

열영상 광학계용 초정밀 Al 평면 미러의 설계 및 제작

김대중, 최철호*, 박용필*, 구할본, 김상석**, 김정호**

전남대학교 전기공학과, 동신대학교 전기공학과*, 한국광기술원**

Design and Manufacture of Ultra-Precision Al Flat Mirror Using Thermal Image Optics

Dae-Jung Kim, Cheol-Ho Choi*, Yong-Pil Park*,

Hal-Bon Gu, Shang-Suk Kim**, and Joung-Ho Kim**

ChonNam National University, DongShin University*, KOPTI**

Abstract

Thermal imaging system is electro-optical imaging device which can make visible the difference of infrared energy naturally emitted by objects. It is acquire the same images at any time of the day or night. There it has been readily available to the night observation such as fire control systems. In this study, we are manufacturing thermal image Al flat mirror. The surface roughness 3.539 nm Ra and power 0.382 fringe(at 632.8 nm), irregularity 0.835 fringe(at 632.8 nm) for form waviness of thermal image Al flat mirror are very satisfied. The results will be reflected for development of the ultra precision application. And a brief review of Ultra-precision system in the field of Ultra-precision at Korea photonics technology institute (KOPTI) is present in this paper.

Key Words : Thermal Imaging System, Al Flat Mirror, Fringe, Ultra-Precision

1. 서 론

모든 물체는 절대온도 0 K 이상에서 복사에너지를 방출한다. 따라서 외부로부터 빛의 공급이 전혀 없는 야간에도 표적 자체가 발하는 에너지를 모아 눈으로 볼 수 있는 영상으로 변환시켜 주는 장비가 있을 수 있는데, 이러한 장비를 열영상 장비라 한다. 최근 열영상 장비의 수요가 점차 증가하고 있으며, 고성능 고밀도 적외선 검출기의 개발이 진전되면서 열영상 장비의 개발이 가속화되고 있는 실정이다. 열영상 장비는 빛의 유무나 반사되는 빛의 차이가 아닌 물체의 단위면적 및 시간당 방출되는 복사에너지의 차이를 영상화하므로 건물의 열손실 탐지, 탱크내부의 저장량 측정, 전송선로의 감시 및 침입자 탐지 등에 많이 이용되고 있다. 최근에는 인쇄기판의 검사와 분석, 인공위성에 의한 기상관

측, 의료기기 등에도 적용되고 있으며, 점차 그 응용범위가 확대되고 있다. 열영상 장비는 적외선 광학계로 구현되며, 8 μm ~ 12 μm 의 원적외선 파장대역을 이용하여 전방관측이 이루어짐에 따라 적외선광을 모아주는 역할을 하는 렌즈는 Si, Ge, ZnS 또는 ZnSe 등 열상용 재질을 사용한다[1]. 그리고 집속된 광을 스캐닝하는 미러는 장비 내구성을 고려하여 알루미늄 미러를 사용한다[2].

본 연구에서는 열영상 장비에 적용시킬 수 있는 알루미늄 평면 미러를 가공하여 부품 가공면의 형상정도 및 표면조도를 측정하였다.

2. 실험 장비

알루미늄 평면 미러 가공은 다이아몬드 터닝 머신(NanoForm 200, Precitech사)과 단결정 천연

다이아몬드 공구를 사용하여 가공하였으며, 부품 가공면의 형상측정기(GPI-XP Interferometer, Zygo사) 및 표면조도기(New View 5000 system, Zygo사)를 이용하여 측정하였다.

2.1 초정밀 가공기(Precitech Nanoform200)

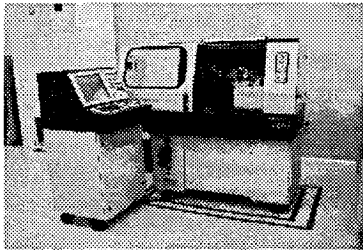


Fig. 1 Nanoform 200 Diamond Turning Machine.

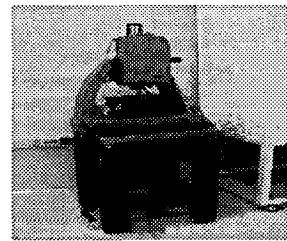
그림 1은 본 연구의 열영상 알루미늄 평면 미러 가공에 사용된 Nanoform 200 다이아몬드 터닝 머신을 나타낸 것이다. 다이아몬드 터닝머신은 두 개의 유정압 안내면과 공작물을 고정시키는 공기 정압 베어링 스피들들로 구성되어있다. 두 안내면은 각각 X축과 Z축으로 'T'형태의 직교를 이루며 구동된다. 안내면의 위치 결정 정도는 $0.2\mu\text{m}/200\text{mm}$, 분해능은 1 nm의 성능을 가지며, 최대 가공 $\phi 200\text{ mm}$ (57 kg)까지의 공작물 가공이 가능하다. 안내면의 구동은 Linear 모터에 의해 구동되며, 안내면 구동 제어는 Precitec's Ultrathin Digital Signal Process에 의해 이루어진다.

2.2 측정장비

초정밀 가공을 통해 제작하고자 할 때 중요한 것은 가공된 가공품을 측정하고 보정 가공하는 것이 필수적으로 선행되어야 한다. 그림 3(a)는 GPI-XP Interferometer(Zygo사)로 초정밀 가공 부품의 표면형상 정도를 측정하는 장비이다. 정밀한 Master optics를 이용한 간섭계로 632.8 nm의 He-Ne 레이저를 광원을 이용한다.



(a) Interferometer system GPI-XP



(b) Surface measurement system
NewView 5000

Fig. 2 System of data acquisition and analysis.

그림 2(b)는 NewView 5000 system(Zygo사)으로 초정밀 가공부품의 미세한 표면형상을 비접촉식 광간섭 원리를 이용, 확대하여 표면 거칠기 및 국부 현상을 측정하는 장비이다. $\lambda/20$ 의 정밀한 optics들을 이용한 트윈만 그린 방식의 간섭계라고 한다. 본 연구에 사용되어진 초정밀 가공 측정장비의 주요 특성은 표 2에 나타내었다.

Table. 2 System Specification.

Zygo GPI-XP Interferometer 6"
<ul style="list-style-type: none"> • Laser : He-Ne at 632.8 nm • Accuracy : $\lambda/100\text{ PV}$ • Resolution : $\lambda/6000$ • Transmission sphere : f/ 0.75, f/2.2, f/3.2 f/5.3, f/7.2
Zygo NewView 5000 system
<ul style="list-style-type: none"> • Measurement technique White Light Interferometer • Vertical resolution : 0.1 nm • Laterral resolution : 0.64 ~ 11.8 μm • Objectives : 10X, 50X, 100X Mirau

3. 결과 및 고찰

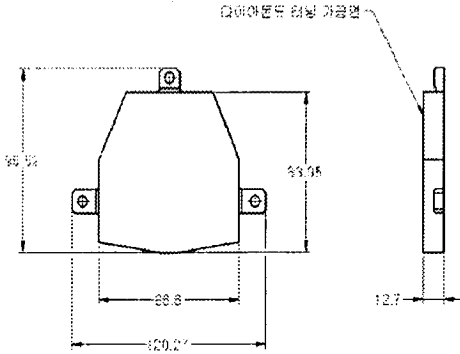


Fig. 3 Design of Al Mirror.

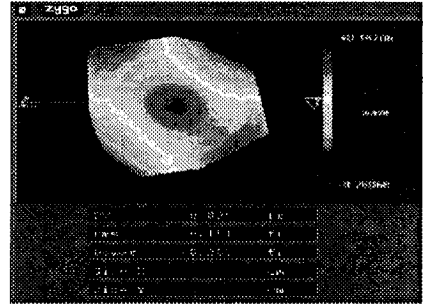
그림 3에 본 연구의 알루미늄 평면 미러 설계도를 나타낸다. 가공에 사용된 알루미늄 합금은 Al 6061을 사용하였으며, 열영상 알루미늄 평면 미러의 가공 조건을 표 1에 나타낸다.

Table.1 Cutting condition of Al flat mirror

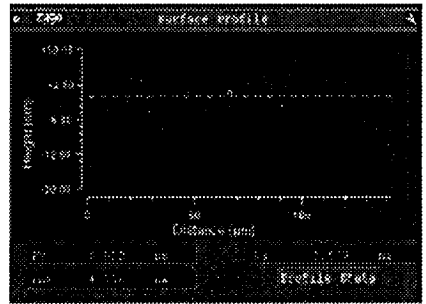
구분	황삭가공	중삭가공	정상가공
Spindle Speed	1500 rpm		
Depth of cut	10 μm	5 μm	2 μm
Tool	Radius : 0.505, Rake Angle : 0°		
Feed rate	30mm/min	10mm/min	5mm/min

알루미늄 미러 가공은 초정밀 가공기(Nanoform 200)를 이용하여 부품의 가공면의 형상정도 및 표면조도 등 요구되는 규격을 만족시키기 위하여 표1의 가공조건을 적용하여 열영상 광학계용 알루미늄 평면 미러를 제작하였다.

제품에 요구되는 사양은 형상정도 Power : 2 Fringe (at 638.2 nm), Irregularity : 1 Fringe (at 638.2 nm), 표면조도는 Ra 25nm이하가 요구된다.



(a)



(b)

Fig. 4 Measurement result of GPI-XP Interferometer(a) and NewView 5000 system(b).

그림 4는 초정밀 가공 후 열영상 알루미늄 평면 미러의 형상정도와 표면조도를 나타낸다. 측정 결과, Power는 0.382 Fringe, Irregularity는 0.835 Fringe로 측정되었으며, 표면 조도는 Ra 3.539 nm로, 열영상 적용하기 위한 규격에 모두 만족한 결과를 얻었다. 그림5 최적의 가공조건을 통한 실제 가공 제품을 나타낸다.

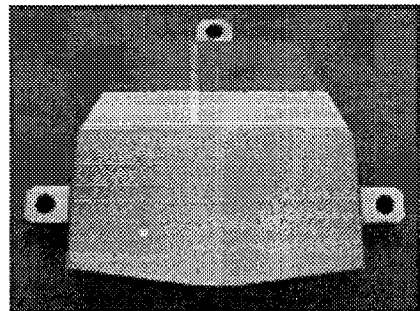


Fig. 5 Ultra-Precision Al flat mirror using Thermal Image Optics.

4. 결 론

본 연구에서는 주간, 야간은 물론 악천후 환경에서 육안으로 탐지되지 않은 목표물을 탐지할 수 있는 열상광학 장비에 대한 간단한 소개와 열영상 광학계용 알루미늄 평면 미러를 제작하였다. 또한 한국광기술원의 초정밀 가공실의 보유 장비에 대하여 간략히 소개하였다. 제작한 열영상 알루미늄 평면 미러의 측정 결과, 구면 균일도가 규격보다 0.1~1.6 Fringe정도 가공정도가 우수하였으며, 이는 알루미늄을 이용한 평면 미러의 개발 가능성이 한층 높아졌음을 의미한다. 또한 초정밀 산업에 요구되는 광학적, 기계공학적, 전자부품 요소들의 가공공정 등 넓은 영역에 걸쳐 많은 활용 가능성과 함께 지대한 영향을 미칠 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] 김현숙, 최세철, 이국환, 박용찬, 김현규 “20:1 줌 열영상 장비 비열화 분석 및 시험”, 한국 광학회지, 12권, 4호, p.281-288, 2001.
- [2] C. F. Cheung, K. C. Chan, W. B. Lee, M. V. Ramesh and S. To, “An Investigation of Surface Roughness Formation in Ultra-Precision Machining of Al6061/SiC_p Metal Matrix Composites”, Key Engineering Materials Vols, p. 177-180, 2000.