

사출성형품의 리브 설계에 따른 휨의 연구

이민[†] · 류민영

서울산업대학교 대학원 · 서울산업대학교 정밀기계공학과
(2008. 5. 8. 접수 / 2008. 7. 25. 채택)

A study on the warpage in injection molded part for various rib design

Min Lee[†] · Min-Young Lyu

Graduate School of Industry and Engineering, Seoul National University of Technology
Dept. of Precision Mechanical Engineering, Seoul National University of Technology
(Received May 8, 2008 / Accepted July 25, 2008)

Abstract : Warpage, which is one of the molding trouble, acts as possible factor which results in defect in assembly. In this study, a mold was designed to produce specimens with rib parallel to flow direction, specimens with rib perpendicular to flow direction and specimens without rib. This work researched change of warpage according to injection molding condition such as injection pressure, packing pressure, packing time, resin temperature, mold temperature in non-crystalline resins(PC, ABS), crystalline resins(PP, PA66), and 30% glass fiber reinforced-resins(PC, ABS, PP, PA66). Specimens with rib and Crystalline resins show more warpage than specimens without rib and non-crystalline resins, respectively. Glass fiber reinforced-resins and specimens with rib parallel to flow direction show smaller warpage than conventional resins and specimens with rib perpendicular to flow, respectively. Specimens with rib and specimens without rib show reduced warpage as packing time increases. In addition, warpage increase as resin temperature increases. It is found that CAE shows similar tendency with experiment as packing time, resin temperature. when the rib is caused, warpage will reduce and prevent the transformation. product of a irregular form occurs warpage. In the study It'll be basic data that product occurs warpage, preferability.

Key Words : Warpage, Injection molded part, Injection pressure, Injection temperature, Glass fiber, Shinkage, Inject mold

1. 서 론

플라스틱은 일반 생활용품, 전기전자 제품, 기계, 자동차, 휴대폰, 항공기 부품 등 모든 분야에 걸쳐 이용되고 있다. 사출성형제품은 복잡한 성형형상, 성형공정조건 등의 변화에 의해 많은 성형결함이 발생한다. 이러한 성형결함 중의 하나인 휨은 사출 성형품에 조립 결함 중에 하나로 작용하기도 한다.

Shan, Carthy 와 Colford는 평판제품에 대하여 성형조건들 중에 금형온도 및 냉각시간, 압력이 수축에 큰 영향을 미친다고 발표 하였고, Han, Wang는 PET 성형품에 대하여 결정화에 따른 수축에 관하여 연구 하였다. 보압과 녹는 온도(melt temperature)가 높으면, 수축은 줄어 든다고 하였다. Jansen, Van Dijk 와 Burgers는 PS 성형품에 대한

수축을 평판 제품에 C-Mold program으로 해석하고 실험을 하였다. Kim은 rib에 발생하는 수축에 대하여 보압이 영향이 있다고 연구 발표 하였다. Bushko, Stokes 와 Poslinski는 PC 수지로 치수를 안정화 시키는 방법에 대하여 해석, 실험한 데이터를 비교한 연구로, 금형온도 및 압력이 수축에 영향을 주었고, 이것은 치수에도 영향을 주었다고 연구 하였고, Bushko, Stokes 와 Poslinski는 PC 성형품에 대하여 금형온도 및 압력을 변화시켜 가면서 수축 및 치수 안정성에 대하여 실험을 하였다. Buck 와 Stokes는 불규칙한 냉각과 보압이 수축 및 휨의 원인이라고 연구 발표 하였다. McIlvaine는 결정성 수지와 비결정성수지를 가지고, 유리섬유의 함유량에 따른 수축과 휨에 대하여 연구하였다. 사출성형품의 문제점 중의 하나인 휨(warpage) 역시, 개발단

계에서 문제시 되고 있다. 산업현장에서는 사출성형 조건만으로는 휨을 개선하기에는 어렵다. 사출성형 품의 개발단계 중의 하나인 금형개발단계에서 구조를 변경하게 되는데, 냉각이나 구조들이 제한되어 있기 때문에 금형의 구조 변경 보다는 기구적인 보완이 필요하다. Janesn, Van Dijk 와 Keizer는 PC 수지로 평판 제품의 휨에 대하여 압력과 온도차에 의해서 발생한다고 발표 하였고, Wang, Yoon 은 실험과 CAE program을 통하여 수축과 휨은 냉각차 및 압력이라고 연구하였다. Gosden은 해석 program을 통하여 수축과 휨을 미리 예측하여, 디자인 단계에서 이를 적용하여 비용을 줄이고자 발표하였다. Matsuoka, Takabatake등은 FRPP 수지에 4개의 리브를 가진 평판 제품에 Intergrated Simulation Program을 통하여 휨을 예측하고, 실험값과 비교 하였다. 휨은 온도차에 의한 섬유결정에 의해서 발생하고, 잔류응력이 휨에 연관이 있다고 발표 하였다. Jeong는 원형이 있는 직사각형 평판에 PBT 수지를 사용하여 섬유배향성이 휨에 영향을 준다고 하였고, Min은 PBT 수지로 4개의 모서리를 갖는 3차원 구조물에 Moldfolw program으로 해석, 실험을 하였다. 휨은 섬유배향성 때문이라고 발표 하였고, Wang, Kabanemi 와 Salloum는 PC 수지로 4개의 모서리를 갖는 3차원 구조물을 취출 balance에 대하여 발표 하였다.

현재까지의 연구는 제품의 구조 및 특성상 수축이 생기고, 변형이 생긴다는 원인만을 기술했고, 제품이 디자인 됐을때, 어떠한 영향을 주는지에 대해서는 연구가 있었다. 그러나, 제품의 형상, 성형조건과 재료가 바뀌었을때, 어떻게 변하는지에 대한 연구는 없었다. 본 연구에서는 Flat한 제품에 대하여 리브를 적용 했을 때, Rib의 형상, 재료, 성형조건에 따라 어떠한 영향을 주는지에 대해 연구 하였다. 본 연구 결과는 제품설계 및 금형설계에서 기본적인 자료가 될 것이다.

2. 실험장치 및 실험방법

2.1 재료

본 연구에서는 결정성 수지인 Polypropylene(PP), Polyamide66(PA66)와 비결정성 수지인 Polycarbonate(PC), Acrylonitrile Butadiene Styrene(ABS)에 대하여 휨을 연구 하였고, 또한 위 수

지에 Glass fiber 30%가 첨가 되었을 때, 휨에 대하여도 연구 하였다.

2.2 시편형상 및 금형

Fig. 2-1은 본 연구에 사용한 실험용 금형을 나타낸 것으로, 금형크기는 250 x 300 x 260 mm 이며, 2개의 core를 가진 2매 구성형 금형이다. 그리고, 하나의 몰드 베이스에 캐비티 형상을 변경하는 구조로 캐비티를 인서트하여 조립할 수 있는 구조로 설계 제작하였다. 3개의 시편을 성형하기 위해 rib가 없는 시편은 core 제작하고, 1개의 core에 rib가 있는 시편을 수지 흐름방향 및 흐름방향의 수직방향으로 성형할 수 있도록 core를 제작 하였다. 즉, core의 방향만을 회전시켜 2개의 시편을 성형할 수 있도록 하였다.

Fig. 2-2는 실험에 사용된 시편으로 가로, 세로, 두께가 각각 100 mm x 100 mm x 3 mm 이고, 4개의 rib 는 길이, 폭, 높이가 각각 100 mm x 2 mm x 6 mm 인 시편을 rib가 없는 시편, rib가 수지 흐름 방향으로 있는 시편, rib가 수지 흐름방향의 수직으로 있는 시편을 이용하여 실험, 측정 하였다.

Fig. 2-3은 실험을 위해 LNGEL 사출성형기 (vc330/80)을 사용하였으며, 사출기의 형체력은 80 ton이고, 최대 사출용량은 2415 bar, 스쿠류의 직경은 $\varnothing 25$ 이다.

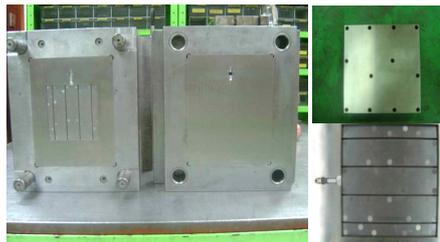


Fig. 2-1 Experimental mold for injection molding

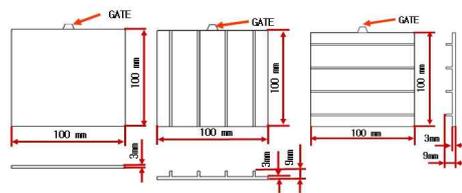


Fig. 2-2 Specimens shape of



Fig.. 2-3 Injection molding machine
LNGEL(vc330/80)

2.3. 휨의 측정

Fig. 2-4는 휨을 측정방법이다. 3차원 측정기로 3 Point(1,2,3)를 측정하면, Computer는 X 거리에서 Y 값을 계산하게 된다. 즉, Y 값이 시편의 휨(Warpage)이 된다. Fig. 2-5는 휨의 측정 위치를 나타내었다. Gate에서 가까운 부위(A), Gate의 반대편(B) 그리고, 수지 흐름방향의 측면(C)을 측정 하였다. Rib가 없는 시편을 NO-A, NO-B, NO-C 라 하고, Rib가 수지 흐름방향으로 있는 시편을 PAR-A, PAR-B, PAR-C, Rib가 수지 흐름방향의 수직으로 있는 시편을 PER-A, PER-B, PER-C 라 정하고 각각의 시편에 대한 측정부위를 측정하였다. Fig. 2-5는 실험에 사용된 3차원 레이저 측정기 나타내었다.

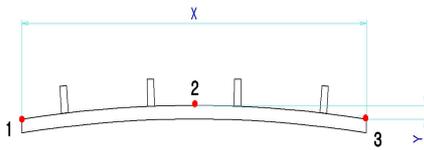


Fig. 2-4 Measuring method of specimens

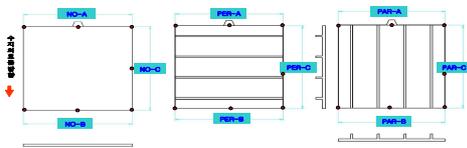


Fig. 2-5 Measuring point of specimens



Fig.. 2-6 Laser measuring machine(De Meet
404) used for the experiments

2.4 성형조건

각 수지별로 보압, 보압시간, 수지온도, 금형온도의 성형조건에 따른 휨을 측정 하였다. 각 수지에 따른 여러 가지 성형 조건을 Table 2-1에 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 리브설계와 재료에 따른 휨

Fig. 3-1은 리브가 없는 Flat 한 시편과 리브가 수지 흐름방향으로 있는 시편, 수지 흐름방향의 수직으로 있는 시편의 휨 변화를 나타낸 그래프이다. 게이트에서 가까운 부위를 A, 게이트의 반대편 부위를 B, 수지 흐름방향의 측면을 C로 나타내었다.

Fig. 3-1의 (a)는 ABS 수지를 사용하여 사출속도 25 mm/s, 보압 30 %bar, 수지온도 250°C, 금형온도 110°C의 조건에서 휨의 변화를 나타내었다. Flat한 시편에서 NO-A는 0.63~1.40mm, NO-B는 0.38~1.22mm, NO-C는 0.05~0.30mm 휨이 발생 하였고, 리브가 수지흐름방향으로 있는 시편에서 PAR-A는 0.67~1.59mm, PAR-B는 0.79~1.49mm, PAR-C는 0.50~0.69mm 휨이 발생하였다. Flat한 시편보다 리브가 수지 흐름방향으로 있는 시편에서 PAR-A는 0.04~0.19mm(6~12%), PAR-B는 0.27~0.41mm(18~52%), PAR-C는 0.39~0.45mm(57~90%) 휨이 더 많이 발생 하였다. 휨은 A > B > C 순으로 크게 발생 하였다.

Fig. 3-1의 (b)는 PC+GF30% 수지를 사용하여 사출속도 30 mm/s, 보압 30 %bar, 보압시간 2.5 sec, 금형온도 125°C의 조건에서 휨의 변화를 나타내었다. Flat한 시편에서 NO-A는 0.06~0.16mm, NO-B는 0.03~0.05mm, NO-C는 0.01~0.03mm 휨이 발생 하였고, 리브가 수지 흐름방향의 수직으로 있는

Table 2-1 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	30	537	1	90	265
		939	1.5	100	280
		1342	2	110	295
		1744	2.5		310
ABS	30	268	1	60	220
		403	1.5	70	240
		537	2	80	260
			2.5		
PP	25	537	1	65	220
		671	1.5	70	230
		805	2	80	240
			2.5		250
PA66	40	268	1	80	290
		403	1.5	90	300
		537	2	100	310
			2.5		

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		295
ABS+GF30%	25	268	1	60	220
		403	1.5	70	230
		537	2	80	240
			2.5		
PP+GF 30%	32	268	1	70	220
		537	1.5	80	230
		805	2	90	240
			2.5		250
PA66+GF30%	45	268	1	80	300
		403	1.5	90	310
		537	2	100	320
			2.5		

시편에서 PER-A는 0.33~0.47mm, PER-B는 0.04~0.13mm, PER-C는 0.05~0.14mm 휨이 발생하였다. Flat한 시편보다 리브가 수지 흐름방향의 수직으로 있는 시편에서 PER-A는 0.27~0.30mm(64~82%), PER-B는 0.01~0.08mm(25~62%), PER-C는 0.04~0.11mm(79~80%) 휨이 더 많이 발생하였다. 휨은 A > B > C 순으로 크게 발생하였다.

Fig. 3-1의 (c)는 PC 수지를 사용하여 사출속도 30 mm/s, 보압시간 1 sec, 수지온도 310°C, 금형온도 110°C의 조건에서 휨의 변화를 나타내었다. 리브가 수지흐름방향으로 있는 시편에서 PAR-A는 0.96~1.18mm, PAR-B는 0.99~1.09mm, PAR-C는 0.68~0.76mm 휨이 발생하였고, 리브가 수지 흐름

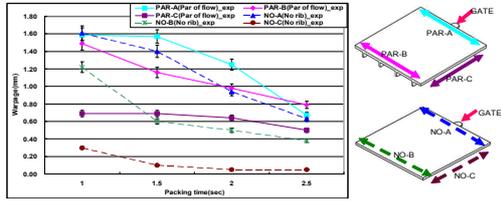
방향의 수직으로 있는 시편에서 PER-A는 0.68~0.72mm, PER-B는 0.65~0.72mm, PER-C는 0.73~0.82mm 휨이 발생하였다. 리브가 수지 흐름방향의 수직으로 있는 시편 보다 수지 흐름방향으로 있는 시편이 PAR-A는 0.28~0.46mm(29~39%), PAR-B는 0.34~0.37mm(34%) 휨이 더 많이 발생하였다. 수지흐름방향의 측면 부위인 C는 리브가 수지 흐름 방향의 수직으로 있는 시편에서 PER-C는 0.05~0.06mm(7%) 휨이 더 많이 발생하였다.

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 분래의 랜덤한 상태로 돌아가려고 하는 성질로 인하여 수축이 일어나게 되고, 휨이 발생한다. 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.

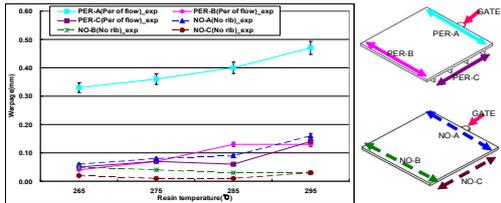
3.2 결정성재료와 비결정성재료에 따른 휨

Fig. 3-2는 비결정성 수지인 PC 수지와 결정성 수지인 PA66의 휨을 비교 하였다. 비결정 수지인 PC는 사출속도 30 mm/s, 보압시간 1 초, 수지온도 310°C, 금형온도 110°C이고, 결정성 수지인 PA66은 사출속도 40 mm/s, 보압시간 1 초, 수지온도 300°C, 금형온도 100°C일 때 휨의 변화를 비교 분석 하였다. Fig. 3-2는 수지 흐름방향의 수직으로 있는 시편의 휨 변화를 나타낸 그래프이다. 게이트에서 가까운 부위를 A, 게이트의 반대편 부위를 B, 수지 흐름방향의 측면을 C로 나타내었다.

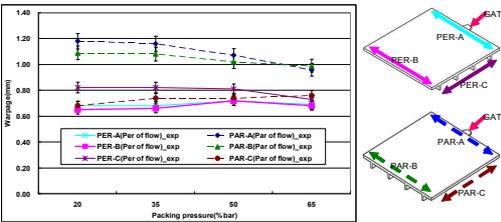
Fig. 3-2에서 비결정성 수지인 PC는 리브가 수지 흐름방향의 수직으로 있는 시편에서 PER-A는 0.68~0.72mm, PER-B는 0.65~0.72mm, PER-C는 0.73~0.82mm 휨이 발생하였고, 결정성 수지인 PA66은 PER-A는 1.59~1.67mm, PER-B는 0.95~1.38mm, PER-C는 2.07~2.46mm 휨이 발생하였다. 비결정성 수지인 PC 보다 결정성 수지인 PA66이 PER-A는 0.91~0.95mm(57%), PER-B는 0.30~



(a) Warpage compare for parallel of flow



(b) Warpage compare for perpendicular of flow



(c) Warpage compare for parallel and perpendicular of flow

Fig. 3-1 Warpage according to rib design

0.66mm(32~48%), PER-C는 1.34~1.64mm(65~67%) 휨이 더 많이 발생 하였다. 휨은 리브가 수지 흐름방향의 수직으로 있는 시편은 C > A > B 순으로 크게 발생 하였다.

용융수지가 캐비티를 흘러가면서 시편 내부에 결정화가 일어나게 된다. 시편이 냉각되면서 결정성수지는 비결정성 수지 보다 증가하여 수축이 일어나게 되고, 휨이 발생 한다. 결정성 수지의 밀도가 비결정성 수지의 밀도 보다 크기 때문에 결정성 수지가 더 휨이 많이 발생된다고 사료된다.

3.3 첨가제에 따른 휨

Fig. 3-3 일반수지인 PC 와 Glass fiber 30% 첨가된 수지인 PC+GF30%의 휨을 비교 하였다. PC는 사출속도 30 mm/s, 보압시간 1 초, 수지도온도 310°C, 금형온도 110°C이고, PC+GF30%는 사출속도 30 m/s, 보압시간 1 초, 수지도온도 295°C, 금형온도 125°C일 때, 휨의 변화를 비교 분석 하였다.

Fig. 3-3은 리브가 수지 흐름방향으로 있는 시편의 휨 변화를 나타낸 그래프이다. 게이트에서 가까

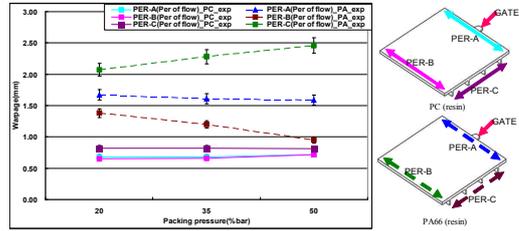


Fig. 3-2 warpage according to material in case of PC resin and PA66 resin

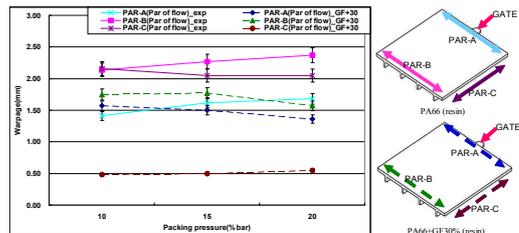


Fig. 3-3 Warpage according to contains glass fiber in case of PC resin

운 부위를 A, 게이트의 반대편 부위를 B, 수지 흐름 방향의 측면을 C로 나타내었다.

Fig 3-3에서 PC는 리브가 수지흐름방향으로 있는 시편에서 PAR-A는 0.96~1.18mm, PAR-B는 0.99~1.09mm, PAR-C는 0.68~0.76mm 휨이 발생 하였고, PC+GF30%는 PAR-A는 0.01~0.04mm, PAR-B는 0.13~0.21mm, PAR-C는 0.02~0.12mm 휨이 발생하였다. 일반수지인 PC 보다 첨가제가 첨가된 수지인 PC+GF30%에서 PAR-A는 0.97~1.14mm(97~99%), PAR-B는 0.86~0.88mm(81~87%), PAR-C는 0.64~0.66mm(97~84%) 휨이 더 적게 발생 하였다.

GF가 함유되면 흐름방향으로 있던 수지들이 원래의 랜덤한 상태로 돌아 가려고 하여 수축이 일어난다, Glass fiber가 첨가 되었을 때, 수축을 보상해 주므로서 수축차가 일반수지보다 적게 발생하는 것으로 사료된다.

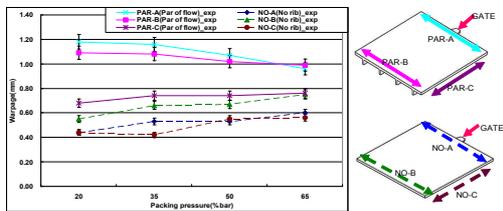
3.4 성형조건에 따른 휨

3.4.1 보압

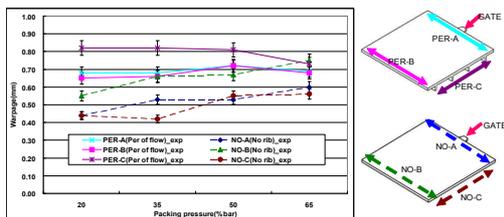
Fig. 3-4는 보압 변화에 따른 휨의 변화를 PC 수지로 나타내었다. 게이트에서 가까운 부위를 A, 게이트의 반대편 부위를 B, 수지 흐름방향의 측면을 C로 나타내었다.

Fig. 3-4는 사출속도 30 mm/s, 보압시간 1초, 수지온도 310℃, 금형온도 110℃일때, 보압을 20%bar, 35%bar, 50%bar, 65%bar 변화에 따른 휨의 변화를 나타낸 그래프이다. (a)는 리브가 수지 흐름방향으로 있는 시편, (b)는 리브가 수지 흐름방향의 수직으로 있는 시편을 나타내었다. 보압이 증가 할수록 Flat한 시편은 휨이 증가하고, 리브가 수지 흐름방향의 수직으로 있는 시편은 휨의 변화가 미미하다. 수지 흐름방향으로 있는 시편은 감소하고 있다.

Flat한 시편이 보압이 증가 할수록 휨이 증가하는 것은 리브가 있는 시편보다 Flat한 시편이 수지의 양이 적어 리브가 있는 시편은 적당한 압력이 가해지나, Flat한 시편은 과도한 압력을 받아 휨이 증가한 것으로 사료된다.



(a) Warpage compare for parallel of flow of rib



(b) Warpage compare for perpendicular of flow of rib

Fig. 3-4 Warpage according to the packing pressure in case of PC resin

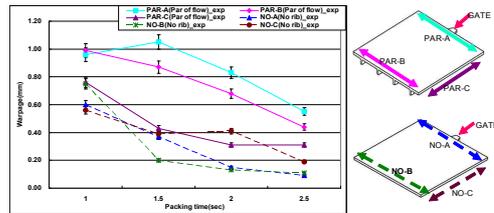
3.4.2 보압시간

Fig. 3-5는 보압시간 변화에 따른 휨의 변화를 PC수지로 나타내었다. 게이트에서 가까운 부위를 A, 게이트의 반대편 부위를 B, 수지 흐름방향의 측면을 C로 나타내었다.

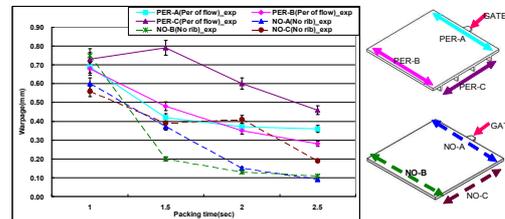
Fig. 3-5는 PC 수지에 대하여 보압 65%bar, 사출속도 30 mm/s, 수지온도 310℃, 금형온도 110℃일 때, 보압시간을 1초, 1.5초, 2초, 2.5초 변화에 따른

휨의 변화를 나타낸 그래프이다. (a)는 리브가 수지 흐름방향으로 있는 시편, (b)는 리브가 수지 흐름방향의 수직으로 있는 시편을 나타내었다. 보압시간이 증가 할수록 Flat한 시편 및 리브가 수지 흐름방향의 수직으로 있는 시편, 수지 흐름방향으로 있는 시편은 휨이 감소하고 있다.

보압시간이 길어질수록 내부의 수지들은 냉각하는 동안 압력이 계속 유지 되므로 수축이 감소하고, 따라서 수축차도 감소함으로 휨도 감소하는 것으로 사료된다.



(a) Warpage compare for parallel of flow of rib



(b) Warpage compare for perpendicular of flow of rib

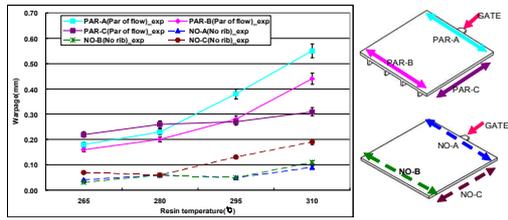
Fig. 3-5 Warpage according to the packing time in case of PC resin

3.4.3 수지온도

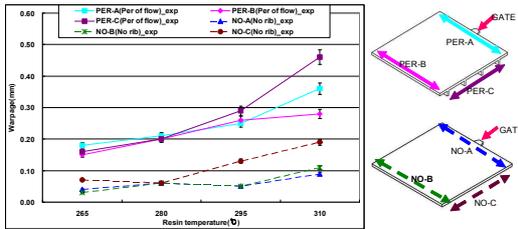
Fig. 3-6는 수지온도에 따른 휨의 변화를 PC수지로 나타내었다. 게이트에서 가까운 부위를 A, 게이트의 반대편 부위를 B, 수지 흐름방향의 측면을 C로 나타내었다.

Fig. 3-6은 보압 65%bar, 사출속도 30 mm/s, 보압시간 2.5초, 금형온도 110℃일때, 수지온도를 26 5℃, 280℃, 295℃, 310℃ 변화에 따른 휨의 변화를 나타낸 그래프이다. (a)는 리브가 수지 흐름방향으로 있는 시편, (b)는 리브가 수지 흐름방향의 수직으로 있는 시편을 나타내었다. 수지온도가 증가 할수록 Flat한 시편 및 리브가 수지 흐름방향의 수직으로 있는 시편, 수지 흐름방향으로 있는 시편은 휨

이 증가하고 있다.



(a) Warpage compare for parallel of flow of rib



(b) Warpage compare for perpendicular of flow of rib

Fig. 3-6 Warpage according to the resin temperature in case of PC resin

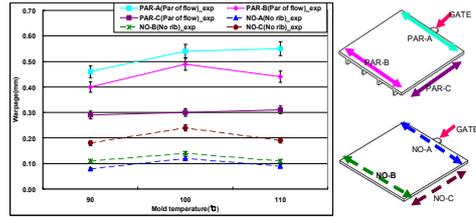
3.4.4 금형온도

Fig. 3-7, 4-22, 금형온도 변화에 따른 휨의 변화를 비결정성 수지(PC)와 결정성 수지(PA66)를 나타낸 그래프이고, 측정부위를 게이트에서 가까운 부위를 A, 게이트의 반대편 부위를 B, 수지 흐름방향의 측면을 C로 나타내었다.

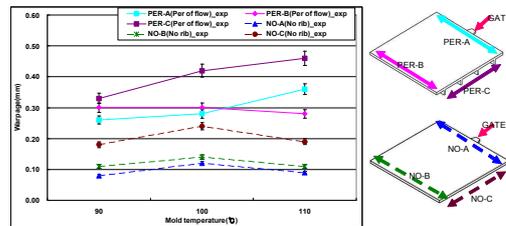
Fig. 3-7은 비결정성 PC 수지에 대하여 보압 65%bar, 사출속도 30 mm/s, 보압시간 2.5초, 수지 온도 310°C일때, 금형온도를 90°C, 100°C, 110°C 변화에 따른 휨의 변화를 나타내었다. (a)는 리브가 수지 흐름방향으로 있는 시편, (b)는 리브가 수지 흐름방향의 수직으로 있는 시편을 나타내었다. 비결정성 PC 수지의 경우, 휨을 판단하기에는 다소 무리가 있다.

Fig. 3-8은 결정성 PA66 수지에 대하여 보압 20%bar, 사출속도 40 mm/s, 보압시간 2.5초, 수지 온도 300°C일때, 금형온도를 80°C, 90°C, 100°C 변화에 따른 휨의 변화를 나타내었다. (a)는 리브가 수지 흐름방향으로 있는 시편, (b)는 리브가 수지 흐름방향의 수직으로 있는 시편을 나타내었다. 결정성 PA66 수지의 경우, 금형온도가 증가 할수록 휨이 증가하고 있다.

금형온도가 증가 할수록 휨이 증가하는 것은 금형이 냉각하면 수지는 서냉을 하게 되고, 결정화 온도에 결정이 일어나게 된다. 결정들이 증가하면서 밀도가 증가하게 되고, 수축이 일어나므로 휨도 발생하게 되는 것으로 판단된다.

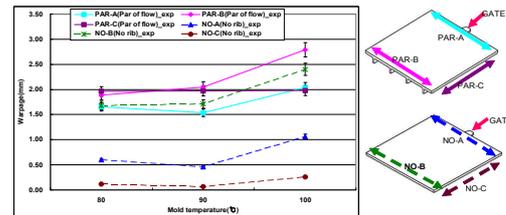


(a) Warpage compare for parallel of flow of rib

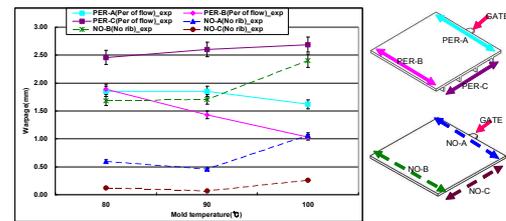


(b) Warpage compare for perpendicular of flow of rib

Fig. 3-7 Warpage according to the mold temperature in case of PC resin



(a) Warpage compare for parallel of flow of rib



(b) Warpage compare for perpendicular of flow of rib

Fig. 3-7 Warpage according to the mold temperature in case of PA66 resin

4. 결 론

본 연구에서는 휨에 대하여 리브형상, 재료, 성형 조건에 따른 휨의 변화에 대하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 리브형상에 따라 Flat한 시편보다 리브가 수지 흐름방향의 수직으로 있는 시편에서는 6~9%, 수지흐름방향으로 있는 시편에서는 25~66% , 리브가 수지 흐름방향의 수직으로 있는 시편보다, 수지 흐름방향으로 있는 시편에서 8~31% 휨이 더 많이 발생하였다.
- 2) 재료에 따라서는 비결정 수지(PC)보다 결정성 수지(PA66)가 28~67% 휨이 더 많이 발생하였다.
- 3) 일반수지(PC)보다 첨가제가 첨가된 수지(PC+GF30%)가 휨이 63~68% 적게 발생하였다.
- 4) 사출성형조건에 따라 보압시간이 증가 할수록 휨은 감소하였고, 수지온도가 증가 할수록 휨은 증가하였다.

참고문헌

- 1) N. Saha and S. Mc Carthy, D. Colford, 1993, "Shrinkage and Filling of UTRRA-HIGH Molecular Weight Polyethylene(UHMWPE)", ANTEC, pp 1599-1602
- 2) S. Han and K. K. Wang, 1997, "Shrinkage Prediction For Slowly-Crystallizing Thermoplastic Polymers in Injection Molding", Inter. Polymer Processing, NO. 12, pp 228-237
- 3) K.M.B. Jansen, D.J van Dijk and E.V. Burgers, 1998, "Experimental Validation of Shrinkage Predictions for Injection Molded Products", NO.13, Intern. Polymer Processing, pp 99-104
- 4) 김현필, 2004, "사출성형에서 싱크마크 발생에 관한 연구" 경남대학원, 학위논문, pp 106-112
- 5) A.J. Poslinski, W.C. Bushko, and V.K. Stokes, 1996, "Dimensional Stability of Thermoplastic Parts: Model Experiments", ANTEC, pp 486-490
- 6) W.C. Bushko, V.K. Stokes, and A.J. Poslinski, 1996, "Dimensional Stability of Thermoplastic Parts: Comparison of Shrinkage Data With Predictions", ANTEC, pp 491-495.

- 7) W.C. Bushko, and V.K. Stokes, 1996, "Dimensional Stability of Thermoplastic Parts: Modeling Issues", ANTEC, pp 482-485
- 8) Joshua E. McIlvaine, 1998, "The Effects of Filler, Wall Thickness and Geometry on Shrinkage and Warpage of Engineering Plastics", LNP Engineering Plastics, pp 179-191
- 9) K.M.B Jansen, D.J. van Dijk and K.P. Keizer, 1998, "Warpage of Injection Moulded Plates and Corner Products", 13, Intern. Polymer Processing, pp 417-424
- 10) James T. Wang, C. K. Yoon, 2000, "Effects of Process Conditions on Shrinkage and Warpage Experiments and Simulations", CAE and Related Innovations for Polymer Processing, pp 163-174
- 11) J. Gosden, 1992, "How to Avoid Warpage in polypropylene moulding", pp 3
- 12) Matsuoka, T., Takabatake, J.I., Koizumi, A., Inoue, Y., Yamamoto, S. and Takahashi. H., 1991, "Integrated Simulation to Predict Warpage of Injection Molded Parts", Polymer Engineering and Science, VOL. 31, NO. 14, pp 1043-1050
- 13) 정성택, 김진곤, 구본홍, 2000, "단섬유 보강 이방성 사출성형품의 휨 해석" 대한기계학회, 제24권, 8호, pp 1968-1977
- 14) 민남홍, 김성우, 박찬석, 이미혜, 이기준, 1997, "섬유 강화 사출성형품의 뒤틀림 현상 해석" 화학공학, 제35권, 4호, pp 468-475
- 15) H. Wang, K.K. Kabanemi, and G. Salloum, 2000, "Numerical and Experimental Studies on the Ejection of Injection-Molded Plastic Products", Polymer Engineering and Science, VOL. 40, NO. 3, pp 826-840