

반사경 가공변형의 해석적 접근

유충현*, 김건희, 양순철, 이상용(한국기초과학지원연구원), 원종호(충남대학교)

A Study on the Deformation of a Reflector with Machining

C. H. Ryu, G. H. Kim, S. C. Yang, S. Y. Lee(KBSI), J. H. Won(CNU)

ABSTRACT

An aspheric mirror, which requires less than $\lambda/2$ ($\lambda=632.8\text{nm}$) of form error for the $\varnothing 200\text{mm}$ reference curved surface, has been manufactured with an ultra-precision turning machine. We have known through several tests that the deformation patterns of the reflecting surface is related with bolting positions. In this paper the effect of main factors on deformation of a reflector is studied with a FE code. The considered factors are angular velocity, natural frequencies for a mirror, temperature increment during machining. The obtained test results are similar to the deformation shape due to the assumed temperature increment.

Key Words : Aspheric mirror (비구경), Reflector (반사경), Ultra-precision turning machine (초정밀 가공기), FE code (유한요소 해석코드)

1. 서론

다이아몬드 터닝 머신은 단결정 다이아몬드 공구를 사용하여 초정밀의 부품들을 가공할 수 있는 공작기계이다. 이것은 초정밀의 가공 정밀도를 요구하는 광학계 제작에 활용되고 있다.

본 연구에서는 형상정밀도가 $\lambda/2$ ($\lambda=632.8\text{nm}$) 이하를 요구하는 반사경의 가공에 있어서 형상변형을 유발할 수 있는 인자들을 가정하고 그에 대한 영향을 유한요소해석 코드를 이용하여 밝히고자 한다. 각 인자에 대한 고찰은 각각 독립적으로 수행되었으며 초정밀 가공기는 이상적인 조건으로 운전되는 것으로 가정하였다. 본 연구에서 고려한 인자들은 스피들의 회전수, 반사경이 가공기에 장착되었을 때의 고유진동수, 가공물의 온도상승이다.

반사경의 재질은 Al6061-T651 이며 해석에서 사용한 재료의 물성은 Table 1 에 나타내었다.

2. 반사경의 가공

반사경 가공시 사용된 초정밀 가공기는 RTH 사의 Nanoform 600 다이아몬드 터닝 머신(DTM)이다. 안내면의 위치결정정도는 $0.25 \mu\text{m}/300 \text{mm}$, 분해능은

1.25nm 의 성능을 가지고 있으며, 선삭의 경우 최대 $\varnothing 00\text{mm}(125\text{kg})$, 연삭의 경우 $\varnothing 00\text{mm}$ 까지 가공이 가능하다.

초정밀 가공실은 온도가 $20\pm 1^\circ\text{C}$ 이며 습도 $40\pm 5\%$ 인 항온항습장비를 구축하고 있다.

반사경의 표면을 측정하기 위한 장비는 Laser

Table 1 Material properties for Al6061-T651

E (GPa)	ν	ρ (kg/m ³)	α (m/m ^{°C})
68.9	0.33	2700	23.6e-6

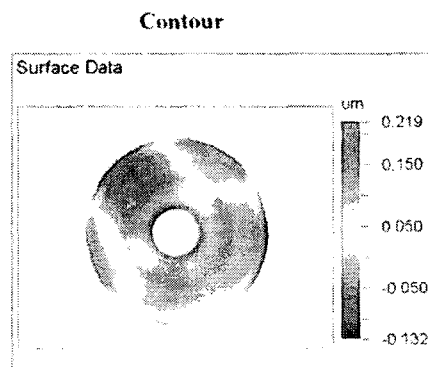


Fig. 1 Surface measurement for a reflector

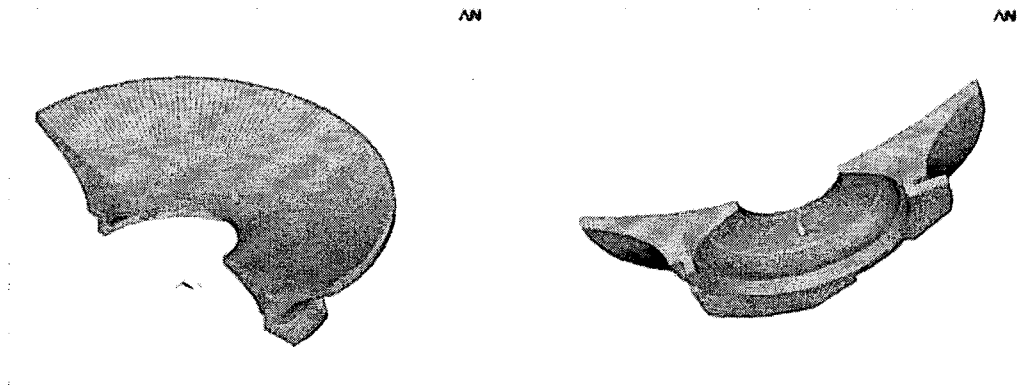


Fig. 2 Symmetric FE model for the reflector

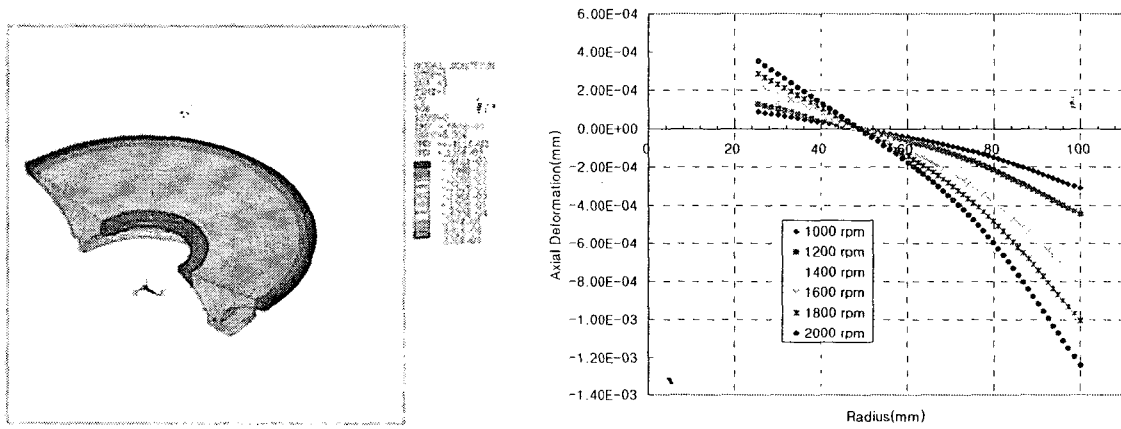


Fig. 3 Axial deformation of the reflecting surface for various revolution velocities

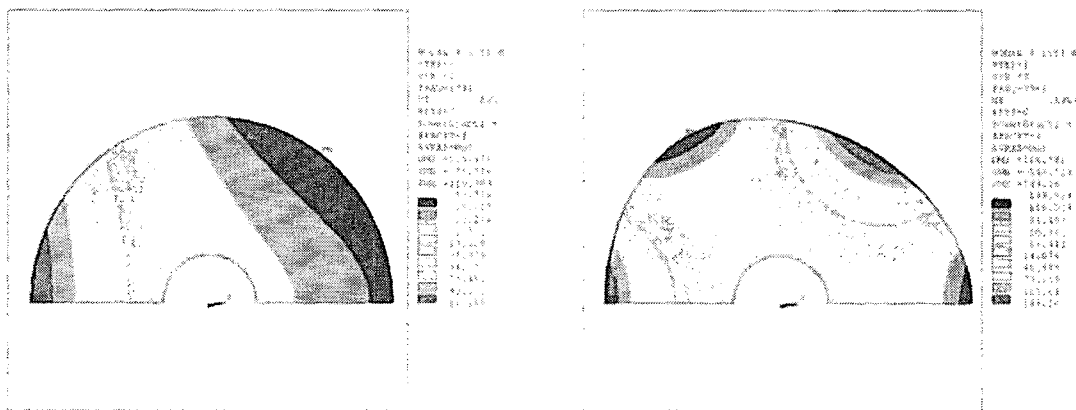


Fig. 4 Fundamental and 3 sine wave mode shape in the axial direction

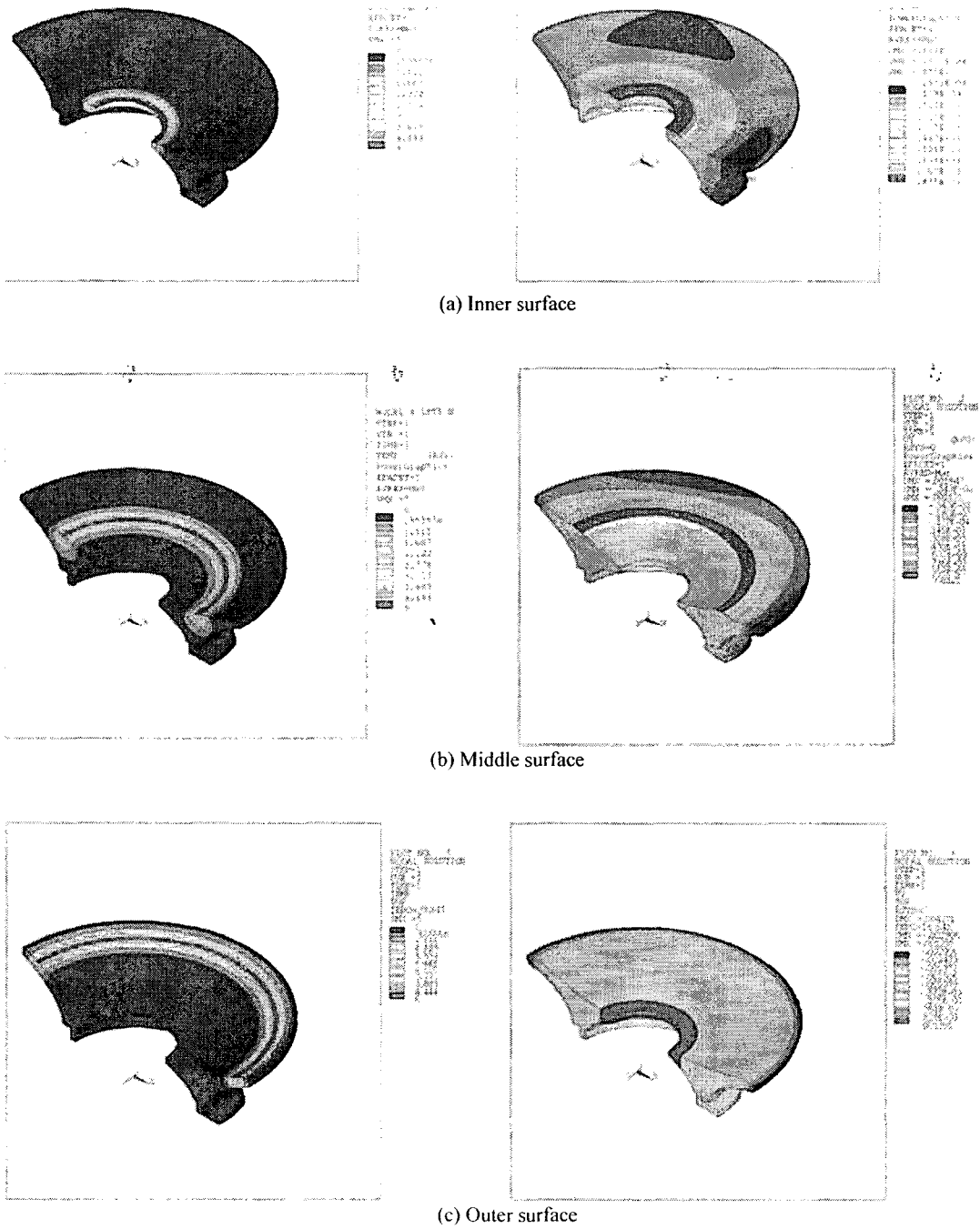


Fig. 5 Temperature distribution and axial deformation contours for local temperature increment cases