

## 論文審査の結果の要旨

専攻名 システム創成工学専攻

氏名 劉 江南

本論文は、「Study on elucidation of the roundness improvement mechanism of the inner surface of a tube by magnetic abrasive finishing process (磁気研磨法による円管内面の真円度改善メカニズム解明に関する研究)」と題し、磁性加工工具を利用した内面磁気研磨法に対して、真円度を改善するための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、真円度改善メカニズム解明について研究したものである。

半導体製造関連産業や航空宇宙関連産業などの各分野で高品質な配管材料の需要が拡大しており、高能率・高精度な内面研磨技術が求められている。この社会的ニーズに応えるため、本論文は、磁性加工工具を利用した内面磁気研磨法を提案し、加工特性と加工メカニズム解明及び工業有用性を明らかにしている。

本論文は7章から構成されている。

第1章では、研究の背景と目的について述べている。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、磁性加工工具利用法の加工力と運動力の発生機構について検討した。

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10mmの場合に、加工力（磁気力）が強くなり、真円度の改善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与える影響を明らかにした。次に、磁性加工工具に作用する力の解析を行い、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、真円度の改善効果が良くなる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、磁性加工工具の周囲に磁力線分布に基づき、磁性粒子を磁性加工工具表面に3つの区域に分けて供給し、それぞれに検証実験を行った。実験の結果、加工後の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円周方向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。

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。肉厚10mm のSUSU304ステンレス鋼円管を利用し、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，精密仕上げ三段階分けて研磨実験を行った。実験の結果，前加工面粗さ4.9 $\mu$ mRaを0.01 $\mu$ mRaの鏡面に仕上げることができ，円管内面の真円度が206 $\mu$ mから13 $\mu$ 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、本論文で得た成果を総括して述べている。

本論文については，令和5年2月7日に，審査委員全員および関連分野の研究者出席のもとで公聴会が開催され，研究成果の発表と質疑応答が行われた。公聴会終了後に，学位審査委員会を開催し，本論文の内容について詳細に審査した。その結果，磁性加工工具を利用した内面磁気研磨法を提案され，円管内面の真円度改善メカニズムが明らかされていること，さらに工業有用性についても示されていることが確認された。本論文は学術的にも工業的にも価値があり，研究としての独創性においても優れたものと判断した。

よって，本論文は博士（工学）の学位論文に値するものと認める。