

한 방향으로 긴 제품에 대한 변형연구

김종갑 · 조재성 · 박상덕*

A STUDY OF WARPAGE IN ONE WAY LONG PARTS

Jong-Kab Kim, Chae-Sung Cho and Sang-Deuck Park

Key Words : Warpage, Processing condition, Flow balance, Y-deflection

Abstract

In general there occur warpage in one way long parts. Warpage is caused by differential shrinkage - Orientation Effect, Volumetric Shrinkage Effect, Differential Cooling Effect -over the part. Deco-Top is located at the top of 29"TV set and it's shape is one way long(626X130mm). Material is used transparency ABS resin. So we can't design ribs in this part. And we use film gate to avoid weld line. In these reasons we must develop no ribs and no warpage product. In this study we use MOLDFLOW's software-MF/FLOW,MF/COOL,MF/WARP. Using MF/FLOW, set the flow balance and gate positioning. And we can set cooling channel layout and the optimum processing condition through MF/COOL and MF/WARP. In result we reduced trials and obtained good product.

1. 서론

일반적으로 한 방향으로만 긴 제품은 뒤틀리거나 휘어지는 변형¹⁾²⁾이 가장 큰 문제로 지적되고 있다. 수지가 충전되면 금형과 온도차이의 영향으로 냉각되어 수축이 발생한다. 이러한 수축이 불균일하게 발생될 때 제품이 뒤틀리거나 휘어지는 변형이 발생하게 된다. 변형에 영향을 미치는 수축의 불균일 현상은 배향효과(orientation effect), 체적수축효과(volumetric shrinkage effect), 냉각차이효과(differential cooling effect) 등으로 발생된다. 이러한 변형의 문제를 해결하기 위해 가장 일반적으로 사용되는 방법은 제품에 리브(rib)와 같은 구조물을 설치하는 것이다.

당사에서 개발중인 대형 TV의 상단에 장착되는 Deco-Top은 가로방향으로 626mm, 세로방향으로 130mm의 형태를 갖고있어 변형의 문제가 예상될 뿐 아니라 외관품질이 요구되는 투명물로 사출해야 하기 때문에 다음과 같은 제약을 가지고 있다. 첫째로는 표면에 수지흐름의 합류각으로 발

생하는 웰드라인(weld line)¹⁾이 없어야 하며, 둘째로는 리브와 같은 구조물을 가능하면 적게 설치해야 하는 것이다.

먼저 웰드라인의 발생을 막기 위해서 다점 게이트가 아닌 한 개의 필름 게이트(film gate)³⁾⁴⁾를 선정하였다. 한 개의 필름 게이트를 적용할 경우 보압 전달에 한계가 있기 때문에 리브 설치를 최소화 해야 할 필요성이 있게 되었다. 이와같은 이유로 인하여 리브가 없으면서도 변형이 없는 제품을 만드는 것이 최적이다.

본 연구에서는 금형 제작 전 사출성형해석 s/w인 MOLDFLOW(사)⁵⁾의 MF/FLOW를 사용하여 좌, 우 충전균형이 맞는 게이트 위치를 선정하였고, MF/COOL과 MF/WARP을 사용하여 변형의 주원인을 분석하고 최적의 냉각회로³⁾를 설정함으로써 변형의 크기를 최소화함과 아울러 제품 특성상 유리한 방향으로 변형이 생기도록 유도하여 금형제작에 적용하였다.

* 대우전자 TV 연구소

2. 실험장치

2.1 실험장치

본 실험에 사용한 장치 및 제품은 다음과 같다.

2.1.1 사출성형기

LG 기계의 450 톤으로 유압구동에 의한 직압식의 사출성형기로, 모델은 IDE-450ENII 이다.

2.1.2 온도조절기

Hanse의 NTC-100 모델로 펌프 용량은 1Hp, 히터용량은 12Kw 이다.

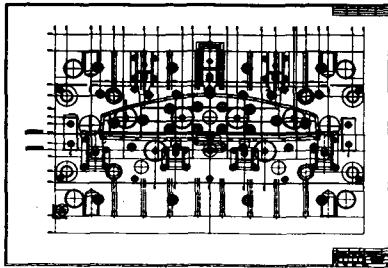
2.1.3 온도측정기

독일 Testoterm(사)의 접촉식 온도 측정기로 모델은 Testo 920 을 사용하였다.

2.1.4 금형

본 연구에 사용한 제품 크기는 638X131X19(WXHXD)이며, 금형 크기는 650X900X35mm(WXDX H)이며, 금형 재질은 한국중공업(주)의 HP1 을 사용하였다.

웰드라인을 최소화 하기 위해서 필름 게이트 방식을 사용하였으며, 냉각회로는 그림[1]에서 보는 바와 같이 해석결과를 반영하여 상,하 동일한 위치에 8 열씩 배열하여 구성하였다.



그림[1] 제품의 냉각회로 도면

3. 해석조건 및 방법

3.1 Delivery System

본 연구에 사용한 Delivery System 의 형태와 크기는 표 [1]과 같다.

표[1] Delivery System 의 형태와 크기

Gate 형상	Film Gate
Gate 크기	60X5X6mm
Gate 형태	Rectangular
Runner 크기	φ12mm
Sprue 크기	φ5.5mm-φ12mm, 길이 - 80mm

3.2 공정조건

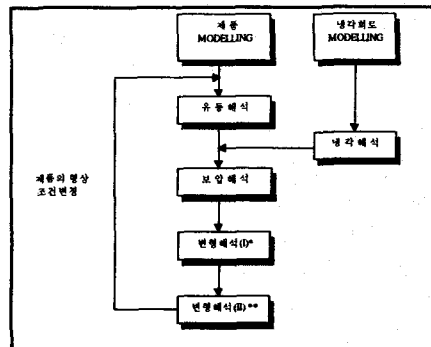
본 해석에서는 LG 화학(주)의 TR558A 를 사용하였다. 표[2]는 본 해석에서 사용한 공정조건들이다.

표[2] 공정조건

금형온도(°C)	50
수지온도(°C)	225
사출시간(sec)	1
보압(Mpa)	30
보압시간(sec)	5
냉각시간(sec)	15
형개시간(sec)	5

4. 해석절차 및 방법

Pro/E를 사용하여 모델링 및 mesh를 생성하였으며 MOLDFLOW(사)의 전,후 처리기인 MF/VIEW 를 이용하여 Interface하여 금형 제작 전 해석을 수행하였다. 해석 Solver로는 Moldflow(사)의 MF/FLOW, MF/COOL 및 MF/WARP을 사용하였다. 해석절차는 변형의 원인을 줄여나가면서 문제를 접근하는 방법을 선정하였다. 먼저 최적의 게이트 위치를 선정하여 유동균형을 유지함으로써 압력불균형으로 인한 변형의 원인을 줄였다. 두번째로, 3가지 변형의 원인 중 주 인자를 분석하여 해석의 방향을 설정하였다. 마지막으로 주요 인자들(사출시간, 냉각시간, 보압 등)의 영향을 파악하는 순으로 해석을 수행하였다. 해석의 Flow Chart는 그림[2]와 같다

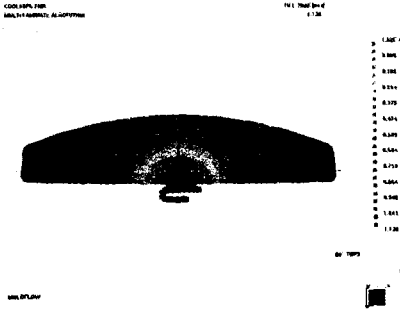


그림[2] Flow Chart

5. 결과 및 고찰

5.1 유동패턴(flow pattern)

그림[4]의 해석결과에서 보는 바와 같이 좌우 유동균형을 유지할 수 있는 최적의 위치에 게이트를 설정하였으며, 실제 실험 결과에서도 동일한 유동패턴을 확인하였다.



그림[3] 유동패턴

5.2 변형의 원인 분석

변형을 발생시키는 주요원인으로는 체적수축, 냉각차이, 배향효과를 들 수 있다. 금형온도가 상원판 50℃, 하원판 60℃ 일 때 주요원인에 따른 변형의 영향을 분석하면 표 [3]와 같다.

표[3] 변형의 원인결과

	냉각차이	체적수축	배향효
Y-치경	-2.42~0.099	-0.063~0.195	-0.1~0.032

해석결과 변형을 일으키는 주 인자는 냉각차이로 수지의 특성상 배향 효과는 거의 없음을 확인하였다. (다른 온도조건에서도 동일한 결과를 얻을 수 있었음)

5.3 금형 온도차이에 의한 영향

상기 결과에 따라 상원판과 하원판의 온도를 변화 시켜가며 해석을 수행하였다. 제품의 특성상 중앙부분이 하측 방향으로 치지는 것보다는 상측 방향으로 올라가는 것이 유리하기 때문에 하측의 온도를 60℃로 설정하였으며, 이때 상측온도를 20℃, 30℃, 50℃로 변화 시키면서 해석하였다.

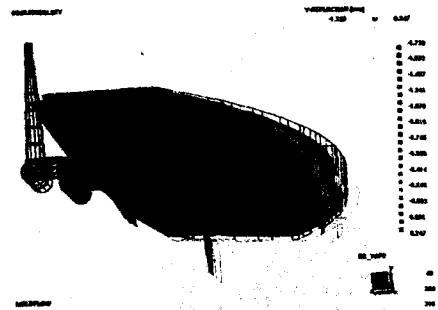
해석은 리브를 설정했을 경우와 삭제했을 경우 각각에 대해 수행하였으며, 해석결과 금형 하측온도 60℃, 상측온도 50℃에서 최적의 결과를 얻었으며 실험에서도 이 온도를 적용하여 사출한 결과 변형이 없는 양품을 얻었다. 해석결과는 표[4]와 같다.

표[4] 금형온도차에 의한 처짐량

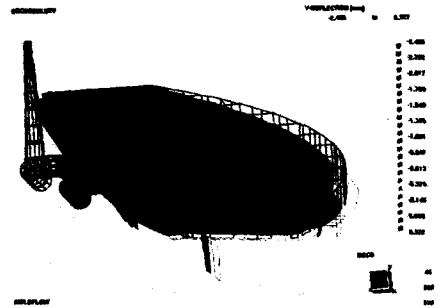
	하측온도 60℃			비고
	상측 20℃	상측 30℃	상측 50℃	
Rib 가 있었을때	-3.36~1.38	-2.12~0.39	-1.74~0.25	Center쪽이 +
Rib 가 없었을때	-5.4~0.9	-3.15~0.3	-2.48~0.33	Center쪽이 -

5.4 리브의 유무에 의한 영향

표[4]의 결과에서 보는 바와 같이 리브를 설치할 때의 처짐량이 리브를 삭제했을때보다는 처짐량 보다 줄어 들었으며, 중앙쪽이 올라오는 +값의 처짐 현상을 보여 TV 캐비닛 상단에 형합되는 제품구조 특성상 유리함을 보였다. 해석결과는 그림 [4]와[5]과 같다.



그림[4] Rib 가 있을 때의 처짐량



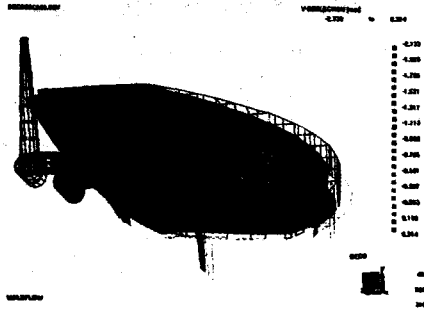
그림[5] Rib 가 없었을때의 결과

5.5 공정조건에 의한 영향

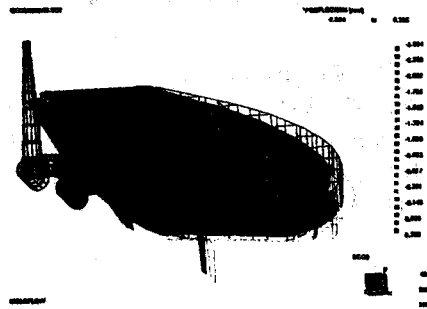
해석결과 금형 상측온도 50℃ 하측온도 60℃도에서 최적의 결과를 나타내었으므로, 상기 금형온도를 기준으로 사출시간, 냉각시간, 보압 등의 공정조건의 변화에 따른 영향을 분석하였다.

5.5.1 사출시간에 의한 영향

사출시간을 1sec 에서 3sec 로 연장 했을 때 전체 처짐량은 크게 변화가 없으나 그림 [6]에서 제품의 중앙쪽이 블록한 +값이 나오므로 다소 유리하다고 사료된다.



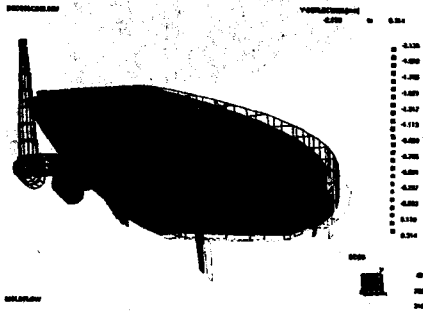
표[6] 사출시간에 의한 처짐량



표[9] 보압을 40Mpa로 높였을때의 결과

5.5.2 냉각시간에 의한 영향

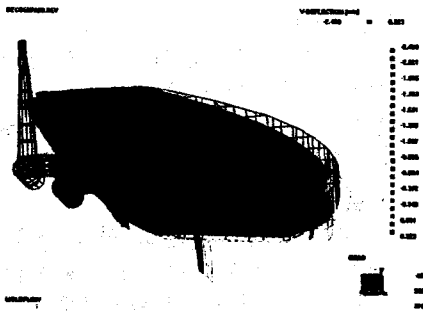
그림[7]은 냉각시간을 40sec로 연장했을때의 결과로 15sec일 때 -2.48~0.33mm 값보다 적은 -2.1mm~0.3mm 값을 보였다. 경향은 15sec의 결과에 비해 중앙쪽이나 게이트 부근에서 변형의 양이 적으므로 냉각시간을 길게 가져가면 변형에 유리한 조건임을 알 수 있었다.



그림[7] 냉각시간에 의한 결과

5.5.3 보압에 의한 영향

일반적으로 게이트가 하나이기 때문에 전달될 수 있는 보압에는 한계가 있다. 해석결과에서도 20Mpa일때 -2.46~0.32mm 이며 40Mpa일때 -2.5~0.33mm 이다. 이 결과에서도 보압의 효과는 큰 영향이 없음을 알 수 있었다.



표[8] 보압을 20Mpa로 낮추었을때의 결과

6. 결론

당사에서 개발중인 대형 TV 모델의 상단에 결합되는 Deco-Top의 변형문제를 해결하기 위해 해석 및 실험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 변형을 발생시키는 주원인은 냉각차이 효과에 의한 것이다.
- 2) 금형 상측보다 하측 온도를 높게 설정할 때 변형이 줄어들었으며 온도 편차가 적은 상측 50℃, 하측 60℃에서 변형이 최소화 하였다.
- 3) 사출시간은 제품특성에 맞추어서 2sec로 설정하였다.
- 4) 냉각시간은 가능한 길게 가져가는 것이 유리하지만 양산성을 고려하여 설정해야 할 것이다.
- 5) 보압의 차이는 큰 영향을 끼치지 않았다.

참고문헌

- (1) Robert A. Malloy, Plastic Design for Injection Molding, 1994, Hanser.
- (2) K.K.Kabanemi, H.Vaillancourt, H.Wang, and G.Salloum, 1998, Polymer Engineering and Science, Vol.38, No.1, pp. 21~37
- (3) Georg Menges and Paul Mohren, How to Make Injection Molds, 1993, Hanser.
- (4) 박상덕, 장재연, 사출성형 기본교육, 1998, 대우전자 TV 연구소.
- (5) Moldflow Training Manual, 1999, Moldflow Korea.