

細穴加工技術に関する研究*

長友 良行^{*1}・川越 新吾^{*2}・荒武 崇幸^{*2}

Study on the Technology of Micro-Drilling

Yoshiyuki NAGATOMO, Shingo KAWAGOE and 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していない。そこで、本研究では、小径ドリルの振れ抑制方法の検討、小径ドリルの高さを正確に位置決めするための位置決め治具の試作、SUS304材をはじめとする6種類のステンレス鋼(SUS304、SUS316、SUH310、SUS420J2、SUS440C、SUS630)に対する被削性比較を行なった。

キーワード：細穴、小径ドリル、振れ、位置決め

1 はじめに

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次の3つのポイントに絞って研究を実施したので報告する。

- ① ドリル先端の振れ抑制
- ② ドリルの高さ方向位置決め
- ③ 加工単価の低い加工条件

2 実験方法

2-1 ドリル先端の振れ抑制

2-1-1 ドリル先端の振れ測定

ドリル先端の振れ発生状況を、非接触測定センサー（ユニオンツール㈱エンドミル振れ測定器OPTECH EDR-S/D10）により測定した。振れ



図1 測定状況 (c)

測定を行った工作機械は、a) 三井精機工業㈱製CNCジグ中ぐり盤(6NC-4DN型)。b) 牧野フライス㈱製マシニングセンタ(V55型)。c) 「b」のマシニングセンタ主軸にナカニシ㈱製高速スピンドル(HES/E-500型)を取り付けたもの。

各工作機械に、直径0.1mmのドリルを取り付け、回転させた際の先端の振れ状況を測定した(図1)。

2-1-2 ポンチによるセンタ穴加工

前報では、センタ穴の振れ抑制効果を確認した。本研究ではセンタ穴加工方法としてポンチの利用を検討した。ドリルの先端角が120°であったため、先端角90°のセンタポンチを使用し、深さ50μmのセンタポンチ穴を加工し、穴形状を観察した。

2-2 ドリル高さ方向位置決め装置の試作

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ため、測定力143~153gf(1.4~1.5N)の市販ダイヤルゲージを用いた高さ位置決め治具と測定力1gf(0.01N)の高精度タッチセンサーを応用した高さ位置決め治具を試作し、性能を調べた。

* 細穴加工技術に関する研究(第2報)

*1 現 宮崎県機械技術センター

*2 機械電子・デザイン部

2-3 加工実験

2-3-1 実験装置

実験装置は、マシニングセンター（牧野フライス（株）製V55型）主軸に高速スピンドルモーター（ナカニシ（株）製HES/E-500型）を取付け、給油方式としてオイルミスト装置（フジBC技研（株）のブルーベBC-1）を取り付けたものである（図2）。



図2 実験装置

2-3-2 被削材

SUS304、440C、420J2、630、SUH310を使用した。穴加工を行う前に、表面の研削加工を行い、表面粗さを $1.5\mu\text{m Rz}$ とした。

2-3-3 切削条件

ドリルは、サイトウ製作所（株）製超硬ソリッドロングルーマドリル（直径 0.1mm ）を用い、深さ 2mm の止まり穴加工を実施した。

2-3-4 SUS304加工（予備試験）

6種類のステンレス鋼の比較をするために、最も一般的で、難削材のSUS304に対し、表1の条件で加工を行い、その中から他の5種と比較する条件を選定することとした。

表1 予備試験用切削条件

切削速度 (m/min)	12.5 (40,000rpm)
送り速度 (mm/min)	50, 100, 200, 250, 300
ステップ送り量 (μm)	2, 5, 10

表2 被削性比較試験用切削条件

切削速度 (m/min)	12.5 (40,000rpm)
送り速度 (mm/min)	200
ステップ送り量 (μm)	5

2-3-5 ステンレス鋼被削性比較

SUS304の予備試験から表2の条件を選択し、6種類のステンレス鋼の被削性を比較をした。

3 結果及び考察

3-1 ドリル先端の振れ抑制

3-1-1 ドリル先端の振れ測定

前記a)～c)の三通りの測定を実施した結果を図3に示す。c)の場合が振れ量が最も少なく、 $4.0\mu\text{m}$ 以下で安定することが確認できた。

3-1-2 ポンチによるセンタ穴加工

センタポンチ穴形状を観察した結果、形状としてバランスの良い円錐形状で、穴周辺の盛り上がりも数 μm であるため、加工に影響無しと判断して、以下の穴加工前には、すべてこのセンタポンチ穴を加工した（図4～5）。

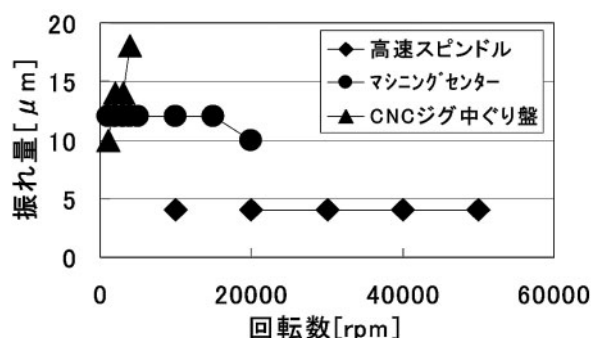


図3 振れ量測定結果

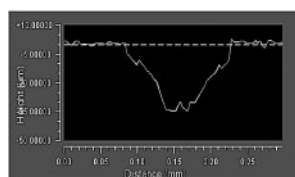


図4 センタドリル穴

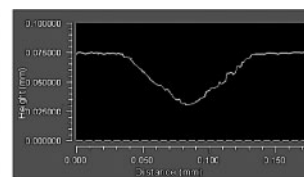


図5 センタポンチ穴

3-2 ドリル高さ方向位置決め装置

測定力 $143\sim 153\text{gf}$ ($1.4\sim 1.5\text{N}$)の市販品ダイヤルゲージを用いた高さ位置決め治具を図6に示す。これについては、直径 0.1mm のドリルを用いて接触速度 320mm/min で繰返し衝突試験を実施したところ、20,000回衝突させてもドリルは折損しなかった。

さらに測定力 1gf (0.01N)の高精度タッチセンサーを応用した高さ位置決め治具を試作した。こちらは、ドリルをセンサー部分に接触させると



図6 ダイアルゲージを用いた治具

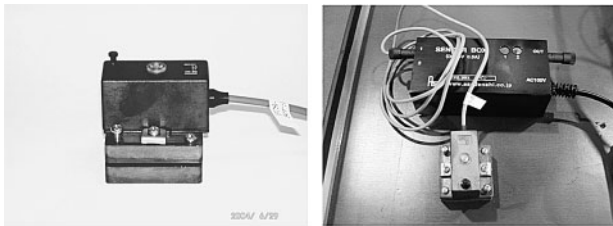


図7 高精度タッチセンサーを用いた治具

ランプが点灯し、現在の工具先端の高さ位置が把握出来るものである（図7）。今回の加工実験にはこの高精度タッチセンサーを用いた位置決め治具を採用した。

3-3 加工実験

3-3-1 SUS304加工（予備試験）

加工穴数に着目して整理した結果を図8に示す。

この結果を、加工穴個数による評価でなく、加工コストという点に着目して考察を行った。ドリル価格を加工穴個数で除したものと、当センターの設備利用料金に1穴あたりの加工時間を乗じた分を加えることで1穴あたりのコスト算出するものとする。この手法で考察した結果を図9に示す。

加工穴数及び加工コストにより考察した結果を見ると、多数個加工できる条件とコスト的に安価な条件は異なることが分かる。同じ送り速度250mm/minで多数個穴が明くのはステップ量

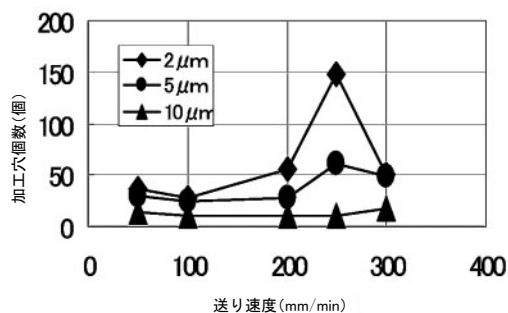


図8 加工穴個数

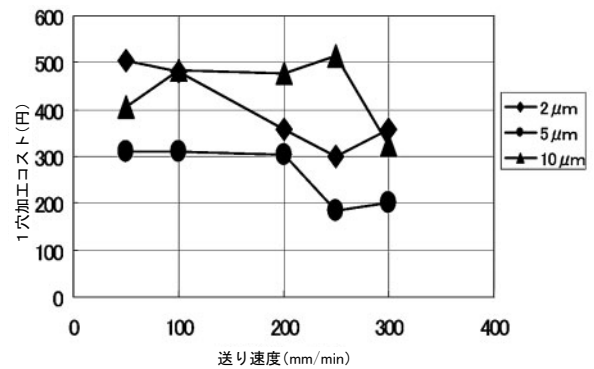


図9 加工コスト

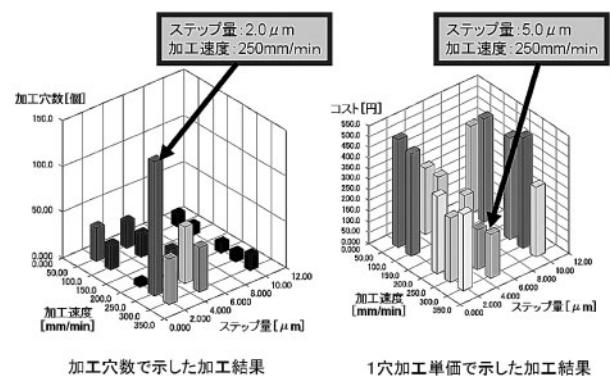


図10 加工穴個数とコストの比較

2.0 μm のときで、最も安価な加工はステップ量 5.0 μm の時であることが分かる（図10）。

3-3-2 ステンレス鋼被削性比較

6種類のステンレス鋼に対し、加工穴数を比較した結果を図11に示す。

同じマルテンサイト系でありながら、SUS420J2が最も加工しやすく、SUS440Cが最も難削性を示すことが分かった。この結果が各種ステンレス鋼の硬さに起因するのか検証するために、当センター設置のブリネル硬度計を用いて調べた（図12）。この結果から硬さが被削性に影響を及ぼしていな

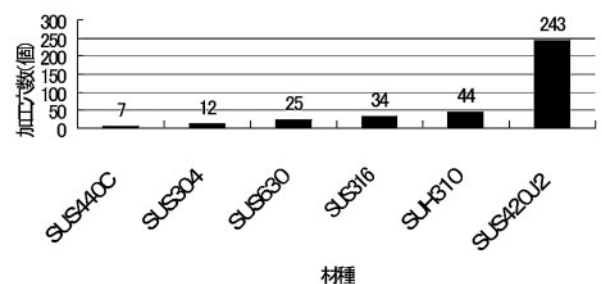


図11 各種ステンレス鋼の加工比較結果

いと考えられる。

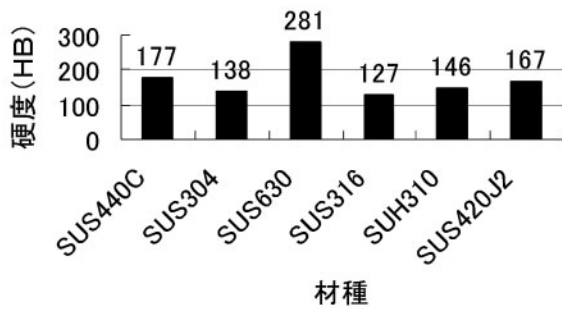


図12 各種ステンレス鋼の硬度比較結果

4 まとめ

小径ドリル加工において、ドリル先端における振れの測定と抑制、ドリルの高さ方向位置決め装置、加工単価の低い加工条件、各種ステンレス鋼被削性等について研究を行い、次の知見を得た。

- 1) 工具先端の振れ測定の結果、マシニングセンタ主軸に高速スピンドルモータを取付けた場合の振れが最も小さかった。
- 2) 測定力143～153gf (1.4～1.5N) の市販品ダイヤルゲージを用いた高さ位置決め治具と測定力1 gf (0.01N) の高精度タッチセンサーを応用した高さ位置決め治具を試作した。どちらも小径ドリルを折損させることなく使用できることが確認できた。
- 3) 1本のドリルについて多数個穴加工を行える条件と低コスト加工の加工条件は異なることが確認できた。
- 4) 各種ステンレス鋼の被削性については、今回比較した材種ではマルテンサイト系SUS440Cが最も難削性を示すことが確認できた。