

# 롤 금형 가공 장비의 대면적 미세패턴 가공 특성 연구

## A Study on the Process Characteristic for Large Surface Micro Pattern of Roll Mold Machining

\*우정화<sup>1</sup>, 정윤정<sup>1</sup>, 조윤희<sup>1</sup>, #강호철<sup>1</sup>

\*J. H. Woo<sup>1</sup>, Y. J. Chung<sup>1</sup>, Y. H. Cho<sup>1</sup>, #H. C. Kang(hckang@coreoptix.co.kr)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> (주) 코아옵티스 초정밀기술연구소

Key words : Micro patterning Machining, Large surface Roll Mold, Prism Pattern

### 1. 서론

최근에 IT, LCD, LED 등의 광학부품 및 기기의 수요가 증가하고, 대형화가 확산됨에 따라 디스플레이 분야에 대면적 미세패턴 가공 기술의 중요성이 대두 되고 있다. 또한 태양광 발전, 초고휘도 반사필름, 의료 및 정밀기기용 초정밀 금형/부품, 연료전지의 고 효율화를 위한 제품 개발 등에 미세형상 제품의 산업화 수요가 꾸준히 증가하면서 이들 제품 역시 고기능화, 고부가가치화를 위해 대면적화 요구가 증대되고 있다.<sup>1</sup>

특히 이 중에서도 1m 이상의 크기가 요구되는 LCD BLU용 광학 필름 등을 중심으로 대형화 및 저가 양산에 적합한 연속 성형 형태의 롤 금형 미세패턴 성형기술이 주목 받고 있으며 이에 따라 대면적 롤 금형 미세패턴 초정밀 가공 기술의 중요성이 증가하고 있는 실정이다. 현재 대면적 롤 금형은 Pitch 30  $\mu\text{m}$ -50  $\mu\text{m}$ 의 미세패턴을  $\pm 0.25 \mu\text{m}$  형상 정밀도와 20 nm Ra 정도의 표면조도로 전 면적에 균일하게 가공할 수 있는 수준이다. 그러나 최근 들어 롤 금형에 대한 산업계의 다양한 요구로 인하여 미세패턴형상의 복잡화, 미세화 및 대면적화가 급격히 추진되고 있으며 이에 롤 금형의 고균일화 및 고품위화를 위한 다양한 연구의 필요성이 높아지고 있는 실정이다.<sup>2,3</sup>

본 연구에서는 동 도금된 롤금형을 사용하여 초정밀 롤 금형 미세패턴 가공용 선반(Ultra Precision Drum Lathes)에서 대면적 미세패턴 가공 특성을 알아보고자 한다.

### 2. 실험 장비 및 방법

대 면적 롤 금형의 패턴 가공은 Fig 1과 같이 두께 600  $\mu\text{m}$  이상 동 도금된 2m 급의 롤을 Fig 2와 같이 장비에 장착한 후 다이아몬드공구를 사용하여 가공을 진행하였다.

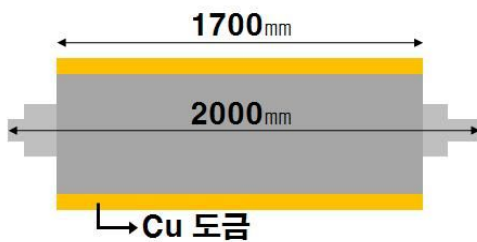


Fig. 1 Cu plating Roll



Fig. 2 Ultra Precision Drum Lathes

원점 셋팅을 통하여 장비의 구동 및 가공 오차가 1  $\mu\text{m}$  이내로 제어되었다. 초정밀 롤 금형 가공용 선반에 길이 1700 mm, 지름 300 mm의 동 도금된 롤 금형을 장착한 후 양 단의 회전축 편심을  $\pm 1 \mu\text{m}$  이내로 셋팅 하였다. 가공은 R형상의 다이아몬드공구로 경면가공 하였으며, 공구 이동 정밀도를 0.1  $\mu\text{m}$ 로 V형의 90°

다이아몬드공구를 패턴깊이 방향으로 이동시켜 롤 금형의 도금 표면에 x 축 좌표의 원점 좌표값을 얻었다.

가공 진행 후 가공 패턴면을 측정하기 위하여 Keyence사의 2D Digital Microscope를 사용하였다. 이 현미경의 분해능은 0.05  $\mu\text{m}$ 이면 1000배의 측정 배율을 갖고 있다.

### 3. 실험 결과

#### 3.1 패턴가공면적별 가공실험

패턴 가공을 Table 1과 같은 조건으로 실험을 진행하였으며, 가공 면적은 1200 mm와 1600 mm로 Fig. 3에 나타내었다.

패턴가공은 깊이를 15  $\mu\text{m}$ , 10  $\mu\text{m}$ , 2  $\mu\text{m}$ 으로 3회 나누어 절삭을 시행하였다. 마지막 절삭 깊이인 2  $\mu\text{m}$ 은 오버 절삭 깊이로 패턴의 산 부분이 미 가공 되는 것을 방지하기 위하여 수행하였다.

Table 1 Condition of Experiment

Condition	Test 1	Test 2
Cutting Distance	1200 mm	1600 mm
Bite Angle	90°	90°
Pattern Pitch	50 $\mu\text{m}$	50 $\mu\text{m}$
Pattern Depth of Cut 1	15 $\mu\text{m}$	15 $\mu\text{m}$
Pattern Depth of Cut 2	10 mm	10 mm
Pattern Depth of Cut 3	2 $\mu\text{m}$	2 $\mu\text{m}$
Cutting Velocity	282.6 m/min	282.6 m/min

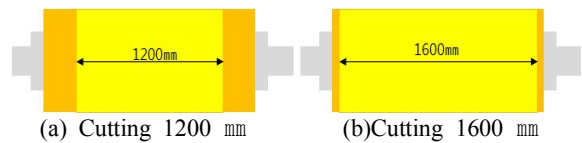


Fig. 3 Pattern Cutting Distance

Fig 4는 1200 mm 가공한 패턴을 시작, 중간, 끝 부분을 측정사진이다. 롤의 회전(원주) 방향에 따라서 모든 가공면에 가공이 이루어졌으며, Pitch 50  $\mu\text{m}$ 로 균일하게 가공되었음을 확인 할 수 있었다. Fig 5은 1600 mm 가공한 패턴을 시작, 중간, 끝 부분을 측정한 사진이다. 패턴 시작부분은 같이 롤의 회전 방향에 따라 가공면에서 패턴가공이 이루어졌으나 Fig. 4와 달리 Fig. 5에서 패턴의 중간과 끝 부분은 (b)와 (c)같이 일부 가공면에서 패턴 가공이 이루어지지 않고, 평구간(패턴 가공중 공구로 절삭되지 않고 남아있는 면)이 형성되었음을 확인하였다. 형성된 평구간을 측정한 결과 패턴중간 평구간은 2.8  $\mu\text{m}$ , 패턴끝은 평구간이 3.4  $\mu\text{m}$ 로 확인하였다.

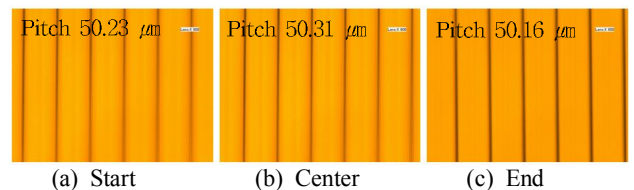


Fig. 4 Cutting 1200 mm

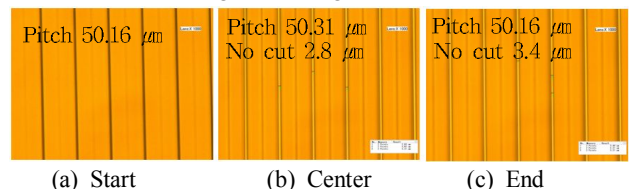


Fig. 5 Cutting 1600 mm

3.2 평구간 발생원인 분석실험

패턴가공면적별 실험에서 패턴의 산 부분이 미 가공되는 부분을 방지하기 위하여 2 μm의 오버절삭(over cut)을 하였으나 가공면적 1600 mm의 패턴중간과 끝에서 평구간을 측정하였다.

평구간이 발생문제를 해결하고자 회전축 편심 차이에 의한 동심도 영향이 평구간이 발생하는 요인일 것이라는 가설을 통하여 평구간 발생 현상의 원인을 분석하고 실험을 수행하였다.

가공시 2m의 롤 금형을 장비에 장착한 후 회전축 양 단을 ±1 μm 이내로 편심을 셋팅 하였다. 편심오차에 의하여 동심도 영향이 X 좌표값에 나타날 것이라고 예상하고 V형의 90° 다이아몬드공구를 0.1 μm의 정밀도로 패턴 깊이 방향으로 공구를 이송시켰다. Fig. 6에서 처럼 패턴이 시작하는 X<sub>1</sub>좌표와 패턴이 끝나는 X<sub>2</sub>좌표를 확인한 결과 X<sub>1</sub>는 170.6970 mm, X<sub>2</sub>는 170.6961 mm로 좌표값 차이는 0.9 μm로 측정하였다.



Fig. 6 X coordinate x1, x2

X<sub>1</sub>과 X<sub>2</sub>좌표의 차이에 의하여 평구간이 발생하는지 확인하기 위하여 실험을 수행하였으며 가공조건은 Table 2와 같다. 실험은 패턴의 시작좌표 X<sub>1</sub>을 기준으로 패턴시작지점에서 10 mm가공 후 1600 mm 떨어진 지점에 X<sub>1</sub>좌표로 가공을 수행하였다. Fig. 7은 실험방법을 도식화하여 나타낸 그림이다.

Table 2 Condition of Experiment

Condition	Test 1	Test 2	Test 3
Pattern Distance	10 mm	10 mm	10 mm
Bite Angle	90°	90°	90°
Pattern Pitch	50 μm	30 μm	10 μm
Pattern Depth of Cut 1	15 μm	15 μm	5 μm
Pattern Depth of Cut 2	10 μm	2 μm	2 mm
Pattern Depth of Cut 3	2 μm	-	-
Cutting Velocity	282.6 m/min	282.6 m/min	282.6 m/min

Test 1은 패턴가공면적별 가공실험에서 수행한 Test 2(1600 mm가공)와 비교하기 위하여 가공조건을 동일하게 하였으며 추가적으로 Test 2와 Test 3은 패턴이 미세화 되었을 때, 그에 따른 영향을 알아보기로 Pitch를 30 μm, 10 μm로 변화시켜 실험을 수행하였다.



Fig. 7 Test 1,2,3 Method

Fig. 8, Fig. 9는 패턴가공 후 측정된 패턴면 사진이다. X<sub>1</sub> 좌표 값을 기준으로 하여 양 끝단에 10 mm씩 가공한 결과 평구간이 측정되지 않았으며 Test 1, Test 2, Test 3 모두에서 양호한 패턴을 확인할 수 있었다.

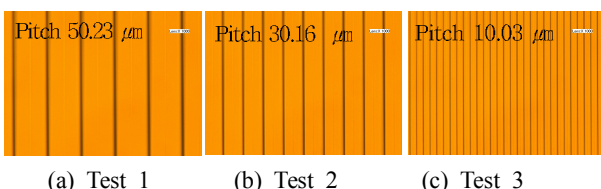


Fig. 8 Cutting Start



Fig. 9 Cutting End

4. 결론

본 연구는 초정밀 롤 금형 미세패턴 가공용 선반에서의 마이크로 패턴 대면적화 대응을 위하여 가공장비의 특성을 연구하고자 수행되었으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 초정밀 롤 금형 미세패턴 가공용 선반에서 2m급 롤의 회전축의 ±1 μm의 편심 셋팅 후, 양 끝단의 패턴 깊이 방향으로 X 좌표값 차이는 0.9 μm으로 1 μm이내임을 확인하였다.

2) 1 μm 이내의 x 좌표값 차이는 1600 mm 간격을 두고 양 끝단에서 Pitch의 변화에 따른 패턴가공에 영향을 미치지 않는 것으로 확인하였다.

3) 본 논문에서 제시한 회전축 편심 차이에 의한 동심도 영향이 평구간 발생요인일 것이라는 가설은 평구간 현상의 원인이 되지 못하는 것으로 확인 되었으며, 평구간 발생 원인에 대한 다른 요인이 있는 것으로 판단된다. 향후 미세 패턴의 대면적화에 대응하기 위하여 평구간 발생 원인에 대한 초정밀 롤 금형 미세패턴 가공용 선반의 분석 및 연구가 진행되어야 한다.

참고문헌

- 남성호, 이동윤, 홍상현, 최영재, 이석우, “대면적 롤금형의 프리즘 패턴 가공시 다이아몬드공구의 마모특성”, 한국정밀공학회 춘계학술대회, 8, 453-454, 2008.
- 오정석, 송창규, 박천홍, “초정밀 롤 금형 가공기 설계”, 한국정밀공학회 추계학술대회, 8, 737-738, 2008.
- 이동윤, 홍상현, 송기형, 강은구, 이석우, “롤금형의 동적 밸런스 보정을 통한 미세패턴 형상정밀도 향상”, 대한기계학회 추계학술대회, 9, 1129-1113, 2009.