

방사선 조사기 화재시험

방경식, 이재호, 이주찬, 김동학, 서기석
한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150, nksbang@kaeri.re.kr

1. 서론

하나로에서 생산되는 방사성 동위원소를 생산 단계에서 소비단계까지의 유통체계를 확립하기 위해서는 방사성동위원소를 안전하게 운반하기 위한 운반용기를 개발하여야 한다. 따라서, 원자력연구소에서는 Ir-192 110 ci용 방사선 조사기를 개발하고 있다. B형 운반용기로 분류되는 조사기는 국내 과학기술부 고시 제 2001-23호, IAEA Safety Standard Series No. TS-R-1 및 US 10 CFR Part 71에서 규정하고 있는 800 °C 열 조건에서 30분 이상 동안 견딜 수 있는 능력을 갖추어야 한다[1~3]. 그러나, 방사선 조사기의 충격 완충체로 사용하기 위한 폴리우레탄은 열에 매우 약한 특성을 갖고 있다. 따라서, 800 °C 열 조건에서 폴리우레탄은 연소하게 되므로 차폐체인 감손 우라늄을 보호하기는 매우 어렵다. 따라서, 충격 완충체로 난연성 우레탄 및 우레탄을 열로부터 보호할 수 있는 방화재들을 조합 적용한 시편을 제작하여 800 °C 열 조건에 대한 실험적 평가를 수행하여 선택한 조합형 충격완충체를 적용하여 조사기 시편을 제작하고 가장 취약한 부분에 열전대를 설치하여, 800 °C 에서 30분 동안 열 시험을 수행하였다.

2. 화재시험

2.1 시험모델

Ir-192 110 ci용 방사선 조사기는 감손 우라늄 재질의 차폐체, 폴리우레탄 재질의 충격 완충체로 및 잠금장치 등으로 구성되어 있다. 방사선 조사기는 800 °C 열 조건에서 30분 이상 동안 견딜 수 있는 능력을 갖추어야 하지만, 우레탄은 열에 매우 약한 특성을 가지고 있기 때문에 고온에서 자연 발화하게 된다. 그러므로, 충격 완충체로 우레탄을 적용하기 위해서는 우레탄의 발화 시간을 최대한 지연시키는 것이 가장 중요한 핵심사항이다[4]. 따라서, 고밀도의 난연성 우레탄과 방화매트를 적용한 충격 완충체를 적용하고, 차폐체인 감손 우라늄에는 방화재로 코팅을 하여 시험모델을 제작하였다.

2.2 측정시스템

열 시험에 사용한 온도측정시스템은 NI사에서 제작한 제품으로 열전대 탐지기, 신호 조절기, 아날로그/디지털 변환기 및 P/C로 구성된다. 열전대 탐지기는 32개의 열전대를 부착할 수 있는

SCXI-1303 모델 3개로 구성되어 있다. 열전대 탐지에서 탐지된 신호는 모델 SCXI-1102인 신호 조절기를 통해 filtering되고 증폭되어 아날로그/디지털 변환기로 전송되며, 아날로그 신호는 아날로그/디지털 변환기에서 디지털 신호로 변환되어 P/C에 설치된 소프트웨어에 의해 분석되고 저장되며, 과도시간에 따른 온도변화를 모니터링하게 된다.

2.3 화재시험

화재시험은 탄소강으로 제작된 500(W) X 500(L) X 500(H) 크기의 pit에서 수행되었다. Pit내에 시험모델 받침대를 설치하고, 받침대 위에 시험모델을 안착한 후 시험모델 주변의 화염 온도를 측정하기 위한 열전대를 설치한 후 pit내에 물을 채우고 30분 동안 화염이 유지되도록 kerosene을 채운 후 불을 붙여 그림 1과 같이 30분간 성염 상태를 유지하였다.



그림 1. 화염이 성염된 모습.

3. 결과 및 토의

화재시험에서 조사기 주변의 평균 화염온도는 하부방향은 726 °C, 중앙부방향은 730 °C 및 상부방향은 648 °C로 측정되었으며, 감손 우라늄의 최고온도는 300 °C로 측정되었다.

전체 평균화염온도를 보면 696 °C로 법규에서 규정하고 있는 화염온도인 800 °C보다 약 100 °C 정도 낮았다. 이것은 화재시험 pit의 용적이 너무 작아서 나타난 결과로 향후 화재시험에서는 이보다 큰 화재 pit에서 시험을 수행해야 함을 알 수 있다.

이 시험결과는 차폐체인 감손 우라늄 대신 석고로 차폐체 형상을 만들고 제작한 조사기 시험모델을 전기로에 넣고 수행한 시험결과와 매우 유사하게 나타났음을 알 수 있다[5].

따라서, 화염온도에 대한 온도보상을 약 100~150 °C 정도 해준다면 감손 우라늄의 최고온도는 약 400~450 °C 정도에 이를 것으로 예측되며, Ir-192 110 ci용 방사선 조사기는 800 °C 화재사고조건에서 열 적 건전성이 유지됨을 예측할 수 있다.

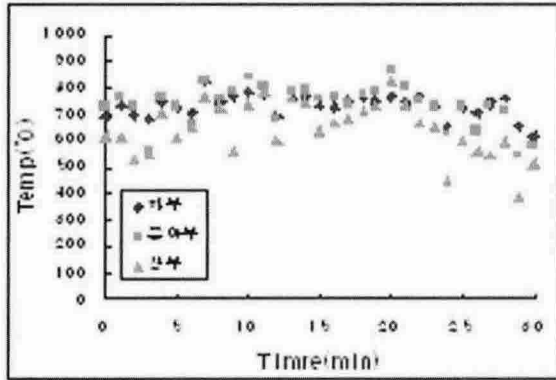


그림 2. 화염온도.

참고문헌

- [1] 과학기술부 고시 제 2001-23호, "방사성물질 등의 포장 및 운반에 관한 규정".
- [2] IAEA Safety Standard Series No. TS-R-1, "Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material", 2000 Ed.
- [3] U.S. Code of Federal Regulations, Title 10, Part 71, "Packaging of Radioactive Material for Transport and Transportation of Radioactive Material under Certain Conditions", as revised in Federal Register, Vol. 48, No. 165, 1983.
- [4] 방경식 외 2인, " 방사성 동위원소 B형 운반 용기 적용을 위한 난연성 우레탄 열 시험", 2004 춘계 원자력학회 학술발표회.
- [5] 방경식 외 4인, " Ir-192 100 ci 용 조사기 열 시험", 2004 춘계 방사성폐기물 학술발표회.