

잔류핵분열기체 추출/포집을 위한 방사선차폐 핵연료 용해시스템 제작 및 설치

박순달, 김정석, 하영경, 송규석
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
nsdpark@kaeri.re.kr

1. 서론

핵분열기체의 핵연료 내 잔류물 및 방출물에 대한 정량적인 자료를 얻기 위해서는 핵분열기체의 총 발생량을 알아야 한다. 핵분열기체의 발생량은 컴퓨터 코드에 의한 이론적인 계산 혹은 조사핵연료의 실험적 측정으로 구할 수 있다. 그러나 보다 정확한 핵분열기체 생성을 및 방출물에 관한 자료를 확보하기 위해서는 실험적인 측정방법을 이용하는 것이 바람직하다.

아직 국내에서 고방사성 시료인 조사핵연료를 완전 용해하여 잔류핵분열기체를 정량적으로 추출, 포집하고 그 조성을 정량분석 할 수 있는 연구시설 및 기술이 확립되어 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 기 제작, 설치한 차폐글로벌박스시스템을 참조하여 조사핵연료를 용해하고 이때 방출되는 기체를 정량적으로 포집할 수 있는 방사선차폐핵연료용해시스템을 제작 및 설치하였다 [1-3].

2. 본론

2.1 방사선차폐해석

차폐글로벌박스의 방사선차폐해석에서 선원은 연소도 50 GWd/MtU, 냉각기간 3년의 사용후핵연료 1.0 g(ϕ : 0.5cm, H: 0.12cm)을 기준으로 하였다. 차폐글로벌박스의 방사선 차폐해석을 위한 계산모델은 차폐 재료와 구조로 구성하였다. 여기서 차폐체는 두께 10 mm의 철제프레임에 두께 70 mm의 납으로 구성되어 있고, 차폐체 전면에 납 두께 70 mm 등가두께의 납유리가 부착되어 있는 것으로 가정하였다. 차폐해석에 대한 기술기준 및 규정은 방사선 작업종사자의 선량을 기준 2.5 mrem/hr 이하에 부합되도록 계산하였다.

차폐글로벌박스의 차폐능 계산결과 차폐체 표면의 표면 선량이 목표표한 2.5 mrem/hr 보다 1/3 이하로 낮게 계산되었다. 따라서 최고 1.0 g의 조사핵연료를 취급할 차폐글로벌박스의 설계 시 납

두께 70 mm의 차폐 구조 일 때 차폐 성능이 충분히 보장됨을 알 수 있다.

2.2 차폐글로벌박스 제작

2.2.1 모의차폐글로벌박스

핵연료용해시스템 설치 시 문제점을 체험적으로 검증하고 실제 제작 시 반영하기 위해 다음과 같이 Mock-up 장치를 제작하였다.

- Mock-up 장치의 크기; 가로 2000 mm, 높이가 1905 mm, 두께 250 mm
- Mock-up 장치 지지대의 크기; 폭 2100 mm, 깊이 1750 mm, 높이 900 mm
- Mock-up 장치 전면에는 베타-감마형원격조종기 1쌍 설치
- Mock-up 장치 전면 눈높이에 납유리 부착을 가정한 구멍 가공
- Mock-up 장치에 조사핵연료 용해장치로 사용할 용해로(LECO EF-500), 진공청소기, 정밀저울 등 설치
- 용해로 콘트롤파트는 Mock-up 장치 외부의 지지대위에 설치하고, Mock-up 장치에 설치된 용해로와 유틸리티라인 연결

2.2.2 장치개조

반도체부품은 고방사선에 약하므로 정밀저울의 무게센서와 디스플레이 부분을 분리하였다. 차폐글로벌박스 내에 설치될 전극로(EF-500)의 원활한 작동을 위해 "UP/DN" "Vacuum" 버튼 등을 차폐글로벌박스 전면에 추가로 제작, 부착하였다. 차폐글로벌박스 내부 기기 작동 시 작동소리를 감지할 수 있도록 인터폰을 설치하였다.

2.2.3 차폐글로벌박스

차폐글로벌박스 설치에 따른 건물 바닥의 안전성을 확보하기 위해 지하보강 지지대를 설치하였다. 차폐글로벌박스의 각 차폐면은 두께 10 mm의 철제프레임에 납 두께 80 mm의 주조방식으로 제작하였다. 차폐글로벌박스의 외형 크기는 폭

1,600 mm, 깊이 1,500 mm, 높이 1,590 mm 정도이며, 총중량은 약 17톤 정도이다. 차폐글로브박스 좌측면 및 후면에 유지관리용 도어를 설치하였다. 차폐글로브박스의 전면에 가로 500 mm, 세로 400 mm, 70 mm 납차폐 등가 두께의 납유리를 부착하였다. 차폐글로브박스의 우측면에는 가로 580 mm, 세로 610 mm, 두께 200 mm 크기의 케이스어댑터를 설치하였다. 그림 1은 제작, 설치한 방사선차폐핵연료용해시스템의 모양이다.

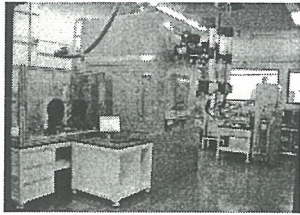


Fig. 1. Radiation shielded fusion system for an irradiated nuclear fuel.

2.3 차폐글로브박스 및 설치기기의 성능

차폐글로브박스를 Deep under pressure(DUP) line에 연결하였을 때 차폐글로브박스 내부의 부압은 약 50 mm H₂O를 유지하였다. 팬을 작동시켰을 때 차폐글로브박스 내부의 부압은 약 60 mm H₂O로 10 mm H₂O 정도 부압이 증가하였다. 설치한 두 대의 LED 조명등으로 차폐글로브박스 내부의 모든 조작이 충분히 가능한 조도를 유지하였다. 1쌍의 베타-감마형 원격조종기로 차폐글로브박스 내 기기 및 부속장치의 작동이 가능하였다. Ir-192 50 Ci 밀봉선원을 차폐글로브박스 중앙부에 위치하였을 때 각 차폐면의 표면선량이 2.5 mR/hr 이하로 측정되었다.

차폐글로브박스 및 부속시설에 설치된 수소분석기 본체(LECO RH-600) 및 전극로(LECO EF-500)의 작동결과 out gassing 950 A, analyzing 750 A에서 바탕값 "0"으로 정상작동되었다.

3. 결론

조사핵연료 약 1.0 g을 취급 할 수 있는 방사선 차폐핵연료용해시스템을 제작, 설치하였다. 본 핵연료용해시스템은 조사핵연료의 용해 및 잔류핵분열기체 추출/포집에 사용할 것이다. 또한 본 시스템은 조사피복판 등 고방사성 시료의 수소분석

에도 활용할 예정이다.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력연구개발중장기 계획사업의 일환으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

- [1] Y. S. Park, S. H. Han, Y. K. Ha, and K. Y. Jee, "Design and fabrication of radiation shielded micro X-ray diffraction system," KAERI/TR-3295/2006, Korea Atomic Energy Research Institute, 2006.
- [2] Y. K. Ha, S. H. Han, S. D. Park, Y. S. Park, K. Y. Jee, and W. H. Kim, "Design and fabrication of radiation shielded laser ablation ICP-MS system," KAERI/TR-3248/2006, Korea Atomic Energy Research Institute, 2006.
- [3] J. H. Ku, J. C. Lee, K. S. Seo, K. S. Bang, D. W. Lee, J. H. Kim, D. K. Min, and S. W. Park, "Design Report for shielded glove box," KAERI/TR-1320/99, Korea Atomic Energy Research Institute, 1999.