

氏名	ま だ ひで ふみ 馬 田 秀 文
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第167号
学位授与年月日	平成17年 3月18日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	高周波焼入れ歯車の残留応力・硬化層と曲げ疲労強度に関する基礎的研究
学位論文審査委員	(主査) 宮近幸逸 (副査) 早川元造 西村正治 小出隆夫

### 学位論文の内容の要旨

自動車、航空機、船舶、建設機械および各種産業用機械などにおいては、原動機の性能アップによる出力増加が強力に進められており、このため、伝達トルクの増大に対して必要とされる変速装置の大きさに制限があるため、また小形・軽量化の要求のため、動力伝達用歯車の強度増強が強く望まれている。動力伝達用歯車の強度増強をはかるために高周波焼入れや浸炭焼入れなどの表面硬化処理が施される。高周波焼入れは、浸炭焼入れに比べて、焼入れ時間が短い、焼入れひずみが小さい、インライン化・省エネルギー化・省力化が容易である、作業環境が比較的清潔であるなどの多くの特長を持っている。しかし、最適な加熱コイル形状と焼入れ条件は試行錯誤によって決定されているのが現状である。このため、高周波焼入れによる残留応力と硬化層を予測できるシミュレータを開発し、種々の加熱コイル、焼入れ条件に対して高周波焼入れシミュレーションを行って、加熱コイル形状と焼入れ条件が残留応力と硬化層に及ぼす影響を明らかにし、加熱コイルの最適設計法と焼入れ条件の選定法を確立することが強く望まれている。

本論文では、まず、軸対称および二次元高周波焼入れシミュレータを発展させた三次元高周波焼入れシミュレータを開発し、このシミュレータを用いて、軸の高周波焼入れ過程の温度・応力、焼入れによる残留応力・硬化層を求め、軸対称高周波焼入れシミュレータによる計算結果との比較検討を行って、開発した三次元高周波焼入れシミュレータの有効性を理論的に確かめるとともに、本シミュレータを用いた場合のFEMモデルの要素分割法についても明らかにした。また、本シミュレータを用いて歯車の高周波焼入れ過程の温度・応力を計算し、残留応力・硬化層を求め、残留応力・硬化層に及ぼす加熱電力および周波数の影響などについて検討を加えた。

次に、三次元高周波焼入れシミュレータを用いて歯車の高周波焼入れ過程の温度を求

めるとともに、高周波焼入れ過程の温度測定を行って、温度の計算結果と測定結果を比較することにより、開発された三次元高周波焼入れシミュレータの有効性を実験的にも確かめた。また、歯車のような表面形状が凸凹な形状の場合に、表面に沿った硬化層を得るのに有効であると考えられている二重周波高周波焼入れについてもシミュレーションを行って、歯車の高周波焼入れによる残留応力と硬化層に対する二重周波高周波焼入れの有効性について確かめた。

さらに、加熱時間の異なる高周波焼入れ条件における歯車の高周波焼入れシミュレーションを行うとともに、高周波焼入れ歯車の硬さ測定と曲げ疲労試験を行って、歯車の曲げ疲労強度に対する最適加熱時間について検討を行った。また、コイル形状、加熱電力、周波数の異なる条件で高周波焼入れされた歯車の硬さ測定および曲げ疲労試験を行って、曲げ疲労強度を求め、高周波焼入れ歯車の曲げ疲労強度に対する最適焼入れ条件を明らかにした。

以上、種々の高周波焼入れ歯車の残留応力・硬化層の計算結果、硬さ測定および曲げ疲労試験結果より、高周波焼入れ歯車の曲げ強度設計、最適な高周波焼入れ条件の選定および加熱コイル設計を行うための有用な基礎資料を提示することができた。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、動力伝達用歯車の強度増強をはかるために施される高周波焼入れについて、加熱コイルの最適設計法と焼入れ条件の選定法の確立を目的として行った基礎的研究の結果をまとめたものである。

まず、軸対称および二次元高周波焼入れシミュレータを発展させた三次元高周波焼入れシミュレータを開発し、このシミュレータを用いて、軸の高周波焼入れ過程の温度・応力、焼入れによる残留応力・硬化層を求め、軸対称高周波焼入れシミュレータによる計算結果との比較検討を行って、開発した三次元高周波焼入れシミュレータの有効性を計算実験的に確かめている。また、本シミュレータを用いて歯車の高周波焼入れ過程の温度・応力を計算し、残留応力・硬化層を求め、これらに及ぼす加熱電力および周波数の影響などについて検討を加えている。次に、本シミュレータを用いて歯車の高周波焼入れ過程の温度を求めるとともに、高周波焼入れ過程の温度測定を行って、温度の計算結果と測定結果を比較することにより、本シミュレータの有効性を実験的にも確かめている。また、歯車のような表面形状が凸凹な形状の場合に、表面に沿った硬化層を得るのに有効であると考えられている二重周波高周波焼入れについてもシミュレーションを行って、残留応力と硬化層に対する二重周波高周波焼入れの有効性について確かめている。さらに、加熱時間の異なる高周波焼入れ条件における歯車の高周波焼入れシミュレーションを行うとともに、高周波焼入れ歯車の硬さ測定と曲げ疲労試験を行って、歯車の曲げ疲労強度に対する最適加熱時間について検討を行った。また、コイル形状、加熱電力、周波数の異なる条件で高周波焼入れされた歯車の硬さ測定および曲げ疲労試験を

行って、曲げ疲労強度を求め、高周波焼入れ歯車の曲げ疲労強度に対する加熱コイルの最適設計と焼入れ条件を選定するための有益な指針を提示している。

以上、本論文は動力伝達用歯車の高周波焼入れ用加熱コイルの最適設計法と焼入れ条件の選定法の確立のために、新しい手法を導くとともに、多くの指針と有益な資料を提示したものとして高く評価できる。よって本論文は、博士（工学）の学位論文に値するものとして認められる。