

회전형 피치 툴 연마 가공용 확장형 툴 영향 함수의 광학 물질제거 특성

Material removal characteristics of dynamic TIF for rotating pitch tool polishing

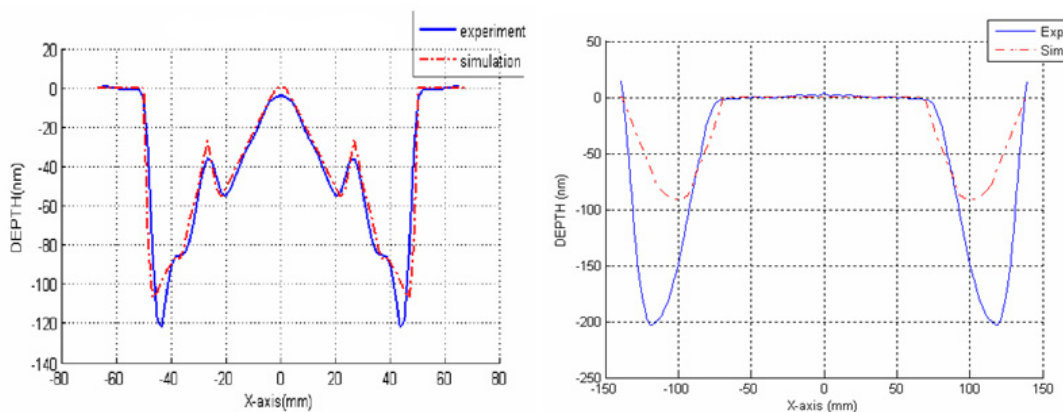
이현수¹, 김석환², 양호순¹, 이재협¹, 이인원¹, 이윤우¹

¹한국표준과학연구원 우주광학연구단, ²연세대학교 천문우주학과 우주광학연구실

myfaniya@paran.com

현재까지 전통적인 피치 툴 연마 가공 공정의 핵심요소인 장인의 경험에 의한 정성적 공정 조절에 의해서는 대구경 정밀 광학 거울면의 가공 완료 시간 예측이 불안정하고, 동일한 성능을 갖는 광학 거울의 대량 생산이 어려운 단점을 갖고 있었다. 따라서 이러한 기존 가공 방식의 문제점을 극복하고자 강제적으로 회전하는 피치 툴을 이용한 연마 작업 시 물질 제거 특성에 대한 수치 모형 및 실험 연구를 진행하고 있다.

본 연구에서는 피치 툴만이 회전하는 Static TIF(Tool Influence Function)⁽¹⁾의 연구결과⁽²⁾에 추가하여, 실제 가공과 동일하게 피 가공물과 연마 툴이 동시에 운동하는 Dynamic TIF 형성의 수치모사 이론을 개발 하였고 및 실험적 검증을 실시하였다. 그림 1은 Static TIF 및 Dynamic TIF의 실험 결과이다.



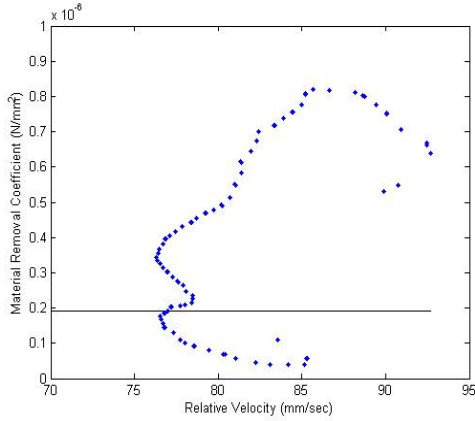
(가) Static TIF

(나) Dynamic TIF

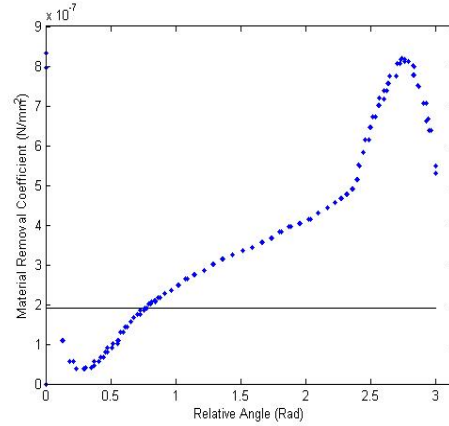
그림 1. Static TIF와 Dynamic TIF의 가공 결과 비교

그림 1의 (가)는 Static TIF 실험의 한 예이다. Static TIF의 경우 총 39회의 실험 및 수치모사를 실시하였으며, 부피를 기준으로 84.2 %의 정확도로 툴 영향 함수의 실험과 시뮬레이션 결과가 일치함을 알 수 있었다. 이러한 Static TIF 실험을 통해 구한 Zerodur 물질에 대한 피치 툴의 물질 제거 상수는 $1.9079 \times 10^{-7} \text{ mm}^2 / N$ 이었다. 그림 1의 (나)는 Static TIF의 실험에서 구한 물질 제거 상수를 적용한 Dynamic TIF의 실험 결과이다. Static TIF와 달리 실제 가공된 형상과 수치모사의 결과가 비교적 많은 차이를 보이는 것을 알 수 있다.

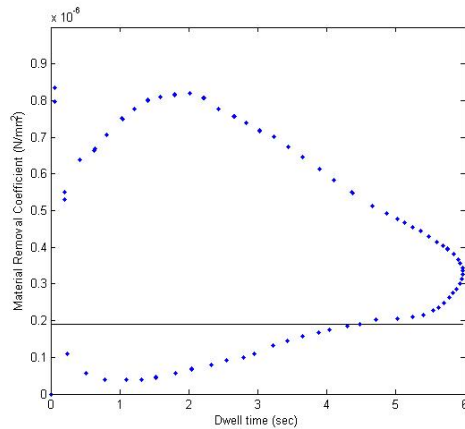
또한 이는 일정한 값으로 가정한 물질 제거 상수가 다양한 가공 변수에 의해 가공 중 연속적인 변화를 갖아야만 한다는 가설을 성립하게 하여 주는 증거이기도 하다. 이 가설을 증명하기 위하여 그림 1의 (나)의 실험 결과를 이용하여 가공 변수에 대한 물질 제거 상수의 변화를 분석한 결과는 그림 2와 같다.



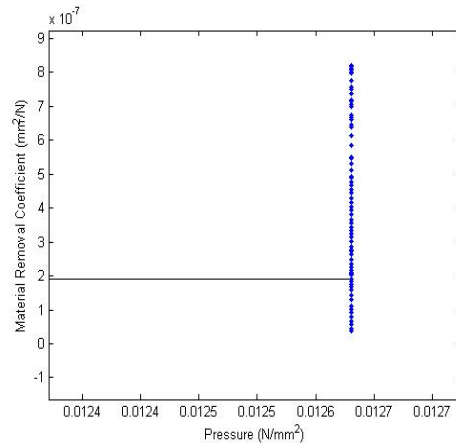
(가) 상대 속도



(나) 틀과 피가공물의 속도 벡터의 사이각



(다) 틀의 머문 시간



(라) 연마 압력

그림 2. 가공 변수에 대한 물질 제거 상수의 변화

그림 2의 (나)의 경우 틀과 피가공물의 속도 벡터의 사이각의 크기에 대하여 물질 제거 상수가 선형적으로 변하는 듯한 결과를 보여주었다. 하지만 5회에 걸친 Dynamic TIF의 추가 실험 결과, 물질 제거 상수는 단일 가공 변수에 대한 선형적 분포를 보이는 것이 아니라, 위의 네 가지 가공 변수로 이루어진 복합 함수로 정의해야 함을 이해하였다. 현재 Dynamic TIF의 추가적인 실험과 분석을 통하여 복합적 물질 제거 함수를 유도하고 있다.

참고문헌

- (1) Dae Wook Kim, Sug-Whan Kim, "Static tool influence function for fabrication simulation of hexagonal mirror segments for extremely large telescopes", optics express vol. 13, No 3, February 2005.
- (2) 이현수, 김석환, 양호순, 이운우, 이인원, "대구경 광학면 정밀가공을 위한 틀 영향 함수 기반 연마 제어 기법", 한국광학회 동계학술발표회 논문집, p. 307-308, February 2007.