

326 精密級 V 溝加工機の開発

Development of a Precision Cutting Tool processing V-shaped groove

○畑山 和也 (東京電機大 院)

門井 純一 (東京電機大)

光岡 毅 (東京電機大)

正 里見 忠篤 (東京電機大)

Kazuya HATAKEYAMA, Junichi KADOI, Takeshi MITUOKA and Tadaatsu SATOMI

Tokyo Denki University, Ishizaka, Hatoyama, Hiki-gun, Saitama

1. はじめに

近年、半導体集積回路製造装置や超精密測定器、光学部品やバイオ関連の精密機器においてサブミクロン、もしくは、nmオーダーといった精度による位置決め、又は、加工技術が要求されている。しかし、加工に関しては、汎用機器では要求された精度を満足することが出来ず、目的に応じて専用の加工機が必要となっている。

本研究では、サブミクロンオーダーの精密な精度を要求されるものを加工する工作機械の開発を目的とする。中でも、V溝加工に焦点を絞り、フライス盤形状の切削を行うための工作機械を開発する。本報では、開発された精密級V溝加工機の構成とその基本性能に関して報告する。

2. 装置の構成と働き

本研究で開発した精密級V溝加工機の構成図をFig.1に示す。又、加工機構成機器各部位における機能の説明を以下に示す。

① Air Spindle

精密なV溝を製作するため、主軸の振れ回りが少ないAir Spindleを用いることによりカッターの刃先先端の振れを抑制。それにより精密なV溝切削加工を可能とする。3.1にAir Spindle性能評価結果について記載する。本加工機における要となる部分であるといえる。

② Housing

Air Spindleが固定されている支柱。支柱が片側に傾くことにより、Air Spindleの振れ回りに影響を及ぼすことが考えられるため、高を揃えることに配慮された設計となっている。

③ Cutter Holder

V溝加工用カッターを把持するための専用ホルダ。カッターの振れ回り(芯出し・傾斜)を修正することが可能となっている。

④ Cutter

V溝加工用のカッター。本研究では、刃先先端角度が 60° のものを用いて加工を行っている。

⑤ Precision Vice

垂直方向直角度誤差 $2\mu\text{m}$ 以内、水平方向直角度誤差 $3\mu\text{m}$ 以内の精密バイス。加工物を把持する。

⑥ Z axis Stage

分解能 $1\mu\text{m}$ 、真直度誤差 $5\mu\text{m}$ 以内の1軸(Z)昇降ステージ。サーボモータを用いることにより、自動制御することも可能となっている。

⑦ X-Y axis Stage

分解能 $0.5\mu\text{m}$ 、移動平行度 $25\mu\text{m}$ となっているX-Y軸の2軸ステージ。初期位置決めのために手動微調整を行う際に用いる。

⑧ Aero static X-Y axis Stage

ステージが圧縮空気により完全非接触浮上する1層型XYステージ。X方向、Y方向共に、独立してサーボモータによる微少送りが可能。又、摩擦による影響がほぼ存在しないため滑らかな送りがかかることが出来る。3.2に空気式静圧X-Y軸ステージの性能評価結果について記載する。

⑨ 定盤

本加工機を固定している土台。平行度の調整は⑧ Aero static X-Y axis Stageを基準に行われている。

⑩ コンプレッサ

Air Spindle, Aero static X-Y axis Stageに圧縮空気を供給するための装置。

⑪ 配管

Air Spindleと空気式静圧X-Y軸ステージに空気を供給するための配管。配管途中にはドライヤやレギュレータが組み込まれており、一定条件で圧縮空気を供給することが可能となっている。

⑫ Air Spindle 制御装置

Air Spindleの回転数を制御するための装置。現在、加工機に組み込まれているAir Spindleは $0\sim 1200\text{rpm}$ で回転速度を制御することが出来る。

⑬ サーボモータ制御用ユニット

サーボモータを制御するための装置。アンプとPCを用いたプログラム制御を行う。

⑭ 照明機器

加工物周辺を照らすための照明。

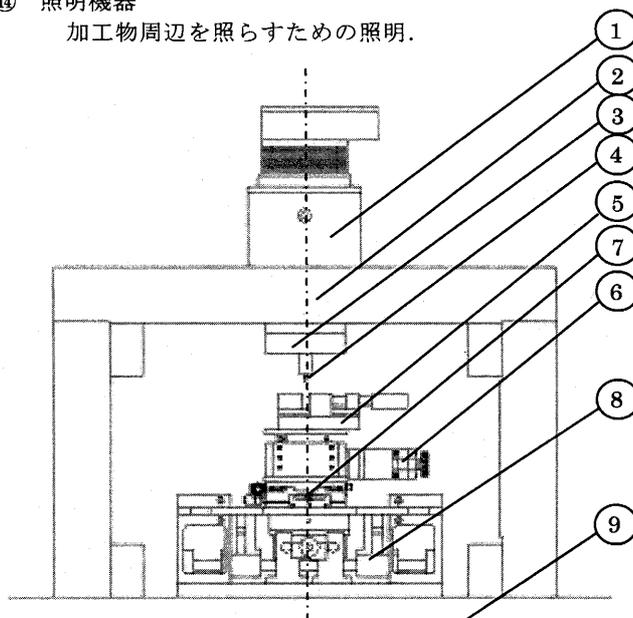


Fig. 1 V-shaped groove Cutting Tool

3. 実験

3.1ではAir Spindleの性能評価について、3.2では静圧XYステージの性能評価について、そして、3.3ではV溝加工について報告する。

3.1 Air Spindleの性能評価

先にも述べたが、Air Spindleは本加工機の要となる構成機器である。

Air Spindleの主軸に振れ回りが存在すると、カッター刃部先端が振れる。その結果、V型に溝切削が行われずに台形型に溝切削が行われてしまう。そのため、精密なV溝を切削するためには、主軸の振れ回りを如何に抑制することが出来るかが問題となる。Fig. 2に本加工機におけるAir Spindleの主軸振れを測定した結果を示す。

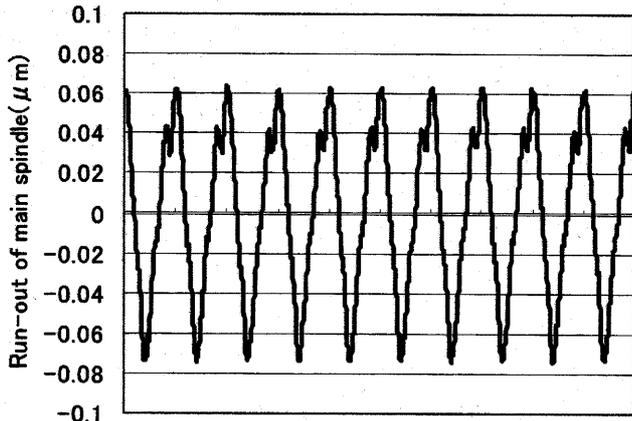


Fig. 2 Run-out of Air Spindle

この結果は、静電容量型非接触変位計を用い、Air Spindle主軸回転数を1200rpmに設定し、主軸の振れを測定したものである。振れ回りとは、回転時の振れにおける最大値と最小値の幅であるため、Fig. 2より振れ回りは0.14μmであることが読み取ることが出来る。

3.2 空気式静圧X-Y軸ステージの性能評価

精密なV溝加工を行う際にステージの移動平行度、つまり、直進度が影響を及ぼす。切削を行ったV溝は、直進度により直進であるか、又、蛇行しているかが決定される。基本的には、直進度がそのまま転写された形状にV溝が切削されていくということとなる。

本加工機における空気式静圧X-Y軸ステージの直進度の計測結果をFig. 3にX軸方向における直進度、Fig. 4にY軸方向における直進度として示す。計測方法は、ステージを10mmずつ移動させた時のステージの軸に対する変位を静電容量型非接触変位計にて計測するというものである。

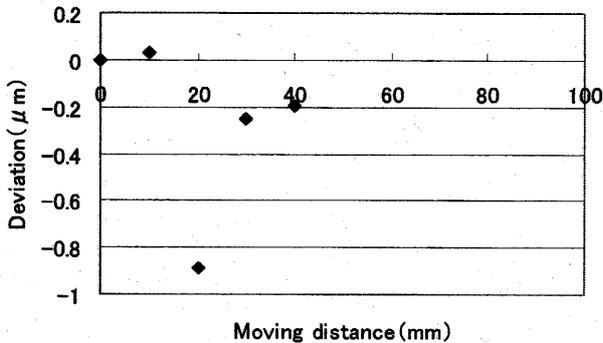


Fig. 3 Deviation from X axis

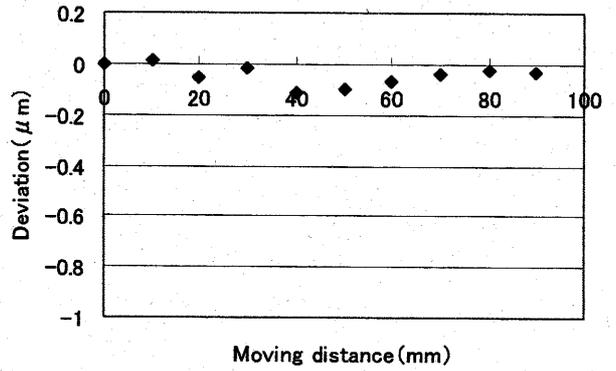


Fig. 4 Deviation from Y axis

これらの結果により、X方向、Y方向共に直進性は良好であることが見て取れる。

3.3 V溝加工

本加工装置におけるV溝切削を行った結果をFig. 5, Fig. 6に示す。加工条件は主軸回転速度1200rpm,加工物は真鍮である。

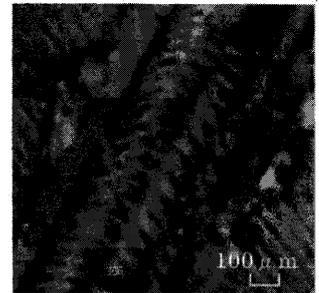
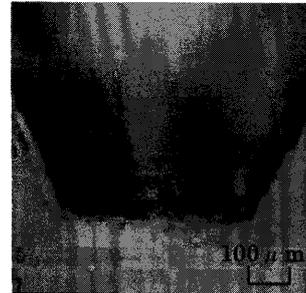


Fig. 5 V-shaped groove (Front side)

Fig. 6 V-shaped groove (Upside)

Fig. 5より溝が台形になっているのが見て取ることが出来る。尚、溝の底部幅は約400μmとなっている。Fig. 6より溝は直進していることが見て取ることが出来る。

4. 考察

Fig. 2の主軸振れ回りとFig. 5の溝底部の幅を比較すると、主軸振れ回りに対し底幅が大きい結果となっている。これは、カッターの刃部先端が切れ刃部を設けるために厚みを持っているためである。そこで、底幅と刃部先端厚さを比較すると、(刃部先端厚さは460μm程度となっており、)底幅の方がやや小さくなっている。このことに関しては、刃部先端の構成刃先発生の影響も含めた幾何学的検討が必要となる。

直進性に関しては、Fig. 3では多少挙動が見て取れるが、サブミクロンオーダーでの挙動なので問題ないと考えられる。又、Fig. 4では良好な結果が得られているといえる。さらにFig. 6より、加工面も直進であることが見て取れるため、加工に際し、十分な結果が得られているといえる。

5. まとめ

本研究において、改良すべき点はあるが、精密級のV溝加工機を製作した。

【参考文献】

- 1) 青木・里見：空気式静圧XYステージの精密位置決めに関する研究，知能機械工学科特別研究，平成8年2月。
- 2) 田中・里見：空気式静圧XYステージに関する研究，機械工学専攻特別研究，平成6年度2月。