

미세 사각 프리즘 패턴 롤 금형 가공 기술 Machining technology of roll mold with micro square pyramid pattern

*박상천¹, #제태진², 최두선², 이응숙², 황경현²

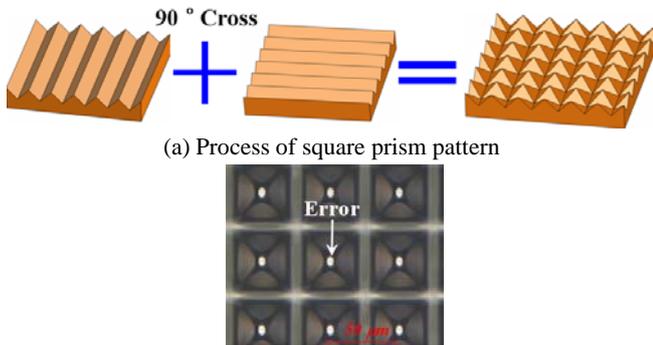
*S. C. Park¹, #T. J. Je(tj@kimm.re.kr)², D. S. Choi², E. S. Lee², K. H. Whang²

¹과학기술연합대학원대학교(UST) 나노메카트로닉스과, ²한국기계연구원 나노융합기계연구본부

Key words : High-precision lathe, Micro square prism pattern, Roll mold, Diamond cutting tool, Optical film

1. 서론

LCD(Liquid Crystal Display)의 BLU(Back Light Unit)에는 여러 장의 광학필름이 핵심부품으로 사용되고 있다. 최근 롤 금형을 통한 연속성형의 대량생산 방식으로 광학 필름의 가격을 낮추고 여러 장의 광학필름을 복합패턴이 적용된 다기능 광학필름 1매로 대체 하려는 연구가 활발히 진행되어지고 있다.^{1,2} 이러한 복합 사각프리즘 패턴은 Fig.1(a)과 같이 두 방향의 동일 프리즘패턴을 90°로 교차 가공하여 형성시킨다. 이때 교차 가공되는 두 프리즘 패턴은 각각의 가공 깊이 및 피치 오차로 인하여 Fig. 1(b)과 같이 사각프리즘패턴에 형상 오차를 자주 발생시키게 된다.³



(b) Positions error of crossed prisms

Fig. 1 Machining process and error of square prism pattern

본 연구에서는 롤 가공 시스템에서 두 프리즘 패턴을 90°로 교차 시켜 가공할 수 있는 공구 회전 장치를 설계 장착하고, 회전된 공구의 위치를 검출하기 위한 시스템을 구축하여, 미세사각프리즘 패턴 롤 금형 가공에서 자주 발생하는 가공오차를 줄이는 연구를 수행하였다.

2. 실험 장치 및 방법

2.1 실험 장치

Fig 2는 본 연구에서 사용된 미세 프리즘 패턴 롤 금형 가공시스템과 현미경 및 공구회전 장치의 개략도이다. 롤 가공 시스템은 회전하는 C축, 절삭방향으로 이송하는 X축, 롤의 길이방향으로 이송하는 Z축으로 이루어져 있다. C축은 유정압 베어링이 장착된 스피들(spindle)이며, X-Y축은 리니어 모터(linear motor)로 구동된다. C축은 0.001°~0.0001°로 회전 각도를 분할 수 있고, X-Y축은 10nm의 정밀도를 가진다. 0.1°의 정밀도로 360° 회전이 가능하며 회전 잠금 장치기능이 있는 공구 회전 장치가 설계되어 장착되었고, 공구회전위치를 최대 2000배로 확대 측정할 수 있는 현미경이 공구위치 검출 시스템에 장착되었다.

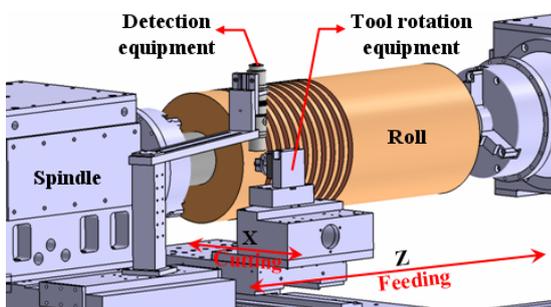
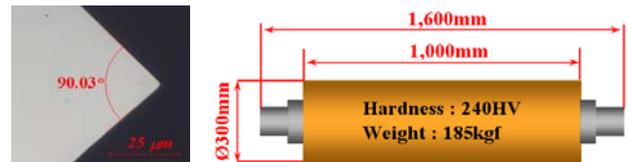


Fig. 2 Schematic diagram of experimental System

Fig. 3(a)는 본 연구를 위해 제작된 90° 다이아몬드공구의 모습이다. Fig. 3(b)는 롤 금형 사양이다. 롤의 중량은 약 185kgf, 동도금부 1,200mm, 롤 직경 300mm, 동도금부 경도는 약 240HV 이다.



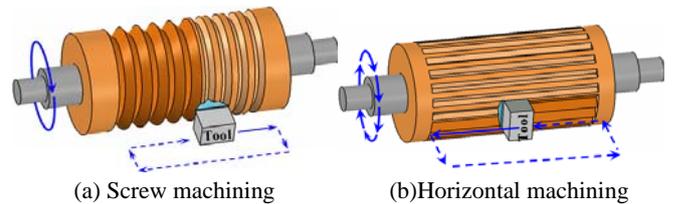
(a) Diamond tool

(b) Specification of roll

Fig. 3 Manufactured tool and roll for experiment

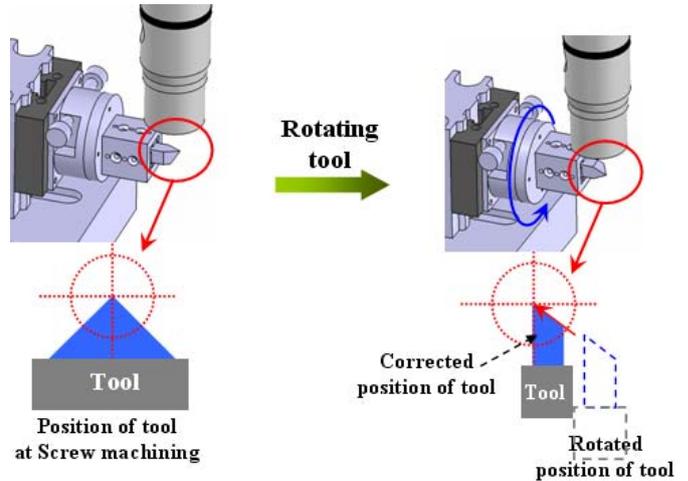
2.2 가공방법 및 가공조건

Fig. 4는 미세 사각 프리즘 패턴의 가공방법과 가공공정을 보여준다. Fig.4(a)는 나선 가공을 이용하여 프리즘 패턴을 가공하는 방법이다. Fig. 4(b)는 정지된 상태의 롤에 가공 조건을 통하여 계산되어진 롤의 분할각도에 맞추어 셰이핑가공 하여 프리즘 패턴을 형성시키는 횡 가공법이다. Fig.4(c)에서와 같이 공구회전 장치와 공구위치 검출 시스템을 통하여 공구회전에 의하여 발생하는 공구위치오차를 고려하여 횡 가공을 한다. Fig.4(a)의 나선 가공, Fig.4(c)공구회전 및 공구위치 검출, Fig.4(b) 횡 가공 순서의 가공공정을 통하여 Fig.4(d)와 같은 미세 사각 프리즘 패턴이 완성되어진다. 예비 가공실험 결과 나선 가공이 횡가공보다 칩 제거에 유리하여 나선가공을 선행하고 횡 가공을 하였다.



(a) Screw machining

(b)Horizontal machining



(c)Rotation and detecting position of tool

(d) Square prism machining

Fig. 4 Machining process for square prism pattern

Fig. 5는 본 실험을 위해 설계된 피치 50 μm 높이 25 μm 의 미세 사각 프리즘패턴의 모습이다.

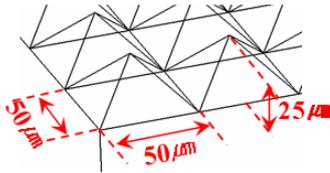


Fig. 5 Designed square prism pattern

Table 1에는 Fig. 5의 패턴을 가공하기 위해 적용한 나선 가공과 횡가공의 가공 조건을 나타내었다. 선행되어지는 나선가공은 300rpm으로 선회하는 롤을 Z축 50 $\mu\text{m}/\text{rev}$ 의 가공속도로 이송하여 나선 프리즘을 가공한다. 공구를 90°회전 시켜 가공하는 두 번째 교차가공은 횡 가공으로 정지된 롤의 원주 방향으로 0.0191° 각도 분할하여 셰이핑가공 한다. 나선 가공과 횡 가공은 동일하게 4회의 중첩 절삭을 적용하여 10 μm , 10 μm , 10 μm , 5 μm 씩 총 35 μm 깊이로 가공하였다.

Table 1 Machining conditions

Machining order	First	Second		
Machining method	Screw machining	Horizontal machining		
Setting degree of tool	0°	90°		
RPM	300	-		
Division degree	-	0.0191°		
Feed rate of Z axis	50 $\mu\text{m}/\text{rev}$	8000 mm/min		
Length of machining	1000 mm			
Pitch of prism	50 μm			
Depth of machining	1st pass	2nd pass	3rd pass	4th pass
	10 μm	10 μm	10 μm	5 μm

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 6은 공구회전 장치를 이용하여 90° 회전시키고, 공구위치 검출 시스템을 통하여 측정된 공구의 위치를 보여주고 있다. 2000배 확대 현미경을 통하여 공구가 정밀하게 90° 회전된 것을 볼 수 있었지만, 공구위치가 미세하게 변화된 것을 관측할 수 있었다. 이 변화량을 보정하여 횡가공시 발생하는 공구 위치 에러를 줄일 수 있었다.

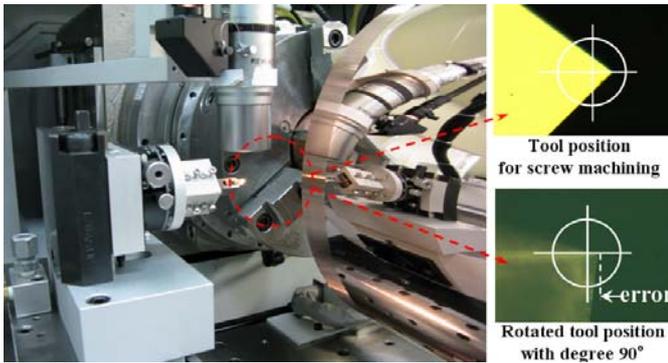


Fig. 6 Machining method of multiple thread screw

Fig. 7은 나선 가공이 된 프리즘패턴에 횡 가공의 중첩 절삭에서 가공 깊이에 따른 가공된 패턴의 모습을 나타내고 있다. Fig. 7(a)는 나선 가공에서 설계된 사각 프리즘 패턴의 25 μm 의 깊이보다 10 μm 의 오버깊이 가공된 영향으로, 횡 가공의 첫 가공에서는 Fig. 7(a)에서 표시한 것과 같이 큰 미세로 절삭되어 나선 가공패턴 만이 있는 것과 같이 관찰되었다. 따라서 첫 가공 깊이를 오버깊이를 포함한 20 μm 으로 하는 것이 가공시간을 줄이는 이점으로 작용 될 것으로 사료된다. Fig. 7(b)는 두 번째 횡가공이 이루어진 패턴으로서 나선 가공된 프리즘 패턴 사이로 작은 프리즘 패턴이 형성된 것을 볼 수 있었다. Fig. 7(c)는 세 번째 횡가공의 30 μm

깊이로 이루어진 것으로서 아직 최종 가공깊이에 도달하지 못한 미세 사각 프리즘 패턴의 형상을 보여주고 있다. 일반적인 가공에서는 이러한 오차가 쉽게 발생하고 이를 보정하기가 매우 어렵다. 그런데 본 연구에서 고안한 방법으로 Fig.7(d)와 같은 초정밀 꼭지점을 갖는 미세사각프리즘 패턴을 가공 할 수 있었다.

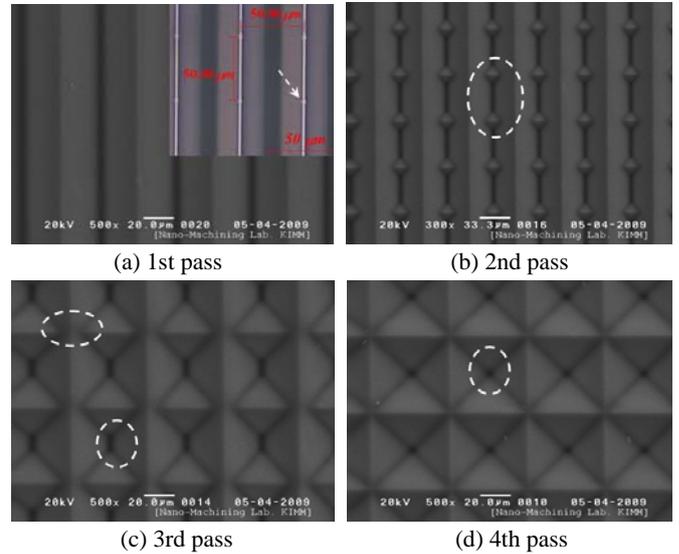


Fig. 7 Machined results of horizontal cutting for square prism pattern

4. 결론

1. 미세 사각 프리즘 패턴을 가공할 수 있도록 고안된 공구회전 장치와 회전된 공구의 위치를 검출하기 위한 시스템이 구축되었다.
2. 구축된 시스템을 통하여 초정밀 꼭지점이 형성된 미세 사각 프리즘 패턴을 가공함으로써 장치의 유용성을 확인 하였다.
3. 공구회전장치와 공구위치 검출 시스템은 향후 삼각피라미드 패턴 및 다양한 복합프리즘패턴 가공에 응용가능 할 것으로 기대되어진다.

참고문헌

1. S. K. Kim, Y. E. Yoo, Y. H. Seo, T. J. Je, K. H. W, D. S. Choi., "Fabrication of Ni Stamper based on Micro-Pyramid Structures for High Uniformity Light Guide Pane(LGP)", KSPE, Vol. 23, No. 9, pp. 174-178, 2006
2. T. J. Je, "A study of the manufacturing technology for micro pattern mold of large area using planing method," Proceeding of the KSPE, pp.777~778, 2007
3. Y. S. Shin, S. M. Choi, S. R. Park. E. M. Lee, "4-Prism sheet of back light unit for lcd", United States Patent. No. 0097708A1, 2007
4. S. C. Park, J. T. Je, "A Study on Micro Prism Pattern Roll Mold Processing using Cutting Method of Multiple Screw Thread", Proceeding of the KSPE 2008 Spring Conference, pp.629-630