日大生産工(院)	○佐藤 慎純	日大生産工	平林 明子
日大生産工	平山 紀夫	日東紡績㈱	佐野 一教

# 1 緒言

ガラス短繊維で強化された射出成形品は成形サイク ルが短く生産性に優れることから各種部材に広く応用 されている.しかし軽量化すなわち薄肉化に伴う反り 変形が問題である.射出成形では強化材であるガラス 繊維が樹脂の流れによって配向し,板厚方向に層構造 が生じることが報告されている<sup>1)</sup>.この各層における繊 維配向が機械的特性に異方性をもたらすことが反り変 形の一因になっている<sup>2)</sup>.特に,電子機器の小型化によ り部品の薄肉化が重要となるため,反り変形の抑制お よびそのメカニズムの解明は重要な課題である.工業 的には,日東紡績(株)製の長円形断面を有するガラス 繊維を使用した場合,反り変形が大幅に減少すること が報告されたが,そのメカニズムは解明されていない.

そこで本研究では、断面形状が長円形のガラス繊維 が反り変形抑制に及ぼす影響を明らかにすることを目 的とし、SEMおよびX線CTで取得した画像データから 繊維配向を算出し、繊維配向により生じる各層の異方 性を考慮した薄板射出成形品の変形予測を行った結果 について報告する.

### 2 繊維配向評価

#### 2.1 試験片

試験片は、母材にPA6(ポリアミド6)、強化材に日 東紡績(株)製のHMEガラス(高強度ガラス)繊維を使用 した80×60×1mmの薄板射出成形GFRTPである.ガラ ス繊維の断面形状には円形(Round Fiber:RF)および 長円形(Flat Fiber:FF)の二種類である.各繊維断面 形状をFig.1に示す.



Fig.1 Cross section of glass fiber

## 2.2 断面観察による層構造の検討

反り変形は成形品板厚方向の各層において、繊維配 向が生じ、機械的特性に異方性をもたらすことが原因 として挙げられる.そこで,試験片を射出口から10mm 間隔で切り出し,SEM(VE-8800:KEYENCE製)に により断面画像を取得し,各層の厚さを測定した.代表的な観察位置および方向をFig.2 (a)に示す.

### 2.3 繊維配向度の測定

各層における繊維配向による異方性を明かにするため,試験片から5mm角を4か所抽出し,X線CTにより 撮像をした.Fig.2 (b)に観察位置および方向を示す. 取得した画像より,繊維の配向角および配向度を測定 するため,繊維配向測定フリープログラムFiber Orientation Analysis Ver.7.02<sup>3)</sup>を用いた.



#### 3 繊維配向評価結果

#### 3.1 断面観察結果

Fig.3にFF, RFの代表的な観察位置における断面画 像を示す. RF, FFともに板厚中心でほぼ対称性を示 しており,成形品表面近傍では流動方向および流動直 交方向の配向が混在する領域(スキン層),その内側 では流動方向に配向する領域(シェル層)が確認され た.また,板厚中心近傍の領域(コア層)では,流動 直交方向に配向することが確認された.



Study on orientation of oval cross section glass fiber in injection molding

Yoshizumi SATO, Akiko HIRABAYASHI, Norio HIRAYAMA and Kazunori SANO

### 3.2 繊維配向度の測定結果

X線 CT により撮像した三次元画像よりスキン層, シェル層、コア層を抽出した例として観察箇所①を Fig.4 に示す.同図より繊維配向度を測定するため、 フリープログラムを使用すると、射出方向(0°,180°) を基準として、画像内の繊維方向を0°~180°を1024 等分した角度で分類することができる.そして、各角 度に配向する繊維数を画像全体に存在する繊維数で割 ることにより配向度と定義した.Fig.5 に各層におけ る繊維の配向角と配向度の関係を示す.

ー般的に使用されるRFの繊維配向はスキン層では ランダム配向,シェル層とコア層では流動方向が直交 するが本サンプルでも同様の結果となった.一方,FF の場合,スキン層,シェル層では繊維配向度の値がほ ぼ一定であることからランダムな配向を示しており, コア層では特定の方向に配向することが確認された.



Fig.5 Relation between fiber orientation angle and fiber orientation ratio

## 4 各層における線膨張係数の異方性

# 4.1 算出方法

Halpin-Thai式を用いて、短繊維における線膨張係 数αを算出し、配向度のグラフに合わせて、各角度の 線膨張係数を算出し積分して、射出方向の値を求めた.

# 4.2 計算結果

Fig.6(a)のように線膨張係数が異なる2枚の板を張 り合わせると、温度変化により反り変形が生じること が知られている.そこで、成形品表面のスキン層上下 における射出方向の面内線膨張係数の差をTable1、ス キン層の反り変形の方向をFig.6(b)に示す.RF、FFと もに同様の方向に変形するが、FFの方が線膨張係数の 差が小さいため、RFに比べ反り変形が抑制できると考 えられる.

Table1 Coefficient of thermal expansion

RF			FF				
1	3.52E-06	2	1.04E-06	1	2.65E-06	2	5.17E-07
3	-6.72E-07	4	-1.85E-07	3	-1.70E-06	4	-7.66E-08



(b) Warp deformation direction Fig.6 Warp deformation diagram

# 5 結言

薄板射出製品では上下スキン層の繊維配向の違いに より面内線膨張係数が異なるため、反りを生じる.線 膨張係数の差はFFよりもRFのほうが大きいため、同 じ繊維含有量でありながら、FFは反り変形抑制に効果 的であることが明らかとなった.

# 参考文献

- 1)Thanh Binh Nguyen Thi,Journalof Materials Processing Technology 219(2015) 1-9
- 2) 松岡 孝明ら: 繊維工学, Vol.48, No.2 (1995)
- 3) 非破壊による紙の表面繊維配向解析プログラム FiberOri8single03.exe