

가스사출성형을 이용한 TV MASK FRONT의 무도장 제품에 관한 연구

조재성*

(2002년 5월 4일 접수)

A Study on Paintless Molded Parts in TV Mask Front Using Gas-Assisted Injection Molding

Chae Sung Cho

Abstract

Injection molded plastic parts have many surface defects: weld line, sink mark, flow mark, gloss, shading, scratching, and so on. Because these surface faults have not been accepted esthetically, plastic parts are produced through painting or texturing. The purpose of this paper is to develop a paintless molded part of TV Mask Front by flow control method and gas-assisted injection molding. In order to minimize defects from injection molding, this study was carried out using computer aided injection mold filling simulations using MF/FLOW and MF/GAS. Based on these numerical results, we developed FR(Flame Retardant) HIPS and established guidelines of part design, mold design, and processing conditions. We have achieved of cost savings, improvement of productivity, and utilization of recycling by eliminating surface defects and painting process.

Key Words : Paintless, Injection Molding, Gas-Assisted Molding, Weld Line, Sink Mark

1. 서론

사출성형품의 표면상 외관불량으로는 웰드라인(weld line), 표면수축(sink mark), 플로우 마크(flow mark) 등의 표면전사불량과 색얼룩(shading) 및 광택불량 등을 들 수 있다.⁽¹⁻²⁾

종래 외관의 품위가 요구되는 제품은 표면의 보호 및 외관의 장식, 표면 성질의 기능적 개선을 위하여 도장

(painting)을 사용하였다.⁽³⁾

도장에 사용되는 휘발성 유기화합물은 태양광 아래에서 질소 산화물과 광화학 반응을 일으켜 오존층을 형성할 뿐만 아니라 동·식물 및 인체에 악영향을 미치므로 해마다 규제가 엄격해 지고 있는 실정이다.

유기화합물의 사용규제에 대해 도료를 유기 용제계 대신 유기용제 양을 10-15% 억제한 수성계로 변경하여 일시적으로 대응을 하고 있는 실정이나 수성계로 사용시

* 한국산업기술대학교

도장도막 두께가 유성보다 두껍고 건조시간이 길어 생산성이 저하된다.

또한, 사출 성형품의 리사이클링(recycling)에 따른 환경적 부담요소가 가중되고 있는 실정이다.

따라서 최근 기업마다 살아 남기위해 생산성 향상과 원가절감, 환경문제 대응의 일환으로 무도장 성형(Paintless injection molding)에 대한 관심이 고조되고 있다.

이를 위해 SONY, SHARP 등의 외국 업체에서 무도장 성형을 적용하고 있다.

그러나 대부분 HIPS보다 원가가 높은 ABS 수지를 적용 무도장 성형을 하고 있으며, HIPS 수지 적용은 부분적 도장을 실시하고 있어 완전한 무도장 성형을 실현하기 위해서는 이에 대한 연구가 절실히 요구된다.

일반적으로 무도장 성형법은 유동조절(flow control)법과 단열 금형법을 들 수 있다.

유동조절법은 CAE(Computer Aided Engineering) 기법을 이용하여 웰드라인이 발생하는 위치, 길이 등을 예측하여 게이트(gate), 런너(runner) 등을 조절함으로써 웰드라인을 눈에 보이지 않는 부위에 위치하거나 부분적 두께 변화로 만나는 흐름 각도를 변화시켜 웰드라인 길이를 최소화로 조정하는 방법이다.⁽¹⁾

단열금형법은 수지 단열층 위에 급속층을 형성시켜 성형시 급속층을 급속 가열함으로써 고화층의 발달을 늦추어 플로우마크, 웰드라인, 표면수축 등의 전사불량을 개선하는 방법이다.⁽²⁾

본 연구에서는 투자비 및 유지보수 등을 고려하여 유동조정법을 적용하였다. 그러나 대형 하우스징(housing) 금형에서는 유동조정법 적용만으로는 표면수축 등의 외관 품질확보가 곤란하므로 무도장 성형의 실현을 위해서 가스사출성형법을 병행하여 적용하였다.

2. 유한요소해석

2.1 가스사출성형과정의 수치해

가스사출성형법은 2상 유체의 유동으로 구성되어 있는데, 가스사출성형법은 편의상 두 과정 즉 최초의 수지 사출과정과 그에 계속되는 가스 주입과정으로 나눌 수 있다. 후자의 가스 주입과정은 캐비티 미충전 부분을 충전시키는 충전단계와 보압단계를 포함한다. 충전의 사출성형 CAE 해석에 의하여 수지 흐름은 다음의 지배 방정식에 따른다.⁽⁶⁻⁷⁾

가스 주입과정에서는 계산영역 내에 있는 수지와 가스와의 경계면은 재료 추적법, 즉 특정재료(수지 혹은 가스)가 캐비티로 들어가는 시간을 추적하여 식별한다.

$$\nabla \cdot \vec{v} = 0 \quad (1)$$

$$\rho \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = \vec{\rho} g - \nabla p + \left[\nabla \cdot \vec{\tau} \right] - \rho \left[\frac{\vec{v}}{v} \cdot \frac{\vec{v}}{\nabla v} \right] \quad (2)$$

$$\rho C_p \left(\frac{\partial T}{\partial t} + \vec{v} \cdot \nabla T \right) = \beta T \left(\frac{\partial p}{\partial t} + \vec{v} \cdot \nabla p \right) + \eta \gamma^2 + k \nabla^2 T \quad (3)$$

Fig. 1 에서와 같이 수지와 가스의 분포는 무차원화된 스킨층의 살두께로 표시되므로 시간의 추이에 따라 각 영역에 대한 재료특성 및 경계면에 대한 조건을 자동으로 설정할 수 있게 되어 있다.

수지 표면층(normalized skin thickness ratio, a/b)은 단면두께에 대한 수지층의 비율을 나타낸 것으로서 가스성형에서 중요한 의미를 가지며, 사출성형해석 결과를 이용할 때 대표적인 자료가 된다.

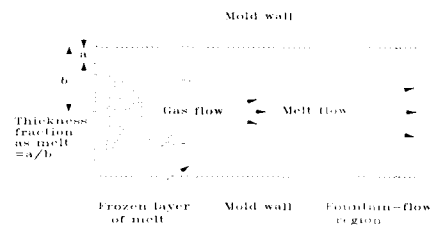


Fig. 1 Sectional geometry for GIM process

2.2 해석수법 및 방법

Moldflow(사)의 MF/FLOW 및 MF/GAS를 사용하였으며, Pro Engineer에서 3D 모델링을 한 데이터를 MF/VIEW에서 Patran Format으로 Interface하여 Modify 한 후 공정조건을 적용하여 해석을 수행하였다. 최적의 조건을 찾고자 다음과 같은 방법으로 해석을 수행하였다.

먼저 수지 유동해석에 따른 유동균형 및 웰드라인 최소화를 이루는 게이트 및 런너를 선정하여 성형성을 분석하였다.

둘째, 수지 유동장의 이력에 따른 가스핀(gas pin) 위치선정과 가스채널 레이아웃(gas channel layout)을 설정하여 공정 조건별 가스유동 및 보압해석을 실행하였다.

셋째, 위의 결과를 금형제작에 반영하고, 실제 사출 결과와 비교 검토하였다.

3. 실험장치 및 방법

3.1 실험장치

본 실험에서 사용한 실험장치는 다음과 같다.

3.1.1 사출성형기 및 온도 조절기

LG기계(사)의 1800톤으로써 유압에 의한 직압식 수평 성형기를 사용하였다. 온도 조절기는 Hanse(사)의 NTC-100 모델로 펌프 용량은 1hp, 히터용량은 12kw이다.

3.1.2 온도측정기 및 표면조도계

온도측정을 위해 독일 Testoterm(사)의 접촉식 온도 측정기인 Testo 920을 사용하였으며, 일본 Mitutoyo(사)의 Surftest 301을 사용하여 표면 정도를 측정하였다.

3.1.3 가스주입장치(gas kit)

Gain(사)의 6단 압력 제어형 가스주입장치(gas kit)를 사용하였다.

3.1.4 금형

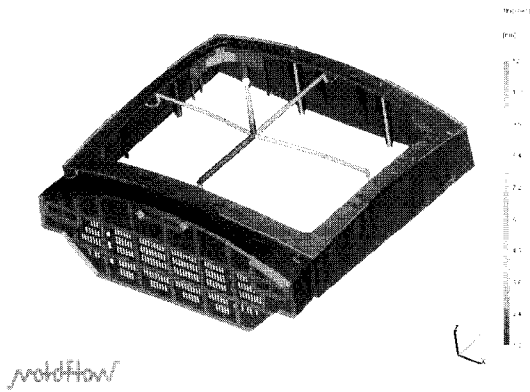


Fig. 2 Part configuration and delivery system

Fig. 2는 제품형상 및 게이트 위치를 나타낸 것으로 제품 크기는 622mm×510mm×212mm(W×H×D), 기본두께는 3.0mm이며, 콜드런너(cold runner)의 커브 터널게이트(curved tunnel gate) 방식을 채택하였다.

금형은 2단 형식으로 1200mm×1220mm×985mm(W×D×H)의 크기로 설정하였으며, Fig. 3과 Fig. 4에 정면 조립도 및 단면 조립도를 각각 나타내었다. 금형재질은 고정측은 HP4M, 가동측은 HP4를 사용하되 CRT 보스부는

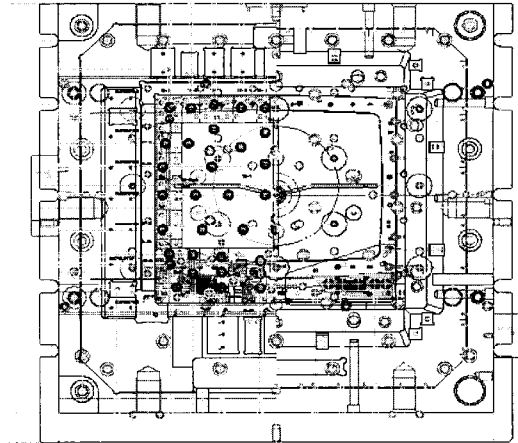


Fig. 3 Front assembly drawing

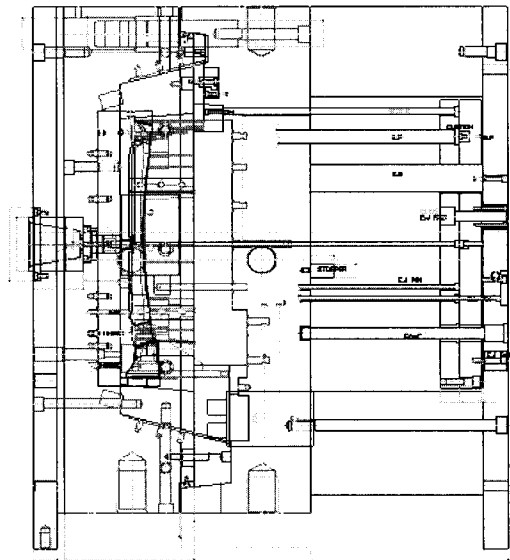


Fig. 4 Sectional assembly drawing

HR750을 사용하였다. Fig. 5는 가스주입 위치와 가스채널 레이아웃을 나타낸 것이다.

가스주입은 수지 유입 차단장치(shut-off valve)를 사용하여 노즐을 통한 수지유동 차단 후 가스가 주입되는 노즐방식(nozzle type)과 노즐을 통한 수지유동 후 부수적인 가스핀을 이용하여 성형품 표면에 직접 가스를 주입하는 핀 방식(pin type)을 들 수 있다. 본 연구에서는 노즐 방식의 가스 벤트시 발생하는 소음 방지와 가스압력을 낮추어 가스압력 과다로 발생할 수 있는 외관 불량을 최소화하기

위해 핀 방식을 적용하였다.

가스주입은 Fig. 5에서 보는 바와 같이 캐비티 상·하측 좌우 4개 지점으로 가스를 주입하였다. 주입경로는 1개

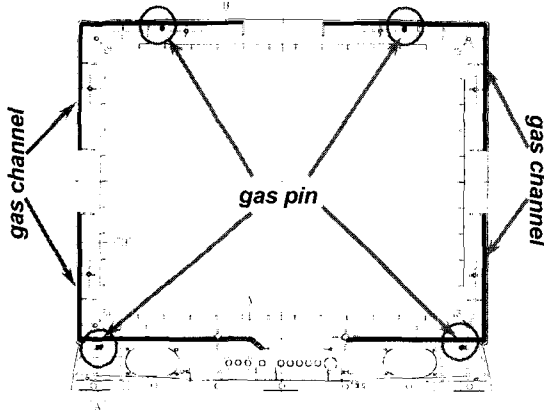


Fig. 5 Position of gas pin and gas channel layout

의 가스밸브를 이용하여 코어측 금형외곽에 고정된 가스 집중블록으로 상·하 각 2개의 라인으로 분배하여 가스를 주입시켰다.

가스채널은 일반사출성형으로 성형할 경우 발생하는 보스(boss) 및 리브(rib)부의 표면수축(sink mark) 문제를 해결하고 가스채널이 아닌 제품의 얇은 부위로의 가스가 침투하는 가스 핑거링(gas fingering) 및 가스채널로 인한 색차 등 가스채널로 인한 영향을 최소화하기 위해 제품 코너단에 설정하였으며, 수지 유동균형 및 웰드라인 위치 등을 고려하여 가스채널 크기를 기본두께를 포함하여 5.5mm×5.5mm로 설정하였다.

3.2 실험방법

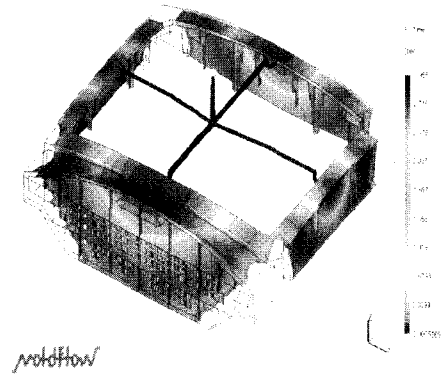
성형불량 최소화 및 최적화를 위해 Moldflow(사)의 MF/FLOW, MF/GAS로 사출성형해석을 실행하여 수지 및 가스 유동패턴에 따른 게이트 방식, 런너 및 게이트 크기, 게이트 위치, 가스핀 위치, 가스채널 레이아웃 등을 설정 반영하여 금형을 제작 실험을 수행하였다.

본 실험에서는 먼저 수지충전패턴을 분석한 후, 가스핀 및 가스채널 레이아웃을 설정에 따른 공정변수를 조절하면서 실험을 수행하여 해석결과와 비교 분석하였으며, 무도장 성형의 실현을 위해 성형상 주요 문제점인 웰드라인, 표면수축, 플로우 마크 등의 표면전사불량과 광택 및 색일록, 스크래칭(scratching), 가스 핑거링(gas fingering) 등의 유무를 분석하였다.

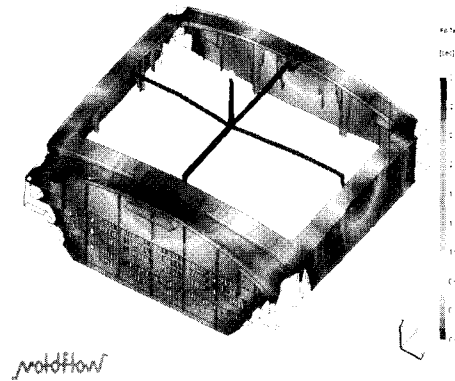
4. 해석 및 실험결과

4.1 해석결과

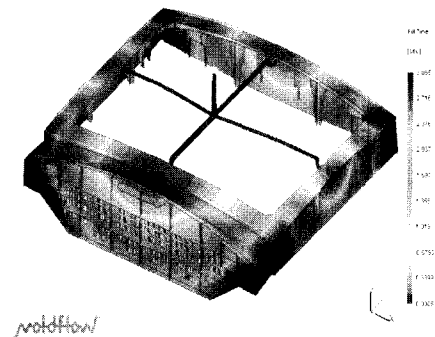
4.1.1 유동균형



(a) shot volume: 79%



(b) shot volume: 91%



(c) shot volume: 100%

Fig. 6 Flow pattern for melt history

Fig. 6 은 4점의 게이트를 통해 흘러 들어간 수지의 유동 이력(melt history)을 보여주는 것으로 유동 균형(flow balance)이 잘 이루어지고 있음을 알 수 있다. 사출에서도 해석결과와 일치함을 보였다. 스프루(sprue)에서 가까운 급형에 수지가 먼저 도달하는데 수지의 충전 시간차이는 압력전달, 표면수축, 플래시(flash) 발생여부 등에 영향을 줌으로써 제품의 일정한 품질을 유지하기가 어려워진다.

Fig. 6의 (a)에서 보는 바와 같이 약 79% 충전을 이룰 때 웰드라인이 발생하는 하측 좌우 코너부로 수지 흐름이 합류되는 것을 볼 수 있으며, Fig. 6의 (b)에서 보는 바와 같이 약 91% 충전을 이룰 때 웰드라인이 발생하는 상측 좌우 코너부로 수지 흐름이 합류되는 것을 볼 수 있다.

4.1.2 웰드라인 최소화

게이트와 런너의 위치 및 크기를 조정하여 웰드라인을 Fig. 7에서 보는 바와 같이 눈에 잘 보이지 않는 코너부로 유도하였다.

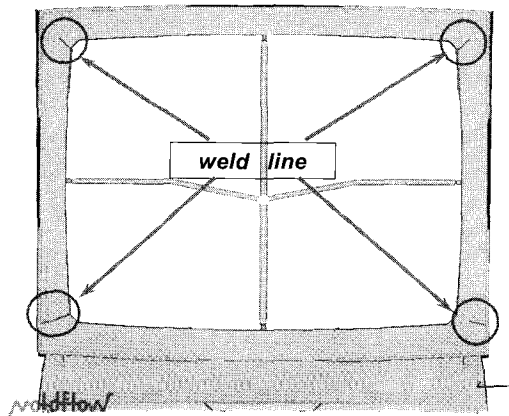


Fig. 7 Position of weld lines

또한, Fig. 8과 같이 웰드라인이 발생하는 두 흐름선단의 합류 지점의 부분적 두께변화를 주어 수지 흐름각을 조절하는 유동 조절법(flow control method)을 적용 웰드라인 크기를 최소화 하였다. 웰드라인은 두 흐름선단사이의 합류각과 관련이 있으며, 일반적으로 HIPS 수지의 경우 합류각도가 120°-150°에 도달할 때 웰드라인이 사라지는 경향을 나타낸다.⁽⁴⁾

4.1.3 사출압력

Fig. 9는 최종 충전과정의 압력분포를 나타낸 것이다. 수지가 충전이 시작되는 스프루 선단에서 압력이 가장 높

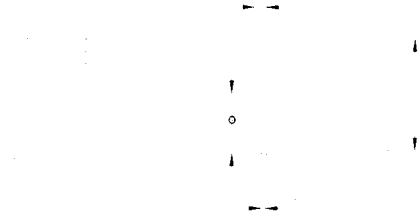


Fig. 8 Flow control method

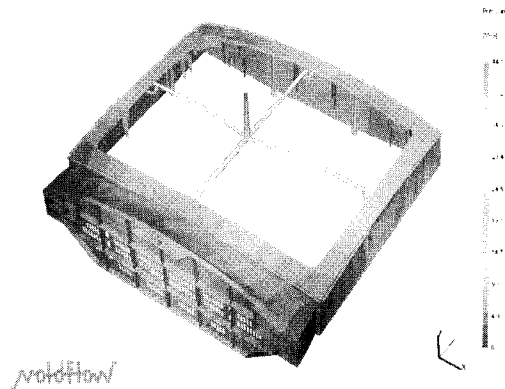


Fig. 9 Pressure distribution during filling stage

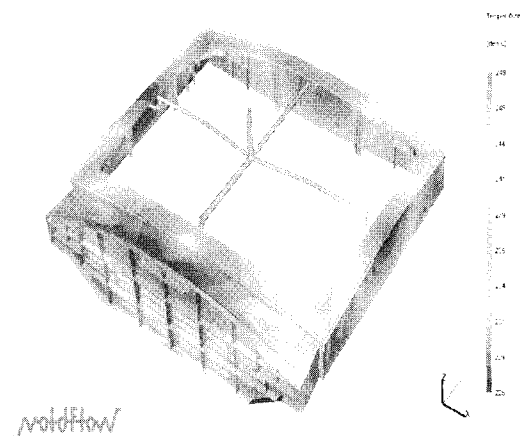


Fig. 10 Temperature distribution of Melt front

고, 최종 충전이 이루어지는 하단 코너부 가장 낮다. 해석 결과 충전에 요구되는 압력은 약 44MPa로 실제 사출에서도 충전에는 크게 문제가 발생되지 않았다.

4.1.4 온도분포

Fig. 10은 충전과정에서 유동선단의 온도분포를 나타낸 것이다. 충전과정 중 유동선단의 온도분포로 해석결과가 설정온도(230도)를 기준하여 +/-20도 범위 이내인 226-249도의 온도분포를 보여 충전이 원활하게 이루어졌다.

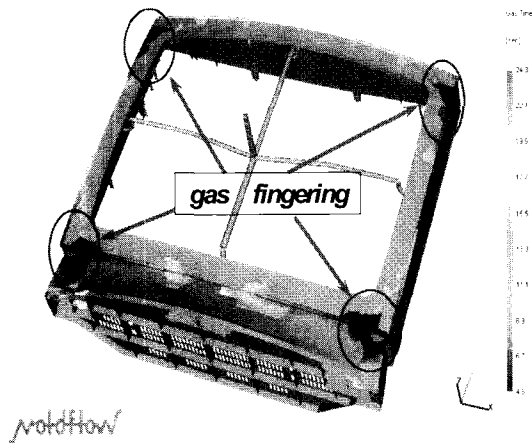


Fig. 11 Flow pattern of gas

4.1.5 가스유동패턴

Fig. 11은 4점의 가스핀을 통해 흘러 들어간 가스의 유동이력을 보여주고 있다. 해석에서는 수지의 충전시간을 3초, 가스지연시간(gas delay time)은 1.5초, 최대가스압력은 4MPa (580psi)로 설정하였다.

해석결과 가스 주입구 주변에 나타난 가스 핑거링을 완화하기 위해 게랑, 금형온도, 수지온도, 가스지연시간, 가스압력 등의 공정조건을 조절하여 Table 1의 사출조건에서 최적의 결과를 토출하였다.

4.2 무도장용 난연 HIPS 개발

일반적으로 HIPS 수지는 기계적 강도를 향상 시키기 위해 연성이 큰 고무입자를 첨가하는데 이로 인해 유동성이 저하되어 웰드라인이 심해지며, 외관상으로 광택이 없고 경도가 낮아 표면손상이 쉽고, 얼룩 등이 발생한다.^(3,5)

본 연구에서는 웰드라인을 최소화하기 위해 유동성을

Table 1 Experimental data for processing condition

Item		Setting value
Conventional condition	Injection time	14sec
	Cooling time	45sec
	Hot water line temp.	90degC
	Resin temp.(NH1)	225degC
Gas condition	Gas delay time	3.5sec
	Max. gas pressure	800psi
	Gas venting time	12sec

향상시키고, 기존 HIPS와 동등한 기계적 강도를 가지며, 열안정성이 우수하고 가스발생을 최소화 및 내스크래치성을 향상시키는데 주안점을 두고 개발하였다.

고무입자의 첨가 및 조성 방법, 열안정제 및 실리콘오일의 첨가에 따른 외관에 미치는 영향을 분석하기 위해 Table 2와 같이 조건에 따라 수지를 조성하여 중앙에 인서트 홀이 형성된 450mm×250mm 크기의 시험편을 제작하여 외관성을 평가하였다.

Table 2 Polystyrene-based resin composition

NO	1st Styren	2nd Styren	Thermo stabilizer	Silicon oil	Swelling index
1	99.8	0.0	0.2	0.0	11
2	90.0	9.4	0.4	0.2	9
3	80.0	19.0	0.6	0.4	7
4	70.0	28.6	0.8	0.6	6
5	60.0	38.2	1.0	0.8	5

제 1 스티렌 조성물은 스티렌에 평균 입자경이 3-5μm 인 고무 7%를 배합한 스티렌 조성물이고, 제 2 스티렌 조성물은 스티렌에 평균 입자경이 1-2μm인 고무 8%를 배합한 스티렌 조성물로 실험 1은 제 1 스티렌 조성물만 사용하였으며, 그 외 실험에서는 제 2 스티렌 조성물 배합비율을 조금씩 증가 시켜 실험을 수행하였다.

실험방법은 상단 중앙 1개의 사이드 게이트(side gate)의 시험편 금형에 Table 2의 수지 조성 조건에 따라 사출기 실린더 온도(NH1) 220℃, 금형온도 50℃, 사출압력 100Kg/cm²의 공정조건으로 사출하여 그 결과를 분석하였다.

실험결과 Table 3에서 보는 바와 같이 상대적으로 단일 스티렌 조성물만 사용한 실험 조건 1에서는 웰드라인의 길이와 폭이 길게 발생하는 반면 혼합 스티렌 조성물을 적용한 실험 조건 2-5에서는 웰드라인의 길이와 폭이 점점 감소하였으며, 제 2 스티렌 조성물 배합비율이 많이 포함된 실험 조건 5에서 웰드라인 폭이 다시 증가하였다.

Table 3 Results with respect to the polystyrene-based resin composition

NO	Weld line(mm)		Gloss	Shading	Gas generating(%)
	Length	Width			
1	10.0	0.5	35	Common	2.417
2	4.0	0.1	55	Very good	1.502
3	3.0	0.2	63	good	1.524
4	3.0	0.4	64	Common	1.890
5	3.0	0.5	70	Bad	2.141

광택(gloss) 특성에서도 단일 스티렌 조성물에 비해 혼합 스티렌 조성물을 적용 시에 더 좋은 특성을 얻었으며, 얼룩(shading) 특성에서는 제 2 스티렌 조성물 배합비율이 90% 포함된 실험 조건 2에서 가장 양호한 결과를, 60% 포함된 실험 조건 5에서 가장 불량한 결과를 얻었다. 가스 발생량은 230℃에서 30분간 체류 시킨 후 감량을 측정 한 결과 혼합 스티렌 조성물 실험 조건 2와 3에서 가장 양호한 결과를 얻었다.

이상과 같이 외관에 미치는 영향을 분석한 결과 고무입자 함유는 큰 입자의 단일고무를 사용하는 것보다 소입자의 고무입자를 혼합 사용한 것이 양호 하였으며, 열안정제 및 실리콘 오일 첨가량에 따라 광택 및 색 얼룩이 개선됨을 확인하였다.

상기 실험 결과를 기준으로 웰드라인, 플로우 마크, 광택, 얼룩 등의 외관불량 개선을 위해 난연(FR ; Flame Retardant) HIPS를 개발하였다. Table 4는 기존 및 개선용 난연 HIPS 물성을 비교하여 나타낸 것이다.

Table 4 Physical properties of conventional vs paintless FR HIPS

NO	Item	Unit	Conventional	Paintless
1	Tensile strength	kg/cm ²	228	230
2	Tensile elongation	%	60	60
3	Flexural strength	kg/cm ²	320	330
4	Impact strength	kg cm/cm	9	8
6	HDT	℃	76	76
7	Melt index flow	g/10min	11	14

4.3 금형온도 설정

부도장에 성공하려면 양산품질을 확보할 수 있는 최적의 금형온도설정이 중요하다. 외관표면 품질을 확보를 위

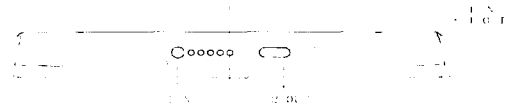


Fig. 12 Hot water channel layout

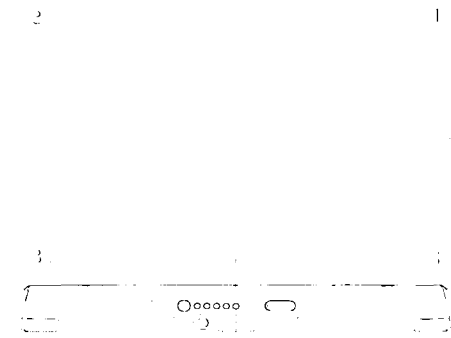


Fig. 13 (a) Measuring points for mold temperature in cavity area

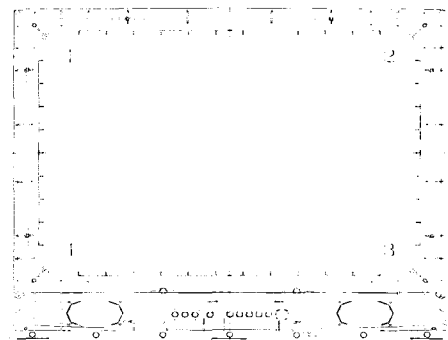


Fig. 13 (b) Measuring points for mold temperature in core area

해 금형온도를 부위별로 별도 관리하였다. 상측은 용융된 수지가 함유되는 부위의 웰드라인과 색차의 발생을 억제하기위해 Fig. 12와 같이 별도의 온수관을 설정 온도조절기를 통해 온도를 관리하였다.

Table 5의 상태에서 최적의 외관품질을 얻을 수 있었으며 온도는 접촉식 온도계를 사용하여 웰드라인 이 발생하는 코너부와 하단 버튼 홀(button hole)부위를 측정하였다. 실험결과 상측금형온도가 60℃이하에서는 유동선단부의 온도가 낮은 상태에서 합류됨으로 인해 웰드라인이 발생하였으며, 70℃ 이상의 온도에서는 수지가 분해로 가스가 발생하였으며 국부적인 압력차이를 유발하여 성형품 표면에 색 얼룩 및 광택등의 색차가 발생하였다. 따라서 상측금형온도를 60℃-70℃ 범위에서 최적의 외관품질 얻을 수 있었다. 또한, 하측은 보스(boss)나 리브(rib)등의 두꺼운 부분에 열이 집중 되므로 50℃ 이상의 금형온도에서는 표면수축이 발생하여 그 이하의 온도관리가 요구되었다.

이와 같이 외관품질 확보를 위해서는 실험결과 금형 상측은 60℃-70℃로, 하측은 50℃이하의 온도관리가 요구되었다.

Table 5 Mold temperature for the points shown in Fig. 13

Cavity	Temp.(℃)	Core	Temp.(℃)
①	70	①	45
②	68	②	43
③	68	③	47
④	70	④	46
⑤	73	-	-

4.4 에어벤트 및 부식

웰드라인은 금형내의 잔류공기나 수지로부터 발생하는 가스에 의해서도 영향을 받는다.^{(1)-(3,5)} 따라서 본 연구에서는 금형내의 공기나 가스를 제거하는 구조를 취하였다. Fig. 14와 15에서 보는 바와 같이 4면 슬라이드 코어(slide core) 구조와 하측 코너부 4개소, 슬라이드 상측 형합면과 파팅면측 상측형합면에 에어 벤트 홀(air venting hole)을 설치하였다. 웰드라인 및 광택을 억제하기 위해서 금형상측에 부식처리(texturing)를 하였다. 웰드라인 및 광택을 억제하기 위해서 금형상측에 부식처리(texturing)를 하였다. 거친 부식은 도장을 한 성형품에 비해 색감이 떨어져 상품 가치가 하락하게 된다. 그러나 고온 부식은 외관은 우수 할지라도 스크래칭성이 떨어지므로 무도장의 외관 품질을 확보하기 위해서는 부식패턴의 선정이 중요하다.

본 금형에서는 일반 TV 하우징용 부식사양인 TH-114를 기준으로 외관품질의 중요성에 따라 전면부와 상단 및 측면을 별도 부식을 하여 실험을 수행하였다.

실험 결과 부식패턴 부위를 둥글게(beading) 처리하여

사출하였을 때 광택차가 줄어든 것을 육안으로 인식하였으며, 무광처리 보다는 유광처리 시에 스크래칭이 개선되는 것을 사출시 손톱으로 긁어 그 정도를 판단하였다. 금형표면의 부식처리 후 사출에 의한 표면 정도를 확인하기 위해 Fig. 15와 같이 성형제품의 주요 지점에서 표면 조도계로 측정하였다. 각 지점에서의 측정 결과를 Table 6에 나타내었으며, 결과에서 보듯이 부식 깊이가 평균 전면부 30 μm이상으로 가공하였을 때 도장(painting) 제품의 외관과 대등한 품질을 확보 할 수 있었다.

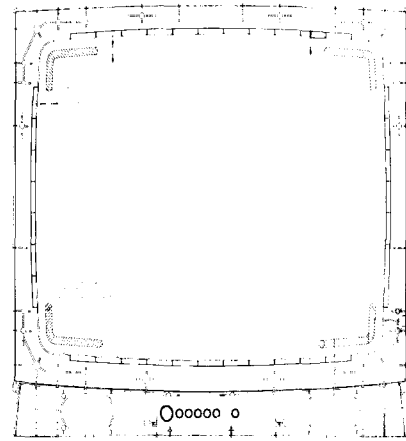


Fig. 14 Air venting hole in weld line area

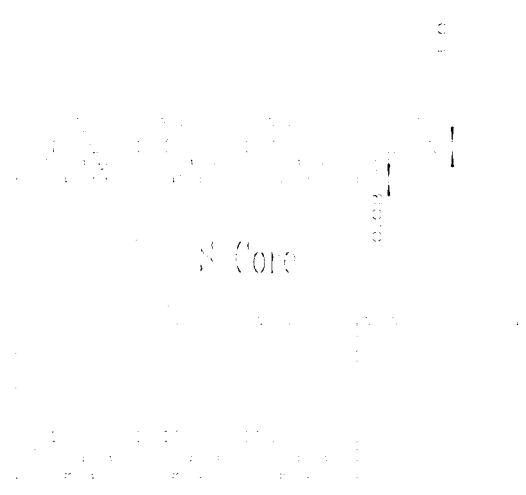


Fig. 15 Air venting hole in slide core area

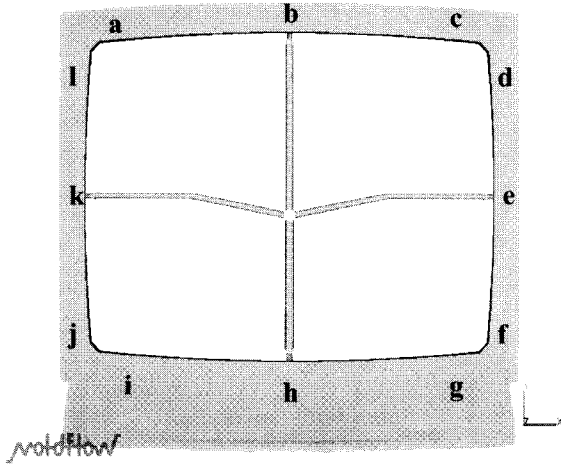


Fig. 16 Measuring points for surface roughness

Table 6 Surface roughness for the points shown in Fig. 16

Point	Roughness(μm)	Point	Roughness(μm)
a	31.8	g	31.5
b	29.8	h	31.6
c	31.5	i	31.2
d	30.8	j	31.9
e	30.2	k	30.5
f	31.3	l	31.9

4.5 표면수축 및 색차관리

본 급형에서는 무도장성형을 실현하기 위해 4개의 게이트로 최소화 하였다. 이로 인해 성형시 게이트로 부터 거리가 먼 곳의 형합 보스 및 리브로는 보압 전달이 어렵고, 제품두께에 비해 게이트의 크기가 상대적으로 적으므로 수축이 발생하기 쉽다. 이러한 수축을 없애고자 하여 보압을 높게 설정하면 게이트 자국 등 이형시에 불량 발생한다. 또한, 형합 리브부는 리브 존재 유무에 따른 밀도 차에 의해 색차가 발생한다.

따라서 가스 핑거링(gas fingering)과 표면수축 및 색차 관리를 위해 요구되는 강도에 부합되는 범위에서 형합 보스 및 리브두께(Fig. 17 참조)를 최소로 설정하였으며, 제품 전면부의 온도를 균일하게 하여 수지의 흐름을 향상시켜 제품의 색차를 줄였다.

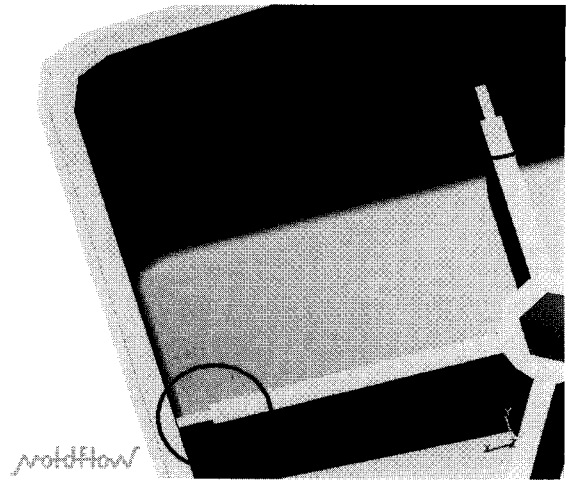


Fig. 17 Rib type for the prevention of sink mark and color difference

4.6 무도장 성형 효과

대형 TV Mask Front에 유동조절법 및 가스사출급형의 적용에 따른 무도장 성형의 실현으로 Table 7과 같이 생산원가를 26.9% 절감하는 효과 과 아울러 유기용제 미사용에 따른 노동환경 개선 및 리사이클(recycle)촉진으로 인한 환경보전으로의 공헌을 가져왔다.

Table 7 Effects of cost savings

division	convention(won)	paintless(won)	remark
painting cost	1499	0	
set cost	5569	4070	26.9% ↓

5. 결 론

TV Mask Front 가스사출급형에 사출성형해석 및 실험을 수행하여 무도장 제품을 개발하였으며, 본 연구를 통하여 얻은 결론을 요약하면 다음과 같다.

(1) 게이트 개수의 최소화와 병행하여 부분적 제품두께변경, 게이트, 런너 등의 유동조절에 의한 수지 흐름 및 위치 조정으로 웰드라인을 최소화하였다.

(2) 표면수축 제거와 유동조절의 용이를 위해 가스사출성형법을 적용하였다. 가스 핑거링(gas fingering) 및 가스채널로 인한 색차 등 가스사출성형으로 인한 불량을 최소화 하기위해 제품 코너단에 가스채널을 설정하였으

며 가스채널크기를 제품의 기본두께(3mm)를 포함하여 5.5mm×5.5mm로 최소화 하였다.

(3) 유동성 향상, 소입자 고무입자 혼합, 조색수지 사용, 오일계통 첨가, 열안정제 증량 등을 통하여 난연 HIPS 무도장용 수지를 개발하였다.

(4) 외관표면 개선을 위해 금형온도는 최적의 온수관을 설정하여 온도조절기로 상측 60~70℃, 하측 50℃로 유지하였다.

(5) 표면수축 및 색차는 형합리브 및 보스두께를 최소화 하고, 금형 상측온도를 높고 균일하게 유지하여 관리 하였다.

(6) 금형내의 공기나 가스를 제거하기 위해 4면 슬라이드 구조와 에어벤트홀을 설치하였다.

(7) 웰드라인 및 광택을 억제하기 위해 금형 상측에 부식처리를 하였다. 부식 깊이가 평균 전면부 30 μm이상으로 가공하였을 때 도장 제품의 외관과 대등한 품질을 확보 할 수 있었다.

(8) 무도장 성형의 실현으로 도장공정을 삭제하여 일반 도장제품 대비 약 26.9%의 생산비용 절감효과를 가져왔다.

(9)유기용제 미사용에 따른 노동환경 개선 및 리사이클(recycle)촉진으로 인한 환경 대응력을 확보하였다.

참 고 문 헌

- (1) Toshio Takagi, 1996, "폴리스티렌에 의한 무도장 패 널개발", Plastic science, March, pp. 137~142.
- (2) 1997, "재료, 금형, 성형법을 재평가한다", 월간프레스&형기술, September, pp. 19~31.
- (3) Robert A. Malloy, Plastic Part Design for Injection Molding, 1994, Hanser.
- (4) Yokoi Hidetoshi, Murata Yasuhiko, and Watanabe Hiromi, 1997, "Visual Analysis of Weld-line Generating and Vanishing Process Using a Glass-Inserted Visual Mold", Seikei-Kakou, pp. 290~298.
- (5) Selden R, 1997, "Effect of Processing on Weld Line Strength in Five Thermoplastics", Polymer Engineering and Science, Vol. 37, No. 1, pp. 205~218.
- (6) L. S Tung and V. W Wang, 1991, "Simulation of Co-Injection and Gas Assisted Injection Molding", ANTEC, pp. 237~240.
- (7) L. S Tung, 1995, "Development and Application of CAE Technology for the Gas-Assisted Injection Molding Process", Adv. Poly. Tech. Vol. 14 No. 1, pp. 11~13.