

氏名	いわた ともき <b>岩田 知樹</b>
本籍（国籍）	岩手県
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	工博 第264号
学位授与年月日	平成28年 3月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当 課程博士
研究科及び専攻	工学研究科機械・社会環境システム工学専攻
学位論文 題目	<b>形彫り放電加工における絶縁油が加工特性に与える影響に関する研究</b>
学位審査委員	主査 教授 廣瀬 宏 一 副査 教授 水野 雅 裕 副査 准教授 清水 友 治

## 論文内容の要旨

金型はさまざまな製品の生産に使用されているが、金型自身の形状を被加工材に転写する役割を持っている。従って、金型の品質が製品の生産性に大きな影響を及ぼすことになり、製造業において非常に重要な生産設備である。工業統計によると日本の金型事業所数に占める従業員20名以下の事業所数の割合は90%前後で推移しており、少人数経営が金型産業の一つの特徴となっている。形彫り放電加工は金型加工方法の一つで、主にプラスチック射出成形用金型の製作に多用されている。近年、省エネを目的とした製品軽量化のニーズの高まり等により、金属部品からプラスチック部品への置き換えが進んでおり、それに伴ってプラスチック射出成形金型のニーズも今後益々増えていくものと考えられる。

本研究は形彫り放電加工に使用される絶縁油が、加工特性の中の特に加工速度に対してどの様に作用しているのかを調べたものである。絶縁油を研究対象として取り上げた理由は、絶縁油に対する工夫で加工特性を改善できるならば、1台数千万円もするような高額な加工機械を買い替えることなく、より少額な投資でより競争力の高い形彫り放電加工が実現できる可能性があるためである。また、工学的な視点で見た場合、加工特性に対し絶縁油が作用するメカニズムは完全には明らかになっておらず、このメカニズムを解明していくことは、形彫り放電加工技術の今後の発展に対し大きく貢献するものと考えている。放電加工は熱的な加工法であり、工具電極と工作物の間にパルス状に繰り返し放電を起こし、その放電によって生じるプラズマの熱によって工作物を溶融・除去している。

このため本研究では、加工速度を議論する場合、1パルス当りの溶融量と、溶融

領域の中から除去される工作物の割合（除去効率）の 2 つに分け、それらが加工速度に与える影響について絶縁油の種類を変えて詳細な実験を行うとともに、非定常熱伝導解析を行い実効熱入力半径とプラズマから工作物へのエネルギー配分率について詳細に検討している。さらに、加工速度に影響を与える新しいパラメータとして流動コンダクタンスを提案している。

第 1 章は序論であり、本研究の背景と形彫り放電加工の原理と主な特性、および過去の研究の概要と本研究の位置づけ、そして研究の目的を述べている。

第 2 章では絶縁油による加工速度の違いについて述べている。市販されている形彫り放電加工用絶縁油の中から 9 種類を準備し加工速度を測定した結果、加工速度は絶縁油によって最大 1.48 倍の差があること、および加工速度が速い絶縁油を用いるほど表面粗さが大きくなることを示した。

第 3 章では絶縁油による除去効率の違いについて述べている。前章で得られた絶縁油によって加工速度が異なるという現象の原因を探るために、代表的な絶縁油を使用したときの工作物溶融量について調べ、溶融部から除去された工作物の割合（除去効率）は絶縁油による差がないこと、および加工速度は溶融量によって左右されていることを明らかにした。

第 4 章では非定常熱伝導解析によるエネルギー配分率と実効熱入力半径の推定について述べている。工作物溶融量に差があることの原因を調べるために円筒座標系を用いた非定常熱伝導解析を行い、エネルギー配分率と実効熱入力半径について詳細に調べ、工作物へのエネルギー配分率が 12% 程度であること、および絶縁油により実効熱入力半径が異なることを示した。

第 5 章では加工速度に影響する新しいパラメータの検討について述べている。工作物と工具電極間の絶縁油に対する流体力学的考察を行い、実効熱入力半径を左右する流動コンダクタンスというパラメータを導出し、このパラメータと溶融量・除去効率・加工速度との関係について調べ、加工速度は流動コンダクタンスの減少に伴って増加することを示した。

第 6 章は結論であり、各章で述べた内容をまとめ、得られた主要な結果を総括しており、形彫り放電加工において加工速度に影響を与える物理量を明確化するとともに本研究の工学的および工業的な意義を述べている。

## 論文審査結果の要旨

金型はさまざまな製品の生産に使用されているが、金型自身の形状を被加工材に転写する役割を持っている。従って、金型の品質が製品の生産性に大きな影響を及ぼすことになり、製造業において非常に重要な生産設備である。工業統計によると日本の金型事業所数に占める従業員 20 名以下の事業所数の割合は 90% 前後で推移しており、少人数経営が金型産業の一つの特徴となっている。形彫り放電加工は金型加工方法の一つで、主にプラスチック射出成形用金型の製作に多用さ

れている。近年、省エネを目的とした製品軽量化のニーズの高まり等により、金属部品からプラスチック部品への置き換えが進んでおり、それに伴ってプラスチック射出成形金型のニーズも今後益々増えていくものと考えられる。

本研究は形彫り放電加工に使用される絶縁油が、加工特性の中の特に加工速度に対してどの様に作用しているのかを調べたものである。絶縁油を研究対象として取り上げた理由は、絶縁油に対する工夫で加工特性を改善できるならば、1台数千万円もするような高額な加工機械を買い替えることなく、より少額な投資でより競争力の高い形彫り放電加工が実現できる可能性があるためである。また工学的な視点で見た場合、加工特性に対し絶縁油が作用するメカニズムは完全には明らかになっておらず、このメカニズムを解明していくことは、形彫り放電加工技術の今後の発展に対し大きく貢献するものと考えられる。放電加工は熱的な加工法であり、工具電極と工作物の間にパルス状に繰り返し放電を起こし、その放電によって生じるプラズマの熱によって工作物を溶融・除去している。

このため本研究では、加工速度を議論する場合、1パルス当りの溶融量と、溶融領域の中から除去される工作物の割合（除去効率）の2つに分け、それらが加工速度に与える影響について絶縁油の種類を変えて詳細な実験を行うとともに、非定常熱伝導解析を行い実効熱入力半径とプラズマから工作物へのエネルギー配分率について詳細に検討している。さらに、加工速度に影響を与える新しいパラメータとして流動コンダクタンスを提案している。

本論文は6章により構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景と形彫り放電加工の原理と主な特性、および過去の研究の概要と本研究の位置づけ、そして研究の目的を述べている。

第2章では絶縁油による加工速度の違いについて述べている。市販されている形彫り放電加工用絶縁油の中から9種類を準備し加工速度を測定した結果、加工速度は絶縁油によって最大1.48倍の差があること、および加工速度が速い絶縁油を用いるほど表面粗さが大きくなることを示した。

第3章では絶縁油による除去効率の違いについて述べている。前章で得られた絶縁油によって加工速度が異なるという現象の原因を探るために、代表的な絶縁油を使用したときの工作物溶融量について調べ、溶融部から除去された工作物の割合（除去効率）は絶縁油による差がないこと、および加工速度は溶融量によって左右されていることを明らかにした。

第4章では非定常熱伝導解析によるエネルギー配分率と実効熱入力半径の推定について述べている。工作物溶融量に差があることの原因を調べるために円筒座標系を用いた非定常熱伝導解析を行い、エネルギー配分率と実効熱入力半径について詳細に調べ、工作物へのエネルギー配分率が12%程度であること、および絶縁油により実効熱入力半径が異なることを示した。

第5章では加工速度に影響する新しいパラメータの検討について述べている。工作物と工具電極間の絶縁油に対する流体力学的考察を行い、実効熱入力半径を左右

する流動コンダクタンスというパラメータを導出し、このパラメータと溶融量・除去効率・加工速度との関係について調べ、加工速度は流動コンダクタンスの減少に伴って増加することを示した。

第6章は結論であり、各章で述べた内容をまとめ、得られた主要な結果を総括しており、形彫り放電加工において加工速度に影響を与える物理量を明確化するとともに本研究の工学的および工業的な意義を述べている。

以上、本研究では流動コンダクタンスというパラメータを導入し、絶縁油によって溶融量が異なる理由と材料除去効率が放電ギャップの影響を受けて変化することを明らかにした。これにより流動コンダクタンスを小さくすることにより（絶縁油粘度を大きく、放電ギャップを小さくすることにより）、入力エネルギーを増やすことなしに加工速度を改善できることを示した。これらは、今後形彫り放電加工において絶縁油による加工特性の改善を検討していく上で大きな貢献するものと期待される。

よって、本論文は博士(工学)の学位論文として合格と認める。

#### **原著論文名（1編）**

題 目 Experimental Study of Material Removal Efficiency in EDM  
Using Various Types of Dielectric Oil

著者名（全員） Tomoki Iwata, Koichi Hirose

学術雑誌名 International Journal of Engineering Research  
and Development, Volume 11, Issue 8, pp.34-41

発行年月 2015年 8月