

## 사출 성형품의 수지에 따른 최적의 온도에 대한 연구

조성기<sup>1</sup> · 한성렬<sup>†</sup>

(주)우진플라임<sup>1</sup> · 공주대학교 금형공학과<sup>†</sup>

### A study on optimum temperature depending on resin of injection molded parts

Sung-Gi Cho<sup>1</sup> · Seong-Ryeol Han<sup>†</sup>

Woojin Plaim, Inc.<sup>1</sup>

Department of Metalmold Design Engineering, Kongju National University<sup>†</sup>

(Received May 04, 2019 / Revised June 27, 2019 / Accepted June 30, 2019)

**Abstract:** For optimal injection molding, various molding conditions should be combined well. Therefore, engineers should be thoroughly familiar with mold design, fabrication, and injection molding. The choice of resin among the various molding conditions is closely related to the productivity of the molded part and the deformation after molding, so the engineer must select the appropriate resin. Engineers work on the basis of data provided by resin manufacturers during molding. However, in actual molding work, it is necessary to apply values slightly different from those provided to obtain molded articles of desired performance. In this study, various deformations of molded products were compared with respect to crystalline resin and amorphous resin when molded according to the data provided by the resin maker and molded at the changed values at the work site.

**Key Words:** Injection molding, Melt temperature, Molding condition, Molding engineer

### 1. 서 론

사출성형은 한 번의 가공으로 완제품을 얻을 수 있는 장점을 바탕으로 산업 전반에 걸쳐 부품 또는 완제품을 제공하고 있다. 또한 사출성형은 동일한 치수를 갖는 성형품을 단시간에 대량생산할 수 있는 장점도 가지고 있다. 그러나 이러한 장점은 성형품의 품질이 확보되어야 하는 전제 조건을 가지고 있다<sup>1)</sup>.

성형품의 품질은 여러 가지 요인에 의해서 영향을 받는다. 금형의 정밀도, 여러 가지 성형조건과 사용되는 수지의 적절성 등에 의해서 영향을 받는다. 적절한 수지의 선택은 성형품 설계단계에서부터 고려되어야 할 중요한 요소이다.

플라스틱 수지는 성형품에서 요구되는 특성 별로 나뉘어져 있기 때문에 각 수지별로 최적의 성형조건

을 매번 찾아야 한다. 그로인해 성형기술자는 제품의 요구 규격을 만족하는 성형 조건을 찾는 데 많은 노력을 기울이고 있다. 그러나 최적의 성형조건을 찾기 위해서는 수지, 제품설계, 금형 및 성형 공정 사이의 복잡한 상호작용을 잘 이해해야 한다. 이러한 상호작용의 이해는 다른 어떤 제조 공법보다 더욱 복잡하다.

수지와 성형조건과의 관계에 대한 연구는 과거에서부터 지금까지 활발하게 진행되고 있다. 한 등은 폴리스틸렌계 엘라스토머에 대하여 사출성형조건이 기계적 물성 변화에 미치는 영향을 연구하였다<sup>2)</sup>. 유 등은 사출성형조건이 폴리프로필렌 성형품의 수축과 중량에 대한 연구를 실시하여 결정성수지는 수지의 온도와 금형온도가 높아짐에 따라 증가하는 결과를 보였다<sup>3)</sup>. 한은 사출성형 조건이 ABS 성형품의 광택에 미치는 영향을 실험 연구로 확인하였다. 실험에서 광택의 변화 원인을 SEM 촬영을 통하여 규명하였다<sup>4)</sup>. 우 등은 투명 제품에서 잔류응력 변화를 복굴절 패턴을 통해 관찰하였다. 실험에서 성형

1. (주)우진플라임

† 교신저자: 공주대학교 금형설계공학과

E-mail: srhan@kongju.ac.kr

온도, 보압시간, 냉각시간의 조절을 통하여 잔류응력의 변화를 확인하였다<sup>5)</sup>. 이 등은 사출성형 해석을 통하여 사출 유량, 사출시간, 최대 사출압력 및 보압시간이 사출성형 및 제품 특성에 미치는 영향을 분석 고찰하였다<sup>6)</sup>.

위의 연구들의 대다수는 특정 성형품 또는 단수의 수지에 대한 성형조건이 미치는 연구에 대한 것들이다. 따라서 본 연구에서는 사출성형에 많이 사용되는 결정성 수지와 비결정성 수지, 각 1종에 대하여 수지 제작회사의 권장 용융온도를 기준으로 성형 온도의 변화가 제품외관 품질 변화에 미치는 영향을 연구하고, 결정성 수지와 비결정성 수지에서 수지의 온도에 따른 변화량 차이를 분석하여 적정 온도의 변경 필요성을 검증하였다<sup>7-8)</sup>.

## 2. 본론

### 2.1. 실험 수지와 성형기

실험 수지는 열가소성 수지 중에 비결정성 수지 (ABS)와 결정성 수지(PP)를 각 1 개씩 선정하였다. ABS는 아크릴로니트릴-브타디엔-스티렌의 세 가지 성분으로 구성되어 있다. 내충격성, 내약품성, 내후성 등이 뛰어나고, 특히 성형성과 2차 가공이 우수한 수지이다. 다른 플라스틱 보다 충격과 열에 강한 합성수지로 완구, 가구, 스포츠용품, 자동차 용품, 전자 기기 등 일상 생활에 쓰이는 다양한 제품의 소재로 많이 사용 된다<sup>6)</sup>. 본 연구에서는 Lotte Advanced materials 사의 ABF-0200HF를 선정하였다. PP는 프로필렌의 중합으로 얻을 수 있는 합성 폴리머이다. 현존하는 4대 범용수지에 하나이며 열가소성 수지 중 사용량이 무려 24%에 달한다. 비용과 환경측면에서 유리하다는 큰 장점을 가지고 있고 용도로는 포장용 필름, 테이프, 섬유, 의류, 자동차부품, 화장품 용기 등에 아주 큰 포괄적인 시장을 점유하고 있는 대표 원재료이다. 본 연구에서는 Lotte Chemical사의 H1500을 사용 하였다.

Fig. 1에는 본 연구에 사용된 사출성형기를 나타 내었으며, 우진 플라임사의 130ton 유압식 사출성형기를 선정하였다.

### 2.2. 실험방법

ABS 수지의 기준 온도는 수지 공급사의 추천온도를 기준으로 230℃로 설정하였고, 기준 온도에 대하여 상하로 20℃ 편차를 두어 총 6 가지 성형온도

로 성형하였을 경우의 성형품의 각종 변화량을 비교 분석하였다. 또한 PP 수지의 경우 기준 온도를 220℃로 설정하였고, 각 제품별 상하로 20℃ 편차를 두어 총 4 가지 성형온도로 설정하여 동일한 실험을 실시하였다.



Fig. 1 Experimental injection molding machine

### 2.3. 실험조건

ABS 실험의 기준 온도 조건은 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Experimental injection molding conditions for ABS

Injection molding condition	Value	Injection molding condition	Value
Weight	18.55g	Metering	33mm
Max. injection speed	64.7mm/s	Cushion location	12.8mm
Max. injection pressure	73bar	Cycle time	26.18sec
Holding pressure	10bar	Filling time	0.52sec
Holding time	3sec	Melt temp.	190℃ ~ 290℃

PP의 권장 실린더 온도 기준은 Table 2에 나타내었다.

Table. 2 Experimental injection molding conditions for PP

Injection molding condition	Value	Injection molding condition	Value
Weight	15.35g	Metering	33mm
Max. injection speed	70.7mm/s	Cushion location	15.1mm
Max. injection pressure	51bar	Cycle time	31.04sec
Holding pressure	3bar	Filling time	0.45sec
Holding time	6.5sec	Melt temp.	180℃ ~ 220℃

### 3. 실험고찰

#### 3.1 ABS 수지에 대한 고찰

TEST한 결과를 최종적으로 분석해 보면 최초의 기준으로 만들어 놓은 230℃ 조건의 제품과 비교하였을 때 190℃의 실린더 온도로는 유동성이 떨어지면서 설정했던 V/P 전환 위치까지 도달하지 못하였다. 수지의 흐름성이 떨어지면서 설정 했던 위치 도달 전에 수지는 선단 부에 벌써 고화되어 수지를 더 이상 충전 할 수 없게 된 것이다. 충전 되지 않기에 사출압력을 높아질 수밖에 없었고 미성형이 발생하였다. Table 3에 실험 결과를 나타내었다.

Table 3 Change of injection condition by ABS temperature


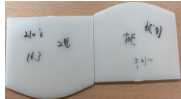




Injection temp. (°C)	Specimen	Weight (g)	Max injection pressure (bar)	Cushion location (mm)	Filling time (sec)
190		13.69	82	16.5	0.82
210		16.31	81	15.1	0.72
230		18.5	73	12.8	0.52
250		19	63	12	0.41
270		19.04	52	11.8	0.4
290		19.15	47	11.4	0.4

Fig. 2에 실험에 의한 제품의 중량 변화를 나타내었으며, Fig. 3에 실험에 의한 최대 사출 압력을 나타내었고, Fig. 4에 실험에 의한 쿠션 위치를 나타내었으며, Fig. 5에서는 실험에 의한 충전 시간을 나타내었다.

실험결과 210℃의 온도를 설정 하였을 땐 190℃ 설정 값 보단 많은 수지의 양이 충전 된 것을 볼 수

있었다. 하지만 사출압력은 여전히 높게 걸려 있었고 설정된 V/P 전환 값까지 도달하지 못하였다. 충전 시간도 0.65 ~ 0.77sec 재현성 또한 나오지 않는 것이 확인 되었다. 이 또한 190℃와 마찬가지로 수지의 유동성 자체가 따라오질 못하는 것이다.

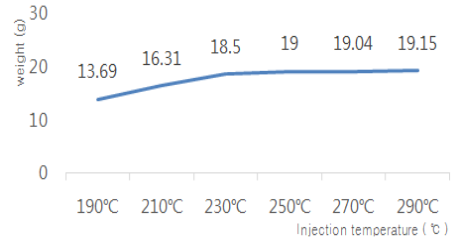


Fig. 2 Weight variation for ABS moldings according to melt temp.

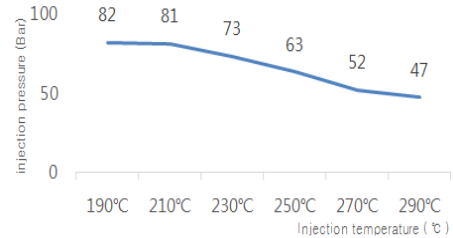


Fig. 3 Maximum injection pressure variation for ABS moldings according to melt temp.

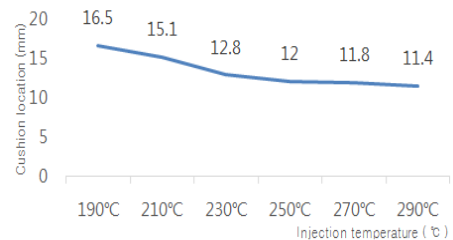


Fig. 4 Cushion location variation for ABS moldings according to melt temp.

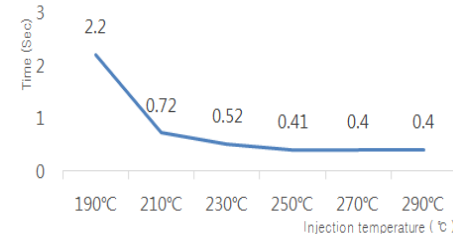


Fig. 5 Filling time variation for ABS moldings according to melt temp.

250℃는 기준으로 되었던 230℃의 제품과 많이 다르단 걸 알 수 있다. 사출 압력은 63bar까지 떨어졌으며 충전 시간 또한 0.41 ~ 0.42sec 로 줄면서 일정한 시간을 유지하였다. V/P 전환 위치까지 충분히 도달 하였으며 최종 쿠션 량 또한 기준 대비 2mm의 수지가 더 들어간 12mm가 남았다. 즉 기준치 대비 2mm가 더 유입 됐다는 것이다.

270℃ 설정 값에선 사출압력이 53bar까지 떨어졌다. 충전 시간 0.4sec, 공정시간 24.88sec, 사출시간 3.68sec 연속 사출 시 재현성이 일정하게 나타났다. 쿠션 량도 250도 대비 0.2mm 더 들어간 것을 확인했다.

마지막으로 290℃의 성형은 하지 않으려 했다. 그 이유는 이론상 열분해의 시작온도가 280℃ 부터 시작되기 때문이다. 290℃에서는 사출압력이 47bar 까지 떨어졌다. 또한 충전 시간은 0.4sec 공정시간은 24.8sec 사출시간은 3.68sec 로 270℃ 대비 동일하였다. 쿠션량은 270℃ 대비 0.4mm가 더 충전 되었다.

전체적인 결론을 내려 보면 제품의 무게는 250℃ 이후로 큰 차이를 보이지 않고 일정하였으며, 충전 시간의 변화를 보아도 250℃ 이후 조건에서는 큰 차이를 보이지 않았다.

### 3.2. PP 수지에 대한 고찰

PP를 TEST 하면서 다른 플라스틱에 비해 크게 차이를 둔 부분은 우리가 처음 기준으로 잡은 온도가 높았다는 걸 알 수 있었다. Table 4에 실험 결과를 나타내었다.

Table 4 Change of injection condition by PP temperature


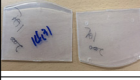


Injection temp. (℃)	Specimen	Weight (g)	Max. injection pressure (bar)	Cushion location (mm)	Filling time(sec)
180		13.08	51	15.2	0.63
200		14.35	50	15.1	0.48
220		15.35	52	15.2	0.45
240		15.49	51	15.2	0.45

Fig. 6에 실험에 의한 최대 사출 압력의 변화를 나타내었으며, Fig. 7에 실험에 의한 제품의 중량 변

화를 나타내었고, Fig. 8에 실험에 의한 쿠션 위치의 변화를 나타내었으며, Fig. 9에서는 실험에 의한 충전시간의 변화를 나타내었다.

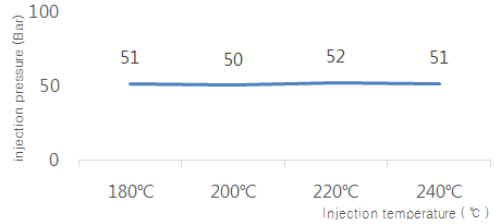


Fig. 6 Maximum injection pressure variation for PP moldings according to melt temp.

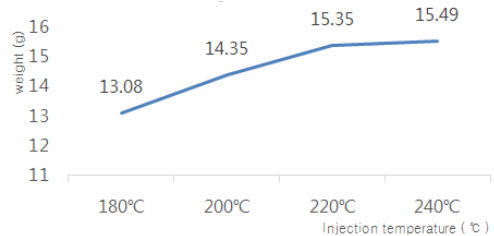


Fig. 7 Weight variation for PP moldings according to melt temp.

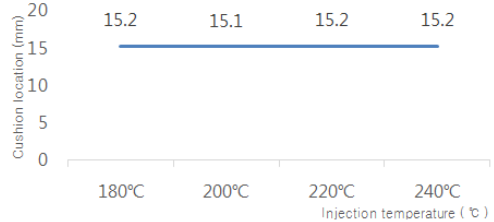


Fig. 8 Cushion location variation for PP moldings according to melt temp.

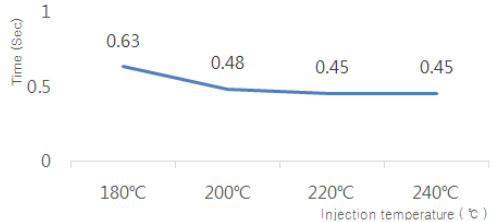


Fig. 9 Filling time variation for PP moldings according to melt temp.

PP는 180℃에서도 충분히 유동상태를 가지고 있었고 그 온도로 충분히 재현성을 만들 수 있는 조건이었다.

설정 온도에 따라 최대 사출 압력, 충전 시간, 최소 쿠션 위치, 무게 등 전반적인 데이터는 상대적으로 일정하게 나타난다. 이는 유동성이 좋은 PP의 특성이라 볼 수 있다.

#### 4. 결론 및 토의

결정성 수지와 비결정성 수지에 대하여 수지의 제작사에서 제시하는 추천 성형온도와 그 이상으로 성형하였을 경우에 대하여 사출압력, 중량의 변화에 관하여 실험 연구를 실시하였습니다. ABS 수지와 PP 수지 모두에 대하여 수지 메이커에서 제시하는 추천 온도 이상에서 측정값들이 일정하게 유지되는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과를 통하여 작업현장에서는 메이커 추천 온도를 참고하여 최적 성형온도를 구할 필요가 있음을 알 수 있었다.

#### 참고문헌

- 1) Han, S.R., "Numerical Analysis of Cooling Channels for Injection Molding Cycle Time Improvement of Plastic Horn Cover for and Automobile", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 17, No. 5, pp. 84-90, 2018.
- 2) Han, S.R., Kim, J.H., Jeon, S.G and Jeong, Y.D., "Variation of mechanical properties on polystyrene elastomer according to injection molding conditions", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 5, No. 4, pp. 46-52, 2006.
- 3) Yoo, J.H. and Kim, H.S., "The effects of injection molding conditions of polypropylene on the linear shrinkage and weight of molded parts", Transaction of the Korean Society of mechanical engineers, Vol. 19, No. 2, pp. 322-329, 1995.
- 4) Han, S.R., "The Relation Between Injection Molding Conditions and Gloss of ABS Molding", Korea Academy Industrial Cooperation Society, Vol. 14, No. 11, pp. 5352-5356, 2013.
- 5) Woo, J.W., Hong, J.S., Kim, H.K. and Lyu, M.Y., "Determined Car Door Latch Injection Molding Process Conditions through the Finite Elements Analysis", Korea Academy Industrial Cooperation Society, Vol. 17, No. 10, pp. 499-508, 2016.
- 6) Lee, J.H. and Lee, S.B., "Analysis of Residual STress and Birefringence in a Transparent Injection Molded Article for Molding Condition", The Polymer Society of Korea, Vol. 40, No. 2, pp. 175-180, 2016.
- 7) Lee, M., Kim, H. and Lyu, M.Y., "A study on the warpage of glass fiber reinforced plastics for part design and operation conditions: Part 2. crystalline plastic", Polymer, Vol. 36, No. 6, pp. 677-684, 2012.
- 8) Han, S.R., Kang, C.M., Han, K.T. and Jeong, Y.D., "A study on the filling imbalances between multi-cavity in hot runner mold", Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 22, No. 9, pp. 173-178, 2005.