

중성자 조사재료/핵연료 열확산도 시험 시스템 구축

박대규, 안상복, 주용선, 백상열, 유병욱, 백승제, 류우석
 한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045
 dgpark1@kaeri.re.kr

1. 서론

근래에 한국형 신형 원자로 개발과 수출형 연구용 원자로 개발 관련하여 원자력 재료 및 핵연료의 열 물성 시험요구가 증대되고 있다. 따라서 한국원자력연구원은 이들의 시험요구 증가에 부응하여 조사된 원자력 재료 및 핵연료의 열 물성 시험 시스템 구축을 수행하였다. 열 물성 시험 항목은 열전도도, 열확산도, 밀도, 비열, 열팽창률을 지칭한다. 열전도도는 일반적으로 열확산도, 밀도, 비열값을 이용한 계산식에 따라 구하므로 기 구축된 밀도 조사후 시험을 제외한 새로운 열물성 시험 항목으로 열확산도 시험 시스템을 선정하였다. 조사재료의 열확산도 시험 시스템 구축은 방사성 시료를 수용할 수 있는 시험장비 구축[1]과, 시험 준비 및 시험수행을 용이할 수 있도록 하는 방사선 차폐 시험시설을 필요로 한다. 이러한 방사선 차폐 시험시설은 통상적으로 핫셀이라 불리는 강한 감마선 방사선을 차폐하는 시설과 소량의 방사성 시료를 취급하여 시험을 수행하는 차폐 그로브 박스를 이용하는 방법이 있다. 열확산도 시험 특성상 소량의 방사성 시료를 취급하며 또한 핫셀에서 수행하기 어려운 시험장비의 유지 보수 및 시험기의 운전성 등을 고려하여 차폐 그로브 박스로 방사선 차폐 시설을 구축하도록 결정하였다. 따라서 본 연구는 차폐 그로브 박스 설계 제작 및 운영 시 요구되는 설계 요구사항 및 세부 설계 결정사항과 제작된 차폐 그로브 박스에 관해 논한다.

2. 본론

2.1 그로브 박스 설계고려 요구사항[2]

미국 그로브 박스 협회 기술위원회에서 발간된 "Guideline for gloveboxes"에서 제시된 요구사항을 요약하면 다음과 같다.

- 그로브 박스 shell
 - 형태 및 크기

- 재질 및 마감 내장
- shell support/stand
- shell window 재질 및 설치
- 방사선 차폐 요건
 - 선원 종류, 강도 및 방사선 원 형태 및 크기
 - 차폐 요구 조건(Shielding Requirement)
 - 차폐장 크기, 수량, 위치 및 납 함유량
 - 차폐벽 형태 : 일체형 또는 분리형
 - 차폐체 예상 중량 및 크기: 설치 장소와의 양립성
- 부대 장치 및 설비(Appurtunance)
 - glove port (수량, 설치위치, 설치방법)
 - glove (크기, 재질 기타 요구사항)
 - 필터(방법 및 종류, 요구효율, 수량 및 위치)
 - 관통구 (수량, 위치, 크기 및 결속방법)
- 시편 취급 방안
 - shell 내에서 취급방안(원격조정기/ tong)
 - 이송방법 (이송용기 차폐 및 운송방법, 그로브 박스와의 연계 방안)
- 전기
 - 총 사용 전력량 및 배선 위치
 - 필요 관통구 및 차폐 필요 여부
- 배관
 - 배관 위치, 경로 및 관통구 설계
 - 배관 재질 및 fittings
- 감시 계장 (Monitoring Instrumentation)
 - 사용 안전 감시기기 종류
 - 안전 감시기기 용 배선 설계
 - shell 내 삽입 방법 및 차폐 필요 여부
- 인간 요소(Human Factors)
 - 조명 방법, 위치, 조도
 - 제어 및 지시 방안 (Control/Display)
- 유지 보수(Repair/Maintenance)
 - 유지보수 예상 작업 및 빈도
 - 유지보수 시 필요 장비(Crane, Hoist 등등)
- 설치
 - 필요 작업 구역
 - 소요 지원장비(Utility)

2.2 기술적 고려 사항

차폐 그로브 박스내 설치될 laser flash 열확산도 시험시스템에 요구되는 다음과 같은 기술적 요구사항들을 검토 하였다.

- 방사능 환경제약 상 최소한 시험시편 사용 및 이에 수반되는 시편 취급 방안
- 시험시 발생하는 휘발성 배기 방사선 물질 제어 및 포집 방법
- 열확산도 시험기 운전용 액체질소 및 보호 가스 공급 방안
- 시험 공정상 필요한 원격 시편 흑연 도포 및 두께 측정 공정
- 시편 반, 출입 시 시편 이송용기 취급 방안 및 임시 시편 보관 방법
- 각 시험 운전 공정간 간섭 배제 방안 (필터 교체, 시편 장전 및 제거, 액체질소 주입 및 시편 이송용기 반/출입

2.3 설계 결과

2.3.1 방사선 차폐

사용 방사선원의 최대방사능 값을 7.4×10^7 Bq (2 mCi) (Co-60 기준)로 하고, 납 차폐체의 두께를 6 cm (1cm 추가)로 하여 차폐계산 코드인 microsheld 8.03를 이용하여 차폐계산을 수행하였다. 계산결과는 차폐체 외부표면에서는 47.9 μ Sv/h (4.79 mR/h)이고 이보다 20 cm 떨어진 지점에서는 9.442 μ Sv/h(0.944 mR/h)이다. 따라서 보수적 평가를 위해 차폐벽 외부에서 20 cm에서 작업한다고 가정하면 연간 총 피폭량은 약 2.52 mSv로서 법적 연간선량한도 20 mSv의 12.5 %에 해당한다. 차폐창은 동일한 방사선 차폐능을 갖으며 작업의 편의성을 고려하여 창 두께를 얇게 하기위해 차폐창 비중이 5.2인 40x40x140t 납유리를 선정 하였다.

2.3.2 glove-box shell 및 appurtunance

열확산도 시험기기의 추후 수리 및 유지보수를 용이할 수 있게 시험기의 가열로, 시편 장전용 career tube를 제외한 나머지 부분이 그로브 박스에서 제외된 삽입형 형태로 그림 1. 과같이 설계 하였다. shell 의 크기는 가열로 상하 이동 거리와 시편의 반출입 및 시편준비 작업을 원활히 수행할 수 있도록 1200x1200x1200 정 입방체 크기의 정면 및 우측면 납 차폐체 및 후면 및 좌측면 투명 아크릴 판으로 결정하였다. 후면 및 좌측면은

설치 위치상 건물의 벽에 연하여 인원의 접근이 불가 하고 총 중량을 감소 시켜 설치 지반 하중을 감쇄시키기 위한 목적이다. shell을 지지하는 stand는 총 하중, 지진 및 충격에 충분히 견딜 수 있는 강철 L형 빔을 사용하였다. shell 내의 제염 및 청소와 주변기기 유지 보수용으로 좌측면 투명 아크릴 면에 1 짝의 그로브 포트틀 설치 하고 추후 핵연료 시험시 발생할 수 있는 핵분열 가스 배기를 DUP 닥트를 필터와 함께 연결하였다.

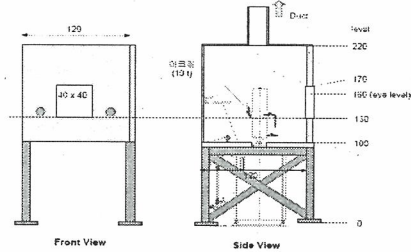


Fig. 1. 시험기 및 그로브박스 외관도.

2.3.3 시편 취급 방안

shell 내의 시편 장전을 위해 길이 120 cm 길이의 tong을 전면 좌측에 1기를 설치하고 우측에는 그로브 포트틀 설치하여 시편의 흑연 도포 및 시편 취급을 위한 용도로 사용하도록 하였다. 시편 이송은 동일한 차폐능을 갖는 그림 2.와 같은 운반용기를 제작하였다.

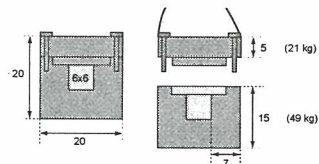


Fig. 2. 시편 운반용기 제작도.

3. 결론

AGS-001의 설계고려사항 및 열확산도 시험 기술적 요구사항에 따라 방사선 차폐 glovebox가 설계 제작되었다.

4. 참고 문헌

- [1] Daegy Park, Heemnon Kim, Sangbok Ahn, Wooseok Ryu "Thermal Conductivity Measuring System for Nuclear Materials" 2008년 추계 방사성 폐기물학회.
- [2] AGS-G001 "Guideline for Gloveboxes 3rd ed.