

# ワイヤ放電加工機によるテーパ加工の検証

立花一志、小塚基樹、長谷川達郎、磯谷俊史、鷺見高雄

工学系技術支援室 装置開発技術系

## はじめに

ワイヤ放電加工機の加工方法は、上下ノズルを垂直に保ち X・Y 軸を 2 次元に移動するのが通常である。応用分野として、上部ノズルの U・V 軸制御を行うことで、テーパ加工（全周もしくは部分的にプラスマイナスのテーパを付ける）や上下異形状加工（上下面の形状が異なる）を行うことが出来る。

しかし、テーパ加工では上下ガイド間でワイヤのたわみが生じることや、広角テーパ加工になるとワイヤ線を直接支持するダイヤモンドガイドとのこすれが大きくなり、加工精度の低下や断線するといった問題点が起こってくる

本研修では加工技術向上のため、テーパ加工を行う上で必要な知識を理解することからはじめ、加工に関する検証を行ったので報告する。

## 1. 研修のながれ

ワイヤ放電加工機におけるテーパ加工方法についての座学を行い、手動による上・下ガイド間距離の操作手順について学んだ。その後、プログラムを走らせ自動によるガイド間距離の測定や全周・部分テーパ加工のテストカットをした後に測定を行った。実機による講習会ではテーパ加工に関すること他に AWT メンテナンス、ユーザデータベースの使用方法、上下ガイド分解清掃およびメンテナンスについての指導を受けた。

## 2. ワイヤとワーク接触面との関係

### 1) ワイヤを垂直に保った状態での加工

上下ノズルを垂直に保ったまま移動。真上から見たときプログラム上にノズルの中心が加工面に投影される（図 1）。

※ワイヤ半径、放電ギャップ量は考えないものとする。

### 2) ワイヤに傾きを持たせた状態での加工

加工時にワイヤを傾けることにより、所望するテーパ角度の形状にすることが出来る。この時は上下ノズルが傾斜するのではなく、図 2 のように下部ノズルに対し上部ノズルが U・V 軸方向に移動する。ワイヤを拘束するものとして上ガイド部はサファイア製割りガイド、下ガイド部はダイヤモンド製ダイスガイドによって保持される。テーパ加工時はノズル内にある上・下のガイドを起点としてワイヤが傾くことになる。上ガイド高さはワークの厚みやクランプ方

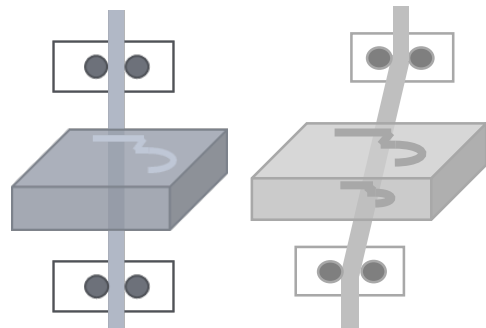


図 1 ワイヤが垂直の状態

図 2 ワイヤに傾きを持たせた状態

法により変動する、また、下ガイドはノズル内にあるためテーブル面より下に位置する。

### 3. テーパ形状について

加工方法には大きく次の2通りの方法がある

#### 1) テーパ加工

プログラムにテーパ角度を指令する。ワイヤ進行方向に対してプラスの角度を入力すると下開きの形状になる(図3)。

#### 2) 上下異形状

主プログラム(TP)および従プログラム(TN)をそれぞれX・Y軸、U・V軸により独立して制御を行うことで、一般にワークの上面と下面で異なったプログラム形状とさせることができる(図4)。例えば図5の様に上下の形状が同一の場合であっても下面を基準にテーパ指定した場合は上面のコーナーRが意図しない(Rが小さくなりすぎ食い込む)結果になる時があるのでこの場合は上下異形状にする必要がある。

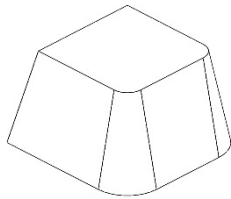


図3 テーパ加工

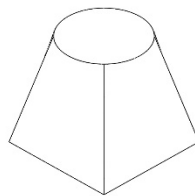


図4 上下異形状 1

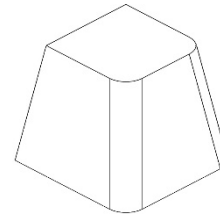


図5 上下異形状 2

### 4. テーパ加工を行うための設定

テーパ加工を行うためには図6にあるテーパデータの諸設定を行う必要がある。

A: TU (テーブルー上ガイド間距離)

B: TL (テーブルー下ガイド間距離)

C: TP (テーブルー主プログラム面間距離)

D: TN (テーブルー従プログラム面間距離)

E: TZ (テーブルーZ軸リミット間距離)

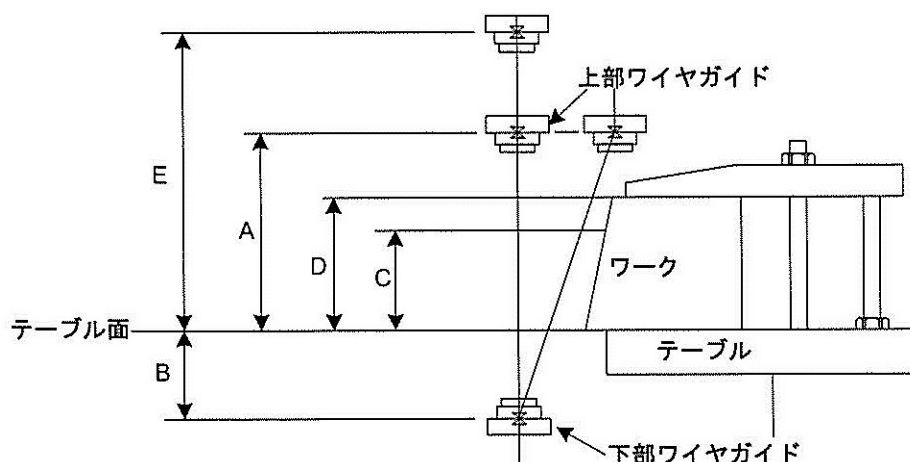


図6 テーパデータ

この中で測定が必要なのは TU、TL、TZ である。この測定には“VERTICAL ALIGNMENT BLOCK”測定器(図7)を用いて、プログラムを走らせ自動で行った。測定は実際に加工を行う時の上ガイド高さで行うのがよいが形状による制限があるので、繰り返しテスト加工を行い精度を出していく。さらに精度向上のため、角度・ワイヤ種類・ワイヤ径・テンション・ダイスを交換した時は再び測定を行った方がよい。講習会終了後に補正の仕方について確認した。



図7 VERTICAL ALIGNMENT BLOCK

### 5. 評価用試料の作製と測定

基本形状に対して一辺が  $5^\circ$  の傾斜角を持つ台形状の評価用試料を作製した(図8)。材質は高い引っ張り強度と耐圧力を持つため装置製作によく使用されている A7075 を採用した。試料左から 1stCUT、2ndCUT、3rdCUT にて測定面を仕上げた。作製のためにはソディック社のワイヤ放電加工機 AQ327L を用いた。機械の概要を表1に示す。

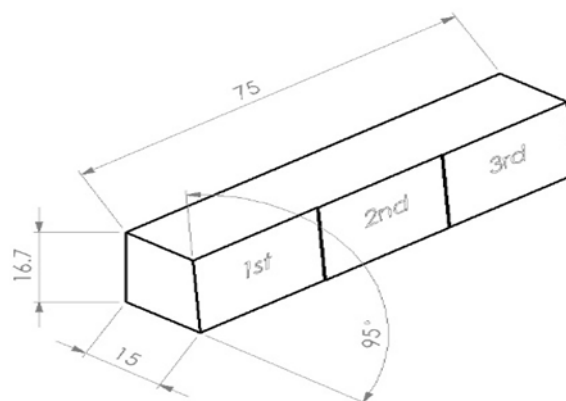


図8 測定用試料

表1 ワイヤ放電加工機 AQ327L の概要

本機	ストローク：X×Y×Z 軸 U×V 軸	370×270×250mm 120×120mm
	最大テーパ角度(板厚 100mm)	$\pm 25^\circ$ ( $\pm 45^\circ$ オプション)
	ワイヤ電極径	$\Phi 0.07\sim 0.3$
数値制御電源装置	最少指令単位	0.1 $\mu$ m
	最少駆動単位	0.1 $\mu$ m
	駆動方式	リニアモーター

計測は Mitutoyo Crysta-Plus M443 を使用。測定物座標系は面(上面)-軸(X軸:正面)-軸(Y軸:左側面)にてワーク原点を設定した。Y軸を固定して斜面の上下2点による「線」の要素を求めた。測定結果を表2に示す。

表 2 角度測定結果

試験片 No. 仕上げ回数	A	B	C
1st	5.025	5.025	4.998
2nd	4.998	4.976	4.994
3rd	5.012	5.011	5.035

(deg)

角度誤差範囲は $-0.002^{\circ} \sim +0.035^{\circ}$  と良好な結果が得られた。このことから VERTICAL ALIGNMENT BLOCK 測定器を使用して求めた値が精度良く測定できたと言える。寸法測定は測定環境が整っていないため不可であった。

## 6. テーパ加工精度の補正方法

加工後に角度、寸法の精度が出ない場合は次の方法で対処する。ただし、今回行った試料測定では非常に良好な結果が得られた為、研修という限られた時間内で条件を統一しての実験は過剰であると判断したので、対処方法について確認し合うことにとどめた。

寸法が違っている場合は TZ, TU, TL の比率が違っており、角度が違っている場合は TZ, TU, TL の数値（測定値）が違っていることわかっているの次のように対処する。

### 1) テーパの形状寸法が出ない場合

テーパ角度： $\theta$ 、補正距離： $x$ 、プログラムと測定値のギャップ量： $a$ 、TL： $b$ とした場合

$$x = b - \frac{a}{\tan\theta}$$

で表されるため表 3 より状態を確認し、次式に  $x$  の値をあてはめ TL、TU、TZ を再設定する。

①：TL  $-x$  TU  $+x$  TZ  $+x$

②：TL  $+x$  TU  $-x$  TZ  $-x$

表 3 加工後の状態

パンチ形状			ダイ形状		
テーパスタイル	形状	修正タイプ	テーパスタイル	形状	修正タイプ
上広がり	加工後小さい	①	上広がり	加工後小さい	①
	加工後大きい	②		加工後大きい	②
下広がり	加工後小さい	②	下広がり	加工後小さい	②
	加工後大きい	①		加工後大きい	①

### 2) テーパの角度が出ない場合（プログラムより角度が小さい）

プログラム指定角度： $\alpha$ 、プログラムとの差： $\beta$ 、プログラムで指定した角度を加工するための移動量： $a$ 、補正量： $c$ 、 $TU_1$ （テーブル—上ガイド間距離）：補正後の TU 値、 $TZ_1$ （テーブル—Z 軸リミット間距離）：補正後の TZ 値とすると次式が成り立つ

$$a = \tan\alpha \times (TU + TL)$$

$$c = \frac{\alpha}{\tan\beta} - TL - TU$$

$$TU_1 = TU + c$$

$$TZ_1 = TZ + c$$

$TZ_1$  を入力し直し  $TU$  が新たな数値になっているか確認する。

### 3) テーパの角度が出ない場合（プログラムより角度が大きい）

プログラム指定角度： $\alpha$ 、測定角度： $\beta$ 、最初にプログラムで指定した角度を加工するための移動量： $b$ 、補正後の TU の値： $d$ 、補正後の TU 値： $TU_2$ 、補正後の TZ 値： $TZ_2$  とすると次式が成り立つ

$$b = \tan \alpha \times (TU + TL)$$

$$b = \tan \beta \times (d + TL)$$

$$d = \frac{b}{\tan \beta} - TL$$

$$c = TU - d$$

$$TZ_2 = TZ - c$$

$TZ_2$  を「テーブル-Z 軸リミット間距離」に入力する

$TU_2$  が  $d$  と同じ値になっていることを確認する

## 7. 講習会で得られた知識（機能、コマンド）

メーカーに講師を招聘して、テーパ加工に関する操作をメインに、座学・実技・質疑応答といった内容で 1 日講習会を開いた。次に挙げる、活用しきれていなかった機能が使えるようになり、これまで曖昧であった事柄について明確にすることが出来た。

- ① 【コーナーR 機能】ブロックの最後に「R」+「数値」を入力することでコーナー部分に円弧を挿入できる。
- ② 【干渉チェック】干渉チェックを行うことで、干渉の回避を行ったり、エラーでストップをさせることができる。ただし主プログラム面のみチェックをかけるので形状や傾き角度により食い込みが発生する場合があるため注意が必要。
- ③ 【図形回転（G26）および座標回転（KA）】これまでは座標回転を行ってもグラフィックに反映されずにいたが、NC データに書き込むことにより影響されることが解った。

## 8. まとめ

- 1) テーパ加工について理解を深めることができた。
- 2) 操作にあたり、マニュアルを見直すことで、これまで活用しきれていなかった機能やコマンドについて学ぶことができ、今後の作業効率のアップが期待される。
- 3) 実機を使った講習会を開いたことにより、講師から直接に点検・メンテナンスのポイントを聞くことが出来、より質の高いメンテナンスを行えるようになった。
- 4) 試料測定では三次元測定機の基本操作を学ぶことができた。

## 9. 参考文献

株式会社ソディック ワイヤカット放電加工機 操作説明 Ver6