

비구면 유리 렌즈 성형해석에 관한 연구

A study on the aspheric glass lens forming analysis

장성호, 이영민, 신광호, 허영무

한국생산기술연구원 정밀금형팀

shchang@kitech.re.kr

GMP(Glass Molding Press) 방식은 T_g 온도 이상으로 가열된 유리 소재를 비구면 렌즈 형상을 가진 금형을 이용하여 가압하는 직접 성형 방식으로 종래의 연마법과 비교하여 높은 생산성을 가진다. 반면에 높은 온도에서 성형된 후 냉각과정을 거치기 때문에 냉각 과정에서 발생하는 잔류응력에 의한 영향으로 인하여 복굴절과 같은 유리 렌즈의 품질을 저해하는 요인이 발생할 수 있어 유리 렌즈의 성형이나 냉각과정에 대한 연구는 유리 렌즈의 품질 향상과 관련하여 중요하다 할 수 있다.⁽¹⁾ 본 연구에서는 GMP 공정의 성형단계에서의 유리 렌즈 성형 해석을 수행하였으며 유리 렌즈의 성형하중 및 형상 변화 등을 고찰하였다.

유리 렌즈 성형해석 과정 및 단계별 수행목적은 그림 1과 같다. 고온압축시험과 열전도도시험으로부터 유리 소재의 유동응력 및 열물성 데이터를 확보할 수 있었으며 압축성형해석을 통하여 실제 실험과 해석의 성형하중 및 barreling 형상을 비교함으로써 유리 렌즈 성형해석에 적용하기 위한 금형과 유리 소재 간의 마찰계수(friction coefficient = 1.0)를 구할 수 있었다.⁽²⁾ 또한, plate 가열 방식을 모사한 고온압축시험에서는 성형 중에 유리 소재 내의 온도 변화에 따라서 성형하중이 증가하지 않고 오히려 감소하는 구간이 나타남을 알 수 있었으며 이로 인해 plate 가열방식을 이용하는 순차이송방식 GMP 성형 공정에서도 이러한 성형 하중의 감소가 나타남을 예측 할 수 있었다.

위의 결과를 바탕으로 비구면 유리 렌즈의 성형과정을 등온조건으로 가정한 경우에 대하여 유리 렌즈 성형 해석을 수행하였다. 등온 조건 일 때 570의 온도에 대하여 성형 해석을 수행하였으며 그 결과로 성형하중의 감소가 없는 하중-시간 곡선(최대 성형 하중 = 1519N)을 얻을 수 있었다.⁽²⁾

다음으로 성형 중에 발생하는 소재의 온도변화를 고려한 성형해석을 수행하였다. 표 1에는 해석 조건을 나타내었다. 그림 2와 표 3에는 성형해석 결과를 나타내었다. 성형시간이 증가하고 금형(코어)온도가 증가함에 따라 성형하중, 접촉력, 응력 및 렌즈의 온도편차는 감소하지만 변형률편차는 증가함을 알 수 있다. 그림 3에는 유리 소재의 온도가 등온일 때와 온도변화를 고려하였을 경우의 해석 결과를 비교하였으며 실

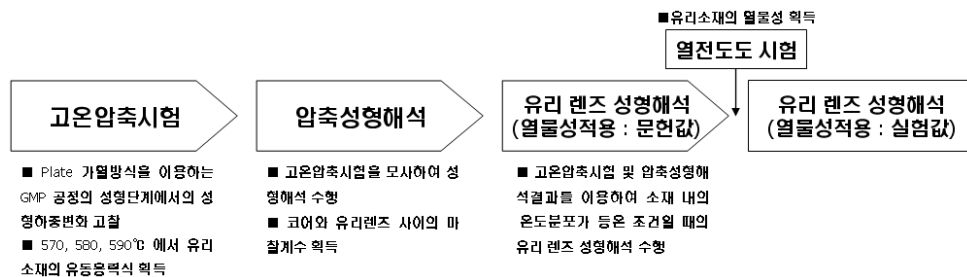


그림 1. 비구면 유리 렌즈 성형 해석 과정

제로 유리 소재 내에 발생하는 온도변화를 고려하였을 경우, plate 가열방식의 열간압축시험 결과와 유

사한 경향이 나타남을 성형해석을 통해 알 수 있었다.

표 1 소재 내의 온도변화를 고려한 유리 렌즈 성형해석 조건

성형해석	1차	2차	3차	4차	5차
성형시간, s	30	25	35	30	30
코어(급형)온도, °C	577	577	577	572	582
마찰계수	1.0				

표 2 열적 특성을 고려한 비구면 유리 렌즈 성형해석 결과

	성형시간 (s)	코어온도 (°C)	Temp. of lens [Max/Min](°C)	Stress [Max/Min](MPa)	Plastic strain [Max/Min]	Contact friction force(N)	Contact normal force(N)	Punch load(N)
1 차	30	577	577/575.7	23.66/5.81	0.467/0.199	0.71	82.5	1075
2 차	25	577	577/575.1	27.62/6.89	0.469/0.201	0.87	95.8	1318
3 차	35	577	577/575.7	17.85/4.96	0.467/0.192	0.25	64.4	901
4 차	30	572	572/570.8	34.97/8.79	0.468/0.195	0.81	118.4	1353
5 차	30	582	582/580.5	15.83/3.81	0.467/0.197	0.47	54.9	1017

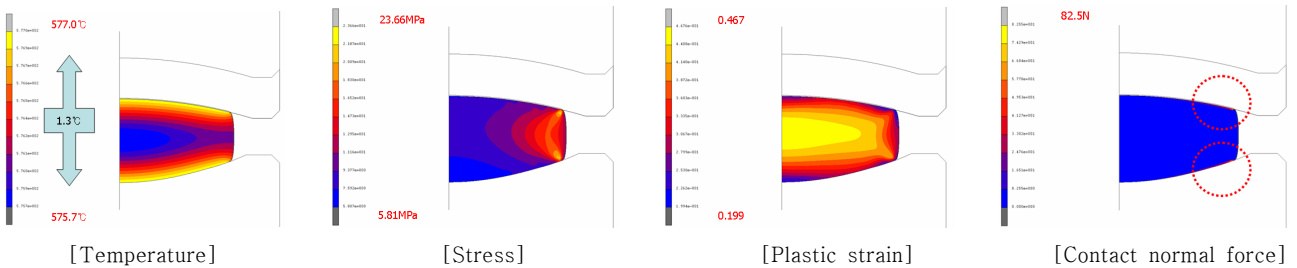
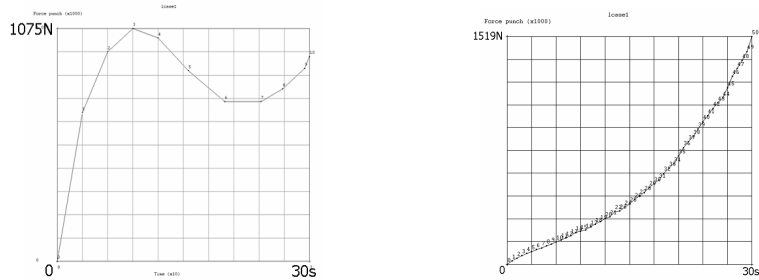


그림 2. 성형해석 결과



[소재 내 온도변화를 고려] [소재 내 온도를 등온으로 가정]
그림 3 유리 소재의 온도 조건에 따른 성형 하중의 변화

참고문헌

1. Suzuki, H., Hara, S. and Matsunaga, H., "Study on aspherical surface polishing using a small rotating tool," Journal of the Japan society for precision engineering, Vol. 59, No. 10, 1713-1718 (1993).
2. B. H. Jeon, S. K. Hong, C. R. Pyo, "Finite Element Analysis for Shape Prediction on Micro Lens Forming", Transactions of Material Processing, Vol. 11, No. 7, pp. 581-588 (2002)