

# 보스부분 사출성형의 싱크마크 발생에 관한 연구

김현필\* · 김용조\*\*

한국폴리텍VII대학 컴퓨터응용금형과 · 경남대학교 기계자동화공학부  
(2008. 5. 19. 접수 / 2008. 7. 25. 채택)

## A Study on Sink Marks in Injection Molding of Boss Parts

Hyun-Pil Kim\* · Yong-Jo Kim\*\*

School of Mechanical Engineering and Automation KYUNGNAM University,  
School of Computer Added Mold & Die Engineering, Korea Polytechnic VII College  
(Received May 19, 2008 / Accepted July 25, 2008)

**Abstract** : Supplementary features in injection molded products, which are boss, rib and snap fit, are mainly located in the products. These features might make molding flow improper in injection processing and consequently give rise to some of molding troubles such as short shot and hesitation. The sink mark on boss parts is generated by the volumetric shrinkage that is caused by both the molding thickness and the closed boss height. The volumetric shrinkage is affected by packing pressure and its amount tends to decrease by increasing the packing pressure. The packing pressure can therefore increase flow rate to a boss part and causes the sink mark depth to increase. As the molding thickness and the closed boss height in the boss part can increase the part volume, these may yield bad solidifying and also extend the molding cycle. In this paper, both the injection molding test and the flow analysis were carried out to investigate the effect of sink marks generated in the boss part of injection molded products.

**Key Words** : Supplementary feature (부 형상), Volumetric shrinkage (체적수축), Sink mark (싱크마크)

### 1. 서 론

사출성형의 제품설계는 목적에 맞는 주 형상 설계와 이를 보완하는 부 형상 설계로 크게 구분된다. 사출성형제품의 부 형상에는 보스(boss), 리브(rib), 스냅 피트(snap fit) 등이 있으며, 이 중에서 보스는 성형 구멍 및 코너부 보강과 성형품을 여타 부품과의 조립을 위한 셀프 탭핑(self tapping) 위치로 사용된다<sup>(1)</sup>. 리브는 성형품의 변형방지 및 보강을 목적으로 설계되며, 스냅 피트는 플라스틱의 유연성과 고유 탄성을 이용하여 다른 부품과 체결을 목적으로 설치하게 된다. R. S. Sodhi 등<sup>(2)</sup>, 허용정등<sup>(3)</sup>은 사출성형제품부형상의 지적 설계에 관해 발표하였으며, Sally Carter 등<sup>(4)</sup>은 여러 가지 형태의 보스 설계

에 있어서 미치는 응력 관계를 제시하였다. 이와 같이 부 형상은 보강 및 변형방지, 조립을 위해 불가피하게 주 형상에 설치되며 국부적으로 성형품의 살두께(part thickness)를 증가시키고 형상이 복잡하여 부 형상은 보강 및 변형방지, 조립을 위해 불가피하게 주 형상에 설치되며 국부적으로 성형품의 살두께(part thickness)를 증가시키고 형상이 복잡하게 되어 충전 시 유동을 어렵게 만든다. 따라서 깊은 보스나 리브의 끝단부와 유동이 합류되는 코너부에 미충전(short shot) 및 유동정체(hesitation) 현상이 나타날 수 있으며<sup>(5)</sup>, 살두께 증가부분에서는 싱크마크(sink mark)의 성형결함이 발생될 수 있다<sup>(6)</sup>. 싱크마크는 성형표면의 일부에서 수축으로 인해 발생하는 수축자국으로 정의하고 있다. Linhuo Shi 등은 성형품의 보강을 위한 리브 부분에 발생하는 싱크마크 깊이에 관해 보압시간(packing time)과 수축(shrinkage)에 따른 실험식을 제시하고 보압시간 증

\* 한국폴리텍VII대학 컴퓨터응용금형과  
(김현필 kimhp58@kopo.ac.kr)

\*\* 경남대학교 기계자동화공학부

가는 성형품 표면에 발생하는 싱크마크 깊이를 감소시키는 해석결과를 발표하였다. 또한, M. J. Liou 등은 실험을 통하여 싱크마크는 성형공정변수인 금형의 온도, 수지온도, 보압의 영향에 따라 발생하는 결과를 발표하였다.

이들은 모두 리브에 발생하는 싱크마크에 대한 결과이다. 사출성형에 있어서 보스부분은 국부적인 살두께의 증가를 피할 수 없으므로 싱크마크 발생은 리브와 같은 성형공정조건의 영향을 받게 될 것이다. 따라서 본 연구에서는 보스부분의 싱크마크 발생에 관한 고찰을 위해 시험사출성형(test injection molding)과 보압해석(parking analysis), 냉각해석(cooling analysis)을 실시하고 보스부분의 싱크마크 발생에 미치는 성형공정변수의 영향을 분석하고자 한다.

## 2. 성형실험장치와 조건

### 2.1 보스와 성형실험편 설계

일반적으로 보스는 성형품 코너에 위치하는 예가 많으며 보강과 지지를 위하여 리브등과 함께 다양한 형태로 사용된다<sup>(4)</sup>. 보스부분의 성형실험편을 얻기 위해 단순화한 보스형상을 Fig. 1과 같이 유동기구와 함께 설계하였다. 성형실험편의 러너배치는 충전 밸런스를 고려하여 성형실험편 각각의 유동거리를 같게 배치하였으며, 러너 끝단 중앙에 사이드 게이트를 설치하였다.

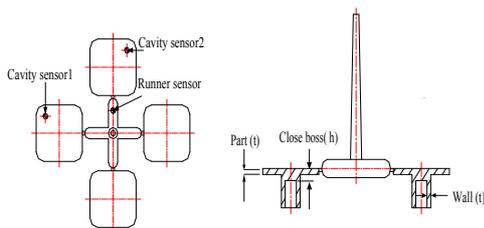


Fig. 1 Geometry of boss parts for injection molding

성형실험편 형상은 사각 30mm, 두께(t) 2mm, 보스의 외경 10mm, 높이 11mm이며 벽 두께는 성형실험편 두께의 75%인 1.5mm이다. Fig. 1에 표기된 높이(h)를 막힘 보스 높이(close boss height)로 정의하고, 각각 2mm, 3mm, 4mm, 5mm로 높이를 변화시켜 싱크마크 발생결과를 확인할 수 있도록 하였다.

### 2.2 성형실험장치

본 연구에서 사용된 사출 성형기는 Fig. 2와 같으며 DONG SHIN HYDRAULIC (DHC-60)으로 형체결력(clamping force)은 60ton이며, 1회 최대 사출용량(max. injection rate)은 16온스(oz)인 수평식 사출 성형기(horizontal injection molding M/C)를 사용하였다.

Fig. 3은 보스부분의 성형실험을 위하여 제작된 사출성형 금형이다. 성형실험편이 형상부가 되는 캐비티와 보스부분 및 핀 코어(pin core)부분은 가공 후 경면연마(mirror polishing)을 실시하여 성형표면과 이젝팅에 문제가 없도록 하였다.

사출성형의 압력변화 및 보압시간, 냉각시간을 얻기 위해 러너 및 캐비티에 EP 압력센서(MAX. 200MPa) 3개를 설치하였으며 압력변환 증폭기(amplifier)를 거쳐 데이터를 PC에서 디스플레이 할 수 있도록 장치하였으며 Fig. 4에 나타내었다.

Fig. 4는 성형실험에 미치는 러너와 캐비티 내의 압력변화 및 보압시간, 냉각시간을 Table 1의 성형실험 조건으로 보압 50MPa, 용융온도 215℃, 보압시간 7sec로 설정하여 실험한 경우로 Fig. 1의 압력센서(pressure sensor) 위치인 러너와 캐비티 내의 보압변화를 나타내고 있다.

금형의 온도제어를 위해 서모커플(thermocouple)을 상·하형에 장착하고 일정한 금형 온도를 유지시키기 위해 상·하형 모두 냉각라인을 금형온도 조절기와 연결시켜 제어되도록 하였다.

실험금형은 교환형 코어(core)방식으로 설계하였으며 금형의 크기는 200×200×190mm이고 사이드 게이트 타입의 2매 구성금형(two plate mold)으로 제작하였다.



Fig. 2 Illustration of injection molding machine (DHC-60) used in the experimental molding

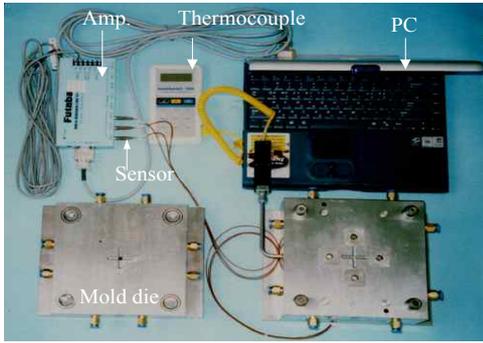


Fig. 3 Experimental molding set used for injection molding



Fig. 4 Packing pressure and time profiles by the mold marshalling system

Table 1 Conditions for the injection molding process

Filling pressure (MPa)	Packing pressure (MPa)	Packing time (sec)	Melt temp. (°C)	Mold temp. (°C)	Cooling time (sec)
20	20	1, 4, 7	215	30	60
35	35		215		
50	50		215		
65	65		215		

Table 2 Properties of plastic PP(Hi-Prene M540)

Max. and Min. melt temperature	200~260.0 °C
Generic shear stress (Max.)	0.25 MPa
Generic shear rate (Max.)	100000.00 1/s
Specific heat	2878.000 J/kg/°C
Melt density	720.700 kg/cu.m
Viscosity (temperature 230°C)	80.199 Pa.s
No-flow temperature	145.50 °C
Conductivity	0.130 w/m/°C

### 2.3 성형실험 조건

보스의 실험성형을 위해 Fig. 3의 사출성형 금형을 Fig. 2의 사출 성형기에 장착하여 실험사출을 실시하였다. 사출성형공정 조건은 Table 1과 같으며 보압(packing pressure)과 보압시간(time)을 사출성형 공정변수로 하였다. 또한, 실험에 사용된 수지는 PP (Hi-Prene M540)을 사용하였다.

또한 건조로에서 80°C로 3시간 동안 충분히 건조시켜 수분의 영향을 최대한 억제하였다.

성형실험편은 후 수축의 영향을 고려하여 72시간 동안 등온 20°C로 유지시켜 사용하였으며 본 연구에 가용된 수지의 물성치는 Table 2와 같다.

## 3. 실험결과와 고찰

### 3.1 보스성형과 싱크마크

보스부분의 싱크마크 발생을 확인하기 위해 Table 1의 성형조건에서 보압 20MPa, 보압시간 1sec, 수지용융온도 215°C로 설정하여 실험사출한 보스부분의 실험성형편을 Fig. 4에 나타내었다.

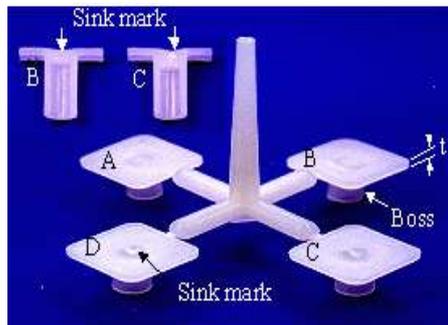


Fig. 4 Molded boss parts and sink mark appearances

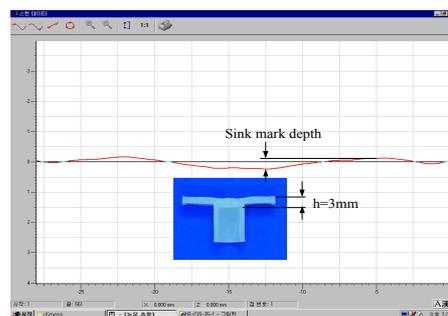


Fig. 5 Sink mark depth measured by the 3D laser measuring machine (for the boss type B)

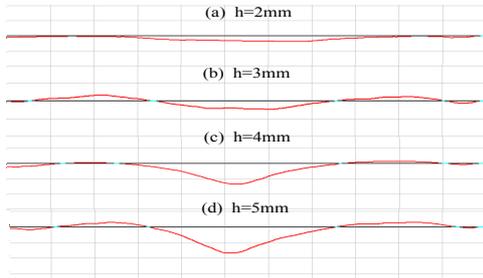


Fig. 6 Sink mark profiles according to the close boss height

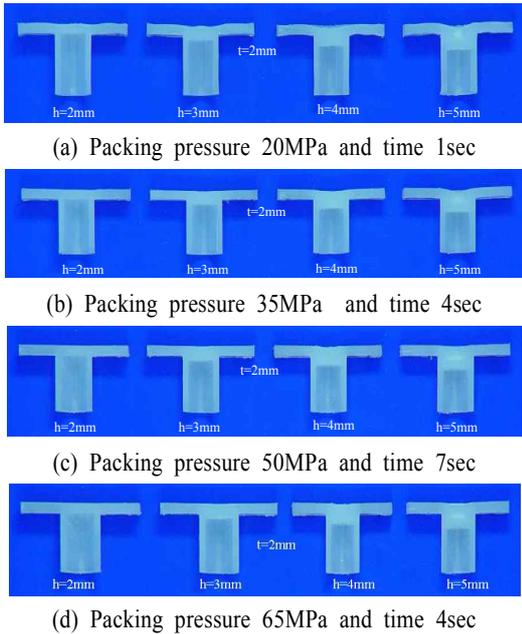


Fig. 7 Cross-section views of the close boss for the melt temperature 215°C

Fig. 4 의 결과와 같이 보스부분의 실험성형편 A, B, C, D의 성형표면에서 싱크마크가 발생하였으며, 성형편 B 및 C의 단면을 절단하고 Fig. 4 의 결과를 확인할 수 있도록 제시하였다.

Fig. 5는 3D 레이저 측정기(Mahr OMS 600)를 사용하여 실험성형편 B의 보스부분 싱크마크발생과 깊이를 확인한 결과이다. 여기서 발생한 싱크마크는 실험성형편의 하부에 설치된 보스와 보스 부근의 국부적 살두께의 증가로 인해 성형표면이 수축한 싱크마크를 확인할 수 있다. Fig. 6은 성형편 두께(t) 2mm의 실험성형편 A, B, C, D의 막힘 보스 높이(h)

2mm, 3mm, 4mm, 5mm에 따라 발생하는 싱크마크 형상과 깊이를 측정된 결과이다. 여기서 막힘 보스 높이(h)의 증가에 따라 싱크마크 깊이(sink mark depth)가 증가되어지는 현상을 확인할 수 있고, 싱크마크는 보스 중앙에서 최대로 발생하는 결과를 나타내고 있다. 또한 발생하는 싱크마크 직경은 보스 외경(8.0mm)에相当하는 크기로 발생하는 결과를 확인할 수 있다.

Fig. 7은 Table 1 의 성형조건으로 실험 성형된 보스부분의 실험결과를 나타내고 있다.

### 3.2 싱크마크에 대한 보압 영향

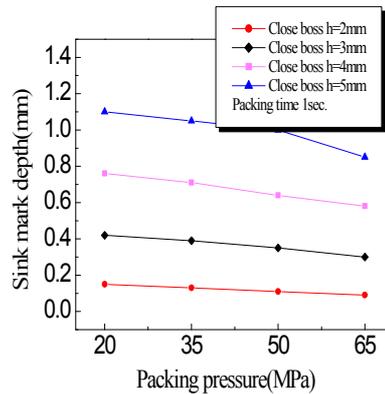


Fig. 8 Sink mark depth according to the packing pressure for the packing time 1sec and the melt temperature 215°C

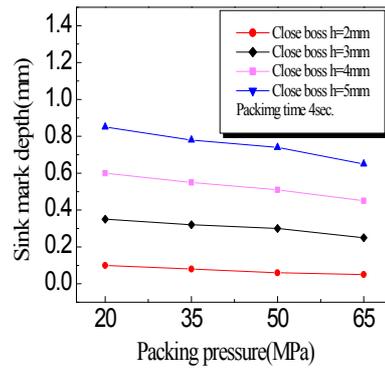


Fig. 9 Sink mark depth according to the packing pressure for the packing time 4sec and the melt temperature 215°C

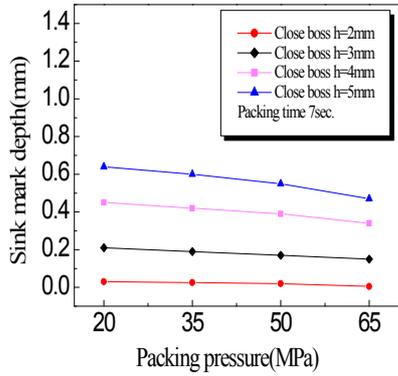


Fig. 10 Sink mark depth according to the packing pressure for the packing time 7sec and the melt temperature 215°C

Fig. 8, Fig. 9, Fig. 10은 Table 1의 성형실험 조건으로 실험성형한 보스부분의 막힘 보스 높이 2mm, 3mm, 4mm, 5mm에 대해 보압에 따른 싱크마크 발생 깊이를 측정된 결과이다. 이들은 막힘 보스 높이의 증가에 대해 싱크마크 발생 깊이가 증가하며, 보압의 증가에 대해서 감소하는 결과를 나타내고 있다. 높이 증가는 싱크마크 발생 부분의 단면적 및 체적을 증가시키게 되고, 이로 인해 싱크마크 발생이 크게 증가되는 것을 알 수 있다. Fig. 8, Fig. 9, Fig. 10의 결과를 정리한 Table 3에서와 같이 보압의 증가에 대해 막힘 보스 높이 2~5mm사이에서 보압시간 1sec일 때 3.0%~5.0% 싱크마크 발생 깊이가 감소하고, 보압시간 4sec일 때 2.5%~4.0%, 7sec일 때 1.25~3.4%감소한 것을 나타낸다. 또한, 보압시간 증가에 대해서 보압시간 1sec일 때와 비교하여 4sec일 때 2.5~5.0%, 7sec일 때 4.25~9.25%감소하여 발생하는 결과를 비교할 수 있다. 따라서 보압과 보압시간의 증가는 싱크마크를 감소시키는 성형공정조건으로 작용됨을 확인할 수 있다.

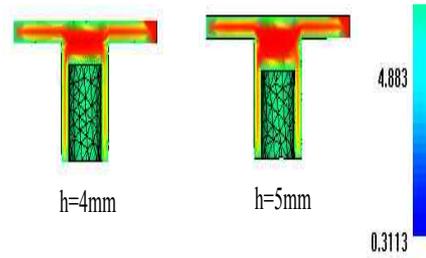
3.3 싱크마크와 체적수축

보스부분의 싱크마크 발생에 대한 체적수축과의 관계를 확인하기 위해 Fig. 1의 성형시험편과 같게 유한요소해석 모델을 만들고 유동해석을 실시하였다.

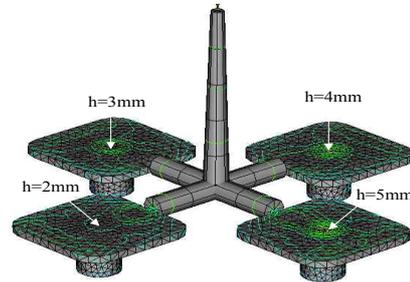
성형해석에는 MOLD FLOW INSIGHT 3.1을 사용하였으며 해석조건은 Table 1 및 2와 동일

Table 3 Sink mark depth for each of close boss heights

Packing time(sec)	Packing pressure (MPa)	Close boss height(mm)			
		2	3	4	5
1	20-65	0.15-0.09 (7.5-4.5)%	0.42-0.30 (14.0-10.0)%	0.76-0.58 (19.0-14.5)%	1.1-0.85 (22-17)%
4	20-65	0.1-0.05 (5.0-2.5)%	0.35-0.25 (11.66-8.33)%	0.6-0.45 (15.0-11.25)%	0.85-0.65 (17.0-13.0)%
7	20-65	0.03-0.005 (1.5-0.25)%	0.21-0.15 (7.0-5.0)%	0.45-0.34 (11.25-8.5)%	0.64-0.47 (12.8-9.4)%



(a) Cross-section views for the vol. shrinkage



(b) Side and top views for the vol. shrinkage

Fig. 11 Packing simulation of the boss parts( 20MPa, 1sec, 215°C)

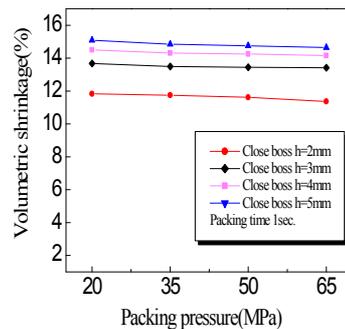


Fig. 12 Vol. shrinkage according to the packing pressure (1sec, 215°C)

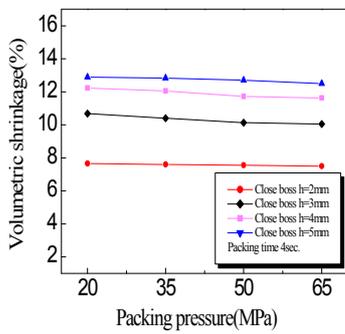


Fig. 13 Vol. shrinkage according to the packing pressure (4sec, 215°C)

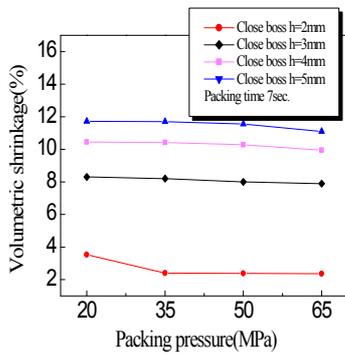


Fig. 14 Vol. shrinkage according to the packing pressure (7sec, 215°C)

하게 설정하고 해석한 결과를 Fig. 11에 나타내었다. Fig. 12, Fig. 13, Fig. 14의 결과는 보압과 보압시간 변화에 따른 보스부분의 체적수축 결과를 나타내고 Table 4에 정리하였다.

Table 4 Vol. shrinkage(%) for each of close boss heights

Packing time(sec)	Packing pressure (MPa)	Close boss height(mm)			
		2	3	4	5
1	20-65	12.20-12.10	13.68-13.42	14.50-14.16	15.09-14.61
4	20-65	7.65-7.50	10.50-11.10	12.15-11.63	12.95-12.30
7	20-65	2.45-2.36	8.30-7.90	10.45-9.95	11.71-11.10

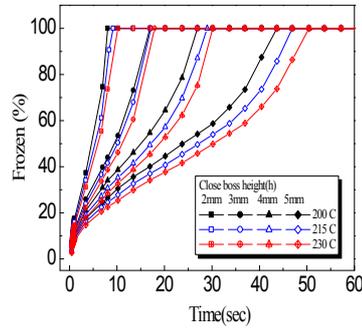


Fig. 15 Frozen variation according to the cooling time for the packing pressure 35MPa and the packing time 7sec

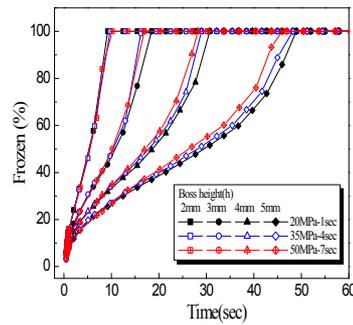


Fig. 16 Frozen variation according to the cooling time for the melt temperature 215°C

Table 4의 결과를 싱크마크 발생 깊이의 결과인 Table 3과 비교하면, 보압시간 1sec에서 4sec로 증가시켰을 때 2.5 ~ 5.0% 싱크마크 깊이 감소에 대해서 2.31 ~ 4.60% 체적수축이 감소되며, 7sec로 증가시켰을 때 4.25 ~ 9.25% 싱크마크 깊이 감소에 대해서 3.38 ~ 9.75% 체적수축이 감소한 결과를 비교할 수 있다. 따라서 보압의 증가와 보압시간을 증가시켰을 때 싱크마크 발생 부분의 체적수축을 감소시키고, 이로 인해 싱크마크 발생 깊이가 감소되는 결과로 작용함을 알 수 있다.

### 3.4 싱크마크와 고화

Fig. 15는 보압 35MPa로 일정하게 유지시키고 보압시간 7sec. 및 용융온도를 200°C, 215°C, 230°C로 변화시켜 싱크마크 발생부분의 고화 진행과정을 해석한 결과를 나타내었다. 높이가 낮은 쪽에서 빠

른 고화를 일으키고 있으며 높이의 증가에 따라 점점 고화시간이 길어지며, 약 50sec 전후에서 100% 고화 되는 결과를 확인할 수 있다. Fig. 15의 결과는 수지 용융온도에 영향을 받아 막힘 보스 높이 2mm, 3mm, 4mm, 5mm에 대해 각각은 용융온도 증가에 따라 고화시간이 증가하며, 높이의 증가에 따라 점점 더 크게 고화시간이 증가되는 결과를 나타내고 있다. 이것은 막힘 보스 높이의 증가와 용융온도 증가는 고화시간을 증가시키게 되고 Table 3, Table 4의 싱크마크 발생 결과와 비교하였을 때 냉각하는 동안 싱크마크 깊이와 체적수축을 증가시키는 결과로 작용됨을 알 수 있다.

Fig. 16은 용융온도 215℃로 일정하게 유지시키고 보압을 20MPa, 35MPa, 50MPa 및 보압시간 각각 1sec., 4sec., 7sec.로 변화를 주었을 때 싱크마크 발생부분의 고화 진행과정에 대한 해석결과를 나타내었다. 보스 부분의 고화 진행 상태는 보압이 높고 보압시간이 길수록 빠른 고화를 나타내는 결과를 알 수 있다. Fig. 16의 결과를 Table 3, Table 4의 싱크마크 발생이 감소되는 결과와 비교하여 고화시간은 싱크마크 발생에 영향을 주는 것으로 판단된다.

#### 4. 결 론

사출성형에서 수지 PP(Hi-Prene M540)를 대상으로 보스 및 리브 부분의 싱크마크 발생에 관해 성형실험과 성형해석을 실시하였다. 보스 형상에 대한 변수로 막힘 보스 높이(h), 보스 벽두께(t), 리브 두께(t)를 결정하고, 성형공정 조건인 보압, 보압시간, 수지 용융온도, 고화진행이 보스부분의 싱크마크 발생에 미치는 영향에 관해 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 보스 부분의 싱크마크는 보압과 보압시간의 증가에 따라 싱크마크를 감소시키는 성형공정조건으로 작용됨을 확인할 수 있다.
2. 보압의 증가와 보압시간을 증가시켰을 때 싱크마크 발생 부분의 체적수축을 감소시키고, 이로 인해 싱크마크 발생 깊이가 감소되는 결과를 확인할 수 있었다.

3. 수지 용융온도 증가에 따라 고화시간이 증가하고, 보스 부분의 고화상태는 보압이 높고 보압시간이 길수록 빠른 고화를 나타내고 있어 싱크마크 발생에 영향을 미치고 있다.

#### 참고문헌

- (1) R. A. Malloy, S. A. Oroth, and E. S. Arnold "Self Threading Screw Boss Design" pp. 744~748, ANTEC '85.
- (2) R. S. Sodhi, M. Sonnenberg, and S. Das, "Use of Snap-Fit Fasteners in the Multi-Life-Cycle Design of Products" pp. 160~165, IEEE 1999.
- (3) 강성남, 허용정, "사출성형제품의 부형상의 지적 설계에 관한 연구" 한국정밀공학회지, Vol. 18, No. 8, pp.164~173, 2001.
- (4) Sally Carter, David Kazmer, "Studies of Plastic Boss Design and Methodology" pp. 3692~3696, ANTEC '99.
- (5) 김현필, 김용조, "충진과 보압과정이 사출성형 공정에 미치는 영향에 관한 연구" 한국공작기계학회지, Vol. 11, No.4, pp.44~53, 2002.
- (6) Menges/Mohren, "How to Make Injection Molds", Carl Hanser Verlag Munich, pp. 145~318, 1993.