

## 사출 금형 수축률 산정에 관한 연구

최광혁<sup>1</sup> · 한성렬<sup>1</sup> · 이춘규<sup>†</sup>

공주대학교 금형공학과<sup>1</sup> · 유한대학교 금형설계과<sup>†</sup>

## A Study on injection mold shrinkage estimates

Gwang-Hyeck Choi<sup>1</sup> · Seong-Ryeol Han<sup>1</sup> · Chun-Kyu Lee<sup>†</sup>

Department of Mold & Die Engineering, Kongju National University<sup>1</sup>,

Department of Metal Die Design Engineering, Yuhan College<sup>†</sup>

(Received May 10, 2016 / Revised August 31, 2016 / Accepted September 02, 2016)

**Abstract:** It is true that the plastic shrinkage is inevitable. Shrinkage rate in effect at the time of mold design will soon determine the size of the global product. Process for the shrinkage of the plastic that provides how made, yet it has identified a process for making the question whether the shrinkage that can be trusted, and by the experimental results were as follows: as shrinkage, see ISO but, according to circumstances the process can go to the agreement between the parties. shrinkage ratio of the pressure sensor installed in the specimen mold is essential, amount of pressure sensor is that it is appropriate approximately 2-3. proper holding pressure is a significant effect on shrinkage Mitch, so that the effect of selecting the contraction ratio data according to the appropriate holding pressure during mold making . shrinkage CAE analysis results are difficult to utilize in the mold-making chamber. Based on these results, it concluded by looking forward to the improved products produced shrinkage.

**Key Words :** Injection, Packing, Pressure, Shrinkage

### 1. 서 론

사출성형을 이용한 제품들의 범위 또한 항공, 전기, 자동차, 건축 등 수많은 분야에 걸쳐서 생산되고 있다. 사출성형의 장점은 복잡한 형상의 성형, 자동화용이, 품질향상을 위한 성형요인의 다양성, 고효율의 대량생산, 다양한 표면상태, 단일공정의 제품생산, 다른 재료와 동시형성이 가능하다는 점 등이 있다. 이와 같이 많은 분야에서 널리 사용되고, 생산되는 사출성형 제품들은 금형의 캐비티 내에서 그 생산이 이루어지는데, 러너와 케이트를 통해 들어온 용융수지들이 충전, 보압, 냉각, 추출 순의 공정으로 제품을 생산하게 된다. 충전 단계에서는 비정상상태의 압축성, 비등온유동이며 액체에서 고체로의 상변화를 겪게 된다. 충전단계는 주로 성형품의 외관에 영향을 주며, 보압은 충전 단계 후 지속

적인 냉각 과 금형 내부의 압력 강하로 인하여 체적의 감소와 변형 발생을 방지하기 위해 지속적으로 가해 주는 압력으로써, 복굴절, 냉각 응력(cooling stresses), 밀도 분포, 제품의 수축, 흡과 같은 제품의 미세구조, 특성, 품질에 결정적인 영향을 미친다. 냉각단계에서는 성형품의 치수와 기계적 성질에 영향을 미친다. 최종적으로 출 단계에서 성형 제품을 얻는다. 성형 조건은 성형과정 중 단계마다 성형품의 품질에 많은 영향을 미친다. 그러므로 사출성형 공정에서는 각 단계에서 성형공정변수를 제어하는 것은 매우 중요하다. 캐비티 내에서 이루어지는 충전, 보압, 냉각의 공정에서 중요한 조건은 압력과 온도이다. 압력은 수지의 흐름에 영향을 미치며 온도의 변화에 불균일은 수축의 불균일 같은 생산품의 결함을 초래 한다. 압력과 온도가 적절하지 않은 경우 미성형(short shot), Flash, Flow mark, 변형, Crack, 표면 흐림, Jetting 등의 문제점들이 발생하며 수많은 연구와 실험, CAE (Computer-Aided Engineering) 소프트웨어 (Moldflow, Capa, Moldex3D,

1. 공주대학교 금형공학과

† 교신저자 : 유한대학교 금형설계과

Email : ckt1230@naver.com

Timon 등)를 통해 이러한 문제들을 해결하려고 노력하고 있다. 이와 같은 문제점중 하나인 압력 측정에 의한 금형 수축률(shrink)에 관해 연구하였다<sup>1)</sup>.

본 연구에서는 CAE 를 통한 Cavity 압력 및 시편 금형 Test를 진행하여 압력강하를 확인 하여 사출속도 및 내압에 대한 수축률 추정을 진행 하였다.

## 2. 실험장비 및 측정 방법

평가금형을 이용하여 실제 사출성형하면서 Cavity내 압력을 측정하고, 이를 CAE해석 결과의 압력 변화와 비교한다. Fig. 1은 실험장치의 계략도이며, Fig. 2는 압력 측정 실험에 사용된 금형이며 압력 센서는 게이트 근접한 위치에 설치하였다. 이유는 게이트가 금형에서 최대 압력이 발생하는 곳 이므로 공정에 대한 더 많은 정보를 얻을 수 있기 때문이다. Fig. 3은 부품의 내압센서 부착위치이다. 이유는 내압센서는 평면한 위치의 설정하는 것이 바람직하기 때문이다.

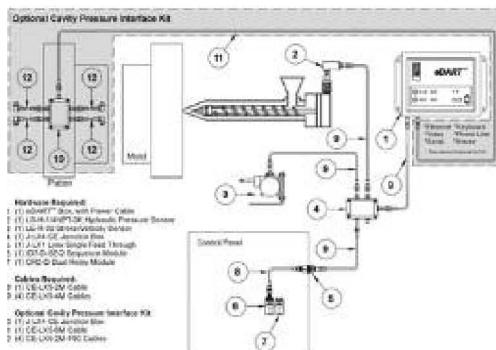


Fig. 1 Schematic view of a experimental setup



Fig. 2 Shrinkage factor specimens

### 2-1. 실험기기

GS 칼텍스 사의 수축률 사출성형기는 LGH250D를 사용하고 내압 센서는 RJJ 사의 PIEZO6157 4mm 상용 시편Size는 210×110×2.5mm 설정하고 사출성형 시 사용되는 원소재는 GS칼텍스의 PP+EPDM+T20 인 Grade명 MT42IN을 설정하였다.

부품금형의 사출성형기 (UBE: MD 1800S-V)를 사용하고 내압센서 완 사출 원재료는 시편금형과 동일하게 설정하여 진행하였다. 부품금형의 부품 Size는 1,580×585×295mm로 디자인 되어 있다.

### 2.2. 실험방법

금형에 의해 제작 된 시험편의 치수를 광학적으로 측정하기 위해 금형 캐비티에 기준점을 각인. 이러한 기준점을 사용하는 경우, 금형 캐비티 가장자리에서 ( $4\pm1$ ) mm의 거리에 설치. 이 기준점은 어떠한 경우에서도 수축 진행을 제한하지 않기 위해 가능한 5  $\mu\text{m}$ 의 깊이가 권장된다. 동일면에 삽입된 편을 이용해도 좋다.

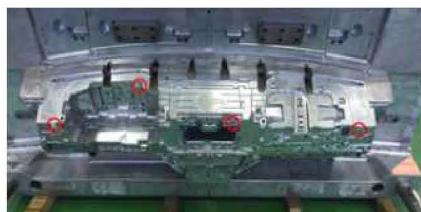


Fig. 3 Internal pressure sensor location

성형 수축률을 측정하기 위해서는 표준에서 권장하는 압력 센서 설치가 필수적이다. 보압 과정에 성형판이 금형 캐비티의 깊이보다 두껍게 되지 않도록 충분히 견고해야 한다. 부재시 시험 편으로 측정 용 시험편을 사용 성형 수축. 그러나, 임의의 몰드 부재 성형 수축 측정 의 치수 시험편 및 성형 조건 을 정한다 당사자 사이의 합의에 의하여 가능하다. 치수 측정 장치는 시험편 및 금형의 길이와 폭을 0.01 mm 이내까지 측정 할 수 있는 것.오븐은 당사자 사이의 협정에 따라 후 수축률을 측정하는 경우에만 필요하다.

#### 2.2.1 사출조건 설정방법

사출속도는 시험편 중앙부 스트레이트부의 용융수지 유동속도는 평균 사출속도의 중앙값으로 설정 한다. 사출시간은 약 2초로 설정한다. 보압 결정, 규

정되어 있지 않을 때에는, Burr 가 최소, 성형품에 Sink mark, Void 등 기타 외관불량이 없어질 때 까지 서서히 올려, 그 때의 압력을 보압으로 채택한다.

절환점의 설정은, 압력저하 Fig 4의 Curve c가 발생하지 않도록 하고, 사출-보압 절환점으로부터 1초간 peak 가 내압의 10% 를 초과하지 않도록 Fig 4의 Curve b와 같이 절환점을 적절히 선택한다. Fig 4의 Curve a는 사출 성형기의 관성에 따라 실제 전환 시간은 명목상의 수치보다 길어진다. 따라서 정확한 스위칭 포인트는 사출 속도의 개별 수치 및 개별 시험 자료에 대해 개별적으로 조정한다. 캐비티 내압의 큰 피크는 일시적인 과부하가 되어, 부분적인 역류가 일어날 수 있다. 보압을 일정하게 유지하며, 보압 시간은, 게이트 영역의 재료가 응고 될 때까지 유지한다<sup>2)</sup>.

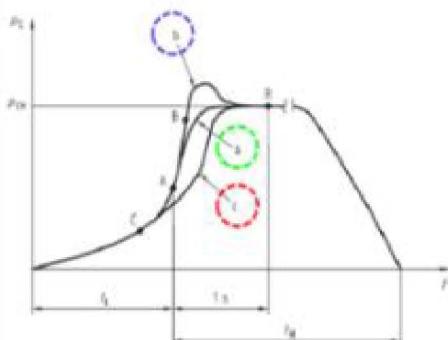


Fig. 4 Set injection conditions

냉각시간은 성형품이 취출되었을 때 변형되지 않을 최소 냉각시간. 재료의 냉각 속도는 두께의 역수의 제곱에 비례하기 때문에, ISO 규정 게이트 높이와 두께의 비율 3:4의 경우 최단 냉각 시간은 보압 시간의 1.8 배에 가까운 것으로 예상된다<sup>3)</sup>.

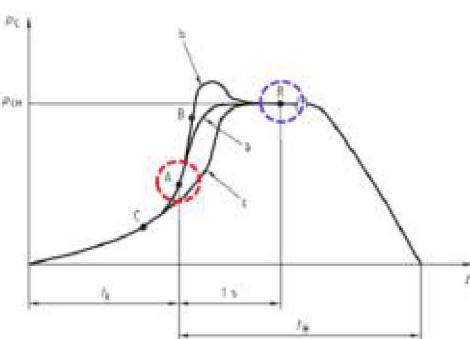


Fig. 5 Set injection conditions

정상 상태를 유지한다. Fig. 5에서 A부 지점 근처에서의 곡률 변화는 유동 구간에서 압축 구간까지다. Fig. 5 R부 점에서 보압의 캐비티 내압이 기록된다. 최단 보압 시간은 캐비티 압력이 제로 감소하는 점에서 읽을 수 있다.

## 2.2.2 이형 후 시험편의 처리 방법

이형후 시험편의 처리는 변형을 최소화하기 위해 각 시험편은 이형 후 신속하게 러너에서 분리한다. 시험편을 평탄한 열전 도성이 낮은 재료 위에 두고 실온까지 냉각시킨다.

냉각 후, 23±2 °C에서 16 시간에서 24 시간 보관한다.

성형수축률 측정은 -23±2 °C에서 0.02 mm까지 측정한다. 또한 성형 수축률 측정 후, 처리후 수축률을 측정하기 위한 처리 조건(온도, 습도 및 기타 환경)는 관련 자료 규격에서 규정 된 것 또는 납품 당사자 간에 합의 된 것이어야 한다.

처리 후 수축률 측정 23±2 °C에서 0.02 mm까지 측정한다.

금형 수축률 산정 방법은 MD는 용융 흐름 방향에 평행을 말하며 TD는 유동 방향에 수직 나타낸다.

금형 수축률 계산식은 다음과 같다

MD는 금형치수에 시편치수를 빼고 금형치수분에 꼽하기 1,000를 하면 성형 수축률을 알 수 있다

$$\alpha_{MD} = \frac{\beta - \gamma}{\beta} \times 1000$$

성형 수축률 계산식

$\alpha_{MD}$  : 성형 수축률(%)

MD : 흐름 방향

TD : 흐름에 직교 방향

$\beta$  : 금형치수 (mm)

$\gamma$  : 시편치수 (mm)

## 3. 실험 결과 및 분석

모니터링을 통한 사출 흐름성 Data 분석 CAE & 수축률 시편Data & 실부품 Data를 비교 Table 1에 수축률 분석표를 작성하였다.

Table 1의 분석표 결과 CAE & 실시편의 Data 차이 큼을 알 수 있었다. 그리고 두께별로 수축률의 변화율도 본도표에서 분석되어 지고 있다.

Table 1 CAE & 실시편 & 실부품의 Data 차이  
Baking 조건: 85°CX 40분

항목	단위	1	2	3	4	
보압 사출기	Cavity (Target)	Mpa	25	30	35	40
CAE (2.0t)	금형 내 압	Mpa	15	25	15	26
	MD(CAE)	1/1000	11.40	10.30	9.57	8.03
	TDC(AE)	1/1000	11.00	10.20	9.55	8.94
CAE (2.5t)	금형 내 압	Mpa	15	20	25	31
	MD(CAE)	1/1000	11.50	10.40	9.64	8.96
	TDC(AE)	1/1000	11.10	10.30	9.62	8.99
실시편 (210*110*2.5t)	금형 내 압	Mpa		21		
	MD(실시편)	1/1000			7.50	
	TDC(실시편)	1/1000			9.50	
	MD Avg (실시편)	1/1000			10.20	
CAE (3.0t)	금형 내 압	Mpa	15	20	26	31
	MD(CAE)	1/1000	11.60	10.40	9.65	8.98
	TDC(AE)	1/1000	11.10	11.30	9.46	8.99
CAE (3.5t)	금형 내 압	Mpa	15	20	25	30
	MD(CAE)	1/1000	11.60	10.40	9.66	8.98
	TDC(AE)	1/1000	11.10	10.30	9.68	9.01
CAE(부품)	금형 내 압	Mpa		41		
	MD(CAE)	1/1000			8.96	
	TDC(AE)	1/1000			8.99	
부품 (1,580*585*3.5t)	금형 내 압	Mpa	25			
	MD(실시편)	1/1000	9.80			
	TDC(실시편)	1/1000	9.50			
	MD Avg (실시편)	1/1000	10.70			

#### 4. 결론 및 토의

본 연구에서는 사출금형 내 압력변화에 따른 수축률 변화를 고찰하고, 환경에 따른 최적 수축률을 제시하고자 하는 바, 금형 내압 모니터링을 통한 사출 흐름성 측정, CAE를 통한 Cavity 압력 강하 확인, 압력 값에 따른 적정 보압 수치를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 수축률에 대한 Process는 ISO를 참조하되, 여전에 따라 당사자간 합의로 진행할 수 있다.
- 2) 수축률 시편 금형에 압력센서의 설치는 필수적이며, 압력센서의 수량은 2~3 정도가 적절하다.
- 3) 적정 보압이 수축률에 큰 영향을 미치므로 금형 제작 시 적정 보압에 따른 수축률 Data를 선택하는 것이 효과적이다.
- 4) CAE 수축률 해석 결과는 실 금형제작에 활용하기에는 어려움이 있다.

위의 결과들을 토대로 볼 때, 본 연구에서 선정한 세 가지 측정에서 정 위치에 압력센서를 2~3개를 설치하고 압력 값에 따른 적정 보압을 찾아 적용하

는 것이 수축률에 가장 큰 영향을 미친다고 볼 수 있다.

본 연구에서는 사출금형 내 압력 측정을 통한 수축률 산정의 값을 측정하는 주관적 평가를 실시하였지만, 이 연구를 기초로 하여 추후 제품 제작 시 제품별로 최적의 압력 수치와 보압 값을 이용한 수축률 고려한 설계에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

#### 후기

본 연구는 로노삼성자동차 소재시험팀 연구를 토대로 GS칼텍스에서 시편과 CAE를 토한 Cavity 압력 강하 확인 및 검증 DATA를 지원, 씨에이프로(주)에서 성형해석 및 내압측정 DATA를 지원받아 작성함.

#### 참고문헌

- 1) ISO 294-1 First edition 1996-12-15 / AMENDMENT 1 2001-01-15, Plastics - Injection moulding of test specimens of thermoplastic materials - Part 1: General principles, and moulding of multipurpose and bar test specimens, 1996.
- 2) ISO 294-4: Second edition 2001-12-15, Plastics - Injection moulding of test specimens of thermoplastic materials -Part 4: Determination of moulding shrinkage, 2001.
- 3) ISO 294-3 : Second edition 2002-06-01, Plastics - Injection moulding of test specimens of thermoplastic materials - Part 3: Small plates, 2002.
- 4) 전강일, 사출성형 공정 캐비티 내압력측정과 CAE 해석을 활용한 첨도 함수 추정.
- 5) 이옥성, Cavity 내압력 측정에 의한 사출성형에서의 최적생산.
- 6) 유종학 김회송, 사출성형에서 캐비티 압력과 인장 강도에 관한 연구.
- 7) ISO 294-1:1996 4.1.1.4, item k) and ISO 294-3:-, Figure 2, 1996.