

氏 名	セン 詹	フク 福	シ 賜
学位(専攻分野)	博 士	(工 学)	
学 位 記 番 号	博 甲 第 68 号		
学位授与の日付	平成 6 年 7 月 21 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	工芸科学研究科情報・生産科学専攻		
学 位 論 文 題 目	金属粉末焼結体の変形抵抗と破壊ひずみに及ぼすひずみ速度および 温度の影響		
審 査 委 員	(主査) 教 授 山 口 克 彦	教 授 土 屋 八 郎	教 授 岩 本 正 治 助 教 授 今 谷 勝 次

論 文 内 容 の 要 旨

粉末成形と塑性加工の手法を組合せた加工法として焼結鍛造法がある。これは粉末焼結体に鍛造を施して高密度化とサイジングを図り、溶製材に匹敵する強度を持った種々の機械部品を得ようとする加工法であり、コネクティングロッドや歯車などの自動車部品をはじめ、種々の機械部品のニヤネットシェイブ加工法として注目されている。この焼結鍛造における加工温度および速度は、冷間から熱間および低速から高速まで様々である。鍛造荷重や材料内の応力、ひずみ、密度、温度分布、割れ発生の有無などを精度よく予測するためには、出発材料である焼結体の変形抵抗、密度変化、破壊ひずみなどが、ひずみ速度や温度によってどのように変化するかといった基礎的なデータをできるだけ正確に把握しておくことが必要である。このことは、精度のよいコンピューターシミュレーションを行うためにも不可欠である。

本論文は、このような観点から、金属粉末焼結材料の変形抵抗、密度変化および破壊ひずみに及ぼすひずみ速度と温度の影響について検討を行ったものであり、7章から構成されている。

第1章は緒論であり、粉末成形や焼結鍛造の特徴と問題点、粉末焼結体の変形抵抗に関するきめの細かい見直しの必要性、従来の研究状況など本研究の背景と概要について述べている。

第2章では、供試粉末（鉄およびアルミニウム）、圧縮試験片の端面形状と摩擦の検討、変形中のひずみ速度を一定に保つことができる高速油圧プレスの特長、実験結果を整理するための基礎式（大矢根・島らによる多孔質材料の塑性構成式）など、本研究に共通した実験方法や装置について述べている。

第3章では、初期密度が異なる粉末焼結体の繰返し潤滑圧縮試験を行い、焼結体の密度変化と変形抵抗に対するひずみ速度と温度の影響を調べるとともに、多孔質体の塑性構成式に含まれている材料定数のひずみ速度・温度依存性を明らかにしている。また、相当応力 σ - 相当ひずみ ϵ - 温度 T の関係を3次元表示して等温変形抵抗曲面を描き、これを利用して、変形中に発熱を伴う実加工条件下における変形抵抗曲線の近似推定法を提案している。

第4章では、高温下における変形抵抗の測定を容易にするために、端面拘束圧縮試験法を粉末焼結体の変形抵抗測定に適用することを試みている。まず、剛塑性有限要素法によって焼結体の端面拘束圧縮のシミュレーションを行い、軸方向の公称応力と圧縮率の関係を平均相当応力と平均相当ひずみに換算するための較正曲線を求めている。また、端面拘束圧縮試験から得られた結果を上述の繰返し潤滑圧縮試験の結果と比較検討し、その妥当性を示している。

第5章では、粉末焼結体の破壊ひずみに対するひずみ速度と温度の影響を明らかにしている。また、以上の実験によって得られた材料特性のひずみ速度・温度依存性を考慮して、粉末焼結体の端面拘束圧縮に

おける変形と温度の連成解析を行い、焼結体の変形状態、圧縮荷重および破壊ひずみに対する加工速度と温度の影響を総合的に検討している。

第6章では、焼結鍛造の出発工程である粉末材料の固化（圧粉体の成形）プロセスについて検討を行い、成形圧力、側圧係数（軸方向圧力と半径方向圧力の比）および密度分布に対する加圧速度と金型壁面摩擦の影響を明らかにしている。

第7章は結論であり、本研究で得られた知見をまとめている。

論文審査の結果の要旨

最近、溶製材の場合には、精度のよいコンピューターシミュレーションの要求から、変形中に発熱を伴う実加工条件下での圧縮試験や真ひずみ速度を変形中に一定に保った状態での圧縮試験など、変形抵抗に対する温度やひずみ速度の影響についてきめの細かい見直しが行われている。しかし、金属粉末焼結体の場合には、変形抵抗や密度変化、破壊ひずみに対するひずみ速度、温度の影響についての詳細な検討はほとんどなされていない。

本論文は、鉄およびアルミニウム粉末焼結体を対象にし、変形抵抗、密度変化および破壊ひずみに及ぼすひずみ速度と温度の影響について検討を行うとともに、多孔質体の塑性構成式、延性破壊条件式に含まれている材料定数のひずみ速度、温度依存性を明らかにしたものであり、粉末焼結材料の塑性変形特性に関するデータベースの構築に寄与するところが大きい。特に、相当応力 $\bar{\sigma}$ - 相当ひずみ $\bar{\epsilon}$ - 温度 T の関係を3次元表示して等温変形抵抗曲面を描き、これを利用して、変形中に発熱を伴う実加工条件下における変形抵抗曲線の近似推定法を提案していること、および剛塑性有限要素法によって焼結体の端面拘束圧縮のシミュレーションを行い、軸方向の公称応力と圧縮率の関係を平均相当応力と平均相当ひずみに換算するための較正曲線を求めて、端面拘束圧縮試験による粉末焼結体の変形抵抗測定を可能にしたことは先駆的な試みとして高く評価することができる。このような本研究の成果は、粉末焼結材料の鍛造加工における加工条件の選定や金型設計の基礎を与えるものとして工業的利用価値が大きい。

以上のことから、本論文の内容は、博士（工学）の学位論文として十分であると判定した。