

水モデルを用いたダイカスト湯流れにおける空気巻き込み欠陥

大同大学(院) ●丹羽大樹, (現:リョービ)新井田篤, 尾崎太一 大同大学 前田安邦

1. 緒言

鑄造 CAE は鑄造における欠陥発生の推定および改善に活用されている。実用的に使用されているが、今もなお欠陥予測精度の向上が求められている。本研究では、鑄造において発生する空気巻き込み欠陥を対象に、巻き込まれた空気がどのように動いていくかの基礎的な調査を行うとともに気泡の移動に関する数値解析を試みる。

2. 流体中を流れる気泡挙動の基礎調査

まず、水モデル装置を用いてダイカスト湯流れ内の気泡を対象とした気泡挙動の直接観察を行ったところ、気泡速度と流速は近い値をとるが一致するわけではないことがわかった。また、鑄造 CAE におけるマーカー機能を用いて気泡の追跡を試みたが実験値を精度良く推定することができなかった。次に、気泡に働く力の解明を目的として回流水槽を用いた基礎調査を行った。水平方向に一定速度 $V_L=0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0\text{m/s}$ を形成させ、その中で移動する直径 $d=1.3\sim 1.7\text{mm}$ の気泡挙動を観察した。気泡の速度に着目すると、流れ方向に働く流体抗力が気泡の速度に支配的であるとともに、速度の上昇に伴って浮力・重力方向の速度が 0 に近づく傾向を得た。

3. 気泡移動に関する数値解析

気泡の移動に関して富山ら¹⁾は流体中に存在する物体に作用する流体抗力の考え方を気泡にも適用できるとしている。この考え方を本研究で対象とする鑄造分野に適用し、重力、浮力、流体抗力、仮想質量力を考慮した単一気泡の運動方程式により、巻き込んだ空気の追跡を試みる。

図 1 に回流水槽による設定流速 $V_L=0.2\text{m/s}$ の場合における気泡の移動経路に関する実験値と解析値を比較したものを示す。解析値は富山らの提唱している抗力係数を用いた場合と抗力係数により x 方向(流れ方向)に合わせこみをした場合を示している。

富山らの抗力係数を用いた場合では流れ方向に大きなズレが生じてしまい、合わせこみをした場合においても y 方向(重力/浮力方向)にズレが生じており実験値を精度よく推定できていない。そこで、 y 方向へのズレに対して仮想質量係数にて合わせこみを行い、気泡の相対速度と各係数との相関を調査した結果、図 2 に示すように相対速度の増加に従い各係数が直線的(指数関数的)に変化することが明らかとなった。

次に、本研究で示した気泡の相対速度によって変化する抗力係数と仮想質量係数を用いてダイカスト湯流れにおける気泡を対象に数値解析を再度試みた結果、比較的良好に実験値を推定できることが確認できた。

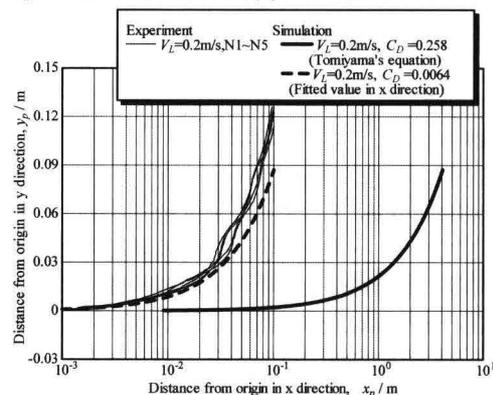


図 1 気泡移動経路に関する解析値と実験値との比較

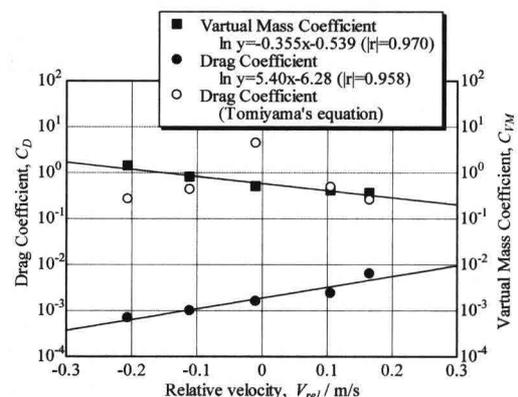


図 2 気泡の相対速度に対する抗力係数と仮想質量係数の変化

4. 結言

水モデル実験を通じて気泡の軌跡を解析し以下の知見を得ることができた。

- 介在物の追跡を目的とした既存のマーカー機能では空気巻き込み欠陥の推定は困難
- 流体中を移動する気泡は流速とは異なる速度で移動し、各方向への移動を支配する要因は大きく異なる
- 気泡の相対速度によって変化する抗力係数および仮想質量係数を用いることで高精度な推定が可能

参考文献

- 1) 富山明男, 片岡勲, 福田匠, 坂口忠司: 日本機械学会論文集 B 編 61 巻 588 号, (1995) pp.2810-2817