

超小型自律制御放電加工装置の開発

1. はじめに

放電加工では、電極と工作物の間にパルス状の電圧を印加し、電極と工作物の間（極間）の任意位置で生じる単発の放電を繰り返させることによって、材料除去が行われる。したがって、加工速度を上昇させるためには、材料除去に寄与する単発放電の単位時間当たりの発生数を可能な限り多くする必要があり、これを実現させるため、放電加工機は、電極と工作物の距離（極間距離）が常時適切な距離になるように、極間の電圧と電流の測定値をもとに電極の位置をフィードバック制御に

よって調整している。当然のことながら、このような制御系の構築には、極間電圧・電流の測定器や電極位置の制御機器などの装置が不可欠となる。

これに対し、筆者らのグループは、測定器や制御機器などを必要とせず、自律的に極間距離を制御することによって放電加工を実現する超小型装置の開発を目指し、極間距離自動制御機構（Automatic Discharge Gap Controller: ADGC）を開発した。本稿では、ADGC およびその小型化と性能向上について紹介する。

2. ADGC の構造と動作

図1にADGCの基本構造と動作過程を示す。この図に示すように、SMA（Shape Memory Alloy）製のばねとばね鋼製のバイアスばねが互いに拮抗するように組み立てられている。このアクチュエータはバイアス式2方向性素子と呼ばれ、その入力と出力はそれぞれSMAの温度昇降と軸の移動である。ADGCは、その素子の軸に電極が取り付けられ、かつ、放電加工時に発生する電流がSMAを流れるように設計されたものである。SMAは通電加熱が可能であるため、同図に示す過程のように、電極の位置は自動的かつ自律的に制御され、安定な放電加工が実現される極間距離となるように常に調整される。なお、この過程の実現には、加熱・冷却時のSMAの温度がその変態温度をまたぐように設計する必要がある。

3. 試作機と改良機

試作機⁽¹⁾では、バイアス式2方向性素子のSMAばねとバイアスばねをそれぞれ3本の引張コイルばねと1本の圧縮コイルばねとしたため、複雑な設計と困難な組立を余儀なくされた。この問題を解決するための改良を施した。図2(a)に改良機の構造を示す。改良機⁽²⁾では、そのバイアス式2方向性素子のSMAばねとバイアスばねをそれぞれ1本の圧縮コイルばねとしても、ADGCとしての機能を発現できる設計解を見出して採用した。図2(b)に試作機と改良機の外観比較を示す。両図とも同じ縮尺であるため、試作機に比べて改良機が大幅に小型化されたことがわかる。

4. 改良機の性能検証実験

図3にADGCの極間距離制御性能を検証する実験の方法を示す。図3(a)に示すように、ADGCを極間距離制御機能を停止させた放電加工機の主軸に取り付け、加工電圧の印加状態を維持したまま、極間距離を放電が発生しない最小距離とする。次に、図3(b)に示すように、主軸を速度 v で距離 h だけ工作物の方向に移動させ停止させる。すると、ADGCにより極間距離は制御され、放電加工が開始される。その後、図3(c)に示すように、深さ h の穴が加工され、放電加工が終了する。このとき、ADGCが短絡せずに放電加工を完了できる接近距離の最大値 h_{max} を、そのADGCの有する極間距離制御性能の指標とした。

図4に試作機と改良機の h_{max} の比較および電極の設計可動範囲に対する h_{max} の割合の比較を示す。接近速度 v は $1.2\text{mm}/\text{min}$ とした。試作機と改良機の h_{max} はそれぞれ $50\mu\text{m}$ と $850\mu\text{m}$ となり、劇的に極間距離制御性能が向上していることがわかる。また、設計電極動作範囲はそれぞれ $1000\mu\text{m}$ と $850\mu\text{m}$ であり、改良機が設計された電極動作範囲の100%を使用できていることから、改良機が設計どおりに動作していることがわかる。

5. おわりに

自律的に極間距離を制御することにより放電加工を実現する機構すなわち極間距離自動制御機構（ADGC）の開発およびその小型化と性能向上について紹介した。今後は、ADGCの各種設計パラメータと動作特性や放電加工特性の関係を明らかにすることによって、さまざまな用途に適したADGCの設計製作方法および運用方法を提案できるようなシステムを構築したいと考えている。

（原稿受付 2010年1月26日）

〔石田 徹 大阪大学〕

●文 献

- (1) 石田 徹・竹内芳美, 自走式放電加工機構による曲がり穴加工—電極間距離の自動制御機構—, 精密工学会誌, 65-2, (1999), 245-249.
- (2) 北 正彦・石田 徹・寺本孝司・竹内芳美, 曲がり穴放電加工用マイクロロボットの開発—極間距離自動制御機構の改良による小型化と性能向上—, 精密工学会誌, 75-11 (2009), 1355-1359.

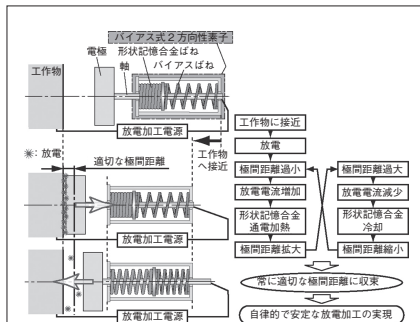


図1 極間距離自動制御機構の基本構造と動作過程

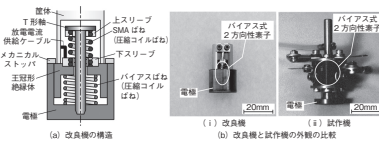


図2 改良機と試作機

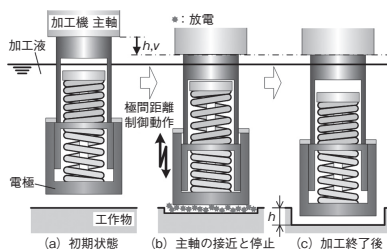


図3 極間距離制御性能の検証実験

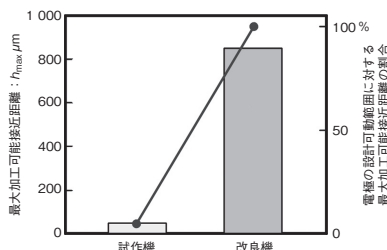


図4 極間距離制御性能の比較