

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 8 日現在

機関番号：33302  
 研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2010～2012  
 課題番号：22560122  
 研究課題名（和文） 射出成形によるプラスチック部品への表面転写プロセスの可視化とそのメカニズム解析  
 研究課題名（英文） The Visualization for the Surface Transcription Process During Injection Molding  
 研究代表者  
 山部 昌（YAMABE MASASHI）  
 金沢工業大学・工学部・教授  
 研究者番号：70288265

研究成果の概要（和文）：射出成形における製品の表面転写性に関して、ガラス繊維強化樹脂と非強化樹脂を用いてそのメカニズムを微細な部分への樹脂流入を可視化することにより明らかにし、転写性向上のための成形因子を見つけ出した。この結果従来は転写性が悪いとされていたガラス繊維強化樹脂であっても、ある条件によっては非強化樹脂よりも優れていることが分かった。このことにより、射出成形品の表面品質を飛躍的に向上させることが期待される。

研究成果の概要（英文）：The mechanism was clarified by visualizing resin inflow into a detailed portion about the surface transfer nature of the product in injection molding using glass-fiber reinforced resin and unreinforced resin, and the forming factor of the sake on a transfer disposition was found out. As a result, even if transfer nature was formerly the worsened glass-fiber reinforced resin, it turned out that unreinforced resin is excelled depending on some conditions. Raising the surface quality of an injection-molded product by leaps and bounds is expected by this.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2011 年度	500,000	150,000	650,000
2012 年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・生産工学・加工学

キーワード：成形加工 射出成形 転写性

## 1. 研究開始当初の背景

大容量記録媒体である CD や DVD、あるいはプラスチック部品の表面加飾技術は、射出成形過程における金型表面情報の材料への『転写性』により実現できた技術である。しかしながら、この『転写』のメカニズムや、さらに高密度な転写性を実現できる最適プ

ロセスは明らかではない。今後益々記録媒体の高密度化、プラスチック部品の高意匠性が求められる中、本研究ではこの『転写』の生成メカニズムを、従来まで申請者が研究開発してきた金型内の可視化技術をさらに高度化させることにより明らかにすることを目的とした。

## 2. 研究の目的

本研究では、転写のメカニズムを通常プラスチック成形で持ちられている熱可塑性樹脂と、さらには転写性が異なることが予測され、また金型表面形状の転写に適していないとされているガラス繊維強化樹脂について、転写性を非強化樹脂と同等まで近づけることを当面の目標としてメカニズムを明らかにしていく。良質な製品を得るためには成形過程を正確に判断することが重要であるという考えから、本研究では金型内可視化手法を用いて射出成形過程での転写プロセスの観察を行う。可視化実験では、成形条件やシボ形状が転写プロセスに与える影響の検討やガラス繊維強化樹脂の樹脂流動・繊維配向を観察することで、各因子が転写性に与える影響を明確化し、射出成形品の転写のメカニズムを明らかにする

## 3. 研究の方法

本実験では電動サーボ射出成形機 (Si-180Ⅲ F200) を使用し成形を行った。成形品は幅 50mm, 長さ 100mm, 板厚 2.5mm の平板であり、フィルムゲートの下部に 4 形状のシボが施されている。これにはシボ金型を転写して成形されており、金型内可視化実験では、4 つのシボのうちストライプ形状の Texture①, Texture③ (以下荒目, 細目) を用いて板厚方向から可視化を行う。本実験ではシボピッチ, 幅の違いが転写性にどのような影響を及ぼすか検討する。

## 4. 研究成果

これまでに金型内可視化観察により、シボ部における流動挙動, 繊維配向, 成形条件による影響を把握した。そして、実成形品の転写性の測定を行うことで、成形条件やシボ形状, 繊維の有無が転写性に及ぼす影響を明確化できた。ここでは、これまでの結果をま

とめ、転写性のメカニズムを明らかにすると共に、転写性の向上方法を提案する。

### ・転写のメカニズム

非強化樹脂の転写過程の模式図を Fig. 1 に繊維強化樹脂の転写家鄭の模式図を Fig. 2 に示す。Fig. 1 の①～③の過程では、フローフロントがシボ部上を通過し、流動圧力でシボに樹脂が充填する。そして、シボ部に充填された樹脂は、金型と樹脂の熱交換により、金型境界から瞬時に固化が始まる。この充填しやすさは樹脂の粘度や固化層の成長挙動と関係しており、できるだけ低粘度かつ固化層の成長を遅らすことにより、シボ部に完全に充填できる。

Fig. 1 の④～⑤キャビティー内に樹脂が充填され流動が停止するころには、シボ付近の固化はほとんど完了している。今回用いた PP のような結晶性材料の場合、結晶化により大きな体積収縮が起きる。体積収縮が起きれば当然、金型通りの寸法にはならない。この体積収縮を保圧を加えることで抑制し金型通りの形状の成形品が得られる。

Fig. 2 のガラス繊維配向を見た場合、射出直後の繊維はフローフロントの外周に沿って配向しているが、シボ部への樹脂流動とともに、ガラス繊維はシボ部に押し流されるように配向する。シボ幅に対して短い繊維はシボにそのまま入りやすいが、長い繊維の場合はシボ部に頭だけ突き出すような形で配向する。または、流動直角方向 (シボ部に平行) に配向したりするため、シボにもガラス繊維は配向している。ただし、多くの繊維はシボ幅よりも長いいためシボ上面に堆積する。ガラス繊維がシボ部上面に堆積することにより樹脂流動を阻害し、表面に突き出すことにより、表面性状を悪化させる。また、樹脂に占めるガラス繊維の量が増えることにより、見かけ上の樹脂粘度が増加するため、流動性が

悪くなり、固化層の成長も早いという欠点もある。

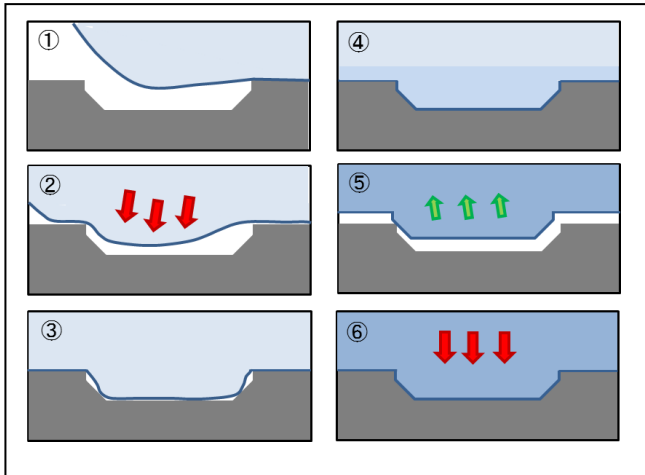


図1 非強化樹脂の転写メカニズム

しかしながら、体積収縮率低減というメリットもあるため、デメリットを低減し、メリットを活かすことがガラス繊維強化樹脂の転写性向上には必要である。

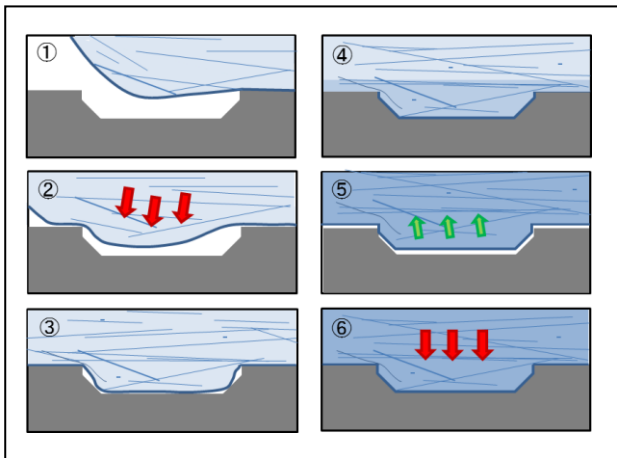


図2 繊維強化樹脂の転写メカニズム

現在、射出成形プラスチック製品において、転写と強度・剛性の両立が求められている。強度・剛性を高めるために一般的にはガラス繊維強化樹脂を用いられていることからガラス繊維強化樹脂の転写性向上が必要である。ところが、ガラス繊維強化樹脂を用いた場合、剛直なガラス繊維の影響で転写不良を起こすことから、現状では強度と転写、双方

の要求を両立することが難しいという問題があった。転写と強度・剛性の両立という課題に対して、本研究では金型内可視化手法を用いて、転写のメカニズムを明らかにし、転写性を向上させるうえで重要な因子の検討を行うことで、ガラス繊維強化樹脂成形品の転写性改善に挑戦した。

(1) 金型温度、樹脂温度を上げることで樹脂の粘度が下がり、固化層の成長も遅くなるためシボの隅々まで樹脂が充填しやすくなる。

(2) 射出速度を上げることで、固化層成長前に樹脂の充填が可能になる。また、PPは非ニュートン流体であるため、射出速度を上げることで樹脂の粘度が低下し転写性が向上する。

(3) 結晶性樹脂は樹脂結晶化により大きな体積収縮が発生し、転写性に影響を及ぼす。保圧を加えることで成形過程で発生する体積収縮分の樹脂を追加充填し補うことができる。

(4) ガラス繊維強化樹脂はガラス繊維の影響で、見かけ上の樹脂粘度が高く、固化が早い。そのため、シボに樹脂が充填しにくく転写性が悪化しやすい。

(5) シボとガラス繊維長の関係により繊維配向パターンが変わる。

シボ幅に対して繊維が短い場合

⇒シボ内で配向する。

シボ幅に対して繊維が長い場合

⇒繊維が湾曲して一部がシボ内に配向。多くの繊維はシボの上面で堆積する。

この配向が表面性状や転写性を悪化させる原因となる。

(6)シボ幅が狭い場合、ガラス繊維の流動性の悪さ、ガラス繊維による流動の弊害により、転写性が悪くなる。

(7)体積収縮は成形時のみならず、成形後も発生する。ガラス繊維の効果により成形後の体積収縮量が低減し、非強化樹脂より良い転写性が得られる。

#### ～転写性向上のための重要因子の検討～

転写のメカニズムを明らかにして考案した、転写性の向上案を下記に示す。転写性向上のためにはシボ部に完全充填をすることを前提として、金型通りの形状を維持することが重要である。そのために、樹脂粘度や固化層の成長速度の制御により樹脂の流動性を高める他に、体積収縮を抑えることが本研究で得た転写性の向上のために重要な因子である。

以下に転写のメカニズム検討により考案した転写性向上方法を示す。

#### 転写性向上案

##### 【樹脂流動性の改善方法】

###### (1)成形条件

本研究で得られた結果より、金型温度、樹脂温度、射出速度を高くし、固化層成長前に低粘度状態で樹脂をシボ内に充填させることで転写性の向上が見込める。ただし、金型温度を高くした場合には体積収縮量が大きくなるため、保圧の設定も必要である。

成形する樹脂は流動性の高いグレードを選定する。

###### (2)DLC コーティング金型

金型の鋼材 (SKD) の表面に DLC (ダイヤモンドドライカーボン) コーティングを施すことにより、金型表面が平滑になり、樹脂の流動性、離形性が向上すると考える。さらに、DLC は熱伝導率が低いため、金型と樹脂間で熱交換が行われにくく、粘度増加、固化層の成長が遅くなるため、転写性が向上すると考える。

##### 【体積収縮の影響の低減方法】

###### (1)成形条件

体積収縮は成形時と成形後の両方で発生するが特に成形時に起こる体積収縮が大きい。成形時の体積収縮は保圧を加えることにより改善できるため、成形品のバリが出ない程度に保圧をできるだけ高く設定する。樹脂は体積収縮率の小さい、PS や PC などの非晶性樹脂を使用するとよい。また、ガラス繊維、粒状のシリカやカーボンブラックなどを強化材として含有させることで成形時、成形後の収縮率を低減できるため、成形品がシボ形状を維持しやすく、転写性の低下を防ぐことができる。

射出成形過程は「流す・形にする・固める」という工程があり、転写性向上のためには図3に示すように、「流す・形にする」過程においてシボ部に完全充填をすることと、「固める」過程において金型通りの形状を維持することが重要である。そのために、樹脂粘度や固化層の成長速度の制御により樹脂の流動性を高める他に、成形時、成形後の体積収縮を抑えることが必要となる。ガラス繊維強化樹脂はガラス繊維の影響により、表面性状を悪くする、樹脂の充填を阻害するなど転写性を向上させる上でデメリットがある。しかし、転写性には収縮という因子が大きく関係しているため、体積収縮率が低いガラス繊維

強化樹脂は樹脂の流動性が高い条件設定を行うことで、非強化樹脂以上の転写性を得ることも可能だと考える。

今回の研究では特定のガラス繊維，シボ形状に頼ってメカニズムを明らかにし，転写性に与える重要因子の検討を行ってきた。現在射出成形品においては炭素繊維や金属繊維，ガラスフレックなどを使用する場合や，本研究で用いたシボ形状よりも更に細かい，ナノオーダーのシボに対して転写性を求める場合も多い。転写性の向上においては重要な因子はシボ部への完全充填と体積収縮などの形状変化を抑えることには変わりはないが，良質な転写性を得るためには，材料やシボ形状ごとに金型内可視化手法を用い樹脂流動挙動を明らかにしていく必要があると考える。

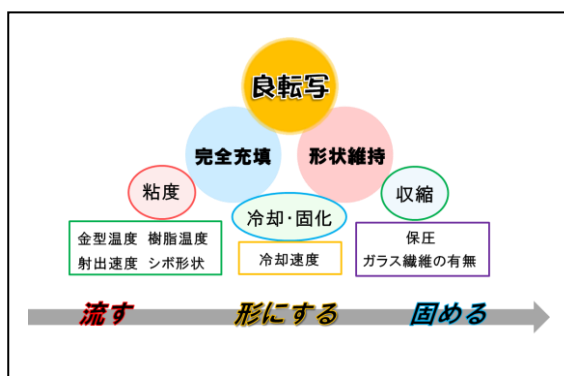


図3 射出成形プロセス

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計3件)

1) 田中翔大，瀬戸雅宏，山部昌，射出成形品の転写性に与える材料及び成形条件の影響，第20回プラスチック成形加工学会秋季大会成形加工シンポジウム‘12 (2012) 愛知県、ウインクあいち

2) 田中翔大，岡田有司，瀬戸雅宏，山部昌，射出成形中におけるガラス繊維配向挙動の観察，第19回プラスチック成形加工学会秋

季大会成形加工シンポジウム‘11 (2011) 秋田県 秋田大学

3) 田中翔大，瀬戸雅宏，山部昌，金型内可視化手法による射出成形中のガラス繊維配向挙動に関する研究，日本塑性加工学会第20回北陸支部講演 (2011) 石川県 金沢大学

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

山部 昌 (やまべ まさし)

金沢工業大学・工学部・教授

研究者番号：70288265