

# Linear Motor 구동 대면적 평판 가공 시스템을 이용한 미세 패턴 가공 연구

## Manufacturing Technology for Micro Structure Using Large Area Plate Machining System

\*김병두<sup>1</sup>, 노진석<sup>1</sup>, 김재구<sup>1</sup>, 박경택<sup>1</sup>, 최두선<sup>1</sup>, #제태진<sup>1</sup>

\*B. D. Kim<sup>1</sup>, J. S. Noh<sup>1</sup>, J. K. Kim<sup>1</sup>, K. T. Park<sup>1</sup>, D. S. Choi<sup>1</sup>, #T. J. Je, (jtj@kimm.re.kr)<sup>1</sup>,

<sup>1</sup> 한국기계연구원 나노공정장비연구실

Key words : Linear Motor, Large Area Plate Machining System, Micro Structure Machining Test

### 1. 서론

최근의 초정밀 가공기 구동 시스템에는 대부분 에어베어링과 유정압베어링이 적용되고 있으나 리니어 모터의 정밀도 향상에 따라 고강성이며 제조 비용이 적은 기계식 구동시스템의 개발도 활발하다. 본 연구에서는 리니어 모터 구동방식을 적용한 X-Y 스트로크 900×900mm의 대면적 평판 초정밀 가공시스템을 구성하고, 기초적인 시스템 성능 분석실험과 미세 패턴가공 실험을 수행하여 구성된 대면적 미세 가공시스템의 유용성을 확인하고자 하였다.

### 2. 대면적 평판 가공 시스템 구성

Fig. 1에 본 연구를 위하여 구성된 900×900mm 초정밀 미세 가공시스템의 모습을 나타내었다. 개략적인 제원은 Table 1과 같으며, 시스템의 전체 모습은 문형(bridge type)이고, Linear Motor로 구동되는 X-Y-Z의 3축과, DD Motor로 구동되는 Rotary table을 포함하여 기본 4축으로 구성되어 있다. 시스템 제어에는 PC 기반의 Aerotech사의 A3200 소프트웨어가 적용되었고, 제어 축은 가공 목적에 따라 최대 32축까지 확장이 가능하도록 제작되었다.



Fig. 1 Large area plate machining system

Table 1 Specifications of large area plate machining system

Item	Unit	Specification
X-Y Axis Stage	Moving stroke	Mm
	Max speed	Mm/sec
Z Axis stage	Moving stroke	Mm
	Max speed	Mm/sec
Rotary table	Travel	Degrees
	Max speed	Degrees/sec
Pay Load	X axis	Kg
	Y axis	Kg
	Z axis	Kg
	Rotary table	Kg
Machine resolution	Nm	2
Program resolution	Nm	10
Straightness	μm	<5(full stroke)
Flatness	μm	<5(full stroke)

### 3. 시스템 성능 분석 실험

Fig. 2는 제작된 대면적 가공시스템의 각 축의 구동 정밀도가 어느 정도 되는지를 파악하기 위해 최대 부하 구동상태에서 측정 분석한 데이터를 나타낸 것이다. 측정은 Ranishaw Analysis 측정기를 이용하여 Numerical Analysis (ISO230-2 1997)방식에 따라 측정하였으며, X-Y축의 이송거리는 0~900mm, Z축의 이송거리는 0~100mm이다. X-Y-Z 각 축에 설계된 최대 하중을 적용하고, 구동 속도는 각 축별로 최대 속도를 적용하였다. 측정 결과 X-Y-Z축의 직진도는 각각 X축 6.829 μm, Y축 3.974 μm, Z축 1.447 μm이며, 평탄도는 X축 6.195 μm, Y축 2.939 μm, Z축 0.835 μm 정도였다. X-Y축의 측정오차 범위는 ±4.5 μm 정도였고, Z축의 측정 오차는 ±1.0 μm 정도였다. X축의 평탄도와 직진도가 Y, Z축의 정밀도보다 상대적으로 더 낮게 나타나고 있다. 이러한 결과는 당초의 설계 목표보다는 다소 떨어지지만 시험조건이 최대 하중과 최대속도에 가깝기 때문에 다소 나쁘게 나온 것으로 평가 되어 진다.

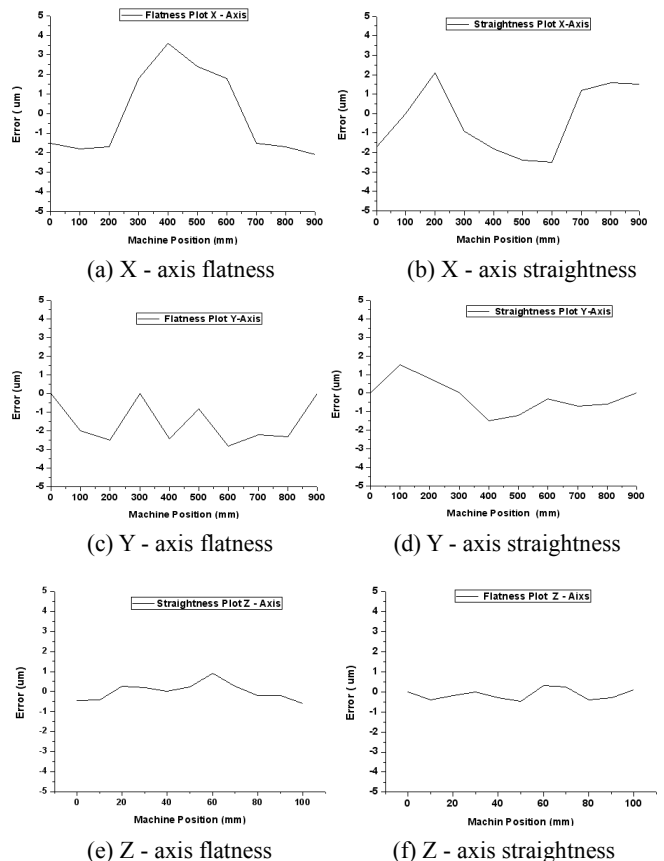
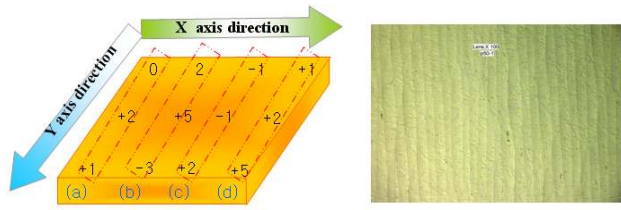


Fig. 2 Measuring results of flatness and straightness

### 4. 미세 가공 실험 및 결과 분석

#### 4.1 평탄화 가공 실험

Fig. 3 은 R10mm 공구를 이용하여 600×600mm 황동소재를 평탄화 가공한 결과를 나타낸 것이다. 가공 조건은 Table 2 와 같다. Fig. 3(a) 는 평탄화 가공 후 CCD 레이저 변위 계를 이용하여 시편의 평탄도를 측정 한 것이며, Fig. 3(b) 는 현미경으로 가공 표면을 측정 한 것이다. 가공결과 가공 평탄도는 최대 5 μm 까지 오차가 발생하였으나 측정 오차가 있는 것으로 여겨지며, 평균적으로는 2 μm 정도 인 것으로 나타났다. 또한 가공표면은 경면상태를 유지하였으나 미세한 불규칙 가공 흔적들이 많이 나타나고 있다. 이러한 결과는 Z 축의 불안정성과 리니어 구동부의 미세한 마찰 진동 및 소음 등의 영향에 의한 것으로 보인다. 향후 보다 정밀한 가공을 위해서는 이러한 분야에 대한 원인분석과 보완이 있어야 할 것으로 생각된다.



(a) Flatness of workpiece (b) Machined surface  
Fig. 3 Machining result of large area plate (600×600mm)

Table 2 Cutting conditions

Workpiece	600 x 600mm (64 brass)	
Cutting method	Orthogonal cutting	
Cutting tool	R10 mm, diamond tool	
Cutting speed	300 (mm/sec)	
Cutting depth	Rough: 5 μm	Finish: 2 μm
Cutting oil	Mist No.9	

#### 4.2 미세 프리즘 패턴 및 고세장비 가공 실험

Fig. 5 에는 미세 프리즘 패턴 가공결과를 나타내었고, Fig. 6 에는 미세 사각 채널 구조물 가공 결과를 나타내었다. 각 패턴의 가공조건은 Table 3 에 나타내었다.

Fig. 5 는 피치와 절삭 깊이를 변화시켜서 형성된 패턴으로 본 시스템에서 구현할 수 있는 피치와 절삭 깊이의 한계를 분석 하고자 하였다. 본 실험에서는 황동 소재를 이용하여 피치 50 μm 에서 1 μm 까지 90° 프리즘 패턴의 가공 실험을 수행하였으며, 실험 결과 피치 1 μm 까지 무난히 패턴이 형성 되는 것을 확인 할 수 있었다.

Fig. 6 은 공구폭 60 μm, 공구각 2.86° 의 미세 사각 공구를 사용하여 피치 80 μm, 높이 200 μm, 격벽 세장비 10~20 정도인 미세채널 패턴을 가공한 것이므로, 가공 조건은 Table 3 과 같다. Fig. 6(a)는 가공된 황동 구조물의 형상이며, Fig. 6(b)는 이 가공물을 금형으로 사용하여 UV 수지로 패턴을 성형해 낸 것이다. 그림에서 보는 것과 같이 전체적으로 버(burr)나 뜯김과 같은 가공결함이 거의 없이 비교적 양호한 고세장비 구조물이 가공되었음을 볼 수 있고, 성형품의 결과에서도 양호한 가공결과를 확인할 수 있다.

이와 같은 가공결과로 볼 때 본 가공 시스템에서도 적절한 가공조건을 찾을 경우에 미세한 프리즘 패턴과 고세장비 채널 패턴의 가공이 가능함을 확인 할 수 있다.

Table 3 Cutting conditions

Workpiece	600×600mm (64 brass)	
Cutting method	Orthogonal cutting	
Patten shape	Prism	Rectangular
Cutting tool shape	V90°	width: 60 μm, angle: 2.86°
Cutting speed	300 (mm/sec)	
Cutting oil	Mist No.9	

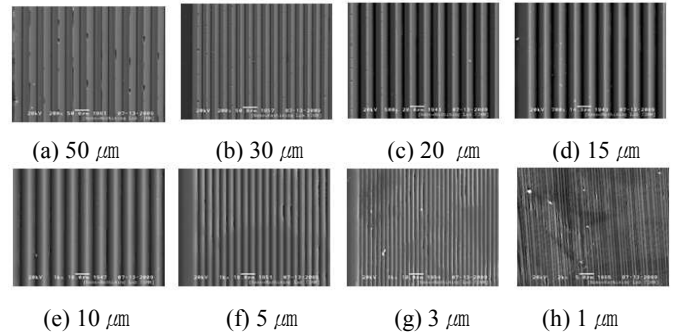
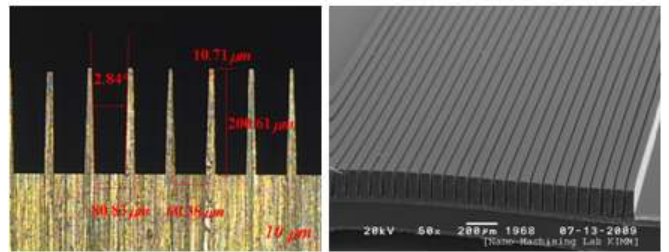


Fig. 5 Machining results of micro prism pattern



(a) machined channel structure (b) UV molding product  
(width: 60 μm, pitch: 80 μm, height: 200 μm, AR:10~20)

Fig. 6 Machining results of micro channel pattern

### 5. 결론

본 연구에서는 X-Y 축 900×900mm 스트로크의 대면적 미세 가공시스템을 구성하고 기초적인 성능분석 실험을 수행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 시스템 X-Y-Z 축 구동정밀도 분석실험 결과 각축의 직진도는 X 축 6.829 μm, Y 축 3.974 μm, Z 축 1.447 μm 정도였으며, 평탄도는 X 축 6.195 μm, Y 축 2.939 μm, Z 축 0.835 μm 정도였다.

2. 미세 패턴가공 실험을 통하여 피치 1 μm의 미세 프리즘 패턴과 폭 60 μm의 고세장비 미세 사각채널 패턴을 성공적으로 가공함으로써 시스템의 유용성을 확인 하였다.

### 후 기

본 연구는 지식경제부가 지원하는 대면적 미세 가공공정 원천기술 개발의 세부과제로서 수행 중이며 이에 관계자 여러분께 감사의 말씀을 올립니다.

### 참고문헌

1. 제태진, 최두선, “평삭에 의한 대면적 미세패턴 금형 가공기술 연구”, 한국정밀공학회. 춘계학술대회논문집 pp. 777~778. 2007
2. 은인웅. “Linear Motor 를 이용한 위치결정 기술”, 한국정밀공학회지. Vol.(17), No.(12). 2000 년 12.