

精密ガラス成形に関する研究（第1報） - 基本的成形特性の実験的検討 -

神戸大学 鈴木浩文, 村松明, 沖野正, 山本雄士, 土方祥雄, 森脇俊道
岐阜県製品技術研究所 戸崎康成, 浅野良直
三栄精工 星谷清春, 山口哲宏

Study on Precision Glass Molding (1st Report)
-Experimental Analysis of Glass Molding Characteristics-

Hirofumi SUZUKI, Akira MURAMATSU, Tadashi OKINO, Yuji YAMAMOTO,
Yoshio HIJIKATA, Toshimichi MORIWAKI, Kobe University
Yasunari TOZAKI, Yoshinao ASANO, Research Institute of Industrial Products of Gifu Prefecture
Kiyoharu HOSHIYA, Tetsuhiro YAMAGUCHI, San-ei Seiko Co. Ltd

Recently, demands of the glass lenses with a high optical characteristic increased as the performance of the optical apparatus improved. It is necessary to use the molding method using precise ceramics molding dies, but neither grinding nor polishing in order to mass-produce the aspheric glass lenses. However, in the glass press molding, it is difficult to estimate the behavior of glass materials in the molding process because glass shows the viscoelastic behaviors unlike in the case of the general metal press molding. In this report, the behaviors of glass in the molding process were experimentally investigated on the different molding temperature and velocity conditions.

1. はじめに

近年, カメラ付携帯電話, デジタルカメラ, DVD などの光学機器の普及が目覚ましく, さらなる高画質化・高機能化・小型化が図られている. このような光学機器の発展に寄与しているのが非球面レンズなどの光学部品である. プラスチックに比べ光学的優位性を持つガラスの球面レンズは従来から研削・研磨加工により量産されてきた. 最近では非球面のガラスレンズの需要が増しているが, 非球面レンズは研削・研磨加工で量産するのが困難であるため, 超精密な金型による量産プレス成形法が注目されている.

成形されるレンズの精度が金型の精度に依存するのはもちろんであるが, ガラス成形は高温での成形であるため, 冷却時のガラスの熱収縮も精度の悪化の要因となっている. 一般に, ガラスは転移点以上の温度域で粘弾性特性を示すと考えられており, この特性を把握することが転写性に優れた高精度のガラス成形を行う上で重要である. そこで本稿では, 異なる成形温度や成形速度などの条件のもとでガラスの硝材をプレス成形し, その粘弾性挙動を実験的に検討した.

2. 実験方法

本実験では, 東芝機械社製の高精度ガラス成形装置 GMP-311V-SS を使用した (図1 参照). この装置は主に, 石英管に覆われた成形チャンバ, 赤外線ランプによる加熱ユニット, および金型上下駆動部から構成される. 図2 は成形の1 サイクルの模式図である. 加熱後, プレスを開始し定位置で金型を保持する. この時, ガラスが押し戻ろうとする圧力が働くが, この圧力は時間の経過とともに減少していく¹⁾. 本稿において, この力が一定の値に収束するまでの時間を応力緩和時間と定義することにする. なお, 加熱 プレス 冷却の工程はNCプログラムによって制御される. また, プレス圧力は成形装置内のロードセルから検出される.

実験条件を表1 に示す. 硝材はオハラ製 L-BAL42 を用いた.

この硝材の転移点, 屈伏点, 軟化点はそれぞれ 506 , 538 , 607 であるので, 成形温度は 570 ~ 590 の範囲で行った. 成形速度とはプレス時の金型の移動速度のことである. また, 硝材のつぶし量の違いによる影響を確認するため, 成形時の厚さという条件項目を加えた. 金型の材料にはSKD材を用い, 平面形状の金型の表面を研磨して使用した.

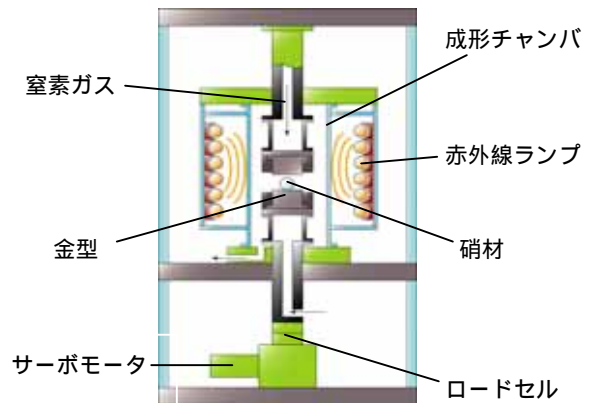


図1 ガラス成形装置の模式図



図2 ガラスの成形プロセス

表1 成形条件

硝材	L-BAL42
形状 (外径×高さ)	ゴブ (9.9×6.8mm)
体積 (mm ³)	330
成形温度 ()	570, 580, 590
成形速度 (mm/min)	2, 5, 10, 20
成形後の厚さ (mm)	2, 3.5

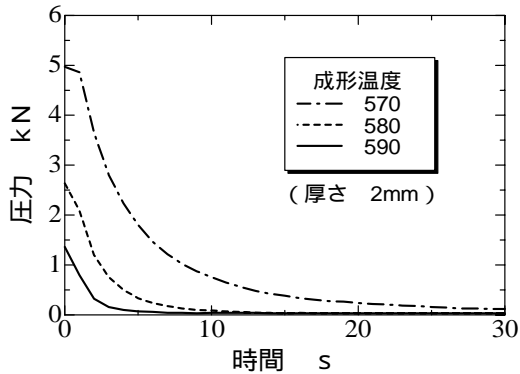


図3 成形温度の差による圧力の緩和状況の変化

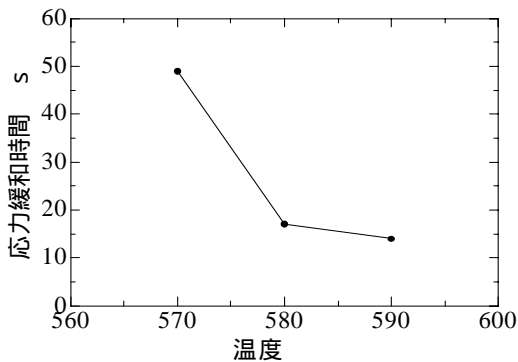


図4 成形温度による応力緩和時間の変化

3. 実験結果と考察

3.1 成形温度による影響

成形温度の差による圧力の緩和状況の変化を図3に示す。成形速度は5mm/min, 最終成形後のガラスの厚さは2mmであった。目標の成形温度に達した後, 金型を移動させてプレスを開始すると圧力は上昇していき, 金型保持に入った点から圧力は急減し一定の値に収束する。ここでは, 金型保持の開始点(圧力のピーク点)を0秒としている。

実験結果から, 成形温度が高いほど最大圧力は減少することが確認された。これは, 高温になるほどガラス素材が軟化し, 変形応力が低くなるためである。この結果から, 成形温度による応力緩和時間の変化を図4に示す。応力緩和時間は成形温度570の時で49秒, 580の時で17秒, 590の時で14秒となった。このように成形温度が高いほど応力緩和時間が短くなる理由としては, 高温になるほどガラス内の応力の解放速度が速いことが考えられる。

3.2 成形速度による影響

成形速度の差による圧力の緩和状況の変化を図5に示す。成形温度は全て570であり, 成形後のガラスの厚さは2mmの時と3.5mmの時の結果を示している。図5から, 成形速度が速いほどピーク圧力は増加することが確認された。これは, より速い成形速度であるほど, ひずみ速度が増加し変形抵抗

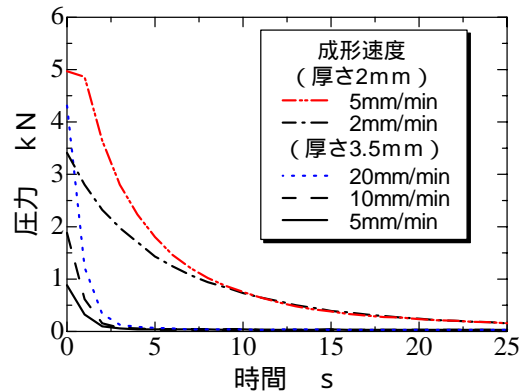


図5 成形速度の差による圧力の緩和状況の変化

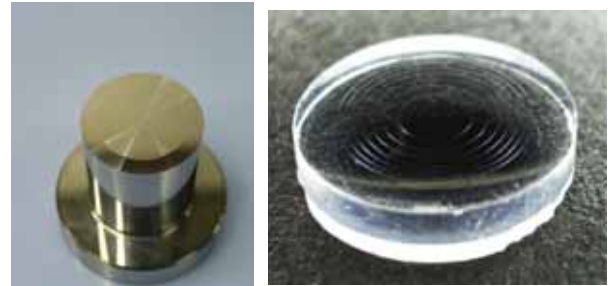


図6 フレネル形状の型(超硬)と成形されたガラスレンズ

が大きくなるためである。また, 成形時の厚さ, すなわち硝材のつぶし量と比較すると, つぶし量が大きくなるとピーク圧力は大幅に増大することが確認された。応力緩和時間は, 成形時の厚さ2mm, 速度5mm/minの条件では49秒, 速度2mm/minでは52秒となった。一方, 成形時の厚さ3.5mmにおいて, 速度20mm/min, 10mm/min, 5mm/minの条件でのそれぞれの応力緩和時間は15秒, 11秒, 11秒という結果が得られた。これらの結果より, 成形速度の違いが応力緩和時間に与える明確な影響はほとんど確認されなかった。

3.3 フレネルレンズ成形実験

前述した平面成形実験の結果を基にして, 実際にフレネルレンズの成形試作実験を行った。東芝機械(株)製超精密加工機ULG 100Dにより研削加工しフレネルレンズ金型を作製した²⁾。図6は成形型と成形レンズの一例であるが, レンズ表面にシャープなエッジのフレネル形状の転写が確認された。

5. おわりに

本稿では, ガラス成形における基本的特性を実験的に検討し以下の結論が得られた。

- (1) 成形温度が高いほど応力緩和時間は短くなるが, 成形速度の影響は顕著には確認出来なかった。
- (2) ガラスのフレネルレンズを成形し, 良好な転写性が確認された。

なお, 本研究は(独)科学技術振興機構(JST)・研究成果活用プラザ東海における事業化のための育成研究「マイクロ・微細光学部品用セラミックス製成形型の超精密研削加工技術の開発」(H15.3~H17.9)により実施されたものである。JSTプラザ東海各位に感謝の意を表します。

参考文献 1) Wフリューゲ, 堀幸夫: 粘弾性学, (1973)
2) 鈴木浩文ほか: マイクロ非球面光学部品のガラス成形に関する研究(第2報), 精密工学会春季大会論文集(2000), 571.