

竹材を用いた歯車の製作とその精度評価

越智真治*

Fabrication of Spur Gears using Bamboo and Their Accuracy Evaluation

Shinji OCHI*

The use of plastic products has been steadily increasing over the last several decades. However, because plastic waste is being discarded in ever-increasing quantities, final disposal sites for such waste are becoming scarce. Therefore, materials must be developed that minimize this problem. This research was carried out to investigate whether bamboo can use in substitution for plastic materials. A spur gear was manufactured using bamboo powder and fiber, and the accuracy of those gears was measured. As a result, accuracy improved so that there were many ratios of the bamboo powder and molding temperature was high. The gear which accuracy had best was a class of N8.

1. 緒言

プラスチックは軽くて強く、形状も様々な形に加工することができるすぐれた材料である。しかし、使用後は多くの問題を抱えている。プラスチックを燃やすと二酸化炭素が大気中に放出されるが、この二酸化炭素は、地球温暖化の原因の一つとして考えられている。また、プラスチックは、自然に分解されないため鳥や魚などが食料と間違えて食べてしまうこともあり、生態系に影響していると考えられる。さらに、プラスチックの原料である原油は、将来枯渇することが懸念されているため、プラスチック製品を生産し続けることは困難であると考えられる。このような背景から持続的に生産可能でプラスチックの代替となる材料を開発することが必要である。

本研究では、竹の自己接着性¹⁾に注目して、竹をプラスチック製品の代用品として利用することを目的とした。日本はタケノコの産地であったが、中国から安価なタケノコが輸入されるようになり、日本の竹林は放置されるようになった。放置された竹林は、他の木々が生えている森林を侵食し荒らしてしまうなど様々な問題を引き起こしている²⁾。この問題を解決するために、竹を資源として積極的に使用しようと考えた。

そこで、本研究では身近に使われているプラスチック製歯車の代替として竹を利用できないか模索した。竹粉及び竹繊維を混合し、圧縮成形して試験片を作製し、それをホブ盤で歯車に加工した。そして歯溝の振れを測定し、精度評価を行うことにより、より精度が良い成形条件を見出すことを目標とした。特に精度におよぼす繊維体積率の影響、精度におよぼす成形温度の影響について調査した。更に実際に歯車を噛み合わせて負荷をかけて運転し、竹歯車の騒音、歯面温度を計測し、現在使用されているポリアセタール製歯車の性能と比較した。

2. 実験方法

2-1 供試材料

本研究で用いた竹材の写真を図1に示す。図1 a)は繊維状、図1 b)は粉状である。以後、図1a)を竹繊維、図1b)を竹粉と称す。これらの竹繊維と竹粉との割合を100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100とし、歯車の精度におよぼす繊維体積率の影響を調査した。

2-2 歯車の作製

歯車を作製する前に予備成形体を作製した。まず、

平成 20 年 8 月 29 日受付 (Received August 29, 2012)

* 新居浜工業高等専門学校機械工学科 (Department of Mechanical Engineering, Niihama National College of Technology, Niihama, 792-8580, Japan)

竹粉および繊維を混合し、自作のプレス金型に入れ、プレス機にセットし加熱した。所定の温度になるまで加熱し、プレス機で圧力を加えた。その後、扇風機を用いて冷却した。成形温度は 150℃～220℃、成形圧力は 106MPa である。作製した予備成形体の写真を図 2 に示す。形状は直径 42mm、厚さ 10mm の円筒形状である。

図 2 の予備成形体に直径 6mm の軸穴をあけ、ホブ盤を用いて歯車を加工した。モジュール 1、歯数 40、歯厚 10mm、圧力角 20° のインポリユート歯形の標準平歯車を製作した。

2-3 歯車の精度測定

ダイヤルゲージを用いて歯溝の振れを測定し、JIS B 1702-2 に基づき歯車の等級を決定した。図 3 は目標とするポリアセタール製の歯車の写真である。図 3a) は外観写真、図 3b) は歯の拡大写真である。等級は N7 であった。

2-4 動的性能試験

図 4 に動的試験機の概略図を示す。試験実験は、回転速度 1000rpm、負荷 50N・cm とした。まず、①の可変速モーターで駆動歯車を回転し、次に②のブレーキで負荷をかけ、③のトルクメータで負荷を読みとった。

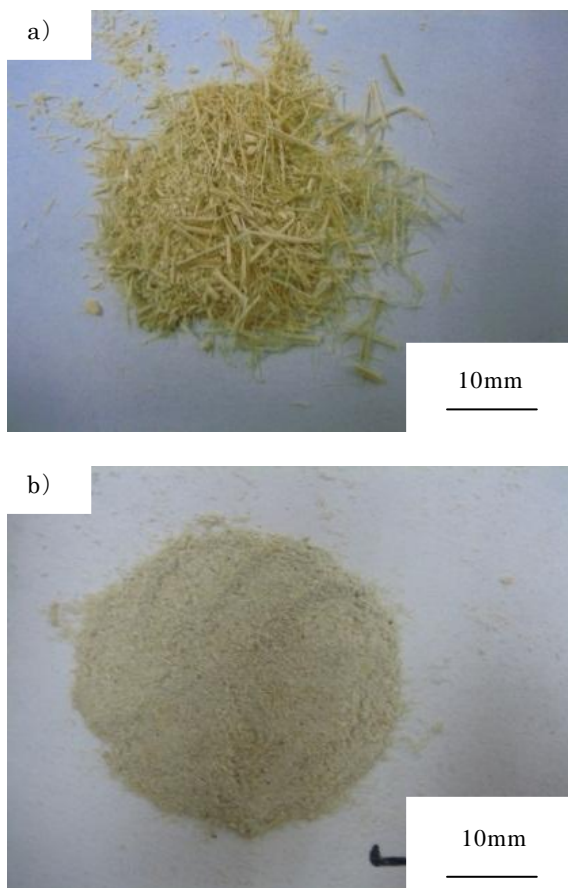


Fig.1 Photographs of used bamboo; a) fiber, b) powder

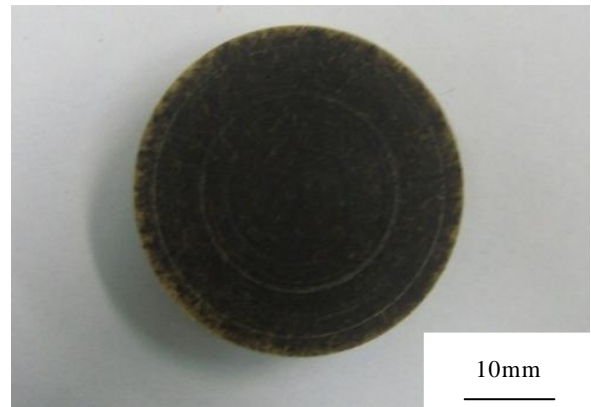


Fig.2 Photograph of pre-molded product.

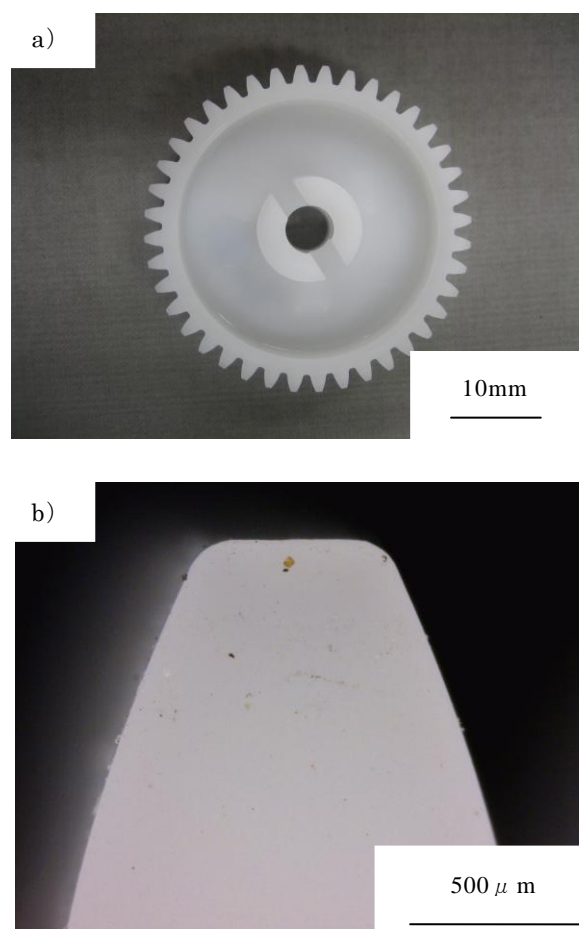


Fig.3 Photographs of plastic spur gear; a) outside, b) magnify

④のマイクロフォンで騒音を測定し、さらに⑤の放射温度計で歯面温度を測定した。

3 実験結果および考察

3-1 歯車の製作

製作した試験片と歯車の写真を図 5 に示す。図 5 a) は竹粉 100%、図 5 b) は繊維 50%、竹粉 50%、図 5 c)

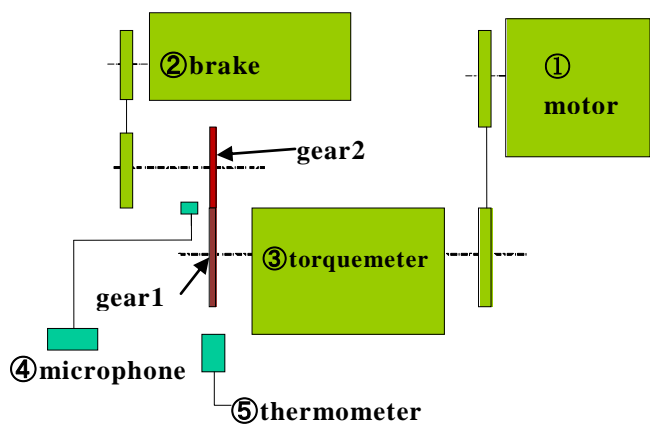


Fig.4 Illustration of dynamic performance test.

は繊維 100%で作製した歯車である。図より、本手法により竹を用いて歯車の加工が可能であること、いずれの繊維体積率においても、歯車が加工できることがわかった。

また、作製した歯車の歯の拡大写真を図 6 に示す。図より、全ての条件で歯の形になっているが、繊維 100%の歯を見ると表面にボイドがあり、さらに歯面にはバリが出ているのが確認できた。

3-2 歯車の精度におよぼす繊維体積率の影響

図 7~9 に歯溝の振れの測定結果の一例を示す。最大値から最小値を引いた値が歯溝の振れとなる。これら

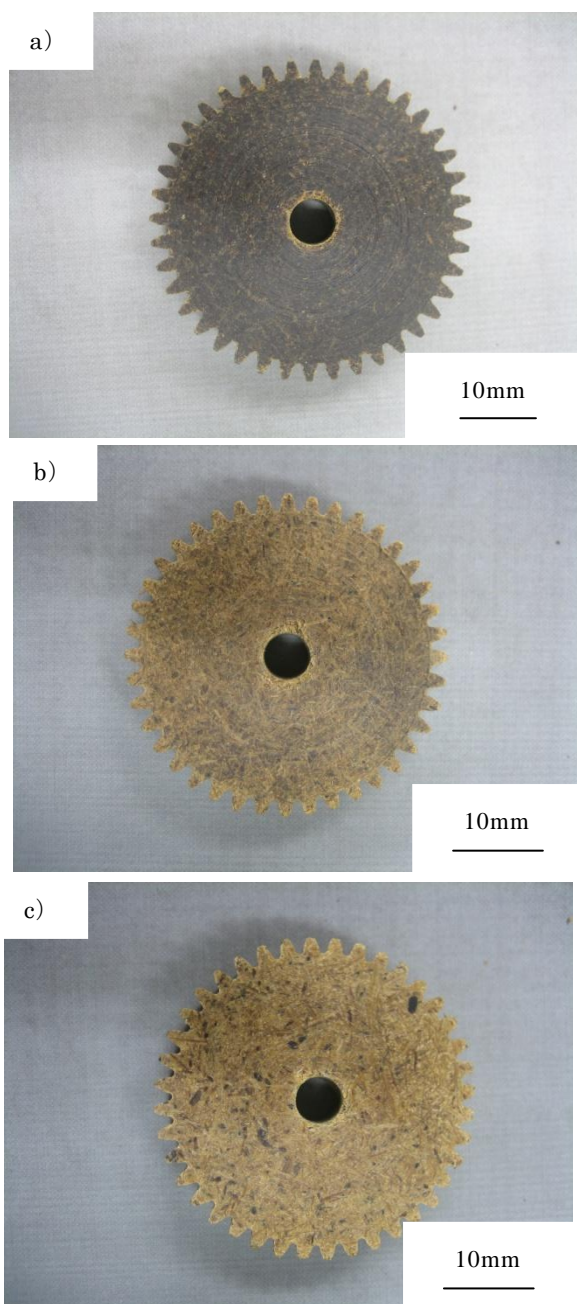


Fig.5 Photographs of fabricated bamboo gear; fiber content of a) 0%, b) 50% and c) 100%

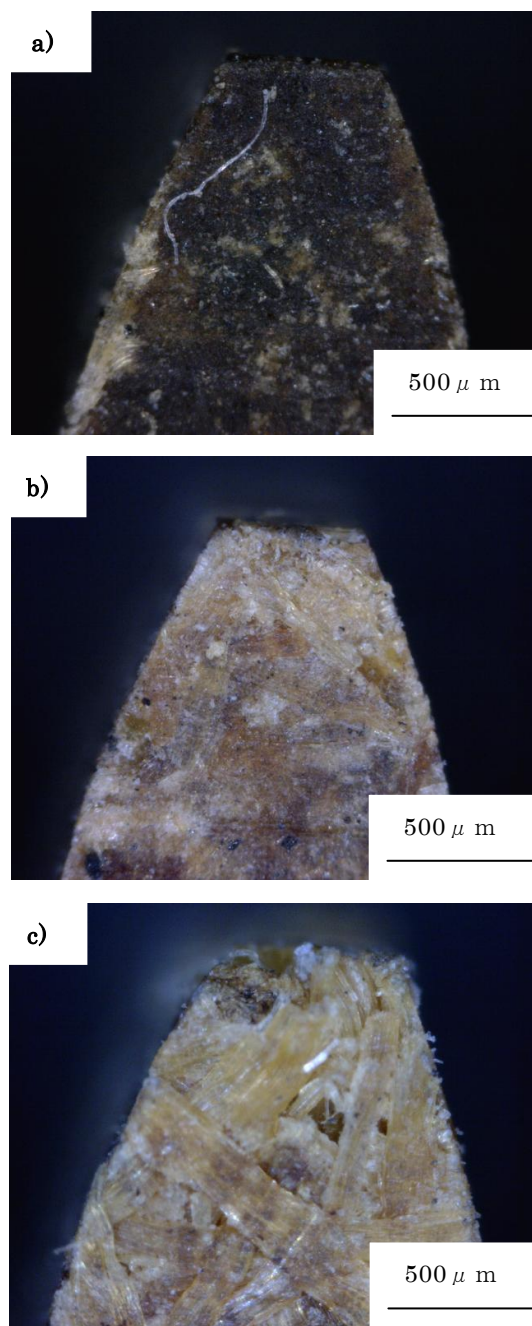


Fig.6 Photographs of addendum; fiber content of a) 0%, 50% and 100% and c) 100%

は 190℃で成形した歯車である。図より、繊維体積率が高くなるにつれてフレが大きくなっているのがわかる。図 10 に歯溝の振れと繊維体積率の関係を示す。図より歯溝の振れは、繊維体積率が高くなるほど大きくなっているのがわかる。

表 1 に JIS の精度等級と比較して求めた歯車の等級を示す。示した各歯車の等級を成形条件ごとに比べてみると繊維の割合が多くなるほど等級の数字が大きくなる傾向があることがわかる。

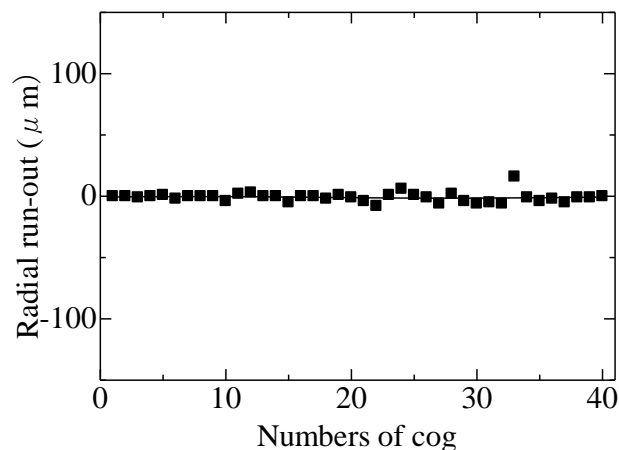


Fig.7 Radial run-out of gear made powder 100%.

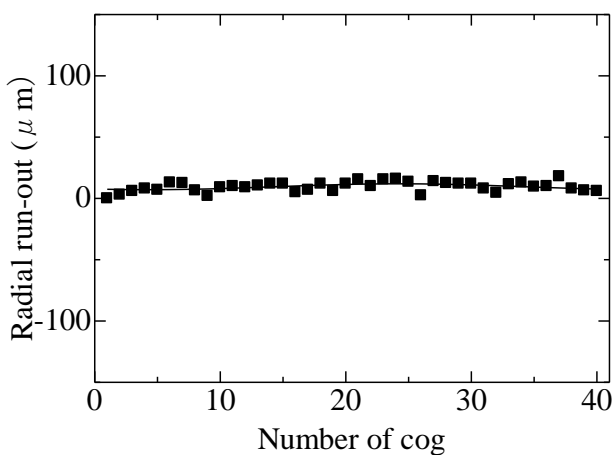


Fig.8 Radial run-out of gear made powder 50% fiber 50%.

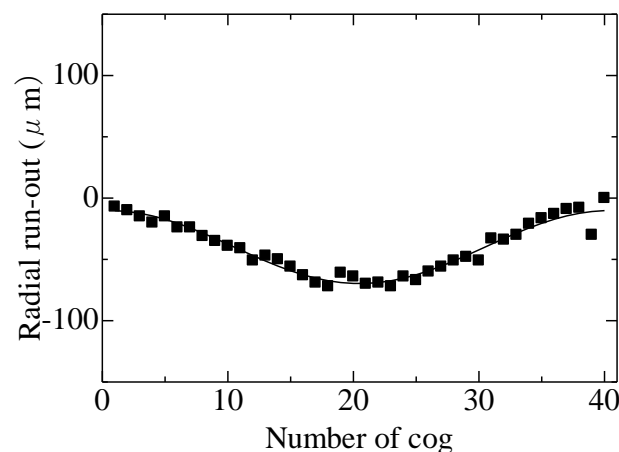


Fig.9 Radial run-out of gear made fiber 100%.

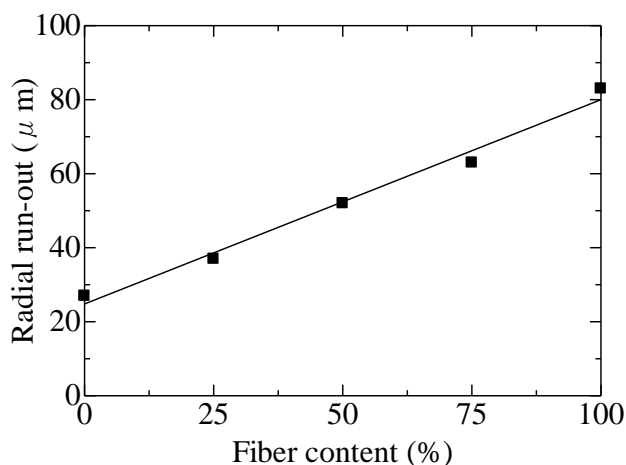


Fig.10 Relationship between run-out and fiber content.

なる傾向があることがわかる。今回最も精度が良いもので N8 が得られた。以上の結果より、繊維を入れず竹粉のみで作製するとより精度のよい歯車を製作することが可能であることがわかった。

3-3 歯車の精度におよぼす成形温度の影響

図 11,12 に 150℃, 220℃で成形した歯車の歯みぞの振れの測定結果を示す。成形温度が高くなるほど歯溝の振れが小さくなり精度が良くなることがわかった。これは、150℃では十分自己接着が行われておらず、220℃においては、竹粉同士の接着力が向上したために、歯切りの際、竹粉が欠落しなかったためだと考えられる。また、図 8 より、190℃と

Table 1 Grade of bamboo gear and POM gear

Fiber content (%)	0	25	50	75	100	POM
Grade	N8	N9	N10	N10	N11	N7

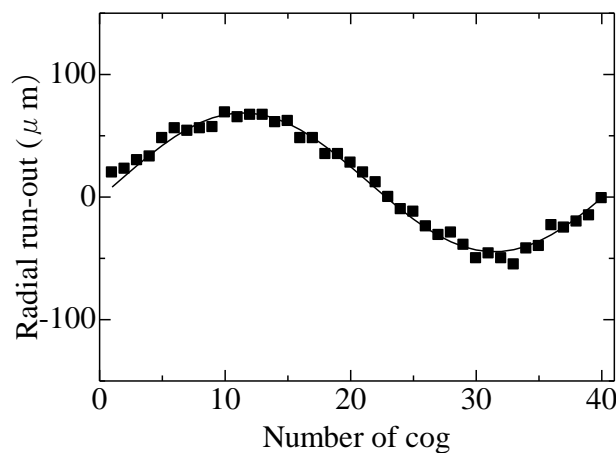


Fig.11 Radial run-out of gear made molding temperature at 150℃.

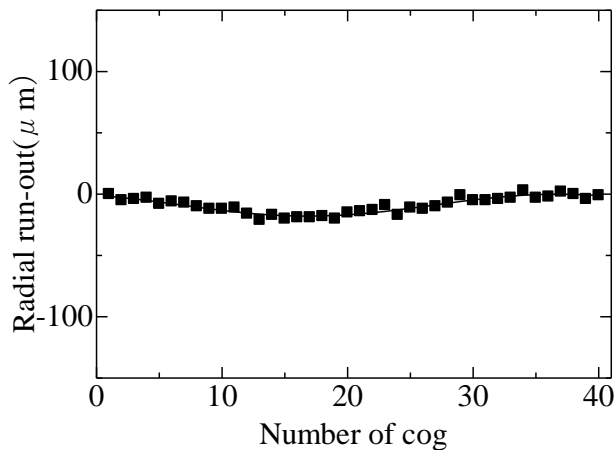


Fig.12 Radial run-out of gear made molding temperature at 220°C.

220°Cでは同様な歯溝の振れが得られたことから、190°C以上では、精度は変わらないことがわかった。

3-4 歯車の動的性能評価

図 13 に騒音と総回転数の関係を示す。図より、竹粉 100%、竹粉 50%繊維 50%、繊維 100%、ポリアセタール製の歯車共に同程度の騒音であり、騒音におよぼす繊維体積率の影響は見られなかった。図 14 には歯面温度と総回転数との関係を示す。図より、条件により温度に差異が見られるが、総回転数が上がるにつれて30°C付近に収束しており、こちらも歯面温度におよぼす繊維体積率の影響は見られなかった。

以上の結果より、騒音、歯面温度共にポリアセタール製の歯車と同程度の性能であるという事がわかった。今後は、 10^7 回まで測定すること。さらに摩耗量の測定もする必要がある。

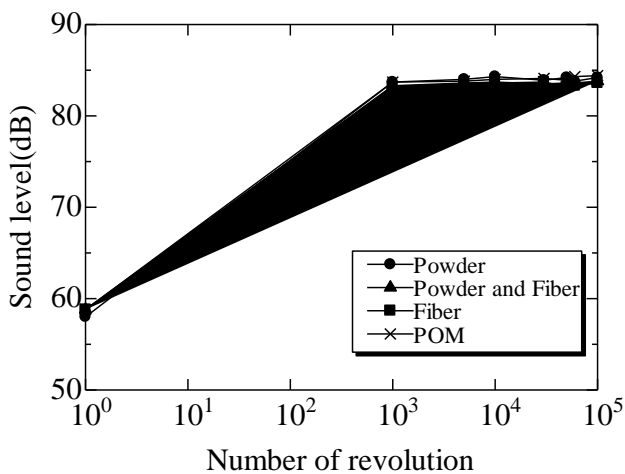


Fig.13 Relationship between noise and number of rotation.

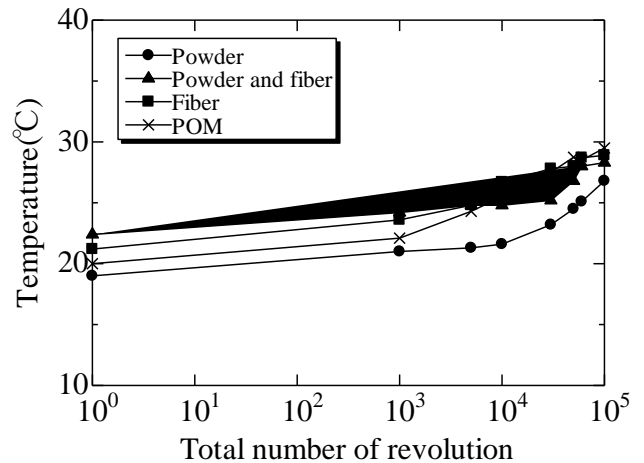


Fig.14 Relationship between temperature and number of rotation.

4 結言

本研究では、原材料に竹を用いて歯車を製作し、その精度におよぼす繊維体積率の影響および成形温度の影響について調査した。得られた結果を以下に示す。

- 1) 竹粉、竹粉+竹繊維、竹繊維をプレス成形し、予備成形体をホブ盤で加工することにより歯車の成形が可能であることがわかった。
- 2) 竹粉に竹繊維を入れると精度が悪くなること、また、成形温度 190°C以上にすると 150°Cで成形した歯車より精度がよくなることがわかった。
- 3) 竹歯車は成形温度 190°Cで竹粉のみで成形することによって N8 の精度をもつ歯車を製作することが可能であることがわかった。
- 4) 歯車を噛み合わせ動的な性能評価をした結果、竹 100%、竹粉 50%竹繊維 50%、竹繊維 100%で作製した竹歯車は、回転数 10^5 までは、ポリアセタール製歯車と同程度の騒音、歯面温度を示すことが明らかになった。

謝辞

本研究を進めるにあたり、歯車の加工において新居浜高専技術室の小田健二氏、動力試験において仙台大専名取キャンパスの大久忠義教授の協力を得ました。記して感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 山下修, 横地秀行, 今西祐志, 金山公三, 竹の塑性流動性に関する基礎的検討, 塑性と加工, 第 47 巻, 549 号, pp.72-74 (2006).
- [2] 林加奈子, 山田俊弘, 竹の分布拡大は地形条件に影響されるのか, 日本生態学会 13 (1) pp.55-64 (2008).