

細穴加工技術に関する研究*

(小径ドリル高さ位置決め手法に関する研究)

荒武 崇幸*¹

Study on the Technology of Micro-Drilling (Positioning the Tip of Micro-Drill)

Takayuki ARATAKE

近年ますます各種の機器が小型化し、それらの部品に対する微細な穴加工の必要性が高まっている。例えば、金型のピン穴、紡孔、半導体関連装置部品、光デバイス関連装置部品など幅広いニーズがある。直径0.5mm以下の細穴加工において、工具の折損・寿命が予測できないため、多数個の穴を安定して加工できる技術が確立されていない。そこで、本研究では安定した細穴加工ができる技術を確認することを目的とし、小径ドリルの高さを正確に位置決めするための手法について研究を実施した。

キーワード：細穴、小径ドリル、位置決め

1 はじめに

小径ドリルによる微細な穴加工の場合、正確な加工を行い、あるいはドリルと加工品の衝突を防ぐためには、加工面の位置を正確に把握する必要がある。

通常の加工においては、市販の位置決め治具を用い、工具を治具に接触させることにより加工面の位置を把握している。

小径ドリルは強度が低く、僅かな力でも折れやすい。しかし、一般的に広く使われている市販の治具は、工具が治具に接触した際の衝撃をバネを利用して吸収する方式で、小径ドリルにはバネが強すぎて折損が心配される。そこで、反発力の弱いバネが組み込まれている器具を用いて位置決め治具を製作し、性能を評価した。

2 実験方法

2-1 実験装置

位置決め治具の性能評価は、当工業技術センターに設置されているNC放電加工機（三菱電機製、

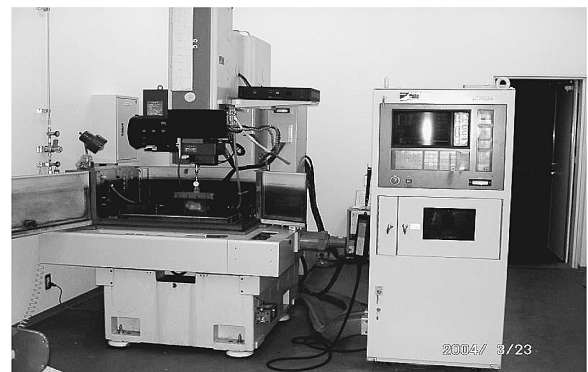


図1 実験装置外観

M35KC7型)に深さ測定子を取り付け、測定子が治具に接触した時のZ座標値を読みとることによって行った。実験装置外観を図1に示す。

2-2 市販の治具

製造現場で位置決め治具を用いて工具高さを決める場合、主軸に取り付けた工具の先端が治具のほぼ中央に真上から接触するよう位置決めする。

現在使用している市販の治具（日新産業製、NSツールセッター）についてバネ強度、繰り返し位置決め精度を測定した。この治具を図2に示す。

また、やや高価な市販の低測定力位置決め治具を入手し、これについても繰り返し位置決め精度

* 細穴加工技術に関する研究（第1報）
* 1 機械電子・デザイン部

を測定した。この治具の測定力は0.01Nで、形状を図3に示す。

2-3 位置決め治具の設計・製作

低測定力の位置決め治具を設計するにあたり、手軽に寸法の変化を検出できる器具としてダイヤルゲージに着目した。工作機械に取り付けた直径0.1mmのドリル先端をダイヤルゲージのスピンドルの正面から（同軸方向に）接触させてスピンドルを作動させたところ、ドリルの歪みもなく十分使用に耐えられるバネ強度であることが分かった。

また、作動力0.49Nの高精度リミットスイッチも使用可能であることがわかった。

そこで、低測定力の位置決め治具として、次のような3種類のを設計し、試作した。

(1) 精密治具

1 μm 目盛、測定力1.5N以下のダイヤルゲージを用いた。通常のボール付き測定子を測定面が平らな円板状のフラット測定子に交換し、測定子を上向きにして使用した。

治具を使用する際に、工具が測定子のどの位置に接触しても指示値のばらつきが小さくなるように、精密加工した本体にダイヤルゲージを取り付けた。

(2) 汎用治具

10 μm 目盛、測定力1.4N以下のダイヤルゲージを用いた。精密治具と同様、ボール付き測定子をフラット測定子に交換し、測定子を上向きにして使用した。

低コストで製作することを考慮し、ダイヤルゲージを取り付けるベースをコンパクトにした。精密治具と同様に工具が測定子のどの位置に接触しても指示値のばらつきが小さくなるように、4本のネジで測定子の傾きを調整できる構造にした。

(3) 高精度リミットスイッチ式治具

有接点型の高精度リミットスイッチを用いた。リミットスイッチは非常に小型であるため、安定した測定が行えるように、精密加工した本体に取り付けた。また、工具が治具に接触したことをモニターする手段として、ランプとブザーを組み込んだスイッチボックスを製作した。

各治具を図4～7に示す。



図2 市販の治具

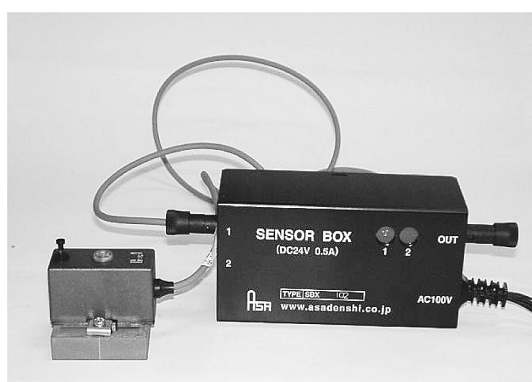


図3 市販の低測定力位置決め治具



図4 精密治具



図5 汎用治具

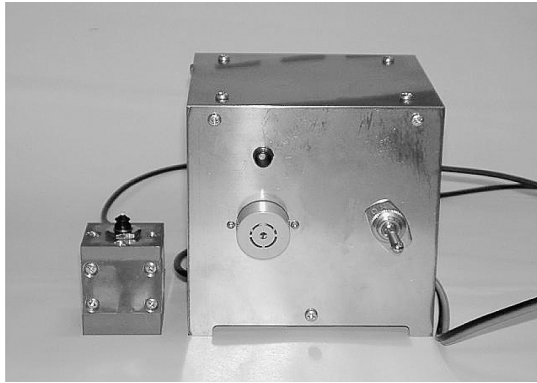


図6 高精度リミットスイッチ式治具

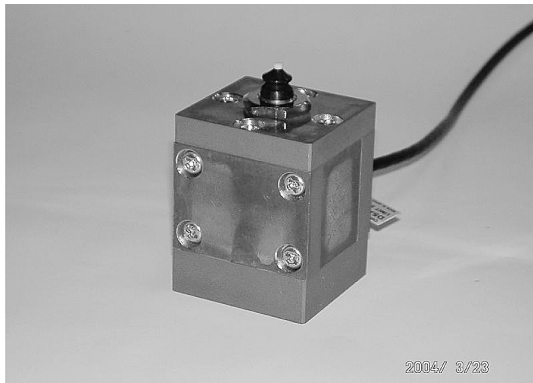


図7 高精度リミットスイッチ式治具のセンサー

2-4 評価方法

汎用治具での測定に際し、最初に測定子の水平調整を行った。

高さ方向の位置決め精度測定に際しては、放電加工機の深さ測定子を治具の測定子に接触させ、接触が検知された瞬間の指示値を読みとった。精度測定状況を図8に示す。



図8 治具の精度測定

最初の測定位置は、中央付近とした。
更に、治具の測定子がフラットなものについては、深さ測定子の接触位置を治具の測定子の中央から故意に偏芯させ、指示精度を繰り返し測定した。治具の測定子直径が異なるため、偏芯距離は各々異なるが、偏芯方向は90°ずつ4方向とした。指示精度測定位置の例を図9に示す。

また、位置決め治具を実際に使用することを想定し、深さ測定子を目視により治具の測定子のほぼ中央に繰り返し位置決めして測定した。位置決め状況を図10に示す。

各々の測定位置において、5回ずつ測定を繰り返した。

また、試作した位置決め治具に直径0.1mmのドリルを、320mm/minという速度で繰り返し接触させて折損状況を確認した。

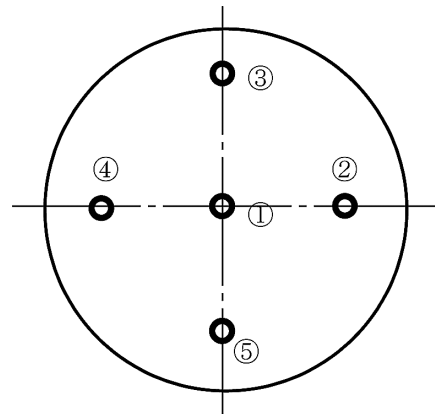


図9 治具の測定位置
(●印は測定位置、番号は測定順序)

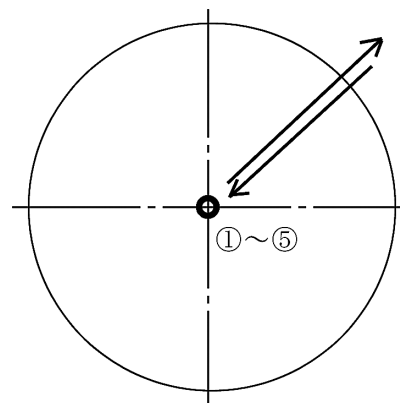


図10 繰り返し位置決めによる治具の測定位置
(●印は測定位置、番号は測定順序)

3 結果及び考察

各々の治具について指示精度測定実験を行う前に、今回の実験で用いた放電加工機により、ゲージブロックを利用した繰り返し位置決め試験を行ったところ、指示値のばらつきは $1\mu\text{m}$ であった。したがって、放電加工機自体が約 $1\mu\text{m}$ の位置決め誤差を持っているものと思われる。

3-1 市販の治具

精度測定を行うにあたり、市販の治具が動作する際のバネ強度を測定したところ、約 9N （約 900gf ）だった。

指示精度については、まず同じ位置での測定値のばらつきは、 $2\mu\text{m}$ だった。また、中央から 7mm 偏芯させた場合、ばらつきは $3\mu\text{m}$ だったが、 20mm 偏芯させるとばらつきは $9\mu\text{m}$ となり、中央付近と比べて最大 $14\mu\text{m}$ のばらつきとなった。

繰り返し中央付近に位置決めした場合、ばらつきは $2\mu\text{m}$ だった。したがって、この治具を使用する場合、中央から数 mm 以内であれば精度のばらつきは小さいことが分かった。

次に、市販の低測定力位置決め治具について精度測定を行った。まず、同じ位置での測定値のばらつきは $1\mu\text{m}$ だった。しかし、中央から 1mm 偏芯させるとばらつきは $45\mu\text{m}$ となり、治具の向きを 180° 変えればばらつきはほぼ同じでプラス・マイナスが反転した。したがって、治具自体が傾斜しているものと思われる。

また、繰り返し中央付近に位置決めした場合、ばらつきは $1\mu\text{m}$ だった。

3-2 精密治具

同じ位置での測定値のばらつきは、 $1\mu\text{m}$ だった。また、中央から 1.5mm 偏芯させた場合、ばらつきは $3\mu\text{m}$ で、中央付近と比べても $3\mu\text{m}$ のばらつきだった。

繰り返し中央付近に位置決めした場合、ばらつきは $1\mu\text{m}$ だった。

3-3 汎用治具

まず水平調整ネジによって測定子の測定面を水平に調整することを試みたところ、 $10\sim 15$ 分で容易に調整可能であることが分かった。

この治具は $10\mu\text{m}$ 目盛であるにもかかわらず、指針の僅かな動きを読みとることにより、同じ位

置での測定値のばらつきは $1\mu\text{m}$ だった。また、中央から 1.5mm 偏芯させた場合でも、ばらつきは $3\mu\text{m}$ で、中央付近と比べても $3\mu\text{m}$ のばらつきだった。

繰り返し中央付近に位置決めした場合でも、ばらつきは $1\mu\text{m}$ で、精密治具とほぼ同等の測定精度が得られた。

3-4 高精度リミットスイッチ式

リミットスイッチの先端が $R4.85\text{mm}$ の球状であるため、測定に際しては中央付近から外れると測定値のばらつきが大きくなる。したがって、目視により繰り返し中央付近に位置決めする測定のみ実施した。図11に測定の模式図を示す。

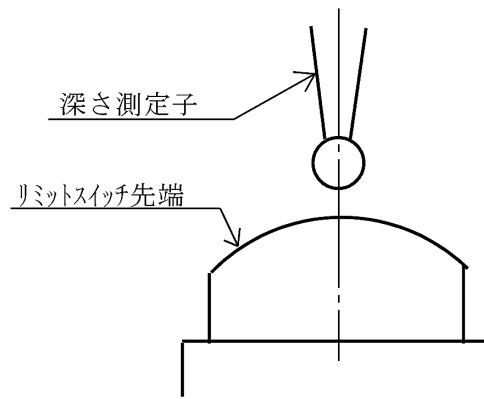


図11 高精度リミットスイッチ式治具の精度測定

同じ位置での測定値のばらつきは、 $1\mu\text{m}$ だった。

また、繰り返し中央付近に位置決めした場合の測定値のばらつきは $2\mu\text{m}$ で、ダイヤルゲージ式治具とほぼ同等の測定精度が得られた。

3-5 繰り返し接触試験

測定力 1.4N の汎用治具に、直径 0.1mm のドリルを $320\text{mm}/\text{min}$ という速度で繰り返し治具に接触させた。ドリルの上下移動距離は、ドリルが治具に接触した位置から上下 1mm ずつとした。

その結果、 $20,000$ 回接触させてもドリルは折損しなかった。

4 まとめ

今回の実験では、工具の高精度位置決めを使用されている市販の位置決め治具を用いた場合の位置決め精度測定と、小径ドリルを使用することを想定して試作した低測定力位置決め治具の位置決め精度測定を実施し、精度の比較を行った。その結果、

- 1) 同じ位置での測定値のばらつきは、いずれも $2\ \mu\text{m}$ 以下であった。
- 2) 目視により深さ測定子を位置決め治具の測定子のほぼ中央に繰り返し位置決めした場合のばらつきは、いずれも $2\ \mu\text{m}$ 以下であった。
- 3) 無造作に位置決めした場合を想定して位置決め治具の測定子の中央から 1.5mm 偏芯した位置での繰り返し測定では、精密治具、汎用治具ともばらつきは $3\ \mu\text{m}$ 以下であった。
- 4) 市販の低測定力位置決め治具は、傾斜していることが分かったが、繰り返し位置決め精度は

良好なため、傾斜を調整できるベースを作れば十分利用可能である。

- 5) 直径 0.1mm のドリルを使用する場合の高さ位置決めには、十分使用できるバネ強度であることが分かった。

以上の事柄より、今回試作した位置決め治具はいずれも市販の治具と同等の位置決め性能を有していることが分かった。

また、ダイヤルゲージは測定子を下向きにして使用するのが通常の使い方だが、今回は測定子を上向きにして使用するため、測定子とスピンドルの重さがバネを押す方向に働く。したがって、工具はより弱い力で位置決め治具を作動させることができ、小径ドリルへの反発力は小さなものとなる。汎用治具は市販の治具に比べて非常に安価に作れるため、今後は県内企業にも普及していきたい。