

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 蔡曜陽

本論文は「Electrode Wear in Micro-EDM (マイクロ放電加工における電極消耗)」と題し、全5章より成る。

第1章ではマイクロ加工技術における放電加工の位置付け、また、マイクロ加工に適用する場合の放電加工の問題点について述べている。また、それらの問題点の中で、電極消耗が加工精度や生産性を上げるうえでの大きな障害となっていることを指摘し、その特性を実験、解析により明らかにすることの必要性について述べ、本研究の目的を明らかにしている。

第2章では、従来、電極および工作物の加工前後の重量差から換算により求めていた電極消耗率がマイクロ加工では測定困難になることから、新たな測定手法を提案している。即ち、電極消耗量については加工前後の長さ変化と加工後の先端形状の変化から消耗量を長さ消耗と角部消耗に分けて直接求める。また工作物の加工量については、貫通穴加工により得た穴の入口、出口の寸法から円錐台の体積として求める。これらにより、微小体積での体積消耗率の直接測定を可能にしている。

第3章では、RC回路の各々の回路定数が電極消耗にどのような影響を与えるかを、実験により検証するとともに、その特性について考察を加えている。まず、解放電圧および放電用のコンデンサ容量の変化により放電エネルギーを変えた場合に、エネルギーが小さいほど陰極としての電極消耗率が小さくなることを明らかにしている。次いで、充電抵抗の値を500Ω付近より小さくすると急激に電極消耗率が上昇することを見出し、適正な範囲の存在を明らかにしている。また、放電回路のインダクタンスがコンデンサ容量と共に放電波形を支配する主要なパラメータであることに着目し、これらを変化させた時の消耗率変化を広範囲にわたって測定している。この結果、コンデンサ容量が大きい荒加工域と、コンデンサ容量の小さい仕上げ加工域では、その特性が互いに逆の傾向となることを明らかにしている。すなわち、荒加工域ではインダクタンスが大きいほど、仕上げ加工域ではインダクタンスが小さいほど、それぞれ電極消耗率が小さくなる。さらにこれらの複雑な挙動をパルスのピーク電流によって整理すると、約500mAのピーク電流となるようなパルスが発生させるコ

ンデンサ容量とインダクタンスの組み合わせの時に、電極消耗率が極小となる傾向であることを見出している。また、マイクロ放電加工における陰極、陽極への注入エネルギー配分について、実験データを基にT-F理論による解析を行い、本研究の実験条件における電子電流密度は全電流密度の75%以上となることを示し、通常の放電加工では電極を陽極とした方が電極消耗率が小さくなるのと反対に、マイクロ放電加工では陰極側である電極の消耗を低減できたことの原因を明らかにしている。

第4章では、純度の高い10種類の電極材料を用い、電極の材質による電極消耗特性の違いについて解析している。まず、一般的傾向として、融点、沸点の高い材料、または熱伝導率の高い材料は電極消耗率が小さくなることを確認した後、統一的な指標の導入を試みている。現在広く用いられている熱伝導率×融点により整理した場合は実際のマイクロ放電加工における体積消耗率の順位とは大きく異なることから、Heuvelmanの提唱した耐消耗度による整理を試み、その優位性を示している。さらにクレータ寸法の実測に基づく解析では、放電点温度は各材料の沸点を超えていることを示し、沸点の導入により修正された耐消耗度を提案し、これによる評価でも少なくとも同等の確かさで消耗特性の推定が可能であることを明らかにしている。一方、加工後の電極先端形状の詳細な観察、比較も行っている。10種類の電極材料に加え、工作物にも3種類の異なる材料を用いて比較した結果、電極または工作物のどちらかの材料の温度拡散率が大きければ、電極角部の消耗が抑制され、電極先端形状の変化の少ない加工が可能になることを明らかにしている。

第5章では以上の結果をまとめ、マイクロ放電加工における電極消耗特性の総合的評価について述べている。また、これらの結果より、今後のマイクロ放電加工の高精度化に対応すべきいくつかの方法を提示している。

以上、本論文は、従来正確なデータに基づく検討が行われていなかった、マイクロ放電加工における電極消耗特性について、詳細な実験、解析を行い、加工回路および電極材料の両面から多くの新たな知見を提供しており、今後のマイクロ放電加工、さらにはマイクロテクノロジー技術全般の発展に寄与するものである。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。