

사출성형에서 캐비티내의 압력분포와 sink mark와의 관계

안지혜¹, 황수진², 류민영[#]

Size of Sink mark according to the operation conditions in injection molding

J. H. Ahn, S. J. Hwang, M.-Y. Lyu

Abstract

The quality of product depends on a lots of injection molding conditions at each operation stage and mainly was effected by pressure and temperature. The objective of this study was to investigate the relationship between the product quality and the distribution of pressure in a cavity with operation condition change. Specimen having some ribs was designed and the mold was prepared and temperature and pressure sensors were installed in the mold. PP was used and pressure distribution was measured with operation condition change. The relationship between the sink mark and the pressure in a cavity was investigated by measurement of the level of sink mark. The level of sink mark was decreased at the cross of plane and rib by increasing of pressure in a cavity, so the pressure should be controlled properly in order to get the required quality.

Key Words : Sink Mark, Injection Molding, Injection Pressure, Pressure Distribution

1. 서 론

사출 성형이란 고분자 용융체를 금형의 Cavity 내에 높은 압력과 온도를 가하여 채워 넣음으로써 Cavity의 형상과 동일한 형상을 생산하는 일련의 공정을 말한다.

본 연구에서는 사출 조건에 따라 성형을 하고 그에 따르는 sink mark의 크기를 측정하였다. 각 사출 공정마다 Cavity내의 압력과 온도를 직접 측정 센서를 이용하여 측정하였으며 그 결과를 이용하여 sink mark와 Cavity내의 압력관계를 분석하였다.

2. 실험

2.1 측정 순서

Fig. 1에서는 캐비티내의 압력을 측정하는 방법 및 data가 흐르는 장비들의 연결 상태를 보여주고 있다. Fig. 1과 같이 ①의 사출기가 작동으로 금형이 닫히면 ②의 Trigger Cable 센서에서 형폐를 감지하여 이때부터의 센서에서 data를 받아드린다.

설정된 Cycle time 동안 센서는 압력을 전하량으로 산출하고 산출된 Data를 extension cable을 이용하여 charge amplifier에 연결한다. charge amplifier는 전하량을 비례전압으로 전환시켜 주며 Adapter Cable로 adapter box와 연결된다. Adapter box에서 비례전압을 적당한 채널을 거쳐 데이터 습득 프로그램인 DATAFLOW plus(DFP)로 보내지면 DFP에서 이를 수집하여 문서화 한 후 그래프 형식으로 컴퓨터 모니터 또는 프린터로 출력한다.

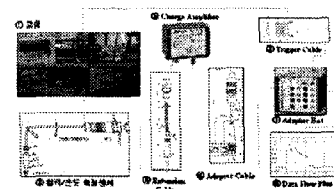


Fig. 1 Flow Chart of measurement for Pressure and Temperature

Sink mark의 측정은 OGP사의 비접촉식 3차원 측정기인 OGP 250 (OGP Smartscope)를 사용하여 76배율로 리브부의 sink mark의 깊이를 측정하였다.

1. 서울산업대학교 금형설계학과
2. 서울산업대학교 정밀기계공학과
교신저자: 서울산업대학교 금형설계학과, mylyu@snut.ac.kr

2.2 실험 장비

사출성형에서 캐비티 내의 압력과 sink mark와의 관계를 알아보기 위하여 시편을 사출할 수 있는 금형을 제작하고 그 안에 세 개의 압력센서를 설치하여 여러 조건별로 사출성형을 하였다. 압력센서는 Kistler사의 Type6157BA를 사용하였으며 측정할 수 있는 압력 범위는 0~2000bar이고 온도는 0~200℃ 이다. Charge Amplifier는 Kistler사의 Type5039A22이며 Adapter Box는 Kistler 사의 제품으로 DAS-16 Type2851z이다. 실험에 사용한 사출성형기는 LG사의 IDE140EN 사출기로 최대 사출압은 1550kgf/cm², 용량은 10oz이다. Sink mark를 측정하기 위하여 비접촉식 3차원 측정기인 OGP사의 OGP 250 (OGP Smartscope)을 사용하였다.

2.3 시편

시편은 Fig. 2과 같이 t=2mm인 판에 리브가 3개 달려있는 형상으로 제작하였다. 왼쪽의 리브의 t=2mm 이고 가운데와 오른쪽의 리브는 t=1.4이다. 압력센서 (파란색)은 게이트가 들어오는 중앙 리브에서 가까운 곳, 중앙리브의 끝단, 그리고 두꺼운 리브의 끝단에 설치하였으며 온도 센서 (빨간색) 3개의 리브 중앙에 위치해 있다.

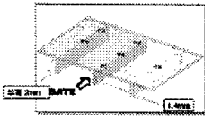


Fig. 2 Specimen and Position of sensor

2.4 실험조건

본 연구에서는 결정성 수지인 PP를 선정하였고 SK 케미칼 YUPLENE B360F를 사용하였다. 사출성형의 실험조건은 Table 1과 같다. 성형에 영향을 주는 요소로 사출압, 수지온도, 보압크기, 사출시간, 금형온도를 선정하여 Short Shot 실험에서 얻은 성형이 양호한 범위를 바탕으로 선정하였다.

성형품의 sink mark 측정은 Fig. 3과 같이 P1, P2, P3에서 이루어졌다. Fig. 3의 오른쪽 그림과 같이 각 포인트에 맞게 밀링으로 컷팅을 한 다음 sink mark의 깊이를 왼쪽 그림처럼 양쪽 평면을 기준으로 Y축 값을 측정하였다.

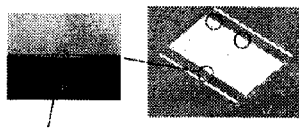


Fig. 3 Measure a sink mark

Table 1 Operational Conditions in injection molding

번호	사출압 (bar)	수지온도 (°C)	보압크기 (%)	사출시간 (sec)	금형온도 (°C)	냉각시간 (sec)	비고 (비교조건)
①	600	210	90	5	30	7	기준
②	304	210	90	5	30	7	사출압
③	912	210	90	5	30	7	
④	600	190	90	5	30	7	수지온도
⑤	600	230	90	5	30	7	
⑥	600	210	90	5	30	7	보압크기
⑦	600	210	100	5	30	7	
⑧	600	210	90	7	30	7	사출속도
⑨	600	210	90	5	30	7	

3. 실험결과 및 고찰

3.1 사출조건에 따른 Sink mark

3.1.1 사출압력에 따른 Sink mark

Fig. 4는 실험조건 ①,②,③의 사출조건에 따른 압력 그래프이다. 사출압력이 높을수록 캐비티 내부에 전달되는 압력의 값도 커졌다. 그러나 캐비티 내의 압력은 사출기에 입력한 압력보다 낮게 측정되었다.

또 게이트에서 멀수록 압력이 작게 측정되었다. 이는 Delivery System 및 금형 내부를 지나면서 압력손실을 겪은 것으로 보여지며 게이트에 가까울수록 압력전달이 잘 되는 것으로 보여진다.

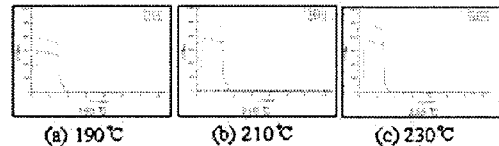


Fig. 4 Pressure in the cavity related with injection pressure

Sink mark의 크기도 압력에 따라 다르게 나타났다. Fig. 5을 보면 304bar보다 912bar의 조건에서 sink mark의 크기가 작게 나타났으며 게이트에 가까울수록 sink mark의 크기는 작았다. 압력이 클수록 sink mark의 크기는 줄어들며 같은 캐비티 내에서도 압력 전달이 잘 될수록 sink mark가 작게 나타난다.

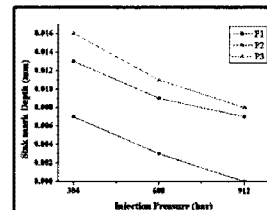


Fig. 5 Sink mark depth attended by injection pressure

3.1.2 수지온도에 따른 Sink mark

Fig. 6은 수지온도에 따른 캐비티내의 압력의 측정 결과이다.

수지온도가 190℃인 경우 210℃에 비해 압력이 110 bar 정도 높게 나오고 230℃일 경우 15bar 정도 낮게 나왔다. 230℃일 경우 210℃와 비교하여 온도변화가 거의 없었다.

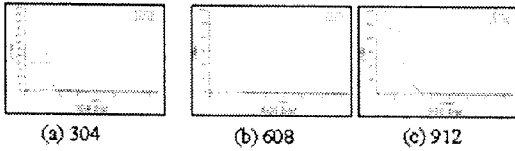


Fig. 6 Pressure in the cavity related with melting temperature

Fig. 7 을 보면 수지의 온도 상승에 따라 sink mark 의 값이 커진다. 수지의 온도가 높을수록 냉각을 할 때 수축이 많이 발생하여 sink mark 의 값이 크게 나타나는 것으로 예상된다. 센서위치 별로 봤을 때 P1 에서는 수지온도에 따라 sink mark 의 크기의 차이가 크지만 P2, P3 센서에서는 차이가 미비하다. P1번은 게이트에서 가까워 온도가 높으며, 냉각시간이 수지온도에 영향을 많이 받아 sink mark 의 차이가 크지만 P2, P3의 경우 금형의 끝단 이어서 수지온도에 큰 영향을 받지 않고 냉각이 된 것으로 보인다.

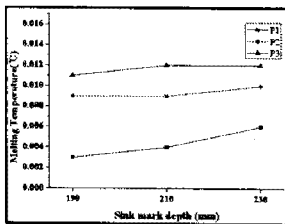


Fig. 7 Sink mark depth attended by melting temperature

3.1.3 보압크기에 따른 Sink mark

Fig. 8 는 보압크기에 따른 캐비티내의 압력의 측정 결과이다

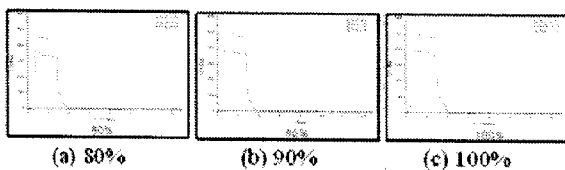


Fig. 8 Pressure in the cavity related with holding pressure

Fig. 9 를 보면 전체적으로 보압을 많이 받으면 sink mark 의 값이 줄어드는 것을 알 수 있다. 특히

보압이 클 경우 P1 에서 보다 P3 에서의 sink mark 의 값의 차이가 많이 나며 100%의 경우 P1 의 sink mark 의 값은 80%와 90%와 유사하지만 P2, P3 에서 차이를 나타내고 있다. 보압이 커 캐비티 말단까지 압력이 전달이 되어 P2 와 P3 에서도 sink mark 의 값이 작게 나온 것으로 보인다

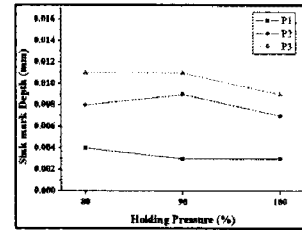


Fig. 9 Sink mark depth attended by holding pressure

3.1.4 사출시간에 따른 Sink mark

Fig. 10 은 사출시간 증가에 따라 보압이 전달되는 시간이 증가하게 되었다. 보압시간의 증가는 캐비티 내에 보압이 오랜시간 작용되어 수축과 힘을 줄일 수 있게 된다.

Fig. 11를 보면 사출시간에 따라 sink mark 값이 줄어들음을 알 수 있다. 특히 모든 포인트에서 sink mark의 값이 줄어드는 것을 볼 수 있다.

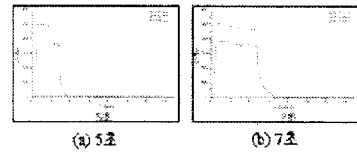


Fig. 10 Pressure in the cavity related with injection time

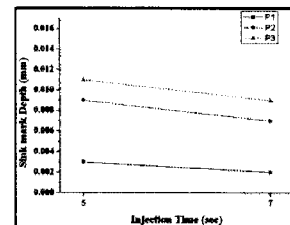


Fig. 11 Sink mark depth attended by injection time

3.1.5 금형온도에 따른 Sink mark

Fig. 12는 금형온도에 따른 캐비티내의 압력 그래프이다. 금형온도에 의한 압력변화는 거의 나타나지 않았다. sink mark의 크기의 차이도 거의 나타나지 않는다. 금형온도는 sink mark에 거의 영향을 나타나지 않는 것으로 여겨진다.

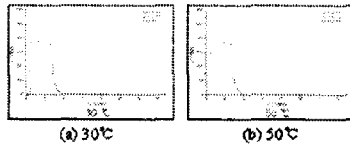


Fig. 12 Pressure in the cavity related with mold temperature

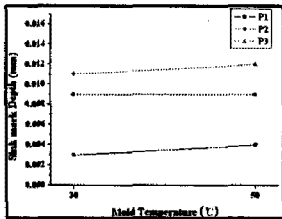


Fig. 13 Sink mark depth attended by mold temperature

3.2 Sink mark와 캐비티와의 압력과 온도와의 관계

3.2.1 Sink mark가 클 때의 성형조건

모든 실험조건에서 sink mark 측정값을 비교해 보았다. 이 중 sink mark 값이 적은 시편과 큰 시편을 비교해보았다. Fig. 14는 각 조건 별 sink mark 측정값이며 Table 2는 그 중 sink mark가 적은 성형 조건 2가지, sink mark가 큰 성형조건 두 가지를 선정하여 성형조건을 정리한 것이다.

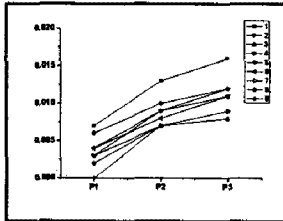


Fig. 14 Sink mark depth for operation conditions

Table 2 Operational conditions of size of sink mark the best and the worst

Sink mark	번 호	사출압 (MPa)	소공 온도 (°C)	보온 시간 (s)	사출 온도 (°C)	공급 온도 (°C)	양분 속도 (mm/s)
Best	②	112	218	30	2	30	?
Worst	③	400	218	30	?	30	?
Best	④	600	230	30	?	30	?
Worst	⑤	300	220	30	?	30	?

3.2.1 Sink mark가 작을 때의 성형조건

Table 2에 나타났듯이 Sink mark가 가장 적게 나오는 조건은 ③번으로 사출압이 높을 때이며 다음 조건은 사출시간이 길 때로 나타났다. 사출압이 높을 경우 Packing 압력, Holding 압력이 높아지며 캐비티 내에 전달되는 압력도 높아지게 된다. 그러므로 성형품의 치수정밀도는 높아지고 성형수축률은 줄어들며 sink mark도 줄어든다. 사

출시간이 길어지는 경우 압력을 오랜시간 동안 받게 되므로 결과적으로 성형품에 압력이 크게 걸리게 된다. 그렇기 때문에 sink mark가 작게 나타난 것으로 생각된다.

3.2.2 Sink mark가 클 때의 성형조건

사출압이 작을 경우 sink mark가 크게 발생되었다. 사출압이 작을 경우 캐비티내에서 전달되는 압력이 작아져 치수정밀도가 낮아지게 되며 성형수축률도 커지게 된다. ⑤의 경우는 Best 조건과 비교하였을 때 사출압이 낮으며 또 Better와 비교하였을 경우 사출시간이 짧다. 결국 캐비티내에 전달되는 압력의 값이 적기 때문에 sink mark가 크게 나타난 것으로 보인다.

4. 결론

본 연구는 여러 사출 조건에 따른 캐비티내의 압력과 성형품의 Sink mark의 크기에 대해 관찰하였다. 사출품의 Sink mark는 사출 성형 조건에 의해 변화한다 사출압이 커지면 캐비티내의 압력이 커지며 sink mark의 크기도 줄어든다. 사출시간이 길어지거나 보압이 증가하게 되면 캐비티내로 전달되는 압력이 커져 sink mark의 값은 줄어든다. 즉, 사출 성형 조건에 따라 캐비티내의 압력이 변화되며 압력이 고루 잘 전달되면 sink mark의 값도 줄어든다. Sink mark의 발생은 압력과 관계가 깊으며 이를 수정하기 위해서는 캐비티내에 큰 압력을 가하여야 한다.

참고 문헌

- [1] 김수용, 박현철, 류민영, 진영준, 김도, 2004, 사출성형의 공정변수에 따른 캐비티 내의 온도와 압력의 변화, 한국소성가공학회 2004년도 추계학술대회 논문집, pp. 70~74.
- [2] 유중학, 김희숙, 1994, 사출성형에서 캐비티압력과 인장강도에 관한 연구, 한국 자동차공학회 논문집, 제2권, 제6호, pp. 110~116.
- [3] 이옥성, 2002, Cavity 압력 측정에 의한 사출성형에서의 최적생산, Kistler Korea Co., Ltd.
- [4] F. Manero, M. R. Kamal, R. A. Lai-Fook, A. E. Varela, W. I. Patterson, 2003, Measurement and prediction of temperature distribution in an injection molding, Intern. Polymer Processing 18, pp.185~193.