

## 要 旨

スクロール形状を補間誤差を一定にして円弧補間により加工する方法を示した。この部品をエンドミルで加工する場合、中心部に向かうにつれて切削面積が急激に増加する。そこで切削面積を一定に保つように切込みまたは送り速度を制御する方法を提案し、実験により加工精度改善に及ぼす効果について検討を行った。

## 1. はじめに

近年、空調機の振動、騒音の発生を最小限に抑える事を目的として、スクロール圧縮機が注目されている。しかし、スクロール形状は加工面の曲率半径が中心部に向かうにつれ減少するため、エンドミルにより内面の加工を行う場合切削面積の急激な増加が避けられない。そのため通常の加工法では加工精度を一定に保つことが困難である。そこで、本研究はスクロール内面の加工精度の改善を目的として、切削面積を一定に保つように切込みまたは送り速度を制御する方法を提案し、実験により改善効果の検討を行ったものである。

## 2. スクロール形状と工具経路の補間方法

## 2.1 スクロール形状の計算方法

スクロール形状は、インボリュート曲線に沿って一定厚さの曲面壁をつくるように構成されている。インボリュート曲線において、基礎円半径を $r_g$ 、オフセット量を $s$ 、角度を $t=i \cdot \Delta t$ とすれば、その座標 $P_i(X_i, Y_i)$ は次式で与えられる<sup>1)</sup>。ここで、 $\Delta t$ は分割幅である。

$$\left. \begin{aligned} X_i &= r_g \cdot \cos(t) + (r_g \cdot t + s) \cdot \sin(t) \\ Y_i &= r_g \cdot \sin(t) - (r_g \cdot t + s) \cdot \cos(t) \end{aligned} \right\} (1)$$

図1は $\Delta t = 0.09$ (rad)、 $i = 1 \sim 130$ とし上式を用いて計算したスクロールの形状である。

## 2.2 工具経路の補間方法

2点間の補間には円弧補間を用いている。連続する3つの補間点 $i, i+1, i+2$ を通る円弧を点 $i$ と $i+1$ 間の経路とする。この計算を繰り返して工具経路を求めているが、インボリュート曲線の場合曲線に沿った補間幅は一定とならず曲率半径も変化するため、円補間による誤差が問題となる。しかし、 $\Delta t$ を $0.09$ radと小さくすることにより補間誤差は $0.2 \mu\text{m}$ 以内になる。

## 3. 加工精度改善方法

図2および図3は切込みおよび送り速度の制御方法を示したもので、それぞれ曲率の異なる位置における工具中心 $(O_1, O_2, O_1', O_2')$ 、曲率中心 $(O_0, O_0')$ 、投影切削面積 $(i'jk, i'j'k')$ の関係を示している。エンドミルにより凹曲面の加工を行う場合、加工面の曲率半径が小さくなると、斜線部で示す投影切削面積が増加し、加工精度が低下する。加工精度を均一にするためには

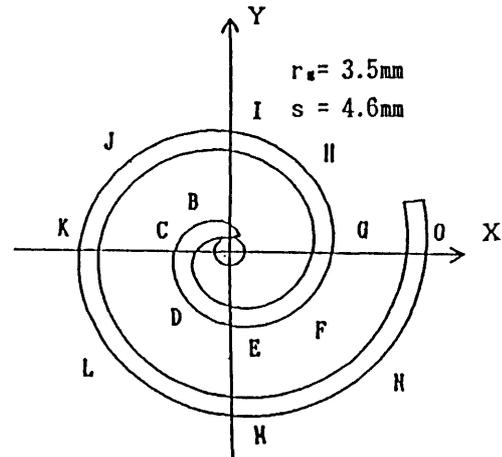


図1 スクロール形状

この投影切削面積を一定にする必要があり、次の2つの方法を提案する。

1つは半径方向切込み $T_i$ を曲率に対応させて変化させる方法(図2)である。すなわち図中の角 $\psi_i$ が一定となるように点 $k$ および $k'$ の座標値を計算し、それらを結んで実線で示す前加工面を作成後、仕上げ加工を行う方法である。もう1つの方法は半径方向切込みを一定とするため、曲率により距離が異なる工具中心間 $(O_1O_2, O_1'O_2')$ を、工具が1/2回転する間に通過するように送り速度を制御する方法(図3)である。

## 4. 実験方法

実験に使用した機械はNC立フライス盤(アマダ104 NC)、工具は直径13mm、2枚刃、ねじれ角右 $45^\circ$ 、超硬ソリッドエンドミルである。切削条件は切削速度 $40.8 \text{ m/min}$ 、基準半径方向切込み $0.2 \text{ mm}$ 、軸方向切込み $25 \text{ mm}$ 、基準送り速度 $0.03 \text{ mm/刃}$ とし、湿式、下向き切削で行った。工作物は炭素鋼S45Cを用い、スクロール内面の加工精度の測定は、工作物の上面より $5 \text{ mm}$ 幅で基準面を作成し、機械に取付けたまま電気マイクロメータを用いて行った。

## 5. 実験結果および考察

図4はスクロールに沿って加工する場合の切削面積の変化と送り速度および半径方向切込みの関係を示したものである。それぞれ、一定の送り速度( $60 \text{ mm/min}$ )

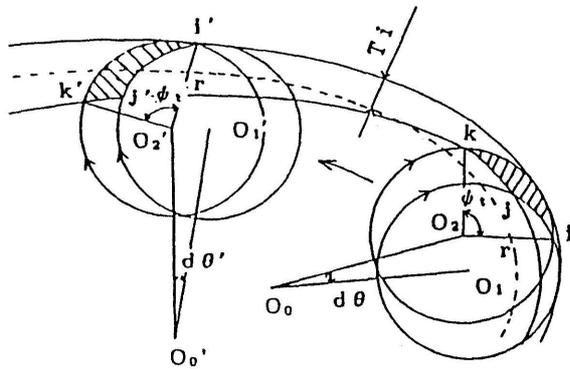


図2 切込み制御の方法

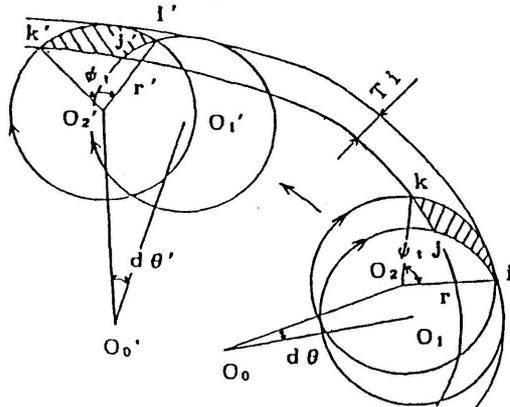


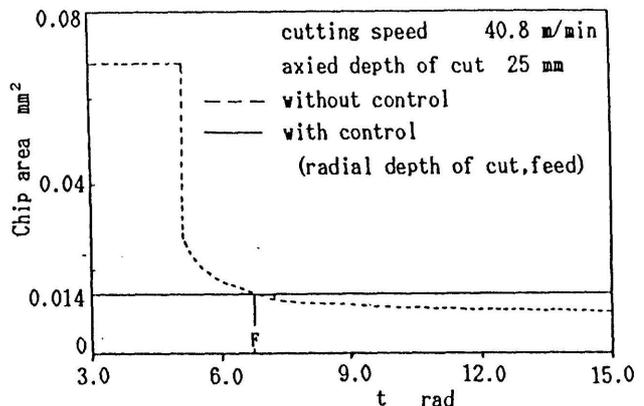
図3 送り速度制御の方法

と半径方向切込み(0.2mm)による通常の加工法と、切削面積を一定な値(0.014mm<sup>2</sup>)となるように計算した結果を比較している。(a)図より通常の加工法では中心部(t=3.0~5.2)付近で切削面積が急激に増加するが、(b)図の実線または破線で示すように、切込みまたは送り速度を制御することによって切削面積は(a)図の実線のように一定となる。なお中心部で切込みと送り速度が一定値を示しているが、これは中心部を円弧で近似していることによる。

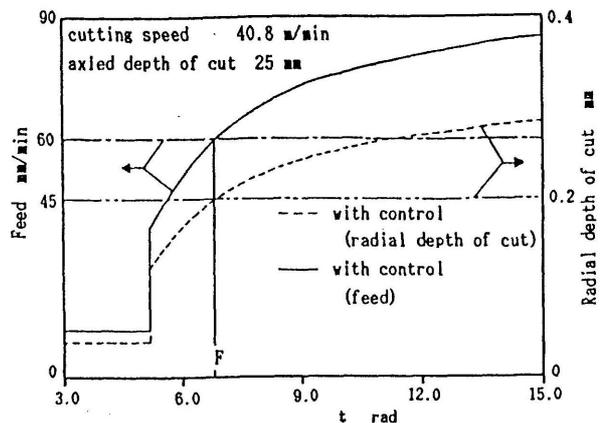
図5は図1に示した点BよりOにおける加工誤差の平均値を示したものである。一定切込みおよび一定送り速度で加工すると、○印で示すように中心部(点B,C,D)において誤差が大きくなる。一方切込みまたは送り速度を制御する方法によって、中心部の加工誤差が減少し、加工精度は改善する。なお実験の条件では2つの方法とも切削面積が等しいにもかかわらず、後者による加工誤差が小さくなっている。この理由は、下向き切削の場合切込みの増加により背分力が増加するためと考えられる。なお加工時間は、実験条件の場合前者の10min56sに対して後者は18s長くなる程度である。

## 6. 結論

スクロール形状を補間誤差を一定にして円弧補間に



(a) 切削面積の変化



(b) 半径方向切込みおよび送り速度の変化

図4 切削面積と半径方向切込みおよび送り速度の関係

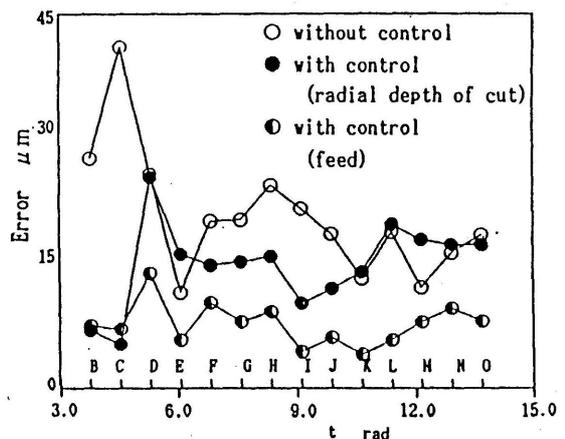


図5 加工誤差の比較

より加工する方法を示した。また中心部に向かうにつれて増大する切削面積を一定に保つため、切込みまたは送り速度を制御する方法を提案した。なお実験により上記の方法による加工精度の改善効果が確認された。

## 参考文献

- 1) 藤井義也, 實沢康朗, 岩部洋育: 精密工学会1989年度北海道支部学術講演会講演論文集(1989)81.