

PRIDE 공정장치 운영을 위한 기계식 원격조작기 구축

정정환, 김성현, 홍순석, 김기호, 김정국, 이한수

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045번지

jwjeong@kaeri.re.kr

1. 서론

파이로공정의 핵심공정 중 전해정련 공정은 사용후 핵연료의 93% 정도를 차지하고 있는 다량의 우라늄을 처리한다는 관점에서 전체 파이로 공정 생산성을 결정짓는 한 요소이다. 파이로 프로세싱은 공학규모의 모의 실증, 원격 운전성 및 연계성 평가를 위한 공정장치의 설계, 제작이 완료되고, 현재 원격 Mock-up 테스트를 거쳐 파이로 공학규모 일관공정 시험시설인 PRIDE (PyRoProcess Integrated inactive DEMonstration facility) 알콘셀 내에 설치가 진행되고 있다. 공정장치가 설치될 PRIDE 알콘셀은 작업자가 접근하기 불가능한 환경이므로 작업을 수행하기 위해서 셀 외부에 있는 작업자와 셀 내부의 공정 환경을 연결하여 원하는 작업을 할 수 있도록 매개체 역할을 하는 원격취급기술 및 장치가 필수적인데, 이를 가능하게 만드는 장비가 원격조작기이다.

2. 본론

PRIDE 알콘셀은 길이가 40m, 폭이 4.8m, 높이가 6m인 완전히 아르곤 가스로 충전된 기밀형 셀이다. 알콘셀 내에 파이로공정을 구성하는 전해 환원, 전해정련, 전해제련 및 염폐기물 처리 공정 등 4가지 공정에 필요한 장치들이 설치되며, 셀 가동 중에는 셀 안쪽으로 작업자의 접근이 불가능하여 모든 파이로 공정작업은 완전히 원격취급수단에 의해서만 수행된다. 원격취급수단으로는 작업자가 셀 바깥에서 셀 안쪽의 다양한 공정작업을 원격으로 가능케 하는 기계적 수단인 원격조작기가 있다. 원격조작기의 구성은 동력을 전달하는 방법에 따라 기계식과 전동식으로 구분되는데 PRIDE에 설치된 기계식원격조작기 만 기술하기로 한다. 기계식은 셀 벽을 관통하여 셀 벽에 관하여 바깥쪽 (마스터 조작기, master manipulator) 과 안쪽 (슬레이브 조작기, slave manipulator)에 설치되며, 동력은 마스터 조작기와 슬레이브 조작

기 사이에 서로 연결된 쓰류튜브 (through tube) 의 기계적인 구조에 의해 연결되어 전달된다.

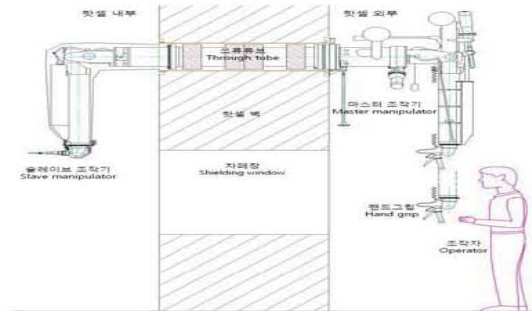


Fig. 1. Schematic of master-slave manipulator.

PRIDE 시설에 설치되는 기계식조작기는 세부적으로 분리되며, 마스터 암, 슬레이브 암 및 쓰류 튜브의 독립적인 시스템이며 세 가지 부분은 독립적으로 교환이 가능하다.

마스터 암의 유지보수는 손상된 케이블의 종류에 따라 모든 케이블 교체와 부분적인 교체로서 수리를 할 수 있다. 마스터 암에는 7개의 케이블과 2개의 메탈테이프가 설치된다. 모든 케이블을 교체하는 경우는 2번, 3번, 5번, 6번 케이블 중에 하나라도 손상을 입으면 모든 케이블(1 ~ 7번)을 교체해야 하며 1번과 7번 케이블 손상이 있는 경우에는 1번과 7번 케이블을 교체하고 4번 케이블이 손상을 입으면 4번만 교체하면 된다.

슬레이브 암의 유지보수는 손상된 케이블의 종류에 따라서, 부분적으로 손상된 케이블의 종류에 따라 케이블 교체작업은 슬레이브 암과 동일하다. 하지만, 중요한 것은 마스터 암과 반대방향으로 유지보수를 하여야 한다.

쓰류튜브는 기밀이 유지된 상태이므로 이를 확인한 후 오일 주입구를 아래로 향하게 하여 오일을 제거하고, 샤프트 실의 파손을 피하기 위해 샤프트 끝이 완전히 실에서 빠져 나올 때까지 때어링 표면에 손상에 주의하며 샤프트를 지지하여 분해하며, 조립 할 때는 오일 게이지를 0.251 가람 채우며 오일 레벨을 2시간 간격으로 체크하며 2주내 오

일손실이 발견되어서는 안된다.

PRIDE에 설치된 기계식 원격조작기는 취급하중은 집게(tong)로 15 kg 이며, 권장사양은 5 kg 이다. 조작자의 수동적 취급과 전기 수직 텔레스코프 이동인 경우 최대 60 kg 이다. 기계식원격조작기는 7 자유도를 갖으며 이 중 3 자유도는 전기 인덱싱이 포함되며 각 자유도의 범위는 정해져 있지만 작업자의 숙련도와 각 공정장치의 용도에 따라 각종 치공구를 함께 사용하면 반경을 더욱 원활하게 조작하여 작업 및 운영 할 수 있으며 자유도는 다음 표 와 같다.

Table 1. Degrees of freedom.

①	전기 앞뒤 모션	+70° ~ -20°
	수동 앞뒤 모션	+20° ~ -22°
②	전기 좌-우 모션	±30°
	수동 좌-우 모션	±90°
③	전기 텔레스코프 이동	HA 길이에 따라 다름
	수동 텔레스코프 이동	HA 길이에 따라 다름
④	집게(Tongs) 방위각	>360°
⑤	집게 높이	140°
⑥	암(Arm) 회전	±176°
⑦	집게(Tongs) 오픈	90 mm

3. 결론

기계식원격조작기를 제작하여 공급하는 HWM 사의 전문 기술자와 함께 PRIDE 알콘셀에 34식을 설치하여 해체 및 설치에 대한 기술을 습득 하였다. 기계식원격조작기의 설치를 위해 독일의 Hans Wallischmiller 사 를 방문하여 장인들이 수작업으로 부품을 가공, 조립하는 제작과정을 지켜 볼 수 있었다. 원격조작기의 설치 및 고장 시 유지보수에 대한 분해와 조립, 시험평가 교육을 받았다. 유지보수 교육은 매우 어렵고 힘들었지만 반복과 토론으로 실수에 대처할 수 있는 지식과 경험을 축적 하였다. PRIDE 알콘셀내 설치되고 있는 파이로공정장치 운전자 들은 기계식원격조작기의 기본적인 유지보수와 공정장치와 원격조작기간의 운전방법 숙지가 필요 할 것으로 판단되며, 운전자들에게 그동안 축적된 내용들을 전파하면, 각 공정장치들의 개선과 운

영에 많은 도움이 될 것이다.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

- [1] 김정국 외 “ HT 전해정련 시스템개발에 관한 연구” KAERI/RR-XXX 2009 (2009).
- [2] 김성현, 정정환, 홍순석 “PRIDE 시설 원격조작시험평가를 위한 출장보고서” PP. 2-5 (2011).