

하우징 제품의 가스사출성형에 관한 연구

조재성·이종원*

A Study on Gas-assisted Injection Molding in Housing Molded Parts

Chae-Sung Cho, Jong-Won Lee

Abstract

This study focuses on part quality and cycle times under gas-assisted injection molding(GIM) of housing molded parts. The position of the gas channel was established near to parting line at the end of last locations to fill. Applied hot runner and valve gates, the gas was introduced directly into the mold cavity via gas pin. As GIM was applied, the conclusion reached as follows. i) The quality of appearance was improved by reducing sink marks and scratches of texture. ii) The realibility was improved by preventing warpages and reinforcing rigidity through optimum gas channel layout. iii) It is enable to use small size of injection molding machine step by step as GIM was accomplished low pressure and reduced clamp forces against CIM. iv) The productivity were improved by reducing cycle times.

Key Words: Cycle Times, Gas-assisted Injection Molding, Warpage, Gas Channel, Gas Fingering.

1. 서론

최근의 사출제품이 점점 복잡화, 대형화 되면서 그에 수반되는 뒤틀림, 수축등의 품질 문제와 대형 사출 성형기가 요구에 따른 투자비 상승 및 고압성형에 의한 생산성 저하등이 문제점으로 대두되었다.

이러한 문제의 해결방법의 하나로 개발하여 실용화되고 있는 가스 사출성형법(Gas-assisted Injection Molding: GIM)의 중요성이 점차 강조되고 있다.

가스사출성형법은 플라스틱 성형 공정중에 가스(N₂)매체를 성형품에 주입하는 새로운 기술로 일반사출성형(Coventional Injection Molding: CIM)에서 해결하지 못했던 잔류응력(Residual stress)

에 의한 변형(warpage) 및 싱크마크(Sink mark) 해소에 큰 효과를 발휘하고, 특히 사출성형에서 문제점으로 인해 별도로 제작하여 조립하던 부품들의 일체화를 가능하게 하여 원가절감 향상에도 기여하고 있다.⁽¹⁾

그러나 일반 사출성형과는 달리 가스 사출성형은 수지와 가스의 이중재료가 온도와 압력변화를 겪는 동일 캐비티 내에서 유동하기 때문에 그 과정을 예측하기란 상당히 어렵다.⁽²⁾

지금까지 가스사출성형에 관해서 크게 재료선정, 제품설계, 가스채널(Gas channel)설계, 금형설계, 공정조건등에 대한 연구가 이루어 지고 있다.⁽³⁾

본 연구에서는 고압성형으로 인한 변형 및 부식(Texture)균힘, 형합 리브 및 보스 수축 발생등의 품질문제 및 사이클타임(Cycle times) 연장으로 인한 생산성 저하등의 문제 해결을 위해 대표적 하우징(Housing) 제품인 TV 백커버(Back cover)에 가스사출성형을 적용하여 해석 및 실험을 통해 고찰하였다.

* 대우전자 TV 연구소
** 경희대학교 기계공학과

2. 해석수법 및 절차

Moldflow社의 MF/FLOW와 MF/GAS를 사용하였으며, Pro Engineer에서 3D 모델링 한 데이터를 MF/VIEW에서 Patran format으로 Interface하여 Modify 한 후 공정조건을 적용하여 해석을 수행하였다.⁽⁴⁾

수지는 제일모직(사)의 Starex VH1800 HIPS로서 주요 물성은 Table 1과 같다.

Table 1. Physical properties of testing material.

NO	Item	ASTM	Unit	Result	Remark
1	Tensile strength	D638	kg/cm ²	250	
2	Elongation	D638	%	50	
3	Flexural strength	D790	kg/cm ²	390	
4	Impact strength	D256	kg cm/cm	9.5	23℃
5	Softening point	D1525	℃	93	5Kg(Vicat)
6	HDT	D648	℃	78	18.6Kg
7	Melt index flow	D1238	g/10min	8	200℃/5Kg

해석을 위한 성형 공정조건의 입력값은 Table 2와 같이 설정하였다.

Table 2. Input data of process condition.

Item		Setting value	
Filling condition	Mold temperature(℃)	40	
	Melt temperature(℃)	230	
	Injection time(sec)	4	
Gas condition	Delay time(sec)	3.7	
	Step	Pressure(Mpa)	time(sec)
	1	15	4
	2	12	4
	3	10	4
	4	7	4
	5	4	4
6	0	0	

해석절차는 수지 유동 및 보압 해석을 먼저 수행하여 수지 유동장의 결과를 먼저 확인한 후, 요구하는 위치에 가스채널을 설치하여 유동 및 보압의 가스 성형 해석을 수행하였다.

3. 실험장치 및 방법

3.1 실험장치

본 실험에서 사용한 실험장치는 다음과 같다.⁽⁵⁾

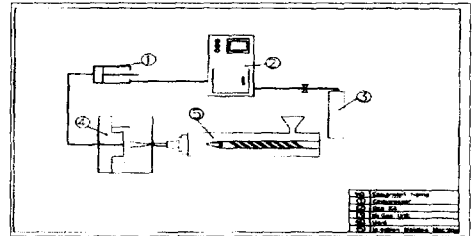


Fig.1 Block diagram of experiment apparatus.

3.1.1 가스키트(Gas Kit)

미국 GAIN(사)의 GT-SR-V-A 모델을 사용하였으며, 질소가스의 압력을 승압시키는 질소승압기(Booster)와 사출조건(압력, 시간)을 조절하는 장치인 제어기(Control box)로 구성된다.

3.1.2 질소공급장치(N₂ gas unit)

질소가스를 공급하는 장치로서 시중에서 판매하는 질소를 사용하였다.

3.1.3 사출성형기

일본 도시바사의 1250톤으로써 유압에 의한 직압식 수평 성형기이며, 모델은 IS-1250이다.

3.1.4 금형

Fig. 2는 제품형상 및 게이트 위치를 나타낸 것으로 제품크기는 726mm×533mm×357mm (W×H×D)로 제품의 기본두께는 3.0mm이며, 핫-런너(Hot runner), 4점 밸브게이트(Valve gates) 방식을 채택 하였다.

핫-런너를 사용할 경우 가스가 사출기로의 역류 방지와 수지유입차단이 가능하다.

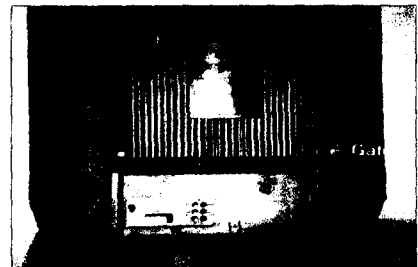


Fig. 2 Gate positions.

3.1.5 가스 주입과 조절방식

가스 주입은 노즐을 통한 수지 충전후 부수적인 가스핀을 이용하여 성형품 표면에 직접가스를 주입하는 핀 방식(Pin type)을 채택하였다.

성형기의 노즐로 가스를 주입하는 방식에서는 높은 가스압력을 요구하는 반면, 유동저항이 상대적으로 낮은 게이트에서 다소 떨어진 금형내에 가스를 주입하는 방법은 높은 가스압력을 요구하지 않는다.

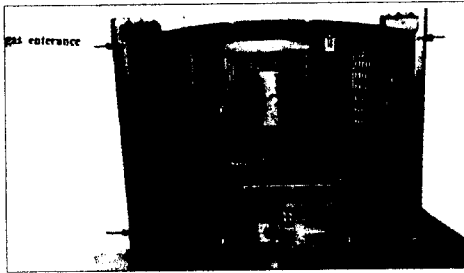


Fig. 3 Gas inlet positions.

Fig. 3에서 보는 바와 같이 캐비티의 좌,우측의 상,하 4개 지점(화살표)으로 가스를 주입하였다.

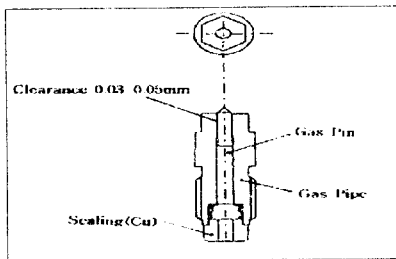


Fig. 4 Configuration of air inlet.

Fig. 4는 가스 노즐핀의 형상을 나타낸 것으로, 성형부 하측에 돌기형상으로 가스핀을 감싸는 유도부(Gas inlet leading parts), 가스핀(Gas pin), 가스파이프(Gas pipe)로 구성되어 있다.

가스핀이 사면면삭으로 가공되어 있어 가스가 주입되는 통로로 이용되며, 가스핀의 머리 주위에는 주입된 가스가 누설되지 않도록 O-Ring이 설치하였다. 가스핀의 틈새는 0.05mm를 유지하였다.⁽⁶⁾

3.1.6 가스채널 설정

가스성형의 가장 큰 문제인 수축 및 변형, Fingering 및 색차 문제해결을 위해 Fig. 5(노란

색 지정영역)와 Fig. 6에서 보는 바와같이 제품의 파팅부에 형성된 단의 코너부에 가스채널을 설정하였다.

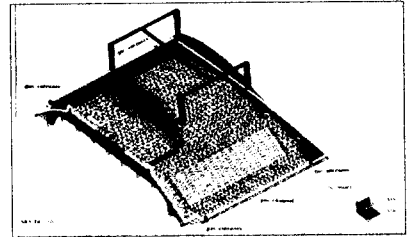


Fig. 5 Gas channel layout and gas inlet positions.

주(Main) 가스채널크기는 7.0mm×7.0mm, 보조(Sub) 가스채널크기는 7.0×4.5mm, 가스주입 유도부의 외곽크기는 $\phi 8.0$ mm로 설정 하였다.

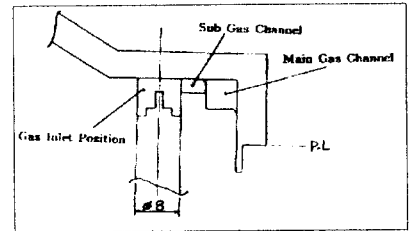


Fig. 6 Sectional diagrams of gas channel layout and gas inlet positions.

결론적으로, 하우징 형태의 제품에 가스성형을 효과적으로 적용하기 위해서는 가스채널설정 공간과 아울러 핀주입 방식에 따른 가스 주입 유도부 공간이 파팅부의 코너단에 확보되어야 하는 디자인 제약이 요구된다.

3.2 실험방법

금형 제작전 예상 문제점 및 불량을 최소화 하기 위해서 사출성형해석을 실행하여 유동패턴에 따른 게이트 위치, 가스채널 위치 및 크기, 가스 주입 위치등을 설정 반영하여 금형을 제작 실험을 수행하였다.

본 실험에서는 먼저 수지충진패턴과 가스유동패턴을 분석한후, 공정변수를 조절하면서 실험을 수행하여 해석결과와 비교 분석하였다.

또한, 일반사출에서의 주요 문제점인 변형 및 부식균집, 수축발생등의 유무와 사이클 타임 및 생산량을 분석하였다.

4. 해석 및 실험결과

4.1 유동패턴(Flow pattern)

Fig. 7은 4점 게이트를 통해 흘러 들어간 수지의 유동이력(Melt history)을 나타낸 것으로, 게이트를 통해 충전된 수지는 유동저항(압력)이 낮은 곳으로 흘러 파팅부 영역에서 최종 충진이 이루어진다.

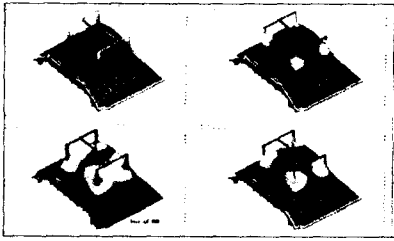


Fig. 7 Flow pattern for melt history in GIM.

최종 충전부인 파팅부에 가스채널이 설정되어 있어 일반사출과 가스사출에서의 유동패턴은 거의 일치한다.

4.2 최대압력

Fig. 8은 좌측에 일반사출, 우측에 가스사출 성형을 적용할 때 스프루(Sprue) 선단에서의 요구되는 압력 이력분포를 나타낸 것으로, 해석결과를 정리하면 일반사출에서는 67.87MPa, 가스사출에서는 56.15 MPa의 압력이 요구되어, 가스사출을 적용할때 최대압력이 17.27% 감소함을 보였다.

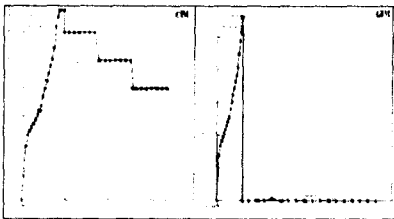


Fig. 8 Injection pressure history in sprue for CIM and GIM.

4.3 요구 형체력(Clamp force)

Fig. 8은 좌측에 일반사출, 우측에 가스사출 성형에 요구되는 형체력의 이력을 나타낸 것이다.

해석결과를 정리하면, 일반사출에서는 1755ton, 가스사출에서는 1416ton의 형체력이 요구되어, 가스사출을 적용할때 19.32%가 감소함을 보였다.

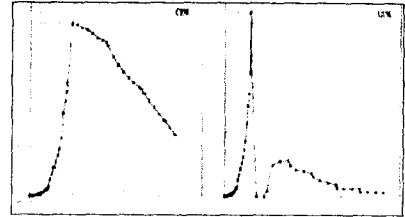


Fig. 9 Required clamp forces history for CIM and GIM process.

4.4 수축(Sink mark), 변형(Warpage)

Fig. 8과 Fig. 9에서 보는 것처럼 일반사출에 비해 최대압력 및 형체력이 저하되었다.

성형품 이형전까지 구석 구석에 균일한 가스보압이 전달 되므로 두께나 냉각속도 차이에 기인한 내부 잔류응력이 감소하여 비틀림이나 휨 등의 변형 및 수축을 완화 및 제거된다.

실제 사출결과 수축 제거로 인한 외관품질이 향상되었고 가스채널로 인해 강성이 크게 보강되어 변형방지 및 조립성 향상 그리고 낙하, 진동 등의 신뢰성을 향상 시키는 결과를 가져왔다.

4.5 가스유동현황

가스는 항상 유동저항이 가장 작은 경로를 따라서 이동한다. 충진이 시작되는 게이트에서는 유동저항(압력)이 높고, 충진이 완료되는 파팅부에서 유동저항(압력)이 상대적으로 낮다.

해석결과 Fig. 10에서 보듯이 상단중앙 및 좌우중앙에서 가스 미충진(노란색 영역)이 발생하였다. 이 결과를 토대로 실제 금형에서는 가스 미충진 및 가스충돌을 방지하기 위해 미충진 부분은 가스채널을 가공하지 않았다.

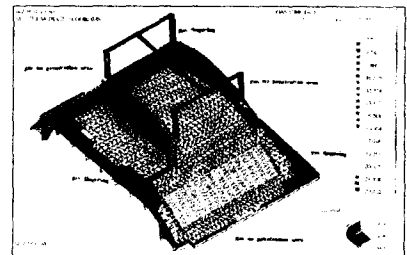


Fig. 10 Results of gas flow for GIM.

또한, 상측 및 하측에 Gas fingering이 발생되었다. 그러나 실제 사출결과 가스 주입이 유동저항이 상대적으로 낮은 파팅부 단의 가스채널로 주입되므로 가스유동의 특성상 Gas fingering 현상은 크게 완화되었으며, 계량, 가스압력, 가스지연시간등의 공정변수 조절을 통해 Gas fingering 현상을 줄이거나 없앨 수 있었다.

4.6 사이클 타임 및 생산량

일반 및 가스사출시 성형공정 특성으로 인해 사이클 타임의 차이가 발생한다. 크게 영향을 미치는 주요인자로 가소화와 냉각공정을 들 수 있다. 가스사출에서는 가소화 공정시작 시점이 앞당겨 지고, 냉각공정이 줄어들어 사이클타임이 단축된다.

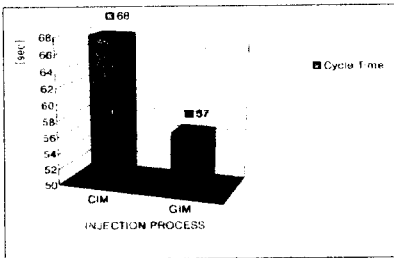


Fig. 11 Cycle times for CIM and GIM.

실제로 본 연구모델과 유사한 25인치 TV 하우징의 일반사출성형 결과를 Fig. 11과 Fig. 12에서 사이클 타임과 생산량면에서 각각 비교해 보면 다음과 같다.

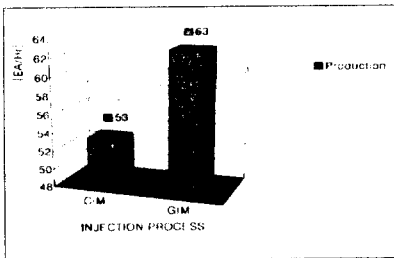


Fig. 12 Productions for CIM and GIM.

사이클 타임은 일반사출에서는 68초, 가스사출에서는 57초로 16.2% 단축을 보였고, 시간당 생산량은 일반사출에서는 53개, 가스사출에서는 63개로 18.9% 향상을 가져왔다.

5. 결 론

고압성형으로 인한 품질 및 생산성 저하의 문제가 발생하는 문제해결을 위해 TV 하우징 제품에 가스사출성형을 적용하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 파팅부에 가스 주입구 및 가스 채널 형성이 가능한 단 구조를 갖는 디자인이 요구된다.
- (2) 유동저항(압력)이 낮은 영역에 가스채널을 설정하여 가스를 주입 시킴으로서 상대적으로 압력이 높은 제품 표면으로의 Gas Fingering이 방지 되었다.
- (3) 가스채널을 코너단에 설정함으로써 색차문제를 해결하였다.
- (4) 수축 및 부식균집이 방지되어 외관품질이 향상 되었다.
- (5) 변형방지 및 가스채널 설정으로 인한 강성보강으로 신뢰성이 증대되었다.
- (6) 일반사출에 비해 저압화 및 요구 형체력 저하로 인해 단계적으로 용량이 낮은 사출기 적용이 가능하다.
- (7) 사이클 타임의 단축으로 인해 생산량의 증가를 가져옴으로써 생산성이 향상되었다.

참고문헌

- (1) Ken C. Rusch, 1989, *Plastics Engineering*, Vol.45, No.7, pp.35-38.
- (2) H.Potente, E.Moritzer, and CH.Obermann, 1996, *J. of Injection Molding Technology*, Vol.36, No.16, pp. 2163-2171.
- (3) Stewart Barton and Leray T.Dandy, 1997, *J. of Injection Molding Technology*, Vol.1, No.2, pp.104-111.
- (4) MF/GAS Training Manual, 1996, Moldflow Korea.
- (5) Suresh Shah and David Hlavaty 1991, *Plastics Engineering*, pp. 21-26.
- (6) Oliver M. Becker, Kurt Koelling, and Taylan Altyan, 1997, *J. of Injection Molding Technology*, Vol.1, No.3, pp. 158-164.