

# 平行2軸回転工具による高精度加工に関する研究

新潟大学・工 岩部洋育 ○新潟大学大学院 水落真樹

## 要 旨

エンドミルによる薄壁形状部品の高精度・高能率加工を目的として、壁を両側から挟みながら加工を行う平行二軸加工法を提案し、そのような加工を実現できる装置を試作した。また、その装置を用いて加工実験を試み、切削力および加工精度の測定を行った。その結果、通常の一軸加工に比べて薄壁に垂直な切削力が著しく減少し、薄壁の変形に起因する加工誤差成分を除去できることを確認した。

### 1. はじめに

エンドミルによる薄壁形状部品の加工において、加工誤差は薄壁に垂直方向の切削力に大きく依存する。加工誤差を抑制するため、主軸に1本の工具を取付けて行う通常の加工法(以下では一軸加工法と呼ぶ)では、送りおよび切込みを小さくする以外に方法がなく、加工能率の低下は避けられない。

そこで本研究は加工能率を低下させることなく薄壁を高精度に加工することを目的として、平行二軸加工法を提案する。また試作した装置により二軸加工の実験を行い、切削力および加工誤差を一軸加工の結果と比較することにより、本加工法の有効性を検討した。

### 2. 一軸加工法の問題点と平行二軸加工法の提案

#### 2.1 一軸加工法の問題点

図1はNCフライス盤またはマシニングセンタの主軸に1本の工具を取付けて、薄壁の側面加工を行う場合の切削状態と加工誤差の生成機構を示している。切削中には(a)図に示すように薄壁に垂直な $y$ 分力 $F_y$ が作用し、工作物は変形する。変形量は壁の上面に近づくにつれ増大し、高精度な加工面を得ることが困難となる。一方、 $y$ 分力は反作用力 $F_{y'}$ として工具に作用するため壁の下面近傍では工具の変形が最大となる。両者を壁の高さ方向の各位置で加算すると、(b)図に示す誤差が生じる。図においては右側を先に、その後左側を加工するものとしているため左側の加工誤差は右側に比べて大きくなり、この点も一軸加工の問題点である。

#### 2.2 平行二軸加工法の提案

上記の問題点を回避するために、図2に示すような平行二軸加工法を提案する。本加工法の特徴は図1(a)と比較すると明らかであり、薄壁に垂直な $y$ 分力 $F_y$ が壁を挟むように作用するもの、右ねじれ右刃と左ねじれ左刃の工具を用いて切削するため、大きさが等しく向きが反対な $y$ 分力 $F_y$ を相殺できることである。一方 $x$ および $z$ 分力 $F_x$ および $F_z$ は、一軸加工法に比べてそれぞれ2倍に増大するが、加工誤差に及ぼす影響は無視できる。なお工具の変形に起因する誤差は残るが、壁の厚さが小さくなれば工作物の変形量は大幅に増大するため、本加工法の加工誤差改善効果はより高くなると考えら

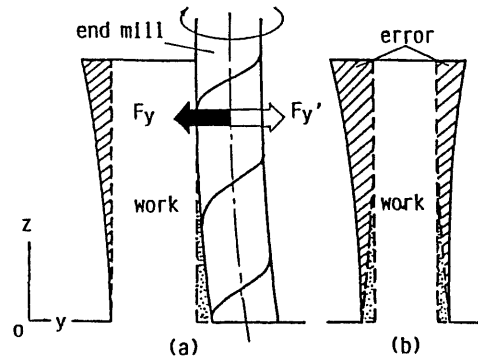


図1 一軸加工法による薄壁の切削状態と加工誤差

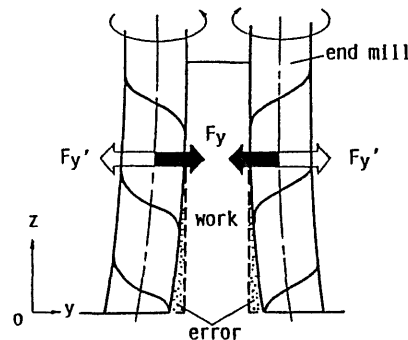


図2 二軸加工法による薄壁の切削状態

れる。

### 3. 実験条件および方法

#### 3.1 実験条件

実験に使用した機械、工具および切削条件は次の通りである。

工作機械：大阪機工製NCフライス盤MH350  
 エンドミル：直径40, 41, 42mm, 刃長45mm, シャンク直径13mm, 右刃右ねじれ, 左刃左ねじれ, ねじれ角 $45^\circ$ , 2枚刃, 高速度鋼  
 工作物：アルミニウム合金A5052S, 190×95×40mm  
 切削条件：切削速度10.1~10.6m/min, 半径方向切込み0.6mm, 軸方向切込み25mm, 送り0.1mm/tooth, 上向き切削, 下向き切削

図3は試作した平行二軸加工用の装置で、立フライス盤の主軸に装着した状態である。内部では主軸の回転を歯車を介して2軸の回転に0.8倍に減速しており、45mm

の間隔となっている2軸はそれぞれ右および左回転する。

### 3.2 実験方法

実験は上記に示す条件でx軸方向に送りを与えて行い、工具動力計を用いて3分力の測定を行った。加工誤差は工作物上に作成した基準面を利用し、機上で電気マイクロメータにより測定した。なお、比較のために試作装置を用いて一軸加工も行っている。

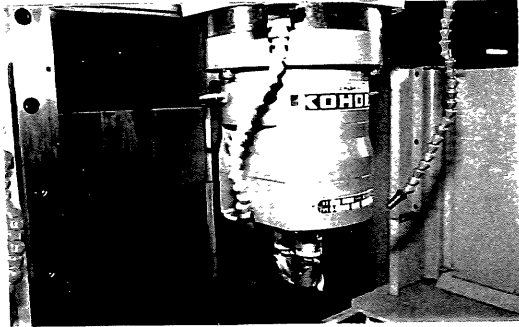


図3 平行二軸回転装置

## 4. 実験結果および考察

### 4.1 切削力および力積比による検討

図4はy分力 $F_y$ の変化の例であり、二軸加工(実線)と一軸加工(点線)を比較している。図より二軸加工のy分力は零近傍を変動して、その平均値は4.6Nと小さく、y分力がほぼ相殺されていることがわかる。また一軸加工のy分力を加算した結果(一点鎖線, 平均58.3N)を併記すると、二軸加工の結果とよく一致している。さらに両者の力積を求め、一軸加工に対する二軸加工の力積比で比較すると0.08と小さく、上向き切削においても同様である。図6は壁厚による力積比を示しており、壁厚3mmにおいて両切削方式とも力積比が大きくなっているが、工具の取付け誤差によって生じる前加工面の精度の不均一さに起因するものと考えられる。

一方xおよびz分力に関する力積比は、下向き切削の一部を除くと両切削方式とも予測値2.0にほぼ一致しており、試作装置により二軸加工が実現できているものと考えられる。

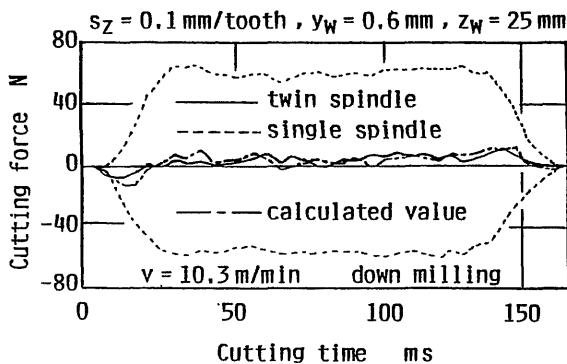


図4 一軸および二軸加工の切削力

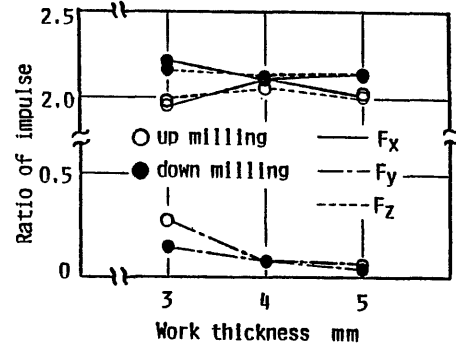


図5 一軸加工の切削力に対する二軸加工の切削力比

### 4.2 加工誤差による検討

図5は、加工法の違いによる壁両面(壁厚3mm)の誤差を送り方向 $x=2mm$ の位置で比較しており、誤差零となる縦軸の左右に示している。図より共に削り残しによる正の誤差を示しているが、一軸加工(●印)では下面より高さが20mmまで誤差が増加し、その位置で最大の15.5および23 $\mu m$ に達する。一方二軸加工(○印)では上面に移動するにつれて誤差が減少するため最大値は高さ2mmの位置に生じる。しかし、両面の最大値はそれぞれ9.2および16.5 $\mu m$ と一軸加工に比べて30ないし40%小さく、加工精度は大幅に改善している。●印と○印の差が工作物の変形に起因する誤差で20mmの高さでそれぞれ8.5および14 $\mu m$ である。両者の差は二軸の剛性の差によるが、壁が薄くなるほどこの値は大きくなり、二軸加工による精度改善の効果は増大するものと推測される。

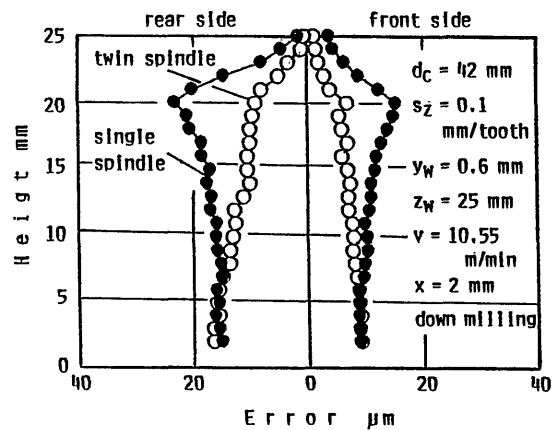


図6 加工法の違いによる加工誤差

## 5. 結論

薄壁形状部品を高精度に加工することを目的として平行二軸加工法を提案し、その装置を試作した。また実験によりその装置を用いることにより、加工誤差に影響を及ぼすy分力を相殺し、工作物の変形に起因する加工誤差を取り除くことができ、一軸加工に比べて加工精度が大幅に向上することを示した。

文献 1) E. Budak and Y. Altintas, Int. J. Mach. Tools Manufact., Vol. 35, No. 3 (1995) 459