420 焼結米糠が入った射出成形プラスチック歯車の強度と騒音

Strength and Noise of the Injection Molded Plastic Gear Included Rice Bran Ceramics

○ 正 高橋秀雄 (木更津高専) 正 飯塚 博 (山形大)

Hideo TAKAHASHI, Kisarazu National College of Technology,
2-11-1, Kiyomidai-Higashi, Kisarazu 292-0041
Hiroshi IIZUKA, Yamagata University

Many factors have effect on load carrying characteristics of the injection molded plastic spur gear pair. One of them is the plastic materials. In especial, the temperature in plastic materials is the most important item, because high temperature in plastic materials causes decrease in the modulus of longitudinal elasticity. Therefore, the effect of each condition, such as the transmitting torque and the kind of plastic materials, on the bulk temperature of gear was investigated. In addition, the measurements of strength and noise of gear were done. The test gears were made from standard POM and POM included new porous carbon materials. As a result, the effects of plastic materials were found.

Key Words: Plastic Gear, Spur Gear, Bulk Temperature, Composite Materials, Strength, Noise.

1. 緒言

プラスチック歯車は、プラスチック自体の自己潤滑性等の特長を生かしたところで多く利用されている。例えば、OA機器などのように比較的に低負荷の動力伝達部への利用が飛躍的に増大している^{(1), (2)}。そのために、プラスチック歯車の強度評価に関する多くの報告がなされている⁽³⁾。

また、AV機器、精密機械などの分野においてはプラスチック歯車の低騒音化が求められている。そこで、材料面では摺動性や低弾性率材料の開発が行われ、歯車騒音低減法では、歯車精度、歯面の粗さ、歯車形状などの騒音に及ぼす影響の検討がなされてきた⁽²⁾。

一方、近年、機械的性質および環境面で優れた材料として、米糠セラミックスが注目されている⁽⁴⁾。米糠を原料とした米糠セラミックスは、精米時に発生した米糠を焼成して作られたもので、摩擦抵抗が非常に低い、高硬度である、軽いといった特長により直線運動軸受のスライダ部等に使用されている。

本研究では、合成高分子材料のプラスチックと天然素材の米糠セラミックスによる高性能・高機能材料の歯車材料への適用性を検討する。具体的には、米糠セラミックスを添加したポリアセタールと無添加のポリアセタールを用いて射出成形された歯車に対して、負荷トルクを変更し、かみ合い部本体温度、および騒音を測定した。その結果、いくつかの新たな傾向を見出したので報告する。

2. 実験条件

2. 1 試験歯車

本研究で使用した試験歯車の基本諸元を表1に示す。歯車の精度は、旧 JIS4 級で一般的に普及している標準的な射出成形プラスチック歯車である。

歯車材料は、標準的なポリアセタールを基本材料とし、そのポリアセタールだけで作られた歯車（以下、無添加と記す。）、ポリアセタールに粒度 $30\mu\text{m}$ の米糠セラミックスを 10wt% 添加

した歯車（以下、 30μ と記す。）および粒度 $60\mu\text{m}$ の米糠セラミックスを 10wt% 添加した歯車（以下、 60μ と記す。）の三種類を設定した。

2. 2 実験方法

本研究における実験は、動力吸収式歯車試験機を用いて行った（図1）。歯車対は、モータで駆動され、負荷はブレーキにより加えられる。

実験結果の一例を図2に示す。実験条件は、回転数を 500rpm で一定とし、負荷トルクは図中に示すように 0.5Nm から 1.5Nm までは 0.5Nm 刻み、1.5Nm からは 0.25Nm 刻みで損傷に至るまで段階的に増加させた場合である。図から明かなように、負荷トルク毎にかみ合い部本体温度が異なる。

そこで、各負荷トルクにおいて、かみ合い部本体温度を測定し、平衡状態となった温度（図中●印）をその負荷トルクにおけるかみ合い部本体温度の代表値とした。さらに、平衡温度状態となった時の騒音を測定し、FFT アナライザによって周波数分析を行なった。ただし、歯車対のかみ合い時における歯面間のすき間であるバックラッシは、0.1mm とした。

3. 実験結果

3. 1 本体温度上昇

図3に歯車材料の成分の違いによる歯車強度への影響を示す。縦軸の本体温度は各負荷トルクで運転し、平衡温度に達した際のかみ合い部本体温度である。一般にプラスチックの物性値が温度に依存することから、ほぼ同一の雰囲気温度の下で実験を実施した。米糠を添加した歯車は、無添加の歯車に比べ、やや高

Fig.1 Test rig.

Table 1 Dimensions of test gear

Module	$m [\text{mm}]$	0.8
Cutter press. Angle	$\alpha_c [\text{deg}]$	20
Number of teeth	z	56
Addendum modification coeff.	x	0
Tooth width	$b [\text{mm}]$	5

Fig.2 Relationship between bulk temperature and torque.

Fig.3 Change in torque and ensuing equilibrium temperature.

(a) Standard POM (Temp. of room 21°C, Torque 2.5Nm)

(b) POM+RBC30μm (Temp. of room 22°C, Torque 2.75Nm)

Fig.4 Damage form.

い負荷に耐えるという結果を得た。また、温度上昇に注目すると、無添加の歯車に比べ米糠を添加した歯車は、かみ合い部本体温度上昇が低い傾向を示している。

3. 2 損傷形態

図4に歯車材料の成分の違いによる損傷形態を示す。図中の(a)は無添加ポリアセタール、(b)は米糠粒度 30μm 添加ポリアセタールであり、雰囲気温度はほぼ同条件の下での結果である。無添加ポリアセタール歯車は、負荷トルク 2.5Nm で損傷し、その損傷形態は歯面溶融が主であった。これに対し米糠粒度 30μm を添加したポリアセタールは負荷トルク 2.75Nm で損傷し、損傷形態は溶融及び折損であった。この傾向は、実験を行った全ての歯車で同様であった。

3. 3 歯車騒音

図5に比較的低負荷での、騒音特性におよぼす歯車材料成分

Fig.5 Noise level of spur gears.

Fig.6 Noise level of helical gear.

の影響について示す。歯車のかみあい周波数が現れる低周波域での騒音レベルにおいては、米糠セラミックス添加の有無による大きな差は認められない。しかし、4kHz以降の周波数帯域では無添加歯車に比べ、米糠セラミックスを添加した歯車の騒音レベルが低くなっている。すなわち、歯面摺動特性が向上していることが分る。この傾向は、低負荷において顕著に観察された。また、米糠セラミックス粒度の影響は、特に認められなかった。一般に平歯車においては、騒音レベルのピークが低周波域に存在する為、高周波域での騒音レベル差を人間の聴覚では判別できない。しかし、はすば歯車の様に騒音レベルのピークが高周波側にある場合では、米糠セラミックスを添加することにより摺動音が改善され、聴覚的に違いが出る可能性がある(図6)。

4. 結 言

ポリアセタールに米糠セラミックスを添加した材料を用いて、射出成形された平歯車の本体温度と騒音を測定した結果を要約すると以下のとおりである。

- (1) 無添加歯車に比べ、高負荷に耐える可能性がある。
- (2) 損傷形態が無添加の場合と異なる。
- (3) 低負荷の高周波領域において、騒音レベルの低減が認められる。

(参考文献省略)