

# V-형상 마이크로 패턴의 가공성에 관한 연구

## Study on the Machinability of V-Shaped Micro Patterns

\*#김현철

\*#H. C. Kim(mechkhc@injel.ac.kr)

인제대학교 기계자동차공학부, 고안전 차량 핵심기술 연구소

Key words : Ultra-precision machining, V-shape micro patterns, Machining limit

### 1. 서론

최근 매년 급격히 성장하고 있는 디스플레이, 광학기기, 통신부품, 태양광발전, 연료전지 분야에 미세 패턴이 조밀하게 분포된 부품들이 다양한 형태로 사용되면서 그에 따른 마이크로 또는 나노 크기의 형상 제조 공정의 필요성이 크게 부각되고 있다.

현재, 이러한 미세 형상 부품들은 주로 마이크로 성형 공정에 의해서 제조되고 있으며, 이러한 미세구조를 갖는 부품들은 주로 미세 방전가공이나 LIGA 같은 마이크로 전자 에칭 가공공정에 의해 2 와 1/2 차원의 형태로 제조되게 된다. 이 가공방법은 동일 부품의 형상 자체를 대량 가공하는 경우에는 큰 장점을 갖고 있으나, 공정상 에칭등의 부대 공정을 고려하면 제조공정 전체의 측면에서는 비경제적인 면이 많다. 또한 비교적 작은 수량의 다양한 부품을 가공하는 경우에는 고가의 마스크를 각각 사전에 제작해야 하는 어려움이 있으며, 또한 가공 가능한 가공물 크기 및 표면조도 면에서 제약이 있다.

이러한 제약을 극복하기 위한 방법으로서 미소 공구를 이용한 미세 형상 가공기술로 초정밀 미세형상 금형을 가공하고 이 금형으로 사출 혹은 압축 성형하여 미소부품이나 광학용 기능성 표면을 제조하는 기술이 매우 경제적이면서 다용도로 활용될 수 있는 기술로서 관심의 대상이 되고 있다. 미세 형상에 제조를 위한 기계가공 방법은 상대적으로 다양한 형상을 여러 가지 재료에 대해서 유연하게 제조할 수 있다는 장점을 가지고 있을 뿐 아니라 수 내지 수십 나노의 높은 표면조도를 확보 할 수 있어 광학부품이나 디스플레이 제품에 들어가는 미세 패턴의 제작에 최적이라 할 수 있다. 현재 단결정 다이아몬드 공구를 이용한 초정밀 미세 패턴가공 기술이 가장 많이 활용되고 있는 분야인 디스플레이 광학부품 중 가장 큰 규모의 시장은 BLU(Back Light Unit)이다. LCD 디스플레이는 자체 발광이 안 되므로, 빛을 위로 모아 주는 기능을 하는 BLU 라는 조명장치가 항상 필요하다. 일반적인 BLU 의 구조는 그림 1 과 같고, BLU 의 가격 대비 비율은 LCD 의 약 35%수준이고, 세계 평판 디스플레이 시장 규모가 2007 년 860 억불이므로 BLU 시장의 규모는 300 억불이다. 이와 같이 엄청난 거 큰 BLU 시장에서 그 중 36%가 확산시트와 2 장의 프리즘 시트의 가격이다. 이러한 구조에서 보듯이 2 장의 프리즘 시트를 사용하는데 원가가 높고 조립시 불량으로 인해, 프리즘 시트를 제거하는 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 동일한 광효율을 가지고 시트수를 감소하기 위해서는 가능한 예각을 갖는 V 형상 미세 패턴이 광학적으로 필요하다. 뿐만 아니라, 도로의 표지판에 들어가는 반사 필름이나, 광학기기에 필요한 미세 패턴들은 광효율을 높이기 위해 광학적으로 예각의 미세 패턴이 요구 될 때가 많으나, 현재 기계가공을 이용해서 가공 가능한 한계에 대한 연구가 없는 실정이다. 관련된 몇몇 연구들[1-4]은 단결정 다이아몬드 공구의 가공 성능 및 공구 마모등에 국한되어 있을 뿐이고, 가공 가능한 예각의 각도 등 가공성에 관한 연구는 없는 실정이다. 하여 본 연구에서는 V 형상 미세 패턴 가공 한계를 실험적으로 검증하기 위해서 20 도 ~ 80 도의 공구각을 갖는 다이아몬드 공구를 이용하여 다양

한 가공속도와 높이를 가공하여 결과를 고찰함으로써 V 형상 패턴의 가공 한계를 실험적으로 규명하였다

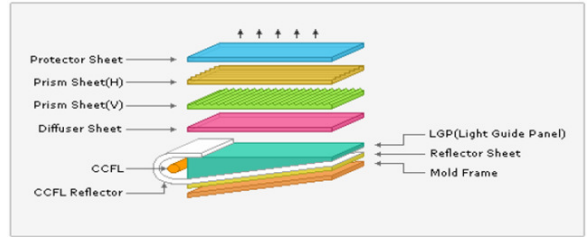


Fig. 1 BLU (Back Light Unit) Structure

### 2. 실험

본 연구에서는 도시바 UMP-160160D 초정밀 가공기를 이용하여 시험을 수행하였으며, 그림 2 와 같이 20 도 ~ 80 도의 공구각을 갖는 단결정 다이아몬드 공구를 이용하여 다양한 예각에 대해 절삭 깊이를 달리 하며 실험을 수행하였다. 실험 장비 및 조건은 표 1 와 같다.



Fig. 2 Test V-shaped pattern

Table 1 Experimental instruments and cutting conditions

Instruments	
Machine	UMP 160160D (Toshiba)
Tool	Diamond Tool 20°~80°(V shape) (Sinjin Diamond)
Workpiece	Nickel-plated STARVAX substrate
Measurements	Optical Measurement: VK 9700 (KIENCE Digital Microscope)
	Profile Measurement: UA3P (Panasonic)
Cutting conditions	
Feed	3000~7000 mm/min
Cutting Method	Grooving & Fly cutting

### 3. 결과 및 고찰

셰이핑 가공 방법을 이용하여 다양한 높이와 각도를 갖는 미세 패턴을 가공하였고, 결과를 고찰하였다. 그림 3 은 3000mm/min 의 이송속도로 20 도 ~ 60 도의 패턴 각을 갖는 형상을 가공한 결과이다.

그림 3 의 결과는 60 도 이하의 미세 패턴 가공은 매우 힘들다는 것을 보여준다. 예각의 패턴일수록 패턴의 세장비가 커져서 쉽게 소성 변형 및 버가 발생하기 때문으로 생각된다. 상대적으로 보다 큰 각도를 갖는 미세 패턴의 가공결과는 그림 4 와 같다.

그림 4 의 결과로부터 70 도 이상의 패턴은 에지 변형이

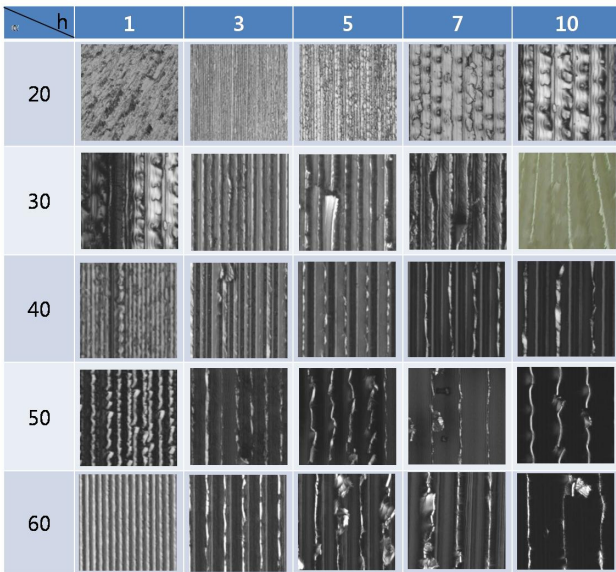


Fig. 3 Machining results at sharp angles

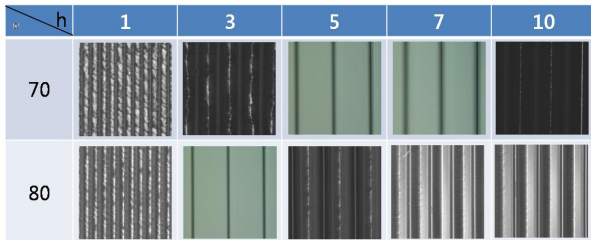


Fig. 4 Machining results at 70° and 80°

나 버의 발생이 60도 이하의 미세 패턴에 비해 현저히 줄어들었음을 알 수 있다. 하지만, 명확히 가공 가능한 패턴의 사이즈를 정하기가 쉽지 않아 UA3P를 이용하여 낮은 높이의 패턴을 측정하여 가공성을 명확히 하였다. 그림 5는 측정 결과를 보여준다.



Fig. 5 Profile measurement on 70° and 80° patterns

위 측정 결과는 단지 70도 5um 패턴과 80도 3um만이 소성 변형없이 가공이 이루어졌음을 알 수 있다. 위의 결과를 요약하면 가공 가능한 V형상은 그림 6과 같이 나타낼 수 있다.

$\alpha \backslash h$	1	3	5	7	10
20	Red	Red	Red	Red	Red
30	Red	Red	Red	Red	Red
40	Red	Red	Red	Red	Red
50	Red	Red	Red	Red	Red
60	Red	Red	Red	Red	Red
70	Red	Red	Blue	Blue	Blue
80	Red	Blue	Blue	Blue	Blue

Fig. 6 Acceptable region (blue color) for V-shaped grooves

#### 4. 결론

본 연구에서는 V형상 마이크로 패턴 가공의 가공성을 다양한 실험을 통하여 살펴보았다. 가공 실험은 무전해 니켈 도금의 소재에 20도 ~ 80도의 공구각을 갖는 다이아몬드 공구를 이용하여 가공실험을 하였으며, 가공 결과는 다양한 방법으로 측정하여 가공성을 확인하였다. 실험결과를 바탕으로 80도 이상의 V형상 패턴은 가공이 가능한 반면 그 이하의 미세 패턴은 가공이 쉽지 않음을 확인하였다.

#### 후기

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (2009-0066078, 2009-0071821)

#### 참고문헌

1. Syn, C. K., Taylor, J. S. and Donaldson, R. R., "Diamond tool wear vs. cutting distance on electroless nickel-mirrors," Proc SPIE on Ultra-Precision Machining and Automated Fabrication of Optics, 676, 128-140, 1986.
2. Wada, R., Kodama, H. and Nakamura, K. "Wear characteristics of single crystal diamond tool," Annals CIRP, 29, 47-52, 1980.
3. Ghosh, A., Neo, K. S., Yoshikawa, T., Tan, C. H. and Rahman, M., "Performance evaluation of diamond tools for micro cutting of V-groove on electroless nickel plated die materials." Proceedings of the 7th euspen international conference Bermen, 135-138, 2007.
4. Rezaur Rahman, K. M., Rahman, M., Neo, K. S., Sawa, M. and Maeda, Y. "Microgrooving on electroless nickel plated materials using a single crystal diamond tool," Int. J. Adv. Manuf. Technol., 27, 911-917, 2006.