필터하우징의 설계 및 효율시험

황용화, 이형권, 서항석, 전용범, 민덕기, 류우석
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045(덕진동 150-1)
hyh@kaeri.re.kr

1. 서론

금속산화시험장치에는 오염물질을 제거하기 위한 공기정화장치가 필요하다. 여기에 사용될 프리(PRE)필터를 내포한 해파필터(HEPA filter) 하우징(housing) 시스템에 대한 설계 및 설치, 그에 따른 효율시험을 실시하였다. 하우징의 전단에는 프리필터, 후단에는 해파필터를 장착하도록 2단 설계로 구성하였다. 프리필터는 공기 중의 큰 입자를 제거로 해파필터의 보호와 과도한 부하를 막아주며, 해파필터는 미세 입자물질을 제거하는 것으로 하였다.

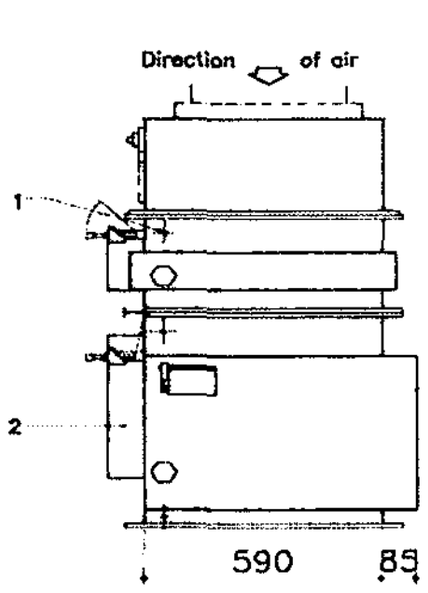
2. 필터하우징 설계

2.1 하우징 밀착검사(tightness inspection)

케이싱은 300mmWG의 부압(negative pressure) 조건에서 매시간당 누설율이 케이싱 체적의 10^{-1}이하로 유지되도록 하고, 셔트(shutter)도 같은 조건에서 케이싱 유량의 10^{-5}이하의 누설율을 보이도록 하였다. 프렌지(flange)의 밀착성능은 150mmWG 정압(positive pressure)에서 케이싱 유량의 10^{-5}이하의 누설율이 되도록 하였다[1].

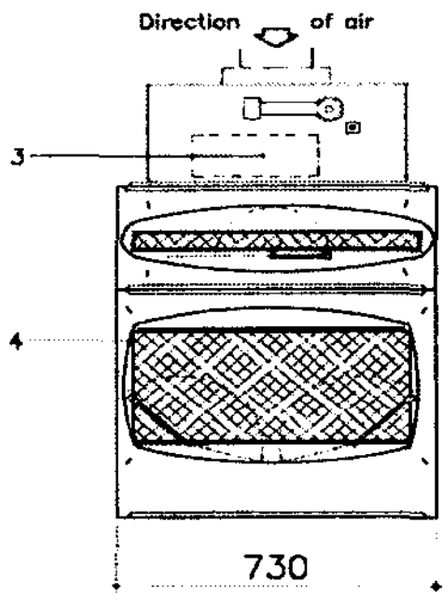
2.2 구조재 설계

필터뱅크의 프레임은 필터의 폭 또는 높이를 격자형으로 지지하고 하중이 균일하게 분포되도록 배열하였고, 빔(beam)은 필터무게(누적분진 포함)의 1.5배 하중에 대해 0.1% 길이오차 범위내로 유지되게 하였다[2-3].



1. Pressure nozzles
2. Lids

Figure 1. Horizontal filter Installation



3. inspection hatch
4. Lock for plastic bag

Figure 2. Tight lock casings and damper

2.3 하우징 설치(housing installation)

방사선용 필터뱅크는 그림1 및 2와 같이 공기흐름이 위에서 아래로 흐르는 수직형으로 설계하여 필터를 수평으로 위치시킬 수 있게 하였다. 이는 필터프레임의 뒤틀림 현상에서 오는 매질의 변형으로 효율이 저하되는 것을 방지한 수 있었다. 필터는 610*610*50(mm)의 프리필터와 610*610*292mm 표준형 해파필터를 장착하여 표준규격의 제품들이 사용가능하도록 호환성을 부여하였다. 공기흐름은 오염준위에서 비오염준위 방향으로 흐름곡선이 완만하고 비순환방식으로 하였다. 케이싱 외부에는 0-100 mmWG의 압력 마노메타를 설치하여 필터를 경계선으로 상류와 하류에 각각 튜브로 연결되어 부압상태를 확인할 수 있었다.

3. 차압 및 여과효율 시험

효율시험에 앞서 실시한 유량시험은 산출된 측정유량이 설계유량과 비교하여 ±10% 범위내로 적합한 결과를 보였다. 또한, 완성된 필터 하우징에서 외관 검사시 육안으로 식별 가능한 결함은 나타나지 않았다. 차압시험은 정격유량 3400m^3/hr에서 초기 압력강하가 PRE 필터는 5mmAq, 해파필터는 25mmAq 이하로 나타났다. 필터단면적이 약 42m^3로 다풍량 저압손의 여과특성을 갖는 고성능필터를 사용하였다. 여재를 통하는 공기속도는 2.5cm/sec 이하로 설계하여 균일한 직선흐름(la-minar air flow)이 유지되었고, 여과효율 시험은 MIL STD 282에 의해 시험한 결과 0.3㎛ D.O.P 입자의 여과효율 및 누설율이 그림 3 및 4에서와 같이 99.97% 이상으로 나타나, 고효율과 저압손을 얻을 수 있었다[4].

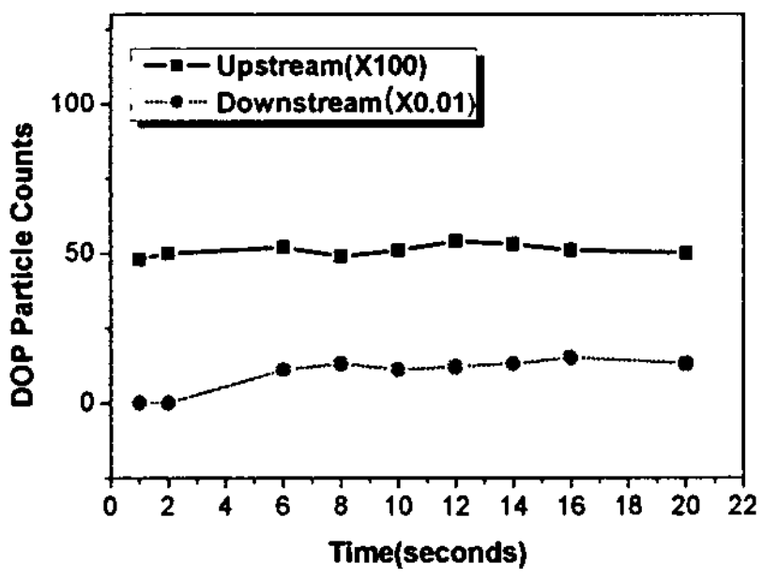


Figure 3. Particle counts of up and downstream at HEPA Filter

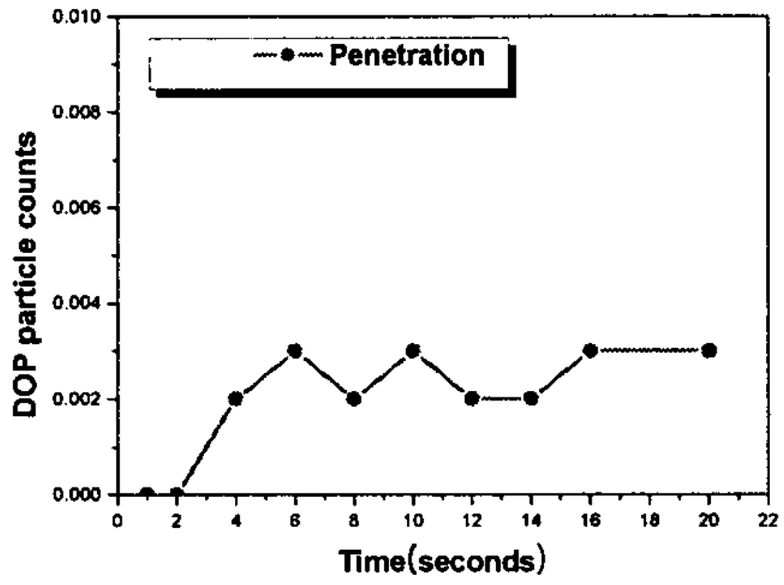


Figure 4. Penetration of HEPA Filter

4. 결론

방사선 공기여과장치는 주기적인 성능시험 및 장치의 점검이 요구되며, 규정에 따라 설계되어야 하기 때문에 매우 어렵다. 내식성 재질을 사용하여 청결하고 변형을 최대한 줄이도록 하였다. 하우징의 밀착검사는 누설율이 허용범위 이내로 적합한 결과를 보였고, 효율시험은 ANSI에서 요구하는 이상의 성능을 나타냈으며 정기적인 점검 유지 등 효율적인 운용기술이 필요로 하였다.

Reference

[1] SOFILTRA Manual

[2] ASTM (American Society for Testing and Materials), Rev. 2001, Standard Test

[3] C.A. Burchsted. Nuclear Air Cleaning Handbook (ERDA 76-21), pp221-222

[4] Hwang, Y.H., 1999, KAERI/TR-1387/99, Design & Operation Technology of Ventilating System for Irradiated Materials Examination Facility, pp.8