

高周波誘導加熱技術の応用による粉体塗装プロセスの電化・脱炭素化に関する実証的研究

竹 島 昭 博 （たけしま あきひろ）マイボックス株式会社 環境ソリューション事業部 シニアマネージャー

要約 製造現場における塗装乾燥や熱処理プロセスの脱炭素化は喫緊の課題に指定されている。従来のガス式熱風循環炉は、伝熱効率の限界や過大な二酸化炭素排出などの構造的課題を抱える。これに対し、本稿では、高周波誘導加熱（IH）技術を応用した電化乾燥プロセスを検証した。被加熱物と加熱コイルの距離を調整する位置変更機構（特許第 7560971 号）の有効性を論じる。また、IH による境界側仮溶着（55℃以上 80℃未満）と高速熱風の吹付けを融合させたハイブリッド加熱の実証データを報告する。さらに、インラインレーザー塗装剥離技術（WO 2026/074882）を紹介し、サプライチェーン全体における環境負荷低減の展望を提示する。

1. はじめに

産業分野の熱処理工程において、二酸化炭素排出量の極小化は避けて通れない最優先課題に位置づけられる。特に、従来の金属部品の塗装乾燥プロセスでは、ガス熱源の熱風循環炉を用いた対流熱伝達が主流であった。しかし、この方式は炉全体の雰囲気温度を昇温させるため、炉体放熱や排気による熱効率の低下が極めて大きい。さらに、起動準備に数時間規模の余熱運転を要求されるため、エネルギー損失が不可避であった。

これらの熱力学的限界を打破する熱源として、高周波誘導加熱（IH：Induction Heating）技術が注目を集めている。被加熱金属自体の直接発熱を利用する本工法は、熱伝達の間接媒体を介さないため、極めて高いエネルギー熱効率（70%以上）を実現する。本研究は、IH 技術と高速熱風、粉体塗装プロセスを統合した新規ハイブリッド電化システムの実証的検証、およびインラインレーザー剥離技術による自動循環型静电塗装システムの構築を報告する。

2. 塗装工程における課題要因分析

金属製空調部品などの製造ラインでは、均一な塗膜形成による外観および防錆性能の確保が基本品質とされる。しかしながら、化石燃料依存の対流加熱炉は、被加熱物の板厚差や複雑な幾何形状に対し、熱容量の

違いに起因する深刻な昇温ムラを招く原因となる。特に肉厚部が完全に熔融硬化温度に達するまでに、薄肉部が設定以上の過加熱状態を被る相反課題が存在する。

また、従来のガス式対流硬化炉は、被加熱物全体の熱平衡を達成するために長さ 120m 規模の長大な設備空間を必要としていた。この設置レイアウト上の物理的制限は、工場のスペース効率を著しく低下させるとともに、稼働中における過大な大気放熱量を不可避にする構造的ボトルネックであった。したがって、昇温時間の劇的な短縮と炉体寸法のコンパクト化を両立する、画期的な熱量制御プロセスの確立が強く望まれている。

3. 誘導加熱の原理と技術的優位性

誘導加熱技術は、交番磁界中に配置された導電性金属に電磁誘導作用が働くことで、金属内部に渦電流が誘起される物理現象を利用する。この渦電流が金属固有の電気抵抗を流れる際に、ジュール熱へと変換されて素材自体が直接発熱を促す。本方式は非接触での急速加熱を可能にし、中間加熱媒体での損失を完全に排除するため、原理的に極めて高い熱効率を実現できる。

さらに、IH 加熱は電気入力を遮断した瞬間に発熱が停止する優れた過渡応答性を有する。熱エネルギーを対象箇所だけに局所的かつ瞬時に印加できるため、周囲環境への無駄な放熱損失を極小に抑えられる。この高度な応答制御性と優れた直接発熱の組合せは、従来の化石燃料燃焼炉に対する極めて大きな工学的優位性を裏付ける。