OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Distinct Element Simulation of Mushy-State Forming
Author(s)	大津, 雅亮
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3144029
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

氏名	大津雅亮（おおつまさあき）
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第 13915 号
学位授与年月日	平成10年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学位論文名	Distinct Element Simulation of Mushy-State Forming （半溶融加工の個別要素法シミュレーション）
論文審査委員	（主査） 教授 小坂田宏造 （副査） 教授 小倉敬二　教授 吉川孝雄

論文内容の要旨

半溶融加工とは溶融した金属を撹拌しながら凝固させたり，徐々に加熱して固体と液体が混在した状態で行う加工法であり，加工力が小さい，難加工材を取扱える，偏析が少ないなど多くの長所を備えている。半溶融体の変形挙動は固体や液体の変形挙動とは異なり，結晶粒の相互作用など微視的な影響が大きいため，有限要素解析結果と実験結果は定性的にも一致しないことがある。

本研究では，土質工学や粉末成形などで用いられている個別要素法に，液相の影響を加えて半溶融加工の数値シミュレータを作成した。まず，有限要素法では取扱いにくい粒子の回転が成形に大きな影響をおよぼす例として希土類磁性材料の半溶融加工を取上げ，加工による結晶粒の配向をシミュレーションした。通常，個別要素法では粒子を円要素あるいは球要素を用いるが，希土類磁性材料の結晶粒は回転だ円体あるいは円柱に近いため，だ円要素および回転だ円体要素を用いた。個別要素法では要素形状によって要素どうしの接触判定法が異なるため，だ円要素および回転だ円体要素の接触判定法を提案した。また，結晶粒にはアクリル樹脂をだ円板あるいは回転だ円体に成形したもの，液相にはワセリン，カプセルにプラスティシンを用いてモデル実験を行い，計算結果と比較した。また，シミュレータを用いて磁石のアスペクト比，カプセルの体積率，工具角の最適加工条件の決定を試みた。加工条件の評価にはクロッププロスと配向度を用いた。

次に液相の圧力を考慮した個別要素法を提案した。結晶粒は円要素あるいは球要素を用い，要素の中心をデローニ三角分割法により結んで，液相の圧力を評価する三角形要素，四面体要素を作成した。結晶粒の運動から液相の圧力を計算し，三角形要素間，四面体要素間における液相の流動を計算して液相の圧力を求めた。結晶粒が液相の圧力によって受ける力を計算して結晶粒の運動を求めた。半溶融すえ込み加工のシミュレーションを行い液相の圧力分布，固相率分布について調べた。

論文審査の結果の要旨

本論文では，固相と液相が共存する半溶融加工における素材の変形を連続体の変形としてではなく，液体中に存在する粒状体の運動として取扱うことにより結晶粒の動きをシミュレーションする方法を提案している。有限要素法な

どの連続体力学に基づく数値解析法では結晶粒の相互作用など微視的な運動を考慮することができない。本論文では，土質工学や粉末成形などで用いられている個別要素法に液相の影響を加えることにより，有限要素法では取扱えない粒子の移動，回転，干渉を取扱っている。そして希土類磁性材料の半溶融鍛造を取上げ，加工による結晶粒の配向について二次元および三次元シミュレーションを行っている。

個別要素法では粒子に円要素（二次元解析）あるいは球要素（三次元解析）を用いることが多いが，希土類磁性材料の結晶粒は回転だ円体あるいは円柱に近いため，本論文では二次元計算にだ円要素，三次元計算に回転だ円体要素を用いている。個別要素法では要素形状が異なると要素どうしの接触判定が異なるため，だ円要素および回転だ円体要素に対する接触判定法が提案されている。そして結晶粒としてアクリル樹脂をだ円板あるいは回転だ円体に成形したものを，液相にはワセリン，カプセルにプラスティシンを用いてモデル実験を行い，計算および実験結果の比較によりシミュレーションの有効性が示されている。またシミュレーションにより磁石のアスペクト比，カプセルの体積率，工具形状に対して最適加工条件を決定している。

さらに，液相の圧力を考慮した個別要素法を二次元および三次元計算について提案している。結晶粒は円要素あるいは球要素を用い，要素の中心を結んで液相の圧力を評価する三角形要素，四面体要素を作成する。結晶粒の運動から液相の圧力を計算し，三角形要素間あるいは四面体要素間における液相の流動を計算して液相の圧力を求め，結晶粒が液相の圧力によって受ける力を計算して結晶粒の運動を求めている。液相圧力を考慮した個別要素法を用いて半溶融すえ込み加工のシミュレーションを行い，液相の圧力分布，固相率分布について調べている。

以上の研究成果は，半溶融加工の解析手法として生産加工の分野の発展に貢献するものであり，博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。