

자동 광학가공기계 특성 분석에 관한 연구

Machine Characteristic Analysis for Optical fabrication system

류용학^{1),2)}, 전민용¹⁾, 양호순²⁾, 이윤우²⁾, 이인원²⁾, 한정열³⁾
 충남대학교 물리학과¹⁾, 한국표준과학연구원²⁾, 한국천문연구원³⁾
 E-mail : shadyuncle@cnu.ac.kr

우주기술은 국력의 상징인 첨단기술이며 최근에 차세대 핵심 산업으로 급부상하고 있다. 그래서 국내에서는 국가우주개발중장기기본계획에 의하여 매년 1대 정도의 인공위성을 발사하도록 하고 있다.⁽¹⁾ 그러나 초정밀 가공, 계측 및 시험과 같은 기반기술 부족으로 관련 핵심부품을 대부분 단순 도입하는 실정이다. 우주기술을 선진국 수준으로 발전시키기 위한 효과적인 방법은 핵심기반기술인 초정밀가공, 계측 및 시험기술을 전문기관에서 체계적으로 개발, 연구하는 것이다. 본 연구는 우주기술 중 대구경 광학계의 자동화 광학가공시스템의 일환으로 CNC(Computer Numeric Controlled) Machine을 이용한 가공분석실험에 대해 소개하고자 한다. 현재 이 분야는 초기단계수준이다. 그렇기 때문에 정량적 수치모델을 이용한 자동화 가공을 이루려면 기계의 각 특성을 파악하고 원하는 결과물을 얻기 위해 많은 노력이 필요한 분야이다.

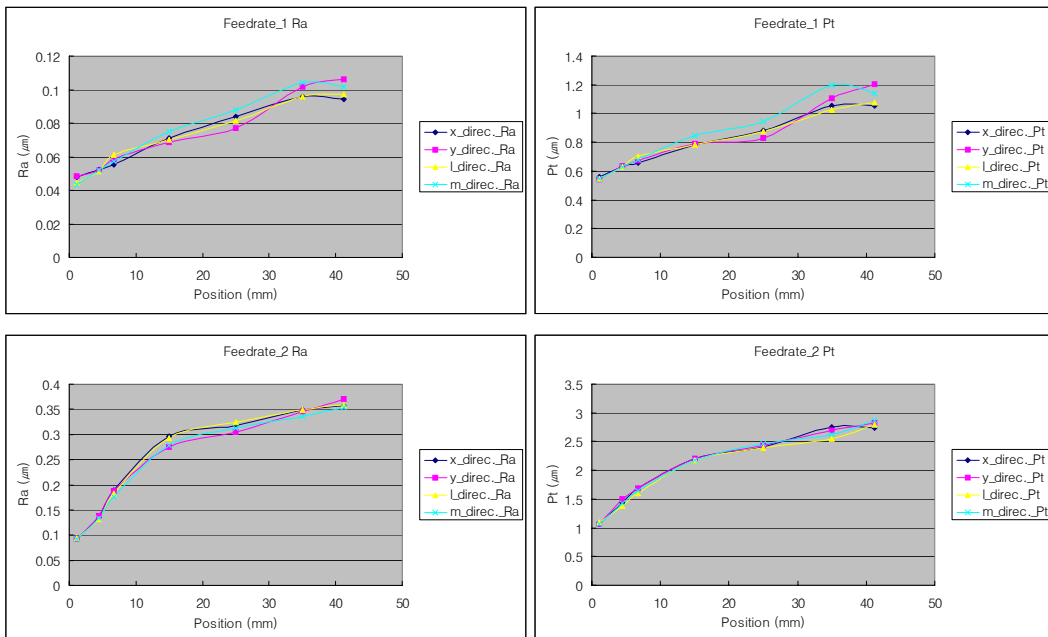
국내에는 아직 대구경 광학계 가공을 목적으로 만들어진 기계가 없기 때문에 기존에 있는 기계에 여러 장치를 추가 및 개조를 통하여 가공장치를 만들 수 있다. 그러나 장치를 추가하고 개조를 하는 과정에서 기계마다 추가 장비특성 및 환경에 따라 가공특성이 달라지기 때문에 기계의 가공특성분석 연구는 가공 목적 및 동일 작업환경마다 행해져야 한다. 또한 현재 사용되고 있는 Glass의 가공은 주로 광학 망원경의 소재로서 사용되는 것이 일반적인데, 주로 자외선, 가시광선, 적외선 영역에서의 관측을 목표로 하고 있다. Zerodur 소재는 광학 영역 중 특히 자외선 영역의 관측을 위하여 사용되는 소재로서 상대적으로 큰 에너지를 감지해야하므로 열팽창 계수가 극히 작아서 열에 대한 변형에 우수한 성능을 발휘해야하며, 광학적 특성상 표면 거칠기는 $0.01\mu\text{m Ra}$, 형상정밀도는 약 $0.5\mu\text{m PV}$ 이하의 수치를 가져야한다.⁽²⁾⁽³⁾ 그러나 가공 연삭 휠의 마모나 기계의 정밀도에 의해 광학적 형상오차가 나타난다. 그렇기 때문에 기계가 공특성실험에서는 Zerodur의 초정밀 연삭실험을 통해 정량적 수치모델을 확보하여 최종목표치에 얼마나 근접하여 가공할 수 있는지 기계의 한계 성능을 알아보고 최종 가공치를 예상하는 것을 목적으로 한다. 우리는 현재 국내업체에서 생산된 CNC Machine에 여러 가지 장치를 추가하고 가공면의 표면 거칠기(Ra)를 측정함으로써 기계의 가공 특성을 살펴볼 수 있었다.

가공 초기 조건으로 소재는 Zerodur소재 직경 100 mm를 사용하였고, 연삭 휠은 직경 30 mm를 사용하였다. 연삭 휠 입자의 크기는 #325를 사용하였고, 휠 회전 속도를 21221 rpm과 Workpiece 회전 속도를 5 rpm, 연삭 깊이(Depth of Cut)를 $1\mu\text{m}$ 로 설정하여 실험에 들어갔다. 가공물 표면측정은 Microscopic-Interferometer를 이용해 일정 지점을 설정하여 각 지점을 측정하고 평균을 내는 방식으로 하였다. 초기 면 가공 시작 시 생기는 표면충격에 의한 영향을 없애기 위해 $10\mu\text{m}$ 로 여러 번 가공 후 다

시 1 μm 로 가공하는 방법을 사용하였다. 각 실험들은 일정한 이송 속도로 가공 후 측정을 하고 표면 거칠기 결과를 본 후 이송 속도에 대한 다음 면의 표면 거칠기 값을 예상한 후 다시 이송 속도만 변화시킨 후 다시 가공, 측정하는 방식을 사용하였다. 가공 표면형상은 평면이었다.

이송 속도를 0.5 mm/min 으로 한 경우 표면 전체 평균 Ra값이 0.069 μm 로 측정 되었고 이송 속도 1 mm/min 인 경우 0.067 μm 로 측정 되었다. 이송속도 2 mm/min 인 경우 0.245 μm 로 측정 되었고 이송 속도 4 mm/min 인 경우는 0.727 μm 로 측정되었다. 그러나 이송속도 4 mm/min 인 경우는 표면이 너무 거칠어 사용할 수 없어 몇 번의 실험이후 제외하였다. Pt의 경우는 0.5, 1, 2, 4 (mm/min) 가 0.767, 0.790, 2.034, 4.098 (μm)로 측정 되었다. 결과 값을 보면 이송 속도가 0.5 일 때와 1 일 때가 근소한 차이를 보이고 있다. 그러나 시간은 두 배 차이가 나기 때문에 이럴 경우 1을 택하면 시간을 절반으로 줄일 수 있다. 이송 속도에 대한 각 지점별 Ra값과 Pt값 그래프를 그려보면 그림 1과 같다. 이송 속도 1 일 때 반경 40 mm 부근의 Ra값과 이송 속도 2 일 때의 1.1 mm 지점에서의 Ra값이 비슷함을 볼 수 있다. 이는 두 지점에서의 머문 시간(Dwell time)이 비슷하기 때문에 나타나는 것이다.

이러한 실험을 통하여 Workpiece의 회전 속도와 연삭 휠 이송 속도 사이의 머문 시간에 대한 상관관계를 확인할 수 있었고 구경이 커질 경우에 대한 가공 결과 값을 예상할 수 있었다. 평면에서 구면으로 확장 실험을 할 경우 Ra값의 변화를 이미 예상할 수 있기 때문에 구면 및 비구면 가공 시 형상오차를 고려한 실험을 통하여 최종적으로 구면, 비구면 까지 확장하여 정량적 모델구축을 할 수 있고 실제 가공에도 적용 시킬 수 있다.



참고 문헌

[1]. 한국표준과학연구원, “우주산업용 측정 및 시험기술 개발 연구보고서”, (2005)
 [2]. Li, Y., Gracewski, S. M., Funkenbusch, P. D., Ruckman, J., "Analysis of chatter in contour grinding of optical materials" International Journal of Machine Tools & Manufacture, 42, pp.1095-1103., (2002)
 [3]. Pei, Z. J., Strasbaugh, Alan., "Fine grinding of silicon wafers: designed experiments" International Journal of Machine Tools & Manufacture, 42, pp.395-404., (2002)