

## 審査の結果の要旨

氏名 小谷野 智広

本論文では、静電誘導給電法を用いた微細放電加工により、従来の微細放電加工に比べて加工速度の増大や熱的ダメージの低減、電極消耗の低減などが可能であることを示している。さらに、原理的に工具電極が消耗せず、加工変質層が生じない電解加工に静電誘導給電法を応用し、静電誘導給電法によって数ナノ秒から数十ナノ秒の超短パルス電流が得られることを利用し、放電加工と同等の加工精度でより良い表面粗さが得られることを示している。

第 1 章では、放電加工の原理とその特徴を説明した後に、微細放電加工と現状の微細放電加工の問題点について述べている。また、放電加工と同様に電気エネルギーを利用した加工法である電解加工の原理と特徴を説明し、短パルス電源による微細電解加工の原理について述べている。そして、静電誘導給電法を用いた微細放電加工の概要を説明した後に、本研究の目的および論文の構成を記述している。

第 2 章では、静電誘導給電法を用いた微細放電加工の原理や、従来の静電誘導給電法の研究成果を説明している。そして、本研究の目的のために開発した静電誘導給電法の加工装置について述べている。

第 3 章では、静電誘導給電法を用いた微細放電加工の加工安定性について述べている。従来の RC 放電回路では、放電終了後の休止時間が確保されていないため、放電集中や異常放電が生じやすいという問題がある。一方で、静電誘導給電法を用いた微細放電加工では、一定周期のパルスごとに放電が 1 度しか生じず、放電終了後の休止時間が確保される。このため、放電集中や異常放電が生じにくく、加工が安定に進むため、大きな加工速度と、熱的ダメージが小さい加工面が得られることを示している。そして、微細放電加工においても、休止時間が加工を安定に進めるために重要であることを示している。

第 4 章では、静電誘導給電法を用いて電極への非接触給電を行い、電極を高速回転させてその効果を調査した結果について述べている。従来の放電回路では電極へブラシを通して給電せざるを得ないため、数万 rpm といった高速で回転する電極への給電は困難であったが、静電誘導給電法を用いることで電極への非接触給電を行い、工具電極を最大 50000rpm まで高速回転させ、その効果を調査している。その結果、電極を高速で回転させることで加工液の流動が促

進され、加工屑の排出や対流熱伝達による電極表面の冷却が促進されることに加えて、電極間の相対運動により放電点が強制的に分散されることを示し、これによって放電集中や異常放電が減少することで、加工速度の向上、電極消耗の低減などの効果が得られることを示している。

第 5 章では、静電誘導給電法を用いた微細放電加工において、加工液に水を用いることで加工特性の向上を図った結果について述べている。従来の RC 放電回路では単極性の電圧が極間に印加されるため、水を用いると工作物の電解溶出が生じ、加工精度の低下を招く。一方で、静電誘導給電法を用いた微細放電加工では両極性の電圧が印加されるため、電解作用が生じにくいことを示している。また、油と水の加工特性を比較し、水加工液を用いることで大きな加工速度が得られることを示している。

第 6 章では、静電誘導給電法を微細電解加工へ応用した結果について述べている。電解加工では、数十ナノ秒以下の短パルス電源を用いることで、放電加工と同等のギャップ数  $\mu\text{m}$  での加工が可能となる。静電誘導給電法を用いた微細電解加工では、数十ナノ秒以下の短パルス電流が従来の微細電解加工の短パルス電源よりも容易に得られることを示し、電流のパルス幅を短くすることで、放電加工と同等のギャップ数  $\mu\text{m}$  で加工が行えることを示している。また、工具電極にタングステン、電解液に NaCl 水溶液を用いれば、両極性の電流が流れても工具電極が消耗しないことを示している。この結果、微細穴加工において微細放電加工と同等以上の精度で加工が行えることを示している。また、電解加工では放電加工よりも良好な加工面粗さが得られることを示している。

第 7 章では、第 2 章から第 6 章までに得られた知見を要約し、本論文の結論と今後の展望を述べている。

以上のように、本論文では静電誘導給電法を用いた微細放電加工の特徴を生かすことにより、微細放電加工の加工速度や加工精度の向上を達成し、本加工法の有用性を示している。よって、本加工法により燃料噴射ノズルの穴加工や微細金型などの加工における生産性の大幅な向上が期待できる。また、本論文では微細放電加工における休止時間の重要性や、電極の高速回転、水加工液の有用性を示しており、微細放電加工における加工特性向上のための知見を示している。さらに、静電誘導給電法を微細電解加工へ応用することにより、従来の微細電解加工の短パルス電源よりも容易に短パルス電流を得ることに成功し、放電加工と同等以上の加工精度と、良好な加工面粗さが得られることを示している。従って、燃料噴射ノズルの穴加工などへの適用が期待でき、今後の微細加工分野の発展に大きく貢献するものと考えられる。

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。