

氏名	上野 友之
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博甲第5155号
学位授与の日付	平成27年 3月25日
学位授与の要件	自然科学研究科 産業創成工学専攻 (学位規則第5条第1項該当)
学位論文の題目	高性能圧粉磁心の低損傷・高精度研削加工技術に関する研究
論文審査委員	教授 塚本眞也 教授 藤井正浩 教授 岡田 晃 准教授 大橋一仁

学位論文内容の要旨

圧粉磁心は、電磁気変換コイルの磁心材として用いられており、自動車用途やエレクトロニクス用途で実用化されており、その用途は年々拡大している。本材料は、絶縁被膜で覆われた純鉄粉を金型に充填した後にプレス成形して作製するが、磁気特性の高性能化や形状の高精度化の強い要求を受けて、仕上げ加工の必要性が高まっている。しかし、圧粉磁心は未焼結体であり加工面には欠けやムシレが生じやすいという点に、加工後には磁気特性が低下する課題が残っている。これらの課題に対して取り組んだ研究成果を、以下に記す。

第3章では、加工面の欠けを抑制する加工条件について研究を行った。その結果、欠けのサイズは構成粒子の粒度分布に依存することや、砥石の切込み方向であるZ方向分力と、砥石送り方向または砥石回転方向の分力で構成されるせん断力が、より垂直方向に近い加工条件で欠けを抑制できることが判明した。さらに、圧粉磁心のエッジ部に微小な面取り形状を設けることで、欠けを大幅に低減できることが明らかとなった。第4章では、加工による磁気特性・機械的特性への影響について研究を行った。加工時のZ方向分力が大きいほど加工歪みの影響を受けて、重要な磁気特性(コアロス)が増大することが明らかとなった。一方、機械的特性に関しては、Z方向分力が大きいほど表面近傍の硬度ならびに、抗折力が向上することから、より重要とされる特性に応じてZ方向分力を適切に制御して加工条件を選定する必要があると結論付けることができる。

第5章では、回転テーブル式平面研削法を適用し、連続して3000個の加工を行い各種研削条件が加工面に与える影響について調査した。その結果、圧粉磁心1回転あたりの砥石切込み量を、圧粉磁心を構成する粒子の平均粒径の1/2未満に設定することで、欠けの少ない加工面が得られた。これは、平均粒径未満に切り込むことで加工後の粒子の粒界がより多く残存し、粉末同士のネッキング力(結合力)が強くなるためと考えられる。

第6章では、磁気特性を損なわずに仕上げ加工を行う手法について研究を行った。研削加工によって加工表面の絶縁膜が消失かつ、隣接する粒子同士が塑性流動によって導通することでコアロスが増大する課題が発生する。この課題に対して、圧粉磁心に陽極を、導電性研削砥石を介した電極に陰極をそれぞれ接続して電解研削加工を行い、加工表面に生じた導通層を電解除去すると共に、加工で消失した絶縁膜の代わりに不導体被膜を生成させる絶縁再生研削法を開発した。不導体被膜についてESCA法やCEMS法を用いて分析し、厚さ約100nmで高電気抵抗な水酸化鉄であることを明らかにしており、この効果によって性能を低下させることなく圧粉磁心に研削加工を適用することを可能とした。

論文審査結果の要旨

本論文は、圧粉磁心を研削加工した際のエッジ部の仕上げ品質に着目し、砥石の切込み方向分力(Z分力)が、砥石送り方向(Y分力)または回転方向分力に対して、より大きな加工条件において欠けを抑制しやすい点を明らかにした。さらに、圧粉磁心のエッジ部に予め微小な面取り形状を付与することで、欠けを大幅に抑制できることを見いだした。また、圧粉磁心を研削加工した際の磁気特性ならびに機械的特性への影響に着目し、加工時のZ分力が大きいほど残留歪みの影響を受けて磁気特性が劣化する点を明らかにしている。一方、Z分力が大きいほど機械的特性が向上するため、加工後により必要とする特性に応じて加工条件を適切に制御する重要性を示している。

次に本論文では、回転テーブル式平面研削法を用いて砥石の目詰まり抑制の効果を実証するため、連続して3000個加工し各種研削条件が仕上げ品質に与える影響を調査し、そのメカニズムに関して考察を行っており、本技術は既に実用化もされている。

さらに本論文では、磁気特性を損なわずに圧粉磁心を研削加工する研究を行っている。加工表面では絶縁膜が失われ、かつ隣接する粒子が塑性流動により導通するために、磁気特性が大幅に劣化する課題が生じる。これを解決するために、圧粉磁心に陽極を、導電性砥石を介した電極に陰極を接続した電解研削加工を適用し、導通層を電解除去し、かつ加工面に不導体被膜を形成する絶縁再生研削法を開発した。また、不導体被膜が厚さ約100nmの水酸化鉄で構成されていることをESCA分析ならびにメスバウアー分析等を行い明らかにしている。

本研究で得られた結果は、砥粒加工学会誌に3編、査読付きの英語論文に1編掲載され、国内外の学術講演会で5件の口頭発表を行っており、本論文の研究成果は砥粒加工学会賞論文賞、工作機械振興賞(論文賞)を受賞しており学術的価値が非常に高いと考えられる。また、本論文で得られた成果は、既に実用化されるなど工業的な貢献度も非常に高い。さらに、特許を出願し権利化している点等も鑑みたと、本論文は工学分野の学位に値すると判断した。