

## ホブによるマイクロギヤの精密歯切り加工

株式会社 小笠原プレジジョンラボラトリー 前田憲次

開発部研究開発課 課長 〒258-0113 神奈川県足柄上郡山北町山北3819 TEL 0465-75-1510

### はじめに

近年、情報・医療・ロボットなどの産業機器が小型化へ進む傾向があり、それらの構成部品として組み込まれるアクチュエータも様々な分野でマイクロ化が進められている。マイクロギヤを用いた小型減速機は、各機関で研究が進められており、既にφ1.5mm以下のギヤードモータまで開発しているところもある。

様々な微小機構の動力になり得る電磁モータは、微小な領域では質量効果が減少し容易に高速回転が得られる反面、発生トルクは低下する。小型で高トルクの動力を得るには、減速機は不可欠であり、マイクロギヤによる減速機は、実績と信頼性からもっとも有力な機械要素と言える。

小型歯車減速機に求められる性能は、小サイズ化、高減速比、高効率、高強度伝達、高信頼性、省バックラッシ、低騒音化が挙げられ、これらの性能を実現する為には、高い形状精度を持つマイクロギヤが不可欠である。マイクロギヤの製作には、切削加工、放電加工、射出成型等様々あるが、当社では、歯車用工具による切削加工によってその精度を得る研究を進めており、近年では、その為の工具の供給も行っている。元来、当社では、ファインピッチと呼ばれる範囲の歯車（およそモジュール2.5以下）を切削するホブカッタの製造販売を軸に、高精度歯車加工技術を生業としている。ホブカッタによるマイクロギヤの精密歯切りは、その技術の応用例の一つである。

### ホブカッタとは

一般に歯車用切削工具には、ホブカッタ、シェーパーカッタ、ブローチなど、被削歯車の形状・精度・コストなどの要因で幾つか選択肢がある。いわゆる外歯の円筒歯車の歯形部の切削加工に最も多く用いられるのがホブカッタ



図1 一般的なホブカッタ

である。ホブカッタは、円筒体に切刃がネジ状に配置された回転切削工具である（図1）。ホブカッタによる歯切りは、歯車にねじをかみ合わせる要領で、ホブを歯車のブランク材と回転同期させ、歯車の歯形を成形させる創成切削加工である（図2）。主要な産業界で用いられるほとんどの歯車はインポリュート歯車で、インポリュートカーブを創成するホブの歯形は直線で近似されるラック形状である。歯切り加工は、一般的にホブ盤とよばれる専用の工作機械を用いる。

ホブの材質にはハイスと超硬合金が代表的である。ハイスホブは靱性に優れ、一般材から硬度38HRC程度の難削材まで幅広く用いられている。超硬ホブは特に50HRC以上の被削材を切削する高硬度歯切り（ハードホビング）用としての需要が近年は伸びてきている。ハードホビングでは被削材の種類、熱処理の方法、ホブの超硬材種、ホブのコーティング膜種、切込み量、歯切り時の周速と環境など、様々な条件において適正な組み合わせをすることが重要となる。

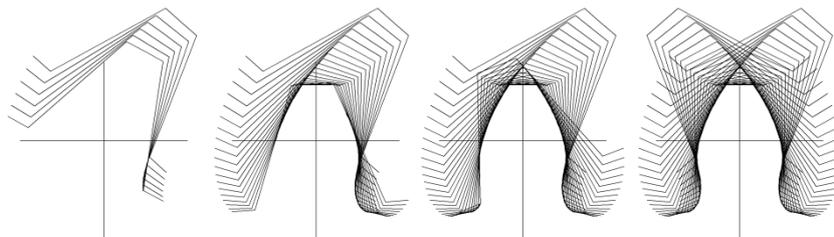


図2 ホブによるインポリュート歯車の歯形創成



### マイクロギヤの加工事例

マイクロギヤの歯切り加工を簡単に言うと、非常に歯形が小さいホブカッタを作り、それを用いて非常に小さい歯車を歯切りする、ことになる。マイクロギヤには特に定義はないが、当社ではモジュール 0.1 以下（ピッチ 0.314mm 以下）の歯車をマイクロモジュールギヤ、その中でも特に外径が  $\phi 1\text{mm}$  以下になる歯車をマイクロギヤもしくは微小ギヤと呼んでいる。

マイクロギヤ用ホブの製作例を図3に示す。歯形は研削仕上げで、材質には再刃研時にバリが出にくい超硬合金を用いている。ホブの取り付け孔に対するホブ端面の振れ精度は最低でも  $2\ \mu\text{m}$  以下にする必要がある。

図4にマイクロギヤの加工事例を紹介する。諸元は、上側が  $m\ 0.02z\ 19$ 、孔付タイプ、下側が  $m\ 0.02z\ 5$ 、シャフトタイプ、である。

### マイクロギヤの高精度ホブ切り加工

精度の高いマイクロギヤ用ホブと、そのホブが取り付くホブ盤があればマイクロギヤが歯切りできる、ということにはならない。

例えば、被削ギヤのブランクが  $10\ \mu\text{m}$  振れた状態で歯切りをする場合を考える。モジュール 1 で歯丈  $2.25\text{mm}$  の歯車の場合、 $10\ \mu\text{m}$  は歯丈の  $1/225$  の誤差として現れる。モジュール 0.02 で歯丈  $0.045\text{mm}$  のマイクロギヤの場合、 $10\ \mu\text{m}$  は歯丈の  $1/4.5$  の誤差になり、歯の大きさが 20% 以上ばらつく歯車となる。

したがって、マイクロギヤの歯切り加工が成り立つために必要なことは、ホブ切りにおける総合精度を上げること以外にはない。

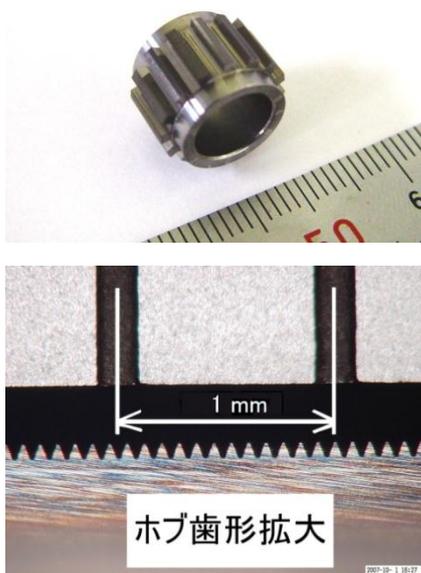


図3 マイクロギヤ用ホブ製作例

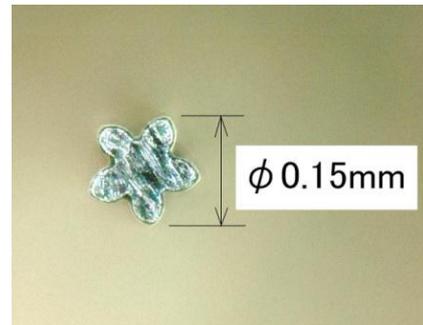
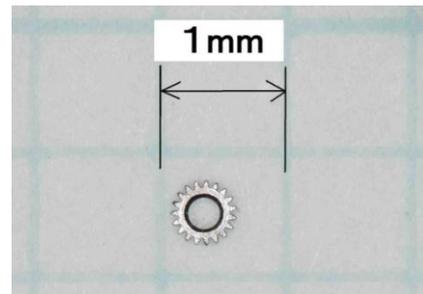


図4 マイクロギヤの加工例

具体的には、ホブ盤のワークスピンドルとカッタスピンドルの回転精度、割出精度、ワークブランクの精度、ワークとカッタの取り付け精度である。ホブカッタの取り付け精度は、 $1\ \mu\text{m}$  以下には抑えたい。ギヤブランクは様々な形状になるため、歯切り時、ホブカッタによる切削抵抗により被削材の弾性変形を避ける工夫が必要であり、そのための保持具を付ける場合もある。周速等の切削条件は、材質やブランクの保持方法で大きく変わる為、複数回の試行で最適値を得る以外にない。

歯切り加工ができたとしても、ホブ切り時に発生する“バリ”の除去や、微小な歯車と取扱い・ハンドリング技術も悩ましい問題になる。外径が  $1\text{mm}$  に満たない歯車から歯面を傷つけずにバリのみを除去するのは、非常に難易度が高い。その為、歯車同士のかみ合いにバリが影響しない構造設計もしくは形状にしておくのがコストを掛けない最善の対策である。

マイクロギヤの歯切りで、もっとも重要なのは、歯面の中心と、歯車の回転中心を一致させることである。

例えば、中心に貫通孔があるマイクロギヤは、その孔が軸受となる。減速機に組み込まれたとき、孔の真円度より得られる回転中心と、歯切り時に得られた歯形輪郭の中心がずれていけば、減速機に組み込むことができない場合もあり、組み込めたととしても性能に大きな損失を与える。

以上に述べたとおりマイクロギヤの製作は手間がかかるため、結果としてコスト高となり、量産工程を構築するには難易度が高い。

それらの課題を解消する目的で、当社では  $\phi 1\text{mm}$  以下の超微小マイクロギヤを歯切りする専用のホブ盤を現在開発中であり、近い将来、外販を計画している。

