

## 조사재시험시설 DUP 배기계의 AFU 제작

백상열, 김기하, 박종순, 권혁일, 주용선  
 한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지  
 sybaek1@kaeri.re.kr

조사재시험시설은 하나로 및 상용발전소에서 중성자에 조사된 원자력재료(핵연료 및 재료)를 시험하는 시설로서 대기오염 방지를 위해 핫셀 내부에서의 절단, 연마 등 파괴시험 및 여타 시험으로 부터의 오염된 공기를 정화시켜서 외부로 배출한다. 시설의 DUP(Deep Under Pressure) 배기계통은 HEPA(High Efficiency Particulate Air)필터 및 Charcoal 필터로 구성되어 있는데, 기존의 DUP AFU(Air Filtering Unit)의 노후화로 인하여 새로운 AFU를 설계, 제작, 설치 완료하였다. 새로운 AFU의 특징은 현장 누설시험을 용이하게 수행할 수 있고, 유지보수가 용이하며, 폐기물의 양을 줄이기 위하여 기존의 카트리지 타입(cartridge type) 차콜 필터를 벌크 타입(bulk type)으로 변경하였다.

시험결과로는 하우징 누설시험은 0.00565 ~ 0.00039 CMM 으로서, 최대 허용누설율 0.0933 CMM 을 만족했고, 공기 분배시험은 3.4 ~ 4.8 m/s로서 최저 허용값 3.12 m/s와 최고 허용값 5.16 m/s 의 범위 안에 들었으며, HEPA 필터 현장 누설시험의 경우 45번 AFU의 누설율이 0.0183 %로 최고값이 나왔으나, 누설율의 규정범위인 0.05 % 미만으로 만족했고, 차콜 필터 현장 누설시험의 경우 43번 AFU의 누설율이 0.035 %로서 가장 큰 값이 나왔으며, 규정범위인 0.05 % 미만으로 만족했으며, 프레임 누설시험의 경우 측정값이 10 LPM 이하로서 허용값 28 LPM의 범위안에 들었으며, 시트 누설시험의 경우 최고 측정값이 58 LPM 으로서 허용값 1406 LPM 값을 만족 시켰고, 차폐망의 물결모양 검사시험 기준은 47.5 ~ 52.5 mm이며, 측정된 결과는 48.9 ~ 51.7 mm로 만족되었다.

## 1. 시험장치

1.1 품명 : DUP 배기계통 AFU(Air Filtering Unit)

1.2 처리풍량 및 수량 : AFU 1대당 5,600 CMH, 4대

1.3 AFU의 구성

- (1) Filter Housing 크기 : 4650\*910\*1945mm (LxWxH)
- (2) Filter Bank 1단 : Pre-HEPA 필터 (610 x 610 x 292mm, min. 99.97% efficiency at 0.3 $\mu$ m DOP) 2개, 수직배열 장착
- (3) Filter Bank 2단 : Adsorber Bank(Type III, 2" Bed, min. 99.95%(Halide) 수직배열 장착, Canister 8개 설치
- (4) Filter Bank 3단 : Post-HEPA 필터 (610 x 610 x 292mm, min. 99.97% efficiency at 0.3 $\mu$ m DOP) 2개, 수직배열 장착
- (5) 격리 댐퍼 : 상부 및 하부, 각각 2개
- (6) 시험용 캐니스터 : 베드와 동일한 조건으로 노출되도록 설계, 각각 8개
- (7) 기타 : 출입문, 점검등, 온도 감지기, 필터 차압계, 시험용 매니폴더 등

## 2. 시험방법 및 결과

## 2.1 하우징 누설시험

하우징의 누설시험은 압력감쇄법에 의하여 실시하며, 모든 개구부를 막고 설계 운전압력의 1.25배 이상 가압한 상태에서 밸브를 잠그고 15분동안 1분 간격으로 압력을 측정한다. 누설량은 아래 공식으로 계산하며, 누설량은 규정 풍량의 0.1% 이하이어야 한다.

$$Q = (P_i/T_i - P_f/T_f)(V/R\Delta t)$$

여기서, Q : 평균 누설량(CMM), V : 내부체적(m<sup>3</sup>), P<sub>i</sub> : 초기압력(kg/m<sup>2</sup>), P<sub>f</sub> : 최종압력(kg/m<sup>2</sup>), T<sub>i</sub> : 시작 온도(K), T<sub>f</sub> : 최종 온도(K),  $\Delta t$  : 측정시간, t<sub>i</sub> : 시작 시간, t<sub>f</sub> : 종료 시간, R : 공

기 상수(29.4kg-m/kg K) 이다.

시험 결과는 0.00565 ~ 0.00039 CMM 으로서, 최대허용 누설율 0.0933 CMM을 만족시키고 있다.

### 2.2 공기 분배시험

공기 분배시험은 설계 풍량에서 공기가 균일하게 필터를 통과하는지를 검증하는 것이다. HEPA필터 후단에서의 풍량을 측정하여 평균값의 20%를 초과하거나 미달하는 값이 없어야 한다.

공기 분배시험 결과는 24곳에서 3.4 ~ 4.8 m/s로서 최저 허용값 3.12 m/s와 최고 허용값 5.16 m/s 범위 안에 드는 양호한 결과가 나왔다.

### 2.3 HEPA 필터 현장 누설시험

AFU의 현장 설치 후에 HEPA 필터와 프레임의 누설 여부를 시험하는 것으로, 정격 풍량에서 DOP 에어로졸을 필터 유니트의 상단부에서 분사하고 감지기를 이용하여 상류측 농도 값과 하류측 농도값을 읽어 누설율을 계산한다.

$$P = 100(Cd/Cu)$$

여기서, P : 누설율(%)

Cd : 하류측 에어로졸 농도

Cu : 상류측 에어로졸 농도

시험결과 45번 AFU의 경우 누설율이 0.0183 %로 최고값이 나왔으나, 누설율의 규정범위인 0.05 % 미만으로 만족스러운 결과를 얻었다.

### 2.4 차콜 필터 현장 누설시험

AFU의 현장 설치 후에 차콜 필터와 프레임의 누설 여부를 시험하는 것으로, 정격 풍량에서 Halide를 필터 유니트의 상단부에서 분사하고 감지기를 이용하여 상류측 농도 값과 하류측 농도 값을 읽어 누설율을 계산한다.

$$P = 100(Cd/Cu)$$

여기서, P : 누설율(%)

Cd : 하류측 Halide 농도

Cu : 상류측 Halide 농도

시험결과 43번 AFU의 누설율이 0.035 %로서 가장 큰 값이 나왔으며, 규정범위인 0.05% 미만으로 만족스러운 결과를 얻었다.

### 2.5 댐퍼 성능시험

이 시험은 댐퍼의 성능이 원전 설비에 적합함을 확인하는데 있으며 프레임 누설시험, 시트 누설시험 등이 있다. 규정 압력에서 2분 간격으로 10분 동안 시험한 결과 프레임 누설시험의 경우 측정값이 10 LPM 이하로서 허용값 28 LPM의 범위안에 들었으며, 시트 누설시험의 경우 최고 측정값이 58 LPM으로서 허용값 1406 LPM 값을 만족 시켰다.

### 2.6 차폐망의 물결모양 검사시험

차콜 베드 깊이의 지나친 변동 및 베드 깊이가 설계 두께보다 작게 되는 것을 방지하기 위하여 측정하는 시험이다. 합격기준은 47.5 ~ 52.5 mm이며, 유니트 당 16곳씩 총 64 곳을 측정한 결과는 48.9 ~ 51.7 mm로 만족된 값을 얻었다.

### 2.7 기타

그밖에 차콜의 성능 검사, HEPA 필터 성능 검사, 육안검사, 칫수측정, 용접검사, 페인트 검사 등이 실시되어 만족할 만한 결과를 얻었다.

## 3. 결과 및 고찰

원자력시설의 AFU는 방사성물질로 오염된 공기를 의기로 배출하는데 있어서 대기오염 방지를 위한 필수 시스템으로, 조사재시험시설의 여건에 맞게 새로운 설비를 설계, 제작, 설치 및 시험을 완료 하였다. 기존의 카트리지 타입을 벌크타입 차콜 필터(타입 III)로 개조 설치하므로서 유지보수 등을 편리하게 하였으며, 경비 절감 및 폐기물의 발생도 줄일 수 있을 것으로 기대한다.

각종 설계, 시험자료 및 경험 들은 향후 원자력시설의 배기계통 시스템 설계, 제작 등에 중요한 지침이 될 것이다.