

2002 춘계 학술발표회 논문집
한국원자력학회

핫셀용 베타-감마형 원격조종기 개발

Development of β - γ Type Manipulator for Hot Cell

정신검, 정극양, 김호운
한국차폐기술주식회사
경북 경산시 진량읍 신상리 1193-3

이은표
한국원자력연구소
대전시 유성구 덕진동 150

요 약

고 방사성 물질의 취급은 작업자의 방사선 피폭을 최소화하기 위하여 방사선 차폐체로 건조된 방사선 차폐시설(핫셀) 내에서 취급되어야 한다. 이러한 핫셀 내의 방사성 물질의 작업은 작업자가 원격조종기를 사용해 핫셀의 바깥쪽 작업구역에서 원격으로 수행해야 한다. 따라서 본 연구에서는 핫셀 내의 방사성 물질을 원격으로 취급하기 위한 원격조종기를 개발하였다. 국내에는 이러한 원격조종기를 생산하는 업체가 전무하여 그동안 수입에만 의존하여 왔으나, 본 연구에서 베타-감마형 원격조종기의 개발에 성공함으로써 핫셀의 크기 및 용도에 맞는 원격조종기를 설계, 제작할 수 있는 능력을 국내 최초로 보유할 수 있게 되었다. 이러한 원격조종기의 성공적인 개발은 국내에서 사용되는 원격조종기의 유지보수에 신속한 대응 및 그 동안 수입에만 의존한 원격조종기를 국산품으로 대체함으로써 상당한 외화 절감효과를 얻을 수 있게 되었을 뿐만 아니라 수출도 기대할 수 있게 되었다.

Abstract

Radioactive material must be treated in Hot Cell, which has radiation-shielded walls and shielded windows, and can be handled remotely by manipulators. Our company has developed the manipulator first in Korea. Until now all manipulators in Korea were imported from other countries. The advantages of development of manipulators are to maintain the manipulator easily and quickly, and to buy cheaper than before. It may be also considerable to export the developed manipulators to overseas.

1. 서론

고 방사성 물질은 작업자의 방사선 피폭을 최소화하기 위하여 방사선 차폐가 이루어진 핫셀 내에서 취급하여야만 한다. 핫셀 내의 고 방사성 물질을 원격으로 취급하기 위한 장비로서 원격조종기가 사용된다. 원격조종기는 작업자가 Master 쪽의 손잡이를 움직여서 똑같은 운동을 Slave 쪽의 Tong에 전달할 수 있는 구조로 만들어져 고 방사성 물질을 취급하는 핫셀에서는 필수적인 장비에 속한다.

국내에는 원격조종기를 생산하는 업체가 전무하여 그동안 수입에만 의존하여 왔으나 본사에서 다년간의 연구 끝에 베타-감마형 원격조종기의 개발에 성공함으로써 핫셀의 크기 및 용도에 맞는 원격조종기를 설계/제작할 수 있는 능력을 국내 최초로 보유할 수 있게 되었다.

본사에서 개발한 원격조종기(그림 1, 2 참조)는 성능 면에서 외국산과 거의 동등하며, 모든 부품을 모듈화하고 국내에서도 쉽게 구할 수 있는 부품을 적용하여 지속적인 사용에 따른 부품교체를 용이하게 하였다.

2. 원격조종기의 설계요건

원격조종기는 작업자가 Master 쪽의 손잡이를 움직임에 따라 1:1의 똑같은 운동을 Slave 쪽의 Tong에 전달할 수 있는 구조로 되어야 한다. 또한 각 운동부의 관성을 최소화하기 위하여 튜브 및 블록 등은 알루미늄 재질에 표면처리를 하고, 그 밖의 부품은 부식을 방지하기 위하여 스테인리스 재질을 사용하며, 마찰저항을 최소화하기 위하여 로울러 베어링 등을 사용한다. 원격조종기에 사용된 Master arm과 Slave arm의 Boom tube는 일정한 형상을 갖는 튜브로서 형상에 맞는 여러 종류의 금형을 제작한 후 Al6061-T6의 재질로 인발하여 사용한다. 운동을 전달하는 중간 매개절은 인장강도가 충분하고 곡률반경이 적은 7본선 6코임 공심 $\Psi 1.5$ mm Stainless wire를 사용한다.

원격조종기는 크게 작업자 영역에 위치한 Master 부분(그림 3), 핫셀 차폐벽 속에 삽입되어지는 Thru tube 부분(그림 4), 핫셀 내부에 위치한 Slave 부분(그림 5)으로 나누어지며, 그 운동은 Tong motion, Elevation & Twist motion, Azimuth motion, Z motion 및 Counterbalance, X-Y motion 및 Balance weight, 그리고 Locking system 등으로 구성되어야 한다.

3. 원격조종기의 기능 및 구조

3.1. Tong motion

Tong motion은 Master 쪽의 Mechanical pistol grip의 운동을 중간 매개절인 Wire에 의하여 Slave 쪽에 위치한 Tong grip을 작동시켜 핫셀 내의 고 방사성 물질을 집을 수 있다. 또한 Mechanical pistol grip에는 Latchet locking 장치가 있어 Tong grip을 고정하거나 해제시킬 수 있다.

3.2. Elevation & Twist motion

Elevation & Twist motion은 Master 쪽의 손잡이의 운동에 의한 Wrist joint의 회전 및 각 운동을 중간 매개절인 Wire에 의하여 Slave 쪽에 위치한 Wrist joint에 운동을 전달하여 Tong이 회전 및 각 운동을 가능하게 한다. Wrist joint의 Twist motion은 피니언 기어가 수평 아래 38° 의 중립위치에서 시계방향 및 반시계방향으로 165° 이

며 Wrist joint의 피니언 기어의 elevation은 수평 아래 38° 중립위치에서 상.하 방향 78° 의 범위로 회전한다. Elevation & Twist motion은 중간 매개절로 4가닥의 Wire에 의하여 운동이 전달되고, Wrist joint 내에서는 내구성을 향상시키기 위하여 Sprocket 및 Chain을 사용하였으며, 특히 Slave 쪽에는 Take-up spring을 설치하여 작동 중 이완측 Wire가 Pulley로부터 벗어나는 것을 방지하였다.

3.3. Azimuth motion

Azimuth motion은 Master 쪽 Boom tube의 회전력을 Slave 쪽 Boom tube에 전달하는 것으로서 2가닥의 Wire에 의하여 운동이 전달된다. Azimuth motion wire drum은 Boom tube의 상하 운동을 위한 가이드의 역할도 겸하고 있다. Azimuth motion의 회전각은 중립위치에서 시계방향 및 반시계방향으로 175° 이다.

3.4. Z motion 및 Counterbalance

Z motion Wire는 Master drum 및 Slave drum에 각각 감기며, 두 Drum은 서로 연결되어 있다. Master boom tube와 Slave boom tube의 행정은 핫셀의 크기 및 용도에 따라 1:1 또는 그 이상의 비율로 구성할 수 있으며, 그 비율은 각 Drum 직경의 크기를 변경함으로써 이루어진다. Master boom tube와 Slave boom tube는 아래쪽을 향하고 있으므로 하중에 의한 무게의 평형을 유지하기 위하여 기존의 방법은 납으로 된 Counterweight를 사용하였으나 본 개발품은 판 Spring과 Spiral drum을 이용하여 Counterbalance를 유지함으로써 무게를 경량화하여 관성을 최소화하였다.

3.5. X-Y motion 및 Balance weight

X motion은 Master arm과 Slave arm이 수직인 상태에서 수동으로 Slave arm 회전시 오른쪽 방향과 왼쪽 방향으로 각각 45° 의 각도로 회전할 수 있으며, Master arm이 수직인 상태에서 Motor와 Pinion gear 그리고 Rack gear를 이용하여 Slave arm 회전시 오른쪽 방향과 왼쪽 방향으로 각각 25° 의 각도로 회전할 수 있고 그 회전속도는 $3.5\%/sec$ 이하로 가변 할 수 있다. Y motion은 Master arm과 Slave arm이 수직인 상태에서 수동으로 Slave arm 회전시 앞쪽 방향으로 30° 와 뒤쪽 방향으로 25° 의 각도로 회전할 수 있으며, Master arm이 수직인 상태에서 Motor와 Pinion gear 그리고 Super gear를 이용하여 Slave arm 회전시 앞쪽 방향으로 80° 와 뒤쪽 방향으로 25° 의 각도로 회전할 수 있고 그 회전속도는 $3.5\%/sec$ 이하로 가변 할 수 있다. 그리고 원격조종기를 Wall tube에 삽입하거나 인출할 때는 Thru tube와 Slave arm이 수평으로 일직선이 이루어져야 하므로 Y motion은 수동 및 Motor로 Slave arm 회전시 앞쪽 방향으로 90° 의 각도로 회전할 수 있도록 하였다.

3.6. Locking system

Locking 장치는 X motion locking 장치, Y motion locking 장치 그리고 Elevation & Twist motion, Azimuth motion, Z motion을 동시에 Locking하는 장치로 구성된다. X motion과 Y motion의 Locking은 Flexible cable을 이용한 레버기구에 의하여 작동되며, Elevation & Twist motion, Azimuth motion, Z motion은 나사 레버기구에 의하여 작동되는 장치로서 임의의 위치에서 작동이 가능하다.

3.7. Thru tube

Thru tube는 핫셀 Wall tube 속에 삽입되는 부분으로서 Thru tube 속에는 핫셀 벽 두께 및 재료에 상응하는 납 블록 또는 PE 블록을 방사선 차폐체로 사용하며, 그 내부에는 각종 운동을 전달하는 Wire와 Y motion을 전달하는 링크기구가 내장되어 있다.

3.8. Boot 및 Boot holder

Boot는 핫셀 내부에 위치한 Slave 부분을 핫셀 내부의 방사성 물질과 격리시키는 완전한 밀폐구조로서 Slave 부분이 방사성 물질로 오염되는 것을 방지하기 위한 커버이다. Boot는 항상 고 방사선에 노출되어 쉽게 취화될 수 있으므로 특수 성분을 첨가한 투명 비닐로 제작하였으며, Boot 교체시 오염을 방지하기 위하여 손상된 Boot가 Boot holder에서 분리되는 동시에 새로운 Boot가 장착되도록 하는 구조를 갖는 Boot holder와 Tool을 개발하였다. 또한 원격조종기 Slave 부분의 Wrist joint는 Boot의 내부와 원격 체결할 수 있고 Tong은 Boot 외부와 원격 체결할 수 있는 구조로 되어 있으며 이를 가능케 하는 Tool을 개발하였다.

4. 장치의 성능시험 결과 및 토의

본사에서 개발한 원격조종기에 대하여 본사의 자체 Test를 실시한 결과 초기 설계조건을 만족할 수 있는 성능을 보였으며, 이를 실제 Test로 확인하기 위하여 원자력연구소의 핫셀에 설치하여 사용한 결과 성능 면에서 외국산과 동등하거나 일부 기능은 더 우수한 성능을 발휘하였다. 앞으로 부품 제작공정의 단순화 및 기능 향상 그리고 실제 사용자가 요구하는 사항들을 면밀히 검토하고 수용하여 보다 성능이 우수한 원격조종기를 생산할 계획이다.

5. 결론

본사에서 개발한 원격조종기에 대하여 본사의 자체 Test 및 실제 Test를 실시한 결과 초기 설계조건을 만족할 수 있는 성능을 보였다. 앞으로 부품의 단순화, 부품 제작공정의 단순화, 각종 기능의 향상 그리고 실제 사용자가 요구하는 사항들을 면밀히 검토하고 수용하여 보다 성능이 우수한 원격조종기를 생산할 계획이다. 국산 원격조종기 개발에 성공함으로써 원자력산업에 기여하고, 원격조종기의 유지보수에 신속한 대응을 할 수 있으며, 그 동안 수입에 의존한 원격조종기를 국내산으로 대체함으로써 외화 절감효과를 얻을 수 있게 되었을 뿐만 아니라 수출도 기대할 수 있게 되었다.



그림 1 . 원격조종기의 조립된 상태의 사진.

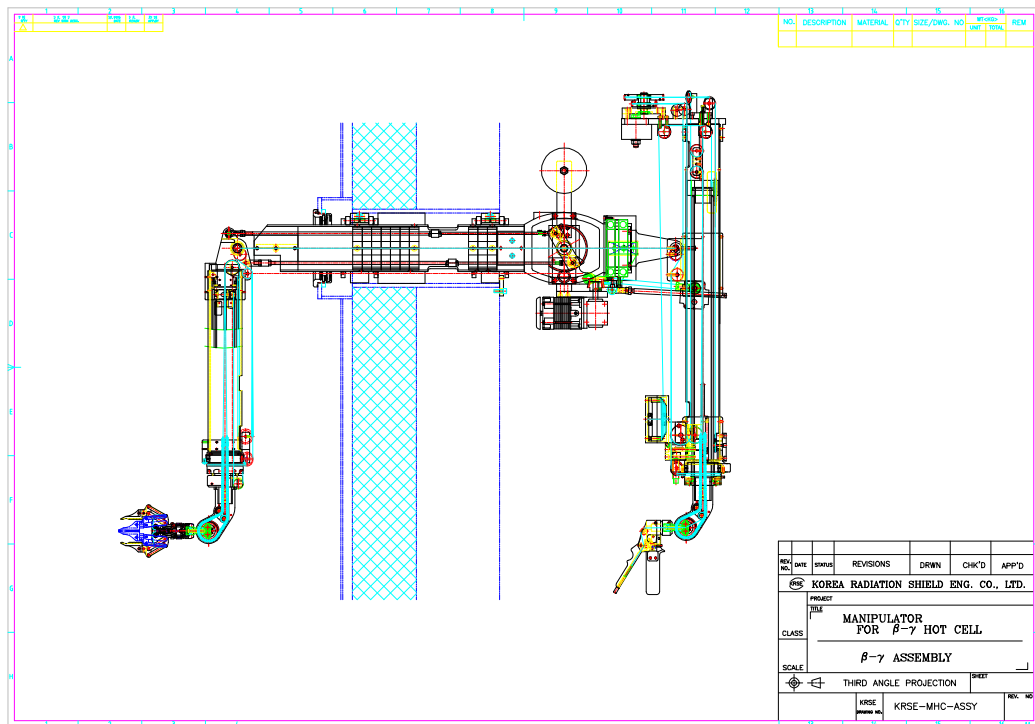


그림 2 . 원격조종기의 조립 도면.

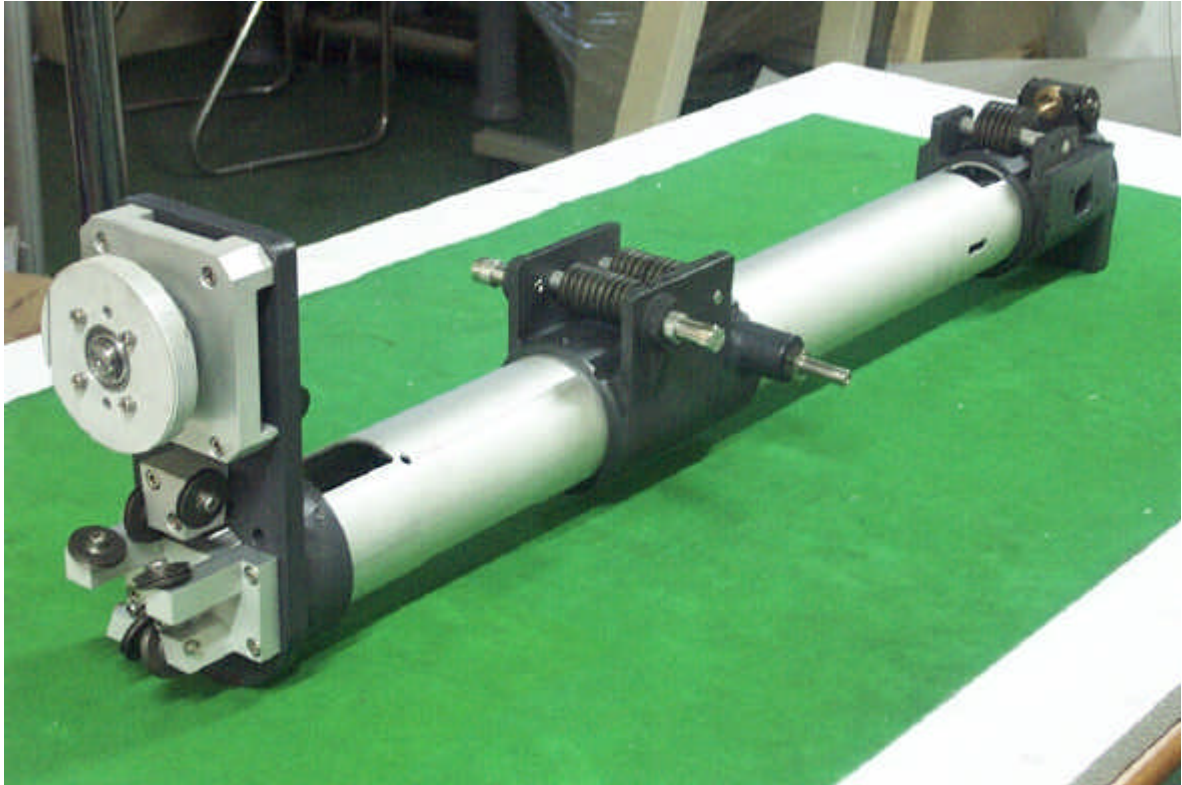


그림 3 . 원격조종기 Master 부분의 조립된 상태의 사진.

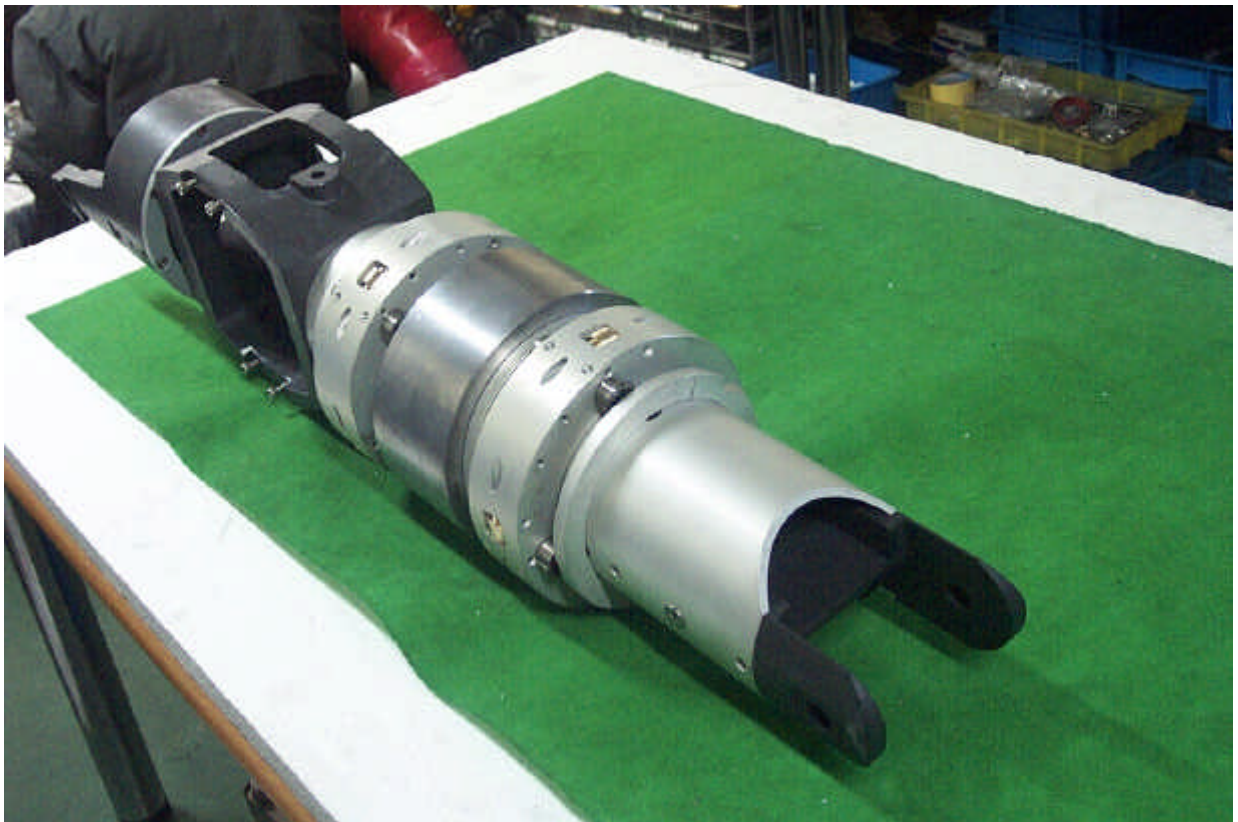


그림 4 . 원격조종기 Thru tube 부분의 조립된 상태의 사진.



그림 5 . 원격조종기 Slave 부분의 조립된 상태의 사진.