

## 精密ガラスレンズ成形

芝浦機械株式会社 執行役員 R&Dセンター 研究開発部 部長  
小久保光典 KOKUBO, Mitsunori  
(当協会「光学素子加工技術入門」講座 講師)

### 精密ガラスレンズ成形

レンズ材料には 300 年以上前からガラスが使用されてきた。一方、プラスチック材料に関する成形技術の進歩およびコストメリットから、我々の身近で使用されるレンズにはプラスチックが多く用いられるようになった。デジタルカメラ、OA 機器などのデジタル映像機器の普及はプラスチックレンズの功績が大きいといえる。

しかしながら、ガラスのもつ特性はプラスチックに勝るところが多く、高級光学系にはガラスレンズが使用されている。また、携帯電話、スマートフォンやタブレット端末等は小型化し非常に薄くなったため、その内部に光学系を組み込む場合、レンズにも小さく薄いことが求められる。そのような理由でプラスチックに代えて、材料の光学特性が多様な高精度非球面ガラスレンズを低コストで製作するといった要求が高まっている。

### 高精度ガラス成形装置

我々は、成形時の特長として一定の大きさの固形素材（硝材）を装置内で再加熱するため“リヒートプレス”と呼ばれたり、金型と硝材をほぼ同じ温度で加熱、プレス、冷却することから“等温プレス”とも呼ばれるガラス成形法を採用し、赤外線ランプ加熱、サーボモータ、ボールねじを用いて、高精度位置決めおよび安定したプレス力の制御が可能なプレス軸を有するガラス成形装置を開発してきた。

装置に関しては以下に示すコンセプトにのっとり、仕様を決め、開発を進めた。

#### a) 加熱，冷却方法

- 1) 赤外線ランプ加熱を採用することにより大口径の金型を均一に加熱可能となる（広範囲の金型サイズに適用させる）
- 2) 高周波誘導加熱の欠点である被加熱物の大きさ，寸法の制限を少なくする
- 3) 成形素材（硝材）の適用範囲が広いこと
- 4) 最高加熱温度を 800℃とし，軟化させて成形することを考えると，ほとんどの光学ガラスに対応可能となる
- 5) 加熱，冷却速度の設定が可能であること
- 6) 赤外線ランプと窒素ガス流量制御により，微妙な加熱，冷却速度の制御が可能であること

#### b) 位置決め，プレス力

- 1) 金型の高精度位置決めが可能で，最小設定単位は 1  $\mu$  m 以下とする
- 2) 安定したプレス力の制御が可能で，最小設定単位は 10N 以下とする
- 3) プレス力の勾配制御や多段プレス力制御が可能であること

1993 年の装置上市以来，ユーザにおける稼働実績が増加するにともない，さらにニーズは多様化し

た。これにたえ真空成形や高温成形などの機能を追加し、適用対象部品形状や硝材の種類などを広げてきた。

## 金型<sup>1)</sup>

ここで、高精度なガラス成形を行うには不可欠な金型について述べたい。金型の材質は高温、高圧環境下において強度、硬度、精度の維持が可能で耐酸化性、低熱膨張性、高熱伝導性に富み、急速な繰返し加熱、冷却に耐え得ることが必要条件である。加えて高精度形状、高面精度（鏡面）加工が可能な欠陥のない緻密な材質でなければならない。金型材質は高い離型性と長寿命が要求されるコーティング方法を含め、各メーカーおよびユーザの重要ノウハウとなっている。

金型の構造は図1に示すモールドダイ方式と胴型方式とに大別される。モールドダイ方式は上下のモールドダイを精密なピンにてガイドするなど両者の相互位置決めが工夫が必要であるが複数個同時成形に適している。胴型方式は胴型に上下コアがガイドされる構造で、嵌合精度が高ければ両面光軸心ずれ、倒れの小さい成形品が得られるため高精度成形に適している。

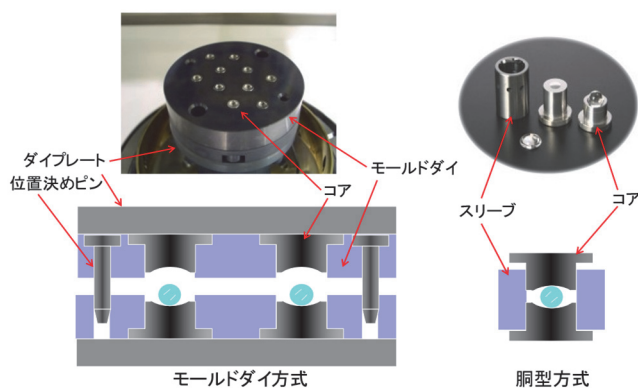


図1 金型構造

## 金型加工<sup>2)</sup>

ガラス成形は極めて高い成形転写性を有するので、金型コアの精度も相応に高くなければならない。レンズ金型コアの光学面研削加工には通常ワークを回転させて加工する非球面加工機が使用される。ガラスは高温、高圧下で成形されるため金型材には特殊超硬材など硬脆材を使用することが多く、金型コアの機械加工は研削加工が主体となる。加工に用いる装置は、これも我々が開発してきた非球面加工機 ULG series（最小設定単位 1nm の CNC 機）である。この非球面加工機は研削加工以外に、旋削加工も可能である。またワークを回転せず X, Y, Z の 3 軸による自由曲面が加工可能な機種が多い。最近では光通信などの小径レンズの需要が多く、通常の研削方法では砥石軸がワークに干渉する。この場合は図2に示すような砥石軸を傾斜させた斜軸研削法を適用する。一例として図3に示すような小径レンズは、理論非球面式に対し形状精度（P-V）で  $0.1 \mu\text{m}$  以下が得られている。

このように、ガラス成形装置とそれに用いる金型の加工装置の両方を手掛けているメーカーは少なく、弊社の事業コンセプトのひとつである、「精密と成形」「成形機から金型加工機まで」を表している代表的な事例といえる。



芝浦機械株式会社製  
超精密非球面加工機  
ULG-100D



傾斜砥石軸による加工状況

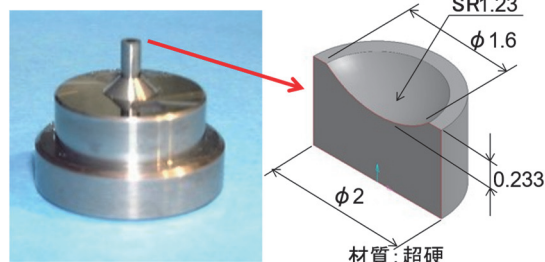


図3 小径非球面レンズ金型コア例

図2 超精密非球面加工機による斜軸研削加工

## 成形事例

ガラス成形装置にて成形される光学部品の種類は光通信素子を中心に今後ますます広がると考えられる。我々の実績および将来適用が予測される主な光学部品を以下に示す。

- ・カメラ用レンズ（フィルムカメラ，デジタルカメラなど）
- ・ピックアップレンズ（CD，DVD）
- ・プリズム，マイクロプリズム
- ・ $f-\theta$  レンズ（レーザプリンタ用）
- ・プロジェクタ用パワーレンズ
- ・導波路（光通信用）
- ・V溝アレイ（光通信用）
- ・回折格子（光通信，分析機器など）
- ・コリメートレンズ（光通信用）
- ・マイクロレンズアレイ，シリンダレンズアレイ
- ・バイオ関連ガラス部品

その他，金属，金属ガラス，CBN やダイヤモンドの砥粒を用いた超砥粒砥石などガラス以外の高精度成形にも適用対象が広がると期待される。

## おわりに

現在，光学素子に対する要求精度や機能がますます高まり，成形対象が拡大している。高精度ガラス成形技術はまだまだ完成されたものではなく，文中述べたように成形条件決定のアルゴリズム構築，補正不要なコア形状の設計技術や金型材の開発など，取り組まなければならないテーマは多いが，さらなる技術確立に臨んでいく。

## 参考文献

- 1) 田村満夫 “プラスチック射出成形金型のノウハウ” 型技術 2002年1月号 pp79～90
- 2) 鈴木浩文，鎌野利尚，谷岡哲也，島村和弘，横山三自，小宮山吉三，北嶋孝之，奥山繁樹：“マイクロ非球面光学部品のガラス成形に関する研究—凝固収縮過程における変形補正による形状精度の向上”，1999年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集，p266