

LCD Monitor 사출금형에 대한 연구

문영대#

A Study of the Injection Mould of LCD Monitor

Y. D. Moon

(Received November, 8, 2004)

Abstract

The injection-molded plastic parts have many surface defects: warpage, weldline, flowmark, zetting, scratching, shading and so on. As weldline was one of the major surface defects in the case of desktop monitor, warpage and surface shrinkage are the bigger problems of LCD monitor in the pursuit of light weight and thinner thickness of parts. Some measures to improve these defects were introduced in this paper. Based on these, the laboratory work to find out the optimum processing conditions and to get the best parts was repeated injection moulding try-out after reflecting these improvements. The defects of warpage and surface shrinkage was significantly improved after the improvements in the case of the 20.1 inch even if in the 15 and 17inch case the warpage size was a little over the allowed specification because of not taking the measure for parts design within the allowable limits from the required specification in the cause of cost down.

Key Words : LCD(Liquid Crystal Display) Monitor, Front Panel, Rear Panel, Warpage, Sink Mark, Cavity, Core, Reynolds, HR750, HIT75

1. 서 론

사출 성형품 외관상 불량으로는 웰드라인(Weld line), 휨(Warpage), 표면수축(Sink mark), 플로우 마크(Flow mark), 얼룩(Shading), 광택(Gloss difference), 긁힘(Scratching), 흑점 등을 들 수 있다. 최근 제품의 경량화와 박육화를 지향하고 외관의 품질이 소비자의 구매 의사결정에 중요하게 반영되고 있어 기업은 성형품의 외관품질을 보다 엄격하게 관리를 요구하고 있는 실정이다. 따라서 이에 대한 많은 연구와 체계적인 데이터 베이스(Database)를 구축하여 이를 바탕으로 다음 모델의 제품 설계 시 이를 반영하는 연계가 구축되지 않으면 안된다. 성형품 외관상의 불량을 최소화하기 위하여는 제품설계, 금형설계, 사출공정 중 어느

한 공정만의 문제가 아니며 모든 분야에 불량 내용이 반영되어야 한다. 모니터의 경우 TV 프린트(Front)와는 달리 전통적으로 대부분 무도장 성형을 하고 있었으나 요즘 컴퓨터 업계의 과다 경쟁으로 도장이 역으로 증가하고 있는 추세이다. 환경성, 제조물 책임법의 강화, 원가절감 등의 추세로 볼 때 도장은 지양되어야 하는 분위기임에도 증가하는 이유는 외관의 품질이 소비자가 구매 의사결정을 하는 과정에 있어 주요 요인으로 작용하기 때문이라고 생각된다. LCD(액정) 모니터의 경우 외관 불량의 유형 중 휨, 웰드라인, 표면수축, 흑점, 변색 등이 자주 발생되고 있으나 제품의 경량화와 박육화 추세에 따라 휨과 표면수축 불량은 점점 해결하기 어려운 과제로 남아 있다. 본 논문은 이를 중심으로 그 원인과 대책을 논하

교신저자 : ㈜ 대동, ydmun@paran.com

고자 하며 실험 제작 과정에 20.1" 모니터를 대상으로 불량 문제에 대한 개선책을 소개하고 이를 적용 후 시사출을 통하여 그 결과를 분석하였다.

2. 본 론

2.1 외관품질기준

Fig. 1의 (a)는 액정 모니터의 Front Panel과 Rear Panel의 조립제품, (b)는 Front Panel의 제품과 유동기구 모양 및 게이트(Gate)의 위치를 나타내었다.

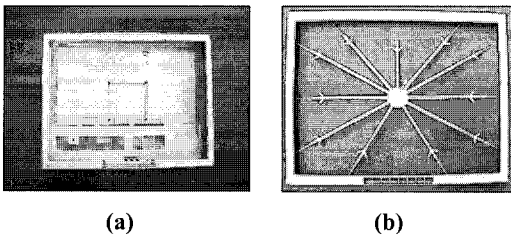


Fig. 1 The shape of plastic parts & delivery system

먼저 외관품질기준을 등급으로 분류하여 간략히 소개하면 디스플레이(Display)부의 전면을 1급면으로 하고 좌우 측면 및 윗면을 2급면 그리고 기타 부위를 3, 4급면으로 할 때 1급면의 경우 결점의 크기가 0.1mm 보다 작아야 하며 이런 결점이 3개 이상을 초과하지 않아야 한다. 여기서 결점은 이물, 흠집, 웰드라인 등을 말하며 검사는 Dot gauge 또는 확대경을 사용하였다. 힘량의 품질 허용기준은 0.5mm 이내로 하고, 수축은 허용하지 않는다. Fig. 2는 Dot gauge를 나타내고 있다.

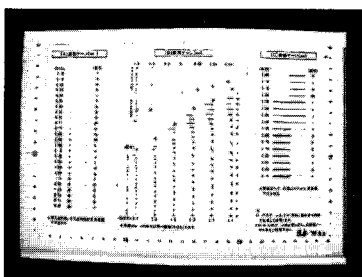


Fig. 2 The shape of Dot gauge

2.2 사용설비 및 실험방법

2.2.1 사출 성형기 및 주변 설비

현대 정공사 440 톤과 정일 정공사 650 톤으로

기계식 수평 성형기를 사용하였으며 온도 조절기는 YUDO사의 YPC1800 모델을 사용하였다. 온도 측정을 위하여 일본 Line Seiki사의 접촉식 온도 측정기인 TC-700을 사용하였으며, 휨(Warpage)을 측정하기 위하여 정반과 틸새 게이지 또는 하이트 게이지(Height gauge)를 사용하였다.

2.2.2 금형사양

금형의 기본사양은 Table 1과 같고 유동기구의 사양은 Front Panel은 콜드 런너(Cold runner)의 바나나형 터널 게이트(Curved tunnel gate)방식을 적용하였고, 런너의 치수는 $\Phi 5.5\text{mm}$ 와 $\Phi 6.7\text{mm}$, 게이트 사이즈(Gate size)는 $\Phi 1.5$ 로 하였다. Rear Panel은 핫 런너(Hot runner)의 플라 게이트(Pla gate) 2점을 사용하였고, 게이트 사이즈는 상측 $\Phi 5.0$, 하측 $\Phi 3.0$ 이다. 금형은 2단 형식으로 크기(Size)는 $650\text{mm} \times 900\text{mm} \times 700\text{mm}$ (W x D x H)이다.

Table 1 Specifications of the Front Panel mould

Main Core Material	HP4	Schedule (by Try1)	27day
Cavity Material	HP4M	Cycle Time	45 Sec
Slide core	HP4M	Gate type	Banana Gate
CRT Corner 4 area	HR750	Resin	HIPS

Front Panel의 제품 크기(Size)는 $439.47\text{mm} \times 344\text{mm} \times 32\text{mm}$ (W x D x H), 기본 살두께(Thickness)는 2.0mm이다. 금형의 소재는 Table 1에 나타난 것처럼 캐비티(Cavity)는 HP4M, 코어(Core)는 HP4를 사용하였다. 코어의 CRT Corner부는 다른 지역과 온도의 균형을 고려하여 열전도도가 우수한 동합금 HR750재료를 지정된 크기로 사용하였다. 일반적으로 일본 KOBE Steel의 HR750과 HITACHI Metals의 HIT75가 많이 사용되고 있으나 본 논문은 절삭성과 가공성을 고려하여 HR750을 사용하였다. HR750에 대한 재료 물성치(Properties)는 Table 2와 같다. Fig. 3와 Fig. 4에 Front Panel금형의 정면 조립도 및 단면 조립도를 각각 나타내었다.

Table 2 Properties of HR750

Hardness (HRC)	18~24	Coefficient of thermal expansion ($10^{-6} \times ^\circ\text{C}$)	17.0
Yield point (kg^f/mm^2)	60~72	Thermal Conductivity ($\text{W}/\text{m}^\circ\text{C}$)	130
Tensile strength (kg^f/mm^2)	70~90	Maker	KOBE Steel
Elongation (%)	5~10	Chemical compositions (wt, %)	C(0.52) Si(1.3) Ni(4.5) V(0.58) Al, Fe,...

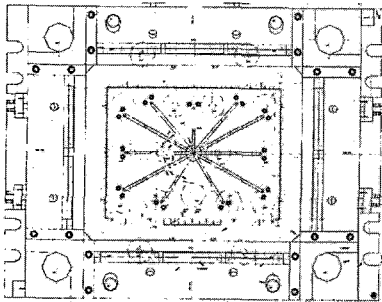


Fig. 3 Assembly drawing of 20.1" front panel

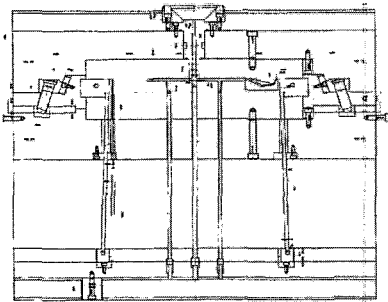


Fig. 4 Sectional assembly drawing of 20.1" front

Fig. 5는 20.1 인치 액정 모니터 Front Panel 의 코아와 캐비티측 사진을 나타내고 있다.

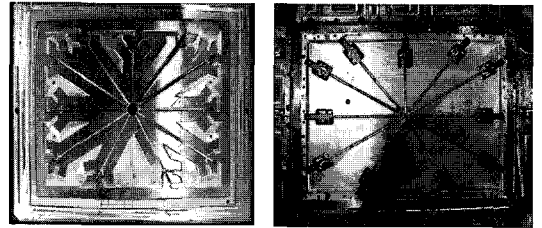


Fig. 5 Core and cavity shapes of front panel mould

2.2.3 실험방법

2.2.2항의 금형 사양에 따라 금형을 제작 후 Front Panel은 440ton 성형기, Rear Panel은 650톤 성형기로 반복적인 시사출을 통하여 요구된 품질기준에 적합한 최적의 제품을 얻고자 실험하였다. 특히 제품의 결함 중 휨 변형과 표면수축을 개선하고자 금형 및 제품에 대한 설계 개선을 통하여 최적의 제품을 얻고자 하였다. 시사출시에는 최적의 공정조건에서 실험하고자 보조설비로 온도 조절기(Temperature control)를 사용하였다. 제품의 휨 변형량 검사를 위하여 제품의 외곽치수, 휨량 그리고 제품의 중량을 측정하였으며 측정을 위하여 하이트 게이지(Height gauge), 두께 게이지(Thickness gauge), 3차원 측정기, 3D 영상 측정기, 중량 측정에는 전자 저울이 사용되었다. 측정방법은 시사출 후 나온 500개의 샘플 중 50개의 샘플을 추출하여 23도의 실내온도에서 24시간 보관 후 측정하였다. Fig. 6은 Front Panel를 정반 위에 놓고 1mm두께 게이지로 휨량의 측정 장면을 보여주고 있다.

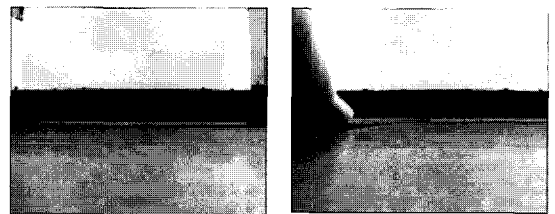


Fig. 6 The measurement of warpage quantity

2.3 휨과 표면수축

LCD모니터 성형품의 외관불량에는 휨, 광택, 표면수축, 얼룩, 금힘, 흑점 등을 들 수 있다. 그러나 본 논문은 휨과 표면 수축만을 대상으로 연구하였으며, 이는 기타 불량 내용은 금형상의 수정 또는 성형 공정에서의 개선으로 해결이 가능하다고 생각되었기 때문이다. 휨과 변형을 개선하고자 하는 이유 중의 하나는 상대품과의 결합불

량으로 인한 외관상 불량 때문이다. 특히 제품의 경량화와 박판화를 지향하고 있는 요즘 휨과 변형을 제어할 수 있는 기술은 매우 중요하다고 볼 수 있다. 일반적으로 액정 모니터의 성형품의 휨에 대한 측정 결과는 최적의 성형 공정 조건하에 15, 17인치 액정 모니터 Front Panel의 경우 1.2mm ~ 2.1mm이다. 19인치 또는 20.1인치 이상 크기의 경우 그 양이 커서 휨의 품질허용기준인 0.5mm를 관리하기에는 매우 어렵다고 생각한다. Rear Panel의 경우 상측이 하측보다 휨에 의한 변형이 더 크게 나타났다. 그 이유는 형상의 원인도 있겠지만 수지의 불균형한 충전으로 그럴부가 많은 상측이 먼저 충전되고 하측은 늦게 충전되어 불균형한 냉각때문이라고 생각된다. 그럴부가 많음에도 충전이 빠른 이유는 그럴부의 불균형 충전을 고려하여 게이트 사이즈를 하측보다 크게 설계하였으나 현재의 사이즈보다 작고 하측보다 큰 중간치수의 표준품이 없어 선택의 여지가 없기 때문이다. Fig. 7은 17인치 액정 모니터 Rear Panel을 비접촉식 3D 영상측정기로 측정한 휨에 의한 변형 측정 결과를 나타낸 것이다.

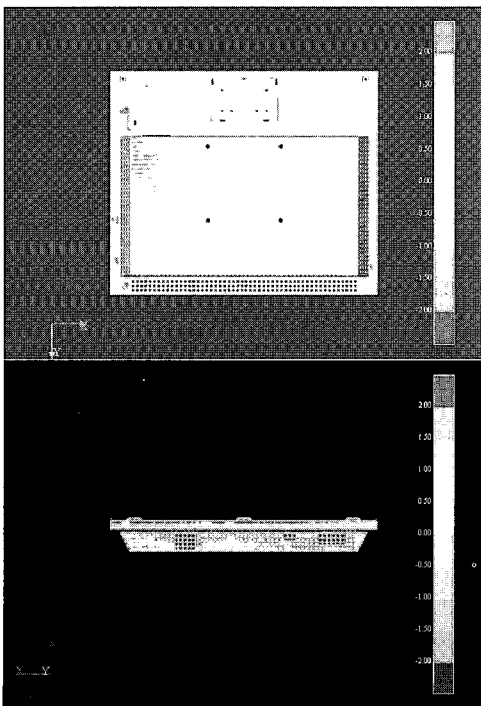


Fig. 7 The results of warpage measurement by 3D photogrammetric

최적의 성형공정조건하에 시사출시 리브(Rib) 부위에 표면수축(Sink Mark) 불량이 발생하였으며 리브 두께 치수는 근원 1.15mm, 선단 0.95mm, 높이 15~20mm 이다. 수축 결함을 해결하고자 공정 조건의 변수 중 사출압력과 보압을 상향 조정하여 시사출 결과 파팅라인(Parting line)에 플래쉬(Flash)가 발생하였다. 시사출된 불량제품을 Fig. 8에 나타내었다. 휨은 제품의 형상, 냉각 상태, 재질 등에 따라 다양하게 나타나지만 일반적으로 그 원인은 첫째, 금형의 코아측과 캐비티측의 불균형한 냉각속도 차에 의한 밀도의 변화이다. 둘째, 성형품의 형상 또는 두께의 차에 기인한다.

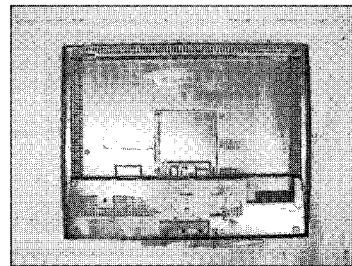


Fig. 8 The injection parts with defects

수축은 다음과 같은 원인들에 의해 발생한다. 첫째, 물체 고유의 열팽창(철: $10.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, 수지: $10 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$)에 따라 금형 내 냉각과정 중 온도감소에 의하여 수축이 일어난다. 둘째, 탄성회복에 의한 회복은 금형 내 성형품이 성형과정 중에 발생한 잔류응력 등이 금형 내에서 구속되어 있다가 취출 후 금형 밖으로 꺼내어 지면 구속력이 제거되면서 잔류응력의 회복에 의하여 발생한다. 셋째, 결정화에 의해 수축이 발생한다. 결정화도는 냉각 속도에 따라 변화한다. 결정화도가 높아지면 체적 수축은 커지지만 동시에 열팽창계수는 작아진다. 넷째, 분자 배향의 완화에 의한 수축이 있다. 일반적으로 분자 배향이 강한 재료는 유동방향으로는 크게 직각방향으로는 작게 나타난다. 특수한 재료(예, POM 등)를 제외하고는 두께가 두꺼울수록 수축이 크게 일어난다.

2.3.1 길이 변화량의 계산과 레이놀즈수
 성형품의 표면과 이면의 온도차(Δt)에 의한 평판의 길이 변화량(δl)은 식 (1)과 같다.

$$\delta l = \alpha l \Delta t \quad (1)$$

l : 길이방향의 길이

a : 수지의 열팽창계수($10 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$)

레이놀즈 수(Re)는 성형기술의 계산을 위하여도 매우 중요한 개념으로 수지의 흐름, 냉각수의 흐름과 열교환 등의 상태를 나타낸다. 식(2)는 레이놀즈(Re)수의 계산식을 나타낸다.

$$\text{Re} = \frac{d \times v \times \rho}{\mu} \quad (2)$$

d : 홀의 경(m)

v : 속도(m/s)

ρ : 유체의 밀도(kg/m^3)

μ : 유체의 점도($\text{kg}/\text{m} \cdot \text{s}$)

물의 경우 대기압 상태에서 난류가 되기 위한 조건으로 Re 가 4000 이상이 바람직하다.

2.4 휠과 변형 개선대책

휠과 변형에 대하여는 새로이 개발되는 제품의 형상 또는 재료 기타 조건에 따라 변형의 양과 방향이 변화할 수 있으므로 정확히 예측할 수는 없다. 본 논문은 액정 모니터의 형상이 일반적으로 Fig. 1 과 같이 사각형이고 CRT 부의 테두리 폭이 좁다고 가정할 때 다음과 같은 대책으로 개선하고자 하였다.

2.4.1 금형상의 개선

(1) 스푸루(Sprue)부에 Fig. 9 와 같이 수지의 흐름을 좋게 하기 위하여 전주 R을 주었다.

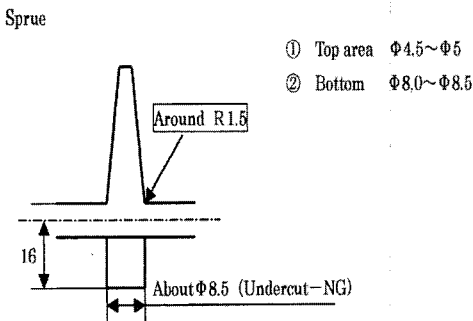


Fig. 9 R cutting of sprue edge area

(2) 모서리부에 Fig. 10와 같이 살빼기를 하였다.

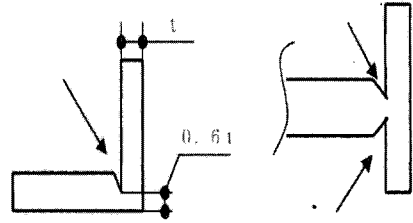


Fig.10 Corner shape

(3) 코너부 4 개소 근처의 내측에 Fig. 11 과 같이 냉각 홀을 독립냉각회로로 설치하였으며 온도의 차이를 줄이기 위하여 냉각 홀을 다른 부위보다 작게 하였다. 붉은 원은 캐비티 코너부 현 위치에 냉각을 설치할 경우 휨 량이 더 커짐을 나타낸다.

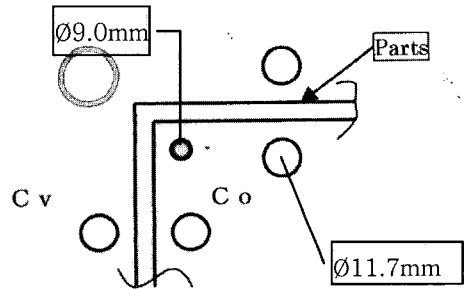


Fig.11 The change of cooling hole size

(4) 코너부 4개소에 Fig. 12와 같이 살빼기를 하였다.

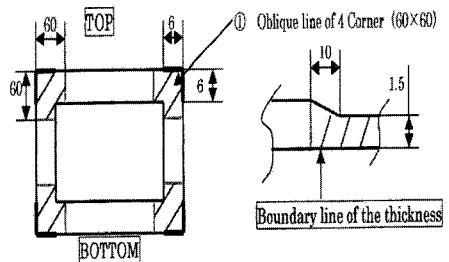


Fig.12 Thickness change of the corner area

(5) 금형과 성형기 취부관간의 열교환을 방지하기 위하여 금형의 상하측에 5mm 두께의 베이클라이트(Bakelite)를 부착하였다.

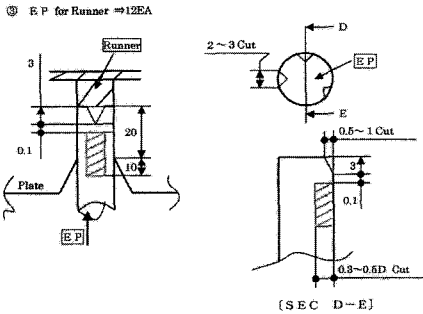


Fig.13 Gas deflation cutting of runner ejector pin

(6) 런너(Runner)용 밀핀(Ejector pin) 12개에는 Fig. 13과 같이 가스 빼기를 설치하였다

(7) 리브(Rib)의 살두께는 표면수축 방지를 위하여 성형품의 살두께 2mm 를 고려한 1mm 를 초과 하지 않도록 하였다.

(8) Rear Panel 의 경우 수지의 충전 균형성 및 휨 방지를 고려하여 Fig. 14 와 같이 제품상의 살 두께에 변화를 0.5mm 주었다. Fig. 15 에는 개선 전 수지의 불균형으로 미성형된 제품을 나타내고 있다.

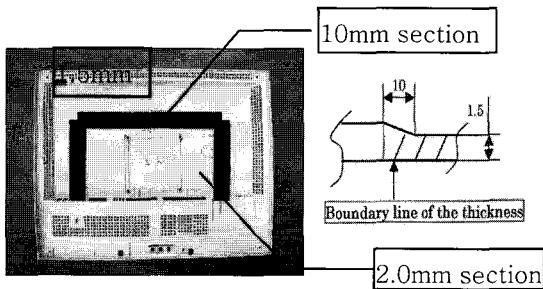


Fig.14 Thickness change of Rear panel

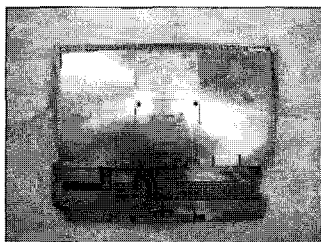


Fig.15 The unbalanced parts of Resin

2.4.2 제품설계상의 개선

휨 변형을 개선하기 위하여 Fig. 16 과 같은 R 형상을 좌우측에 20.1 인치 액정 모니터에 적용하

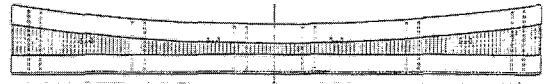
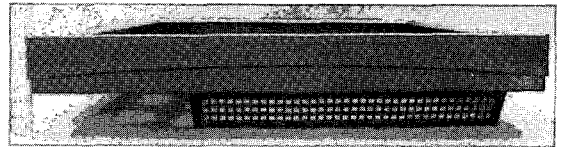
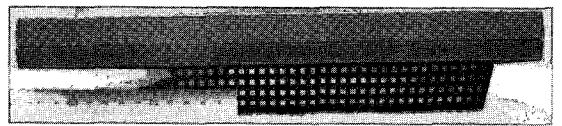


Fig.16 Curve shape of parting line



(a) 20.1" Curve line



(b) 17" Straight line

Fig.17 The parting line shape in assembly

였으며 15 인치와 17 인치는 원가 절감의 차원에서 적용하지 않았다. Fig. 17(a)는 20.1 인치, (b)는 17 인치의 적용사례를 나타내었다.

3. 실험결과

Front Panel의 경우 휨 변형량은 17인치는 0.7 mm, 20.1인치는 0.2mm로 개선 되었으나 계절, 보관장소 및 경과시간에 따라 다소 차이가 발생하였다.

둘째, Rear Panel 의 경우 휨 변형량은 17 인치는 0.6 mm, 20.1 인치는 0.3mm로 개선 되었다.

셋째, 표면수축 불량은 리브의 살두께를 근원 0.98mm, 선단 0.85mm 이내로 관리하였을 때 발생하지 않았다. 리브의 하코아는 입자 코아로 하여 가스(Gas)의 배출이 원활하도록 하였다. 리브 두께를 0.85 이하로 하였을 경우 미성형이 발생하여 높은 사출압으로 최적의 공정조건하에 제품을 얻을 수 없었다. 시사출 결과 최적의 공정조건은 Table 3, Table 4 와 같았다.

3.1 최적의 공정조건

(1) 20.1 인치 Front Panel 의 경우 온조기의 설정 온도는 고정측과 이동측 모두 70℃로 설정 하였다. 시사출시 금형온도는 고정측 65℃, 이동측 67℃ 로 측정되었다. 냉각 라인은 고정측 1 라인, 이동측은 5 라인으로 각각 연결하여 시사출 하였

Table 3 Injection molding operating condition

Pressure (kg ^f /cm ²)	1	2	3	4	5
	85	90	60	-	-
Speed (%)	1	2	3	4	-
	67	70	60	20	-
Position (mm)	1	2	3	4	-
	220	10	5	3	-
Injection meter (mm)		235			
Cycle time (sec)	44			Injection time	1.8sec
				Cooling time	27sec
Cylinder Temp (°C)	NH	H1	H2	H3	H4
	230	230	210	190	50

Table 4 Injection molding operating condition

Pressure (kg ^f /cm ²)	1	2	3	4	5
	95	98	71	68	-
Speed (%)	1	2	3	4	-
	37	60	15	3	-
Position (mm)	1	2	3		-
	63	18	15	13	-
Injection meter (mm)		71			
Cycle time (sec)	55			Injection time	4.8
				Cooling time	33
Cylinder Temp (°C)	NH	H1	H2	H3	H4
	246	245	235	230	215

으며 홀 직경의 크기는 $\phi 11.7$ 이다. 1 분간 냉각 순환량을 체크 한 결과 냉각수 토출량이 각각 고정측은 7140g, 이동측 11558g 로 측정 되었다. 제품중량은 110g, 런너 중량은 89g 로 측정되었으며 최적 공정조건은 Table 3 과 같다.

(2) 20.1 인치 Rear Panel 의 경우 온도기 설정온도는 고정측 55°C, 이동측 50°C이다. 시사출시 실제 금형온도는 고정측 48°C, 이동측 43°C로 측정 되었다. 1 분간 냉각 순환량을 체크 한 결과 토출

량이 고정측은 8140g, 이동측 3568g 로 측정 되었다. 제품중량은 356g 로 측정되었다. 최적 공정조건은 Table 4 와 같다.

4. 결론

휨 변형은 제품의 형상, 재료의 종류, 금형의 온도 등 기타에 따라 달라질 수 있기 때문에 그 양이나 방향을 정확히 예측할 수 없다. 그러나 본 논문은 주어진 조건에 휨과 변형을 최소화하는데 있으며, 제품의 치수 안정과 상대품의 조립 불량에 따른 제품 외관품질의 저하를 개선하고 최적의 제품을 얻고자 하는데 있다. 본 논문을 통하여 실험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) Rear Panel 의 경우 수지의 충전 불균형을 해결하고 휨 변형을 개선하기 위하여 제품상 살두께 변화를 주었으며 살두께가 2mm 에서 1.5mm 로 변하는 경계부분에는 2.4.1 의 (8)과 같이 10mm 변화 구간을 전주에 일정하게 주어 수지의 흐름을 원활하게 하고 뒤틀림에 의한 변형이 없도록 하였다. 5mm 구간을 주었을 경우 경계부위에 변색과 미성형이 발생하였으며, 정상적인 공정조건보다 높은 사출압에서 시사출이 되었다.

(2) 유동기구(Nozzle)에서 캐비티(Cavity)로 수지를 전달하여주는 역할을 하므로 에지(Edge)부에는 R1.5 로 가공하여 수지의 흐름을 원활하게 하였다.

(3) 시사출중 가스빠기가 원활치 못하여 미성형, 타버림 현상 등의 불량이 발생하고 공정조건상에서 사출압이 높아져 최상의 제품을 얻기 어려웠다. 이에 대한 개선 조치로 모든 밀핀에 Fig. 13 과 같은 가스빠기 장치를 추가로 설치 하였다.

(4) 코너(Corner)부 4 개소에는 열전도가 높은 재질을 사용하고 Fig. 12 와 같은 살빠기 개선을 한 이유는 수지가 가장 늦게 충전되고 냉각이 늦게 이루어지는 지역으로 변형의 원인이 되었기 때문이다. Rear Panel 의 경우 이동측에 온도기의 온도 설정을 5°C 낮게 한 이유는 휨은 온도가 높은 방향으로 휘기 때문이며 양측을 동일하게 55°C로 설정 하였을 경우 휨이 반대 방향으로 변형되어 Front Panel 과의 조립성이 더 좋지 않았다.

(5) 20.1 인치는 품질 허용 기준 내로 휨 량이 개선되었다. 15"와 17"는 실험결과 휨량이 품질허용 기준에 0.1mm 에서 0.2mm 정도 초과 되었으나 조립상에 큰 문제로 지적되지 않았다.

후 기

본 논문은 2004 년추계학술대회 발표논문자료를 일부 수정 변경하였습니다.

참 고 문 헌

- [1] 문영대, 2003, Flat TV front cover Gas 사출금형에 대한 연구, 한국소성가공학회지, 제 12 권 제 8 호 pp. 738~744.
- [2] 박중천, 2000, 사출성형품의 휨과 웰드라인을 최적화하기 위한 자동 금형설계 방법, 한국소성가공학회지, 제 9 권 제 5 호 pp. 512~525.
- [3] 조성환, 1992, 열유체역학, 청문각.
- [4] 조용식, 2001, 사출성형 금형설계기술, 기전연구사.
- [5] 최태주, 1991, 최신 금형공작법, 기전연구사.
- [6] 허영무, 2002, 사출성형용 금형의 기능 및 구조에 대한 고찰, 한국소성가공학회지, 제 11 권, 제 8 호, pp. 641~650.
- [7] 田 修, 1998, 金型溫度制御, シグマ出版社.
- [8] 「プラスチック」編集部編, 1984, 사출성형용금형의설계기술, 工業調査會.
- [9] 1993, 사출금형설계Ⅱ, 한국생산기술연구원.