

# 段付プレート電極による四角溝放電加工に関する研究

根岸 正和\*<sup>1</sup>・香川 勝一\*<sup>2</sup>

## Square-Groove Machining by EDM Using Stepped Plate Electrode

by

Masakazu NEGISHI and Masakazu KAGAWA

(received on Mar.20,2003 & accepted on July 16,2003)

### Abstract

In a previous paper, a method was proposed for machining a square groove by EDM (Electrical Discharge Machining) using simply shaped and framed electrodes. The experiments showed that a square groove can be machined by this method and that the differences in forms and dimensions at the inlet and outlet of the machined square groove are caused by the wear of the electrodes and debris. In this paper, a new method is proposed for diminishing the differences in forms and dimensions at the inlet and outlet and the depth of a machined square groove using a stepped plate electrode. The following experimental results were obtained. (1) The forms and dimensions at the inlet and outlet and the depth of a machined square groove are diminished by EDM using a stepped plate electrode. (2) Square-groove machining from rough to fine finishing is possible by changing the condenser capacity by EDM using a stepped plate electrode.

**Keywords:** EDM, Square groove, Stepped plate electrode, Rough to fine finishing

## 1. 緒言

溝加工は潤滑性の向上<sup>1)</sup>、マイクロマシンを念頭においた3次元加工<sup>2)</sup>、部品同士の結合<sup>3)</sup>等の目的で研究が行われているが、放電加工を用いた溝加工には、往復スキヤニング法<sup>4)</sup>、フレーム電極法<sup>5)</sup>等が提案され、これらの方法を用いれば溝加工ができることが報告されている。しかし、これらの方法を用いて溝加工を行った場合、溝表面から底面に向かってテーパがつき、溝の加工開始面と終了面で溝形状が相違する。また、ここに、穴の軸方向の形状がストレートになる穴加工法として、段付電極法<sup>6)</sup>が提案され、この方法を用いればストレートな穴が加工できることが報告されている。しかし、穴加工では加工開始面と終了面の形状ならびに穴の軸方向形状について評価を行えばよいが、溝加工では加工開始面と終了面の形状、溝幅、ならびに溝深さについて評価を行わなければならない。

そこで、本研究では溝の加工開始面と終了面の形状ができるだけ等しく、かつ溝底面ができる限りストレートな四角溝を加工することを目的として、段付プレート電極を用いて四角溝を加工する方法を新たに提案し、その効果について実験的に検討を行った。

## 2. 実験方法

### 2.1 試験片材料とその形状

加工物には SUS304 を用い、その形状・寸法は、縦 10mm×横 5.80mm×長さ 10mm の平板試験片とした。

\*1 工学研究科機械工学専攻博士課程前期

\*2 工学部動力機械工学専攻教授

### 2.2 放電加工機の機構と操作方法

溝加工に用いた放電加工機の全体機構の概略を図1に示す。溝加工に際しては、まず加工槽⑦に加工物①を取り付けた後、加工物に垂直になるようにプレート電極②を取り付ける。次いで、加工液タンクからポンプにより加工槽上部より加工液を供給する。最後に、プレート電極を駆動モータ③とボールねじ④により適当な送り速度  $F$  で送る。なお、プレート電極にはジャンピング  $J$  をモータ⑤と偏心軸⑥により与えた。

### 2.3 放電回路と放電加工条件

溝加工を行うための放電回路は図2に示す直流電源、抵抗、コンデンサより構成されるコンデンサ放電回路 (RC 回路) を用いた。RC 回路の直流電源電圧と抵抗値はそれぞれ 100V と 30 $\Omega$  の一定値とし、コンデンサの静電容量を 47 $\mu$ F とした。なお、電極の送り量は電極の消耗を考慮して、加工物の長さの3倍とした。

### 2.4 ストレートプレート電極の作成

ストレートプレート電極は、幅 6.00mm×厚さ 3.00mm の銅製の板を放電加工により図3(a)のように作成した。すなわち、電極の寸法は電極先端部より長さ  $l=35$  mm を設定した幅 5.00mm×厚さ 2.90mm ( $\pm 0.01$ mm) に成形した。成形したプレート電極断面の一例を図3(b)に示す。

なお、ストレートプレート電極の作成には図2と同一の RC 回路を用い、極性は逆極性とし、コンデンサ静電容量は 1 $\mu$ F を用いた。

### 2.5 加工溝の評価法

加工溝は溝深さ、加工開始面と終了面の表面と底面の溝幅、長

さ方向の溝幅について測定し評価を行った。さらに、加工開始面と終了面の溝側面と底面の凹凸およびコーナ部Rを測定し評価を行った。

加工溝の深さについては、図 4(a)に示すように先端部球半径 0.3mm の尖り先マイクロメータにより加工開始面から任意の距離  $D_0, D_1, D_2 \dots D_L$  で測定した。

加工開始面と終了面の溝幅  $W_{Su}, W_B$  は、ミットヨ製の万能投影機で図 4(b)に示すように拡大転写した後、溝側面の内接線と溝表面および底面の内接線の交点を結ぶ線間の距離とした。加工開始面と終了面の溝の凹凸  $\Delta W_S, \Delta W_B$  は、図 4(a)に示す溝側面および底面の互いに平行な内接線と外接線の距離とした。また、加工

開始面と終了面の溝のコーナ半径  $R_S, R_B$  については、テンプレートを用いて溝側面の内接線と溝表面および溝底面の内接線に接する円弧を測定した。

加工溝の長さ方向の溝幅は、図 4(c)に示すように溝に内接する互いに平行な二直線間の距離  $W_0, W_1, W_2 \dots W_L$  を、また溝の凹凸  $\Delta W$  は互いに平行な内接線と外接線の距離をマイクロビッカース硬さ試験機の測微接眼鏡のスケールを用いて測定した。

上記項目およびその他の放電加工条件を表 1 に示す。

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 ストレートプレート電極による四角溝加工

ストレートプレート電極でコンデンサ静電容量  $47 \mu F$  を用い、加工深さ  $D$  を 1, 2 および 3mm として四角溝加工を行った。加工溝の形状の一例として加工深さ 3mm の場合について図 5 に示す。図より、加工開始面と終了面の形状はほぼ四角な形状の溝になっていることがわかる。また、加工溝の底部部コーナ半径は加工開始面に比して加工終了面が大きくなることわかる。

上記加工溝の深さについて測定した結果を図 6 に示す。図より、加工溝の深さは、いずれの加工深さの場合も加工開始面からの距離が大きくなるにつれて深くなり、溝長さのほぼ中間で最大深さとなり、その後浅くなる形状であることがわかる。また、加工深さ

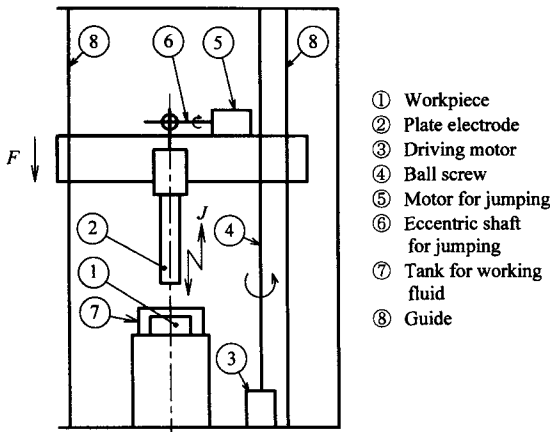


Fig.1 Mechanism of EDM machine

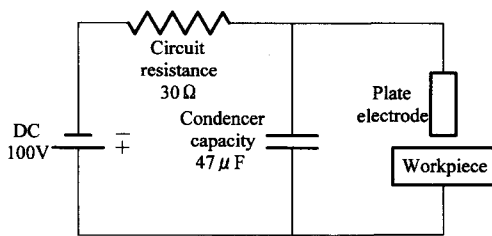


Fig.2. RC circuit for EDM

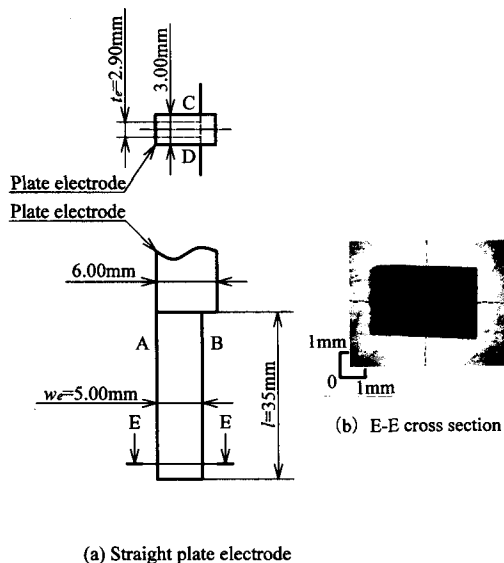


Fig.3 Forms and dimensions of straight plate electrode

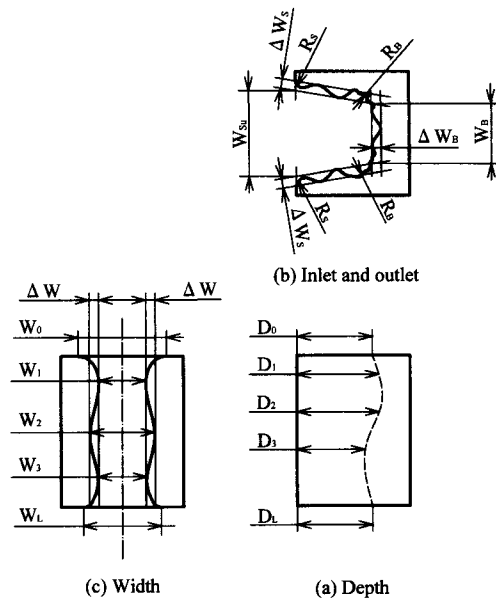


Fig.4 Evaluation method of machined square-groove

Table 1 Machining conditions

Workpiece	SUS304, 10mm × 10mm × 5.80mm
Material of electrode	Cu
Dimension of straight plate electrode	$w_e=9.00\text{mm}, t_e=2.90\text{mm}$
Dimension of stepped plate electrode	$w_e=9.00\text{mm}, w_e'=8.70\text{mm}, t_e=2.90\text{mm}, t_e'=2.50\text{mm}$
Feed of electrode	0.133~4.00 mm/sec
Amplitude of jumping	210 $\mu\text{m}$
Cycle of jumping	0.1sec
Working fluid	De-ionized water
Specific resistance of working fluid	6.0~12.0 × 10 <sup>5</sup> $\Omega \cdot \text{cm}$
Amount of flow of working fluid	190ml/min

が深くなるにつれて深さの差も大きくなることわかる。さらに、加工開始面と終了面では溝の拡大が生じていることがわかる。

次いで、長さ方向の溝幅について測定した結果を図7に示す。図より、長さ方向の溝幅はいずれの加工深さの場合も加工開始面と終了面で拡大が生じるが、その他の部分ではほぼ一定になることがわかる。

ここで、加工開始面と終了面の表面と底面の溝幅  $W_{Su}$ ,  $W_B$ 、コーナ半径  $R_S$ ,  $R_B$  および凹凸  $\Delta W_S$ ,  $\Delta W_B$  を測定した結果について表2に示す。表より、いずれの加工深さの場合も溝底面の幅に比して溝表面のそれが大きいことがわかる。また、加工開始面の溝幅が終了面のそれに比して大きいことがわかる。さらに、コーナ半径は、表よりいずれの加工深さの場合も溝表面のコーナ半径に比して溝底面のそれが大きいことがわかる。また、加工終了面の溝底面のコーナ半径が加工開始面のそれに比して大きいことがわかる。最後に、加工溝の凹凸は、表よりいずれの加工深さの場合も溝の側面、底面および長さ方向の凹凸がほぼ一定になることがわかる。

上記のストレートプレート電極を用いた加工溝の形成過程については、図8に示す模式図を用いて説明できる。図8は長さLの加工物に幅  $w_e$ 、厚さ  $t_e$  のストレートプレート電極を用い、加工深さをDとして溝加工を行う場合について示す。

まず、電極が貫通する直前の形状を図8(a)に示す。加工の初期段階では加工液は加工開始面から  $f_1$  のように流れる。この加工液には放電屑が含まれ、電極→放電屑→加工物間に二次放電が生じ、溝の拡大が生じる。また加工液に純水を用いているので電解現象による溝の拡大も生じる。加工が進行し、電極の送り量がDを越え、 $f_1$  の加工液流れは小さくなり加工開始面からの放電屑の排出が困難になる。よって加工物の中心部で放電屑の滞留による

二次放電が生じ、それにより溝深さが深くなり、深さの差  $\Delta D$  が生じる。

次いで、プレート電極が加工物を貫通した直後の形状を想像線で図8(a)に示す。貫通後は  $f_2$  のように放電屑が排出されるが、加工出口でも電極→放電屑→加工物間の二次放電による溝の拡大と電解現象による溝の拡大が生じる。

さらに、加工溝の加工開始面の形状は、図8(b)に示すように、加工液が  $f_3$  のように排出されることにより、表面で二次放電が発生し、底面に比して表面の溝幅が拡大する。なお、加工終了面は加工開始面に比して加工量が少ないことにより、加工開始面の寸法形状に比して図8(c)に示すように加工終了面のそれは小さくなる。また、加工開始面と終了面の溝表面のコーナ半径は、加工液流れ  $f_3$  の影響を受けて拡大するが、電極の加工深さが変化してもほぼ一定となる。一方、溝底面のコーナ半径は加工が終了するまで加工液の流れ  $f_2$  に含まれる放電屑の影響を受けるので加工開始面に比して加工終了面で大きくなる。さらに加工開始面と終了面

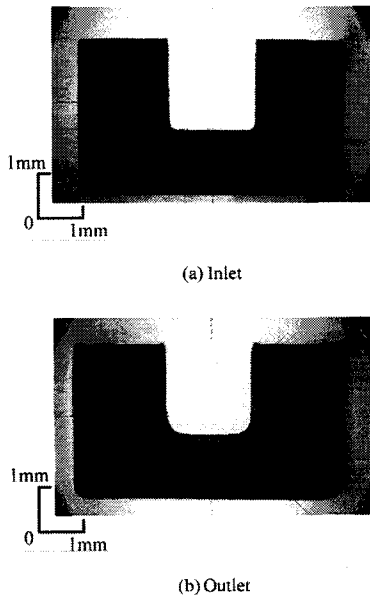


Fig.5 Machined square-groove by using straight electrode (Machining depth:3mm)

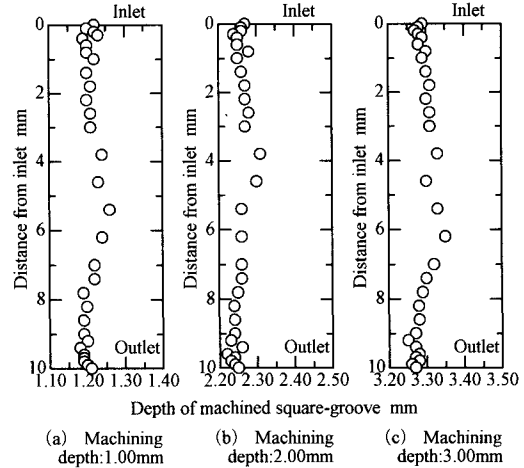


Fig.6 Relation between distance from inlet and depth of machined square-groove by using straight plate electrode

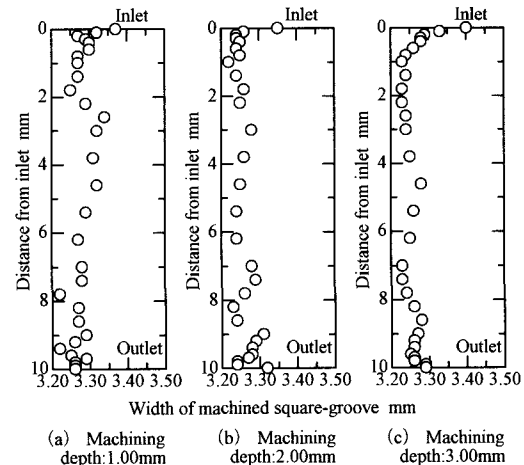


Fig.7 Relation between distance from inlet and width of machined square-groove by using straight plate electrode

Table 2 Width  $W_{Su}$ ,  $W_B$ , radius of corner  $R_S$ ,  $R_B$  and irregularity  $\Delta W_S$ ,  $\Delta W_B$ ,  $\Delta W$  at inlet and outlet of machined square-groove by using straight plate electrode

Machining depth mm		$W_{Su}$ mm	$W_B$ mm	$R_S$ mm	$R_B$ mm	$\Delta W_S$ mm	$\Delta W_B$ mm	$\Delta W$ mm
1	Inlet	3.28	3.18	0.04 / 0.04	0.23 / 0.20	0.03 / 0.03	0.08	
	Outlet	3.14	2.94	0.05 / 0.05	0.45 / 0.46	0.03 / 0.03	0.06	0.25 / 0.25
2	Inlet	3.22	3.12	0.04 / 0.03	0.34 / 0.30	0.05 / 0.07	0.06	
	Outlet	3.20	2.95	0.05 / 0.04	0.57 / 0.57	0.05 / 0.05	0.07	0.20 / 0.21
3	Inlet	3.22	3.08	0.05 / 0.04	0.22 / 0.34	0.06 / 0.06	0.05	
	Outlet	3.16	2.92	0.05 / 0.05	0.57 / 0.63	0.06 / 0.08	0.06	0.21 / 0.21

の溝側面と底面の凹凸は、コンデンサ静電容量が一定すなわち放電エネルギーが一定であれば一定になる。

最後に、加工溝の長さ方向の溝幅について図 8(d)を用いて考える。加工初期は放電屑が主に  $f_3$  から排出されるために二次放電と電解現象による加工開始面の溝の拡大が生じるが、加工が進行し、電極の送り量が  $D$  を越えると、主に  $f_3$  の加工液流れの影響を受けて溝の拡大が生じる。貫通後は主に加工液流れ  $f_6$  の影響を受け加工終了面の溝の拡大が生じる。また、溝の凹凸は、加工開始面と加工終了面の溝側面と底面の凹凸と同様に、コンデンサ静電容量が一定すなわち放電エネルギーが一定であれば一定になる。

### 3.2 段付プレート電極による四角溝加工

前述したように、ストレートプレート電極を用いて溝加工を行うと、溝深さ、溝幅およびコーナ半径はいずれも放電屑と電解現象の影響を受け、加工精度の低下が生じることが示された。

そこで、加工溝の精度を向上させることを目的として、段付プレート電極による溝加工法を新たにここに提案する。この加工法による四角溝の加工過程について模式図を用いて以下に述べる。

長さ  $L$  の加工物に厚さ  $t_e$  と  $t_e'$ 、幅  $w_e$  と  $w_e'$  からなる段付プレート電極を用いて、電極の加工深さを  $D$  として四角溝加工を行う場合について図 9 に示す。

まず、段付プレート電極の先端部  $t_e'$  で形成される溝は、前述したストレートプレート電極による溝加工の場合と同様の形状になるが、段付プレート電極をさらに送り込むと、図 9(a) と (d) に示すように厚さ  $t_e$ 、幅  $w_e$  によって加工開始面側から溝加工が行われる。このときの溝加工においては、図 9(a) と (d) に示すように溝が貫通

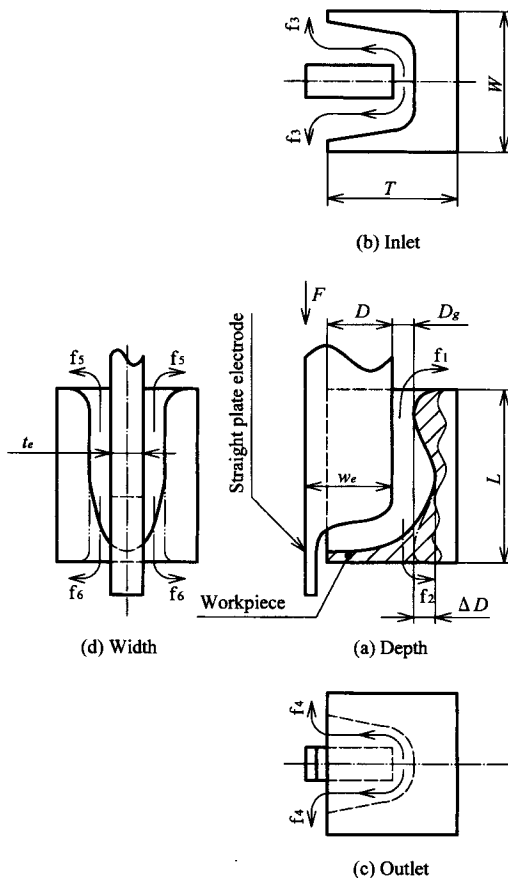


Fig. 8 Schematic explanation for square-groove machining by using straight plate electrode

しているの、放電屑が加工終了面から排出され、放電屑の滞留が少なく、また  $w_e$  と  $t_e$  による加工量が少なく、放電屑の影響が小さくなることにより図 9(a) に示す  $\Delta D$  が小さくなるはずである。

次いで、加工開始面と終了面の形状は、加工液流れ  $f_1$  と  $f_2$  の影響すなわち二次放電の影響を受けるが、加工量が少ないので、表面幅  $W_{S0}$  と底面幅  $W_B$  の差は小さくなり、加工開始面と終了面のコーナ半径  $R_S$ 、 $R_B$  も小さくなるはずである。

最後に、長さ方向の溝幅の形状も段付部の加工量が小さく、放電屑の影響が小さくなることにより、溝の拡大は小さくなるはずである。

#### 3.2.1 段付プレート電極の設計

段付電極の厚さ  $t_e'$  は電極厚さ  $t_e$  での加工量を少なくする目的で、2.40mm とした。また、電極の幅  $w_e'$  は前記ストレートプレート電極を用いた実験で、加工深さに対して加工溝の深さが 0.3mm 深くなることから 4.70mm とした。なお、図 10 に示すように、加工前後で電極先端部長さの消耗があるので、段付プレート電極の先端部長さは電極の消耗長さ+溝長さ+余裕を考慮して 20mm とした。

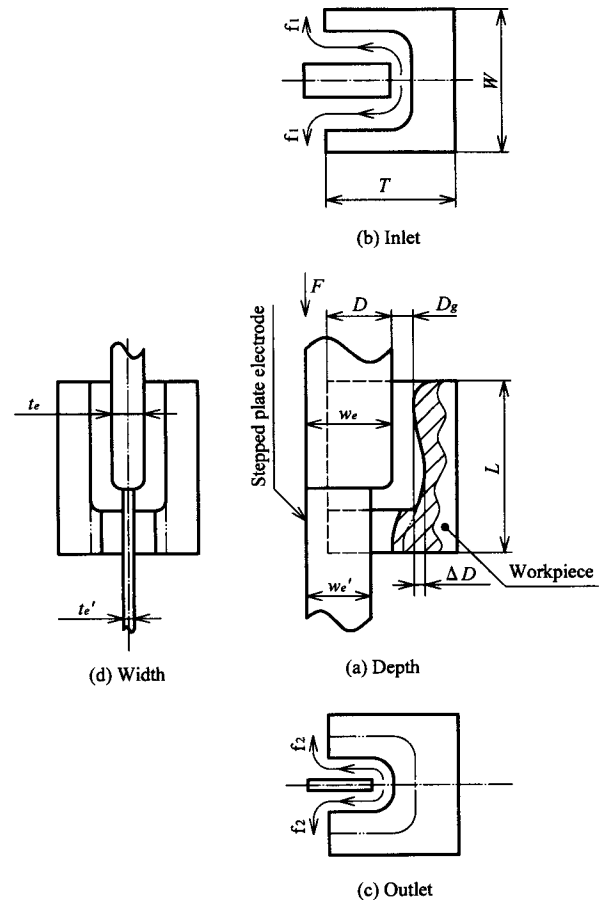


Fig. 9 Schematic explanation for square-groove machining by using stepped plate electrode

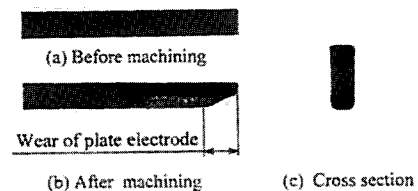


Fig. 10 Wear of straight plate electrode (Machining depth: 3mm)

3.2.2 段付プレート電極による四角溝加工

(1) コンデンサ静電容量(47μF)一定で加工を行った場合

前述した段付プレート電極を用いて、コンデンサ静電容量47μFを用いて加工を行った。加工溝の深さについて測定した結果を図11に示す。図より、加工溝の深さの形状はストレートプレート電極によるそれと同様であるが、ストレートプレート電極に比して深さの差は小さくなるのがわかる。さらに、加工開始面と終了面では溝の拡大が生じていることがわかる。

次いで、長さ方向の溝幅について測定した結果を図12に示す。図より、ストレートプレート電極による加工溝と同様であるが、ストレートプレートによる加工溝に比して段付プレート電極による長さ方向の溝幅は加工開始面と終了面の拡大が小さくなる。

ここで加工開始面と終了面の表面と底面の溝幅  $W_{Su}$ ,  $W_B$ 、コーナ半径  $R_S$ ,  $R_B$  および凹凸  $\Delta W_S$ ,  $\Delta W_B$  を測定した結果について表3に示す。表よりいずれの加工深さの場合も溝底面の幅に比して溝表面のそれが大きく、加工開始面の溝幅が加工終了面のそれに比して大きいことがわかる。さらに、段付プレート電極による加工溝の加工開始面と終了面の表面と底面の溝幅は、ストレートプレート電極による加工溝に比して小さくなるのがわかる。また、コーナ半径は、表よりいずれの加工深さの場合も溝表面のコーナ半径に比して溝底面のそれが大きいことがわかる。また、加工終了面の溝底面のコーナ半径が加工開始面のそれに比して大きいことがわかる。さらに、段付プレート電極による加工溝の加工終了面の底面のコーナ半径はストレートプレート電極のそれに比して小さくなるのがわかる。最後に、加工溝の凹凸は、表よりほぼ一定となるのがわかる。

(2) コンデンサ静電容量を変化させて(47μF→1μF)加工を行った場合

前述したように段付プレート電極を用いれば、溝の加工精度は向上するが、さらに四角溝の加工精度を向上させる目的で、段付

プレート電極を用い、コンデンサ静電容量を変化させて加工を行う方法について検討を行った。

この加工法は、段付プレート電極の厚さ  $t_e'$ 、幅  $w_e'$  では静電容量の大きいコンデンサを、厚さ  $t_e$ 、幅  $w_e$  では静電容量の小さいコンデンサを用いる方法である。一例として厚さ  $t_e'$ 、幅  $w_e'$  ではコンデンサ静電容量47μFを用い、厚さ  $t_e$ 、幅  $w_e$  ではコンデンサ静電容量1μFを用い加工を行う場合について以下に示す。ただし幅  $w_e'$  に関してはストレートプレート電極での溝深さが電極の加工深さ1, 2, 3mmで図6に示すようにそれぞれ1.26mm, 2.31mm, 3.35mmとなり、加工深さに比して溝深さはそれぞれ0.26mm, 0.31mm, 0.35mm深くなるので、いずれの加工深さの場合も幅  $w_e$  は5.00mmとし、幅  $w_e'$  は加工深さ1, 2, 3mmで4.75mm, 4.70mm, 4.65mmとした。また、段付電極の厚さ  $t_e'$  はコンデンサ静電容量1μFを用いたときの加工量をできるだけ少なくするために2.40mmとした。

上記の方法で加工を行ったときの加工溝深さを測定した結果を図13に示す。図よりいずれの加工深さの場合も、コンデンサ静電容量を一定にした場合の溝深さに比してコンデンサ静電容量を変化させた場合のそれが減少していることがわかる。また溝深さの差  $\Delta D$  がコンデンサ静電容量を一定の場合に比して小さくなるのがわかる。

次いで、長さ方向の溝幅について測定した結果を図14に示す。図より、コンデンサ静電容量を一定にした場合に比してコンデンサ静電容量を変化させた場合の長さ方向の溝幅は、加工開始面と終了面の拡大が小さくなる。さらに、長さ方向の溝幅もコンデンサ静電容量を一定にした場合に比して小さくなるのがわかる。

ここで、加工開始面と終了面の表面と底面の溝幅  $W_{Su}$ ,  $W_B$ 、コーナ半径  $R_S$ ,  $R_B$  および凹凸  $\Delta W_S$ ,  $\Delta W_B$  を測定した結果を表4に示す。表より、コンデンサ静電容量を一定にした場合に比してコンデンサ静電容量を変化させた場合の表面幅と底面幅の差および

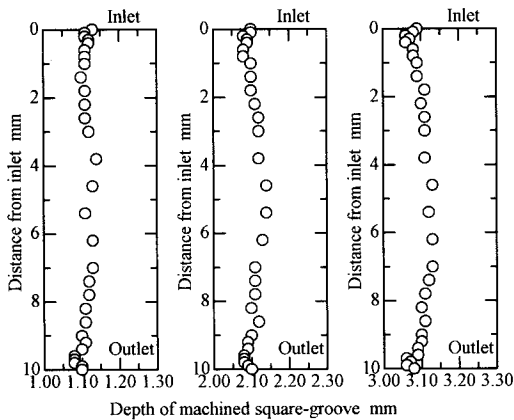


Fig.11 Relation between distance from inlet and depth of machined square-groove by using stepped plate electrode (Condenser capacity : 47 μ F)

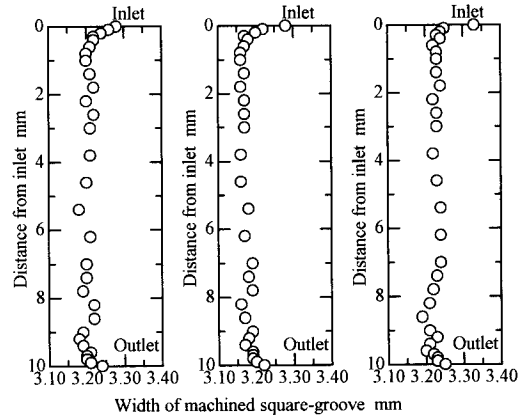


Fig.12 Relation between distance from inlet and width of machined square-groove by using stepped plate electrode (Condenser capacity : 47 μ F)

Table 3 Width  $W_{Su}$ ,  $W_B$ , radius of corner  $R_S$ ,  $R_B$  and irregularity  $\Delta W_S$ ,  $\Delta W_B$ ,  $\Delta W$  at inlet and outlet of machined square-groove by using stepped plate electrode (Condenser capacity : 47 μ F)

Machining depth mm		$W_{Su}$ mm	$W_B$ mm	$R_S$ mm	$R_B$ mm	$\Delta W_S$ mm	$\Delta W_B$ mm	$\Delta W$ mm
1	Inlet	3.18	3.08	0.04 / 0.04	0.18 / 0.25	0.04 / 0.06	0.08	0.13 / 0.16
	Outlet	3.14	2.96	0.03 / 0.04	0.48 / 0.38	0.04 / 0.04	0.06	
2	Inlet	3.14	3.08	0.10 / 0.07	0.20 / 0.18	0.05 / 0.06	0.06	0.03 / 0.04
	Outlet	3.09	3.05	0.14 / 0.08	0.38 / 0.38	0.04 / 0.03	0.05	
3	Inlet	3.20	3.11	0.05 / 0.05	0.28 / 0.30	0.05 / 0.05	0.05	0.05 / 0.05
	Outlet	3.10	3.02	0.05 / 0.04	0.51 / 0.56	0.05 / 0.05	0.07	

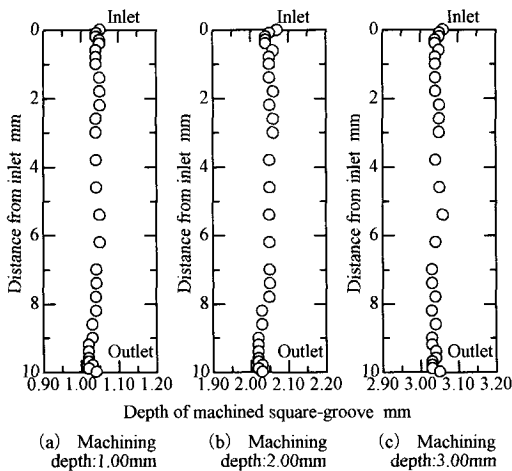


Fig.13 Relation between distance from inlet and depth of machined square-groove by using stepped plate electrode ( Condenser capacity :  $47 \mu F \rightarrow 1 \mu F$  )

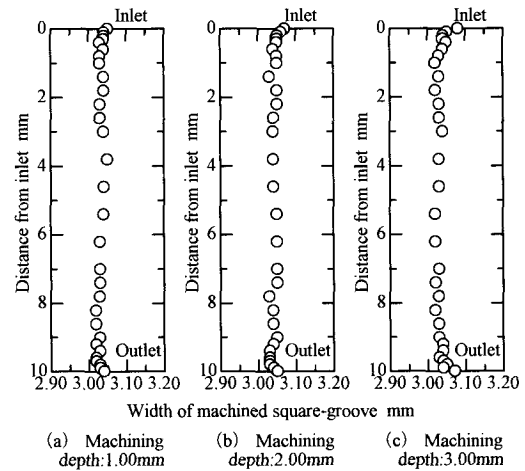


Fig.14 Relation between distance from inlet and width of machined square-groove by using stepped plate electrode ( Condenser capacity :  $47 \mu F \rightarrow 1 \mu F$  )

Table 4 Width  $W_{S0}, W_B$ , radius of corner  $R_S, R_B$  and irregularity  $\Delta W_S, \Delta W_B, \Delta W$  at inlet and outlet of machined square-groove by using stepped plate electrode (Condenser capacity:  $47 \mu F \rightarrow 1 \mu F$ )

Machining depth mm		$W_{S0}$ mm	$W_B$ mm	$R_S$ mm	$R_B$ mm	$\Delta W_S$ mm	$\Delta W_B$ mm	$\Delta W$ mm
1	Inlet	3.02	3.00	0.03 / 0.02	0.16 / 0.18	0.02 / 0.02	0.03	0.02 / 0.03
	Outlet	2.96	2.94	0.02 / 0.02	0.30 / 0.39	0.03 / 0.02	0.04	
2	Inlet	3.02	3.00	0.02 / 0.02	0.19 / 0.13	0.03 / 0.02	0.03	0.03 / 0.03
	Outlet	2.99	2.95	0.03 / 0.02	0.33 / 0.36	0.03 / 0.02	0.03	
3	Inlet	3.09	3.05	0.03 / 0.03	0.15 / 0.16	0.04 / 0.02	0.05	0.04 / 0.03
	Outlet	3.00	2.96	0.02 / 0.02	0.33 / 0.39	0.03 / 0.02	0.03	

加工開始面と終了面の表面幅と底面幅の寸法差が小さくなること  
がわかる。また、加工開始面と終了面の表面と底面のコーナ半径  
は、表よりコンデンサ静電容量を一定にした場合に比していずれ  
も小さくなることわかる。

最後に、加工溝の凹凸は、表よりコンデンサ静電容量を一定に  
した場合に比してコンデンサ静電容量を変化させた場合のほうが  
いずれの溝深さでも小さくなることわかる。

ここで、加工溝の精度向上例として、溝深さの差について表 5  
に示す。表よりストレートプレート電極法→段付プレート電極法  
(コンデンサ静電容量：一定)→段付プレート電極法(コンデン  
サ静電容量：変化)の順に溝深さの差が小さくなり、精度が向上  
していることがわかる。

#### 4. 結言

本研究では、段付プレート電極を用いて四角溝を加工する方法  
を新たに提案し、その効果について実験的に検討を行った。その  
結果、以下の事柄が明らかになった。

- (1) ストレートプレート電極を用いて四角溝加工を行うと、加工開始面と終了面の表面と底面の溝幅に相違が生じ、溝深さは一定とならない。
- (2) 段付プレート電極を用いてコンデンサ静電容量を一定にして四角溝加工を行うと、加工溝の表面と底面の溝幅の差が減少し、溝深さの差は小さくなる。
- (3) 段付プレート電極を用いてコンデンサ静電容量を変化させて四角溝加工を行うと、溝の加工開始面と終了面の形状がほぼ等しく、かつ溝深さがほぼ一定の四角溝加工ができる。

Table 5 Difference of depth of machined square-groove

Machining depth D mm	Difference of depth of machined square-groove mm		
	Straight plate electrode $\Delta D$	Stepped plate electrode (47 $\mu F$ ) $\Delta D_{47}$	Stepped plate electrode (47 $\mu F \rightarrow 1 \mu F$ ) $\Delta D_{47 \rightarrow 1}$
1	0.08	0.06	0.03
2	0.09	0.06	0.04
3	0.10	0.07	0.03

(4) 段付プレート電極を用い、コンデンサ静電容量を変化させて加工を行うと、溝の凹凸が小さくなるので、溝の荒仕上げ加工から仕上げ加工に至る加工ができる。

#### 参考文献

- 1) 大澤健一郎, 戸倉和 : エキシマレーザ照射による微細溝の形成, 精密工学会誌, Vol.64(1998), No.1, 121.
- 2) 佐藤健夫 : マイクロ放電加工による形状創成, 精密工学会誌, Vol.61(1995), No.10, 1369.
- 3) 竹内芳美他 5 名 : マイクロ V 溝を利用した微小部品の直接結合, 精密工学会誌, Vol.67(2001), No.2, 279.
- 4) 増沢隆久他 2 名 : 単純成形電極による三次元微細加工, 電気加工学会誌, Vol.31(1997), No.6, 18.
- 5) 南久他 2 名 : 金型用亜鉛合金の高速放電加工フレーム電極による三次元創成加工, 電気加工学会全国大会講演文集, 2000, 9.
- 6) 香川勝一 : 段付電極パイプによる放電直円筒穴加工に関する研究, 東海大学紀要工学部, Vol.37(1997), No.1, 219