

## 論文の内容の要旨

専攻名 システム創成工学専攻

氏名 謝 恵君

近年、医療機器、光学機器、バイオ関連など様々な分野で精密部品の微細化への需要が拡大しており、それらの発展に伴い、微細部品の表面にダメージを与えずかつナノレベルに仕上げる精密研磨技術が求められている。

従来の磁気ブラシを利用した平面磁気研磨法による加工途中に生じる微細砥粒の凝集や、磁気ブラシが工作物と接触した後に原状に戻りにくいなどの問題点を解決するため、「変動磁場を利用した超精密磁気研磨法」を提案している。本加工法の加工特性に及ぼす影響を調べ、加工メカニズムを明らかにすることを目的としている。最初に、本加工法の加工メカニズムを解明するため、加工部における磁場分布を調べ、磁性粒子が変動磁場中に受けた磁力を実測と理論解析を行い、その詳細について検討した。次に、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6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、変動磁場を利用した超精密磁気研磨法の研究の必要性及び本研究の目的について述べている。

第2章では、変動磁場を利用した超精密磁気研磨法の加工原理を述べ、従来の平面磁気研磨法との差異について述べている。本加工法は、電磁コイル先端に発生させた変動磁場を利用して、微小磁性粒子が変動磁力を受け、上下方向に微小運動しながら加工を行う方法である。また、加工メカニズムを解明するため、磁極形状が磁場分布に及ぼす影響を調べ、磁性粒子が変動磁場中に受けた磁力を実測と理論解析を行い、その詳細について述べている。

第3章では、本加工法をアルミニウム合金板の表面仕上げに応用し、加工特性に及ぼす影響因子を明らかにするための様々な研磨実験を行った。最初に、加工範囲における磁束密度の分布と研磨圧力を測定し、磁性粒子クラスターの挙動を観察した。次に、変動磁場と静磁場を利用した場合の磁場分布と磁性粒子が受ける加工力（磁力）を測定し、加工特性の違いを明らかにした。その結果、変動磁場を利用した場合には磁性粒子クラスターの微小運動効果によって微小磁性粒子の凝集現象が見られないこと、静磁場を利用した場合に比べると滑らかな加工面が得られること、加工能率も高いことを明らかにすることができた。さらに、A5052アルミニウム合金板に対して最適な加工条件で表面仕上げを行った。その結果、15分での研磨実験によって、工作物の表面粗さが加工前の318nmRaから3nmRaまでに改善され、高能率・高精度な加工が実現できることを明らかにした。

第4章では、本加工法の加工メカニズムを解明するため、加工特性に主に影響を与える磁

場について検討した。具体的には交流電流の波形が磁場に対する影響を調べ、研磨圧力及び加工特性に及ぼす影響も検討した。最初に、正弦波電流と方形波電流を用いた場合に、それぞれ加工部の磁場分布を調べ、磁性粒子クラスターの挙動観察を行い、比較実験を行った。その結果、正弦波電流と方形波電流を用いた場合には、平均磁束密度と平均研磨圧力がほぼ同じであり、また、方形波電流を用いた場合は、高い磁気クラスターの振動速度が得られ、加工効率が向上できることを明らかにした。次に、全波整流した正弦波電流と正弦波電流を用い、磁極先端の磁場分布への影響を比較し、加工特性に及ぼす影響などについて調べた。その結果、全波整流した正弦波電流を利用した場合には、平均磁束密度と平均研磨圧力が向上することを明らかにした。

さらに、パルス電流（平均電流が同じ）を利用した場合、電流波形デューティが磁場分布への影響及び加工特性に及ぼす影響を調べた。その結果、研磨圧力の平均値はデューティサイクルの増加と共に増加したが、磁気クラスターの振動範囲はデューティサイクルの増加とともに減少することが分かった。

第5章では、変動磁場を利用した超精密磁気研磨法の工業有用性について詳細な研究を展開している。最初に、本加工法をアルミナセラミックス材料の表面仕上げに適用し、研磨実験を行った。実験結果によって、本加工法により加工前の表面粗さ $244.6\text{nmRa}$ を $106.3\text{nmRa}$ にまで仕上げられ、硬質材料の精密加工が可能であることを明らかにした。次に、本加工法を微細複雑形状部品の表面仕上げへ適用し、微細溝のエッジ部のバリ取り、溝の表面仕上げが実現可能であることを明らかにし、本加工法の工業有用性を実証した。

第6章では、本研究で得られた知見を総括して述べている。