

技術紹介

多品種汎用エンジン用クランクシャフト 高周波焼入焼戻設備

藤巻 晴雄* 岡田 邦裕*
 數家 啓太* 小宮 誠**

Crankshaft Induction Hardening and Tempering Equipment for a Wide Variety of General-Purpose Engines

*Haruo Fujimaki, Knihiro Okada,
Keita Kazuie and Makoto Komiya*

クランクシャフトの焼入焼戻設備は、クランクシャフトを回転させた際に加熱コイルの中心が、ワーク回転の軸芯であるジャーナル軸から偏芯した動きとなるピン軸に追従して加熱する追従式が主流である。汎用エンジン用クランクシャフト設備の場合には、焼入箇所の軸径と幅が小さいクランクシャフトが対象となるため、コイルの製作面、耐久性の面で課題があった。また、追従式では複雑な機構で機械動作も多くなるため、サイクルタイムの短縮が困難であり、設備が大型化する。これらの問題により、追従式は段替えが必要で多品種の加工をする汎用設備には不向きであった。

今回受注した多品種汎用エンジン用クランクシャフト高周波焼入焼戻設備では、これらの問題を解決するため、加熱コイルを上下に分割したクラムシェル型コイルを採用した。これにより、加熱コイルの形状が追従式よりシンプルになり、コイルの高効率化と高耐久性を実現した。クランクシャフトの搬送システムには、サイクルタイム短縮のため、単純な動作だが動作速度が速いガントリーローダーを採用し、高速搬送と段取自由化による生産性の高い設備を実現した。

本稿では、クラムシェル型コイルとガントリーローダーを組み合わせた新しいクランクシャフト焼入焼戻設備を紹介する。

The mainstream of crankshaft quenching and tempering equipment is the tracking type, where the center of the heating coil tracks the movement of the pin shaft when the crankshaft is rotated, and heats it. The pin shaft is eccentric to the journal axis, which is the axis of rotation of the workpiece. In the case of crankshaft equipment for general-purpose engines, the crankshafts to be hardened have small shaft diameters and widths at the parts to be hardened, which posed challenges in terms of coil manufacturing and durability. In addition, the tracking type requires a complex mechanism and many mechanical operations, making it difficult to shorten the cycle time and requiring larger equipment. Due to these problems, the tracking type required changeovers and was unsuitable for general-purpose equipment used to process a wide variety of products.

To solve these problems, the received order for induction hardening and tempering equipment for crankshafts for a wide variety of general-purpose engines uses a clamshell-type coil that divides the heating coil into upper and lower halves. This makes the shape of the heating coil simpler than the tracking type, and achieves high efficiency and durability of the coil. For the crankshaft transport system, a gantry loader with simple but fast operations is used to shorten cycle times, resulting in highly productive equipment with high speed transport and flexible setup.

This paper introduces a new crankshaft hardening and tempering system that combines a clamshell-type coil and a gantry loader.

* 高周波統括部 設計部
 ** 高周波統括部 開発部

1. クランクシャフトの焼入焼戻とは

クランクシャフト(以下ワーク)はエンジン内のピストンの往復運動をピン部で受け、軸の回転力に変換する部品であり、軸部には焼入れによる耐摩耗性向上が求められる(図1)。

クランクシャフトには様々な形状があり、それぞれの機種が加熱条件の異なる複数の焼入箇所を有している。各焼入箇所に適した加熱コイルと加熱条件を選定することによって熱処理品質を確保する。

2. クランクシャフト用加熱コイル

クランクシャフトは軸芯と加熱部位の軸中心が一致するジャーナル部、テーパ部、加熱部位の軸中心が軸芯と異なる(偏芯の)ピン部で構成される。ピン部の焼入・焼戻工程ではピン部の偏芯での回転運動に合わせて、加熱コイルが偏芯軸に追従する追従式(図2)で加工し、その場合の加熱コイルは銅パイプをU字に加工し、加熱部位軸の半周を覆う形状としている。そのため、焼入箇所の幅が狭く、加熱軸

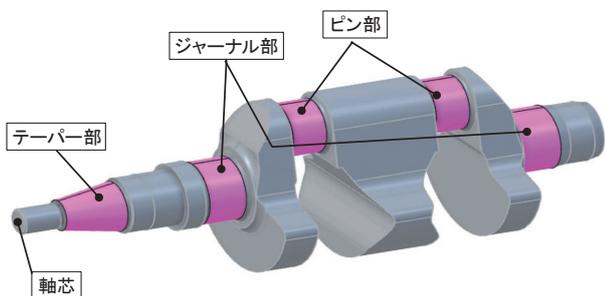


図1 クランクシャフトの焼入箇所

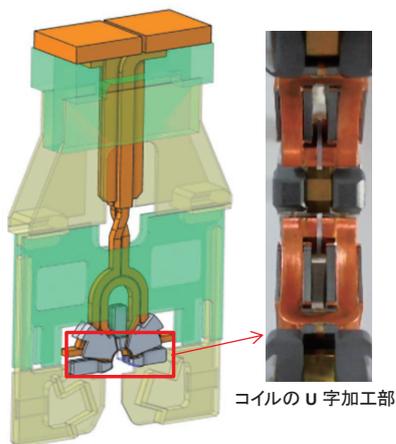


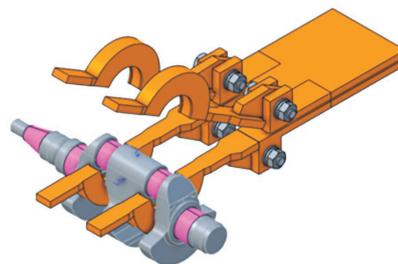
図2 追従式コイル

径が小さいワークの場合にはコイルの製作が難しくなり、加熱時の部位も半周分となるため加熱効率が低下する。また、一般的な焼入設備に比べて大型となる傾向にある。一方で、軸全周をリング状に覆うことができる上下分割の割り型コイル(図3)で焼入する設備もあるが、これまで当社では自動機の実績が無かった。

そこで、当社自動機で実績のあるクラムシェル方式(図4)を今回のクランクシャフト焼入設備に応用した。

クラムシェル型コイルは、上側のコイルと下側のコイルを2箇所の可撓性のあるコーペル板*1で接続することでコイルを90度で開閉が可能とし、閉じた時には加工物全周をコイルで覆うことが可能な形状である。

クランクシャフト用クラムシェル型コイル(図5)はピン部とジャーナル部でリング状のコイルを形成



※当社では自動機の実績無し

図3 割り型コイル

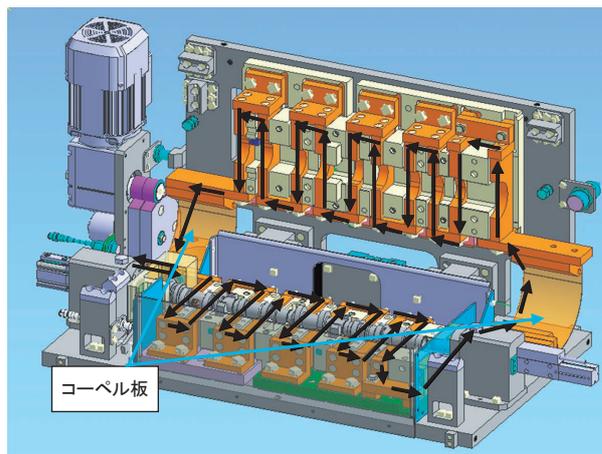


図4 クラムシェル型コイル

*1 薄い銅条を必要数重ね合わせ、両端に端子部を設けたフレキシブルな給電用導体

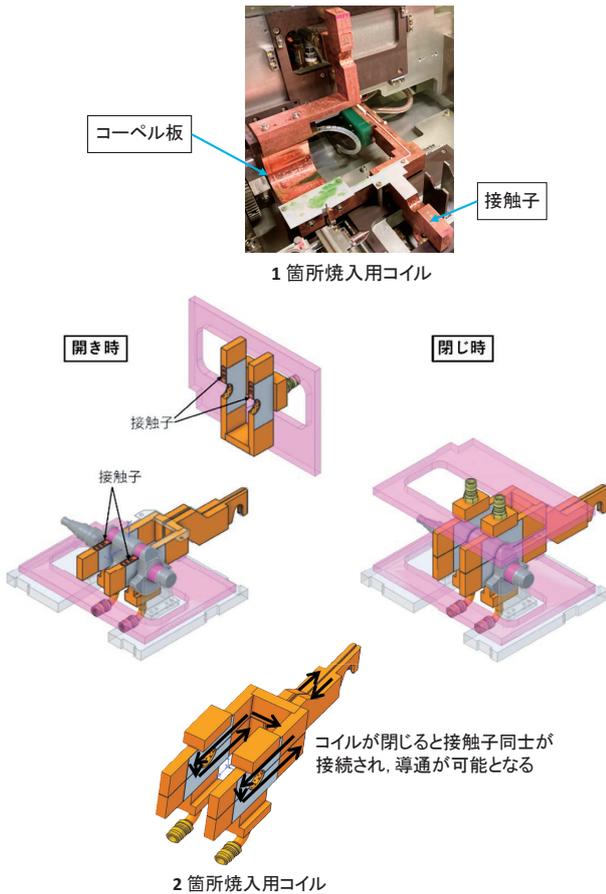


図5 クランクシャフト用クラムシェル型コイル

し、1箇所、または2箇所同時焼入れを行う。

コイル部は上リング、下リングを繋ぐ接触子を設置し、コイルが閉じた時に接触子同士が接続することで1回転のループ形状となり、1ターンの電流の導通経路が形成される。2箇所焼きコイルでは2対の接触子、1箇所焼きコイルでは1対の接触子とコーベル板を組み合わせてコイルを形成している。

3. クラムシェル型コイルのユニット化

クラムシェル型コイルは多品種に対応するための段替えが必要のため、ワークを支えるための仮受け台を含めた機械部品と一体となるユニット化を行った(図6)。このユニット化はコンパクトにすることで、頻繁に行われる段取り作業を容易に実施できることを考慮した設計としている。

ユニット上の仮受け台に置かれたワークを両側から設置されるセンターシャフトで固定し、ワークの回転は行わず、静止したまま加熱を行う。加熱が終わると、クラムシェル型コイルの上側コイル、下側コイルそれぞれの噴射孔より焼入水を噴出して焼入後の冷却を行う。冷却後、同じコイルにより再度加熱し、焼戻しを行う。ユニットを交換することで、多品種の焼入焼戻工程の対応が可能となる。

4. ワークの搬送システム

クラムシェル型コイルを使用した設備で、自動化のための搬送システム導入は初めての試みとなった。

従来の追従式ではコイルの下側でワークを受渡しする、ターンテーブル式やシャトル式の搬送システム(図7)を採用していたが、クラムシェル型コイルを用いる場合、搬送システムとコイルユニットの間でワークの受渡を行う中継ユニットが必要となることから、機械動作が増加するためサイクルタイムが長くなり、またメンテナンススペースも狭くなる。

この課題に対応するため、機内には2台のガントリーローダー(図8)を並列に配置した。各ガントリーローダーはステージごとに上下と左右の動作に

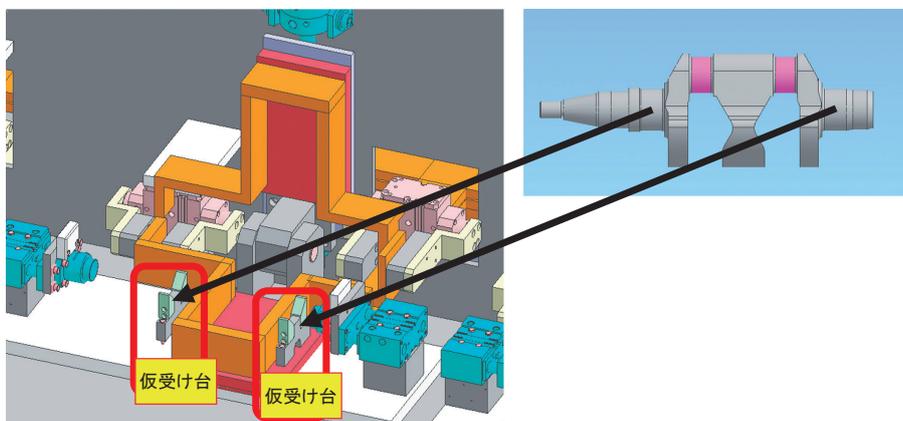


図6 クラムシェル型コイルのユニット化

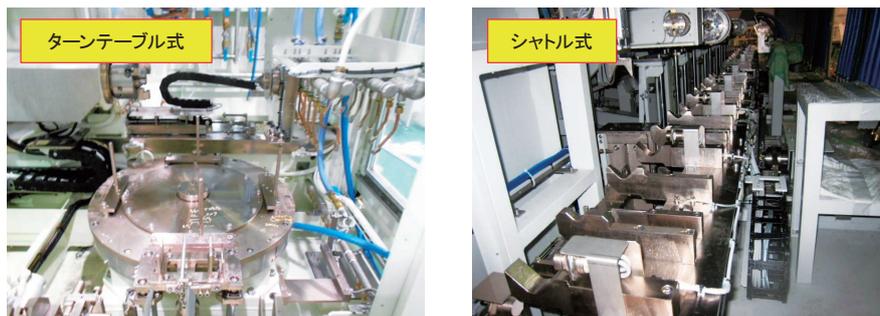


図7 従来の搬送システム(ターンテーブル方式とシャトル方式)

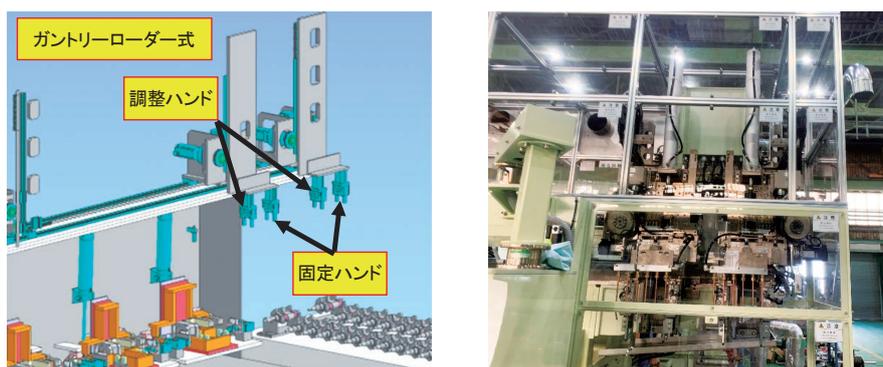


図8 ガントリーローダー搬送システム

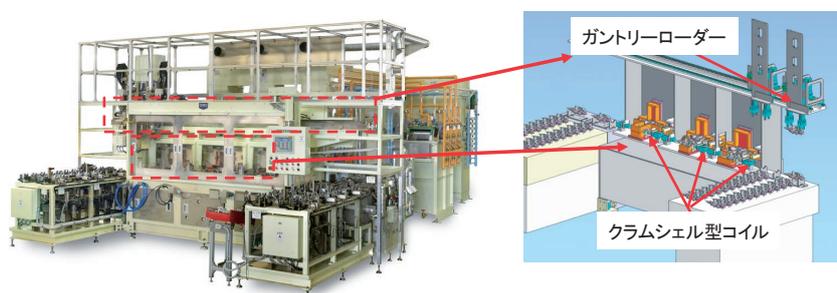


図9 設備外観, 及び, コイルとガントリーローダーの構造

よる位置決め機構(以下サーボモーター機構)を採用することで、操作盤で設定した任意の位置への動作を可能としている。

更に、各ガントリーローダーは、それぞれにワークを把持する2個のハンドを有し、一方のハンドは固定設置、他方のハンドにはハンド間の距離調整を行うためのサーボモーターを配置した可動設置とした。これにより、機種や搬送ステージによりワークを把持する位置を自動運転中に切替できる機構を実現した。

今回ガントリーローダーに用いるサーボモーターは、その性質上、当社実績設備のサーボモーターと比較して非常に高速(最大600mm/秒)に移動させて

いる。このため、移動開始時、減速停止時の振動が非常に大きくなることが予想されたが、これを抑制するため、実装テストを繰り返しパラメータの最適化を実施した。

これにより、多品種に対応する優れた汎用設備として、自動段取り化装置を実現することができた。

5. 完成した設備仕様

完成した設備(図9)における代表的な機種の客先仕様に対する、当設備の実現したサイクルタイムの実績値は以下となる(表1-1)。

段取り時間も客先仕様を満足するものとなっております。

