

비구면 Glass렌즈 성형에 미치는 서냉조건 의존성

차두환, 안준형, 김혜정, 김정호
한국광기술원 초정밀광학팀

Dependence of Annealing Condition on Aspheric Glass Lens Molding

Du-hwan Cha, Jun-hyung Ahn, Hye-jeong Kim, Jeong-ho Kim
Ultra Precision Optics Team, KOPTI

Abstract : The purpose of this research was to investigate and to find out the optimal annealing condition to mold an aspheric glass to be used for mobile phone module having 2 megapixel and 2.5x zoom. Taking annealing rate and re-press temperature after molding as molding variables under the identical molding temperature and pressure, a glass lens was molded. And, Form Accuracy, Lens Thickness, Refractive Index, and Modulation Transfer Function(MTF) were measured in order to observe characteristics of molded lens, and then optimal annealing conditions were determined based on the resulting data. Properties of lens molded under the optimal conditions revealed Form Accuracy[PV] 0.2047 μm in aspheric surface, and 0.2229 μm in plane, and MTF value was 30.3 % under 80 lp/mm.

Key Words : Aspheric Glass Lens, Glass Molding Press, Annealing Condition, Molding Variables

1. 서론

비구면렌즈는 구면렌즈에서 해결이 어려운 결상저해요소(구면수차, 왜곡수차 등)를 극소화하거나 제거할 수 있는 장점으로 인하여 최근 비구면렌즈 채용 광학계의 사용빈도가 점점 높아지고있는 실정이다. 특히, 비구면 Glass 렌즈의 경우 Plastic렌즈에 비해 우수한 광학특성, 소재의 다양성 및 높은 내열성 등의 이유로 고화질 광학계를 중심으로 그 사용영역이 점차 확대되고 있다. [1-2]

본 연구의 목적은 2Mega, 2.5배 Zoom 카메라폰 모듈용 비구면 Glass렌즈 개발로서 렌즈 성형과정 중 서냉조건이 성형렌즈에 미치는 영향을 조사함으로써 최적 서냉조건을 도출하는데 있다. 일반적으로 Glass소재는 낮은 열전도율을 갖는 물질로 성형 시 냉각과정에서 성형렌즈에 나타나는 응력은 렌즈불량의 원인이 됨으로 최적 서냉조건을 찾는것은 Glass렌즈 성형에서 필수적인 과정이다. [3] 일반적으로 최적 서냉조건을 찾기 위한 성형변수는 서냉속도와 서냉전환온도이다. 서냉속도는 서냉시작단계부터 냉각단계가 시작될 때 까지의 냉각속도이며, 서냉전환온도는 서냉단계에서 성형렌즈의 전사성을 높이기 위해 재가압해주는 온도이다. 이 두가지 변수에 따른 성형렌즈의 광학적 특성 및 성형Mold와 성형렌즈의 형상정도 비교를 통해 최적 서냉조건을 결정하였다.

2. 실험

본 연구에서 개발하는 성형렌즈는 그림 1과 같이 한쪽 면이 비구면인 평볼록 형상이다.

Glass렌즈의 고온압축성형을 위해서는 초정밀 가공기술로 제작된 성형Mold가 필요하며, Mold재질에 따른 성형기술의 확립이 필수적이다. 또한, 성형Mold의 표면과 응착반응이 없는 Glass소재가 요구된다. 본 실험을 위한 성

형Mold는 코발트(Co) 함량 0.5 %의 초경합금(WC: 일본, Everloy社, 002K)을 초정밀 연삭가공하여 제작하였다.

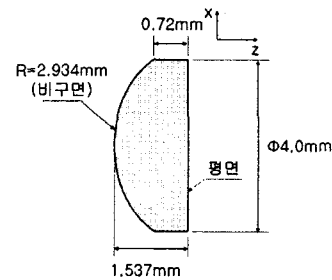


그림 1. 성형렌즈의 형상

Glass소재는 전이점(Transformation Point; Tg) 572 $^{\circ}\text{C}$, 항복점(Yielding Point; At) 630 $^{\circ}\text{C}$ 의 열적특성을 갖는 K-BK7(일본, Sumita社)을 사용하였으며 광학적 특성으로는 d선에서 굴절률 및 아베수는 각각 1.51633, 64.10이다. 그림 2는 렌즈의 성형과정과 각 단계별 온도와 압력의 변화를 나타낸다.

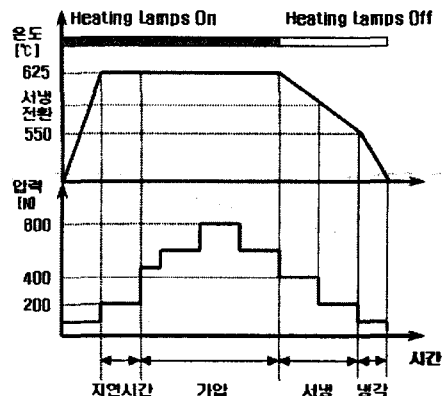


그림 2. 성형 단계별 온도와 압력의 변화

비구면 Glass렌즈 성형은 GMP(Glass Molding Press; 일본, Sumitomo社, Nano Press-S)장비를 사용하여 성형온도 625 ℃, 서냉온도 550 ℃로 고정하고 성형압력을 200~800 N 범위에서 변화시켰다. 표 1에 성형변수로 사용한 서냉속도와 서냉전환온도 조건을 나타낸다.

표 1. 서냉조건

서냉조건 서냉변수	A	B	C
서냉속도 (℃/초)	4.3 ^(주)	2.0	2.0
서냉전환온도 (℃)	590	590	570

(주) 자연냉각 시 서냉속도

표 1과 같이 각 서냉조건별로 5장의 렌즈를 성형 후 특성값이 평균치에 가까운 3장을 선별하여 그 특성을 비교하였다. 각 조건에 따른 성형렌즈의 형상정도(일본, Panasonic社, UA3P, 자유곡면형상측정기), 두께(일본, Mitutoyo社, MDC-25M, 마이크로메터), 굴절률(일본, Shimadzu社, KPR-200, 정밀굴절률측정기) 및 MTF[해상도](독일, Trioptics社, Image Master HR, MTF-Field)를 측정하여 각각의 광학적 특성을 비교 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 형상정도

표 2는 자유곡면형상측정기로 측정한 성형Mold의 형상정도와 각 조건별로 성형된 비구면렌즈의 형상정도를 나타낸다.

표 2. 성형Mold와 성형렌즈의 형상정도 및 표면조도 비교

평가항목		비구면		평면	
		PV (μm)	Ra (nm)	PV (μm)	Ra (nm)
성형Mold		0.1270	7.1	0.1679	4.7
성형 렌즈	서냉조건A	0.2552	8.3	0.2620	7.1
	서냉조건B	0.2047	8.0	0.2229	5.0
	서냉조건C	0.3708	9.7	0.2849	7.4

표 2의 서냉조건별 형상정도를 비교해 보면 서냉조건 B에서 형상정도[PV]가 가장 낮은값(비구면 0.2047 μm, 평면 0.2229 μm)을 나타냈다. 또한 서냉전환온도를 Glass원소재의 전이온도(572 ℃)부근 보다는 약 20 ℃가량 높게 정하고 상대적으로 서냉속도를 낮게 설정한 서냉조건 B에서 가장 우수한 전사성이 나타남을 알 수 있었다.

3.2 렌즈두께

모든 성형조건에서 성형렌즈두께는 오차범위인 1.537 ±0.008 이내로 측정되었다.

3.3 굴절률

성형 전 Glass원소재의 굴절률은 d선에서 1.51633이며 성형된 Glass렌즈는 1.51334로 0.00299만큼 감소하였다.

3.4 MTF[해상도]

그림 3은 각각의 서냉조건별 성형렌즈의 공간주파수에 대한 성형렌즈의 MTF값을 나타낸다. 서냉조건 B의 경우 전체 공간주파수 범위에서 가장 우수한 MTF특성이 나타남을 알 수 있다.

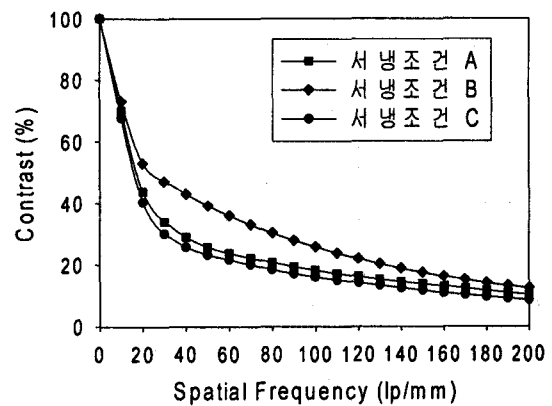


그림 3. 서냉조건에 따른 성형렌즈의 MTF 비교

4. 결론

본 연구는 2Mega, 2.5배 Zoom 카메라용 모듈용 비구면 Glass렌즈 개발에 관한 것이다. Glass렌즈 성형공정 중 최적 서냉조건을 찾기 위해 서냉속도와 서냉전환온도를 성형변수로 사용하여 3가지 서냉조건에서 Glass렌즈를 성형하였다. 서냉조건 A, B, C의 변화가 굴절률 및 렌즈두께에 미치는 영향은 없었으나, 형상정도와 표면조도값은 서냉조건 B(서냉속도 2.0 ℃/초, 서냉전환온도 590 ℃)에서 가장 낮은 값을 나타냈다. 또한, MTF 특성도 형상정도와 표면조도값이 가장 낮은 서냉조건 B에서 가장 우수한 결과를 얻을 수 있었다.

참고 문헌

- [1] H. H. Brown (ed.), Fabrication Methods for Precision Optics, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1993.
- [2] 김상석, 김현욱, 정상화, 김해정, 김정호, 전기전자재료학회논문지, 19권, 4호, p. 386, 2006.
- [3] G. A. A. Menden-Piesslinger, J. H. P. Van de Heuvel, US Patent 4391915, 1983.