



Title	減圧吸引造型法における砂充てん挙動とその数値シミュレーション
Author(s)	向, 群英
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/40634
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	向 群 英
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 3 8 0 7 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 工学研究科材料開発工学専攻
学 位 論 文 名	減圧吸引造型法における砂充てん挙動とその数値シミュレーション
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 大 中 逸 雄 (副査) 教 授 碓 井 建 夫 教 授 辻 裕

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、真空による減圧を利用して、複雑形状の空隙部（キャビティ）に粉体を吸引・成形する減圧造型法に関する研究をまとめたものである。すなわち、粉体としては砂を使用し、キャビティへの充てん挙動を直接観察すると共に、数値シミュレーションを行い、その充てん機構を明らかにし、充てん挙動および密度分布の定量的推定法を提案している。

本論文は、次の第 5 章により構成されている。

第 1 章は序論であり、減圧吸引造型法および従来の類似プロセスにおける砂充てんについての研究を概観し、本研究の目的を明確にしている。

第 2 章では、簡単な形状である円筒状キャビティを用い、減圧吸引造型時の砂の移動、密度分布に及ぼす種々の因子の影響を調べている。そして、軸方向の砂の充てん密度分布は、下部では砂とベントや壁との衝突により、ベントに近いほど密度が大きくなり、中部では比較的密度が均一で、上部では密度が急激に低下する傾向があること、この密度低下は大気と接する上部では空気の優先流路が生じるためであることを明らかにしている。

第 3 章では、複雑な形状を有する種々のキャビティについて、減圧吸引造型時の砂の移動、密度分布及び壁面での圧力変化などを調べている。その結果、充てん過程は前期段階と後期段階に分けることができることを見出している。すなわち、前期段階は、見かけ上キャビティを砂が充満する過程であり、気流により数 m/s 以上の高速で流れる砂がベントや壁面に衝突し、急減速され衝撃現象が生じる。後期段階は、その後さらに 1 桁以上低下した速度で砂が徐々に移動する過程である。また、充てん過程中、場所によっては密度は常に増加するとは限らず、減少する場合があること、最終充てん密度は前期段階の衝撃効果と後期段階のダルシー効果に依存していること、角部で砂が流れ込みにくい場所、空気の分流が発生しやすい場所、最終充てん位置、強いせん断流が生じる所などは低密度になりやすいこと、吸引時間が短くベント数が少ない場合、後期段階でのダルシー効果が小さく、前期段階での滑りにより生じた滑り線が残る、等密度分布線の形状は砂の見かけ充てんパターンと類似していること、吸引時間が長いほど、ベント数が多いほど、滑り線が無くなる傾向があり、平均密度が高くなることなどを明らかにしている。

第 4 章では、実験結果から得られた砂充てん挙動にもとづいて、砂と空気の 2 相流モデルを構築している。そして、実測結果と数値シミュレーション結果を比較して、その妥当性を検討している。すなわち、砂流先端と壁との衝突場所、充てん時間、最終充てん位置など、前期段階の砂の充てん挙動および後期段階の砂移動シミュレーションが可能

であり、密度分布も実測値と比較的良く一致することを示している。また、初期に砂がある程度充てんしている状態から吸引した場合、従来の流気加圧造型法と同様に砂の充てんがベント近傍から始まること、キャビティからの空気漏れが密度を低下させることなどを明らかにしている。

第5章では、各章における結果及び考察をまとめている。

論文審査の結果の要旨

減圧吸引造型法は、真空による減圧を利用して粉体を空隙部（キャビティ）に短時間で吸引し成形する方法で、主に鑄造加工における中子造型に使用されている比較的新しい優れた方法である。また、種々の粉体成形法としても期待されている。しかし、得られる成形体の機械的性質を決定する密度分布に及ぼす減圧・排気のためのベントの取り付け位置や数、減圧条件などはほとんど明らかになっておらず、造型条件を合理的に決定する良い方法がない。そこで本論文は、キャビティへの砂の充てん過程の直接観察と数値シミュレーションにより、充てん過程を明らかにすると共に、充てん過程および最終密度分布を予測できる数値シミュレーション法を提案することを目的としている。その成果は、以下の通りである。

- (1) 充てん密度と砂圧力の非線形な関係や内部摩擦と壁面摩擦、砂流先端の移動と衝突などを考慮した、独創的な砂と空気の2相流モデルを構築している。そして、このモデルにより開発した数値シミュレーション・プログラムの妥当性を実験により確認し、砂流先端と壁との衝突場所、充てん時間、最終充てん位置などの砂の充てん挙動および最終砂充てん密度分布が予測可能であることを示している。
- (2) 複雑な形状の種々のキャビティへの砂の充てん過程を詳細に直接観察し、その充てん過程を明らかにしている。
- (3) 充てん過程は、数100mm/s以上の高速で砂が見かけ上キャビティを充満するまでの前期段階と、その後さらに1桁以上低下した速度で徐々に砂が移動する後期段階に分けられることを見出している。また、前期段階では、砂がベントや壁面に衝突して急減速され、主にその衝撃現象により砂の充てんが生じること、後期段階でもダルシー流れの効果により充てん密度が変化することを見出している。
- (4) 充てん過程中、場所によっては密度は常に増加するとは限らず、減少する場合もあること、角部で砂が流れ込みにくい場所や空気の分流が発生しやすい場所、最終充てん位置、強いせん断流が生じる場所、空気漏れがある場所などが低密度になりやすいこと、逆に空気が流れやすいベント近傍の密度が高くなることを見出している。
- (5) 吸引時間が短く、ベント数が少ない場合、後期段階でのダルシー効果が小さく、前期段階での滑りにより生じた滑り線が残る、等密度分布線の形状は砂の見かけ充てんパターンと類似すること、吸引時間が長いほど、ベント数が多いほど、後期段階でのダルシー効果が働き、平均密度が高くなることを見出している。

以上のように、本論文は、従来不明であった減圧吸引造型法における砂の充てん挙動を解明すると共に、その実用的な数値シミュレーション法を提案するものである。また、その成果は、砂以外の種々の粉体成形プロセスにも応用できる点が多く、鑄造工学、粉体加工学、材料工学などの進歩に寄与するところが大きい。よって本論文は、博士論文として価値あるものと認める。