

## 論文の内容の要旨

専攻名 システム創成工学専攻

氏名 劉 江楠

近年、従来の内面磁気研磨法は磁性粒子を用いて加工力を発生させ、薄肉円管の内面加工が実現できることを明らかにした。しかし、円管の肉厚が大きくなると、磁力が弱くなり、内面加工が困難に陥る。そこで、磁性加工工具を利用した内面磁気研磨法を提案され、円管内面の表面精度（粗さ）を改善すると同時に、形状精度（真円度）も改善できることが明らかされている。しかし、円管内面の真円度改善のメカニズムはまだ解明されていない。本研究は、磁性加工工具を利用した内面磁気研磨法に対して、真円度改善に対して理論的な解析を行い、真円度改善に及ぼす影響因子について検討した。さらに、詳細な検証実験を行い、磁性加工工具を利用する場合の真円度改善のメカニズムを明らかにすることを目的としている。また、高能率・高精度加工を実現するため、様々な検証実験を行い、本加工法の加工機構及び工業有用性について詳細な研究を展開した。

本論文は7章から構成され、各章の概要は以下の通りである。

第1章では、本研究の背景と研究の意義を明らかにするとともに、磁性加工工具を用いた内面磁気研磨法の加工メカニズム解明に関する研究の必要性及び本研究の目的について述べた。また、各章の内容についてまとめた。

第2章では、磁性加工工具を利用した内面磁気研磨法の加工原理を述べ、従来の磁性粒子利用法との差異について述べた。また、新たに開発した実験装置及び実験方法を述べ、磁性加工工具利用法の加工力と運動力の発生機構を検討した。

第3章では、磁気研磨法による円管内面の真円度改善について、真円化過程の理論解析を行い、円管内面の真円度改善に影響する因子を明らかにした。解析の結果により、磁性加工工具を利用する場合に、真円度が改善できることを明らかにした。また、工作物としてSUS304ステンレス鋼円管を利用し、肉厚がそれぞれ10mm, 20mm, 30mm に設定し、間隙で調整して検証実験を行った。実験の結果、円管の肉厚が大きくなるにつれて、磁気力（加工力）が弱くなり、円管の肉厚が10mm の場合に、真円度の改善効果は最も良い結果が得られることを明らかにした。

第4章では、円管内面の真円度改善のメカニズムを明らかにするために、まず、磁性加工工具の加工軌跡について解析し、異なる磁極ユニットの往復運動速度が真円度改善に影響を与えることを明らかにした。また、磁性加工工具に作用する力解析を行い、磁性加工工具の回転速度と円管の回転速度が円管内面の真円度改善に与える影響について検討した。磁性加工工具の回転速度の増加に伴い、真円度が改善された効果が良くなることを明らかにした。最後に、異なる種類の磁性粒子を利用し、真円度改善に与える影響を実験的に検討した。実

験では5段階に分けて行い、第1段階では、電解鉄粉（平均直径1680 $\mu\text{m}$ ）とKMX磁性砥粒（平均直径1000～1680 $\mu\text{m}$ ）を用い実験を行い、その後、同じ条件で研磨実験を行った。その結果、KMX磁性砥粒を利用した場合の真円度改善効果が大きいことを明らかにした。

第5章では、本加工法の真円度改善のメカニズムを解明するために、磁性加工工具の寸法及び加工後磁性加工工具表面に形成された固化された作用面の寸法について検討した。具体的に、磁性加工工具の周りの磁力線分布に基づき、磁性粒子を磁性加工工具表面に左区域、中間区域、右区域の3つの領域に分けて供給し、それぞれの検証実験を行った。実験の結果、加工後磁性加工工具の表面に磁性粒子の固化現象が生じ、固化された磁性粒子の範囲の長さが真円度改善に重要な影響因子であることを明らかにした。また、固化された長さが76mmの場合は、真円度改善の効果が最も大きくなっていることが分かった。

第6章では、磁性加工工具を用いた内面磁気研磨法の工業的に応用性について検討し、詳細な検証実験を行った。工作物として、肉厚10mmの厚肉ステンレス鋼円管に対して内面仕上げ実験を行った。使用する磁性粒子と研磨材の種類及び粒径の選択により粗仕上げ、中仕上げ、精密仕上げを行い、前加工面粗さ4.9 $\mu\text{mRa}$ を0.01 $\mu\text{mRa}$ の鏡面に仕上げることができ、円管内面の真円度が206 $\mu\text{m}$ から13 $\mu\text{m}$ まで改善することに成功し、本加工法の工業的な有効性を示した。

第7章では、本研究で得られた知見を総括して述べた。