

사출성형부품의 싱크마크에 관한 연구

A Study on The Sink Mark of Injection Molded Products

서 윤 수* (창신 전문대), 김 영 호(부산대 정밀정형 및 금형가공 연구소), 임 동 주 (부산대 대학원)
Y.S. Suh* (Chang Shin Junior College), Y.H. Kim (ERC/NSDM, Pusan National University),
D.J. Lim (Graduate School, Pusan National University)

ABSTRACT

The injection molding process has been developed as a very important technology for the automotive and electric industries in recent years. But, in the injection molding products with rib-web structures, partial deformation by thermal volumetric shrinkage called Sink Mark, is occurred. In this study, to make explicitly characteristics of sink mark mechanism, an experimental approach was taken by using multi T-shaped mold cavity and FEM simulation. As a result, pressure on the packing process and the rib thickness are the most effective on sink mark depth. On the other hand, melt temperature has no effect on sink mark depth for the same rib thickness.

key words : 사출 성형(Injection molding), 싱크마크(Sink-mark), 다중 T형(Multi T Shape)

1. 서 론

현재, 수지 재료는 자유도가 높고 경제적인 뿐만 아니라, 금속을 대신할 수 있는 강도를 가진 엔지니어링 플라스틱의 개발로 거의 모든 전자 제품 및 자동차의 내, 외장 부품에 필수적으로 사용되고 있으며, 기계·항공 분야로의 적용이 점차 확대되고 있다.

수지 재료를 성형 가공하는 방법은 여러 가지가 있으나 가장 대표적인 방법으로 사출성형법이 널리 이용되고 있다.

한편, 사출 성형은 크게 충전, 보압, 냉각 과정으로 나누어지는데, 이러한 성형 과정 및 냉각 과정을 거치는 동안 성형 조건, 금형 설계, 성형 재료등의 여러 인자들에 의하여 웰드라인(Weld line), 휨(Warpage), 싱크마크 등의 성형 불량인 야기될 수 있다⁽¹⁾.

이 중 가장 대표적인 성형 불량으로 고려되어 지는 싱크 마크는 리브부(Rib)와 웨브부(Web)의 반대면(표면)에 생기는 국부적인 패임 현상을 말하는 것으로 성형 조건과 리브, 웨브 두께의 치수 형상을 변화시키에 따라 어느 정도는 조절이 가능^{(2),(3)}하고, 실제 현장에서 경험에 크게 의존하고 있는 실정이다. 또한, 이러한 싱크마크 발생 원인과 대책에 대한 연구⁽⁴⁾ 역시 그리 활발하지 못하다.

싱크 마크에 대한 연구로서는 싱크마크 깊이를 게이트로부터의 리브 거리와 리브의 두께의 함수로 한 Marchewka의 연구⁽²⁾, 싱크 마크에 대한 리브구조의 영향에 관한 Nakayama의 연구⁽⁵⁾ 및 Naka, Ramachandra 등의 연구⁽⁶⁾가 최근까지 이루어지고 있지만 만족스럽지는 못하다.

본 연구에서는 다중 T형의 단면 형상을 가진 리브 모델의 실험 금형을 이용하여, 리브 두께와 웨브 두께등의 형상 인자 및 성형 조건을 변화시켜 여러 가지 실험을 행하였으며, FEM simulation을 통하여 이를 검증하고자 한다.

2. 사출성형법

일반적인 사출 성형법은 금형안으로 액상으로 가소화시킨 플라스틱 수지를 유입하고 가압하여 고화시켜 성형하는 방법으로 주요과정을 Fig.1에 나타내었다.

Fig.2은 사출시 금형내의 전형적인 압력변화를 보여주고 있고, 금형캐비티에 200 - 260℃의 가소화된 수지가 완전히 충전되면 보압과정이 시작된다.

보압은 수지의 압축성을 이용하여 이미 충전된 금형내에 재료의 냉각에 의한 수축을 보상하기 위하여 매우 높은 압력으로 캐비티내에 충분한 수지를 주입 시키게 되며, 유동은 매우 작게 발생하고 속도는 느리다.

보압과정이 끝나면 금형캐비티의 게이트가 최초로 고화되어 외압이 없어면서 수지가 냉각 수축이 진행되어 성형품이 완성되고, 취출과정을 끝으로 1사이클을 이룬다.

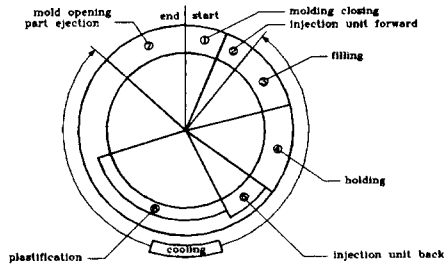


Fig.1 Injection molding cycle

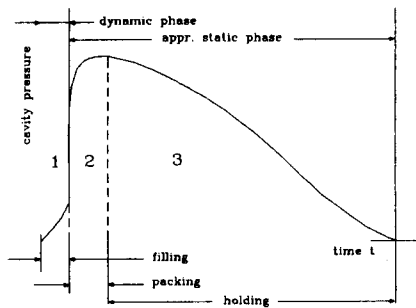


Fig.2 Pressure curve in cavity during injection molding cycle.

3. 실험 해석

3.1 실험장치 및 금형의 구성

Fig.3은 본 실험에서 이용한 금형구조(캐비티)를 보여주고 있다. 금형 크기는 300×230이고 실험에 이용한 사출기는 자동 금형 온도 조절 장치가 부착된 LG ID350EN(350ton)을 이용했다. 특히 자동

금형 온도 조절 장치는 금형 온도에 따라 자동적으로 설정 온도를 정밀하게 유지시켜 주기 때문에 실험이 용이하게 이루어질 수 있었다. 실험 재료로는 PP(Polypropylene)를 사용하였다.

성형된 시편의 싱크마크 양(깊이)를 측정하기 위하여 표면 측정기(Form Talysurf 120L)를 사용하였다. Fig.4에 나타낸 것과 같이 웨브부의 평탄면을 기준으로 최대깊이량 δ 를 정의하였으며, 실제 표면측정기로 측정된 형상을 Fig.5에 나타내었다.

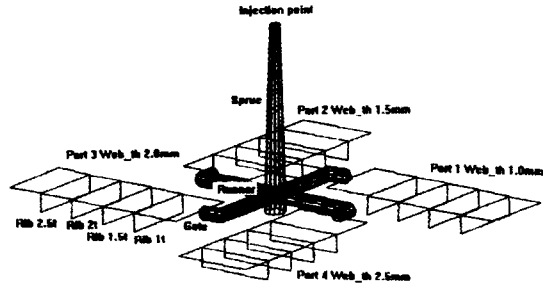


Fig.3 Design of cavity and runner system

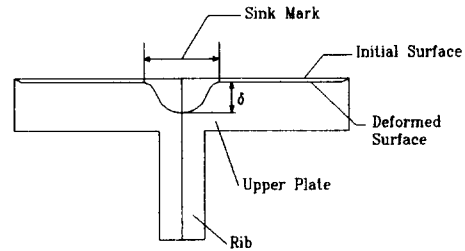


Fig.4 Schematic of sink mark depression

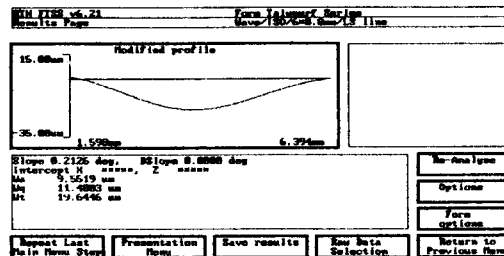


Fig.5 Display of Form Talysurf 120L

4. 실험 결과 및 고찰

성형 조건 및 캐비티 형상 인자를 종류별로 선택하여 성형 실험을 하여 각 조건에 대한 싱크마크 양을 측정함으로써 싱크마크 양과 변수와의 관계를 검토하였다.

4.1 보압 압력과 싱크마크 양(깊이 δ)와의 관계

웹 두께 1.5mm, 리브 길이 10mm로 일정하게 하고, Rib 두께를 1.0, 1.5, 2.0, 2.5mm로 변화를 주었고, 금형 온도 40℃, 수지 온도 230℃로 고정하여 보압 압력 0 Mpa과 50~70 Mpa의 변화를 준 결과를 Fig.5에 나타내었다.

싱크마크의 양 δ 는 리브 두께가 두꺼우면 두꺼울수록, 보압 압력이 가해지지 않을 때가 보압 압력이 가해질 때보다 현저하기 나타나며, 보압이 작으면 작을수록 크게 나타나는 양상을 보인다.

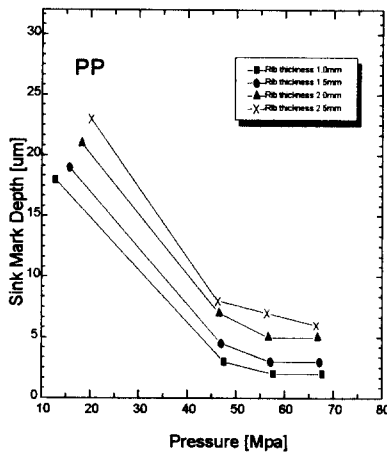


Fig.6 Relation between sink mark depth and packing pressure

4.2 게이트로부터의 압력 분포 관계

금형 온도 40℃, 수지 온도 230℃로 일정하게 유지시키고, 보압 압력 50, 60, 70Mpa로 변화를 주었을 때, 4-cavity 각각의 압력 분포를 조사하였다.

각 cavity의 웹 두께는 1, 1.5, 2., 2.5mm이고, 게이트로부터의 압력 분포는 실험 금형의 양단부에 설치한 압력을 센서로 측정하였다.

FEM 해석을 이용하여 양단부와 리브부의 각지점의 압력값을 구해 비교한 결과 거의 일치하였으며, 웹의 두께가 두꺼운 경우가 압력의 전달이 용이함을 보였고, 보압 압력이 없는 경우는 게이트로부터의 압력분포가 각 부위별로 일정치않았다. 이는 리브를 포함하고 있는 웹의 형상면이 리브를 기준으로 비대칭성의 원인으로 작용한다고 할 수 있다.

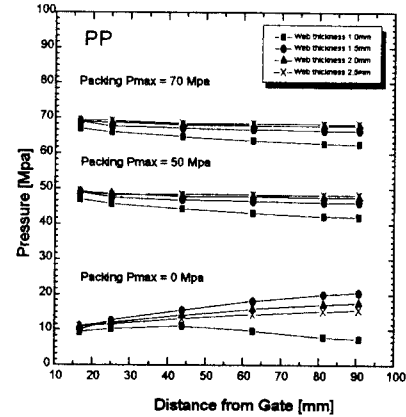


Fig.7 Pressure distribution of the distance from gate

4.3 수지온도와 싱크마크와의 관계

Fig.8은 웹 두께 1.5mm, 성형압력 50Mpa, 금형 온도 40℃로 유지시키고, 수지 온도를 230, 240, 250℃로 변화시켰을 때의 싱크 마크의 양을 측정 한 값이다. 그림에서 보는 바와 같이, 수지 온도가 증가함에 따라 싱크 마크 양 δ 가 커짐을 알 수 있다. 또한 리브의 두께가 두꺼우면 두꺼울수록, 수지 온도에 의한 영향은 크고, 리브의 두께가 작아질수록 수지 온도의 영향을 거의 받지 않음을 알 수 있다.

이는 리브를 포함하는 웹에서의 수축의 차이를 발생시키는 것으로 싱크 마크 양과 관련이 있음을 알 수 있다. 즉, 싱크 마크 발생에 수지 온도가 직접적인 함수관계식은 없지만, 리브부의 열 함유에 따른 냉각, 수축의 차이에 기인한 영향력은 크다.

5. 결론

본 실험의 결과로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 리브부의 싱크마크 생성에 가장 민감한 영향을 주는 변수로는 보압압력과 리브두께이다. 즉, 보압압력이 작으면 작을수록, 또 리브두께가 두꺼우면 두꺼울수록 싱크마크의 양 δ 는 커진다.
2. 같은 리브두께에서의 비교 고찰의 결과, 수지온도에는 거의 영향을 받지않는다.
3. 게이트로부터의 압력 분포는 보압압력이 클수록, 온도 분포는 웨브의 두께가 두꺼울수록, 캐비티 내에서 고르게 분포한다.

참고 문헌

1. 홍 명웅, 사출성형기술1, 2 기전연구소 pp. 77-81, pp.189-292, 1990
2. T. Marchewka, "Sinks Can Be Eliminated", *Plastics Technology*, pp. 37-39, August, 1974
3. W. J. Fallows III, "Identifying common design initiated problems with injection-molded parts", *Plastic Engineering*, pp. 27-30, 12-1982
4. 一柳高時외2, "樹脂射出成形の研究", *日本機械學會論文集(제1보)* 53권 485호, 1987.
5. K. Nakayama, M. Komada, Y. Motoichi, "Optimization of Rib Design and Possibilities of Weight Reduction for ABS Molding", *Annual Technical Conference Society of Plastic Engineers 41st* Published by SPE, pp. 690-693, 1983
6. M. J. Liou, D. M. Ramachandra, K. Ishii, L. Hornberger, "Sink Mark Study in Injection Molded Parts", *ANTEC '90*, pp. 288-291, 1990

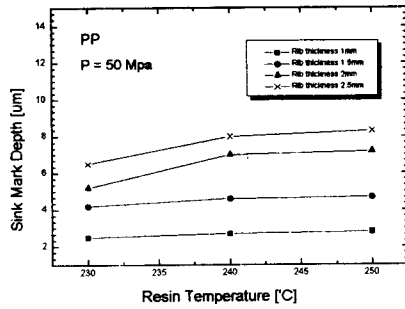


Fig.8 Relation between sink mark and resin temperature

4.4 게이트로부터의 온도분포 관계

각 캐비티의 게이트로부터의 온도 분포는 웨브 두께가 두꺼운 쪽이 고르게 분포한다. 게이트에 가까운 쪽과 먼 쪽을 비교했을 때, 온도차이는 거의 생기지 않았다. 따라서, 싱크 마크 발생의 주 요인으로 수지 온도의 영향은 거의 없음을 알 수 있다.

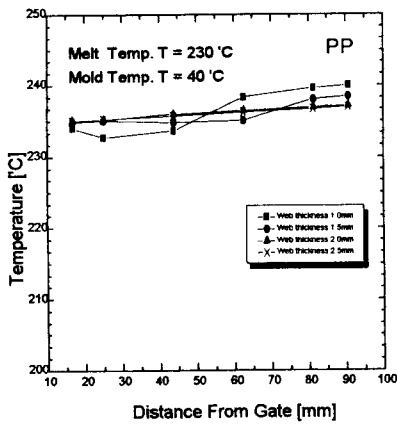


Fig.9 Temperature distribution of the distance from gate