寄書◆技術報告

ワイヤプロファイラ W-PG1 による高精度薄物加工

—リードフレーム金型用のパンチ加工の自動化—

池亀 誠*

High Precision Machining for Thin Parts by Wire Profiler W-PG1

—Automatic manufacturing of punch for the lead frame mold—

Makoto IKEGAME

1. 結 論

ワイヤプロファイラ W-PG1 は、リードフレーム金型用のパンチ加工をワイヤ放電加工技術により、高精度かつ高効率に仕上げる機械である。

Fig.1 Wire Profiler W-PG1

通常リードフレーム金型用のパンチ加工はプロファイル研削盤に行っているが、プロファイル研削は熟練作業者に頼るところが多い。

これに対し、今回紹介する W-PG1 は NC 制御により R 座付きパンチ加工を 1 回の段取で荒加工から仕上加工まで自動運転で行うことができる。

また、ワイヤ放電加工技術により加工の困難な薄物パンチ加工を行う新しいタイプの機械である。

2. ワイヤプロファイラ W-PG1 について

W-PG1 は、R 座付きパンチを全自動で高精度に加工することを目的に開発されたワイヤ放電加工機である。

ワークはホルダにセットし、ヘッド(主軸)に自動チャックでクランプされ、X、Y、Z 軸方向に移動する。さらに加工中はパンチの全周を加工するため、C 軸により加工槽全体を回転させる。

機械中央に加工槽およびワイヤ走行系があり、その後部に自動ワーク交換装置(AWC)がある。

加工は、加工槽に液温を一定に制御した放電加工油を溜め、油で行う。加工槽へはフィルタを通した加工液を循環させ、さらに加工部分に液を吹き掛けることにより加工精度を安定させている。

ワイヤ放電加工機は、通常両端をガイドで支持されたワイヤ電極の直線部で加工を行うが、W-PG1 ではこのワイヤ電極の支持方法が異なる。

* 株式会社牧野フライス製作所（神奈川県愛甲郡愛川町三増 359-3）

Fig.2 のようにワイヤ電極は下から上に走行する。下ガイドで支持された後、R 形状ガイドで斜め上方へ曲げられ、V ガイドによりワイヤ上部を支持する。

加工範囲はR 形状ガイドの中心から下ガイド上面までの 20mm の直線部と R 形状ガイドで曲げられた R 部となる。

Fig.2 Guide Unit in Work Tank

Fig.3 Rough machining

Fig.4 Finish machining

3. 加工方法

W-PG1 は加工スタートから最終の仕上げまで段取は加工前のワークセットのみでパンチを加工する。このときの加工工程が領域加工、荒加工そして仕上加工となる。

Fig.3 のようにまず領域加工で加工の効率を上げるためにパンチ形状に対し母材の余分な部分を取除き、おおよその形状を X, Y 動作にて直線的に成形する。Fig.3 は加工の軌跡を表している。

次に Fig.4 のように荒加工および仕上加工を X, Y 軸および C 軸の同時制御により外周を徐々に切込みながら加工していき最終のパンチ形状に仕上げる。この一連の加工工程を段取替えなしで行うことができる。

W-PG1 はワイヤ放電加工機であるため電気的な加工により加工物には非接触で負荷を与えずに加工形状を成形できる。しかし、薄物加工などは加工のパワーが強いほど、放電による加工反力や熱による影響を受けてしまう。

そこで領域加工から仕上加工までの加工パワーを NC 制御で段階的に変えて、加工物への負荷をなくしている。

Fig.3 の領域加工および Fig.4 の荒加工では加工形状に厚みがあり加工反力の影響を受けないので、強い加工パワーで切込み量を多くし加工速度を上げることで加工時間を短縮している。ワークの厚さが薄くなる Fig.4 の仕上加工では、加工パワーを弱くし切込み量も少なくすることでワークに与える加工反力を抑えている。

このように加工工程を変えて加工パワーを制御することで薄物加工でも安定した加工精度を得ることができる。

ここで、加工中のワークとガイドの関係図を Fig.5 に示す。ワイヤ電極はガイドで支持されているので、ワークの反対側を加工する時に C 軸を回転させガイドの向きを変えている。これによりワークの全周を加工することができる。このときワイヤ直線部は C 軸中心にあるので C 軸回転によるワイヤ電極の位置ずれがなく、ワークとの距離が管理しやすく安定した加工寸法が得られる。

また、R 形状ガイドを有するため加工切込み量は最大でワイヤ径を超えない寸法となる。

Fig.5 Punch machining

4. 加工プログラム

W-PG1 では専用の自動プログラミング機能を用いて複雑な形状の加工をより効率よく、誰にでも簡単に加工プログラムを作成することができる。

Fig.6 のように自動プログラミングの作業エリアで母材(Work)とパンチ形状(Punch)を作図し、二次元形状プログラムを作成する。

Fig.6 Automatic Programming System

あらかじめ加工条件を入力しておき、加工スタート位置を指定する。指定された位置にワイヤ電極と R 形状ガイドが表示される。あとは画面の指示に従い操作することで加工プログラムを短時間で簡単に作成することができる。

加工前にシミュレーション機能を用いて実際の NC データを読み取り、画面上でワークとガイドの動作確認ができる(Fig.3, Fig.4)。

5. 連続加工の自動化による効率アップ

5-1. 自動ワーク交換装置(AWC)

自動ワーク交換装置(AWC : Automatic Work Changer)は機械中腹部に位置し、フロアスペースをとらずにワークを 16 本まで収納できる装置である(Fig.7)。

ワークをセットしたホルダは自動クランプチャックにてヘッドへ装着されるので、自動交換が可能となる。よって、あらかじめワークをセットしたホルダを AWC マガジンに収納しておけば、夜間の連続運転や、一人の作業で複数台の加工も可能になる。

また、自動交換での加工精度においてもワークごとに中心位置計測を行ってから加工するので、安定した加工寸法が得られる。

Fig.7 Automatic Work Changer

5-2. スケジュール機能

W-PG1 を効率よく稼働させるための機能で、

- ・ AWC によるワークの交換
- ・ 計測球による加工前のワーク中心位置計測
- ・ ワーク中心と C 軸回転中心の位置決め
- ・ 加工

を自動で連続運転させることが可能となる。

NC のスケジュール画面に AWC のポット番号 (No.1～No.16), 加工プログラム番号および計測用プログラム番号を登録することで簡単に連続運転による効率の良い加工が行える。

Fig.8 Measurement of Work center

計測球によるワーク中心位置測定

計測球と C 軸回転中心の位置は不変であるため、あらかじめ計測球と C 軸回転中心の座標値を登録しておく。

X 方向, Y 方向のワーク中心および Z 方向のワーク高さを測定後、ワークを C 軸回転中心へ移動する。下げてもガイドに当たらないようにワークを逃がし、ワーク端面を R 形状ガイドの下面へ合わせる (Fig.8)。これで加工をスタートする。

5-3. 連続加工における加工精度

Fig.9 のパンチ形状を連続で 7 本加工した時の形状寸法を Table 1 に示す。

数値は加工形状を上から見たときの A と B の狙い値に対しての寸法差である。

狙い値 A : 0.9mm
B : 0.9mm

ワーク①からワーク⑦にて最大の寸法差は、ワーク⑤の $-1.5\mu\text{m}$ となる。

W-PG1 では、さらに薄物のパンチ加工でも加工精度は $\pm 2.0\mu\text{m}$ 以内である。

Fig.9 Punch

Table 1 Measurement

	μm	
	A	B
ワーク①	0.3	-0.5
ワーク②	0.0	-0.8
ワーク③	0.0	-1.0
ワーク④	0.0	-0.7
ワーク⑤	-0.5	-1.5
ワーク⑥	0.2	-0.8
ワーク⑦	0.0	-1.0

6. 加工事例

薄物パンチの加工事例として以下の加工を行った。

この加工では、0.1mmの厚さに対して、寸法差 $-1.0\mu\text{m}$ に仕上がっている。

このような曲げの無い薄い板状のパンチでも、放電加工技術により加工反力の影響を受けずに、先端の形状0.05Rもくずさず加工できている。

- ・ 加工厚さ寸法：0.1mm
- ・ ワーク材質：超硬
- ・ 加工精度： $-1.0\mu\text{m}$
- ・ 表面粗さ： $Ry1.2\mu\text{m}$
- ・ 加工時間：3時間

Fig.10 Punch

7. 機械仕様

- ・ 移動量
 - X 軸(左右)：100mm
 - Y 軸(前後)：250mm
 - Z 軸(上下)：250mm
 - C 軸(旋回)： $-100^{\circ} \sim +370^{\circ}$
- ・ ワイヤ電極径： $\phi 0.2\text{mm}$
- ・ ワイヤ巻量：5kg 巻
- ・ 機械本体寸法(NC 電源含む)：
 - 1850 x 1750 x 2430mm
 - (幅 x 奥行 x 高さ)
- ・ 機械本体質量：2700kg

8. まとめ

リードフレーム金型用のパンチ加工には、ワークの全周を自動運転で均一に仕上げる W-PG1 が有効である。

パンチ形状の全周を高精度に仕上げられるので、ダイとのクリアランスも全周にわたり均一となる。

特に薄形パンチでもワイヤ放電による非接触加工により加工形状をくずさず仕上げられる。

また、ワイヤ放電加工機は常に新しいワイヤ電極を供給するので、研削盤のような工具の摩耗が無い。よってワークとワイヤ電極の位置関係が管理しやすく、かつ NC 制御により加工物への加工反力や熱の影響を無くしているため、高精度な加工形状が得られる。

このような高精度加工を自動ワーク交換装置(AWC)を使用して連続運転により、効率よく行うことで機械の稼働率の向上にもつながる。

今日リードフレーム金型加工用のパンチも精密部品への対応から小型化されている。よって、パンチ形状も複雑になるが、現在 W-PG1 の最小ワイヤ径は $\phi 0.2\text{mm}$ であり、パンチのインコーナーの最小 R 寸法は R0.1mm までとなる。ワイヤ径を小さくすれば R も小さくなるが、ガイド部品の形状から最小 R が限定されてしまう。

より多くのパンチ加工に対応するためには、今後の課題として考慮していかなければならない。

(2001 年 2 月 13 日受付)