

氏 名	まつお こうじ 松尾 浩司
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 甲 第 1 0 1 4 号
学位授与の日付	令和 3 年 9 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研 究 科 ・ 専 攻	工芸科学研究科 設計工学専攻
学 位 論 文 題 目	自動車用トランスミッション歯車のギヤホーニング加工精度向上に関する研究
審 査 委 員	(主査)教授 森脇 一郎 教授 射場 大輔 准教授 山口 桂司

論文内容の要旨

本論文は、競争力のある自動車用トランスミッション歯車の製造工法を見出すことを目的とする。内歯式ギヤホーニング加工に着目し、その加工品質に影響を及ぼす因子を網羅的に研究対象とし、シェービング工程を必要としないホーニング工法（以下、ホブ・ホーニング工法）の開発・量産実用化について論じたものである。

第1章緒論で研究の位置づけを明らかにした後、第2章では自動車用トランスミッション歯車に採用されている加工法について、歯切り加工法、熱処理前の歯面仕上げ加工法、熱処理後の歯面仕上げ加工法に大別し、それらの特徴を論じている。第3章では、ホーニング加工工程で使用する工具の設計法について述べている。ドレスギヤの歯面形状から、ホーニング砥石の歯面形状、対象歯車の歯面形状を幾何学的にシミュレートする方法を考案し、実加工実験によりその有効性の検証している。それを用いて歯面ウネリを抑制でき、かつ歯形状の変化を抑制できる新しいホーニング砥石の諸元設計法を考案し、実加工実験によりその有効性を検証している。

第4章では、ホブ・ホーニング工法を想定し、ホブ加工工程で要求品質を満たすために重要となる管理項目について述べている。ホブ加工法のかみ合い理論を基にして、ホブと対象歯車の位置関係の誤差が歯車精度に与える影響を幾何学的にシミュレートする方法を考案し、実加工実験によりその有効性の検証している。これとタグチメソッドを活用し、ホブ加工工程で要求品質を満たすために重要となる管理項目を明らかにしている。

第5章では、ホブ・ホーニング工法の開発とその量産実用化について述べている。適切な歯面取り代の決定法、ショットピーニングの有効な適用法、ホーニング可能な最小歯面すべり速度の考え方等を提案するとともに、タグチメソッドを活用して安定した歯車加工精度を得るための加工条件を明らかにしている。そして、ホーニング工程の重要管理項目と具体的な管理方法を示し、安定した精度を有する製品の量産を実用化している。さらに、ホーニング加工のかみ合い理論と弾性接触理論から汎用性のあるホーニング加工条件決定法を新たに考案し、実加工実験でその有効性を検証している。

第6章では、自動車用トランスミッションの最終組立検査工程における打痕の付いた歯車を特定

する手法について述べている。打痕はギヤノイズの発生源となるが、その振動発生メカニズムを明らかにし、組立後のトランスミッションのノイズ測定結果から打痕の付いた歯車を特定できる信頼性の高い方法を考案している。官能評価では困難な打痕付き歯車の特定がこの手法により可能になることを確認している。そして第7章結論で結果を総括するとともに今後の展望について述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、競争力のある自動車用トランスミッション歯車の製造工法を見出すこと目的に、歯車研削と比較して安価に歯車を製造できる内歯式ギヤホーニング加工に着目し、その加工品質に影響を及ぼす因子（ドレスギヤ諸元、ホーニング砥石諸元、ホーニング加工前精度、ホーニング設備、加工条件、重要管理項目）を網羅的に研究対象とし、シェービング工程を必要としないホーニング工法、いわゆる「ホブ・ホーニング工法」の開発・量産実用化について論じたものである。さらに、ホブ・ホーニング工法で量産した歯車をトランスミッションアセンブリ、すなわち製品として完成させるために、自動車用トランスミッション歯車に起因する異音の保証方法までを研究対象としている。

ホブ加工およびホーニング加工の幾何学モデルに基づいたシミュレーションプログラムを独自に開発し、工具設計法および加工条件の選定法を確立するとともに、量産における品質管理の手法までも明らかにし、安定した精度を有する製品の量産を実用化に大きく貢献した。その工業的価値は非常に大きいと言える。

また、幾何学モデルだけでは汎用性のある工具の設計法へとは繋がらないが、これに弾性接触理論を組み合わせることにより、工具の汎用性を大きく向上させたことは工業的および学術的にも高く評価できる。さらに打痕という不確定な形状異常が起因する歯車振動の発生メカニズムを明らかにした点も同様に高く評価できる。

本研究で得られた知見は、今後、自動車用トランスミッションの競争力向上に十分資するものと期待でき、博士の学位を授与するに値する研究であるといえる。以下に学位論文の内容に関連している4編の公表論文を示す。

- (1) Kouji MATSUO, Yoshitomo SUZUKI, Kenichi FUJIKI, Accuracy analysis of workpiece and tool in the hobbing process using Taguchi Method, Proceedings of VDI International Conference on Gears Production 2017, September 13th-14th, 2017, pp.1331-1342.
- (2) Kouji MATSUO, Yoshitomo SUZUKI, Kenichi FUJIKI, Analysis of the effect on gear accuracy of workpiece/tool positioning accuracy in the hobbing process, Bulletin of the JSME, Vol.11, No.6, pp1-15, 2017.
- (3) Kouji MATSUO, Yoshitomo SUZUKI, Junichi HONGU, Daisuke IBA and Ichiro MORIWAKI, Method of designing gear-honing-wheel geometries (Validation based on fundamental theory and honing experiments), Bulletin of the JSME, Vol.14, No.7, pp1-19, 2020.
- (4) Kouji MATSUO, Yoshitomo SUZUKI, Junichi HONGU, Daisuke IBA and Ichiro

MORIWAKI, Method of designing gear-honing-wheel geometries (Considering of relative sliding velocities), Bulletin of the JSME, Vol.15, No.1, pp1-21, 2021.

これらに加え、現在、以下の 1 編を投稿すべく準備中である。

(1) Kouji MATSUO, Yoshitomo SUZUKI, Junichi HONGU, Daisuke IBA and Ichiro MORIWAKI, Detecting nicked automotive transmission gears in the final inspection by multi-scale time synchronous averaging, Bulletin of the JSME, ...