

「リメルト成形法」による非球面f ミラーの開発

Development of a New Molding Method "REMELT MOLDING METHOD" for Aspherical f Mirrors

渡部 順* 平野 彰士* 小瀬古 久秋*
Jun WATANABE Akio HIRANA Hisaaki KOSEKO

要 旨

プリンター、複写機を中心とするデジタル機器に欠くことができない高精度光学部品である走査ミラー・レンズをプラスチックで低コストに生産するための製法「リメルト成形法（通称：「REMELT / リメルト」TM）」^{*1}を開発した。「リメルト成形法」は、通常の射出成形法や射出圧縮成形法で生じていた密度分布や残留応力の除去を行うことで高精度化を実現させた。これをデジタル複写機のレーザー書込光学ユニットに搭載されている非球面fミラーの製造に適用することにより、長尺にもかかわらず、低コストでの高精度光学部品の量産を可能にした。

ABSTRACT

A new molding method (REMELT METHODTM) for plastic mirrors/lenses in optical scanning unit of a laser printer and a digital copier is developed. The method is realized the precise quality by eliminating the non-uniform density or a large residual stress in conventional injection molding techniques. Application for production for aspherical f mirrors performed the precise optical parts with low cost.

1. 背景と目的

レーザープリンター、複写機を中心とするデジタル機器のレーザー書込光学ユニットに用いられている走査ミラー・レンズは、従来ガラスが用いられていたが、コストダウン、軽量化のためにプラスチック化が強く望まれていた。当社でも既に、独自に開発した「ゲートシール成形法（通称：「GATESEAL / ゲートシール」[®]）」^{*2}によって、ガラスと同等の高精度なプラスチックレンズを得

ることに成功し量産している¹⁾。

走査ミラー・レンズのプラスチック化は単なるガラスの置き換えにとどまらず、プラスチック成形の持つ高い生産性から、非球面式を導入し収差補正をすることによって性能の向上が図られるようになった。それに伴って、走査ミラー・レンズに求められる品質も厳しくなり、更なる高精度化、低価格化、大口径化への要望が強まり、現行の「ゲートシール成形法」を用いた生産システムでは対応しきれなくなった。

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

*1 「REMELT / リメルト」は、株式会社リコーの商標です。

*2 「GATESEAL / ゲートシール」は、株式会社リコーの登録商標です。

そこで、筆者らは新たに高精度なプラスチック部品を低コストで生産するための製法『リメルト成形法』を開発・実用化した²⁾。

本稿では、新たに開発した『リメルト成形法』の原理について述べるとともに、本成形法をデジタル複写機のレーザー書込光学ユニットに搭載されている非球面fミラーに適用し、量産化した事例について紹介する。

2. 技術

2-1 『リメルト成形法』の原理

Fig.1に『リメルト成形法』の原理図を示す。本成形法は、以下の2工程からなる。

ブランク成形工程

通常の射出成形によって、最終成形品形状とほぼ同形状の成形品(ブランク)を得る。

面転写工程

鏡面部を有する別の金型にブランクを挿入し、加熱・冷却して鏡面を転写させる。

ブランク成形工程では、通常の射出成形でブランクを作製するため、成形サイクルは短いですが、溶融樹脂が熱変形温度以下の金型に充填される過程で急冷固化するため、成形品内の残留応力が大きい。

面転写工程では、金型をガラス転移温度以上に加熱することによって、ブランクに生じている残留応力を緩和させるとともに、加熱時の樹脂の熱膨張によって内圧が発生し高精度な面転写を実現することができる。但し、冷却時に温度分布、圧力分布が生じるのを防ぐために、急冷を避けゆっくり冷却(徐冷)を行う。また、冷却が終了し、型開・成形品取り出しの際、成形品が変形しないよう熱変形温度以下までキャビティ内を冷却する必要がある。

尚、面転写工程では加熱・冷却工程が必要であるために、成形サイクルが長いと言う欠点がある。しかし、通常の射出成形のような射出・充填工程を必要としないため、成形時の発生圧力が20MPa以下(通常の射出成形では100MPa程度)と小さくて済む。従って、金型に高い剛性が要求されないため、コンパクトな金型で多数個取り構造とすることが可能となり、生産性を補うことができる。

このように個々に特徴のあるブランク成形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。

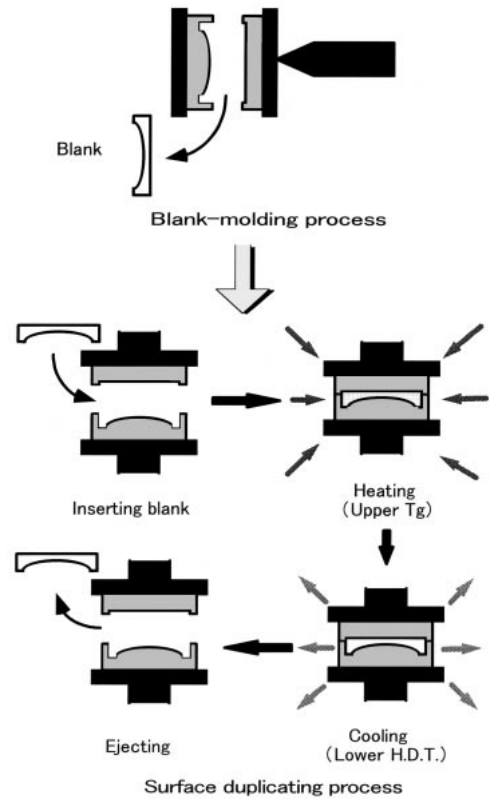


Fig.1 REMELT MOLDING METHOD

2-2 非球面f ミラー

Fig.2には、非球面f ミラーを搭載したレーザー書込光学ユニットを示す。従来複数のレンズを用いて収差補正機能を持たせていたが、ミラーを用いることによって1面に収差補正機能を集約させることができる。但し、その場合には非球面の使用が不可欠となる。ガラスでは非球面の加工が難しく、量産性を考慮するとプラスチック化が必要となる。

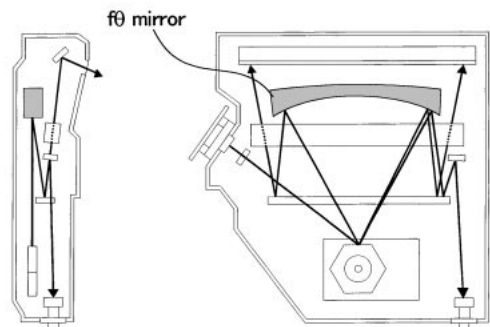


Fig.2 Optical scanning unit with f mirror

Fig.3には、非球面f ミラーの形状を示す。全長が235mmと長尺であり、非常に精度が出しにくい。要求仕様は近似R：設計値 $\pm 0.2\%$ 、反射面粗さ数 μm 以下と厳しい。尚、近似Rとは、設計上の非球面係数を用いて形状測定データを最適近似した曲率半径のことである。

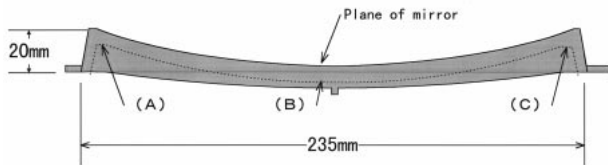


Fig.3 Dimension of the aspherical f mirror

2-3 成形条件

成形樹脂は、COC(シクロオレフィンコポリマー)を用いた。面転写工程での成形条件は、加熱温度：156℃、成形品取り出し温度：120℃である。

2-4 成形結果

2-4-1 ブランク重量と近似R

『リメルト成形法』では、ブランク重量を管理することによって、所望の形状を得ることができる。

Fig.4には非球面f ミラーの場合のブランク重量と近似Rの関係を示す。縦軸は各ブランク重量での成形品近似Rの偏差を示す。ブランク重量と近似Rは比例関係にあり、ブランク重量を調節することによって求められる近似Rが得られることがわかる。

但し、仕様を満たすためのブランク重量は27.200～27.260gでありその重量許容幅は $\pm 0.1\%$ と非常に厳しい。

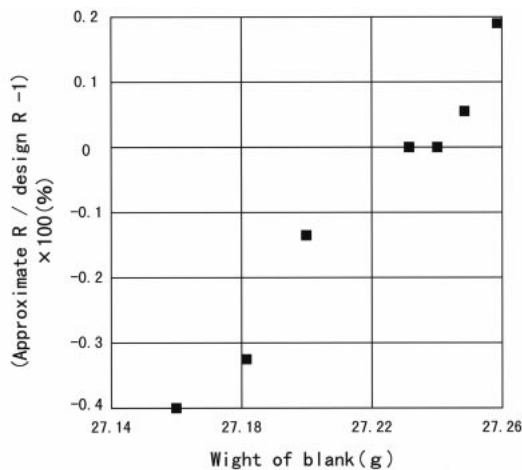


Fig.4 Relationship between the weight of blank and difference of approximate radius from design radius.

2-4-2 面転写工程での圧力分布

非球面f ミラーの場合長尺であり、通常の射出成形では成形品長手方向で密度分布が生じ易く、高精度な成形品を作製することができない。『リメルト成形法』の面転写工程では、樹脂のガラス転移温度以上に加熱することによってブランクに生じている密度分布を緩和し、徐冷することによって圧力分布を均一に保ちながら冷却し、高精度な成形品を作製することができる。

Fig.5は、面転写工程での成形品長手方向圧力分布の一例を示している。測定位置はFig.2中(A),(B),(C)の3点に対応する。

加熱時には金型温度ムラがあるために、各位置での圧力の立ち上がりにはばらつきがある。しかし、冷却過程においては圧力の均一化が進み、成形品取り出し時にはほぼ成形品長手方向での圧力分布がなくなっていることがわかる。

このようにして、作製された非球面f ミラーの形状測定結果の一例をFig.6に示す。 $\pm 100\text{mm}$ の範囲で反射面粗さ $3.8\mu\text{m}$ の高精度な成形品を得た。

尚、形状測定は当社が独自に開発した光触針形状測定機を用いた³⁾。

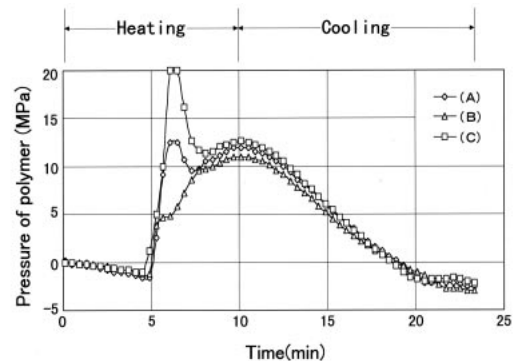


Fig.5 Pressure distribution of polymer in process of surface duplication. Measured points " (A) , (B) , (C) " are represented in Fig.2.

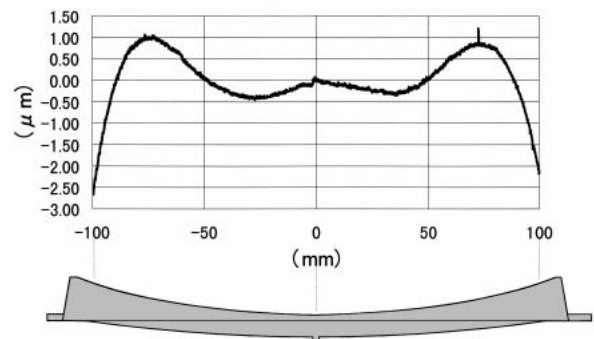


Fig.6 Form accuracy of the aspherical f mirror. The form accuracy was $3.8\mu\text{m P-V}$.

3. 成果

プラスチック光学部品を高精度，低コストで生産するための『リメルト成形法』を開発・実用化し，長尺にも関わらず，高精度，低コストが要求される非球面 f ミラーの量産化が可能となった。

Fig.7には『リメルト成形システム』の概略図を示す。現在量産中の設備は，
ブランク成形工程：4個取り，金型1台，成形サイクル2分
生産能力：120個/h
面転写工程：6個取り，金型2台，成形サイクル22分
生産能力：35個/h

で稼働している『リメルト成形法』の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。また，金型はゲートやスプルーといったものが不要で，成形時の発生圧力が小さいため剛性が小さくても良く，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安価な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となっている。

Fig.8には『リメルト成形法』で実際に作製した非球面 f ミラーの写真を示す。

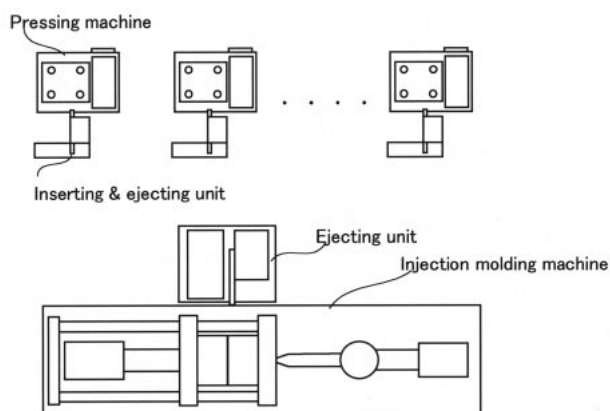


Fig.7 REMELT MOLDING system



Fig.8 Picture of the aspherical f mirror

4. 今後の展開

本成形法は，現在量産しているミラーに限らず，レンズ等の内部歪みが問題となる透過系の光学部品に対しても有効であることが確認されている。今後，これらの光学部品の量産化への対応を図って行きたい。

謝辞

非球面 f ミラーの開発にあたり，下記関係部署はじめ多くの方々にご指導・ご協力頂きましたことを深く感謝致します。

画像技術開発センター 第五開発室
IPS事業部 - PT，生産準備室
画像生産事業部生産技術センター
御殿場技術センター 御殿場技術室
リコー光学株式会社 開発技術部

参考文献

- 1) 伊藤：成形加工，3(7)，(1991) pp. 457-462
- 2) 小瀬古，平野，渡部：第6回プラスチック成形加工学会年次大会予稿集 pp. 309-310
- 3) 井関，高橋，吉川，新保：Ricoh Technical Report No.23