

超音波穴あけ加工における分割工具の効果

東北学院大 ○齋藤 修, 東北大 厨川常元, 庄司克雄

1.はじめに

矩形断面工具による超音波型彫り加工において,その寸法形状比すなわち(縦:横)により加工速度が変化することを示した。さらにその傾向は加工槽内における砥粒の循環が大きく影響することも確かめられた。それは CCD カメラを用いた工具真下での砥粒挙動の観察によるものである。その中でキャビテーションが工具中央ではなく, 対角線上に 2 個発生し, 互いに工具周辺から砥粒を引き込む効果が大きな役割を果たしている。²⁾

しかし, 加工面積を大きくする場合を考えると工具真下でのキャビテーションを誘発することになり, 反対に砥粒を排除して加工速度の増加は望めなくなる。

したがって大きい加工面積で加工効率を増大するためには工具の分割が必要であると考えた。そこで, 種々の分割した工具を作製し, その加工速度の変化の比較と, その際の砥粒の挙動について観察したので報告する。

2.実験条件および実験方法

超音波加工機は最大出力 1kW, 共振周波数 16kHz のものを用いた。加工機の特長上, 加工力が大きくなると工具振幅が減少するので工具振幅を同じにするために, すべての工具について加工圧力を 0.8MPa 一定として実験を行った。

2.1 工具の縦横比

工具の縦横比である形状比は 1 辺を固定し, 1 から 3mm まで 0.5mm おきに 5 種類とし, これを基準として 1.0 から 2.5 まで 0.5 ずつ比率を変えて合計 20 種類とした。また, 分割工具は 250 μ m のスリット幅でワイヤカット放電加工を用いて作製した。

3. 実験結果

3.1 工具断面形状と加工速度

図 1 に ϕ 4 円形断面工具と分割しない矩形断面工具での加工速度変化の様子を示す。同断面積にもかかわらず工具断面形状が異なると加工速度に違いが生じることが分かる。工具の縦横比を次第に大きくしていくと 1:2 (2.5 \times 5mm²) を最大として加工速度が減少していることが分かる。

3.2 加工速度の変化

表 1 に工具の縦横比, 図 2 に固定辺長さの形状比をパラメータにした平均の加工速度変化を示す。固定辺長さ 1mm の場合, 横軸の工具形状比が 1.0 から 2.5 まで変化しても平均加工速度はあまり変化しないことが分かる。また固定辺長さ 2mm では工具形状比が 1.5 で平均加工速度が最大になり, この傾向は他の工具についてもほぼあてはまった。

しかし, 固定辺長さ 3mm では工具形状比が 1.5 でも加工速度の増加は見られなかった。

3.3 砥粒径分布の観察

図 3 に最も平均加工速度が大きかった固定辺長さ 2mm の場合, 工具形状比 1.5 すなわち縦 2mm \times 横 3mm の加工前後における砥粒径分布を示した。加工穴から採取した平均砥粒径は加工時間と共に破碎して小さくなるが, 他の場合と比較するとその減少率は最も小さかった。

すなわち, これはスラリの循環が比較的良好に行われてい

表 1 実験条件

超音波加工装置	最大出力 1kW 発振周波数 16kHz
加工物	炭化ケイ素 (SiC) 〔東芝セラミックス製 CERASIC-B〕
工具材質	軟鋼 (S45C)
砥粒	ボロンカーバイト (B ₄ C) #280 加工液との重量比 14%
加工液	水道水
加工圧力	0.8MPa
測定装置	CCDカメラ, 電子顕微鏡, 光学顕微鏡 ダイヤルゲージ, 電気マイクロメータ

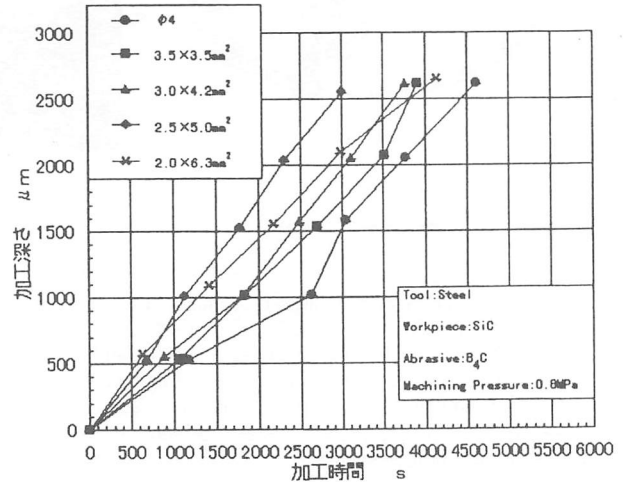


図 1 工具断面形状と加工速度

表 1 工具の縦横比

比率	1:1.0	1:1.5	1:2.0	1:2.5
固定辺長さ 1.0mm	1.0mm \times 1.0mm	1.0mm \times 1.5mm	1.0mm \times 2.0mm	1.0mm \times 2.5mm
1.5mm	1.5mm \times 1.5mm	1.5mm \times 2.3mm	1.5mm \times 3.0mm	1.5mm \times 3.8mm
2.0mm	2.0mm \times 2.0mm	2.0mm \times 3.0mm	2.0mm \times 4.0mm	2.0mm \times 5.0mm
2.5mm	2.5mm \times 2.5mm	2.5mm \times 3.8mm	2.5mm \times 5.0mm	2.5mm \times 6.3mm
3.0mm	3.0mm \times 3.0mm	3.0mm \times 4.5mm	3.0mm \times 6.0mm	3.0mm \times 7.5mm

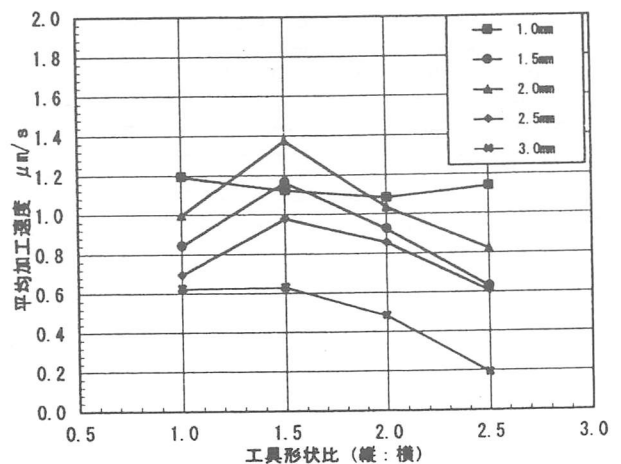


図 2. 平均加工速度

ることを示している。

3.4 工具分割の効果

図4に250 μ mのスリット幅でワイヤカット放電加工した3, 4そして9分割した工具の外観を示す。

図5にそれらの分割工具と分割していない工具での加工深さの変化を示す。図中の比較的傾きが大きい左側3つのグラフが分割工具を示す。図から分割しない工具の場合、その形状比が1.5に近い3 \times 4.2の工具を最大にしてそれ以上の形状比では反対にグラフの傾きが減少していることが分かる。

加工速度の大きい分割工具の場合は溝の存在により、砥粒の加工領域への侵入が促進され、スラリの循環が良好に行われていることが観察により確かめられた。

しかし、同じ分割工具でもその分割数を増加すれば加工速度が増加するものではなく、図中に見られるように4分割工具と9分割工具では加工速度にあまり差が見られなかった。むしろ後者の方が前者より僅かであるが加工速度は減少した。

図6に分割した矩形断面工具でのキャビテーション発生の様子を示す。分割工具の場合、あるものは対角線上に、そして他のものは中心線の左右対称に、その数や大きさが変化して発生することが分かる。図のように2分割から3分割工具ではほぼ中央にキャビテーションが発生した。

しかし、4分割以上の工具では対角線上のかどにしかキャビテーションが観察されなかった。

4. おわりに

種々の形状比をもつ分割工具により加工速度、砥粒挙動等の加工特性について得られた結果を以下に示す。

- 1) 分割工具のパターンによりキャビテーションの発生状況が異なる。
- 2) 分割工具の溝により加工領域での砥粒循環が向上し、加工速度が増加する。
- 3) 分割数には最適値が存在し、それを増加すると加工速度は反対に減少する。

5. 参考文献

- 1) 2002年度砥粒加工学会学術講演会, 21-22, (2002)
- 2) 日本機械学会八戸地方講演会講演論文集, 145-146, (2002)

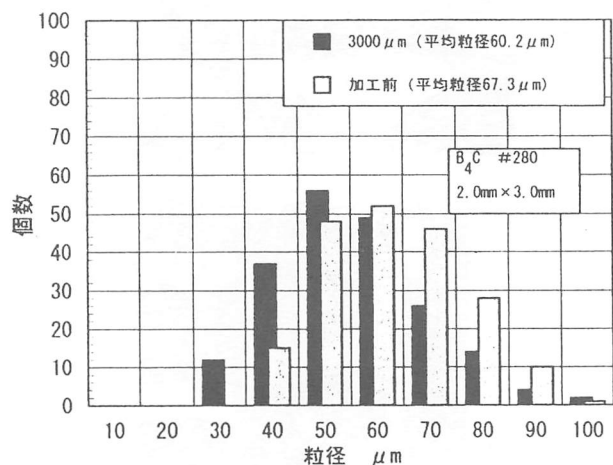


図3 加工前後の砥粒径分布

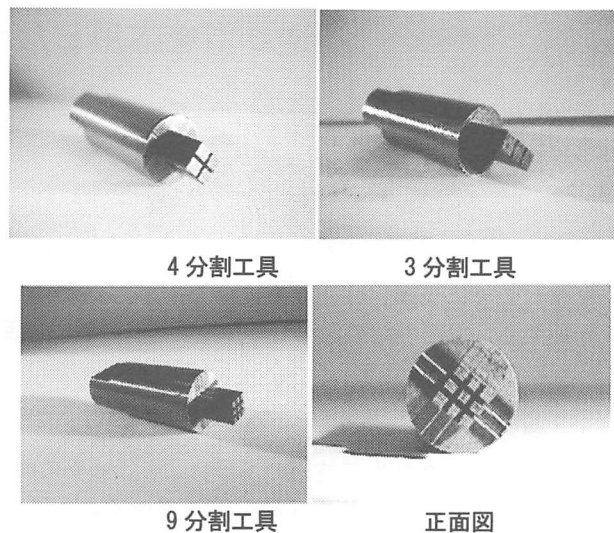


図4 分割工具外観

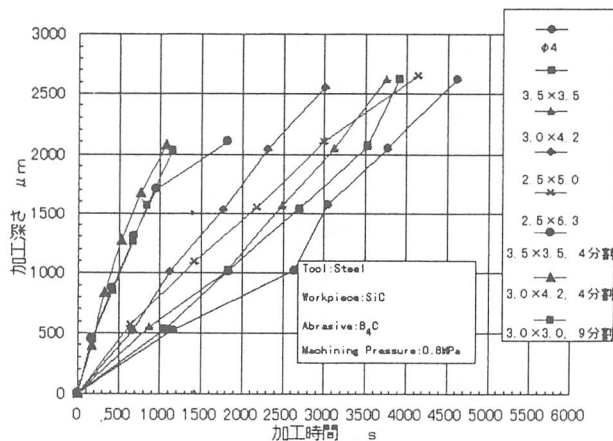


図5 加工深さの変化

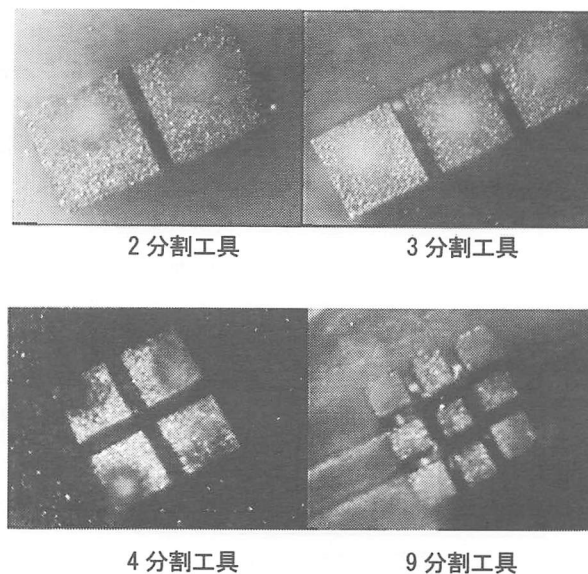


図6 分割工具のキャビテーション