

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)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

(2000字程度)

報告番号	乙 第 号	学位申請者	上山 吉崇	
論文審査員	氏 名	職 名	氏 名	職 名
	主査 進士 忠彦	教 授	吉岡 勇人	准教授
	北條 春夫	教 授		
	初澤 毅	教 授		
	佐藤 海二	准教授		

論文題目「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」

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、今日の放電加工技術において、穴加工の高速・高精度化、微細化、高アスペクト比化、および、形彫り加工の高速化に対する強い要求があることが述べられている。この要求に対して、加工物と工具電極の短絡・開放からの短時間での回復、加工屑の速やかな排出、電極取付け誤差の補償が必要であると説明されている。これらを実現する手段として、工具電極のすべての自由度方向の高応答駆動の実現があり、そのひとつの方法として、従来の放電加工機に付加する5自由度制御型磁気浮上アクチュエータ(以下、ローカルアクチュエータ)が研究開発されているが、それを利用した加工法に関して十分な検討には至っていないことが述べられている。

そこで、本論文では、工具電極をすべての自由度方向に高応答駆動するローカルアクチュエータと、工具電極が取り付けられたローカルアクチュエータを広範囲で駆動するための既存放電加工機からなる協調制御加工システムを構築することを目的としている。また、それを用いて、放電加工における穴加工の高速・高精度化、形彫り加工の高速化に有効な手法を開発するとしている。

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寸法の放電穴加工の高速化の実現を目的としている。電極の多自由度高応答性と加工に十分な位置決め範囲を実現するため、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、100Hz以上のバンド幅、300mm以上の位置決め範囲、サブマイクロメートルの位置決め分解能を有する、放電加工システムを構築している。また、このシステムに、加工屑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、再接近させる高速ジャンプ動作と、軸直角の面内に円軌道を描くように駆動する高周波揺動を導入することを提案し、その効果を確認している。円柱形電極を用いた穴加工では、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制御、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 $\phi 1\text{mm}$ 、 $\phi 0.1\text{mm}$ のそれぞれの場合、最大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、電極の取り付け誤差に起因する加工穴径の拡大と、電極消耗に起因する貫通穴の入口出口径の差を抑制するため、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、高精度穴加工の実現を目的としている。まず、取り付け誤差に起因した回転工具電極のふれまわりを光学的に計測し、電極のふれまわりを打ち消すように、電極を取り付けたスピンドルの位置・姿勢の制御を行い、同時に穴加工を行う手法を提案している。50~1,000rpmの回転領域において、本手法の適用前と後で、並進方向では100 μm から数 μm まで、傾き方向では2mradから1mradまで電極のふれまわりが低減できたことを示している。さらに、 $\phi 0.5\text{mm}$ 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 μm から593 μm まで約12%低減できたことを確認している。さらに、貫通穴加工において穴の垂直断面がテーパ状になる問題に対し、その原因が電極先端の消耗に起因することを示し、加工穴出口の直径を拡大するように、電極をすりこぎ運動させる手法も提案している。本手法により、入口直径と出口直径の差が104 μm から84 μm まで約19%低減し、テーパ角度が緩和することを確認し本手法が有効であることを示している。

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。まず、工具電極の平面内円揺動、軸方向高周波微小振動、ジャンプ、高応答極間距離制御が、仕上げ加工速度に及ぼす影響を調査している。 $\phi 2\text{mm}$ の円柱電極を用いた加工実験においては、従来の仕上げプロセスの加工速度に比べ、揺動を加えることで1.7倍、平面内円揺動、軸方向高周波微小振動、ジャンプ、高応答極間距離制御のすべてを複合することで、2.0倍になることを確認している。次に、仕上げ加工の高速化に最も有効であった円揺動運動に特化した2自由度方向に駆動するローカルアクチュエータを用い、10mm角の角柱電極を振幅10 μm 、周波数150Hzで円揺動して加工した場合、揺動を与えない場合と比較して、同等の面粗さを保ちながら、仕上げ加工時間は、292秒から86秒まで約71%短縮できたことを確認し、本手法の有効性を示している。

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。

以上要するに、本論文は、放電穴加工の高速・高精度化、および、形彫り放電加工における仕上げ加工の高速化の実現のため、工具電極をローカルアクチュエータにより多自由度方向に高応答駆動する加工法を提案し、その有用性を示したもので、工学上、工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は、博士(工学)の価値あるものと認められる。