

高周波事業への取り組み

高周波統括部 千葉 正伸

高周波部門では電磁波をエネルギーに変える高周波応用技術を用い、誘導加熱事業を主に行ってきた。その実績は自動車部品の強度や耐摩耗性を高める為の各種誘導加熱装置の電源開発を始めとし、半導体用小型電源、原子力研究所向け臨界プラズマ試験装置「JT-60」用 6MW 高周波電源、医療用重粒子加速器、電子加速照射設備「エレクトロンシャワー」などと幅広い。

近年の高周波誘導加熱技術の成果を、発振機・機械・熱処理の3つのセグメントに分け、以下にまとめた。

1. 発振機

① 誘導加熱用発振機のデジタル制御回路

誘導加熱用電源のデジタル制御回路はこれまで電圧型発振機のみであったが、電流型発振機の制御方法を確立し、電流型デジタル制御回路の周波数 5~50kHz、出力 200kW 発振機を開発した。

② VFG 発振機の開発

従来の PTG 型、TG3 型とは異なる、周波数を変化させて出力制御を行う新タイプの VFG 発振機を開発し製品化した。設置面積 50% 以下、価格 40% 減を実現した。

③ 175kW チョップパ回路発振機

従来出力 100kW までであった降圧型チョップパ回路を再検討し、出力 175kW の大電力チョップパ回路を用いた発振機の製品化を実現した。

④ 発振機の性能向上と実用化

制御回路をデジタル化・ソフトウェア化し、ハードウェアは変更せずに動作を柔軟に変更する事で、発振機ラインナップの集約を可能とした。

⑤ 高周波機器試験用発振機

一般的な誘導加熱用電源装置とは違う、広範囲な負荷での動作と周波数 1~70kHz での動作が可能な高周波機器試験用発振機を開発した。

⑥ タービンブレード用インダクションヒーター

従来ガス炉加熱で全体を加熱していたタービンブレードを、高周波誘導加熱の部分加熱に変更する際、PID 制御と加熱コイル形状の最適化をする事で処理時間を 30 分から 6 分に短縮して高速化、省電力化を可能とした。

⑦ 高周波誘導加熱用小容量電源

SiC-MOSFET 等の新技術を採用した回路を開発し、周波数 100kHz、出力 5kW の空冷発振機の製作を実現した。

⑧ 角パイプ溶接用トランジスタ式高周波電源

従来スパークの発生が前提となる電縫管溶接用電源は真空管式発振機を使用していたが、同調をとる為の共振コンデンサの配置を変える事で MOSFET の破損を回避し、トランジスタ式発振機への代替を可能とした。

⑨ SiC-MOSFET を用いた 400kHz、100kW 誘導加熱用発振機の開発

新しい半導体材料である炭化珪素 (SiC) を主素子に用いた周波数 400kHz、出力 100kW の誘導加熱用発振機を開発し、デンコーテクノヒート株式会社鈴木



(単位: mm)

図 1.1 ②VFG 150kW 発振機外観

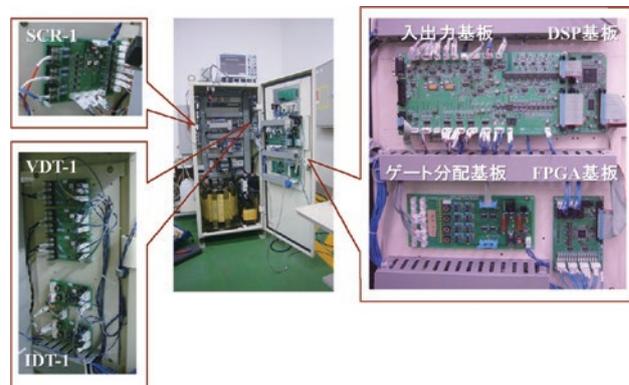


図 1.2 ④デジタル化発振機構成

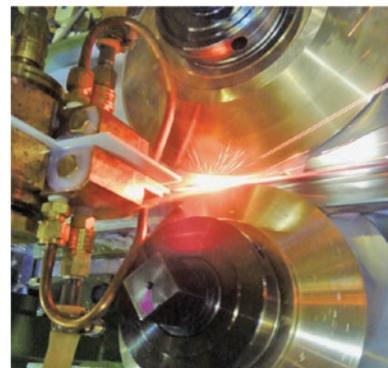


図 1.3 ⑧角パイプ溶接の状態

工場に納入した。

2. 機 械

①インボードジョイント焼入焼戻機に要求される精度と精度出し作業

高周波焼入設備の製造時には精度出しに多大な時間を要していたが、インボードジョイント自動焼入焼戻し設備の製造工程を例に、精度出し作業の簡略化、組立・精度出しの手順を定め、組立治具を考案して作業時間を短縮した。

②高位置精度ツインコイルクランプ機構の開発

ツインコイルクランプ機構を、従来の1支点による円弧動作でクランクシャフトを挟む機構からガイドレールを用いた直線運動で挟む機構に変更する事で、上下左右の振れが小さい高精度の加熱コイル配置を実現した。

③新搬送機構搭載高能率クランクシャフト焼入焼戻機

従来のリフト&キャリア搬送方法の見直しを行い、クランクシャフトの軸方向搬送およびシャトル搬送方式を考案し、2種類のクランクシャフトの無段取り自動機を開発した。

④モーターローターシャフト焼入焼戻し設備の歪抑制リング取り付け機構

EVの駆動モーターに使用する部品の焼入時の変形寸法を調整する為に、内径加熱部の外側に設備とは独立した1つのリングをあらかじめ被せた状態で搬送を行い、加工後に回収して再利用する新機構を開発した。

⑤ターンテーブル方式焼入焼戻し機の開発

ターンテーブル方式の搬送方法を採用し、設置スペースの縮小とサイクルタイム 15 秒以内を実現したハブユニット焼入焼戻し設備を開発した。

⑥ロボットを用いたクランクシャフト焼入機の調整方法

2004年に開発した4軸ロボット2台を使用したクランクシャフト汎用焼入設備は2020年ですでに62台以上販売している。ロボットを含む設備調整は非常に複雑であるが、作業基準の数値化と作業手順を明確にする事で調整完了までの時間を半減させた。

⑦クランクシャフト焼入設備の開発

クランクシャフト焼入設備にもターンテーブル式搬送機構を採用する事で、サイクルタイムの短縮、省スペース化、コストダウン、設備のモジュール化を実現した。

⑧ピニオンギヤマイルド浸炭4軸焼入機

従来のバッチ式浸炭炉処理から1個処理が可能なマイルド浸炭の需要が高まっており、高速で大量かつ高精度に焼入処理が可能な4軸焼入機を開発した。

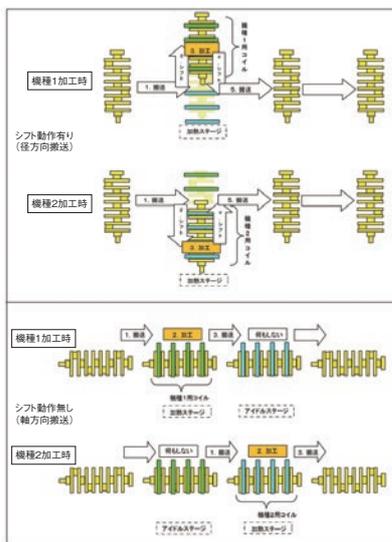


図 2.1 ③クランクシャフト新搬送機構

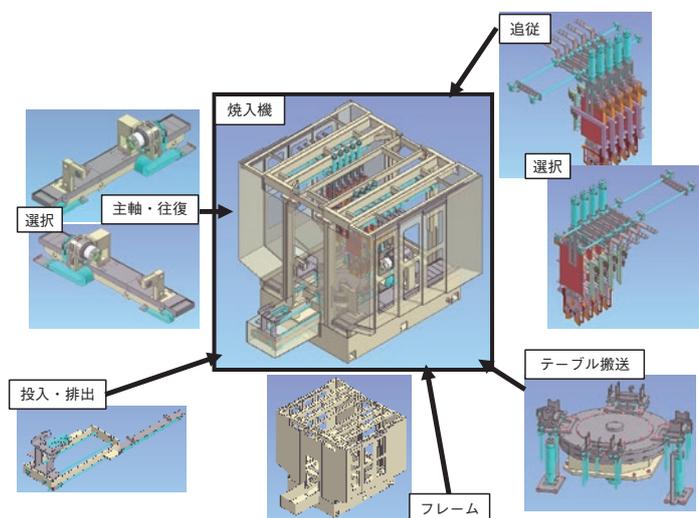


図 2.2 ⑦モジュール化ターンテーブル焼入機

3. 熱処理

① キャリアヒータ

高周波一発焼戻しのサイクルタイムで電気炉による焼戻しと同等の品質が得られる Denko-CARRIER HEATER において、ハブユニットにも利用を拡大した。

② ワーク位相回転機構キャリアヒータ

従来の Denko-CARRIER HEATER では大型ワークに温度差が発生する為に、加熱搬送途中にワーク円周位置の向きを 90 度回転させる機構を設ける事で熱処理品質を向上させた。

③ 磁性材を用いた加熱シミュレーション

磁性材を使用したコイルの電磁界解析を行うには磁性材の物性値が必要だがメーカーが公表している物性値では不十分な為、強い磁界における磁気特性を実験で調べてシミュレーションの精度向上を実現した。

④ 新型クランクシャフト焼入コイル

汎用型クランクシャフト加熱コイルのコイルヘッドを一般工具で着脱できる構造とした。交換修理にろう付け作業を必要としないことから交換修理期間の短縮と海外での交換修理を可能とした。

⑤ 短時間ハブユニット外輪の高周波焼戻し

ハブユニット外輪は、外周に突起があり内面の均熱化が困難であるが、逆巻き 2 ターン焼戻しコイルの採用によりサイクルタイムと熱処理品質の両立に成功した。

⑥ 異形状複数ワークの 2 軸戻し

径寸法が異なる 3 種のワークを 2 軸で加工する際に、ランダムな組み合わせでも品質規格を満足する加熱コイルと条件を選定した。また、その組み合わせを検知して自動的に条件を選定して加工する設備を開発した。

⑦ シミュレーションを利用した誘導加熱コイルの設計

電磁界解析ソフトを使用し、様々な形状のワークに対応した最適な加熱コイル形状の設計に利用して試作や設備の納期を短縮している。主にビレットの加熱や自動車用部品のボールジョイント、ハブユニット、クランクシャフトの加熱等で活用している。

⑧ 高周波焼入焼戻し設備における水中焼入焼戻し

大気中焼入に比べて酸化スケールの付着が少ない水中焼入を採用し、部品強度と高い面粗度を両立する設備を納入した。

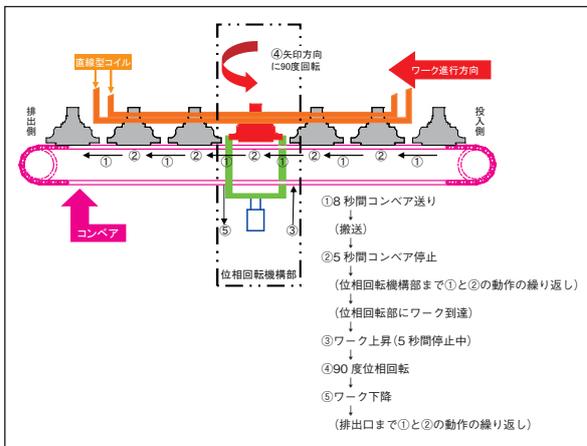


図 3.1 ②ワーク位相回転機構

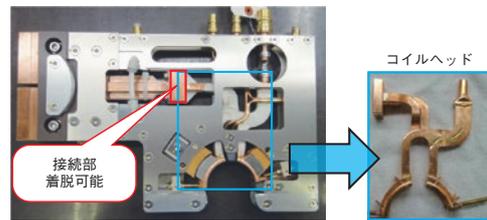


図 3.2 ④新型クランクシャフト加熱コイル

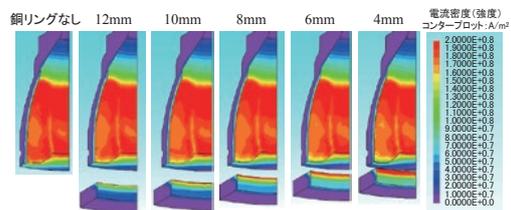


図 3.3 ⑦銅リングの位置による影響

近年の高周波誘導加熱技術のトレンドは、自動車業界の急速な発展に伴い自動車関連設備の技術が多くなっていった。2020 年の自動車業界は 100 年に一度の大変革の時代と言われており、環境問題を背景に内燃機関からモーターへと推移が始まっている。当社販売設備の主要対象品目もエンジン部品から駆動系部品に切り替えていく。また、自動運転や IoT、AI 等の技術も飛躍的に発展しているため、ソフトウェア関連の技術やサービスを強化していく。この 70 年間先輩方が新しい技術開発に挑戦して築き上げた技術を集結し、我々も新分野、新事業に向けて更に技術向上を目指す。