

# 圧電素子を用いた超小型放電加工機の開発

## 1. はじめに

放電加工は工具欠損やバリが生じない、特殊形状の加工も可能であるという利点を持つため微細加工に対して有効である。しかし、ドリル加工などと比較し加工時間が長い、微細加工では電極消耗が激しいという欠点を持つ。一般に微細穴は1個のワークに対して多数個加工されるのでこれらの欠点の解決は重要な課題となっている。前者に対しては電極送り機構を小型化し近接して配置し同時加工することで、後者に対しては電極の消耗分を補償するだけ電極を送り出すことができれば解決が可能となる。本資料では本研究室で開発した圧電素子を用いることで電極送り機構を小型化した超小型放電加工機および電極を直接駆動することで電極の消耗分を補償する電極ダイレクトドライブ方式（以下では電極DD方式と略す）による超小型放電加工機を紹介する。

## 2. 超小型放電加工機の種類

電極の保持方法には従来からのチャックやキャピラリにより電極を固定するチャック式と、電極をガイドに沿って直接送る電極DD方式がある。チャック方式の場合は電極が消耗するたびに電極を取り付け直し電極位置および方向のアライメントをとる必要があるが、電極DD方式では最初にアライメントをとればそれ以降はその必要がほとんどない。

### (1) チャック式

インパクト駆動方式による電極送り機構の構造を図1に示す。1個の圧電素子と移動体、慣性体、摩擦機構より構成される非常に簡単な構造を持つ。圧電素子が急速変形するときに発生する慣性力を利用して移動する。ばねにより予圧を与える非常に簡単な構造を持つ。最高駆動周波数は2 kHz程度である。圧電素子の印加電圧を調整することで送りステップを20 nm~0.6 μmまで変化できる。電極側にも圧電素子を取り付けることで電極に強制振動を与えることも可能である。

### (2) 電極ダイレクトドライブ方式

①インチワーム構造を持つタイプ 図2に示すようにインチワームと同様の構造を持つ。図3に示すように2個のクランプで電極を掴み換えながらドライバで電極を送る。最高駆動周波数は20 kHz程度で高次の共振状態で駆動するため加工速度は非常に速い。クランプAをチャック、クランプBを開放にしドライバのみの伸縮によるサーボと組み合わせることによりさらに微細で高速な加工が可能となる。

②インパクト駆動によるタイプ 図4に示すように圧電素子、Vガイド、摩擦機構のみから構成される非常に簡単な構造を持つ。移動原理は図5に示す通りインパクト駆動と同様である。圧電素子の急速変形時に電極に発生する慣性力を利用し駆動する。

③楕円運動により駆動するタイプ 図6に示すように2個の圧電素子を直角に配置し90度位相の異なる正弦波を印加し楕円運動を起こす楕円運動装置により電極をはさむ構造を持つ。これにより電極を駆動する。印加電圧が正弦波であるので駆動周波数の増加が容易であると考えられる。楕円運動装置をねじれの位置に配置することにより電極を回転させることも可能である。

### 3. 多軸化への展開

インパクト駆動方式の電極送り機構を3台平行に配置し時分割方式を用いて単電極用コントローラを切り換えることにより加工した例を図7に示す。3台の電極送り機構がほぼ同時に加工を終了していることより、時分割方式を用いた多電極放電加工では加工速度は電極数に比例するといえる。

この他にインパクト駆動機構を用いたx-y-θステージとインパクト駆動機構による電極送り機構を組み合わせた自走式放電加工機を開発している。本加工機はワーク表面を移動しながら穴加工および溝加工を行うため大型工作物の局所加工に有効であると考えられる。

### 4. まとめ

本研究室で開発している超小型放電加工機の紹介を行った。今後は多軸化のほか、ロボットのエンドエフェクタなどへ適用し、3次元形状創成加工への応用を検討する予定である。なお、インパクト駆動方式は東京大学工学部樋口俊郎教授と、インチワーム構造を持つ電極DD方式は日本電装株式会社と共同研究を行っている。

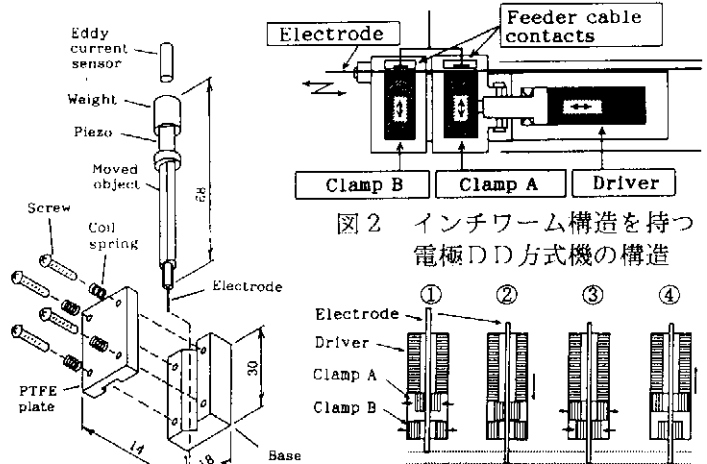


図1 インパクト駆動方式電極送り機構の構造

図2 インチワーム構造を持つ電極DD方式機の構造

図3 インチワーム構造を持つ電極DD方式機の移動原理

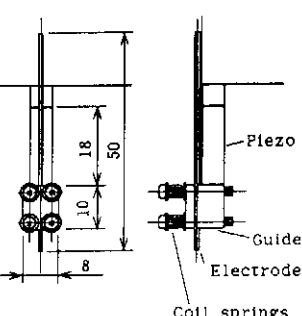


図4 インパクト駆動による電極DD方式機の構造

図5 インパクト駆動による電極DD方式機の移動原理

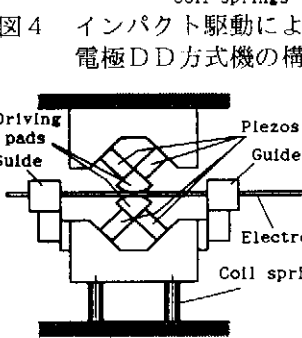


図6 楕円運動駆動による電極DD方式機の構造

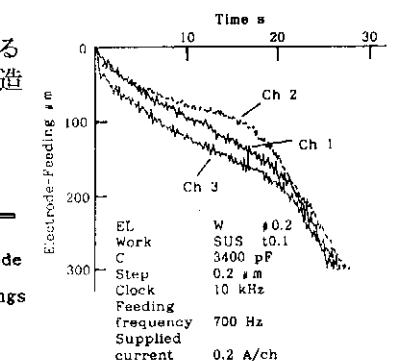


図7 多電極放電加工機による加工例