

# Powder Blasting을 이용한 도광판의 Micro-Pattern 가공기술

박동삼<sup>#</sup> · 성은제<sup>1</sup> · 한진용<sup>1</sup> · 유우식<sup>2</sup>

## Machining Technology of Micro-Patterns in LGP by Powder Blasting

D. S. Park, E. J. Seong, J. Y. Han, W. S. Yoo

(Received November 16, 2006)

### Abstract

Powder blasting technique was introduced to micromachine the micro patterns of circular and rectangular shape in LGP mould. The machinability of these patterns and matt treatment by powder blasting were verified. Then a prototype of LGP was injected by the developed LGP mould with micro patterns. Shape analysis of micro patterns and performance test of the injected LGP were carried out. The results showed printless LGP with micro patterns could be produced by just single injection using the mould with micro patterns, and powder blasting technique could be successfully applied to micromachining of micro patterns and matt treatment of LGP mould.

**Key Words** : Powder Blasting, Light Guide Panel, Micro-Pattern, Matt Treatment, Micromachining

### 1. 서 론

최근 각종 IT 제품의 증가에 따라 이들 제품에 요구되는 미세패턴(micro-pattern)의 성형기술 개발이 절실히 요구되고 있다. 그 중에서도 LCD의 도광판은 여러 형태의 미세패턴 성형이 필요한 대표적인 제품으로 LCD 시장은 최근 급격히 증가하고 있다. 종래에는 노트북 PC, 자동차 내비게이션, 오락용 시스템 등을 중심으로 화면의 대형화, 고미세화, 경량화가 추구되어져 왔으나 최근에는 휴대폰, 모니터, TV 및 PDA 등으로 용도가 다양화 되고 있다. TFT-LCD는 크게 액정부과 백라이트 유니트(back light unit : BLU)로 구성되는데 BLU의 핵심부품인 도광판(light guide panel : LGP)은 하나의 직선 램프(CCFL) 광원을 도광판의 아래쪽

면에 성형되어 있는 미세패턴의 형상에 따라 액정으로 향하는 2차원의 평면광으로 바꾸어 주는데 결정적인 역할을 하게 된다. 현재 LCD 업계의 최대 과제는 무인쇄 방식의 도광판을 개발하는 것인데 본 연구의 이전단계에서 이미 파우더 블라스팅(powder blasting) 공법[1~3]을 이용하여 무인쇄 도트패턴을 성형하는 금형의 가공기술과 프리즘 패턴을 갖는 도광판의 윗면 즉 출광면(light emission surface)에 효율적인 매트처리를 수행할 수 있는 금형 코어를 가공하는 기술을 개발하여 왔다.

본 논문에서는 본 저자에 의하여 파우더 블라스팅 공법을 적용하여 무인쇄 도광판 금형을 가공한 지금까지의 연구 내용들과 관련 기술[4~11]들을 종합적으로 고찰하여 본 기술의 실용화 가능성을 검토하였다.

1. 인천대학교 대학원 기계공학과

2. 인천대학교 산업경영공학과

# 교신저자 : 인천대학교 기계공학과,

E-mail : dspark@incheon.ac.kr

## 2. 도광판의 기본구조

TFT-LCD의 기본구조는 Fig. 1과 같으며 액정 패널과 BLU로 구성된다. Fig. 2는 지금까지 주로 사용되어 왔던 BLU의 기본구조를 나타낸 것이다. BLU는 램프의 직선광을 위쪽의 액정부로 향하는 균일 평면광으로 변환시키는 것으로 LCD의 발광 성능(해상도, 균일성, 밝기)에 결정적인 영향을 미치게 된다.

도광판은 BLU 중에서도 가장 핵심적 기능을 하는 부품으로 도광판에 성형되는 미세패턴의 종류는 주로 도트패턴이 사용되어 왔으나 최근에는 프리즘 패턴이 광학적 측면에서 보다 효율적이라 알려지고 있어 이러한 패턴을 갖는 무인쇄 방식의 도광판을 개발하려는 연구가 많이 시도되고 있다.

한편, 일반적으로는 도광판의 아랫면에만 프리즘 패턴을 성형하나 최근에는 상하 양면에 프리즘 패턴을 가공하여 프리즘판 자체를 없애거나, 아랫면에는 프리즘 패턴을 사용하고 윗면에는 매트처리를 하여 하나의 프리즘판을 제거하려고 시도하고 있다.

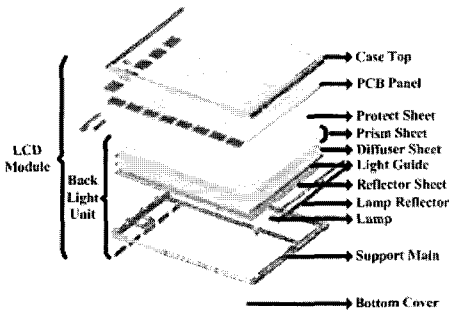


Fig. 1 Schematic expression of TFT-LCD

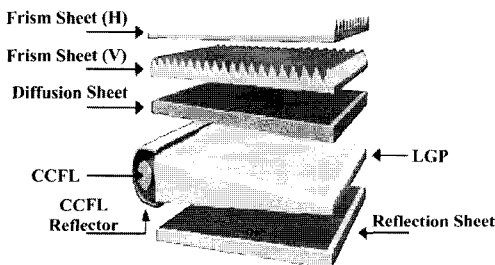


Fig. 2 Compositions of back light unit

## 3. 도광판 금형 가공 공정개요

파우더 블라스팅을 이용하는 도광판의 도트패턴 무인쇄 성형을 위한 금형가공의 전체 공정 흐름을 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3의 공정 이전 단계에서 도광판의 패턴 설계와 패턴필름 제작이 필요하다. 그 후 금형에서 가공부와 보호부를 결정하는 마스킹과 미세입자를 이용한 분사가공으로 금형을 제작하는 공정 및 마지막 세정공정으로 도광판 제작을 위한 금형가공 제작의 전체 공정이 완성된다.

한편, 매트처리의 경우는 특별한 전후 처리가 필요없이 도광판의 출광면을 성형하는 금형의 면에 파우더 블라스팅만 수행하면 된다.

## 4. 무인쇄 도광판 금형가공 사례

### 4.1 도트 패턴

Fig. 4는 도광판의 도트 패턴의 사출성형을 위한 금형 코어의 가공 예를 보여주고 있는데 재질은 STS 301이다.

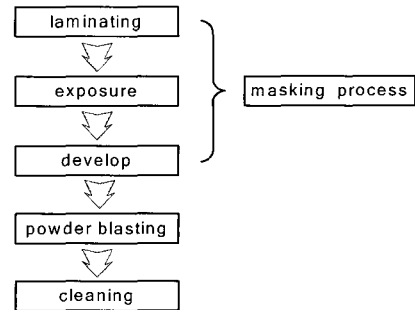


Fig. 3 Process flow for machining LGP mould

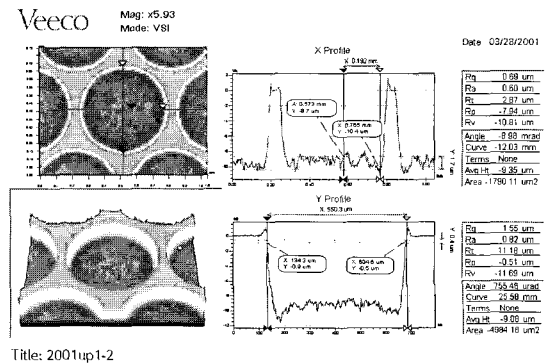


Fig. 4 Dot pattern grooving in STS 301

### 4.2 사각 패턴

분사공기 이전 단계의 마스크링 공정이 끝난 후 나타난 금형 시편의 4각 패턴의 예를 Fig. 5에 나타내었다. 패턴은 기본적으로 각 사각형상의 밀도에 따라 달라지는데 이는 도광판의 광학적 특성을 고려하여 설계된다. Fig. 5는 도광판 금형의 부위별로 달리 나타나는 패턴형상을 나타낸 것으로 Fig. 5(a)는 금형의 상단부, Fig. 5(b)는 하단부에서의 사진이다.

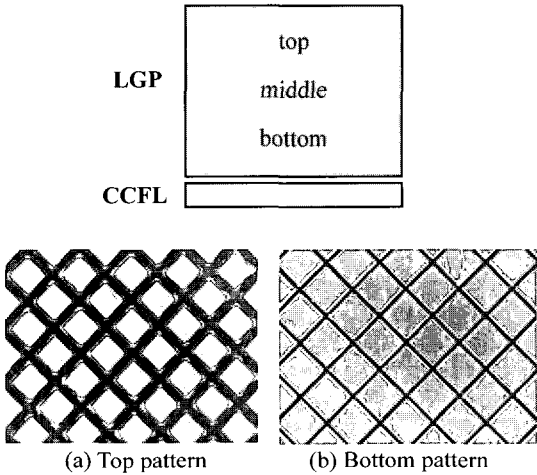


Fig. 5 Photographs of masked pattern

파우더 블라스팅으로 제작된 도광판 금형의 중앙에서 한개 4각 패턴에 대한 3차원적 정밀 형상 분석 결과를 Fig. 6에 나타내었다. Fig. 6(a)는 3차원적 형상을, Fig. 6(b)는 Fig. 6(a) 패턴에 대한 수평축 x와 수직 축 y에 대한 단면 형상을 나타낸 것이다.

Fig. 7은 Fig. 6의 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 있는데 본 연구에서는 도광판에 최소한의 요철만 형성시키는 것을 우선 목표로 하였기 때문이다. 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.

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

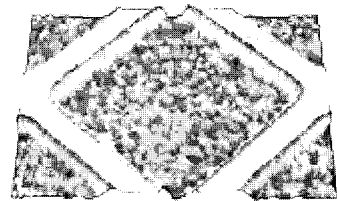
### 4.3 매트 처리

V 홈을 미세패턴으로 갖는 프리즘 도광판의 경우 일반적으로 광을 균일화하기 위하여 매트처리가 필요하며 도광판의 출광면을 성형하는 금형의 면에 파우더 블라스팅으로 미세하고도 일정한 요철을 만들어주는 것이 효율적이라고 알려져 있다.

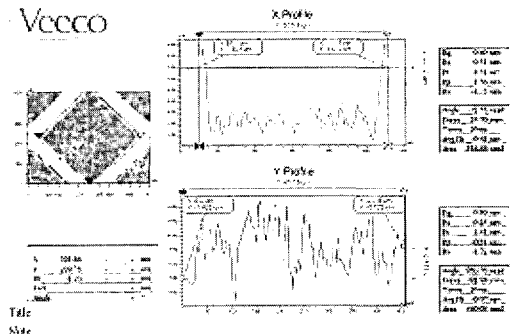
Table 1은 매트 처리를 위한 분사조건을 나타낸 것이며 Fig. 8은 아래쪽에 프리즘 패턴을 갖는 프리즘 도광판의 상면 성형용 금형 코어에 매트 처리를 한 후 형상을 나타낸 그림이다.

Table 1 Blasting conditions for matt treating

| Abrasive          | WA, GC, Gass bead |
|-------------------|-------------------|
| Blasting pressure | 0.1-0.3MPa        |
| Mass flow rate    | 50-150g/min       |
| Impact angle      | 90°               |
| Nozzle diameter   | 8mm               |
| Nozzle X speed    | 50-100mm/s        |
| Nozzle Y speed    | 50-100mm/s        |
| X pitch           | 5mm/s             |
| Nozzle height     | 100mm             |

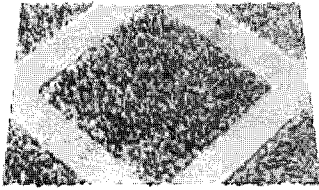


(a) Three dimensional view of a pattern

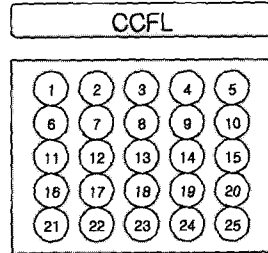


(b) Cross-section of a pattern

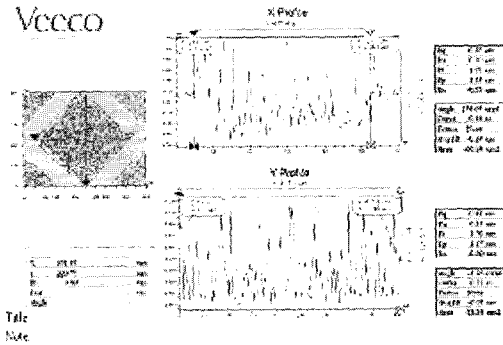
Fig. 6 A square pattern on the machined mould



(a) Three dimensional view of a pattern

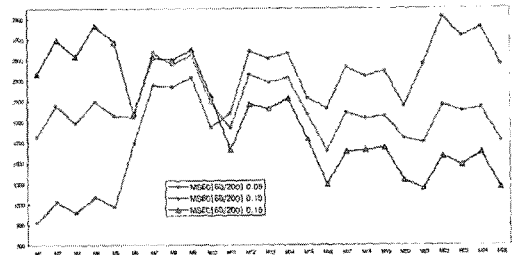


(a) Measuring points



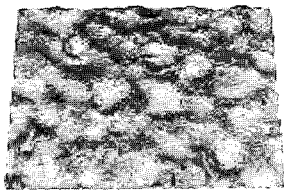
(b) Cross-section of a pattern

Fig. 7 A square pattern on injected LGP

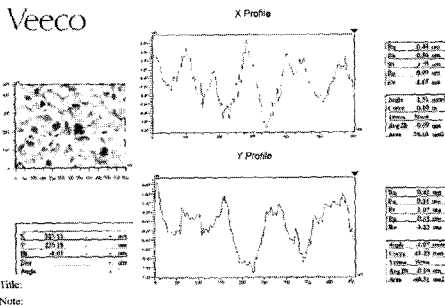


(b) Brightness

Fig. 9 Brightness distribution on LCD



(a) 3-D view of matted surface



(b) Profiles of matted surface

Fig. 8 Final stage matt treatment of LGP mould

분사압력이나 분사재의 재질과 크기 등 여러 분사조건들이 매트 형상에 큰 영향을 미치는데

수많은 실험과정을 통하여 이러한 조건들을 최적화시켜 나온 최종 상태의 매트 처리 형상이다. 전면에 걸쳐 균일하면서도 요철이 분명히 드러나는 형태로 매트 처리가 아주 잘 되었다는 것을 알 수 있다. 매트 처리의 적합성은 결국 매트 처리된 금형으로 도광판을 사출 성형한 후 사출된 도광판을 이용한 장착실험을 통하여 광학적 특성 시험 결과들로부터 판단할 수 있다.

분사압력의 변화에 따른 휘도 측정결과를 Fig. 9에 나타내었는데 Fig. 9(a)는 휘도를 측정하는 25개의 위치이며 Fig. 9(b)는 각 위치에서의 휘도 측정값을 나타낸다. 분사압력에 따라 전후 부분의 휘도가 역전되는 현상이 나타나고 있는데 전반적으로는 0.1MPa에서 휘도분포가 균일하며 압력이 낮을 때는 후면에서, 높을 때는 반대로 전면에서 휘도가 크다. 따라서, 전반적으로 휘도와 균일성을 높이기 위해서는 도광판의 CCFL 인접부에서는 고압으로, 먼 부분에서는 저압으로 분사가공을 하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.





Table 2는 25개 위치 혹은 5개 위치(Fig. 9(a)의 7,9,13,17,19)에서 측정된 휘도를 정리한 것으로 전반적으로 5개 위치에서의 휘도와 균일성이 높게 나타나고 있는데 휘도와 균일성을 동시에 고려할 때 분사압력이 0.1MPa일 때 최적의 상태를 얻을 수 있다고 판단된다.

**Table 2 Brightness uniformity of matted LGP**

| pressure (MPa) | brightness(cd/m <sup>2</sup> ) |      | uniformity(%) |      |
|----------------|--------------------------------|------|---------------|------|
|                | 25p                            | 5p   | 25p           | 5p   |
| 0.05           | 2078                           | 2379 | 31.6          | 89.3 |
| 0.10           | 2031                           | 2265 | 62.8          | 75.9 |
| 0.15           | 1959                           | 2077 | 44.0          | 61.7 |

**4.4 휴대폰용 단말기 도광판의 매트 처리**

Fig. 10은 휴대폰용 단말기의 도광판에 대한 매트 처리 후 가공조건에 따른 휘도와 균일도 특성을 나타낸 것이다. 기준 모델의 경우 휘도가 2237cd/m<sup>2</sup>, 균일도가 71%였으나 매트 처리를 하면 가공조건1의 경우 균일도를 같게 유지하면서도 휘도를 3017cd/m<sup>2</sup>까지 약 40% 정도 휘도를 높일 수 있었다. 이러한 결과는 도광판 금형에의 매트 처리가 휘도와 균일도를 크게 개선시킬 수 있으며, 매트처리를 위하여 파우더 블라스팅 기법이 아주 효과적으로 적용될 수 있음을 알 수 있다.

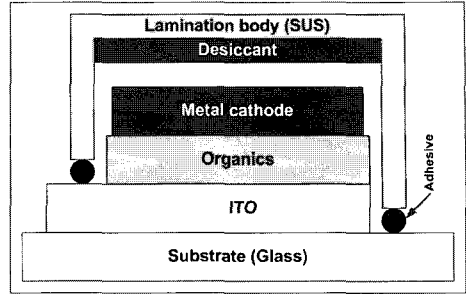
|                       | basic model   | blasting cond. 1  | blasting cond. 2  | blasting cond. 3  |
|-----------------------|---|---|---|---|
| brightness (25P ave.) | 2,237 cd/m <sup>2</sup>   | 3,017 cd/m <sup>2</sup>   | 2,804 cd/m <sup>2</sup>   | 2,445 cd/m <sup>2</sup>   |
| uniformity            | 71%   | 71%   | 74%   | 64%   |
| photo.                |  |  |  |  |

**Fig.10 Brightness and uniformity in matt treated LGP for cellular phone**

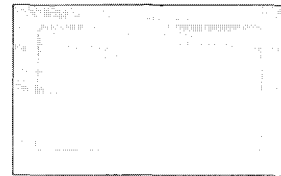
**4.5 유기 EL용 유리 캡 성형**

최근 각종 휴대용 IT 기기들의 디스플레이용으로 유기 EL을 채용하는 경향이 크게 높아지고 있는데 그 경우 효과적인 패키징이 중요한 문제로 대두되고 있다.

기존의 유기 EL의 구조 개요를 Fig. 11에 나타내었는데 패키징을 위하여 지금은 대부분 스텐레스강 소재의 금속캡을 사용하고 있으나 무게나 부피의 과대, 유리나 플라스틱 등 종류가 다른 기판과의 부착으로 인한잔류응력의 발생 및 금속의 특성상 성형시 평탄도 불량이나 미세전류의 발생 등 많은 문제점이 발생되고 있다.



**Fig. 11 Schematic structure of OLED packaging**



**Fig.12 Blasted glass cap for OLED packaging**

따라서, 본 연구에서는 파우더 블라스팅을 이용하여 유리에 일정 흡을 가공하는 방법을 도입하였다. Fig. 12는 파우더 블라스팅을 이용하여 성형한 유리 캡의 형태이며 이는 기존의 금속캡을 충분히 대체할 수 있을 것으로 판단된다.

**5. 결 론**

본 논문에서는 지금까지 본 저자에 의하여 수행되어온 미세 패턴 가공과 관련된 각종 연구들 중 파우더 블라스팅을 이용하여 LCD 도광판 금형과 유기 EL용 유리캡과 관련된 연구내용을 중심으로 가공사례들을 소개 하였다. LCD 도광판의 경우 사출시 미세 도트패턴까지도 동시에 무인쇄 방식으로 성형할 수 있는 금형의 제작 가능성을 충분히 보여 주었다. 프리즘 패턴을 사용하는 경우 파우더 블라스팅을 이용한 매트 처리 기법은 도트 혹은 프리즘 패턴을 갖는 노트 북용 혹은 휴대폰용 무인쇄 도광판의 제작에 충분히 활용될 수 있음을 보여주고 있는데, 추후 압부의 개선이나 균일성 제고를 위한 연구가 더 필요하다고 판단된다. 또한, 유기 EL에서 기존에 사용되고 있는 금속캡을 파우더 블라스팅을 이용하여 유리캡의 형태로 대체 제작할 수 있음을 보여주었는데 이는 실용화에도 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

## 후 기

본 연구의 일부 연구자는 2단계 BK21 사업의 지원을 받았으며 이에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- [1] P. J. Slikkerveer, P. C. P. Bouten, F. C. M. de Haas, 2000, High quality mechanical etching of brittle materials by powder blasting, *Sensors and Actuators* 85, pp. 296~303.
- [2] H. J. Lighthart, P. J. Slikkerveer, F. H. In't Veld, P. H. W. Swinkels, M. H. Zonneveld, 1996, Glass and Glass Machining in Zeus Panels, *Philips J. Res.*, Vol. 50, No. 3/4, pp. 475~499.
- [3] H. Wensink, U. Berenshot, Henri V. Jan seu, Miko C. Elwenspoek, 2000, High Resolution Powder Blast Micromachining, *Proceedings of the IEEE Micro Electro Mechanical Systems(MEMS) 2000*, pp. 769~774.
- [4] 박동삼, 최영현, 하민수, 2003, TFT-LCD의 도광판 미세패턴 성형용 금형가공, *한국정밀공학회 2003년도 춘계학술대회논문집*, pp. 1215~1219.
- [5] Dong-Sam Park, Myeong-Woo Cho, Honghee Lee, Won-seung Cho, 2004, Micro-grooving of glass using micro-abrasive jet machining, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 146, Issue 2, pp. 234~240.
- [6] M. W. Cho, D. W. Kim, E. S. Lee, W. S. Cho, J. Lee, D. S. Park, T. I. Seo, 2004, Machinability Evaluation of Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-hBN Composites for Micro Pattern Making Processes, *Key Engineering Materials*, Vols. 264-268, pp. 869~872.
- [7] M. W. Cho, W. S. Cho, D. S. Park, J. H. Lee, E. S. Lee, T. I. Seo, D. W. Kim, 2004, Application of Powder Blasting Techniques to Micro-Pattern Making Process for Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-hBN Composites, *Proceedings of ISASC-2004*, 1-P-15.
- [8] D. S. Park, T. I. Seo, C. K. Woo, M. W. Cho, W. S. Cho, November 8-12, 2004, Development of the Injection Mould for Forming the Micro Dot Pattern of the Light Guide Panel of TFT-LCD, *Proceedings of the 8th International Conference on Mechatronics Technology*, Hanoi, Vietnam.
- [9] 박동삼, 강대규, 김정근, 2004, 파우더 블라스팅을 이용한 도광판 금형의 매트처리, *한국기계공학회 2004년도 추계학술대회논문집*, pp. 100~1004.
- [10] M. W. Cho, W. S. Cho, D. S. Park, J. H. Lee, E. S. Lee, T. I. Seo, D. W. Kim, 2005, Application of Powder Blasting Techniques to Micro-Pattern Making Process for Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-hBN Composites, *Key Engineering Materials* Vol. 287, pp. 51~56.
- [11] 박동삼, 강대규, 김정근, 성은제, 한진용, 2006, 파우더 블라스팅에 의한 OELD용 유리캡의 가공 및 크랙 특성, *한국공작기계학회 논문집*, Vol. 15, No. 5, pp. 51~58.