韓國精密工學會 2000年度 春季學術大會論文集 pp.300~304

광학 응용을 위한 다이아몬드 터닝 가공

이봉주*(조선대 대학원 기계공학과), 김대중(전남대 전기공학과)
정상화(조선대), 박순섭, 김상석, 김정호, 유영문, 김주하(한국광기술원)

Optical Application of Diamond Turning Process

B. J. Lee(CSU), D. J. Kim(CNU)
S. H. Jeong(CSU), S. S. Park, S. S. Kim, J. H. Kim, Y. M. Yu, J. H. Kim(KOPTI)

ABSTRACT

Diamond turning machines have, been used for the processing of surface like a mirror with the control scheme of minimizing shape error. Ultra-precision diamond turning is applied to produce highly precision optical components required not only a high machining accuracy but also a good surface roughness. Al-6061 is widely used as optical parts such as laser reflector's mirror or multimedia instrument. In this study, thermal-imaged Al flat mirrors are fabricated by SPDT. The surface roughness 3.472 ㎚ Ra, power 2 fringe(at 632.8 ㎚) and irregularity 1 fringe(at 632.8 ㎚) for form waviness of thermal-imaged Al flat mirror are very satisfied to the required specification in industry.

Key Words : SPDT(Single Point Diamond Turning), Thermal- imaged Al flat mirror(열 영상 알루미늄 미러) Waviness(형상정도), Surface Roughness(표면 거칠기)

1. 서론

다이아몬드 터닝머신은 단결정 다이아몬드 바이트를 사용하여 초정밀 부품을 가공하는 공작기계로서 70년대 중반 다이아몬드 터닝 가공기술이 등장한 이래 특히 초정밀 광학 부품의 가공에 있어서 생산비용의 절감 및 가공의 정밀도 분야에 많은 기술 개발이 진행되어 왔다. 이러한 다이아몬드 터닝 머신은 주로 초정밀 광학 렌즈 가공이나 초정밀 방위산업 관련부품을 가공하는데 주로 이용되며 또한 컴퓨터 하드디스크용 알루미늄이나 레이저 장비용 구리와 같은 비철금속 부품을 가공하는데 이용되고 있다[1,2].

또한 다이아몬드 터닝 가공기술은 광응용 부품의 다양한 분야에 응용되고 있는데, 특히 군수분야의 열영상 장비의 광 부품 가공에 널리 응용되고 있다. 열영상 장비는 외부로부터 빛의 공급이 전혀 없는 야간에도 표적 자체가 발하는 에너지를 모아 눈으로 볼 수 있는 영상으로 변환시켜 주는 장비로서 빛의 유무나 반사되는 빛의 세기 차이가 아닌 물체의 단위면적 및 시간당 방출되는 복사에너지의 차이를 영상화하므로 건물의 열 손실 탐지, 탱크내부의 저장량 측정, 전송선로의 감시 및 침입자 탐지 등에 많이 이용되고 있다. 열 영상 장비는 8 ㎛~12 ㎛의 원적외선 파장대역을 이용하여 전방관측이 이루어짐에 따라 적외선광을 모아 주는 역할을 하는 렌즈는 Ge 또는 Si 등 열 상용 재질을 사용하고, 집속된 광을 스캐닝하는 미러는 장비 내구성을 고려하여 알루미늄 미러를 사용한다[3-5].

본 연구에서 열 영상 장비에 적용시킬 수 있는 알루미늄 미러를 다이아몬드 터닝 머신과 단결정 천연 다이아몬드 공구를 사용하여 가공하였다. 일반적으로 모든 알루미늄 합금은 다이아몬드 터닝 가공이 가능하며, 알루미늄 합금 중 열처리가 된 Al-2000, 6000과 7000시리즈 사용이 권장되고 있다. 사용된 알루미늄은 다이아몬드 공구에 영향이 다소 덜 미치는 Al-6061을 사용하여 미러를 가공하고, 가공면에 대한 초정밀 절삭특성을 고찰하였다.

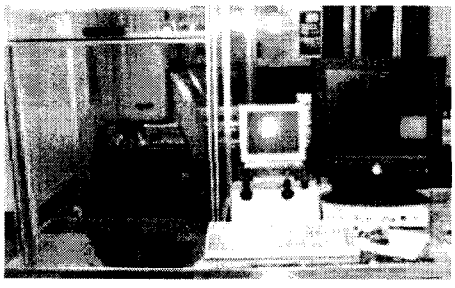
2. 실험장치 및 방법

2.1 실험 장치

본 연구에서 알루미늄 평면 미러의 가공은 비구면 초정밀가공기(Nanoform 200, Precitech)를 사용하였다. Nanoform 200은 두 개의 유정압 안내면과 공작물을 고정시키는 공기 정압 베어링 스핀들로 구성되었고, 두 안내면은 각각 X축과 Z축으로 T형태의 직교를 이루며 구동된다. 안내면의 위치는 1 ㎚의 성능을 가지며, 최대 가공 Φ200 ㎜(57 kg 결정정도는 0.2 ㎛/200 ㎜, 분해능)까지의 공작물 가공이 가능하다. 안내면의 구동은 Linear 모터에 의해 구동된다. 그림 1은 본 연구에 사용된 초정밀가공기이다.

Fig. 1 Ultra-Precision Machine(Nanoform 200)

초정밀 가공을 통해 제작하고자 할 때 중요한 것은 가공된 가공품을 측정하고 보정 가공하는 것이 필수적으로 선행되어야 한다. 그림 2(a)는 표면 거칠기 측정장비(New view 5000, Zygo)로서 초정밀 가공부품의 미세한 표면 형상을 비접촉식으로 광간섭의 원리를 이용, 확대해서 표면 거칠기 및 국부 현상을 측정하는 장비이다. 그림 2(b)는 표면 형상 정도를 측정하는 장비(GPI-XP Interferometer, Zygo)로서 피조 타입 간섭계를 사용하며, 광학적 오차를 가지고 있지 않으며, He-Ne 저 출력 Laser(632.8 ㎚)를 사용한다. 그림 2는 연구에 사용한 장비이며, 표 1은 계측 시스템 주요 사양을 나타낸다.



(a) New view 5000

(b) GPI-XP Interferometer

Fig. 2 Data aquisition and analysis system

Table 1 System specification

Surface Measurement system Zygo New View 5000
- Vertical resolution : 0.1 ㎚ 이하 - Lateral resolution : 0.64 ~ 11.8 ㎛ - 최대측정범위 : 100 ㎜ × 100 ㎜ - 수직방향 측정 폭 : 0.1 ㎚ ~ 150 ㎛ - Objective : 10×, 50×, 100×(mirau)
Laser Interferometer Zygo GPI-XP 6 ″
- 6 inch(150 ㎜)Interferometer system - Wave length : 632.8 ㎚ - Resolution : λ/6000 - Accuracy : λ/100 PV - Transmission sphere : f/0.75, f/2.2, f/3.2 f/5.3, f/7.2

2.2 실험 방법

알루미늄 평면 미러를 가공하기 위해 Al-6061을 범용 공작기계를 사용하여 평면 미러 외형 형상 가공하였다. 미러 가공면은 다이아몬드 터닝 여유를 0.1 ㎜까지 1차 가공한 후, 가공면과 기준면을 최종 정삭 가공을 한다. 다이아몬드터닝머시인 주축의 진공척에 진공압력 30 psi로 고정하여 회전시키고 공구대에 단결정 다이아몬드 공구를 장착한 후 초정밀 절삭을 수행하였다. 초정밀가공 절삭에 있어서 절삭유의 급유 방식은 압축공기와 방전유를 혼합하여 분사하는 Mist방식을 사용하였다. 표 2는 알루미늄 평면 미러의 단계별 최적가공조건을 나타낸다.

Table. 2 Cutting conditions of Al flat mirror

Spindle Speed	1500 rpm		
Depth of Cut	15 ㎛	8 ㎛	5 ㎛
Tool	Radius: 0.5 ㎜, Rake Angle: 0°		
Feedrate	15 ㎜/min	10 ㎜/min	5 ㎜/min

3. 실험결과 및 고찰

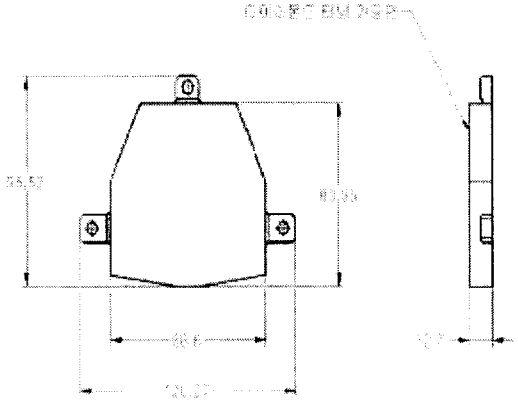


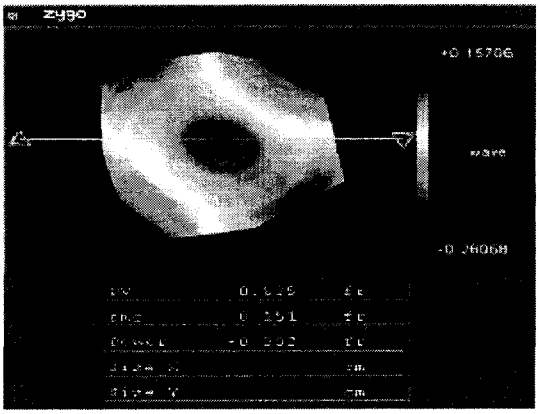
Fig. 3 Drawing of Al flat mirror

그림 3은 본 연구에서 초정밀 가공기를 이용하여 가공한 열 영상 광학부품 알루미늄 평면 미러 형상 설계도이며, 표 2는 Al-6061의 성분을 나타낸다.

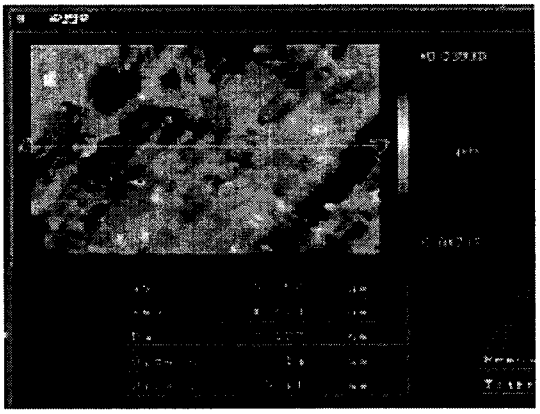
Table 2 Composition of material

	Mg	Al	Si	Ti	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn
AL6061	0.867	97.8626	0.501	0.021	0.0692	0.0142	0.0782	0.249	0.0214

본 연구에서 다이아몬드 터닝 머신을 사용하여 Al-6061 초정밀 가공한 결과이다. 알루미늄 부품의 가공면의 형상 정도 및 표면조도 등에 요구되는 사양은 형상정도는 Power: 2 Fringe, Irregularity: 1 Fringe이고, Ra 25 ㎚이하가 요구된다. 그림 4(a), (b)는 각각 GPI-XP 와 New view 5000의 측정값을 보여주고 있다. GPI-XP에서 형상정도(Waviness)는 Power: 0.382 Fringe(at 632.8 ㎚), Irregularity: 0.835 Fringe(at 632.8 ㎚)의 값과 New view 5000에서 표면조도 Ra 3.472 ㎚로 측정되었다.



(a)



(b)

Fig. 4 Measurement of GPI-XP(a) and New view 5000(b)

측정결과, 열 영상 광학계에 적용하기 위한 규격에 모두 만족한 결과를 얻었다. 그림 5는 최적가공을 통한 초정밀 가공한 열 영상 광학계용 알루미늄 평면 미러 시제품이다.

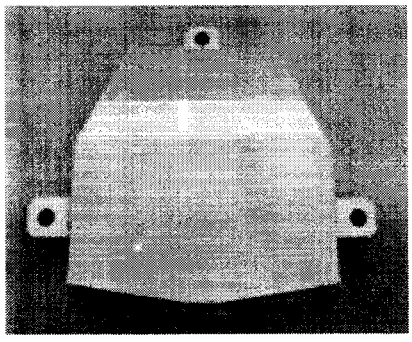


Fig. 5 Ultra-precision Al flat mirror using

thermal image optics

4. 결론

본 연구에서는 다이아몬드 터닝머신과 단결정 천연다이아몬드 바이트를 이용하여 주간, 야간은 물론 악천후 환경에서 육안으로 탐지되지 않은 목표물을 탐지할 수 있는 열상 광학부품을 제작하였다. 제작한 열 영상 알루미늄 평면 미러의 측정결과, 평면 균일도가 규격보다 0.1~ 1.6 Fringe정도 우수하였다. 국내에서 활성화되지 않고 대부분 수입에 의존하였던 열상 광학계용 광학부품 가공기술 개발이 성공적으로 완료됨에 따라 초정밀 가공기술의 국내기술 향상 및 초정밀 가공품의 수입대체 효과의 기틀을 마련하였다.

초정밀 산업에 아주 필요한 광학적, 기계공학적, 전자부품 요소들의 가공공정 등 넓은 영역에 걸쳐 많은 활용 가능성과 함께 지대한 영향을 미칠 것으로 기대된다.

참고문헌

1. Junyi Yu and Jiwang Yan "Ultraprecision diamond turning of optical crystals." SPIE, Vol 1994/5
2. T. Moriwaki and K. Okuda, "Machinability of Copper in Ultra-Precision Micro Diamond Cutting," Ann. CIRP, Vol 38, pp. 115-118, 1989.
3. E. Brinksmeirer and O, Riemer, "Tools and Setting for Improved Surface Finish in Diamond Turning." proc. of Int. Precision Engineering, pp125~ 133, 1993
4. 성철현, 김형철, 김기수, "알루미늄 합금의 고속 선삭에 있어서 표면 거칠기 특성" 정밀공학회지 제 16권 Vol. 16. No7. pp. 94~100 1999
5. 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/SiCp Metal Matrix Composites" Key Engineering Materials Vols. 177-180(2000) pp.375-380