

05

はじめての高周波誘導加熱

— 原理・特徴・電磁誘導加熱の基本ガイド —



Induction Heating

【目次】

1. 高周波誘導加熱の原理
2. 加熱可能な材質
3. 高周波誘導加熱装置とは
4. 高周波誘導加熱装置の利用例
5. 法的規制
6. 導入に向けた技術相談・テストのご案内

1. 高周波誘導加熱の原理

磁界に晒された金属は発熱する

物体の加熱方法は「外部加熱」と「内部加熱」との2つに分類される。
 ここで取り上げる「高周波誘導加熱」は、内部から熱を発生させる「内部加熱」のひとつである。

外部加熱とは、対象物に外部熱源から熱を加える方法で、「伝導/対流/放射」の3つの原理に分類される。

一方、内部加熱は、対象物自身が発熱体となり、内部から熱を発生させる方法で、「高周波誘電加熱」と「高周波誘導加熱」の2つに分類することができる（図1）。

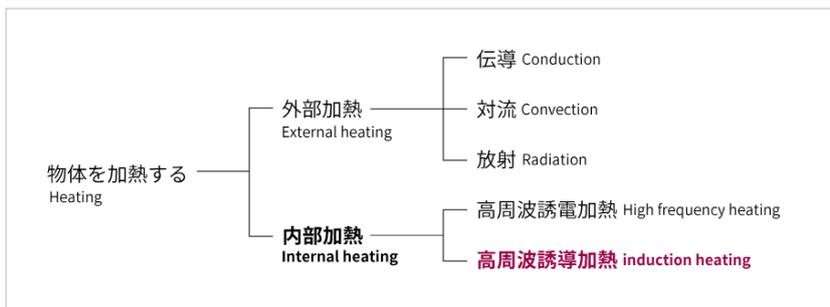


図1. 加熱方法の種類

これらの加熱方法を家電に例えて、

- ◆外部加熱 = トースター
 - ◆内部加熱（高周波誘電加熱） = 電子レンジ
 - ◆内部加熱（高周波誘導加熱） = 電磁調理器（IH キッチンヒーター）
- をイメージするとわかりやすい（図2）。



図2. 加熱方法のイメージ図

1-1. 高周波誘導加熱とは

「高周波誘導加熱」とは、高周波電流を流すことにより発生する磁界を利用して導電体を加熱する方式のことを言う。単に「誘導加熱」と呼ばれることも多くある。

コイルに高周波電流を流すと、その周りに磁束線（高周波磁束）が発生。コイルの中、あるいはその周囲に導電体を置くと、「うず電流損失」と「ヒステリシス損失」の2つの作用によって導電体自身が発熱する。

高周波誘導加熱は、この2つの原理（現象）の両方、もしくは片方が作用して導電体を加熱することであり、材料の導電性と磁性の2つが重要な要素となる。

1-2. 高周波誘導加熱の原理：うず電流損失

磁界に導電体（金属）を入れると、その導電体に電気が流れる。この電流を「うず電流」と呼ぶ。うず電流が任意の抵抗をもつ導電体中を流れると電力損失が起こり、導電体内にジュール熱が発生し、温度が上昇する。この現象を「うず電流損失」という（図3）。

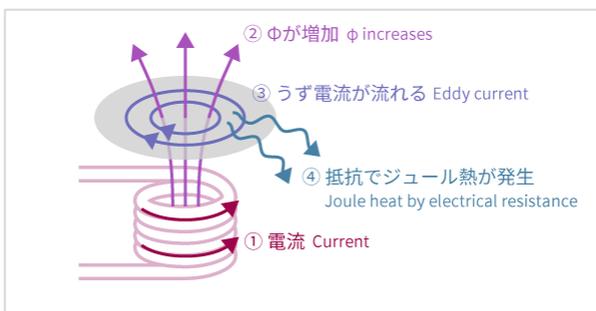


図3. うず電流損失発生フロー

うず電流損失は、電気が流れることによって発生する損失のため、電流を流さない材質の場合、基本的に発生しない。したがって、対象は金属やカーボンなどの導電体になる。

1-3. 高周波誘導加熱の原理：ヒステリシス損失

ヒステリシス(Hysteresis)とは、「変化を与える側の変化状態が元に戻っても、変化を与えられた側は元の状態に戻らず、別の変化を示す特性」を指す。つまり、磁場等の変化を0から増加させた時と減少させた時では、異なる経路を描く。この経路はループ型を描くので、ヒステリシスループ（ヒステリシス曲線）と呼ばれる（図4）。

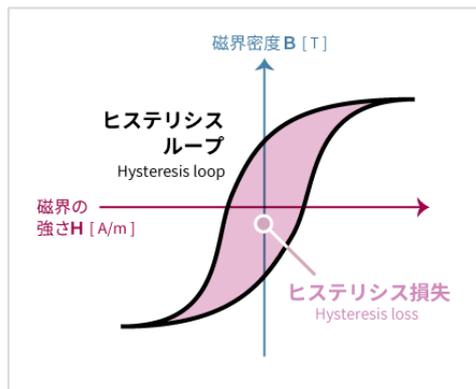


図4. ヒステリシスループ

ヒステリシスを示す物性を周期的に変化させると、ヒステリシス曲線が囲む面積に相当するエネルギーの損失（ヒステリシス損失）が起こる。

要するに「磁性を持った物質（以後、磁性体と表記）には磁界変化による損失（発熱）が発生する」ということであり、その損失（発熱）を利用するのが高周波誘導加熱である。

1-4.加熱効率と表皮効果

補足として、高周波誘導加熱の加熱効率と表皮効果について触れておく。

加熱効率はコイル電流・コイル巻数の二乗に比例し、周波数・有効透磁率・固有抵抗の平方根に比例する。従って周波数が高いほど加熱効率は高くなり物体表面への電流の集中化傾向が著しくなり、逆に高周波の浸透性は低下し、表面加熱だけとなり内部加熱温度は不均一となる。

このように高周波電流が表面層に集中的に流れ、内部に行くにつれて減少する性質のことを「表皮効果」と呼んでいる（図5）。また誘導コイルと被発熱体との距離は磁束密度に影響を与えるため、できるだけ近くに配置する必要がある。

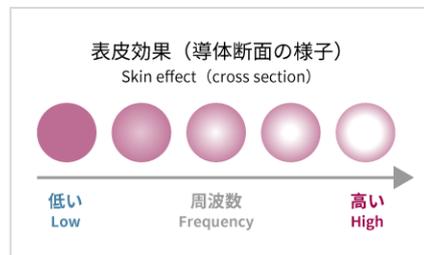


図5. 表皮効果

2. 加熱可能な材質

発熱効率は導電体の特性によって変わる

前述の通り、高周波誘導加熱（電磁誘導加熱）にて加熱可能な材質は導電体である。
また、加熱効率を考慮すると磁性のある導電体が最も適している。

高周波誘導加熱（電磁誘導加熱）にて加熱可能な材質は「導電体」であり、加熱効率を考慮すると「磁性のある導電体」が最も適している。

代表例としては、鉄・アルミ・銅・SUS・真鍮および磁性粉入り接着剤、磁性シートなどがある。

表 1. 各材料の特性一覧

発熱体 Heating element	抵抗率 Resistivity	うず電流損失 Eddy current loss	比透磁率 Permeability	ヒステリシス損失 Hysteresis loss
銅 Copper	1.7	△	1	×
アルミ Aluminum	2.8	△	1	×
鉛 Lead	21	○	1	×
ステンレス（非磁性） Stainless steel (Nonmagnetic)	10～50	○	1	×
ステンレス（磁性） Stainless steel (magnetism)	10～50	○	50～100	○
鉄 Iron	10～20	○	100～200	○
磁性シート Magnetic sheet	—	×	50～100	○

金・銀なども導電体だが、電氣的抵抗が著しく低いため、うず電流損失によるジュール熱の発生が少なく、高周波誘導加熱が難しい材質となる。

3. 高周波誘導加熱装置とは

高周波誘導加熱によって非接触で金属を加熱する装置

高周波誘導加熱装置は高周波誘導加熱の原理を応用し、「直接加熱」や「間接加熱」を行うための装置である。

電磁誘導加熱とも呼ばれている。

高周波誘導加熱装置の基本構成を図 6 に示す。

○発振器

高周波電力の発生および制御を担う。トランジスタ式や電子管式などがある。高周波発振器の出力は、被加工物の形状・材質・加工量などにより選定する。

○マッチングボックス

加熱コイルと周波数の整合を行う回路。

○加熱コイル

磁束を発生させるためのツール。周波電流を流すと、コイルの周りに磁束線（高周波磁束）が発生する。コイルの形状や大きさによって、磁束の方向や密度が変わる。

さらに、プレス機構等の装置と受治具にて構成される。

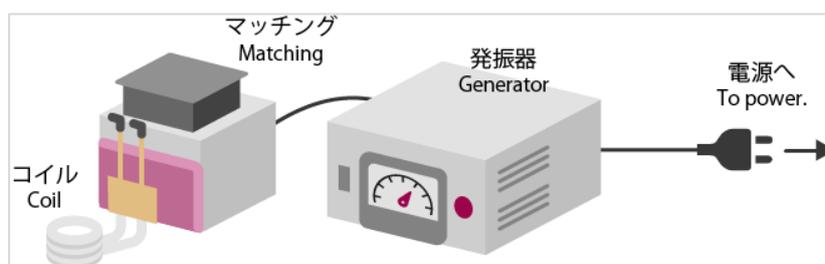


図 6. 高周波誘導加熱装置の基本構成

高周波誘導加熱装置の特長を簡単にまとめる。

- ・カートリッジヒーターと比較して加熱効率が良く、省エネルギー
- ・非接触にて加熱可能なため、消耗品が極めて少ない
- ・鋼材（熱板）プレートを加熱して大型成形品などの非接触熱板装置にも使用可能
- ・溶着やナットインサート、焼き嵌め、被覆剥がしなど用途が多彩

4. 高周波誘導加熱装置の利用例

非接触かつ瞬時に加熱可能で用途が多彩

高周波誘導加熱装置は幅広い業界・分野で利用されている。ここではその代表例を紹介する。

○自動車

- ・金属のナット・カラーを加熱し、樹脂部品に圧入
- ・回転軸やギアへの焼入・焼嵌め
- ・ワイヤーハーネス・ホース類のはんだ付け
- ・ロータなどのコーティング剤や塗料の乾燥

○医療

- ・注射針や縫い針の強度向上のための焼入
- ・医療用カテーテルの先端加工（フレア加工）
- ・カテーテルチューブの突合せ溶着

○刃物

- ・刃物の焼き入れや応力除去の焼鈍し（アニール）

○電機・電子

- ・モーターコアの焼嵌め・焼鈍し（アニール）
- ・スピーカーなどのパンチングネットの加熱インサート
- ・線材の被覆剥がし

○食品

- ・瓶詰インスタントコーヒーやマヨネーズの封止（アルミラミネートフィルムの加熱）



関連する詳細な技術情報や設計事例は、会員ページで公開しています。
ワークへの適用可否や、最適な設計のアドバイスが欲しい方は、
専門スタッフが直接お答えします。お気軽にご相談ください。

技術相談・お問い合わせ

5. 法的規制

当社製品でご不明な点はお問合せを

電波管理局への申請は、装置の利用者が行うことになるが、申請先や必要書類等に関する不明点があれば、当社にご連絡いただきたい。

無線設備、通信設備以外の設備であって 10kHz 以上の高周波電流を利用して高周波エネルギーを発生させて、50W を超える高周波出力を使用する設備は、原則として総務大臣の設置許可を受ける必要がある（電波法第 100 条）。

電波管理局への申請は装置の利用者が行うことになるが、申請先や必要書類等に関する不明点があれば、当社にご連絡いただきたい。

9. 導入に向けた技術相談・テストのご案内

本資料でご紹介した高周波誘導加熱の技術が、貴社の課題解決に最適かどうか、まずはチェックしてみませんか？

- 局所的な急速加熱： 金属ピンの圧入（インサート）や焼き嵌めを短時間で行いたい
- 省エネ・脱炭素： 常に熱板を温めておく方式から、必要な時だけ発熱させる方式へ変えたい
- 自動化への組み込み： 非接触加熱の利点を活かし、自動機ラインに加熱工程を組み込みたい

「この材質は接合できる？」「カタログ製品で対応可能か？」「専用の設計が必要か？」など、技術的な疑問に専門スタッフが回答いたします。

実機でのサンプルテストや WEB 相談も承っております。まずはお気軽にご相談ください。

工法や素材の適合性を相談する

精電舎電子工業株式会社

精電舎電子工業は、超音波・高周波・レーザといった波動エネルギー技術をコアに、各種溶着・溶断装置および応用加工装置を提供するメーカーです。
複数工法を保有する強みを活かし、製品仕様や生産条件に応じた最適な工法選定、溶着形状の検討、品質向上や自動化を含めた設備提案を行っています。

SEIDENSHA

【本社】 〒116-0013 東京都荒川区西日暮里 2-2-17
TEL 03-3802-5101 FAX 03-3807-6259
E-mail tokyo@sedeco.co.jp

【柏工場】 〒277-0802 千葉県柏市船戸 1-21-1



詳細な拠点情報、アクセスについては
こちらをご覧ください

本資料に関連する詳細な技術情報は、
ホームページの会員向けコンテンツにて公開しています。