A 2 1 5

溶融高分子ポリマー流メルトフロント域での
機能性薄膜形成時の挙動評価と制御

三松 順治 (岐阜大工), 長屋 啓太[○] (岐阜大院)
岩井 友成 (岐阜大学), 山岡 祐一 (岐阜大学)

Phenomena and Control in the Making Process of Functional Thin-layer
at Melt-Front Region with Melting High-Polymer Flow

Junji MIMATSU, Keita NAGAYA, Tomonari IWAI and Yuuichi YAMAOKA

ABSTRACT

In the melting of high-polymer material on industrial applications, unsteady flow phenomena occurs on its non-Newtonian properties. The unsteady interface phenomena in melt-front of high-polymer materials (PP) with several flow configurations (rectangular flow with 5mm & 1mm thickness, with/without patterned and artificial surface control) are assessed as local and unsteady geographic shape of the gas-liquid interface experimentally using images taken by high-speed CCD. From experiment results and considerations with wavelet analysis, the gas-liquid interface time-dependently changes its shape and fluctuating properties. Two-way phenomenal transition and all-over instability are also detected in the system, which that one is from the center to wall (fountain-flow-like), another is from near-wall to center by non-uniform slipping phenomena at near-wall region. These results under such experimental conditions have the different properties quantitatively, but not making clear yet. Moreover based on our findings, special thin film layer with functional effects has been tried with a artificial-layer on plate, particles-layer and melting mist flow.

Keywords: Melting High Polymer, Melt-Front, Unsteady Interface, Image Processing

1. 緒 論

プラスチック成形加工時の熱流動現象は、物性値の強い温度依存性を含む非ニュートン熱流動の為、伝熱状況により流動自体が大きく変わり、流れ場と温度場が相互に強く連成する複雑な熱流動場であり、まだ未解析な領域が大部分で、実験的・定量的な解明が不可欠である。特に、流動先端部（メルトフロント）では、流体・壁面間に大きな熱移動が存在し、気液界面が移動境界で、複雑な非定常熱流動を生じ、以後のポリマー全体の初期熱流動に大きな影響を与える。本領域の実験的解明による流動状況の定量的把握・非定常現象の検出・モデル化が、機能性付加層の形成による熱流動制御に不可欠である。

著者らは、射出成形機を模した実験装置を使用し、溶融ポリマー流体のメルトフロント領域における非定常流動現象の定量的評価を、矩形流路内の気液界面形状の画像解析で行い⁽¹⁾⁽²⁾、また、機能性薄膜層のエネルギー変換放出についても、現象を実験的に解明している⁽³⁾。本研究では、矩形流路（2種類、流路厚5mm&1mm）を使用し、人工境界条件領域を付与するパターンを変化させて、メルトフロントの非定常進行および局所界面形

状の状況を実験的・定量的にウェーブレット解析で評価し、機能性付加薄層形成の熱流動制御の指針を検討した。

Fig.3 Flow/Heat Control

Fig.4 Image Data Processing

Fig.5 Sequential Wavelet Analyzed Results & Models

矩形 5mm(流路厚)
樹脂温度→260℃
金型温度→180℃
樹脂→PPnobren
射出速度→1200mm/s

矩形 1mm(流路厚)
樹脂温度→260℃
金型温度→180℃
樹脂→PPnobren
射出速度→1200mm/s

Fig.6 Sequential Results by Numerical Simulations

Fig.7 Sequential Experimental Results (Cond. E, Cond. F and Cond. G)

2. 実験装置

実験装置概要（成形機模擬装置）を Fig.1 に示す。試料に PP を用い、電気加熱で熔融させ、2 個の回転用モータでノズル部より射出し、観測部の各人工境界流路系（Fig.2）で画像測定する。順に界面制御法を検討（Fig.3）し、多項式近似法・ウェーブレット解析を用い、流動各位置で局所変動・挙動の特徴解析・検討（Fig.4）を行う。

3. 実験結果および考察

Fig.5 に、先に得られている気液界面移動（写真）に対するウェーブレット解析の連続変化の結果例及びモデルを示す。左側が通常壁面、右側が人工境界条件の場合の結果である。界面写真及びウェーブレット解析の結果であり、どの時空間位置に、どのような変動成分が存在するかを示し、左斜上方軸に界面の位置座標、右斜上方軸に変動の周波数軸を示す。この図から、気液界面の進行に対応して、壁面から中心部に向かう変動及び中心部から壁面に向かう変動が存在し、人工境界条件では、変動がスイッチ（交錯）している事が判る。本報告では、人工境界条件を壁面上の一部に課した場合の界面変動の時空間特性について、実験的・定量的に報告する。

Fig.6 に、数値解析による本実験系を想定した結果を示す。界面は VOF 法による推定値であり、現在、界面の時空間進行・変動特徴を実験結果と比較解析中である。

Fig.7 に、E 条件、F 条件、G 条件の各実験での連続写真（界面の概形変形）および局所的な変動状況の推移（界面の微細の変動：ウェーブレット解析結果）を示す。人口粘性を課す領域が異なる事に対応し、界面進行の概形・変動特性が異なり、特徴的な変動の場所及びメイン変動の周波数領域が変化している事が判る。また、概形の変化の特徴（変曲点の位置）を各条件の場合に抜き出す解析、変動特徴を抜き出して、界面進行と対応させた時空間特徴解析、区間平均解析を行い、これらの時空間 & 局所的な実験的・数値解析の定量評価を踏まえて、均一・平等な流動及び機能性薄膜（作成時 & 製品時）の作成を、的確に実現できるように、熱流動制御法を検討する。

参考文献

- 1) 三松・他、熔融高分子ポリマー流メルトフロント域での機能性薄膜形成時の挙動評価と制御、プラスチック成形加工学会・年次大会講演論文集、特別セ「成形加工現象を理解する - 可視化、計測、CAE 利用 -」II-205 (2007), pp. 133-134.
- 2) 三松、長屋、松原、諏佐、熔融高分子ポリマー流メルトフロント域の挙動制御と機能性薄膜形成、プラスチック成形加工学会・第 14 回秋季大会講演論文集・特別セ「成形加工における熱流動」A-102 (2006), pp. 7-8.
- 3) 三松、長屋、樋田、檜和田、辻、プラスチック基板上への機能性塗装面付加による熱放出促進メカニズムの解明、プラスチック成形加工学会・第 14 回秋季大会講演論文集・特別セ「成形加工における熱流動」A-106 (2006), pp. 15-16.