

## ワイヤ放電加工によるマイクロ PCD ドリルの製作と石英ガラスへの穴加工

水江宏\*・大西修\*\*・鬼鞍宏猷\*\*・鳥越竜馬\*\*・城門由人\*\*\*

\*機械・金属担当\*\*九州大学\*\*\*大分県産業創造機構

### Manufacturing Polycrystalline Diamond Drill by Wire-EDM and Drilling to Quartz Glass

Hiroshi MIZUE\*・Osamu OHNISHI\*\*・Hiromichi ONIKURA\*\*・Ryoma TORIGOE\*\*・Yukihito KIDO\*\*\*

\*Mechanical & Metallurgical Engineering Gr.\*\*Kyushu University・

\*\*\*The Oita Prefectural Organization for Industry Creation

#### 要 旨

ガラスやセラミックスなどの脆性材料に対する切削加工を行うために、ワイヤカット放電加工機を使用して焼結ダイヤモンド(PCD)を直径 0.3mm のフラットドリル形状に成形し、さらに石英ガラスに対して穴あけ加工実験を行った。PCD に対する放電条件とドリルとしての加工性能を確認した。

#### 1. 緒言

IC 製造装置・検査装置用部品などでは、耐熱性や絶縁性などの必要性から、セラミックスやガラスなどの脆性材料に対するマイクロ加工の要求が近年高まっている。特に加工能率や設備の関係から、難加工材料への切削加工の適用が注目を集めている。また、ガラスに対する機械加工では、単結晶ダイヤモンドによる研究成果が報告されている。特に微小な切込み条件領域において、表面クラックを生じることなく金属の加工と同様に延性的な加工が可能な条件領域を広げるための研究も行われており、加工の高精度化が期待されているが、工具の寿命や加工能率など多くの課題を抱えている。

本研究では、ワイヤカット放電加工機を使用して焼結ダイヤモンド(PCD)を刃先材料としたフラットドリルを形成し、この工具を用いて、石英ガラスを被削材としたマイクロ穴加工を行い、適用可能性について検討した。

#### 2. 実験装置および実験方法

##### 2.1 ワイヤカット放電加工によるフラットドリル成形

焼結ダイヤモンドをロウ付けした旋削用スローアウェイチップ(住友電工製 NF-TPGW1600402, DA2200, 平均粒径 0.5 $\mu$ m)をドリル素材として、角度割り出し機能付き放電用軸加工装置とワイヤカット放電加工機(三菱電機製 SX-20P, FS 回路付属)を用いてフラットドリル形状に成形した。

放電条件を Table 1 に示す。ダイヤモンドは不導体であるが、焼結ダイヤモンドは、焼結用に焼結助剤を添加することにより、または、焼結助剤を添加しない場合でも、焼結時に基材となる超硬合金からの染み込みによりある程度導電性があり、油脂性の加工液によるカーボン付着作用を利用しなく

ても、水中でのワイヤカット放電加工が可能である。

1st cut および 2nd cut において、大電流、長時間放電により高能率に荒加工した後、3rd cut 以降の仕上げ加工では、小電流・短時間のパルス放電条件で表面粗さを重視した条件を設定し、電流値を徐々に減少させながら繰り返し仕上げ加工を行い、目標形状へと寸法を追い込んだ。

Table 1 Conditions of W-EDM

	1st cut	2nd cut	3rd~
Discharge current [A]	12	9	4.4~1.8
Open circuit voltage[V]	142	134	274~138
Pulse duration [ $\mu$ s]	0.37	0.46	0.1

目標としたドリル形状は、直径 0.3mm、溝長 1.5mm、チゼル角 115 $^{\circ}$ 、先端角 118 $^{\circ}$ 、先端部の心厚 0.15mm である。製作したドリル概観を Fig.1 に示す。

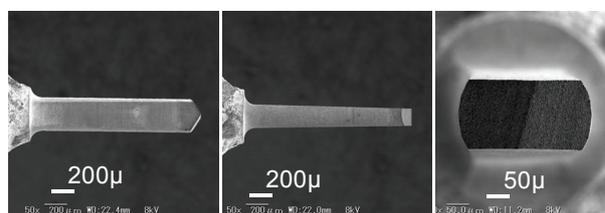


Fig.1 PCD drill manufactured by wire-EDM

##### 2.2 フラットドリルによる穴加工

加工機主軸に製作した PCD フラットドリルを取り付け、石英ガラスを被削材としてドリル加工実験を行った。加工条件を Table 2 に示す。超音波振動はワーク加振とした。

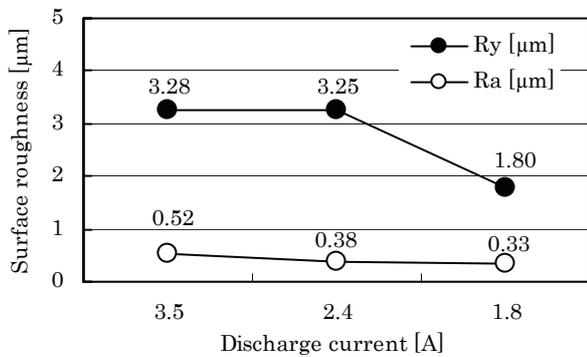
**Table 2** Conditions of drilling

Tool	PCD drill
Workpiece	Quartz glass
Drilling condition	
Rotational speed	40000, 1000 min <sup>-1</sup>
Feed speed	0.1, 1.0 mm/min
Drilling depth	2×Tool diameter
Fluid	Water-Soluble cutting fluids
Ultrasonic vibration	60kHz, 0.4μm (single amp.)

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 ワイヤカット放電における電気条件とPCD表面状態

電気条件の違いによるPCDの表面粗さをFig.2に示す。



**Fig.2** Discharge current and PCD surface roughness

一般的に、鋼材に対する同様の放電加工では、Ryは1~2μm程度であるのに対して、PCDでは1.8~3.3μm程度となった。これは、PCDの導電性などの特性上、開放電圧を高く設定し加工の安定を図った影響と、加工装置の構造上ワイヤを支持する上下ヘッドの距離設定によるワイヤ振動の影響と思われる。

加工実験で使用したすべてのPCDフラットドリルは、電流値1.8Aの放電条件で最終の仕上げ加工を行った。

#### 3.2 ドリル加工

回転数1000min<sup>-1</sup>、送り1mm/minの条件では300穴以上の穴加工が可能であった。330穴加工後の逃げ面とすくい面の状態をFig.3に示す。すくい面摩耗幅は約4μm、逃げ面摩耗幅は約10μm、外周部付近での逃げ面摩耗は20μm程度であった。

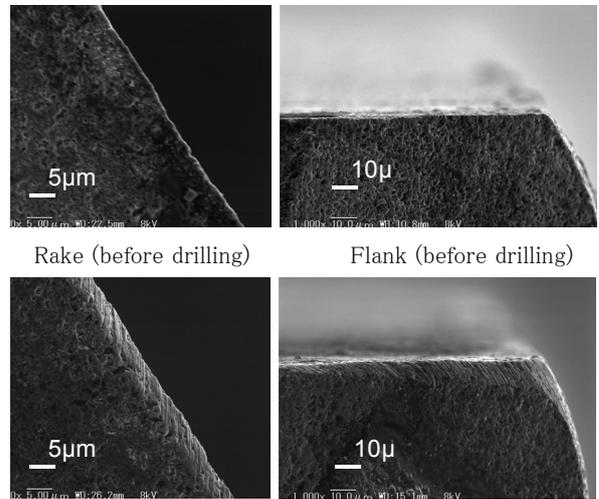
切りくずの写真をFig.4に示す。延性モードでの加工が行われていると思われる筋の入った切りくずが観察された。一方、脆性モードと思われる粒状の切りくずも確認されており、本条件での加工は、延性モードと脆性モードの混在する状態であったと思われる。

穴入口部の写真をFig.5に示す。超音波振動を付加することにより入口部の欠けが減少した。

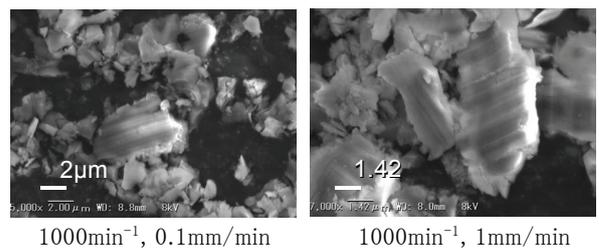
また、振動なしに比べて振動ありでは約70%に切削抵抗が低減され、一穴加工中の切削抵抗の変動も抑制された。

### 4. 結言

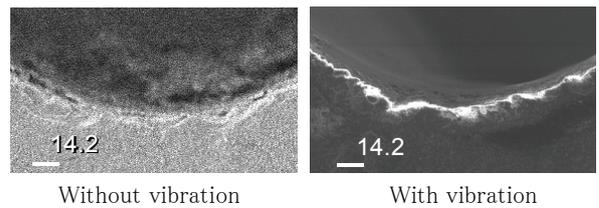
刃先部をPCDとした直径約0.3mmのフラットドリルをワイヤカット放電加工機を用いて製作し、この工具を用いて石英ガラスに対して穴加工を行った。本条件では延性モードと脆性モード加工の両モードが混在する加工が行われていると思われるが、穴入口部に欠けは認められるものの十分な数の穴を開けることができた。超音波振動を付加した加工では、加工穴品質の向上と切削抵抗の低減が確認された。



**Fig.3** Rake and flank wear (1000min<sup>-1</sup>, 1mm/min)



**Fig.4** Generated chips



**Fig.5** Chipping of hole entrances (1st drilled hole, 1000min<sup>-1</sup>, 1mm/min)