

小径ドリル加工機の開発 (第2報) - 振動付加による穴加工への影響 -

富山県工業技術センター 杉森博, 藤井弘之, (株)タカギセイコー 手嶋成市, 金沢大学工学部 神谷好承

Development of a Drilling Machine for a Small Hole (2nd Report)
- Influence of the Feed with Vibration on the Drilling Performance -
Toyama Industrial Technology Center Hiroshi SUGIMORI, Hiroyuki FUJII,
Takagiseiko Co. Seiichi TESHIMA, Kanazawa University Yoshitsugu KAMIYA

A new drilling machine has been developed in which the cutting force (thrust force) is measured and the drilling feed rate is controlled according to the cutting force. Present study focuses on the effect of the feed with vibration. It is found that the feed with the vibration of 60 Hz frequency causes the decrease of the cutting force and the increase in the drill life. Experiments show that the change condition of the desired cutting force in the load control, influences the hole position accuracy..

1. はじめに

小径ドリルによる穴加工は、工具剛性不足によるドリル折損や切り屑処理、穴精度の問題等がありこれらの問題を解決する必要がある。そこで、ドリル加工中の切削力（スラスト力）をモニターしながらその荷重をドリルの送り制御に反映する小径ドリル加工方法について検討したところ、同じ加工機を用いた場合、定速送り加工に比べて穴位置偏差の改善、工具の長寿命化が可能であることを確認した⁽¹⁾。

本研究では、この加工方法において送り方向に微振動を付加した場合の工具寿命、穴位置精度への影響について検討した。

2. 加工機の構成及び加工方法

加工機の主軸には高速回転（1,000～40,000rpm）が可能なブラシレスモータを用いており、これをステッピングモータを駆動源とした移動テーブルによって深さ方向に送っている。主軸は、切削中のスラスト荷重を測定するロードセルによって支持されており、これを柔に移動テーブルに固定している。切削中、主軸には送り方向（スラスト方向）に微振動を加えて切削力の低減を図っている。図1に、本システムの制御系の構成を示す。切削加工中のスラスト荷重信号は、A/D変換されてパソコン（PC）に取り込まれる。取り込まれたスラスト荷重と設定荷重（目標値）の偏差は、PCでV-F変換⁽²⁾されパルス列に変換される。PCから出力されたパルス列は、ステッピングモータのドライバに送られ、主軸を移動させている。

図2に、本システムの加工プロセスを示す。ドリルの試料表面での振れまわりを回避するため、まずドリル先端が規定の深さに到達するまで加工した後、試料表面に後退する動作（ポンチング動作）を行う。その後の穴加工は、すべて荷重制御によって行われており、送り速度を抑えるために設定荷重（目標値）を徐々に増加させている。設定荷重は、あらかじめ設定された加工速度（設定速度）より遅くなると一定量（F）増加させられる。これを繰り返し行い、切削力が最大設定荷重（F_{max}）に到達し、所定の時間を経過すると工具寿命と見なし、加工を終了する。

3. 加工実験および結果

加工機の特性を評価するため、実際に穴加工を行った。試料には厚さ1mmのステンレス鋼板（SUS304）を用い、工具

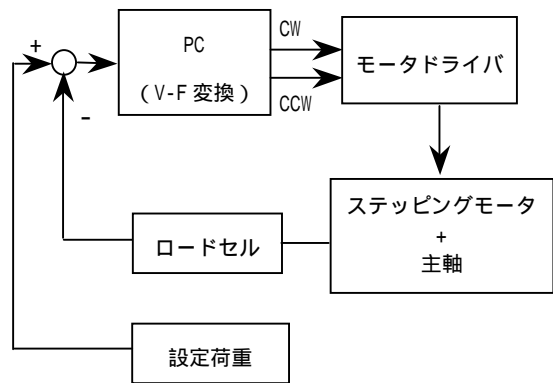


図1 制御系の構成

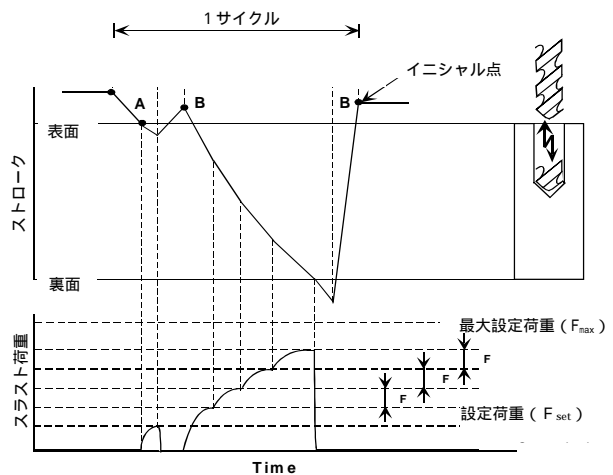


図2 加工プロセス

には超硬合金製(株)サイトウ製作所製 ADR-0030) 0.3mmのドリルを用いた。加工は乾式で行い、主軸の回転は 8,900rpmに固定した。

まず、振動付加による加工中のスラスト荷重への影響について検討した。加工は、定速送り(0.9 μm/rev)で行った。図3に、付加振動の周波数を 60 Hz として振幅を変化させた時のスラスト荷重の測定結果を示す。振動を加えない場合より加

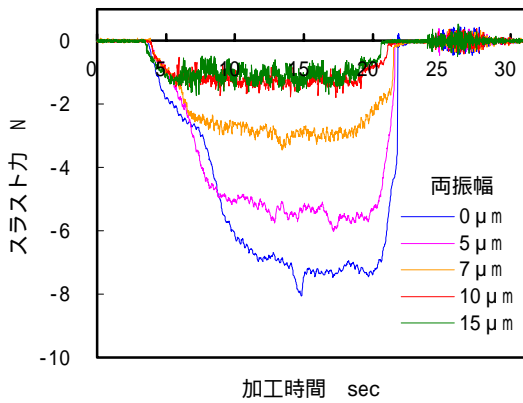
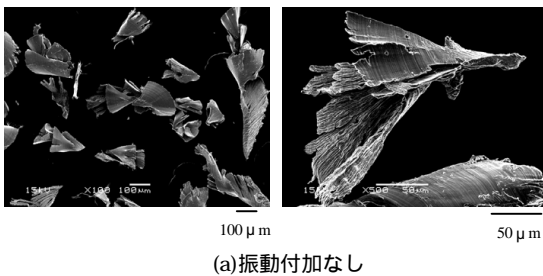
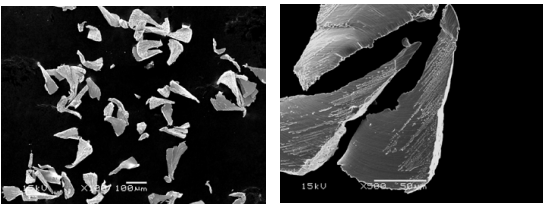


図3 スラスト力に及ぼす振動の影響



(a)振動付加なし



(b)振動付加 (60Hz, 10 μm)

図4 振動付加による切粉への影響

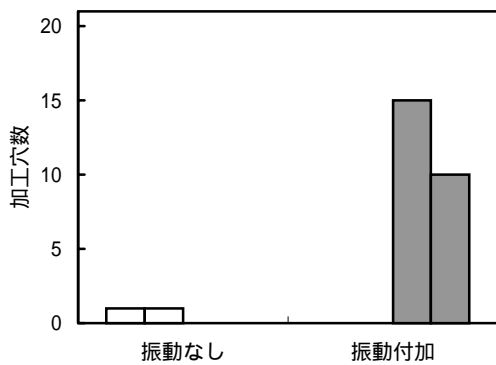
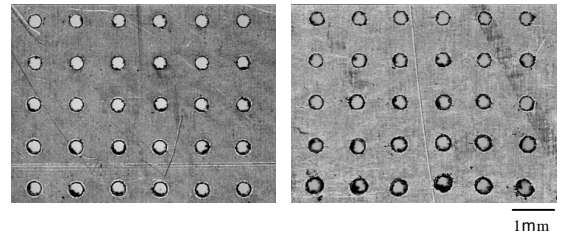


図5 振動付加による工具寿命への影響

えた方が、スラスト荷重が低減しているのがわかる。また、振幅を大きくするにしたがってスラスト荷重が小さくなっていき、10 μmの振幅で飽和する傾向が見られた。図4に、切り粉の様子 (SEM 写真) を示す。図4より、振動を付加すると切り粉が細くなる傾向が見られた。次に、振動付加によ



(a)設定速度：0.47mm/min (b)設定速度：1.38mm/min

図6 加工後の穴の光学顕微鏡写真

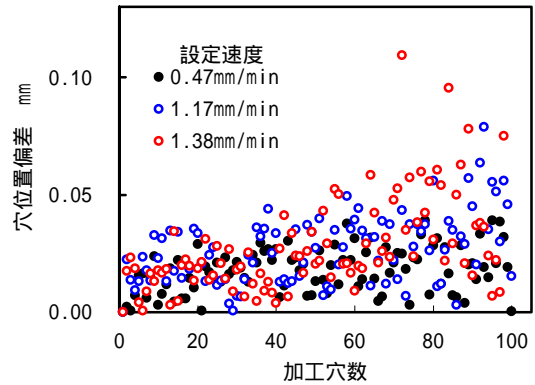


図7 加工穴数と穴位置偏差の関係

る工具寿命への影響を調べた。図5に、それぞれの加工方法による工具寿命への影響を示す。図5より定速送り加工の場合、振動を付加することによって工具の長寿命化が図られているのがわかる。

振動付加による切削力の低減、工具の長寿命化の効果が認められたので、主轴を振動させながら荷重制御による穴加工を行った。付加する振動は、周波数 60Hz、振幅 12 μm とした。設定速度による穴位置偏差への影響について調べた。図6に、加工後の穴の光学顕微鏡写真を示す。1列目は1, 21, 41, 61, 81番目の穴であり、写真は1~86番目の穴の1部を示している。図6より、設定速度が大きくなると穴精度が悪くなっているように見える。穴位置偏差を定量的に評価するため、非接触画像三次元測定機によって穴位置を測定した。図7に、加工穴数と穴位置偏差の関係を示す。図より、設定速度を大きくすると、加工穴数の増加とともに穴位置偏差が徐々に大きくなっているのがわかる。

4. まとめ

小径ドリルによる穴加工を行うため、低周波振動を付加した荷重制御型のドリル加工機を開発し、その性能評価を行った。その結果、同じ加工装置を用いた場合、主轴の送りに振動を付加することで切り粉の分断がなされ、切削力の低減、工具の長寿命化に効果が認められた。

また、切削力を制御する際、設定速度は穴位置偏差に影響を及ぼすことがわかった。

参考文献

- (1) 杉森, 藤井, 氷室, 神谷: 精密工学会秋季大会講演論文集, (2003) 139.
- (2) 張, 神谷, 関, 疋津: 精密工学会誌, 65, 4 (1999) 559.