

미세 패턴 제품 마스터 제작 및 성형 공정 기술 개발

유영은*, 서영호, 제태진, 최두선(한국기계연구원)

Fabrication of a stamper and injection molding for micro pattern product

Y.E Yoo, Y.H Seo, T.J Je, D.S Choi(KIMM)

ABSTRACT

In recent, LCD becomes one of the main display devices and expected to have quite good market share during the next couple of years. The demand for low cost and high performance, however, is becoming severe as the competition among other display devices like PDP, OLED increases. To satisfy this demand from market, we need to optimize the parts or modules of the LCD, reduce the number of the assemble and enhance the process for the high brightness and uniformity of the LCD. The LCD consists mainly of LCD panel and Backlight unit(BLU). BLU, which takes big portion of the cost for LCD, consists of light source, light guide panel and many kinds of functional film. Recently light guide panel or film for BLU has micro patterns on its surface and consequently to reduce the number of parts and enhance the brightness and its uniformity.

In this study, some methodologies for the fabrication of the master/stamper and molding the light guide panel are introduced for 50um pitch of prizm patterned substrate. Mechanical machining process is adapted and optimized to fabricate micro patterned stamper using the micro cutting tool. Injection molding technology is also developed to obtain uniformly replicated micro patterned products.

Key Words : BLU(Back Light Unit), 미세패턴(micro pattern), 스탬퍼(stamper), 사출성형(injection molding)

1. 서론

Laptop computer, PDA, 모바일폰 등의 휴대형 정보 기기를 통한 다양한 정보, 특히 멀티미디어 정보에 대한 수요가 근래에 급증하고 있다. 이러한 시장 환경의 변화에 능동적으로 대처하기 위해서는 소비 전력이 적고, 가벼우며, 고성능, 고화질의 디스플레이 기기 개발이 필수적이다. 이러한 수요를 만족시키기 위해 LCD, OLED 등 다양한 디스플레이 기기의 성능 향상 및 신규 개발이 진행되고 있으나, 당분간은 현재 휴대형 디스플레이 기기 중 비중이 가장 큰 LCD의 우세가 지속될 것으로 예상된다. 그러나 LCD의 경우 성능이나 양산 공정 등이 안정화 되어 있는 반면, 현재 고성능, 고화질 및 저가격 등의 시장 요구를 능동적으로 충족하고 그 시장을 확장하기 위해서는 관련 부품 및 공정 분야에서의 적극적인 기술 개발이 필요하다. 이를 위해서는 LCD를 구성하는 다양한 부품의 성능 개선 및 복합화를 통한 광효율의

개선 및 부품 수 감소가 필요하다.

LCD는 구조적으로 크게 LCD front panel 및 Backlight Unit(BLU)의 2개 부분으로 구분할 수 있다(Fig.1). 이중 CCFL로 대표되는 광원부, Edge-type에서의 도광판과 각종 기능 향상을 위해 필요한 다수의 필름 등으로 구성되는 BLU는 LCD의 휘도, 균일성, 광효율, 중량, 두께 및 가격 등의 전반적인 부분에 영향을 미치는 핵심 부품이다. LCD는 그 구조적인 문제로 인해 광효율이 매우 낮은 수준에 머물고 있다. 실제 광원에서 방사된 빛 중 화면을 통해서 볼 수 있는 빛의 양은 3 ~ 10% 정도에 불과하고, 이중 50% 정도는 BLU를 구성하는 다양한 광 부품을 거치는 동안 다양한 형태로 소멸되고 만다. 따라서 경량의 고휘도, 고화질 LCD의 개발을 위해선 차세대 고효율 BLU의 개발이 필수적이다^{1,2}.

현재까지 다양한 기능성 필름의 개발을 통한 BLU 성능 개선이 지속적으로 이루어져 왔다. 그러나 이에 따른 부품 수 증가 및 원가 상승의 문제로 필요

한 기능을 도광판에서 구현하는 기능성 도광판이나 여러 기능을 한 장의 필름에서 구현할 수 있는 기능성 복합 필름 등의 개발을 통해 성능 개선 및 원가 절감을 동시에 이루려는 노력이 진행되고 있다.

이러한 복합 기능 도광판이나 필름은 그 표면에 다양한 크기와 형상의 미세 패턴 형성이 필요하다 (Fig. 2). 이를 위해서 패턴 설계 기술과 함께 미세 패턴 부품의 대량 생산을 위한 미세 패턴 가공/금형 기술 및 미세 성형 기술의 개발이 필요하다. 미세 패턴 금형을 위한 패턴 가공은 미세 절삭 가공, 리소 공정을 응용한 etching 공정 및 electroforming에 의한 니켈 스탬퍼 제작 등의 기술 등을 적용할 수 있으며 이러한 기술은 패턴의 형상 및 크기, 필요 가공 면적 등을 고려하여 선택적으로 적용 될 수 있다. 그러나 미세 절삭 가공 기술은 가공 속도나 가공 가능한 패턴의 크기, 가공 결함 등의 측면에서 기술적 개발이 필요하며 etching 공정에 의한 가공의 경우 다양한 형상의 패턴 구현 어려움 등의 한계가 있어 이를 극복하기 위한 연구 개발이 필요하다³⁻⁴.

도광판 제작의 경우 대량 생산 및 성능면에서 우수한 사출/압축 성형의 적용이 요구되고 있으나 도광판의 두께가 감소하고 표면의 패턴 크기가 작아짐에 따라 성형성 및 패턴의 전사성이 매우 악화되어, 양산 적용을 위해서는 이에 대한 최적화가 필요하다⁵⁻⁷.

따라서 이러한 미세 가공 및 성형 기술의 개발이 기능성 도광판의 경쟁력 있는 양산 제품 개발 성공 여부에 큰 영향을 미치는 요소이므로 본 연구에서는 초미세 패턴 가공을 위한 적절한 가공 및 성형 기술의 개발을 진행하고자 한다.

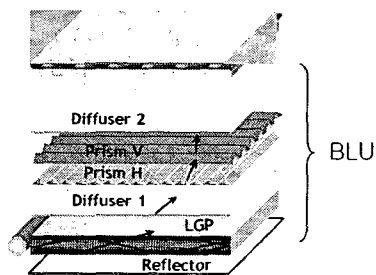


Fig. 1 Schematic of LCD structure

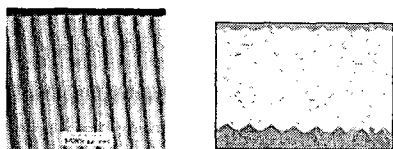


Fig. 2 Examples of micro patterns for BLU

2. 미세 패턴 스탬퍼 가공

미세 패턴 제품의 사출 성형을 위해서는 우선 미세 패턴이 가공되어 있는 스탬퍼 제작이 필요하다. 미세 패턴 스탬퍼의 제작은 소재나 가공 방법의 측면에서 다양한 접근이 가능하나, 성형 중 수백 기압 이상의 높은 압력이 적용되고 최소 수 만회 이상의 사출이 요구되는 사출 성형 공정에 적용되어 사용되기 위해서는 스탬퍼의 강도나 내구성 등이 우선 고려되어야 한다. 미세 패턴의 가공 방법으로는 기계적 절삭 가공, 화학적 부식에 의한 가공이나 이러한 가공에 의해 형성된 패턴을 nickel electro-forming 등의 방법으로 스탬프로 전사하는 방법 등을 대표적으로 들 수가 있다. 설계된 패턴의 형상이나 크기, 표면 정밀도 및 가공 면적 등에 따라 가공 시간이나 비용 등을 고려하여 적절한 가공 방법을 결정하여야 한다.

본 연구에서는 우선 기계적 가공에 의해 프리즘 형상을 가지는 패턴 스탬퍼를 제작하였다. 이를 위해서 금형 코아 부분에 니켈 층을 코팅한 후 다이아몬드 공구 등을 이용하여 피치 50 μm , 각도는 90° 인 미세 패턴을 가공하였다. Fig. 3에 프리즘 패턴 가공을 위한 공구의 개략도를 나타내었다. Fig. 4에서는 가공된 프리즘의 형상을 나타내었다. 가공 오류에 의한 패턴 불량을 방지하고 설계된 패턴의 정확한 가공을 위해서는 장시간의 가공 과정에서 안정적인 가공 환경이 매우 중요하며, 가공 속도 및 가공 양 등의 가공 조건이 가공된 패턴의 결과에 큰 영향을 미침을 알 수 있었다.

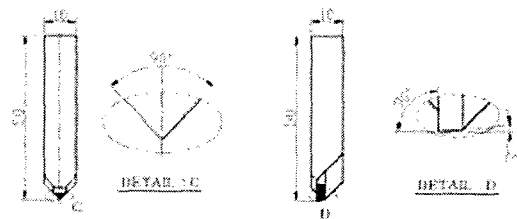


Fig. 3 Design for micro cutting tool

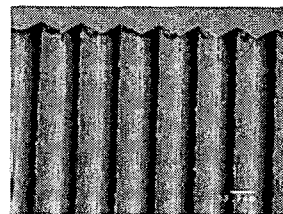


Fig. 4 A machining result of prism pattern

3. 미세 패턴 성형 기술

앞에서 가공한 프리즘 패턴 스탬퍼 혹은 금형 코어를 적용하여 기능성 도광판과 같은 기능성 표면 제품을 성형하는 경우, 패턴의 전사성은 가장 중요한 성형 목표이다. 사출 성형의 경우 고온의 고분자 용융물이 금형에 주입되어 상대적으로 저온인 금형 면과 접촉하는 순간부터 냉각되어 고화가 진행되게 되는데, 고분자 용융물은 냉각되어 온도가 낮아짐에 따라 점도가 증가하게 되어 유동성이 급격히 저하되고 일정한 온도 이하로 냉각되어 고화되면 그 유동성을 잃게 된다. 이러한 현상은 금형 면과 접해 있는 제품의 표면 부분에서부터 진행되게 되는데, 이는 표면 부분에 미세 형상이 형성되어 있는 제품의 성형에 매우 부정적인 요인이 된다. 따라서 미세 패턴의 성형을 위해서는 이러한 표면에서의 고화 현상에 의한 전사성 저하를 효율적으로 방지하여 균일하게 패턴을 복제하기 위해 성형 온도 및 금형 온도를 증가시키고, 성형 압력을 높이는 것이 필요하나 과도한 온도나 압력의 증가는 제품의 변형이나 광학적 성질에 좋지 않은 영향을 미치게 되므로, 적절한 성형 공정 및 조건의 선정이 필요하다.

본 연구에서는 80mm X 60 mm 정도의 기판에 형성된 프리즘 패턴의 사출 성형을 수행하고 성형 조건에 따른 패턴의 전사성 차이를 분석하였다. Fig. 5에서는 저압, 저속의 성형 조건에 의한 결과(a)와 고압, 고속의 성형 결과(b)를 비교하였다. 저온 저속 성형 결과의 경우 산부분의 전사가 불완전하여 둥근 형상을 보이고 있는 반면, 고온 고속 성형 결과는 상대적으로 프리즘 형상을 잘 전사하고 있음을 알 수 있다. Fig. 6에서는 스탬퍼에서의 패턴 형상과 사출물에서의 패턴 형상을 위치 별로 비교하여 보았다. 게이트로부터의 상대적인 위치에 따라 전사성의 차이가 발생함을 알 수 있었으며 이의 균일화를 위해 공정 및 금형 설계 측면에서의 최적화가 필요하다.

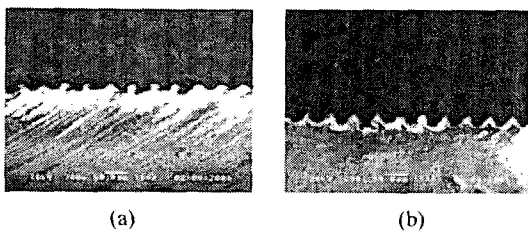


Fig. 5 Molding results for prism pattern at different molding conditions

Table 1. Molding conditions

사용소재	PC
성형 온도	325 °C
금형 온도	105 °C
사출 속도	80/60 mm/sec
보압	300 kgf/cm ²

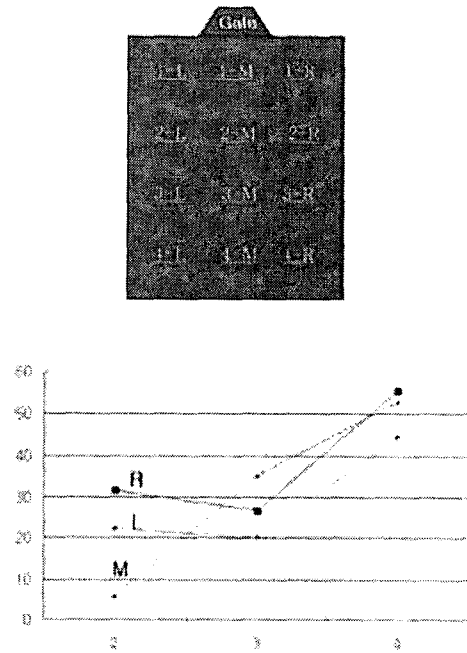


Fig. 6 Difference between stamper and molded part

4. 결론

본 연구에서는 표면에 미세패턴이 형성되어 있는 기능성 도광판을 대량 제작하기 위해 기계적 절삭 가공에 의한 프리즘 패턴 스탬퍼를 제작하였으며, 이를 이용한 사출 성형 공정의 적용으로 프리즘 패턴이 설계된 기능성 도광판을 제작하고 균일한 패턴을 제작하기 위한 스탬퍼 가공 및 성형 공정의 최적화를 수행하였다.

후기

본 연구는 산업자원부의 차세대신기술개발 사업인 고기능 초미세 광열유체 마이크로 부품 사업의 지원으로 이루어진 것입니다.

참고문헌

1. Market Report 2004-6, "LCD용 백라이트 유니트?
(주) 밸류애드, 2004
2. 임성규, ? LCD 백라이트의 현황 및 전망? 한국정
보디스플레이학회지, 제 3권, 제5호, pp. 18-23
3. K. Sawada, T. Kawai, H. Terashima,
"Ultra-highprecision Machining Technology of
Micro Structure", The 6th International
Micromachine Symposium, pp.199-202, 2000.9
4. T.J. Je, E.S. Lee, D.S. Choi, S.M. Hong,
J.C. Lee and H. Choi, "Micro End-Milling
Machining Characters and its Applications",
Proceedings of the KSPE, pp.589-592, 2003.6
5. Yu Liyong, Koh Chee Guan, Lee L. James, and
Koelling Kurt W, "Experimental Investigation and
Numerical Simulation of Injection Molding with
Micro-Features," Polymer Engineering and Science,
Vol. 42, pp. 871-888, 2002
6. Yu Liyong, Lee L. James, and Koelling Kurt W,
"Flow and Heat Transfer Simulation of Thin-Wall
Injection Molding with Microstructures," SPE
ANTEC 2003, pp. 602-606, 2003
7. Kari Monkkonen, Joni Hietala, Pertti Paakkonen,
Esko J. Paakkonen, Terho Kaikuranta, Tuula T.
Paakkanen and Timo Jaaskelainen, "Replication of
sub-Micron Features Using Amorphous
Thermoplastics," Polymer Engineering and Science,
Vol. 42, pp. 1600-1608, 2002