

대형 LCD용 썰기형 도광판 제조공정에 대한 연구

김민수*, 김장섭*, 홍준호*, 신동원**,#

*금오공과대학교 기계공학과 대학원, **금오공과대학교 기계시스템공학과

Manufacturing of Wedge-type Light Guide Plates for Large Liquid Crystal Displays

Min-Soo Kim*, Jangseob Kim*, Jun-Ho Hong*, Dongwon Shin**,#

*Department of Mechanical Engineering, Graduate School of Kumoh National Institute of Technology,

**Department of Mechanical System Engineering, Kumoh National Institute of Technology.

(Received 28 January 2020; received in revised form 20 February 2020; accepted 25 February 2020)

ABSTRACT

The light guide plate (LGP) provides a surface light source on the back of the liquid crystal display (LCD), which is not self-emitting; thus, it is an essential component of display units requiring sufficient brightness. To maximize the light-emitting effect of an LGP, enough incident light, from the light source, should enter into its side. However, the current trend in LCD panels is represented by larger and thinner screens and this smaller thickness prevents the accordingly thin LGPs from providing sufficient brightness. This paper proposes a process for manufacturing wedge-type LGPs, which might increase the amount of incident light and, consequently the surface light emission, for applications in large LCDs. The proposed method was validated by building a dedicated manufacturing machine and performing illuminance experiments on the fabricated LGP.

Key Words : Liquid Crystal Display(LCD), Back Light Unit(후면광원), Light Guide Plate(도광판), Wedge-type(썰기형), Ultra Violet Resin(자외선 수지)

1. 서 론

디스플레이 장치는 시각적으로 영상 전달을 수행하는 단순한 인터페이스로 인식되어 왔으나, IT산업이 급격히 발전해오면서 관련 산업분야의 필수기술로 자리매김 하고 있다. 이러한 디스플레이들은 사용하는 광원에 따라 수광형 디스플레이 소자인 LCD(Liquid Crystal Display)와 능동형 소자인

CRT(Cathode Ray Tube) 및 PDP(Plasma Display Panel)등으로 분류된다. 종래의 대표적인 기술인 CRT는 높은 해상도를 가지는 반면 경량화가 어려우며, 높은 소비전력 등의 단점을 가지고 있다. 따라서 최근에는 CRT의 단점을 극복한 얇은 평판 형태로 구현이 가능하며 낮은 소비전력에서도 원활하게 모든 원색의 표현이 가능한 LCD가 각광을 받고 있다^[1].

LCD는 스스로 빛을 내는 CRT나 PDP와는 달리 자체 발광이 불가능한 비자발광 디스플레이로 구성되어 있어 LCD의 뒷면에서 빛을 발생시키는 BLU

Corresponding Author : shindw@kumoh.ac.kr

Tel: +82-54-478-7321, Fax: +82-54-478-7319

Copyright © The Korean Society of Manufacturing Process Engineers. This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 3.0 License (CC BY-NC 3.0 <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

(Back Light Unit)이 필수적이다. Fig. 1과 같이 외부 광원의 빛을 LCD 전면에 고르게 분산시키는 역할을 하는 도광판(LGP : Light Guide Panel)은 BLU를 구성하는데 반드시 필요하다^[2]. 이러한 도광판은 측면에서 냉음극관이나 LED를 통해 나온 선 또는 점 형태의 광원이 발산하는 빛을 반사판(Reflector Sheet)을 통해 전면방향으로 꺾어 LCD 방향으로의 면광원으로 변환시키어 광효율성을 높이는 LCD 내의 매우 중요한 요소이다^[3-7].

최근에 LCD 패널의 박형화함에 따라 디스플레이 패널을 구성하는 도광판 역시 박형화가 요구된다. 그러나, 도광판이 얇게 되면 측면의 광원으로부터의 광의 입사가 어려워져 불가피하게 광이 입사되는 측면을 두껍게 만들어 광의 입사가 용이하게 만들어야한다. 이를 해결하기 위하여 도광판의 베이스판에 자외선(UV : Ultra Violet) 코팅층을 형성하고, 한측을 쐐기형(Wedge-type)의 수광부로 만들어 수광면적을 확대함으로써 도광판의 박형화에 따른 문제를 해결하는 시도가 있고^[8], 실제로 소형의 LCD에는 적용되었다. 그러나 이러한 도광판 구조에서는 자외선 코팅층이 도광판을 두껍게 만드는 점, 쐐기형수광부를 위하여 디스플레이 전체 크기 수준의 금형을 필요하다는 점, 또한 자외선 코팅층과 베이스판과의 박리현상이 발생하는 등의 문제점이 발생한다. 특히 55인치 이상의 대형 LCD의 경우 이러한 문제점이 극대화되어 나타나 실제 적용이 어려워진다.

상기의 문제를 해결하기 위하여 도광판의 가장자리를 따라 이동하는 노즐부가 쐐기형태로 수지를 압출하고 여기에 자외선을 조사하여 경화함으로써 도광판에 수광부를 형성하는 연구도 수행되었다^[9].

그러나 이는 노즐의 이동에 따라 자외선 경화성 수지가 대기에 노출되어 경화 중에 이물질이 침투,

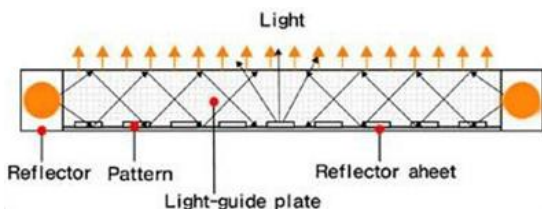


Fig. 1 luminescence structure of light guide plate

기포발생, 박리현상 등이 발생할 수 있다.

본 연구에서는 상기 연구의 문제점들을 극복하고 55인치 이상의 대형 LCD에도 쐐기형의 박형 도광판의 적용이 가능하게 하기 위해, 디스플레이 전체 크기의 금형을 제조하는 대신 쐐기형 수광부 크기 정도의 금형을 만들어 사출 제조된 평판에 쐐기형 수광부를 생성, 부착하여 도광판을 제조하는 방법을 제안하였다. 이를 위하여 쐐기형 수광부를 생성, 부착하는 생산공정의 각 요소기술을 개발하고, 이를 수행하는 생산장비도 같이 개발하였으며, 마지막으로, 성능평가 실험을 통해 개발한 도광판의 성능을 검증하였다.

2. 쐐기형 도광판의 제조공정

2.1 쐐기형 도광판의 설계

Fig. 2 는 기존 4mm 두께의 평판형 도광판의 단면 형태를 나타낸 것이다. 여기서 도광판의 수광부는 LED광원으로부터 측면에서 빛을 수광하여 상 방향으로 빛을 발광한다. Fig. 3은 본 연구에서 개발한 쐐기형 도광판의 단면형태를 나타낸 것이며, 도광판의 두께는 3mm로 상기의 평판형 도광판에 비하여 1mm가 얇은 박형이다.

그러나, 쐐기형 수광부의 두께를 4mm로 두껍게

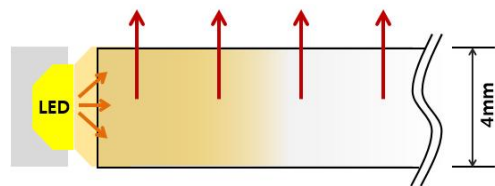


Fig. 2 Flat-type light guide plate

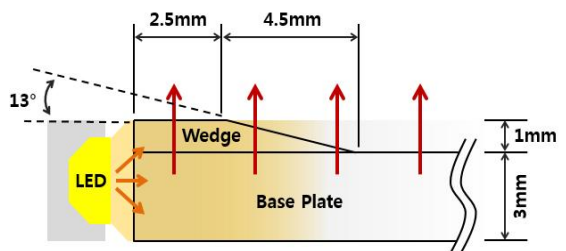


Fig. 3 Wedge-type light guide plate

함으로써, 넓은 영역으로 빛을 수광하고 좁은 영역으로 빛을 발광시키는 효과가 있다. 이로써 박형 도광판은 전체 발광영역이 얇음에도 불구하고 좋은 발광효과를 가질 수 있다.

2.2 썬기형 도광판의 생성공정

본 연구에서 다루는 도광판의 베이스판(Base Plate)은 평판형 도광판이며, 평판위에 썬기형 수광부를 형성하고자 한다. 기존 썬기형 도광판의 썬기부는 도광판과 일체형으로 제작되었기 때문에 대형 도광판의 제조가 어려웠으나, 본 연구에서는 Fig. 3과 같은 형태의 썬기부를 베이스판에 생성, 부착하는 방식으로 설계하고, 이에 맞는 생산공정을 개발하였다.

생산공정은 크게 자외선 수지액(UV Liquid Resin)을 주입하는 공정, 자외선 수지액을 경화(Hardening)하는 공정, 금형을 베이스판에서 분리하여 썬기형 수광부가 성형을 마무리하는 공정의 3가지로 나눌 수 있다. 여기서 사용된 자외선 수지액은 도광판의 굴절률 차이가 최소가 되는 배합액을 선정하였다.

Fig. 4는 썬기형 수광부를 형성하는 공정을 나타내는 것으로, 베이스판, 금형(Mold), 수지(Resin)를

공급하는 노즐(Nozzle), 자외선램프(UV Lamp)로 구성되며, Fig. 5는 베이스판이 투입되어 최종적으로 썬기형 수광부가 성형된 도광판이 배출되는 전체 작업순서를 나타낸다.

Fig. 6은 자외선 수지액을 주입하는 공정으로, 베이스판이 컨베이어를 통해 좌측으로 공급이 되면, 위치를 정렬시키고, 상하측 실린더로 금형을 베이스판에 밀착시킨다. 이때 자외선 수지액이 외부대기와 접촉하여 이물질에 오염되지 않도록, 수지액을 주입하기 전에 금형을 밀폐하는 공정이 반드시 필요하다. 금형의 길이는 베이스판의 한측 길이와 같으며, 베이스판과 금형이 완전하게 밀착 수 있도록 Fig. 6의 2번 그림과 같이 상부 및 하부에 각각 11개의 실린더를 일정한 간격으로 배치하여 움직이게 하였다. 먼저 상측 실린더를 상승시켜 베이스판의 바깥쪽 모서리를 고정시키고, 다음으로 하측 실린더를 상승시켜 베이스판의 안쪽 모서리를 고정시켜 금형의 밀폐효과를 극대화하였다.

금형에는 수지의 유입도관과 유출도관이 금형을 관통되어 연결되어 있고, 유입도관은 삼상밸브로 연결되어 자외선 수지액과 불활성 아르곤가스(Argon Gas)가 선택적으로 유입할 수 있도록 하였다.

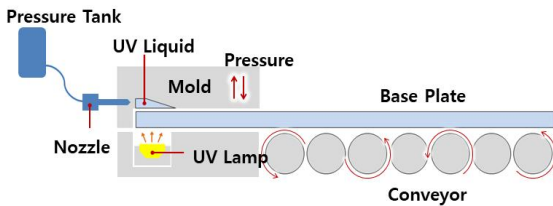


Fig. 4 Production process of wedge-type light guide plate

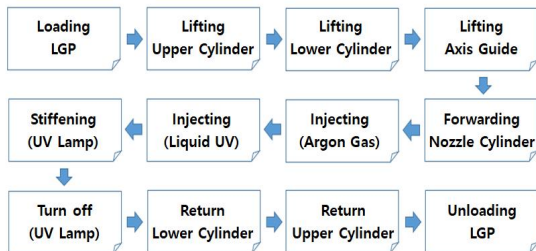


Fig. 5 Flow chart of manufacturing process.



Fig. 6 Injection process of UV liquid



Fig. 7 Hardening process of UV liquid



Fig. 8 Finishing process

밀폐된 금형 내부는 진공배기를 한 뒤, 아르곤가스를 주입하여 수지가 주입될 때 금형의 벽이나 베이스판 표면에 기타 이물질이 잔류하지 않게 하였다. 마지막으로 노즐실린더가 금형에 전진 이동하여 압력탱크에 있는 자외선 수지액을 금형의 공동에 주입한다.

Fig. 7은 자외선 수지액을 경화하는 공정이며, 금형 내부에 충전된 수지액은 밀로부터 조사된 자외선을 통하여 경화되어 베이스판과 일체화된 수광부를 형성하게 된다. 이때, 자외선램프는 서보모터에 의해 정속주행으로 정밀 이송되면서 수지에 자외선을 조사하게 된다.

Fig. 8은 썰기형 수광부의 성형을 마무리하는 공정이다. 자외선램프를 원점으로 이송시키고 금형을 고정시키고 있는 상, 하측 실린더를 해제한 뒤, 컨베이어가 도광판을 배출하여 전체 공정을 마무리한다.

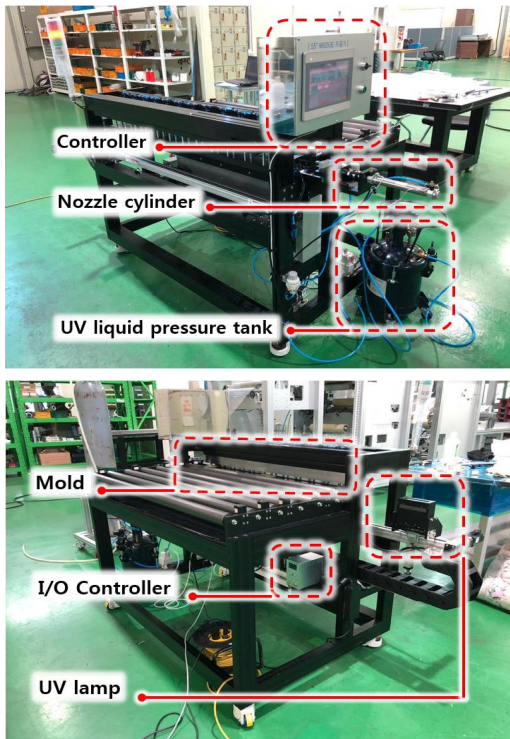


Fig. 9 Manufacturing machine of wedge-type light guide plate

2.3 썰기형 도광판의 제조장비

Fig. 9는 개발된 썰기형 도광판 제조 장비로 아래의 그림과 같이 총 6개의 주요부로 구성되어 있다. 컨트롤러(Controller)는 각 부분의 수동, 자동 조작 및 세부설정 입력이 가능하며 전체적인 장비를 작동시키는 역할을 한다. 노즐 실린더(Nozzle Cylinder)는 자외선 수지액 및 불활성가스를 주입하는 역할을 한다. 자외선 수지액 압력탱크(UV UV Liquid Resin Pressure Tank)는 내부에 자외선 수지액을 담아두며 도광판 투입 및 고정 후 금형에 자외선 수지액을 주입 하는 역할을 한다.

금형(Mold)은 본 개발장비의 핵심적인 부품이며 도광판과 밀착하여 가공된 부분으로 UV액을 주입 후 경화시켜 썰기를 생성해 내는 역할을 한다. 자외선램프(UV Lamp)는 입력된 가공위치까지 이동하며 금형과 도광판 사이 주입된 UV액을 경화시키는 역할을 한다. 자외선램프 컨트롤러(UV Lamp Controller)는 UV램프의 전원 ON/OFF 및 세부설정을 할 수 있다.

3. 시제품 제작 및 성능평가

본 연구에서 제안한 썰기형 수광부가 부착된 도광판의 시제품을 제작하기 위하여 넓이가 1220×696mm² (55인치) 이고 두께가 3mm인 베이스판(평판형 도광판)을 준비하였다. Fig. 10은 본 연구의 개발장비를 이용하여 베이스판에 Fig. 3 과 같은 형태의 두께 1mm의 썰기형 수광부를 성형한 썰기형 도광판이다. 썰기형 도광판의 수광부 두께는 4mm이며, 나머지 발광부의 전체두께는 3mm 이다. 금형을 이용하여 성형된 썰기부는 베이스판에 밀착하여 부착되어 있음을 알 수 있다.

제작된 썰기형 도광판의 발광성능을 평가하기 위해, 기존의 3mm의 평판형 도광판과 제작된 썰기형 도광판에 대하여 동일한 조건에서 휘도를 측정하고 이를 비교하였다. 도광판의 휘도를 측정하기 위해서는, 도광판에 반사판 패턴작업을 해야 한다. Fig. 11은 55인치 롤-스탬핑(Roll-Stamping)장비를 이용해 반사판 패턴작업을 시행한 도광판을 나타낸다.

휘도의 측정은 광원이 설치된 암실에서 진행하였

다. Fig. 12는 측정기와 도광판의 설치위치를 나타낸 그림이며, 도광판으로부터 500mm 상단에 설치된 측정기를 통해 측정지점의 휘도를 측정하였다. 측정지점은 도광판 전체면적을 가로 및 세로방향으로 각각 5등분하여, 총 25개 지점으로 정하였다.

Fig. 13은 이러한 25개의 측정점의 휘도값을 나타낸 그래프이며, 측정값의 평균을 통해, 발광성능을 비교하였다. 썬기형 도광판의 평균휘도는 329.4nit 이며, 평판형 도광판의 평균인 300nit보다 밝기정도가 향상되었음을 알 수 있다.

Fig. 14 및 Fig. 15은 각각 기존 평판형 도광판과 썬기형 도광판의 발광정도를 나타낸 그림이다. 그림에서 좌측의 사진은 빛광원이 수광부로 조사되는 사진이고, 우측사진은 도광판의 발광정도를 촬영한 사진이다.

두가지 형태의 도광판의 광도를 육안으로 관찰시, 썬기형 도광판이 평판형 도광판보다 발광정도가 우수함을 확인할 수 있다. 이는 썬기형 도광판의 수광부 두께가 늘어남으로 빛의 인입량이 늘어나 나타난 결과로 볼 수 있다.

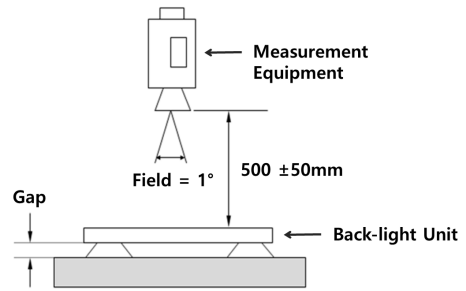


Fig. 12 Layout of luminance-measuring system

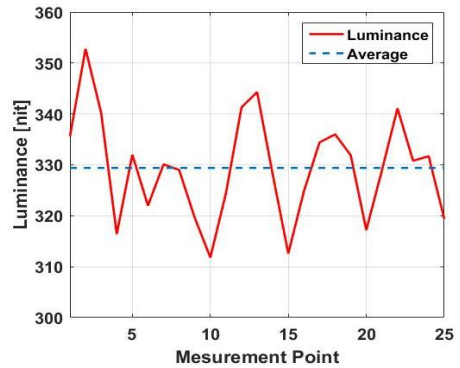


Fig. 13 Luminance distribution graph



Fig. 10 manufactured wedge-type light guide plate



Fig. 14 Illuminance performance of flat type light guide plate(3mm thickness)

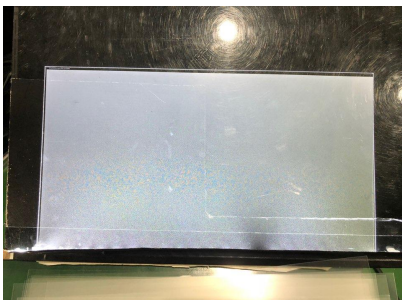


Fig. 11 Reflector-patterned light guide plate

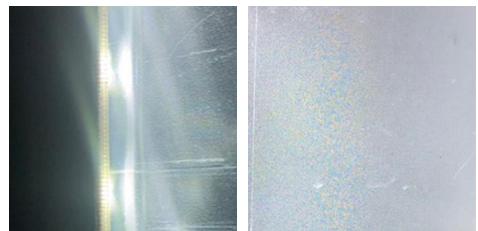


Fig. 15 Illuminance performance of wedge type light guide plate(3mm thickness, 1mm wedge added)

4. 결 론

본 연구에서는 대형 LCD의 핵심구성요소인 도광판의 박형화를 위하여, 썬기형 도광판의 제작공정에 대한 연구를 진행하였으며, 이에 따라, 썬기형 도광판 제조장비를 개발하였다. 또한 제조장비를 이용하여 도광판 시제품을 제작하고 이에 대한 발광성능을 평가하였다.

썬기형 수광부를 제작하는 기존방식의 문제점을 해결하기 위하여 디스플레이 전체 크기의 금형이 아닌, 디스플레이 수광부 정도 크기의 금형을 제작하였다. 또한, 금형과 베이스판 간의 좋은 밀착도와 밀폐도를 통한 대기와의 오염도를 최소화하기 위하여 듀얼방식의 실린더 고정방식을 고안하였다. 또한 자외선 수지액을 금형에 충전할 수 있는 노즐부도 개발하였다. 금형내의 자외선 수지액의 오염도를 최소화하기 위하여 금형내의 진공배출 후 아르곤가스를 주입하는 방식을 사용하였다.

개발장비를 통하여 제작된 썬기형 수광부가 부착된 도광판의 성능을 검사하기 위하여 도광판에 반사판 패턴작업을 수행한 후, 평판형 도광판과 썬기형 도광판의 발광성능을 비교하여 썬기형 도광판의 성능이 우수함을 확인하였다.

후 기

“이 연구는 금오공과대학교 학술연구비로 지원되었음(2017-104-112)”

REFERENCES

1. Park, S. H., Choi, E. S., Ahn, S. Y., Shin, Y. J., “Research Trends in Light Guide Plates for LED Backlight Units,” Korean Journal of Optics and Photonics, Vol. 28, No. 6, pp. 314-326, 2017.
2. Lee, J. W., Park, M. K., Kim, J. H., “A Study of Brightness and Residual Stresses Depending on Thickness of LCD Light Guide Plate,” Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 25, No. 9, pp. 38-44, 2008.
3. Bae, C. H., Heo, K. C., Jhun, C. G., Rvu, B. J., Koo, K. W., “Design and fabrication of pattern structures of the light guide plate for enhanced brightness of backlight unit,” The Transactions of The Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 64, No. 2, pp. 310-314, 2015.
4. Gong, T., Choi, G. J., Kwon, J. H., Park, I. S., Lee, S., Woo, D., Gwag, J. S., “Optical Design of Light Guide Plate Material for Slim Liquid Crystal Display,” Journal of the Korean institute of surface engineering, Vol. 47, No. 5, pp. 233-238, 2014.
5. Lee, J. H., Nahm, K. B., Ko, J. H., Kim, J. H., “Optimization of optical structure of lightguide panel for uniformity improvement of edge-lit backlight,” Korean Journal of Optics and Photonics, Vol. 21, No. 2, pp. 61-68, 2010.
6. Lee, G. S., Jeong, J. H., Yoon, S. J., Choi, D. H., “An integrated design approach for Light Guide Panel (LGP) of Back Light Unit (BLU) to improve the Optical Performance of Liquid Crystal Display (LCD),” In Proceedings of the KSME Conference. The Korean Society of Mechanical Engineers, pp. 1048-1052, 2008.
7. Sah, J. Y., Park, J. R., “Analysis on Optical characteristics of LCD Backlight LGP,” Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers, Vol. 28, No. 4, pp. 362-369, 2004.
8. Kwon D. H., Jang M. H., “Light Guide of Back Light Unit and its Manufacturing Method,” Republic of Korea Patent No. 10-1051291.
9. Lee M. R., Park J. H., “Method for Manufacturing Wedge Type Light Guide Plate for Back Light and the LGP,” Republic of Korea Patent No. 10-1685055.