

# BIS 기반 지능형 사출성형 시스템 기술

## BIS (Built-In Sensor) based Intelligent Injection Molding System

\*#송준엽<sup>1</sup>, 하태호<sup>1</sup>, 이창우<sup>1</sup>, 이재학<sup>1</sup>, 김동훈<sup>1</sup>, 김형준<sup>1</sup>

\*#J. Y. Song<sup>1</sup>, T. H. Ha<sup>1</sup>, C. W. Lee<sup>1</sup>, J. H. Lee<sup>1</sup>, D. H. Kim<sup>1</sup>, H. J. Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국기계연구원 초정밀시스템연구실

Key words : Built-In Sensor, Injection Molding, Lens, Birefringence

### 1. 서론

스마트 폰, 태블릿 PC와 같은 IT 모바일 기기의 급성장세를 이어가고 있으며, 따라서 이들 기기에 사용되는 다양한 플라스틱 사출품 들에 대한 수요도 급증하고 있다. 특히, 이들 사출품의 고정도화, 소형화에 대한 요구로 고정밀 마이크로 사출성형 기술의 필요성이 대두되고 있다.

일반 사출품의 경우 단순히 치수, 형상 정밀도의 충족으로 족하나, 모바일 기기의 카메라 모듈에 사용되는 마이크로 사출렌즈의 이는 물론 광학적 특성까지를 만족시켜야 한다. 또한, 시장요구에 대응하기 위하여 제품 수율을 높이는 것이 중요하다.

휴대폰 사출렌즈 부품의 경우, 해상도가 증가하면서 사출 정밀도 및 제품의 광학 특성 확보에 대한 기술적인 요구 급증하고 있다. 스마트 폰에 사용되는 마이크로 사출렌즈 생산을 위한 정밀사출공정기술은 일반적인 중대형 사출공정과 전혀 다른 공정 특성을 가지고 있으며, 현재의 기술수준으로 투입 원자재 대비 양품 수율이 약 60% 수준이다. 사출공정의 체계적인 데이터 수집 및 공정 분석 부재로 금형교체 및 제품 모델 변경 시 많은 시간과 비용이 소요된다. 하지만, 현재 마이크로 사출제품의 품질은 기술자의 노하우에 의존하고 있는 현실이며, 뿌리산업 중의 하나인 사출산업은 3D 산업으로 인식되고 있어 숙련된 기술자의 확보가 어려운 상황이다.

본 연구에서는 사출성형 금형에 직접 센서를 탑재하는 BIS (Built-In Sensor) 기반의 지능형 사출성형 시스템 기술에 대해서 논하고, 시스템의 구현 및 검증을 위한 필수조건인 단렌즈 특성과 이들 단렌즈가 조합된 렌즈모듈의 특성에 관해서 논하였다.

### 2. BIS 기반 지능형 사출성형 시스템

현재 사출성형 시스템의 경우, 금형으로 부터의 온도, 압력, 충전속도와 같은 정보수집이 불가능하여 최적 사출성형 조건 선정 및 양품 수율 확보가 곤란하다. 특히 모델이 변경되거나 금형의 유지보수 후에는 다시 최적 사출조건을 도출하기 위하여 경험에 의존하는 시간적 소모적인 작업을 거쳐야만 한다.

BIS 기반 지능형 사출성형 시스템은 금형에 센서를 직접 장착하여 금형으로부터 온도, 압력, 충전속도 등의 정보수집을 통하여 최적의 사출성형 조건을 유추하는 것을 목적으로 한다. 또한, DB 구축, 충전 불균형 원인 분석, 추론, 의사결정 시스템, 리스케줄링 기능을 가진 AWS 시뮬레이터, Shop Floor 이상 진단/경보 시스템, 사출공정 증강현실 구현을 통하여 기존의 전문가의 경험에 대한 의존성 및 시행착오를 줄이고 최적조건 제시 및 예지보전 기능을 가진 지능형 사출성형 시스템의 구축할 예정이다. 이와 같은 시스템의 구축을 위해서는 성형조건과 그 조건으로 사출된 부품의 연관관계의 파악이 필수적이다.

특히 본 연구에서의 사출품이 단순한 형상정도를 만족시키는 것이 아니라 광학적 특성을 만족시켜야 되는 렌즈부품이므로, 이를 위한 단렌즈 및 렌즈모듈의 평가법의 개발이 동반되어야 한다.

### 3. 단렌즈 평가

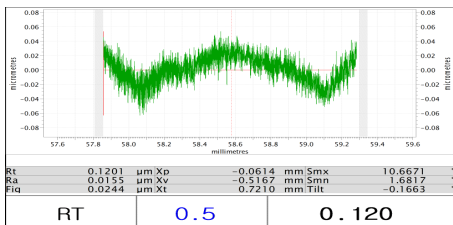
Fig1 은 휴대폰에 사용되는 카메라 모듈의 렌즈모듈 구성 및 단면도를 나타내고 있다. 현재 5 MP 렌즈모듈의 경우, 일반적으로 4 개의 플라스틱 사출렌즈의 조합으로 구성되어 진다. 현재는 최종 조립된 렌즈모듈의 MTF (Modulation Transfer Function) 검사를 통하여 양불량을 검사하고 있다.

그러나 렌즈모듈을 조립함에 있어 각 렌즈를 광축 기준으로 어떤 방향으로 조합하여 조립하느냐에 따라서 최종적인 광학적 특성에 큰 영향을 미치게 된다. 이 방향성 조합에 따라서 렌즈모듈이 양품이 되기도 불량이 되기도 한다.

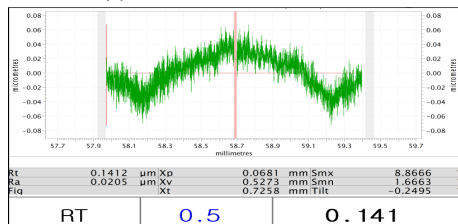


Fig. 1 Lens module section view

단렌즈의 특성에 영향을 미치는 인자로는 렌즈의 비구면 형상, 중심부 두께, 광축의 디센터, 투과율, 복굴절률, MTF 값 등을 생각할 수 있다. 본 연구에서는 단렌즈 성능의 영향 중요인자로 복굴절에 주목하였다. 기본적인 비구면 형상, 중심부 두께, 광축의 디센터 등 형상정도를 기본적으로 만족시키는 렌즈를 선정하여 복굴절 특성에 대한 영향을 조사하였다. 먼저 실험 샘플군은 임의의 렌즈방향 조합으로 조립되어 최종 MFT 평가에서 양품 판정을 받은 단렌즈군 (P1, P2, P3, P4)과 불량 판정을 받은 단렌즈 군에서 각각 렌즈를 추출하였다. 여기에서 각 단렌즈는 동일 금형, 동일 캐비티에서 취출된 것을 채용하였다. Fig.2 는 각각 양품 및 불량판정을 받은 렌즈모듈 중 P1 렌즈의 최대 거칠기( $R_t$ )를 한 예로 나타내었다.



(a) from O.K lens module

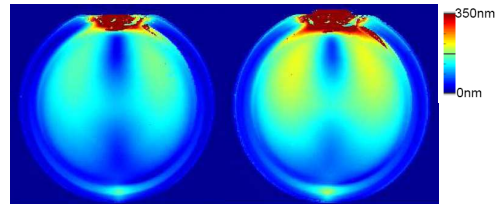


(b) from N.G lens module

Fig. 2  $R_t$  data of P1 lens

그림에서 볼 수 있듯이 각 단렌즈의 최대 거칠기 ( $R_t$ )가 각각  $0.12 \mu\text{m}$  와  $0.14 \mu\text{m}$  로 설계상 요구되는 수치인  $0.5 \mu\text{m}$ 를 둘 다 충분히 상위하고 있음을 알 수 있다. 최종 양품 렌즈 모듈 및 불량 렌즈 모듈로 부터 다른 P2, P3, P4 렌즈의 경우도 모두 요구치를 만족하고 있음을 확인하였다.

Fig.3 는 이와 같이 형상정도를 만족하는 렌즈를 대상으로 복굴절 정도를 나타내는 위상차 값을 측정된 결과 예를 나타낸다. 상대적으로 가장 차이가 확연하게 드러난 P4 렌즈의 경우를 나타내었다.



(a) from O.K lens module (b) from N.G lens module

Fig.3 Birefringence of P4 lens

복굴절 차이를 pseudo-color로 표기하였다. 적색에 가까울수록 복굴절이 큰 것을 의미한다. 그림에서 보는 바와 같이 게이트 절단 부위를 중심으로 해서 복굴절이 발생함을 알 수 있었고 양품에 비해서 불량품 모듈의 조립에 사용된 렌즈의 경우가 유효경 내에 큰 위상차를 나타냄을 알 수 있다. 이 결과로부터 단순한 형상정도의 검사보다 각 단렌즈의 평가가 최종 렌즈모듈의 수율향상에 필수적임을 알 수 있었다.

#### 4. 결론

금형에 직접 센서가 장착된 BIS 기반 지능형 사출성형 시스템에 대해서 논하였다. 또한, 비구면 형상의 형상정도보다도 지금까지 간과해오던 복굴절과 같은 단렌즈의 광학적 특성이 최종 렌즈모듈의 양불량에 큰 영향을 미침을 실험을 통하여 확인하였다.

이와 같은 결과로 부터 조립된 최종적인 렌즈모듈의 성능평가를 위해서는 렌즈 모듈을 구성하는 단렌즈의 성능평가가 중요하며 복굴절 평가는 물론 각 단렌즈의 MTF 평가법 개발을 행할 예정이다. 이들 단렌즈 평가결과를 활용한 최적 렌즈조합 선정법에 관한 연구를 진행할 예정이다.