

ワイヤ放電研削を応用したマイクロ打抜き加工システム

Micro-Punching System as an Application of WEDG

藤 野 正 俊*・山 本 正 樹*・増 沢 隆 久*
Masatoshi FUJINO, Masaki YAMAMOTO and Takahisa MASUZAWA

1. は じ め に

微細穴加工のニーズは電子回路の高密度化や装置のコンパクト化が進むにつれ急速に高まってきた。しかし、その多くは加工に熟練を要する、加工時間が長いなど問題点が多い。

近年幾例かの微細穴加工において、加工形状や繰り返しの形状精度が良いとの理由から打抜き加工が採用され始めてきたが、ダイセットの製作が容易ではなく、一般的な加工法まで普及していない。

筆者らはワイヤ放電研削 (WEDG) 法を開発し、マイクロ放電加工の高精度化を図ってきた。そこで、この加工法をダイセットの製作に応用し、マイクロ打抜き加工システムの開発を行ったところ優れた結果を得た。

2. 加 工 原 理

図 1 にダイセットの加工プロセスを示す。(a)で WEDG により段差 Δd を持つ軸を成形する。(b)では $\phi d2$ の部分を工具電極として放電加工 (EDM) によりダイスの加工を行う。図中 g は放電ギャップを表す。(c)は

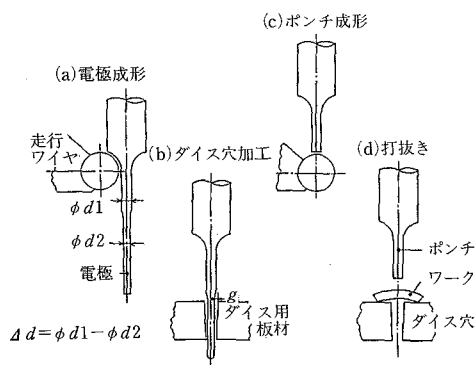


図 1 加工原理

WEDG により $\phi d2$ 部分を除去し、端面加工を行い $\phi d1$ のポンチを完成させる。(d)で、 $\phi d1$ をポンチとして打抜き加工を行う。このときのクリアランスは片側 $g - \Delta d/2$ となる。本方式の利点として、次のことがあげられる。

- 1) ポンチ成形時、ダイス穴加工時、打抜き加工時の、軸および穴の中心線の位置がすべて共通なため、従来不可欠であったポンチとダイスの心合わせの必要がない。
- 2) ダイセットの製作工程が自動化できる。
- 3) ダイセット製作時間が短い。
- 4) 応力集中の起こりにくい理想的なポンチ形状が作れる。
- 5) ポンチとダイスのクリアランスを任意に設定できる。
- 6) 任意断面を持つダイセットの製作が容易。

3. 加 工 装 置

打抜き加工を効率的に行うには、加工専用機を用いなければ高速加工に適用できない。しかし、本方式では WEDG, EDM を用いてダイセットの製作を容易にするため、打抜き加工機にこの 2 種の加工能力を持たせる必要がある。そこで、本手法を効率的に行わせるため、新たに装置の開発が必要となる。

本研究ではマイクロ打抜き加工の基礎データを得るため微細放電加工機に改良を加えて、WEDG と打抜き機能を持たせたもので、予備実験を行った後、新装置の開発、実験を行った。

4. 微細放電加工機による打抜き実験

4.1 実験方法

放電加工用として松下技研製の放電加工機にワイヤ走行装置を取りつけたものを用いた。図 2 に実験装置の構成を示す。電極 (ポンチ) とダイスの位置は固定とし、走行ワイヤをガイドするワイヤガイドのみが DC モータにより $\pm 1 \mu\text{m}$ の分解能で移動、位置決めする。ポンチおよびダイス穴加工用電極としては、三菱金属製 $\phi 270 \mu\text{m}$

*東京大学生産技術研究所 第 2 部

研 究 速 報

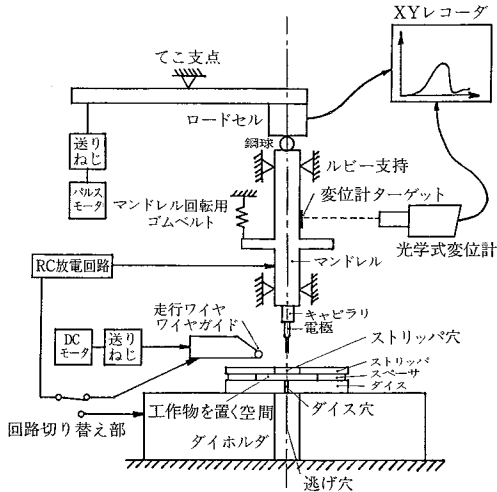


図2 実験装置の構成

の超硬線を用い、キャピラリに接着固定した。ダイス材には厚さ $200\mu\text{m}$ のペーナイト鋼(BT60, Hv420)を用いた。ダイスの上には厚み $100\mu\text{m}$ のスペーサを介して固定ストリッパをもうけ、ダイスとストリッパの間に打抜き工作物を挿入することとした。本装置は元来放電加工用に設計されており、装置に過大な力がかかるのを避けるために、工作物として比較的打抜き加工しやすい、厚さ $50\mu\text{m}$ のリン青銅板を統一して用いた。打抜き速度は $10\mu\text{m/s}$ とし、工作物を灯油にドブ漬けの状態で行った。せん断線図を求めるために、変位計としてZIMMER社製の工学式非接触変位計MODEL100Bを用い、荷重計測用として鋼球、てこ間にロードセルをはさんだ。両者の出力を松下技研製XYレコーダVP-642Aによって記録した。

4.2 実験結果

図3は放電加工条件を変えてポンチ表面粗さを変化させ、打抜き穴形状に及ぼす影響をみたものである。左から上仕上げポンチ、中仕上げポンチ、粗仕上げポンチと、それぞれによる打抜き穴である。ポンチ断面形状が穴の内面に転写されるようすが良くわかる。図4はクリアランスと最大せん断荷重の関係をプロットしたものである。ダイセット製作直後から5回打抜きを行い、そのときの最大せん断荷重の単純平均を白丸で表し、そのばらつきも同時に示した。初回打抜きから5回目までの最大せん断荷重は漸増してある値に収束する傾向を示した。これはポンチ、ダイスの初期消耗の現象によるものと思われる。また、打抜き穴径は各クリアランスごとに多少ばらついていたので、それぞれの打抜き穴径を $50\mu\text{m}$ に

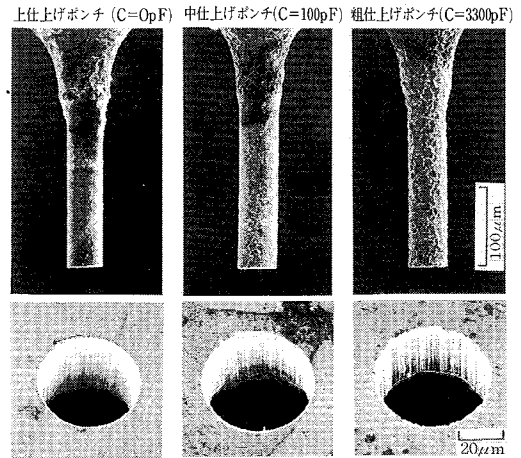


図3 ポンチの表面あらさと打抜き加工形状

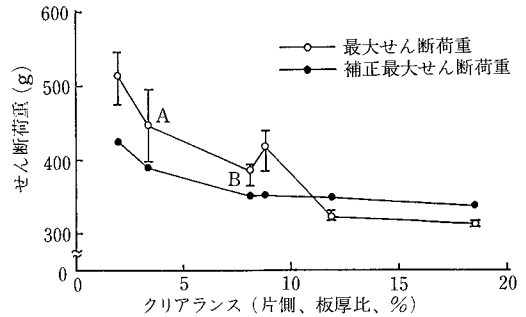


図4 クリアランスによる最大せん断荷重の変化

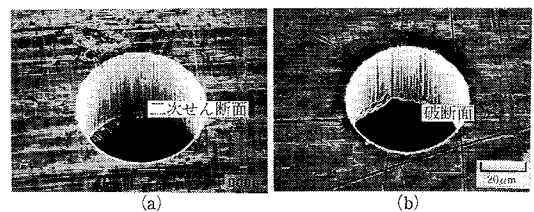


図5 クリアランスによる穴径状の変化

換算したときの補正最大せん断荷重を黒丸でプロットした。

$$\text{補正最大せん断荷重} = \text{最大せん断荷重} / \text{打抜き穴径} \times 50$$

この補正を行うと各点は単調減少曲線上にのる。図5(a)は図4中Aに相当する打抜き穴形状である。穴内面に2次せん断面が表れている。(b)は図4中Bに相当する打抜き穴形状で、せん断面の下に破断面が見える。図5(b)以上にクリアランスを大きくしていても破断面

はほとんど広がらない。これは厚さ $50\mu\text{m}$ の板に $\phi 50\mu\text{m}$ の穴というアスペクト比1前後の打抜きであるためと考えられる。

5. WEDG, EDM機能を持つ打抜き加工機の開発

5.1 開発方針

本試作機の開発にあたり、次の点を考慮した。

- 1) 打抜き方向のアクチュエータは制御性が良く、それ自身がせん断荷重検出機能を持つものとする。
- 2) 打抜き方向のストロークは1mm程度とする。
- 3) ポンチの上下駆動、材料送り等の打抜き機構に、次に示す放電加工機能を付与する。

- ① 主軸回転機能
- ② WEDG, EDM機能
- ③ ワイヤガイド位置決め機能

5.2 装置概要

本装置の主要部の概略を図6に示す。主軸回転用に回

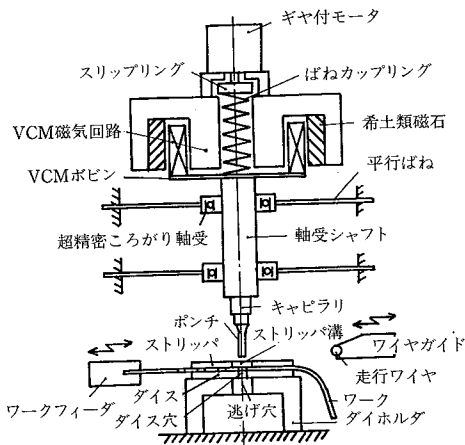


図6 試作装置の概要

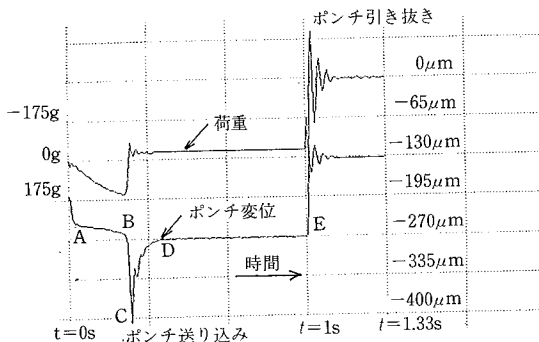


図7 ポンチの変位と荷重

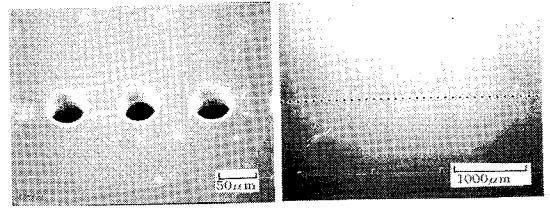


図8 連続打抜きの加工例

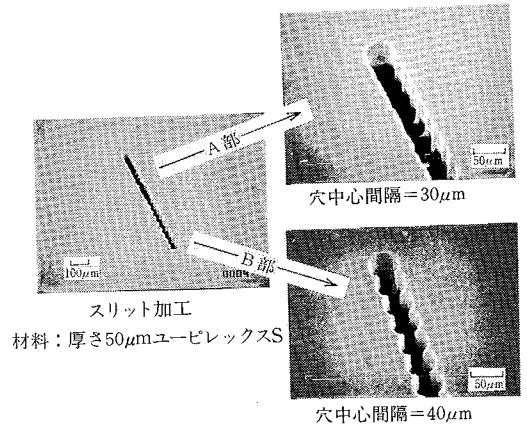
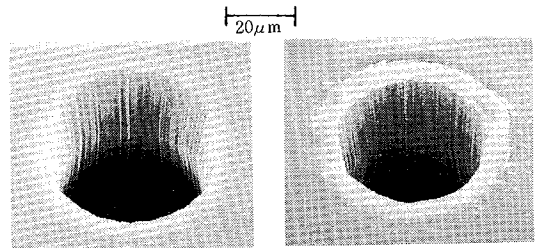
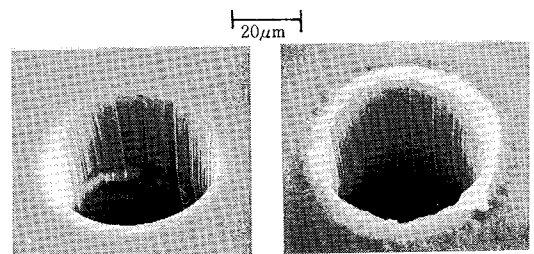


図9 スリット加工の例



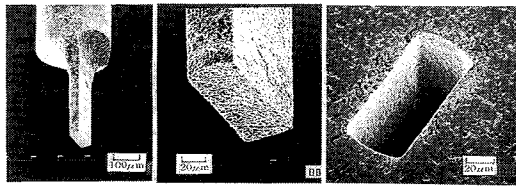
100回目の打抜き穴(左：ポンチ側より、右：ダイス側より)



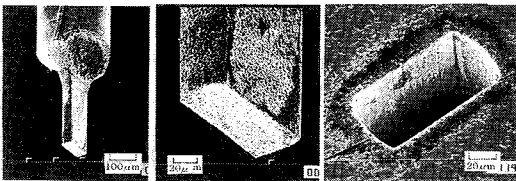
10000回目の打抜き穴(左：ポンチ側より、右：ダイス側より)

図10 加工回数による穴形状の変化

研 究 速 報



左：ポンチ 中：ポンチ先端
未使用のもの 右：ダイス



左：ポンチ 中：ポンチ先端
450回打抜き後 右：ダイス

図11 太鼓状のダイスとポンチ

mm, 長さ40mmのリン青銅板)で四方からガイドし, ヴォイスコイルモータ(VCM)によって上下に駆動する。VCMボビンは軸受シャフトに直接固定され, 主軸とともに回転する。これは打抜きの衝撃荷重が伝わり軸受の玉や溝に直接加わらないようにするためである。主軸は回転の不釣り合いによる遠心力や振動を避けるため60~80rpmの低速回転とした。放電加工液(灯油)は, WEDG, EDM時のみ加工部分にかけ流すようにした。流量は毎分1~2ccである。ストリッパーとダイスの間は磁気ギャップになっており, 電磁石を励磁することで打抜きワークを挟み込む。ワークフィードはワイヤガイドと同一の位置決めテーブル上に固定した。これは, ワイヤガイドが必要となるのはWEDGのときのみで, このときワークフィードは使用しないことによる。

5.3 実験方法

ダイセット製作は微細放電加工機による打抜き実験と同一の方法によった。ただし, 打抜きクリアランスには放電による隙間をそのまま用いた。ポンチ材料には超硬合金, ダイス材料には未熱処理の厚さ100 μ mのSK5鋼材である。打抜きワークには厚さ50 μ mのポリイミドフィルム(耐熱性, 対薬品性に優れるが, 反面エッチングが適用しにくい)を用いた。

ワーク送り・ストリッパーによるワーク固定・ポンチ押し込み, 引き抜き・ストリッパー開放・打抜き現象のデータ記録という一連の加工ルーチンはすべてパソコンにより制御した。図7は打抜き時のポンチ変位と荷重(VCMコイル電流)を従軸に, 時間を横軸に示したものである。

5.4 丸穴の打抜き実験

図8は $\phi 52\mu$ mの穴を一定送りのもとで連続して打抜

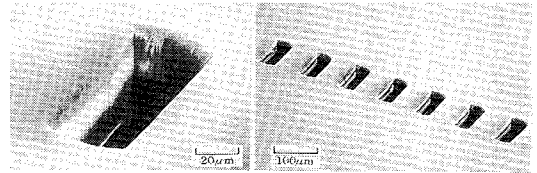


図12 異形穴の加工例

いたものである。さん幅は47~48 μ mである。図9は穴中心間隔を穴径以下にして連続打抜きをしたもので, 穴どうしはつながって1つのスリットを形成している。

5.5 大量打抜き実験

$\phi 50\mu$ m丸穴用のポンチ, ダイスを製作し, 無潤滑で1万回の打抜き耐久実験を行った。このときの打抜きクリアランスは片側9%(板厚比)で, ダイス穴のテーパは片側6/100であった(ポンチ側穴径>逃げ側穴径)。100回目の打抜き穴と10000回目の打抜き穴を比較してみたところ(図10), バリの形状以外に大きな差は見られなかった。

5.6 異形穴の打抜き実験

本装置は主軸回転機能とともに180度ごとの機械的割り出し機能を持っている。そこで, 図11に示すような太鼓状断面を持つ電極(ポンチ)を成形し, 打抜き加工実験を行った。この結果を図12に示す, 異形穴用のダイセットを容易につくることができるのは, 本手法の大きな特徴の一つである。

6. ま と め

微細穴打抜きの可能性を確認するため予備実験を行った結果, 通常の寸法の場合と同様に打抜けることがわかった。また, 厚さ50 μ mのリン青銅板に対し, $\phi 30\mu$ mの打抜きに成功した。

次にダイセット製作機能を持つマイクロ打抜き加工機を試作し, ポリイミドフィルムを用いた穴加工実験を行いその有用性を確認した。(1987年3月24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学術講演論文集
- 2) 河田, 水谷, 松下, 佐藤, 丸山; 昭和58年度精機学会秋季大会学術講演論文集
- 3) 前田禎三; 塑性加工
- 4) 山本, 増沢, 藤野; 昭和61年度精密工学会秋季大会学術講演論文集
- 5) 豊田, 山口, 河田; 昭和61年度精密工学会秋季大会学術講演論文集