

氏 名	島 進 しま すずむ
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 871 号
学位授与の日付	昭 和 51 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	A Study of Forming of Metal Powders and Porous Metals (金属粉末の成形と焼結体の塑性加工に関する研究)

論文調査委員 (主 査) 教授 大矢根守哉 教授 山田俊郎 教授 小門純一

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、金属粉末の成形加工および焼結体の塑性加工における加工力学を確立することを目的としたものであって、7章からなっている。

第1章は緒論であって、金属粉末の成形加工および焼結体の塑性加工に関して、主として力学的観点から行なわれてきた従来の研究について検討し、これらの研究成果では加工力と工具圧力を予知するには不十分であることを指摘し、成形加工の力学の必要性について述べている。

第2章では、まず三次元圧縮装置における装置の作動方式および加工力と塑性変形量の測定方法を説明している。この装置は三主軸方向の変位を独立に変化しうるように設計されている。これを用いて銅粉および鉄粉について一般的な三次元応力下で圧縮成形試験を行ない、応力・ひずみ・密度の関係を明らかにしている。一方、一定密度の粉体の成形が進行するための三次元応力の条件、すなわち成形条件式は三主軸応力座標空間における回転対称形楕円体の面の一部であるとし、この条件と塑性ポテンシャルの概念とから数理的な応力・ひずみ・密度の関係式を導いている。そして実験的な結果と数理的な関係式とがよく一致することを確かめている。

第3章では、第2章におけると同様の考え方と実験により、多孔質焼結体の塑性変形における降伏条件式および応力・ひずみ・密度の関係式を確立している。これらの式は、その中に実質部の金属の変形応力を含んでいること以外は、形式的には金属粉末の場合と同じである。式中の変形応力の含まれ方の妥当性を検討するため、焼結銅の引張変形および圧縮変形における応力ひずみ曲線と降伏条件式とを用いて実質部の応力ひずみ曲線を推定し、それらが工業用純銅の応力ひずみ曲線とほぼ一致することをも確かめている。

第4章では、前章でえられた結果を用いて上界定理を導いている。またその定理を塑性加工へ適用する例として焼結銅の平面押し出しに応用し、押し出し加工力と製品密度の近似解を求め、実験結果と比較し、それらがよく一致することを示している。

第5章では、焼結体の弾塑性変形に対する有限要素法を展開している。銅焼結体の弾性係数を密度の関数として実験的に求め、第3章でえられた結果と組合わせてプラントル・ロイス型の応力ひずみの式を導き、さらに有限要素法による解析に必要な弾塑性マトリックスを求めている。その応用例として密閉型内における多孔質体へのポンチ押込みについての計算を行ない、密度および応力の分布を求め、型と材料の間の摩擦係数の影響を論じている。また計算された密度分布が実験結果とよく一致することを確かめている。

第6章では、粉末粒子表面の硬い酸化物の分散による分散強化材料を作る目的で、鱗片状アルミニウム粉末を室温で高圧の下に押し出し加工した実験の結果について述べている。この場合、押し出しダイの出口から内部へ向って3,000気圧程度の圧力をかけることにより素材の成形を高圧下で行ない、酸化物の分散と良好な粒子間圧着により強度の大きい成形体を製造できることを実験的に示している。また粒子相互の圧着に必要な圧力をすべり線場法による計算によって求め、その結果と電子顕微鏡観察結果とを検討し、粒子相互の圧着に必要な圧力条件について考察を行なっている。

第7章は以上の結果をまとめて結論としたものである。

論文審査の結果の要旨

金属粉末の成形加工および焼結体の塑性加工において

(i)所要の形状と密度をもつ成形体の最適加工法の選択と加工力の子知ができること、および

(ii)成形中に工具に作用する圧力状態を知ること

は目的の製品が作れるか否かを判断するためにも、また加工装置を選択あるいは設計するためにも重要なことである。この研究は上の二項目を可能にするために行なわれたものである。まず三次元応力のもとで金属粉末および焼結体の応力・ひずみ・密度の関係式を確立し、これを用いて上界定理による近似解法・有限要素法・格子線解析法を展開し、さらに二三の加工法を例にとって加工力・工具圧力・密度の計算法を示し、また実験結果と比較し、この解析法および計算結果の妥当性を確かめたものである。

本研究からえられた主要な成果を要約すれば次のとおりである。

(1) 金属粉末の成形加工および焼結体の塑性加工において、これらの素材の圧密および塑性変形が進行するための三次元応力間の条件について数理的および実験的に検討し、成形条件式および降伏条件式は近似的には主応力座標空間における回転対称形楕円体の面の式として差支ないことを示した。またこれらの条件式と塑性ポテンシャルの概念を用いて、金属粉末に対しては応力・ひずみ・密度の間の関係式を、焼結体に対しては実質部金属の応力・ひずみと焼結体としての応力・ひずみ・密度の間の関係式を確立し、これにより成形中および塑性加工中の素材の流れと工具圧力との解析、および加工後の密度と強さの計算を可能とした。

(2) 上記の基礎的な関係式の応用として、上界定理を用いた加工荷重の近似解法を展開できた。まず基礎式と最大塑性仕事の原理から上界定理を導き、それを応用して連続的な流れ場による近似計算法を提案し、この近似法を用いて焼結体の平面押し出しにおける押し出し圧力および押し出し材の密度を計算し、一方、銅焼結体を用いた実験結果と比較し、よい一致をえており、この方法により、各種の塑性加工力の計算を

比較的容易にできるようにした。

(3) 焼結多孔質体の弾性係数と密度の関係を求め、これと上記の塑性変形の基礎式とから焼結体に対するプラントル・ロイス形の応力ひずみ関係式を作り、これを用いた有限要素法を展開し、その応用例として平らな工具の押込み加工について計算し、実験結果と比較し、その有用性を確かめることができた。半実験的な方法として焼結体に関する格子線解析法をも示してあり、この方法によっても加工中の焼結体のひずみ・応力・密度の分布および工具にかかる圧力分布を計算することが可能となった。

(4) 従来高温でアルミニウム粉末を押出し加工することによって得られていた酸化物分散強化材を、常温で高圧力のもとで加工することによってもえられることを示し、それに必要な粉末中の圧力を明らかにした。

以上要するに本研究は、金属粉末の成形および焼結体の塑性変形における変形条件式を確立し、これをもとにして加工力・工具圧力・密度の解析手法を展開し、加工法の選択と加工装置の設計に対して多くの有益な知見を加えたもので、学術上、工業上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。