한국소성가공학회 2003 년도 추계학술대회 논문집 pp.221~224

DSF 의 성형조건 변화가 전사성에 미치는 영향에 관한 연구

조광환* · 윤경환**

An study of transcription by processing conditions of Direct Surface Forming Method

Kwanghwan Cho, Kyunghwan Yoon

Abstract

Recently, the market share of the thin-film-transistor liquid-crystalline-display (TFT-LCD) is growing rapidly in display device market. The backlight unit is used as a light source of TFT-LCD module. A light-guide is one of several important components of backlight unit. The manufacturing technology and optical system design of the light guide is very sensitive to quality and cost of the TFT-LCD module. In the present study a new manufacturing method which is called as direct surface forming(DSF) has been tested under various conditions. The result of this test, V-groove pattern shows different shapes depends on the temperature of mold surface, contact time of mold and depth of V-groove.

Key Words : Tc : Contact time(접촉시간), Tg : glass transition temperature(유리전이온도)

1. 서 론

액정기술의 발전으로 최근에 TFT-LCD 는 노트북에서 모니터, TV 로 그 사용영역이 점차로 확장되고 있으며 대형화, 고휘도화 되는 추세이다. 이러한 TFT-LCD 의 발전과 더불어 핵심부품인 백라이트의 발전도 동시에 진행되고 있다.

백라이트유닛(BLU)은 TFT-LCD 의 광원역할을 하는 부품으로 LCD 가 대형화됨에 따라 광의 효율성과 균일성에 대한 연구가 중요하게 대두되고 있다[1]. 백라이트유닛의 부품 중에서 도광판은 선광이나 점광의 광원을 면광으로 바꾸는 부품으로 사이드형 도광판에 많이 사용되는데 도광판 재료나 광학설계측면에서 주로 연구가 진행되고 있다.

본 논문에서는 도광판의 성형법의 하나로 제안된 부분압축가열성형법(DSF)이 소개된다[2].부분압축가열성형법(DSF)은 3 차원 패턴형상의 가공이 가능하며 크기가 크고 두꺼운 도광판의 제작에 용이하게 적용될 수 있는 것이 특징이다. 비교적 광 경로를 자유자재로 변환할 수 있는 패턴제작이 가능하여 설계에 유연성이 있다. 제작방법이 간단하여 도광판 제작시간에서 유리하고 가공성도 양호하다.

본 연구에서는 부분압축가열성형법(DSF)를 통해 도광판을 제작함에 있어서 성형조건에 따라 단면형상에 미치는 영향에 관한 실험결과를 보이고자 한다.

* 단국대학교 대학원 기계공학과
** 단국대학교 기계공학과

2. 관련이론

2.1 백라이트 유닛의 구조

백라이트 유닛은 Fig. 1 에 보이는 바와 같이 광원(Light Source), 도광판(Light-Guide), 반사판(Reflective Film), 확산판(Diffusive Film), 프리즘필름(Prism Film)으로 구분되는데 광원으로는 중형 도광판은 냉음극관(CCFL)을 주로 사용하고, 소형 도광판은 LED 를 사용한다.

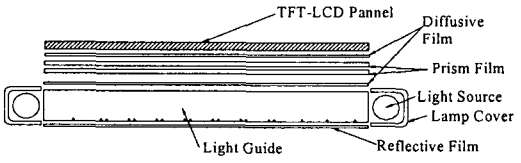

Fig. 1 Schematic diagram of Back Light Unit

2.2 DSF(부분압축가열성형법)

DSF 방식은 도광판에 홈을 새기기 위하여 금형을 일정온도(열 변형온도)이상으로 가열하여 가압 성형하는 방법으로 핫엠보싱 기술을 응용한 성형방법이다[3].

핫엠보싱기술은 금형과 모재를 함께 유리전이온도(Tg) 이상으로 올린 후 내부에 진공상태를 유지한 채 금형과 모재 사이에 틈새가 없도록 완전히 밀착하여 수지를 녹여서 전사하고 다시 온도를 유리전이 온도이하로 낮추어서 고화 시킨 후 이젝팅하는 단계로 제작하는 성형하는 방법이다[4]. 금형과 제품 사이에 에어버블에 의한 인트랩을 방지하기 위해 진공의 유지를 위한 장치가 필요한 점이 특이하다[5]. 반면에 DSF 방법은 금형만 가열하고 금형과 모재간 완전히 밀착하는 것이 아니라 일정한 간격(gap)이 있는 상태에서 제작하기 때문에 에어트랩의 방지를 위한 별도의 진공장치가 필요하지 않다. 또한, 부분가열, 가압하여 부분용융 상태로 이젝팅하기 때문에 별도의 냉각과정이 필요가 없다.

2.2.1 DSF 성형공정

DSF 성형공정은 크게 금형 가열, 성형가압, 이젝팅으로 구분된다.

Fig. 2(a)는 금형가열단계로 금형의 측면에 장착된 열요소(heat element)에 의해 온도를 유리전이온도(Tg) 이상으로 올리는데 기판(Substrate)이 순간적으로 녹을 수 있는 온도가 적절하다.

Fig. 2(b)는 성형가압단계로 압력은 일반적으로 금형자체의 자중에 의해 저속으로 가압한다.

금형상판부의 기판과 금형사이에 간격(gap)이 있는 것이 특징이다.

Fig. 2(c)는 이젝팅 단계로 DSF 가 수지의 점탄성을 이용하기 때문에 고속으로 후퇴하도록 한다. 저속일 경우 V-홈이 다시 메워지는 현상이 생긴다.

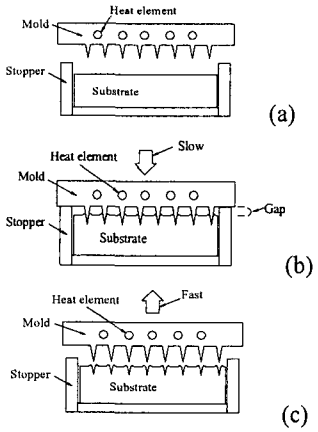

Fig. 2 Sequential processes of DSF method

3. 실험결과

3.1 성형단면의 분석

DSF 성형조건 테스트에 사용된 금형은 Fig. 3 같이 하나의 날을 장착하여 좌우블록에 있는 원통형 열선을 통해 온도를 상승시키고, 밀링에 장착하여 상하동작을 할 수 있는 금형이다. 칼날의 각도는 74 ° 이며 성형조건에 따라 원하는 각도와 깊이가 플라스틱에 전사되는 정도를 테스트 한다.

실험에 사용된 재료인 PMMA(Mitsubishi,)의 열적특성은 유리전이 온도(glass transition temperature, Tg)가 105℃이다[6].

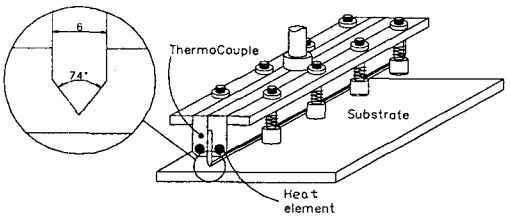

Fig. 3 Structure of DSF method for experience

성형 후 전사된 V-홈의 형상은 온도, 접촉시간(Tc), 깊이에 따라 다르게 나타난다. 온도는 성형과정 중에 날 끝부분에서 측정하기가 쉽지 않아

열선위치에 측정기(thermocouple)를 장착하여 측정하였는데 실제 날 끝부분의 온도와 15℃정도 차이를 보인다. 접촉시간은 타이머를 장착하여 날 끝이 성형기판에 닿을 때부터 이형되기 직전까지의 시간이다. 깊이는 측면에서 다이얼 게이지를 장착하여 제어하고 최종깊이는 성형단면을 컷팅하여 측정하였다.

온도의 변화에 따라 나타난 형상은 Fig. 4 에서 보여주고 있는데 깊이가 200 ㎛이고 접촉시간(Tc)이 20 초인 조건에서 180~250℃로 변화시킬 때의 형상이다.

Fig. 4(a)는 180℃일 경우인데, 특징은 사이각이 하부 첨단에서는 좁고 첨단에서 위로 향할수록 포물선형으로 점차 넓어지게 되는데 이것은 시뮬레이션을 통해 설계된 이상적인 광 경로에 적용할 수 없다. 그 이유는 광 경로를 제어할 수 없을 뿐만 아니라 광이 좌우로 분산, 소멸되는 양이 많게된다.

Fig. 4(b)은 210℃의 경우로 비교적 금형의 날부와 같은 형상(74°)에 근접하게 된다. 특히, 홈의 좌우에는 V-홈 내부에 있던 수지가 좌우로 밀리면서 쌓이게 되어 볼록하게 된다.

Fig. 4(c)은 225℃의 경우로 이전의 두 경우와 비교하여 볼 때 특징은 하부 첨단에서 이형불량현상이 나타나기 시작한다. 이 온도보다 높은 Fig. 4(d)에서는 접촉면 전면에서 이형 불량이 발생한다.

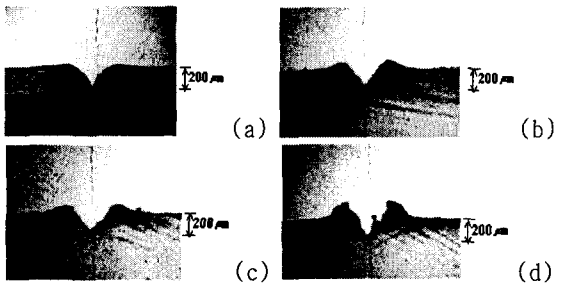

Fig. 4 The cross sectional view about respective temperature(T) in conditions of 200 ㎛ and Tc(Contact time) = 20 sec ; (a) T = 180℃, (b) T = 210℃, (c) T= 225℃ and (d) T = 240℃

접촉시간의 조건에 따라 나타나는 형상은 Fig.5 에서 보여주고 있는데 깊이가 200 ㎛이고 온도가 215℃인 상태에서 시간범위를 5~35 초 내에서 변화시킬 때 단면 형상이다.

5 초에서는 (Fig. 5(a)) V-홈이 완전하게 74° 까지 확장되지 않았는데 수지의 유동성이 충분하지 못한 데서 그 원인을 찾을 수 있다.

20 초인 경우(Fig. 5(b)) 홈의 사이 각이 금형의 날부 각도와 같은 각도로 확장했다. Fig. 5(c)는 접촉시간이 35 초일 경우인데 과잉으로 가열된 경향을 보이는데 표면에 이형불량현상이 나타난다.

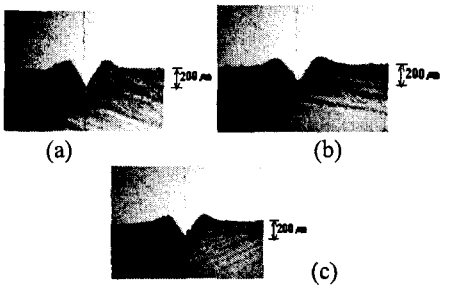

Fig.5 The cross sectional view of different contact time(Tc) for the conditions of 200 ㎛ and 215℃; (a) Tc = 5 sec, (b) Tc = 20 sec and (c) Tc = 35 sec

Fig. 6 에서는 극단적인 두 상황의 형성패턴을 보여준다. 극저온, 짧은 접촉시간(Fig. 6(a))일 때의 형상은 이젝팅 된 후의 모습은 좌우로 밀렸던 수지가 다시 메워져서 중앙에 자국만 남았다. 반면에 극 고온에 긴 접촉시간일 경우 이형불량으로 나타난 모습을 Fig. 6(b)에 보여주고 있다.

플라스틱 수지의 경우 일정온도 이상의 열을 가하면 수지의 점성이 작아져서[7] 홈에 있던 수지가 좌우 측면으로 밀리기 쉬운 반면 너무 고온일 경우 플라스틱 수지가 녹아 금형과의 점착력이 커져서 이젝팅할 때 표면이 거칠게 된다.

위의 결과를 토대로 PMMA 의 경우 V-홈의 성형가능온도는 200℃ ~ 220℃, 접촉시간은 200 ㎛일 때 20 초가 적절하다는 결론을 얻었다.

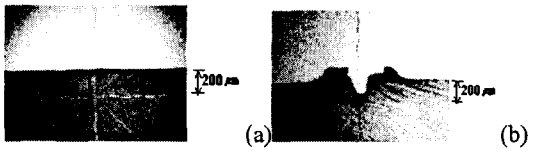

Fig. 6 The cross sectional view of two extreme cases of 200 ㎛: (a)the ultimate low temperature(T = 150℃, Tc = 0.5 sec) and (b)the ultimate high temperature(T = 250℃, Tc = 35 sec).

깊이의 변화에 따른 영향은 210℃에서 각각 100 ㎛와 300 ㎛의 조건변화에 따른 결과를 Fig. 7 에 보여주고 있다. Fig. 7(a)의 100 ㎛, 접촉시간 20 초에서 표면에 이형불량이 나타나고 좌우 각이 좁아졌다. 반면에, Fig. 7(b)에서는 300 ㎛와 20 초일 때의 결과로 낮은 온도에서 나타나는 형상과

비슷한 불완전확장 현상을 보여주고 있다. 접촉시간을 줄이거나 늘여서 적절한 조건을 만들었을 때의 형상은 Fig. 7(c),(d)에서 나타난 것처럼 100 ㎛, 10 초와 300 ㎛, 35 초일 경우이다.

그러므로 깊이에 따라서 최적 접촉시간이 비례적으로 증가하는 것을 알 수 있다.

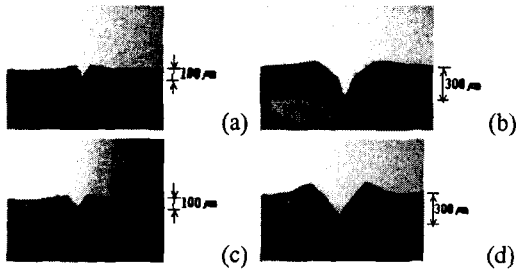

Fig. 7 The cross sectional view of different contect time(Tc) and V-groove depth for the conditions of 210℃; (a) depth = 100 ㎛, Tc = 20 sec, (b) depth = 300 ㎛, Tc = 20 sec (c) depth = 100 ㎛, Tc = 10 sec, (d) depth = 300 ㎛, Tc = 35 sec.

이전의 실험결과를 토대로 전체를 한번에 찍을 수 있는 금형으로 215℃, Tc = 20 sec 의 상태에서 찍은 성형품을 보여주고 있다.(Fig. 8)

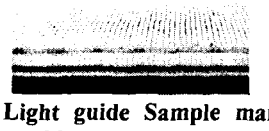

Fig. 8 The Light guide Sample manufactured by Union mold

합체형금형을 사용하여 성형품을 만든 경우 최종 제품에서 잔류응력에 의해 기판에 휨이 발생하는데 (Fig. 9) 해결방법은 풀림(anneal)과정을 통하면 가능하다. 150℃조건에서 12 분간 풀림과정을 거치는데 열에 의해 민감하게 반응하는 현상도 완화된다

Fig. 9 A picture of warped PMMA substrate

위에서 언급한 단점을 보완하여 보다 정밀한 제품을 성형하기 위한 연구가 현재 진행 중에 있다.

4. 결 론

본 연구를 통해 얻어진 DSF 방법에 의한 성형의 특징은 다음과 같다.

- 성형조건(성형온도, 접촉시간, 성형깊이)에 따라서 여러 가지 성형단면이 나타나는데 성형온도가 최적온도에 비해 낮거나 접촉시간이 적은 경우에는 탄성복원력(spring back)에 의한 미성형이 발생하고, 성형온도가 너무 높은 경우나 접촉시간이 긴 경우에는 이형불량이 발생하며 그 형태들을 실험에 의해 보였다.
- 본 실험에서 사용한 PMMA 의 경우 V-홈의 최적 성형온도는 200℃ ~ 220℃범위이며 접촉시간은 깊이가 200 ㎛일 때 20 초가 적절하다.

하나의 날에 의한 실험결과를 토대로 합체형 금형으로 성형한 경우 휨이 발생하여 이를 없애기 위해 후 공정으로 풀림과정이 필수적임을 발견하였다.

후 기

이 연구는 2003 학년도 단국대학교 대학연구비의 지원으로 연구되었음.

참 고 문 헌

(1) Kim, K. H., Song, J. G., Park, S. B. and Lyu J. J., 2000, "PVA Technology for High Performation LCD Monitor," Journal of information display, Vol. 1, No. 1, December 2000, pp. 3~7.

(2) Park. S. J., Yoon, K. H. and Park, C., 2001, New Manufacturing Method for Light Guide of PMMA, ANTEC. 2001, pp. 3308~3310.

(3) Jang, Y. J., Lee, L. J. and Koelling, K. W., 2002, "Hot Embossing in Microfabrication," *Polymer Engineering and Science*, Vol. 42, No. 3, pp. 539~550.

(4) Heckele, M., Bacher, W. and Muller, K. D., 1998, " Hot embossing-The molding technique for plastic microstructures," *Microsystem technologies*, Vol. 4, pp. 122~124.

(5) Becker, H. and Gartner, C., 2000, "Polymer microfabrication methods for microfluidic analytical applications," *Electrophoresis2000*, Vol. 21, pp. -12~26.

(6) Ferry, J. D., 1980, *Viscoelestic Properties of Polymers*, John Willey & Sons, pp. 264~320.

(7) Aklonis, J. J. and MacKnight, W. J., 1983, *Introduction to Polymer Viscoelesticity*, pp. 73~82.