

氏 名	小 田 哲 お だ さとし
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 185 号
学位授与の日付	昭 和 43 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	平歯車の曲げ疲れ強さに関する研究

論文調査委員 (主 査)
教 授 会 田 俊 夫 教 授 河 本 実 教 授 奥 島 啓 式

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、平歯車の曲げ疲れ強さに関する基礎的な研究の結果について述べたもので、12章よりなっている。

第1章は本研究の目的、本研究を行なうに至った経緯とその重要性について述べている。

第2章では、負荷時に歯元すみ肉部に生ずる応力状態について論じている。まず、光弾性実験などにより負荷時の歯元すみ肉部の応力状態および危険断面の位置について検討を加え、歯元すみ肉部圧縮側には引張側より絶対値で20～30%程度大きい応力が発生することを指摘している。ついで二次元弾性理論と写像関数を用いて圧縮側実応力計算式を誘導し、この計算式と会田・寺内によって求められた引張側実応力計算式を利用して歯面に摩擦力が作用する場合の歯元応力を求め、歯元圧縮側実応力と引張側実応力の比が負荷位置、摩擦係数などにより変化する状態を調べるとともに、歯車運転時に生ずる歯元ひずみの実測により、上記の考察結果が実際の運転の場合にあてはまることを確かめている。

第3章では、各種材料、加工、熱処理歯車の曲げ疲れ破壊機構について、疲れ過程における歯元すみ肉部の組織および残留応力変化の観点から論じている。

まず、圧力角 20° の調質鋼歯車では、疲れ限度以上の繰返し負荷の場合、すべり線、き裂ともに圧縮側に引張側より早期に発生するが、圧縮側き裂の伝ば速度は遅れて発生する引張側き裂の伝ば速度に比して著しく小さく、このため疲れ破壊は引張側き裂によって支配されること、疲れ限度に相当する繰返し負荷の場合、圧縮側にのみき裂が発生するが、停留き裂となること、疲れ限度以下でこれに近い繰返し負荷の場合、すべり帯は引張側には認められないが、圧縮側には認められることなどを明らかにしている。また、繰返し負荷により、圧縮側には引張残留応力、引張側には圧縮残留応力が発生するが、その値は小さくなく、疲れ強さに及ぼす残留応力の影響は軽微であること、一方向に負荷した後逆転した場合、疲れ寿命、疲れ限度ともに減少することなどを示している。

つぎに、歯元すみ肉部におけるき裂の発生条件について検討し、き裂が引張側から発生するか、圧縮側

から発生するかは、負荷により生じる圧縮側応力と引張側応力の比と材料の片振り圧縮強さと引張り強さの比との相対関係に依存することを指摘している。

また、ショットピーニング、浸炭焼入れなどを施した歯面硬化歯車では調質鋼歯車と異なり、圧縮側にき裂は発生せず、表面硬化処理によって歯元すみ肉部に生ずる圧縮残留応力の繰返し負荷による減衰が圧縮側において引張側よりも著しいので、逆転によって疲れ寿命、疲れ限度ともに減少し、しかもこの現象は逆転前繰返し数が小さい場合にも生ずることを明らかにしている。

第4章では、ショットピーニング歯車の曲げ疲れ特性を表面あらさ、かたさおよび残留応力の観点より検討し、曲げ疲れ強さに対して適正ショットピーニング条件が存在し、過度のショットピーニングは表面あらさの増大、圧縮残留応力の減少のためかえって曲げ疲れ限度の低下を招くことを明らかにし、さらに逆転疲れ試験を行なって、片振り曲げ疲れ限度の増大率の高いものほど逆転時疲れ限度の低下率が高くなることを示している。

第5章、第6章では炎焼入、高周波焼入および浸炭焼入歯車の曲げ疲れ強さと焼入条件の関係を、焼入れにより歯元すみ肉部に生ずる残留応力および焼入れによる表面層の材料強さ（かたさ）の上昇の観点から検討を加え、これらの歯車の焼入条件選定の際に考慮すべき諸点を明らかにするとともに、歯元すみ肉部表面かたさと残留応力値から歯車の曲げ疲れ限度を推定する計算式を導いている。

第7章では、繰返し正逆転歯車および中間歯車に対応する負荷条件下における歯車の曲げ疲れ強さを実験的に求め、片振り曲げ疲れ限度および中間歯車に対応する両振り曲げ疲れ限度より任意の繰返し正逆転歯車の曲げ疲れ限度を推定する計算式を与えている。

第8章では、一般に高負荷と低負荷が交互に作用する、2個の被動歯車とかみあう駆動歯車の曲げ疲れ強さについて検討し、曲げ疲れ限度は負荷変動率に関係なく一様負荷条件下の曲げ疲れ限度に等しいことを明らかにしている。

第9章では、二段多重重複繰返し負荷での歯車の曲げ疲れ強さを、Minerの仮説にもとづいて考察し、歯面硬化歯車と調質鋼歯車では累積繰返し数比が著しく異なることを指摘している。

第10章では、曲げ疲れ限度以下の負荷を含む二段変動負荷条件下の歯車の曲げ疲れ強さについて検討し、二段変動負荷系に対する歯車の曲げ疲れ限度計算式を導いている。また、荷重変動の曲げ疲れ強さと歯面疲れ強さに及ぼす強化作用を比較検討し、前者は後者に比してかなり小さいことを明らかにしている。

第11章では、以上の研究結果を総括して、歯元すみ内部引張側実応力にもとづいた平歯車の曲げ許容荷重計算式を提案している。まず、各種材料、加工、熱処理歯車に対して行なった曲げ疲れ試験結果を整理して、基準曲げ疲れ限度値を歯面かたさ、心部かたさ、心部引張り強さと対比して一括表示するとともに、第7章で得られた実験結果にもとづいて各種運転条件に対する曲げの運転条件係数を決定し、さらに曲げの寿命係数を多くの曲げ疲れ試験結果より求め、その計算式を与えている。

第12章では、結論として本研究の成果と今後の問題について論じるとともに、本研究の成果は平歯車の曲げ疲れ強さ設計に資するのみならず、はすば歯車、かき歯車、さらには片持はりの設計資料としても適用されうるものであることを述べている。

論文審査の結果の要旨

歯車の曲げ強さに関する従来の研究の多くは、各種歯形に対する歯元すみ内部の応力集中、あるいは各種歯形、材料、加工、熱処理歯車に対する疲れ試験による S-N 曲線および疲れ限度の決定などの問題を取り扱ったもので、歯車の曲げ疲れ強さに関する基本的問題である歯の曲げ疲れ破壊機構や、歯車の負荷条件に対する曲げ疲れ強さの変化などの研究はほとんどないといってよい状態で、不明の点が多かった。本論文は、著者がこの問題を根本的にとりあげ、理論的ならびに実験的に研究を行なった結果をとりまとめたものである。

まず、平歯車の負荷時歯元すみ内部の応力状態を光弾性実験にとどまらず、二次元弾性理論と写像関数を用いて誘導した歯元応力計算式によって検討して明確にするとともに、これらの計算式を利用して歯面に摩擦力が作用する場合の歯元応力についても理論的考察を進め、運転試験によりその裏付けを行なっていることは本研究の一成果である。

つぎに、各種材料、加工、熱処理歯車に対して独特の曲げ疲れ試験を行なって、疲れ過程における歯元すみ内部の組織変化、残留応力変化の観点より検討を加え、すべり線、き裂の発生状況をはじめ明確に示すとともに、理論的考察によって、歯車の曲げ疲れ破壊機構は負荷によって生ずる圧縮側応力と引張側応力の比と材料の片振り圧縮強さと片振り引張り強さの比の相対関係に依存することなど多くの新事実を明らかにして、調質および歯面硬化歯車の曲げ疲れ破壊機構とその相違点を適確に示していることは本研究における最も重要な成果である。

また、炎焼入、高周波焼入、浸炭焼入歯車あるいはショットピーニングを施した歯車などの歯面硬化歯車の曲げ疲れ強さと焼入条件などとの関係に検討を加え、歯元すみ内部に発生する大きい圧縮残留応力の曲げ疲れ強さ増大への顕著な寄与を説明して焼入条件選定の際に考慮すべき諸点を明らかにするとともに、歯元すみ内部表面かたさと残留応力変化からこれらの歯車の曲げ疲れ強さを推定する計算式を導くことに成功している。

中間歯車、繰返し正逆転歯車に対応する交番負荷条件を含む変動負荷条件下の歯車の曲げ疲れ強さを検討して負荷条件と曲げ疲れ限度の関係を示し、繰返し正逆転歯車および二段変動負荷条件に服する歯車の曲げ疲れ限度を推定する計算式を示しているのも顕著な研究成果である。

さらに、以上の基礎的研究成果にもとづいて、歯元すみ内部引張側実応力をとり入れた歯車の曲げ許容荷重計算式を提案し、歯車の曲げ強さ設計に必要な各種材料、熱処理条件に対する基準曲げ疲れ限度を表示し、各種運転条件に対する曲げの運転条件係数及び曲げの寿命係数をそれぞれ表および計算式で与えているが、これは従来の歯車曲げ強さ設計式の不備な点を改善するもので、本研究の実用的成果といえる。

これを要するに、本研究は平歯車の曲げ疲れ強さに対して基本的かつ系統的に研究を行ない、平歯車の曲げ疲れ破壊機構と曲げ疲れ強さの挙動を実験的ならびに理論的に明らかにしたものである。さらに得られた知見は、平歯車の曲げ強さ設計に資するのみならず、広くはすば歯車、かさ歯車、さらには片持はりなどの設計資料として活用されるもので、学術上、ならびに工業上寄与するところが少なくない。

よって本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。