

조사재시험시설 핫셀용 시험장비 재구축 시스템 개발

김영준*, 허기수, 진영관, 유병옥, 백승제, 정양홍, 김길수, 주용선, 안상복
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111
*yjkim05@kaeri.re.kr

1. 서 론

조사재시험시설[1,2]은 1996년 정상운전 이래 하나로(HANARO) 및 국내 상용원자력발전소에서 중성자에 조사한 고방사성물질을 핫셀시설로 반입하여 수행하는 조사후시험(PIE)을 주기적인 유지보수(maintenance) 없이 계속 수행하였다. 일반적으로 핫셀 내부에서 사용하는 시험장비들은 고방사선 분위기에서 견딜 수 있는 부품으로 설계 및 제작하지만, 중성자 및 감마열에 의한 조사취화(irradiation embrittlement) 현상 때문에 수명이 짧아져 고장이 발생할 때, 수리를 위해 부품의 유지보수를 핫셀 내부에서 수행해야 할 뿐만 아니라 경우에 따라서는 장비 전체를 외부로 반출해야만 한다. 특히 중성자 조사한 사용후핵연료의 조직관찰 및 성분분석을 위한 시험 시편을 제작하기 위해 활용했던 핫셀은 운영 중에도 방사능 준위가 매우 높은 방사성물질의 함유로 핫셀의 평균 방사선량률(radiation dose rate)이 6.0 mSv/h로 매우 높아 인력 및 장비의 반입과 반출이 용이하지 않은 실정이다.

본 논문에서는 고방사성물질로 오염된 핫셀 내부에서 활용했던 노후화한 시험장비 및 활용 불가능한 장비를 핫셀 외부로 반출하고, 또한 신규장비를 반입/설치하는 등의 시험장비 재구축 시스템 개발내용을 기술하였다.

2. 본 론

2.1 핫셀 내부 제염용 보조 장치의 개발

하나로에서 중성자 조사한 사용후핵연료의 조직관찰 및 성분분석용 시험 시편(specimen)을 제작하기 위해 활용했던 핫셀은 운영 중에도 방사능 준위가 매우 높은 방사성물질을 함유하고 있는데, 핵종분석결과에 따르면 주핵종은 Cs-137 및 Co-60 등이다. Cs-137 핵종은 상온(room temperature ; RT)에서는 고상의 형태로 핫셀 내부의 벽(wall)과 작업대(working table)에 고착되어 있을 뿐만 아니라 공간에 부유물 형태로 존재한다. 시설의 정상운전 시 핫셀 내부와 서어비스 구역 간의 차압값은

-25 mm H₂O이다. 핫셀 내부에 출입을 위해서는 핫셀 뒷문(rear door) 또는 천정문(roof door)를 개폐해야 하는데, 이 때 핫셀 내부와 서어비스 구역간의 차압값은 -2 mm H₂O까지 상승하게 된다. 그러면 핫셀 내부의 오염물질이 공기의 흐름에 따라 서어비스 구역으로 급속히 이동하면서 서어비스 구역의 오염이 발생하게 되고, 방사선량률 및 오염도가 원자력안전법에서 규정하고 있는 제한치를 벗어날 수 있다.

그래서 핫셀 뒷문 개폐시 핫셀 내부의 고방사성물질의 방출로 인한 서어비스 구역의 오염을 최소화하기 위해 Fig. 1과 같은 핫셀 내부 제염용 보조장치를 개발 및 제작하였다.

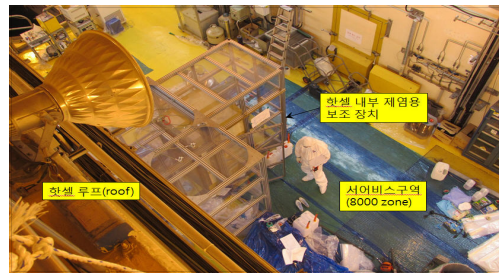


Fig. 1. Photo of a auxiliary tool for hotcell inner decontamination at the service area in IMEF.

2.2 핫셀 뒷문 및 천정문 개폐 순서 검토

이미 2.1항에서 설명한 바와 같이 핫셀의 뒷문 및 천정문이 모두 닫혀 있는 정상상태에서의 차압값은 -25 mm H₂O이고, 역으로 모두 열려 있는 상태에서의 차압값은 -2 mm H₂O이다. 핫셀 내부에 시험용 장비를 반입 및 반출을 하기 위해서는 서어비스 구역에 설치된 30/5톤 천정크레인(overhead crane)을 활용한다. 따라서 핫셀 뒷문을 먼저 개폐한 후 핫셀 내부와 서어비스 구역간의 차압값이 -2 mm H₂O인 정압상태가 될 때까지 대기한 후 천정문을 개폐하는 순서를 확인 및 개발하였다.

2.3 노후 장비 반출 및 신규장비 반입/설치

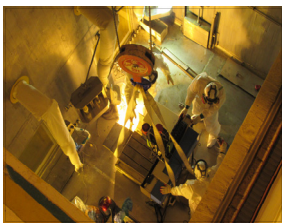
핫셀 내부 제염용 보조 장치의 개발과 서어비스 구역의 오염을 최소화하기 위해 개발한 핫셀 뒷문

및 천정문의 개폐 순서를 기반으로 집합체 등의 절단/해체 기능을 수행하는 M2 핫셀에 적용하였다. 중수로 압력관의 파괴인성시험용 시편을 제작하기 위해 2008년도 설치 및 운영했던 전기 방전가공기(EDM)와 경수로형 압력용기 감시시험용 캡슐 절단과 미세시편 제작을 위해 2009년도에 설치 및 운영했던 수치 제어가공기(CNC)를 핫셀 내부에서 반출하고, 신규장비인 캡슐절단기를 반입/설치하기 위해 다음과 같이 수행하였다.

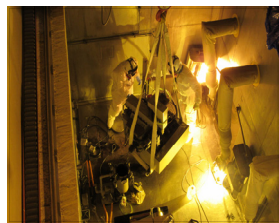
첫째, 핫셀 내부 제염용 보조 장치를 서어비스 구역에서 M2 핫셀의 뒷문을 포함할 수 있도록 설치하고, 공기 누설을 압력게이지로 측정하였다. 작업 구역(operating area)에서는 핫셀 내부를 원격조종기 및 진공청소기 등을 활용하여 1차 제염하였고, 핫셀 내부 방사선량을 측정값은 평균 2.5~3.0 mSv/h이었다. 국부적으로 방사선량이 높은 구역 및 지점을 제염하기 위해 작업자를 투입하였고, 작업 결과 방사선량의 평균값은 약 2.0~2.5 mSv/h이었다.

둘째, 방사선관리팀의 통제 하에 핫셀 뒷문을 열고, 차압값 및 정압 상태를 확인한 후, 천정문을 30/5톤 천정크레인으로 개폐하였다.

셋째, 수치제어가공기 및 전기방전가공기를 핫셀 내부에서 운영하는 1.0톤 천정크레인과 30톤 천정크레인으로 Fig. 2과 같이 천정문을 통해 핫셀 외부로 반출하였다. 신규장비인 캡슐절단기도 30톤 천정크레인으로 Fig. 2과 같이 천정문을 통해 핫셀 내부로 반입한 후, 1.0톤 천정크레인으로 운반 및 설치하였다. 작업을 완료한 후 서어비스 구역을 제염하고, 발생한 폐기물들을 수거하여 처리하였다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 2. Removal the CNC(a) and the EDM (b) out of M2 hot cell through roof door by a 30/5 ton overhead crane, and installation new experimental equipment (c) into the M2 hotcell.

3. 결론

고방사성물질로 오염된 핫셀의 시험장비를 재구축시 원자력안전법에서 규정하는 서어비스 구역의 방사선량을 및 오염도를 준수하도록 관련 시스템을 개발하였다.

첫째, 핫셀 내부 제염용 보조 장치를 개발 및 제작하여 핫셀 뒷문 개폐 시 핫셀 내부의 고방사성물질의 방출로 인한 서어비스 구역의 오염을 최소화하였다.

둘째, 핫셀 뒷문과 천정문의 개폐 순서를 개발하여 핫셀 내부와 서어비스 구역간의 차압값을 -2 mm H₂O로 유지 및 오염 확산을 최소화하였다.

셋째, 노후화한 시험장비 및 활용 불가한 장비를 핫셀 외부로 반출하고, 또한 신규장비를 반입/설치하였다.

4. 감사의 글

본 실험은 핵주기시험시설운영의 조사재시험시설 운영과제 일환으로 2015년 7월에 수행되었습니다.

5. 참고문헌

- [1] 주용선 외, "하나로 조사 핵연료 및 재료용 무게장/계장 캡슐 조사후시험 현황", 하나로 심포지엄, 2004.
- [2] 주용선 외, "하나로 OR 시험공에서 조사한 계장용 재료캡슐(07M-21K) 핫셀시험", 하나로 심포지엄, 2008.