

整理番号 2022M-173

補助事業名 2022年度公設工業試験研究所等が主体的に取り組む共同研究補助事業

補助事業者名 地方独立行政法人鳥取県産業技術センター

## 1 補助事業の概要

### (1) 事業の目的

脱炭素社会、SDGsの達成を求められる中で、自動車業界等の製造業では、製造工程における環境負荷・エネルギー消費量の低減が課題となっている。その中で、自動車の動力伝達用部品では、熱処理工程を従来の浸炭焼入れから環境負荷の小さい高周波焼入れに転換する動きが出ている。

起伏の大きく薄い部品については、磁束密度分布の関係で熱処理ができなかったが、磁束密度を制御する治具を考案し、複雑形状部品に選択的に高周波焼入れ可能な方法を開発することを目的とする。

### (2) 実施内容

磁束密度制御用治具を活用した選択的高周波焼入れ法の開発

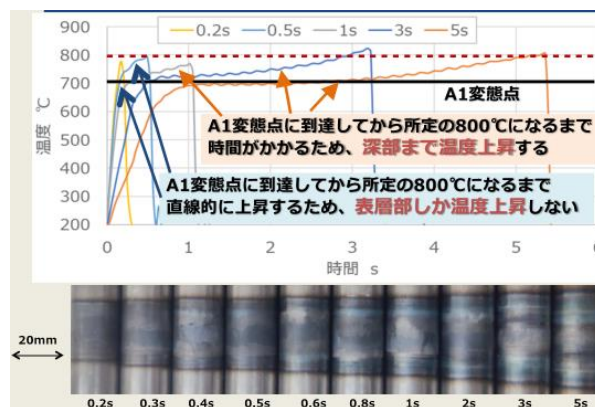
(<https://tiit.or.jp/3133/e137/4jka/>)

#### ①短時間焼入れのメカニズム解明

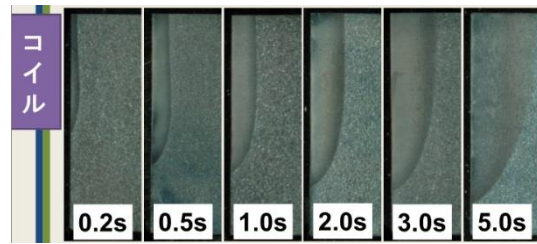
対象ワークサイズが小さいと高周波誘導加熱時間が1秒未満の短時間となり、材質の相変態速度より温度変化の速度が速くなり、焼きが十分に入らない(相変態しない)現象がある。そこで、1秒未満の高周波誘導加熱における現象を実験とシミュレーションを活用して検証した。

#### ア 高周波誘導加熱と時間の関係

0.2秒から5秒までの熱処理時間における温度上昇カーブを熱電対により測定した。その結果、金属組織のA1変態点(700℃)までは温度上昇した後、所定の800℃まで緩やかに温度上昇することがわかった。



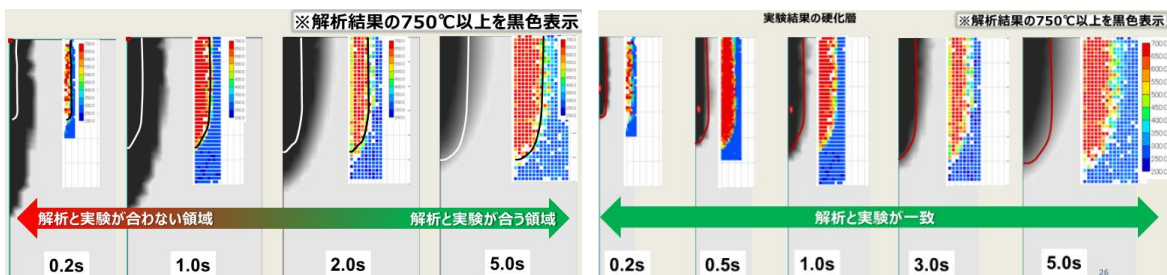
イ 各熱処理時間におけるマクロ試験結果  
丸棒を各時間で熱処理した際のマクロ試験  
(硬化層分布)を実施。



ウ 短時間熱処理におけるシミュレーションを実施

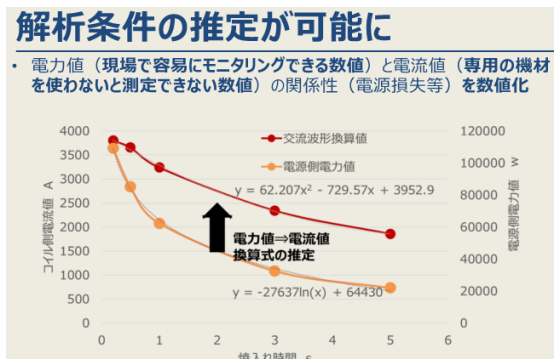
シミュレーションと実験を比較すると、1秒未満の短時間熱処理において硬化層分布が異なることがわかった。

そこで、シミュレーションの条件設定に活用した電流値を調査したところ、実験装置から出力される電流値は電源側であることがわかり、コイル側の電流値を測定し、再度シミュレーションを行った結果、実験と解析が一致することがわかった。



シミュレーションと実験を合わせこむため、  
電流値を推定可能な換算式を同定した。

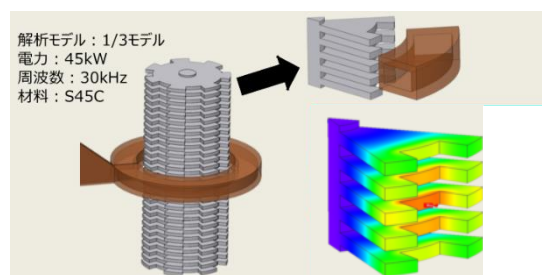
電源側の電流値とコイル側の電流値のズレは、  
電源とコイル間の損失が影響している可能性  
がある。



## ②複雑薄肉形状部品の選択的誘導加熱法

複雑薄肉形状部品で凸部が温度上昇せず、凹部しか温度上昇しない形状を研究課題として、凸部も温度上昇させることが可能な特殊治具を開発し、実験と解析で検証を行った。

ア シミュレーションを活用した誘導加熱  
解析電磁場と非定常伝熱解析の連成解析により、  
今回研究対象としたモデル形状の温度  
分布を解析により導出した。



イ 製品形状が温度分布に及ぼす影響

製品の板厚、凹凸の比率が温度分布に及ぼす影響を解析により明らかにした。

結果としては、板厚間の隙間が大きい製品形状または凹凸比の大きい製品形状について、より凹部と凸部の温度差が大きく（目的の箇所の温度が上昇しない）なることがわかった。

ウ 温度上昇と磁束密度の関係

凹部が温度上昇しない要因を調査するため、断面の磁束密度分布を検討した。その結果、製品形状の影響により凹部において磁束密度が高くなり、凸部で磁束密度が低くなるため、凸部において温度上昇しないことがわかった。

エ 磁束密度制御治具

ウで記載した磁束密度が凹部に集中する要因として、複数の薄板が積層された部品だと、磁束ベクトルが相殺するため、凸部において温度上昇しない。そこで、磁束ベクトルの相殺を抑制するため、図に示すような治具を考案した。

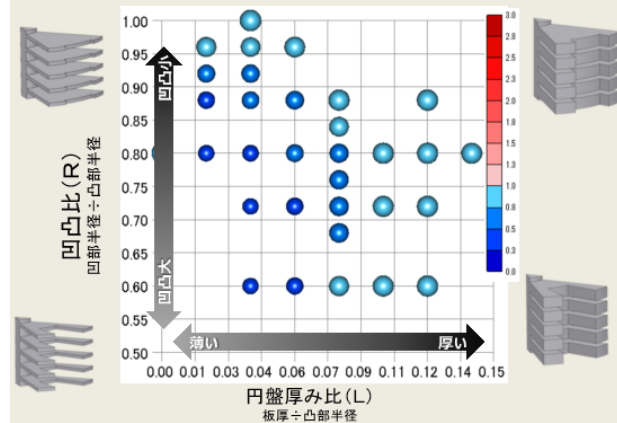
オ 磁束密度制御治具の形状効果

考案した磁束密度制御治具の中で、図中の治具①は凸部において温度上昇し、その要因として磁束密度が凸部に集中していることがわかった。

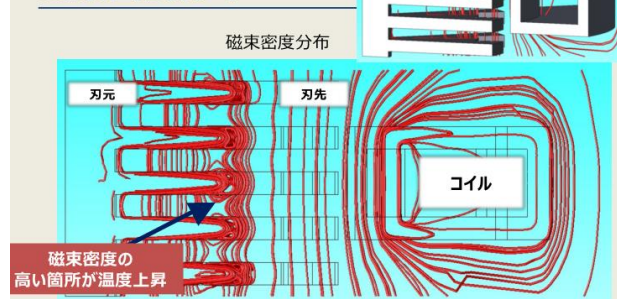
カ 磁束密度制御治具の材質効果

強磁性体と非磁性体が磁束密度に及ぼす影響を調べた。その結果、強磁性体よりも非磁性体の方がより顕著に磁束密度を制御可能であることが分かった。

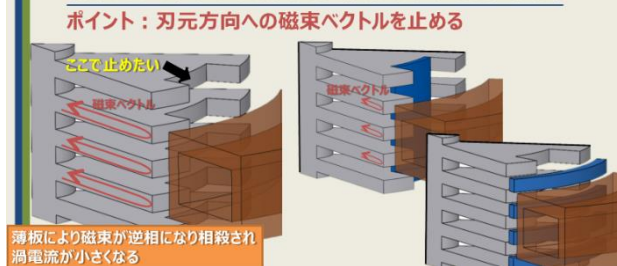
### 凸部と凹部の温度比（凸部温度÷凹部温度）



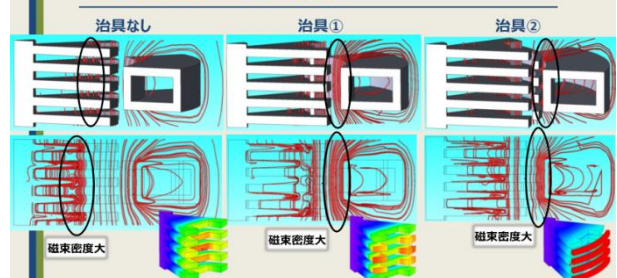
### 磁束密度分布



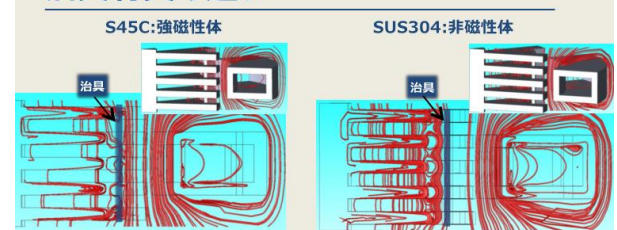
### 熱処理不良の原因と検討した治具形状



### 磁束密度分布の違い

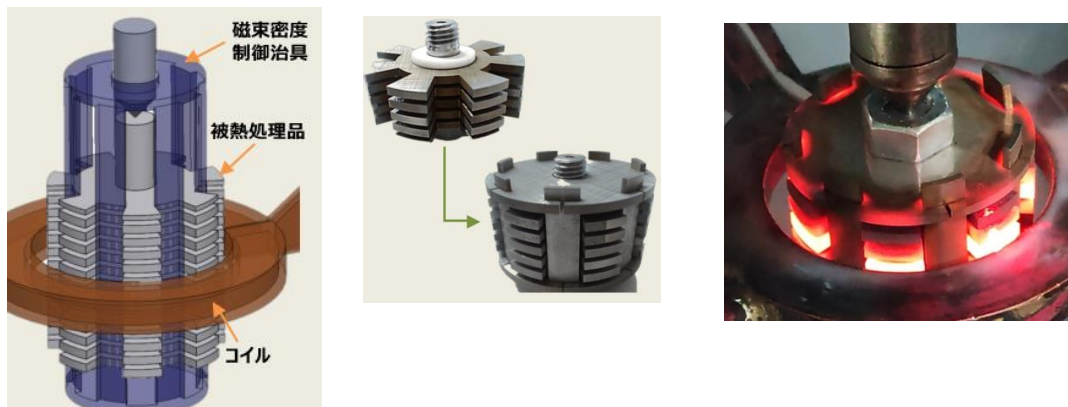


### 治具材質の違い



## ケ 実験による検証

シミュレーションにより考案した治具を実際に試作し、図に示すような形状を共同研究先の高周波誘導加熱装置に取り付け、サーモグラフィ等のセンサを取り付け実験した。



その結果、図に示すとおり、治具の材質及び形状により想定通り温度上昇箇所を制御することが可能となった。

## 2 予想される事業実施効果

高周波焼入れは、鋼材の表面のみ数秒程度で急速加熱するため、人の目視による現象把握は物理的に困難であり、また、高周波焼入れで利用される電磁誘導加熱は、磁束密度の違いで温度上昇が異なるが、こちらも目では見えない現象のため、現場の経験や勤が頼りとなる部分がある。

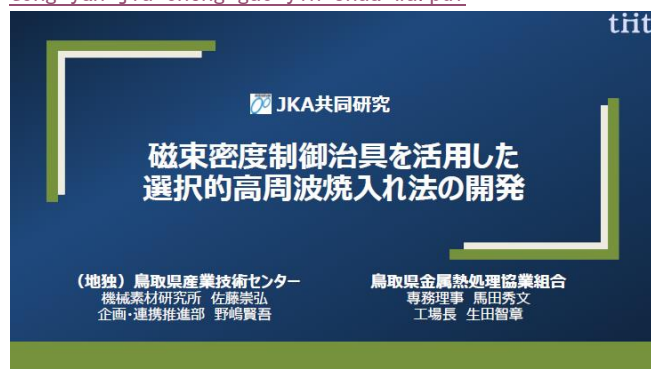
本研究では、誘導加熱シミュレーションソフトを活用して現象を見える化し、更に温度上昇に影響を及ぼす磁束の流れ（磁束密度）を制御可能な治具を新たに考案することで、選択的に熱処理を行う手法を開発した。本事業の成果は、共同研究参画企業のみならず、地域企業の熱処理の高付加価値化、また電磁場を制御する手法の応用展開として、めっきなどの業界等にも競争力向上に大きく寄与する。

## 3 補助事業に係る成果物

### (1) 補助事業により作成したもの

共同研究成果報告書

[https://tiit.or.jp/user/filer\\_public/ab/02/ab026997-a6eb-4d55-9807-793a409d68b0/jkagong-tong-yan-jiu-cheng-guo-yin-shua-wu.pdf](https://tiit.or.jp/user/filer_public/ab/02/ab026997-a6eb-4d55-9807-793a409d68b0/jkagong-tong-yan-jiu-cheng-guo-yin-shua-wu.pdf)



(2) (1) 以外で当事業において作成したもの  
 ○共同研究成果報告会の開催に関する広報関連

・ (ホームページ) [https://tiit.or.jp/3202/5450\\_back/jka-tiit/](https://tiit.or.jp/3202/5450_back/jka-tiit/)

3/8 (水) オンラインセミナー「JKA  
 共同研究成果発表 及び JKA導入機器  
 セミナー」のご案内

共同研究成果報告会・共同研究成果発表会・共同研究成果報告会・共同研究成果発表会・共同研究成果報告会・共同研究成果発表会

**概要**

鳥取県産業技術センターで実施した鳥取県産品製造現場実証事業との共同研究と今年度実証結果として導入した高周波誘導加熱装置について紹介します。企業の実証の多数の事例をお待ちしております。

**実施日時**

※5月3日(水) 13:30-14:30

**実施方法**

完全web開催 (参加方法については、参加者様をいたいた方へ別途お知らせいたします) ※Cisco WebExで開催します。

**内容**

プログラム

(1) 共同研究成果発表 (13時30分～14時00分)

「磁束密度制御器具を活用した選択的電磁誘導加熱法の開発」

講師：鳥取県産業技術センター 主任研究員 佐藤 博史

自動車や動力伝達部品等に見られる形状が大きく異なる部品については、電磁誘導加熱が難しく熱処理が十分できず発生しています。本研究では、この点に着目し、磁束密度を制御する器具による、複雑形状部品に選択的に高周波誘導加熱可能な方法を開発したので紹介します。

(2) 導入機器セミナー (14時00分～14時20分)

「磁束密度制御器具の開発動向」/「高周波誘導加熱装置 製品特長・実証事例」

講師：メール・ジャパン株式会社 代表取締役 稲垣 博史 氏

高周波誘導加熱装置は、機械部品や電子部品の加熱加工及び加熱加工制御をノンオーダーレベルで行うことで、金属材料の切削やプレス等の機械加工部品をはじめ、電子、プラスチックなどの複雑形状部品の高周波加熱の自動化や熱処理の品質向上に貢献する高度な装置に活用されています。本セミナーで特徴的な事例を中心に実証方法について紹介します。

受講料

無料

定員

無制限

対象者

- 食品加工品に熱処理をされている企業
- 高周波誘導加熱に興味のある企業
- 加工品の形状改善をされている企業
- 複雑形状の形状改善をされている企業

申込方法

次の申込フォームにご入力ください

2023年3月2日

共同研究成果報告会・共同研究成果発表会

・とっとり技術ニュース No. 27 (2023年3月2000部発行 原稿)

[https://tiit.or.jp/user/filer\\_public/05/42/0542d2a7-623a-44ca-b5ff-d4f4e6396b5b/no27-01-06.pdf](https://tiit.or.jp/user/filer_public/05/42/0542d2a7-623a-44ca-b5ff-d4f4e6396b5b/no27-01-06.pdf)

Tottori Technology Information & News  
 Tottori Institute of Industrial Technology

とっとり  
 技術 NEWS No. 27  
 2023年3月発行

特集「第4期重点分野の取り組みと成果」

- 生産性向上のためのAI・IoT・ロボット技術
- 次世代自動車関連部品の生産技術
- 豊富な水産資源を活用した高付加価値食品の開発

■特賞～第4期重点分野の取り組みと成果～

- 生産性向上のためのAI・IoT・ロボット技術
- 次世代自動車関連部品の生産技術
- 豊富な水産資源を活用した高付加価値食品の開発

■令和4年度JKA導入機器紹介

- 赤外・ラマン分光分析装置
- 高精度顕微鏡形状測定機

■「遠隔」キオニールキーワード

- フードロスへ食べ残るのに捨てられてしまう食品を減らすために～
- HACCP(ハザード)安全・安心な食品を提供するために～

■技術支援企業紹介 ～県内企業の新製品・新技術～

- (有)ホームケア薬品開発
- “すくみ足サポート”(歩行補助具「Qピット」)の開発支援

■センターお知らせ

- オーダーメイド技術者育成事業のご案内
- センターを執筆で紹介

地方独立行政法人 鳥取県産業技術センター

社会実装への支援 磁束密度制御器具を活用した選択的電磁誘導加熱法の開発

図に示す高周波誘導加熱は、数秒で焼入れ処理を行うため、人の目による現象把握は物理的に困難です。さらに、高周波誘導加熱で用いられる電磁誘導加熱現象は、目には見えない磁束密度の違いで温度上昇が異なるため、現場レベルでの改善は難しく、経験と勘に頼っている部分があります。

その中で、自動車の動力伝達部品等で活用される起伏の大きく薄い部品(例えば歯車)については、最終周面側への熱処理ができない形状がありました。その要因を電磁場・非定常伝熱の連成解析により検証した結果、形状依存の磁束密度分布が影響していることがわかりました。

そこで本研究では、磁束密度を制御する器具(下左図)を考案し、その形状や材質が温度分布に及ぼす影響を明らかに(下図中央)にし、複雑形状部品においても選択的に高周波焼入れ可能な方法(下図右)を開発しました。

本研究開発は、(公財)JKAの2022年度公設工業試験研究所等が主体的に取組む共同研究事業により実施しました。

## ○共同研究成果報告書の周知に関する広報関連

- ・（ホームページ）「令和4年度JKA共同研究について」

(<https://tiit.or.jp/3133/e137/4jka/>)

### 令和4年度JKA共同研究（選択的 高周波焼入れ法開発）について

ここに説明ここに説明ここに説明ここに説明ここに説明ここに説明

ホーム / 研究開発 / JKA共同研究成果事例 / 令和4年度JKA共同研究（選択的高周波焼入れ法開発）について

地方独立行政法人鳥取県産業技術センター機械素材研究所では、県内製造業の熱処理技術の高度化支援に取り組んでいます。このたび、(公財)JKA「公設工業試験研究所等が主体的に取り組む共同研究補助事業」を活用し、生産性向上を目指した共同研究を県内企業とともに下記のとおり実施しました。

1 テーマ 磁束密度制御治具を活用した選択的高周波焼入れ法の開発

2 実施期間 令和4年度

3 参画機関 地方独立行政法人鳥取県産業技術センター、鳥取県金属熱処理協業組合

4 概要 高周波誘導加熱は、磁束密度分布により温度上昇が異なる。  
磁束密度を制御可能な治具を考案し、従来不可能であった  
複雑形状部材において選択的に高周波誘導加熱する手法を開発した。

共同研究成果報告書 [7.7 MB | pdf]

研究紹介ポスター [7.0 MB | pdf]

## 4 事業内容についての問い合わせ先

団体名： 地方独立行政法人鳥取県産業技術センター  
(トトリケンサンギョウギジュツセンター)

住所： 〒689-1112  
鳥取県鳥取市若葉台南7丁目1-1

代表者： 理事長 高橋 紀子 (タカハシ ノリコ)

担当部署： 企画・連携推進部 企画室 (キカク・レンケイスイシンブ キカクシツ)

担当者名： 室長補佐 福島 良 (フクシマ マコト)

電話番号： 0857-38-6200

F A X： 0857-38-6210

E-mail： [fukushima-m@tiit.or.jp](mailto:fukushima-m@tiit.or.jp)

U R L： <https://www.tiit.or.jp/>