

小径エンドミル精密加工技術に関する研究*

平山 国浩*¹・荒武 崇幸*¹・浦上 吉利*¹・川越 新吾*²

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

Kunihiro HIRAYAMA, Takayuki ARATAKE, Yoshitoshi URAKAMI and Shingo KAWAGOE

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、その低剛性ゆえ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のロングネックスクエアエンドミルによるSKD11生材に対する加工特性を把握する実験を行った。その結果、溝加工において工具寿命および加工精度に係る知見が得られた。

キーワード：エンドミル，小径，微細，溝，加工

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。本年度は、 $\phi 0.2\text{mm}$ のロングネックスクエアエンドミルによる、SKD11生材に対する溝加工実験を行い、いくつかの加工特性を把握したので、その経過について報告する。

2 実験方法

2-1 実験装置

マシニングセンター（牧野フライス株式会社製V55型）の主軸に高速スピンドルモーター（ナカニシ株式会社製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技研株式会社製ブルーベ

BC-1）を使用した。図1に実験装置を示す。

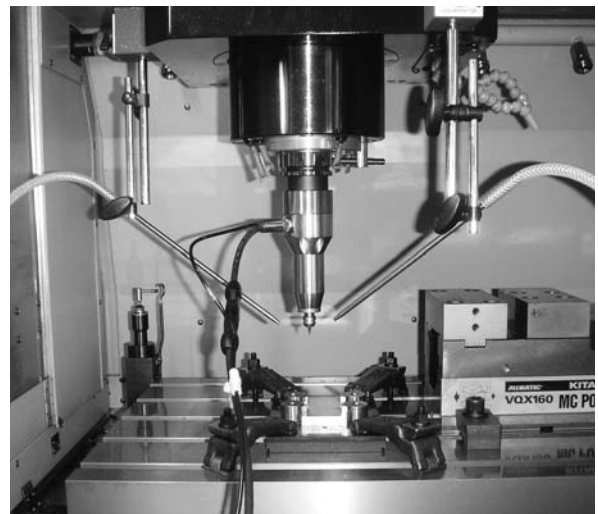


図1 実験装置

2-2 工具および被削材

被削材はSKD11の生材（100mm×60mm×12mmH）とし、工具はロングネックスクエアエンドミル（ $\phi 0.2\text{mm}$ ，2枚刃）を用いた。また、 $1\mu\text{m}$ 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 $1\mu\text{m}$ 以下となるよう研削加工した後、水平度が $1\mu\text{m}$ 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。図2に、マシニング

* 小径エンドミル精密加工技術に関する研究（第1報）

* 1 機械電子・デザイン部

* 2 機械電子・デザイン部（現 宮崎県企業局）

センターに取り付けた被削材の平面度および水平度測定状況を、また図3に高精度リミットスイッチを用いた高精度高さ位置測定状況を示す。



図2 平面度および水平度測定

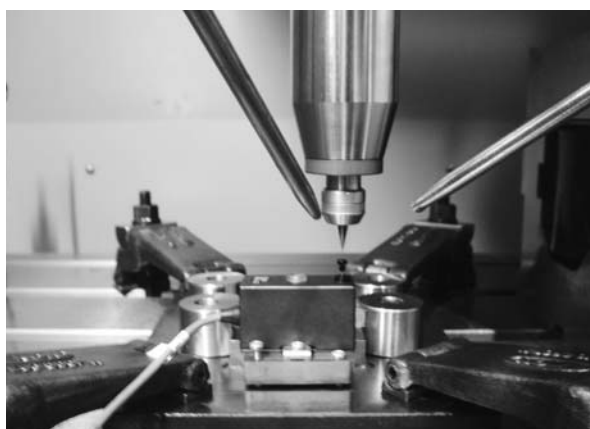


図3 高精度高さ位置測定

2-3 溝加工実験

1刃当たりの切削量を $3\mu\text{m}$ 、切り込み深さを $10\mu\text{m}$ に統一した条件のもと、回転数をパラメータとし、1,000, 5,000, 10,000, 20,000, 35,000, 50,000 rpmの6通りの溝加工を行った。溝は被削材の長辺方向に通り抜け1回切削を行い、同短辺方向に 0.5mm ピッチで連続加工し、工具が折損した時点で加工実験終了とした。

2-4 深溝加工実験

1刃当たりの切削量を $3\mu\text{m}$ に統一した条件のもと、低回転・低速送り・深切込加工（回転数1,000rpm、切り込み深さ $10\mu\text{m}$ ）と高回転・高速送り・浅切込加工（回転数50,000rpm、切り込み深さ $1\mu\text{m}$ ）の2通りの深溝加工を行い、両者を

比較検討した。溝は被削材の長辺方向への通り抜け1方向切削を $200\mu\text{m}$ の深さまで、一定の切り込み深さで連続的に加工し、工具が折損した時点で加工実験終了とした。図4に加工状況を示す。

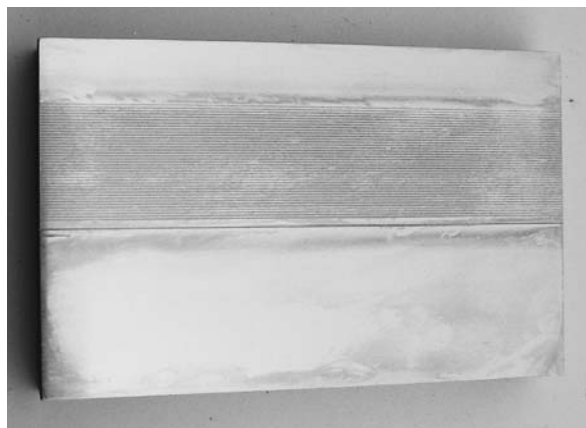


図4 加工状況

2-5 加工の評価

工具寿命および加工精度の面から、加工の評価を行った。工具寿命は、加工開始位置から工具折損位置までの加工長とした。また、加工精度は、工具進行方向と直角方向への、工具の逃げに伴う加工溝の位置誤差とした。測定には工具顕微鏡（株式会社ニコン製MM-100B/L3FA）を用いた。図5および図6に加工溝の位置誤差の状況を、また図7に測定装置を示す。図5および図6では切削抵抗によるものと思われる工具のたわみに伴い、溝の加工位置と設定位置に誤差がある様子が見られる。この変位量を精密に測定し、加工精度の指標とした。

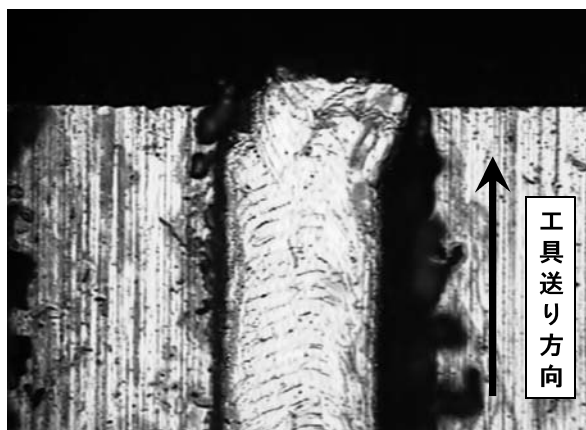
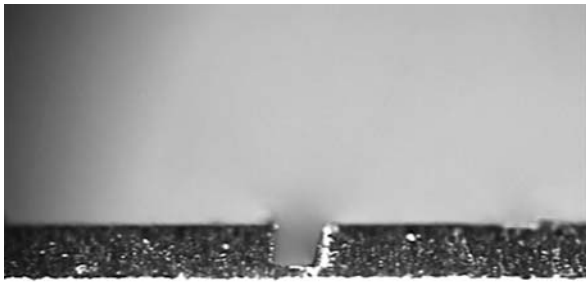


図5 加工溝の位置誤差（平面）



加工終端部

図6 加工溝の位置誤差（断面）

また、回転数と加工溝の位置誤差の関係を図9に示す。

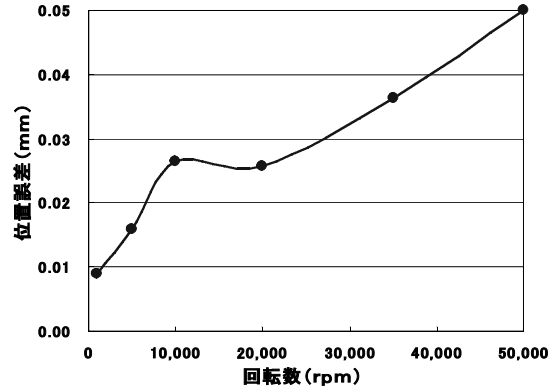


図9 回転数と加工溝の位置誤差の関係

この図から、回転数が低いほど加工溝の位置誤差が小さくなることが分かる。



図7 工具顕微鏡

3-2 深溝加工実験

低回転・低速送り・深切込加工と高回転・高速送り・浅切込加工における加工溝の位置誤差を比較した結果を図10に示す。

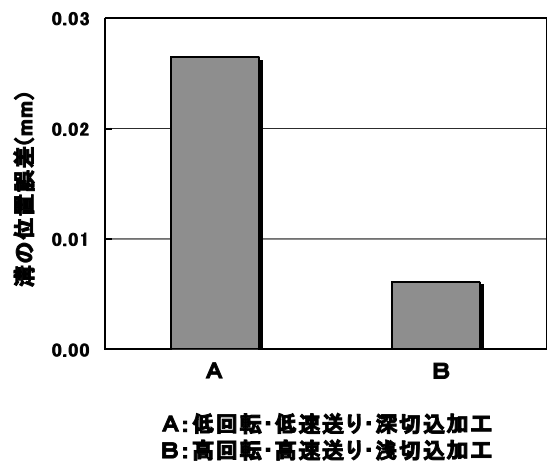


図10 加工溝の位置誤差の比較

この図から、低回転・低速送り・深切込加工よりも高回転・高速送り・浅切込加工の方が、溝の位置誤差が小さいことが分かる。

また、前述両者における最大溝幅を比較した結果を図11に示す。ここで、最大溝幅は図6におけ

3 結果および考察

3-1 溝加工実験

回転数と加工長の関係を図8に示す。

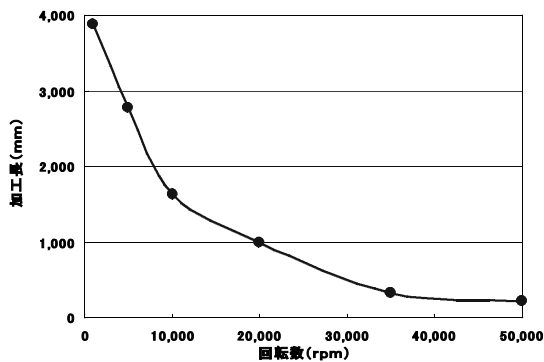


図8 回転数と加工長の関係

この図から、回転数が低いほど加工長が長くなることが分かる。

る溝断面のうち底部左端と上部右端間の被削材上平面への投影距離とした。

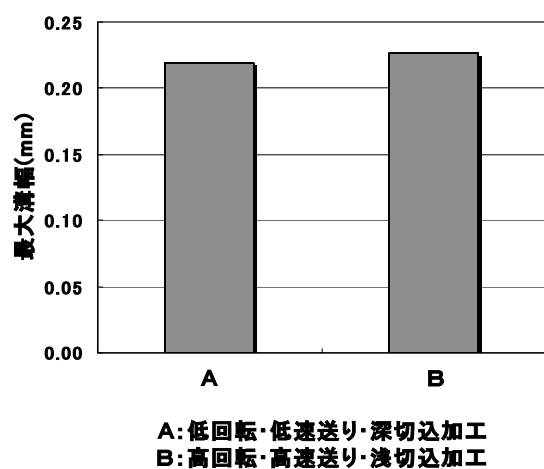


図11 最大溝幅の比較

これより、最大溝幅においては両者間に明確な差がないことが分かる。

4 まとめ

切り込み深さ $10\mu\text{m}$ の溝加工では、1刃当たりの切削量が同じ場合、回転数と送り速度が低いほど工具寿命が延び、加工精度が向上した。

また、深溝加工では、1刃当たりの切削量が同じ場合、低回転・低速送り・深切込加工よりも高回転・高速送り・浅切込加工の方が、高い加工精度が得られた。