

論文内容要旨（和文）

平成 20 年度入学 大学院博士後期課程

システム情報工学専攻

分野

氏名 板垣 貴喜



論文題目 穀殻由来の炭素粉体（RHSC粉体）を添加した射出成形プラスチック歯車の疲労寿命と騒音に関する研究

プラスチック歯車は金属歯車に比べて軽量・安価・静謐性等に優れており、軽量化・低コスト化・低騒音化を目的としてその需要が増加している。現在、国内で使用されるプラスチック歯車のほとんどが射出成形で作製され、そのうち約 80% の歯車材料にポリアセタール（以降 POM と記す）が使用されている。しかし、プラスチックの機械的性質は温度依存性を有するため、強度や寿命の評価が複雑であり、さらに、耐熱性の高いプラスチック材料の開発や効果的な添加剤への期待が高まっている。

一方、近年では、バイオマスの利用が注目されている。農業廃棄物である穀殻は国内で毎年約 270 万トン生産され、その一部が土壤改良剤等に活用されているにすぎない。本研究では廃棄穀殻の有効利用の一つとして穀殻を炭化焼成・粉碎することによって得られる炭素粉体（以降 RHSC 粉体と記す）に着目した。RHSC 粉体は高密度・高強度の多孔質炭素材料であり、耐水性が高く、動摩擦係数も低いという特徴がある。RHSC 粉体をプラスチックの添加物として用いることで強度や耐摩耗性の向上による耐熱性の改善、長寿命化および低騒音化が期待される。

そこで本研究では、POM を樹脂母材とし、これに RHSC 粉体を添加した複合材料の射出成形プラスチック歯車を作製する。そして、RHSC 粉体の摺動性フィラーとしての効果を評価し、農業廃棄物である穀殻の有効利用の一助とする。

本研究では平歯車対、はすば歯車対およびねじ歯車の 3 種類の歯車対を対象とし、得られた主要な結果をまとめると、以下のようになる。

第 1 章は緒論であり、はじめに、プラスチック歯車の利用状況やこれまでの研究を調べ、問題点を挙げた。さらに、農業廃棄物である穀殻の有効利用について述べ、本研究の目的を示した。

第 2 章では、歯車に用いる材料の特性、すなわち、POM に RHSC 粉体を添加し、射出成形されたプラスチック複合材料の引張試験、曲げ試験および摺動試験を行った。そして、これらの力学特性から歯車材料への適性を評価した。その結果、POM に RHSC 粉体を添加したプラスチック複合材料の強度は単純引張で低下し、曲げでは向上すること、摺動特性も添加量が多いほど良好であることを示し、歯元に曲げを受けながら、歯面同士を摺動させ動力を伝達するプラスチック歯車の材料としてこの複合材料は非常に有効であることを示した。

第3章では、POMにRHSC粉体を添加し、射出成形された各種プラスチック歯車対の加速試験を行った。そして、各試験歯車の許容できる負荷トルクや温度および騒音の特徴を評価した。その結果、各歯車の許容できる負荷トルクを明らかにし、寿命試験の条件を決定する資料とした。そして、加速試験における各試験歯車の歯車本体温度および騒音に及ぼすRHSC粉体の影響を調べ、RHSC粉体の添加が歯車本体温度の低下および低騒音化に効果的であることを明らかにした。

第4章では、試験歯車の材質および運転条件を決定し、各試験歯車の寿命試験を行い、試験歯車の損傷形態について調査した。その結果、RHSC粉体を添加することで、歯面の摩擦熱の影響を改善でき、これに伴い、損傷形態が変わることを示した。そして、RHSC歯車では、摩耗粉あるいは歯面上に存在するRHSC粉体が歯面を削ること、このため、RHSC粉体の粒径は小さい方が良いことを示した。また、RHSC歯車の場合には、平歯車およびはすば歯車ともに破断面のき裂が発生し、伸展することで歯元から折損するが、RHSC粉体はき裂の発生に直接関係しないことを明らかにした。さらに、ねじ歯車の損傷形態はRHSC粉体の添加に関係なく摩耗であることを示した。

第5章では、疲労寿命に及ぼすRHSC粉体の影響を調べるため、寿命に至るまでの歯車本体温度の変化を詳しく調査し、疲労寿命の評価を行った。その結果、平歯車およびはすば歯車においては、回転時間の増加に伴い歯面がなじみ、歯当りが改善されて初期摩耗から定常摩耗へと推移すること、そして、RHSC歯車はPOM歯車に比べて初期摩耗が短く、すぐに定常摩耗の状態となること、RHSC粉体の大きさにより摩擦および摩耗の推移が異なることを明らかにした。また、平歯車対を対象にPOM歯車とRHSC歯車を組合せた歯車対として、なじみ性の良さ、摩擦係数の低減等、双方の利点が活かされ、長寿命となる事を示した。さらに、ねじ歯車は、運転中の本体温度に変化が少なく歯面の摩耗が進行して破損すること、歯面の摩耗に回転速度が影響することを示した。その結果、プラスチック歯車の寿命は熱の影響を大きく受けるため、平均歯車本体温度を疲労寿命の評価の指標とすることが適切であることを確認した。

第6章では、RHSC粉体による低騒音化の効果および疲労寿命の特性変化についてより深く考察するため、各種試験歯車の寿命試験中の音圧の変化を調べた。その結果、いずれの試験歯車に於いても、運転中の音圧レベルの変化と歯車本体温度の変化は非常に類似しており、摩擦や摩耗による損失が発熱および騒音として表れることを明らかにした。そして、RHSC粉体の添加により、かみ合い音はほとんど変化せずに高周波帯域の音（歯面の摺動による音）が変化すること、摩耗形態の変化が騒音の変化となって現れることを明らかにし、RHSC粉体の粒径は小さい方が低騒音となることを示した。そして、POMねじ歯車では歯面の摩耗形態の変化がほとんどないが、RHSCねじ歯車では摩耗形態の変化が現れ、なじみが進行し低騒音となる事を示した。

第7章では、結論を述べ、本論文の総括を行った。本研究で対象とした平歯車対、はすば歯車対およびねじ歯車のいずれにおいても、RHSC粉体の添加によって歯車本体温度および騒音に効果が表れ、長寿命化することが明らかとなった。農業廃棄物である穀殼の有効利用を目的としたRHSC粉体は、プラスチックに添加することで優れた摩擦摺動性を示すため、利用価値が高いことが分かった。

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成 26 年 8 月 6 日

理 工 学 研 究 科 長 殿

課程博士論文審査委員会

主査 飯塚 博 印

副査 小沢田 正 印

副査 大町 竜哉 印

学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

記

論文申請者	システム情報工学専攻		分野	氏名 板垣 貴喜
論文題目	穀殻由来の炭素粉体 (RHSC 粉体) を添加した射出成形プラスチック歯車の疲労寿命と騒音に関する研究			
学位論文審査結果	合格	論文審査年月日	平成 26 年 7 月 22 日～ 平成 26 年 8 月 5 日	
論文公聴会	平成 26 年 8 月 5 日		場所	工学部 5 号館 301 教室
最終試験結果	合格	最終試験年月日	平成 26 年 8 月 5 日	

学位論文の審査結果の要旨 (1,000 字程度)

【内容要旨】プラスチック歯車は金属歯車に比べて軽量・安価・静肅性等に優れており、軽量化・低コスト化・低騒音化を目的としてその需要が増加している。現在、国内で使用されるプラスチック歯車のほとんどが射出成形で作製され、そのうち約 80% にポリアセタール (以降 POM と記す) が使用されている。しかし、プラスチックの機械的性質は温度依存性を有するため、強度や寿命の評価が複雑であり、さらに、耐熱性の高いプラスチック材料の開発や効果的な添加剤への期待が高まっている。

一方、近年では、バイオマスの利用が注目されている。農業廃棄物である穀殻は国内で毎年約 270 万トン生産され、その一部が土壤改良剤等に活用されているにすぎない。本研究では廃棄穀殻の有効利用の一つとして穀殻を炭化焼成・粉碎することによって得られる炭素粉体 (以降 RHSC 粉体と記す) に着目した。RHSC 粉体は高密度・高強度の多孔質炭素材料であり、耐水性が高く、動摩擦係数も低いという特徴がある。RHSC 粉体をプラスチックの添加物として用いることで強度や耐摩耗性の向上による耐熱性の改善、長寿命化および低騒音化が期待されている。

これらの研究背景のもと、独創性のあるテーマとして、本論文では POM を樹脂母材とし、これに RHSC 粉体を添加した複合材料の射出成形プラスチック歯車を作製して RHSC 粉体の添加の効果を評価し、農業廃棄物である穀殻の有効利用を目指している。論文中では、平歯車、はすば歯車およびねじ歯車の 3 種類の歯車対を対象とし、無潤滑下で駆動して添加した粉体の効果について、論理的に記述している。その結果、本研究で対象としたいずれの試験歯車においても、RHSC 粉体の添加によって歯車本体温度および騒音低減に効果が表れ、長寿命化の達成という明確な結論が得られている。

【判定方法】本論文の内容は、農業廃棄物である穀殻の有効利用を目的とした炭化焼成粉体をプラスチックに添加し、優れた摩擦摺動性が得られること明らかにしており、工学的に利用価値の高い知見を得ていることを審査委員会で確認した。また、査読付きの学術論文と国際会議講演論文として専門家による評価を受けて掲載が認められており、学位論文として適切な内容であると判定した。

【印刷公表】筆頭執筆者として 2 編の学術論文、4 編の国際会議講演論文、5 編の国内講演論文として研究成果を広く公開している。

最終試験の結果の要旨

最終試験は、学位論文を中心とし、材料強度、騒音、および機械要素にまたがる分野について、予め記述による質問・解答、および公聴会当日の口頭による質疑討論の形式で実施し、最終判定した。その結果、博士(工学)として十分な基礎知識と当該分野における専門知識があることを確認した。また、外国語の能力については国際会議 4 件発表の内容を参考に能力を確認した。

以上の最終試験の結果、合格と判定した。