

## Flat TV Front Cover Gas 사출 금형에 대한 연구

문 영 대\*

### A Study on Gas-Assisted Plastic Injection Mould of Flat TV Front Cover

Y. D. Moon\*

#### Abstract

Plastic injection mould have two kinds of trouble, one is in mould another in injection parts. Most of defects of the former take the cause in a design like in structure and working, the later weld line, transforming, sink mark, burning, flow mark, scratching, shading, black hole and so on. Most of problems of the later is difficult for making a clear definitely the reason of defets because of complexible. The purpose of this paper is to improve the quality of plastic injection mould and parts with inquiring the counter plan and trouble of the part of Flat TV Front Cover by flow control method and gas-assisted injection moulding. For minimizing defects from injection moulding parts, this paper was investigated with using computer aided injection mold filling simulations. Based on these numerical results, I established guidelines mould design and injection processing condition. As a results I got the improve of quality, minimizing surface defects moulded parts and troubles in mould.

**Key Words** : Plastic injection molding , Paintless, Wled line, Sink mark, Flow mark, Gas fingering, Curned tunnel gate, Flow control

#### 1. 서론

일반적으로 플라스틱 사출성형(plastic injection molding)은 고분자 수지를 가열하여 유동상태가 된 재료를 단형진 금형의 공동구(Cavity)내로 가압 주입하여 금형내에서 냉각시킴으로서 금형 공동구내의 형상에 상당하는 성형품을 만드는 방법이다. 금형의 종류는 용도에 따라 또는 제품의 생산 방식 등에 따라 다양하나 본 논문은 Flat TV Front Cover 를 사례로 플라스틱 사출성형금형을 소개하고자 한다. 흔히 문제점으로는 금형 설계상의 불량과 성형품의 외관

상 불량으로 나눌 수 있다. 금형상의 문제점은 작동상의 문제, 구조상의 문제, 양산성의 문제 등을 제외하고는 대부분 성형품 외관불량으로 재현된다고 볼 때 궁극적으로는 외관불량은 금형 설계상의 문제와 성형시 공정조건과의 복합적인 문제라고 볼 수 있다. 성형품 외관상 불량으로는 웰드라인(weld line), 휨, 표면수축(sink mark), 플로우 마크(flow mark), 얼룩(shading), 광택(반짝이), 가지리, 흑점 등을 들 수 있다. 성형의 특성상 이런 외관불량을 아직까지는 완전히 개선될 수 있는 기술이 갖추어 있지 못하고 있는 실정이며 모니터의 대부분은 금형의 부식처

\* 중앙대학교

리로 TV Front cover 의 경우 성형품에 도장(painting)을 각각 후 공정으로 추가되어 외관불량이 어느 정도 은폐되기는 하나 도장 공정은 환경성의 문제, 제조물책임법의 시행 등으로 해마다 규제가 엄격해지고 있어 기피시 되고 있는 실정이다. 이에 따라 단순히 고객의 주문에 따라 금형을 제작만 한다는 논리로 책임을 고객에 전가 시키는 기업은 더 이상 생존하기 힘들며 문제점 발생시 이에 대한 기술적인 대응 방안을 함께 제시하는 능동적 자세가 필요하다. 특히 외관 불량 중 웰드 라인의 개선은 그 특성상 아직까지는 완전히 해결될 수 없는 문제이나 성형 공정조건 또는 금형구조상 온도 조절(Control)에 의한 방법과 CAE (omputer Aided Engineering)기법을 이용하여 weld line 이 발생하는 위치를 예측하여 눈에 보이지 않는 부분으로 유도하는 유동해석법 등 최소한의 해결방안만이 사용되고 있다. 현재 외관상 불량을 해결하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있으나 아직까지 현실성이 없고 해결되어도 실용성에는 한계가 있는 것으로 알고 있다. 여기서는 CAE에 의한 방법으로 Weld line 의 위치를 예상 후 gate 위치를 선정하였고 표면수축, 강도보강 등의 문제점을 보완하기 위하여 Gas 사출성형을 적용하였다. 본 논문은 Flat TV Front Cover 사례를 실험 대상으로 하였다. 또한 사출 성형시 문제점을 최소화 시키고자 유동 해석법을 적용하여 분석하였으며 그 결과를 금형제작에 반영 후 실험 수행하여 결과를 비교검토 하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 유동해석법

유동해석을 위해 Moldflow(사) MPA 프로그램이 사용되었으며 3D Modeling 파일은 STEP 파일로 기타 성형조건을 적용하여 해석되었다. 최적의 조건을 찾고자 다음과 같은 방법으로 해석되었다.

첫째, 수지 유동해석에 따른 유동균형분석과 게이트 및 런너의 크기를 선정하여 성형성을 분석 후 weld line 의 예상위치를 파악하여 웰드 라인의 문제점을 최소화 시켰다.

둘째, 버닝(burning)현상을 사전 방지하기 위해 Air trap 의 위치를 분석하였다.

셋째, 위의 결과를 금형제작에 반영하고 실제사출결과와 비교검토하였다.

### 2.2 사용설비 및 실험방법

사용설비는 다음과 다음과 같다.

#### 2.2.1 사출성형기 및 온도 조절기

LG 기계(사)의 850 톤으로써 유압에 의한 직압식 수평성형기를 사용하였다. 온도 조절기는 YUDO 사의 YPC1800 모델을 사용하였다.

#### 2.2.2 온도측정기 및 가스주입장치(gas kit)

온도측정을 위해 일본 Line seiki (사)의 접촉식 온도측정기인 TC-700 을 사용하였으며, 가스주입장치(gas kit)은 Gain(사) panel view 1200 을 사용하였다.

#### 2.2.3 금형의 기본사양

금형의 기본사양은 Table1 과 같다.

Table 1 Requested data

Main Core Material	KP4	Schedule (Try1 기준)	50 일
Cavity Material	KP4	Cycle Time	65S
Speaker Hole Area Material	NAK 80	Gate type	Tunnel gate
CRT Mounting Boss & Rib Area Marerial	A7075-T651	Gas	4point
		Resin	HIPS

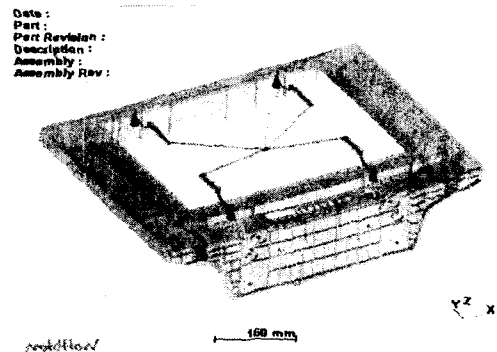


Fig. 1 Part configuration and delivery system

Figure.1 은 제품형상 및 gate 위치를 나타낸 것으로 제품 size 는 728mm x 536mm x 236.8mm(WxDxH), 기본두께는 2.5mm 이며, 콜드 런너(cold runner)의 커버 터널게이트(curved tunnel gate)방식을 적용하였다. 금형은 2 단형식으로 1080mm x 1000mm x 975mm(WxDxH)의 크기로 설정하였으며, Fig. 2 과 Fig. 3 에 정면 조립도 및 단면 조립도를 각각 나타내었다.

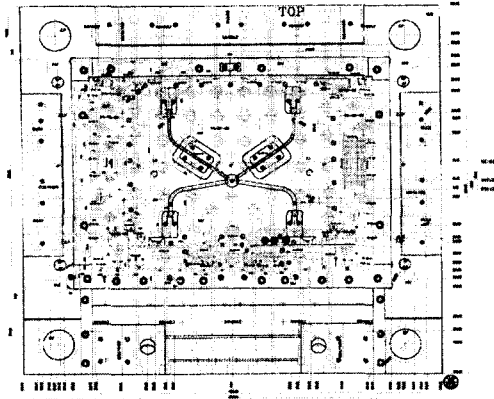


Fig. 2 Front assembly drawing

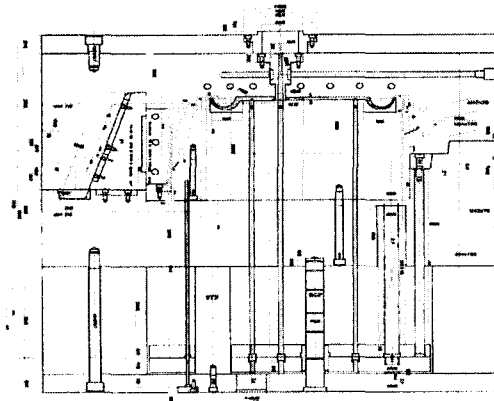


Fig. 3 Sectional assembly drawing

금형 재질은 Table1 에 나타난 것처럼 고정측 원판 (CAVITY)의 소재는 KP4 를 MAIN CORE 의 소재는 KP4 을 각각 사용하였으며 CRT Mounting Boss & Rib 4 개소 부분의 경우 Boss 와 Rib 가 깊고 많은 곳은 냉각성을 좋게 하기 위하여 종전에는 HR750 을 많이 사용하였으나 HR750 은 방전가공성이 어렵고 특히 깊고 얇은 Rib 의 경우 가공 중 휨이 발생하여 성형품의 취출시 가지리 등 문제점이 야기되어 왔으나 이에 대한 보완책으로 초두랄미늄(A7075-T651)을 사용하였다. 초두랄미늄의 경우 가격도 매우 저렴하고 강도가 우수하며 방전 가공성이 좋아 이런 문제가 해결되었으나 마모가 쉬워 수명이 짧은 단점이 있다.

Fig. 4 는 Flat TV FRONT COVER 의 NC 가공 전 하측 사진을 나타내고 있다.

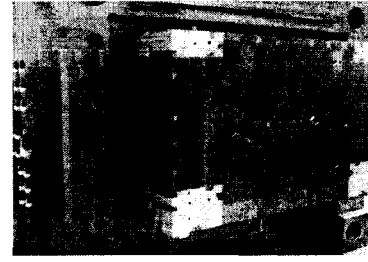


Fig. 4 TV FRONT COVER NC 가공 전

gas 는 질소(Nitrogen)를 사용하고 gas 주입기는 GAIN(사)을 사용하였다. 주입방법에는 로터리스위치를 사용하여 노즐을 통하여 주입되는 노즐방식(nozzle type)과 gas pin 을 사용하여 하측에서 주입되는 pin 방식(pin type)이 있다. 경험에 의하면 전자는 베어링의 마모시 gas 의 shut-off 가 어렵고 역류 현상이 있으나 후자는 gas 의 양을 조절하기 어렵다는 단점이 있다 여기서는 후자의 방식을 사용하였다. gas 주입은 Fig. 5 에서 보는 바와 같이 코아(Core) 상.하측 좌우 4 개 지점으로 gas 를 주입하였다. 주입경로는 1 개의 가스 밸브를 이용하여 코아측 금형외곽에 고정된 가스집중블록으로 상하 2 개 라인으로 분배하여 가스를 주입시켰다. gas Channel 의 크기에 대한 표준규격은 아직 정하여져 있지 않으나 기본두께를 포함하여 4.5mmx4.5mm 로 설정하였다.

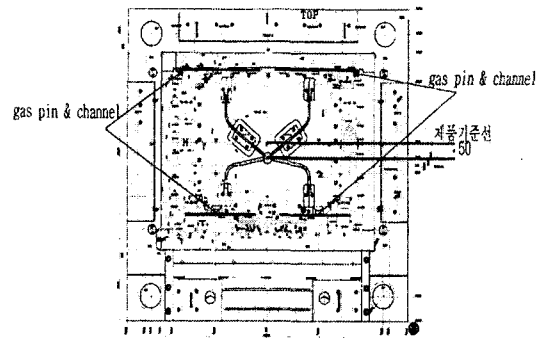


Fig. 5 Position of gas pin and gas channel layout

#### 2.2.4 실험방법

Moldflow(사)의 MPA 로 사출성형해석을 실행하여 수지의 유동패턴에 따른 게이트 방식, 러너 및 게이트 크기, 위치, 웰드라인의 발생 예상위치를 설정 반영하여 금형제작 실험을 수행하였다. 먼저 성형품의 외관불량 중 광택, 표면수축, 얼룩, 스크래칭(scratching)등을 해결하기 위하여 수지의

유동패턴을 분석하여 수지의 좌우 균형있는 유동이력을 파악 후 웰드라인의 발생위치와 에어 트랩(air trap)의 위치를 분석하였다.

### 3. 분석 및 실험결과

#### 3.1 분석결과

##### 3.1.1 웰드라인의 위치조절

게이트와 런너의 위치 및 크기를 조정하여 웰드라인을 Fig. 6 에서 보는 바와 같이 눈에 잘 보이지 않는 좌우 상측 스피커 그릴부로 유도하였다. 그 외 눈에 잘 띄는 상 하단부 센터부에도 수지가 합류되는 지역으로 웰드라인이 나타났으나 게이트간의 거리와 수지의 온도변화를 주는 유동조절법을 통하여 웰드라인의 크기를 최소화 하였다.

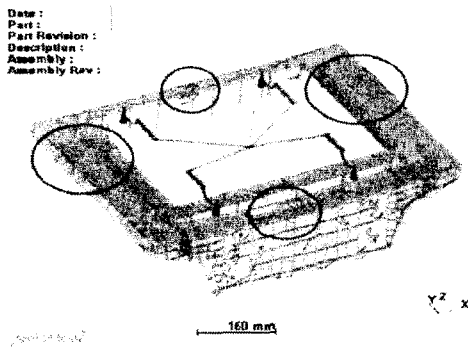
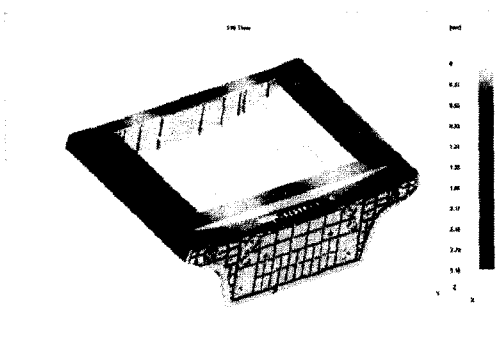


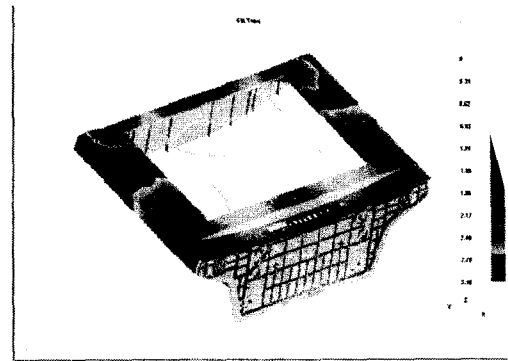
Fig. 6 Position of weld lines

##### 3.1.2 수지의 유동균형(balance)분석

먼저 수지의 유동패턴에서 좌우 유동 균형성을 고려하여 Fig. 5 에서 보는 바와 같이 노즐의 중심을 제품중심으로부터 50mm 아래로 금형을 설계하였고



(a) shot volume: 71%



(b) shot volume: 90%

Fig. 7 Flow pattern for melt history

런너의 경은 상측과 하측을 각각 7Φ와 10Φ로 달리 설계 하였다. Fig. 7 은 4 점의 게이트를 통하여 흘러 들어간 수지의 유동이력을 보여주는 것으로 (a)에서 보는 바와 같이 약 71% 충전율 이룰 때 상측 좌우 스피커 미세홀부로 수지흐름이 합류되는 것을 볼 수 있으며 Fig. 4 의 (b)에서 보는 바와 같이 약 90% 충전율 이룰 때 수지의 좌우 유동균형이 잘 이루어 지고 있음을 볼 수 있다.

##### 3.1.3 사출압력

Fig. 8 는 최종 충전과정의 압력분포를 나타낸 것이다. 수지가 충전(Filling)되기 시작되는 스프루(sprue)선단에서 압력이 가장 높고, 최종 충전이 이루어지는 좌우 스피커 미세홀부가 가장 낮다. 분석결과 충전에 요구되는 압력은 약 98.29Mpa 로 충전은 큰 문제가 발생되지 않았다.



Fig. 8 Pressure distribution during filling stage

### 3.1.4 온도분포

Fig. 9 은 충전과정에서 유동 선단의 온도분포를 나타낸 것이다. 충전과정 중 유동 선단의 온도분포로 해석 결과가 수지설정온도(230 도)를 기준하여 225-253 도의 온도분포를 보여 충전이 원활하게 보였다. 금형의 설정온도는 60 도로 하였다.

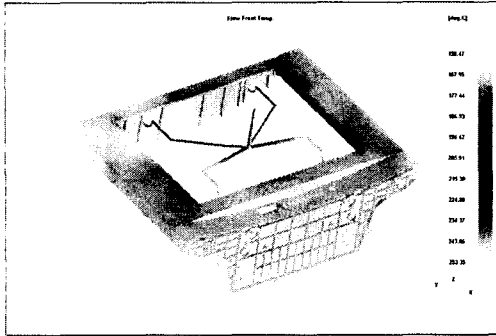


Fig. 9 Temperature distribution of Melt front

## 3.2 실험결과

### 3.2.1 수지의 유동패턴

먼저 실험 사출 시 Fig. 10 에서 보는 바와 같이 수지의 유동 균형성(balanceng)을 최적의 상태로 만들기 위하여 금형상 살두께의 변화를 주었다. 그 이유는 수지의 불균형 충전은 가스의 주입시 불균형, 사출압력의 불균형으로 인한 외관불량 등의 문제가 수반되어 문제발생시 정확한 원인파악이 어려워지기 때문이다.

둘째, 가스 충전 시 가스로 채워질 공간 만큼 수지의 양을 고려하여 국부적으로 미성형 양을 확인 후 가스 핀을 통해 가스를 주입시켰다.

셋째, 가스 주입구 주변에 나타난 가스 핑거링(gas fingering)현상을 완화하기 위하여 계량, 금형온도, 수지온도, 가스지연시간, 가스압력 등의 공정조건을 고려하여 Table 2 의 사출조건에서 최적의 결과를 도출하였다.

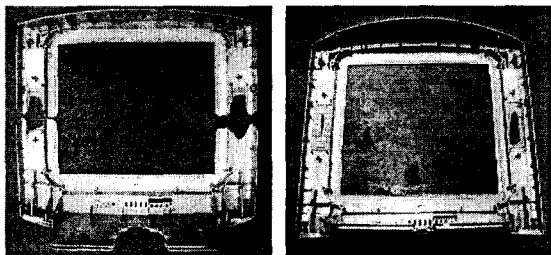


Fig. 10 The balancing fill configuration of Resin

Table 2 Injection molding operating condition

Speed	1	2	3	4	
	63	78	60	40	
Screw position	1	2	3	4	계량
	214	10	6	5	238
Pressures	1	2	3		
	90	90	60		
Time	6SEC				
Cooling time	45 SEC				
Cylinder	Nozzle	H1	H2	H3	H4
Temperature	225	220	210	190	50
Gas	Delay		0.5sec		GAIN(사) (PIN 4)
	Pressure 1		2000 pi		
	Inject 1 on		8 sec		
	Pressure 2		1000 psi		
	2 on		5 sec		
	Venting time		10sec		

실험 사출기 사양은 LG(사) 850ton 으로 하였다. 성형품 및 런너 중량은 1780g 과 81g 이었으며 유동해석 시 수지의 충전시간은 3.1 초로 설정하였다. 실험 사출 중 gas 누수현상으로 이를 보완하기 위하여 코아와 원판의 접촉부위는 우레탄 특수 오링(O ring)을 사용 하였다.

### 3.2.2 금형온도의 설정

웰드 라인이 발생하는 원인은 서로 다른 온도가 낮은 상태에서 수지가 합류됨으로써 발생하기 때문에 성형품의 좋은 외관 품질을 얻기 위해서는 금형의 적절한 온도관리는 매우 중요하다. 본 논문은 상하 동일하게 냉각수를 적용하였으며 38 - 42 도로 온도관리를 하였다.

### 3.2.3 에어벤트의 설치

웰드 라인, 버닝(burning)과 같은 외관상 불량은 금형내의 잔류공기나 수지로부터 발생하는 가스에 의해서도 영향을 받는다. 따라서 이에 대한 방지책으로 수지가 합류하는 지점인 미세홀 입자 코아에 에어 벤트를 설치하였다. 그 외 기타 적용되는 방법으로 강제 에어 빼기 장치를 검토하였다. 상측 원판에는 제품 형상부 둘레로 전주 에어 벤트를 설치하였다.

#### 4. 결 론

Flat TV Front Cover 가스사출 금형에 대하여 사출성형해석 및 실험을 수행하고 외관품질에 대한 문제점 및 대책을 소개하였으며 본 논문을 통하여 얻은 결론을 요약 정리하면 다음과 같다.

(1) 금형의 설계 시 수지 이력의 유동 균형성을 고려하여 광택, 가지리, 표면수축,バリ 등 외관 불량을 발생시킬 수 있는 원인을 최소화 하였다.

(2) CRT Mounting Boss & Rib, 제품의 천면부와 같이 표면수축 및 가스 핑거링(gas fingering), 색차관리를 위해 요구되는 강도 범위 내에서 리브에 두께의 차이를 두어 표면 수축을 최소화 하였다. 표면 형상과 접촉하여 강도를 보강하고 있는 리브의 두께는 표면 형상 두께의 반으로 관리하였다.

(3) CRT Mounting Boss & Rib 부 4 개소는 HR750 대신 초두랄미늄(A7075-T651)을 사용하여 금형의 가공 불량 및 제품 취출 시 제품의 가지리, 백화 등 외관 불량을 최소화 하였다.

(4) Flat TV Front Cover 의 경우 후 공정으로 성형품의 도장 공정이 추가되나 환경성의 문제로 규제가 엄격해지고 있어 도장은 지양하는 추세이며 외관불량을 근본적으로 개선하고자 이에 대한 많은 연구가 요구 되고있다. 금형 설계에서 웰드 라인의 대책으로 게이트 수를 추가하는 방법도 생각 할 수 있다. 런너와 게이트를 개폐가 가능하도록 교환 타

입으로 추가 설치하여 게이트 수와 위치의 조정을 가능하게 하여 최소화 방법도 검토하였다. 원가 측면에서 외관 품질의 불안정으로 야기되는 불량비용과 비교분석하여 볼 때 필요에 따라 게이트 수를 늘리는 방법도 최소화 대책의 일환이라고 사료된다.

#### 참 고 문 헌

- (1) 1993, "사출금형설계Ⅱ", 한국생산기술연구원.
- (2) 조용식, 2001, "사출성형 금형설계기술", 기전연구사.
- (3) 최태주, 1991, "최신 금형공작법", 기전연구사.
- (4) 홍명용, 1984, "사출성형기술", 기전연구사.
- (5) 浜田修, 1998, "금형온도제어," シグマ出版社.
- (6) 「プラスチック」編集部編, 1984, "사출성형용금형의설계기술", 工業調査會.
- (7) JI.M.カチャノフ,大橋義夫, 1980, "塑性理論の基礎",養賢堂發行.
- (8) 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.
- (9) Bassani, J. L., 1977, "Yield characterization of metals with transversely isotropic plastic properties", Int. J. Mech. Sci., Vol. 19, pp. 651~156.