

# 광학소자에 대한 사출성형 CAE 기술 적용

Application of Injection molding CAE technology for Optical parts

근래에 일본을 비롯하여 한국과 대만 등 아시아 여러나라에서 광학소자의 플라스틱화로 흐름이 급속히 진행되고 있는 가운데 광학소자에 생기는 성형불량을 예측하는 기술에 관심이 모아지고 있다. 도레이 주식회사에서는 3차원 유한요소 모델용 시스템을 세계에서 처음 실용화에 성공한 바 있으며, 본 고에서는 이 기술에 대해 소개하고자 한다. 광학소자에 관한 CAE 해석의 역사는 아직 시작단계지만 요구 정밀도는 상당히 높기 때문에 끊임없이 해석기술의 정밀도화에 노력하고 있다. 또 미세 V(브이)홈에 있어서 전사성 평가에 대해서도 요구가 높기 때문에 예측 기술의 확립을 도모하고 있다. (자료제공: 씨에이프로(주))

글/도레이 山田 高光(TORAY Industries, Inc.)

## 1. 머리말

당사에서는 1980년대부터 사출성형 CAE 기술개발에 착수하여 세계에서 처음으로 3차원 유한요소 모델용 시스템을 실용화 하였다<sup>1)</sup>. 근래에는 일본을 비롯하여 한국·대만 등 아시아 여러 나라에서 광학소자의 플라스틱화로의 흐름이 급속하게 진행되고 있다. 이에 당사는 광학소자에 생기는 성형불량 예측기술을 개발하여 3DTIMON-OPTICS로 판매하고 있다. 본 원고에서는 그림 1에 표현된 것처럼 광학소자에 발생하는 복굴절 시뮬레이션 기술에 관해서 보고한다.

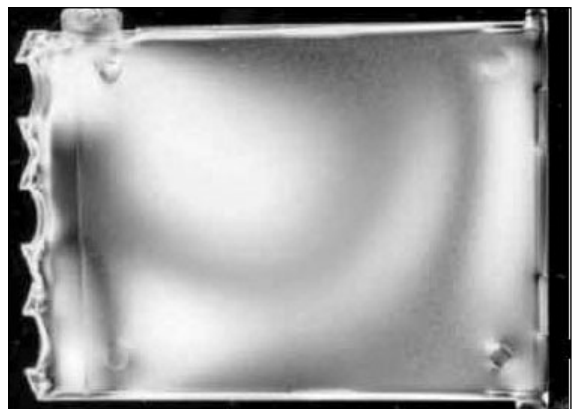


그림 1 광학판에 발생한 복굴절

## 2. 해석 흐름

사출성형시에 발생하는 복굴절을 다음 2개의 프로세스로 계산하고 있다.

**프로세스<sup>1)</sup>** 성형 후 (충진~보압냉각공정~이형 후 수축)에 성형품에 잔류하고 있는 응력을 구한다.

**프로세스<sup>2)</sup>** 잔류응력을 가지고 광탄성쪽에서 복굴절을 구하고, 복굴절을 빛의 투과방향에 대해서 적분하는 것에 따라서 리타레이션과 편광판에서의 투과강도를 산출한다.

$$\Delta n = n_i - n_j = C(\sigma_i - \sigma_j)$$

Takamitsu Yamada : CAE事業部  
279-8555 千葉?浦安市美浜1-8-1  
TEL :047-350-6221

$$I = \sin^2 2\theta \sin^2 \left[ \frac{\phi}{2} \right] \cdot \phi = \frac{2\pi R}{\lambda}$$

$\Delta n$  : 복굴절,  $n$ : 굴절률,  $C$ : 광탄성계수,  $\sigma$  : 주응력,  $R$ : 리타레이션,  $t$ : 빛의 투과방향,  $l$ : 투과빛 강도(편광소자),  $\theta$  : 입사광의 편광면과 주축방향과의 이루는 각도,  $\lambda$ : 빛의 파장

### 3. 해석모델과 입력조건

복굴절을 시뮬레이션하기에 앞서 주의해야 할 점은 다음과 같다.

#### (1) 3차원 해석모델

제품의 어스펙트비(Aspect Ratio(길이/두께))를 생각한 경우, 상당히 큰 것(예를들어, 자동차용 범퍼)에 대해서 셀 요소 모델이 사용되는 경우가 많다. 그러나 그림 2처럼 렌즈를 해석할 경우, 어스펙트비는 작은 반면 비구면의 표면을 가진 형상이기 때문에 3차원 요소 모델이 필요하다.

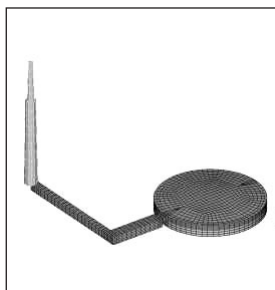


그림 2. 렌즈 모델

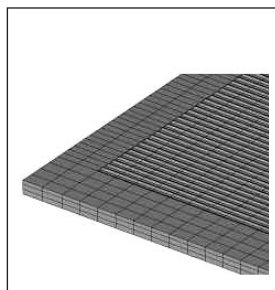


그림 3. 도광판 모델

또한 도광판(그림 3)처럼 비교적 어스펙트비가 큰 형상이면서도 표면의 미세구조를 표현하기 위해서 3차원 요소 모델이 사용된다.

#### (2) 입력조건

CAE에서는 스프루(Sprue) 선단을 기점으로 금형 내부의 수지거동을 계산하기 때문에, 성형기측에서 측정하고 있는 조건을 그대로 CAE 입력조건으로 할 수는 없으며, 스프루 선단에 있어서의 압력·온도정보가 필요하게 된다. 예를 들면, 수지온도의 경우 성형기 측정 온도에서 스프루선단에서는 스프루 내에 있어서의 전단 발열에서부터 10℃ 이상 상승하는 경우가 있다. 사출압력에 대해서도 설정압력보다 낮은 경우가 일반적이기 때문에, 성형조건의 정밀검사가 필요하다<sup>2)</sup>. 형내 압의 이력에 어긋남이 생기면 성형 수축량이 서로 다르며, 복굴절 예측 결과에도 차이가 발생한다.

### 4. 복굴절 저감과 사이클 시간 단축

그림 2의 렌즈 모델에 대해서 PMMA 수지를 가지고 성형 시뮬레이션을 실시 후, 리타레이션을 구한 것을 그림 4에 나타냈다. 렌즈의 바깥 둘레 부분이 중앙부분보다도 높은 값으로 되어 있다.

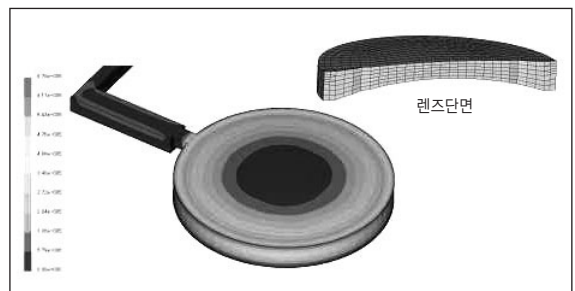


그림 4. 리타레이션 결과

OPTICS의 기능을 사용하고 복굴절에 대한 충진, 보압냉각, 이형 후 수축공정의 각 응력의 기여도를 조사한 결과, 이형 후 수축시에 발생한 열응력이 가장 높은 것을 알 수 있었다. 그 원인으로서 렌즈 단면 그림에서 알 수 있듯이, 최대 두께가 약 10mm오목형태를 하고 있으며 두께차의 원인으로 수축 타이밍이 커서 서로 다르기 때문에 그 결과 열응력이 높게 발생된 것으로 판단된다.

보압 완료 후의 냉각시간에 착안하여 리타레이션과의

상관을 구상한 것을 그림 5로 나타냈다. 그래프는 초기조건(금형온도 균일)과 금형 온도를 변경한 2종류의 조건 계산한 결과이다. 여기에서 나타난 리타레이션 값은 초기조건에서의 보압완료 후의 냉각시간이 제로(0) 일때의 리타레이션 값을 가지고 정규화한 것이다.

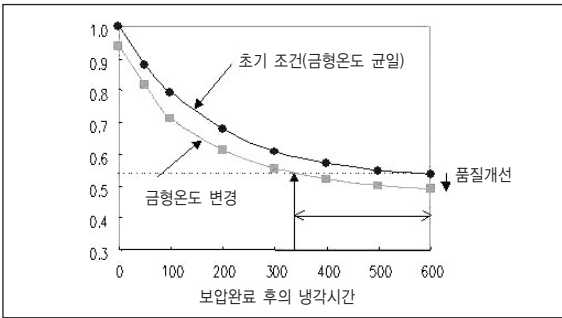


그림 5. 리타레이션과 보압완료 후의 냉각시간과의 상관

이 결과에서 알 수 있듯이, 리타레이션은 보압완료 후의 냉각시간을 증가함에 따라서 감소해간다. 리타레이션에 개선효과가 없는 것은 600초를 넘고 나서이다. 금형온도를 변경하여 수축의 Unbalance를 개선한 결과에서는 같은 정도의 광학성능이라면 냉각시간을 약 250초 단축할 수 있으며, 품질 우선으로 생각하면 같은 냉각시간에서도 10% 개선을 얻을 수 있다.

### 5. 맺음말

광학소자에 관한 CAE 해석의 역사는 아직 시작단계지만 요구 정밀도는 상당히 높기 때문에 끊임없이 해석기술의 정밀도화에 노력하고 있다. 또 미세 V(브이)홈에 있어서 전사성 평가에 대해서도 요구가 높기 때문에 예측 기술의 확립을 도모하고 있다.

끝으로 실험 검증에 협조해주신 아끼다현 공업기술센터의 鎌田님에게도 감사드린다.

### 참고문헌

- 1) 坂場克哉, 須賀康雄; 3차원 사출성형 CAE 시스템 "3D TIMON", 계산공학강연회 논문집, Vol7, (2002)
- 2) 西山秀作, 高崎育史; CAE와 사출성형기의 종합 시스템에 관해서, 제 7회 성형가공 하계 세미나 예비 원고집, PP43-48(2001)

### 짚 막 취 재

## “세계 최고의 반도체 검사용 광학계 개발 목표”

프로옵틱스, 이천시 신사옥 준공식 가져

광학렌즈 및 시스템의 설계와 제작 전문업체인 프로옵틱스(대표·홍미혜)가 지난 12월 17일 경기도 이천시 부발읍에 신사옥 마련과 관련, 광학업계 인사들을 초청한 가운데 준공식을 가졌다.

추운 날씨지만 이날 행사에는 프로옵틱스의 힘찬 새출발을 축하해주기 위해 산·학·연 관계자들이 총출동하여 광학계 연구개발 분야에서 23년 동안 풍부한 연구실적과 현장 경험을 축적하고 ‘광학업계의 마당발’로 불리는 정진호 박사의 진면목을 새삼 확인시켜주었다. 특히 정진호 소장의 인사말과 사회로 진행된 이날 행사에서 정진호 소장이 참석한 내외빈 한명한명을 일일이 소개하며 감사를 표하는 모습은 매우 인상적이었다.

이날 정진호 소장은 바쁜가운데 준공식에 참석한 인사들에게 감사의 말을 전하고 “프로옵틱스는 현재까지 53건의 외부수주를 받아 성공적으로 진행시켰다”고 말하고, “앞으로도 이에 만족하지 않고 국내 최초·최고의 광학 설계기술 및 광학계 조립기술 확보를 통해 세계 속에 앞서나가는 기업이 되겠다”고 밝혔다.

현재 2um급 LCD기판 검사용 12K Line CCD용 줌렌즈 및 고정초점렌즈와 10um급 노광렌즈를 주력제품으로 하여, 7um급 대면적 노광렌즈의 조립기술개발의 성공을 목전에 두고 있는 프로옵틱스는 정부과제로 Line scan 방식 0.3um급 Wafer검사 광학모듈을 신규로 개발 중에 있다. 이 기술을 토대로 기존의 반도체 생산 라인에 있는 일본 및 독일산의 0.6um급 현미경 보다 기능면에서 월등한 현미경을 제작을 진행 중이며, 노광면적 150mm×150mm, 3um정밀도의 LCD노광렌즈를 개발할 계획이라고 밝혔다.



▶프로옵틱스 신사옥 앞에서 내외빈이 함께 테이프 커팅을 하고 있다.