

最近の技術から

金属ポリゴンの切削加工

渡 辺 智

キヤノン(株)超精密研究部 〒146 東京都大田区下丸子 3-30-2

1. はじめに

1960年代半ば以後、レーザー核融合用金属反射鏡などを主体とする超精密切削加工技術が米国を中心として、国家的に推進され、急速に進歩してきた。赤外光学素子を主体としてきたが、最近では可視光からX線領域における光学素子加工も行なわれている。国内においても盛んに研究開発が行なわれているが、数社で実用化されている金属ポリゴンの超精密切削加工技術について紹介する。

2. 金属ポリゴンの機能と精度仕様

近年、印字品質のよい文字、画像を高速に、しかも騒音なく出力できるプリンターとしてもレーザープリンターが注目されているが、その走査光学系の重要部品として、ポリゴン反射鏡が用いられている¹⁾(図1)。従来、ガラスを用いていたが、高速化と低価格化に対応するために、アルミ合金をダイヤモンド切削した金属ポリゴンが用いられている。この精度仕様の一例を表1に示す。

3. 金属ポリゴン切削技術

金属ポリゴン切削技術に関する開発のポイントは以下の三つに大別される。

- (1) 被削材と刃物との相対運動をいかに正確な平面創成運動にするか。
- (2) 被削材を刃物によって除去するとき、刃物の輪郭の転写性をいかに高めるか。
- (3) 被削材を保持したとき、いかに変形をおさえ切削抵抗に耐えるようにするか。

(1)は加工機精度にかかわる問題を主とし、運動系の幾何学的精度、切削抵抗と各要素の静・動剛性あるいは振動、熱的要因などの問題まで含まれる。(2)は表面粗さにかかわる問題で、被削材のミクロな材料物性と、鋭利な刃物による除去過程に伴う諸現象と、刃物形状の転写性などが問題となる。(3)は被削材の変形にかかわる問題で、加工時はもちろん、計測あるいは製品への組込

み時にも発生する問題である。以下に(1),(2)について概要を述べる。

3.1 加工機

図2に金属ポリゴン加工機の例を示す。平面創成は、ダイヤモンドバイトの回転と被削材保持テーブルの直進運動によって行なわれる。したがって、平面創成誤差は、被削材保持の問題を別にすると、

- (1) ワーク軸の移動精度。とくに移動方向と直角な方向成分、すなわち、ヨーイング、ローリング、水平移動成分の精度。
- (2) カッター軸のスラスト方向回転精度と再現性。
- (3) カッター軸の回転平面とワーク軸移動方向との直角度。

などが直接的要因となる。(1)は上記3成分の移動位置に関する周波数域によって、誤差の現われ方が異なる。すなわち、低周波域はいわゆる真直度を表わし、平面度劣化要因となるが、高周波域は(2)の要因とともに表面粗さにきく要因となる。これは振幅の約75%程度の表面粗さ劣化となる。両周波数の中間帯がうねり成分にきく要因となる。(3)は平面度にきく要因だが、カッターの回転半径を十分大きくとることにより、平面度劣化を比較的小さく抑えることができる。

これらの諸要因を解決するために、加工機の運動要素に流体軸受を用い、流体膜によって運動の再現性を向上するとともに、平均効果による精度向上を図っている。

図3に転動体と空気軸受の運動精度比較を示す。図2の機械はさらに、回転系においてDCモータと一体型の構

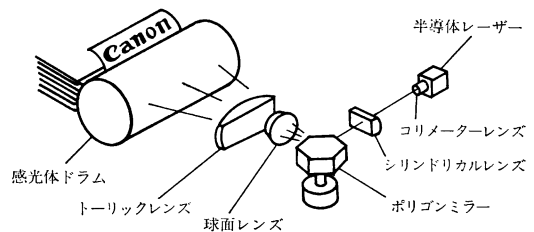


図1 レーザープリンター光学系¹⁾

成になっており、モータからカッター軸までに伝達機構がなく、きわめて単純化されている。

3.2 切削技術

微小切削工具として一般に天然ダイヤモンドが用いられている。天然ダイヤモンドは硬度が最も高く、熱伝導率がよく、ヤング率が鉄の約5倍あり²⁾、刃先稜の丸みを20Å程度ま

で小さくできる。被削材との親和性も、鉄やMoなどカーボンを固溶しやすい材料を除けば比較的少ない。また、結晶方向により著しく摩耗量が異なるため、工具としての結晶の選び方が重要である。一般には、すくい面を(110)または(111)面にとることが多い。

被削材料については総合的にみて、ポリゴン用材料としてアルミ合金が用いられている。たとえば、半導体レーザーでは銅が高い反射率を示すが、耐蝕性あるいは破壊強度の面で劣る。アルミ合金はBK7などガラス材料に比べて4~6倍の破壊強度をもつ。アルミ合金で最も問題となるのは被削性であり、とくにSiなどの金属間

表1 金属ポリゴン仕様

項目	仕様
8面の回転軸に対する倒れ	±20" 以下
8面の隣り合う面の倒れ差	20" 以下
8面の分割精度	±15'
8面の平面度	λ/5 以下 (He-Ne レーザー)
8面の表面粗さ	0.01 μm R _{max} 散乱のないこと
反射率	λ=0.82 μm 入射角 30~60° にて 95% 以上

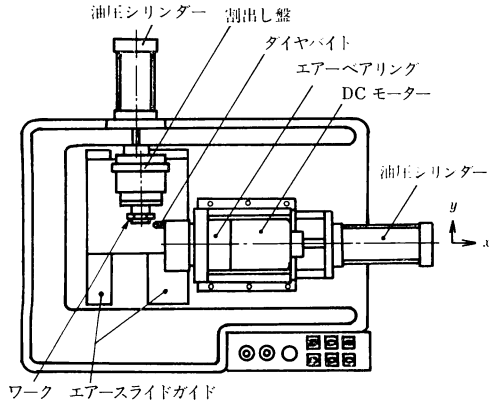
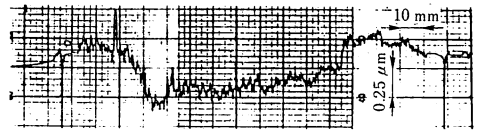
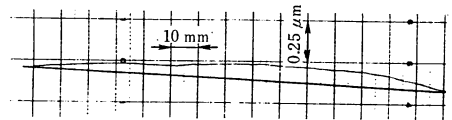


図2 金属ポリゴン加工機の例

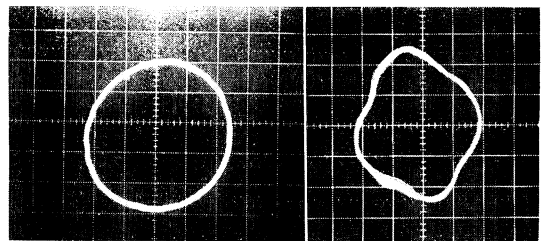


ニードルベアリング



エアベアリング

(a) 直進移動精度



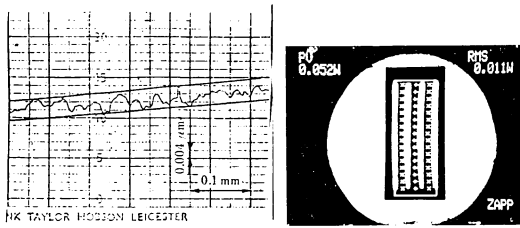
エアベアリング (0.5 μm/div) ボールベアリング (1 μm/div)

(b) 回転軸精度 (15回転成分)

図3 運動精度・再現性比較

表2 金属ポリゴン切削例³⁾

		Toyoda machine	Sharp	Canon	Copal electra	Toshiba machine
Dimension of polygon mirror	Numbers of facet	24	12	8	—	4-36
	Outside diameter (mm)	100	78	60	—	200
	Width (mm)	20	12	10	—	max. 70
Cutting conditions	Cutting speed (m/min)	—	600	1000	600	565
	Depth of cut (μm)	—	6	10	5	3
	Feed (μm/rev)	—	10	10	10	10
Cutting results	Surface roughness (μm R _{max})	0.01	0.08	0.01	0.02	0.01
	Flatness (μm)	0.06	0.1	0.03	0.1	0.06
	Reflectivity (%)	—	85	90	90	90



(a) 表面粗さ (b) 平面度 ($\lambda/19$)

図 4 ポリゴン切削例

化合物の晶出・析出がある場合、表面粗さが著しく劣化する。また、金属の結晶粒界段差も光の散乱の原因となる。したがって、純度を比較的高くするとともに、熱処理・製造法などにより微細結晶構造にする必要がある。

4. 金属ポリゴン切削結果

表 2 に国内各社の金属ポリゴン切削結果を示す³⁾。ま

た、図 4 に平面度と表面粗さを示す。

5. おわりに

おもに、機械要素の運動精度に依存する平面創成の代表例として、金属ポリゴン加工について簡単に述べたが、超精密切削加工の今後の課題は、非球面切削など形状への展開と被削材の適用範囲の拡大と考える。

文 献

- 1) 箕浦一雄：写真工業，42 (1984) 119.
- 2) 浜田 洋：日本機械学会超精密加工に関する調査研究分科会成果報告書 (1983) p. 26.
- 3) A. Kobayashi: Bull. Jpn. Soc. Precis. Eng., 17 (1983) 73.

(1984年7月28日受理)