

プラスチック歯車の最新技術動向

京都工芸繊維大学 森脇 一郎*

*もりわき いちろう：機械工学系 教授

歯車材料としてのプラスチック

歯車材料として最も一般的な鋼と比較して考えてみよう。一番の魅力は何と言ってもその比重の小ささであろう。プラスチックの中で歯車材料として広く用いられているポリアセタール (POM) やポリアミド (PA) は鋼の1/5以下である。これは確かに大きな魅力である。しかし、ユニット設計者にとってさらに大きな魅力と感じられるのは射出成形を使えることなのかもしれない。部品形状に大きな自由度が与えられるように思えるため、部品点数や工数の減少が見込まれ、さらにその量産効果の高いことも相まって、大きなコストダウンにつながるように見える。

また、高減衰材料であることから、軽負荷・高速運転時に生じる歯打ち音の低減効果への期待も高い。さらに、鋼歯車では非常に難しいと考えられている無潤滑下の運転可能性にもメリットを感じる設計者も少なくないであろう。

ところが、言うまでもなく、機械材料としての主要な力学的性質、強度と剛性が圧倒的に低い。引張強さは、POMで60~70 MPa程度と鋼の数分の一となる。PAは繊維強化が容易な材料だが、それでもせいぜい150 MPa程度までである。強化の方法を工夫すると鋼に匹敵する強度を付与できるようだが、残念ながら射出成形は適用できなくなる。一方、曲げ弾性率を見ると、これもPOMで2~3 GPaと鋼よりも2桁近く小さい。PAは繊維強化しても10 GPaに届かない。

これらに加えて、盲点となるのが、その物理的

性質である。熱伝導率はPOMで鋼の1/200程度と非常に小さい。つまり熱が伝わりにくく温度上昇を招きやすい。にもかかわらず、線膨張係数が鋼の約10倍。これらを考え合わせると運転中の寸法変化が大きくなると考えなければならない。さらに、多くのプラスチックは温度変化に対する強度・剛性の変化が著しい。ただでさえ強度・剛性が低いのに、運転中はさらに低くなる。

射出成形という魅力ある工法にも注意が必要である。溶融加工の一種なので、形状精度のみならず、強度も加工技術に大きく影響される。適切な成形条件を設定できたとしても形状精度と負荷容量とのトレードオフが生じる場合がある。例えばリムウェブ構造の歯車の場合、歯の形状精度を上げるためにはリム厚さが小さい方がよいようだが、逆にリム厚さの小さな歯車では歯元曲げ応力が大きくなり負荷容量が低下する。繊維強化プラスチックを用いる場合は、さらに注意が必要である。強化繊維の配向を歯の強度が上がるようにしなければ意味がない。適切な配向を得るための型設計、ゲート設計には種々のノウハウがあるようだ。

このように、プラスチックは歯車材料として多くの問題があるが、それでもなお魅力的な材料なのであろう。プラスチックのデメリットを少しずつ改善し、アプリケーションが増やされてきた。さらに鋼にない、例えば絶縁性といったプラスチックの特性を活かしたアプリケーションへも広がりつつある。