S111042

米粉焼成粉体を配合した射出成形プラスチック歯車の寿命板垣貴喜^{*1}, 高橋秀雄^{*1}, 飯塚 博^{*2}, 高橋美喜男^{*1}, 北見友朗^{*3}**Lifetime of Injection-Molded-Plastic-Gear Filled with Rice-Hull-Silica-Carbon**Takayoshi ITAGAKI^{*1}, Hideo TAKAHASHI^{*1}, Hiroshi IIZUKA^{*2},
Mikio TAKAHASHI^{*1}, Tomoaki KITAMI^{*3}^{*1,3} Kisarazu National College of Technology
2-11-1 Kiyomidai-Higashi, Kisarazu, Chiba, 292-0041 Japan^{*2} Yamagata University, Graduate School of Science and Engineering
4-3-16, Jyounan, Yonezawa, Yamagata, 992-8510 JAPAN

The lifetime of injection molded plastic gear is greatly affected by the plastic material and temperature. Because the plastic physical properties are greatly different in each plastic material, and the stiffness varies depending on temperature. Therefore, the plastic gears are filled with the reinforcing materials for keeping strength even in high temperature. On the other hand, natural materials are used to focus on the ecological recycling. The authors focused on using the Rice-Hull-Silica-Carbon (RHSC) as a reinforcing material in plastic. The rice hull is a residual product of rice and its amount is about 2.6 million tons per year in Japan. In this study, two kinds, polyacetal (POM) and POM filled with RHSC, were used for the materials of test gears. The lifetimes of test gears were investigated under fixed rotational speed and some torque. So, the effects of RHSC on the lifetime of plastic gear were studied experimentally. From the discussions, it seems reasonable to conclude: (1) The RHSC decrease the friction of tooth surfaces, and the process of tooth wears differs in existence of RHSC. The RHSC improved tribological property, and this effect is shown at the smaller median grain diameters of RHSC. (2) It is better to use that combining the gear of POM and POM filled with RHSC, since the spur gear pair of the POM is greatly influenced of misalignment for the lifetime.

Key Words : Injection-Molded-Plastic-Gear, Rice-Hull-Silica-Carbon, Polyacetal, Reinforcing material**1. 結 言**

プラスチック歯車は、金属歯車に比べ、軽量、安価で静粛性に優れているといわれている。更にプラスチックの自己潤滑性により、無潤滑で使用できるため、OA 機器、自動車部品など幅広い分野の製品に使用されており、そのほとんどが射出成形で作製されている。しかし、プラスチックの物性値は温度依存性を有するため、プラスチック歯車の強度や寿命の評価は単純ではない⁽¹⁾。

一方、近年では持続可能な社会の実現や環境保護の観点から、自然材料の再利用が注目され、自然材料とプラスチックによる複合材料の特性が報告されている。特に農業副産物である米粉は毎年約 90 万トンが廃棄処理されており、その有効活用方法が様々検討されている。その有効利用の一つとして米粉を焼成・粉碎することによって得られる多孔質材料、米粉焼成粉体（以後 RHSC 粉体と記す）に注目した。RHSC 粉体は多孔質構造を有する高密度、高強度の炭素材料であり、動摩擦係数も小さいため摩擦摺動部材としての利用が検討されている⁽²⁾⁽³⁾。また、RHSC 粉体をプラスチックの補強材として用いることで強度向上や長寿命などが期待される。

本研究では、汎用エンジニアリングプラスチックの一種であるポリアセタール（以後 POM と記す）に RHSC

^{*1} 正員、木更津工業高等専門学校（〒292-0041 千葉県木更津市清見台東 2-11-1）^{*2} 正員、山形大学 大学院理工学研究科（〒992-8510 山形県米沢市城南 4-3-16）^{*3} 学生員、木更津工業高等専門学校 専攻科

E-mail: itagaki@m.kisarazu.ac.jp

粉体を添加し射出成形したプラスチック歯車を作製し寿命試験を行うことで、プラスチックの添加剤としての RHSC 粉体の効果について検討した。

2. 試験歯車

本研究で使用した平歯車の基本諸元を表 1 に示す。プラスチック歯車の材質は標準的な POM を基本材料とし、その POM のみで射出成形された歯車(以下、POM 歯車と記す)と POM にメディアン径 $5\mu\text{m}$ および $60\mu\text{m}$ の RHSC 粉体をそれぞれ 7wt% 添加し成形した歯車(以下、双方を RHSC 歯車、それぞれを RHSC5 歯車、RHSC60 歯車と記す)の 3 種類を用意した。本研究で用いた平歯車の諸元を表 1 に示す。全ての歯車の幾何学的な寸法は等しい。

3. 実 験

実験装置および測定システムの概要を図 1 に示す。本研究では動力吸収式歯車試験機を用い、試験歯車の回転数と負荷トルクを一定にした状態で寿命に至るまで連続運転した。回転数は 1000rpm、負荷トルクは 2.5~4.5Nm の間で設定し、実験時の室温は $25\pm 3^{\circ}\text{C}$ に保った。回転中の歯車の状態を知るために歯車本体温度を非接触式の赤外線温度計で計測し、かみ合い部から 30cm に設置した騒音計を用いて音を測定し、FFT アナライザによって周波数分析を行った。ここでは、運転開始から歯車が破損し動力の伝達ができない状態までの積算回転数をその歯車の寿命と定義した。

なお、歯車対の組み合わせは、POM 歯車同士(以後 POM と記す)、RHSC5 歯車同士(以後 RHSC5 と記す)、RHSC60 歯車同士(以後 RHSC60 と記す)、駆動側に POM 歯車、被動側に RHSC5 歯車(以後 POM+RHSC5 と記す)または RHSC60 歯車(以後 POM+RHSC60 と記す)の 5 種類について行った。

4. 結果および考察

負荷トルク 3.0Nm での歯車本体温度の変化の一例を図 2 に示す。POM は温度が回転時間の増加に伴い急増し、最大となったのちに低下、一定温度となる。これは歯面同士の摩擦・なじみにより歯当たりが改善されると考えられる。これに対して RHSC 歯車は RHSC 粉体により歯面の摩擦が低下することで歯車の温度が低下するが、摩擦は少ないため歯面同士はなじみにくく、温度が下降することなく平衡温度となると考えられる。いずれの歯車・歯車対の組合せにおいても、最後に歯車温度が急上昇し、破損に至る。また、POM 歯車と RHSC 歯車を組み合わせることで、POM 歯車のなじみやすいという特徴と RHSC 歯車の低摩擦という双方の利点が活かされ、長寿命となる傾向がみられる。図 3 に負荷トルクと寿命の関係を示す。本体温度の特徴と同様に、POM 歯車と RHSC 歯車を組み合わせて使用する方が長寿命となる傾向がみられる。また、RHSC 粉体のメディアン径は小さい方が

Table 1 Dimension and materials of test gears

Spur gear		POM	RHSC5	RHSC60
Module	m		1.0	
	[mm]			
Pressure angle	α_c		20	
	[deg.]			
Number of teeth			48	
Addendum Modification Coefficient			0	
Face width	b		8	
	[mm]			
Material		Polyacetal	Polyacetal +RHSC	
Median grain diameter of RHSC				
	[μm]	—	5	60

Fig.1 Experimental apparatus and measuring system

Fig.2 Bulk temperature (torque 3.0Nm)

Fig.3 Torque and lifetime

Fig.4 Overall level and bulk temperature
(POM, torque:3.0Nm) Fig.5 Overall level and bulk temperature
(RHSC5, torque:3.0Nm)

長寿命であり、本体温度も低い傾向を示すことが分かる。

次に、図4および図5に負荷トルク 3.0Nmでの音および歯車温度の変化の一例を示す。いずれも歯車温度の増減と音の増減の変化は類似しており、両者を比較すると RHSC の添加により音が低減することが分かる。

5. 結 言

RHSC 粉体を配合した射出成形プラスチック歯車の寿命試験を行い、寿命への影響について、本研究より得られた知見を以下に示す。

- (1) 平歯車の場合、歯面のなじみがプラスチック歯車の寿命に影響を与える。
- (2) POM 歯車と RHSC 歯車を組み合わせることで、なじみ性の良さ、摩擦の低減などの双方の利点が活かされ、長寿命となる傾向が見られた。
- (3) POM に RHSC 粉体を添加し平歯車を射出成形する場合、そのメディアン径は小さい方が長寿命であり、本体温度も低い傾向を示す。

文 献

- (1) 岩井寛編集，“成形プラスチック歯車ハンドブック”，シグマ出版，(1995)，p54.
- (2) 柴田芳宏・飯塚博・鶴沼英郎・中村透・鹿野秀順，“粉殻を利用した多孔質炭素材料の開発”，日本機械学会東北支部第40期秋季講演会講演論文集，(2004)，pp239-240.
- (3) 遠藤慎吾・高橋徹・高橋武志・飯塚博，“粉殻焼成多孔質炭素材料における力学特性の改善”，日本機械学会東北支部第43期秋季講演会講演論文集，(2007)，pp145-146.