

---

# 高精度プラスチック光学素子の新成形技術

## A new injection molding technology for highly-precise plastic optical elements

山中 康生\*    金松 俊宏\*    渡部 順\*    沢田 清孝\*    小瀬古 久秋\*  
Yasuo YAMANAKA    Toshihiro KANEMATSU    Jun WATANABE    Kiyotaka SAWADA    Hisaaki KOSEKO

---

### 要 旨

レーザ書き込みユニットの $f\theta$  レンズに適用できる高精度なプラスチック光学素子の新成形技術を開発した。この成形技術は、レンズ面とそれ以外の面から構成されるプラスチック光学素子において、低圧で射出充填後にレンズ面以外の面を形成する金型部材を樹脂から離隔することによって、レンズ面以外の面に選択的にヒケを誘導する方法である。この方法により、ヒケ領域を確実に制御することができ、レンズ面の形状が高精度で、かつ低内部歪みのプラスチック光学素子を作ることが可能となった。

### ABSTRACT

A new injection molding technology for manufacturing precision plastic optical elements is developed available to the  $f\theta$  lens in the laser scanning unit. The plastic optical element is composed of the lens surface and the others, and this injection molding technology leads the sink mark to the place except for the lens surface by pulling the mold parts apart from the polymer after low pressured injection. This technology can securely control the sink mark pattern, so we can obtain a plastic optical elements product with high figure accuracy and low internal strain.

---

\* 研究開発本部 生産技術研究所  
Manufacturing Technology R&D Center, Research and Development Group

## 1. 背景と目的

近年、レーザプリンター、デジタル複写機等のレーザ書込みユニットには、高画質、低コストの要求から厚肉・偏肉形状のプラスチック光学素子が多用されるようになった。これらプラスチック光学素子には、高い形状精度と内部歪みの少ないものが要求される。(Fig.1)

従来、形状精度のみならず、内部歪みまでも抑えて高精度に加工するための成形方法として、ゲートシール<sup>®</sup>成形法<sup>1)</sup>や再溶融成形法<sup>2)</sup>といった、樹脂充填後にガラス転移温度以上に加熱された金型内で樹脂の温度・圧力を均一にした後、熱変形温度以下になるまでゆっくり冷却(徐冷)を行って離型する方法を開発してきた。これらの方法は高精度な成形品が得られる反面、金型温度の昇降に時間を要するため金型温度一定の射出成形法に比べて成形時間が長く、生産性の面では劣っていた。そこで、射出成形法と同等の成形時間で、高精度な成形品が得られる成形技術を開発したので、その原理と、書き込みユニットに使用される $f\theta$  レンズに適用した結果について報告する。

## 2. 技術

### 2-1 従来成形法の問題点

#### 2-1-1 射出成形法

一般的に射出成形法は成形時間が短く、生産性が高い方法ではあるが、高圧下での急冷固化により残留応力(内部歪み)が大きくなる。Fig.2(a), (b)に射出成形法で作製した偏肉レンズの光弾性干渉縞の一例を示す。レンズ薄肉部や表層部は高圧下で急冷固化が起こるため内部歪みが大きくなる。一方、厚肉部では薄肉部より冷却が遅れて始まり、低圧下で固化するため内部歪みが小さくなる。このことから、樹脂充填圧力を低くして成形を行えば内部歪みの低減は可能であるが、内部歪みの少ない高精度なレンズを得るために樹脂充填圧力を低くしていくと、レンズ面にヒケが発生して良好な形状精度が得られないという不具合が生じる。

#### 2-1-2 徐冷成形法

徐冷成形法とは、ゲートシール<sup>®</sup>成形法のように、「型内での冷却終了時に樹脂圧力が大気圧になる量の樹脂を充填し、ガラス転移温度以上に加熱された金型内で樹脂の温度・圧力を均一にした後、比容積一定下で熱変形温度以下になるまで徐冷して離型する方法」と定義付けることにする。

Fig.2(c)にゲートシール<sup>®</sup>成形法の光弾性干渉縞を示す。ゲートシール<sup>®</sup>成形法を用いることで内部歪みを大幅に低減することができる。しかし、樹脂冷却過程でレンズ内部の温度分布を均一にして内部歪みの発生を抑えるためには、毎分1~2℃の徐冷が必要であり、成形時間が長くなることが問題となる。

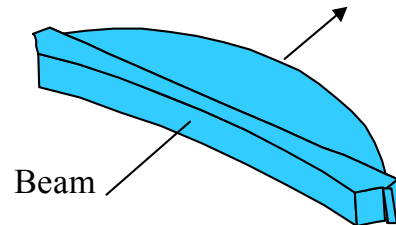


Fig.1 Lens for optical scanning unit.

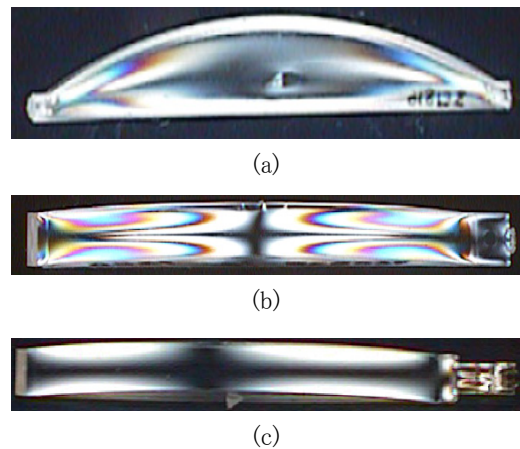


Fig.2 Photoelastic interference fringes. (a),(b)injection molding method. (c)GATESEAL<sup>®</sup> injection molding method. (Resin:Cyclo-olefin polymer(COP), Injection pressure:130Mpa)

### 2-2 新成形法の原理

新成形法<sup>3)4)</sup>とは、射出成形法の高い生産性を生かして、ガラス転移温度以下の金型に低圧充填を行ない、これにより発生するヒケが必要な面(レンズ面)の形状精度に悪影響

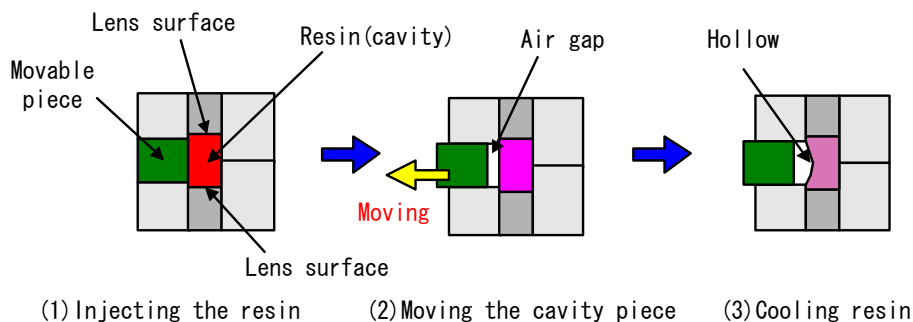


Fig.3 Process flow of new injection molding method.

を及ぼさないように制御することを特徴としている。つまり、形状転写がレンズ面で樹脂収縮によるヒケ発生を防ぐため、それ以外の面を金型から離して自由面を形成し、冷却時の樹脂収縮を自由面に集中させる方法である。

以下にFig.3に示す金型断面の概略図を使って成形原理を説明する。

樹脂が充填されるキャビティには転写面（レンズ面）と非転写面（転写精度を要求しない面）があり、非転写面を形成する入駒の一部を摺動自在にした離隔駒で形成されている。

#### (1) 樹脂低圧充填

ガラス転移温度以下に加熱保持された金型に熔融樹脂を低圧で射出充填し、キャビティ内部に発生する樹脂圧力によって金型の転写面を樹脂に転写させる。

#### (2) 離隔動作（自由面形成）

樹脂の冷却とともに樹脂圧力は低下する。樹脂圧力が大気圧近傍になった時に、離隔駒を樹脂から離隔して自由面を形成する。この時、樹脂表層部はガラス転移温度以下であり、樹脂内部はガラス転移温度以上の状態になっている。

#### (3) 樹脂冷却

空隙と接する自由面は、樹脂内部からの伝熱により温度上昇が起り、一度固化した自由面が軟化する。その後、更に冷却が進行すると樹脂収縮が自由面に集中する。一方、転写面は変形することなく高精度な面が形成される。

これらの成形工程とキャビティ内の樹脂圧力は、概ねFig.4のような関係になっている。

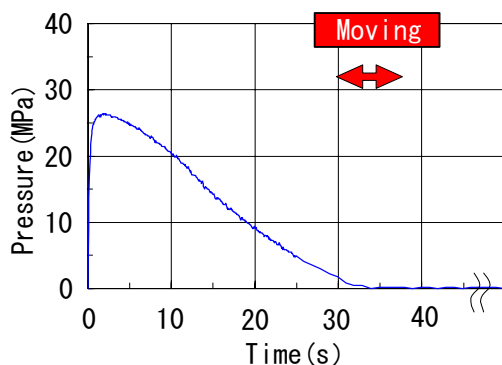


Fig.4 Pressure of resin in cavity.

## 2-3 走査レンズへの適用

デジタル複写機等の書込み光学系に用いられる $f\theta$  レンズへの応用例を示すことにする。

### 2-3-1 加工条件

Fig.5に $f\theta$  レンズの形状を示す。使用した金型は、レンズ側面の白色部に相当する入駒を摺動自在の離隔駒にして、離隔駒の駆動源には油圧シリンダーを用いた。また、転写面であるレンズ面を形成する入駒は、設計形状からの誤差が $0.3\mu\text{m}$ であった。

射出成形機はファナック(株)製ROBOSHOT  $\alpha$ -150C、樹脂材料にはガラス転移温度 $138^\circ\text{C}$ のCOP（シクロオレフィンポリマー）を使用した。

主な成形条件は次の通りである。

金型温度： $136^\circ\text{C}$ 、樹脂温度： $280^\circ\text{C}$ 、射出速度： $20\text{mm/sec}$ 、射出圧力： $25\sim 35\text{MPa}$ 、離隔タイミング：射出開始後 $35\text{sec}$ 、冷却時間： $400\text{sec}$ 。

また、レンズ面の形状測定は新たに開発した高精度三次

元測定機（分解能5nm，測定精度(3σ) 50nm）を使用した。

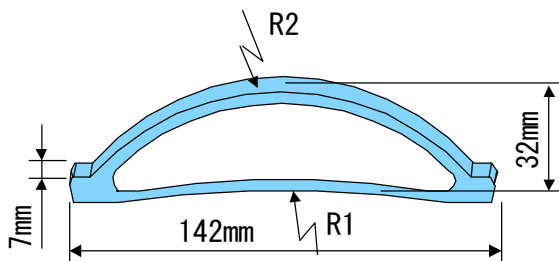


Fig.5 Dimension of the aspherical lens.

### 2-3-2 形状精度と内部歪み

前記成形条件で成形したレンズをFig.6に示す。Fig.6の下面は自由面であり、Fig.5の白色部に相当する箇所凹みが誘導できている様子が分かる。一方、レンズ面は凹みができることなく、レンズ形状が転写されていることを確認した。また、自由面に形成された凹み深さは最大で1mmであった。

レンズ面の形状精度について、設計形状からのズレを形状誤差としてFig.7に示す。±50mmの範囲で形状誤差が1μm以下の高精度な成形品が得られている。また、内部歪みを光弾性干渉縞としてFig.8に示す。比較として徐冷を行う再熔融成形法で作製した同一形状のレンズの干渉縞を示す。本成形法は低圧で成形可能なため、徐冷なしでも転写面の形状精度を損なうことなく、内部歪みを低減することができる。

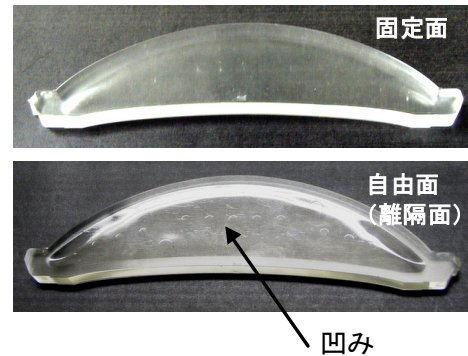


Fig.6 Photograph of molded lens.

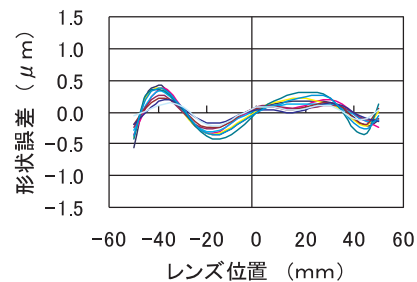
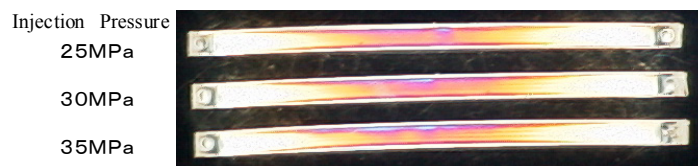


Fig.7 Figure accuracy (n=10).

### 2-3-3 圧力依存性

射出圧力を変化させた時の成形品重量、および曲率半径との関係をそれぞれFig.9, Fig.10に示す。ここでは、射出圧力25MPaを基準にして変化率で示しているため、曲率半径は成形収縮率の変化量に相当する。この結果から、射出圧力の変化に対して成形品重量は変化しているにも関わらず、成形収縮率への影響が極めて小さいことがわかる。これは、射出圧力が25~35Mpaの範囲では自由面に凹みが形成され、樹脂充填量の変化をこの凹み量で吸収しているためと考えられる。

#### Developed molding method



#### Re-melting molding method



Fig.8 Photoelastic interference fringes.

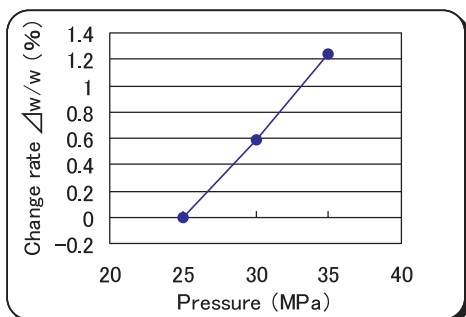


Fig.9 Relationship between injection pressure and lens weight(w).

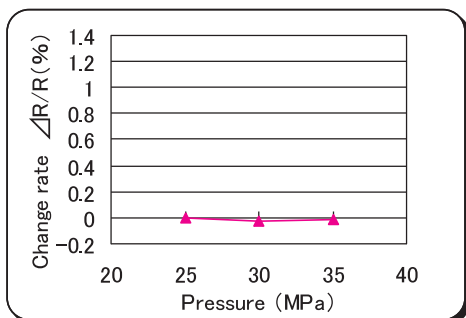


Fig.10 Relationship between injection pressure and curvature radius(R).

## 2-4 新成形技術の特徴

応用例として、幅7mmのf $\theta$  レンズについての結果を示してきたが、幅11mmのレンズについても同様の効果が得られることを確認している。以上の結果から、本成形技術の特徴をまとめると次のようになる。

- (1) 厚肉・偏肉形状の成形品を徐冷することなく射出成形法と同等の成形時間で、徐冷成形法同等の形状精度、および内部歪み低減が可能である。
- (2) 非転写面のみ確実に凹み（ヒケ）を誘導でき、転写面に高い形状精度が得られる。
- (3) 成形時の圧力依存性が少なく、成形安定性が高い。

## 3. まとめ

新規な低圧成形法を開発し、通常の射出成形なみの成形時間で、高精度な成形品（光学素子）が得られる成形技術を開発した。本成形技術を用いたf $\theta$  レンズは、リコーのA3カラーレーザープリンター「IPSiO Color 8100」「同7100」、A3モノクロプリンター「IPSiO NX730N」「同NX630N」等に搭載されており、プリンターの高密度化、低

コスト化に貢献している。

## 4. 今後の展開

今後は、金型構造や駆動方式の検討から更に高精度化を図るとともに、光学素子以外の部品への展開を目指す。

### 参考文献

- 1) 伊藤英徳：成形加工, 3, 457-462 (1991).
- 2) 小瀬古久秋, 畠山寿治, 渡部順, 沢田清孝, 平野彰士：成形加工, 11, 686-690 (1999).
- 3) 山中康生, 金松俊宏, 渡部順, 沢田清孝, 小瀬古久秋：第12回成形加工学会年次大会予稿集, 247-248 (2001).
- 4) 山中康生, 金松俊宏, 渡部順, 沢田清孝, 小瀬古久秋：成形加工, 13,777-779 (2001).