

F303

壁効果が支配的な微小金型空間への顆粒の均質充填

(同 志 社 大 理 工) ○ (学) 榎 野 定 人*, (学) 赤 司 雅 俊, (正) 下 坂 厚 子, (正) 白 川 善 幸, (正) 日 高 重 助

1. 緒言

現代社会において重要な役割を果たしている機能性焼結材料は、ますます高機能化と高精度化を進めるとともに急速な小型化が進んでいる。焼結材料は、一般に微粒子原料スラリーの噴霧乾燥による顆粒の調製、圧縮成形と焼結操作により生産され、焼結後は非常に高度が高いために焼結後の寸法修正は容易ではなく、またその機能特性は化学組成に加えて微構造に極めて鋭敏で、高機能焼結体では微構造の高い均質性が求められる。

この高い微構造の均質性を達成するには、まず成形用金型の微小キャビティ内に顆粒が均一に充填されることが必要である。このキャビティの大きさはデバイスや材料の小型化により急速に小さくなり、壁効果が支配的である微小キャビティ空間に高速で均一に粒子を充填する方法の確立は粉体工学における新たな課題となっている。そこで、微小空間内への充填流動模様と粒子偏析メカニズムの解明、顆粒充填構造に及ぼす粒子特性、供給条件の影響を明らかにすることを目的として精密な大規模粉体充填シミュレーションの構築を試みた。

2. 実験条件

充填シミュレーションの妥当性の検証を目的として、Fig. 1 に示す装置を用い、給粉機を移動速度 100 mm/s として金型への顆粒の充填実験を行った。試料には Table 1 の粒径分布を有する三酸化タングステン (WO₃) 顆粒を使用し、内径 8 mm、高さ 50 mm の円筒形金型を用いた。給粉機内部には Fig. 1 のように仕切り板を設置し、給粉機後方より No. 1 の試料から順に各 2 g 流入させ、最後に仕切り板を取り去り粒子群の初期配置をシミュレーションと同一にした。

3. シミュレーション条件

本充填シミュレーションは、離散要素法 (DEM) を用いて構築した。DEM は、粒子間の接触相互作用力を Fig. 2 に示すバネとダッシュポットによってモデル化し、各粒子に対する運動方程式を解いて、粒子の挙動をシミュレートする方法である。このモデルに必要な WO₃ 顆粒の各特性値ならびにシミュレーション条件を Table 2 に示す。給粉機、金型の寸法は実験と同一とし、Table 1 に示す 5 種類の粒子径に対して、粒子質量 2 g に相当する個数の各粒子群を実験条件と同一となるように給粉機内へ配置した。

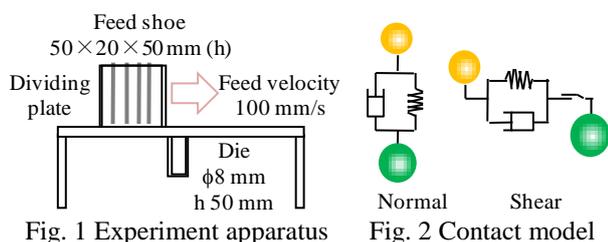


Table 1 Particle size distribution of sample

Sample No.	Experiment	Simulation
1	-1000 μm +850 μm	925 μm
2	-850 μm +710 μm	780 μm
3	-710 μm +500 μm	605 μm
4	-500 μm +250 μm	375 μm
5	-250 μm +106 μm	178 μm

Table 2 Simulation condition

Parameters	Value	Unit
Time step	1×10^{-7}	[s ⁻¹]
Number of step	30000000	[-]
Number of particle	264721	[-]
Particle density	5240	[kg/m ³]
Friction coefficient	0.8258	[-]
Spring constant	650	[N/m]
Rolling friction coefficient	7.5	[-]

4. 結果および考察

実験および本シミュレーションにおける金型内への流入挙動を Fig. 3 に示す。金型前方の壁面に粒子が衝突して充填される挙動は良く一致しており、構築したシミュレーションを用いて、実際の給粉機における金型への充填操作の設計を検討することができる。

金型上部、中央部および下部の各部位に充填された粒子の粒径分布を Fig. 4 に示す。実験、シミュレーションともに金型下部には細粒が多く充填され、同様の傾向を示したが、中央部は、実験では粗粒が、シミュレーションでは細粒が主に充填され、傾向を異にしている。これは本シミュレーションにおける細粒の流動性が実験試料よりも高いために金型中央部に多く充填されたため、シミュレーションにおける粒子特性の決定法に対する課題を示唆している。

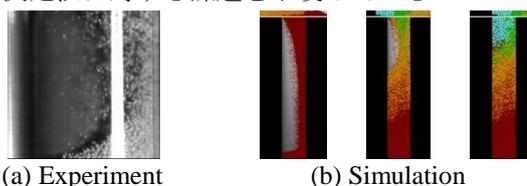


Fig. 3 Particle flow behavior in die filling simulation

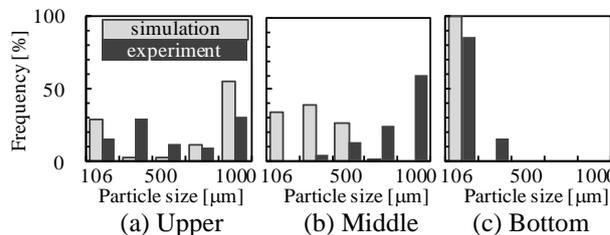


Fig. 4 Comparison of simulated result with experimental

5. 結言

実規模での金型充填操作設計を検討できる粉体シミュレーションを構築した。シミュレーションに用いる付着力や摩擦係数などの粒子特性は粒子群の平均値を用いているが、実験値とシミュレーション値を直接比較する場合は特性の分布を考慮する必要がある。