

マイクロ減速機の開発

1. はじめに

微小な機構や装置の必要性は、まずはじめに医療器械の分野を挙げることができよう。すなわち、身体のダメージを最小限に抑えるために、できる限り小さな内視鏡、腹腔手術のツールや超小形ポンプなどが要求されている。そこでこれらの分野に応用が期待できる、外径1.5mm、長さ約4mmの遊星歯車機構によるマイクロ減速機(図1 日経BP社提供)の開発を行った。

2. 開発の背景

新技術のトピックスとして、時折取り上げられているように、マイクロ加工の技術の進歩は著しい。その微小な加工例の一つとして、単体の歯車を取り上げられる例がしばしば見かけられる。しかし、その歯車の機構要素としての評価の報告はほとんど見られない。そのためか、微小な歯車機構の開発例はとて少ないように思われる。

この理由としては、対象物が微小であるがうえの困難さを、材料や加工の立場から、いかにクリアするかということに、重点が置かれた開発例が多いことによるものではないかと、われわれは推察している。

その一方で、

- ・すでに外径1.5mmのDCモータが海外で開発されており、それに見合う減速機の必要性が生じてこよう。
- ・医療分野において身体のダメージを最小限に抑えるために、できる限り小さな機構が要求されている。

そこで、われわれは、各種の機構装置の開発を手がける立場から、以下に述べるようなマイクロ減速機を開発した。

3. 本開発のマイクロ減速機の仕様

減速機の形式は、図2に示すように、典型的な遊星歯車機構を用いている。この歯車機構の歯車諸元は、つぎのとおりである。

- モジュール 0.04
- 基準圧力角 20°
- 太陽歯車の歯数 9
- 遊星歯車の歯数 9
- 内歯車の歯数 27
- 1組の減速比 1/4

1組の遊星歯車機構の減速回転の仕組みを述べる。入力軸の回転で太陽歯車を回転させ、遊星歯車とかみ合わせると、外側にある非回転の内歯車とかみ合いの関係から、遊星歯車は自転かつ公転の運動を行う。この遊星歯車の公転(1/4の減速の回転)を出力軸の回転として得る。

この機構を順次接続、すなわち出力軸の回転を、次組の入力軸に接続し、その組遊星歯車の公転を出力軸の回転を得るような構成にする。この結果、構成する組数によって、1/4から1/16、1/64、1/256、1/1024というように、高い減速比が簡単に得られる。現在、組数5の1/1024までの減速機が製作可能である。

図3に、各減速比と寸法との関係を示す。

なお、1/256の減速比をもつもので、伝達トルクはおおよそ0.5mN・mである。

4. 製作上の問題点

この微小な機構装置の製作には、いくつかの高い壁を越えねばならなかった。そこで、設計、加工、組立の各工程に分けて、簡単に説明する。

減速比1/256のマイクロ減速機の場合、4組の遊星歯車機構で構成され、外径1.5mmの中に計17個の歯車が実装される。

4.1 設計

歯形-歯車の歯形の設計においては、利用する歯切り方法で使用する工具形状の制約から、内側の歯底形状の最小半径の値を考慮し、かつ、歯車のかみ合いの機能を損ねることなく、歯形の諸元を求めねばならない。

しかし、歯車歯形の設計に関しては、われわれは幸いに技術を保有しているので問題なくクリアできた。

回転軸の支持方法-微小なため回転軸の支持方法について一般的な方法は採用できない。そこで、軸および支持側に、耐摩耗性および潤滑性を有する特殊な仕組みを採用した。

4.2 加工

加工機械-なめらかな歯車のかみ合いを得るために、インボリュート曲線にもとづく歯形曲線が忠実に得られるよう、高分解能かつ高精度な歯形の輪郭加工を必要とした。この問題に関しては加工機械の特性に大きく依存するところである。今回は、超高精度なワイヤカット放電加工機械を用いて、クリアした。

超精密な加工-複数の歯車が組み込まれることで、多くの軸の穴や軸要素部品が存在し、かつ、各歯車のピッチ円との相対位置や幾何形状の関係が厳しくなる。すなわち、歯車の歯形の加工のみならず、軸や穴といった極めて基本的な幾何形状の微小加工にも細心の注意を配慮する必要がある。これに関しては、微小かつ高精度な成形部品を手掛けてきている技術を利用できた。

4.3 組立

微小かつ多数の部品で構成されるために、組立には予想外の難しさに直面

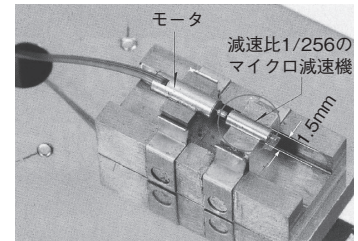


図1 開発されたマイクロ減速機
[写真提供: 日経BP社]

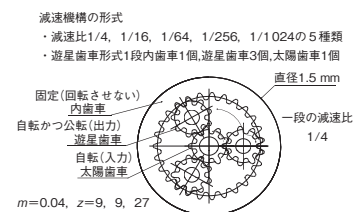


図2 マイクロ減速機の形式

(Units mm)

	Sun Gear (Input)	L-Core	L-Full	L-Output	D-Output
1 1/4	1.31	1.91			
2 1/16	2.24	2.84			
3 1/64	3.17	3.77			
4 1/256	4.10	4.70			
5 1/1024	5.03	5.63			

減速比=1/4
実装される歯車の個数=4*N+1
(注 今後改良のため変更することがあります)

図3 マイクロ減速機の大きさ

した。そこで、組立工程の見直しおよび治具を考案して、問題をクリアした。

5. 今後の課題

今回、外径1.5mmのマイクロ減速機を開発したが、いくつかの問題を残している。

5.1 伝達トルクの効率の計測方法の確立

本減速機のような微小な機構装置に利用できる、伝達トルクの効率の計測方法が確立できていない。各種の応用を図るには、早急な対策を講じる必要がある。

5.2 製作コストの削減と量産方法の確立

現在の製作方法では、コスト削減および量産化に対して、問題点を抱えている。これに関しては、精密な成形加工の方法を利用した製作方法を検討している。

5.3 適応性のあるアクチュエータの開発

これは、技術的な問題というよりも、この種のマイクロ減速機を使用したいと考えているユーザー層を早い段階で見だし、そのところでの効率的な開発例を創出することが肝要である。

(原稿受付 2008年7月24日)

[香取英男 テクファ・ジャパン(株)]