

X線CTによるメタリック射出成形品の配向挙動解析 I

Orientation Analysis of Metallic Injection Molded Sample Using X-Ray CT Technology (Part 1)

(東京大学大学院) ○ (学) 多比良恵、(正) 横井秀俊
(日本ビジュアルサイエンス株式会社) 滝克彦

Keywords: Metallic-flake, Injection molding, X-ray CT, 3D image processing, Orientation analysis

1. はじめに

近年、プラスチック製品の一部では高級感のある外観にあるいはメッキ代替を目的に、メタルフレーク (以下、MF) 等の光輝材を混練し、メタリック調の外観を実現する手法が広く用いられている。MF 成形材料を射出成形する際には、樹脂の流れに沿って MF のフラット面が配向し、反射特性の偏りにより外観不良が強調され問題視されている。こうした各種外観不良部について顕微鏡等を用いた外観や断面観察から生成条件や機構等に関する研究が行われて来た¹⁾⁴⁾。しかしながら、成形品内部での MF 配向状況については、詳細な配向挙動や正確な分布系統的な研究はこれまでなされていなかった。

本研究では、新たに X 線 CT を用いて MF の 3 次元配向と流動軌跡を定量的に解析することを目的に、アルミフレークを含む成形品ウェルドライン部の撮像及び配向解析を行った。

2. X 線 CT 装置による撮像

2.1 実験装置

マイクロフォーカス X 線 CT 装置は島津製作所 (株) の SMT-130CT、撮像した画像の加工及び表示には日本ビジュアルサイエンス (株) の VGStudioMAX を使用した。

2.2 試験片および外観観察結果

試験片の形状を Fig.1 に示す。厚さは 2mm、裏面にはシボ加工が施してある。成形材料は、平均粒径約 $40\mu\text{m}$ のアルミフレーク (PYS-XX-0304) を 0.48wt% 混合した PP である。成形品外観写真を Fig.2 に、障害ピン後端のウェルドライン領域を Fig.3 に拡大して示す。ウェルドラインに加え帯状の特異なフローマーク等の外観不良が強調されて観察される。Fig.3 では明瞭なウェルドライン A と、A と並走する反射特性の異なる筋 B が二重線を形成している。これらは、表層から内層部に向けて、MF が厚さ方向に配向することに起因すると推察される。同ウェルドライン領域の障害物付近 3 領域 ($1.98\times 1.98\times 1.98\text{mm}$) を Fig.1 で示した Area1~3 の枠の左端が障害ピンの縁から 5, 10, 15mm の位置となるように撮像した。

2.3 撮像結果

Area 2 の撮像データから MF のみを 3 次元表示した画像を Fig.4 に例示する。これらの全データをウェルド方向 (Z 方向) に投影・積算表示し白黒反転画像処理した図 (XY 投影面) を、Area 1-3

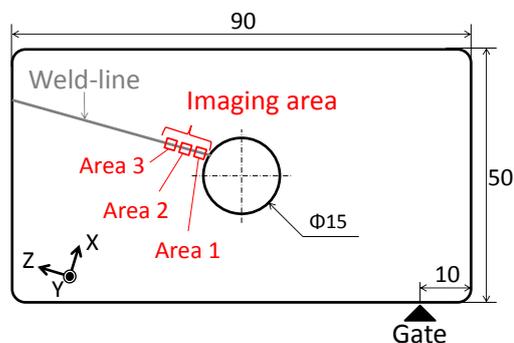


Fig.1 Outline of molded sample [unit: mm]

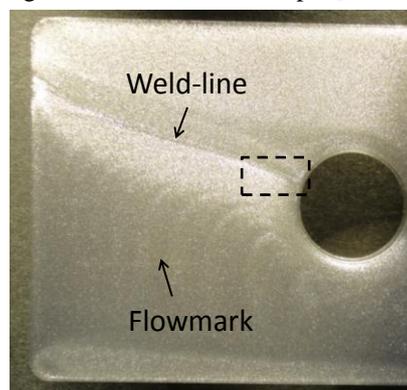


Fig.2 Observation of surface defects in metallic-flake molded sample

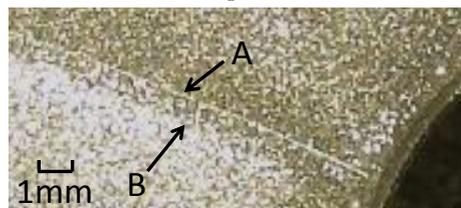


Fig.3 Enlarged view of weld-line

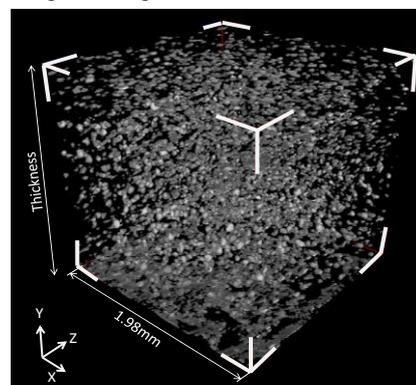


Fig.4 Volume rendering image of 3-D distribution

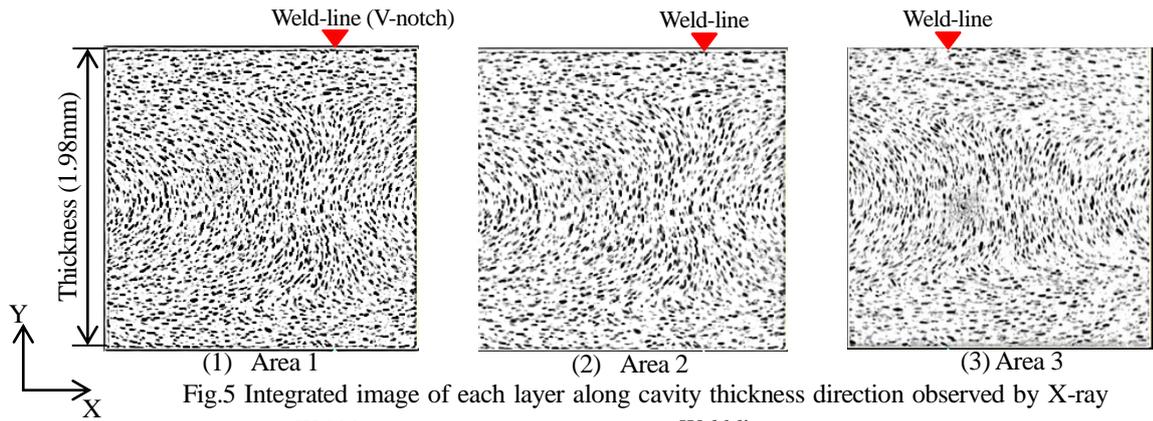


Fig.5 Integrated image of each layer along cavity thickness direction observed by X-ray

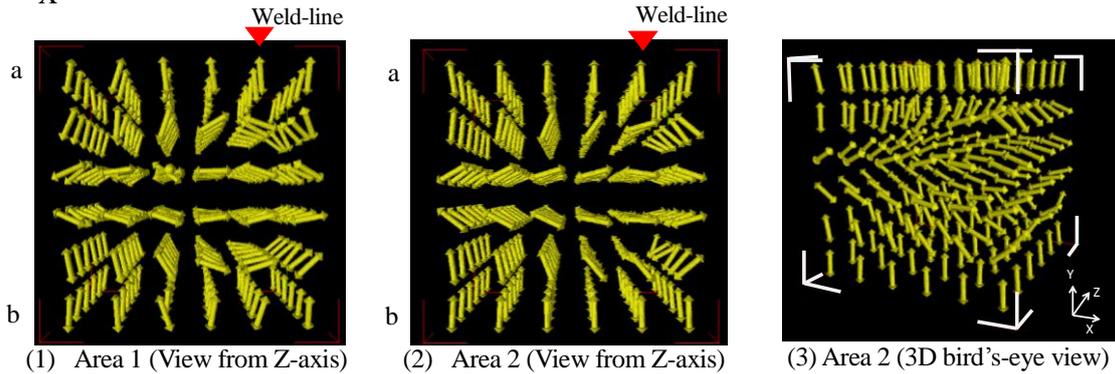


Fig.6 Three dimensional orientation vectors image

ごとに Fig.4 に比較して示す. 図中, 表面の V ノッチ状ウェルドの位置を矢印で示した. 内層部では MF は S 字状にうねりながら縦配向し, V ノッチ位置とずれを生成していることを確認できる. 内層の S 字配向と V ノッチとのずれは, ゲート位置が障害ピンに対して非対称のため, 充填時にウェルド形成後, 保圧の補償流動過程で内層部のコア層を再流動させ形成されたと推察される. 最外表面のスキン層では MF はほぼ表面に平行に配向している. これより, Fig.3 の A,B は, コア層の縦方向の強配向領域がスキン層を透過して, 反射異方性による外観不良をもたらしたものと理解された.

3. 画像から MF 配向方向の算出

3.1 配向算出方法

X 線 CT 装置による 3 次元デジタルデータから各 MF の配向を以下の手順にて算出する. (1)樹脂と MF の輝度値の差から MF を検出し二値化, (2)二値化画像からラベリング処理により MF 毎へ分離, (3)MF 毎に慣性主軸を算出し面の法線方向を記録, (4)任意の領域に分け各領域内の MF 全体の配向を平均化, (5)各領域の配向方向を 3 次元ベクトル表示, 以上により配向を算出した.

3.2 可視化結果

Fig.6 に, Areal, 2 を $6 \times 6 \times 6$ の領域に分けて平均法線方向を計算し, 画像化を行った結果を例示する. (1), (2)の視野方向は Fig.5 と同じ Z 方向とし, (3)は(2)のデータを三次元鳥瞰図として表示したものである. (1), (2)は Fig.5 の断面積算画像の MF 配向挙動を, 領域毎の法線方向を代表値として表示した分布にほぼ対応しているが, Fig.5 では困難な Z 方向の各断面での緩やかな配向変化

の挙動も読み取ることができる. 障害ピン直後の Area 1 では複雑な 3 次元流動領域を反映して, a,b のスキン層領域の傾斜角度もやや不安定に傾斜しており, また Z 方向に沿って法線方向が大きく傾きを変えている. 一方, 流動が安定した Area 2 では a,b はほぼ上下方向に配向し, Z 方向の傾斜角も大きく変動していない. (3)では, ウェルド領域に沿って, 内層部で法線方向が大きくうねりながら縦配向を形成する様子が明瞭に観察される. このように, 本手法は全ての MF に対して 3 軸の直交座標系で配向方向を算出し, 分割領域も任意に設定できるため, さらに細分化することで 3 次元配向分布を定量的に解析できる.

4. おわりに

アルミフレークを含む成形品に関して, X 線 CT 装置での撮像, 及びフレークの配向方向算出を行い, 成形品内部でのフレークの 3 次元配向分布の抽出ならびに定量的な解析が可能であることを実証的に明らかにした.

【謝辞】

メタリック成形品をご提供いただきましたオーケー化成株式会社に謝意を表します. 尚, 本研究は(財)生産技術研究奨励会の平成 23 年度「超」を極める射出成形」特別研究会により遂行されたもので, ここに謝意を表します.

【参考文献】

- 1) 伊藤, 小泉, 水谷: 成形加工シンポジウム'97, 335(1997)
- 2) 道井, 瀬戸, 山部, 石川: 成形加工シンポジウム'03, 97(2003)
- 3) 植林, 高橋, 深見, 長島, 泉, 伊藤: 成形加工シンポジウム'08, 307(2008)
- 4) 須田, 黒岩, 福島, 小宅, 小林, 坂本, 桐生, 高岡: 成形加工'11, 105(2011)