

구경 900mm 시준장치의 광기계부 설계

강명석, 배정석, 양승욱, 김종운, 양호준*, 이윤우*

(주)세트렉아이, *한국표준과학연구원 광기술표준부 나노광계측그룹

kms@satreci.com

한국표준과학연구원의 "나노광계측 표준 확립 및 유지" 과제의 일환으로 구경 900mm의 시준장치를 개발하고 있다. 주경 및 부경의 연마, 코팅 그리고 광학적인 정렬은 한국표준과학연구원에서 수행하고 광기계부는 (주)세트렉아이에서 설계/제작/조립을 위탁받아 수행하고 있다.

주경 및 부경의 재질은 Borosilicate이다. 주경은 직경 910mm, 두께 150mm이며 하니콤샌드위치 구조로 약 80%를 경량화하였다. 부경은 직경이 190mm로서 경량화를 하지 않는다.

구경 900mm 시준장치의 광기계적인 설계요구조건은 표 1과 같다.

항목		설계요구조건
자중에 의한 변형	주경 반사면의 왜곡	$\langle \lambda/50 \text{ RMS } (\lambda = 632.8\text{nm})$
	부경 반사면의 왜곡	$\langle \lambda/50 \text{ RMS } (\lambda = 632.8\text{nm})$
온도변화에 의한 열변형 (20°C±2°C)	주경 반사면의 왜곡	$\langle \lambda/50 \text{ RMS } (\lambda = 632.8\text{nm})$
	부경 반사면의 왜곡	$\langle \lambda/50 \text{ RMS } (\lambda = 632.8\text{nm})$
	주경과 부경사이의 거리변화	$\langle 1.5\mu\text{m}$

표 3 Opto-mechanical design requirements

시준장치의 광기계부에 추가하여 고려할 사항은 한국표준과학연구원에서 수행할 연마의 과정이었다. 주경의 연마시 반사경은 수평으로 놓여 광축에 대해 회전하며 연마된다. 그리고 반사경을 연마 중 반사면을 측정하는 것은 연마기의 회전판을 90° 회전하여 반사경을 수직으로 세운 상태(즉 광축은 수평)로 간섭계를 이용하여 측정하고 설계치와의 오차를 연마기에서 수정하게 된다.

광기계부의 설계에서는 주경의 연마, 연마기에서의 측정 그리고 시준장치에 장착하여 사용되는 전 과정에 대한 고려가 필요하였다. 먼저 몇 가지 장착방법에 따른 반사경의 변형에 대하여 검토하였다. 표 2는 주경을 장착하는 여러 가지 방법들에 대한 가능성을 평가하기 위한 해석의 결과이다. 사용된 모델은 장착하는 개념들의 완벽한 구현을 가정하고 해석하였다. 따라서 표 2는 여러 장착방법들을 구현하였을 때 얻을 수 있는 상한치를 나타낸다.

장착방법	형상오차 (RMS)
CG 평면에서 3점 지지	$\lambda/31.3$
CG 평면에서 6점 지지	$\lambda/90.9$
원주상 끈 ⁽¹⁾	$\lambda/43.5$
중앙실린더 장착	$\lambda/33.3$
중앙실린더 + 원주상 끈	$\lambda/58.8$

표 4 Feasibility study on M1 mounting

반사경을 수직으로 장착하는 여러 방법들을 검토한 결과 이들 방법으로는 연마 중 그리고 시준장치에서 장착하는 형태에서 반사경의 변형이 설계여유 이하가 되도록 장착하는 것이 불가능하였다.

따라서 이전에 제작하였던 구경 450mm의 시준장치⁽²⁾에서 반사경의 제작 그리고 장착하는 각각의 단계에서 반사면의 왜곡을 설계여유보다 충분히 작게 하는 개념을 적용할 수 없었다.

시준장치의 경우 반사경이 장착된 후 광축이 중력방향에 대하여 수직하게 유지된다. 또한 반사경은 연마기에서 반사면의 측정할 때와 같은 방향으로 놓여지게 된다. 따라서 반사경을 시준장치에 장착하는 것과 동일한 방법으로 장착하여 연마를 하게 되면 중력에 의하여 변형된 형상이 설계한 광학면이 되도록 연마할 수 있다. 이로써, 반사경을 시준장치에 장착하는 상황에서의 변형은 크게 문제되지 않는다.

단, 연마시 반사경이 수평으로 놓여질 때의 변형을 최소화 하여 연마시 가공될 반사면의 최종형상을 단순화시키는 것이 유리하다. 반사경이 연마기에 놓였을 때 변형량을 최소화하기 위하여 whiffletree⁽¹⁾의 구조를 도입하였다. 이 구조는 반사경이 수직으로 놓였을 때에도 반사경을 지지해야 하고 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 의 온도변화에 대하여 반사면의 변형을 $\lambda/50$ RMS 이하로 유지하여야 하므로 flexure를 이용한 변형된 형태의 whiffletree를 고안하였다. 그림 1은 whiffletree 개념을 변형하여 주경을 장착한 시준장치의 개념도이다. 이 장착부를 이용하였을 때 주경은 연마시 약 $\lambda/29.3$ RMS의 변형을 하며 온도변화에 대한 설계조건을 만족한다.

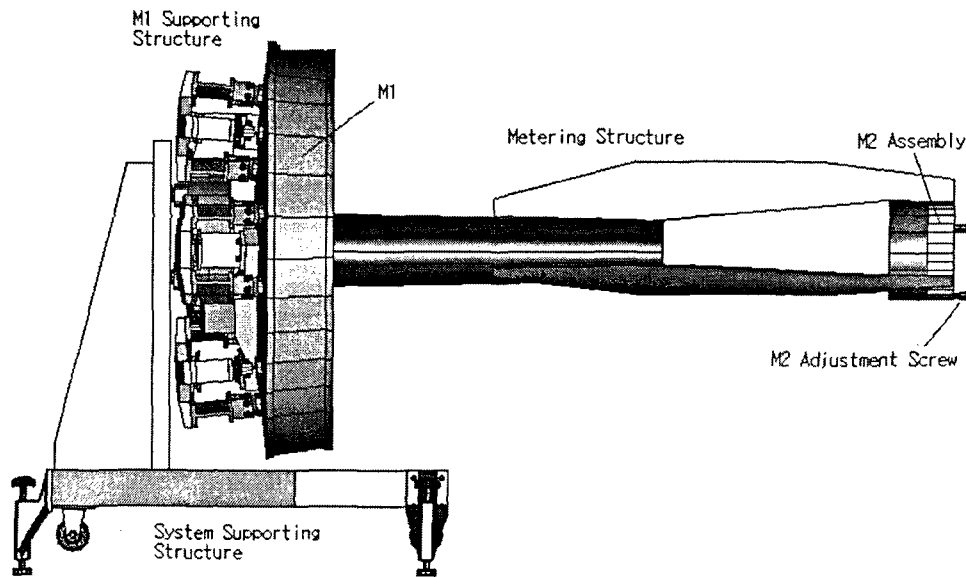


그림 1 구경 900mm의 시준장치의 설계 개념도

주경과 부경간의 거리를 유지시키는 metering structure는 CFRP와 알루미늄의 조합으로 구현할 것이다. 주경과 부경이 열팽창계수가 $3.25 \mu/\text{K}$ 인 Borosilicate로 만들어져 있어 운용시 온도를 일정하게 유지하고 시스템 전체의 온도가 균일해지도록 하는 안정화 시간이 필요하다.

현재는 주경의 장착부가 설계/제작된 상태이며, 본 과제는 금년 9월까지 광기계부를 제작하고 연말까지 조립 및 시험을 완료할 예정이다.

참고문헌

1. Paul R. Yoder, JR. "Opto-Mechanical System Design, 2nd Ed.", (Marcel Dekker, Inc, 1993).
2. 양호순, 이재협, 이희운, 이윤우(KRISS), 이영훈(한남대), 김종운, 강명석, 김도형, 최영완(세트랙아이), "구경 450mm Cassegrain Type 시준장치의 개발", 한국광학회지 5, 1-20 (2004).