

氏名	きた はら はる のり 北 原 治 倫
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	工 博 第 1976 号
学位授与の日付	平 成 12 年 5 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 機 械 工 学 専 攻
学位論文題目	磁場中成形プロセスにおける磁性粒子の力学的挙動解析

論文調査委員 (主査) 教授 島 進 教授 鷲津正夫 教授 北村隆行

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、磁場中成形時における磁性粒子の力学的挙動、特に粒子・磁気配向に関して検討を行うために、磁性モデルを導入した新たな粒子挙動解析手法を開発し、シミュレーションを行い磁気配向について考察するとともに、手法の有効性について検討した結果をまとめたもので、6章から構成されている。

第1章は序論であり、永久磁石の特性向上の変遷、その必要性等について述べ、本研究の背景、意義、概要と目的および論文構成について述べている。

第2章では、粒子挙動解析法に用いる粒子モデルとして、実際に用いられる粉末粒子の様々な形状を簡易に表現するために、粒子の簡便なモデル化の方法をまず2次元の場合について提案している。この2次元非円形粒子モデルを用いた解析の結果、粒子形状が粒子配置及び内部に生じる構造に影響を与えることを明らかにしている。更に2次元非円形粒子モデルを3次元に拡張し、球モデルに代わる3次元非球形モデルを提案している。これを用いて粉体成形時における粉末の挙動を解析して得られた圧力-密度比の関係は、球モデルを用いた場合と比べて、実験で得られたそれにより近くなることを示している。また粉末の成形挙動を表す降伏曲面に関しての考察を行い、粉末の降伏挙動に対して、応力の3次不変量の影響が存在する可能性を示している。

第3章では、第2章で提案した非円形・非球形粒子モデルに磁性を導入し、磁場中成形時の粒子挙動に関する考察を行っている。まず、2次元非円形粒子モデルによる解析を行い、円形粒子モデルを用いた場合とは異なり、隣り合う粒子による粒子配向への影響が大きいことを示している。また成形法の相違によって製造される永久磁石の磁気特性が異なる現象も再現され、静水圧成形の際に粒子配向が最も良く、平行圧縮の場合に最も悪くなることを示している。更に3次元非球形粒子モデルによる磁性粒子の磁場中圧縮時の粒子挙動に関する解析を行い、2次元解析の場合と同様の傾向を得ている。これらは従来の実験による結果と定性的に一致することを示している。また、磁場を印加し始める密度比が高くなるほど、最終的な粒子配向が悪くなる傾向があること、さらに粒子形状が粒子配向に大きく影響することも明らかにしている。

第4章では、磁場中成形時における密度及び圧力関係を、粉体に作用する直角三方向の圧力を測定する装置を試作して圧力-密度比の関係を実験的に調べ、その結果について論じている。その結果、磁場の印加により粉体内にはMaxwellの応力に加え、粒子の回転と結合により内部に生じる構造異方性が成形圧に大きく影響することを明らかにしている。また、この構造異方性は磁場印加開始の密度が低いほど著しくなることも明らかにしている。これらのことは、磁場中成形によって得られる磁気特性と成形時における圧力-密度比の関係とが密接に関連していることを示唆するものである。

第5章では本研究で提案している粒子挙動解析法の応用として、磁気配向解析のために別途開発された磁気・コセラ連続体理論におけるパラメータのうち、同定困難なため従来は定数として取り扱われてきたコセラせん断係数 β を、粒子挙動解析シミュレーションによって求める方法を提示している。この方法によって得られたコセラせん断係数 β は、密度比が高くなるにつれて小さくなることが示されている。またこれに基づいて、磁気・コセラ連続体理論により磁場中成形解析を行っ

た結果、交差圧縮による粒子配向の方が、平行圧縮によるそれよりも良く、その差は粒子平均配向角で約10度程度であるという結果となり、これらは、実験及び粒子挙動解析法による解析結果と定性的に良い一致を示している。

第6章は結論であり、本論文により得られた成果をまとめるとともに、今後の課題と展望を述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、通常離散要素法 (DEM) と呼ばれている粒子挙動解析手法に磁性モデルを新たに導入し、磁場中成形時における磁性粒子の力学的挙動、特に粒子・磁気配向について解析を行うと同時に、実験による検討を加えたもので、得られた主な成果は次の通りである。

1. 粒子モデルとして、粉末粒子の様々な形状を簡易に表現するための3次元非球形モデルを提案し、これを用いて粉末成形プロセスのシミュレーションを行い、圧力-密度比の関係および降伏挙動が、球形モデルによるシミュレーション結果と比べて、より実際に近づくことを示した。
2. 上記粒子モデルに磁性を導入し、磁場中成形時の磁性粒子挙動を解析する手法を考案してシミュレーションを行った結果、成形方式の相違によって得られる圧粉体の磁気特性が異なることを示した。具体的には、外部磁界の方向と加圧方向とが直交する交差圧粉の場合の方が、両方向が平行となる平行圧粉の場合より良くなるという一般の実験結果と一致する結果を得た。
3. 磁場中成形における成形圧力について実験的に調べた結果、磁場の印加によって、粉体内には Maxwell の応力に加え、内部に生じる構造異方性が成形圧に対してより大きな影響を与えることを明らかにするとともに、このような構造異方性が成形体の磁気特性に大きく影響していることを示した。
4. 磁場中成形解析を目的として開発された磁気・コセラ連続体理論におけるパラメータのうち、特定が困難であったコセラせん断係数を、本粒子シミュレーション手法によって求める方法を提案し、コセラせん断係数は密度比の上昇とともに小さくなることを示した。

以上、本論文は、新たに開発したシミュレーション手法により、磁場中成形における粒子・磁気配向解析の道を開くもので、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって本論文は博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認める。また、平成12年3月29日、論文内容とそれに関連した試問を行った結果、合格と認めた。