
第46回大河内記念技術賞受賞

高精度プラスチック光学部品の再熔融成形技術の開発

Development of Re-melting Molding Technology for Highly-precise Plastic Optical Parts

小瀬古 久秋*

Hisaaki KOSEKO

渡部 順*

Jun WATANABE

井関 敏之*

Toshiyuki ISEKI

寒河江 英利*

Eiri SAGAE

井口 敏之*

Toshiyuki INOKUCHI

要 旨

複写機、プリンタのデジタル化、カラー化の進展とともに、A3判対応、高画質(600dpi)・高速・低コスト化のニーズの高まりに応えるべく、デジタル情報をレーザービームで走査露光する電子写真方式のキーパーツである走査用光学部品の、高精度・低コストな量産成形技術の開発、実用化を行った。本技術は、射出成形でニアネットシェイプを作る「ブランク成形工程」と、ネットシェイプ成形と鏡面転写を同時に行う「面転写工程」の2工程からなることが大きな特徴である。この独創性とデジタル複写機等への売り上げに大きく貢献したことが認められ、第46回(平成11年度)大河内記念技術賞を受賞した。

ABSTRACT

A new injection molding technology is developed for the highly-precise plastic optical parts used in high resolution (600dpi) digital full color copiers or laser beam printers, keeping both high productivity and extremely high surface accuracy. In the conventional molding technology, molten polymer is injected into the mold heated above the glass transition temperature (Tg) and cooled by slow degrees. So the method is not suitable for high productivity because of its long molding cycle time. The outstanding feature of the new technology is divided into two processes. In the Blank Forming Process, the first one, the blank with near-net shape is formed using conventional injection molding. In the Surface Duplicating Process, the second one, several blanks are placed in the cavities of the special mold for the surface duplication, then reheated above Tg. When the temperature is over Tg, the mirror-finished surface of the mold is duplicated on the blank surface by internal pressure generated by the thermal expansion of the polymer. The new molding technology has been applied to the mass-production of aspherical f-theta mirrors. The Okochi Memorial Prize 2000 is awarded for this technology.

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

1. 背景と目的

オフィス環境のコンピュータ化及びネットワーク化に伴い、従来の紙情報をコピーするという機能に加えパソコンからの電子情報を出力する需要が高まり、複写機のデジタル化が急速に進んでいる。

デジタル化率は1994年度20%であったが、年々増加し、1997年度にはアナログ機の出荷台数を上回り、1999年度には70%に達する状況にある。このデジタル化は、600 dot per inch (以下dpiと略す)以上の高画質化、高速化、カラー化ニーズの高まりと相まって進展してきた。

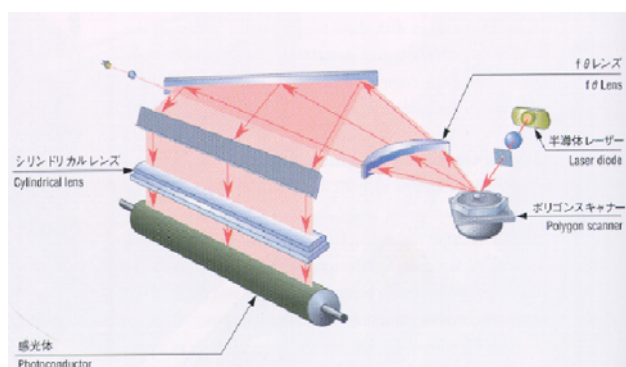


Fig.1 Optical laser scanning system.

デジタル機器は、デジタル情報をもとにレーザー光を感光体ドラム上に走査露光する電子写真方式を採用しており、その光走査系に使用される $f\theta$ レンズ、 $f\theta$ ミラーは高画質化に著しく影響を及ぼす光学部品である(Fig.1)。

従来の光走査系には、A3判までをカバーして高画質を達成するため、光学部品として大径、厚肉、偏肉な形状の複数の球面ガラスレンズが使用されてきた。しかし、このガラスレンズは非常に高価であり、且つ非球面形状が容易に作れないため、部品点数が低減でき且つ安価な非球面プラスチック光学部品での代替が望まれていた。

以上より、A3判対応、600dpi以上高画質光走査系を非球面にて実現するプラスチック光学部品の新規な成形技術の開発を進めた。

2. 技術

2-1 技術の特徴

高画質(600dpi以上)に対応するためには、光学部品の高精度化を図らねばならない。

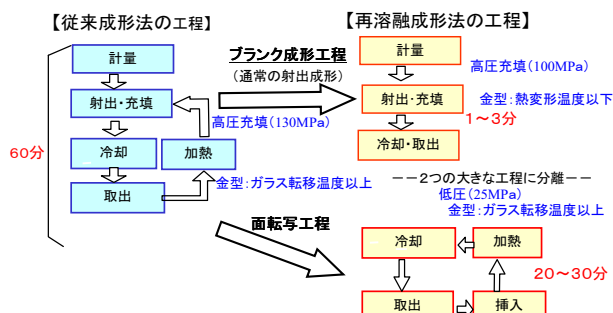


Fig.2 Process flow of Re-melting Molding Method and GATESEAL® injection molding method.

本成形技術¹⁻⁴⁾では、従来成形技術すなわち樹脂のガラス転移温度(以下 T_g と呼ぶ)以上に保持された金型に高温の樹脂を高圧充填し徐冷するリコー独自開発の「ゲートシール®成形法」を⁵⁾、成形品を形状創成する「ブランク成形工程」と光学歪みの低減と面精度の確保をする「面転写工程」の2工程に分けたことにより、キャビティ容積一定下(厳密には金型キャビティの膨張・収縮がある)で樹脂の溶融・膨張によって発生する樹脂圧力を利用して高精度な転写と光学歪みの低減を実現した(Fig.2)。

以下に、本成形技術の各工程について説明する。

(1) ブランク成形工程

金型温度を樹脂の熱変形温度(H.D.T.)以下とし、通常の射出成形によって最終成形品形状と同形状の成形品(ブランク)を得る。

ブランク成形工程は、金型温度が低く冷却が速いため生産性は高いが、溶融樹脂が熱変形温度以下の金型に充填される過程で表層部が急冷固化するため、転写面も転写していなければ、残留応力も大きなものである。

(2) 面転写工程

鏡面部を有しゲート部を有しない金型に、取り出し時の樹脂内圧がほぼ大気圧となる重量のブランクを挿入し、型締め後、比容積一定下にて樹脂の T_g 以上に加熱・保持して樹脂内圧を発生させ、温度と圧力の均一下にて徐冷し、樹脂の熱変

形温度以下にて取り出す。

樹脂のガラス転移温度以上に加熱・保持することにより残留応力を除去し、比容積一定下にて発生した樹脂内圧により鏡面を転写する。その結果、単に形状精度に優れるだけでなく、光学歪みの小さい、高精度なプラスチック光学部品を得ることができる(Fig.3)。

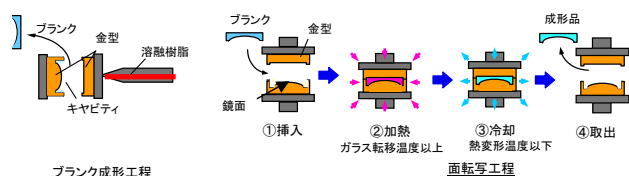


Fig.3 Process of Re-melting Molding Method.

2-2 主な効果

- (1) 光学歪みが大幅に低減できるため、厚肉・偏肉・大径の高精度な光学部品が作れる。

同一形状のレンズを成形したときの光学歪みを成形法で比較してみると、レンズの内部歪みの低減に非常に有効である(Fig.4)。

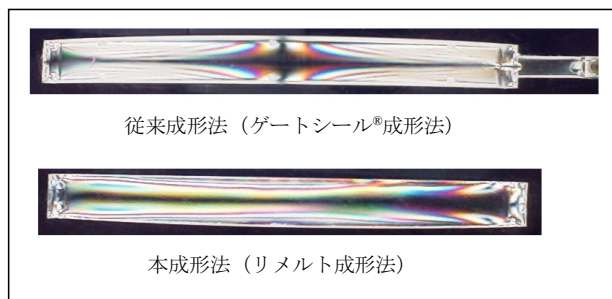


Fig.4 Observation of birefringence.

- (2) 低い金型温度で鏡面転写が可能のため、ミラーのような面精度のみ要求されるものは成形サイクルの短縮が図れる。

光学面の精度は加熱温度が T_g 以上で飛躍的に向上する(Fig.5)。ミラーのように鏡面の精度が重要とされる場合には、面転写工程での加熱温度は $T_g+10^\circ\text{C}$ 程度で済み、成形サイクルの短縮が図れる。

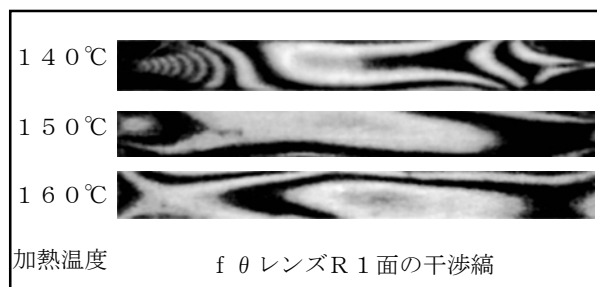


Fig.5 Influence of heating temperature on surface duplicate. resin : P C ($T_g:148^\circ\text{C}$)

- (3) 面転写工程での発生樹脂内圧が小さいため、金型のコンパクト化(熱効率向上)と多数個取りができる。

面転写工程は、通常の射出成形のような射出・充填工程がなく、樹脂流路が必要ないことから金型がコンパクト化できる。また、成形時の発生圧力が30MPa以下(通常の射出成形では80-120MPa、従来成形法では130MPa)と小さくて済むため金型に高い剛性が要求されず多数個取りが容易である(Fig.6)。

- (4) 2工程を生産量に応じて配分できるため、フレキシブルな生産システムを構築できる。

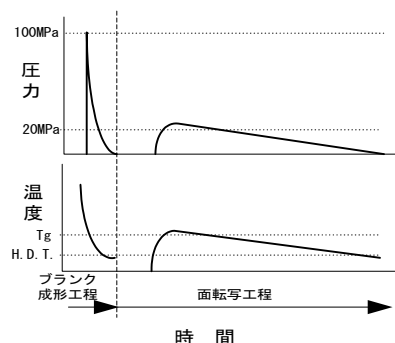


Fig.6 Pressure and temperature profile.

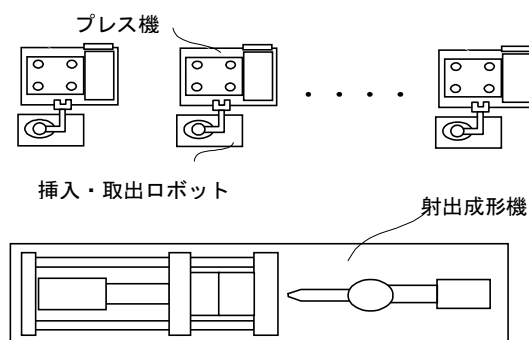


Fig.7 Re-melting Molding System

個々に特徴のあるブランク工程と面転写工程を並行して行うことにより、生産性に優れたシステムを構築することが

できる(Fig.7)。ブランク成形工程は通常の射出成形であるために、成形サイクルは短く、量産性に優れている。面転写工程での設備は型開閉可能なプレス機のみである。金型はゲートやスプルーといったものが不要で、安価に製作することができる。従って、設備の増設が容易であり、生産量に応じて適宜に設備投資で対応することができるフレキシブルな生産システムが構築できる。

2-3 克服した課題

A3判にて高画質化に対応するため、 $f\theta$ レンズ2枚構成の代わりに光学面を共軸非球面形状とした $f\theta$ ミラー(以下、共軸非球面 $f\theta$ ミラーと記す)の1枚構成とした(Fig.8)。

複写機、プリンターの高画質に向けて、この共軸非球面 $f\theta$ ミラー(Fig.9)を高精度で且つ成形安定を確保し(品質)、生産性の高い(低コスト)成形法とするための課題を克服した。

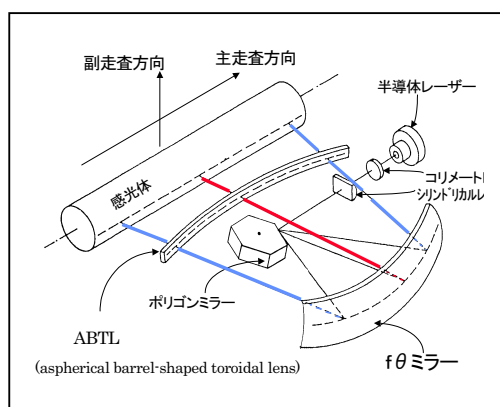


Fig.8 Optical scanning system with aspherical $f\theta$ mirror.

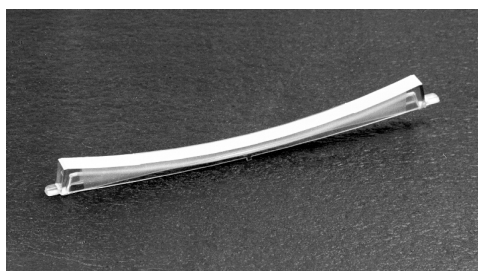


Fig.9 Picture of the aspherical $f\theta$ mirror.

(1) ブランク重量ばらつき(品質)

課題：各キャビティ間、同一キャビティ内での重量ばらつきが最終成形品精度に影響を及ぼす。ブランク重量としては、 $0.04\text{g}(\pm 0.07\%)$ の範囲に入れる必要がある。

対策：電動式射出成形機を用い、且つ金型を高精度に加工し、キャビティ容積を調整することにより、キャビティ間も含めて目標値に入れることができた。

(2) 加熱、冷却機構(品質、コスト)

課題：加熱は出来るだけ急速・短時間で、その後金型温度が均一になり、冷却は金型温度が均一且つ最適冷却速度で冷却される必要がある。

対策：加熱には、電気ヒーターを使用し、冷却は水冷付きダイプレートと加熱板の間に断熱板を挟んだ構造とした。

(3) 成形品精度評価(品質)

課題：全長が235mm、近似R374mmと非常に長尺・大径な共軸非球面 $f\theta$ ミラーを、高精度且つ短時間で測定する必要がある。

対策：この測定のため、業界トップレベルの高速性と測定精度を有する光触針による3次元形状測定機を開発した⁶⁾。測定原理は、光ピックアップと同様の光学系で、フォーカス信号を利用するものである。測定範囲が300mm(X軸方向)と広いにもかかわらず、 20mm/sec の高速にて高精度な測定が出来た。結果として、補正加工なしにて、 $\pm 100\text{mm}$ の有効範囲で反射面うねり $3\mu\text{m}$ の高精度な成形品を得ている(Fig.10)。

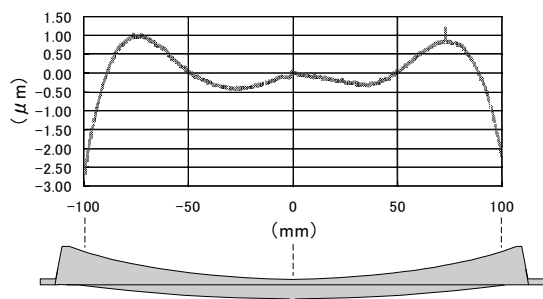


Fig.10 Form accuracy of the aspherical $f\theta$ mirror.

2-4 経済性

この光学部品を用いることにより、本来1枚数千円と高価なガラスレンズを2枚用いた構成をプラスチック光学部品1枚構成にすることが出来る。従って、ガラスレンズ2枚を1枚の共軸非球面 $f\theta$ ミラー1枚で置き換えた分の経済効果を生み、製品1台当たりの光学部品コストが84%低減し、非常に大きな経済効果を創出した。金額換算では、この3年間で50億円以上に相当する。

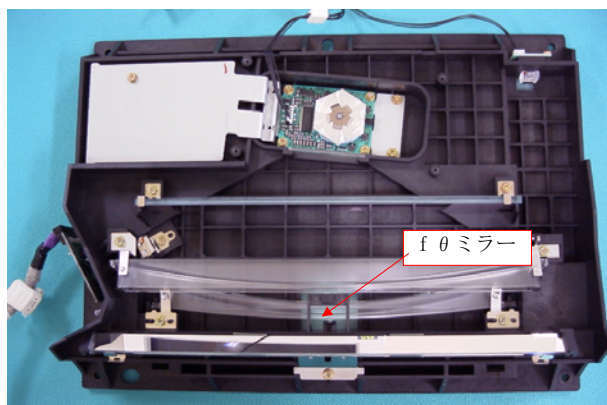


Fig.11 Optical scanning unit with the aspherical $f\theta$ mirror.

3. 成果

3-1 生産実績

本成形法を用いて生産している共軸非球面 $f\theta$ ミラーの実績は、99年9月までの3年間で98万枚に達している。数量は生産を開始してから倍増／年の勢いで増加しており、生産量に応じて設備追加が可能というフレキシブルな生産システムの特徴を十分に生かし、生産数量に対応している(Fig.12)。

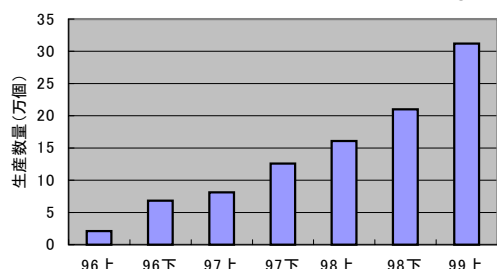


Fig.12 Amount of the aspherical $f\theta$ mirror products.

3-2 販売実績

高画質・低コストという顧客ニーズをもとに本成形法で開発した共軸非球面 $f\theta$ ミラーは、主力のデジタル複写機であるImagio MFシリーズに使用されている。その結果、当社は普通紙複写機の国内出荷台数シェア(日本経済新聞社調べ)で、98年(暦年)31.4%と第1位である。

国内の複写機のデジタル化率は99年度上四半期で70%に達しているが、当社はデジタル化を他社に先駆けて押し進めて来た結果、同時期にデジタル化率は90%に達し、他社を大きくリードしている。その結果、当社はデジタル複写機での

市場占有率が98年度で45.4%(共軸非球面 $f\theta$ ミラー搭載機では42%)を占め、更に99年度(4-6月)には47%と、業界No. 1の市場占有率を有している(データクエスト調査結果 認証番号「GG99-RIC-001」)。

今回開発した高精度な共軸非球面 $f\theta$ ミラーの社内デジタル複写機への搭載比率は急速に高まり、98年度に90%以上、99年度(4-6月)にはほぼ100%となった。

さらに、この共軸非球面 $f\theta$ ミラーはカラーレーザープリンタIPSIO Color 5000にも搭載された(99年1月発売)。



Fig.13 IPSIO Color 5000.

以上のように、本成形法にて開発した共軸非球面 $f\theta$ ミラーは、高画質・低コストを武器に、当社の主力市場である複写機市場において圧倒的な地位を築いた。また、今後市場の拡大が期待されるカラーレーザープリンタ市場においても多大な貢献を果たし、搭載機種の上売上高は全売上高の50%を占めるに至っている。

4. 今後の展開

ビジネスユースではより高速、高画質なレーザービームプリンタの要望が今後益々増大していくと考える。また、複写機もカラー化・高速化・高画質化がより高度に進展し、いずれ複写機とプリンタの垣根がなくなっていくであろう。よって、複写機、プリンタに使用される光学部品には、いっそうの高精度化が要求されるようになり、本成形技術はそのニーズに適応していくであろう。

一方、ポスター等の少量印刷は将来的に複写機、プリンタに取って代わるであろう。その場合、A2サイズ以上が必要になり、より大径な光学部品が必要となるが、本成形技術は高精度で非常に大きなプラスチック光学部品を容易につくるこ

とができることから、このニーズにも対応できるものと確信する。

謝辞

下記の関係部署をはじめとして、多くの方々にご指導、御協力をいただき、非球面f θ ミラーの開発と実用化ができ、第46回大河内記念技術賞を受賞することができました。ここに、深く感謝の意を表します。

C/MF事業部、FCP事業部、プリンタ事業部
画像技術開発本部OE開発室、
生産事業本部・精機センター、資材統括センター
画像製品事業部、画像部品事業部
リコー光学株式会社

参考文献

- 1) Watanabe J.,Koseko H.,Hirano A.: Ricoh Technical Report,23, (1997) pp. 70-73
- 2) 小瀬古,渡部,平野:工業材料,46(4),(1998) pp. 53-57
- 3) 渡部,小瀬古:成形加工,10(9), (1998) pp. 706-710
- 4) 小瀬古:光技術コンタクト,36,(1998) pp. 551-559
- 5) 伊藤:成形加工,3(7),(1991)pp. 457-462
- 6) Iseki T.,et al.:Ricoh Technical Report,23, (1997) pp. 74-77

注1) 「GATESEAL／ゲートシール」は(株)リコーの登録商標です。