

TFT-LCD의 도광판 패턴 사출성형용 금형가공

박동삼(인천대 기계공학과), 최영현*(인천대 대학원 기계공학과), 하민수(경기공업대 정밀계측과)

Machining of the Inject Mould for Forming the Dot Pattern of LGP of TFT-LCD

D. S. Park(Mech. Eng. Dept., UI), Y. H. Choi(Mech. Eng. Dept., UI), M. S. Ha(Pre. Measu. Dept., KIT)

ABSTRACT

Light Guide Panel(LGP) is a key part of backlight unit(BLU) which transforms line-light of lamp to surface-light. Dot pattern is formed on the injected LGP surface by screen printing. This dot pattern is composed of several ten thousands micro dots of diameter 150-180 μm or so. The dot patterning by screen printing causes low productivity and low performance of TFT-LCD. This research develops the micromachining technology for LGP mould which could form micro dot pattern by injection molding, removing the existing screen printing process.

Key Words : TFT-LCD, LGP(도광판), Dot pattern(도트패턴), Screen printing(스크린 인쇄), Injection molding(사출성형), LGP mould(LGP 금형), Micromachining(미세가공), Powder blasting(비립분사가공)

1. 서론

기계, 전자를 포함한 거의 전 산업분야 제품이 마 이콤을 채용한 자동제어 기능을 구비함에 따라 시각 적 자동제어를 위한 Display 기능이 필수적으로 요구 된다. 이러한 Display의 종류에는 CRT, LED, PDP, ELD, VFD, FED 및 LCD 등이 있다. 이 중 가장 널리 이용되고 있는 것이 LCD이며 본격적으로 전자기기 에 채용되기 시작한 것은 비교적 최근으로 약 25년 정도의 역사를 지니고 있다. LCD의 시장규모는 2000년도에 세계적으로 생산액 160억 달러(Display Search, IDW00)에 도달하였고, 2005년 이후에는 470 억 달러로 전망되는 등 매년 34%의 증가율을 보이고 있으며 국내에서도 각종 정보통신 기기의 개발과 함께 LCD 시장은 최근 급격히 증가하고 있다.

LCD 중에서도 최근 가장 널리 사용되고 있는 것이 TFT-LCD로 이는 크게 액정부과 백라이트 유니트 (BLU)로 구성되는데 BLU 중에서도 가장 핵심적 기능을 하는 부품이 바로 도광판(LGP)이다. 도광판은 하나의 일차원적인 램프 광원을 도광판에 성형되어 있는 도트(dot)의 형상에 따라 2차원의 평면광으로 바꾸어 주는 역할을 한다. 그런데, 도광판에 성형된 도트패턴의 형태는 BLU 제작업체의 중요한 노하우

이므로 공개되지 않으나 일반적으로 램프와 가까운 쪽은 도트의 크기를 작게, 먼 쪽은 크게 만들어 준다. 도트 크기는 휘도에 큰 영향을 미치게 되는데 작 으면 작을수록 균일성을 갖게 된다. 현재 정밀급 LCD의 경우 수백 μm 의 크기를 지나 이는 제작 기 술상의 제약조건에 기인한다고 판단된다.

한편, 도트패턴을 형성하는 방법은 국내외를 막 론하고 대부분 도광판을 사출성형한 후 여기에 일일 이 스크린 프린팅(screen printing)으로 도트를 만드는데 이는 생산성, 효율성, 가격경쟁력 및 환경친화성 에서 여러 문제점들을 지니고 있다. 따라서, 현재 LCD 업계의 최대 과제는 무인쇄 방식의 도트패턴 성형기법 개발인데 최근 몇몇 기업체를 중심으로 활발한 연구가 시작되고 있으나 아직 뚜렷한 성과는 없는 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 무인쇄 방식 으로 도트패턴까지 포함된 도광판을 사출하는데 필 요한 정밀 미세금형을 가공하는 기술을 개발하는 것 을 목적으로, 지금까지 미세패턴의 정밀가공을 위하 여 주로 응용되는 비립분사가공(powder blasting)^[1-10] 을 이용하여 실제 도광판 도트패턴 사출 성형용 금 형을 가공하고 이를 이용하여 시험사출을 수행하였 으며 사출된 패턴의 전사성을 분석하므로써 무인쇄 방식의 도광판 생산 가능성을 검증하고자 하였다.

2. 도광판의 기본구조

2.1 TFT-LCD의 구성요소

TFT-LCD는 액정판넬(LCD panel)과 백라이트 유니트(BLU)로 구성되는데 Fig. 1은 TFT-LCD의 기본 구조를 보인 것이다. BLU는 액정판넬 아래 부분을 총칭 하는데 LCD에 의한 표시는 그 자체가 비발광성(수광소자)이기 때문에 빛이 없는 곳에서는 사용이 불가능하므로 이러한 단점을 보완하여 어두운 곳에서도 사용이 가능하도록 정보표시면을 균일하게 면조사하는 기능을 가지고 있는데 즉, 램프의 직선광을 위쪽의 액정부로 향하는 평면광으로 변환시키는 것으로 LCD의 발광성능(해상도, 균일성, 밝기)에 결정적인 영향을 미치게 된다.

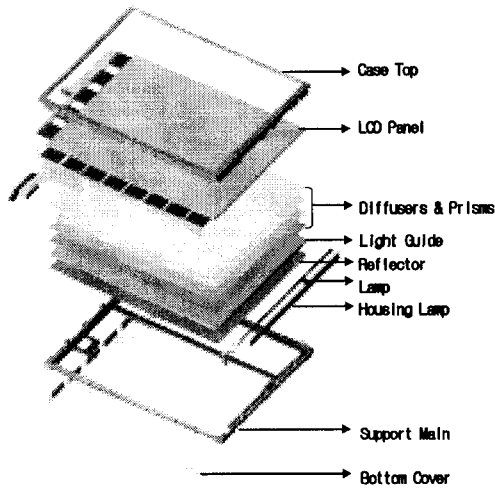


Fig. 1 Basic structure of TFT-LCD

BLU는 크게 발광부와 도파부로 나누어진다. 발광부는 램프와 여기에 전력을 공급하는 인버터로 구성된다. 도파부는 램프에서 나온 빛을 면광원으로 만드는 광부품계로서 이는 프리즘판, 확산판, 도광판 및 반사판 등으로 구성된다. 램프에서 나온 빛이 도광판에 들어가면 대부분의 빛은 전반사되어 그 뒤쪽 끝까지 전달된다. 도광판 평면에 수직인 방향을 기준으로 특정각 이하로 들어온 빛은 전반사되지 않고 반사판으로 투과되거나 또는 바로 확산판으로 나간다. 도광판과 반사판이 맞닿는 노트북 컴퓨터에서와 같이 특정 시야각 부분에서만 밝게 할 경우에는 확산판 앞에는 프리즘판을 두어 빛의 진행방향을 조절한다. 프리즘판은 빛을 위아래 방향과 좌우방향으로 모이게 하도록 2개가 들어간다.

한편, 도광판은 BLU 중에서도 가장 핵심적 기능을 하는 부품으로 PMMA(polymethyl methacrylate)의 재질로 주로 만들어지는데 하나의 일차원적인 램프

광원을 도광판에 성형되어 있는 도트(dot)의 형상에 따라 2차원의 평면광으로 바꾸어 주는 역할을 한다. 도광판에서 나온 빛은 확산판을 통해 빛이 산란되면서 화면이 골고루 밝게 된다. Fig. 2는 도광판에 성형되는 도트패턴의 형태를 나타낸 것으로 도트의 분포 형태는 BLU 제작업체의 중요한 노하우이므로 공개되지 않으나 일반적으로 램프와 가까운 쪽은 도트의 크기를 작게, 먼 쪽은 크게 만들어 준다. 도트 크기는 휘도에 큰 영향을 미치게 되는데 작으면 작을수록 균일성을 갖게 된다. 현재 정밀급 LCD의 경우 수백 μm 의 크기를 가지나 이는 제작 기술상의 제약조건에 기인한다. 현재 사용되고 있는 노트북 컴퓨터용 도광판의 경우 화면의 크기에 따라 물론 달라질 수 있으나 도광판의 도트 수는 수만개, 도트 직경은 150-800 μm , 도트 높이는 10 μm 내외로 알려져 있다.



Fig. 2 A type of dot pattern on LGP

2.2 도트패턴 성형법

도광판의 성형기술은 도광판 형태(Direct type, Side light type)에 따라 다음과 같이 분류할 수 있다.

2.2.1 스크린 인쇄법

가장 보편적으로 사용하는 도광판의 패턴형상 구현 방법이다. PMMA판에 스크린 인쇄방식을 통해 잉크(SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 등)로 패턴을 형성한다. 패턴의 높이 조절은 스크린 인쇄를 실시하는 회수에 의하여 결정된다. 장점으로 개발시간이 단축되며 생산성이 우수하고 단가가 싸지만 단점으로는 일반 다른 방법에 비해서 휘도가 낮다는 것이다.

2.2.2 부식 금형을 이용한 사출법

일반적인 방법은 아니지만 스크린 인쇄방식과 같이 많이 사용되고 있는 방법이다. 화학물질에 의해 패턴의 형상을 부식시키고 그 부식된 금형을 이용하여 PMMA를 사출하여 사용한다. 이런 방법은 화학작용에 의한 방법이므로 에칭의 농도 및 시간에 따라 부식의 깊이가 틀려 양산 재현이 어려우며 광산란이 불규칙하고 오버에칭에 의한 사출시 PMMA판이 빠지지 않는 등의 단점이 있다.

2.2.3 기계가공법

최근 들어 소형 LCD가 개발됨에 따라 그리 큰 휘도를 필요하지 않은 제품이 많이 사용되어지고 있다. CNC 등을 이용해 평판형 도광판에 수십 μ m의 선을 가공하여 선의 밀집도에 따라 밝기를 조절한다. 이 방법은 바로 도광판에 가공하는 방법과 금형판을 가공하는 방법으로 나눌 수 있다. 다른 방식과 같이 휘도가 높으나 가공시간이 오래 걸리고 다이아몬드 팁으로 가공하기 때문에 적절한 높이 조절 및 가공 시작시 재료의 성질 변형 등의 문제점이 있다.

2.2.4 분사가공에 의한 금형을 이용한 사출법

미립분사가공기법을 이용하여 도광판의 사출시 패턴까지도 동시에 성형할 수 있는 사출금형을 이용하는 방법으로 부분적인 응용에 관한 연구 개발은 이루어지고 있으나 실용화 사례는 보고 되지 않고 있다. 이 방법의 가능성과 실용성에 관해서는 검증 결과가 거의 없으나 생산성, 친환경성 등 여러 측면에서의 장점 때문에 연구 개발이 요청되고 있다.

3. 금형 가공공정 및 가공조건

3.1 금형가공을 위한 전체 공정

도트패턴 성형용 금형가공을 위한 주요 공정 흐름을 Fig. 3에 나타냈었는데 이 이전 단계에서 도광판의 패턴 설계와 패턴필름 제작이 필요하다. 그 후 금형에서 가공부와 보호부를 결정하는 마스크링과 미세입자를 이용한 분사가공으로 금형을 제작하는 공정 및 마지막 세정공정으로 전체 공정이 완성된다.

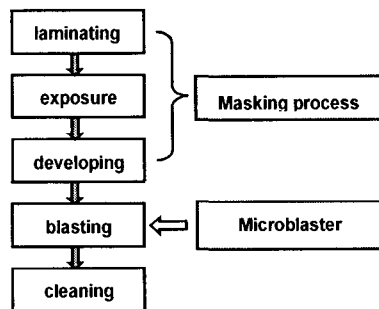


Fig. 3 Process flow for machining LGP mould

3.2 주요 마스크링 공정 조건

마스크링을 위한 여러 공정조건들은 예비 실험을 통하여 선정하였다. 마스크 필름은 일본의 Ordyl에서 제작한 BF704이며 Laminating은 80°에서 온도를 일정하게 유지한 상태에서 100°에서 필름을 부착하였다. 노광량은 평행 UV를 이용하여 250mj, 현상은 5% Na₂CO₃ 용액에서 5-10분간 수행하고 15분간 softbaking을 하였다.

3.3 미립분사가공 조건

금형 가공을 위한 분사가공 조건은 예비실험을 통하여 Table 1과 같이 선정하였다.

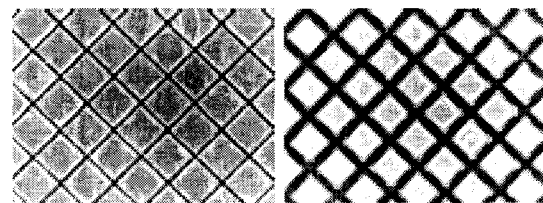
Table 1 Powder blasting conditions

Abrasive	WA#800
Blasting pressure	0.25MPa
Mass flow rate	80-150g/min
Impact angle	90°
Nozzle diameter	8mm
Nozzle X speed	50mm
Nozzle Y speed	100mm
X pitch	5mm
Nozzle height	100mm

4. 금형가공 및 결과 분석

4.1 마스크링 후 시편형상

분사가공 이전 단계의 마스크링 공정이 끝난 후 나타난 금형 시편의 4각패턴의 예를 Fig. 4에 나타내었다. 패턴은 기본적으로 각 사각형상의 밀도에 따라 달라지는데 이는 도광판의 광학적 특성을 고려하여 설계된다. Fig. 4는 도광판 금형의 부위별로 달리 나타나는 패턴형상을 나타낸 것으로 (a)는 금형의 상단부, (b)는 하단부에서의 사진이다. 정사각형으로 나타나는 부위가 실제 도광판 사출시 위로 불록하게 나타나는 4각 도트 패턴이 된다. 전반적으로 4각 패턴이 뚜렷하게 현상되었으나 모서리 부에서 미세한 과도 현상이 일어나고 있음을 볼 수 있는데 이는 현상 과정상 피할 수 없는 현상으로 이의 최소화가 4각 패턴의 정밀도를 결정하게 되는데 결국 마스크링 공정의 중요성을 나타낸다고 볼 수 있다.



(a) Top pattern (b) Bottom pattern

Fig. 4 Photographs of masked pattern

4.2 금형의 패턴과 사출 도광판의 패턴 형상

마스크링 후 미립분사가공으로 제작된 도광판 금형의 중앙에서 한개 4각 패턴에 대한 3차원적 정밀형상 분석 결과를 Fig. 5에 나타내었다. (a)는 3차원적 형상을, (b)는 (a) 패턴에 대한 수평 축 x와 수직 축 y에 대한 단면 형상을 나타낸 것이다. 4각 패턴 형상이 아주 뚜렷하게 나타나고 있는데 전반적으로 분사가공 후 패턴 경계부에서 균일하게 버가 나타나고

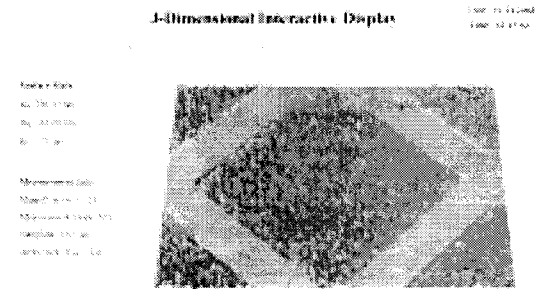
있음을 알 수 있다. 이러한 미세 버는 사출 성형시 크게 문제가 되지 않을 것으로 판단된다.

Fig. 6은 Fig. 5의 금형의 4각 패턴에 대응하여 실제 사출된 도광판의 4각 패턴을 측정된 결과로, 금형에서의 도트패턴의 깊이는 약 2.5um로 나타나고 있으나 실제 사출 후의 도트패턴은 평면에서 ±1um 이내에서 요철이 나타나고 있다. 이와 같은 결과는 사출 후 사출소재의 수축에 기인하는 것으로 판단되며 도트패턴의 높이를 더 크게 하기 위해서는 금형에서의 도트 홈 깊이를 보다 더 깊게 해주어야 된다는 것을 의미하며 최적의 도트 높이는 사출된 도광판을 이용한 휘도 분석 등의 실제 장착 실험을 통하여 최적의 값을 구해야 될 것으로 판단된다.

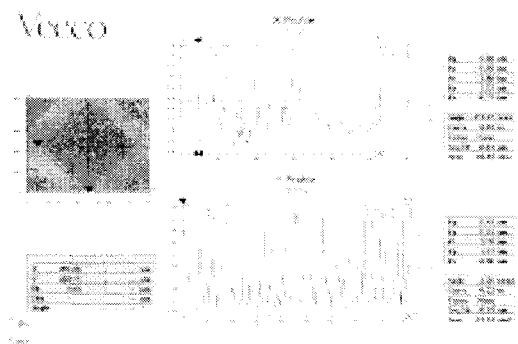
본 연구에서는 도광판에 최소한의 요철만 형성시키는 것을 우선 목표로 하였는데 사출 결과 이의 목표 달성은 충분한 것으로 판단되며 추후 실용성을 갖는 도광판 금형 제작시에는 보다 많은 가공 실험과 LCD에의 장착실험 및 성능 테스트가 필요할 것으로 보인다.

전반적으로 볼 때 이상의 연구 결과로부터 도광판 사출시 도트패턴까지도 동시에 무인쇄 방식으로 성형할 수 있는 가능성을 충분히 보여 주고 있다.

Fig. 7은 미립분사가공으로 제작된 금형 사진을, Fig. 8은 시험사출된 도광판의 사진을 보인 것이다.

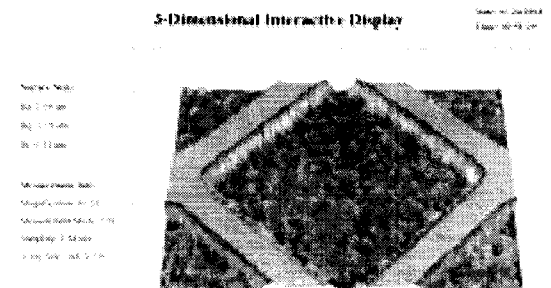


(a) Three dimensional view of a pattern

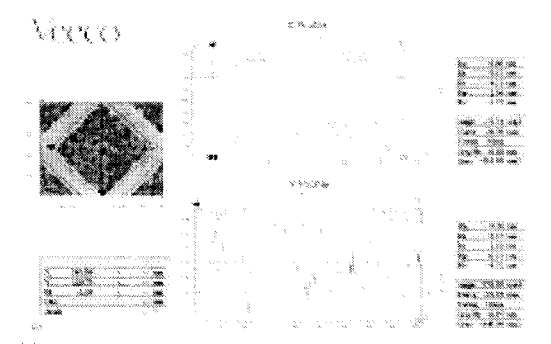


(b) Cross-section of a pattern

Fig. 6 A square pattern on injected LGP



(a) Three dimensional view of a pattern



(b) Cross-section of a pattern

Fig. 5 A square pattern on the machined mould

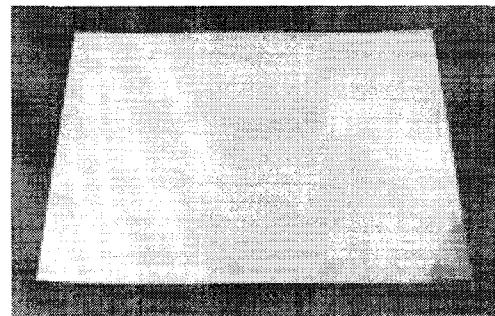


Fig. 7 Developed injection mould for LGP dot pattern

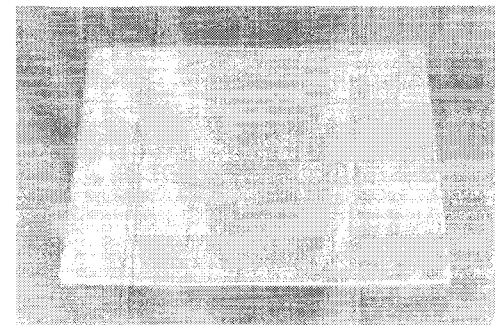


Fig. 8 Injected LGP by the developed mould

4. 결론

본 연구를 통하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- (1) 도광판의 도트 패턴에 대한 laminating, 노광 및 현상으로 구성되는 마스크 공정을 확립하였다.
- (2) 도광판의 도트패턴 성형용 금형의 한쪽 core로 사용될 금형을 가공하였으며 미립분사가공의 도입으로 도트패턴을 정확히 가공할 수 있음을 확인하였다.
- (3) 가공된 도광판의 도트패턴 성형용 금형에 의한 도광판을 시사출하였다.
- (4) 사출된 도광판의 패턴 형상에 대한 정밀 분석 결과 금형으로부터의 전사 성능이 양호하였다.
- (5) 이상의 연구결과로 기존의 스크린 프린트 방식에 의한 각기 도광판의 도트패턴 성형을 금형을 이용하여 도광판 자체의 사출시 도트패턴까지도 동시에 성형이 가능하다는 것을 확인하였다.

후기

본 연구는 한국과학재단의 2002년도 지역대학우 수과학자 지원연구 사업의 일환으로 수행된 연구과제의 일부이며 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. Slikkerveer, P.J., Bouten, P.C.P. and de Haas, F.C.M., 2000, "High Quality Mechanical Etching of Brittle Materials by Powder Blasting," Sensors and Actuators 85, pp. 296~303.
2. Henk, Wensink, Berenshot, U.W., Henri, V. Jan seu, Miko C. Elwenspoek, 2000, "High Resolution Powder Blast Micromachining," Proceedings of the IEEE Micro Electro Mechanical Sustenus (MEMS) 2000, pp. 769~774.
3. Ligthart, H.J., Slikkerveer, P.J., Verd, F.H. In't and Swinkels, P.H.W., Zonneveld M.H., 1996, "Glass and Glass Machining in Zeus Panels," Philips J. Res., Vol. 50, No. 3/4, pp. 475~499.
4. Arvi, Kruusing, Seppo, Leppavuori, Abtti, Uusimaki, Matti, Uusimaki, 1999, "Rapid Pototyping of Silicon Structures by Aid of Laser and Abrasive-Jet Machining", Part of the Symposium on Design, Test, and Microfabrication of MEMS and MOEMS, Paris,France, SPIE, Vol. 3680, pp. 870~878.
5. Moriyasu IZAWA, 2000, "The Trend and Application of the Abrasive Jet Machining," Journal

- of the Society of Grinding Engineers, Vol. 44, No.1, pp. 11~14.
6. Solignac, D., Sayah, A., Constantin, S., Freitag ,R., Gijs, M.A.M., 2001, "Powder Blasting for the Realisation of Microchips for Bio-Analytic Applications," Sensor and Actuators A 3003, pp. 1~6.
7. Khang Hyeun Kim, Dong Sam Park, 2001, "Effect of Impact Angle on the Erosion of Glass in Powder Blasting", Proceedings of Asia-Pacific Forum on Precision Surface Finishing Technology, pp. 175-184, Nov. 21-23, Singapore.
8. 김광현, 최종순, 박동삼, 2002, "Powder Blasting에 의한 유리의 미세 홈 가공시 노즐 주사횟수의 영향, 대한기계학회 논문집 A권, 제26권, 제7호, pp. 1280-1287.
9. 박경호, 오영탁, 박동삼, 2002, "Powder Blasting에 의한 미세포켓의 기계적 에칭", 한국정밀공학회는 논문집, 제19권, 제1호, pp. 219-226.
10. 최종순, 박경호, 박동삼, 2001, "Micro Abrasive Jet Machining을 이용한 유리의 미세 홈 가공", 한국정밀공학회는논문집, 제18권, 제10호, pp. 178-183.