

## CAE 해석결과를 반영한 플라스틱 렌즈의 광선추적 기법

박 근\*, 이상규, 모필상, 전광식 (서울산업대학교 기계설계·자동화공학부)

주제어 : Plastic lens (플라스틱 렌즈), Ray tracing (광선추적), Injection Molding (사출성형), Finite Element Analysis (유한요소해석), Aberration (수차)

렌즈는 광학제품의 성능에 직접적인 영향을 미치는 주요 부품으로서, 고정도의 형상 및 안정된 내부물성을 요구하는 정밀 부품이다. 광학 렌즈는 특정 광학계 내에서 입사광이 원하는 위치에 초점을 맺을 수 있도록 굴절시켜주는 역할을 하며, 이를 위해 초점거리, 배율, 렌즈의 성능 등을 종합적으로 고려하여 렌즈의 형상을 설계해야 한다. 이러한 설계과정은 기하광학에 기반한 광선추적(Ray tracing) 기법을 통해 이루어지며, 주로 CodeV, OSLO 등의 상용 광학계설계 소프트웨어를 사용하여 수행되고 있다. 광학계설계 소프트웨어에서는 렌즈의 형상 및 재질, 입사되는 광의 특성에 따른 빛의 결상특성을 예측하여 수차(Aberration) 등의 광학적 평가기능을 제공해준다.

렌즈는 사용 재질에 따라 유리 렌즈와 플라스틱 렌즈로 구분되는데, 이중 플라스틱 렌즈는 생산성이나 가격경쟁력 측면에서의 장점으로 인해 특히 대량생산에 적합하다. 플라스틱 렌즈는 주로 사출성형 기법으로 제작되는데, 사출성형 과정에서 발생하는 잔류응력이나 형상변형 등에 의해 품질이 저하되게 되고, 이로 인해 원하는 광학적 특성을 얻을 수 없게 된다. 전문화된 광학계설계 소프트웨어는 렌즈면의 형상이 설계치대로 제작되고, 내부의 물성이 렌즈 전체에 대해 균일하다는 이상적인 전제조건을 바탕으로 시뮬레이션을 수행하게 된다. 그러나 사출성형 기법으로 제작되는 플라스틱 렌즈의 경우 성형과정에서 발생하는 수축으로 인해 형상정밀도가 저하되며, 위치에 따라 렌즈 내부 물성의 차이가 발생하게 된다. 따라서 상기와 같은 이상적인 가정을 바탕으로 수행된 시뮬레이션 결과가 실제 결과치와는 차이를 보이게 되며, 결과적으로 원하는 특성을 얻기 위해 많은 시행착오를 거쳐야 한다. 이러한 문제점을 극복하기 위해서는 사출성형 과정의 수치해석을 병행하여 실제 성형과정에서 발생하는 형상오차 및 내부 물성의 변화를 반영함으로써 성형공정이 고려된 광학설계 시뮬레이션을 수행해줘야 한다.

이를 본 연구에서는 사출성형 과정의 수치해석(Computer Aided Engineering; CAE) 기법을 통해 렌즈 성형과정에서 발생하는 여러가지 물리적 현상들을 파악하고, 이를 바탕으로 렌즈의 광학적 특성을 예측할 수 있는 광선추적 기법을 개발하고자 한다. 또한 개발된 해석기법을 적용하여 사출성형 조건에 따른 렌즈의 기하학적 특성 변화를 예측하고, 기존의 광선추적 기법과의 비교를 통해 제안된 기법의 효용성을 검증하고자 한다.

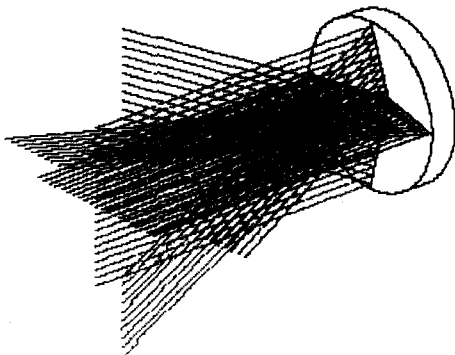


Fig. 1 Schematic description of a ray tracing for an optical lens

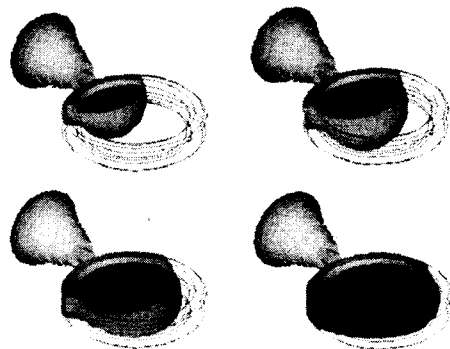


Fig. 2 Flow pattern simulation of a plastic lens during the injection molding filling stage