

# ワイヤ EDG による細軸の加工

Machining of Fine Rod by Wire EDG

増 沢 隆 久\*・藤 野 正 俊\*

Takahisa MASUZAWA and Masatoshi FUJINO

## 1. はじめに

現在微細穴加工に対する要求は、光ファイバコネクタ、インクジェットプリンタ等の例に見られるように、各分野で高まりつつある。また、微細穴加工法ではドリルによる切削加工、金型を使った打ち抜き加工、放電加工等それぞれ特徴を持った加工法が紹介されているが、微細軸加工、特に段付テーパ等を含む形状の成形法には適当なものが少ない。しかし、当研究室で開発したワイヤ EDG (WEDG) 法を採用すれば細軸加工、任意形状の軸加工を行うことは、比較的容易である。今回は、材料の種類による加工特性、面性状を知るために4種の材料の放電研削を試みたので報告する。

## 2. 実験方法

加工装置はすでに発表<sup>1)</sup>した装置をそのまま使用したがテーブルの座標原点の精度に問題があったため、新たに繰り返し精度 0.1  $\mu\text{m}$  の近接スイッチ (マコメ研究所 HP-10, MG-210) を取り付けることによって、座標原点の精度の向上をはかった。また、周囲温度によって装置の精度が狂うことが予想されるが、本実験では特に対策は講じなかった。被加工軸としては純タングステン (W)、三菱金属の微粒子超硬合金、純銅 (Cu)、不二越の粉末ハイス (FAX 40) を使用し、加工電圧は 120 V 一定、加工液は白灯油を用い静止液中で加工を行った。加工回路は RC で構成し放電条件は充電抵抗を固定とし、コンデンサ容量を変化させた。すなわち、コンデンサとして 47 pF, 22 pF, 10 pF を用いたものと、浮遊容量のみの場合と合わせて4条件を設定した。軸径は 50  $\mu\text{m}$ , 30  $\mu\text{m}$ , 10  $\mu\text{m}$  となるように軸成形を行い、軸径の差を見るための基準としてはタングステンの軸径を用いた。切込量としては前の3条件で 25  $\mu\text{m}$ 、浮遊容量のみの場合は放電エネルギーが小さくなり、加工に時間がかかることが予想されたので 5  $\mu\text{m}$  とした。また、端面のかえりの発生を見るために被加工軸はあらかじめ浮遊容量のみの条件で仕

上げておいた。軸径の評価は分解能 6 nm の座標測定走査電子顕微鏡 (エリオニクス EMM-3000) を使用し先端部から 10  $\mu\text{m}$  ステップの5点を測定し平均値を用いた。

## 3. 実験結果

### 3.1 被加工材料を変えたときの加工特性

図1は軸径を 50  $\mu\text{m}$  に仕上げたときの加工時間の変化を示す。切込量を 25  $\mu\text{m}$  一定としたため、コンデンサ容量が小さくなるにつれて加工時間が長くなっている。また、Cu が加工時間が最も短く、次いで FAX 40, 超硬,

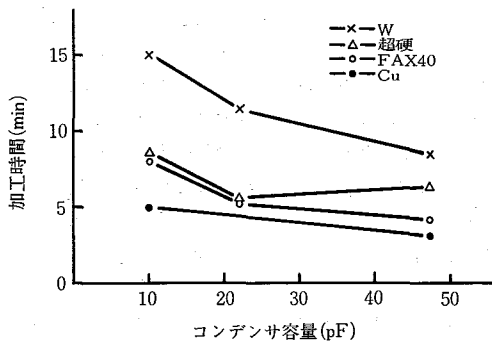


図1 軸径 50  $\mu\text{m}$  に加工したときのコンデンサ容量による加工時間の変化

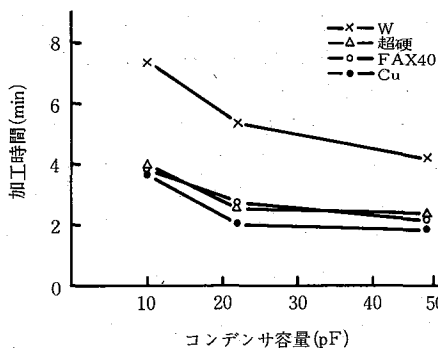


図2 軸径 30  $\mu\text{m}$  に加工したときのコンデンサ容量による加工時間の変化

\* 東京大学生産技術研究所 第2部

W の順である。しかし、FAX 40 と超硬ではコンデンサ容量が 22 pF と 10 pF のところでは、ほぼ同程度の加工時間であるのに対し、コンデンサ容量が 47 pF のときは超硬の加工時間が長くなっている。これは、放電が安定に起きなかったためと考えられる。W は Cu から比べるとかなり加工に時間がかかり、放電条件の細かいコンデンサ容量 10 pF のときで 3 倍程度要し、15 分ほどである。図 2 は軸径を 30  $\mu\text{m}$  に仕上げた場合で、図 1 同様の傾向を示し、コンデンサ容量が 10 pF のとき加工時間は W で 7, 8 分ほど、Cu で 3, 4 分かかっている。また、図 3 は軸径を 10  $\mu\text{m}$  としたときで、各材料による加工時間の差は少なくなっているが、図 1, 2 同様の傾向は変わらない。これから放電微細加工では W は加工しにくい材料であることがわかる。表 1 は W を 50  $\mu\text{m}$  に仕上げたときの軸径の変化を放電条件ごとにまとめたもので、軸径の最大値と最小値を示す。各条件とも同一軸上の直径の変動は少なく、軸径の変化量は 0.5  $\mu\text{m}$  程度となっている。また、放電条件が小さくなると軸径は太くなり、コンデンサ容量が 47 pF から 10 pF の間では軸径の差は 2  $\mu\text{m}$  程度である。しかし、本装置のテーブル移動精度(±

1  $\mu\text{m}$ ) を考え合わせると有意差があるとはいえない。

浮遊容量のみの条件では軸径の差が 4  $\mu\text{m}$  と比較的大きくなった。これは、この放電条件だけが切込量を 5  $\mu\text{m}$  としたためで、放電ギャップが狭くなっているものと考えられる。これは、すでに報告<sup>2)</sup>した結果とよく一致する。図 4, 5 は、軸径を各 50  $\mu\text{m}$ , 30  $\mu\text{m}$  に仕上げたときの加工材料による軸径の変化を表したもので、タングステンを加工したときの仕上がり軸径を基準とし、コンデンサ容量および被加工軸材料を変えたときの、仕上がり軸径の差の変化を表したものである。これからみると、各材料による軸径の差にはあまり大きな変化はみられない。図 6 は同様に軸径を 10  $\mu\text{m}$  に仕上げた場合で、超硬

表 1 タングステンを  $\phi 50\mu\text{m}$  に加工したときの加工条件による軸径の変化

コンデンサ容量 (pF)	軸径 ( $\mu\text{m}$ )	
	MIN	MAX
47	51.19	51.83
22	53.37	53.92
10	53.07	53.55
0	54.18	54.83

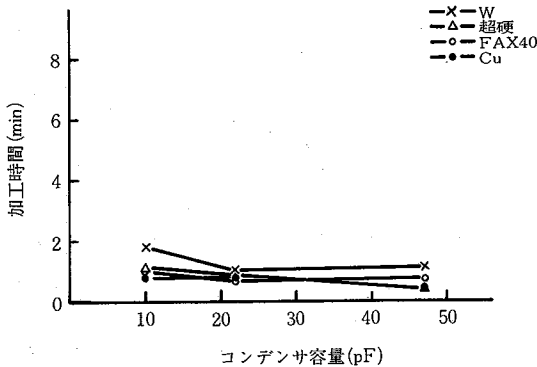


図 3 軸径 10  $\mu\text{m}$  に加工したときのコンデンサ容量による加工時間の変化

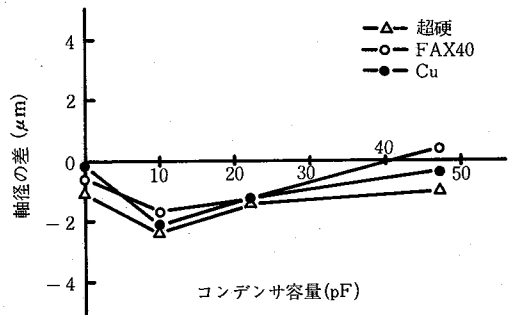


図 5 軸径 30  $\mu\text{m}$  時の加工材料による軸径の差の変化

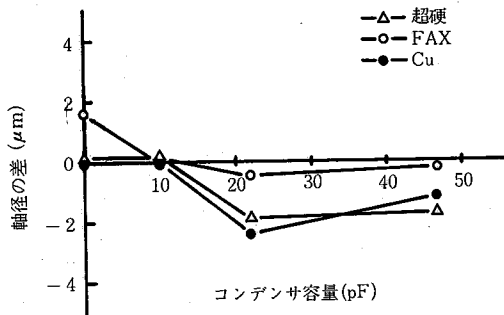


図 4 軸径 50  $\mu\text{m}$  時の加工材料による軸径の差の変化

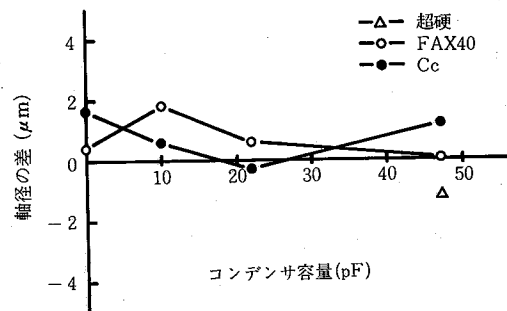


図 6 軸径 10  $\mu\text{m}$  時の加工材料による軸径の差の変化

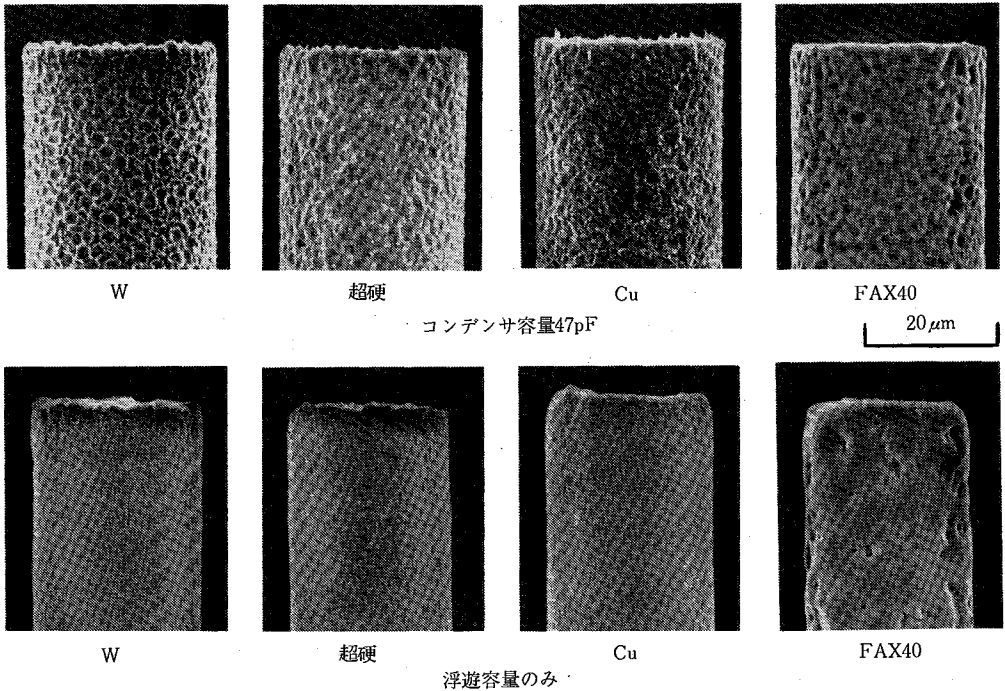


図 7 軸径 30  $\mu$ m に加工したときの被加工軸の面性状

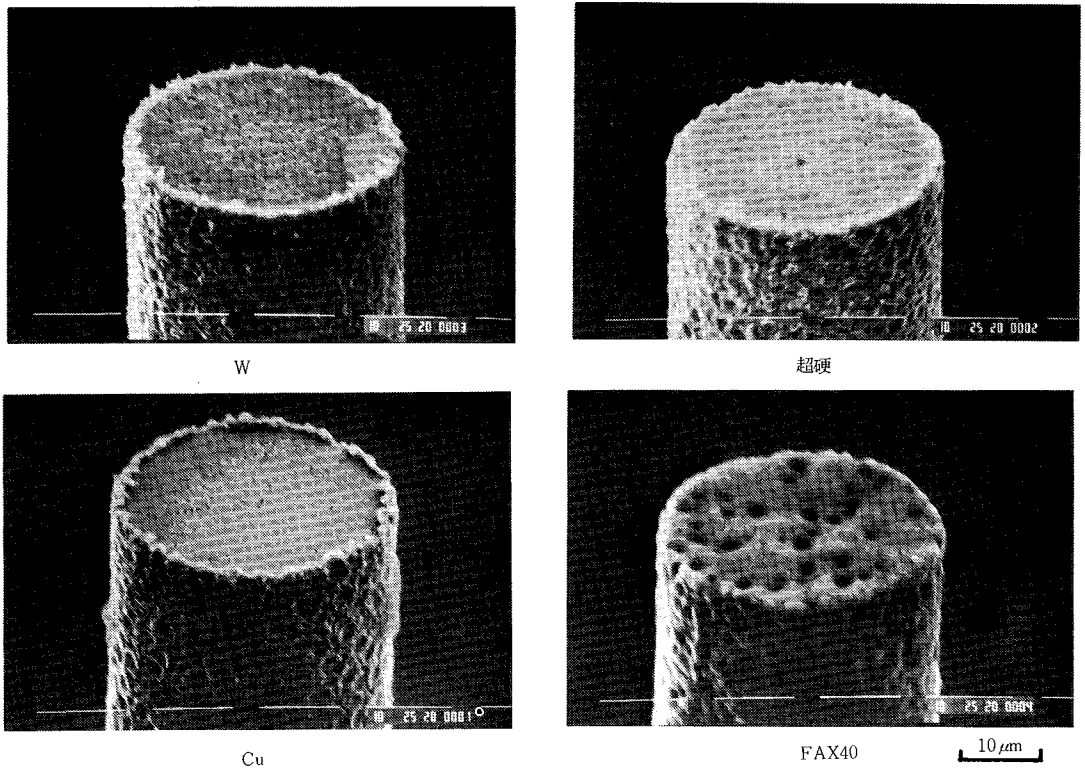


図 8 軸径 30  $\mu$ m に加工したときの被加工軸の端面性状

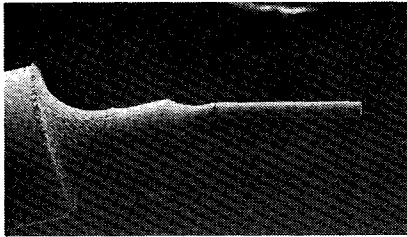


図9 タングステンにおける加工後の損傷例

は加工終了後成形部を損傷し測定不能となったためコンデンサ容量 47 pF のみを表示してある。加工材料による軸径の差の変化は図4,5同様に大きな変化は認められない。

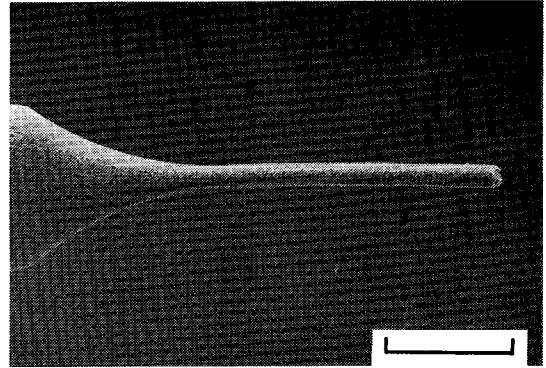
### 3.2 材料による加工軸性状の違い

図7は軸径 30  $\mu\text{m}$  における各材料の面性状をSEMにより観察したもので、コンデンサ容量が 47 pF のときの、各材料による面性状の違いを上図に示す。各材料とも放電痕には特徴を示し、W では放電痕が重なり合っているようすがよくわかる。面粗さではW, 超硬, Cuとも大きな変化は見られないが、FAX 40 では放電痕のほか穴のあいたような痕跡があり、特異な面性状を示している。下図はコンデンサ容量を 0 pF とし浮遊容量のみで加工を行ったときのもので、放電エネルギーが小さくなったため加工面は滑らかなものとなっている。しかし、上記同様 FAX 40 のみが特異な面性状を示し、穴のあいた状態がさらに顕著に表れている。炭化物が脱落した痕跡とみることでもできるがまだ明らかではない。W, 超硬, Cuでは面性状は良く、SEMの観察から面粗さは0.1  $\mu\text{m}$  程度であると思われる。図8は、図7中のコンデンサ容量 47 pF のときの各材料の端面をSEMにより観察したもので、Wでは周囲全体に放電痕から出来たと思われる小さなかえりが見られる。超硬も同様な小さなかえりが周囲のところどころに発生している。Cuでは端面の周囲全体に大きなかえりが見られる。また、FAX 40 ではかえりが見られない代わりに周囲全体がだれており、端面部も側面同様特異な面性状を示している。

面性状以外にも、材料によっては特異な現象がいくつかみられた。

図9はタングステンを加工したものであるが、加工後に与えられた衝撃（材料を切断した際など）によるものと思われる損傷を示している。同様の例は超硬にも見られ、その場合は脆いため先端が脱落している。したがって、このような細軸では製品の取扱いには注意を必要がある。

図10はCuを浮遊容量のみで  $\phi 10\mu\text{m}$  に加工したとき

図10 Cuを  $\phi 10\mu\text{m}$  に加工したときの变形例

の図で、成形した部分が反っているのがわかる。これは内部応力が開放されたためこのような現象が表れたものと考えられるが、他の材料ではこのような現象は見られなかった。

## 4. ま と め

以上の実験結果から次のことが明らかとなった。

- 1) 材料による加工速度の違いについては、タングステンが最も遅く加工しにくい材料であることがわかった。
- 2) 現在使用している装置の精度では材料による加工精度の違いは見られなかった。
- 3) 材料によりかえりの発生のしかたが異なることが明らかとなったが、加工条件によっても変わることが考えられるので検討中である。
- 4) 各条件における加工面の状態はW, 超硬, Cuでは通常の放電加工面と似たものが得られたがFAX 40 (粉末ハイス)では特異な様相を呈した。

なお、本研究は一部文部省科学研究補助金および本所選定研究費により行った。

## 5. 謝 辞

本実験に御協力いただいた三菱金属(株)、(株)不二越、松下技研(株)、(株)諏訪精工舎の各社と日本工業大学学生藤井一博君に深く感謝致します。また、工作物の測定に御協力いただいた(株)エリオニクスに深く感謝の意を表します。  
(1985年8月17日受理)

## 参 考 文 献

- 1) 増沢, 藤野, 小林: 昭和59年度精機学会秋季大会前刷 (1984)
- 2) 増沢, 藤野, 小林, 鈴木: 昭和60年度精機学会春季大会前刷 (1985)