

# 結果・考察

## Case名決める

Case1-1 (Gravity), Case 1-2 (Suction)

Case2-1 ~ 7

## 自然落下との比較

自然落下との比較を行うことにより、下杵の降下を伴う粉末金型充填の基本的なメカニズムを明らかにする。

fig3

初期から様子が異なること。

Suctionの充填が早く見えること。

Gravityは空気の抵抗を受けて粉末がバラバラになっている。一方Suctionだと粉末が固まって流れをつくっている。

空気の噴出が見られる。

充填状態の変化を見るために、die内部にある粉末粒子数の時間変化をfig4に示す。

fig4

2つのケースには初期の時刻から差が見られる。

変化がなくなる = 充填完了

Suctionの方が早く充填が完了する。

時間帯ごとに粒子が入っていく勢いを詳しくみるため、フラックスの時間変化をfig5に示す。

fig5

下杵降下の初期に流入量にSuctionは流入が大きい。

後半にどちらのケースでも流入量が上昇する。fig3をみると空気の噴出して粉末がなだれ込んだからだとわかる。

初期の差について詳しくみたいので、粒子に作用している力を可視化する。

fig6,7

流体抗力と圧力勾配による力が強い。

定量評価したいので、強い力がかかっている粒子の数の時間変化をfig8に示す。

fig8

下杵降下の初期に粒子に強い力が作用している。（流体抗力と圧力勾配による力）

## 小結論

下杵の降下初期に、流体抗力および圧力勾配による力が粉末粒子に強く作用し金型内に引き込まれることである。

これにより、充填時間が短縮される。

また粉末とともに金型内に取り込まれた空気は気泡となり上昇し、粒子の流入を阻害する。その気泡が噴出すると一気に粒子が金型内に流れ込み、充填が完了する。

## 速度比較

Case1で基本的なメカニズムは明らかとなった。

充填効率に対して最も重要と考えられているパラメータ、下杵の降下速度が変化した場合の影響を調べる。

Fig9

速度が大きいほど、降下中の下杵と粉末の隙間が大きい。

全体的な様子はCase1と同様。100 mm/s以外のケースでは気泡の噴出がみられる。

100 mm/sでみられないのは単に下杵の降下速度が遅すぎるから。

Fig10

Fig9とほぼ同様の説明。

100 mm/sは省くことをいっておく。

Fig11

下杵の降下速度に対する充填完了時間は500mm/sのケースで極小値をとる。

100 mm/sはそもそも下杵の降下速度が十分でないので無視する。

粉末の流入の様子を見るために、フラックスを見る。=>Fig12

Fig12

フラックスを見ると最初と後半に差がでている。

前半のピークはCase1の結果から流体抗力と圧力勾配による力がつくっていると考えられる。

500 mm/sのケースで後半のピークが早い。

多分これが、500 mm/sが極小値をとった理由。

なぜ？

それぞれについて確認していく。

Fig13~16

下杵の降下速度が大きいほど、下杵の降下初期に粉末に作用する流体抗力および圧力勾配による力の影響が大きくなり、フラックスが高くなる。

Fig17 update to air velocity

下杵の降下速度が大きいほど、粒子の流入路が細い。時間が経過するとどのケースもさらに細くなる。

中心の粒子が蜜な領域で鉛直下向き、外側の気泡がある領域で鉛直上向きの速度ベクトル場ができています。この循環の働きにより気泡が上昇していることがわかる。

700 mm/sのケースでは粒子の流入路が細く上手く循環ができていない。そのため気泡の上昇および噴出が遅く、フラックスの後半ピークが現れるのが遅い。つまり、下杵の降下速度が大きすぎると粒子と気泡の循環が上手く起こらず、結果として充填完了が遅れる。

## 小結論

充填完了時間は、ある下杵降下速度で極小値をとった。

これは2つの特徴によって説明される。

1つ目は、下杵の降下速度が大きいほど、下杵の降下初期に作用する流体抗力と圧力勾配による力は共に大きくなる。そして、粉末はより多く流入することである。

2つ目は、充填の終盤に気泡が排出される動きは粒子の流入と気泡の上昇の循環で促されており、下杵降下速度が大きほどこの働きが弱くなることである。

この2つの特徴が合わさったことにより、充填完了時間は、ある下杵の降下速度で、極小値をとった。

## 全体の結論

圧力勾配による力が指摘されているが、具体的な影響はわかっていない。

このように下杵の降下が粉末金型充填に与える影響は科学的に明らかとなっていない。

～～～下杵の降下を伴う粉末金型充填を数値シミュレーションを用いて調べた～～～

下杵の降下を伴う粉末金型充填のメカニズムには大きく2つの特徴があることが明らかとなった。

1つ目の特徴は、下杵の降下初期に圧力勾配による力と流体抗力を粉末粒子に作用させることによって、粉末を金型内に引き込むことである。

この特徴は下杵の降下速度が大きくなるほど顕著となり、より多い粉末粒子が金型内に引き込まれる。

2つ目の特徴は、充填の終盤では粒子の流入と気泡の上昇で循環が生まれ、気泡が金型内から排出される。

下杵の降下速度が大きいほど粒子の流入路が細くなりこの循環が生まれにくくなるため、気泡の噴出が遅くなり、粉末の充填時間に悪影響を与える。

また、この2つの特徴が合わさった結果として、下杵の降下速度に対する充填完了時間は極小値をとることも明らかとなった。