

초정밀 추적조준용 대하중 2축

GIMBAL 마운트 제작시방서

2013. 03.



한국기계연구원
KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS

< 목 차 >

1. 용 도
2. 규 격
3. 제작사양
4. 시험 및 검사
5. 납품, 설치, 시운전 및 성능시험
6. 제품의 표시 및 포장
7. 하자보증
8. Spare Parts

1. 용 도

- 1) 모의비행표적영상 획득을 위해 레이저 빔을 이동 표적에 정밀하게 추적조준, 집속할 수 있고 또한 원거리의 물체를 빠른 속도로 정밀하게 추적 및 감시하기 위한 초정밀 추적조준용 대하중2축 김발 시스템임.
- 2) 추적마운트는 마운트 베이스 및 프레임, 축 구동부 등으로 구성되어있으며 제작되는 추적마운트에 레이저 광학계가 부착되어 원거리의 물체를 빠른 속도로 정밀추적하게 되므로 이들 각각의 기계적 메커니즘 및 가공/조립정밀도가 매우 정밀하여야함.
- 3) 추적조준용 대하중2축 추적마운트, Rising Block 제작 검증 및 실전운영.
- 4) 실전운영에 필요한 추적조준용 대하중2축 김발 추적 제어기 개발 및 검증.

2. 규 격

- 1) 추적 마운트 크기 : 1600mm * 1000mm * 2500mm
- 2) Weight : Max 2.2ton이하
- 3) 구동축(방위/고도축) 베어링의 축방향 흔들림 : 5 μ m 이하
- 4) 구동축(방위/고도축) 베어링의 반경방향 흔들림 : 5 μ m 이하
- 5) 고도축 양단의 직진도 및 정렬 오차 : 8 μ m 이하
- 6) 방위축과 고도축 수직정렬 오차 : 10 arcsec 이하
- 7) 고도축과 방위축 교차(Intersection) 정밀도 : 50 μ m 이내
- 7) 고도축의 반복회전정밀도(구동범위 $-10^{\circ} \sim +90^{\circ}$) : 5arcsec 이하
- 8) 방위축의 반복회전정밀도(구동범위 $\pm 150^{\circ}$) : 5 arcsec 이하
- 9) 경통의 unbalance 양 : 고도축 중심으로 0.1kg이하
- 10) 구동축 베어링 상부 조립체의 unbalance 양 : 방위축 중심으로 0.1kg이하

3. 제작 사양

3.1 일반적 개념

- 1) 추적마운트는 각 구동축 구조물이 구조적 견고성 및 안정성을 확보하고 이외에 고도축 및 방위축 간의 직진도, 광학계 부착부분의 정렬 정밀도, 조립 밸런싱 등이 확보되도록 제작되어야한다. 그림1에 추적조준용 대하중2축 추적마운트의 외형 형상도를 표시하였다.

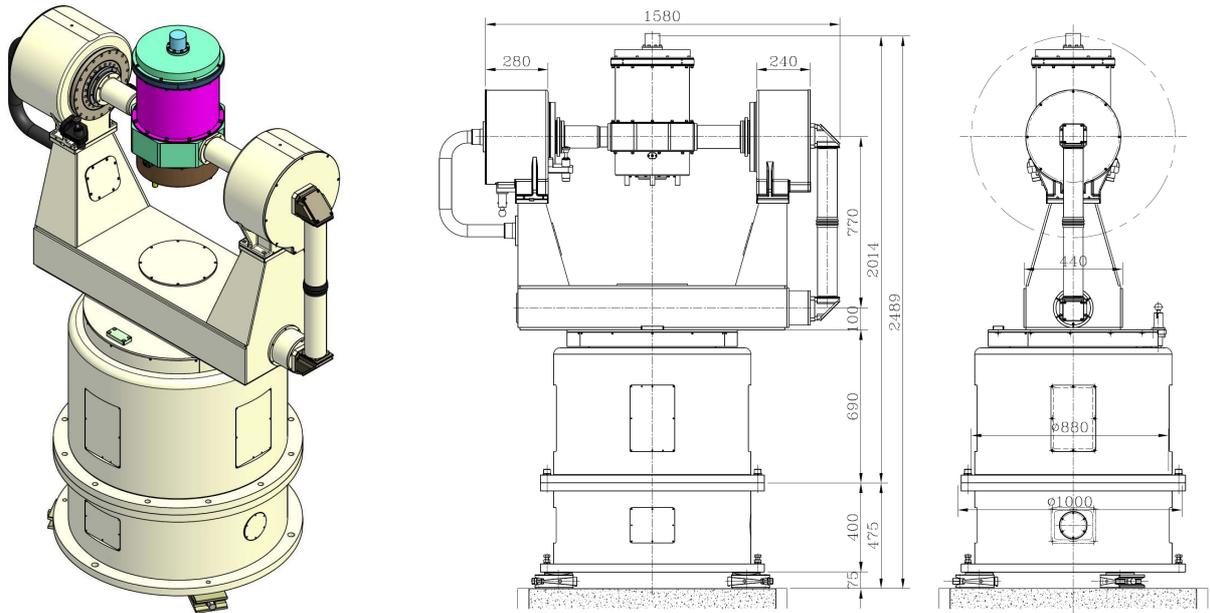


그림 1. 추적조준용 대하중2축 추적마운트의 형상도

- 2) 추적마운트의 형상은 구경 40cm 송수신광학계를 지지할 수 있어야 한다.
- 3) 추적마운트는 방위축과 고도축의 두 축을 동시에 구동하여 송수신 광학계를 원하는 위치로 구동할 수 있는 경위대 방식의 형상이다.
- 4) 추적마운트는 광도파로를 통해 송신된 광은 모의비행표적에서 Return되어 수신된 광을 전자측정 및 분석 장치로 보내진다.
- 5) 추적마운트는 광학계를 안정적으로 지지할 수 있는 구조적 안정성이 확보되어야 한다.
- 6) 추적마운트 구동 시 추적오차를 최소화할 수 있도록 모든 부품은 정밀하게 가공, 조립되어야 한다.
- 7) 마운트 기계프레임 상에는 마운트 구동을 기계적으로 비상 정지하기 위한 Limit와 Emergency Brake의 주변장치로 이루어진다.
- 8) 마운트의 구조적 안정성과 강인성을 확보하면서 최대한 경량화 되도록 제작한다.
- 9) 베이스 위에 추적마운트를 설치하기 위하여 tilt를 조절하기 위한 tilt alignment 기구부를 두었다.
- 10) 추적마운트 설치 위치는 바닥에 별도의 조립시설 없이 설치할 수 있어야 하며, 이동시 크레인/페이로더 등의 사용을 위한 후크 등을 부착 한다.
- 11) 도장은 분체도장으로 열처리하며 색상은 밝은 White로 한다.

3.2 축 구동부

- 1) 축 구동부 AZ-axis, EL-axis는 Cross-Roller Bearing (THK 정밀급 규격 상용제품사용)

radial : $\pm 5\mu\text{m}/\text{TIR}(180^\circ)$, axial : $\pm 5\mu\text{m}/\text{TIR}(180^\circ)$ (조립정도)

Cross-roller Bearing (THK 정밀급) & Angular Contact Bearing

radial : $\pm 3\mu\text{m}/90\text{deg}$, axial : $\pm 3\mu\text{m}/90\text{deg}$ (조립정도)

- 2) 방위축 및 고도축 구동부는 축 구동부의 회전으로 인한 기계적 마찰을 최소화함으로써 기계적 구동정밀도를 확보할 수 있는 메커니즘으로 제작한다.
- 3) 축 구동부의 기계적 정밀도는 마운트의 기계적 지향정밀도를 확보하기 위한 기본적인 요소로서, 최대한 정밀하게 가공 및 조립한다.

3.3 허용 하중

- EL-axis : 베어링 강성기준 내, AZ-axis : 베어링 강성기준 내

3.4 축 구동부 베어링 설치면

축 구동부 베어링 설치 면은 베어링 반경 방향 및 축 방향 흔들림 오차가 P2급 ($5\mu\text{m}$) 이하의 정밀한 제품을 사용하므로, 베어링 Maker에서 요구하는 베어링 설치 면의 설치방법 및 가공정밀도에 준하여 가공 및 조립한다.

3.5 축 구동부 모터 설치면

- 1) 축 구동부 모터는 직접구동방식 (Direct Drive)의 중공형 모터 방식으로서 추적마운트의 방위축과 고도축이 베어링의 마찰 부하를 이기고 안정적이며 충분한 가속성능을 발휘할 수 있는 토크성능을 가진 제품으로 설치한다.

(사급)

- 2) 축 구동부 모터가 설치되는 축 샤프트 기계부는 모터 제작업체에서 제공되는 설치도면에 준하여 모터 설치를 위한 기계부 가공정밀도 및 조립을 위한 공차 등을 만족하도록 가공 및 조립한다.

3.6 축 구동부 엔코더 설치

- 1) 축 구동부 엔코더는 반드시 링 형태의 중공형 엔코더 방식으로서, 회전주파수 오차를 제거하기 위해 2개의 헤드를 가지며, 1회전 당 24bit 이상의 분해능을 가지는 광학식 제품사용. (사급)

2) 축 구동부의 구동모터와 연계하여 구동모터의 움직임을 정확히 검지하여야 하므로, 구동 모터 축과 링 엔코더 축 정렬이 정확히 이루어지도록 엔코더 제작업체의 설치사양에 준하여 정밀하게 엔코더 링 및 설치 면을 가공하여 조립한다.

3.7 동작범위

○ EL-axis : $-10^{\circ} \sim +90^{\circ}$, AZ-axis : $\pm 150^{\circ}$ 이상

3.8 동작속도

○ EL-axis : 45 deg/sec 이상, AZ-axis : 45 deg/sec 이상

3.9 동작 정확도 (추적마운트의 최종 지향정밀도 목표)

○ EL-axis : 5arc-second 이내 (servo/정밀 encoder구현),
AZ-axis : 5arc-second 이내 (servo/정밀 encoder구현).

3.10 조립

- 1) 조립 시 연구원측에 참석 요청을 하여야한다.
- 2) 각 축의 베어링 조립 후 베어링의 레이디얼 방향 및 축방향의 흔들림 정밀도를 측정하여 $5\mu\text{m}$ 이하의 오차로 한다. (모터 조립 설치 및 예압 후의 상태에서 베어링 Maker의 회전정도 측정방법에 준하는 측정 방안 제시.)
- 3) 각 축의 베어링은 조립 후 회전시켰을 때 구동모터의 동작범위내의 마찰부하를 가지도록 회전시켰을 때 부드럽게 동작되도록 조립한다.
- 4) 상기 2항 규격에서 정한 각 항의 정밀도를 만족하도록 정밀하게 부품 가공 및 조립을 수행하여야 한다.
- 5) 조립 후 KIMM에서 각 축을 반복 회전하는 반복정밀도 시험에서 고도축은 반복회전정밀도 5 arcsec이하, 방위축은 반복회전정밀도 5arcsec 이하가 되어야 한다.
- 6) 경통은 고도축 중심에 대해 정확한 무게 발란싱이 유지되도록 제작, 방위축 회전중심에 대해 전후좌우가 0.1kg이하의 정확한 발란싱이 되도록 조립한다. (방위축 중심으로 경통의 좌우/전후/상하 balance 임.)
- 8) 방위축 베어링부에 얹히는 Fork 부분은 방위축 회전 중심에 대해 0.01kg이하의 정확한 발란싱이 되도록 조립한다. (Fork 좌우 방향 balance 임)
- 9) 조립볼트는 규격에 맞는 토크로 체결한다.

- 10) 조립볼트는 고장력 볼트를 사용하며, 특별히 지정하는 부위는 SUS 재질의 제품을 사용한다.

4. 시험 및 검사

- 재료검사, 반제품검사, 용접검사, 치수검사 등의 주요검사 수행 시 발주자 입회를 요청하여야 한다.
- 계약자는 제작검사 전 입회검사요청서, 검사계획서 등을 발주자에게 제출하여야 한다.
- 본 시방서에 제시된 제작사양 및 규격은 반드시 충족해야한다.
- 3절의 제작사양에서 요구한 규격대로 제작 및 조립이 이루어 졌는지를 확인하기 위하여 계약자는 계약 후 1개월 이내에 검사 Jig를 포함한 검사절차서 및 검사 sheet를 발주처에 문서 및 도면으로 제출하여 승인을 받은 후 검사를 수행하여야 한다.
- 제작사는 부품가공, 조립 및 정렬 측정 등의 각 단계별 검사에 있어 연구원에 검사 입회 요청을 하여야 하며, 연구원에서는 부품 가공/조립/측정 검사에 입회한다.

4.1 치수검사

- 1) 치수 검사는 기 승인된 도면에 준하여 버니어캘리퍼스 또는 게이지, 수평기, 내 외경 마이크로메타 등의 측정 기구를 이용하여 주요 치수를 측정하여 도면에 기재된 허용오차 혹은 관련 사양의 만족 여부를 검사한다.
- 2) 치수 검사는 각각의 단위 부품별 및 용접 조립 후 조립 부품별로 실시한다.
- 3) 계약자는 조립된 추적마운트의 납품이전에 각 제작공정별 부품에 대한 검수결과를 연구원측에 제출하여야한다.
- 4) 연구원측이 요구하는 경우 연구원측에서 직접 부품검수를 할 수 있어야한다.
- 5) 계약자는 각 제작공정별 사진을 납품 이전에 연구원측에 제출하여야 한다.
- 4) 계약자는 제품의 가공치수 및 조립과 관련된 치수를 측정하여 측정 sheet를 납품 이전에 제출하도록 한다. 측정 시에는 반드시 연구원 관계자가 배석한 상에서 수행하여야 한다. 측정 sheet는 연구원과 계약자가 협의에 의한 양식으로 결정한다.
- 5) 계약자는 연구원측이 요구하는 경우 검수방법의 타당성을 증명할 수 있어야한다.

4.2 조립 후, 베어링의 흔들림 정밀도 측정 검사

각 축의 모터 및 베어링 등 축 구동부 조립 후, 예압을 가한 상태에서 각 축 베어링의 래디얼방향 및 축방향의 흔들림 정밀도를 측정하여 5um 이하의 오차를 가지고 있음을 확인하기 위한 검사를 수행한다.

4.3 고도축 양단 직진도 및 정렬 검사

고도축 양단의 직진도 및 정렬을 위한 조립 정밀도가 8um이하의 오차를 갖는지 확인하기 위한 검사를 수행한다.

- 1) 측정기준원 작업 ⇒ 가공설정 (master 조립)
- 2) 측정기준은 동작 spec기준으로 측정 : 기준점시
- 3) 측정 point 설치 (기준 거리 설정/측정 기준 가공) 측정 기준용 block 설치

4.4 방위축과 고도축 수직정렬 정밀도 측정검사

고도축과 방위축 수직 정렬 조립 정밀도가 10 arcsec 이하의 오차를 갖는지 확인하기 위한 검사를 수행한다.

4.5 방위축과 고도축 교차정밀도 측정검사

고도축과 방위축이 동일 면상에서 교차하는 지를 확인하는 검사로서, 교차 정밀도가 50um 이내의 오차를 갖는지 확인하기 위한 검사를 수행한다.

4.5 조립 후 각 축의 반복 회전정밀도 측정검사

조립 후 각 축을 반복 회전시켰을 때 고도축과 방위축의 반복 회전정밀도가 5 arcsec 이하 인지를 확인하기 위한 검사로서, 축 방향, 반경방향 모두 측정해야 한다.

- 1) EL, AZ-axis 전주 측정 장치 (5점 이상 측정) 5 arcsec 이내
- 2) Tracker : 5지점 측정, 측정 보고서 작성 제출한다.

4.6 재료검사

- 1) 철강 재료의 재질 검사는 재료의 원재료 검사 성적서(Mill Sheet)로 같음 한다.
- 2) 자재 표면상의 결함 유무(모서리부 Lamination, Shearing, Crack 등)를 확인한다.

4.7 용접검사

- 1) 용접사 자격 : AWS D1.1에 따라 검증된 용접사가 작업을 수행한다.
- 2) 용접 시방서 : 용접 시방서는 시공 전에 검토 및 승인 후 작업 될 수 있도록 한다.

4.8 Fork 및 경통 무게 Balance 확인 검사

Fork는 방위축 중심으로 좌우 무게 균형을, 경통은 고도축을 중심으로 상하/좌우/전후로 무게 균형을 유지하는지 확인하는 검사.

4.9 인수검사

계약자는 제품 납기 3일 전까지 연구원에서 지정한 장소에 제품을 설치한 후 검수담당부서에 검수요청을 하여야 하며 검사기준 내용은 구매제품과 동일한지 여부를 판정하여 검수 보고한다.

5. 납품, 설치, 시운전 및 성능시험

5.1 납품

- 1) 납품일 : 계약 후 90일 이내에 아래 최종 납품장소에 납품하여야 한다.
- 2) 납품장소 : 한국기계연구원 연구7동 실험실

5.2 납품완료

- 1) 계약자는 제품에 대한 시험 및 검사를 한 후 한국기계연구원의 담당자에게 확인을 받아 계약자 부담으로 계약납기일까지 설치장소에 운반 및 설치하고 성능시험을 완료하여야 한다.
- 2) 설치, 시운전 및 성능시험 : 제품이 도입되기 전 한국기계연구원이 지정한 설치장소를 사전 점검하여 설치에 필요한 제반 사항을 점검하고 필요한 장비를 확보한다.
- 3) 계약자는 제품의 건전성 확인, 구성품의 변형 여부 등을 평가하는 성능시험을 검수부서 담당자 입회하에 실험실에서 수행하여야 한다.
- 4) 모든 경비는 을이 지불하는 것을 원칙으로 한다.
- 5) 계약자는 최종성과물에 대하여 불합격 판정 받았을 경우, 서류로서 근거를 남기고 계약자가 소요경비 일체를 부담하여 수정작업을 실시하여야 한다.
- 6) 계약자는 최종 제작된 추적마운트를 완전하게 조립하여 납품하여야한다.
- 7) 계약자는 조립검사가 완료된 상태 그대로 추적마운트를 납품장소로 안전하

게 이동 설치하여야 하며, 발주처의 요청 시 조립정렬오차의 확인을 위한 정렬검사를 다시 수행한다.

8) 계약자는 추적마운트 이동 및 설치에 필요한 Lift Jig를 제작하여 추적마운트와 함께 납품하여야 한다.

6. 제품의 표시 및 포장

6.1 표시

계약자는 본 제품의 품명, 제작일련번호, 제작자명을 기재한 명표를 부착하여야 한다. (내용은 한국기계연구원과 협의)

6.2 포장

본 품은 보관 및 수송에 따르는 진동, 충격 등으로부터 보호될 수 있도록 견고하고 안정하게 포장되어야 하며 도착지까지 안전하게 도착될 수 있도록 제반조치를 취하여야 한다.

7. 하자보증

제품의 보증기간은 성능시험을 완료한 날로부터 적용되며 성능시험 완료 후 12개월 안에 발생하는 모든 하자에 대해서는 최단 시일 내에 전액 계약자의 부담 하에 해당 부품으로 교체/수리하고, 수리가 불가능 할 경우에는 대체품으로 교체하며 성능미달 시 재 제작하여야 한다.

계약자는 추적마운트 납품 시 제공된 제작사양서에 따라 제작되었음을 보증하여야 한다.

8. Spare Parts (협의)

- 제작 및 조립 그리고 검사 시 사용한 Jig 발주자에 인도.
- 기타 제작자가 필요하다고 생각되는 물품
- 제작품의 분해 및 조립에 필요한 공구 : 2조.

끝.