

微小径ドリルによる数値制御穴あけ加工*

柳 和 久** 手 島 立 男*** 星 野 英 夫**

Small Hole Drilling by Numerical Control

Kazuhisa YANAGI, Tatsuo TEJIMA, Hideo HOSHINO

This report describes the technical improvement on the small hole drilling by numerical control. As an experimental installation, the precision air spindle was attached to the column of the vertical NC milling machine in a tentative way, and then the small hole drilling less than 0.2 mm diameter was carried out for free machining brass plates and stainless steel ones. Through the experimental study, some new informatinos were obtained about rotational speed and actual feed rate on the micro drilling, and it was made clear that the application of numerical control to the small hole drilling is effective and necessary from an industrial point of view.

1. 緒 言

機械加工の分野における高精度化・高速化は近年著しく、従来、不可能に近かった精密な機械加工が周辺技術の向上とあいまって、徐々にではあるが実用化されようとしている。本報告は、このような高精度機械加工のうち、微小径の穴あけ加工をとりあげ、技術開発を行った結果について報告するものである。

微小径の穴あけは、従来、レーザ加工や電解加工等で試みられているが、生産性や加工精度の面で必ずしも満足できる結果が得られず、機械的加工法である微小径ドリルを用いた穴あけ加工の需要は依然として多い。ここで述べる微小径ドリルとは、直径が0.2mm程度以下のものを対象としている。

ドリル加工に関する研究は、切削機構、切りくず処理、工具寿命、切削条件などの見地から数多く行われているが¹⁾、そのほとんどが通常寸法のドリル加工に関するものであり、微小径ドリルによる切削特性、最適切削条件などについては不明な点が多い。従って、生産工程では熟練者の技能に頼る割合が高く、加工能率は非常に低いものとなっている。

微小径ドリルによる穴あけ加工の自動化に、切削力監視の適応制御を取り入れることは難しく、現段階では位置・速度制御による加工が比較的容易と考えられる。ここでは、高精度のエアースピンドルを分解能1 μm の数

値制御立フライス盤の主軸端に取り付け、微小径ドリルによる穴あけ加工を行った。その結果、微小径穴あけ加工におけるドリルの回転数、送り速度、切り込み深さに関して、従来とは異なった知見が得られ、また、微小径ドリル加工の数値制御化が十分可能となる確信を得たので、以下に技術資料として報告する。

2. 試作装置

微小径ドリルによる穴あけ加工では、ドリルの剛性が低く、少量の心振れが加工に悪影響を及ぼすので高い回転精度をもつスピンドルが不可欠となる。そのため、本報告のスピンドルは多孔質メタルを使用した静圧空気軸受とし、空気タービンによる回転駆動方式とした。このエアースピンドルを図1に示す構成部品を用いて数値制御立フライス盤の主軸端に取り付け(図2)、フライス盤テーブル上の被加工物との相対運動により穴あけ加工を行った。なお、フライス盤の主軸は回転しないようにクランプされている。

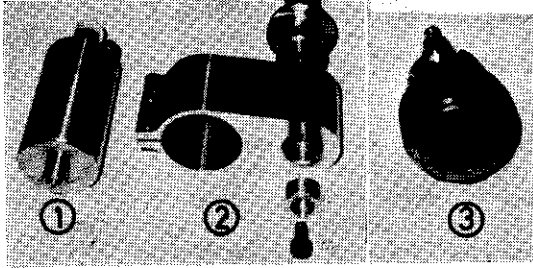
エアースピンドルの回転速度は30,000~140,000 r. p. m.の範囲であり、回転精度は2 μm 以内に入っている。しかしながら、コレットチャックを用いてドリルをエアースピンドルに装着するため、ドリル中心軸の回転振れは、それよりも大きくなる。図3は、直径3mm($\pm 1\mu\text{m}$)のピンゲージをコレットチャックでエアースピンドルに取り付け、ピンゲージの各位置での静的な回転振れ量を接触圧の小さな電気マイクロメータにより測定したものである。本報告で使用したドリルの突き出し長さは20mm以下のため、ドリル先端の回転振れ量は数 μm

*原稿受付 昭和58年4月5日

**長岡技術科学大学(長岡市上富岡町長峰1803-1)

***元長岡技術科学大学教授、現北越銀行(株)(長岡市大手通2

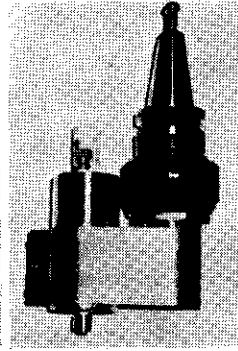
-2-14)



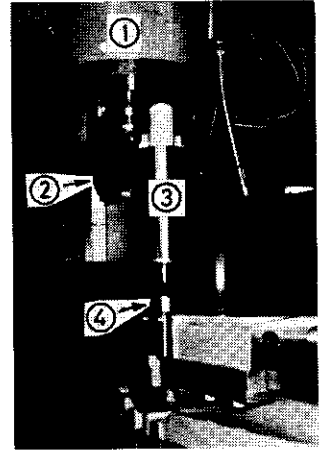
- ① エアスピンドル
- ② 取付具
- ③ ミーリングチャック

(a) 構成部品

図1 エアスピンドルユニット



(b) 組立状態



- ① フライス盤主軸頭
- ② ミーリングチャック
- ③ エアスピンドル
- ④ 被加工物

図2 実験システムの概観

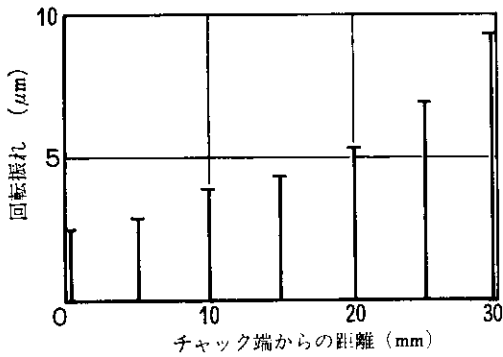


図3 エアスピンドルの回転振れ

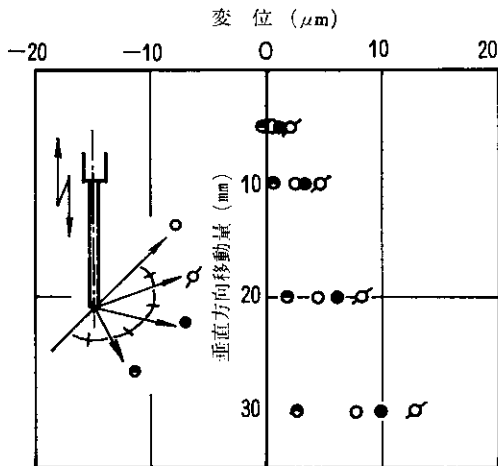


図4 エアスピンドルの垂直方向運動精度

程度と考えられる。ただし、回転時にはこの量が低下するものと期待される。

図4は、フライス盤主軸部の垂直方向運動軸とエアスピンドルの回転中心軸との傾きを示す。縦軸は、主軸部の垂直方向移動量であり、横軸は水平面内の4方向から測定したピンゲージの相対変位である。図4と同様の結果はエアスピンドルの任意の回転位置で現れた。これらより、立フライス盤の運動軸に対するエアスピンドルの取り付け精度は $13\mu\text{m}/30\text{mm}$ 程度であることがわかる。

3. 実験条件

使用ドリルは SKH 9 種のルーマシャンク型ツイスト

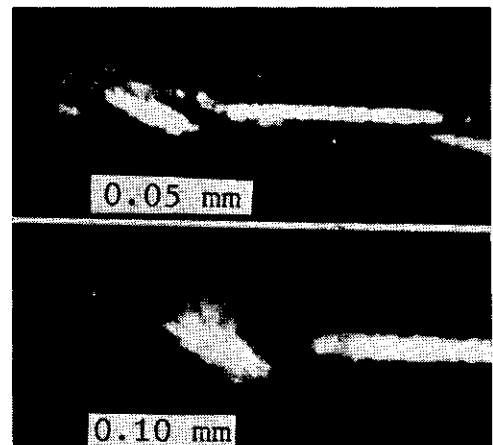


図5 ルーマシャンク型ツイストドリルの拡大

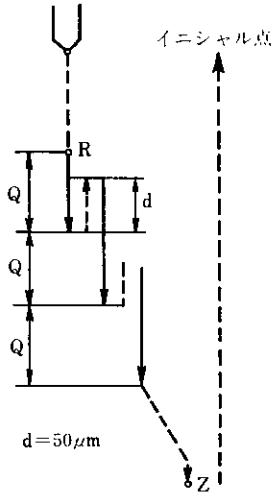


図6 ドリルのフィードサイクル

ドリルとした。ドリル先端形状を図5に示すが、直径0.1mm以下のものには大きな幾何学的ばらつきが認められた。ここではドリル先端形状の影響を無視し、市販品をそのまま実験に使用した。

本報告では、材質が快削黄銅(C3604)とステンレス(SUS 304)のうす板に貫通穴加工を行うこととした。切削条件は、回転速度、垂直方向送り、ドリル1回転当りの切り込み深さ、フィードサイクル方法とし、切削油は日本石油製ユニカットGS 10を加工部分に十分与えることとした。ここで、フィードサイクル方法とは図6の

ような送り制御を、立フライス盤のNCプログラムにより実施したものである。

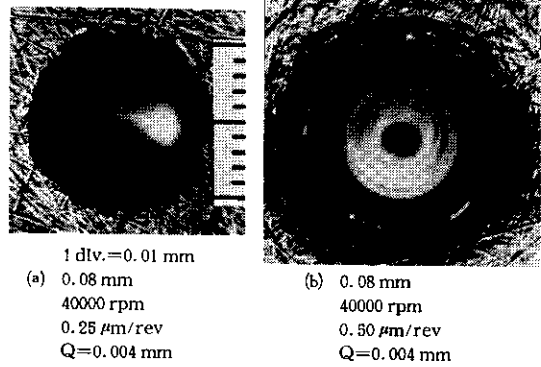


図8 SUS 304の加工穴とドリルの先端形状

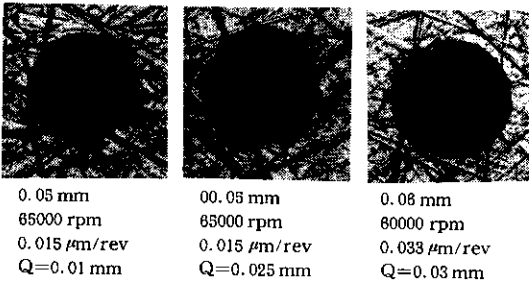
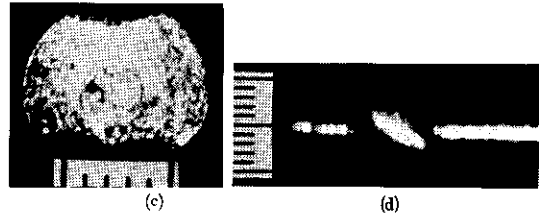
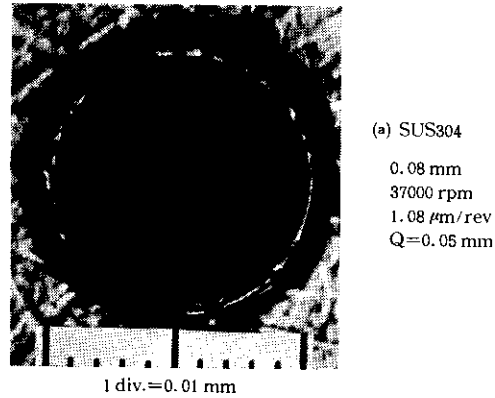
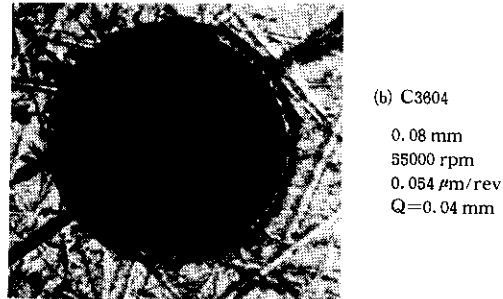


図7 加工穴の顕微鏡写真(C3604)



(a) SUS304
0.08 mm
37000 rpm
1.08 μm/rev
Q=0.05 mm

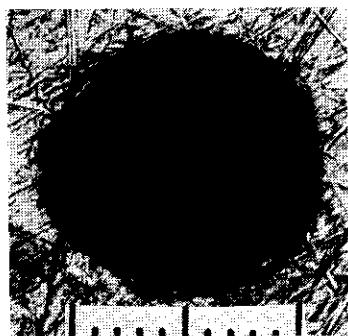


(b) C3604
0.08 mm
55000 rpm
0.054 μm/rev
Q=0.04 mm

図9 加工穴の顕微鏡写真(φ0.08mm)

4. 実験結果

まず, 切削性のよい快削黄銅のうす板 (板厚: $t=0.2\text{mm}$) に $\phi 0.05 \sim \phi 0.1\text{mm}$ のドリルを用いて貫通穴あけ加工を行った。図7に, 加工した穴の顕微鏡写真とその切削条件をドリル径, 回転速度, 垂直方向送り, ドリル1回転当りの切り込み深さ, Q の順序で示したが (以下, 図8~図11も同じ), 切り込み深さに関してはこれより1桁大きい値まで十分な精度の穴あけ

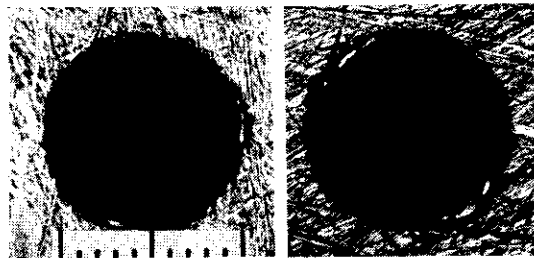


1 div.=0.01 mm
図10 加工穴の顕微鏡写真 (SUS 304)

0.01 mm
40000 rpm
1.0 $\mu\text{m}/\text{rev}$
 $Q=0.05\text{ mm}$

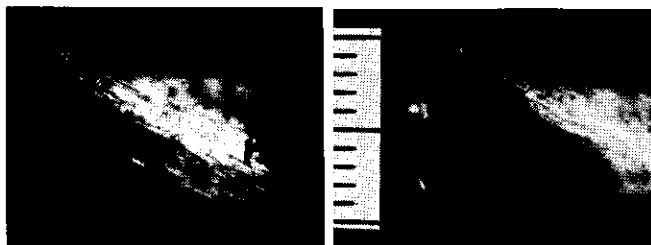


upper side (1st hole) lower side (1st hole)
0.20 mm, 37000 rpm
1.08 $\mu\text{m}/\text{rev}$, $Q=0.05\text{ mm}$



1 div.=0.01 mm
upper side (11th hole) lower side (11th hole)

図11 加工穴の顕微鏡写真 (sus304)



使用 前 使用 後

図12 使用前後のドリル先端形状

加工が可能であった。ドリルの先端部 (チゼルエッジ) の摩耗は10個程度の穴あけ後も認められず, むしろ外周コーナ摩耗や逃げ面摩耗が見られることがあった。

次に, マイクロビッカース硬さが $Hv=150 \sim 200$ のステンレス鋼板 ($t=0.3\text{mm}$) に $\phi 0.08$, $\phi 0.1$, $\phi 0.2$ のドリルを用いて貫通穴あけ加工を行った。

図8 (a) はドリル径 0.08mm , 回転速度 40000 r. p. m. , 切り込み深さ $0.25\text{ }\mu\text{m}/\text{rev.}$, $Q=4\text{ }\mu\text{m}$ の加工部であるが, ドリル先端部が摩耗したため穴は貫通していない。さらに, このドリルにより2個目の穴を加工したものが (b) 図である。穴周辺部でドリル端面が振れ回っていることがわかる。 (c) 図, (d) 図は加工後のドリル先端部の拡大図を示す。ドリルは異常に摩耗している。

一方, 切り込み深さを $1.08\text{ }\mu\text{m}/\text{rev.}$, $Q=50\text{ }\mu\text{m}$ とし て穴あけ加工すると, 図9 (a) のように貫通穴が得られる。しかしながら, (b) 図の黄銅の場合に比べて, 穴径は7%程大きくなっている。図10は, 図9 (a) と同一条件のもとで $\phi 0.1\text{mm}$ のドリルにより得られた貫通穴である。

図11は, 直径 0.2mm の新しいドリルを用いて, $t=0.3\text{mm}$ のステンレス鋼板に連続して11回の穴あけ加工を行ったときの, 第1番目の穴と第11番目の穴を表と裏から観察したものである。図中には著しいバリの発生もなく, 良好な穴あけ加工が行われていることがわかる。なお, ドリルの先端は使用の前後で図12のように変化し, チゼル部の摩耗が認められる。

5. 考 察

上述した実験結果を考察すると, 快削黄銅のように非常に切削性の良い材料に関しては, ドリルが微小径になっても許容できる切削条件はかなり広範囲に及ぶものと考えられる。ところが, ステンレスのような材料では切削条件の幅がせまくなり, ドリルの回転精度にも厳しいものが要求されてくる。とくに, 切り込み深さの設定で

は、従来は小さな値が推奨されていたが²⁾、今回実験を行った結果では比較的大きな切り込み深さの方が適していることがわかった。また、ドリルの回転速度に関しても、数万回転/分以内で十分であり、通常の切削速度から計算される回転速度は必ずしも必要でないことがわかった。

本報告で用いたフィードサイクルは、加工途中にドリルを試料表面まで復帰させることをしなかったが、板厚が薄かったことと、位置決め精度の低下を避けたためである。深穴加工の際には、切りくずの排出が問題となるので、数回程度の切り込みステップごとにドリルを表面まで復帰させるのが、加工の時間効率の観点から適当であると考えられる。

なお、本報告では考慮しなかった切削油の影響は、難削材を対象とする場合に重要な因子になるものと思われる。切削油剤の効果については、今後の研究課題である。

6. 結 言

高精度エアースピンドルを数値制御立フライス盤に装着し、直径0.2mm以下の微小径ドリルによる穴あけ加工を行った。本報告で得られた結果は以下のとおりである。

- (1) 高精度エアースピンドルは、高速回転が可能で回転精度も高く、微小径ドリルによる穴あけ加工に適している。
- (2) ステンレス鋼板に対するドリル加工の切削条件を試行し、実用的な値を求めた。
- (3) 微小径ドリルによる穴あけ加工の数値制御化は、ドリル1回転当りの切り込み深さを適切に選択することにより十分可能となることがわかった。

参考文献

- 1) Lorenz G.: Ann. CIRP, 26, 1 (1977) 38.
- 2) 機械振興協会技術研究所: 加工技術データファイル, 4 (1979)002N00.