

LCD Monitor 사출금형에 대한 연구

문영대*

A study of The Injection Mould of LCD Monitor

Y. D. Moon

Abstract

Injection molded plastic parts have many surface defects: Warpage, weldline, flowmark, zetting, scratching, shading and so on. In the desktop monitor's case, Weld line have been one of the main surface defects. Nowadays in the pursuit of light weight of parts, one of the big problems of LCD Monitor thinks Warpage and surface shrinkage. In this paper, we introduce some instances for preventing these defests in the side of mould drawing, parts drawing and processing condition. Based on these, we tried to find out the optimum processing conditions through repeatedly tried injection moulding after reflecting these instances.

Key Words : LCD(Liquid Crystal Display) Monitor , Panel Front , Rear Panel, Warpage, Sink mark , Cavity , Core , Renolds

1. 서론

사출 성형품 외관상 불량으로는 웰드라인(weld line), 휨, 표면수축(sink mark), 플로우 마크(flow mark), 얼룩(shading), 광택(반짝이), 가지리, 흑점 등을 들 수 있다. 제품의 사이클은 짧아지고 외관의 품질이 구매의 의사결정에 중요하게 반영되고 있어 기업은 성형품의 외관품질을 보다 엄격하게 관리를 요구하고 이에 대한 많은 연구와 체계적인 데이터 베이스(daba base)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. 본 논문은 액정 모니터(Monitor)를 사례로 성형품 외관 불량의 문제점과 그 대책을 연구하고자 한다.

Monitor의 경우 TV Front와는 달리 전통적으로 대부분 무도장 성형을 하고 있었으나 요즘 컴퓨터 업계의 과다 경쟁으로 도장이 역으로 증가하고 있는 추세이다. 환경성, 제조물 책임법의 강화 등의 추세로 볼 때 도장은 지양되어야 하는 분위기임에도 증가하는 이유는 외관의 품질이 소비자가 구매 의사결정을 하는 과정에 있어 주요 요인으로 작용하기 때문이라고 생각된다. 그러나 본 논문은

LCD 액정 모니터의 무도장 성형을 전제로 한다. 따라서 외관 품질은 보다 엄격히 요구된다. LCD 액정 Monitor의 경우 외관 불량의 유형 중 웰드라인(Weld line), 휨(Wrapage), 표면수축(Sink mark), 흑점, 번색 등이 자주 발생되고 있으나 이들 유형 중 휨과 표면수축을 중심으로 현상 및 그 원인 과 대책을 논하고자 한다. 본 논문은 20.1" 모니터를 실험 제작과정에 이들 불량에 대한 대책을 설계변경의 방지 사례와 이를 적용 후 시사출을 통하여 그 결과를 분석하였다.

2. 본론

2.1 외관품질기준

Fig.1은 20.1" 액정 모니터 Panel Front 제품과 런너(Runner)모양을 나타낸 것이다.



Fig. 1 Part s & runner shape

* 중앙대학교 대학원 졸업

먼저 외관품질기준을 등급으로 분류하여 간단히 소개하면 디스플레이부의 전면을 1 급면으로 하고 좌우측면 및 윗면을 2 급면으로 하며 기타 부위를 3,4 급면으로 할 때 1 급면의 경우 결점의 크기가 0.1mm 보다 작아야 하며 이런 결점이 3 개 이상을 초과하지 않아야 한다. 여기서 결점은 이물, 기스, 흠집, 웰드라인 등을 말한다. 검사는 Dot gage 를 사용하며 공정에서는 주로 한도샘플을 정하여 검사한다.

2.2 사용설비 및 실험방법

2.2.1 사출성형기 및 온도 조절기

현대정공사의 440 톤과 정일정공사의 650 톤으로 써 기계식 수평성형기를 사용하였다. 온도 조절기는 YUDO 사의 YPC1800 모델을 사용하였다.

2.2.2 온도측정기 및 힘 측정기

온도측정을 위해 일본 Line seiki 사의 접촉식 온도측정기인 TC-700 을 사용하였으며, 힘을 측정하기 위하여 정반 과 틸트 게이지를 사용하였다.

2.2.3 금형의 기본사양

금형의 기본사양은 Table1 과 같다.

Table 1 Specification of the Panel Front mould

Main Core Material	KP4	Schedule (by Try1)	27day
Cavity Material	KP4M	Cycle Time	45 Sec
Slide core	KP4M	Gate type	Banana Gate
CRT Corner 4 area	HR750	Resin	HIPS

Figure.1 은 제품형상 및 게이트(Gate)위치를 나타낸것으로 제품 크기는 439.47mm x 344mm x 32mm(WxDxH), 기본두께는 2.0mm 이며, 콜드 런너 (Cold runner)의 바나나형 터널게이트(Curved tunnel gate)방식을 적용하였다. 금형은 2 단형식으로 650mm x 900mm x 700mm(WxDxH)의 크기로 설정하였으며, Fig. 2 과 Fig. 3 에 정면 조립도 및 단면 조립도를 각각 나타내었다.

금형 재질은 Table1 에 나타낸 것처럼 Cavity 의 소재는 KP4, Core 의 소재는 KP4 을 사용하였

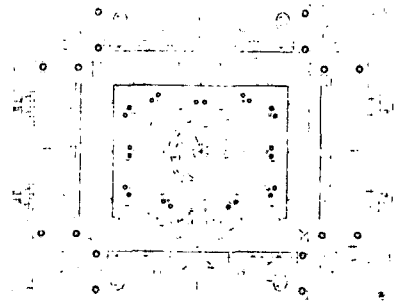


Fig. 2 Assembly drawing



Fig. 3 Sectional assembly drawing

으며 CRT Corner area 4 개소 부분의 경우 Boss 와 Rib 가 많은 곳은 냉각성을 좋게 하기 위하여 지정된 사이즈로 HR750 을 사용하였다. Fig.4 는 액정 모니터의 코아(Core)와 캐비티(Cavity)측 사진을 나타내고 있다.



Fig. 4 The mould shape of core and cavity

2.3 휨(Warpage)과 표면수축

먼저 모니터 성형품의 외관불량에는 휨, 광택, 표면수축, 얼룩, 스크래칭(scratching), 흑점 등을 들 수 있다. 그러나 본 논문은 제품의 특성상 이들 많은 불량 내용 중 기타 불량 내용은 금형상의 수정 또는 성형 공정에서의 개선으로 해결이 가능하다고 생각되기 때문에 휨과 표면 수축만을 대상으로 연구하고자 한다. 휨과 변형을 개선하고자

하는 이유중의 하나는 상대품과의 불구합으로 인한 외관상 불량 때문이다. 특히 제품의 경량화와 박판 성향을 지향하고 있는 요즘 휨과 변형을 제어할 수 있는 기술은 매우 중요하다고 볼 수 있다. 휨의 품질허용기준은 통상 0.5mm 이내로 하고 있으나 실제로는 휨에 대한 대책이 제품설계에 반영이 되지않는 한 Fig. 6 15인치 제품과 같은 경우가 기준을 준수하기는 매우 어려우며 수 차례의 시 사출 후에 나온 500개의 샘플 중 50개의 샘플을 추출하여 20도의 실내온도에서 24시간 측정 대상 샘플을 보관 후 측정하였다. 그 결과 액정의 크기에 따라 통상 15인치의 경우 1.2mm -2.1mm, 19인치 또는 20.1인치 이후 크기의 경우 제품 설계상에서 휨에 대한 고려가 안될 경우는 그 양이 커서 품질 관리가 어렵다고 생각 된다. 휨의 측정은 Fig. 5와 같이 두께 게이지(Thickness gage)와 정반을 사용하여 측정하였으며 필요에 따라 3차원 측정기를 사용하였다. Fig. 5는 15인치 액정 Panel Front를 정반 위에서 두께 게이지(Thickness gage)로 휨의 측정장면을 나타낸 것이다.

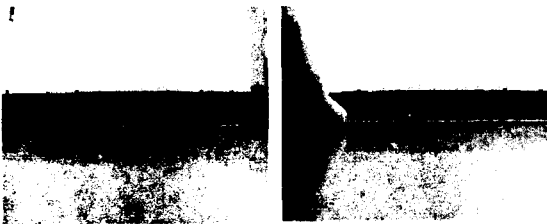


Fig. 5 The figure measuring the parts for warpage

수축의 발생은 통상 다음의 원인에 의해 발생한다. 첫째, 물체 고유의 열팽창(철: $10.8 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$, t 수지: $10 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$)에 따라 금형온도에 의해 수축이 일어난다. 둘째, 탄성회복에 의한 팽창 즉 용융된 수지가 성형압력에 의해 압축되어 있다가 성형 후 금형으로부터의 취출 시 나타난다. 셋째, 결정화에 의해 수축이 발생한다. 결정화도는 냉각속도에 따라 변화한다. 결정화도가 높아지면 체적수축은 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.

휨은 제품의 형상, 냉각 상태, 재질 등에 따라

다양하게 나타나지만 일반적으로 그 원인은 첫째, 성형품의 표면과 이면의 냉각속도차에 의한 밀도의 변화이다. 둘째, 성형품의 형상 또는 두께의 차에 기인한다.

2.3.1 휨량의 계산과 레이놀즈 수

성형품의 표면과 이면의 온도차에 의한 평판의 휨량은 식(1)과 같다.

$$\delta = \frac{\alpha \times L^2 \times \Delta t}{8H} \quad (1)$$

L: 길이방향의 길이

H: 두께

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

레이놀즈수(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/h)

ρ : 유체의 밀도(kg/m^3)

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

물의 경우 식(3)에 물의 온도 $t(^{\circ}\text{C})$ 를 대입하면 Re의 값을 구할 수 있다.

$$\text{Re} = d \times v \times (0.02t^2 + 5.92t + 152.23) \quad (3)$$

금형의 온도제어는 활류가 되는 것이 바람직하며 그러기 위하여는 Re가 10,000 이상이 좋다.

2.4 휨 및 변형 방지 대책

먼저 휨과 변형에 대하여는 새로이 개발되는 제품의 형상 또는 재료 기타 요소에 따라 변형의 양과 방향이 상이하므로 정확히 예측할 수는 없다. 그러나 본 논문은 경험과 수 차례의 시 사출을 통하여 다음의 공통된 결과를 얻었고 변형의 방향성을 보아 성형 공정 조건상에서 온도의 차이를 주어 변형의 방향을 유도하거나 특히 Rear Panel의 경우 제품의 살두께에 변화를 주어 변형을 상쇄하는 방향으로 유도하는 방법을 사용하여 개선하고자 하였다.

2.4.1 금형설계상의 방지대책

(1) 스푸루(Sprue)부에 Fig. 6 과 같이 수지의 흐름을 좋게 하기 위하여 전주 R을 주었다.

(2) 모서리부에 Fig.7 와 같이 살빼기를 하였다.

(3) 코너부 4 개소 근처의 내측에 Fig.8 과 같이 냉각 홀을 독립냉각회로로 설치하였으며 온도의 차이를 줄이기 위하여 냉각 홀을 다른 부위보다 작게 하였다.

(4) 코너부 4 개소에 Fig.9 과 같이 살빼기를 하였다.

(5) 코아의 코너부 4 개소에 Fig.10 와 같이 단열을 목적으로 모따기를 주었고 금형의 상하측에 5mm 두께의 백구라이트를 부착하였다.

(6) 런너(Runner)용 밀핀(Ejector pin) 12 개에는 Fig.11 과 같이 가스 빼기를 설치하였다

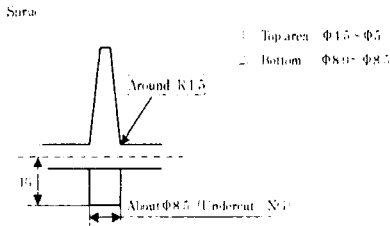


Fig. 6 Sprue

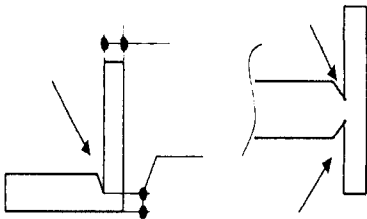


Fig. 7

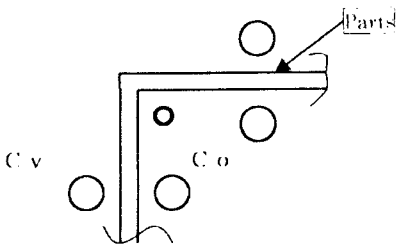


Fig. 8

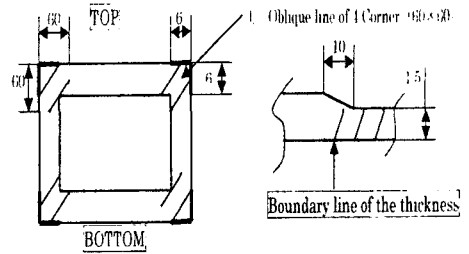


Fig. 9

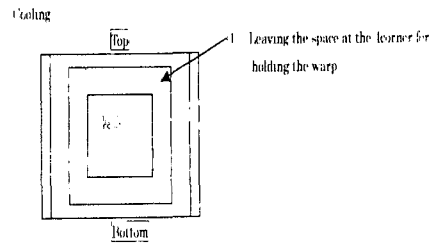


Fig. 10

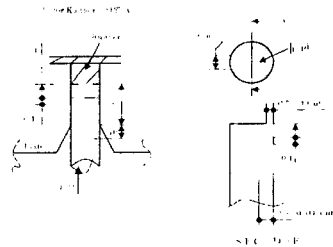


Fig. 11 Ejector pin

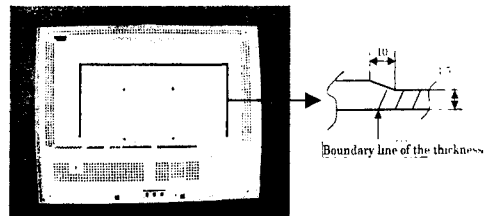


Fig. 12

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

(8) Rear panel 의 경우 Fig. 12 와 같이 외곽과 가운데 부분의 살두께 차이를 0.5mm 두었다.

2.4.2 제품설계상의 방지사례

(1) 외곽 형상

휨과 변형 방향을 고려할 때 Panel Front 의 경우 Fig. 13 의 형상을 좌우측에 설계하고 Rear Panel 의 경우 곡선이 반대의 형상이 되도록 하였다.

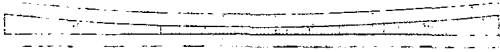


Fig. 13

3. 실험결과

3.1 실험방법

실험은 수 차례의 시 사출을 통하여 최적의 공정조건을 도출하고 이를 토대로 방지사출의 전과 후의 결과를 비교 분석하는 방법을 채택하여 휨과 표면수축을 개선하고자 하였다.

3.2 실험결과

3.2.1 최적의 공정조건

(1) 우선 Panel Front 의 경우 냉각은 온조기를 사용하여 고정측은 70℃를 ,이동측은 70℃를 설정하여 시 사출을 하였다. 시 사출시 실제 금형온도는 측정결과 고정측 65℃, 이동측 67℃ 였다. 냉각 라인은 고정측 1 라인, 이동측은 5 라인으로 각각 연결하여 시 사출 하였으며 흘 경의 크기는 ϕ 11.7 이다. 1 분간 냉각 순환량을 체크 한 결과 냉각수 토출량이 각각 고정측은 7140g, 이동측 11558g 으로 측정 되었다. 제품중량은 110g, 런너 중량은 89g 로 측정되었으며 Table 1 의 조건에서 최적의 결과를 도출하였다.

Table 1 Injection molding operating condition

Speed(%)	1	2	3	4	
	67	73	60	20	
Screw position(mm)	1	2	3	4	계량
	220	10	5	3	235
Pressures (kg/cm ²)	1	2	3		
	90	90	60		
Injectime time	8 sec				
Cooling time	27 sec				
Cylinder Temperature (°C)	Nozzle	H1	H2	H3	H4
	230	230	210	190	50

(2) Rear Panel 의 경우 냉각은 온조기를 사용하여 고정측은 55℃를 ,이동측은 50℃를 설정하여 시 사출을 하였다. 시 사출시 실제 금형온도는 측

정결과 고정측 48℃, 이동측 43℃ 였다. 1 분간 냉각 순환량을 체크 한 결과 냉각 토출량이 각각 고정측은 8140g, 이동측 3568g 으로 측정 되었다. 제품중량은 356g 이었다. Table 2 의 조건에서 최적의 결과를 도출하였다.

Table 2 Injection molding operating condition

Speed(%)	1	2	3	4	
	37	60	15	3	
Screw position(mm)	1	2	3	4	계량
	63	18	15	13	71
Pressures (kg/cm ²)	1	2	3	4	
	100	103	71	68	
Injection time	4.8 sec				
Cooling time	33 sec				
Cylinder Temperature (°C)	Nozzle	H1	H2	H3	H4
	246	245	235	230	215

실험 사출기 사양은 Panel Front 는 현대 정공사 440ton 을 Rear Panel 은 정일 정공사의 650ton 을 각각 사용 하였다.

3.2.2 휨과 변형량

먼저 Panel Front 의 경우 휨 량은 0.7mm 로 개선 되었으나 보관장소 및 경과시간에 따라 큰 차이가 발생할 수 있으며 본 논문은 시 사출 후 25℃ 실내 공간에 보관 후 측정한 결과이다.

둘째, Rear Panel 의 경우 휨 량은 0.6mm 로 측정 되었다. 특히 그릴부가 많은 상측이 하측보다 휨 량이 0.2mm 정도 더 크게 나타났다.



셋째, 표면수축의 경우 리브의 살두께를 제품 살두께 2mm 의 0.5 배인 1mm 이내로 관리하였을 경우 발생하지 않았다.

4. 결론

휨과 변형은 제품의 형상, 재료의 종류, 냉각의 조건 등에 따라 달라질 수 있기 때문에 그 양이나 방향을 정확히 예측할 수 없다. 따라서 본 논문은 주어진 조건에 따라 휨과 변형을 최소화하는데 그 목적을 두었다. 이런 목적은 제품의 치수 안정과 상대품의 조립 시 불구합에 따른 제품 외관품질의 저하를 방지하는데 있다고 하겠다.

(1) 플라스틱 사출 성형에 있어 휨과 변형의 문

제는 완전히 해결될 수는 없으며 따라서 이를 해결하기 보다는 최소화하는 방향으로 유도하고자 방법을 모색하고자 하였다.

(2) Panel Front 와 Rear Panel 의 휨 방향은 조립성을 고려하여 Panel Front 의 경우 제품 외관을 정반위에 올려 놓았을 때  방향으로 유도하였다. 그 이유는 역 방향으로 휨이 발생하였을 경우 상대품 Rear Panel 과의 조립 시 다른 외관상 문제가 발생하기 때문이다. 또한 Front Panel 이 Rear Panel 보다 휨 방향을 유도하기가 용이하다는 것도 이유중의 하나이다. Rear Panel 의 경우 제품의 내측을 기준으로 할 때  방향으로 휨이 발생하였다.

참 고 문 헌

- (1) 문영대, 2003, "Flat TV front cover Gas 사출금형에 대한 연구" 한국소성가공학회지, 제 12 권 제 8 호 p. 738.
- (2) 박종천, 2000, "사출성형품의 휨과 웰드라인을 최적화하기 위한 자동 금형설계 방법", 한국소성가공학회지, 제 9 권 제 5 호 p. 512.
- (3) 조용식, 2001, "사출성형 금형설계기술", 기전연구사.
- (4) 최태주, 1991, "최신 금형공작법", 기전연구사.
- (5) 허영무, 2002, "사출성형용 금형의 기능 및 구조에 대한 고찰, 한국소성학회지, 제 11 권, 제 8 호, p. 641.
- (6) 田 修, 1998, "금형온도제어," シグマ出版社.
- (7) 「プラスチック」編集部編, 1984, "사출성형용금형의설계기술", 工業調査會.
- (8) 1993, "사출금형설계Ⅱ", 한국생산기술연구원.