

## 사출 성형 조건에 따른 PC 색상별 수축률 편차에 관한 연구

정상훈<sup>1</sup> · 유중학<sup>1</sup> · 홍청민<sup>1</sup> · 정현석<sup>†</sup>  
한국기술교육대학교 메카트로닉스공학과<sup>1,†</sup>

### A Study on the Shrinkage Deviation in PC-Collors by the Injection Molding Conditions

Sang-Hwon Jung<sup>1</sup> · Joong-Hak Yoo<sup>1</sup> · Cheong-Min Hong<sup>1</sup> · Hyun-Suk Jung<sup>†</sup>  
Department of Mechatronics Engineering, Korea University of Technology Education<sup>1,†</sup>  
(Accepted February 26, 2015)

**Abstract :** In the data from synthetic resin makers, there is no shrinkage deviation through injection molding. But, after making the required products, even in the same conditions, there are some size-deviation in colors. Into our research, we checked main factor by the injection molding conditions. Our tests have shown this results , there are some shrinkage deviation in collors and, in the injection molding conditions, packing pressure is the main factor.

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

#### 1. 서 론

하루가 다르게 성장하는 IT 산업사회에서 많은 신제품개발과 그에 따른 생산은 끊임없이 이루어지고 있다. 다양한 매체를 통하여 빠르게 새로운 제품들을 접할 수 있게 되었다. 이에 수요증가로 인한 생산성과 시간 단축에 관한 것은 기술력은 물론, 경제적인 문제와 직결되고 있다. 그 중 플라스틱 제품들은 다른 재료의 제품들에 비하여 제조원가가 저렴하고 생산성이 우수하여 전기, 전자, 기계, 항공기 등 여러 산업분야에서 널리 활용되고 있다. 수지의 특징이 되는 결정구조, 화학성, 내구성, 강성 등을 비롯하여 전기적 성질까지 특성에 따라 전자제품과 자동차, 생필품에 이르기까지 다

양한 분야에 널리 사용되고 있다.

플라스틱 제품의 여러 가지 생산 방법 중 가장 보편적이고, 효율적인 방법으로 사출성형 방법이 있다. 사출성형은 사출성형기에 사출금형을 체결하여 계량, 충전, 보압, 냉각, 취출의 공정으로 대량생산하는 제품 성형법이다. 사출성형은 여러 공정을 거쳐 생산하게 된다.

현대 사회에서 제품의 다양화와 함께 대중화가 이뤄졌다. 그에 따른 대량 생산은 필수화 되었고, 금형을 통하여 많은 제품들을 대량생산 하고 있다. 특히 최근 모바일 산업 분야에서는 소비자의 다양한 취향을 고려하여 예전과 달리 동일 제품도 여러 가지 색상으로 동시에 판매하고 있는 추세이다. 또한 비용절감과 소비자의 수요로 인해 종래의 색상별 금형을 별도로 사용하는 것이 아닌 하나의 금형으로 여러 색상의 제품을 제작하고 있는 경우가 늘고 있다. 하나의 금형으로 사출성형을 할 경우, 수

<sup>1</sup> 한국기술교육대학교 대학원 메카트로닉스공학과  
<sup>†</sup> 교신저자 : 한국기술교육대학교 대학원 메카트로닉스공학과  
E-mail : avn207avn@hanmail.net

지의 색상별로 수축률에 차이를 보여 사출 조건을 다르게 설정하여 생산관리를 하고 있다. 그러나 수지의 생산 업체에서는 수지의 색상에 따른 수축률에 유의차가 발생하지 않는다고 하였다.

사출성형에서 발생한 수축은 제품의 품질과 직결되며, 색상별 차이가 발생하면 성형품의 신뢰도가 떨어지게 된다. 그렇기 때문에 수축발생을 줄이고, 수축에 관하여 미리 알고 대처해야한다. 이에 관한 연구를 보면 Kwon과 Hwang<sup>1)</sup>은 수치화하기 어려운 수축률을 측정하여 수식화하고, 고굴곡 복합재 구조물의 열변형 해석에 활용할 수 있도록 연구하였다. 또한 Lee 와 Yun<sup>2)</sup>은 LCD용 BLU 프레임의 형상비교를 통해 두께에 의해 발생하는 수축률의 영향에 대하여 알아보았다.

본 연구에서는 다양한 분야에 고르게 사용되고 있는 PC를 실험 수지로 선택하였다. 그리고 많이 적용되는 색상을 선정하여 동일한 성형조건으로 사출하고, 각 색상별 수축률 편차를 확인하였다. 실제 동일한 조건의 실험에서 색상에 따른 치수 변화의 여부를 확인하고, 실제 치수 차이 발생 시 사출 조건 중 치수변화에 영향을 미치는 인자를 알아보았다.

## 2. 실험장치 및 방법

본 실험은 실제 제품 생산에 사용되었던 금형을 선택하여 실험제품 사양에 적합한 사출 조건을 설정하여 실험하였다. Fig. 1은 본 실험에서 사용한 사출 장비이다. 사출기는 Sodick 140ton을 사용하였다. 실험 수지는 PC에 일반적으로 가장 많이 사용되는 검정색과 흰색, 2가지 색상을 사용하여 실험을 진행 하였고, 그 종류는 Table 1에 제시하였다. 제품사양에 만족하는 성형 조건을 설정 후 제품 수축률 편차, 즉 치수 편차에 영향을 미칠 수 있는 인자를 선정하였다. Table 2는 수축률에 영향을 미칠 수 있는 인자들을 선택하여, 성형조건을 달리한 실험조건표이다. 제시한 것과 같이 실험하여 성형 조건 중 수축률에 가장 큰 영향을 끼치는 인자를 확인한다. 실험 1은 실험모델을 기준으로 사양에 만족하는 기준 조건이며, 실험 2, 3은 보압에 따른 치수 편차, 실험 4, 5는 사출 속도에 따른 치수 편차를 확인할 수 있다. 실험 6, 7은 실린더 온도에 따른 치수 편차, 실험 8은 금형 온도에 따른 치수 편차를 확인하기 위해 실험한 사출 조건이다.



Fig. 1 Injection molding machine for experiment

Table 1 Experimental resin

mode	resin (PC)	color
1	LUPOY SC1004A - KPA1	black
2	LUPOY SC1004A - W0262P	white

Table 2 Experimental conditions

No.	실린더 온도 (°C)	보압 (bar)	사출속도 (mm/s)	금형 온도 (°C)
1	300	1500/1sec→ 1000/0.5sec	50←150←50←150	100
2	300	1000/1sec→ 800/0.5sec	50←150←50←150	100
3	300	2000/1sec→ 1500/0.5sec	50←150←50←150	100
4	300	1500/1sec→ 1000/0.5sec	50←100←50←100	100
5	300	1500/1sec→ 1000/0.5sec	100←200←100←120	100
6	310	1500/1sec→ 1000/0.5sec	50←150←50←150	100
7	320	1500/1sec→ 1000/0.5sec	50←150←50←150	100
8	300	1500/1sec→ 1000/0.5sec	50←150←50←150	110

## 3. 결과 및 고찰

Fig. 2는 본 실험에 사용한 금형을 활용하여 단계별 캐비티 내 충전율을 나타낸다. 이를 통하여 충전형태를 확인할 수 있다.

사출 제품의 수축은 사출 시 Shear rate 에 의해 Polymer chain의 배양이 발생하고, 배양된 Polymer chain이 사출 후 응력 완화 과정에서 Random coil 형태로 바뀌면서 수축이 발생되게 된다. Fig. 3은 Polymer 와 부피의 관계를 나타낸 것으로 온도가 증가하면 부피도 증가하고 온도가 감소하면 부피도 감소함을 알 수 있었다.



Fig. 2 Charging patterns

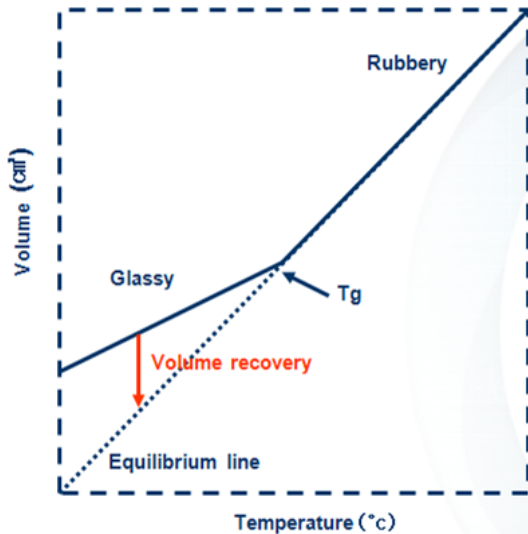


Fig. 3 Volume relationship and temperature of the Polymer

PC의 경우 ISO 기준 수축률은 7~9/1000 수준이나, 이번 실험에서는 4~7/1000 수준으로 기존 수축률에 미치지 않았다. 물론 수축률은 Gate의 구조, 제품 구조의 영향을 받기 때문에 다르게 나타날 수도 있다. 본 연구에서는 동일 금형, 동일 사출 조건을 적용하고, 수지의 색상만 변경하여 실험을 진행, 색상에 따른 수축률을 확인하였다.

그 결과 수지 제조사에서 제공하는 정보와 다르게 색상별 수축률 편차가 발생함을 확인하였다. Fig. 4는 PC 수지의 검정색과 흰색의 치수 측정 data에 대한 정규성 검증을 한 것이며, Fig. 5는 검정색과 흰색 각각의 치수 분포를 비교한 그래프이다. 여기서 확인 되듯이 사출 조건별 색상에 따라 치수 분포가 상이함을 확인할 수 있었다.

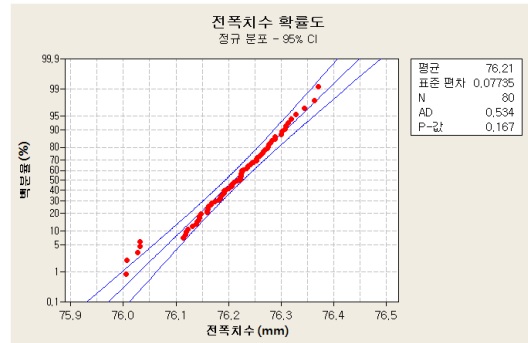


Fig. 4 Normal distribution of dimensional measurement data

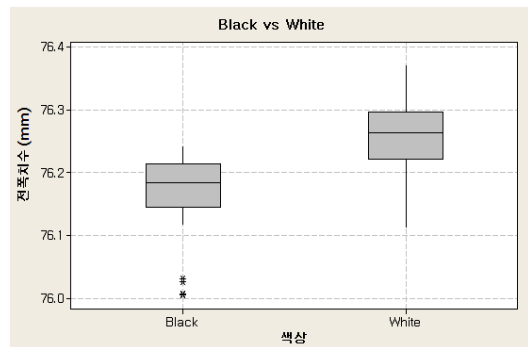


Fig. 5 Dimensional distribution of the colors

그래프에서 알 수 있듯이 검정색 대비 흰색의 수축률이 작게 나타남을 확인할 수 있었다.

사출 조건 중 어떠한 인자가 수축률 편차에 영향을 많이 미치는 치명 인자 인지 확인하기 위하여 치수 편차에 영향을 미칠 수 있는 조건들을 선정하여 선정된 조건들을 변화시켜 실험하였고, 그 치수 결과를 비교 분석하여 사출 조건 중 어떠한 인자가 제품 수축률 즉 치수 편차에 영향을 미치는 치명 인자인지 추가 확인하였다.

Fig. 6과 Fig. 7은 본 실험의 기준 조건으로 선정한 실험 조건 1을 기준으로 치수에 영향을 미칠 수 있는 조건들에 변화를 주어 실험한 결과이다. 실험 조건 1은 도면 치수를 만족하는 사출 조건이다. 실험 조건 1의 치수 측정 결과는 검정과 흰색의 평균 치수 편차가 약 0.11mm 발생하였고, 실험 조건 2는 실험조건 1번 대비 보압 조건만 낮춰 실험한 치수 결과이며 검정색과 흰색의 평균 치수 편차가 약 0.10mm 발생하였다. 세부 실험조건은 Table 2 참조하고 이 후 동일한 방법으로 인자들을 바꿔 7가지 실험을 하였고 그 결과는 Table 3에 정리하였다.

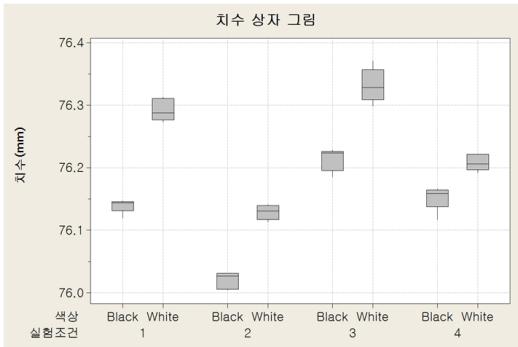


Fig. 6 Experimental results of the injection conditions

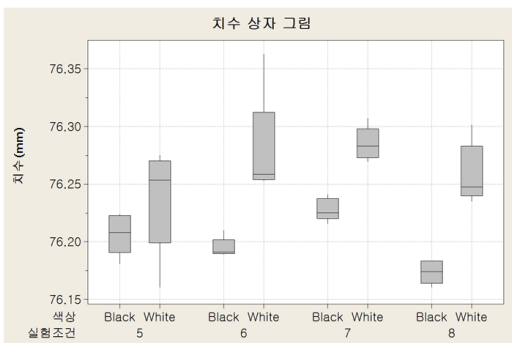


Fig. 7 Experimental results of the injection conditions

Table 3 Experimental results of the injection conditions

No.	Black Color 평균치수(mm)	White Color 평균 치수(mm)	치수편차 (mm)
1	76.213	76.331	0.118
2	76.019	76.128	0.108
3	76.139	76.292	0.153
4	76.152	76.208	0.056
5	76.206	76.238	0.031
6	76.194	76.278	0.083
7	76.228	76.284	0.056
8	76.173	76.258	0.084

조건별 실험 결과를 보면 색상별 수축률 편차에 보압이 가장 큰 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 사출 속도는 상대적으로 수축률 편차 발생에 미치는 영향이 작음을 확인할 수 있었다. 이러한 이유는 일반적인 보압 전환 위치가 전체 충전의 95~98% 정도에서 이루어지기 때문에 속도를 높여 일정 수준의 압력을 상승 시키더라도 충전률에 따른 보압 전환 시점이 같을 경우 수축률 편차에 미치는 영향이 보압 대비 작은 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

본 연구는 PC수지의 색상별 수축률 편차에 관하여 실험 및 연구를 하였으며, 이로 얻어지는 결론은 다음과 같다.

- 1) 게이트의 구조, 제품의 형상, 사출기 성능 등과 같은 변수들이 수축률에 영향을 미치나, 변수들을 동일 시 한 이번 실험을 통하여 수지의 검정색과 흰색, 색상에 따른 수축률 편차가 나타남을 확인할 수 있었다.
- 2) 수축률 편차에 영향을 미칠 수 있는 사출 조건 인자 중 보압이 가장 큰 영향을 미치는 것을 확인하였다. 그에 반하여 사출 속도는 상대적으로 수축률에 대한 영향이 작음을 확인할 수 있었다.
- 3) 일반적으로 많이 사용하고 있는 검정색과 흰색을 실험대상으로 하였지만, 향후 다른 색상에 관한 수축률 및 인자에 관한 실험도 필요할 것으로 보인다.

#### 참고문헌

- 1) 권혁, 황성순, 최원중, 이재환, 김재학, “경화도에 따른 고분자 기지 복합재의 경화 수축률 거동”, 한국복합재료학회, Vol.27 No.3, 2014.
- 2) 이현중, 윤승탁, 정우신, 박근, “LCD용 BLU 프레임 사출성형시 형상설계에 따른 수축률 분석” 한국생산제조시스템학회, Vol.2013 No.4, 2013.