

射出成形時における樹脂流動挙動の観察(第2報)

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)(正)瀬戸 雅宏, (正)山部 昌

In this study, a new numerical model expressing the state of the solid phase and the liquid phase in a finite element was developed. By applying this modeling, the result equal with a large-scale number of meshes can be obtained by practical number of meshes. And a qualitative tendency of the CAE result agrees with an experiment can be reproduced.

Key Words: Injection molding / Solid phase / Liquid phase / Pressure loss / 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. そのなかで最も高いニーズは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, 前報^[1]において, 金型内の樹脂流速分布^[2]との比較を通して流入工程における射出成形 CAE の確かさの確認を行った. しかしながら, 前報の手法は, 厚み方向における粘度, せん断速度等の物理量の変化を表現するためには 10 以上のメッシュ分割数を必要とするため, 解析規模が膨大となり, 現実的ではない. そこで, 本報では, 現実的な分割数の範囲にて厚み方向の物理量の変化を表現する解析モデルを適用した. 本モデル化の確かさの確認は, 成形実験の圧力損失^[3]を用いた.

2. 解析内容

2.1 解析手法の概要

厚み方向において固化部と熔融部の境界は, 固相から液相への相変化が発生する部位である. 前報では, 固相と液相を要素単位にて分離する解析モデル(移動境界問題)を適用していた. 本報では, 更に固相と液相が混在する要素に対して, 固相と液相の両物理量を持たせることで固相から液相への物

理量を当該要素内にて連続的に変化させる解析モデルを適用し, 解析規模の低減を図る.

なお, 本報では, 3D TIMON Extreme suite 2008 (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.

2.2 解析形状

圧力損失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 2.0mm である. 解析モデルは, スプルー・ランナー部分はビーム要素, キャビティ部分はヘキサ要素を用いて板厚方向に対して 4 or 20 分割した.

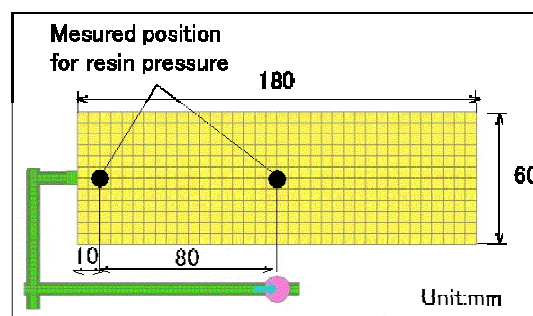


Fig.1 Shape used to compare resin pressure

2.3 解析条件

成形条件および解析条件は Table 1 に示す.

Table 1 Molding and analysis conditions

Resin	HDPE
Resin temperature[°C]	200/230/260
Mold temperature[°C]	35/50/65
Injection rate[mm/sec]	5/10/20
Heat transfer coefficient[W/m ² -K]	1,200

Yuji OKADA* and Ryo NAKANO: Toray Engineering Co.,Ltd. , 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

3. 結果および考察

3.1 板厚方向メッシュ分割数依存性

板厚方向のメッシュ分割数を 20 と 4 と変化させたときの CAE での充填完了時の圧力損失を比較したものを Fig.2 に示す。両者間の平均誤差は 7%，また全てのケースにて誤差±5MPa (平均ゲート圧比 14%) 以内に入っていることから、4 分割において 20 分割と相当する解が得られることを確認した。

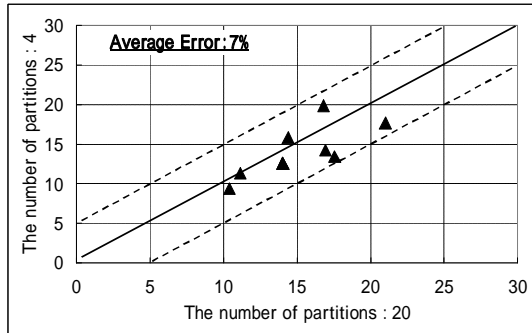


Fig.2 The pressure loss of analysis in number of partitions 4 and 20 is compared.

3.2 成形条件依存性

射出速度、樹脂温度、金型温度の各条件のみを変化させたときの定性的傾向について、実験と CAE の正規化した充填完了時での圧力損失を比較したものを Fig.3~5 にそれぞれ示す。なお、CAE で用いた解析形状は板厚方向のメッシュ分割数は 4 である。

(a) **射出速度**：射出速度を遅くしたとき、圧力損失が低下後、上昇する(流れにくくなる)傾向を CAE にて再現した。前者は、流量低下に起因するものである^[4]。後者は、前者の低下要因以上に固化進展による流路減少かつ温度およびせん断速度低下による粘度上昇が上昇要因として作用した結果、CAE にて実験の定性的傾向を再現したものであると考える。

(b) **樹脂温度**：樹脂温度を上昇させたとき、圧力損失が低下する(流れやすくなる)傾向を CAE にて再現した。これは、樹脂温度上昇による流路内の粘度低下を再現したことによるものであると考える。

(c) **金型温度**：金型温度を上昇させたとき、圧力損失が低下する(流れやすくなる)傾向を CAE にて再現した。これは、金型温度変化による流路変化および金型近傍の粘度変化を再現したことによるものであると考える。

4. 結言

本報解析モデルは、板厚方向のメッシュ分割数の依存性が少ないモデル化である。また、本報解析モデルを用いることにより、板厚方向メッシュ分割数が 4 にて一般的に知られている成形条件(射出速度、樹脂温度、金型温度)の変化による定性的傾向^{[4][5]}を再現することを確認できた。

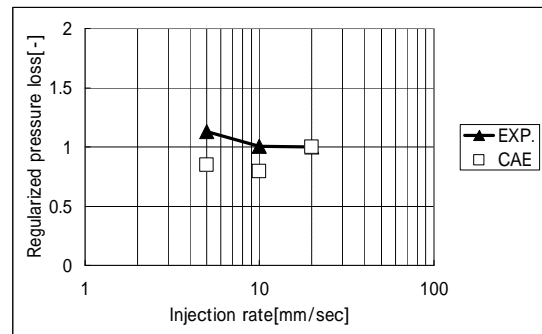


Fig.3 CAE of the relationship between injection rate and regularized pressure loss for filling process is compared with experiment.

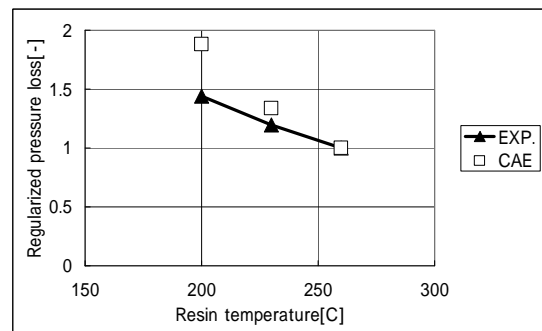


Fig.4 CAE of the relationship between resin temperature and regularized pressure loss for filling process is compared with experiment.

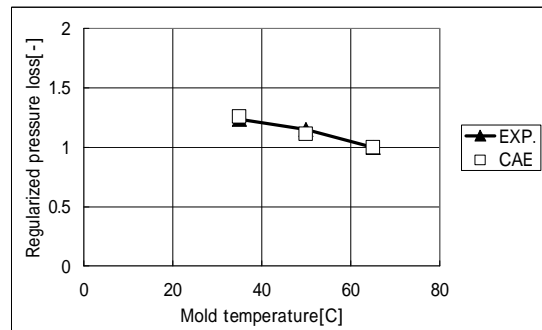


Fig.5 CAE of the relationship between mold temperature and regularized pressure loss for filling process is compared with experiment.

参考文献

- [1] 岡田有司, 中野亮, 本田哲也, 瀬戸雅宏, 山部昌: 成形加工'08, 57(2008)
- [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] 相野谷慶太, 天野修: 成形加工, 14(8), 519(2002)
- [4] 射出成形辞典編集委員会: 射出成形辞典, 産業調査会(2002)
- [5] Jerry M. Fischer: Handbook of Molded Part Shrinkage and Warpage, Plastic Design Library(2003)