

小径エンドミル精密加工技術に関する研究*

平山 国浩*¹・浦上 吉利*²・大崎 悠平*²・荒武 崇幸*²

Study on the Technology of Precision Milling Using Small Diameter End Mill

Kunihiro HIRAYAMA, Yoshitoshi URAKAMI, Yuhei OSAKI and Takayuki ARATAKE

近年の微細加工の需要増に鑑み、県内機械関連企業への支援を目的として、高付加価値加工の一つである、小径エンドミルによる精密加工技術の研究に取り組むこととした。直径 1mm 未満の小径エンドミル加工においては、その低剛性故の課題が多く残されている。そこで、本研究では高精度で安定した加工技術の確立を目指し、直径 0.2mm のマイクロボールエンドミルによる SKD11 生材に対する 3次元連続ポケット加工を実施し、連続加工における工具欠損磨耗が加工精度に与える影響を確認した。

キーワード：エンドミル、小径、微細、ポケット、工具欠損磨耗

1 はじめに

各種機器の小型化が進む昨今、付加価値の高い加工の一つとして、小径エンドミルによる微細加工があるが、直径 1mm 未満の小径エンドミル加工においては、加工精度、工具寿命などの未だ解決されていない課題が存在する。そこで、小径エンドミルによる微細加工特性を把握することにより、高精度で安定した当該加工技術を確立することを目的とし、本研究を実施することとした。今年度は、Java 3D - CAD/CAM を利用して 3次元連続ポケット加工のプログラムを作成し、連続(28 × 98⇒) 2744 個の加工を実施し、工具磨耗の加工特性に与える影響を確認したので報告する。

2 実験方法

2-1 実験装置

マシニングセンター（牧野フライス機製 V55 型）の主軸に高速スピンドルモーター（ナカニシ機製 HES/E-500 型）を取り付けて加工実験を行った。また、クーラントの供給にはオイルミスト装置（フジ BC 技研機製ブルーベ BC-1）を使用し

た。図 1 に実験装置を示す。

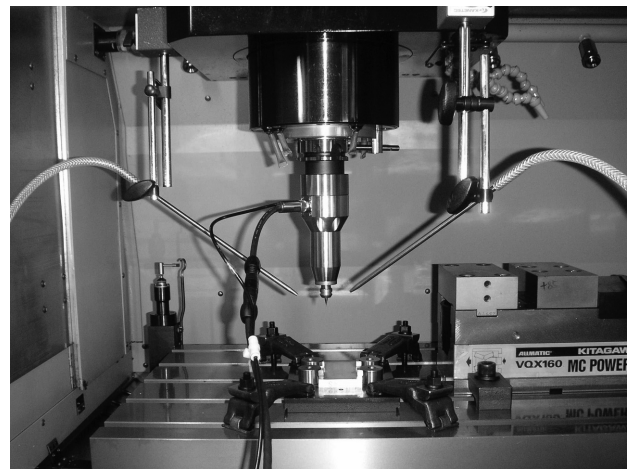


図 1 実験装置

2-2 工具および被削材

被削材は SKD11 の生材(100mm × 60mm × 12 mmH)とし、工具はマイクロボールエンドミル(φ 0.2mm、2 枚刃)を用いた。また、1 μ m オーダーの精密加工を行うにあたり、被削材表面の平面度が 1 μ m 以下となるよう研削加工した後、水平度が 1 μ m 以下となるよう専用治具を用いてマシニングセンターに取り付けた。さらに、工具先端の正確な高さ位置測定には、高精度リミットスイッチを用いた。

* 小径エンドミル精密加工技術に関する研究（第 2 報）

* 1 宮崎県県土整備部

* 2 機械電子部

2-3 連続ポケット加工実験

ポケット形状

上面 $0.35 \times 0.35\text{mm}$ の正方形でコーナー R 0.15mm 、底面 $0.3 \times 0.3\text{mm}$ 、深さ 0.15mm 、tolerance 0.01mm

切削条件

1 刃当りの送り 0.02mm/rev/tooth

回転数 $N=50,000\text{rpm}$

Z 軸方向切込み 0.001mm

ポケット加工位置

X 軸ピッチ 1mm 、Y 軸ピッチ 1mm

X 方向 $28 \times$ Y 方向 $98=2744$ 個のマトリックス

図 2 にポケット形状を示す。

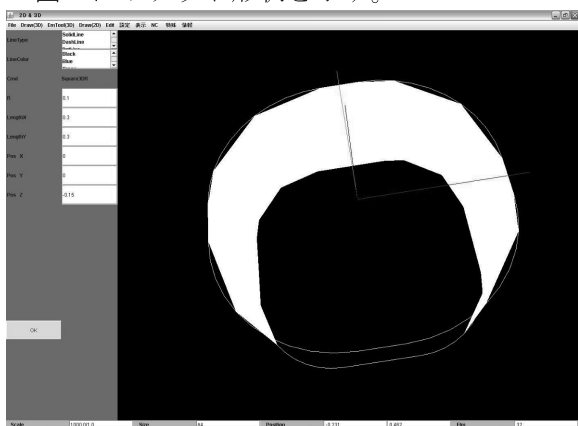


図 2 ポケット形状

2-4 加工の評価

加工の評価は加工進行に伴うポケットの X 軸中心誤差、Y 軸中心誤差、ポケット上面幅誤差、深さ誤差で行った。

3 結果および考察

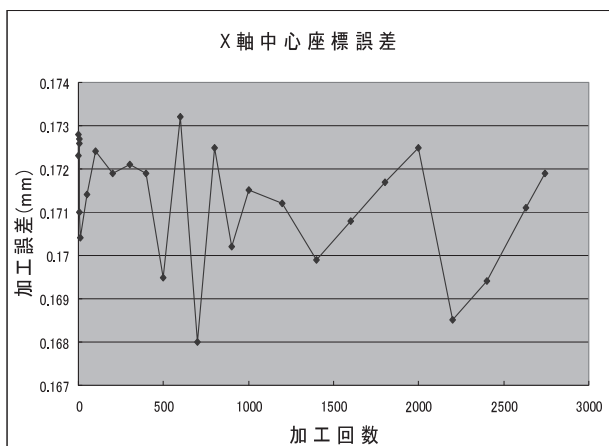


図 3 加工回数と X 軸中心座標誤差の関係

X 軸中心誤差は加工回数の増加にともない 0.171mm を中心にして $\pm 0.003\text{mm}$ の範囲内に納まっている。

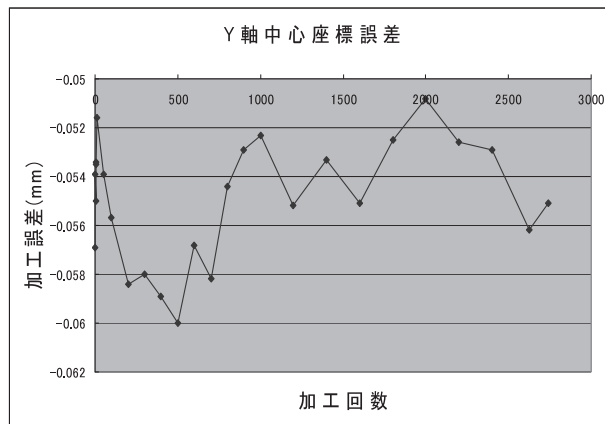


図 4 加工回数と Y 軸中心座標誤差の関係

Y 軸中心誤差は、 -0.056mm を中心にして $\pm 0.005\text{mm}$ の範囲内に納まっている。

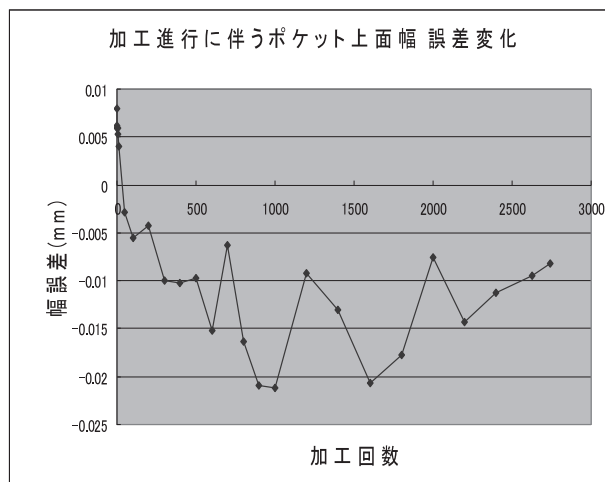


図 5 加工回数とポケット上面幅誤差の関係

ポケット上面幅に関しては、最初の数個までは、プラス側に振れていて 100 個くらいからマイナス側に振れ、エンドミルの磨耗が推測されるがマイナス側に入っても -0.015mm を中心にして $\pm 0.01\text{mm}$ 範囲内で振れている。

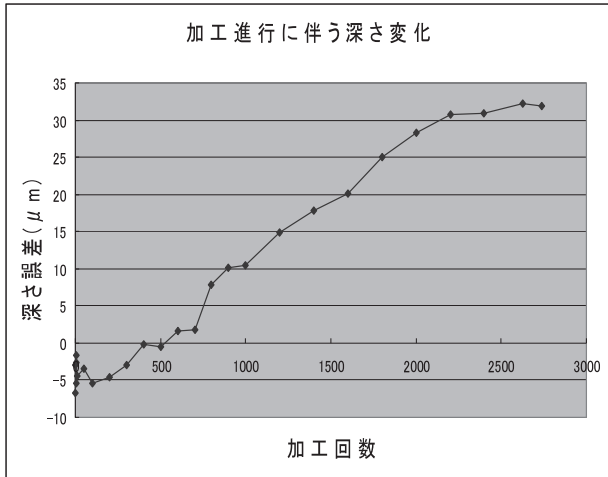


図6 加工回数と深さの関係

ポケットの深さについては、最初の数百個ではマイナス側に 0.005mm まで振れ、500 個過ぎからプラス側に振れが変わり、あとは単調に増加して磨耗が進行し加工深さが減少して行くと推察される。

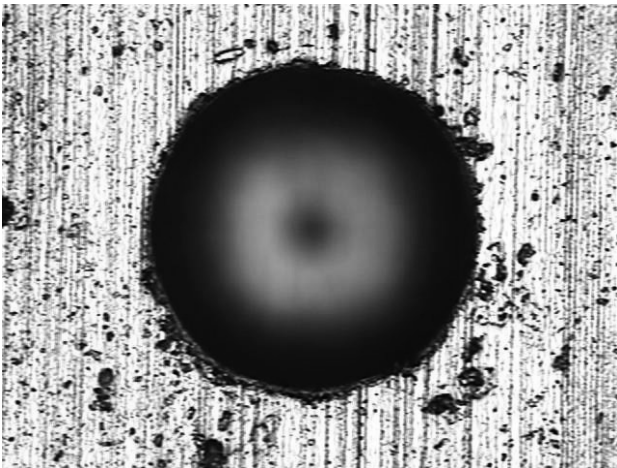


図7 1 個目のポケット加工状況

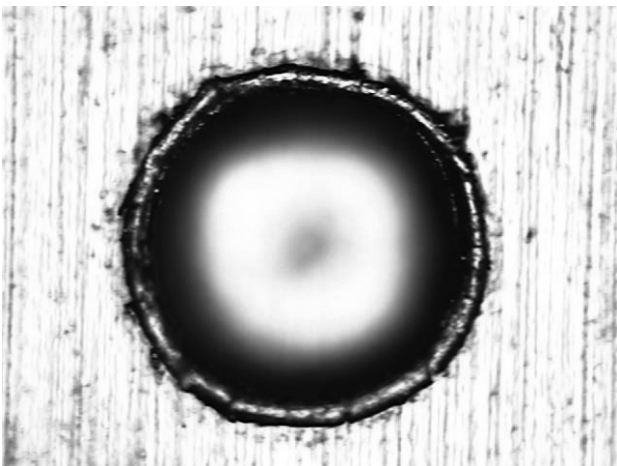


図8 2740 個目のポケット加工状況

図7, 8の画像で解る様にエンドミルの磨耗が進行し、2740 個目あたりでは、かなりのバリが発生しているのが観察される。又実際に図9, 10 エンドミルの使用前、使用後の形状からも磨耗欠損が鮮明に見てとれる。

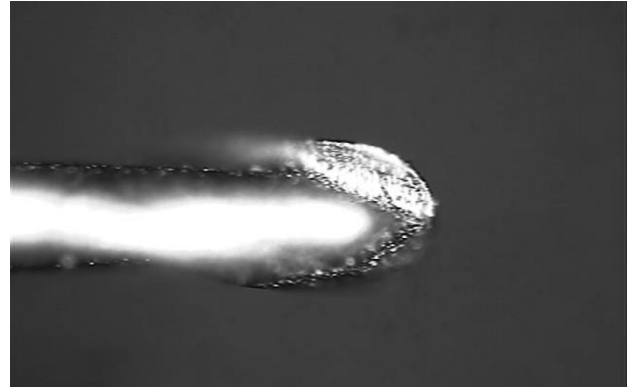


図9 使用前エンドミルの形状

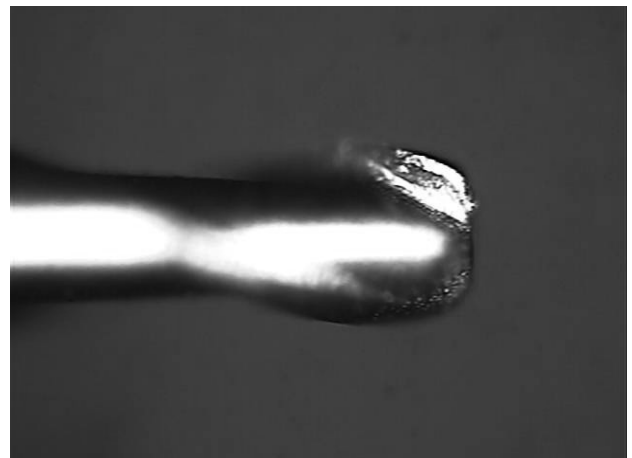


図10 使用后エンドミルの形状

4 まとめ

3次元連続加工実験において、加工回数対深さ、ポケット上面幅の誤差のグラフから、深さの誤差を支配する因子が 100 個を境として変化していると推察される。加工回数が増えるに従い、工具磨耗が主要な誤差因子となり線形的に深さ誤差が増加している。また、ポケット上面幅誤差に関して工具磨耗が支配因子にあり、それに付随する因子が重複していると思われる。X 軸、Y 軸中心誤差に関しては、工具磨耗との相関は伺えない。以上の実験結果より、小径エンドミル加工においては、工具磨耗欠損を検知することが重要な問題であると認識された。