

樹脂の真空プレスモールドに関する研究開発

中部大学 生産技術開発センター 鈴木浩文

内 容

1. アクリルレンズの真空プレス成形の背景と特徴
2. 真空プレス成形(解放タイプ)結果
 - 2.1 非球面レンズの成形
 - 2.2 V溝テキスチャ基板の成形
3. 真空プレス成形(密閉タイプ)結果
 - 3.1 基礎実験結果(成形温度, 成形荷重, 冷却時間, 除圧温度)
 - 3.2 大口径の非球面プラスチックレンズの成形事例
4. まとめ



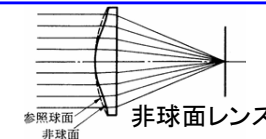
1

光学部品材料の状況



車載光学デバイス, スマートフォンなどの情報デバイス, 医療光学デバイスでは光学部品のニーズが高くなっている。

高精度化, 高性能化, 低コスト化が要求



スマートフォン



デジタルカメラ



車載用工学デバイス



内視鏡

ガラス製レンズ 高屈折率, 低複屈折, 高強度・高硬度, 高機能
⇔ 高コスト

樹脂製レンズ 量産性大, 低コスト ⇒ 量的には多数を占める

2

ガラス製光学部品と樹脂製光学部品の製造プロセスの比較

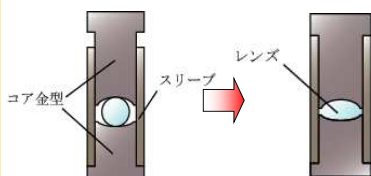


ガラスレンズ

- ・屈折率が高い
- ・耐熱性が高い
- ・硬く, 傷つきにくい

プレス成形法

成形温度: 約500~800°C



高屈折率, 低複屈折, 高機能,
高強度・高硬度



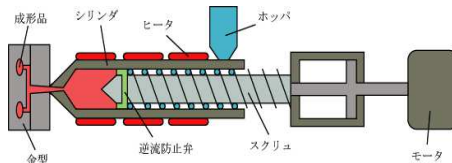
高コスト

プラスチックレンズ

- ・材料費が安い
- ・軽い
- ・量産性が高い

射出成形法

成形温度: 200°C以下



量産性大, 低コスト



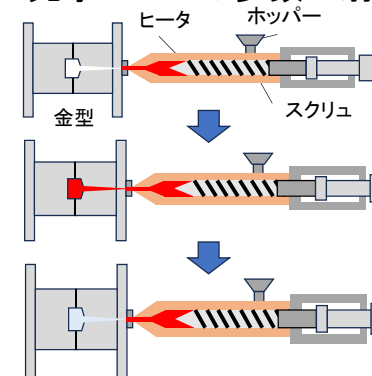
量的には多数を占める

3

樹脂の射出成形法の問題点



光学レンズの多数が射出成形で量産



射出成形のプロセス

- (1) 熱とスクリー回転による混練により樹脂を溶融
- (2) 金型内へ射出充填
- (3) 一定の圧力を負荷・保圧し樹脂を末端まで充填し体積収縮を補う
- (4) 冷却工程
- (5) 取出し

短所

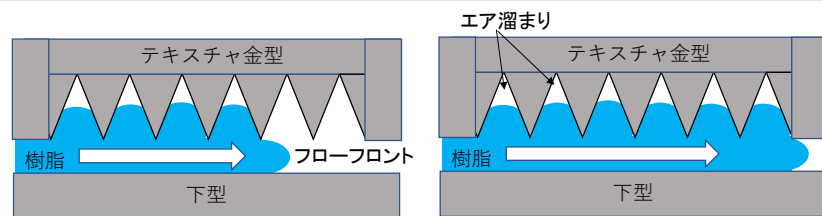
- ・複雑微細形状の場合, 樹脂の完全充填が困難
- ・薄肉部でウェルドラインが発生
- ・流れに伴い残留複屈折が発生
- ・少数試作にはコスト的に不向

長所

- ・低成形サイクルで大量生産に有利
- ・三次元複雑形状を一工程で生産
- ・転写性が良好で高精度成形可能

4

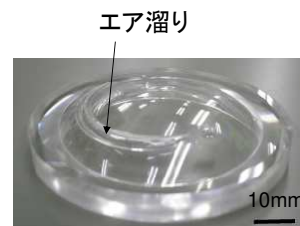
射出成形の問題点（隅に気泡が発生）



アスペクト比の大きい微細なテクスチャを射出成形する場合

射出の高圧化しても

- ・先端に樹脂が流れず、
- ・エア溜まりが発生
- ・転写性悪化



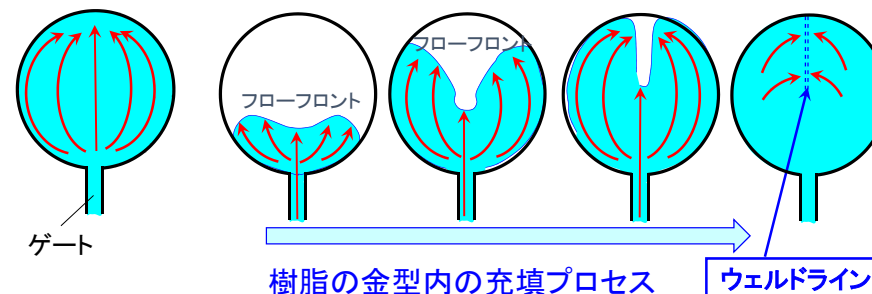
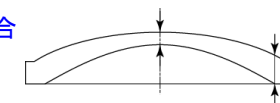
5

射出成形の問題点（ウェルドライン）

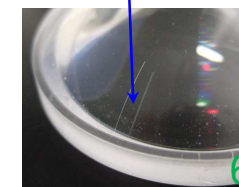


成形品の厚さが比較的に均一な場合

中心部が極端に薄い場合（メニスカスレンズ）



- ・樹脂のフローフロント（表面が凝固）
- ・合流する部分の融着が不十分であるため、ウェルドラインが発生



6

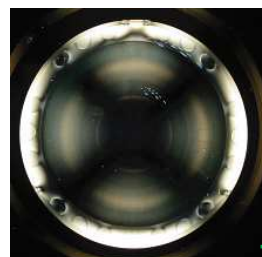
射出成形の問題点（複屈折の発生, 光学特性の悪化）



流路内の流れにおいて、せん断ひずみにより樹脂の分子配向が進み、アスペクト比が大きい微細なテクスチャを射出成形する場合

射出の高圧化しても

- ・先端に樹脂が流れず、
- ・エア溜まりが発生
- ・転写性悪化



7

2025年6月13日(金) 第16回光学素子分科会

樹脂の真空プレスモールドに関する研究開発

中部大学 生産技術開発センター 鈴木浩文

内 容

1. アクリルレンズの真空プレス成形の背景と特徴
2. 真空プレス成形（解放タイプ）結果
 - 2.1 非球面レンズの成形
 - 2.2 V溝テクスチャ基板の成形
3. 真空プレス成形（密閉タイプ）結果
 - 3.1 基礎実験結果（成形温度、成形荷重、冷却時間、除圧温度）
 - 3.2 大口径の非球面プラスチックレンズの成形事例
4. まとめ

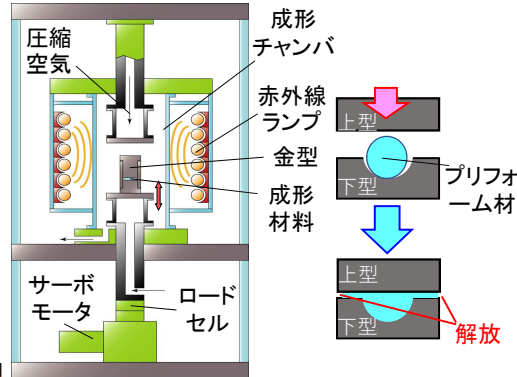


8

球面レンズの真空プレス成形(解放タイプ)



成形機 (GMP-311V-SS) の外観



成形機の構成

実験条件

成形材料	PMMA
球形状(直径)	Φ17.3 mm
成形温度	100~140 °C
成形荷重	2.0 kN
成形時間	10~15 分

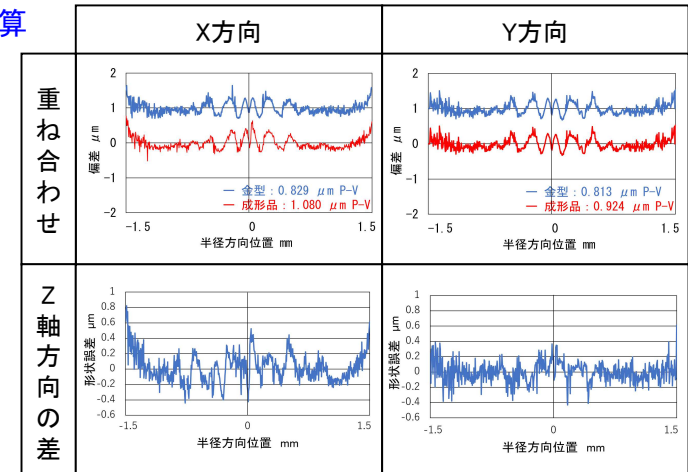
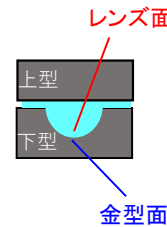
9

金型と成形レンズの形状誤差



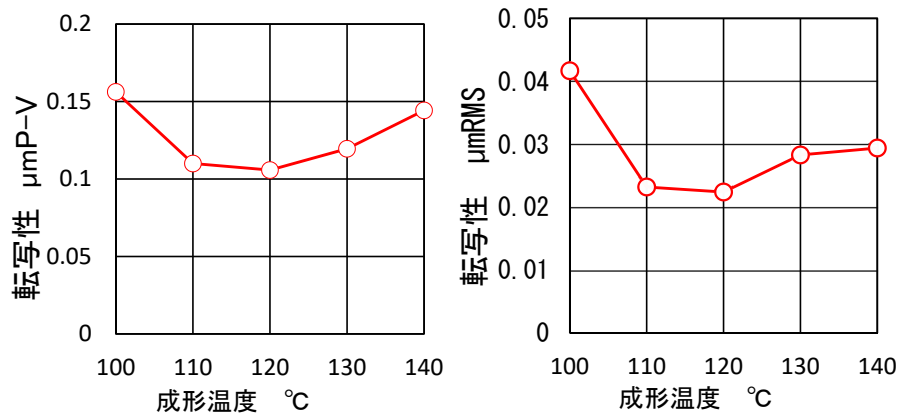
- ①金型と成形レンズを非接触三次元測定装置NHで測定
- ②設計形状に対する形状誤差曲線を計算
- ③金型を上下反転させてプロット
- ④転写性を計算

成形温度: 100°C



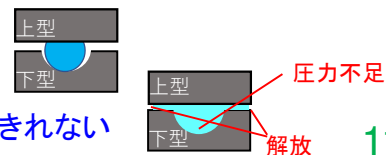
0

成形温度に対する成形転写性の変化



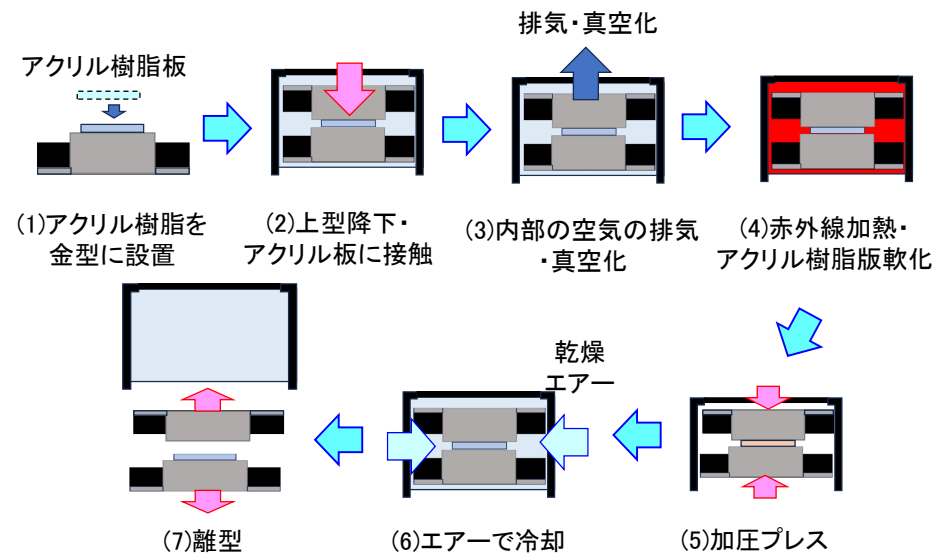
成形温度120°Cが最も良好

- ・低温 ⇒ 成形材が固く成形しきれない
- ・高温 ⇒ 成形材が軟化しすぎて充填しきれない



11

V溝テキスチャ板の真空プレス成形(解放タイプ)



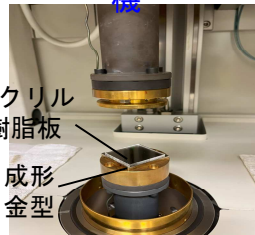
V溝テキスチャ真空プレス成形プロセス

12

V溝テキスチャ板の真空プレス成形方法



真空プレス成形機



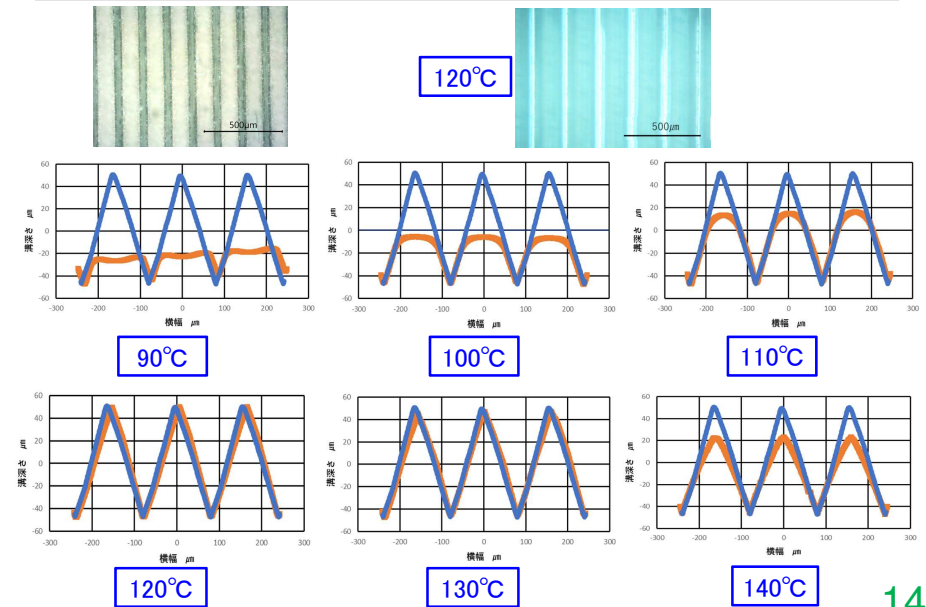
アクリル樹脂板
成形金型

実験の様子

プレス条件	
金型材料 寸法	6-4黄銅 □20mm
工具 すくい角 逃げ角 加工法 ピッチ 深さ	単結晶ダイヤモンド製V型バイト 0° 7° シェーパ加工 150 μm 75 μm
成形材 寸法	アクリル樹脂板 □40mm x 2t
プレス力 圧力 プレス時間 プレス速度	18 kN 45 MPa 60 s 500 mm/min
成形温度 離型温度	90℃~140℃ 70℃

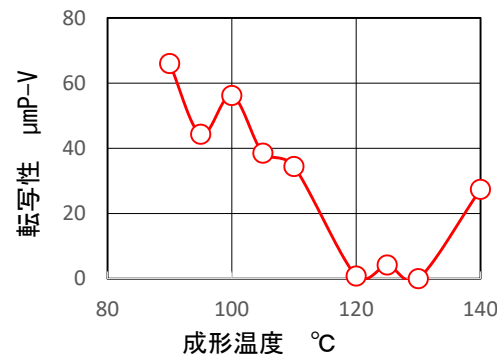
13

テキスチャの成形転写性



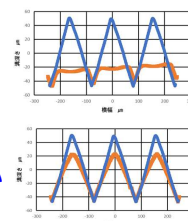
14

成形温度に対する成形転写性の変化



成形温度120~130℃が最も良好

- ・低温 ⇒ 成形材が固く成形しきれない
- ・高温 ⇒ 成形材が軟化しすぎて充填しきれない



15

2025年6月13日(金) 第16回光学素子分科会 樹脂の真空プレスモールドに関する研究開発

中部大学 生産技術開発センター 鈴木浩文

内 容

1. アクリルレンズの真空プレス成形の背景と特徴
2. 真空プレス成形(解放タイプ)結果
 - 2.1 非球面レンズの成形
 - 2.2 V溝テキスチャ基板の成形
3. 真空プレス成形(密閉タイプ)結果
 - 3.1 基礎実験結果(成形温度, 成形荷重, 冷却時間, 除圧温度)
 - 3.2 大口径の非球面プラスチックレンズの成形事例
4. まとめ



16

1. 密閉型の成形基礎実験

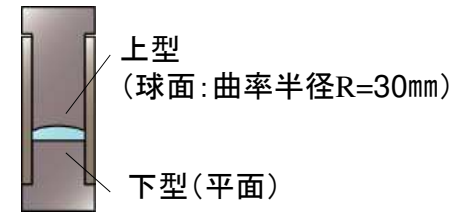
平面型と球面型を用いて成形条件を変化させてプレス成形を行い、得られたレンズの形状精度を評価する。



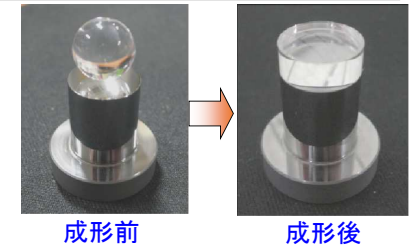
2. 大口径の非球面プラスチックレンズの成形事例

非球面金型を用いて大口径のプラスチックレンズ成形を行い、形状精度、複屈折などを評価する。

17



成形実験に用いた金型



プレス条件

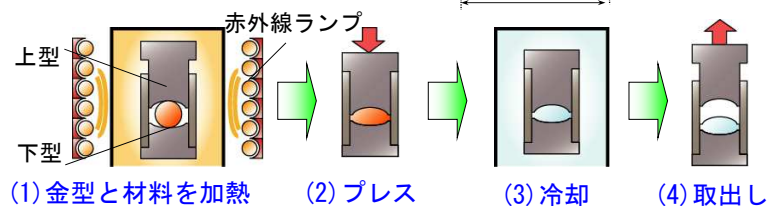
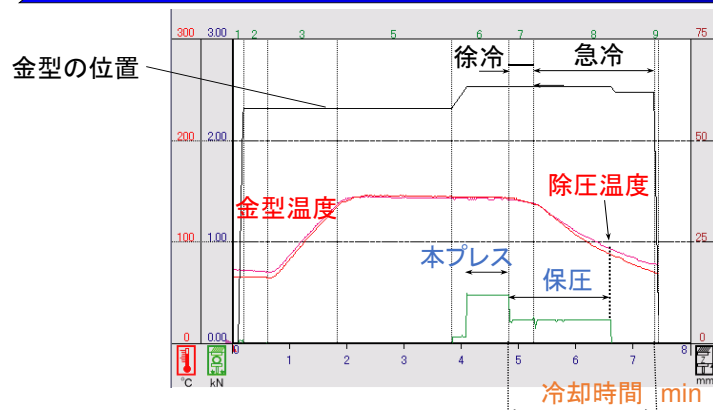
成形材料 プリフォーム形状 外径 荷重たわみ温度	アクリル (PMMA) 球形状 φ10 mm 87~100 °C
成形温度	110~220 °C
成形荷重	0.25~5 kN
成形速度	10 mm/min
冷却時間	5.5~11.5 min
除圧温度	50~90 °C

実験内容

- ① 成形温度
 - ② 成形荷重
 - ③ 冷却時間
 - ④ 除圧温度
- による比較

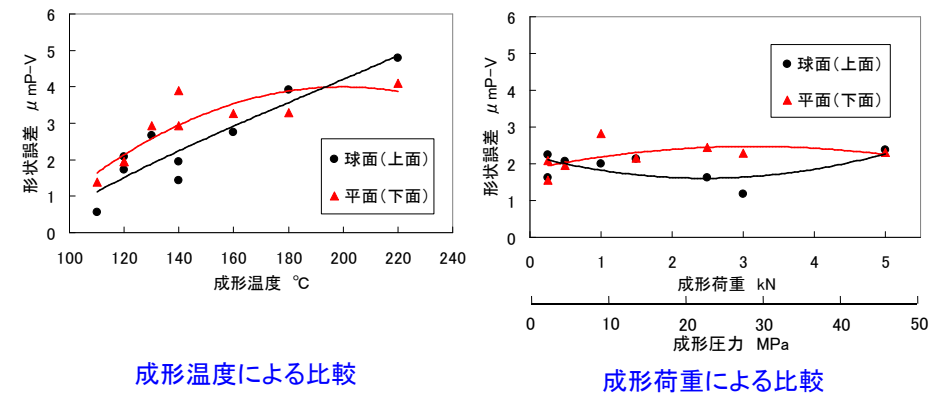
18

プレス成形のプロセス



19

成形温度、荷重による形状精度の変化



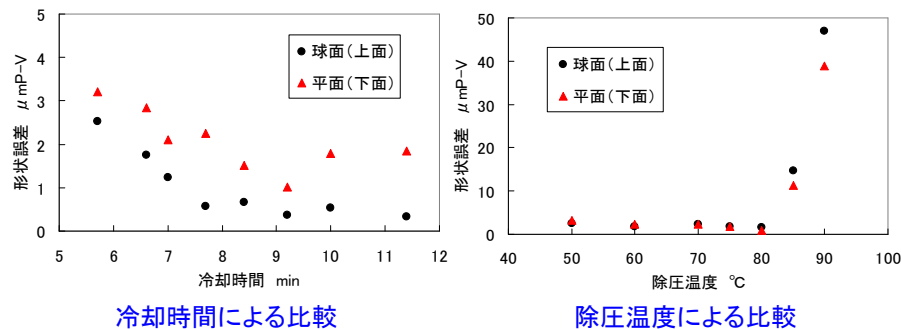
成形温度による比較

成形荷重による比較

- ・ 成形温度が低くなるほど形状誤差および平面度は改善され、110°Cで最も良好
- ・ 成形荷重を変化させても形状誤差および平面度に顕著な変化は見られない

20

冷却時間, 除圧温度による形状精度の結果



冷却時間による比較

除圧温度による比較

- ・冷却時間を長くすると形状誤差と平面度は改善される
- ・85~90℃ (アクリルの荷重たわみ温度) の温度で除圧すると, 形状精度および平面度は大幅に悪化した.

21

非球面レンズの形状精度と表面粗さ



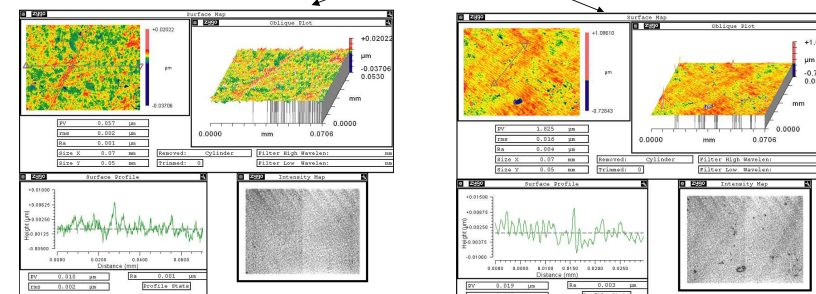
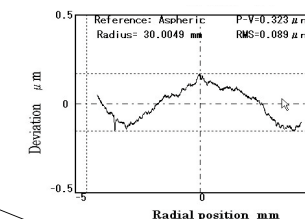
<成形条件>

成形温度: 120 °C
成形荷重: 0.5 kN
除圧温度: 50 °C
冷却時間: 9 分



成形されたレンズ

非球面レンズの形状誤差: 0.32 μm P-V



平面側 (研磨面) の表面粗さ: 10nmRz 非球面 (研削面) の表面粗さ: 19nmRz

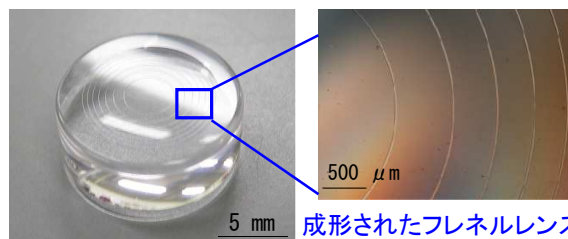
22

プラスチック製のフレネルレンズ成形

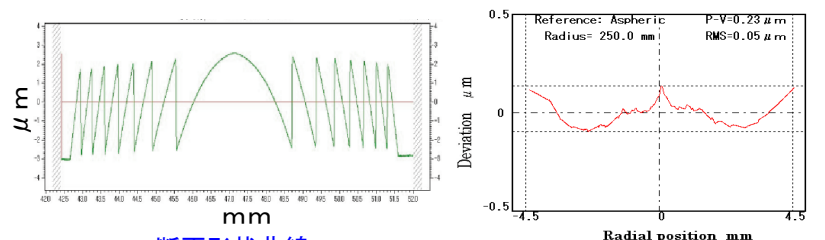


<成形条件>

成形温度: 110 °C
成形荷重: 0.5 kN
除圧温度: 60 °C
冷却時間: 9 分



成形されたフレネルレンズ



断面形状曲線

フレネルレンズの形状誤差

0.23μmP-V

エッジ部もシャープな形状が転写

23

2025年6月13日(金) 第16回光学素子分科会

樹脂の真空プレスモールドに関する研究開発

中部大学 生産技術開発センター 鈴木浩文

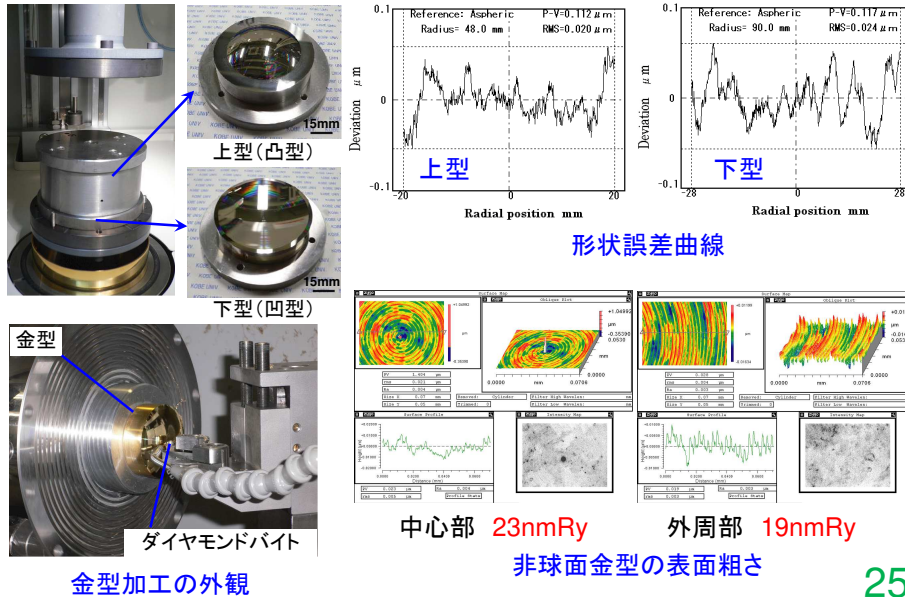
内 容

1. アクリルレンズの真空プレス成形の背景と特徴
2. 真空プレス成形(解放タイプ)結果
 - 2.1 非球面レンズの成形
 - 2.2 V溝テキスチャ基板の成形
3. 真空プレス成形(密閉タイプ)結果
 - 3.1 基礎実験結果(成形温度, 成形荷重, 冷却時間, 除圧温度)
 - 3.2 大口径の非球面プラスチックレンズの成形事例
4. まとめ



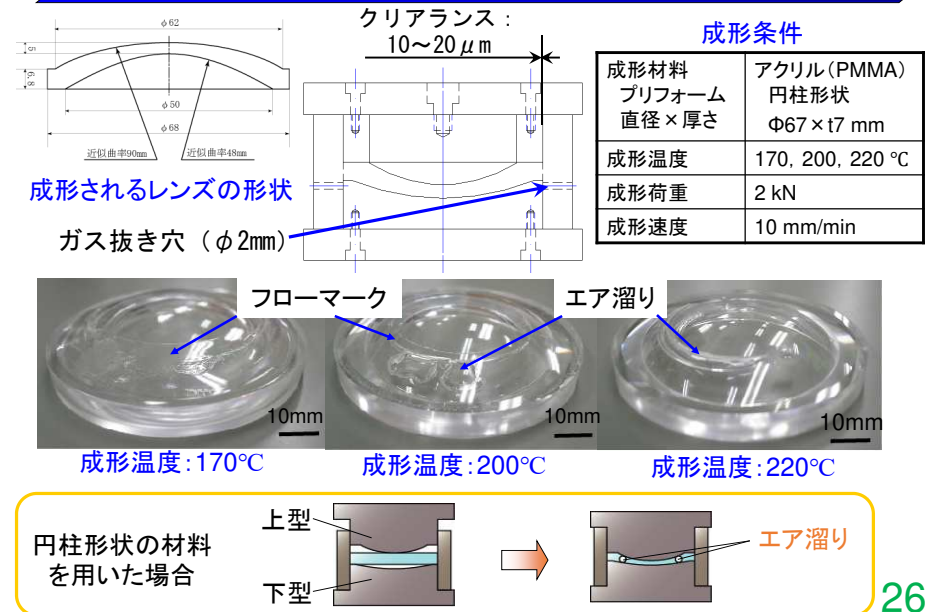
24

非球面金型の超精密切削



25

アクリル平板からの成形試作結果



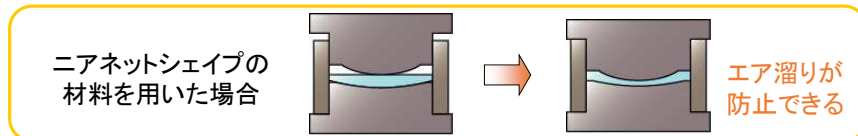
26

ニアネットシェイプの材料を用いた成形実験



成形材料下面と下型との間に空気が閉じ込められ、フローマークやエア溜りが発生

ニアネットシェイプ材料を用いることで改善を検討



アクリルの物性値

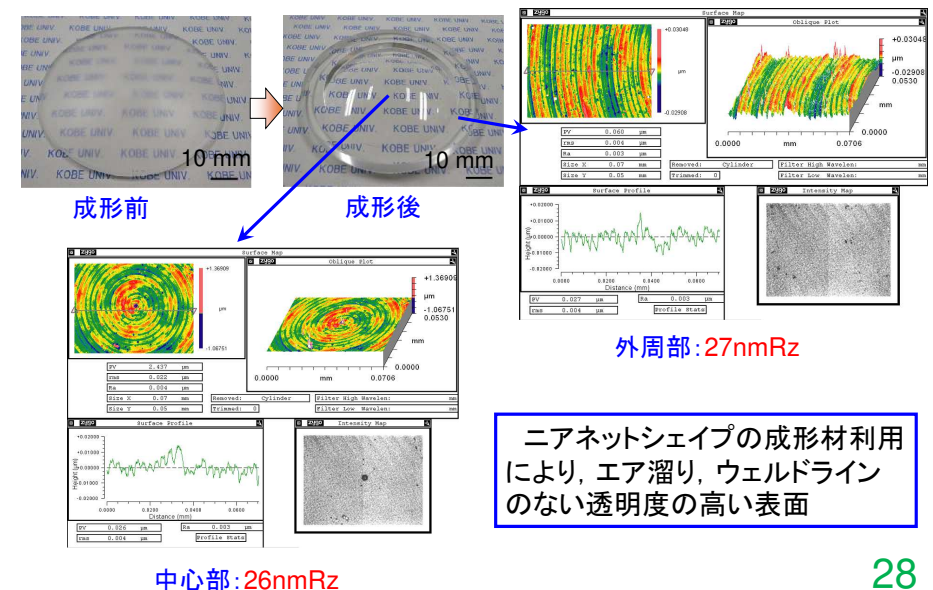
比重	1.19
引張強さ	67 MPa
ヤング率	3100 MPa
熱伝導率	0.2 W/mK
熱膨張係数	50~90 × 10 ⁻⁶ K ⁻¹
屈折率	1.5

成形条件

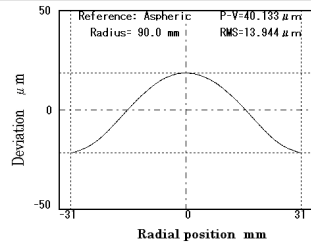
成形材料	アクリル (PMMA)
プリフォーム形状	ニアネットシェイプ
直径×厚さ	Φ67×10.3 mm
曲率半径 (下面)	R=88 mm
成形温度	170, 185, 200 °C
除圧温度	75 °C
成形荷重	3, 5, 7 kN
成形速度	10 mm/min

27

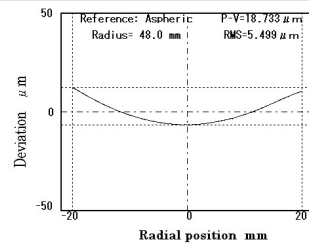
実験結果



28

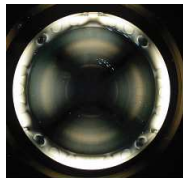


レンズ上面(凸面)の形状誤差:
40μmP-V

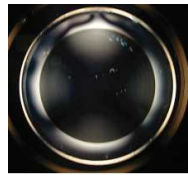


レンズ下面(凹面)の形状誤差
19μmP-V

<複屈折(残留応力)の評価>



射出成形後



プレス成形後

- ・ レンズ両面とも軸対称な形状
- ・ 射出成形よりプレス成形で作製した方が複屈折, 残留応力が低減

29

プラスチック製光学部品の射出成形の問題点と課題を考察し, 真空プレス成形について検討し比較した.

(1) 射出成形法の長所:

- ・ 射出成形は低成形サイクルで大量生産に有利
- ・ 三次元複雑形状を一工程で生産できる
- ・ 転写性が良好で高精度成形可能

(2) 射出成形法の問題点・課題:

- ・ 複雑微細形状の場合, 樹脂の完全充填が困難
- ・ 薄肉部でウエルドラインが発生しやすい
- ・ 粘性流体の流れに伴い残留複屈折が発生
- ・ 少数試作にはコスト的に不向き

(3) 真空プレス成形では:

- ・ 複雑微細形状の場合も樹脂の完全充填がしやすい
- ・ 薄肉部もウエルドラインが発生しにくい
- ・ 粘性流体の流れに伴う残留複屈折が発生しにくい
- ・ 少数試作にも低コスト対応が可能

(4) 成形温度, 成形荷重などの成形条件, プログラムをシミュレーションに基づいた効率化を期待する.

30