放電加工の実際(2)

ワイヤ放電加工の原理と実際*

安 田 治**

Principle and Application of Wire EDM*

by Osamu Yasuda**

キ ー ワ ー ド : AE 電源, PM 制御

1. は じ め に

放電加工機は実用化されて約 40 年が経過し、その間主な用途である金型の生産量の伸長に伴い、放電加工機の生産も増加してきた。バブル崩壊後の影響も現在では回復状態にあり、日本の工作機械生産額の 10%前後の実績を確保するに至っている。

放電加工機は、導電性の材料であれば硬度に関係無く高精度の加工が可能なことから、金型加工には不可欠な設備として急速に発展してきた。また、切削加工の困難な材料や高価な材料の加工など、部品加工分野への適応も増加してきている。

放電加工は大別すると、特性形状の電極を用いて、その形状を転写加工する形彫放電加工と、ワイヤ電極を用いて糸鋸式に輪郭加工するワイヤ放電加工との 2 つに分かれる。

ここでは、ワイヤ放電加工についてより有効に活用することを目的に、放電加工の原理から最近の技術動向の実際について説明する。

2. ワイヤ放電加工機の原理

ワイヤ放電加工機は、ゆで卵を糸で切ると同じ様なもので、細いワイヤ(通常黄銅製、 $\phi 0.1 \sim 0.3 \text{ mm}$)を電極として、このワイヤに張力を付加した状態で走行させながら、工作物とワイヤの間に放電を発生させ、糸鋸式に二次元輪郭形状を加工するものである。一般に時計の歯車等の部品加工や、プレス抜き型、アルミサッシの押し出し型などの貫通加工金型を加工するのに使用される。

ワイヤ放電加工機は図 1 に示す様な構成になっており、ワイヤの張力制御装置、加工テーブルの軸送りを行う各モータ等を持った機械系と、パルス電圧を供給する加工電源、加工形状を創り出し、機械を制御する NC 装置、加工液である水の比抵抗を制御するための純水器が

図 1 ワイヤ放電加工機の構成

必要である。

3. 最近の市場動向

バブル崩壊、円高など厳しい経済状況の中での全体的な動向は以下の 3 点を厳しく追求するものとなっている。

- Quality=品質
- Delivery=納期
- Cost=コスト

品質面においては、長寿命化のニーズが高く、そのための性能向上のポイントは、加工面粗さの向上と加工変質層の低減である。

納期の面では工数の短縮であり、そのための性能向上のポイントは、腐食、錆の抑制による後工程の短縮である。

コストでは作業者のばらつきをなくすことであり、そのための性能向上のポイントは、トータルとしてのワイヤ放電加工時間の短縮である。

これらの市場動向について、以下の項にて説明する。

3.1 品質、納期

適用分野ごとに見た場合の特徴的なものは半導体関連金型と部品加工の分野である。

半導体は集積度がさらに高くなっており、それによる微細化が進み、スリット幅、多ピン化に伴うピッチ幅の微小化等の高品位化のニーズが高くなってきている。

*原稿受付 平成 7 年 12 月 18 日

**正 員 三菱電機(株) Member, Mitsubishi Electric Corporation

部品加工の分野では錆や腐食の防止、加工変質層の低減等の高品位化のニーズが高くなってきている。

3.2 コスト

トータルとしての加工時間を短縮するには、加工速度を上げることと、ワイヤの断線の発生回数を低下させることが必要である。

この相反する2つの事項をバランスさせるために必要な加工条件の設定を簡略化して欲しいとのニーズが高くなってきている。

4. 最近の技術動向

被加工物の品質の向上は、そのみならず後工程の短縮にもつながることから、高品位化は重要であり、そのニーズに応えるために高速無電解電源 AE (Anti-Electrolysis) を開発した。また、加工条件の設定を簡略化し、老若男女を問わず初心者でも簡単に加工が出来るために、PM 制御を開発した。

以下、それらについて説明する。

4.1 高速無電解電源 (AE 電源)

金型の長寿命化や後工程の短縮など高品位加工のニーズに応えるため、当社では高速無電解電源 AE を製品化し、市場に供給している。高速無電解電源 AE (以下 AE 電源と称す) はワイヤ放電加工機において世界で初めて、荒加工から仕上げ加工までの全ての領域を無電解化した電源である。その特長は以下の通りである。

- (1) 加工変質層の低減
- (2) 微細仕上による機械強度低下の抑制
- (3) 錆、酸化の抑制

以下、上記の特長について説明する。

4.1.1 AE 電源の特徴

①加工変質層の低減

加工断面の変質層に於ける硬度の低下は、金型の初期摩耗に大きく影響を及ぼす。従来加工、AE 電源による加工 (以下 AE 加工と称す)、油を加工液として油中加工について、ダイス鋼の仕上加工断面の硬度変化を求めたものを図2に示す。図において、従来加工では加工面から約 $20\mu\text{m}$ の深さから硬度が低下しているのに対し、AE 加工では硬度の低下する深さが $5\mu\text{m}$ 以下となっている。これは AE 加工では電解変質層による軟化が無いためである。また、油中加工では電解変質層は無いが、荒加工の時に発生した脆いオーステナイト層 (熱影響層) が残留したことによる、硬度低下が若干見られる。

②微細仕上による機械強度低下の抑制

加工面に於けるマイクロクラックは金型の破損、異常摩耗につながることから極力発生を防止する必要がある。AE 電源ではマイクロクラックが極めて少ない、均質な微細仕上加工面 (面粗さ $1\mu\text{mRmax}$ 以下) が得られる。図3は超硬合金をワイヤ放電加工した時の抗折力試験の結果を示すもので、研削により仕上げた基準試験片の抗折力を1として比較したものである。試験片材料は GTi 30 (三菱マテリアル製)、と KD 20 (共立合金製) の

2種類で、AE 加工、従来加工、油中加工の3種類の方法で加工を実施した場合の抗折力を示す。AE 加工、従来加工、油中加工の順に小さくなっている。これはマイクロクラックの影響によるものである。油中加工では熱変質層が厚くマイクロクラックが深くなったためである。従来加工では荒加工で発生したマイクロクラックが腐食により広がり、仕上加工で除去出来ないためである。

③錆、酸化の抑制

鉄系材料のワイヤ放電加工での問題点は、錆の発生で、これにより後工程で手間取る場合がある。従来加工では被加工物が陽極であるため、陽極酸化が進行し、錆が発

図2 ダイス鋼の仕上加工断面の硬度変化

加工方法と抗折力

図3 超硬合金をワイヤ放電加工したときの抗折力試験結果

(工作物：NAK55)

錆の発生比較

(注) 防錆液は使用していません。

工作物表面の酸化

図4 AE加工の効果

生する。しかし、AE加工ではこのような陽極酸化が進行しないため、錆の発生が抑えられる。これは、AE電源が電極性パルスで加工を実施するため被加工物が陽極にならないからである。またチタン合金の様な非鉄材料でも、酸化を抑えることが出来る。図4にアルミニウム、黄銅、チタン合金、鉄(NAK55)を、従来加工と、AE加工で加工した場合の、加工部分の写真を示す。写真からも明らかなように、AE加工では高い防錆効果がある。

4.2 荒加工のフルオール化 (PM制御)

従来、初心者が放電加工機を用いて加工する時に、越えなければならない大きな壁に加工条件の設定があった。また、熟練者にとっても、段差、穴あき形状等の加工条件の設定は困難であった。この設定は行うことなく加工開始ができ、初心者でも簡単に使用できるように、PM制御が開発された。

PM制御とは、荒加工において加工が常に最適のパワーで行われる様に制御する機能である。自動的に板厚の変化を検出し制御を行うため、加工条件の設定を行うことなくフルオート加工が可能である(世界初)。また、

図5 PM制御の構成

ノズルを密着出来ない加工や端面からの食いつき、段差、穴あき形状でも断線の発生を防止する機能である。

PM制御は以下の3つから構成される。

- (1) 加工状態モニター
- (2) 板厚モニター
- (3) パワーモニター

以下に、上記3つのモニターの説明をする。(図5参照)

4.2.1 PM制御の特長

①加工状態モニター

放電パルス一発一発の加工状態の良否を判定し、統計的に加工状態の安定度を判定する。

②板厚モニター

加工エネルギー、加工量、材料特性、加工状態等様々な条件を特殊なセンサーにより検出し、板厚の変化を自動判定する。判定した結果はリアルタイムでNC画面に表示する。

③パワーモニター

上記の加工状態モニター及び板厚モニターの出力結果と使用ワイヤや被加工物などの加工条件を総合し、最適な電気条件パラメータをリアルタイムに算出する。

従来ワイヤ断線を発生させずに高速で加工する為には、高度な加工技術を必要とした形状を、一例として図6に示す。

(a) 加工液ノズルと被加工物を密着させることが出来ない場合。

(b) 被加工物に段差がある場合

(c) 板厚が比較的薄い被加工物の加工の場合

(d) テーパー加工の場合

5. おわりに

市場の高品位化のニーズに応えるために、AE電源を、加工条件の設定の簡略化のニーズに応えるために、PM制御を開発・実用化してきた。今後、市場は更に微細化、

図6 PM制御加工例

高品位化すると思われ、その市場のニーズを取り込んだ放電加工技術の開発を進めてゆく必要がある。

評論社 (1979)

※ PM 制御の PM のイニシャルの件
商標の問題があるため、PM のイニシャルを表記する事は出来ません。御了承下さい。

参考文献

- 1) 単行本 斎藤ほか：放電加工のしくみと100%活用法技術

平成6・7年度 溶接学会会員名簿

平成7年12月 発行
社団法人 溶接学会

定価 4,700 円 (送料込み)
ご注文その他については下記にお問い合わせください。

社団法人 溶接学会
〒101 千代田区神田佐久間町 1-11
☎ 03-3253-0488 ファックス 033253-3059