型彫り放電加工機が多機能化*

菅原 敏**

Various Function of NC Discharge Machines / Satoshi SUGAWARA

Key words: bridge type design, software servo, conversation type data entry, high speed machining circuit, nominal electrode wear circuit, fine surface monitoring circuit

1. はじめに

型彫り放電加工機は、金型産業を中心として発展してきた。

現在、型彫り放電加工機も他の工作機械と同様にNC化が進み、それにより多種多様な加工法が取れるようになり、金型に限らず電子産業の精密部品や、セラミックに代表される特殊材料の加工にも使用されはじめその用途はますます広がりつつある。

本稿では当社が開発したNC型彫り放電加工機Sシリーズを例に、高精度・微細加工への対応技術について述べる。

2. Sシリーズの特徴

図1にSシリーズの一機種であるH-DS 10 S/MP 30の外観を示す。

Sシリーズの大きな特徴としては次の3点があげられる。

- (1) 機械構造は剛性に優れた門型構造をしており高精度加工を可能にしている。
- (2) NCは多機能化が進められ、多種多様な加工に対応可能である。
- (3) 電源は高速加工、低消耗加工、微細加工等あらゆる加工に対応可能である。

次に各々の項目について詳細に述べる。

3. 機械構造

放電加工は、非接触加工ということで、従来、加工反力はあまり問題にされていなかったが、現実には放電間隙と密接な関係がある。

特に、微細加工領域においては放電間隙がミクロンオーダーと小さくなり、加工反力によって電極と加工品の相対的位置が変化してしまうことがある。また加工能率を上げるために底付加工においては電極のジャンピング動作をするためこの位置変化が増長されてしまう。さらにNC放電加工では揺動や3次元加工を行

図1 H-DS 10 S/MP 30

* 原稿受付 平成元年5月12日

** 日立精工(株)(海老名市上今泉2100)

図2 サーボ系ブロック図

うため加工反力が電極と加工品の相対的な寸法変化に影響を与える。

これらを解決するために、Sシリーズでは従来のC型コラム方式をやめ、剛性の高い門型コラム方式を採用し、かつ振動減衰性に優れた鋳鉄構造とした。主軸剛性は、従来機に比べ約5倍（当社比）に上がっている。

4. NC関係

1) ソフトウェアサーボ

放電加工機は一般の工作機械と異なり、位置決め送りのほかに、放電加工時の極間状態の変化に応じて極間間隙を適正に保つことが求められる。このような極間間隙制御を同時多軸制御で容易に実現するため、ソフトウェア主体のサーボ系を構築した（図2参照）。図1において、点線で囲まれた部分がソフトウェア主体で処理される。以下にその特徴を示す。

- (1) 最小補間単位 $0.2\mu\text{m}$ の微細送りと、早送り速度の高速化 (2000 mm/min)
- (2) 同時多軸制御が実現
- (3) デジタル化およびハード素子の低減による長期の性能維持

さらに剛性の高い設計のために、急峻な指令に対してもオーバーシュートのないサーボ送りが可能となっている。この結果、放電加工時の極間状態の変化に対する追従応答性を従来機より約1.5倍まであげることができ、放電加工に要求されるアークのしにくい、安定して高精度加工が行えるサーボ系が実現された。

2) プログラムの簡素化

a) 加工対話機能（図3）

放電加工は、寸法および目的とする面粗さを出すために、各条件ごとに加工深さ、揺動量を計算し、それを入力する必要がある。

本機能は、7個（仕上面粗さなど）の数値を入力す

図3 加工対話機能画面

るだけで、加工プログラムを自動的に作成する。加工条件、およびステップ追込み量については、メーカーで推奨しているもの、およびユーザー側で任意に設定したものの両方が使用可能である。これによりユーザー独自の加工ノウハウをパターン化でき、なおかつ微小な寸法補正も容易にできる。

b) 位置決め対話機能

従来の位置決めは、手動もしくはプログラムを作成することによって行ってきた。

本機能は、画面より目的とするパターンを選び出し、対話方式により数値を入力して位置決めを行う。また最大24個のワークの位置出しについても、画面と対話しながら連続して行うことができる。その結果、位置決めプログラム作成時間の省略、そしてプログラムミスを防ぐことができる。

3) 特殊コード

a) 特殊後退コード

近年、金型業界でのCAD/CAM化の発展は著しい。それに伴い、放電加工でも総形電極に代わり、単純電極を使用して複雑形状を加工するものが増えてきた。

そういう加工では、総形電極とは違った問題が生ずる。以下にその例と、当社での対策を記す。

＜例1＞ 図4に示すように、単純電極を使用し、加工品に対し溝を切りたい場合

〔問題点〕

- ・加工形状が、スラッグの逃げにくい形状となっているので、短絡状態になった場合、加工開始点まで戻らねばならない場合もあり、時間がかかり過ぎる。
- ・後退した後戻ってきてても、スラッグが逃げていないので再度短絡状態になりやすい。

〔対策〕

- ・短絡状態になった場合、任意方向に電極を逃がしてしまう。図4の場合だと、Z軸＋方向に電極を逃が

図4 単純電極による溝加工

図5 単純電極による丸穴輪郭加工

すと、容易に短絡が解除できる。

- ・短絡解除後に電極が下がってくる際、その時の圧力でスラッグが排除できるため、安定した加工が行える。

＜例2＞ 図5に示すような、丸穴の輪郭を加工する場合

〔問題点〕

- ・加工中短絡状態となり後退する場合に、それまでの加工経路が長いと、短絡解除と解除後の元位置に時間がかかることがある。

〔対策〕

- ・短絡した場合に、任意座標に後退するようにする。図5の場合だと、短絡時に穴の中心に後退させる。それにより容易に短絡が解除でき、後退経路が少なくすむ。

b) フロントギャップ加工タイマ

放電加工の加工順序は、荒加工→中加工→仕上加工

図6 UP回路性能曲線

と加工条件を切り換えながら、表面を仕上げていく。各条件での追込み量は、計算によって求めていく。理屈では、この数値で送り込むと表面は完全に仕上がるはずである。ところが、最終的な仕上がり状態というのは、一部粗めが残り、一部は仕上がったりという具合に面が均一に出ないことがある。

この原因の1つに、瞬間的に最終送り量を検知して、その時に加工が停止してしまうということが考えられる。

ここで紹介するフロントギャップ加工タイマの働きは、加工終了端でそのギャップのみで、一定時間加工を持続させようとするものである（時間はプログラムにより設定）。これにより表面粗さの均一化、そして仕上深さのばらつきが少なくなる。特に同一ワーク上に多数個加工する場合、深さの均一性が得られる。

5. 加工電源

1) UP回路（高速加工回路）

放電加工機を使用している方なら、この問題にぶち当たっていると思われるが、放電加工機の最大の欠点は、加工速度が遅いこと、特に仕上領域でその傾向が著しいことである。UP回路はこれを改善するために、次の3つの点を目標にして開発された（図6）。

- 金属の熔融を促進するイオン化時間の半減
- 有効放電率の2倍化
- 供給電気エネルギーの均一化

特に $10 \mu m R_{max}$ 前後の領域で、約2～3倍（当社従来比）の速度アップが図られている。

2) E回路（低消耗回路）

これは極低消耗加工を実現するために開発されたものであり、最小電極消耗率0.1%以下が得られる。E回路を使用すると次の効果がある。

- ① 電極本体を減らすことができる。

図7 小径穴加工例

図8 小径穴加工用電極成形法

- ② 電極のコーナ部のダレが小さくなり、シャープな形状を出すことができる。
- ③ 従来と同じ消耗条件での加工速度を速くすることができる。

3) B回路（微細面加工回路）

これは、放電加工後の磨き作業をなくす目的で開発されたものである。特に手仕上できないような深いリブなどに効果が期待できる。最小面粗さとしては $0.2 \sim 0.3 \mu\text{mR}_{\text{max}}$ が可能である。

6. 加工例

1) 微小穴加工例

図7に加工例、および図8に電極成形法を示す。 $\phi 1 \text{ mm}$ の銀タングステン電極を回転させながら、 $\phi 0.145 \text{ mm}$ に成形し40穴連続加工する。穴ピッチはX, Yとも 2.115 mm である。成形法は図8に示す

図9 鏡面加工例

通りである。これにより電極を成形するとともに、電極取付け時に発生する電極の振れを取り除くことができ、真円度の高い電極が成形できる。

電極材質：銀タングステン

加工品材質：超硬

板厚：0.5 mm

電極成形時間：18 min

加工時間：2.5 min/1穴

穴径精度： $\phi 0.18 \text{ mm}$ に対して、ばらつき $4.1 \mu\text{m}$

面粗さ： $1 \mu\text{mR}_{\text{max}}$

電極消耗：0.03 mm/1穴

2) 鏡面加工例

図9は鏡面加工例である。B回路（微細面回路）と角揺動機能を使用した。

これにより金型の磨き時間の省略、および磨き時に発生する金型のだれを防止することができる。ただし電極面積、および加工品の材質により限界があるので、メーカー側でもそのあたりを明確にすることが必要だと考える。

電極材質：銅

電極寸法： $10 \times 10 \text{ mm}$

加工品材質：SKS 3

加工時間：6.5 h

面粗さ： $0.13 \mu\text{mR}_{\text{max}}$

本稿では高精度、高性能向けとして開発されたSシリーズを紹介したが、ユーザーズは今後さらに多様化していくと考えられる。

今後もユーザーの要求にこたえるべく、より高度な生産性に寄与する自動化機械を提供することがメーカーの責務と考え、研究開発に努力する所存である。