

PA6 사출성형품의 형상비에 따른 성형수축 거동

최윤식*(부경대 대학원 기계공학부), 한동엽(부경대 대학원 기계공학부),
정영득(부경대 기계공학부)

Shrinkage Behaviors of PA6 polymer according to Shape Ratio of Product in Injection Molding

Y. S. Choi(Mecha. Eng. Dept. PKNU), D. Y. Han(Mecha. Eng. Dept., PKNU),
Y. D. Jeong(Mechanical Eng. Dept., PKNU)

ABSTRACT

Nowadays, plastic industry has needed to produce parts that require high precision and quality. To make a high precision and quality part, before injection molding, plastic material is investigated about their properties such as shrinkage, warpage, etc. In this study, experiments were conducted with PA6(polyamid) to figure out shrinkage behavior according to three type aspect ratio of samples. The injection speed that affects on shear rate, molecular orientation within plastic part was determined as main variable of experiment. As a result of experimental study, part shrinkage had a tendency to be decreased by increasing injection speed and aspect ratio of samples.

Key Words : PA6(폴리아미드), Shrinkage(수축), Injection speed(사출속도), aspect ratio(형상비)

1. 서론

플라스틱산업은 종래의 양산체제에서 고정도와 고품질을 요구하게 되었다. 성형품에 대하여는 마이크로(micron) 단위까지 치수정밀도가 높은 가공을 필요로 하고 있다. 또한 금속과 같은 정도의 기계적 성질을 만족하는 플라스틱 재료 개발에 이르고 있으며, 플라스틱의 특성을 충분히 살린 새로운 기능성능 등을 요구하고 있다. 뿐만 아니라 미적인 외관이나 감각적 특성 등을 포함한 고품질의 성형품이 요구되는 추세이다.^{1,2)}

사출성형품의 수축율은 그 제품의 치수 정밀도를 결정짓는 데 중요한 설계변수이다. 하지만 현재 금형설계시 설계자가 참고하고 있는 각 수치별 수축율은 메이커에서 발표한 데이터이거나 또는 설계자 자신의 경험치에 의존하고 있다. 한편, 사출성형시 플라스틱 제품은 형상에 따라 분자배향의 정도가 다르게 되며, 그에 의한 수축의 정도도 달라지게 된다.

따라서 본 연구에서는 PA6 수지를 대상으로 3

가지의 각기 다른 형상비를 갖는 시편을 통해 수축율의 거동을 실험을 통해 그 결과를 고찰 함으로서 정밀사출 금형의 설계 시 적용할 정밀한 성형 수축율을 제시하고자 한다.

본 연구에서 수축율에 관련한 성형인자 중에서 보압과 사출속도를 제어인자로 채택하였으며, 그 외의 금형온도, 수지온도 등은 고정 변수로 정하였다. 수축율에 대한 실험결과는 소위 코너효과를 나타내는 상용 3D 성형해석 프로그램인 3D TIMONWAR³⁾을 사용한 해석결과와 비교 고찰하였다.

본 연구의 주요결과로는 제품 형상비가 클수록 수축율이 증가하였으며, 사출속도가 클수록 보압이 증가할수록 수축율은 감소함을 알 수 있었다.

2. 실험 및 실험장치

2.1 실험장치 및 성형조건

실험에 사용된 사출성형기는 Fig. 1 과 같이 LG 기계의 75ton IDE-75EN 으로 직압식 수평형 타입이다.

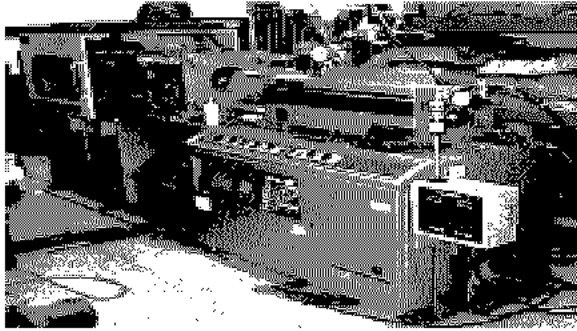


Fig. 1 Injection molding machine used for experiment

실험용 금형은 Fig. 2 와 같이 $250 \times 250 \times 220$ mm 크기의 2 개취 구조의 금형으로 제작하였다.

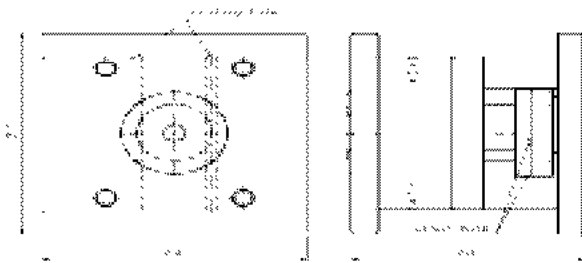


Fig. 2 Schematics of injection molding

게이트는 Fig. 3 와 같이 캐비티 내부에 용융수지의 흐름을 일정하고 균일하게 하기 위해 팬 게이트(fan gate)형식으로 제작하였다.^[4] 캐비티 내부 압력을 측정하기 위해 내압측정용 밀편형 센서를 3 개소 설치하였다. 실험에 사용된 수지는 BASF 회사에서 생산한 폴리아미드^[5] 수지의 일반용 그레이드 PA6 8280b NP 를 사용하였다. 실험을 시작하기 전에 수지를 열풍건조기에 넣어 예비 건조시켰고 성형조건은 Table 1 과 같이 80°C 에서 3 시간 동안 건조시켰다. 금형온도 70°C , 수지온도 240°C , 사출압 70 %의 상태에서 보압(holding pressure)은 각 40 MPa 에서 70 MPa 까지, 사출속도(injection speed)는 30 %에서 60 %까지 10 %씩 증가시켜 4 단계로 실험하였다.

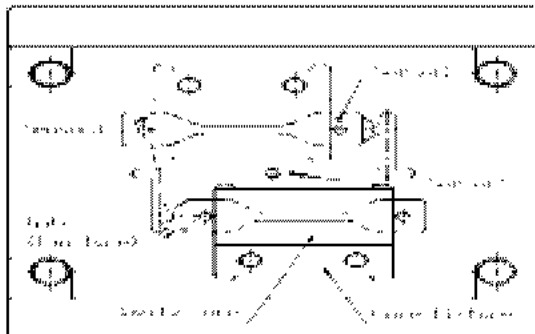


Fig. 3 Locations of pressure sensor in the mold

Table 1 Injection molding conditions for experiment

Resin dry	Heat drier	4Hours dry at 80°C
	Hopper drier($^{\circ}\text{C}$)	80
	Injection pressure(%)	70
Pressure	Injection speed(%)	30 ~ 60
	Holding pressure(MPa)	40 ~ 70
Temperature	Melt temp.($^{\circ}\text{C}$)	240
	Mold temp.($^{\circ}\text{C}$)	70
	Laboratory temp.($^{\circ}\text{C}$)	15

2.2 수축을 측정

성형된 시편은 Fig. 5 와 같이 (a) 사각형 (plaque type), (b) 목이 넓은 형 (wide type), (c) 목이 좁은 형 (normal type)으로 구분하였고 성형품의 치수 측정은 취출후 24 시간이 경과한 후에 디지털 계측기가

한 버니어캘리퍼스(vernier calipers)를 스탠드에 고정시켜 동일한 위치에서 측정이 가능 하도록 환 고정구(fixture)를 사용하였다. 측정부위는 게이트 근처의 시편폭을 A, 게이트 반대편의 폭을 B, 유동방향 길이를 C 로 하여 세가지 부위의 수축율을 측정하였다. 측정 시 고정구를 이용하여 측정하므로서 측정오차를 최소로 하였으며, 각각의 시편을 3 회씩 측정하여 그 평균값을 기록하였다.

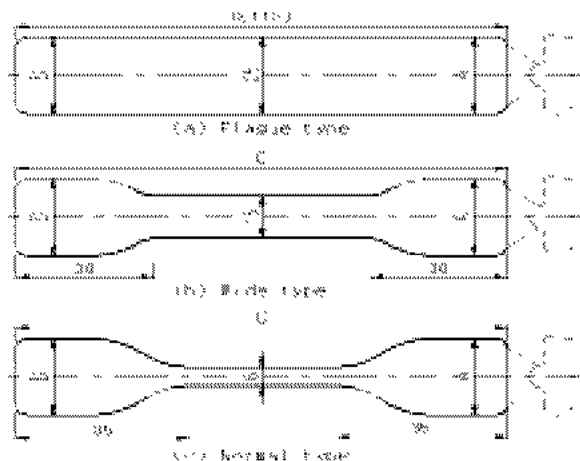


Fig. 4 shrinkage measuring point

3. 실험결과 및 고찰

3.1 형상별 사출속도에 의한 수축율

Fig. 5 는 제품형상별 사출속도에 의한 수축율

변화를 나타낸 그래프이다. 그래프에서 (b)와 (c)는 사출속도가 30% ~ 50%의 범위에서는 수축율이 감소하다가 50% ~ 60%에서는 변화가 거의 없었다. 이는 사출속도가 증가할수록 캐비티의 충전량이 증가하여 성형품의 밀도가 조밀해지고 성형품의 수축율이 감소함을 말한다. (a) 성형품의 경우에는 사출속도가 30% ~ 40%의 범위에는 수축율이 감소하다가 40% ~ 60%까지는 변화가 거의 없었다. 전체 수축율이 나머지 보다 작은 이유는 (a) 성형품은 나머지 성형품의 단면보다 일정하여 보압 전달성이 양호하여 가장 작은 수축율이 나타났다고 생각된다.

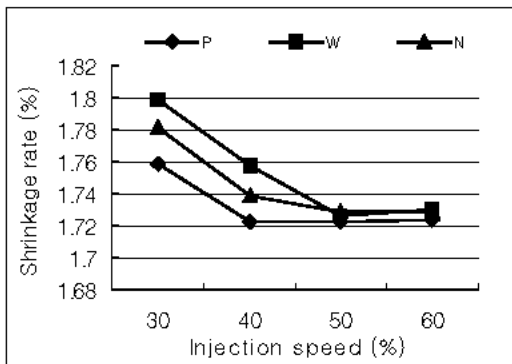


Fig. 5 Shrinkage variation according to injection speed for product type

3.2 측정위치별 사출속도에 의한 수축율 변화

Fig. 6 은 성형품의 측정 위치에 따른 사출속도와 수축율과의 관계를 나타낸 그래프이다. 그래프에서 성형품의 말단부(B)에서 측정된 수축율이 가장 크게 나타났는데 B 는 게이트에서 떨어진 말단 지점으로 A 지점보다 압력전달이 용이하지 않으며, 압력이 전달되었다 하더라도 그 전달된 압력이 일정하지 않기 때문에 사료된다. 그리고 C 지점에서 수축율이 가장 작게 나타났는데 이것은 A 와 B 지점에서 성형시 발생하는 분자 배향(orientation)의 이완 정도가 C 지점에서의 분자 배향의 이완 정도보다 작음에서 오는 현상이라 사료된다.

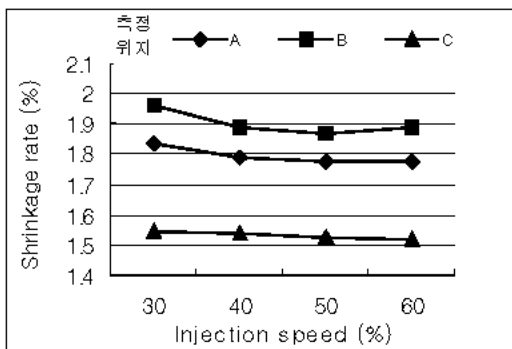


Fig. 6 Shrinkage variation according to measuring point

3.3 형상별 보압에 의한 수축율 변화

Fig. 7 은 성형품의 형상에 대한 보압에 의한 수축율의 변화를 나타낸 그래프이다. 성형품의 형상과는 상관없이 전체적으로 보압이 증가할수록 수축율이 감소하는 경향을 보였다. 이런 현상은 이미 알려진 결과와 같았다⁶⁾.

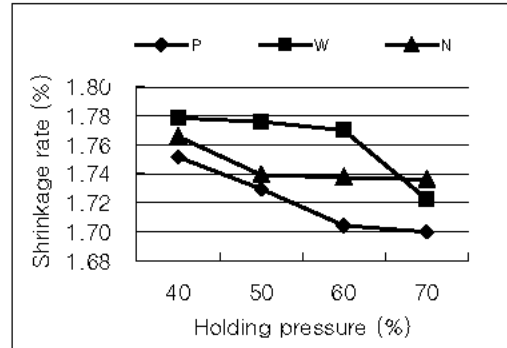


Fig. 7 Shrinkage variation according to holding pressure for product type

3.4 위치별 보압에 의한 수축율 변화

Fig. 8 은 성형품의 측정 위치에 따른 보압에 의한 수축율의 변화를 나타낸 그래프이다. 성형품의 말단부인 C 지점을 제외한 나머지 측정위치에서의 수축율은 보압이 증가할수록 수축율이 감소하는 경향을 보였다. 그리고 3.2 절에서와 같은 유사한 경향을 보였다.

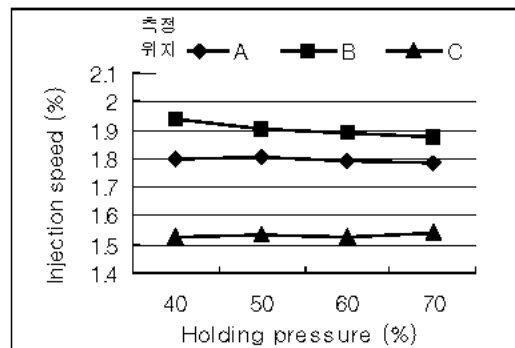


Fig. 8 Shrinkage variation according to holding pressure for measuring point

4. 성형해석과의 결과 비교

사출성형해석은 상용 3D 사출성형해석 프로그램인 TIMON 을 이용하였으며, 성형해석에 사용된 전처리 조건은 Table 2 와 같다.

Table 2 Input for analysis

Injection conditions	Analysis condition
Melt temp.(°C)	250
Mold temp.(°C)	70
Injection pressure(MPa)	110
Holding pressure(MPa)	70
Injection time (sec)	110
Holding time (sec)	70
Cooling time (sec)	15
Polymer	BASF PA6 8202B NP

Fig. 9 는 동해석 결과를 나타낸 것으로 예측 된 충전시간은 약 1.98 초로 나타났다. Fig. 10 ~ 11 성형 후 성형품의 수축을 예측한 결과이다. Fig. 10 은 수지흐름방향의 수축량을 나타낸 것으로, 수축량은 약 1.6mm 로 예측되었는데 이것은 실제 금형의 길이 113mm 에 대하여 약 1.43% 해당하는 것이다. Fig. 11 는 수지흐름직각방향에 대한 해석 결과를 나타낸 것으로 수축량은 0.37mm 로 예측되었다. 이것은 실제 금형의 폭 25mm 에 대하여 약 1.51%에 해당한다. 이들 수축량을 비교하면 실제 성형실험에서의 결과와 같이 성형품의 폭에서의 수축량이 성형품의 길이에서의 수축량 보다 크다는 것을 알 수 있다. 이는 3 장의 3.2 절과 3.4 절에서 서술되었던 실제 성형품에서 측정된 경향과 동일하였다.

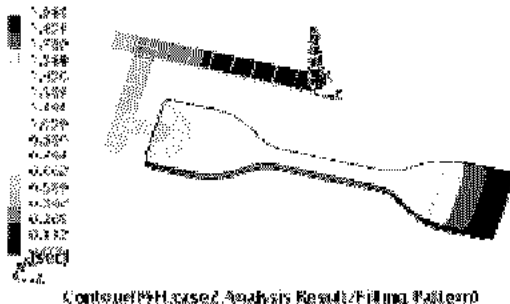


Fig. 9 Filling time

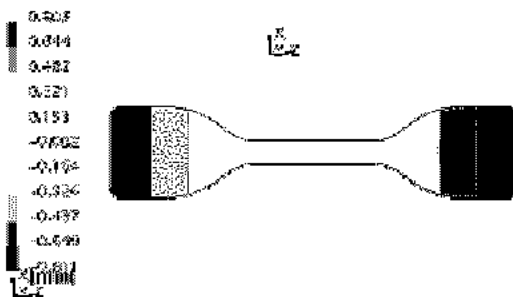


Fig. 10 Shrinkage of flow-direction

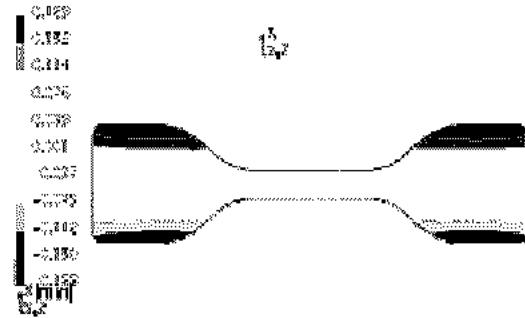


Fig. 11 Shrinkage of reverse flow-direction

5. 결론

형상이 다른 세 가지 성형품에 대하여 사출실험 및 사출성형 해석을 통하여 성형조건이 성형품의 수축율에 미치는 영향에 대해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 사출속도를 증가시킬수록 성형품의 수축율이 감소함을 알았다.
2. 측정 지점별 수축율은 게이트 근처의 시편폭(A), 게이트 반대편의 폭(B), 유동방향 길이(C) 순으로 감소함을 알았다.
3. 보압에 의한 측정 지점별 수축율의 변화는 미소함을 알았다.

참고문헌

1. Tim A. Asswald, "Polymer Processing Fundamentals", Hanser, pp. 117, 1998.
2. Gerd Pötsch, Walter Michaeli, "Injection Molding An Introduction", Hanser, pp. 1, 1995.
3. C.H. Chien, Y. Maekawa, H. Koshikawa and M. Onishi, "Influence of Processing Conditions on the Formation of Birefringence of Optical Plastics Lens by Using 3D CAE", ANTEC 2001.
4. 이우철, "射出金型 設計", 機電研究社, pp. 50 ~ 53, 1987.
5. 기신정기 주식회사, "마살링 시스템 취급설명서", 기신정기 주식회사, 2001.
6. K.M.B. Jansen, D.J. Vandik and M.H. Husselman, "Effect of Processing Conditions on Shrinkage in Injection Molding", Polymer Engineering and Science, pp. 838 ~ 846, 1998.