

# マイクロ EDM・アセンブリシステムの開発 (第 1 報)

——ワークステーション方式の提案と組立基礎実験——

A Micro-EDM / Assembly System (1st Report)

——Proposal and Feasibility Test of Workstation System——

増 沢 隆 久\*・ハンス ランゲン\*・藤 野 正 俊\*

Takahisa MASUZAWA, Hans LANGEN and Masatoshi FUJINO

## 1. は じ め に

近年、話題になっているマイクロマシンをはじめ、各種の機器の小型化が加速される中で、微小なメカニズムの製作技術に対する関心が高まっている。その基礎となるのはマイクロマシニングすなわち微細加工技術であるが、それだけではメカニズムとして完成したものとはならない。微細加工により作成した微細な基礎部品（以下マイクロエレメントとする）は、それをいくつか組み合わせてはじめてメカニズム、あるいはその部品としての機能を発揮するようになる。その過程としてマイクロエレメントを組み立てる技術が必要となる。（以下、このような組み立てのことをマイクロアセンブリとする。）この際、マイクロエレメントは寸法が小さいために、通常の組み立て工程のようなハンドリングデバイスによって取り扱うには多くの困難を伴う。そこで、特にハンドリングデバイスを用いることなく、加工と組み立てを同一機上で順次行って、あるていどまとまった部品を完成させてしまう、複合プロセスの開発を試みた。以下、加工法として EDM を、部品として液体金属イオン源のエミッタを想定したシステム例と、それに関する実験結果について述べる。

## 2. ワークステーションによるマイクロ加工・マイクロアセンブリシステム

今回構成を試みたシステムは、その工程の種別ごとにいくつかのワークステーションを設けて、それらの間を適当な順序で移動しながら、加工と組み立てを進めていくものである。（ここでいうワークステーションとは、コンピュータの一種とみなされるいわゆるワークステーションではなく、加工や組み立てといった実作業の実行場所をさしている。以下ではワークステーションを WS と略記する。）ただし、ハンドリングデバイスを排除するため、すべてのワークステーションは同一機上に設け

\*東京大学生産技術研究所 第 2 部

るものとする。

本報でとりあげた加工・組み立て実験例では、三つの WS から成るシステムを採用した。それぞれの役割りは次のように区分される。

WS 1 …… WEDG（ワイヤ放電研削法）により、ピン状マイクロエレメント、EDM 用電極などの軸物の外形加工を行う。

WS 2 …… 1) マイクロエレメントを順次組み立てていく。2) WS 1 上で作成した電極を用いて放電加工を行う。

WS 3 …… 放電加工（逆放電）により、ピン状マイクロエレメントに形状加工を行う。

これらの役割を簡単に表わすと図 1 のようになる。

今回用いたシステムでは、上方のマイクロエレメントの位置は固定で、WS 間の移動は、基板を取り付けたテーブルの移動と、WEDG 用のワイヤガイドの移動により行った。これにより、各エレメントや部品の位置関係は数値制御により管理できる。

## 3. マイクロピンと板の組み立て

図 1 に示したように、WS 2 および WS 3 では、組み立て中の部品や EDM 用電極が基板上に固定されている。つまり、部品や電極がまず基板に組み立てられなければならない。そして、WS 2 では、部品とマイクロエレメントの組み立てが行われる。

これらの組み立てにおける部材同志の結合方法にはいろいろなものと考えられるが、ハンドリングデバイスを用いないという基本の方針、およびマイクロエレメントにさらにねじ溝などの複雑な加工を行うのは現状では困難なので、最も単純な構成で実現できる圧入を採用した。そして、圧入の基本的な作業である、板に設けられた穴に棒を挿入結合させる方法を、実験により検討した。

図 2 に示すように、WS 2、WS 3 は基板を共用することにし、それを加振器とピエゾセンサの上に取り付けた。ここで、加振器は基板に超音波振動を加え、挿入を

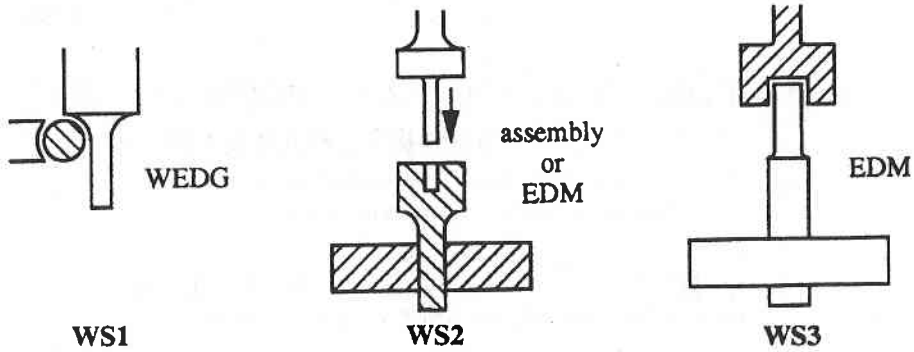


図 1 各ワークステーションで行われる作業

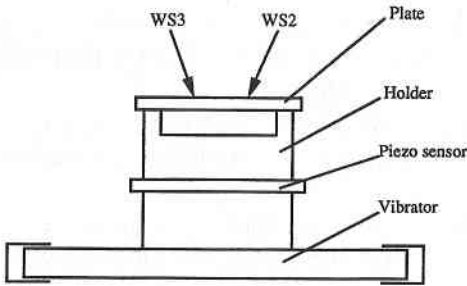


図 2 ワークステーション 2, 3 の配置と加振器, センサとの関係

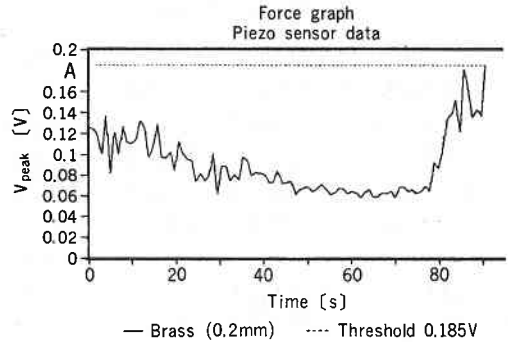


図 4 ピエゾセンサの出力の変化

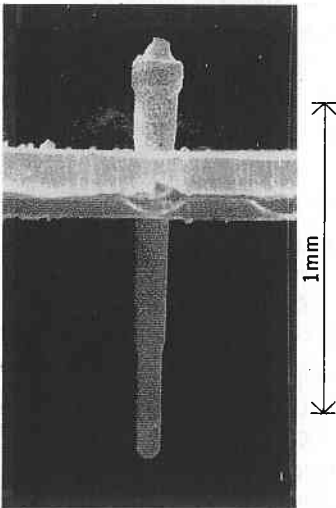


図 3 組み立てられたピンの外観

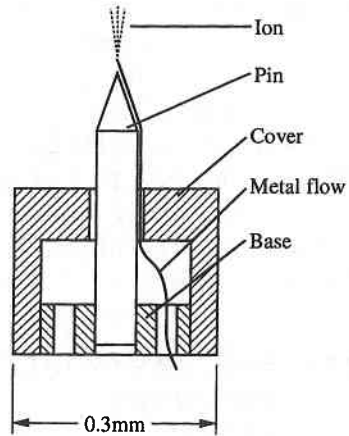


図 5 エミッタの構造

容易にするためのもので、エッジセンサは、挿入中に結合状態を監視するのに用いる。

加工、組み立ての手順は次のとおりである。

- 1) WS1 でくびれのあるピンを加工する。
- 2) ピンの先端部を電極として用いて、基板の WS2 の位置に放電加工により穴を加工する。
- 3) 基板に超音波振動を加えながら、ピンを穴に挿入

する。

4) ピエゾセンサにより結合が確認されたら超音波振動を止め、主軸を回軽させてくびれ部を破断する。

以上のようにして組み立てたピンの一例を図 3 に示す。このように結合が可能であることが確認できた。

挿入時のピエゾセンサ出力(波形処理後)の変化を図 4 に示す。ピエゾセンサは基板およびホルダの慣性力と、接合によりピン側から加わる力を併せて検出することに

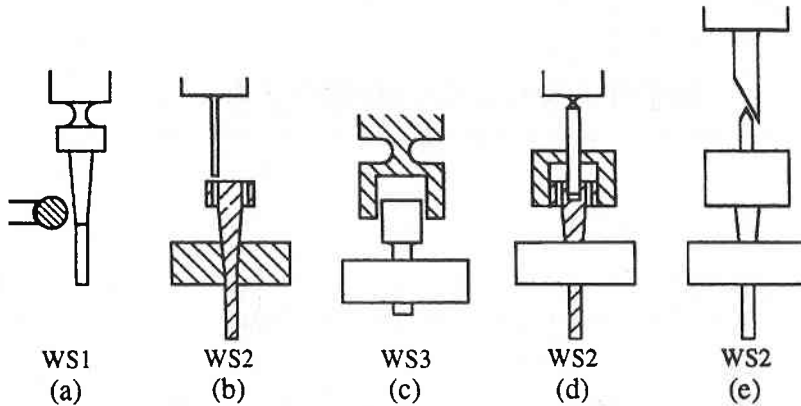


図6 加工, 組立の手順

なるが, 図のようにピンと穴が接触し始めるといったん出力が低下し, その後再び上昇する. この後半の上昇により結合が充分強固になったかどうかを判断することができる.

#### 4. エミッタの加工, 組み立て工程

液体金属イオン源のエミッタのようなタイプを想定し, これを前記のワークステーション方式により作成することを考える. 加工, 組み立て手順を図6に示す.

- a) ベースの本体部分を WS1 で加工する.
  - b) ベースを WS2 の位置に挿入, 固定し, これに穴あけを行う. (くびれ破断部の整形も行う.)
  - c) a) と同じようにして作成し, WS3 の位置に取り付けた電極により, カバー下側凹部の加工を行う.
  - d) カバーを WS2 のベースに組み付けた後, 上方の穴加工を行う.
  - e) WS1 でエミッタピンを作成し, WS2 でベースに組み付けてから, 先端部の整形を行う.
- 以上のようにしてエミッタが完成する.

#### 5. ベースの作成

上記工程のうち, 1), 2) を実際に行ってみた.

材料には  $\phi 0.3\text{mm}$  の超硬合金を用い, WS1 で WEDG より外形を加工した. 挿入結合する部分には基板に結合する際の結合終了位置を安定化するため若干のテーパをつけた. 基板は厚さが  $0.35\text{mm}$  の SUS304 である.  $\phi 90\mu\text{m}$  の先端部分を電極として, 放電加工により, 基板に穴明け加工をした. テーパ部分の円錐角度は  $\arctan(1/30)$  で, 最小部直径は  $100\mu\text{m}$  である. ベースとなる部分の外側にも後の工程でカバーと結合させることを考慮してテーパをつけた. この円錐角度は  $\arctan(-1/30)$  である. 基板と結合した後で破断分離するた

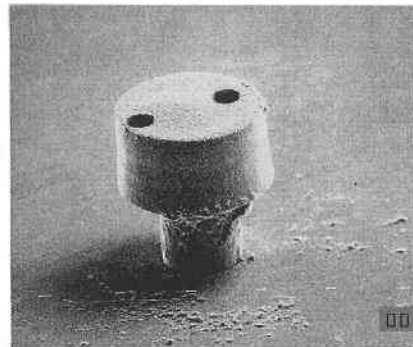


図7 基板への結合および後加工を終了したベース

めのくびれ部分の直径は  $50\mu\text{m}$  とした. 基板へ挿入する際の送り速度は  $0.5\text{mm/min}$  とした. 結合状態はピエゾセンサで監視し, 結合ができてから主軸を回転させてくびれの部分を破壊した. 破壊した部分の表面は, 放電加工により平らに仕上げた. 最後に WS1 で細い電極を作成し, 放電加工により二つの穴 ( $\phi 40\mu\text{m}$ ) を加工した.

基板と結合したベースの外観 (WS2 の位置) を図7に示す.

#### 6. 結 び

微細部品の加工, 組み立てを, ハンドリングデバイスを用いずに, ワークステーション方式により一貫して行うシステムを提案した. このシステムを実現するための基礎技術となる, ピンの基板への挿入, 結合について実験を行い, 可能性を確認した. さらに, 実用例として液体金属イオン源のエミッタ作成プロセスを取り上げ, そのベース部分の作成を行った. 今後さらに逆放電などによるピン側の形状加工についての実験を進め, システムとしての完成を目指す. なお本研究の一部は文部省科学研究費補助金により行われた. (1993年3月23日受理)