

## Study on Machining Accuracy of Hole with End Mill and Boring Tool

正 岩部洋育, ○学 落合典久, 今井純一

Hiroyasu IWABE, Niigata University, 8050, Ikarashi 2-nocho, Niigata 950-21

Noriyoshi OCHIAI, Niigata University

Junichi IMAI, Niigata University

Key Words : Machining Accuracy, End Milling, Boring, Contouring, Roundness, Cylindricity, Thickness

## 1. はじめに

中ぐり加工は各種穴あけ作業の仕上げ工程で多用されているが、穴径の異なる加工に対しては専用の中ぐり工具をそれぞれ用意する必要がある。そのため工具の費用が穴径の種類に比例して増加する。しかしこの工程にエンドミルを用いて円加工を行えば、プログラムの変更だけで各種穴径を1本の工具で加工することが可能となるため、工具の費用を大幅に節約できるとともに、工具交換が不要になって生産性も向上する。

そこで本研究はエンドミルと中ぐり工具を用いて穴加工を行い、加工精度を比較するとともに、中ぐり加工の工程がどの程度エンドミル加工で代用できるかについて、検討したものである。

## 2. 実験方法

実験に使用した機械、工具、工作物および切削条件は次のとおりである。

工作機械：大阪機工 MHA-350 NC立フライス盤

制御装置：MELDAS 325M-V (0.001mm/pulse)

工具：ビッグ・カイザー-CKボーリングシステム (直径39mm, 突き出し長さ180mm)

エンドミル (直径16.20mm, 刃長70.75mm, 4枚刃, ねじれ角右45°, 超硬ソリッド)

工作物：炭素鋼S45C (直径113mm, 板厚10~50mm)

切削条件：切削速度100~180m/min, 半径方向切込み0.1mm, 穴深さ(板厚)10~50mm, 送り0.05mm/刃, 上向き切削, 湿式

図1は実験方法を示したもので、治具を用いて工作物を固定し、直径43mmのドリルで下穴加工する。その後荒加工用中ぐり工具によりまず直径を45mmに加工し、さらに直径46.8mmに仕上げる。次に仕上げ用中ぐり工具またはエンドミルにより目標寸法を47.0<sup>H7</sup>mmに仕上げ加工を行った。加工穴の寸法測定は三次元測定機(東京精密 XYZAX SP 600A), 真円度および円筒度は真円度測定機(Rank Taylor Hobson Talyrond 300)を用いた。なおエンドミル加工においては、工作物の上面を切削する切れ刃位置をチャックの端面より20mmの位置とした。

## 3. 実験結果および考察

## 3.1 中ぐり加工による仕上げ面精度

図2は板厚の異なる工作物に中ぐり加工を行い、加工穴の寸法を示したものである。それぞれの板厚の上面、中央および下面における直径を比較しているが、図よりどの板厚においても上面、中央および下面の順に直径が小さくなっている。しかしどの板厚においても目標寸法に対してH7の公差(47.0~47.025mm)内に入っていることがわかる。

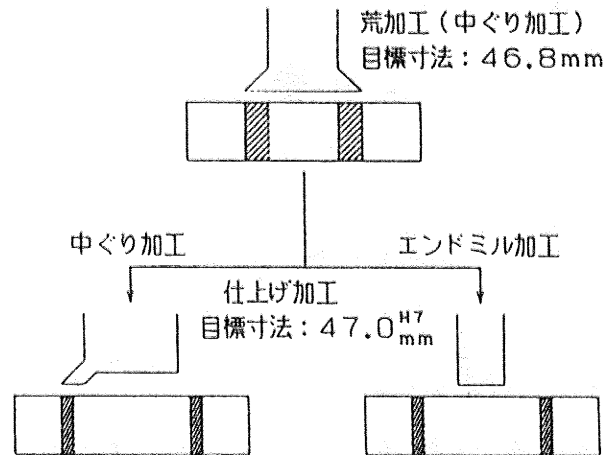


図1 実験方法

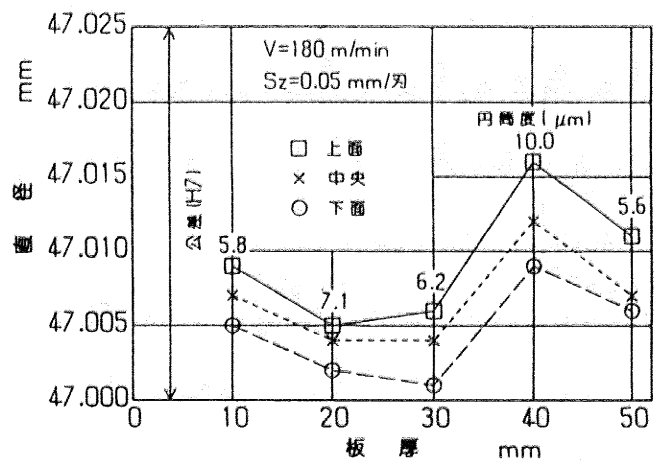


図2 中ぐり加工による寸法精度

図3は板厚50mmの工作物の図中に示す測定断面位置で真円度測定を行い、穴内面の誤差形状を立体的に示したものである。図より穴は上面付近(1mm)から下面付近(48mm)に移動するにつれて直径が小さくなるようなテーパ形状をしており、図2の結果と一致している。しかし円筒度は図2に併記しているように5.55~9.95 $\mu$ mと小さい。また図より半径方向に周期的な凹凸が見られ、約630Hzに相当するびり振動が発生していたものと考えられる。

## 3.2 エンドミル加工による仕上げ面精度

図4は板厚30mmの工作物を用いて図中に示す条件によりエンドミル加工を行ない、(a)図に直径、(b)図に真円度を

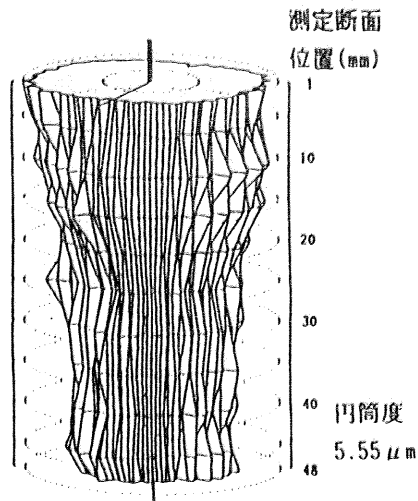
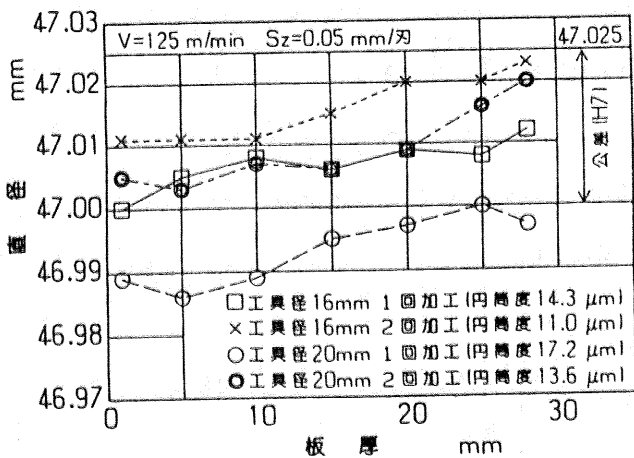
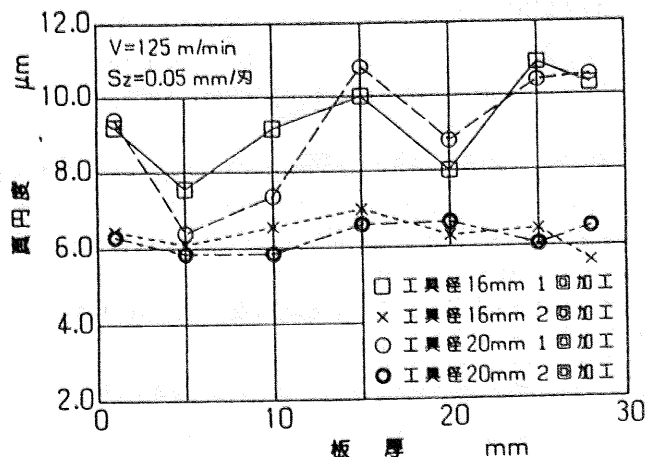


図3 真円度測定による穴の誤差形状 (中ぐり加工の場合)

示している。(a)図より穴の直径は板厚が大きくなるにつれて大きくなっており、図2および3に示した中ぐり工具の場合と逆のテーパ形状になっている。これは取り付け時の偏心と切削力により工具の先端がふれまわっていたためと考えられる。しかし同一の工具経路により2回加工を行うと図2に示した中ぐり加工に比べて円筒度は大きい、2種類の工具でともに加工精度は改善し、板厚各位置でH7の公差内に入っている。一方(b)図に示す真円度も2回の加工



(a) 直径



(b) 真円度

図4 エンドミル加工による穴の寸法精度

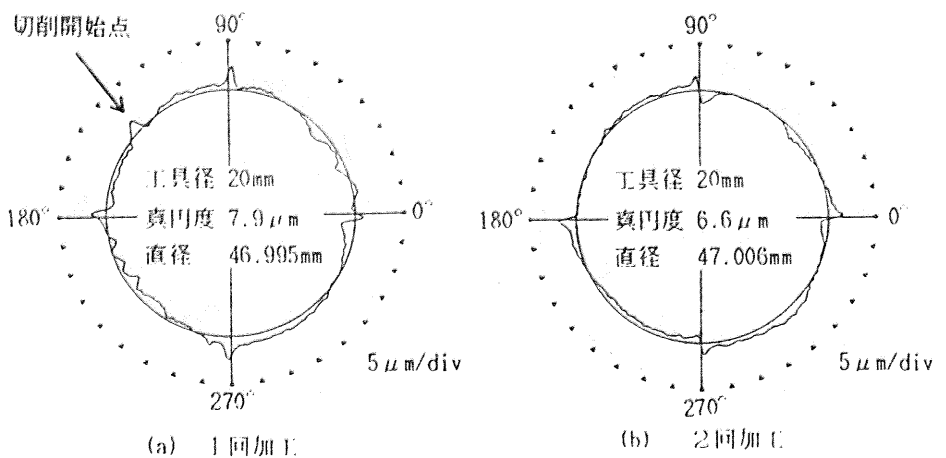


図5 真円度曲線(エンドミル加工の場合)

により向上し、1ないし4.5 μm小さくなっている。

図5は直径20mmの工具により加工した穴の真円度曲線であり、図4の板厚15mmの位置における結果である。(b)図に示す2回加工の加工面には(a)図に見られる凹凸および矢印で示す切削開始点におけるくぼみがなくなって、真円度は1.3 μm、円筒度は3.6 μm改善されていた。しかし内面加工であるためにロストモーションによる象限切換位置における切欠き状の誤差が残り、図に示していないが中ぐり加工による真円度曲線と比較すると図5の真円度は大きい。

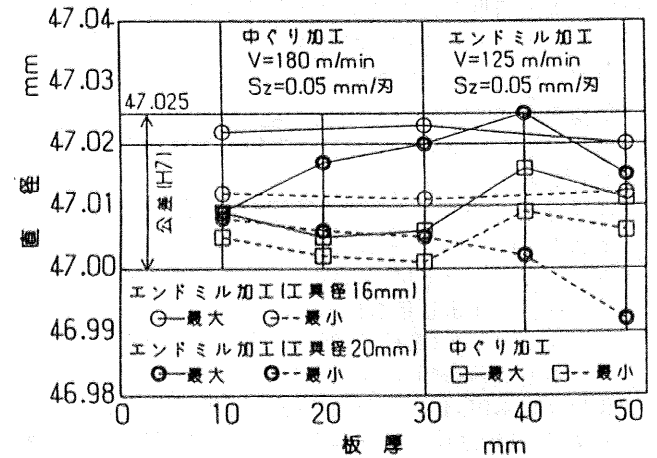


図6 加工法と加工精度の関係

### 3.3 加工法による穴精度の比較

図6は加工法による穴の精度を直径の最大値と最小値により比較したものである。直径の変動幅(最大値-最小値)は中ぐり加工において小さいが、一部の例外を除いて、H7の公差内に入っており、実験条件の範囲では中ぐり加工をエンドミル加工で代用することが可能であると考えられる。エンドミル加工において、工具径20mmの工具による場合が工具径16mmの工具による場合に比べて直径の変動幅が大きくなっている。これは穴径が等しい内面加工において、工具径を大きくすると、実半径方向切込みが設定値より大きくなり、切削力の変動も増大することによる。

### 4. 結論

エンドミルと中ぐり工具を用いて穴加工を行ない、穴の加工精度を比較した。エンドミル加工では穴の下部、中ぐり加工では上部で直径が大きくなり、真円度と円筒度は後者に比べて前者の方が大きい。しかし前者の場合2回加工を行うと真円度および円筒度はともに改善し、直径は公差内にはば入っており、実験条件の範囲では中ぐり加工をエンドミル加工で代用することが可能である。