

Meniscus 곡면 형상을 가지는 Glass lens의 제작공정기술 최적화에 관한연구

A Study on the Manufacture process technology optimization of Glass lens with the Meniscus shape

*강상도¹, #백승준², 박범수³, 이동길⁴, 박순섭⁵

*S. D. Kang¹, #S. J. Baek(baek.seungjun@agoptics.co.kr)², B.S.Park³, D.G.Lee⁴, S.S.Park⁵

¹(주)에이지광학, ²(주)에이지광학, ³(주)에이지광학, ⁴한국생산기술연구원, ⁵한국생산기술연구원

Key words : Meniscus lens, Lens Mold, Batch press type, Cycle time, Optimization analysis

1. 서론

최근 캠코더, 카메라, DVD등의 개인 이미지 장치의 수요가 증가하고 이와 더불어 광학장치의 성능도 높아지고 있다. 현재 이미지 장치용 광학렌즈는 광학계의 고정밀화 및 높은 신뢰성을 위하여 플라스틱 재질에서 Glass 재질의 Lens로의 변화가 급속도로 이루어지고 있고, 작은 광학수차로 인해 높은 분해능을 가질 수 있는 Aspheric lens의 채용이 증가되고 있다.

본 연구에서 수행하는 Meniscus lens는 광학계의 성능을 좌우하는 광학 수차를 감소해주는 렌즈로서 Camera Systems, Projection Optics Systems, Laser Measurement Systems, Optical View Finder, Microscope Optics Systems등에 사용되고 있다. Meniscus lens는 일반 렌즈에 비하여 중심 두께가 현저하게 얇고, 곡률이 작음으로 인하여 렌즈 설계 및 성형 등의 제작 공정상의 어려움을 겪고 있다. 또한 국내 대부분의 생산업체에서의 생산 공정이 Progressive type으로 되어있어 이로 인한 낮은 생산성 및 부가가치의 향상을 위한 새로운 공법의 개발이 시급한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 생산성을 향상 시키는 공법인 Batch type의 성형 기술을 이용하여 고 성능의 Meniscus lens를 대량으로 생산 할 수 있는 제작공정의 최적화를 연구하였다.

2. 제작 공정 및 실험장치

Fig.1은 광학 글라스 렌즈의 Mold 성형 공법을 이용한 렌즈 제작 Process를 나타내고 있다.

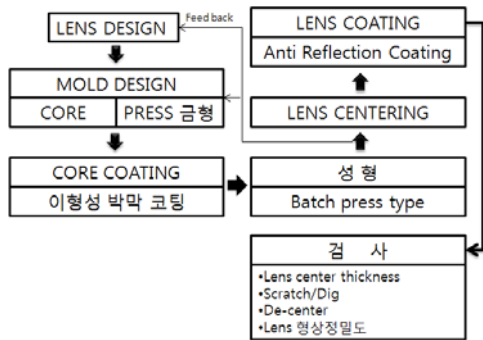


Fig. 1 Manufacture Process of Meniscus lens

렌즈를 성형하기위한 금형 Core는 초정밀 가공기계인 ULG100 CH3을 이용하여 Grinding 가공하였다. 성형 Core의 재질은 초경 합금(WC:99%,Co:1%)이고, Grinding 가공에 사용한 가공 휠은 #800, #2500을 사용하였다.

렌즈 성형 시 Cycle time의 최소화에 중요한 역할을 하는 금형의 설계 및 시뮬레이션은 Pro-engineer를 이용하여 최적화 설계 하였다. 이후 제작되어진 성형 용 Core에 Ion gun 및 Unbalanced DC Magnetron Sputter가 조합된 PVD 코팅장비를 이용하여 이형성 박막 코팅을 하여 양산을 위한 WC Core의 성형 수명을 연장 하였다.

Batch Press type의 성형기인 TOSHIBA社의 GMP-207HV를 이용하여 성형 Cycle time의 최적화를 위한 가열 시간 및 냉각 시간 단축에 대한 성형 변수 최적화 실험을 행하였다.

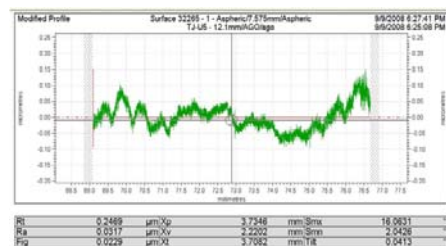
3. 금형 코어의 최적 가공기술

Core의 가공 공정은 Filet 반경의 최소 원호 보간을 고려한 휠의 선택 및 가공 데이터 생성을 통한 공구간섭 검증, Core의 1차 가공에 대한 가공 변질 층 제거를 위한 Rough machining, Finish machining의 마모량을 고려한 Re-rough machining, 설계조건 의 요구 형상정도(Form accuracy)를 만족시키기 위한 Finish machining, 표면 조도(Surface roughness) 향상을 위해 초경금형의 연삭 흔(Grinding Tool Mark)을 제거하기 위한 폴리싱(Polishing)의 단계로 수행하였다.

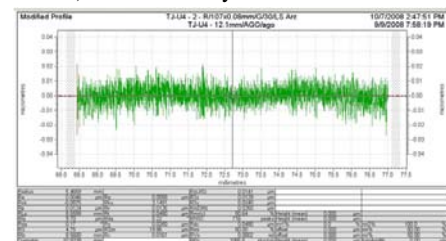
초정밀가공은 경사 축 가공과 수직 축 가공을 이용하여 Fillet과 Convex 형상이 복합적인 Core를 Table 1의 정삭 가공 조건으로 Grinding 가공한 결과, Fig. 2에 보이는 것과 같이 형상정밀도 P-V 0.24 μm 와 표면 거칠기 Ra 0.049 μm 의 값을 얻을 수 있었다. Fig. 3은 Grinding 가공 된 Core를 보이고 있다.

Table 1 Grinding condition of Meniscus lens core (WC)

Grinding Method	Cross Grinding	Inclined Grinding
Grain size	#2500	#2500
Wheel diameter(mm)	Ø22.0	Ø2.0
Work spindle speed(rpm)	280	150
Turbine speed(rpm)	30000	69000
Feed rate(mm/min)	4.0	1.0
Depth of cut(μm)	1.0	0.1



a) Form accuracy : P-V 0.24 μm



b) Surface roughness : Ra 0.049 μm

Fig. 2 Result of Ultra Precision Machining



a) Convex Core b) Concave Core

Fig. 3 Photo of Meniscus lens Core

4. 금형 설계의 최적화 및 제작

Batch type의 Mold의 경우 Progressive type 보다 넓은 영역의 금형 구조를 가지기 때문에 성형 공정상의 가압 시 금형에 결합된 CORE의 Displacement error가 발생할 수 있다.

본 연구에서는 Displacement error로 인한 성형 제품의 정밀도인 Tilt, Center thickness, 렌즈의 형상정밀도가 변화되는 수치를 고려하여 금형을 최적 설계 하였다. Fig. 4는 lens의 성형시간(Cycle time)을 최소화하기 위하여 금형 부피의 최적화와 Meniscus lens의 1 shot 성형 시 20cavity Core의 사용 가능 여부를 판단하기 위한 Structure Analysis로 Max disp : 5.5 μ m이하를 목표 값으로 설정한 최적화 시뮬레이션이다.

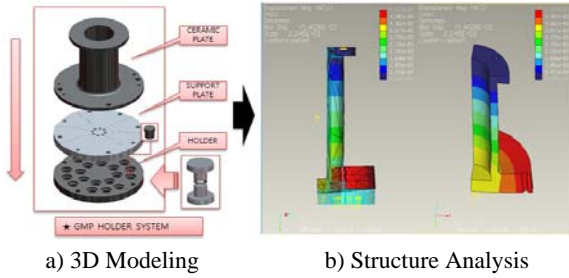


Fig. 4 Design and Optimization of Mold

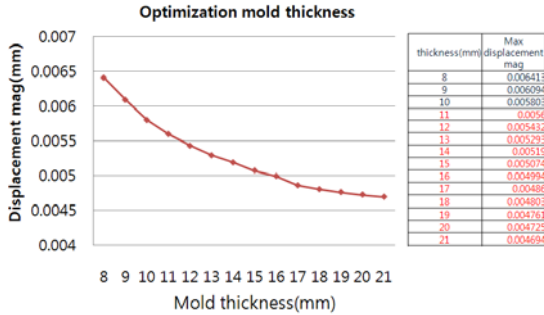


Fig. 5 Displacement graph of Optimization result

Table 2 Comparison Data of Max displacement (Original disp and Optimization disp)

Division	Original mold	Optimization mold
Max disp mag(mm)	4.640637e-03	5.432e-03
Mold volume(mm ³)	2.4338517e+05	1.0292170e+05

본 연구에서 Meniscus lens의 생산성을 고려한 Center thickness의 Displacement error로 인한 최대 허용 공차범위는 7 μ m 이내이다.

따라서 Analysis의 최적화 목표 값을 Max displacement : 5.5 μ m와 Minimum volume으로 설정하고 시뮬레이션 한 결과 Fig. 5와 Table 2의 결과 얻었다. Fig. 6은 최적화 설계 Data를 이용하여 제작된 금형을 보이고 있다.



Fig. 6 Manufacturing Mold from optimization design

5. 성형 공정의 최적화

렌즈의 성형 속도는 크게 소재의 가열 및 냉각 시간의 두 부분으로 나눌 수 있다. 가열시간은 성형온도 부근인 소재의 항복점(At)보다 높은 온도와 연화점(Sp) 근처에서 성형하기 위해 최대한 빠르게 연화점에 근접한 온도로 가열하였다. 냉각 시간을 단축하면 소재의 균열률이 감소된다. 따라서 사용된 L-LAH53의 Cooling rate를 2.68 $^{\circ}$ C/sec로 하여 nd=1.80096 이내로 성형 하였다.

따라서 본 실험에서는 이러한 냉각 시간의 최적화와 가열시간의 최적화를 고려하여 성형한 결과 Fig. 7의 Process graph와 Table 3과 같은 Cycle time 단축 효과를 얻었다. Fig. 8은 실험을 통해 얻은 성형데이터를 이용하여 성형 완료된 Meniscus lens이다.

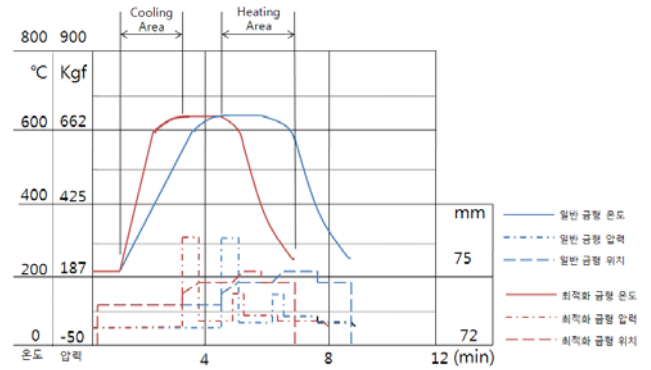


Fig. 7 Process graph of Meniscus lens Molding

Table 3 Cycle time result of Glass Meniscus lens

Division	Original Cycle time(sec)	Optimization Cycle time(sec)
Average time	8' 30"	6' 50"



Fig. 8 Manufacture completed Glass Meniscus Lens

6. 결론

본 연구는 Meniscus 곡면 형상을 가지는 glass lens의 금형의 최적화를 이용하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 실험을 통하여 얻은 WC Core의 최적 연사 조건을 이용하여 Fillet과 Convex의 형상이 복잡한 Core를 경사 축 가공을 이용하여 가공한 결과 형상정밀도 P-V 0.24 μ m와 표면 거칠기 Ra 0.049 μ m의 값을 얻을 수 있었다.
- (2) 금형 설계 및 해석 program인 Pro-engineer의 Global Structure analysis를 이용하여 금형을 설계하여 금형의 Volume을 1.0292170e+05 mm³로 최적화 할 수 있었다.
- (3) 최적화 설계된 금형과 성형 변수의 최적화 값을 적용하여 성형한 결과, 기존 8' 30"에서 6' 50"의 Cycle time 향상 효과를 얻을 수 있었다.

후기

본 연구는 한국산업단지공단의 현장맞춤형기술개발사업에 의해 수행된 연구결과이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 장훈, 장경천, 이동길, "고온 압축 성형법을 이용한 비구면 Glass 렌즈 성형에 관한 연구", 한국정밀공학회 추계학술대회 논문집, 191-192, 2006
2. 여홍태, 최영, 허관도, "유한요소법을 이용한 예압된 금형의 응력해석", 한국정밀공학회지, Vol. 16, No. 6, 1999.
3. 손재환, 배대원, 박철우, 이호영, 서호권, 서창민, "3차원 유한요소법을 이용한 Inner Sleeve의 정밀냉간단조 공정설계 및 성형 해석에 관한 연구", 한국정밀공학회 추계학술대회 논문집, 575-576, 2007
4. "Digital Manufacturing Information Technology", DMIT
5. "Fast Track to Pro/ENGINEER Wildfire", PTC