

◆ 특집 ◆ 초정밀 사출성형 지능화 기술

## 초정밀 사출렌즈 금형 기술

### Mold Technology for Precision Injection Lens

하태호<sup>1</sup>, 조형한<sup>2</sup>, 송준엽<sup>1,✉</sup>, 전종<sup>2</sup>  
Tae ho Ha<sup>1</sup>, Hyoung Han Jo<sup>2</sup>, Jun Yeob Song<sup>1,✉</sup>, and Jong Jeon<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 한국기계연구원 (Department of Ultra Precision Machines & Systems, Korea Institute of Machinery & Materials)

<sup>2</sup> ㈜엔투에이 (N2A. Ltd)

✉ Corresponding author: sjy658@kimm.re.kr, Tel: +82-42-868-7144

Manuscript received: 2014.5.22 / Accepted: 2014.6.12

*Precision injection mold is an essential element in order to manufacture small and precision plastic lenses used for phone camera. There are many critical factors to meet the requested specifications of high quality plastic lenses. One of the main issues to realize high quality is minimizing decenter value, which becomes more critical as pixel numbers increases. This study suggests the method to minimize decenter value by modifying ejecting structure of the mold. Decenter value of injection-molded lens decreased to 1  $\mu\text{m}$  level from 5  $\mu\text{m}$  by applying suggested ejecting method. Also, we also developed BIS (Built-in Sensor) based smart mold system, which has pressure and temperature sensors inside of the mold. Pressure and temperature profiles from cavities are obtained and can be used for deduction of optimal injection molding condition, filling imbalance evaluation, status monitoring of injection molding and prediction of lens quality.*

Key Words: Plastic Lens (플라스틱 렌즈), Injection Mold (사출금형), Decenter (편심), Built-in Sensor (내장센서)

#### 1. 서론

사출성형기술은 성형이 용이하며 생산 속도가 빨라 대량생산이 가능하여 자동차 범퍼와 같은 대형 사출품으로부터 중소형 가전제품, 휴대폰용 렌즈와 같은 초소형 사출품까지 실생활의 다양한 부분에 활용되고 기술이다. 이들 제품의 정도를 결정하는 주요요소 중 하나는 제품의 틀이 되는 사출성형 금형으로 각 제품의 크기 및 용도에 따라 요구되는 사양을 Table 1에 요약 하였다. 이중 초정밀 소형 사출렌즈는 휴대폰, 태블릿 PC, 웹 카메라, 청소로봇, ATM등 다양한 분야에서 적용되고 있으며 그 수요 또한 폭발적으로 증가하고 있다.<sup>1</sup>

표에서 보는 바와 같이 초정밀 소형 사출렌즈의 경우, 캐비티 수의 증가는 물론 요구 사양 또한 엄격해짐을 알 수 있다. 사출렌즈는 글래스 렌즈와 유사한 굴절률 및 저복굴절 소재의 개발을 통해 기존의 글래스 렌즈의 대체가 가능하게 되었다. 그러나, 일반 사출품에 비해 낮은 온도편차, 캐비티별 충전 균형이 요구되며 다수의 캐비티 구조로 되어있어 각 캐비티에서 양품의 확보가 가능하여야 한다. 또한, 기존의 사출품의 경우 형상 정도의 확보가 필수조건임에 비해 렌즈의 경우 형상 정도를 확보하더라도 광학적 특성을 확보하지 못하면 제품으로서 사용이 불가함으로 광학특성 확보가 필수적이다.

Table 1 Injection molding products

	Large size (ex. car bumper)	Middle size (ex. homeappliances)	Small size (ex. phone case)	Very small size (ex. cell phone lens)
Capacity of injection molding machine [ton]	550 ~ 650	220 ~ 550	100 ~ 220	50 ~ 100
Temperature differences	5 °C	3 °C	2 °C	1 °C
Number of cavity	1	1 ~ 2	2 ~ 4	8 ~ 16
Filling time difference	-	< 5 %	< 3 %	< 1 %
Mold precision [mm]	0.2	0.02 ~ 0.04	0.01 ~ 0.03	0.001 ~ 0.01
Optical property necessity	X	X	X	O

휴대폰의 카메라 성능은 VGA급에서 현재 16 메가픽셀의 스마트 폰의 출시까지 수요만큼이나 폭발적인 향상을 보이고 있다. 이와 같이 휴대폰에 사용되는 사출렌즈는 대중소형 일반 사출품과 달리 초정밀 금형기술의 확보가 필수적이며 또한, 광학적 특성을 확보하기 위한 기술의 개발이 필요하다. 이와 같은 초정밀 사출렌즈의 생산을 위한 기술로는 크게 초정밀 금형기술과 최적공정 도출을 위한 공정기술로 나뉘질 수 있다.

지금까지 렌즈의 외형적인 요구성능은 물론 복굴절 저감과 같은 광학적 특성을 확보하기 위하여 다양한 연구가 이루어져 성능향상을 이루고 있다. 금형 제작 전에 해석을 통하여 형상 및 외관치수의 확보, 복굴절 발생을 최소화 시키는 금형설계 및 조건을 도출하게 된다.<sup>2,5</sup>

고화소수 렌즈성능을 만족시키기 위하여 렌즈 모듈을 구성하는 플라스틱 렌즈도 5매로 증가되어 이로 인해 특히 편심 즉, 렌즈의 광축 오차를 설계 치에 가장 가깝게 제작하는 하는 것이 중요한 요소가 되었다. 또한, 이와 같이 사전해석을 통한 설계되고 실제 제작된 금형을 이용하여 제품생산 시 사출 성형기에서 설정된 성형조건과 실제제품이 성형되는 금형 캐비티 내부에서의 실제 현상을 파악이 가능하게 되면 보다 정밀한 제품의 생산이 가능하다.

본 논문에서는 초정밀 사출렌즈 생산을 위한 금형기술에 있어서 금형구조 개선을 통하여 하드웨어적으로 정도를 확보하는 방법과 센서를 내장한 금형을 개발하여 센서신호를 분석하여 최적의 사출조건을 도출이 가능한 스마트 금형을 통하여 제품정도 확보를 추구하는 두 가지 방법으로 초정밀 사출렌즈 금형 개발을 진행하였다. 사출조건은 제품의 형상은 물론 광학적 특성 및 표면 거칠기 까지 영향을 미치는 것으로 보고되고 되어 있어 단시간에 최상의 사출조건을 도출하는 것이 핵심

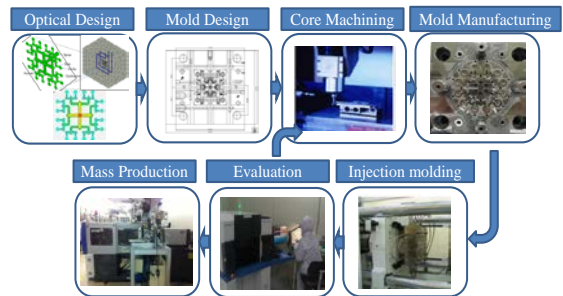


Fig. 1 Manufacturing process of optical injection mold

이 된다.<sup>6-8</sup>

특히 고해상도 렌즈 생산에 있어서 가장 큰 영향을 미치는 인자인 금형편심 발생 원인을 분석하고 편심발생 최소화 취출방식을 제안하고 그 성능을 실험적으로 확인하였다. 또한, 지금까지 블랙박스처럼 실제 현상 파악이 곤란하였던 금형 캐비티 내부에서의 압력 및 온도 정보의 획득 가능한 BIS (Built-In Sensor) 기반 스마트 금형을 제안하여 그 유용성을 나타내었다.

## 2. 초정밀 사출렌즈 금형

### 2.1 초정밀 사출렌즈 금형 필요기술

사출렌즈 금형 제작공정을 Fig. 1에 도시하였다. 개발된 센서 및 기타 사양에 의해 렌즈 광학설계를 진행하고, CAE를 통해 렌즈 흐름이나 금형 제작상의 문제점을 확인 하고 런너, 게이트, 냉각채널 등의 최적화를 거친 후 렌즈 도면을 기준으로 금형 제작을 진행하게 된다.<sup>9,10</sup> 이렇게 제작된 금형으로부터 생산되는 렌즈는 요구 성능을 맞추기 위해 수 차례의 보정작업을 진행하고 최종적인 제품인 렌즈모듈 형태로 최종적인 영상평가를 하게 된다. 평가 결과 성능에 만족하면 금형 이관 후 양산을 진행하게 된다.

렌즈금형은 크게 카세트 타입과 일체형 타입으로 구분 된다. 카세트 타입 금형은 기본 베이스가 되는 금형에 런너와 코어 등이 카세트를 삽입하는 방식이며, 이에 반에 일체형 금형은 한 개의 금형에 모든 구조가 형성된 형태이다.

각 금형 타입은 장단점을 가지고 있으나 카세트 금형의 경우, 카세트 부품이 작아 휨이나 편차관리가 용이하며, 온도상승 시의 변형을 베이스로 보완하여 몰드 열변형에 따른 카세트에의 영향이 작다.

또한, 베이스는 공통적으로 사용하고 수정 시 카세트만 수정하면 되므로 수정의 용이성 및 경제성 측면의 장점으로 카세트의 타입의 렌즈금형이 도입하는 업체도 많이 늘고 있다.

렌즈 금형 제작은 단순히 2매의 사출 금형을 제작하는 것이 아니라 금형 설계 및 제작, 사출 성형 조건 설정, 사출기의 선정, 경험이 풍부한 엔지니어 등 어느 한 부분도 소홀이 여길 수 없는 부분이다. 이것은 렌즈 성능을 만족하기 위하여 보다 더 정밀한 초정밀 금형을 제작해야 하는 것이다. 렌즈사출 양산성을 확보하기 위해서는 금형의 가장 알맞은 금속재질 선정, 열처리 및 가공이 진행 되어야 한다. 렌즈의 형상 가공을 위해서 초정밀 코어 가공, 최적의 사출 조건을 설정 할 수 있는 기술의 확보와 그것을 뒷받침해 줄 수 있는 위해서 정밀사출기 및 기타 부대 장비들이 선정이 되어야 하며, 서브마이크로 단위의 오차도 성능에 영향을 주기 때문에 고정밀의 측정기 기술이 필수적이다.

**2.2 초정밀 사출렌즈 요구사항**

Table 2에 휴대폰 카메라의 화소수 증가에 따라 사출렌즈에 요구되는 공차, 형상정밀도, 디센터(decenter) 수치를 예시하였다. 표에서 보는 것과 같이 13 메가 픽셀의 고화수 렌즈의 경우, 형상오차 0.4 μm, 디센터 1 μm 이하를 유지 해야 되는 등 그 요구사항이 엄격하다. 렌즈의 도면 예를 Fig. 2에 나타내었다.

이와 같은 초정밀 사출렌즈 제품의 불량 및 정도를 확보하기 위한 대응방법은 크게 다음과 같다.

첫 번째는 렌즈 수축에 의한 표면 형상 불량이 다. 이는 주로 캐비티 및 코어의 형상 보정이나 사출 조건 변경 등으로 개선이 가능한 부분이다.

두 번째는 렌즈의 복굴절로 수치를 이용한 사출 금형 특성상 발생하는 현상으로 렌즈 제작하기 전에 성형 해석을 통해 복굴절을 미리 예측하고,

Table 2 Specifications of lenses

	5 MP	8 MP	13 MP
Tolerance (mm)	±0.005	±0.003	±0.002
Form error (μm)	< 0.5	< 0.5	< 0.4
Decenter (μm)	< 2.0	< 1.5	< 1.0

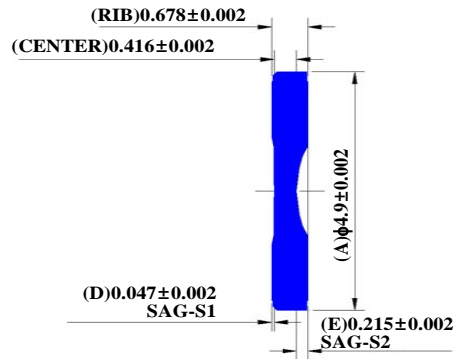


Fig. 2 Lens size and tolerance

최적의 성형 조건을 통하여 최소화 가능하다. 또한, 성형 해석은 복굴절 뿐만 아니라 렌즈의 수축 및 렌즈 설계 검토 시 흐름의 병목구간을 예측하여, 정밀한 렌즈 금형 제작이 가능하게 된다.

세 번째는 편심 즉, 렌즈 광축의 어긋남의 정도로 고정도 렌즈 성능 구현에 가장 큰 문제가 되는 부분으로 부각되고 있다. 편심량은 금형 정밀도에 따라 크게 좌우되며 금형 제작 시 가장 곤란 부분이기도 하다.

**2.3 렌즈 금형 편심**

**2.3.1 렌즈금형 편심 발생요인 분석**

렌즈금형의 편심 발생에 영향을 미치는 주요 항목 및 대응법은 크게 다음과 같이 추정할 수 있다.

첫 번째는 금형이 성형 온도로 상승되어 있을 때와 상온에 있을 때 안정적으로 팽창·복원이 가능하여야 한다. 최적 소재선정 및 이를 고려한 설계, 열처리 공정을 통해서 이들 문제를 해결하고 있다.

두 번째는 상·하측 메인 카세트 자체의 동심의 틀어짐과 캐비티 편심량의 문제이다. 각 금형에서의 편심량과 시사출된 사출렌즈의 편심량과의 상관성을 파악하기 위하여 시제작한 금형에 대하여 상·하측 메인 카세트 및 캐비티의 편심량을 측정하여 Table 3에 나타내었다. 삼차원 측정기(Video-Check HA 3D CNC, Werth사)를 이용한 접촉식 측정을 통하여 측정하였으며, 카세트의 중심에서 위치를 측

Table 3 Decenter data of mold

Upper /lower cassette decenter [μm]	CAV No.	1	2	3	4	5	6	7	8
	X	0.3	0.1	0.4	0.5	0.2	0.4	0.0	0.0
	Y	0.1	0.3	0.2	0.1	0.5	0.3	0.4	0.3
CAVITY PIN		0.43	0.22	0.78	1.04	0.71	0.97	0.77	0.47

Table 4 Decenter data of lenses (core pin ejection)

CAV' No.	1	2	3	4	5	6	7	8	Max	Min	Ave
Decenter [μm]	7.2	8.6	9.2	5.4	1.6	3	2.5	4.5	9.2	1.6	5.3

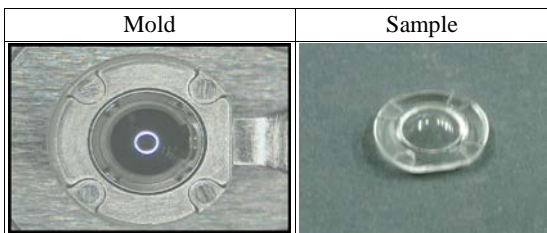


Fig. 3 Ejector pin ejecting type

정한 후 상·하측 메인 카세트 각각의 중심에서 위치가 틀어진 정도를 좌표로 나타내었다. 측정결과 틀어짐이 최대 0.5 μm 이내로 거의 카세트의 틀어짐은 무시할 수 있음을 알 수 있었다.

캐비티의 편심량은 편심측정기 (OptiCentric, Trioptics사)를 이용하여 측정한 결과이다. 형상의 센터점이 코어 핀의 원통부분에서 틀어짐을 측정할 수 있는데 측정결과 1.04 μm 이내임을 확인하였다. 측정오차 값을 감안하더라도 정밀금형 가공을 통하여 낮은 편심오차를 가지는 금형제작이 가능함을 확인하였다. 이와 같이 안정적인 팽창·복원 오차, 상하측 메인 카세트 자체의 편심량, 캐비티의 편심량 등을 억제할 수 있었으나, Table 4에서 보는 바와 같이 사출을 통해 사출되는 실제 렌즈에서 발생하는 편심은 최대 9 μm을 초과하는 결과를 나타내었다.

원인 분석 결과, 취출 구조에 따른 편심이 발생하는 것으로 추정되었다. 카세트 타입 금형의 경우, 취출 방식에 따라서 이젝터 핀 취출 (ejector pin ejecting) 방식 과 코어 핀 취출 (core pin ejecting) 방식으로 나뉘어진다. 상기 금형은 코어 핀 취출방식을 채택한 금형이다.

이젝터 핀 취출방식은 Fig. 3과 같이 렌즈의 플

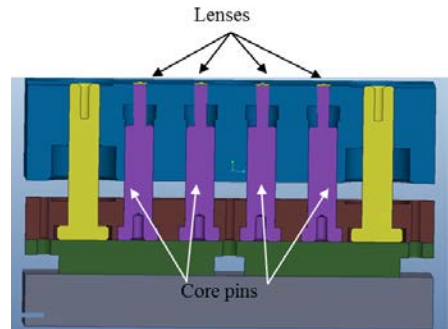


Fig. 4 Core in position during resin injection

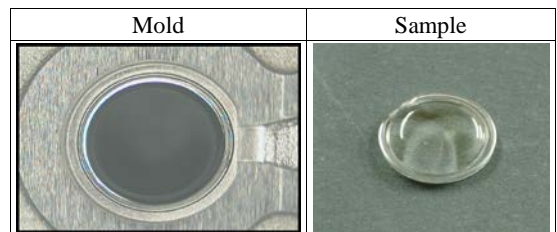


Fig. 5 Core pin ejecting type

랜지(flange) 부에 이젝터 핀을 삽입해서 코어 핀 대신 이젝터 핀이 제품을 밀어내는 방식이다. 이젝터 핀 취출방식은 이젝터 핀에 의해 플랜지 구간에 흐름이 나빠져 복굴절 발생 요인이 생긴다.

또한, 플랜지 구간이 짧으면 이젝터 핀 삽입 공간이 없어 제작이 불가능하며 상대적으로 높은 제작비용이 소요되는 단점을 가지고 있다.

코어 핀 취출 방식은 Fig. 4와 같이 렌즈를 형성하는 코어 부분을 직접 구동시켜 렌즈를 취출하는 방식으로 상대적으로 복굴절에 유리하다. Fig. 5에 코어 핀 취출방식의 금형부 및 사출렌즈의 사진을 나타내었다. 초기에는 이젝터 핀 취출방식이 많았으나 흐름성 및 비용 등의 이유로 코어 핀 취출 방식의 정도를 높이는 데 중점을 두고 개발이 진행되어 제작한 금형의 경우도 코어 핀 취출방식의 금형이었다. 하지만, 코어 핀 취출 방식의 경우 구조상 코어 핀과 하측 메인 카세트 홀 사이의 간극이 존재하여 편심 발생 요인이 됨으로 이젝터 취출 방식을 도입하되 기존의 이젝터 핀의 위치 및 형상개선을 통한 취출법을 시도하였다.

### 2.3.2 편심 최소화 취출 기술

기존의 이젝터 핀 취출방식은 렌즈의 플랜지 부에 이젝터 핀이 위치하여 플랜지 구간이 짧은

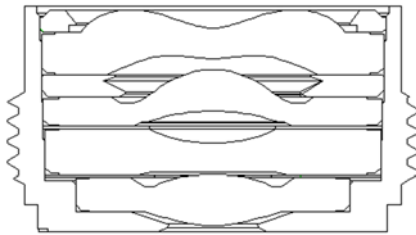


Fig. 6 Section view of lens assembly

Table 5 Decenter data of lenses (ejector pin ejection)

CAV' No.	1	2	3	4	5	6	7	8	Max	Min	Ave
Decenter [ $\mu\text{m}$ ]	1.7	1.3	0.2	1.1	1.9	2.9	2.5	1.4	0.2	2.9	1.6

경우 적용이 곤란하다. 따라서, 이젝터 핀의 위치를 런너 (runner) 부로 이동시켜 기존의 멀티 캐비티 제품의 번호를 각인하는 넘버링 및 취출 핀의 역할을 동시에 하도록 설계하였다. 이젝터 핀이 플랜지 부에 위치할 때와 런너 부에 위치에 할 경우 렌즈가 가동 측 쪽으로 힘을 발생시킬 수 있다. 또한, 기존의 렌즈 구조로는 취출 시 렌즈에 응력을 발생시킬 수 있다.

이를 해소시키기 위하여 런너 부의 이젝터 핀을 캐비티 쪽으로 근접시켜 힘 발생을 최소화하였다. 또한, 경통에 조립되는 렌즈의 외경을 형성하는 금형구조를 개선을 통해 취출 시 응력발생을 감소시켰다.

Fig. 6에 각 단렌즈를 조립하여 제작된 렌즈모들의 단면도를 나타내었다. 단렌즈는 경통에 순차적으로 억지 끼워 맞춤 방식으로 조립되게 된다. 그림에서 보는 바와 같이 렌즈외경의 수직영역이 경통 내면과 접하여 조립이 되는데 이 수직구간의 축소, 곡면구간의 형성 및 게이트 (gate) 보강을 통하여 직접 렌즈 코어 부에서의 취출이 아닌 런너에서의 취출에도 힘 및 응력발생을 억제하도록 하였다.

런너 이젝터 핀 타입의 금형을 제작하여 상·하측 메인 카세트 및 캐비티의 편심량을 측정한 결과 전술한 금형과 유사하게 최대 1  $\mu\text{m}$  이내의 양호한 편심을 확인하였다. 이 금형을 이용하여 시사출을 통해 얻어진 사출렌즈의 디센터 값을 Table 5에 나타내었다. 표에서 보는 바와 같이 최대 2.9  $\mu\text{m}$ , 평균 1.6  $\mu\text{m}$ 의 디센터 값이 발생함을 알 수 있다. 이는 전술한 코어 핀 이젝터 방식으로 생산된 사출렌즈의 최대 9.2  $\mu\text{m}$ , 평균 5.3  $\mu\text{m}$ 의

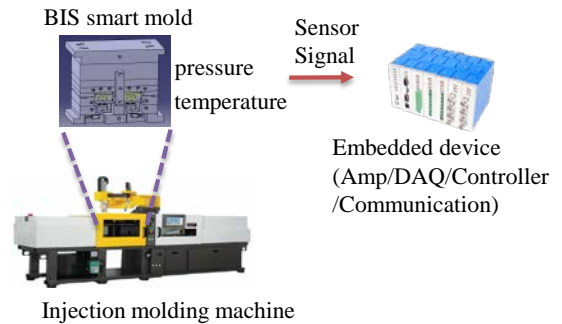


Fig. 7 BIS-based smart mold system

디센터 값에 비해서 현저하게 감소되었음을 알 수 있다. 금형수정 및 조건설정을 통하여 최종적으로 전 캐비티에서 요구 형상오차, 공차의 확보 및 1  $\mu\text{m}$  이하의 디센터 값을 확보할 수 있었다.

### 3. BIS 기반 사출렌즈용 스마트 금형

#### 3.1 BIS 기반 사출렌즈용 스마트 금형 구조

BIS (Built-In Sensor) 기반 스마트 금형은 실제 멀티 캐비티 금형내부에서 발생하는 현상을 내장된 센서로부터의 신호를 통하여 규명 가능하도록 설계되었다. 금형에 각각 다수개의 압력센서 및 온도센서를 내장하여 다수개의 캐비티 내부의 정보를 획득 분석을 통하여 최적의 사출성형 조건 도출이 가능하게 된다.

BIS 스마트 금형 시스템의 구성을 Fig. 7에 나타내었다. 크게 센서를 내장한 BIS 금형과 임베디드 디바이스 (embedded device)로 나누어지는데 그림과 같이 금형 내 각 캐비티로의 압력 및 온도 센서신호를 임베디드 디바이스에서 증폭, 샘플링, 분석 및 모니터링 작업을 하게 된다.

사출렌즈는 광학제품이기 때문에 렌즈의 형상면에 직접적으로 압력측정 센서 및 온도센서를 위치시킬 수 없는 제약이 있다. 따라서, 각 렌즈 코어 핀 하부에 압력센서를 장착하여 캐비티 내부의 압력 변화를 검출하도록 하였다. 온도센서는 K-type의 열전대를 직경 1.5 mm의 이젝터 핀에 삽입 제작하여 각 게이트 부근에 장착하는 구조로 제작하였다.

Fig. 8에 제작한 BIS 스마트 금형의 사진을 예시하였다. 폰 카메라용 12 캐비티 금형으로, 각 12개의 온도센서를 게이트 부에 장착하였으며, 각 코어 핀 하부에 압력센서를 장착하여 사출성형 시 발생하는 온도 및 압력 프로파일을 측정할 수 있

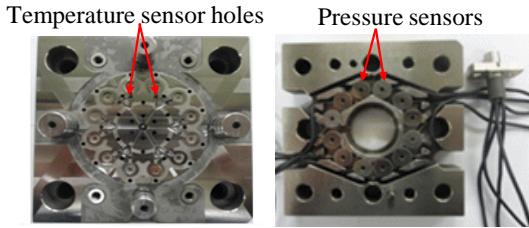


Fig. 8 BIS-based smart mold

다. 온도센서는 금형 내부의 전체적인 온도분포의 파악은 물론 사출성형 시 수지의 유입에 의하여 급격하게 온도가 상승하는 구간을 추출하여 충전 불균형 정도를 파악하는 역할을 한다.

### 3.2 BIS 기반 스마트 금형 신호 추출

개발한 BIS 기반 스마트 금형을 이용하여 획득한 캐비티 압력 및 온도 프로파일 측정 예를 각각 Fig. 9와 Fig. 10에 나타내었다.

그림에서 보는 바와 같이 최대 압력, 보압, 최대 온도, 온도상승 시간 등 다양한 특징요소들이 1 kHz의 샘플링 레이트 (sampling rate)로 고분해능의 데이터 습득이 가능하다. 압력 및 온도 센서 신호를 비교해 보면 수지의 유입에 따라 캐비티에 압력이 부가되어 급격하게 압력 값이 상승하며 압력조건에 따라 변동을 보임을 알 수 있다. 또한 온도센서의 경우, 동일한 시간에 온도 센서 핀에 고온의 수지가 도달하여 급격한 온도 상승을 보임을 확인할 수 있다.

이와 같이 금형의 각 캐비티의 게이트에 위치한 각 온도센서는 금형의 온도분포는 물론 수지도 달 시점 차를 검출해낼 수 있어 이를 통하여 캐비티 충전 불균형을 추정할 수 있게 된다.

기존의 사출성형에서는 사출 성형기에서의 설정 값과 이를 기반으로 실제 생산되는 사출렌즈 제품의 형상 및 광학적 성능확인의 긴 시간을 요구하는 반복적인 작업을 통하여 최적의 사출조건을 도출하게 된다. 제안한 BIS 기반 스마트 금형 시스템을 이용할 경우, 사출 성형기 설정치가 아니라 실제 성형이 이루어지는 금형 내부 각 캐비티에서의 정보를 분석이 가능하다.

따라서, 최적 사출조건 도출 시간 단축을 물론 고정도 제품 생산을 위한 금형 재가공 가이드 제공, 금형 유지보수 후의 사출조건 도출, 사출성형 상태 모니터링 등의 다양한 용도로 활용 가능한 초정밀 사출렌즈 금형 기술이다.

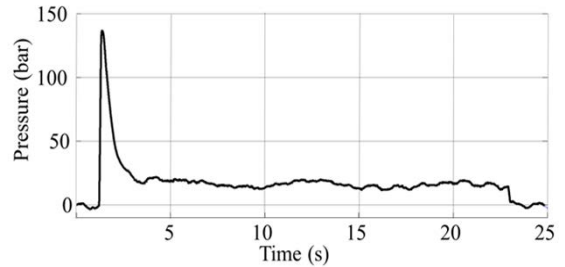


Fig. 9 Pressure profile from cavity

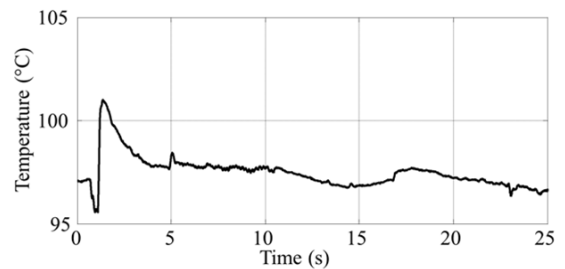


Fig. 10 Temperature profile from gate

## 4. 결론

본 논문에서는 초정밀 사출렌즈 생산을 위한 금형기술을 확보하기 위하여 고해상도 렌즈 생산에 있어서 가장 큰 영향을 미치는 인자인 금형 편심을 최소화 시키는 금형구조 개선을 통하여 하드웨어적으로 사출렌즈 정도를 확보하는 방법과 금형 캐비티 내에서의 압력 및 온도 정보의 획득 가능한 BIS (Built-In Sensor) 센서를 내장한 금형을 개발하고 이를 통한 센서신호 분석을 통하여 제품정도 확보를 추구하는 두 가지 방법의 초정밀 사출렌즈 금형기술을 제시하였다.

금형편심 발생 원인을 분석하여 편심발생 요소를 가지고 있는 코어 핀 취출방식에서 런너 핀 취출 방식의 도입 및 이로 인해서 발생하는 힘 및 응력 집중 등의 문제를 반영한 금형설계를 통하여 코어 핀 이젝터 방식이 최대 9.2  $\mu\text{m}$ , 평균 5.3  $\mu\text{m}$ 의 디센터 값을 가지고 있던 것에 비해 시사출 제품의 결과 최대 2.9  $\mu\text{m}$ , 평균 1.6  $\mu\text{m}$ 로 디센터 값이 대폭 감소하였으며, 최종적으로 형상정도 만족은 물론 전 캐비티에서 1  $\mu\text{m}$  이하의 디센터 값을 확보할 수 있었다.

또한, 지금까지 사출 성형기에서 성형조건의 변경해 가면서 실제 생산된 사출렌즈의 측정을 반복하여 시행 착오법을 통해 사출조건을 도출하던

방법에서 금형 캐비티 내에서의 압력 및 온도 정보의 획득 가능한 BIS 기반 스마트 금형을 제안하여 각 캐비티로부터의 신호 프로파일을 고정도도 획득 가능성을 확인하였다. BIS 기반 스마트 금형을 통하여 지금까지 블랙박스처럼 현상 파악이 곤란하였던 금형내부에서의 실제 현상의 진단이 가능하여 단기간에 최적 사출성형 조건의 도출은 물론 보다 높은 정밀도를 가지는 사출렌즈 생산을 가능하게 할 것으로 판단된다.

## 후 기

본 연구는 산업통상자원부 산업융합기술 산업핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음 [10040952, 신속대응 가능한 BIS(Built-In Sensor) 기반 자율지능형 사출성형 시스템 개발]

## REFERENCES

1. Kim, S. W., "Latest Technology Trend of Cell Phone Camera Module," *The Optical Journal*, Vol. 138, pp. 22-25, 2012.
2. Lee, S. J. and Hyun, D. H., "A Study of Influence of Parameters and Characteristics in the Injection Process on the Birefringence and Refractive Index for Pickup Lens," *Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers*, Vol. 16, No. 6, pp. 21-28, 2007.
3. Kwak, T. S. and Ohmori, H., "Verification for Transcription of Spherical Radius and Prediction of Birefringence in Injection Molding Optical Lens," *J. Korean Soc. Precis. Eng.*, Vol. 22, No. 6, pp. 55-60, 2005.
4. Jun, Y. T. and Hyun, D. H., "A Study Birefringence of Injection Molding for Plastics Aspheric Lens," *Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers*, Vol. 15, No. 1, pp. 108-112, 2006.
5. Lee, K. S. and Lin, J. C., "Design of the Runner and Gating System Parameters for a Multi-cavity Injection Mould using FEM and Neural Network," *International Journal of Advanced Manufacturing and Technology*, Vol. 27, No. 11-12, pp.1089-1096, 2006.
6. Sasaki, T., Koga, N., Shirai, K., Kobayashi, Y., and Toyoshima, A., "An Experimental Study on Ejection Forces of Injection Molding," *Precision Engineering*, Vol. 24, No. 3, pp. 270-273, 2000.
7. Lu, X. and Khim, L. S., "A Statistical Experimental Study of the Injection Molding of Optical Lenses," *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 113, No. 1, pp. 189-195, 2001.
8. Tsai, K. M., Hsieh, C. H., and Lo, W. C., "A Study of the Effects of Process Parameters for Injection Molding on Surface Quality of Optical Lenses," *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 209, No. 7, pp. 3469-3477, 2009.
9. Kim, J. M. and Lyu, M. Y., "An Application of CAE in the Optimization of Runner Size in Injection Molding," *Transactions of Materials Processing*, Vol. 15, No. 5, pp. 347-353, 2006.
10. Cho, S. W., Kim, J. S., Yoon, K. H., and Kim, J. D., "An Experimental Study of Injection Molding for Multi-beam Sensing Lens using the Change of Gate Geometry," *Transaction of Materials Processing*, Vol. 20, No. 5, pp. 333-338, 2011.