

CAL/CGL 焼鈍炉用高熱効率・長寿命ラジアントチューブバーナの開発



川島 知之*
小林 祥大**

2025 年度 省エネ大賞 (省エネ事例部門) 授賞式
川島筆頭筆者 (中央)・小林共筆者 (右)・浅川共同開発者 (左)

1. はじめに

鉄鋼製造プロセスは大量のエネルギーを消費する代表的な産業プロセスであり、日本の鉄鋼業では、設備改良、排熱回収、操業改善などを通じて長年にわたり省エネルギー化が進められてきた。近年は、これに加えてカーボンニュートラルへの対応が強く求められており、既存設備に対しても一層の高効率化と低環境負荷化が必要となっている。

このような状況の中、冷延・表面処理工程で広く用いられているラジアントチューブバーナ (RTB: Radiant Tube Burner) は、設備の汎用性が高く、省エネルギー効果を水平展開しやすい対象である。本稿では、CAL 及び CGL の一般的な役割と焼鈍炉構成を概説し、ついで RTB の技術的課題と、高熱効率・長寿命 RTB の開発内容と JFE スチー

ル東日本製鉄所千葉地区の実ラインに導入した際の効果について述べる。

2. CAL 及び CGL 焼鈍炉の役割

2.1 連続焼鈍ライン (CAL) の概要

連続焼鈍ライン (CAL: Continuous Annealing Line) は、冷間圧延によって加工硬化した鋼板を連続的に加熱・保持・冷却することで、再結晶及び析出挙動を制御し、加工性や強度などの機械特性を調整するプロセスである。冷延コイルを巻き戻し、次々に溶接しながら炉内を通板させた後、再び巻き取る方式であり、従来のバッチ焼鈍に比べて品質の均一化と高生産性に優れる。図 1 に弊社の CAL の設備構成例を示す。本構成の CAL は入側設備、炉体部、出側設備からなり、炉体部は予

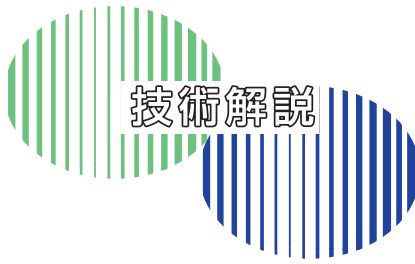
鋼板の移動方向 (連続処理)



図 1 CAL の設備構成例

* JFE スチール株式会社 スチール研究所 サイバーフィジカルシステム研究開発部 主査研究員 T. Kawashima
連絡先 E-Mail アドレス: tom-kawahsima@jfe-steel.co.jp

** 同 棒線事業部 仙台製造所 設備部設備室 主任部員 A. Kobayashi



熱処理ひずみを考慮した初期形状最適化^{1,2)}

南部 紘一郎*

1. 緒言

自動車用歯車をはじめとする機械部品では、耐磨耗性の向上及び高強度化を目的として、浸炭焼入れ処理が広く用いられている。浸炭焼入れ処理では、鋼材表面に炭素を拡散浸透させた後、焼入れによって表面近傍に高硬度な組織を形成する。これにより、表面硬さの向上に加え、圧縮残留応力の付与による疲労強度の向上が期待できる^{3,4)}。

一方で、浸炭焼入れ処理では、焼入れ時の温度分布、冷却ムラ、変態に伴う体積変化などが複雑に影響し、熱処理後に寸法変化や形状変化が生じる。このような熱処理ひずみは、歯車の歯形精度やかみ合い精度に影響を及ぼすため、高精度化を阻害する要因となる。特に近年では、自動車などの輸送機器において、小型化・軽量化に伴う高強度化に加え、騒音・振動低減の観点からも歯車精度に対する要求が高まっている。

熱処理ひずみによる形状誤差を補正するため、浸炭焼入れ後に歯面研削などの仕上げ加工が行われる場合がある。しかし、これらの後加工は製造コストの増加だけでなく、工程数やリードタイムの増加にもつながる。そのため、熱処理後の変形を低減する技術に加え、熱処理ひずみをあらかじめ考慮した形状設計の重要性が高まっている^{5,6)}。

しかしながら、浸炭焼入れに伴う変形は、材料特性、部品形状、処理条件、冷却条件など多くの因子が相互に影響して生じるため、熱処理ひずみそのものを完全になくすことは困難である。そこで筆者らは、熱処理ひずみを単に抑制するのではなく、焼入れ時に生じる変形をあらかじめ見込み、熱処理後に目的形状へ近づくような初期形状を決定する手法に着目した。

本記事では、このような初期形状決定手法として、実験計画法及び応答曲面法を用いた最適設計手法について概説する。特に、限られた実験数または解析数から形状因子と熱処理後の変形量との関係を近似し、目標形状を得るための初期形状を探索する考え方について解説する。

2. 実験計画法及びD最適化基準

実験計画法は、対象とする現象に影響を及ぼす因子を効率的に評価するために、実験条件や解析条件を計画的に設定する手法である。複数の因子が応答値に及ぼす影響を調べる場合、すべての組み合わせを網羅的に実施すると、因子数や水準数の増加に伴い、必要となる実験数や解析数は急激に増加する。そこで実験計画法では、限られた実験点を適切に配置することにより、少ない試験数

* 立命館大学 理工学部機械工学科 准教授 K. Nambu 連絡先 E-Mail アドレス : konambu@fc.ritsumeit.ac.jp

カーボンニュートラル社会を支える 試験・評価技術

伊木 聡*

1. はじめに

カーボンニュートラル社会の実現に向け、産業界では水素の製造や輸送、CO₂の回収・貯留、再生可能エネルギーの活用など、さまざまな、かつ複合的な技術開発が急速に進んでいる。これらの技術は「つくる」「はこぶ」「貯める」という三つの要素に分類され、それぞれに高度な材料特性評価、信頼性試験、システム解析が欠かせない。JFE テクノリサーチは、長年にわたって培ってきた材料工学、化学分析、構造解析、環境試験などの総合技術力を基盤に、カーボンニュートラル関連技術の開発から実装までを支援する。

「つくる」領域では、鉄鋼プロセスや環境エンジニアリング分野における高温プロセス反応試験、CO₂分離回収プロセスの開発、水電解セルや燃料電池の耐久性評価、触媒表面の微細構造解析、腐食挙動の長期試験が実施可能である。

「はこぶ」領域では、高圧水素パイプラインや

アンモニア輸送用配管の脆化^{ぜいか}評価、溶接部の非破壊検査、腐食環境下での材料試験を提供する。

「貯める」領域では、アンモニアによる応力腐食割れ (SCC) 評価や液体水素・LNG など極低温環境下での破壊強度試験、長期シミュレーションによる安全性検証を行う。

さらに、最新の電子顕微鏡、X線回折、ICP 発光分光分析、数値シミュレーション技術、高度なデジタルイメージ相関法 (DIC) 技術を駆使し、ナノスケールからマクロスケールまで包括的な評価を可能にしている。国際規格や ISO 認証に準拠した試験体制を整え、開発段階から量産化、品質保証まで一貫した技術サポートを提供する。加えて、データ解析や AI を活用した予測モデル構築により、設計最適化や寿命予測にも対応する。

カーボンニュートラルは単なる環境対応ではなく、次世代産業の競争力を左右する技術課題である。



図1 JFE テクノリサーチのカーボンニュートラル社会を支える試験・評価技術

* JFE テクノリサーチ株式会社 熱処理事業本部 CN・インフラ Division 長 S. Igi
連絡先 E-Mail アドレス : s-igi@jfe-tec. co. jp