

新しいワイヤ放電加工機の性能評価

鷲見高雄*, 御厨照明*, 山本浩治*, 白木尚康*, 中木村雅史*

*工学系技術支援室装置開発技術系

はじめに

ワイヤ放電加工機（以下「WEDM」）は、従来の工作機器と異なり非接触加工で、ひずみの少ない微細加工を得意としている。2009年3月末、当装置開発技術系に図1に示すような新しいWEDM（ソディック社製 AQ327L）が導入され、従来稼働中のWEDM（三菱電機社製 FX10）とともに実験装置・部品の製作範囲が広がり、研究開発業務に寄与することが期待される。

本研修では、①AQ327L の特徴を理解するとともに操作方法を習得する。②オリジナルの簡易操作マニュアルを作成する。③AQ327L の加工性能を実際の加工を通じて評価する。以上のことを目的に行った。



図1. ワイヤ放電加工機（ソディック社製 AQ327L）

1. AQ327L の特徴

今回導入された AQ327L の重要な特徴としては、X、Y 軸の駆動を微細な移動や精密加工が長期間にわたって保障可能なリニア駆動方式を採用している点である。従来のボールネジ駆動に比べ、軸の消耗から生じる加工精度の低下という観点からリニア駆動に優位性がある。ソディック社の WEDM はこの方式を採用して 10 年以上の経験があり、金型業者からの信頼も厚い。また、電極に使うワイヤ径もオプションながら $\phi 0.07\text{mm}$ が使用出来、微細加工に適している。

FX10 との構造上の構成について比べてみると、テーブルの移動量およびテーブル定盤の大きさは、両加工機ともほぼ同一である。加工槽は AQ327L が 3 面自動で開閉する仕組みになっているので、ワークのセットがしやすい。一方、FX10 は前面のみの開閉で手動により行う。

CAD および NC データについては、CAD/CAM や NC データダイレクトや USB メモリ使用など、AQ327L のほうが電子機器の進歩がみられる。

加工のための準備段階におけるワイヤ結線については、AQ327L の特徴である割りガイドによりすばやい結線が行える。それに対し FX10 は約 8 倍の時間がかかっている。FX10 では $\phi 0.1\text{mm}$ のワイヤの自動結線に失敗するケースが多く手動により行っていたが、AQ327L では最小径 $\phi 0.07\text{mm}$ でも自動結線が容易にできる。ワイヤの垂直出しについては、FX10 用垂直出しプログラムは治具のセットは簡単で電氣的に短時間で行う。しかし、AQ327L の場合は各軸に対してダイヤルゲージを用いて平行をだした後、プログラムを起動させて垂直出しを行うため FX10 に比べ時間を要するが、精度の高い加工には必要なことと思われる。

消耗品については、FX10 に比べて AQ327L はダイスおよびノズルカバーと加工液をろ過するためのフィルターおよびイオン交換樹脂、そして最大の消耗品であるワイヤの価格が安価である。

2. 操作方法の習得と操作マニュアルの作成

研修者は、赤崎記念研究館装置開発ファクトリーで行われたメーカ主催の現地講習会（2日間）を受講した後、あらかじめメーカでの講習セミナーを終了した2名を中心にして、①電源投入から原点復帰、②ワイヤ結線の方法や垂直出しの方法、③操作パネルを使って加工用の図形を作成した後、自動プログラミング装置でNCプログラムの作成、④ワークの固定、⑤加工、⑥メンテナンスなどをセミナー用テキストやAQ327L取扱説明書を参考にして、実習を行った。

加工作業の流れについては、取扱説明書と操作パネルの説明画面のみでは、初心者には理解しにくかった。従って、各自操作の習得に努め、話しあい、修正を加えながら簡易操作マニュアル「ソディック社製ワイヤ放電加工機操作マニュアル」（付録(a),(b)）の作成にあたった。つまり、マニュアルを作成の過程で、加工工程、基本操作等を習得していった。

マニュアルは取り扱いの簡便さからA4一枚の裏表で収まるようにし、装置の始動からワイヤの結線方法と注意点、そしてディスプレイ上での加工図面作成の後に行うNCプログラムの作成過程を順に述べている。さらに、ワークをセットした後の加工開始から終了までの流れを簡単に記し、それらの詳細を知るための説明書の項目も示した。現在研修者は、ワイヤ径変更によるノズルの交換手順や設定の変更、加工条件の変更等について、このマニュアルを基に加筆や修正を行い、独自の操作マニュアルを作って実際の加工に活用している。

3. AQ327L の性能評価

3.1 試料形状と材質

試料は10mmの立方体のパンチ形状で、材質はステンレス鋼(SUS304)とジュラルミン(A2017S)の2種類を用いた。加工回数は、主に実際の業務で行われる1回の加工で形状寸法を得るファーストカット(1st cut)と、さらに高い面粗度を得るための複数回加工のセカンドカット(2nd cut)を行った。図2(a),(b)にそれぞれの加工経路を示す。ワイヤはスタートホールから5mmの助走の後、矢印の方向に進行していく。ここで、加工条件はメーカ仕様のものを用いた。

なお、試料の加工面粗さ(R_y :最大高さ JIS B 0601:1994)の測定には、Rank Taylor Hobson社製のFrom Talysurf 50eを用いた。加工精度は、Mitutoyo製QM 353三次元測定器を使用して平行度を測った。また、加工時間をWEDMの記録で、ワイヤ消費量は使用したワイヤの重さを測定した。

3.2 AQ327L と FX10 の比較

評価用の試料はワイヤ径 $\phi 0.2\text{mm}$ を用い、1st cutで作製した。表1にAQ327LとFX10の測定結果を示す。

SUS304とA2017Sの両材質および両WEDMともに、 R_y については $17\mu\text{m}$ 前後とメーカの設定値以内で、平行度も一般的汎用機で加工する寸法形状の公差範囲以下である。

加工時間は、SUS304の場合はAQ327LがFX10より14%ほど短い、A2017Sでは約9%長くなっている。ワイヤ消費

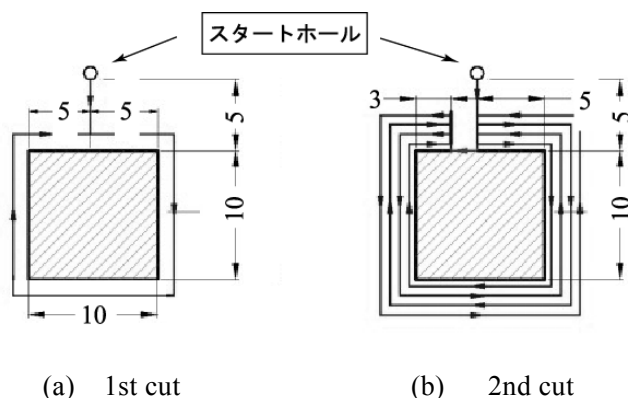


図2. 製作した試料の加工方法

表 1 作製した試料の測定結果 (AQ327L と FX10)

材 料	WEDM	加工面粗さ Ry (μm)		加工時間 t (min)	加工精度 平行度 p (μm)	ワイヤ消費量 w (g)
		メーカー値	実測値			
SUS304	AQ327L	20	17.3	6	4.3	17.2
	FX10	16~20	17.1	7.1	5.8	25
A2017S	AQ327L	20	16.9	3.7	4.7	—
	FX10	30~40	17.1	3.4	5.8	—

表 2 作製した試料の測定結果 (AQ327L)

材 料	ワイヤ径 ϕ (mm)	加工回数	加工面粗さ Ry (μm)		加工時間 t (min)	加工精度 平行度 p (μm)
			メーカー値	実測値		
SUS304	0.2	1st	20	17.3	6	4.3
		2nd	2.5	3.7	24.1	3
	0.07		2.5	6.4	95.6	2.2
A2017S	0.2	1st	20	16.9	3.7	4.7
		2nd	2	3.3	13.7	1.2
	0.07		—	13	59.9	3.2

量の測定は SUS304 のみで行った。AQ327L の消費量は FX10 の 70%弱となっている。加工時間が 85%くらいなので、AQ327L での加工は単位時間当たりにおいても FX10 に比べ、低コストであることがわかる。

3.3 AQ327L について

AQ327L は $\phi 0.07\text{mm}$ のワイヤを使った精密加工が可能なので、 $\phi 0.2\text{mm}$ と $\phi 0.07\text{mm}$ の二種類のワイヤについても 3.1 同様に試料を作製して評価を行った。測定結果を表 2 に示す。

まず、SUS304 での $\phi 0.2\text{mm}$ における 1st と 2nd cut (この場合 4 回加工) の比較では、2nd のほうが加工時間は 4 倍かかっているが、加工距離 (図 2(2)) を考慮すれば妥当な値といえる。 Ry は 1st の 1/3 程度まで低下している。平行度も 2nd のほうが良好である。 $\phi 0.07\text{mm}$ の加工では、加工時間が $\phi 0.2\text{mm}$ の約 4 倍と大幅に増加しているのに対し、平行度は向上しているものの、 Ry は逆に大きくなっている。今後、加工条件を精査する必要があるものと思われる。

一方 A2017S の $\phi 0.2\text{mm}$ の加工では、2nd が 1st に比べて加工時間は約 3.7 倍と長くなっているが、 Ry 、平行度ともに 1st のほぼ 1/4 程度と向上している。しかし、 $\phi 0.2\text{mm}$ と $\phi 0.07\text{mm}$ の 2nd cut での比較では、時間は 4.4 倍もかかっているのに、 Ry 、加工精度ともに悪くなっている。 $\phi 0.07\text{mm}$ における A2017S の加工条件はメーカーでは用意されていないので、今回 SUS304 と同じ条件で行った。このことが Ry および加工精度の悪化の原因と思われる。

以上のことから、現時点では幅 0.2mm 以下のスリットの作製などのようなやむおえない場合を除き、通常の加工には $\phi 0.07\text{mm}$ より $\phi 0.2\text{mm}$ のワイヤを使用したほうが加工時間も短く、良好な加工面粗さおよび加工精度も得られることがわかった。

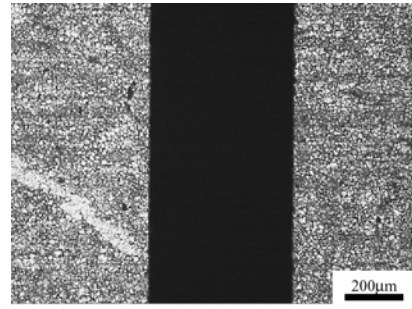
4. 加工事例

4.1 スリット加工

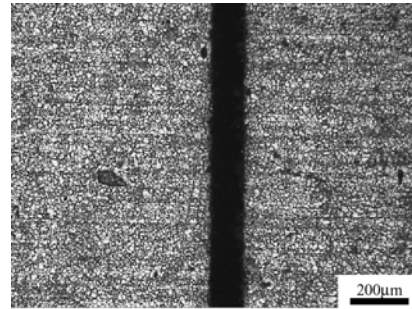
板厚 5mm の SUS304 に、スリット幅 0.5mm と 0.1mm の加工を行ったので紹介する。その画像をそれぞれ図 3 の(a),(b)に示す。ここで、スリット幅の観察および測定にはレーザ顕微鏡 (KEYENCE 製 VK-9510) とマイクロスコープ (ナカデン社製 FS1400) を用いた。

図 3(a)のスリット幅 0.5mm の作製では $\phi 0.2\text{mm}$ のワイヤを使用し、2nd cut で溶かし込みという加工方法で作製した。加工後測定したスリット幅は 0.505mm となり、加工面が滑らかな目的の製品ができたものと思われる。

スリット幅 0.1mm では $\phi 0.07\text{mm}$ のワイヤを使用した。1st cut の直線加工のみである。最初は自動プログラムで行ったところ、幅 0.125mm のスリットができてしまった。要求は 0.1mm なので加工条件に検討を加え、最終的に主電源電圧 V を 1.0 から 0.1 に補助電源回路 HRP を 407 から 000 に変更し、オフセット値を 0 として加工を行った結果、幅 0.098mm のスリット (図 3(b)) を作製できた。しかし、スリット境界面が図 3(a)に比べると粗い。面粗度に重点を置く場合は、加工条件の検討が必要である。



(a) スリット幅 0.505mm
($\phi 0.2\text{mm}$, 2nd cut)



(b) スリット幅 0.098mm
($\phi 0.07\text{mm}$, 1st cut)

図 3. スリット加工

4.2 剣状デバイスの製作

業務として、培養容器の下部より磁性体を含む生体試料位置を保持したまま長時間培養するためのデバイス、剣状デバイスの作製依頼があった。突起部が正方形で等間隔であることが、重要な事例である。材料は電磁軟鉄 (SUYB) で、形状 $20 \times 20 \times T10.3\text{mm}$ の先端に、 $0.1 \times 0.1 \times T0.3\text{mm}$ の突起を 0.3, 0.25, 0.2, 0.15mm の間隔で作製する。

自動プログラムで一筆書きの NC 加工を行うと、片側の面加工中に反対面に放電が影響を与えデバイス間隔が大きくなってしまふ。そこで、加工経路の変更と加工条件 (オフセット値や加工回数) に検討を加えて、 $\phi 0.07\text{mm}$ のワイヤを用いて図 4 のような剣状デバイスを作製した。図中の上の画像がデバイスの一部を上から撮ったもので、下の画像は拡大した横からのものである。ほぼ要求どおりの製品が造れたと思っている。なお、加工時間は約 11 時間である。

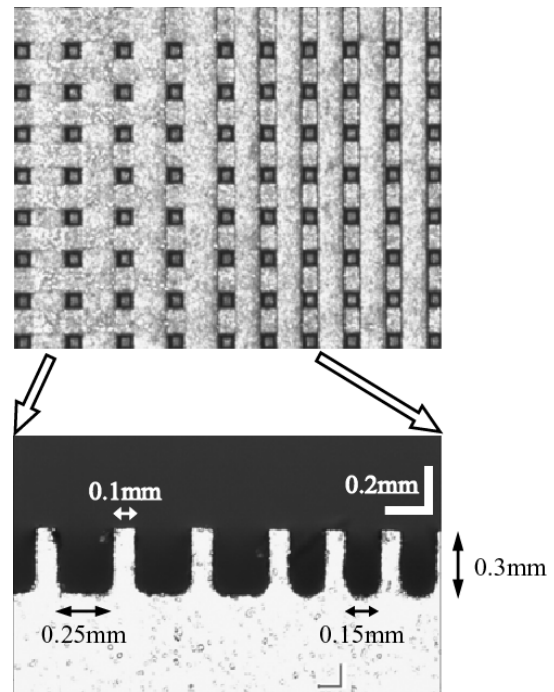



図 4. 剣状デバイス

まとめ

本研修を通じて、ソディック社製ワイヤ放電加工機 AQ327L の特徴を理解し、基本的な操作方法について習得し、操作マニュアルを作成した。実際の加工実験では、AQ327L, FX10 とともにワイヤ径 $\phi 0.2\text{mm}$ の加工では、加工面粗さ(R_y)はメーカ値精度以内であり、加工精度(平行度)も良好な値を示した。AQ327Lの細線加工($\phi 0.07\text{mm}$)では R_y はメーカ値より悪い。メーカ作成の加工条件が少ないので、データベースを増やすとともに今後の検討課題としたい。加工事例では基本操作だけでなく、加工条件の変更や加工方法、プログラムの編集についても学ぶことができた。今後の教育研究、技術開発業務に貢献できるよう技術の習得研鑽に努めたい。


Sodick社製 ワイヤ放電加工機 操作マニュアル

① コンプレッサ起動



SOURCE電源ONを確認
(システム保持のため入定位)

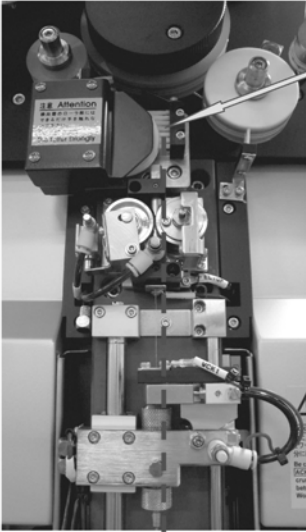
② POWER電源ON



加工を行う時にONにする
※加工データの作成時はOFFでも可

③ ワイヤの結線

1. ワイヤポピンをセット(軸が回転しているので注意)
2. 装置に表記されている図に従い、ワイヤをセット
3. 検出器以降の結線は下記のように行う



検出器のローラー部分には
絶対手を触れないこと!

AWT PIPE FREE を押しながらパイプを下げ、
ワイヤをパイプに挿入

↓

WIRE RUN: AWT WATER ON
手動: ワイヤを下ダイスに通す
(水のバルブを閉める)
自動: AWT II

↓

AWT WATER OFF
AWT PIPE FREE を押しながら、パイプを上げる

↓

GUIDE CLOSE : WIRE STOP

④ 作図からNCプログラム作成

IQ2D⇒IntlQ3vic⇒2D作図⇒2D作図

1. 作図
画面右2点線分⇒入力フィールド 始点座標, 終点座標⇒確認⇒保存

裏面へ

ユーザ・ガイド 第2章 チュートリアル

上下異形状オープン加工 (p-67) 参照

2. 形状認識
モデルリスト——そのまま
3. 輪郭抽出
オープン左 開始要素(をクリック)⇒終了要素(をクリック) 抽出実行
4. スタートホールの設定
2D作図⇒スタートホール 座標入力 新規
5. 加工定義
 - ・パス生成
 - ・スタートホール指定 スタートホールをクリック
 - ・アプローチ要素指定
6. NC変換
 - ・名前 変換実行
7. NCシミュレーション
 - ・NCファイル選択 OK
8. IQファイル
 - ・保存⇒セーブ

誤動作!



HALTを押す!!!

操作説明参照

⑤ ワークのセット

1. 傾き補正 (5-17)
 - ・マニュアル⇒コードレス⇒ワーク自動傾き補正⇒ENT
2. スタートポイントの決定
 - ※端面 (5-19) ※円孔 (5-25)

⑥ 加工

1. プログラムのセーブ
2. 条件検索 OK NC編集
3. セーブ
4. カーソルをHOMEに
グラフィック 加工経路描写⇒描写ファイルセーブ⇒ラン⇒ENT
5. 加工開始⇒ディスプレイ

6. 加工終了

- ・FIN off
- ・DRAIN open
- ・DOOR ▽



・POWER OFF
・コンプレッサー OFF