

ACPF 아르곤 셀에서 원격취급 및 유지보수

김성현*, 정윤목, 박병석, 김기호, 이종광
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111
*hyun@kaeri.re.kr

1. 서론

한국원자력연구원에서 기존에 건설되었던 핫셀 시설인 사용후핵연료 차세대관리종합공정 실증시설 (Advanced spent fuel Conditioning Process Facility, ACPF)에서 파이로공정의 전해환원공정을 실증하기로 하고, 기 시설을 공정실험을 위한 환경 조성을 위해 핫셀을 개선하고 있다. 기존 셀은 공기 분위기의 핫셀이었으나 일부 핫셀을 아르곤 분위기로 개선하기 위해 아르곤 격실을 설치하였다. 아르곤 분위기의 셀안에는 전해환원공정장치와 원격취급장치들이 설치되어 공정운전 및 유지보수를 수행할 수 있다.

아르곤 분위기 셀에 설치된 공정장치 및 셀장치는 원격으로 공정운전 및 유지보수가 되어야 하며 이를 취급하는 원격 취급 장치는 원격으로 유지보수가 이루어져야 한다. 본 연구에서는 원격 유지보수가 이루어 질 수 있도록 아르곤 격실 안을 개조하고 원격으로 유지보수 작업이 가능한지를 검증하고자 한다.

2. 본론

2.1 ACPF 셀 구성

기존에 건설되었던 ACPF는 공기 분위기의 핫셀이며, 공정셀과 유지보수셀로 구분되었다. Fig. 1 과 같이 공정셀 일부를 개선하여 아르곤 분위기에 공정장치를 운영할 수 있도록 아르곤 격실을 설치하였다. 아르곤 셀은 외부로 누출을 방지하기 위하여 기존에 설치된 원격조작기는 새로운 조작기로 교체되었다. 아르곤 셀에는 2조의 원격조작기, 크레인의 원격취급장치가 설치되었으며, 공정장치의 운전은 원격으로 수행한다. 셀 장치로서는 셀안의 온도를 측정하는 온도센서, 셀 안을 밝히는 조명, 셀 안의 작업을 수행을 볼 수 있는 카메라, 셀간의 물질 이송을 아르곤 셀 물질이송장치 등이 설치된다.

2.2 셀 내의 원격취급장치

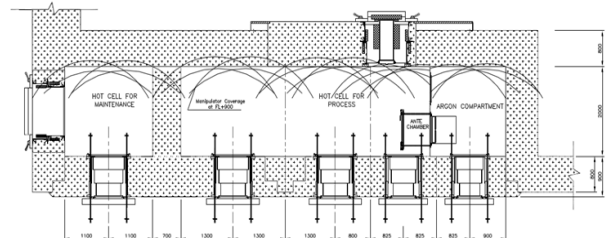
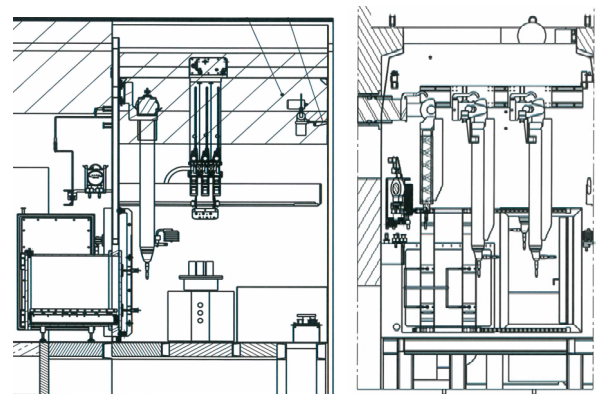


Fig. 1. Drawing of advanced spent fuel conditioning process facility.

원격 취급장치들은 Fig. 2와 같이 격실 안에 설치된다.



(a) Front view (b) Side view

Fig. 2. Remote handling equipments in argon compartment.

2.2.1 기계식 원격조작기

아르곤 격실에 설치되는 기계식 원격조작기는 walischmiller 사의 A110 모델을 사용하였다. 원격조작기는 Fig. 3과 같이 깊이 2 m 후면 벽까지 도달할 수 있는 작업영역을 갖는다. 원격조작기는 슬레이브 암, 스루튜브 및 마스터 암의 3부분으로 구성되며, 셀 안의 아르곤 분위기를 유지하기 위해서 핫셀 벽면에 설치된 스루튜브를 통해 아르곤이 새지 않도록 밀봉되어진다.

아르곤 셀에 설치된 원격조작기는 3부분으로 분리를 할 수 있다. 핫셀을 운영 중에 원격조작기의 고장이 발생되면 해당된 암을 핫셀 벽에서 분리하고 수리를 하여 조립함으로써 유지보수를 수행할 수 있다.

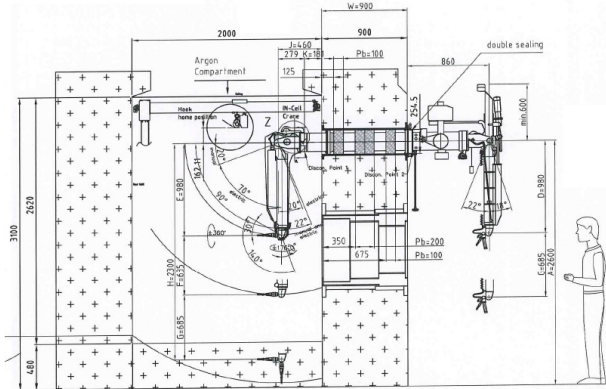


Fig. 3. Master-slave manipulator.

2.2.2 크레인

아르곤 셀에 설치된 크레인은 제한된 공간에 최대한의 운전영역을 확보하기 위해 설계 및 제작되었다. 1800 x 2000 x 2700 mm(LxDxH) 아르곤 격실에서 1470 x 1250 x 2500 mm(횡행 x 주행 x 인양)의 운전영역을 확보하였다. 크레인은 구동모듈과 센서모듈 및 프레임으로 구성된다.

2.3 아르곤 격실내의 원격취급 및 유지보수

아르곤 격실은 한 번 아르곤으로 채워지고, 공정에서 사용되는 염이 반입되어 사용된 후에는 셀간 이송도어를 열 수 없다. 격실 내에서 발생될 수 있는 운전 및 유지보수 상황을 점검하여 발생할 수 있는 모든 작업을 가상하여 검증을 하였다.

2.3.1 셀내 장치의 원격취급 및 유지보수

아르곤 격실 내에 설치되는 셀 장치 및 공정장치들은 원격취급을 위해 원격 취급장치를 이용하여 운전 및 유지보수를 수행한다. 셀 안에 설치되는 환원장치는 크레인 및 원격조작기를 사용하여 운전 및 유지보수를 수행한다. 셀 내에 설치되는 셀장치들은 원격으로 취급 및 유지보수를 수행할 수 있도록 설계 및 제작된다. 조명, 카메라 및 온도센서들은 원격조작기가 취급하기 쉬운 구조를 갖도록 설계하여 제작되었다. 모든 작업은 가상하여 작업의 수행여부를 확인하였다.

2.3.2 원격조작기의 유지보수

원격조작기는 고장난 부분을 분리하여 수리가 가능하다. 마스터 암은 셀 외부에 설치되어 있어 쉽게 탈부착이 가능하고 유지보수를 수행할 수 있다. 슬레이브 암 유지보수를 위해 아르곤 분위기의 격실에서 공기 분위기로 반출은 아르곤 격실 내에서 사용된 염의 영향으로 셀 내부에 있는 모든 장치에 부식을 가져온다. 따라서, 고장난 슬레이브 암

을 수리하여 재사용하는 것이 불가능하다. 본 논문에서는 격실 외부 반출하지 않고 슬레이브 암을 유지보수 될 수 있도록 Fig. 2에서 보는 바와 같이 핫셀 벽면에 거치대에 예비 슬레이브 암을 거치하도록 하였다. 거치대는 3개와 예비 슬레이브 암은 2개가 격실 안에 설치되어 고장시에 대비하여 슬레이브 암을 교체하여 원격조작기를 사용할 수 있도록 하였다. 유지보수 작업은 핫셀 창문 위에서 슬레이브 암의 분리, 체결 및 이송 작업이 이루어지기 때문에 작업자 시야확보를 필요로 한다. 유지보수 작업은 작업자 시야 확보를 위해 카메라를 이용하였다. 카메라가 고장이 발생된 경우를 대비한 거울을 이용한 시야성 확보도 확인하였다. 작업창 좌우 슬레이브 암의 고장에 대한 작업절차를 수립하고 검증을 수행하였다.

2.3.3 크레인의 유지보수

크레인은 프레임, 구동모듈, 센서모듈로 구성된다. 유지보수를 위한 대상물은 구동모듈과 센서모듈이다. 이 모듈들은 원격조작기를 사용하여 유지보수하기 때문에 원격조작기로 취급할 수 있는 무게와 조작할 수 있는 구조로 설계하여 제작되었다. 크레인은 어느 위치에서 고장이 발생되었어도 유지보수가 되어야한다. 따라서 고장 위치에 따라 구동모듈과 센서 모듈을 교체할 수 있는지를 원격조작기의 작업범위를 점검하였다. 이 결과를 이용하여 유지보수 절차 시나리오를 작성하고 유지보수 작업을 수행하였다.

3. 결론

아르곤 격실에 설치된 셀 장치는 원격 취급장치들을 이용하여 운전 및 유지보수성을 검증하였다. 원격 취급장치들은 고장을 가상한 유지보수 절차를 수립하여 시나리오 따른 유지보수를 수행하였다. 아르곤 격실 내에서의 모든 장치의 취급 및 원격 유지보수작업은 성공적으로 목적을 달성하였다.

4. 참고문헌

[1] 한국원자력연구원, "원격시스템 기술개발", KAERI/RR-3897/2014, 2014.