

T자형 단면형상을 가진 성형품의 싱크마크 불량 감소 방안에 대한 연구

김다은¹ · 이춘규[†]

공주대학교 금형공학과^{1,†}

A study on the reduction method of sink marks for plastic products with T-shape

Da-Eun Kim¹ · Chun-Kyu Lee[†]

Department of Mold & Die Engineering, kongju National University^{1,†}

(Received June 01, 2018 / Revised July 24, 2018 / Accepted August 01, 2018)

Abstract: In the automotive industry these days, plastic parts have been developed and replaced with plastic parts by maintaining the same function of existing press parts for a variety of reasons. Injection molding plastic parts are subject to molding defects due to various factors, among which the sink marks usually occur in the areas where bosses and ribs are installed. In this study, we analyzed the influence of various factors on the occurrence of sink marks by using the flow analysis of the forming analysis program(Moldflow analysis) using the rib model with the T-shape. Tests have shown that the greatest influence on the sink mark of cosmetic products is the thickness and pressure of the ribs, and the thickness of the basic moulding thickness of the product increases. However, it was considered that the resin temperature and the mold temperature do not greatly affect the occurrence of the sink mark.

Key Words: Injection molding, Moldflow analysis, Sink mark, T-shape

1. 서 론

자동차는 여러 가지 부품이 조립되어 있는데, 그 중에는 프레스 공정을 거친 프레스 부품과 사출 공정을 거친 플라스틱 부품이 있다. 요즘 자동차 업계에서는 자동차의 연비를 향상시키기 위한 자동차의 경량화와 프레스 부품에 사용되는 철강 재료의 원가절감을 위해 기존의 프레스 부품을 동일한 기능을 유지하는 플라스틱 소재를 개발하여 플라스틱 부품으로 대체하고 있다.

플라스틱 부품은 주로 사출성형에 의해 만들어 지는데, 사출성형(injection molding)¹⁾이란 사출성형기의 실린더에 의한 가열에 의해 용융된 플라스틱 재료를 금형 속으로 사출시켜 고화 또는 경화시켜 성

형품을 만드는 가공방법이다.

사출성형의 성형과정은 크게 충전, 보압, 냉각 과정으로 나눌 수 있다. 이러한 과정에서 제품의 형상, 금형 설계, 성형 조건, 성형 수지 등의 여러 인자들에 의하여 제품에 싱크마크(Sink mark), 웰드라인(Weld line), 가스(Gas), 미성형(Short Shot) 등의 성형 불량이 발생할 수 있다.

이 중 싱크마크(Sink mark)는 사출성형 후 성형품의 일부가 성형 수축으로 인하여 오목하게 들어가는 현상을 말한다. 주로 보스, 리브 등이 설치된 부분에 발생하여 제품 외관 형상에 많은 영향을 주고, 성형품의 치수 변화를 초래하며, 성형 사이클을 지연시키게 된다. 이로 인하여 제품 생산성을 떨어뜨리는 중요한 요인이 된다.

서운수 등은 사출성형부품의 싱크마크에 관한 연구를 통하여 리브 두께와 웨브두께 등의 형상 인자 및 성형 조건을 변화시켜 여러 가지를 연구하였으

1. 공주대학교 금형공학과
† 교신저자: 공주대학교 금형공학과
E-mail: ckt1230@kongju.ac.kr

며²⁾, 김현필 등은 보스 벽 두께가 사출성형의 싱크마크 발생에 미치는 연구를 통하여 형상변수인 보스 벽두께, 성형 살두께, 막힘 보스의 높이, 보스의 형상비가 성형공정변수인 보압 및 보압시간에 따라 싱크마크 발생에 미치는 영향을 분석하였다³⁾. 또한, 노영수 등은 무도장 적용 사출금형의 리브 Sink에 관한 연구를 통하여 자동차 부품 중 무도장용 제품에 생기는 싱크마크에 제품두께 및 리브두께의 변화와 보압 전환시점, 금형온도, 수지온도, 보압 차단 제어 중 어떤 인자가 싱크마크에 지배적인 영향을 주는지 연구하였다⁴⁾.

본 연구에서는 여러 가지 성형 불량 중에서 리브의 싱크마크 발생에 가장 큰 영향을 주는 지에 대하여 고찰하기 위하여 T형의 단면 형상을 가진 리브 모델을 이용해 성형해석 프로그램(Moldflow)의 유동 해석을 하여 형상 변수인 리브 두께(rt), 제품의 성형품 살두께(t)가 성형공정 변수인 보압 압력, 수지 온도, 금형 온도에 따라 싱크마크 발생에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

2. 해석방법

2.1. 실험 제품 분석

본 연구에서 이용한 제품인 Fig. 1은 리브에 발생되는 싱크마크를 쉽게 볼 수 있는 T형의 단면 형상을 가진 제품을 사용하였다. 제품의 기본 성형 살두께(t)는 2mm, 리브의 기본 두께(rt)는 1mm로 설정하였고, 성형 해석 조건에 맞춰 제품의 살두께와 리브 두께를 변경하였다.

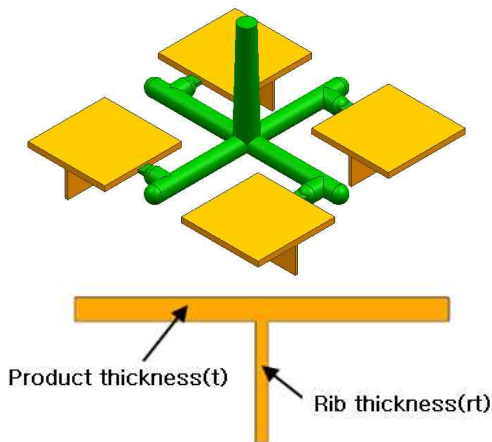


Fig. 1 3D CAD Model

2.2. 성형해석 조건

본 연구에서는 Moldflow(ver.2018.2) 해석프로그램을 사용하였고, 제품을 3D Mesh⁵⁾하여 해석을 진행하였다. 유동해석을 위한 주요 성형조건은 Table 1과 같으며, 사용된 수지는 GS Caltex Corporation의 PP(Hi-prene H540)를 사용하였으며, 조건별 해석결과는 Moldflow의 싱크마크 추정치(Sink marks estimate)의 값을 측정하여 나타내었다.

Table 1 Injection conditions for CAE analysis

Injection condition	Unit	Value
Mold temperature	℃	40
Melt temperature	℃	230
Injection time	sec	1
Packing time	sec	10
Cooling time	sec	20
Filling Pressure	MPa	80

3. 조건별 해석결과

3.1. 리브 두께 변화에 따른 결과

유동해석의 기본 조건은 Table 1과 같이 동일한 조건으로 설정하고, 제품의 성형품 살두께(t)는 2mm에서 형상 변수인 리브 두께(rt)를 변경하여 유동해석을 진행하였다. 이에 대한 결과는 Fig. 2와 Fig. 3에 나타내었다.

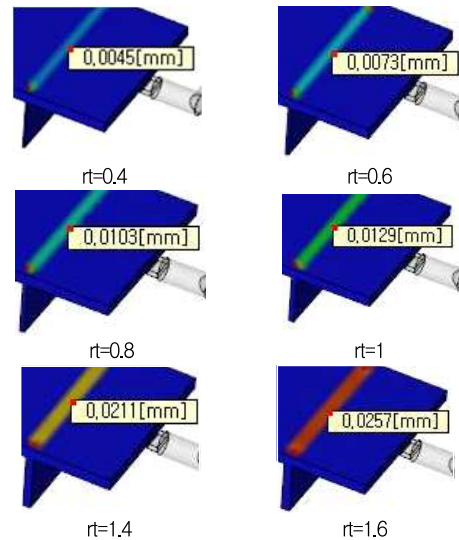


Fig. 2 Sink mark Analysis by Rib Thickness

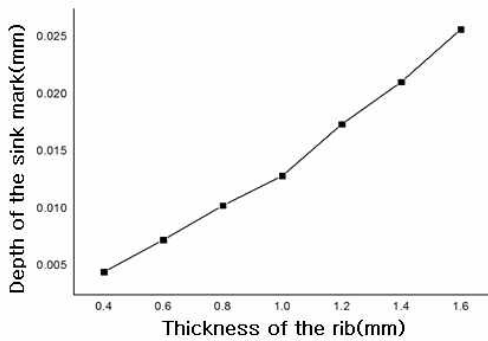


Fig. 3 Sink mark according to Rib thickness

제품의 기본 성형 살두께(t)가 일정할 경우 리브의 두께(rt)가 얇아질수록 싱크마크의 깊이가 얕아지는 것을 확인할 수 있다. 하지만 리브의 두께가 일정치수 이하가 되면 리브의 역할을 하지 못하며, 얇은 리브에 미성형이 발생 할 수 있을 것으로 판단된다.

3.2. 제품의 성형품 살두께 변화에 따른 결과

유동해석의 기본 조건은 Table 1과 같이 동일한 조건을 적용하였으며, 리브 두께(rt)는 1mm에서 형상 변수인 제품의 성형품 살두께(t)를 변경하여 유동해석을 진행하였다. 이에 대한 결과는 Fig. 4와 Fig. 5에 나타내었다.

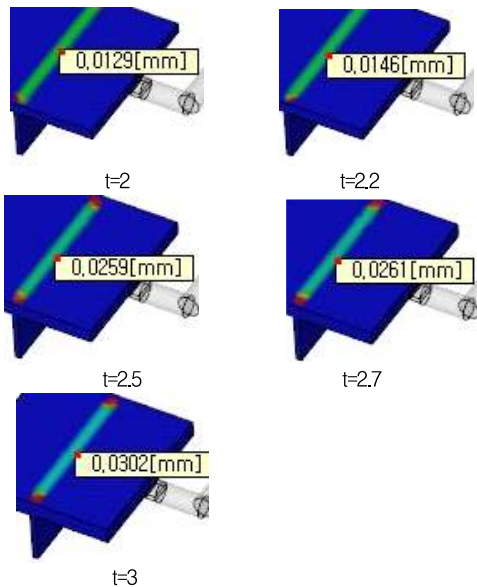


Fig. 4 Sink mark Analysis by Part Thickness

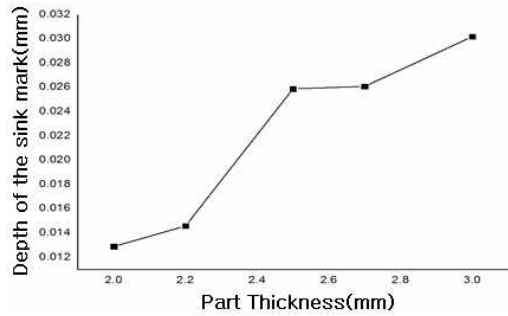


Fig. 5 Sink mark according to Part Thickness

제품의 기본 성형 살두께(t)가 두꺼워 짐에 따라 싱크마크 깊이가 깊어지는 것으로 나타났다. 제품의 성형품 살두께(t)에 따른 싱크마크의 변화는 리브의 두께(rt) 변화에 따른 결과 값과 비슷한 결과 값으로 관찰되었다.

3.3. 보압 압력 변화에 따른 결과

유동해석의 기본 조건은 Table 1과 같이 동일한 조건으로 설정하고, 제품의 성형품 살두께(t) 2mm에서 형상 변수인 리브 두께(rt)와 성형공정 변수인 보압 압력을 변경하여 유동해석을 진행하였다. 이에 대한 결과는 Fig. 6과 Fig. 7에 나타내었다.

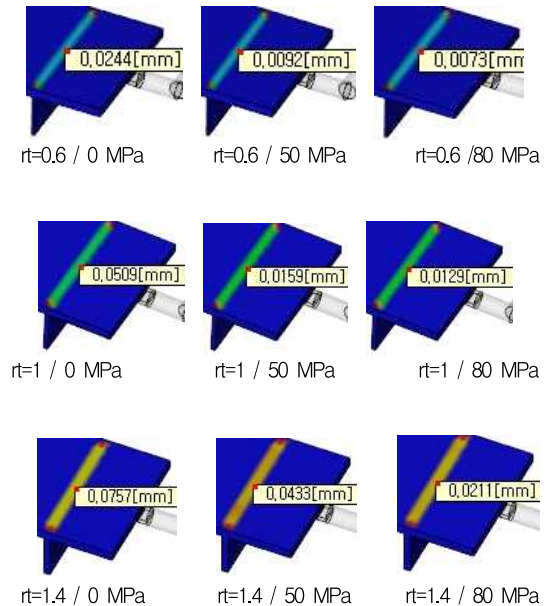


Fig. 6 Sink mark Analysis by V/P

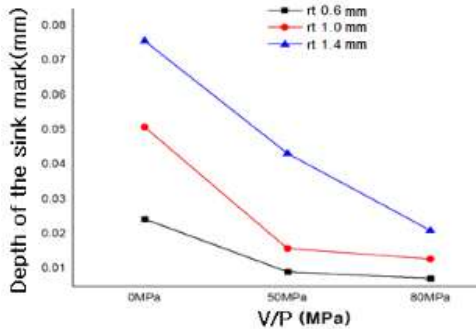


Fig. 7 Sink mark according to V/P

각 리브의 두께(rt)에 관계없이 보압이 강할수록 싱크마크의 발생 깊이가 낮아지는 것을 확인할 수 있다. 하지만 실제 사출시 보압 세기를 무제한으로 높일 수 없고, 보압 증가에 따라 리브가 금형에 박히거나 다른 성형 불량 발생할 수 있으므로 보압 증가시 주의하여 보압을 증가해야 한다.

3.4. 수지 온도 변화에 따른 결과

유동해석의 기본 조건은 Table 1과 같이 동일한 조건으로 설정하였으며, 제품의 성형품 살두께(t) 2mm, 리브 두께(rt)는 1mm에서 성형공정 변수인 수지 온도를 변경하여 유동해석을 진행하였다. 싱크마크의 발생 형태는 Fig. 8에 나타내었으며, 해석 결과는 Fig. 9에 나타내었다.

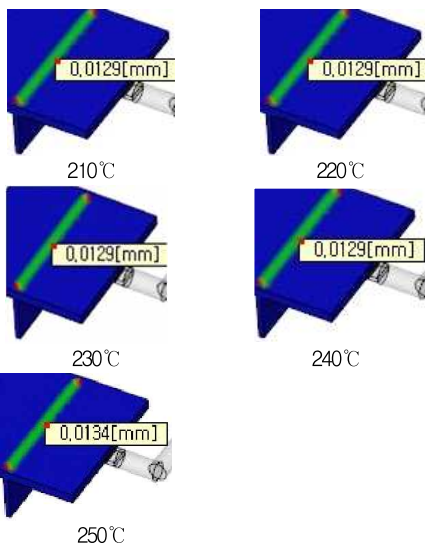


Fig. 8 Sink mark Analysis by Resin temperature

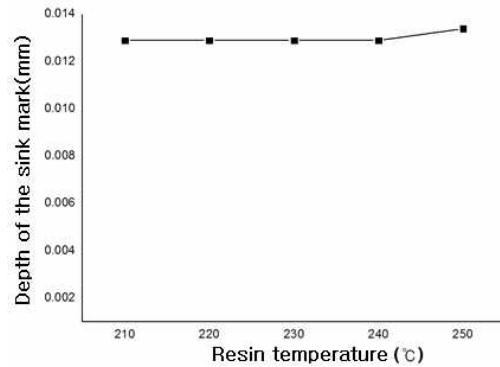


Fig. 9 Sink mark according to Resin temperature

수지온도를 상승시키면서 해석한 결과 온도가 일정 온도 이상 됐을 때 싱크마크의 깊이는 약간 증가하는 경향을 보였으나, 이는 확인하기 어려운 정도의 변화로서 수지온도 상승은 싱크마크의 깊이에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

3.5. 금형 온도 변화에 따른 결과

유동해석의 기본 조건은 Table 1과 같이 동일한 조건으로 설정하였으며, 제품의 성형품 살두께(t) 2mm, 리브 두께(rt)는 1mm에서 성형공정 변수인 금형 온도를 변경하여 유동해석을 진행하였다. 이에 대한 결과는 Fig. 10과 Fig. 11에 나타내었다.

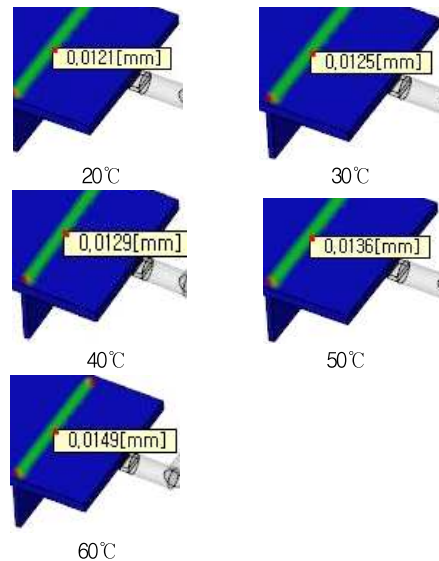


Fig. 10 Sink mark Analysis by Mold temperature

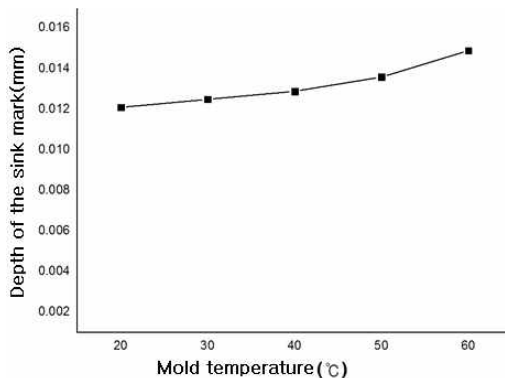


Fig. 11 Sink mark according to Mold temperature

금형의 온도를 상승시키면서 해석한 결과, 온도가 상승됨에 따라 싱크마크의 깊이도 증가하는 경향을 나타냈으며, 그 크기의 변화는 아주 작은 값의 변화를 나타내었다.

4. 결론

T형의 단면 형상을 가진 제품을 이용하여 사출성형 후 제품 표면에 문제가 되는 싱크마크(Sink mark)에 대해 형상 변수인 리브 두께(rt), 제품의 성형품 살두께(t)와 성형공정 변수인 보압 압력, 수지 온도, 금형 온도를 변수로 두고 Moldflow 유동 해석을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

1) 리브의 싱크마크에 많은 영향을 주는 인자는 형상 변수인 리브의 두께(rt)와 성형공정 변수인 보압 압력임이 고찰되었다. 이 결과는 초기 제품 설계 시 제품 t 에 따른 리브 두께를 고려하여 설계를 진행해야 하며, 사출 성형시 보압 설정을 주의해야 한다는 것을 알 수 있다. 만약 리브의 두께를 고려하

지 않고 제품 설계한다면 사출성형 후 리브에 생기는 싱크마크를 개선하기는 어렵다.

2) 형상 변수인 제품의 성형품 살두께(t)는 두꺼울수록 싱크마크 발생 깊이가 깊어진다.

3) 리브 두께(rt)와 제품의 성형품 살두께(t)가 적절하게 설정된 제품일 경우 수지의 온도, 금형의 온도는 싱크마크에 큰 영향을 주지 않는다.

본 해석을 통하여 얻어진 결과에 제품 자체 살두께의 변화에 따른 싱크마크의 발생에 대한 연구가 지속적으로 진행되어야 하며, 해석에 의하여 얻어진 결과를 제품도 설계에 적극 반영할 경우 제품의 표면에 발생하는 불량을 최소화 할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- 1) 임상현, “사출금형설계”, 보성각, pp. 15-16, 2004.
- 2) Y.S. Suh, Y.H. Kim, Y.H. Kim, “A Study on Sink Mark of Injection Molded Products”, Proceedings of the Korean Society of Precision Engineering Conference 1997 Apr. 01, pp. 811-814, 1997.
- 3) Hyun-Pil Kim, Yohng-Jo Kim, “A Study on Sink Marks in Injection Molding of Boss Parts”, Journal of the Korea Society of Die & Mold Engineering v.2 no.4, 2008, pp. 37-43, 2008.
- 4) Young-Soo Ro, Jea-Kui Lim, Ho-yeun Rhu, Hee-Jin Lee, Si-Hyon Hwang, “A Study on rib sink-marks of injection mold for unpainted parts”, Journal of the Korea Society of Die & Mold Engineering, Vol.10 No.1, 2016, pp. 7-11, 2016.
- 5) 황순환, 박승화, 박기윤, 황수진, 이재훈, Moldflow Basic Course, 청담북스, pp. 147-149, 2014.