

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	高応答多自由度電極駆動による放電加工の高速・高精度化の研究
Title(English)	
著者(和文)	上山吉崇
Author(English)	Yoshitaka Ueyama
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9589号, 授与年月日:2014年5月31日, 学位の種類:課程博士, 審査員:進士 忠彦,北條 春夫,初澤 毅,佐藤 海二,吉岡 勇人
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9589号, Conferred date:2014/5/31, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

(論文博士)

論 文 要 旨 (和文2000字程度)

(Summary)

報告番号	乙 第	号	氏 名	上山 吉崇
------	-----	---	-----	-------

(要 旨)

本論文は、「高応答多自由度電極駆動による放電加工の高速・高精度化の研究」と題し、全5章で構成されている。

第1章「緒論」では、現在、放電穴加工の微細、高アスペクト、高速および高精度化、および、形彫り放電加工で、総加工時間のうち、大きな割合を占める仕上げ加工の高速化に対する生産現場での強い要求があることを述べている。これらの要求を満たすためには、加工物と工具電極の短絡、開放の短時間での解消、加工層の速やかな排出、電極取付け誤差の補償が必要であり、そのためには、工具電極を多自由度方向に高応答駆動するローカルアクチュエータが必要であることが述べられている。また、その実現のため、放電加工専用の5自由度制御型磁気浮上ローカルアクチュエータが研究開発されていることも述べられている。本論文では、工具電極を多自由度方向に高応答駆動する磁気浮上ローカルアクチュエータと、加工範囲の拡大のため、ローカルアクチュエータ全体を駆動する既存放電加工機からなる、協調制御加工システムを構築し、放電穴加工の高速化、高精度化、形彫り放電加工における仕上げ加工の高速化に有効な加工法の研究開発を目的としている。

第2章「高応答多自由度電極駆動による放電穴加工の高速化」では、ローカルアクチュエータの位置決め範囲を越える放電穴加工の速度向上を目的としている。電極の多自由度高応答性と広い加工範囲を実現するため、5自由度制御型磁気浮上ローカルアクチュエータと既存の放電加工機を組み合わせ、両機構を協調動作させることにより、3軸方向に300mmの位置決め範囲、サブマイクロメートルの位置決め分解能、および100Hz以上のバンド幅を有する、放電加工システムを実現している。また、加工層の排出を促進するための電極駆動法として、電極を加工面から高速に一旦退避し、再接近させるジャンプ動作と、径方向に円軌道を描くように駆動する高周波揺動を提案している。円柱型電極を用いた、放電穴加工では、ローカルアクチュエータによる、高応答かつ高精度な極間距離調整、高速ジャンプおよび高周波揺動の併用によって、既存加工機単体を用いた従来の加工方法と比較して、電極径1mm、0.1mmのそれぞれの場合、4.5倍、6.6倍に加工速度が向上することを確認している。

第3章「高応答多自由度電極駆動による放電穴加工の高精度化」では、ローカルアクチュエータを用いた電極の位置・姿勢制御による、穴加工の高精度化を目的としている。まず、電極の取り付け誤差に起因した回転電極ふれまわりの計測法を提案している。また、ふれまわりが打ち消されるように、スピンドルを並進および傾き、計4自由度方向に対して、位置・姿勢の制御を行い、同時に穴加工を行う手法も提案している。本手法によって、50~1,000rpmの回転領域において、電極のふれまわりが、併進方向では100 μ mから数 μ m、傾き方向では2mradから数十mradまで抑制されること、および ϕ 0.5mmの電極を使用した、深さ2mmの放電穴加工では、ふれまわり補正によって、加工穴直径が670 μ mから593 μ mへ縮小されることを確認している。さらに、貫通穴加工において垂直断面がテーパ状になる課題に対し、加工穴出口の直径のみが拡大するよう、電極をすりこぎ運動させる手法を提案している。本手法の適用により、入口直径と出口直径の差分が104 μ mから84 μ mへ低減し、テーパが緩和することを確認している。

第4章「高応答多自由度電極駆動による形彫り放電加工における仕上げ加工の高速化」では、ローカルアクチュエータを用いた形彫り放電加工における仕上げ加工の速度向上を目的としている。仕上げ加工において、平面揺動、軸方向高周波微小振動、ジャンプ、軸方向高応答極間距離調整が、仕上げ時間に及ぼす影響を調査している。 ϕ 2mmの円柱電極を用いた加工実験においては、既存の加工機を模擬した状態での仕上げ速度に比べ、揺動を加えることで1.7倍、ジャンプ、揺動、高速極間距離調整を複合することで、2.0倍の速度増加を確認している。次に、仕上げ加工の高速化に最も有効であった揺動運動に特化した簡易な2自由度駆動型ローカルアクチュエータを用い、10mm角の角柱電極を利用し、粗加工から仕上げ加工までを、市販の加工電源制御プログラムを用いて実施した。揺動は、振幅を10 μ mに固定し、周波数を1~150Hz、揺動軌跡を円と矩形に切り替え実施し、その結果、150Hzの高速円揺動を付加させた場合、揺動を加えない場合と比較して、仕上げ加工時間は、292秒から86秒に短縮することを確認している。

第5章「結論」では、本論文で得られた成果を総括し、今後の課題について述べている。

(論文博士)

論 文 要 旨 (英 文)

(300語程度)

報告番号	乙 第 号	氏 名	上山 吉崇
<p>(要 旨)</p> <p>In chapter 1, the background and the purpose of this study are described. In conventional electrical discharge machining (EDM) machines, a stacked mechanism is usually used to position an electrode in multi directions. Therefore, the response of the electrode is low and the removal rate is slow. Debris contamination that is occasion of decrease of removal rate and machining accuracy is also one of the problems of the EDM. The objectives are to realize high speed and high accuracy EDM by using high-response and multi degrees of freedom (DOF) local actuators.</p> <p>In chapter 2, high speed hole EDM was investigated. To position the electrode speedily over a wide range, a high response 5-DOF actuator and a conventional EDM machine were combined and cooperatively controlled. In order to improve the ejection of the debris, axial jump and high frequency radial orbital motion of the electrode by the actuator were investigated. The experimental results of the hole EDM showed that high speed gap adjustment, jump and orbital motion by the cooperative EDM system increased machining speed compared with the conventional EDM method.</p> <p>In chapter 3, compensation methods for runout of a rotary electrode and taper holes caused by the electrode wear were proposed. In these methods, the electrode was controlled in 4-DOF directions at a time. In the hole EDM, the diameters of the holes were suppressed by runout compensation. The hole diameter difference between entrance and exit were also suppressed.</p> <p>In chapter 4, high speed die-sinking EDM was investigated. To eject the debris, several combinations of the electrode motions were tested. Experimental results showed the combination of high-response positioning, jump and orbital motion was most effective. Combination of orbital motion and axial jump was also effective even if response in machining direction was low. In order to put the results to practical use, orbital motion by using a simple 2-DOF actuator was investigated under the general-purpose of EDM operation program.</p> <p>In chapter 5, summary and future works are described.</p>			