

(a) machine A, $F=16$ m/min, $R_w=20$ mm, $N=20000$ rpm (b) machine B, $F= 4$ m/min, $R_w=20$ mm, $N=10000$ rpm

Fig.3 Roundness curve

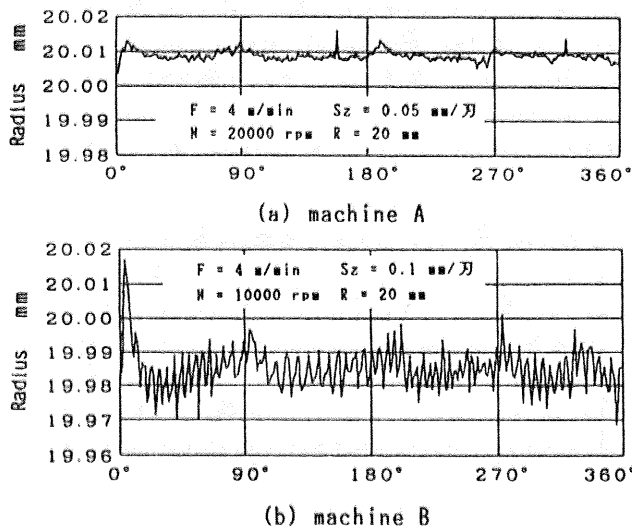


Fig.4 Dimensional error

なお(4)の寸法誤差にはドループによる誤差^{1), 2)}, 切削力による誤差, 工具のふれによる誤差および工具径による誤差が含まれている。また図2の結果においても同様であるが, 図3における加工面は4枚刃を用いても主に1枚の切れ刃により仕上げられており, (a)図の誤差 E_1 は $9\mu\text{m}$ と大きい。次式で示す粗さの理論式³⁾に送り $f=n\cdot S_z$ (n :刃数, S_z :1刃当りの送り)を代入すると理論値は $12.8\mu\text{m}$ となっており, 実験値にほぼ一致していることから明らかである。

$$R_{in} = f^2(1 - R_e/(R_e + R_w))/(8 \cdot R_e) \quad (1)$$

ここで R_e は工具半径, R_w は工作物半径である。

一方誤差 E_1 はバックラッシュ補正とロストモーションが合成されたもので, 機械Aでは $4\mu\text{m}$ と小さいが, 機械Bでは $12\mu\text{m}$ と大きい。これは機械BのY軸方向のバックラッシュ補正パルスの値が適正でないためと考えられる。

図4は真円加工による加工面の半径を加工した方向に沿って示したもので, (a)図は機械A, (b)図は機械Bによる結果である。平均値および標準偏差値は(a)図の場合 8.9 および $1.5\mu\text{m}$, (b)図の場合 -14.9 および $8.3\mu\text{m}$ であり, 後者の値が大きい。この理由は増速アタッチメントの剛性が低いことおよび偏心によるものと考えられる。

図5は円運動測定により得られたドループと呼ばれる半

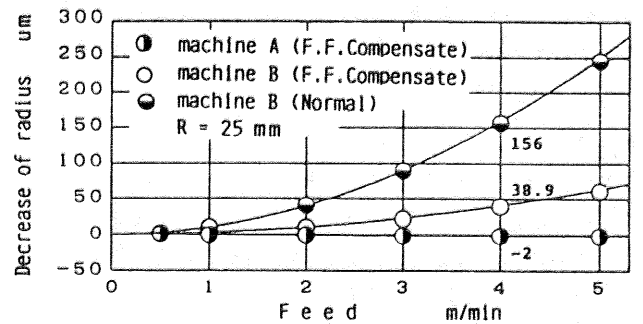


Fig.5 Decrease of radius of cutter path

径減少量である。送り速度 4m/min , 指令半径 $R=25\text{mm}$ (加工半径 20mm)の条件で機械Bの半径減少量はフィードフォワード補償により $156\mu\text{m}$ から $38.9\mu\text{m}$ へと大きく改善している。一方機械Aの場合逆に半径が $2\mu\text{m}$ 増加しており, 図4(a)の結果は切削力による誤差($2\mu\text{m}$)に工具径の誤差($15\mu\text{m}$), 工具のふれ($-10\mu\text{m}$)および半径増加量($2\mu\text{m}$)が加算されたものと考えられる。すなわち $2+15-10+2=9\mu\text{m}$ であり, 図4(b)の平均値 $8.9\mu\text{m}$ にほぼ一致する。また図4(a)に示す結果の平均値($-14.9\mu\text{m}$)も切削力による誤差($13.6\mu\text{m}$)に工具径の誤差($15\mu\text{m}$), 工具のふれ($-6\mu\text{m}$)および半径減少量($-38.9\mu\text{m}$)を加算した値($13.6+15-6-38.9=-16.3\mu\text{m}$)にほぼ一致する。

4. 結論

高速主軸を搭載した工作機械を用いてエンドミルによるアルミニウム合金の高速加工を行い, 加工面に転写された誤差の解析を行った。加工面には象限切り換え位置での誤差やドループによる誤差等, 数値制御工作機械に特有の誤差に加えて, 工具のふれや切削力および姿勢変化による誤差が無視できないことを示した。また円加工において, 半径の誤差要因とその大きさを明らかにした。

最後に, 本研究の一部は(財)工作機械技術振興財団の第13次試験研究助成により行なわれたことを付記する。

参考文献

- 1)垣野, 井原, 中津, 米谷, 手嶋:精密工学会誌, 54, 6(1988) 1113.
- 2)鞍掛三津男:型技術, 4, 9(1989)70.
- 3)高田, 竹山:昭和50年精機学会春季大会前刷, 78.