

射出成形時における樹脂流動挙動の観察

Observation of the resin flow behavior during the injection molding

(東レエンジニアリング(株))○(賛)岡田 有司, (正)中野 亮,

(金沢工大・院)(学)本田 哲也, (金沢工大)(正)瀬戸 雅宏, (正)山部 昌

In this study, it verified a calculation result by using the distribution of velocity through the thickness direction. It was confirmed to the reproduction of a qualitative tendency by using a calculation method of this study. And it was confirmed to the close relation to the change in each physical quantity of the velocity, the viscosity, the shear rate, and the temperature on CAE.

Key Words: Injection molding / Verification / Distribution of velocity / CAE

1. 緒言

ものづくり現場における競争の激化に伴い、射出成形 CAE を活用し開発コスト削減を試みる動きはますます活発化している。そのなかで最もニーズが高いのがそり変形量の予測精度向上であるが、これは、射出成形における樹脂の流入、圧縮、保圧、冷却の各工程の予測精度向上を上流工程から積み重ねていく必要がある。そこで、本報では、流入工程における射出成形 CAE の確からしさの確認を行う。確認には、ショートショットや型内の圧カプロファイル^[1]が良く用いられるが、本報ではよりミクロ的な視点からの比較を行うために、平板における流動成分の板厚方向速度分布^[2]を用いた。金型内を樹脂は速度差に起因するせん断力を受けながら流入してだけでなく、流れ易さの指標である粘度に関しても、速度勾配であるせん断速度の関数であることから、流入工程を表現する指標として、本物理量は非常に重要なものである。

2. 解析内容

2.1 解析手法の概要

(a) 定式化

熔融樹脂流体の圧力 P 、速度 \mathbf{u} は、連続の式(式(1))と運動量保存の式(式(2))から求め、温度 T は熱

伝導方程式(式(3))から求める^[3]。本報では、Darcy 則を仮定すること、および流れやすさの指標である流動コンダクタンスを用いることにより圧力を求める。

$$\operatorname{div}(\mathbf{u}) = 0 \quad \dots \text{式(1)}$$

$$-\operatorname{grad}(p) + \eta \Delta \mathbf{u} = 0 \quad \dots \text{式(2)}$$

$$\rho c_v \frac{DT}{Dt} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \eta \dot{\gamma}^2 \quad \dots \text{式(3)}$$

ここで、 η : 粘度 x, y, z : 全体座標系の各座標、 t : 時間、 ρ : 密度、 c_v : 比熱、 k : 熱伝導率、

$\dot{\gamma}$: せん断速度

なお、本報では、3D TIMON Extreme suite 2007 (東レエンジニアリング株式会社製)をベースに改良を加えたソフトウェアを用いる。

(b) 境界条件

樹脂の熔融部と固体部(金型部)との境界部は Non-Slip の境界条件を与える。固化の進展が伴う場合、境界が移動する移動境界問題として取り扱う。

2.2 解析形状

速度分布の比較に用いた形状および比較箇所を Fig.1 に示す。板厚は 3.0mm である。解析モデルは、キャビティ部分を板厚方向に対して、ヘキサ要素を用いて 20 分割した。要素数: 約 13,000, 節点数: 約 15,000 である。

2.3 解析条件

成形条件および解析条件は Table 1 に示す。

Yuji OKADA* and Ryo NAKANO: Toray Engineering Co.,Ltd.,
Tetsuya HONDA, Masahiro SETO and Masashi YAMABE: Department of Material Design Engineering, Kanazawa Institute of Technology,
*1-1-1 Sonoyama, Otsu, Shiga, 520-0842, Japan
Tel. 077-533-7319, Fax. 077-533-7224
E-mail: yuji_okada@toray-eng.co.jp

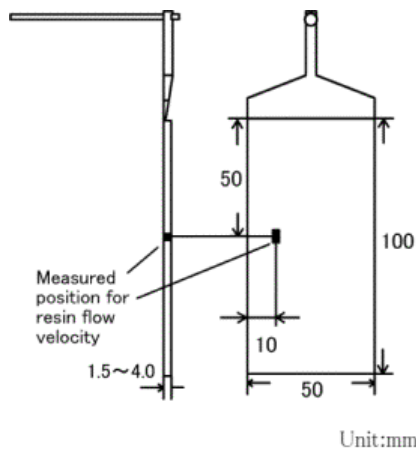


Fig.1 Shape used to compare distribution of velocity

Table 1 Molding and calculation conditions

Resin	PS
Resin temperature[°C]	260
Mold temperature[°C]	30
Filling time[sec]	3.01
Heat transfer coefficient[W/m ² /°C]	25,000

3. 結果および考察

実験と CAE の速度分布を比較した結果を Fig.2 に示す. CAE 上の粘度およびせん断速度を Fig.3 に、温度分布を Fig.4 にそれぞれ示す. 各グラフとも、フローフロント到達後 0.0 秒および 0.6 秒経過時の結果であり、また結果の対称性を加味し、金型壁面から板厚中心部までの結果である。

Fig.2 より、実験および CAE ともに時間経過とともに速度ゼロの領域が金型壁面から内部の方へ広がり、中心速度が上昇している. CAE では実験の現象を定性的に再現している. Fig.3 より、粘度は、金型壁面から 0.5mm の範囲にて時間経過とともに急激に上昇している. せん断速度は、速度ゼロの領域にて最小値となる. Fig.4 より、温度は、時間経過とともに肉厚中央部を除く範囲にて、最大 150°C 程度低下している. これは、速度が低下したことにより、上流からの熱の流入量に対して金型への放熱量が相対的に増加したためである。

したがって、速度が低下し、温度およびせん断速度が低下し、粘度上昇が発生. その結果、速度が低下するという現象が繰り返して起きている. CAE 上は、速度、粘度、せん断速度、温度の各物理量の変化は密接な関係がある。

4. 結言

本報の解析手法を用いることにより、CAE では実験の速度分布を、定性的に再現していることが確認

できた. また、速度分布は粘度、せん断速度、温度の各物理量の変化が密接に関係していることを CAE 上にて確認できた。

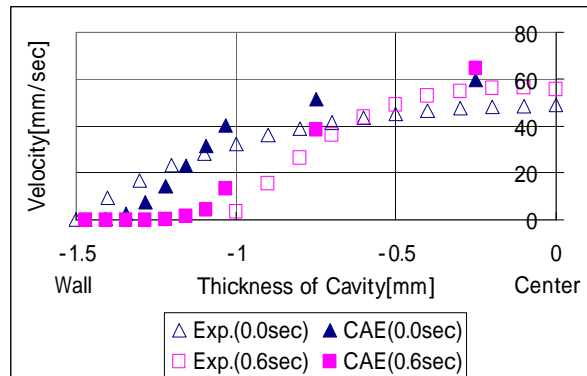


Fig.2 Distribution of velocity through the thickness direction

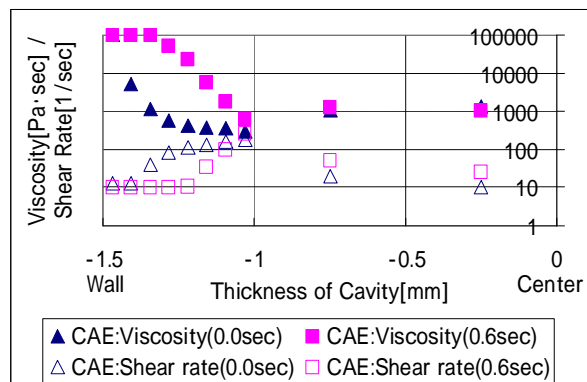


Fig.3 Distribution of viscosity and shear rate through the thickness direction

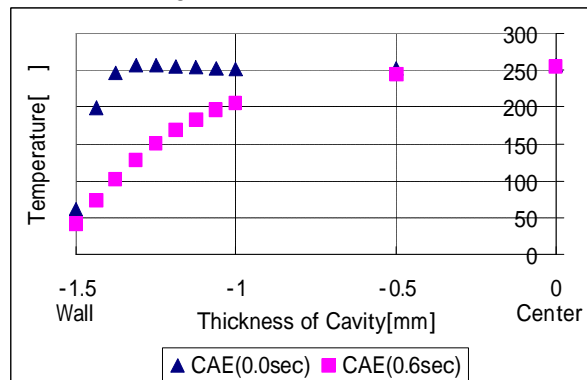


Fig.4 Distribution of temperature through the thickness direction

参考文献

- [1] 相野谷慶太, 天野 修: 成形加工, 14(8), 519(2002)
- [2] 瀬戸雅宏, 和田卓也, 佐藤和人, 岡田有司, 山部 昌: 成形加工, 19(9), 589(2007)
- [3] 日本塑性加工学会: プラスチック成形, コロナ社 (2004)