

3次元射出成形 CAE における高速そり変形解析技術の開発

Development of the high-speed warpage analysis technology in 3D injection molding CAE

(東レエンジニアリング(株))(賛) 末吉 耕平,(正)中野 亮,(正)岡田 有司

In 3D injection molding CAE, we have developed the technique calculated with accuracy in prediction of the filling process for a short time in the analysis which used 1 division mesh for thickness direction (Light3D analysis). But it was accuracy lacking about warpage prediction. In this study, we developed technique with accuracy in warpage prediction in Light3D analysis.

Key Words: Injection molding / CAE / Light3D

1. 緒言

近年射出成形 CAE を活用し開発コスト削減を試みるケースが増えており,中でも解析モデルを短時間で作成できることから 3次元解析が広く使用されている.しかし,3次元解析を用いて薄肉大物品を精度良く解析するためには要素分割数が膨大になり解析時間が増加するなどの問題があった.そこで我々は流動過程の解析(例えばウェルドライン予測や必要型縮力予測)においては厚さ方向に対して 1要素分割の粗いメッシュを用いた解析(以下:Light3D解析)で厚さ方向に対して詳細に要素分割した解析(以下:詳細3D解析)と同等の予測精度を短時間で得られる仮想分割モデル^[1]を開発した.この仮想分割モデルは射出成形において物理量変化の大きい厚さ方向にだけ仮想節点を発生させ計算することで流動過程を精度良く予測する手法である.一方,Light3D解析は収縮のアンバランスによって発生するそり変形予測においては予測精度に課題があった.本報ではそり変形予測について詳細3D解析と同等になる解析手法を開発したので報告する.本手法の確かさの確認はリブ付き形状で成形実験および詳細3D解析とそり変形を比較した.また,解析時間については中空円柱形上で詳細3D解析と比較した

2. そり変形予測の課題と開発手法

2.1 リブ付き形状(繊維強化樹脂)の課題

リブ付き形状のそり変形挙動の一因として一

Kohei Sueyoshi*, Ryo NAKANO, Yuji OKADA:
Toray Engineering Co.,Ltd,
*1-1-1 Sonoyama, Otsu, Shiga, 520-0842,Japan
Tel. 077-533-7319, Fax. 077-533-7224
E-mail: kouhei_sueyoshi@toray-eng.co.jp

般部とリブ部の収縮率の差がある.通常,繊維強化樹脂の成形において端部(リブ付き形状ではリブ部先端)はエッジに沿って繊維が配向しエッジ方向の収縮率が小さくなるが,Light3D解析は一般部と端部の差を表現できておらず,そのため詳細3D解析と比較するとリブ付き形状のそり変形予測精度が低かった.

2.2 開発手法

Light3D解析は仮想節点を用いて厚さ方向の計算を精度良く行う手法であるが,同様の厚さであれば一般部と端部の差を表現できないという課題があった.繊維配向計算は速度分布を元に計算している.そこで本報では上記課題を解決するためにLight3D解析において形状依存の考えを取り入れ, Fig.1のように端部を自動抽出し,端部からの距離に応じて速度分布を仮定することで当該部の端部繊維配向を補正する手法を開発した.

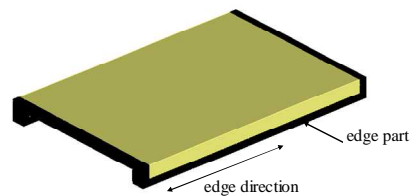


Fig.1 Edge part and edge direction

3. 解析結果

3.1 解析形状

Fig.2に示す解析形状については大塚ら^[2]の文献のリブ付き形状を用いた.リブ厚さを 1.2, 4.0mmと変化させた場合のそり変形量を成形実験および詳細3D解析と比較した.

3.2 解析条件

成形条件および解析条件を Table1 に示す.また,そり変形量を評価する解析方法について Table2 に示す.

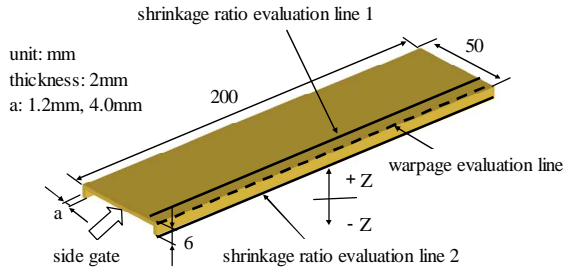


Fig.2 Shape used to compare warpage

Table 1 Molding and analysis conditions

Resin	PBT-GF30%
Resin temperature[]	250
Mold temperature[]	60
Injection time + Holding time[s]	10
Holding pressure[MPa]	68.6
Cooling time[s]	20
Heat transfer coefficient[W/m ² -K]	1,000

Table 2 Analysis type

	Analysis method
TypeA	Light3D(1 division mesh for thickness direction) and Edge orientation on
TypeB	Light3D
TypeC	Detailed 3D(4 division mesh for thickness direction)

3.3 結果および考察

Fig.2 のそり評価ラインにおける Z 方向の最大そり変形量について解析結果と実験結果を比較したグラフを Fig.3 に示す . Fig.3 よりいずれのリブ厚さの場合も本開発手法の Light3D 解析 (TypeA) は詳細 3D 解析 (TypeC) と同様に実際の成形実験と同じマイナス方向のそり変形モードを再現できている .

次に Fig.3 の成形収縮率比較ライン (一般部 , リブ部) における解析方法別の成形収縮率を Table3 に示す . リブ厚さ 1.2mm の場合は全ての解析方法で一般部よりもリブ部の方が成形収縮率が小さくなり , その結果マイナス方向のそり変形モードになっていると考えられる . 一方リブ厚さ 4.0mm の場合は従来の Light3D 解析 (TypeB) は一般部よりもリブ部の方が成形収縮率が大きい , 本開発手法 (TypeA) は端部であるリブ部の繊維配向をエッジに沿うようにさせるため , 詳細 3D 解析 (TypeC) と同様にリブ部の方が成形収縮率が小さくなり , マイナス方向のそり変形モードになっていると考えられる .

4. 解析時間

中空円柱形状を用いて Light3D 解析と詳細 3D 解析のそり変形予測結果を得るまでのトータル解析時間を比較した一例を Table4 に示す . 本開発の Light3D 解析は厚さ方向に 3 分割した詳細 3D 解析と比較して約 1/45 の時間でそり変形予測結果を得ることができる .

5. 結言

Light3D 解析において形状依存の考えを取り入れることにより従来予測精度の低かったリブ付き形状のそり変形について厚さ方向に詳細に要素分割した詳細 3D 解析と同等になる解析手法を開発した . 本解析手法を用いることで短時間で高精度なそり変形予測結果を得ることができる .

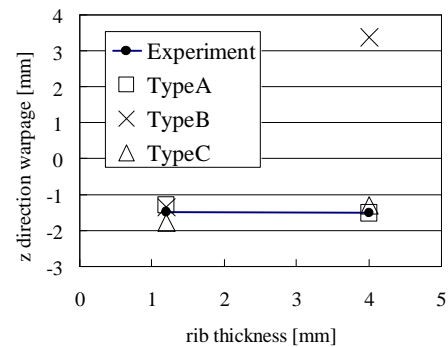


Fig.3 Results of z direction warpage

Table 3 Comparing shrinkage ratio[%]

	rib thickness 1.2		rib thickness 4.0	
	Line1	Line2	Line1	Line2
TypeA	0.48	0.34	0.48	0.31
TypeB	0.46	0.31	0.47	0.77
TypeC	0.47	0.25	0.47	0.31

Table 4 Comparing Analysis time

	no. of element	analysis time
Light3D	16000 (1 division mesh for thickness direction)	160[sec]
Detailed 3D	400000 (3 division mesh for thickness direction)	7400[sec]

参考文献

- [1] 末吉耕平, 中野 亮, 岡田有司: 成形加工シンポジウム'09, 263 (2009)
- [2] 大塚他, プラスチック成形加工学会誌, Vol.13 No.2 2001, pp.102-105