成形加工によるマイクロマシニング

河田耕一 松下技研(株)
Koichi KAWATA

1. はじめに

マイクロマシンの研究が盛んである。マイクロマシンの加工技術は従来と比較して単に対象が小さいだけでなく、

- 1) 構造材料が工程のなかで作られる
- 2) 組立て、組立てられる部品が同時に作られる
- 3) はめあいが加工で作られる

などの特徴があり¹⁾、一種の思想転換といえる。応用を広めるとともに、一般の機械に対してもインパクトを与える技術と考えられる。高分子材料の成形加工においてもマイクロマシンのための新しい発展が期待される。ここではそれを実現するための課題を中心に考えてみたい。

2. マイクロマシンと成形加工

マイクロマシンの加工は当初半導体プロセスによるものが主体であったが、次第にその範囲を広げ、在来技術を含めた多くの分野でマイクロ化が検討されるようになってきた²⁾。これは半導体プロセスではどうしても2次元の形状になってしまうし、材料にも限りがあるためである。たとえば血管のなかに挿入し、回転運動をともなって診断・治療を行うような装置を考えてみよう。管のなかで運動を行うにはやはり細長い機構が望ましく、シリコンウェハ上の2次元のプロセスでは作りにくい。

また、このような装置をディスプレイにしようとする、低コストの量産が可能でなくてはならない。

成形加工によるマイクロマシニングは以上の条件にかなっているといえよう。

3. 成形加工のマイクロ化での問題点

3-1. 転写性

まず、どれだけ小さい形状まで加工によって転写できるかであるが、光ディスクのミクロンオーダーの凹凸が射出成形で作成されているし、サブミクロンでレジストパターンが形成されるのであるから全く問題はないであろう。

3-2. 金型

成形加工では金型が必要である。一般に複雑な形状の金型の加工では放電加工が多用されるが、マイクロマシンを対象とした放電加工技術の研究が行われている^{3), 4)}。表1は開発された微細放電加工機の加工仕様であり、各々旋盤、ボール盤、フライス盤の機能を持ち、組み合わせて多様な形状の加工が可能である。ただ、仕上げ面あさは $R_{max} 0.1 \mu m$ 程度であり、マイクロマシンとしてはやや粗いが、次第に向上することが期待される。

ワイヤカット放電加工の微細化の研究も行われており、これらの活動により次第に金型の製作環境が整って行くと思われる。

表1 微細放電加工機の加工仕様

	微細穴加工機	微細軸加工機	3次元加工機
加工形状	5~300 μm 径	5~300 μm 径	任意の径(最小5 μm)の電極成形機能とX, Y, Z 3軸のNC制御機能を持ち、3次元複雑形状を加工する
加工精度	直径精度 $\pm 1 \mu m$ 真円度0.5 μm	直径精度 $\pm 0.5 \mu m$ 真円度0.5 μm	形状精度 $\pm 1 \mu m$
表面粗さ	$R_{max} 0.1 \mu m$ (最小)		
加工機能	ボール盤に対応	旋盤に対応	フライス盤に対応

(外径 0.3 mm)

写真1 光硬化により製作した内歯歯車

3-3. 成形方法

マイクロマシンは形状寸法が絶対的に小さい繊細な構造物であるから、成形は可能な限り低圧、低温で行うことが必要である。

この点では光硬化による成形が望ましい。写真1は上述の微細放電加工機によって金型を製作し、UV硬化樹脂を用いて成形した内歯歯車である。ただし光を用いる点で成形できる形状に限りがあることは避けられない。

写真2は同様に微細放電加工機によって製作したキャピティ板を重ねて金型とし、ウレタン樹脂を真空注形して製作した2段歯車状の構造物である。

より複雑な形状に対しては、低粘度の高分子材料によって射出成形が可能であることから、RIM (Reaction Injection Moulding) が望ましいと考えられ、すでにマイクロマシンのためのLIGAプロセス⁹⁾において使用されている実績がある。

3-4. 材料

高分子材料の特徴は種々の物質を混練できることであり、現在生産されている最も小さい機械部品であるウォッチの樹脂部品でも、混練によって機械強度を上げたり潤滑性を高める考慮がなされている⁶⁾。

一方、複合材料にすることは粘度を高め成形を困難にする方向であり、両者を考慮しつつ、ミクロ的に均一な特性を持つ材料開発を行うことが必要であろう。

3-5. 成形機

金属部品のプレス加工機ではマイクロ形状部品のための新しいコンセプトの機械が研究されているが⁷⁾、成形機でもこのような取り組みが必要である。

寸法や圧力が小さいので、機械は卓上で十分である。

下段: 外径 0.5 mm
上段: 外径 0.3 mm

写真2 真空注形により製作した構造物

ただし、運動部や金型の取り付け精度が極度に要求される。たとえば、ばりやゲート部を手作業で取り去ることは不可能に近い。

3-6. 測定

部品が加工された後には微細な3次元形状の測定が必要であるが、まだ有力な方法がない。光学系の焦点深度を用いて高さ測定を行う方法があるが、測定精度は十分でなく、また対象物の光学特性によって結果が左右される。

振動するプローブの電気的接触によって微細な穴形状を測定する研究が進められており⁸⁾、将来3次元測定に拡張されることを期待したい。

4. おわりに

マイクロマシンの思想の一つはアセンブルレスで製品を作るということである。成形加工では異種材料を同時成形することが日常的に行われているので、ある程度のアセンブルレスが実現されているといえる。

また半導体プロセスでは、犠牲層というエッチングされやすい層によって運動部分の隙間を作ることが行なわれているが、成形加工においても同様な考えで、溶解されやすい層を成形しておき、成形後これを取り去ることで運動部分を作ることでも可能であろう。

成形加工によるマイクロマシーニングの研究の進展が望まれる。

文 献

- 1) 河田耕一: 金属, 3 (1991) 58
- 2) マイクロマシン技術による製品小型化・知能化辞典, 産業調査会 (1992)
- 3) 河田耕一, 佐藤健夫, 正木 健, 増沢隆久: 電気加工学会誌, 28, 57 (1994) 32
- 4) 河田耕一, 佐藤健夫, 正木 健, 増沢隆久: 電気加工学会誌, 28, 58 (1994) 38
- 5) E. W. Becker, W. Ehrfeld, P. Hagmann, A. Maner and D. Münchmeyer: *Microelectronic Engineering*, 4 (1986) 35
- 6) 山崎雄二, 加藤文雄, 山崎 哲: 精密工学会誌, 52, 4 (1986) 635
- 7) 山本正樹, 増沢隆久, 藤野正俊: 昭和61年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集 (1986) 721
- 8) T. Masuzawa, Y. Hamasaki, M. Fujino: *Annals of CIRP*, 42 (1993) 589

河田耕一
松下技研(株) 監査役, 工博
1962年京大工学部機械工学科卒, 同年松下電器入社, 精密加工, 機構製品, マイクロマシンの研究に従事。