱炉用遠赤外線 プレートヒータ

河村 和彦*
清水 英孝**

1. はじめに

真空加熱炉で平面テレビなどのガラス基板を処理するとき、温度制御が比較的自由的な電気式のヒータが用いられるのが一般的であった。しかしながら、近年では、ラジエントチューブによるガス式が温度制御できるように改良され、これまで電気式の牙城であった真空加熱炉も、ガス式に転換しはじめています。

本研究では、赤外線放射効率の向上と照射効率の向上を同時に図り、ガス熱源のラジエントチューブにランニングコストで十分対抗できるヒータ（平面状ヒータモジュール）を開発した。

さらに、ヒータ面の温度分布に制御性を持たせることで、ガス熱源では対応できない、加熱品質の向上を図ることができた。また、今回開発した技術は、第8世代と呼ばれるガラス基板サイズ（2.2m × 2.4m）にも対応可能である。

2. 従来方法と開発の構想

2.1 従来方法

従来のガラス基板の真空焼成には、

- ① 電気を熱源としたチャンバ加熱による方法(図1)
- ② 近赤外線ランプによる方法 (図2)

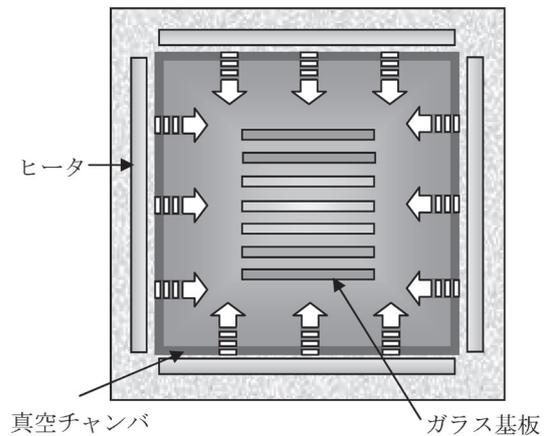


図1 チャンバ加熱による方法

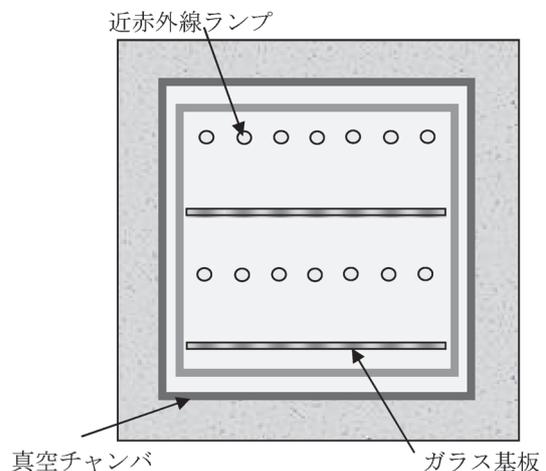


図2 近赤外線ランプによる方法

* 中部電力株式会社 技術開発本部 エネルギー応用研究所 研究副主査 K.Kawamura

** 株式会社ノリタケエンジニアリング ヒートテクノ営業部 熱設備グループ グループリーダー H.Shimizu
(2007年3月出版当時)

赤外線真空炉の開発

遠藤 智義*

概要

様々な材料の熱処理には、抵抗加熱式電気炉、高周波炉、赤外線炉等が利用されている。工業的利用には、比較的大型、大容量が多く、実験・研究用には小型炉が多い。

また、その雰囲気（大気中、真空中、ガス雰囲気）や熱処理温度、熱処理時間によっても、適切な「加熱炉」の選択が必要である。

ここで紹介する赤外線真空炉は、加熱源に赤外線ランプを使用し、真空中、各種ガス雰囲気中にある実験・研究用の比較的小さな試料の熱処理に利用できるもので、急速加熱、クリーン加熱、無誘導加熱、非接触加熱ができる等、これまでの加熱炉には見られない特長を持っている。

1. 赤外線とは？

雨上がりの晴れた空には7色の虹が見えることがある。これは広い波長帯を持つ太陽光が空中にある水滴に入射し、屈折し、プリズムの原理により可視光領域が分光し、赤、橙、黄、緑、青、藍、紫の7色のきれいな虹となって人間の目に見えるのである。目には見えないが、この虹の赤の外側（赤より長い波長）の太陽光成分は、赤外線（熱線）と呼ばれ、物体に照射されるとその物体はその赤外線を吸収し、温度上昇する。

この赤外線は図1のように波長帯によって近赤外線、中赤外線、遠赤外線と呼ばれる。

中赤外線、遠赤外線の用途は広く、計測、暖房、食品の乾燥、各種材料の乾燥、医学・医療、比較的低温度領域の熱処理等に利用され、近赤外線は主に高温領域の新素材等、熱処理に利用されている。

近赤外線の物理的性質は放射、透過、集光、反射、屈折、吸収等、可視光線とほぼ同じであり、物体に照射すると吸収し、その物体は高温に到達する。また、近赤外線は真空中、空気中でも直進し、透明な物体に入射すると、光がガラス窓を透過するのと同じように、その物体に吸収されず、透過する。

ここに紹介する赤外線真空炉はこれらの物理的性質を利用した新しい方式の熱処理装置である。

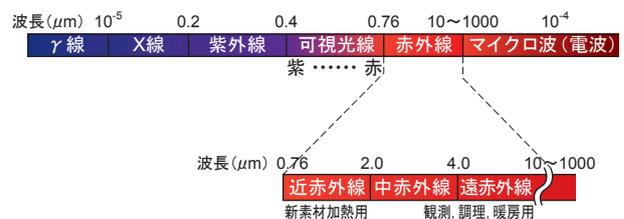


図1 電磁波スペクトルと赤外線

* 株式会社サーモ理工 代表取締役 T.Endoh (1999年11月出版当時)