4376

木製平歯車における回転効率について

Comparison of Rotating Efficient in Wooden Spur Gears

EC26 若槻聡太
指導教員 山舘順

1 緒 言

本研究では、日本の機械技術について、江戸時代の「からくり人形」から、当時の技術の特徴分析作業の一環として、歯車について、材質の違いからくる回転効率の差を比較、検討した。

2 研究のアプローチ

2.1 歯車の製作

からくり人形の歯車に使用された木材は、ヒノキ、桜、青銅などさまざまで、製作作法も多岐にわたるが、今回は身近に入手出来るヒノキと、加工のしやすいパイン材(松)の2種類を歯車の材料として選び、歯数 30,26,24(以下、大,中,小と略)でインボリュート歯形の平歯車を3つ、計2セットを製作した。製作にあたっては、江戸時代に書かれた、『機巧図彙』に記載される茶運び人形の平歯車を参考にし、当時の歯車にできるだけ近づけるため、製作を全て手作業で行った。

2.2 制動摩擦損失、歯車回転効率損失の算出

歯車全体の損失 L[W]は次のような2次多項式で与えられる。ただしωは歯車の角速度[rad/s]である。

$$L = R_\omega \times \omega^2 + Gloss \times \omega \,[\mathrm{w}]^{*1} \qquad (1)$$

式(1)の係数 R_ω [N](制動摩擦損失または、制動係数)と $Gloss$[N](歯車伝達効率損失)の間には相関関係がある。実験によって角速度と損失を測定し、R_ω と $Gloss$ を求める。以下に実験の主な流れを示す。

同じ木材で、歯数の異なる歯車をかみ合わせ、モーターを歯車に直結させた後、無負荷の状態で電圧を徐々に上げていきながら運転する(運転前にモーターの内部抵抗を測る)。その都度、電圧 V[V]、電流 I[A]と回転数 n を記録する。機械的角速度ωは、

$$\omega = \frac{2\pi}{60} n \qquad (2)$$

で算出する。モーターを含めた全体の損失 L は、

$$L = VI - RI^2 \,^{*2} \qquad (3)$$

から求められる。ここで R はモーターの内部抵抗[Ω]である。求まった機械的角速度と全体損失の値をMicrosoft 社のエクセルに入力し、最小二乗法により近似曲線を求める。この近似曲線の係数から R_ω と $Gloss$ を求めることができる。なお、R_ω および $Gloss$ は、いずれも、低い値であるほどその歯車の回転効率は良いということを表す。

以上の実験をヒノキ、パイン材製の歯車それぞれ、大中小の3つの歯車をかみ合わせたもの、中小2つをかみ合わせたものとで、それぞれ測定を行い比較した。

*1 一般的に、制動係数(制動摩擦損失)は、機械的角速度の 2 乗に比例し。$Gloss$(歯車の効率損失)[N]は、機械的角速度に比例している。この比例の関係にある2つの値の和が歯車全体の効率損失ということになる。

*2 無負荷状態なので、入力=出力+損失の関係が、出力=0 になり、入力=損失になるため、$VI - RI^2$ =入力=損失がなりたつ。

図 1 ヒノキ製歯車

図 2 パイン材(松)製歯車

3 結 果

最小二乗法による結果は、以下のようになった。

表 1 ヒノキ製歯車

	歯車数 3	歯車数 2
制動摩擦損失[N]	0.003	0.0014
歯車伝達効率[N]	0.1159	0.0765

表 2 パイン材(松)製歯車

	歯車数 3	歯車数 2
制動摩擦損失[N]	0.0027	0.0005
歯車伝達効率[N]	0.1227	0.1211

製作時における出来不出来が影響されることは否めないが、算出された結果から検討すると、ヒノキ製の方が、回転効率は良い。しかし、制動摩擦による損失については、パイン材の方が良い、という結果になった。

4 今後の発展

今後は、各歯車について、効率の良し悪しの原因を追求すると共に、どの木材がからくり部材に適しているか各材質間の比較データを増やす必要がある。

謝 辞

本研究にあたり、実験等有益なご助言をいただいた電気工学科山下講師に感謝します。

文 献

[1] 立川昭二:“からくり”, 法政大学出版局 pp.15-20,148-150,309,(Aug.1969)