

工業加熱

INDUSTRIAL HEATING

2020/11 VOL.57 NO.6

通巻342号 隔月刊・奇数月発行

技術解説

- X線残留応力測定技術と活用事例
- 熱処理知識向上のための基礎講座
(第二報)

アーカイブ

熱処理の応力・ひずみと変形特集

- 高周波焼入れ・焼戻しにおける熱処理変形
- 歪み矯正法を採用した熱処理設備
- 熱処理シミュレーションの源流と現在までの軌跡
— 熱処理変形メカニズム解明への寄与 —

技術解説

X線残留応力測定 of 技術と活用事例

………… パルステック工業株式会社 鈴木・内山 … 1

熱処理知識向上のための基礎講座（第二報）

………… 関東冶金工業株式会社 神田 輝一 … 8

アーカイブ

※ 所属は出版当時

熱処理の応力・ひずみと変形特集

高周波焼入れ・焼戻しにおける熱処理変形

………… 高周波熱錬株式会社 川寄・高村 … 17

歪み矯正法を採用した熱処理設備

………… 中外炉工業株式会社 下里 吉計 … 25

熱処理シミュレーションの源流と現在までの軌跡

— 熱処理変形メカニズム解明への寄与 —

………… 有限会社アリモテック 有本 享三 … 30

温故知新 モノを温めるために、新しきを知る皆さんへ

………… 下川 寛治 … 42

閑話休題 ふでいばらふびちよ …………… 前田 章雄 … 50

連絡 記事募集のご案内 …………… 55

協会通信 …………… 57

X線残留応力測定技術と活用事例

鈴木 宏保*
内山 宗久**

1. はじめに

品質管理の一環として、加工・熱処理（高周波、浸炭）・表面処理など、各種工程管理の中で工程前後の残留応力を測定・管理することにより、「品質保証の強化」「工程改善や効率化」に役立てようとする動きが高まっている。また設計・開発の現場においても、製品の小型・軽量化に伴い、高強度・高品質を維持するため、残留応力を重要なパラメータのひとつとして捉える動きが増えてきている。非破壊・非接触で残留応力を測定する手法のひとつとして、X線回折を用いた測定方法が一般的に用いられている。しかし、従来型の測定装置は、大型設備であること、測定対象物の大きさや形状に制約があることなどの理由により、現場での測定には向かず、研究・開発などの限られた用途で用いられてきた。一方、近年、可搬型の残留応力測定装置が開発され、測定対象物の形状や場所にとらわれず測定ができるようになった。

本技術解説では、まず残留応力の発生過程や疲労特性へ及ぼす影響を概説する。次にX線残留応力測定手法の基本となるX線回折原理やブラッグの法則について述べる。また可搬型残留応力測定装置で採用されているX線回折から応力を求める

ための1つの手法である $\cos\alpha$ 法^{3,4,5)}について概説する。さらに種々な測定対象物を測定するために必要な対応内容を紹介する。最後に熱処理分野での活用事例を紹介する。

2. 残留応力

残留応力とは、外力が作用していないにもかかわらず材料に内在する応力のことをいう。図1は鋼材に外力を加え曲げ加工（塑性変形）する際の応力状態を模式的に示す。曲げ加工時には鋼材の内側の部位には圧縮応力が作用し、一方、外側の部位には引張応力が作用する。ここで外力を取り

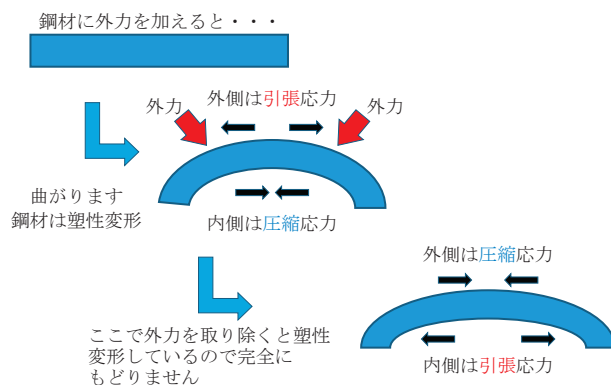
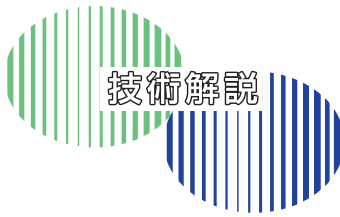


図1 残留応力とは

* パルステック工業株式会社 営業部 主任 H. Suzuki 連絡先 E-Mail : hiroyasu-suzuki@pulstec.co.jp
** 同 技術部 主査 M. Uchiyama



熱処理知識向上のための基礎講座 (第二報)

神田 輝一*

1. はじめに

前報では熱処理を実践する際に必要な最低限の知識と熱処理の原理原則について述べた。¹⁾ その中で熱処理とは“赤めて冷やす連続工程が一對となり被処理物の性質を変化させる処理”であることを解説した。

ところが、やみくもに被処理物を加熱し冷却しても熱処理技術とは言い難い。なぜなら熱処理には加熱(赤める)ためのルールがあり冷却する(冷やす)ためのルールがあるからである。今回の二報では一般熱処理の焼ならしと焼なましについて、加熱・冷却方法のルールと熱処理設備及び光輝処理の雰囲気を含め解説する。

2. 一般熱処理とは

鋼の熱処理を大別すると、図 2.1 のように一般熱処理と表面熱処理の二種類に分類できる。

一般熱処理の種類には、焼なまし、焼ならし、及び焼入れ焼戻し等がありバルク(全体)熱処理とも呼ばれる。一方、表面熱処理の種類には、浸炭、浸炭窒化、窒化处理及び高周波熱処理そして炎熱処理があり、鋼の表面のみ組織を変化(改質)

させる処理のことでサーフェース(表面)熱処理と呼ばれることもある。

また、国家資格である金属熱処理技能士試験では次の三種類に分かれている。すなわち、① 一般熱処理作業、② 浸炭熱処理作業、浸炭窒化熱処理作業、窒化熱処理作業、③ 高周波熱処理作業、炎熱処理作業の各分野に分かれ要素試験及びペーパー試験が行われている。この中で②及び③が表面改質熱処理である。どの種類の試験に合格しても金属熱処理技能士の資格が与えられる。

以下一般(バルク)熱処理について解説する。

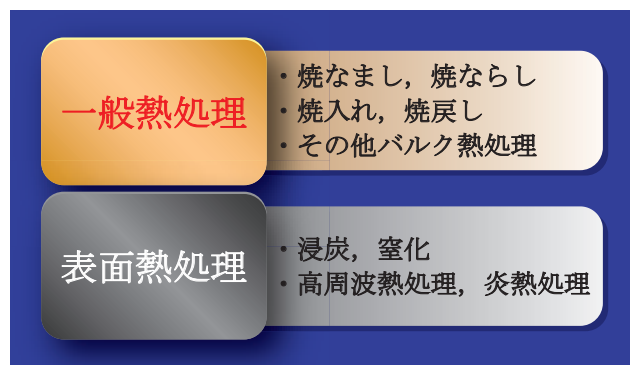
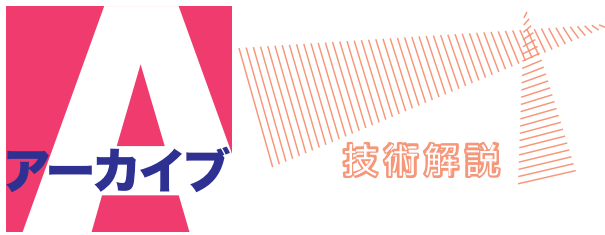


図 2.1 熱処理の種類

* 関東冶金工業株式会社 取締役 技術開発室 室長(工博) K. Kanda



高周波焼入れ・焼戻しにおける熱処理変形

川 寄 一 博*
高 村 元 雄**

概要

近年、各種機械部品の製造工程での工業低減と低コスト化のために、高精度化、品質安定化への要望が強くなり、変形が比較的少ないとされる高周波熱処理（焼入れ・焼戻し）への関心や、より一層の低減に対する期待が高くなってきている。

そこで、高周波熱処理に伴う変形に関して、基本的な考え方を整理し、幾つかの事例を紹介した。そして、その低減には加熱・冷却プロセスでの諸条件の調整、治具使用（拘束・回転）などによる基本的対策に加えて、素材、前処理、高周波熱処理を見通した総合的な現状把握と対策、及び“定”変形化から低変形を目指す対策が有効なことを示した。

1. はじめに

高周波誘導電流を利用した高周波焼入れは、表皮効果による表面加熱、加熱コイル使用による部分加熱、直接加熱による急速短時間加熱という加熱上の特徴と、高硬さ、高圧縮残留応力、高靱性による優れた耐摩耗性、耐疲れ性という材質上の特徴を示す鋼の代表的な表面硬化法で、クリーンで環境にやさしい熱処理技術でもある^{1~6)}。

また、近年、各種機械部品の製造工程での省力化、省プロセス化、低コスト化のために、高精度化、品質安定化への要望が強くなり、熱処理変形低減に対するニーズが増加しつつある。なかでも、変形が比較的少ないとされる高周波熱処理（焼入れ・焼戻し）に対する関心と、より一層の低減への期待が高くなってきている。

一方、熱処理変形は高周波熱処理に限らず物理的变化により発生するため、基本的には避けることができない。また、一般には、焼割れ、硬さ不良などと共に、代表的な熱処理不具合とされており、熱処理技術者には大きな関心事である^{7,8)}。

本講では、高周波熱処理変形に関する基本的な考え方を整理し、幾つかの事例を紹介する。

なお、熱処理変形には多くの因子が複雑に作用することから、一般論化は難しく、読者が日常で経験される変形の実情と合致しないケースも有りうることをあらかじめご承知いただきたい。

また、本講では JIS G 0201 に従い、日常よく使われる「歪み」ではなく「変形」を用いる。

* 高周波熱錬株式会社（ネッレン）技術本部 技術部長 工博 K. Kawasaki (1989年1月出版当時)

** 加工事業部 技術担当課長 M. Takamura

歪み矯正法を採用した熱処理設備

下里 吉計*

概要

ベアリングレースやトランスミッション用ギヤインタナル等の円筒形部品は、焼入れ時楕円になったり、円筒がテーパになったりしやすい。ここに解説するプラグ焼入れ装置は、上記の部品の型焼入れに用いられ、真円度、円筒度、平坦度を改善して後加工をなくしたり、大幅に削減することに役立っている。

1. はじめに

歪み矯正法を採用した熱処理法としては、①自動車のデファレンシャルリングギヤ等を型焼入れするプレスクエンチマシン、②スラブ等鋼板をローラで型押ししながら焼入れするローリングクエンチ装置、③のこ刃等薄物を型押し焼入れする装置、④フリー焼入れした後、熱盤で押さえながら焼戻しするプレステンパ装置、⑤円筒形状の部品に型をはめて焼入れするプラグクエンチ装置等種々ある。ここでは、⑤のプラグクエンチ装置について述べる。

2. プラグクエンチ装置

プラグクエンチ装置の代表的な構造を図1に示す。焼入れ炉から1個単位で取り出された処理部品は、装入装置により型のセンタに位置決めされ

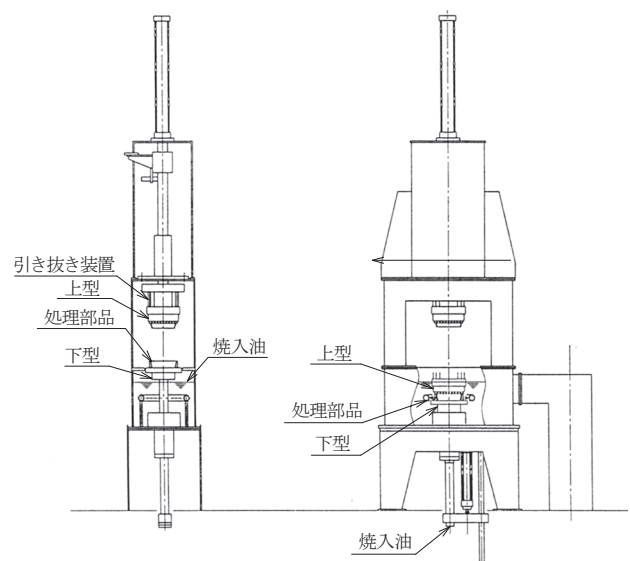


図1 プラグクエンチ装置

* 中外炉工業株式会社 商品開発事業本部 Y. Shimosato (1989年7月出版当時)

熱処理シミュレーションの源流と 現在までの軌跡

— 熱処理変形メカニズム解明への寄与 —

有本 享三*

1. はじめに

熱処理シミュレーションは、コンピュータで熱処理過程を模擬するためのソフトウェア技術である。熱処理対象物の形状、材料特性、境界条件などのデータを入力すれば、計算結果として時々刻々の温度、組織、応力、ひずみ、変形、硬さなどの予測値が出力されてくる。部品の高精度化への対応ということで、熱処理シミュレーションには、熱処理変形の予測ツールとしての役割が期待されている。

熱処理シミュレーションは近年発達した技術であるが、そこには過去の熱処理に関する理論的研究が多数用いられている。そこで、まず、この技術の源流となる研究について、振り返っておくことにする。古い教科書に書かれているような内容を、シミュレーションの立場から見直すというような作業である。

熱処理シミュレーションが誕生したのは、コンピュータと有限要素法の進歩のためのものである。この分野のパイオニアたちの研究を概説し、その後の発展の軌跡を簡単にたどっておくことにする。

最後に、シミュレーションによる熱処理変形の予測とはどのようなものであるかを簡単に述べておく。各種ひずみの時々刻々の変化を分析することによって、最終変形の発生メカニズムを説明できることを強調しておきたい。

2. 熱処理シミュレーションとその源流

熱処理シミュレーションのシステム化には、図1に示すように、熱伝導、拡散、熱弾塑性解析、電磁場解析及び熱流れ解析の有限要素法モジュールがベースとなっている。これらを統御する位置には、材料の相変態予測モジュールが設けられている。そして、相変態と各種の有限要素法モジュールの間には、複合則モジュールがはさまっている。複合則モジュールでは、有限要素法解析が必要となる混合相の特性データが、相変態モジュールで予測された組織の体積分率と個々の相の材料特性入力データを用いて求められている。特に相変態、熱伝導及び熱弾塑性解析のモジュール間では、達成計算のためにデータのやり取りが行われる。

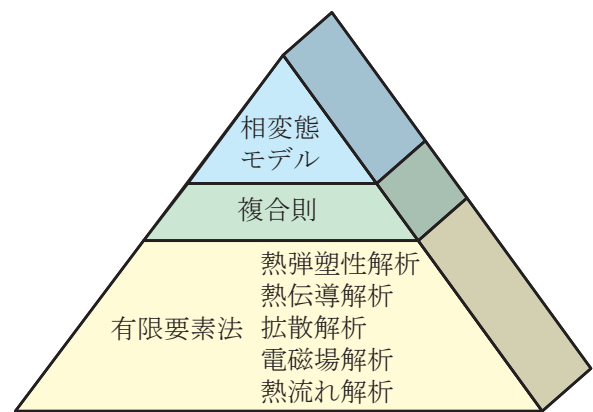


図1 熱処理シミュレーションのシステム構成

* 有限会社アリモテック 取締役 K.Arimoto (2004年9月出版当時)