



비 보강 수지의 종류와 사출성형품의 설계에 따른 휨의 연구

이 민*·김지현**·박서리**·류민영***,†

*서울산업대학교 산업대학원

서울산업대학교 NID융합기술대학원, *서울산업대학교 제품설계금형공학과
(2009년 10월 5일 접수, 2009년 10월 12일 수정 및 채택)

A Study on the Warpage in Injection Molded Part for Various Part Designs and Non Reinforced Resins

M. Lee*, J. H. Kim**, S. R. Park**, and M.-Y. Lyu***,†

*Graduate School of Industry, Seoul National Univ. of Technology

**Graduate School of NID Fusion Technology, Seoul National Univ. of Technology

***Department of Product Design and Manufacturing Engineering, Seoul National Univ. of Technology

(Received October 5, 2009, Revised & Accepted October 12, 2009)

요약 : 플라스틱 제품 중 대부분은 사출성형 공정에 의해 이루어지고 있다. 사출성형품에서 휨은 제품의 치수에 영향을 미치며 또한 조립시의 문제점으로 작용한다. 본 연구에서는 사각 Flat한 시편과 여기에 리브가 수지 흐름방향으로 있는 시편, 리브가 수지 흐름방향의 수직으로 있는 시편에 대해서 사출성형 후 휨에 대해서 연구하였다. 비 보강된 비결정성 수지 (PC, ABS) 와 결정성 수지 (PP, PA66)에 대해서 휨을 비교 하였다. 제품형상이 Flat한 시편보다 평판에 리브가 있는 시편에서 휨이 6~9% 더 많이 발생하였다. 그리고 리브가 수지 흐름방향의 수직으로 놓여있는 시편보다 수지 흐름방향으로 놓여있는 시편에서 휨이 25~39% 더 많이 발생하였다. 또한 비결정성 수지보다는 결정성 수지에서 휨이 23~67% 더 많이 발생하였다. 성형조건에 따른 영향은 보압시간이 증가 할수록 휨이 감소하였고 수지온도가 증가 할수록 휨은 증가하였다.

ABSTRACT : Most of the plastics products are being manufactured by injection molding. Warpage in injection molded part affects the product dimension and it causes assembling problem. In this study, warpings in the injection molded part have been studied. Specimens are rectangular flat shapes with and without ribs. Amorphous polymers (PC and ABS) and crystalline polymers (PP and PA66) were used for material. Flat shape with ribs showed higher warpage than flat shape without ribs by 6 to 9%. The specimens with ribs that are located parallel to the flow direction has higher warpage than the specimens with ribs that are located perpendicular to the flow direction by 25 to 39%. Crystalline polymers have higher warpage than amorphous polymers by 23 to 67%. Warpage decreases as packing time increases and it increases as injection temperature increases.

Keywords : Warpage, Injection Molding, Rib, PC, ABS, PP, PA66, Packing Time, Injection Temperature

I. 서 론

현재 플라스틱은 일반 생활용품, 전기전자 제품 및 기계, 자동차, 항공기 부품 등 여러 분야에서 이용되고 있는 추세이다. 플라스틱 제품 생산은 대부분 사출성형으로 이루어지는데 이는 복잡한 제품의 형상을 쉽게 성형할 수 있는 장점이 있다. 하지만 사출성형 제품에서도 제품의 형상 및 성형공정에 따라 성형결함이 다양하게 발생하는데 이러한 제품결함 중에 휨이나 뒤틀림은 제품의 형상 및 조립시의 문제점으로 작용한다.¹

따라서 이러한 휨이나 변형을 방지하기 위해 제품 디자인 측면에서 리브를 설계하여 제품의 강성이나 강도를 보강하게 된다. 또한 성형품에 리브를 설치함으로써 제품의 두께를 줄일 수 있어 재료비의 원가를 절감할 수 있는 장점도 있다.^{2,4}

성형품에서의 수축이나 휨, 뒤틀림에 대한 연구가 많이 진행되어있는 상황이며 이들 연구는 주로 일반적인 평판 형상이나 기존의 디자인된 성형품에서 성형조건, 재료에 따른 수축이나 휨에 대한 원인과 인자에 따른 영향에 대하여 다루고 있었다.^{5,11} 하지만 리브 설계에 따른 수축이나 휨에 대한 연구가 아직은 미진한 상황이다.

본 연구에서는 리브 설계를 고려하여 리브의 유무와 리브의

† 대표저자 E-mail: mylyu@smut.ac.kr

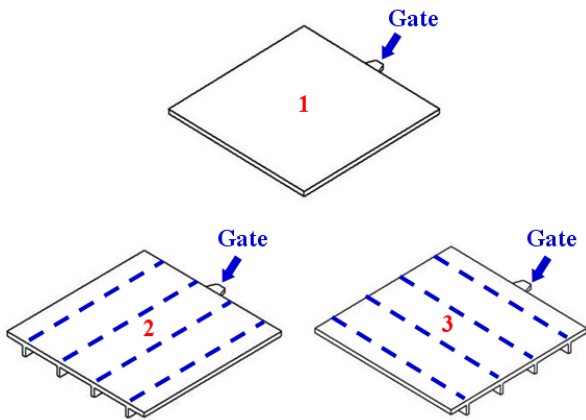


Figure 1. Specimens with ribs and without ribs.

Table 1. Materials and injection molding conditions

Resin	Injection speed [mm/s]	Packing pressure [bar]	Mold temperature [°C]	Injection temperature [°C]
PP	30	268(10%)	60	220
		403(15%)		
		537(20%)		
PA66	40	268(10%)	100	300
		403(15%)		
		537(20%)		
ABS	25	537(20%)	70	250
		671(25%)		
		805(30%)		
PC	30	537(20%)	110	310
		939(35%)		
		1342(50%)		
		1744(65%)		

방향이 수지흐름에 평행할 때와 수직일 때 그리고 수지의 종류에 따른 휨에 대하여 연구하였다.

II. 실험

1. 실험모델

Figure 1은 리브설계의 유무와 방향에 따른 휨에 대해 관찰하기 위해 사용된 실험시편이다. 시편은 평판 형상으로 치수는 가로, 세로 길이가 100 mm×100 mm이고 두께는 3 mm이다. 시편 '2'는 게이트에서 수지 흐름에 평행한 방향으로 리브를 설계하였고, 시편 '3'은 리브를 수지흐름에 직각방향으로 설계하였다. 리브의 치수는 높이가 6 mm이고 길이는 100 mm이다. 그리고 리브는 평판에서 균등한 간격으로 4개를 설치하였다.

2. 실험조건 및 장비

Table 1은 본 연구의 실험조건을 나타내고 있다. 결정성 수지는 PP (GS Caltex M540), PA66(Dupont zytel 01F NC10), 비결정성 수지는 ABS (LG Chem MP-211), PC (LG-DOW Calibre 301EP-30)이며 이에 따른 성형조건이 Table 1에 나타나 있다. Table 1에서 각 수지에 따라 보압크기를 변경하여 실험을 수행하였으며 보압시간은 1초로 고정하였다.

사출 성형기는 ANGEL vc330/80을 사용하였으며 형체력은 80 ton, 최대사출용량은 2415 bar, 스크류 직경은 Ø25이다.

3. 휨의 측정

Figure 2는 휨의 측정방법이 나타나있다. 3차원 측정기 (De Meet 404)를 이용하여 Point 1, 2, 3위치의 좌표 값을 측정하였다. Point 1과 3을 잇는 직선에서 point 2의 높이방향 치수 (Y값)

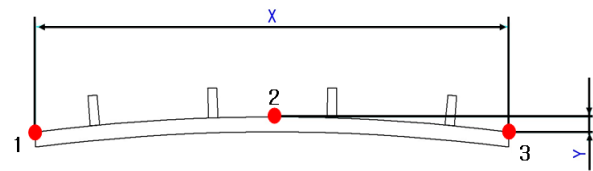


Figure 2. Evaluation of warpage.

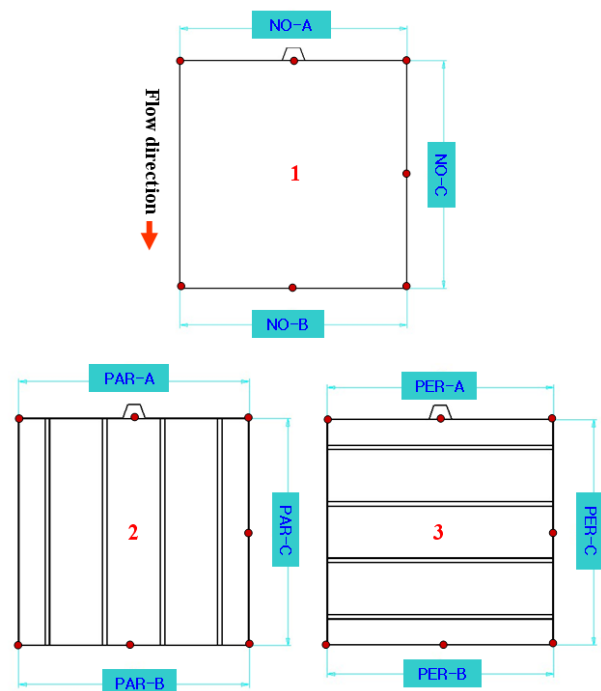


Figure 3. Measuring point of specimen.

을 이용하여 휨을 평가하였다.

Figure 3은 각 시편에서 휨 측정위치의 방향을 나타내고 있다. 각 시편에서 3 부분의 변형을 측정하여 분석하였다.

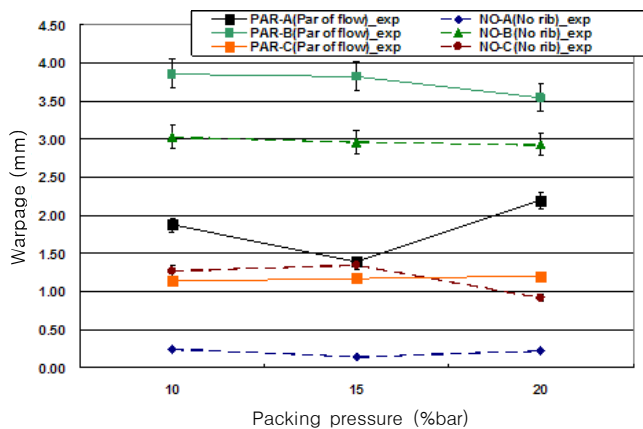
Figure 3에 나타난 측정부위의 기호에서 NO는 리브가 없는 것이고 PAR은 리브가 수지흐름의 평행방향, PER은 리브가 수지흐름의 직각방향으로 놓여있음을 나타낸다. 게이트가 있는 쪽의 쪽을 A, 게이트 반대편의 쪽을 B, 수지흐름 방향으로 길이를 C로 표기 하였고 이 부분의 휨을 측정하였다. 또한 측정은 시편 취출 후 24시간이 경과한 후에 수행하였다.

III. 결과 및 고찰

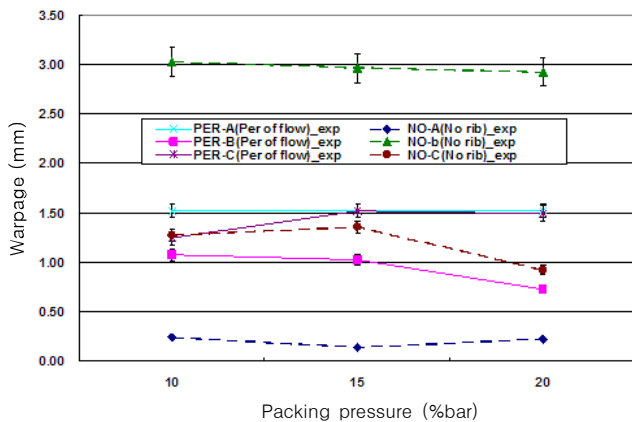
1. 결정성 수지에 따른 휨

1.1 PP

Figure 4에서 (a)는 Flat한 형상과 수지 흐름방향에 평행한



(a) Warpage in parallel direction to flow



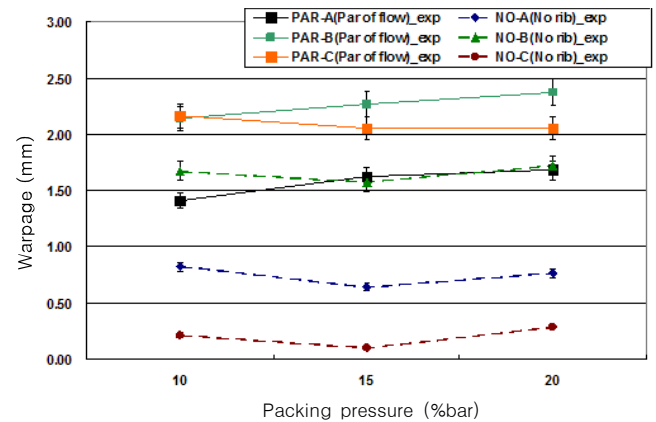
(b) Warpage in perpendicular direction to flow

Figure 4. Warpages for various rib design in PP specimens : (a) Warpage in parallel direction to flow and (b) Warpage in perpendicular direction to flow.

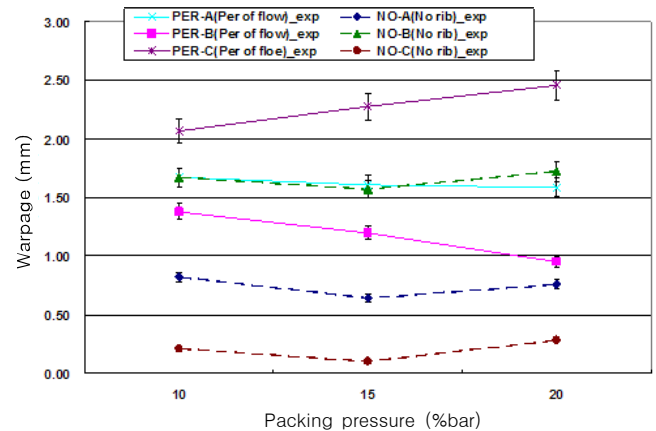
리브가 있을 때의 휨량을 그래프로 나타낸 것이고 보압크기에 따라서 관찰하였다. 휨량의 크기는 Flat한 시편에서 NO-B > NO-C > NO-A의 순서로 나타났고 수지흐름방향에 평행한 리브에서는 PAR-B > PAR-A > PAR-C의 순서로 나타났다. Figure 4 (b)는 Flat한 형상과 수지 흐름방향에 직각으로 리브가 있을 때 휨량을 그래프로 나타낸 것이다. 휨량의 크기는 PER-A > PER-C > PER-B의 순서로 나타났다. Flat한 시편보다 리브가 있는 시편에서 휨이 더 많이 발생하였는데 이는 리브가 있어서 형상이 불균일 하고 리브에 의해 볼륨이 추가되어 냉각이 느려져서 수축을 더 많이 하게 된다. 따라서 냉각차이에 의해 휨이 발생하는 것이라 판단된다. 휨의 크기는 수지의 흐름방향에 평행한 리브일 때 전반적으로 크게 나타났다.

1.2 PA66

Figure 5에서 (a)는 Flat한 형상과 수지 흐름방향에 평행한 리브가 있을 때의 휨량을 그래프로 나타낸 것이고 보압크기에



(a) Warpage in parallel direction to flow



(b) Warpage in perpendicular direction to flow

Figure 5. Warpages for various rib design in PA66 specimens : (a) Warpage in parallel direction to flow and (b) Warpage in perpendicular direction to flow.

따라서 관찰하였다. 휨량의 크기는 Flat한 시편에서 NO-B > NO-A > NO-C의 순서로 나타났고 수지흐름방향에 평행한 리브에서는 PAR-B > PAR-C > PAR-A의 순서로 나타났다. Figure 5 (b)는 Flat한 형상과 수지 흐름방향에 직각으로 리브가 있을 때 휨량을 그래프로 나타낸 것이다. 휨량의 크기는 PER-C > PER-A > PER-B의 순서로 나타났다. 휨량이 보압크기에 따라서 PER-C와PAR-C에서 감소하는 경향을 보이고 있고 PER-A, B와 PAR-A, B는 증가하는 경향을 보이고 있다. 그리고 보압크기가 10%일 때는 휨량에 큰 차이를 보이지 않음을 알 수 있다.

2. 비결정성 수지에 따른 휨

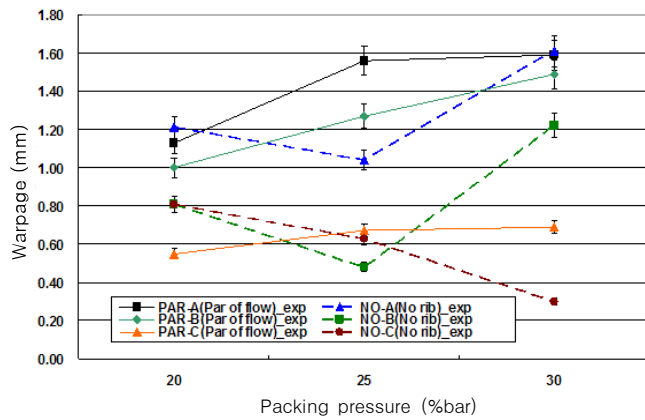
2.1 ABS

Figure 6에서 (a)는 Flat한 형상과 수지 흐름방향에 평행한 리브가 있을 때의 휨량을 그래프로 나타낸 것이고 보압크기에 따라서 관찰하였다. 휨량의 크기는 Flat한 시편에서 NO-A >

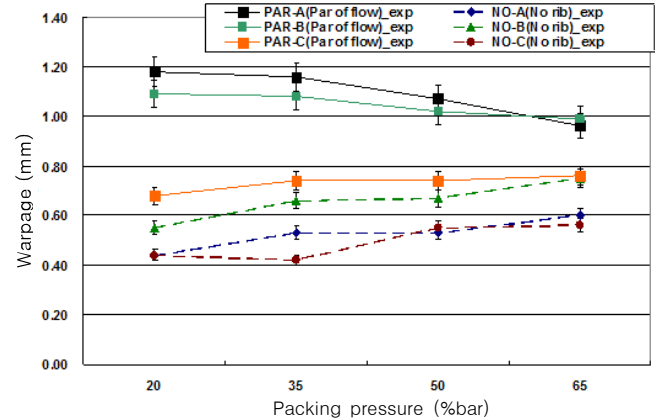
NO-B > NO-C의 순서로 나타났고 수지흐름방향에 평행한 리브에서는 PAR-A > PAR-B > PAR-C의 순서로 나타났다. Figure 6 (b)는 Flat한 형상과 수지 흐름방향에 직각으로 리브가 있을 때 휨량을 그래프로 나타낸 것이다. 휨량의 크기는 PER-C > PER-B > PER-A의 순서로 나타났다. 휨량이 수지의 흐름방향으로 리브가 있는 시편에서 더 크게 발생하였다. 또한 보압크기가 증가하였을 때 휨량도 증가하는 경향을 보이고 있다. 전체적으로 ABS 수지에서도 리브가 있는 시편에서 휨이 많이 나타나는 것을 알 수 있었다.

2.2 PC

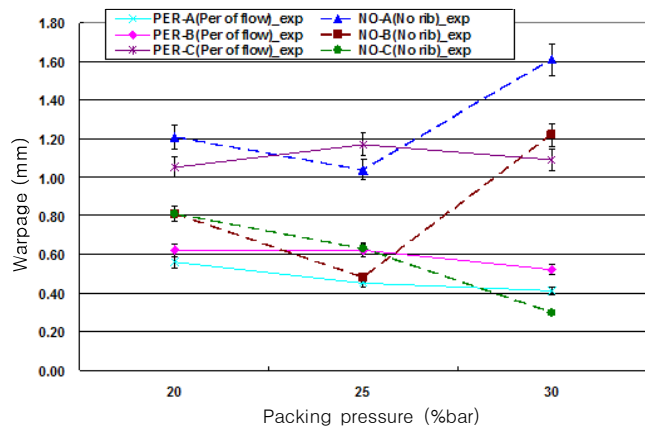
Figure 7에서 (a)는 Flat한 형상과 수지 흐름방향에 평행한 리브가 있을 때의 휨량을 그래프로 나타낸 것이고 보압크기에 따라서 관찰하였다. 휨량의 크기는 Flat한 시편에서 NO-B > NO-A > NO-C의 순서로 나타났고 수지흐름방향에 평행한 리브에서는 PAR-A > PAR-B > PAR-C의 순서로 나타났다. 보압크기가 증가하였을 때 Flat한 시편에서 휨량이 커지고 리브가



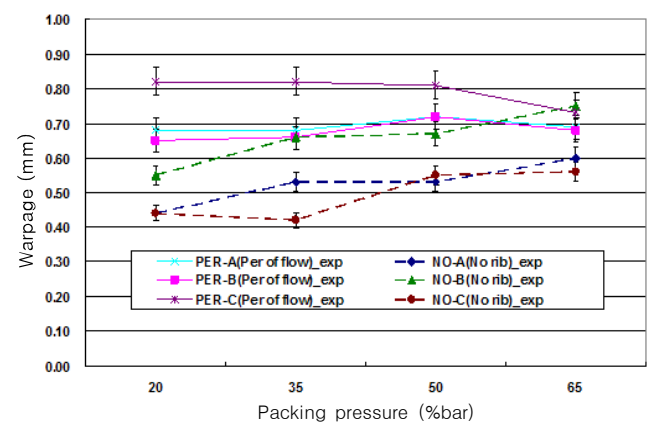
(a) Warpage in parallel direction to flow



(a) Warpage in parallel direction to flow



(b) Warpage in perpendicular direction to flow



(b) Warpage in perpendicular direction to flow

Figure 6. Warpages for various rib design in ABS specimens : (a) Warpage in parallel direction to flow and (b) Warpage in perpendicular direction to flow.

Figure 7. Warpages for various rib design in PC specimens : (a) Warpage in parallel direction to flow and (b) Warpage in perpendicular direction to flow.

있을 때는 휨량이 적어지는 경향을 보이고 있다. Figure 7 (b)는 Flat한 형상과 수지 흐름방향에 직각으로 리브가 있을 때 휨량을 그래프로 나타낸 것이다. 휨량의 크기는 PER-C > PER-A > PER-B의 순서로 나타났다. 보압크기가 증가하였을 때 리브가 있는 시편에서 휨량이 적어지는 경향을 보이고 있다.

수지의 흐름에 평행방향의 리브가 있을 때 휨량이 더 크게 나타났다. 또한 보압크기가 증가하였을 때 수지흐름방향의 리브에서 휨는 감소하고 흐름의 직각방향일 때는 약간의 감소는 있지만 큰 차이를 보이지 않았다.

IV. 결 론

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

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

결정성 수지 (PP, PA6)와 비결정성 (ABS, PC) 수지를 비교해 보면 전반적으로 결정성 수지의 경우에 휨이 더 크게 발생하는 것으로 나타났다. 리브가 수지흐름방향에 평행할 때가 수직일 때 보다 휨이 더 크게 나타났고 비결정성 수지의 경우에도 리브의 방향이 수지흐름에 평행할 때 더 크게 발생하였다.

후 기

본 과제(연구)는 지식경제부와 한국산업기술진흥원의 전략 기술인력양성사업으로 수행된 결과임.

참 고 문 헌

1. Min-Young Lyu and Hae-Yeon Kim, "Introduction to polymer shaping operations and their principles", *Polymer Science and Technology*, **20**, 157 (2009).
2. A.J. Poslinski, W.C. Bushko, and V.K. Stokes, "Dimensional Stability of Thermoplastic Parts: Model Experiments", *ANTEC*, pp. 486-490 (1996).
3. 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).
4. W.C. Bushko, and V.K. Stokes, "Dimensional Stability of Thermoplastic Parts : Modeling Issues", *ANTEC*, pp. 482 (1996).
5. N. Saha and S. Mc Carthy, D. Colford, "Shrinkage and Filling of UTRRA-HIGH Molecular Weight Polyethylene(UHMWPE)", *ANTEC*, pp. 1599-1602 (1993).
6. S. Han and K. K. Wang, "Shrinkage Prediction For Slowly-Crystallizing Thermoplastic Polymers in Injection Molding", *Inter. Polymer Processing*, **12**, 228 (1997).
7. K.M.B. Jansen, D.J. van Dijk and E.V. Burgers, "Experimental Validation of Shrinkage Predictions for Injection Molded Products", *Intern. Polymer Processing*, **13**, 99 (1998).
8. K.M.B Jansen, D.J. van Dijk and K.P. Keizer, "Warpage of Injection Moulded Plates and Corner Products", *Intern. Polymer Processing*, **13**, 417 (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. 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*, **31**, 1043 (1991).
11. H. Wang, K.K. Kabanemi, and G. Salloum, "Numerical and Experimental Studies on the Ejection of Injection-Molded Plastic Products", *Polymer Engineering and Science*, **40**, 826 (2000).