

## CVD ダイヤモンドコーティドドリルによる硬脆材料の微細穴加工

大阪工大 (工、バイオベンチャーセンター) 喜田義宏 大阪工大 (院) ○宮崎 達也

## 要旨

脆性材料であるアモルファスカーボンに対し、工具径 0.6mm、深さ 5.0mm 程度の微細深穴加工を高精度、高効率で行うことを目標として実験を行った。工具として CVD ダイヤモンドコーティドドリルを用い、その工具の摩耗形態、工具寿命及び加工精度から最適加工条件の検討を行った。

## 1.はじめに

硬脆材料の微細穴加工に対するニーズは各方面であるものの、その加工法に対する研究報告はほとんどなく、トライ・アンド・エラーを繰り返しながら、要求を満たしている状況にある。一般に硬脆材料の微細穴加工においては、1) 工具の除去能率が低いこと 2) 切屑排出性が悪いこと 3) 加工能率が悪いなど多くの問題があり、加工技術としては非常に難しいものの一つである。本研究では CVD ダイヤモンドコーティドドリルを用いてアモルファスカーボンに微細深穴加工を行った。工具摩耗及び加工状態から加工物性を考察し最適加工条件の検討を行った。

## 2.実験装置と実験方法

図 1 に実験装置の概略を示す。実験には、グラインディングセンタ (OKK 製 PCV40 II - GC) を用いた。加工テーブル上には、水晶式三成分動力計 (Kistler 製 9257B) を載せ加工中のスラスト抵抗を検出した。工具は  $\phi 0.6\text{mm}$  CVD ダイヤモンドコーティド超硬ドリル (先端角  $130^\circ$  ねじれ角  $30^\circ$ ) を用いた。

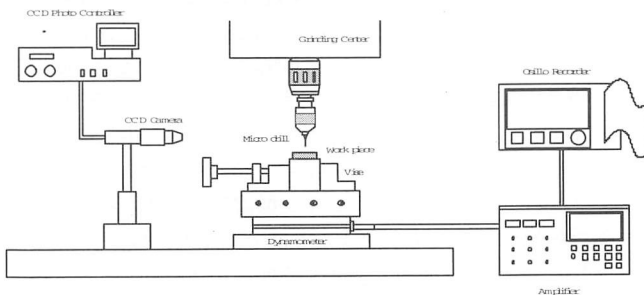


図 1 実験装置概略図

## 3.実験条件について

切りくずつまりの影響が少ないと思われる浅穴加工として加工深さ 1.0mm の微細穴加工を行った。そして、加工抵抗及び工具後退量と累積加工距離の関係から、工具寿命に至る工具摩耗形態を検討した。また、深穴加工としては深さ 5.0mm の穴加工を行い、加工抵抗及び工具後退量と累積加工距離の関係を求め、浅穴加工時の結果と比較した。さらに被削材の表面にエレクトロンワックスで厚さ 0.5mm の案内板を貼り付け穴加工を行った。そして、案内板を貼り付けた場合と貼り付けていない場合の加工穴入

口部の様子を観察し、その効果を検討した。

実験条件を表 1 に示す。工具回転速度は 10000rpm の一定とし、1 刃当たりの切込み量を変化させた。加工はすべて湿式とし、クーラントは濃度 2% エマルジョン切削液を用い、工具先端及び加工部分に 920ml/min の割合で供給した。工具取付け時の工具振れは  $5.0\ \mu\text{m}$  以内とした。

表 1 Cutting Conditions

Drill diameter (mm)	0.6
Spindle speed (rpm)	10000
Cutting Speed (m/min)	18.8
Feed speed (mm/min)	22.0, 110.0
Depth of cut per tooth ( $\mu\text{m}/\text{tooth}$ )	1.0, 5.0
Depth of Hole (mm)	1.0, 5.0
Coolant	Emulsion

## 4.実験結果と考察

## 4.1 コーティング工具の摩耗形態と工具寿命

全ての加工条件において、すくい面のコーティング膜の剥離が観察され、剥離部分から切れ刃が急速に摩耗し、切れ刃の後退が見られた。すくい面のコーティング膜の剥離の様子を図 2 に示す。外周コーナ部の切れ刃の後退量を摩耗量として、図 3 に加工深さ 1.0mm 時における累積加工深さと摩耗量の関係を示す。初期段階の切れ刃の後退は、コーティング工具の初期摩耗領域であると考えられる。累積加工量が大きくなると逃げ面のコーティング膜の摩耗と母材の摩耗が繰り返されて切れ刃が後退した。そして、コーティング膜が大きく剥離したのちに母材の超硬合金が急速なすりへり摩耗を生じ、その結果スラスト抵抗が急増した。図 4 に加工深さ 1.0mm 時の加工穴数と加工抵抗の関係を示す。1 刃当たり切込み量が  $5.0\ \mu\text{m}$  の加工条件において、スラスト抵抗の急増により切れ刃に欠損を生じた。以上より、工具寿命の判定基準を逃げ面のコーティング膜の剥離発生とし、逃げ面のコーティング膜の剥離までの累積加工深さを工具寿命とした。工具寿命を長くする因子として 1 刃あたりの切込み量があり、1 刃当たり切込み量  $1.0\ \mu\text{m}$  の条件で寿命が長かった。定常摩耗領域から異常摩耗領域への遷移はコーティング膜の剥離により急激に起こるものであり、工具摩耗量からの予測は困難であった。

本実験では摩耗幅がある一定値に達すると加工抵抗が急増する現象は認められなかったが、逃げ面のコーティング膜が加工の安定性に大きな役割を果たしていることがわかった。

#### 4.2 加工条件と加工精度

##### i) 加工条件が穴入口部の損傷に及ぼす影響

図 5 に浅穴加工（深さ 1.0mm）での加工穴数と穴入口部のチップング幅の関係を示す。1 刃当たり切込み量に変化しても加工初期に穴入口部に大きなチップング幅が発生する傾向にある。しかし、加工穴数が増加すると 1 刃当たり切込み量による違いが見られる。1 刃当たり切込み量が  $1.0\mu\text{m}$  では、加工穴数の増加に伴い穴入口部のチップング幅は小さくなり、1 刃当たり切込み量が  $5.0\mu\text{m}$  では、累積加工深さが  $350\text{mm}$  をこえると増加した。

##### ii) 案内板が穴入口部の損傷に及ぼす影響

図 6 は深穴加工で 1 刃当たりの切り込み量  $5.0\mu\text{m}$  の際、案内板を貼り付けた場合と貼り付けなかった場合の穴入口部の様子を示す。被削材表面に板を貼り付けることで切れ刃が鋭利な状態である加工初期段階でも、加工穴入口部のクラックの進展を抑えることができ、良好な加工穴入口部ができた。

#### 5. 結言

CVD ダイヤモンドコーティドドリルを用いてアモルファスカーボンの微細深穴加工実験を行い、以下のことが分かった。

- 1 刃当たりの切り込み量大きい場合、被削材と切れ刃の食いつき時にうける衝撃が強く工具の損傷が速い。浅穴加工において、工具回転数  $10000\text{rpm}$ 、1 刃当たりの切り込み量  $h=1.0\mu\text{m/tooth}$  では、累積加工深さ  $120\text{mm}$  時で工具母材の損傷が見られないが、1 刃当たりの切り込み量  $h=5.0\mu\text{m/tooth}$  では、切れ刃母材の剥離が見られた。
- 2 工具寿命は逃げ面のコーティング膜の剥離と、その後の工具母材のすりへり摩耗によって判断できる。すくい面に剥離が生じてても、逃げ面にコーティング膜が残っていれば加工は安定していた。
- 3 加工穴入口部の最大チップング幅の大きさにはばらつきがあったが、被削材表面に案内板を貼り付けることで、切れ刃が鋭利な状態でも加工穴入口部のクラックの進展を抑えることができ良好な穴加工を行うことができた。

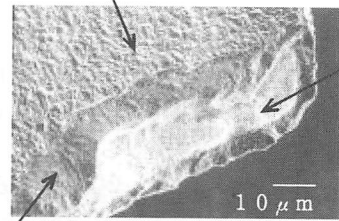
#### 謝辞

研究を行うにあたって何かと支援をして頂いた MMC コベルツール(株)、(株)信貴精器の関係各位に深く感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 大幸ほか 3 名 精密工学会誌 60,12(1994)
- 2) 橋本剛ら 精密工学会沖縄地方講演会 (1999)

すくい面コーテッド膜



コーテッド膜の剥離部分

図 2 工具すくい面のコーティング膜剥離の様子

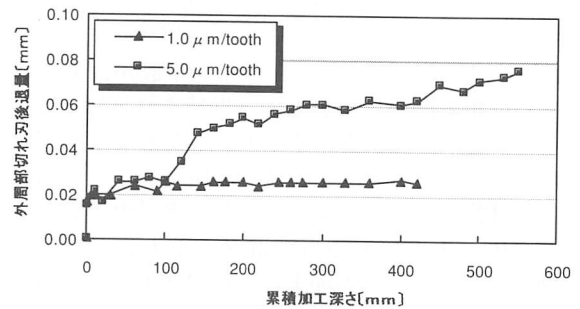


図 3 累積加工深さと工具摩耗量の関係

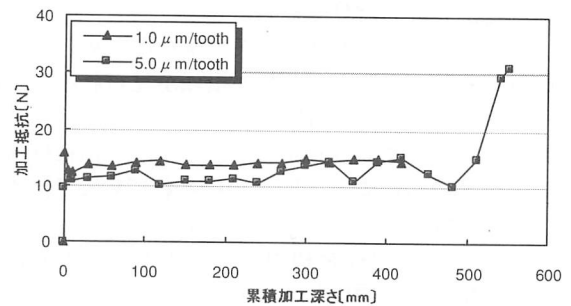


図 4 加工穴数と加工抵抗の関係

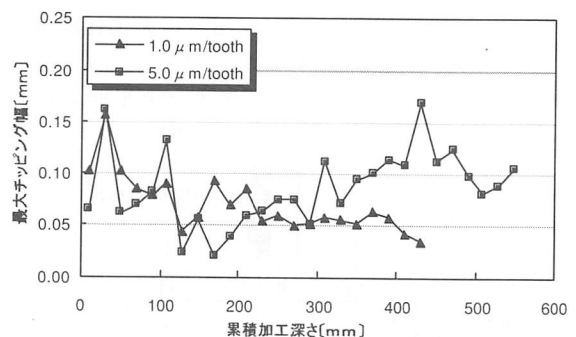
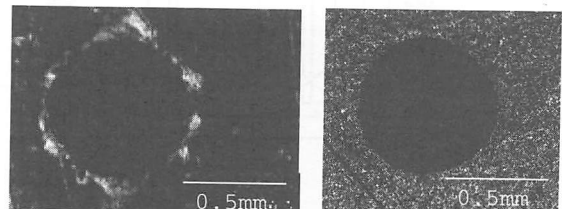


図 5 累積加工深さと穴入口損傷の関係



(a) 案内板なし (b) 案内板あり

図 6 加工穴入口部の様子