

氏名	薛 衛 東 しゅえ うえいとん
学位の種類	博士 (工学)
学位記番号	甲第157号
学位授与年月日	平成16年 3月25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	浸炭焼入れ薄肉歯車の残留応力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 小出隆夫

学位論文の内容の要旨

各種機械装置の原動機の出力量増加にともなう伝達トルクの増大に対して、変速装置の大きさに制限があるため、また小形・軽量化に対する要求のため、動力伝達用歯車の強度増強が強く望まれている。歯車の強度増強をはかるために、浸炭焼入れや高周波焼入れなどの表面硬化処理が施され、また小形・軽量化をはかるために、遊星歯車装置や薄肉歯車がしばしば用いられる。浸炭焼入れは高周波焼入れに比べて表面形状に沿った硬化層が得やすいので、焼入れによる強度増強の信頼性が高いと考えられている。しかし、従来の浸炭焼入れ歯車の曲げ強度に関する研究では、歯車側面を浸炭防止したものに対する曲げ疲労試験結果と二次元有限要素法による残留応力計算結果に基づいて検討が行われているが、実際に用いられる浸炭焼入れ歯車では、側面浸炭防止はほとんど行われていない。また、歯幅の狭い歯車の浸炭焼入れによる残留応力を二次元有限要素法によって評価することにはかなり問題がある。さらに、薄肉ウェブ構造歯車やはずば歯車などのような三次元形状をもつ歯車の浸炭焼入れによる残留応力は三次元有限要素法によって評価される必要があると考えられる。したがって、浸炭焼入れ歯車のより正確な曲げ強度設計および最適な浸炭焼入れ条件の選定を行うためには、まず三次元形状の機械要素の浸炭焼入れによる残留応力を予測できるシミュレータを開発し、次に種々の薄肉平・はずば外・内歯車の浸炭焼入れによる残留応力および曲げ疲労強度に及ぼす浸炭部(歯面、歯車側面など)、浸炭時間(硬化層厚さ)の影響などについて明らかにする必要があると考えられる。

本論文では、まず、二次元浸炭焼入れシミュレータを三次元形状の機械要素に適用できるシミュレータに発展させ、三次元有限要素法(3D-FEM)による炭素拡散、熱伝導および弾塑性応力解析法を用いたシミュレータを開発した。この三次元浸炭焼入れシミュレータを用いて、円柱および平歯車の冷却過程の温度を計算するとともに、種々の浸炭焼入れ条件に対する平外歯車の炭素濃度分布、硬さ分布および残

留応力分布を求め、微小硬度計による硬さ分布の測定結果、熱電対による温度分布の測定結果、せん孔法および X 線法による残留応力の測定結果と比較検討することにより、本シミュレータの有効性を確かめた。次に、三次元浸炭焼入れシミュレータを用いて、種々の浸炭焼入れ条件に対して、平外・内歯車、薄肉対称・非対称ウェブ構造歯車、はすば歯車の浸炭焼入れ過程の温度・応力を計算し、残留応力を求め、浸炭焼入れによる残留応力に及ぼす浸炭部(歯面、歯車側面、リム表面、ウェブ表面)、浸炭時間(硬化層厚さ)、モジュール、歯数、基準圧力角、リム厚さ、歯幅、ウェブ構造、ねじれ角の影響などについて検討を加えた。さらに、歯車側面に銅めっきを施して側面浸炭防止した場合と浸炭防止しない場合の浸炭焼入れ平外歯車に対して、パルセータ試験機による曲げ疲労試験を行って、曲げ疲労強度を求め、曲げ疲労強度に及ぼす側面浸炭、硬化層厚さおよび残留応力の影響などについて明らかにした。一方、歯車の歯面強度を求めるための基礎としてよく用いられる円筒ローラに対して、側面浸炭防止した場合と防止しない場合の浸炭焼入れ過程の温度・応力を、軸対称有限要素法による熱伝導および弾塑性応力解析法を用いて求め、浸炭焼入れによるローラの残留応力に及ぼすローラ形状、浸炭部、浸炭時間(硬化層厚さ)およびローラ幅の影響などについて検討を加えた。

以上、浸炭焼入れ平外・内歯車、薄肉対称・非対称ウェブ構造歯車、はすば歯車、および歯車の歯面強度を求めるための基礎として用いられる円筒ローラの残留応力の計算結果、側面浸炭防止した場合と浸炭防止しない場合の浸炭焼入れ歯車の曲げ疲労試験結果より、浸炭焼入れ歯車の強度設計および最適な浸炭焼入れ条件を選定する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および小形・軽量化をはかるために用いられる浸炭焼入れ薄肉歯車について、浸炭焼入れによる残留応力と曲げ疲労強度・歯面強度に対する最適浸炭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、二次元浸炭焼入れシミュレータを三次元形状の機械要素に適用できるシミュレータに発展させ、三次元有限要素法(3D-FEM)による炭素拡散、熱伝導および弾塑性応力解析法を用いたシミュレータを開発し、本シミュレータによる計算結果と測定結果を比較することにより、その有効性を確かめている。次に、このシミュレータを用いて、平外・内歯車、薄肉対称・非対称ウェブ構造歯車、はすば歯車の浸炭焼入れによる残留応力を求め、残留応力に及ぼす浸炭部(歯面、歯車側面、リム表面、ウェブ表面)、浸炭時間(硬化層厚さ)、モジュール、歯数、基準圧力角、リム厚さ、歯幅、ウェブ構造、ねじれ角の影響などについて明らかにし、残留応力に対する最適な浸炭焼入れ条件と焼入れ法を選定するための指針を提示している。さらに、歯車側面に銅めっきを施して側面浸炭防止した場合と防止しない場合の浸炭焼入れ平外歯車に対して、パルセータ試験機による曲げ疲労試験を行って、曲げ疲労強度を求め、曲げ疲労強度に及ぼす側面浸炭焼入れ、硬化層厚さおよび残留応力などの影響について明らかにしている。一方、歯車の歯面強度を求めるための基礎としてしばしば用いられる円筒ローラに対して、側面浸炭防止した場合と防止しない場合の浸炭焼入れ過程の温度・応力を、軸対称

FEMによる熱伝導および弾塑性応力解析法を用いて計算し、残留応力を求め、浸炭焼入れによるローラの残留応力に及ぼすローラ形状、浸炭部、浸炭時間（硬化層厚さ）およびローラ幅の影響などについて検討を加えている。

以上、本論文は動力伝達用薄肉歯車の強度増強、小形・軽量化をはかるための最適な浸炭焼入れ条件と焼入れ方法の選定法を確立するために、新しい方法を導くとともに、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認められる。