

# 보강 수지의 종류와 사출성형품의 리브 설계에 따른 휨의 연구

이 민<sup>†</sup> · 이춘규

영남이공대학교 기계자동차학부 기계계열  
공주대학교 기계공학과

## A Study on the Warpage in Injection Molded Part for Various Rib Design and Reinforced Resins

Min Lee<sup>†</sup> · Chun-Kyu Lee

School of Mechanical and Automotive Engineering Technology Div.of Mechanical Engineering, Yeungnam  
College of Science & Technology  
Div. of Mechanical Engineering, Kongju National University

**Abstract** : Most of the plastics products have been manufactured by injection molding. Molding trouble in injection-molded parts is caused by changing a molding product and molding process condition, etc.

In this study, warpage in the injection molded part have been studied. Specimens are rectangular flat shape with and without ribs. Non-crystalline resins (ABS+GF30%, PC+GF30%) and crystalline resins (PP+GF30%, PA66+GF30%) were used for material. Flat shape ribs showed higher warpage than flat shape without rib by 10 to 41%. the specimens with ribs that are located parallel to flow direction has higher warpage than the specimens with rib that are located perpendicular to flow direction by 11 to 50%. crystalline resins have higher warpage than non-crystalline resins by 22 to 78%. Warpage decreases as packing time increases as injection temperature increases

**Key Words** : Warpage, Shrinkage, Injection molding, Rib, ABS+GF30%, PC+GF30%, PP+GF30%, PA66+GF30%, Packing Time

### 1. 서 론

플라스틱은 일반 생활용품, 전기전자 제품, 기계, 자동차, 휴대폰, 항공기 부품 등 여러 분야에서 이용되고 있다. 플라스틱 제품 생산은 대부분 사출성형으로 이루어지는데 이는 복잡한 제품의 형상을 쉽게 성형할 수 있는 장점이 있다. 하지만 사출성형 제품에서도 복잡한 제품의 형상 및 성형공정 조건에 따라 성형결함이 다양하게 발생한다. 이러한 제품 결함 중에 휨이나 뒤틀림은 제품의 형상 및 조립시의 문제점으로 작용한다.<sup>1-2)</sup> 이러한 휨이나 변형

을 방지하기 위해 제품의 강성이나 강도를 보강하게 하기 위한 목적으로 제품에 리브를 설계하게 된다. 또한 성형품에 리브를 설계함으로써 제품의 두께를 줄일 수 있어 재료비를 절감할 수 있다.<sup>3-5)</sup> 현재까지의 연구는 성형품에서의 수축이나 휨, 뒤틀림에 대한 연구가 많이 진행되어 있다.<sup>6-12)</sup> 이들 연구는 주로 일반적인 평판 형상이나 성형품에서 성형 조건, 재료에 따른 수축, 및 휨에 대한 원인과 인자에 따른 영향에 대하여 다루고 있었다.<sup>13-14)</sup> 그러나 리브 설계에 따른 수축이나 휨에 대한 연구는 아직 미진한 상황이다. 본 연구에서는 리브의 유무와 리브의 방향이 수지 흐름에 평행할 때와 수지 흐름의 수직일 때 그리고 수지의 종류에 따른 휨에 대하여 연구하였다.

<sup>†</sup>To whom correspondence should be addressed.  
yimin@ync.ac.kr  
접수 : 2012. 03. 13. 채택 : 2012. 05. 25.

## 2. 실험장치 및 실험방법

### 2.1. 실험모델

Fig. 1은 본 연구에 사용한 실험용 금형을 나타내었다. 금형크기는 250 × 300 × 260 mm 이며, 2매 구성형 금형이다.

Fig. 2는 실험에 사용된 시편으로 가로, 세로, 두께가 각각 100 mm × 100 mm × 3 mm 이고, 4개의 rib는 길이, 폭, 높이가 각각 100 mm × 2 mm × 6 mm 이다. 시편 '1'은 rib가 없는 시편, 시편 '2'는 rib가 수지 흐름방향으로 있는 시편, 시편 '3'은 rib가 수지 흐름방향의 수직으로 있는 시편을 이용하여 실험하였다.

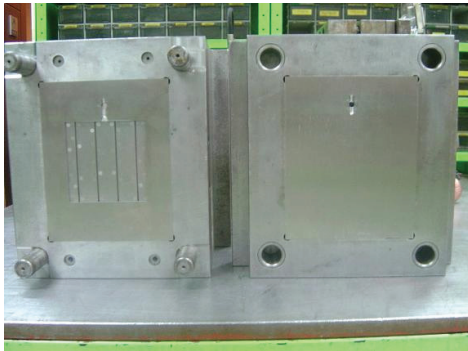


Fig. 1. Experimental mold for injection molding

### 2.2. 실험조건 및 장비

Fig. 3은 실험을 위해 LNGEL 사출성형기 (vc330/80)를 사용하였으며, 사출기의 형체력은 80 ton이고, 최대 사출용량은 2415 bar, 스쿠류의 직경은 Ø25 이다.

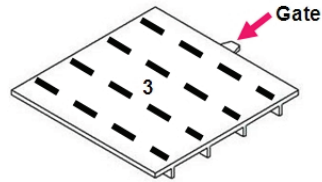


Fig. 2. Specimens with ribs and without ribs

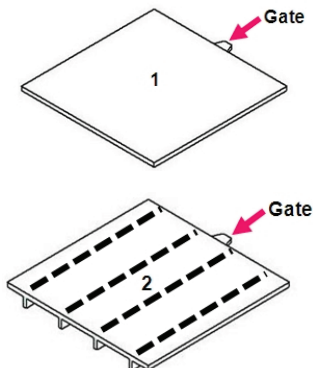


Fig. 3. Injection molding machine LNGEL(vc330/80)

Table 1은 본 연구의 실험조건을 나타내고 있다. 결정성 수지는 PP+GF30%(LG Chem LUPOL GP2300NP), PA66+GF30%(Dupont사 Zytel 70G30L NC10), 비결정 수지는 ABS+GF30%(LG Chem LUPOL GP2300), PC+GF30%(LG Chem LUPOL GP2300)이며, 이에 따른 성형 조건이 Table 2-1에 나타내었다. Table 2-1에서 각 수지에 따라 보압크기를 변경하여 실험을 수행하였으며, 보압시간은 1초로 고정하였다.

Table 1. Injection molding condition of various materials for the molding of test specimens

Polymer	Inject speed (mm/s)	Packing pressure (%bar)	Packing time (sec)	Resin temperature (°C)	Mold temperature (°C)
PC+GF30%	30	268	1	105	265
		537	1.5	115	275
		805	2	125	285
		1073	2.5	125	295
ABS+GF30%	25	268	1	60	220
		403	1.5	70	230
		537	2	80	240
		537	2.5	80	240
PP+GF 30%	32	268	1	70	220
		537	1.5	80	230
		805	2	90	240
		805	2.5	90	250
PA66+GF30%	45	268	1	80	300
		403	1.5	90	310
		537	2	100	320
		537	2.5	100	320



### 2.3. 휨의 측정

Fig. 4는 휨을 측정방법을 나타내었다. 3차원 측정기(De Meet 404(네덜란드))로 3 Point(1,2,3)를 측정하였다. Point 1과 Point 3을 잇는 직선에서 Point 2의 높이 방향 치수(Y값)을 이용하여 휨을 측정하였다.

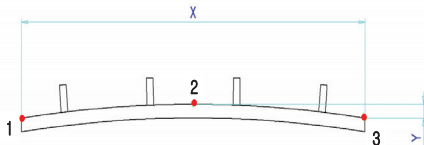


Fig. 4. Measuring method of specimens

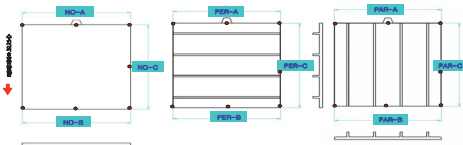


Fig. 5. Measuring point of specimens

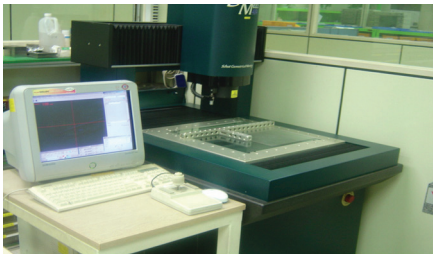


Fig. 6. Laser measuring machine(De Meet 404) used for the experiments

Fig. 5는 휨의 측정 위치를 나타내었다. Gate에서 가까운 부위(A), Gate의 반대편(B) 그리고, 수지 흐름방향의 측면(C)을 측정 하였다. Fig. 5에서 NO는 Rib가 없는 시편을 표기 하였고, PAR은 Rib가 수지 흐름방향으로 있는 시편, PER은 Rib가 수지 흐름방향의 수직으로 있는 시편을 나타내었다. 또한 측정은 시편 취출 후 24시간이 경과한 후에 수행하였다. Fig. 6은 실험에 사용된 3차원 레이저 측정기(De Meet 404) 나타내었다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 결정성 수지에 따른 휨

#### 3.1.1. PA66+GF30%

Fig. 7에서 (a)는 Flat 한 형상과 수지 흐름 방향에 평행한 리브가 있을 때의 휨량을 그래프로 나타내었고, 보압의 크기에 따라서 관찰하였다. 휨량의 크기는 Flat한 시편에서 NO-B > NO-C > NO-A의 순서로 나타났고, 수지 흐름방향에 평행한 리브에서는 PAR-B > PAR-A > PAR-C의 순서로 나타났다.

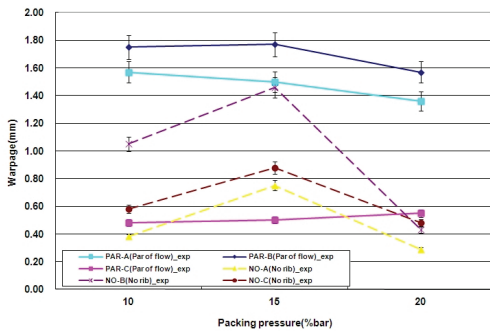
Fig. 7에서 (b)는 Flat한 형상과 수지 흐름방향에 직각으로 리브가 있을 때 휨량을 그래프로 나타낸 것이다. 휨량의 크기는 Flat한 시편에서 NO-A > NO-C > NO-B의 순서로 나타났고, 수지 흐름방향에 직각에서 리브는 PER-A > PER-C > PER-B의 순서로 나타났다. Flat한 시편보다 리브가 있는 시편에서 휨이 더 많이 발생 하였다. Flat한 시편보다 리브가 있는 시편에서 휨이 더 많이 발생하는 것은 형상이 불균일하고, 리브가 있는 면이 리브가 없는 면보다 냉각이 느리기 때문에 시편은 냉각차에 의해서 리브가 있는 면으로 휘게 된다고 사료된다. 용융수지가 캐비티를 흘러가면서 시편 내부에 분자배향(molecular orientation)이 일어나게 된다. 이러한 분자배향은 시편이 냉각되면서 수지 본래의 랜덤한 상태로 돌아 가려고하는 성질로 인하여 수축이 일어나게 되고, 휨이 발생 한다. 리브가 수지 흐름방향으로 있을 때보다 리브가 수지 흐름방향의 수직으로 있는 경우에 더 균일하게 냉각되어 수축차가 적게 발생하여 리브가 수지 흐름방향으로 있을 때, 휨이 더 많이 발생한 것으로 사료된다.

#### 3.1.2 PP+GF30%

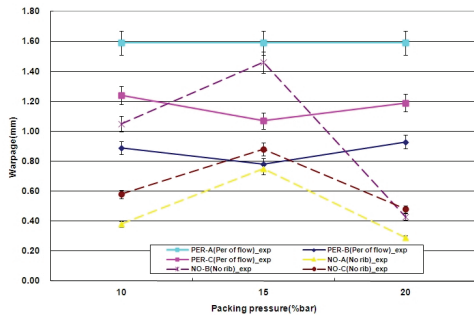
Fig. 8에서 (a)는 Flat 한 형상과 수지 흐름 방향에 평행한 리브가 있을 때의 휨량을 그래프로 나타내었고, 보압의 크기에 따라서 관찰하였다. 휨량의 크기는 Flat한 시편에서 NO-C > NO-B > NO-A의 순서로 나타났고, 수지 흐름방향에 평행한 리브에서는 PAR-B > PAR-A > PAR-C의 순서로 나타났다.

Fig. 8에서 (b)는 Flat한 형상과 수지 흐름방향에 직각으로 리브가 있을 때 휨량을 그래프로 나타낸 것이다. 휨량의 크기는 Flat한 시편에서 NO-C >

NO-B > NO-A의 순서로 나타났고, 수지 흐름방향에 직각에서 리브는 PER-C > PER-A > PER-B의 순서로 나타났다. Flat한 시편보다 리브가 있는 시편에서 휨이 더 많이 발생 하였다. 휨량이 보압의 크기에 따라서 모두 증가하는 경향을 보이고 있다. 보압이 증가 할수록 휨이 증가하는 것은 리브가 있는 시편이나 Flat한 시편 모두 과도한 압력을 받아 휨이 증가한 것으로 사료된다.



(a) Warpage in parallel direction to flow



(b) Warpage in perpendicular direction to flow

Fig. 7. Warpage for various rib design in PA66+GF30% specimens : (a) Warpage in parallel direction to flow (b) Warpage in perpendicular direction to flow.

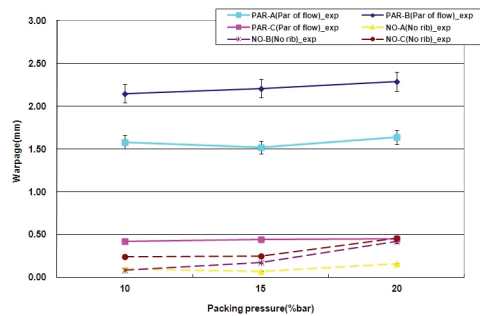
### 3.2 비결정성 수지에 따른 휨

#### 3.2.1 ABS+GF30%

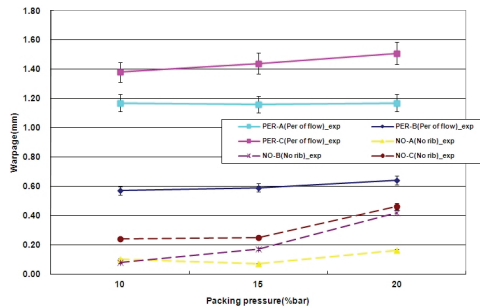
Fig. 9에서 (a)는 Flat 한 형상과 수지 흐름 방향에 평행한 리브가 있을 때의 휨량을 그래프로 나타내었고, 보압의 크기에 따라서 관찰하였다. 휨량의 크기는 Flat한 시편에서 NO-B > NO-C > NO-A의 순서로 나타났고, 수지 흐름방향에 평행한 리브에서

는 PAR-B > PAR-A > PAR-C의 순서로 나타났다.

Fig. 9에서 (b)는 Flat한 형상과 수지 흐름방향에 직각으로 리브가 있을 때 휨량을 그래프로 나타낸 것이다. 휨량의 크기는 Flat한 시편에서 NO-A > NO-C > NO-B의 순서로 나타났고, 수지 흐름방향에 직각에서 리브는 PER-A > PER-C > PER-B의 순서로 나타났다. 휨량이 수지의 흐름방향으로 리브가 있는 시편에서 더 크게 발생하였다. 또한 보압 크기가 증가하였을 때 휨량도 일부 증가하는 경향을 보이고 있다. 전체적으로 ABS+GF30% 수지에서도 리브가 있는 시편에서 휨이 많이 나타나는 것을 알 수 있었다. 비결정성 수지에서도 결정성 수지와 비슷하게 리브가 있는 시편에서 휨이 많이 나타나고, 수지 흐름방향으로 휨이 많이 발생하는 것은 앞선 내용과 같이 수축차에 의해서 발생한 것으로 사료된다.



(a) Warpage in parallel direction to flow



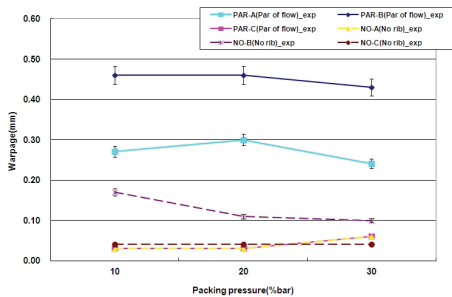
(b) Warpage in perpendicular direction to flow

Fig. 8. Warpage for various rib design in PP+GF30% specimens : (a) Warpage in parallel direction to flow (b) Warpage in perpendicular direction to flow.

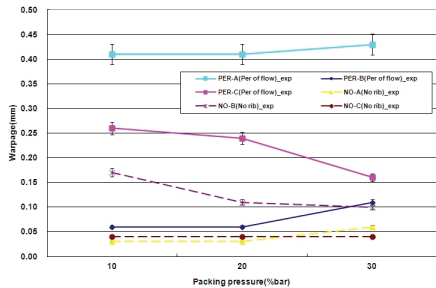
#### 3.2.2 PC+GF30%

Fig. 10에서 (a)는 Flat 한 형상과 수지 흐름 방향에 평행한 리브가 있을 때의 휨량을 그래프로 나타내었고, 보압의 크기에 따라서 관찰하였다. 휨량의 크기는 Flat한 시편에서 NO-A > NO-B > NO-C의 순서로 나타났고, 수지 흐름방향에 평행한 리브에서는 PAR-B > PAR-C > PAR-A의 순서로 나타났다.

Fig. 10에서 (b)는 Flat한 형상과 수지 흐름방향에 직각으로 리브가 있을 때 휨량을 그래프로 나타낸 것이다. 휨량의 크기는 Flat한 시편에서 NO-B > NO-C > NO-A의 순서로 나타났고, 수지 흐름방향에 직각에서 리브는 PER-A > PER-C > PER-B의 순서로 나타났다. Flat한 시편보다 리브가 있는 시편에서 휨이 더 많이 발생 하였고, 보압 크기가 증가하였을 때 휨량도 증가하는 경향을 보이고 있다. 이는 앞선 내용과 마찬가지로 과도한 압력을 받아 휨이 증가한 것으로 사료된다.

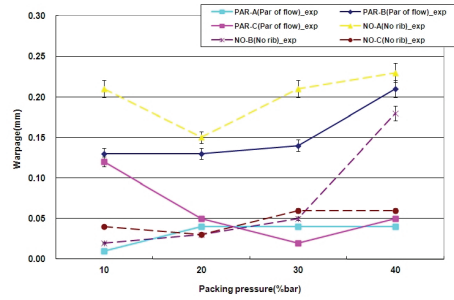


(a) Warpage in parallel direction to flow

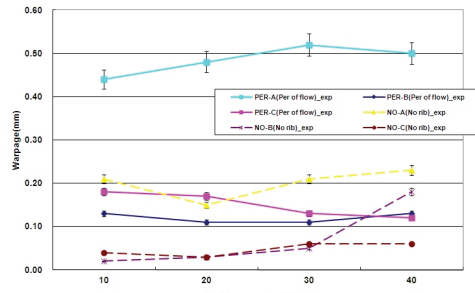


(b) Warpage in perpendicular direction to flow

Fig. 9. Warpage for various rib design in ABS+GF30% specimens : (a) Warpage in parallel direction to flow (b) Warpage in perpendicular direction to flow.



(a) Warpage in parallel direction to flow



(b) Warpage in perpendicular direction to flow

Fig. 10. Warpage for various rib design in PC+GF30% specimens : (a) Warpage in parallel direction to flow (b) Warpage in perpendicular direction to flow.

#### 4. 결론

본 연구에서는 평판 모양의 시편에서 리브의 유무와 리브의 방향에 따라서 나타나는 평판의 변형을 연구하였다.

리브가 없는 평판시편과 리브가 있는 평판시편에서 휨의 경향을 비교하였을 때 PA66+GF30%, PP+GF30%, ABS+GF30%, PC+GF30% 모두 리브가 있는 시편에서 휨이 더 많이 나타났다. 그리고 리브의 방향이 흐름방향으로 놓여 있을 때가 흐름과 직각방향으로 놓여있을 때 보다 크게 나타났다.

결정성 수지 (PA66+GF30%, PP+GF30%)와 비결정성 (ABS+GF30%, PC+GF30%)수지를 비교해 보면 전반적으로 결정성 수지의 경우에 휨이 더 크게 발생하는 것으로 나타났다. 리브가 수지 흐름방향에 평행할 때가 수직일 때 보다 휨이 더 크게 나타났고, 비결정성 수지의 경우에도 리브의 방향이 수지 흐름에 평행할 때 더 크게 발생하였다.

## 참고문헌

- 1) Min-Young Lyu and Hae-Yeon Kim, "Introduction to polymer shaping operation and their principles", Polymer Science and Technology, 20, 157 (2009)
- 2) M. Lee, J. H. Kim, S. R. Park, and M. Y. Lyu, "A Study on the Warpage in Injection Mold Part for Various Part Designs and Non Reinforced Resins", Elastomers and Composites, Vol. 44, No. 4, pp. 373~377(December 2009)
- 3) A.J. Poslinski, W.C. Bushko, and V.K. Stokes, "Dimensional Stability of Thermoplastic Parts: Model Experiments", ANTEC, pp 486-490, 1996.
- 4) W.C. Bushko, V.K. Stokes, and A.J. Poslinski, "Dimensional Stability of Thermoplastic Parts: Comparison of Shrinkage Data With Predictions", ANTEC, pp 491-495, 1996.
- 5) W.C. Bushko, and V.K. Stokes, "Dimensional Stability of Thermoplastic Parts: Modeling Issues", ANTEC, pp 482-485, 1996.
- 6) Joshua E. McIlvaine, "The Effects of Filler, Wall Thickness and Geometry on Shrinkage and Warpage of Engineering Plastics", LNP Engineering Plastics, pp 179-191, 1998.
- 7) K.M.B Jansen, D.J. van Dijk and K.P. Keizer, "Warpage of Injection Moulded Plates and Corner Products", 13, Intern. Polymer Processing. pp 417-424, 1998.
- 8) K.M.B. Jansen, D.J van Dijk and E.V. Burgers, "Experimental Validation of Shrinkage Predictions for Injection Molded Products", NO.13, Intern. Polymer Processing, pp 99-104, 1998.
- 9) James T. Wang, C. K. Yoon, "Effects of Process Conditions on Shrinkage and Warpage Experiments and Simulations", CAE and Related Innovations for Polymer Processing, pp 163-174, 2000.
- 10) J. Gosden, "How to Avoid Warpage in polypropylene moulding", pp 3, 1992.
- 11) Matsuoka, T., Takabatake, J.I., Koiwai, A., Inoue, Y., Yamamoto, S. and Takahashi. H., "Integrated Simulation to Predict Warpage of Injection Molded Parts", Polymer Engineering and Science, VOL. 31, NO. 14, pp 1043-1050, 1991.
- 12) H. Wang, K.K. Kabanemi, and G. Salloum, "Numerical and Experimental Studies on the Ejection of Injection-Molded Plastic Products", Polymer Engineering and Science, VOL. 40, NO. 3, pp 826-840, 2000.
- 13) S. Han and K. K. Wang, "Shrinkage Prediction For Slowly-Crystallizing Thermoplastic Polymers in Injection Molding", Inter. Polymer Processing, NO. 12, pp 228-237, 1997.
- 14) N. Saha and S. Mc Carthy, D. Colford, "Shrinkage and Filling of UTRRA-HIGH Molecular Weight Polyethylene(UHMWPE)", ANTEC, pp 1599-1602, 1993.