

氏名	おお うえ ゆう じ 大 上 祐 司
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論 工 博 第 3281 号
学位授与の日付	平 成 9 年 11 月 25 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	高周波焼入れ粉末焼結歯車の面圧強さに関する基礎的研究

(主 査)
論文調査委員 教授 久保愛三 教授 矢部 寛 教授 柴田俊忍

論 文 内 容 の 要 旨

近年の粉末冶金技術の進歩に伴い、経済性に優れた粉末焼結部品の生産の伸びは目覚ましい。多くの自動車や自動二輪車、OA機器、家電製品など、あらゆる分野に粉末焼結部品は広く利用されている。粉末焼結法は生産性が高く、これを用いることにより、機械加工の工程を大幅に削減でき、また、ニヤネットシェイプやネットシェイプの生産が可能であり、部品製造のコスト低減が可能である。このことより、機械部品に対する粉末焼結金属の採用は今後もますます増して行くものと予想される。粉末焼結機械部品の代表的なものに粉末焼結歯車があるが、このようなすう勢にあるにもかかわらず、その強度の信頼性、とくに歯車の接触応力に対する耐久力、すなわち、面圧強さを推定する有効な方法はなく、従来の鋼製歯車の強度計算法を流用しているのが実状である。さらなる技術向上には歯面強さに関する設計指針が必要とされている。

本論文はこの様な状況に鑑み、粉末焼結平歯車の面圧強さ設計法に関する基礎的データを得るために行なった研究を取りまとめたものであり、その成果は、接触面の表面疲労さが問題となる全ての粉末焼結機械部品の信頼性設計に対し適用できるものである。

本論文は、緒論、総括および6つの章より構成されている。

第1章は緒論であり、本研究の位置付け、目的および論文の構成内容を示している。

第2章では、モジュール2、基準圧力角 14.5° 、歯数65枚の実機仕様の3種類の粉末焼結歯車について、面圧強さを実験的に究明し、実機歯車で生じる歯面の損傷形態を明らかにして、歯面の疲れ強さについて検討している。

第3章では、歯面の滑り・転がり接触状態を2つの円筒同士の接触に置き換えた2円筒疲れ試験機を用い、ローラの面圧強さに及ぼす高周波焼入れ硬化層深さの影響、原料粉粒子径および圧粉密度の影響を調べ、さらに焼結方法と原料粉の種類との関係がローラの面圧強さに及ぼす影響についても実験的に明らかにしている。また、気孔分布の状態を計測し、画像処理により統計的に気孔の円相当直径、気孔間距離の整理を行い、気孔の密集度をフラクタル次元により定量化している。そして、粉末焼結材の製造条件と気孔分布の関係を調べ、気孔分布と面圧強さの関係について考察を行い、その強い相関を明らかにしている。

第4章では、動力循環式歯車試験機を用いてモジュール5、基準圧力角 20° 、歯数16枚の高周波焼入れ粉末焼結歯車の疲れ試験を行い、第3章のローラの場合と同様に気孔分布を定量的に計測し、画像処理により気孔分布と面圧強さの関係について考察を行って、歯車の面圧強さに及ぼす高周波焼入れ硬化層深さと原料粉の粉末粒子径の影響について実験的に明らかにしている。また、歯車とローラの間での面圧強さと損傷形態の違いについても検討を加えながら、同じ諸元の高周波焼入れ鋼製歯車との間で面圧強さと損傷形態について比較・検討している。

第5章では、表面硬化鋼製歯車の面圧強さの指標として従来より用いられている材料硬さと面圧強さとの関係が、高周波焼入れ粉末焼結歯車およびローラの場合についても成立するかどうかを考察するために、歯車およびローラの接触面下の両振せん断応力を材料の硬さで除した比の振幅により、面圧強さが評価出来るかどうかを検討して、その有効性を明らかにし、この指標値を用いて、粉末焼結材の面圧強さと硬さの関係について一般的な知見を与えている。

第6章では、粉末焼結歯車およびローラにおける気孔の分布状態を考慮し、ヘルツの接触圧力分布が与えられた半無限平板の表面下に気孔をモデル化した円孔を配置し、有限要素法によりこれら円孔の周りの応力解析を行い、これら円孔の周りの応力集中係数を求め、歯車およびローラの面圧強さを切欠き係数で表して、焼結金属における気孔分布の強度的影響を、応力集中係数と切欠き係数との関係としてとらえている。これを用いて粉末焼結歯車およびローラの面圧強さの評価が正しく行えることを示している。

第7章では、歯車の運転速度の増加に伴い、歯元ひずみ、歯車箱振動加速度、歯車箱近傍音圧等の歯車の動的性能がどのように変化するかを測定して、これを鋼製歯車の動的性能と比較し、波形解析およびウェーブレット変換により歯車の動的性能を分析し、それらの結果から粉末焼結歯車の制振特性を明らかにしている。

第8章は総括であり、第2章から第7章までに得られた成果を総括している。

論文審査の結果の要旨

経済性に優れた粉末焼結部品は、あらゆる分野に広く用いられているが、その強度的信頼性、とくに機械部品の接触面の耐久力を推定する有効な方法がないのが実状である。本論文は、粉末焼結機械部品の代表的なものである粉末焼結歯車を例に取り、歯面の面圧強さに及ぼす種々の影響を実験的に明らかにし、材質中の気孔分布を考慮に入れた面圧強さ評価法について検討した成果をとりまとめたもので、得られた成果は以下のとおりであり、接触面の表面疲労強さが問題となる全ての粉末焼結機械部品の信頼性設計に対し適用できるものである。

1. 粉末焼結金属歯車では、焼入れ硬化層深さは面圧強さに影響を及ぼさず、圧粉密度が高くなれば面圧強さは高くなるが、粉末粒子径を小さくしても面圧強さはあまり上昇しない特徴を明らかにした。また、熱間等方加圧焼結法により面圧強さを鋼製試験片と同程度にまで高めることに成功した。
2. 粉末焼結材中の気孔の密集度を定量的に表すフラクタル次元の量を定義し、気孔分布状態と面圧強さとの関係を究明した。その結果、小さい気孔がまばらに分布している粉末焼結材ほどその面圧強さは高くなることを明らかにし、従来より粉末焼結材の強さの指標とされていた密度だけでは面圧強さを一義的には決定できないことを示して、気孔の分布状態を考慮した強さの指標値の提案を行った。
3. 気孔を1種の切欠きとみなし、気孔の密集度のパラメータにより応力集中係数を補正した補正応力集中係数を提案した。それを用いて、粉末焼結材の面圧強さを評価すると、補正応力集中係数と切欠き係数の関係はほぼ一義的に対応することが明らかとなり、また、気孔の大きさと気孔間距離だけでなく、気孔の密集度を考慮に入れば粉末焼結材の面圧強さを評価できることを示した。

以上要するに、本研究は粉末焼結金属歯車を代表とする粉末焼結機械部品の接触面の耐久力に関する影響因子を明確にして、その信頼性を予測する手段を提供するものであり、学術上実際上寄与するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成9年10月13日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。