

Title	固体と液体が共存する加工の有限要素解析
Author(s)	塩見, 誠規
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3075118">https://doi.org/10.11501/3075118</a>
DOI	10.11501/3075118
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

氏 名 塩 見 誠 規

博士の専攻分野の名称 博士(工学)

学位記番号 第 11397 号

学位授与年月日 平成6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 固体と液体が共存する加工の有限要素解析

論文審査委員 (主査)  
教授 小坂田宏造

(副査)  
教授 福岡 秀和 教授 小倉 敬二 助教授 森 謙一郎

### 論文内容の要旨

本論文は、固体と液体が共存する加工における素材の変形挙動を解析する場合の問題点およびその加工を用いた製造における問題点を解決することを目的として、双ロール式ストリップキャストリング、半溶融・半凝固鍛造、静水圧押し出しについての解析および残留応力の予測を行っている。

溶鋼から直接薄板を製造する双ロール式ストリップキャストリングのシミュレーションでは、ひずみ速度依存性を考慮した剛塑性有限要素法と凝固を考慮した熱伝導有限要素法を用いて、素材の変形解析と温度解析を交互に行うことによりその相互作用を考慮し、非定常計算を繰返し行うことで定常加工状態を求めている。この方法によりステンレス鋼の薄板製造シミュレーションを行い、定常加工状態での素材の凝固状態や材料流れを示し、最適加工条件の存在およびその設定について示している。そして、パラフィンを用いたモデル実験の結果と比較することによりその有効性および問題点を明らかにしている。

固体と液体が共存する状態での変形モデルの一つとして、液体が固体により密閉された状態での変形挙動についても取扱っている。シミュレーションでは内部に液体を含む固体金属の変形を有限要素法により計算する場合の問題点を示し、液体部分に要素分割を行わずに計算する方法を示している。そして内部にグリースを密閉したアルミ円柱のすえ込み実験を行い、シミュレーション結果との比較によりその有効性を確認している。さらに、この計算方法を用いて静水圧押し出し加工の定常状態をシミュレーションする場合の圧力の境界条件の取扱いについても示している。また、固体と液体が共存する加工における問題として、製造された製品に生じ残留応力を、素材の変形計算に用いた剛塑性有限要素法による計算結果から予測することを非定常および定常加工について行っている。

### 論文審査の結果の要旨

塑性加工において、省材料および省エネルギー化のために融点以上で固相と液相が共存する状態で加工を行ったり、溶融金属を冷却、凝固させながら加工を行ったりする方法が開発されている。このような加工では、素材中に固体と液体が共存し、従来の塑性加工とは異なった取扱いが必要になり、多くの問題点も残されている。本論文では、固体と液体が共存する各種の加工をシミュレーションするための有限要素法を提案し、有限要素法の適用に関する問題点

を解決している。

溶融金属から直接薄板材を製造するストリップキャストリングにおいて、温度、凝固、流動を連成させた方法を有限要素法を基礎として提案している。ストリップキャストリングは、溶融金属を二つの回転するロール間に流し込み、ロールの冷却により凝固させ薄板材を製造する方法である。熱伝導有限要素法によって素材の温度分布を計算し、温度回復法により凝固潜熱を取扱って液相と固相を決定して、粘塑性有限要素法で流動計算を行っている。材料流動が非常に大きいため、各変形ステップごとに要素分割を行う方法を提案している。ステンレス鋼の平面ひずみ双ロール式ストリップキャストリングにおいて、温度分布、固液相分布、材料流動を計算しており、ロール速度がこれらに及ぼす影響を調べている。また、パラフィンを用いたモデル実験を行って得られた結果を計算結果と比較しており、固相と液相の境界はよく一致している。

難加工材の加工法として半溶融加工が注目されているが、内部が液相で外部が固相である素材の半溶融加工も行われている。このような加工では、液相の変形抵抗が固相のものに比べて非常に小さいため、液相の部分も要素分割を行って有限要素法で計算すると要素形状が非常に歪んで計算が途中でできなくなる。要素形状が大きく歪む問題点を解決するために、液相である内部を要素分割しない方法を粘塑性有限要素法を基礎として提案している。内部の静水圧応力を Lagrange 未定乗数として汎関数の中に取り込み、内部の液相の影響を考慮している。また、アルミニウム円柱の中にグリースを封入した試験片のすえ込み実験を行い、計算された加工荷重および変形形状が実験結果とよく一致することをしめしている。一方、静水圧押し出しでは液圧によって素材が押し出されるため、型内に外側が液体で内側が固体の物体が存在することになり、変形挙動を計算するために Lagrange 乗数法を利用した粘塑性有限要素法を提案している。さらに、塑性加工された素材の残留応力を計算する方法も提案している。

以上の成果は、固体と液体が共存する加工に関して有益な新しい知見を与えるものであり、生産加工技術の進歩に貢献するところ大であり、博士（工学）論文として価値あるものと認める。