

조사제시험시설 DUP 필터뱅크의 활성탄 필터 교체 및 현장 누설시험

백상열, 송웅섭, 안상복, 류우석
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
 svbaek1@kaeri.re.kr

1. 서론

조사제시험시설은 하나로 및 상용발전소에서 증성자에 조사된 원자력재료(핵연료 및 재료)를 시험하는 시설이다. 따라서 각종 방사성물질의 시험 및 취급과정에서 발생한 고방사성 물질로부터 주변의 환경을 보호하고 작업자의 피폭을 방지하기 위하여 오염된 공기를 정화하기 위한 특수 공기 조화설비를 운영한다. 1차적으로 오염된 공기는 핫셀 내의 HEPA필터로 여과시킨 후에 최종적으로 전·후 2단의 HEPA 필터와 중간단의 활성탄(Charcoal)필터로 구성된 AFU(Air Filtering Unit)를 통하여 정화시킨다. 따라서 본 논문에서는 AFU 내에 설치된 활성탄 필터의 정화능력을 보증하기 위하여 실시한 누설시험 결과 성능 미달인 AFU의 활성탄을 새것으로 교체 하고 현장 누설시험을 실시하였으며, 그 절차 등을 검토하고 결과에 대하여 고찰하였다.

2. 본론

2.1 시설 AFU의 기술사항

조사제시험시설의 DUP(Deep Under Pressure) 배기시스템의 AFU(필터 뱅크)는 4대로 구성되어 있으며, 기술적인 주요사항은 다음과 같다.

- 처리풍량 및 수량 : AFU 1대당 5,600 CMH (4대 총량: 22,400 CMH)
- AFU의 구성
 - Filter Housing 크기 : 4650*910*1945mm (LxWxH)
 - Filter Bank 1단: Pre-HEPA 필터 (610 x 610 x 292mm, min. 99.97% efficiency at 0.3 μ m DOP) 2개, 수직배열 장착
 - Filter Bank 2단 : Absorber Bank(Type III, 2" Bed, min. 99.95%(Halide)) 수직배열 장착, Canister 8개 설치
 - Filter Bank 3단 : Post-HEPA 필터 (610 x

610 x 292mm, min. 99.97% efficiency at 0.3 μ m DOP) 2개, 수직 배열 장착

격리 챔퍼 : 상부 및 하부, 각각 2개

시험용 캐니스터 : 베드와 동일한 조건으로 노출되도록 설계, 각각 8개

기타 : 출입문, 점검등, 온도 감지기, 필터 차압계, 시험용 매니폴더 등

- 시험 기술기준 및 시험장비

본 누설시험을 위하여 사용한 기술기준은 "ASME N509 (Nuclear Power Plant Air-cleaning Unit and Components)" 및 "ASTM D3803-89 (Standard Test Method for Nuclear-Grade Activated Carbon)" 등 이었으며, 주요 시험장비로는 NUCON(Nuclear Consulting Services, Inc.)의 F-1000-HD Halide Detector와 F-1000-HG Halide Generator 를 사용하였다.

2.2 활성탄 교체 전 시험

2.2.1 필터 뱅크 현장 누설시험

조사제시험시설 DUP 배기시스템의 필터 뱅크 현장 누설시험은 18개월 주기로 실시하고 있으며, 측정결과 4대 중 1대(46번 뱅크)가 누설시험 합격 기준인 99.95% 이하의 성능미달로 판명되었다.

2.2.2 활성탄 제작 및 교체

성능 미달인 DUP 필터뱅크 46번의 활성탄을 새로 제작하여 교체 및 누설시험을 실시하였다.

2.2.2.1 제작 요건

- 가. 활성탄은 동일한 절차 및 장비에 의해 생산된 것이어야 한다.
- 나. 활성탄은 재사용품이 아닌 순수 원자재이어야 한다. 즉, Reactivated Carbon을 사용하여서는 안 된다.
- 다. 활성탄은 품질보증 및 확인을 위해 단계별 생산 제작과정의 추적이 가능하도록 관련 사항들의 기록을 보관, 유지하여야 한다.
- 라. 기술기준에 따라 생산되어야 하며 자체 품

질관리 방법에 의해 품질관리 활동을 수행한다.

2.2.2.2 시험 및 검사

가. 활성탄 배치시험

활성탄은 배치단위로 시험을 하되 아래의 성능조건을 만족하여야 한다.

- 1) 시험기준 : ASTM D3803-89
- 2) 시험조건 : 온도 30℃, 상대습도 95%
- 3) 판정기준 : Eff. 97.5% 이상(2" BED)

나. 활성탄 물리적 특성시험

본 활성탄은 ASTM D3803-89의 8개 항목 (Apparent Density, Particle Size Distribution, Ignition Temperature, CCL4 (on base), Ball-Pan Hardness 등) 에 대한 물리적 요건을 만족하여야 한다.

2.2.2.3 교체 실시

상기 제작 요건에 따라 생산한 활성탄을 배치 시험 및 물리적 특성 시험을 실시하였으며, 새로 제작된 활성탄을 기존에 사용하던 활성탄과 교체 작업을 실시하였다.

기존의 활성탄은 그림 1에서와 같이 활성탄 제거 장치를 이용하여 폐기물드럼으로 빼내었으며, 새로 제작한 활성탄 450kg을 충전 하였다. 또한 캐니스터 8개에도 충진을 완료하였다.

2.3 활성탄 교체 후 시험

새로 제작한 활성탄을 충전 후에 현장 누설시험을 실시하였다.

누설시험은 계측기 2대를 필터뱅크 상류 측과 하류 측에 호스로 연결하여 설치하고, Halide 발생기를 가동하여 Halide 가스를 상류 측의 덕트에 발생시키면서 5분 동안 30초 간격으로 측정하였다.

상류 측 농도와 하류측 농도를 측정 후, 누설율은 아래의 식으로 계산하였다.

$$P = \frac{Cd}{Cu} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

P : penetration rate (%)
 Cu : Up-stream concentration
 Cd : Down-stream concentration

누설시험 결과는 표 1과 같다. 표에서 보는 바와 같이 효율이 99.99%로 나왔으며, 합격 기준치 99.95% 이상으로서 합격하였다.

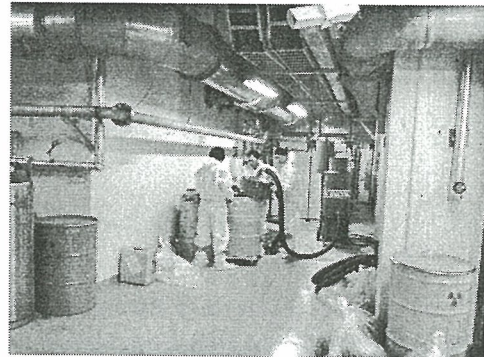


Fig. 1. Charcoal removal work with vacuum device.

Table 1. In-place leak test result.

구분	상류측 (Cu: ppm)	하류측 (Cd: ppb)	누설율 (%)	효율 (%)
46번 뱅크	175	6	0.003	99.99

3. 결론

조사제시험시설의 핫셀 배기계통에 사용된 필터뱅크 내의 활성탄 필터 현장 누설시험 결과, 성능에 미달된 46번 뱅크의 활성탄을 새것으로 교체하고 누설시험을 실시하였다. 누설시험 결과는 표 1과 같이 만족하였다.

본 논문에서는 활성탄 필터의 제작요건, 시험 및 검사 기술기준 등을 검토 기술하였다. 본 자료는 앞으로 원자력시설의 공기정화계통 활성탄 필터의 제작, 교체 및 시험에 유용하게 이용될 것으로 기대된다.